

05;12
©1995

УДАРНО-ВОЛНОВОЕ КОМПАКТИРОВАНИЕ АМОРФНЫХ МАГНИТНО-МЯГКИХ ПОРОШКОВ

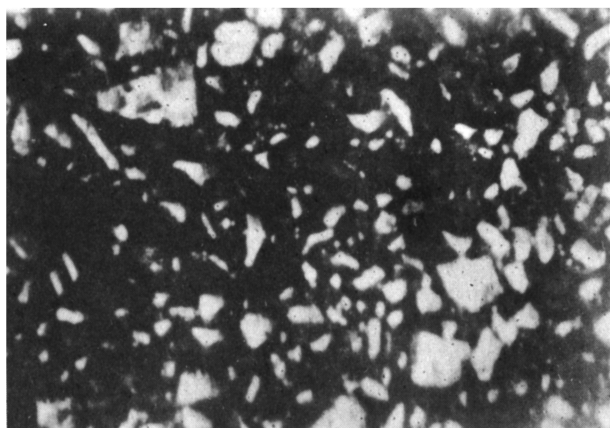
*Ф.М.Андреев, С.А.Атрошенко,
Н.И.Жигачева, Ю.И.Мещеряков*

Взрывная обработка порошкообразных материалов, особенно быстрозакаленных, в том числе аморфных, в последние годы привлекает большое внимание [1-5]. Она используется для получения монолитных готовых изделий из порошкообразных заготовок и для синтеза новых материалов с нужными свойствами. Однако взрывное компактирование обладает рядом недостатков: сложно выбрать и обеспечить требуемый режим нагружения, так как он зависит от параметров заряда ВВ и схем прессования; формируемый при взрыве ВВ импульс давления имеет растянутый задний фронт, что отрицательно сказывается на процессе компактирования аморфного порошка. Кроме того, при взрывной обработке высокие требования предъявляются к технике безопасности и экологическим аспектам метода.

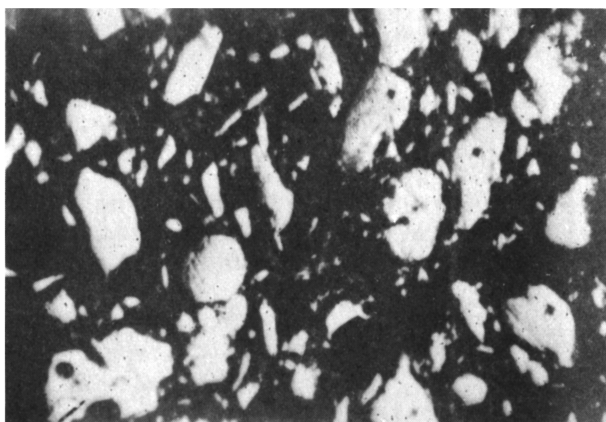
По сравнению с взрывной обработкой компактирование на газовых пушках имеет ряд преимуществ: возможность текущей регистрации пространственно-временного профиля импульса нагружения и регулировки длительности импульса нагружения, вакуумные условия процесса; формируемый при ударе пластиной импульс давления имеет форму, близкую к прямоугольной, с крутыми задним и передним фронтами, что особенно важно для обеспечения температурно-силового режима компактирования аморфных порошков.

Изготовление магнитно-мягких деталей из порошков позволяет управлять химическим составом магнитных материалов в очень узких пределах (что особенно важно для железоникелевых сплавов), а также вводить в материал наполнители, изолирующие прослойки, что открывает большие возможности в усовершенствовании и улучшении свойств магнитно-мягких материалов. Магнитные характеристики этих материалов зависят от химического состава и термической обработки, так как являются структурно-чувствительными. Количество кристаллических дефектов в них должно быть минимальным, что достигается крупнокристаллическим строением.

В работе проводилось компактирование порошков металлических быстрозакаленных аморфных магнитно-мягких



a



b

Рис. 1. Порошок сплава 2HCP (*a*) и 9KCP (*b*). $\times 125$.

сплавов 2HCP и 9KCP, полученных размолот лент. Процесс осуществлялся на однокаскадных легкогазовых пушках калибра 26 мм с вертикальной компоновкой и калибра 52 мм — с горизонтальной. Скорость нагрузения могла достигать, 1,5 км/с. В качестве рабочего газа использовался гелий. Для измерения скорости полета ударника применялся бесконтактный оптический способ, использующий лазерное опто-электронное устройство.

Исходный порошок сплава 2HCP представлен на рис. 1, *a*, а сплава 9KCP — на рис. 1, *b*. Форма частиц — неправильная, осколочная, многогранная. Размер порошка 2HCP — от 2 до 60 мкм ($d_{\text{ср}} = 40$ мкм), а 9KCP — от 15 до 200 мкм

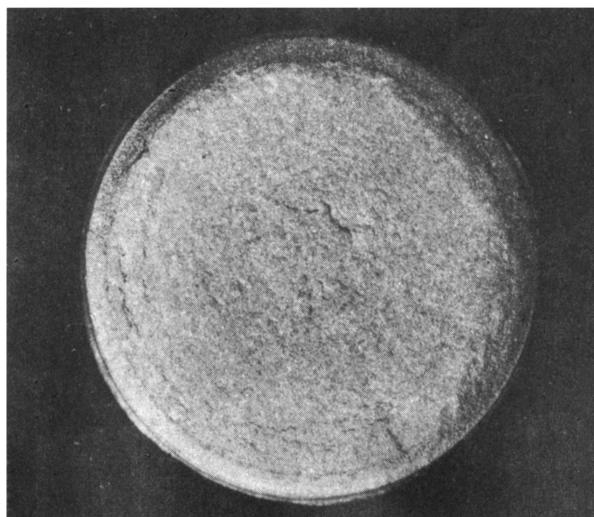


Рис. 2. Внешний вид компакта из сплава 2НСР. $\times 1.5$.

($d_{\text{ср}} = 80$ мкм), т. е. исходный порошок сплава 9КСР по размерам примерно в 2 раза превосходит порошок сплава 2НСР, разброс в размерах частиц порошка 9КСР также больше.

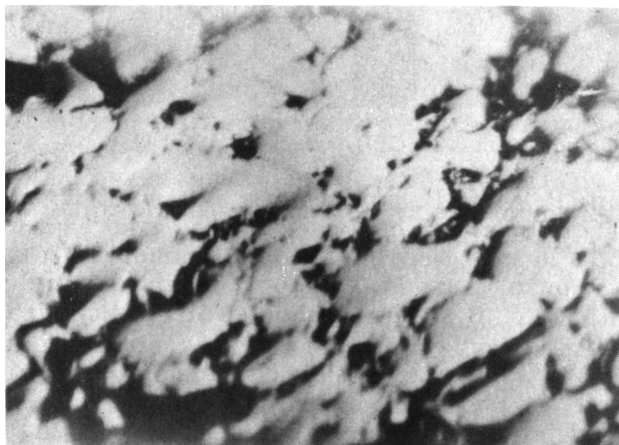
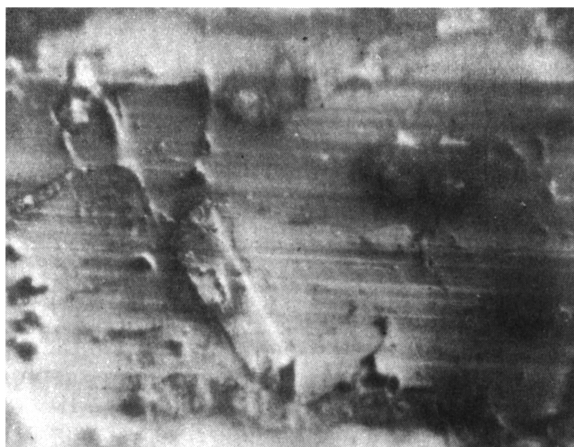


Рис. 3. Структура компакта из сплава 2НСР. $\times 315$.



a



b

Рис. 4. Структура компакта из сплава 9КСР (*a* — $\times 315$ без травления и *b* — $\times 200$ после травления).

Внешний вид компакта из сплава 2НСР представлен на рис. 2, а его структура — на рис. 3. Видно, что в некоторых местах порошинки плотно соединились, а в некоторых — наблюдаются пустоты. С этим связано то, что, хотя микротвердость порошка и компакта практически одинакова, макротвердость — низкая. (см. таблицу). Размеры зерен компакта по сравнению с исходным порошком оказались незначительно меньше ($d_3 = 30$ мкм).

Материал	Микротвердость, $H_{\square 100}$, кгс/мм ²	Твердость по Виккерсу, HV , кгс/мм ²
Порошок 2НСР	860	
Порошок 9КСР	871	
Компакт 2НСР	882	295
Компакт 9КСР	713	571
Сталь СП-28	445	250
Сталь 30ХН4М	1050	350

На фотографиях микроструктур компакта 9КСР (рис. 4, а) видно, что в отдельных местах по границам порошинок — чаще в месте стыка острых углов — наблюдается локальное оплавление материала. После травления (рис. 4, б) видны по-разному травящиеся светлые и темные зерна, а также — вытянутость зерен перпендикулярно направлению распространения волны. Порошинки как бы сплющиваются, но не все, некоторые сохраняют форму, близкую к исходной. Размер зерен компакта также оказался меньшим по сравнению с исходным порошком, но более значительным, чем в случае сплава 2НСР ($d_3 = 44$ мкм) — приблизительно в 2 раза. Это связано с оплавлением границ порошка и более плотным его прилеганием. Макротвердость этого компакта оказалась выше, чем у компакта 2НСР (см. таблицу) и даже выше, чем у конструкционной стали СП-28 и у броневой стали 30ХН4М, обработанных по стандартным режимам.

Приведенные результаты показывают перспективность компактирования аморфных порошков в газовых пушках, так как при этом сохраняются их уникальные свойства, а механические характеристики даже повышаются.

Список литературы

- [1] Нестеренко В.Ф., Першин С.А., Фармаковский Б.В. и др. // ФГВ. 1991. Т. 27. № 4. С. 100–110.
- [2] Cline C.F. Dynamic compaction of RST powders. Livermore, 1981. 5 p. (Preprint Lawrence Livermore Laboratory; UCRL-85796).
- [3] Прюммер Р. Обработка порошкообразных материалов взрывом / Пер. с нем. М.: Мир, 1990. 126 с.
- [4] Morris D.G. // J. Mater. Sci. 1982. V. 17. P. 1789–1894.
- [5] Дерibas А.А., Нестеренко В.Ф., Першин С.А. и др. // Судостроит. промышленность. Металловедение. Металлургия. 1987. Вып. 5. С. 86–90.