

УДК 621.762

Руденко Н. А., Лаптев А. М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ И КОЛИЧЕСТВА ПОРООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СТРУКТУРУ И ПЛОТНОСТЬ ПОРИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ

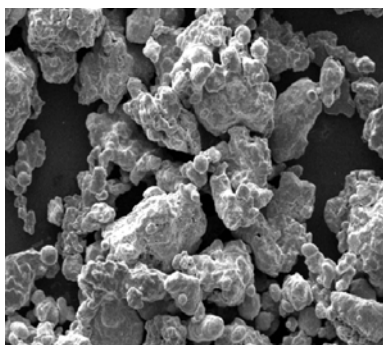
Проницаемые материалы широко используют в технике и других отраслях народного хозяйства. Методами порошковой металлургии из металлов и их соединений получают пористые порошковые материалы, сетчатые, ячеистые и другие материалы [1].

Пористые среды характеризуются рядом параметров, совокупность которых дает полное представление о свойствах пористого материала. К этим параметрам относятся: пористость, ее распределение по объему материала; вид пористости (открытая, закрытая и тупиковая); просвет; форма и коэффициент извилистости пор; распределение пор по размерам (средние и максимальные размеры пор); удельная поверхность пор; состояние поверхности пор [2]. Сведения по этим параметрам являются исходными данными для определения проницаемости и распределения проницаемости по площади фильтрации пористого материала и физико-механических свойств пористого материала.

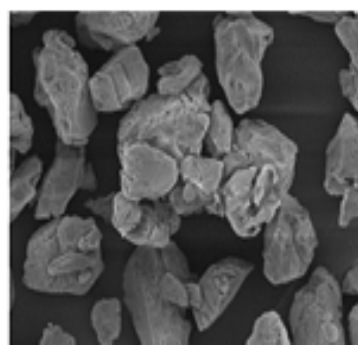
В пористых материалах, изготовленных из несферических частиц разного размера, форма пор носит случайный характер [3]. Поры имеют по всей длине большое число сужений и расширений. На поверхности пор, как правило, встречаются макронеровности в виде выступов и впадин. Поры соединяются с соседними пустотами через сужения в плоскости, непараллельной направлению фильтрации жидкости. Направление движения жидкости в порах почти всегда не совпадает с направлением фильтрации жидкости. Поэтому путь частицы жидкости при фильтрации всегда больше толщины образца вследствие извилистости пор [4]. На структуру порового пространства существенно влияют состояние поверхности и форма частиц. Чем сложнее форма частиц и больше число неровностей на поверхности частиц, тем искривленнее и неоднороднее поры спеченного пористого материала [5]. Основным методом определения формы и состояния поверхности пор является исследование микроструктуры пористых материалов [6].

Целью работы является установление зависимости между давлением прессования, составом смесей и микроструктурой пористых образцов, изготовленных с применением порообразователя. Работа выполнялась экспериментально.

В качестве исходных материалов использовали порошок железа, полученный распылением расплава водой (ГОСТ 9849-86) и порошок бикарбоната аммония NH_4HCO_3 (ТУ У 6-04687873.025-95). Частицы порошка железа имели губчатую форму, порошок бикарбоната аммония составляли кристаллы неправильной формы (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Морфология частиц порошков железа (а) и бикарбоната аммония (б)

Исходные порошки рассеивали на ситах и выделяли для последующих экспериментов фракцию 125–250 мкм. Приготавливали смеси, содержащие 20 %, 40 % и 60 % порошка бикарбоната аммония и, соответственно, 80 %, 60 % и 40 % порошка железа (по объему). Так как плотности железа и бикарбоната аммония существенно различаются ($7,874 \text{ г/см}^3$ и $1,586 \text{ г/см}^3$ соответственно), то для предотвращения сегрегации этих порошков к смеси добавляли керосин в количестве 1 % по массе. Смешивание осуществляли вручную в течение 15 минут одновременно для всех образцов. Однородность смеси контролировали визуально. Для исследования процесса уплотнения смеси прессовали в цилиндрической матрице с внутренним диаметром 16,8 мм. Навески порошков выбирали так, чтобы высота прессовок была примерно равна их диаметру. Применялась односторонняя схема прессования [7]. Прессовали серии образцов давлением от 100 до 800 МПа с шагом 100 МПа. Спекание прессовок проводили при температуре $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 часа в восстановительной среде CO. Нагрев осуществляли со скоростью $7 \text{ }^\circ\text{C/мин}$ и с промежуточной выдержкой при $850 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 минут. Образцы охлаждали сначала вместе с печью до $300 \text{ }^\circ\text{C}$, а затем вне рабочей зоны печи до комнатной температуры. После спекания образцы обмеряли, взвешивали и рассчитывали относительную плотность спеченных образцов. В процессе спекания бикарбонат аммония полностью удалялся из прессовок при температуре выше $100 \text{ }^\circ\text{C}$ согласно реакции:

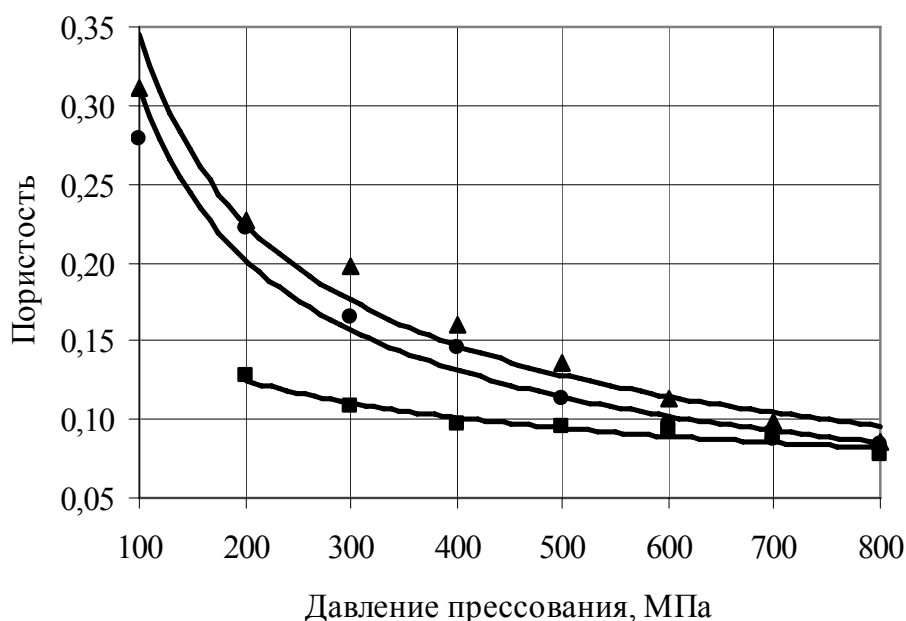
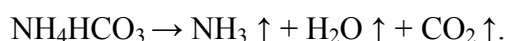


Рис. 2. Кривые уплотнения смесей:

▲ — 20 % NH_4HCO_3 + 80 % Fe; ● — 40 % NH_4HCO_3 + 60 % Fe; ■ — 60 % NH_4HCO_3 + 40 % Fe

На рис. 2–3 представлены кривые уплотнения исходных смесей и зависимость пористости спеченного изделия от пористости прессовки. При повышении содержания порообразователя уплотняемость смесей повышается. Это объясняется лучшей уплотняемостью порошка бикарбоната аммония по сравнению с порошком железа [8]. После спекания относительная плотность образцов меняется незначительно, т. к. конечная пористость изделия определяется в основном порами, образованными в результате удаления бикарбоната аммония.

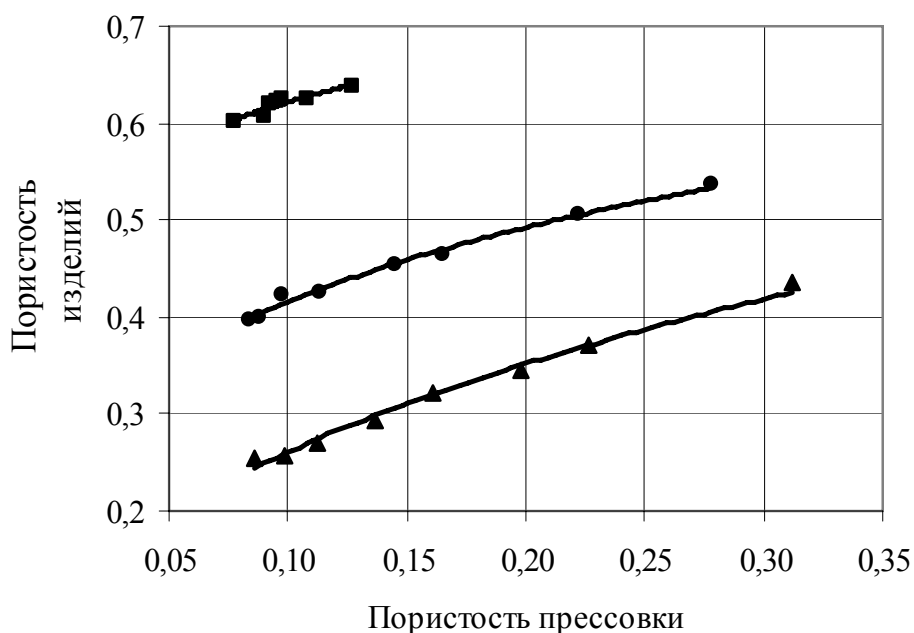


Рис. 3. Зависимость пористости спеченного изделия от пористости прессовки:
 ▲ – смесь 20 % NH_4HCO_3 + 80 % Fe; ● – смесь 40 % NH_4HCO_3 + 60 % Fe; ■ – смесь 60 % NH_4HCO_3 + 40 % Fe

Микроструктуры спеченных пористых железных образцов представлены на рис. 4–6.

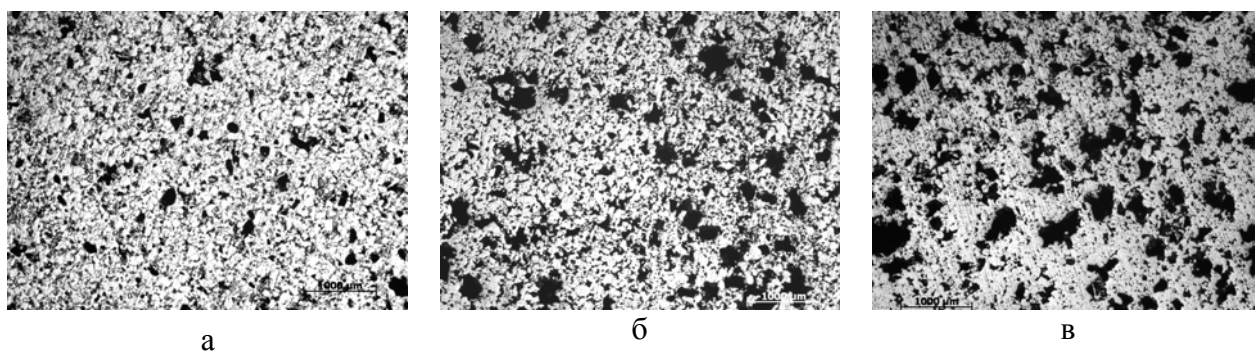


Рис. 4. Микроструктура пористых образцов с объемным содержанием бикарбоната аммония 20 %, отпрессованных при давлении 100 МПа (а), 400 МПа (б), 800 МПа (в)

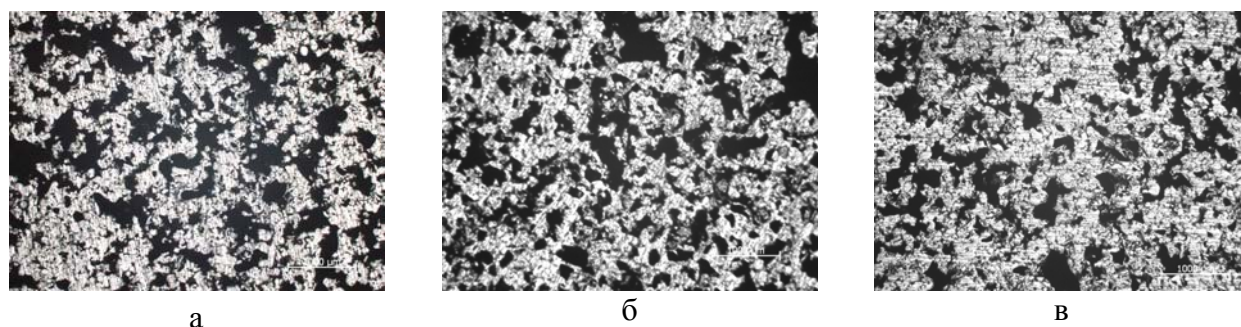


Рис. 5. Микроструктура пористых образцов с объемным содержанием бикарбоната аммония 40 %, отпрессованных при давлении 100 МПа (а), 400 МПа (б), 700 МПа (в)

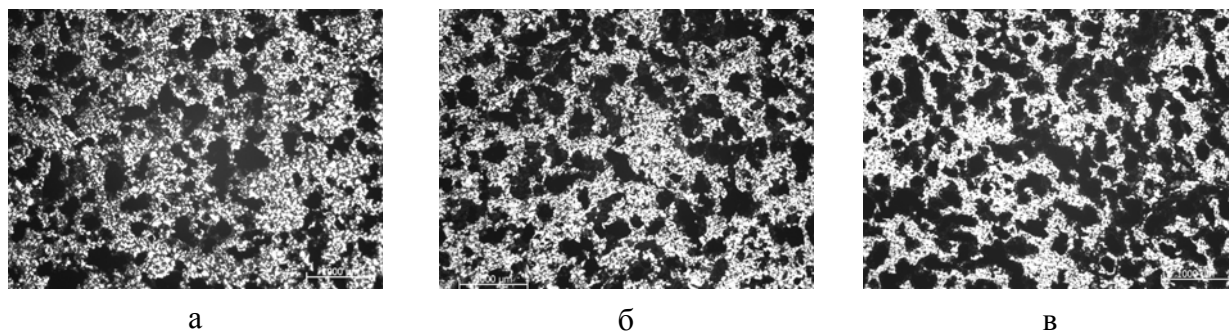


Рис. 6. Микроструктура пористых образцов с объемным содержанием бикарбоната аммония 60 %, отпрессованных при давлении 100 МПа (а), 400 МПа (б), 800 МПа (в)

Структура образцов состоит из нескольких характерных элементов. Темные области соответствуют порам. Светлые области образуют большинство и представляют собой спеченные частицы железа. Видны более мелкие поры, составляющие пористость спеченного железа и крупные, образовавшиеся при удалении порообразователя.

Поры, образованные в результате удаления порообразователя по форме и размерам примерно соответствуют частицам бикарбоната аммония. С увеличением содержания порообразователя в смеси пористость изделий возрастает, что связано с образованием большего количества пор образующихся после разложения бикарбоната аммония. С увеличением давления прессования пористость спеченных изделий несколько уменьшается.

ВЫВОДЫ

С повышением содержания порообразователя в смеси ее уплотняемость возрастает. Это связано с большей уплотняемостью порошка бикарбоната аммония по сравнению с уплотняемостью порошка железа.

После спекания относительная пористость образцов уменьшается незначительно, т. к. пористость определяется крупными порами, образованными после удаления порообразователя. Мелкие поры, образованные частицами железа, уменьшаются при спекании, а размер крупных пор остается примерно постоянным и соответствует размерам частиц порообразователя.

С увеличением давления прессования пористость изделий несколько уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порошковая металлургия: материалы, технология, свойства, области применения : справочник / И. М. Федорченко, И. Н. Францевич, И. Д. Радомысльский и др. – К. : Наукова думка, 1985. – 624 с.
2. Белов С. В. Пористые металлы в машиностроении / С. В. Белов. – М. : Машиностроение, 1981. – 247 с.
3. Витязь П. А. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П. А. Витязь, В. М. Капцевич, В. К. Шелег. – Мн. : Вышэйшая школа, 1987. – 164 с.
4. Еськов Б. Б. Пористые материалы / Б. Б. Еськов, Д. В. Лагунов, В. С. Лагунов. – Воронеж : Наука, 1995. – 362 с.
5. Агте К. Металлокерамические фильтры, их изготовление свойства и применение / К. Агте, К. Оцетек. – Л. : Судпромгиз, 1959. – 136 с.
6. Шибряев Б. Ф. Пористые проницаемые спеченные материалы / Б. Ф. Шибряев. – М. : Металлургия, 1982. – 168 с.
7. Руденко Н. А. Прессование смеси железа и хлорида натрия / Н. А. Руденко, А. М. Лаптев, Л. В. Попивненко // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск, 2009. – № 1 (20). – С. 326–329.
8. Руденко Н. А. Получение и свойства высокопористого материала на основе порошка железа / Н. А. Руденко, А. М. Лаптев // Вестник ХНАДУ. – Харьков, 2009. – Вып. 46. – С. 105–107.