

УДК 621.762.4.043

Руденко Н. А.

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСПЫЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЧЕННЫХ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для изготовления проницаемых пористых материалов (ППМ) используют металлические порошки различного гранулометрического состава. Размер пор и пористость таких материалов определяется исключительно гранулометрическим составом и формой частиц используемых металлических порошков [1]. Известно, что для повышения проницаемости в металлические порошки вводят различные порообразователи. Например, бикарбонат аммония, карбамид, хлорид натрия, фторид натрия и т. д. [2–9]. Наиболее эффективным способом повышения проницаемости ППМ при заданном размере пор является создание неоднородных структур, в которых размеры пор изменяются в направлении фильтрации [10]. Выполнение фильтра с порами на входе большего размера, чем на выходе фильтрата, позволяет увеличить глубину проникновения загрязнений, что способствует более равномерному распределению сопротивления по толщине фильтрующего слоя и увеличению срока его службы. Для изготовления подобных изделий разработаны способы, включающие послойное формование заготовок из порошков различного гранулометрического состава и последующее спекание [11].

Целью данной работы является исследование влияния фракционного состава порошка железа на гидравлические свойства двухслойных фильтрующих материалов, полученных с использованием порообразователя.

В качестве исходных материалов для экспериментальных исследований были использованы порошки железа водораспыленного марки ПЖР 3.200.28 ГОСТ 9849-86 и порошок бикарбоната аммония (Украина). Для получения в образце пор заданного размера, все порошки, используемые в эксперименте, подвергались рассеву на фракции. Использовали фракции бикарбоната аммония 63–125 мкм и 5000–1000 мкм; фракции железа 63–125 мкм, 125–250 мкм, 250–350 мкм и 355–500 мкм. Количество порообразующего вещества, вводимого в порошок железа, было неизменным и составляло 50 % по объему. Использовались фракции бикарбоната аммония 63–125 мкм и 500–1000 мкм.

Прессование исследуемых порошковых смесей выполняли по односторонней схеме в цилиндрической матрице при фиксированных значениях давления прессования в диапазоне 100–600 МПа с шагом 100 МПа. Для получения двухслойных материалов применяли способ послойного формования. Вначале в матрицу засыпали слой смеси порошка железа с мелкой фракцией порообразователя и разравнивали. Затем сверху засыпали слой смеси железа с крупной фракцией порообразователя, после чего осуществляли совместное прессование слоев.

Полученные прессовки взвешивали и обмеряли. Затем рассчитывали относительную плотность образцов по формуле:

$$\rho_{отн} = \frac{m}{0,785 \cdot d^2 \cdot h \cdot \rho_{см}}, \quad (1)$$

где m – масса прессовки, г; d – наружный диаметр прессовки, мм; h – высота прессовки, мм; $\rho_{см}$ – плотность смеси.

Прессовки спекали при температуре 1150 °С в течение 1 часа в восстановительной среде (угарный газ).

Для определения гидравлических свойств одно- и двухслойных фильтров использовали приспособление, показанное на рис. 1. Испытания на проницаемость проводили согласно методике, изложенной в источнике [12].

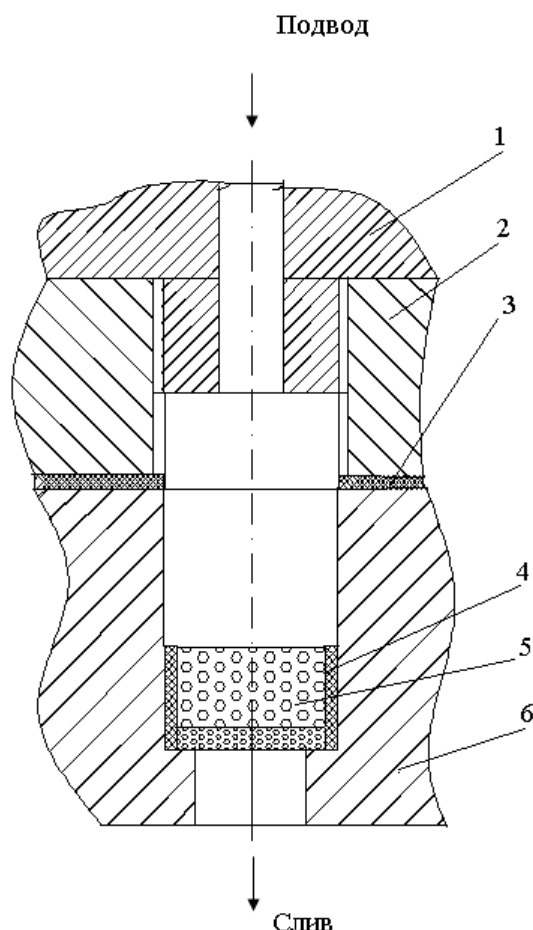


Рис. 1. Схема испытания одно- и двухслойных фильтров на проницаемость:
1 – штуцер; 2 – крышка; 3 – резиновая прокладка; 4 – уплотнение; 5 – образец, 6 – контейнер

Испытуемый цилиндрический образец устанавливали в контейнер (см. рис. 1). Затем на контейнер навинчивали крышку 2. В крышке 2 выполнено резьбовое отверстие для подключения к насосу (на рис. 1 не показан). Слив очищенной среды осуществлялся через отверстие, выполненное в контейнере 6. Для герметизации подводящей и сливной полости использовали уплотнение 4, охватывающее образец 5 по всей боковой поверхности. При нагнетании рабочей жидкости (масло индустриальное И-20) по манометру насоса фиксировали давление масла в контейнере. Объем жидкости, проходящей через образец в единицу времени, измеряли посредством мерного цилиндра.

Коэффициент проницаемости рассчитывали по формуле:

$$k = \frac{\mu \cdot W_{\phi} \cdot h}{\Delta p}, \quad (2)$$

где μ – динамическая вязкость фильтруемой среды, Па·с [13]:

$$\mu = \nu \cdot \rho, \quad (3)$$

где $\nu = 32 \text{ мм}^2/\text{с}$ – вязкость кинематическая масла И-20 при 40 °С;

$\rho = 890 \text{ кг/м}^3$ – плотность масла И-20 при 20 °С [14];

W_{ϕ} – скорость фильтрации, м/с:

$$W_{\phi} = \frac{Q}{A \cdot \tau}, \quad (4)$$

где Q – объем жидкости, прошедший через образец, м^3 ;

A – площадь фильтрации, м^2 ;

τ – время, за которое объем масла проходит через образец, с;

h – высота образца, м;

Δp – перепад давления на образце, Па.

На рис. 2 приведены кривые уплотнения смесей железа разного гранулометрического состава с порообразователем.

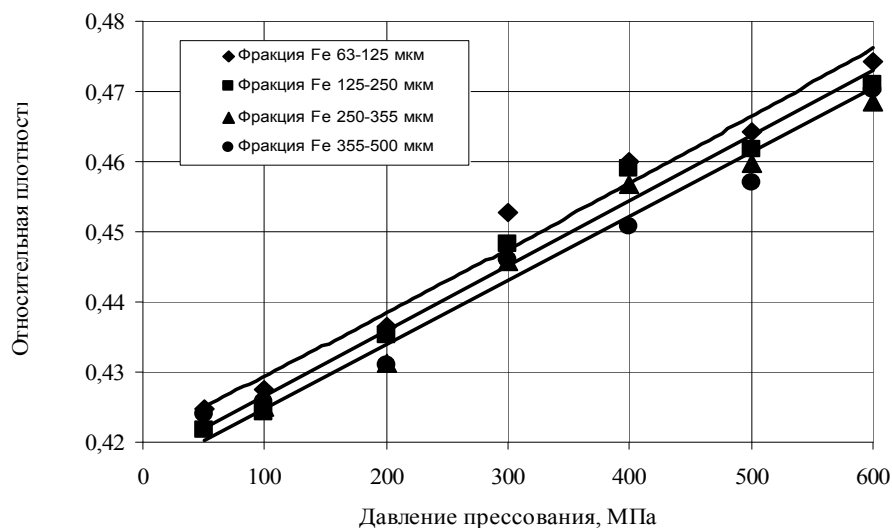


Рис. 2. Кривые уплотнения смесей железа разного гранулометрического состава с порообразователем

Из рис. 2 видно, что с ростом давления прессования относительная плотность образцов для всех смесей увеличивается. Это объясняется высоким содержанием бикарбоната аммония в смеси, что существенно повышает прессуемость шихты.

На рис. 3 приведена зависимость коэффициента проницаемости от пористости изделия для двухслойных образцов из железа разного гранулометрического состава.

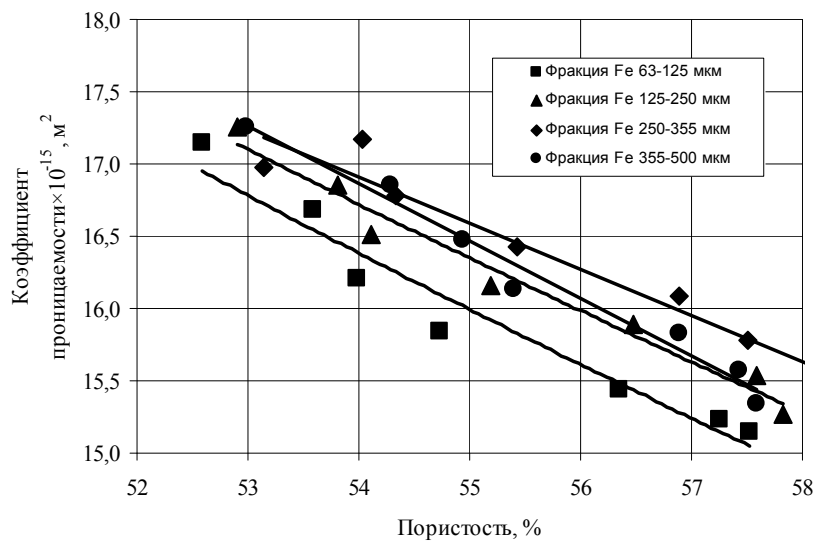


Рис. 3. Зависимость коэффициента проницаемости от пористости изделия для двухслойных образцов из железа разного гранулометрического состава

Из рис. 3 видно, что образцы, изготовленные из железа разных фракций, но с одинаковым содержанием порообразователя (50 % по объёму) в рассмотренном диапазоне пористости, после спекания обладают примерно одинаковыми гидравлическими свойствами. Это свидетельствует о том, что размер пор определяется исключительно размерами частиц порообразователя, а не диаметром частиц порошка металла, что значительно удешевляет стоимость конечного изделия.

ВЫВОДЫ

С ростом давления прессования относительная плотность увеличивается, что характерно для всех образцов разного гранулометрического состава. Изменение гранулометрического состава порошка железа в рассмотренном диапазоне размеров частиц практически не оказывал влияния на гидравлические свойства спеченных высокопористых изделий, полученных с применением порообразователя. Размер пор многослойных фильтров, изготовленных с применением порообразователя, определяется исключительно размерами частиц порообразователя, а не диаметром частиц порошка. Это значительно удешевляет стоимость конечного изделия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еськов Б. Б. *Пористые материалы* / Б. Б. Еськов, Д. В. Лагунов, В. С. Лагунов – Воронеж : Наука, 1995. – 362 с.
2. Rudenko N. A. *Compaction and properties of highly porous powder parts produced with various pore formers* / N. A. Rudenko, A. M. Laptev // 11th International Conference RaDMI 2011: Proceedings on CD-ROM. – Soko Banja, Serbia, 2011. – Vol. 2. – P. 1240–1244.
3. *Study of production route for titanium parts combining very high porosity and complex shape* / A. Laptev, M. Bram, H. P. Buchkremer, D. Stöver // Powder metallurgy. – 2004. – V. 47. – № 1. – P. 85–92.
4. *Analysis of bending strength of porous titanium processed by space holder method* / V. Amigo, L. Reig, D. J. Bisquets, J. L. Ortiz, J. A. Calero // Powder metallurgy. – 2011. – V. 54. – № 1. – P. 67–70.
5. *Bansiddhi A. Shape – memory NiTi foams produced by solid – state replication with NaF* / A. Bansiddhi, D. C. Dunand // Intermetallics. – 2007. – V. 15. – P. 1612–1622.
6. *Michailidis N. Establishment of process parameters for producing Al-foam by dissolution and powder sintering method* / N. Michailidis, F. Stergioudi // Materials and Design. – 2011. – V. 32. – P. 1559–1564.
7. *Process and compressive properties of porous nickel materials* // M. Li, Y. Liu, J. W. Ye, L. F. Zhang, J. Li, M. J. Tu // Powder Metallurgy. – 2006. – V. 49. – P. 114–116.
8. Косторнов А. Г. Особенности уплотнения смесей металлических порошков с порообразователем / А. Г. Косторнов, Л. Е. Лунин, Н. Е. Федорова, Л. И. Чернышев // Порошковая металлургия. – 1983. – № 6. – С. 10–14.
9. Скорород В. В. Исследование механизма спекания высокопористых материалов с улетучивающимся порообразователем / В. В. Скорород, С. М. Солонин // Порошковая металлургия. – 1974. – № 11. – С. 42–47.
10. Руденко Н. А. Исследование пропускных способностей фильтрующих материалов, изготовленных с применением порообразователя // Обработка материалов давлением. – 2011. – № 2 (27). – С. 116–119.
11. Руденко Н. А. Новая технология изготовления градиентных порошковых фильтров / Н. А. Руденко, А. М. Лаптев // Материалы VII Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». – Варна, 2011. – С. 248–250.
12. ГОСТ 25283-93. Изделия порошковые. Метод определения проницаемости жидкостей. Введ. 1.01.1997. – М. : Изд-во стандартов, 1996 – 23 с.
13. Белов С. В. Пористые металлы в машиностроении / С. В. Белов. – М. : Машиностроение, 1981. – 247 с.
14. ГОСТ 17479.4. Масла индустриальные. Классификация и обозначения. Введ. 01.07.1988. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.

Руденко Н. А. – аспирант кафедры МТиТОМ ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: RudenkoNataliia@gmail.com

Статья поступила в редакцию 30.11.2011 г.