

УДК 621.762.4.043

Руденко Н. О.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОНИКНОСТІ ОДНО- І ДВОШАРОВИХ ПОРИСТИХ ПОРОШКОВИХ ФІЛЬТРІВ

Проникні пористі матеріали (ППМ) широко застосовують у машинобудуванні, авіаційній, нафтовій, металургійній та інших галузях промисловості. Пористі метали відрізняються технологією одержання, властивостями та видами вихідного матеріалу [1]. Відомо, що для підвищення пористості в металеві порошки вводять різні пороутворювачі. Наприклад, бікарбонат амонію, карбамід, хлорид натрію, фторид натрію і т. д. [2–6] Найбільш ефективним способом підвищення проникності ППМ при заданому розмірі пор є створення неоднорідних структур, у яких розміри пор змінюються в напрямку фільтрації [7]. Виконання фільтра з порами на вході більшого розміру, чим на виході фільтрату, дозволяє побільшати глибину проникнення забруднень, що сприяє більш рівномірному розподілу опору по товщині фільтруючого шару та збільшенню строку його служби [8]. Для виготовлення подібних виробів розроблені способи, що включають пошарове формування заготовок з порошків різного гранулометричного складу та наступне спікання [9].

Метою даної роботи є дослідження швидкості фільтрації одно- та двошарових порошкових зразків.

У якості вихідних матеріалів для експериментальних досліджень були використані порошки заліза водорозпиленого марки ПЖР 3.200.28 ГОСТ 9849-86 та порошок бікарбонату амонію (Україна). Для одержання в зразку пор заданого розміру усі порошки, що використовувалися в експерименті, були розсіяні на фракції. Використовували фракції бікарбонату амонію 63...125 мкм і 500...1000 мкм; фракцію заліза 125...250 мкм. Кількість пороутворюючої речовини для одношарових фільтрів становило 20 %, 40 % і 60 % за об'ємом, для двошарових – 50 % за об'ємом.

Пресування досліджуваних порошкових сумішей виконували за однобічною схемою в циліндричній матриці при фіксованих значеннях тиску пресування в діапазоні 100...800 МПа із кроком 100 МПа. Для одержання двошарових матеріалів застосовували спосіб пошарового формування [10]. Спочатку в матрицю засипали шар суміші порошку заліза із дрібною фракцією пороутворювача та розрівнювали. Потім зверху засипали шар суміші заліза з грубою фракцією пороутворювача, після чого здійснювали спільне пресування шарів.

Отримані пресовки зважували та вимірювали. Потім розраховували відносну щільність зразків за формулою:

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

де  $m$  – маса пресовки, г;

$d$  – зовнішній діаметр пресовки, мм;

$h$  – висота пресовки, мм;

$\rho_{\text{см}}$  – щільність суміші, г/мм<sup>3</sup>.

Пресовки спікали при температурі 1150 °С протягом 1 години у захисному середовищі (чадний газ).

Для визначення швидкості фільтрації одно- і двошарових фільтрів використовували пристрій, показаний на рис. 1. Випробування на проникність проводили згідно з методикою, викладеною в [11].

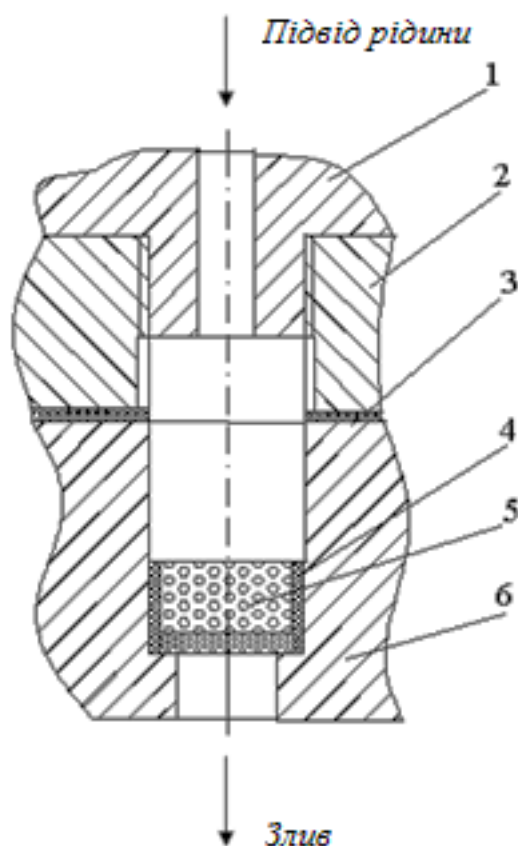


Рис. 1. Схема випробування одно- і двошарових фільтрів на проникність:  
1 – штуцер; 2 – кришка; 3 – гумова прокладка; 4 – ущільнення; 5 – зразок; 6 – контейнер

Циліндричний зразок установлювали в контейнер (див. рис. 1). Потім на контейнер нагвинчували кришку 2. У кришці 2 виконаний різьбовий отвір для підключення до насоса (на рис. 1 не показаний). Злив очищеного середовища здійснювався через отвір, виконаний в контейнері 6. Для герметизації порожнин використовували ущільнення 4, що охоплює зразок 5 по всій бічній поверхні. При нагнітанні робочої рідини (масло індустріальне И-20) за манометром насоса фіксували тиск масла в контейнері. Об'єм рідини, що проходить через зразок в одиницю часу, вимірювали за допомогою мірного циліндра.

Швидкість фільтрації розраховували за формулою:

$$W_{\phi} = \frac{Q}{A \cdot \tau}, \quad (2)$$

де  $Q$  – об'єм рідини, що пройшов через зразок, м<sup>3</sup>;

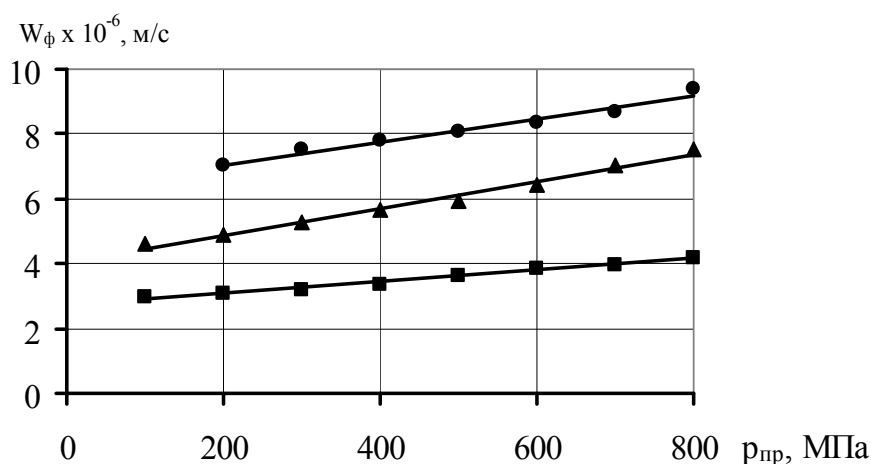
$A$  – площа фільтрації, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – час, за який об'єм масла проходить через зразок, с.

На рис. 2 наведені графічні залежності швидкості фільтрації від тиску пресування для одношарових пористих зразків. Швидкість фільтрації збільшується з підвищенням вмісту пороутворювача у вихідній суміші. Так, збільшення вмісту бікарбонату амонію з 20 % до 60 % приводить до росту швидкості фільтрації в 2,3 рази.

Цікавим є факт підвищення швидкості фільтрації з ростом тиску пресування. Це явище може бути пояснене зменшенням звивистості пор при більшому ущільненні порошкового каркаса при збільшенні тиску пресування.

Вплив пористості зразків на їхню проникність ілюструє графік, наведений на рис. 3.



■ – 20 % NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>; ▲ – 40 % NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>; ● – 60 % NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>; решта – залізо

Рис. 2. Залежність швидкості фільтрації зразків, спресованих з різним вмістом бікарбонату амонію від тиску пресування

Зразки були виготовлені пресуванням порошку заліза фракції 125...250 мкм зі вмістом бікарбонату амонію 20 %, 40 % і 60 %. Тиск пресування був однаковим у всіх випадках і становив 400 МПа. Як випливає із рис. 3, проникність зразків збільшується прямо пропорційно росту пористості зразків.

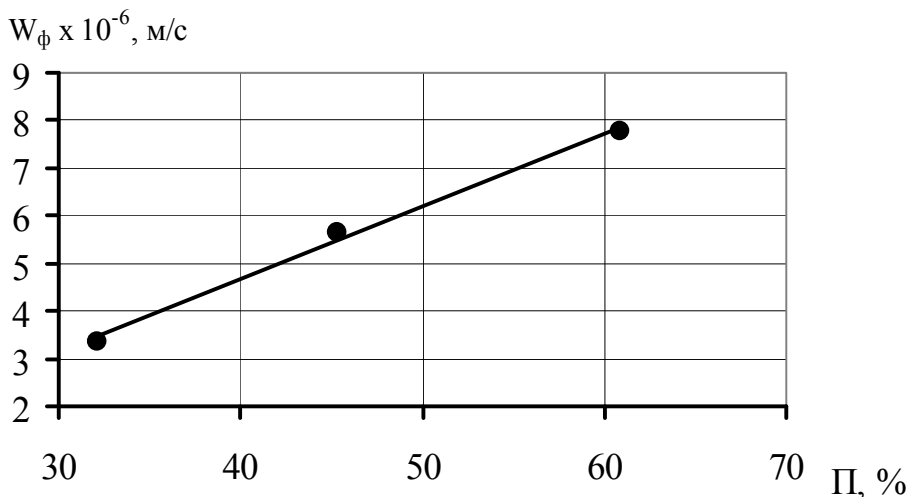


Рис. 3. Залежність швидкості фільтрації від пористості зразків, спресованих тиском 400 МПа з різним вмістом бікарбонату амонію

Були проведені дослідження в порівнянні проникності одношарових і двошарових пористих зразків. При виготовленні двошарових зразків для одержання шару з більшими порами використовувався порошок бікарбонату амонію фракції 500...1000 мкм, а для одержання шару з малими порами використовували порошок фракції 63...125 мкм. На рис. 4 показані залежності швидкості фільтрації від тиску пресування для цих зразків. Як випливає із рис. 4, швидкість фільтрації для двошарових зразків приблизно на 20 % вище, ніж для одношарових зразків.

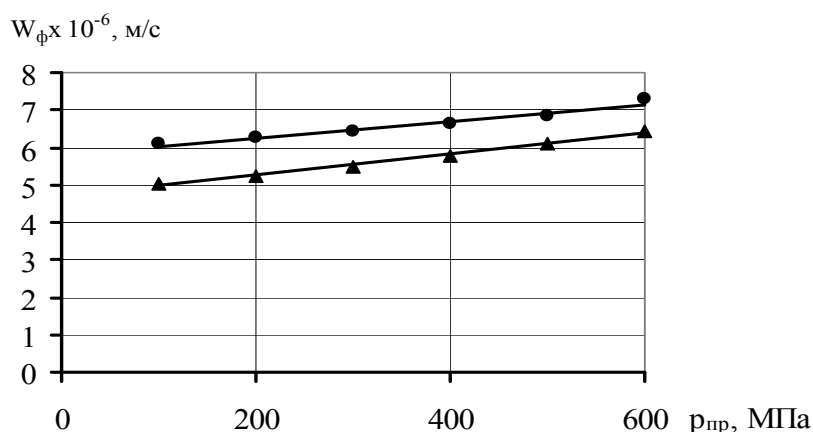


Рис. 4. Залежність швидкості фільтрації від тиску пресування для одношарових (▲) і двошарових (●) зразків

### ВИСНОВКИ

Проникність пористих фільтрів збільшується з підвищенням вмісту пороутворювача у вихідній суміші та результуючої пористості. Так збільшення вмісту бікарбонату амонію з 20 % до 60 % приводить до росту швидкості фільтрації в 2,3 рази. Подальше підвищення експлуатаційних властивостей досягнуте шляхом виготовлення двошарових фільтрів, у яких шар із дрібними порами служить для забезпечення тонкості фільтрації, а шар з великими порами забезпечує міцність фільтра та підвищення тривалості його експлуатації до очищення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рябичева Л. А. Развитие технологий изготовления изделий из порошковых материалов / Л. А. Рябичева // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки матеріалів тиском у машинобудуванні : зб. наук. пр. – Луганськ, 2009. – С. 3–11.
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. Изготовление пористых порошковых материалов с управляемым направлением фильтрации / В. Н. Ковалевский [и др.] // Литье и металлургия. – 2015. – № 1(78). – С. 134–138.
4. 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.
5. 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.
6. Li M. 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. – PP. 114–116.
7. Руденко Н. А. Исследование пропускных способностей фильтрующих материалов, изготовленных с применением порообразователя / Н. А. Руденко // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 2 (27). – С. 116–119.
8. Тумилович М. В. Пористые порошковые материалы с повышенной эффективностью очистки жидких и газообразных сред / М. В. Тумилович, Л. П. Пилинович // Литье и металлургия. – 2011. – № 4(63). – С. 60–65.
9. 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.
10. Руденко Н. А. Новая технология изготовления градиентных порошковых фильтров / Н. А. Руденко, А. М. Лаптев // Материали VII Міжнародної конференції «Стратегія якості в промисловості і образванні». – Варна, 2011. – С. 248–250.
11. ГОСТ 25283-93 Изделия порошковые. Метод определения проницаемости жидкостей. Введ. 1.01.1997. – М. : Изд-во стандартов, 1996 – 23 с.