

УДК 621.762.4.043

Руденко Н. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРООБРАЗОВАТЕЛЯ

Одним из путей повышения проницаемости пористых проницаемых материалов (ППМ) является создание ППМ с бипористой структурой [1, 2], характеризующейся двумя взаимопроницаемыми друг друга системами пор, существенно отличающимися по размерам. Данный способ реализуется путем введения в шихту перед прессованием порообразователя с частицами заданного размера [3].

Наиболее эффективным способом повышения проницаемости ППМ при заданном размере пор является создание неоднородных структур, в которых размеры пор изменяются в направлении фильтрации. Для изделий с такой структурой тонкость фильтрования и капиллярные свойства определяются минимальными размерами пор, а коэффициент проницаемости их намного больше, чем изделий с изотропной поровой структурой и порами, соответствующими той же тонкости фильтрования и капиллярным свойствам ППМ. Так по данным исследований [4–5], 70...80 % загрязнений удерживается поверхностным слоем фильтра с изотропной поровой структурой, толщина которого составляет 2...4 % от толщины фильтра. Это вызывает резкое возрастание сопротивления этого поверхностного слоя, а, следовательно, и всего фильтра в целом, что в свою очередь приводит к быстрой потере его работоспособности. 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 [6–10]. Для изготовления подобных изделий разработаны способы, включающие послойное формование заготовок из порошков различного гранулометрического состава и последующее спекание.

Целью данной работы является исследование пропускных способностей одно- и двухслойных фильтров, изготавливаемых с помощью порообразователей.

В качестве исходных материалов для экспериментальных исследований были использованы порошки железа водораспыленного марки ПЖР 3.200.28 ГОСТ 9849-86 (Украина), и порошок бикарбоната аммония. Частицы порошка железа имеют, в основном, губчатую форму с многочисленными выступами; бикарбонат аммония – бесцветные кристаллы неправильной формы. Для получения в образце пор заданного размера, все порошки, используемые в эксперименте, подвергались рассеиванию на фракции. Количество порообразующего вещества, вводимого в порошок железа, было неизменным и составляло 50 % по объему. Состав смесей, их плотность и размер частиц порообразователя приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Состав порошковых смесей и размер частиц порообразователя, использованных для изготовления двухслойных фильтров

Слой	Смесь	Плотность смеси, г/см ³	Размер частиц Fe, мкм	Размер частиц NH ₄ HCO ₃ , мкм
I (верх)	50 % Fe + 50 % NH ₄ HCO ₃	4,73	125–250	500–1000
II (низ)	50 % Fe + 50 % NH ₄ HCO ₃	4,73	125–250	63–125

Таблица 2

Состав порошковой смеси и размер частиц порообразователя, использованных для изготовления однослойных фильтров

Смесь	Плотность смеси, г/см ³	Размер частиц Fe, мкм	Размер частиц NH ₄ HCO ₃ , мкм
50 % Fe + 50 % NH ₄ HCO ₃	4,73	63–125	63–125

Массы навесок определяли, исходя из размеров, плотности и долевого содержания порообразователя в смеси образцов, по следующей формуле:

$$m_{см} = V \cdot r_{AB} \cdot X + V \cdot r_{Fe} \cdot (1 - X), \quad (1)$$

где $m_{см}$ – масса порошковой смеси, г; V – объем прессовки, см³; $r_{AB} = 1,586$ г/см³ – плотность порообразователя (бикарбонат аммония); $r_{Fe} = 7,874$ г/см³ – плотность порошка железа; X – долевое содержание порообразователя в смеси.

Массы навесок железа и порообразователя выбирали с учетом высоты образца, которая составляла 8–11 мм.

Плотность порошковой смеси рассчитывали по формуле:

$$r = r_{порообр} \cdot X + r_{Fe} \cdot (1 - X). \quad (2)$$

Смешивание осуществлялось вручную в течение 15 минут для всех смесей. С целью повышения однородности смешивания в смеси добавляли 0,5 % бензина (по массе). Полученные смеси имели визуально равномерное распределение компонентов.

Прессование порошковых смесей.

Прессование исследуемых порошковых смесей выполняли по односторонней схеме в цилиндрической матрице с внутренним диаметром 16,8 мм при фиксированных значениях давления прессования 100–600 МПа с шагом 100 МПа. Для получения двухслойных материалов применяли способ послойного формования [11–12]: в матрицу засыпали слой смеси порошка железа с мелкой фракцией порообразователя, разравнивали, далее засыпали слой смеси железа с крупной фракцией порообразователем и осуществляли прессование.

Прессование смесей осуществляли на гидравлической испытательной машине сжатия модели ПСУ-50 усилием 500 кН без применения смазки рабочих поверхностей пресс – инструмента. Поскольку прессование осуществляли при фиксированных значениях давления прессования, то, задаваясь величиной давления прессования (p_{np}), определяли необходимое усилие прессования (P_{np}) по формуле:

$$P_{np} = 0,785 \cdot d_n^2 \cdot p_{np}, \quad (3)$$

где $d_n = 16,8$ мм – диаметр пуансона.

Уплотнение исследуемых порошковых смесей осуществляли по расчетным значениям усилия прессования P_{np} . При выпрессовке спрессованного брикета по силовому индикатору испытательной машины регистрировали усилие выпрессовки образцов ($P_{выпр}$). Полученные прессовки взвешивали и обмеряли, после чего рассчитывали давление выпрессовки $p_{выпр}$:

$$p_{выпр} = \frac{P_{выпр}}{p \cdot d \cdot h}, \quad (4)$$

где d – диаметр неспеченной прессовки, см; h – высота неспеченной прессовки, см.

Спекание прессовок проводили в электропечи при температуре 1150 °С в течение 1 часа в восстановительной среде (угарный газ), для чего использовали контейнер с засыпкой из асбестовой крошки. Нагрев был одноступенчатым со скоростью порядка 7 °С/мин [13–17]. Охлаждение образцов осуществлялось вместе с контейнером для спекания в печи. При спекании бикарбонат аммония полностью удалялся из прессовок (начальная температура его разложения 60 °С). После спекания образцы обмеряли, взвешивали и рассчитывали относительную плотность спеченных прессовок по формуле:

$$r_{спеч}^{отн} = \frac{m_{спеч}}{0,785 \cdot d_{спеч}^2 \cdot h_{спеч} \cdot r_{Fe}}, \quad (5)$$

где $m_{\text{спеч}}$ – масса спеченного образца, г; $d_{\text{спеч}}$ – диаметр спеченного образца, см; $h_{\text{спеч}}$ – высота спеченного образца, см.

Для определения пропускных способностей использовали экспериментальную гидропрессовую установку с ручным приводом. Испытуемый цилиндрический образец устанавливали в контейнер, который подключали к насосу. При нагнетании рабочей жидкости (масло индустриальное И-20) в контейнер фиксировали давление масла в контейнере и объем жидкости, проходящей через образец в единицу времени посредством мерного цилиндра.

Анализ результатов исследований.

На рис. 1 показаны зависимости пористости спеченных однослойных и двухслойных фильтров от давления прессования. Можно отметить, что пористость спеченных изделий практически одинакова, что объясняется одинаковым объемным содержанием порообразователя.

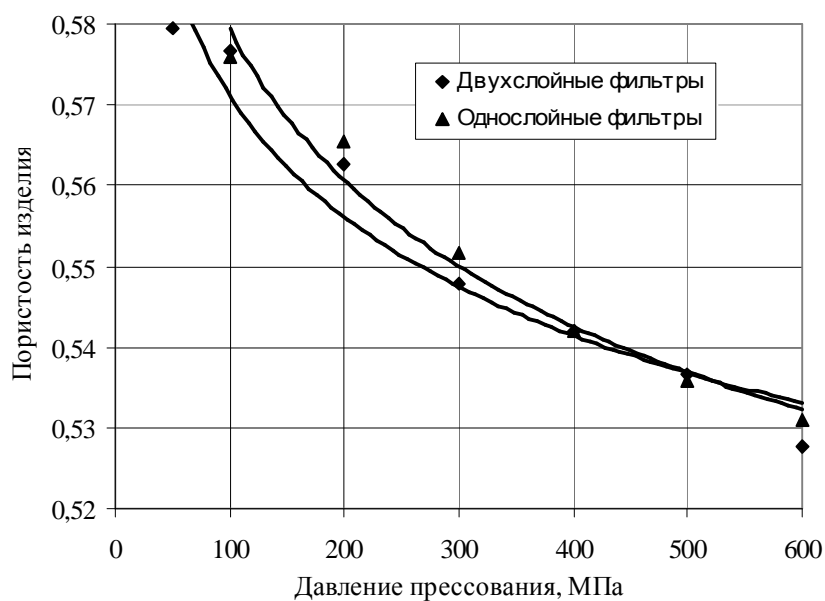


Рис. 1. Зависимость пористости спеченных изделий от давления прессования

На рис. 2 представлена зависимость расхода фильтруемой жидкости от давления прессования.

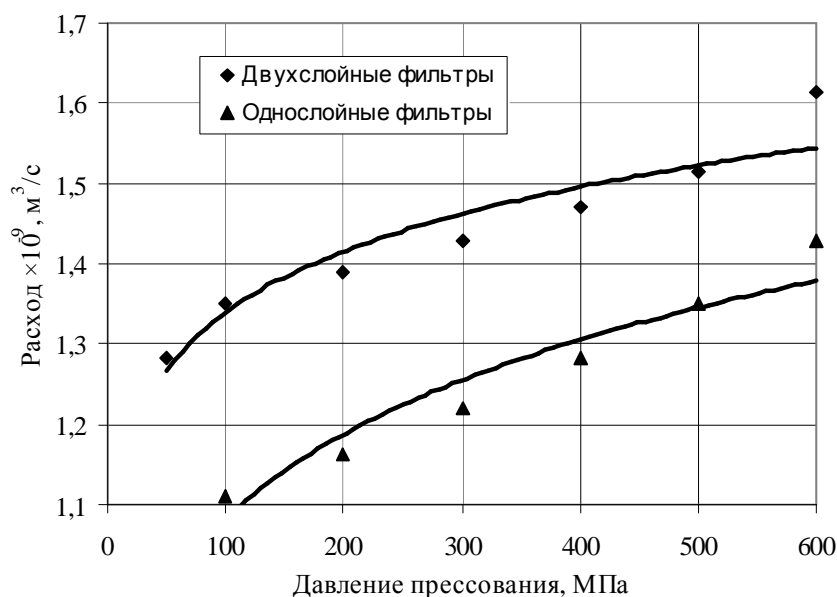


Рис. 2. Зависимость расхода фильтруемой жидкости от давления прессования

Как видно из рис. 2, при одинаковых давлениях прессования лучшими пропускными способностями обладают двухслойные фильтры. Это свидетельствует о лучших эксплуатационных характеристиках многослойных фильтров.

ВЫВОДЫ

Предложена новая технология изготовления двухслойных порошковых фильтров, позволяющая контролировать размер пор и объемную пористость в слоях путем применения порообразователя.

При одинаковых значениях пористости двухслойные фильтры обладают лучшими пропускными способностями. Это свидетельствует о лучших эксплуатационных характеристиках многослойных фильтров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коровин Н. В. Исследование структуры пористых никелевых электродов, изготовленных металло-керамическим способом / Н. В. Коровин, М. Е. Магдасиева, В. К. Солянов // Порошковая металлургия. – 1966. – № 5. – С. 32–40.
2. Laptev A. Study of production route for titanium parts combining very high porosity and complex shape. (Herstellung von hochporösen, endkonturnahen Titan – Formkörpern für biomedizinische Anwendungen) / A. Laptev, M. Bram, H. P. Buchkremer, D. Stöver // Powder metallurgy. – 2004. – V. 47. – № 1. – P. 85–92.
3. Шибряев Б. Ф. Металлокерамические фильтры / Б. Ф. Шибряев, Е. И. Павловская. – М. : Машиностроение, 1972. – 120 с.
4. Формирование структуры и свойств пористых порошковых материалов / Под ред. П. А. Витязя, В. М. Капцевича, А. Г. Косторнова и др. – М. : Металлургия, 1993. – 240 с.
5. Баишта Г. М. Машиностроительная гидравлика / Г. М. Баишта. – М. : Машиностроение, 1975. – 696 с.
6. Porous graded materials by stacked metal powder hot-press molding / K. Nishiyabu, S. Matsuzaki, K. Okubo, M. Ishida, Sh. Tanaka // Materials Science Forum Vols. 492–493. – 2005. – P. 765–770.
7. Chen C. H. Fabrication and characterization of porous alumina tube with pore gradient / C. H. Chen, K. Takita, S. Ishinguro, S. Honda, H. Awaji // Materials Science Forum Vols. 492–493. – 2005. – P. 755–760.
8. Чернышев Л. И. Анализ гидравлических свойств проницаемых материалов с бимодальной пористостью / Л. И. Чернышев. – Порошковая металлургия. – 2005. – № 3/4. – С. 31–40.
9. Повстяной О. Ю. Технологія отримання багатопористих фільтруючих порошкових матеріалів з відходів промислового виробництва / О. Ю. Повстяной, В. Д. Рудь, О. В. Заболотний // Наукові нотатки. – Луцьк : ЛДТУ, 2007. – Випуск 20 (1). – С. 385–392.
10. Шибряев Б. Ф. Пористые проницаемые спеченные материалы / Б. Ф. Шибряев. – М. : Металлургия, 1982. – 168 с.
11. Лаптев А. М. Изготовление градиентных порошковых фильтров с применением порообразователя / А. М. Лаптев, Н. А. Руденко // Обработка материалов давлением. – 2011. – № 1 (26). – С. 146–149.
12. Руденко Н. А. Способ получения проницаемого порошкового материала с градиентной структурой / Н. А. Руденко, А. М. Лаптев // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні аспекти металознавства та термічної обробки металів». – Маріуполь, 9–10 вересня, 2010 р. – С. 105–106.
13. Производство спеченных изделий. Учебник для техникумов / Г. А. Либенсон. – М. : Металлургия, 1982. – 256 с.
14. Структура металлокерамических материалов на основе железа / И. М. Федорченко, Л. И. Пугина, Н. А. Филатова, А. Г. Юрченко / Под ред. И. М. Федорченко. – М. : Metallurgizdat, 1968. – 140 с.
15. Еськов Б. Б. Пористые материалы / Б. Б. Еськов, Д. В. Лагунов, В. С. Лагунов. – Воронеж : Наука, 1995. – 362 с.
16. Степанчук А. Н. Технология порошковой металлургии : учеб. для вузов / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко; под ред. А. Н. Степанчука, В. Я. Шлюко, Н. А. Микитюк. – К. : Выща школа, 1989. – 415 с.
17. Теория и технология спекания / Под ред. Г. В. Самсонова. – К. : Наукова думка, 1974. – 320 с.

Руденко Н. А. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: RudenkoNataliia@gmail.com