

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-45-53>

УДК 66.074.9:66.067.123.22

СРАВНЕНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ВОЛОКНИСТЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

В. Ю. ШУМСКАЯ¹⁺, В. В. СНЕЖКОВ², В. Ю. ГАРБАРУК²

¹Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

²ОДО «Научно-технический центр ЛАРТА», ул. Обьездная, 12, 246000, г. Гомель, Беларусь

Выбор фильтрующего материала имеет важное значение для получения требуемого результата процесса фильтрации. Основными определяемыми эксплуатационными характеристиками для фильтрующих материалов и фильтрующих элементов являются эффективность фильтрации и перепад давления. Однако при выборе фильтрующего материала для конкретного применения ориентация только на фильтрационные характеристики без учета таких параметров пористой структуры, как размер пор, распределение пор по размерам и газопроницаемость может привести к ошибочным выводам для прогнозирования процесса фильтрации.

Цель работы — определение различий в пористой структуре широко применяемого для фильтрации жидкостей и газов волокнисто-пористого фильтрующего материала из полипропилена (ВПФМ ПП) и нового перспективного для фильтрации материала — металлического войлока из нержавеющей стали (МВН) методом капиллярной порометрии и растровой электронной микроскопии.

Приведены данные по морфологии материалов, оценены плотность упаковки и диаметр волокна, распределение пор по размерам. Газопроницаемость и коэффициент газопроницаемости для материалов с толщиной очистки 3 и 5 мкм (МВН-3 и МВН-5) в 1,6–1,8 раз ниже, чем для образцов 10 мкм, отмечено в 1,1–1,8 раз снижение газопроницаемости у образцов с сеткой. Обнаружено, что при различном размере пор у образцов МВН-3 и МВН-5 мкм, практически одинаковы зависимости газопроницаемости от давления. По результатам исследований и сравнения характеристик пористости металлического войлока с ВПФМ ПП сделан вывод о том, что МВН имеет более однородную и упорядоченную структуру пор, характеризуется более узким диапазоном распределения пор по размерам, при сопоставимых диаметрах волокон.

Показано, что газожидкостная порометрия является информативным методом исследования пористой структуры фильтрующих материалов. Результаты работы могут быть использованы при проектировании и изготовлении различных фильтров.

Ключевые слова: волокнисто-пористый фильтрующий материал, металлический войлок, капиллярная порометрия, газожидкостная порометрия, размер пор, распределение пор по размерам, газопроницаемость, коэффициент газопроницаемости.

COMPARISON OF THE POROUS STRUCTURE OF FIBROUS FILTER MATERIALS FROM POLYPROPYLENE AND STAINLESS STEEL

V. YU. SHUMSKAYA¹⁺, V. V. SNEZHKOVA², V. YU. GARBARUK²

¹V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

²ALC Scientific and Technical Center of LARTA, Obezdnaya St., 12, 246000, Gomel, Belarus

In order to obtain the desired result of the filtration process, it is important to make a right choice

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: viktoriya-shumsk@mail.ru

of filter material. Filtration efficiency and pressure drop are the main defined operational characteristics for filter materials and filter elements. However, focussing only on filtration characteristics and not taking into account porous structure parameters such as pore size, pore size distribution and gas permeability, when choosing a filter material for a specific application, can lead to false conclusions in prediction of the filtration process.

The purpose of the work is to determine the differences in the porous structure of the fibrous porous filter material made of polypropylene (FPFM PP) widely used for filtration of liquids and gases and a new promising material for filtration — metal felt made of stainless steel (MFS) using the method of capillary porosimetry and raster electron microscopy.

The materials morphology data is provided, the packaging density, fibre diameter and the distribution of pores by size are measured. Gas permeability and gas permeability coefficient for materials with a cleaning fineness of 3.5 μm are 1.6–1.8 times lower than for 10 μm samples, and a decrease by 1.1–1.8 times in gas permeability has been noted in mesh samples. It was discovered that the dependence of gas permeability on pressure is almost the same in samples MFS-3 μm and MFS-5 μm with different pore sizes. Based on the results of research and on comparison of the porosity characteristics of metal felt FPFM PP, it was concluded that with comparable fibre diameters the MFS has a more homogeneous and ordered pore structure with a narrower range of pore distribution by size.

It has been shown that gas-liquid porometry is an informative method of studying the filter materials porous structure. The results of the work can be used in the design and manufacture of various filters.

Keywords: fibrous porous filter material, metal felt, capillary porosimetry, gas-liquid porosimetry, pore size, pore size distribution, gas permeability, gas permeability coefficient.

Поступила в редакцию 25.07.2024

© В. Ю. Шумская, В. В. Снежков, В. Ю. Гарбарук, 2024

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Шумская В. Ю., Снежков В. В., Гарбарук В. Ю. Сравнение пористой структуры волокнистых фильтрующих материалов из полипропилена и нержавеющей стали // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 3. С. 45–53. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-45-53>

Citation sample:

Shumskaya V. Yu., Snezhkov V. V., Garbaruk V. Yu. Sravnenie poristoy struktury voloknistykh fil'truyushchikh materialov iz polipropilena i nerzhaveyushchey stali [Comparison of the porous structure of fibrous filter materials from polypropylene and stainless steel]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 3, pp. 45–53. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-45-53>

Литература

1. Charvet A., Gonthier Y., Bernis A., Gonze E. Filtration of liquid aerosols with a horizontal fibrous filter // *Chemical Engineering Research and Design*, 2008, vol. 86, is. 6, pp. 569–576. doi: 10.1016/j.cherd.2007.11.008
2. Bitten J. F., Fochtman E. G. Water distribution in Fibrous bed coalescers // *Journal of Colloid and Interface Science*, 1971, vol. 37, is. 2, pp. 312–317. doi: 10.1016/0021-9797(71)90298-0
3. Басманов П. И., Кириченко В. Н., Филатов Ю. Н., Юров Ю. Л. Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова. Москва.: Наука, 2002. 193 с.
4. Усачев А. П., Шурайц А. Л., Салин Д. В., Усуев З. М. Обоснование применения и разработка газовых фильтров-сепараторов для комплексной очистки от твердых примесей, воды, жидких углеводородов, смолистых и сажистых веществ // *Нефтегазовое дело* :

- электронный научный журнал. 2015. № 4. С. 345–361 [Электронный ресурс]. URL: https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p345-361_UsachevAP_ru.pdf (дата обращения: 20.06.2024).
5. Патент 2469771 РФ, МПК В01D 45/12, В01D 53/26 Сепаратор для очистки газа / Фарахов М. И., Байгузин Ф. А., Ахлямов М. Н., Нигматов Р. Р., Шигапов И. М.; заявитель и патентообладатель ООО «Инженерно-внедренческий центр «ИНЖЕХИМ». N 2011126732/05; заявл. 29.06.2011; опубл. 20.12.2012, Бюл. № 35.
 6. Kothari V. K., Mukhopadhyay A. Pore Structure of Textile Material // *Indian Textile J.*, 1999, vol. 109, no. 11, pp. 8–23.
 7. Трешалин Ю. М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. Москва : БОС, 2016. 192 с.
 8. Собина Е. П. Метрология пористости и проницаемости твердых веществ и материалов : монография. Екатеринбург : Уральский университет, 2021. 428 с.
 9. Фандеев В. П., Самохина К. С. Методы исследования пористых структур // *Науковедение : интернет-журнал*. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/34TVN415.pdf> (дата обращения: 20.06.2024).
 10. Вознесенский Э. Ф., Шарифуллин Ф. С., Абдуллин И. Ш. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие. Казань : КНИТУ, 2014. 184 с.
 11. Гаврилова Н. Н., Назаров В. В. Анализ пористой структуры на основе адсорбционных данных: учебное пособие. Москва : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. 132 с.
 12. Порометры капиллярного потока // CZL лабораторное оборудование : сайт ООО «Промэнерголаб» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.czl.ru/catalog/microstructure/porometers/> (дата обращения: 20.06.2024).
 13. Анисович А. Г., Буйницкая А. С. Стандартные методы определения пористости материалов (обзор) // *Весті нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сэрыя фізіка-тэхнічных навук*. 2015. № 2. С. 30–36.
 14. Инструкция по эксплуатации порометр POROLUX 500: IB-FT GmbH по состоянию на 25.11.2021. Берлин, Германия, 2021. 130 с.
 15. Kothari Arpita. Characterization of Pore Structure in Textiles // *Textilelearner*. 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://textilelearner.net/characterization-of-pore-structure-in-textiles/#:~:text=Pore%20size%20distribution%20in%20nonwoven,size%20and%20packing%20density%20etc> (дата обращения: 25.06.2024).
 16. Darcy H. *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Paris : Dalmont, 1856. 638 p.
 17. Шумская В. Ю., Снежков В. В., Григорьев А. Я. Влияние холодного каландрирования на структуру и фильтрационные характеристики волоконисто-пористых систем «политетрафторэтилен – полипропилен» // *Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого*. 2023. № 2. С. 22–38.
 18. Epps H. H., Leonas K. K. Pore size and air permeability of four nonwoven fabrics // *Int. Nonwovens J.*, 2000, vol. 9, pp. 18–22.
 19. Liu X., Shen H., Nie X. Study on the filtration performance of the baghouse filters for ultra-low emission as a function of filter pore size and fiber diameter // *Int. J. Environ Res. Public Health*, 2019, vol. 16, is. 2. doi: 10.3390/ijerph16020247
 20. Orr C. *Filtration. Principles and Practices. Part I*. New York ; Basel : Marcel Dekker, 1977. 534 p.

References

1. Charvet A., Gonthier Y., Bernis A., Gonze E. Filtration of liquid aerosols with a horizontal fibrous filter. *Chemical Engineering Research and Design*, 2008, vol. 86, is. 6, pp. 569–576. doi: 10.1016/j.cherd.2007.11.008
2. Bitten J. F., Fochtman E. G. Water distribution in Fibrous bed coalescers. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1971, vol. 37, is. 2, pp. 312–317. doi: 10.1016/0021-9797(71)90298-0
3. Basmanov P. I., Kirichenko V. N., Filatov Yu. N., Yurov Yu. L. *Vysokoeffektivnaya ochistka gazov ot aerolej fil'trami Petryanova* [Highly efficient gas purification from aerosols using Petryanov filters] Moscow : Nauka Publ., 2002. 193 p.
4. Usachev A. P., Shurayts A. L., Salin D. V., Usuev Z. M. Obosnovanie primeneniya i razrabotka gazovyykh fil'trov-separatorov dlya kompleksnoy ochistki ot tverdykh primesey, vody, zhidkikh uglevodorodov, smolistykh i sazhistykh veshchestv [Rationale for the use and development of gas filter-separators for complex purification from solid impurities, water, liquid hydrocarbons, tar and soot substances]. Available at: https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p345-361_UsachevAP_ru.pdf (accessed 20.06.2024).
5. Farakhov M. I., Bayguzin F. A., Akhlyamov M. N., Nigmatov R. R., Shigapov I. M. Separator dlya ochistki gaza [Separator for gas purification]. Patent RF, no. 2469771, 2012.
6. Kothari V. K., Mukhopadhyay A. Pore Structure of Textile Material. *Indian Textile J.*, 1999, vol. 109, no. 11, pp. 8–23.
7. Treshchalin Yu. M. *Analiz struktury i svoystv netkanykh materialov* [Analysis of the structure and properties of nonwoven materials]. Moscow : BOS Publ., 2016. 192 p.
8. Sobina E. P. *Metrologiya poristosti i pronitsaemosti tverdykh veshchestv i materialov* [Metrology of porosity and permeability of solids and materials]. Ekaterinburg : Ural'skiy universitet Publ., 2021. 428 p.
9. Fandeev V. P., Samokhina K. S. Metody issledovaniya poristykh struktur [Methods for studying porous structures]. Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/34TVN415.pdf> (accessed 20.06.2024).
10. Вознесенский Е. Ф., Шарифуллин Ф. С., Абдуллин И. Ш. *Metody strukturykh issledovaniy materialov. Metody mikroskopii* [Methods for structural studies of materials. Microscopy methods]. Kazan' : KNITU Publ., 2014. 184 p.
11. Gavrilo N. N., Nazarov V. V. *Analiz poristoy struktury na osnove adsorbtsionnykh dannyykh* [Analysis of porous structure based on adsorption data]. Moscow : RKhTU im. D. I. Mendeleeva Publ., 2015. 132 p.
12. Porometry kapillyarnogo potoka [Capillary flow porometers]. Available at: <https://www.czl.ru/catalog/microstructure/porometers/> (accessed 20.06.2024).
13. Anisovich A. G., Buynitskaya A. S. Standartnye metody opredeleniya poristosti materialov (obzor) [Standard methods for determining the porosity of materials (review)]. *Vesti na-tsyanal'nay akademii nauk Belarusi. Seriya fizika-tekhnichnykh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical and technical Sciences], 2015, no. 2, pp. 30–36.
14. Instruksiya po ekspluatatsii porometr POROLUX 500: IB-FT GmbH [Operating instructions for the POROLUX 500 porometer. IB-FT GmbH]. Berlin, Germaniya, 2021. 130 p.
15. Kothari Arpita. Characterization of Pore Structure in Textiles // *Textilelearner*. Available at: <https://textilelearner.net/characterization-of-pore-structure-in-textiles/#:~:text=Pore%20size%20distribution%20in%20nonwoven,size%20and%20packing%20density%20etc> (accessed 25.06.2024).
16. Darcy H. *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Paris : Dalmont, 1856. 638 p.
17. Shumskaya V. Yu., Snezhkov V. V., Grigor'ev A. Ya. Vliyaniye kholodnogo kalandrirovaniya na strukturu i fil'tratsi-onnye kharakteristiki voloknisto-poristykh sistem «politetraforetilen – polipropilen» [The influence of cold calendaring on the structure and filtration characteristics of fibrous-porous systems “polytetrafluoroethylene – polypropylene”]. *Vestnik GGTU im. P.O. Sukhogo* [Bulletin of the P. O. Sukhoy State Technical University of Gomel], 2023, no. 2, pp. 22–38.
18. Epps H. H., Leonas K. K. Pore size and air permeability of four nonwoven fabrics. *Int. Nonwovens J.*, 2000, vol. 9, pp. 18–22.
19. Liu X., Shen H., Nie X. Study on the filtration performance of the baghouse filters for ultra-low emission as a function of filter pore size and

fiber diameter. *Int. J. Environ Res. Public Health*, 2019, vol. 16, is. 2. doi: 10.3390/ijerph16020247

20. Orr C. *Filtration. Principles and Practices*. Part I. New York ; Basel : Marcel Dekker, 1977. 534 p.
