

УДК 66.074

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОРОВОЇ СТРУКТУРИ ФІЛЬТРА НА ОСНОВІ ПОЛІТЕТРАФТОРЕТІЛЕНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНОГО МЕТАНУ

Калюжний О.Б., к.т.н., доц., Сухін І. С., магістр, Колеснік С. С., магістр

Державний біотехнологічний університет

Методом комп'ютерного моделювання встановлені основні структурні параметри високопроникних полімерних фільтруючих елементів (ФЕП) на основі політетрафторетілену з гладкою зовнішньою поверхнею. Експериментальні зразки ФЕП, що виготовлені за доопрацьованим технологічним регламентом використані в фільтрах-сепараторах для очищення шахтного метану.

Шахтний метан широко використовується як додаткове джерело енергії в багатьох сферах виробництва. Використання шахтного метану в якості палива здійснюється когенераційними модулями газової електростанції. Однак, стабільна робота когенераційних модулів може бути забезпечена тільки якісним очищенням шахтного метану, що надходить до їх входу. Відцентрові очисники не забезпечують якісну очистку, а сітчасті фільтри, якими комплектуються модулі, не забезпечують очистку від частинок механічних домішок розмірами менше 5 мкм, швидко засмічуються більш великими частинками, потребують частої регенерації і заміни. Тому виникла необхідність в установці додаткових фільтрів для попереднього очищення шахтного метану.

Аналіз існуючих фільтрів та пристроїв для очищення шахтного метану показав, що найбільш ефективними є фільтри сепаратори для очищення та підготовки природного газу, що комплектуються пористими фільтруючими елементами на основі політетрафторетілену (ПТФЕ) [1].

Технологічний режим роботи фільтра-сепаратора дозволяє протягом усього періоду експлуатації забезпечувати на гідрофобній фільтруючій поверхні стійку плівку рідини (води і газового конденсату), що видаляє механічні забруднення з поверхні фільтруючого елемента. Цей гідродинамічний режим забезпечує незабрудненість фільтроелементів і постійний перепад тиску на фільтрі-сепараторі. Так як шахтний метан подається на вхід когенераційного модуля з тиском не більше 300 Па, основною експлуатаційною вимогою до фільтра-сепаратора є малий гідравлічний опір, який в свою чергу, залежить від режиму течії речовини, що фільтрується, його параметрів (в'язкість, щільність) і параметрів порової структури (пористість, діаметр пор, коефіцієнт звивистості порових каналів, шорсткість поверхні пор).

З метою вибору фільтруючих елементів для фільтра-сепаратора були проведені дослідження пневматичних характеристик на 3-х типах високопроникних матеріалів на основі ПТФЕ з різною тонкістю очистки (5, 20, 40 мкм) [2].

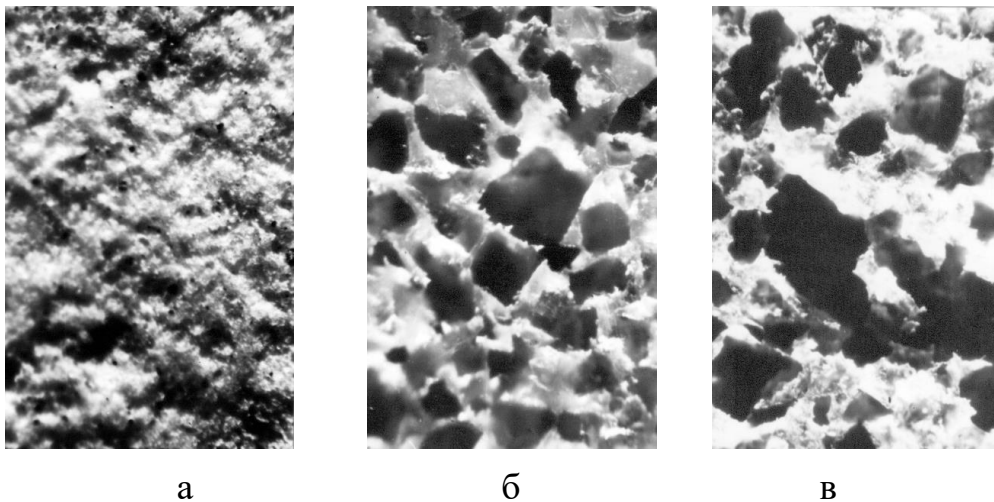


Рис. 1. Поровые структуры поверхности фильтрующих элементов ФЭП 152-130-205 с различной тонкостью очистки (увеличение $\times 40$):
а – 5 мкм; б – 20 мкм; в – 40 мкм; г – 30 мкм.

Аналіз пневматичних характеристик показав, що циліндричні полімерні фільтруючі елементи з тонкістю фільтрації 5 мкм з гладкою зовнішньою поверхнею мають високий гідравлічний опір. Фільтруючі елементи з тонкістю фільтрації 20 і 40 мкм мають задовільний гідравлічний опір, але шорсткість поверхні цих елементів не дозволяє формувати на їх поверхні стійку рідинну плівку, отже не забезпечується режим самоочищення фільтруючих елементів.

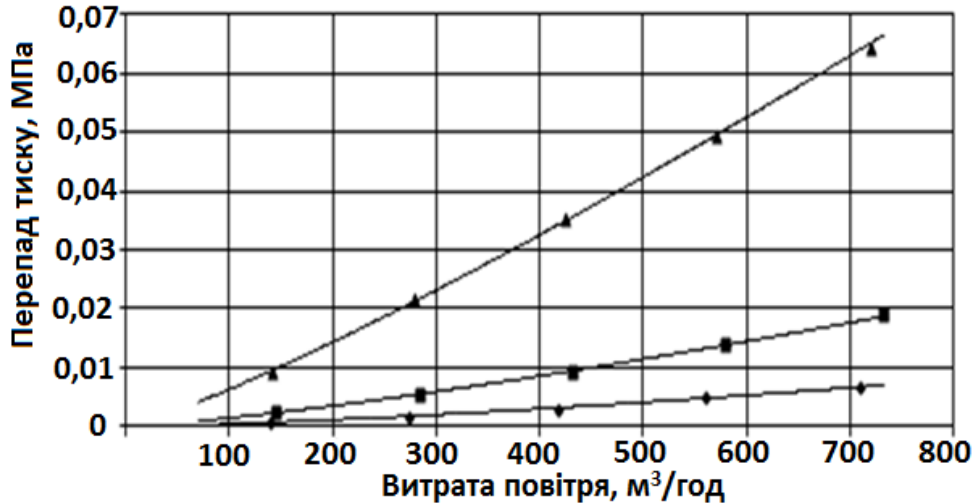
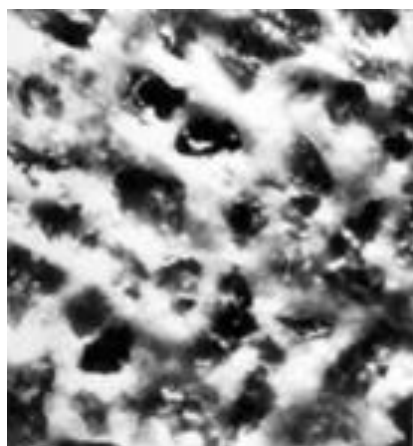


Рис. 2. Пневматичні характеристики фільтруючих елементів ФЭП 152-130-205 з різною тонкістю очистки: ◆ - 40 мкм, ■ - 20 мкм, ▲ - 5 мкм.

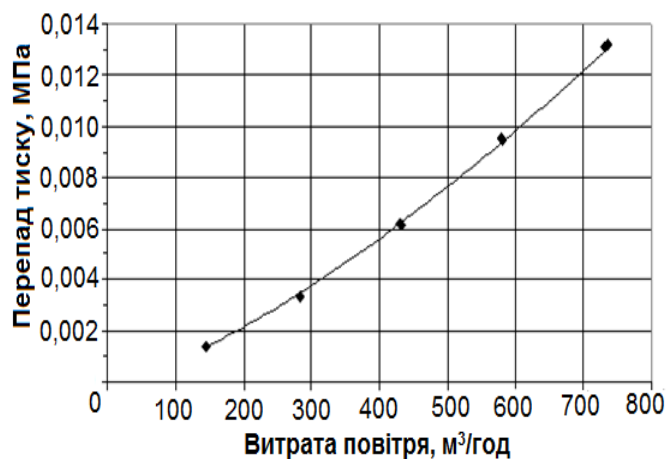
Тому виникла необхідність в розробці високопроникних фільтруючих елементів, що мають гладку поверхню. З використанням комп'ютерної моделі пористого тіла були визначені оптимальна форма (сфера) і дисперсний склад пороутворювача (70-140 мкм - 20%; 140-350 мкм - 30%; 350-500 мкм - 50%), об'ємна пористість фільтроматеріалу (79,5%), що забезпечують задані експлуатаційні властивості.

У якості водорозчинного пороутворювача використовувався хлорид натрію (NaCl). Із приготованих сумішей ПТФЕ і NaCl шляхом таблетування в прес-формі з витримкою 30 с при питомому тиску 155 ± 5 МПа були отримані заготовки пористих ПТФЕ [3]. Отримані заготовки піддавалися спіканню при $t = 385 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 1 години, охолоджувалися з піччю. Пороутворювач NaCl видалявся розчиненням у воді при $t = 40^\circ\text{C}$. Кінцевою стадією приготування пористих ПТФЕ була їх сушка при 100°C протягом 12 годин.

За доопрацьованим технологічним регламентом були виготовлені експериментальні зразки полімерних фільтруючих елементів, порова структура яких наведена на рис. 1а.



а



б

Рис. 1. Експериментальний фільтруючий елемент з тонкістю фільтрації 30 мкм: а - порова структура поверхні матеріалу; пневматична характеристика фільтруючого.

Як видно з рис. 1б, розроблені експериментальні зразки з гладкою поверхнею мають пневматичний опір, близький до фільтруючих елементів з тонкістю фільтрації 40 мкм, при цьому забезпечують тонкість фільтрації 30 мкм. Тому газові сепаратори комплектувалися цими фільтруючими елементами, що показало високу ефективність і надійність підготовки шахтного метану для стабільної роботи когенераційних модулів.

Список літератури:

1. Wu, J., Xu, F., Li, S., Ma, P., Zhang, X., Liu, Q., Fu, R., Wu, D., Porous Polymers as Multifunctional Material Platforms toward Task-Specific Applications. *Adv. Mater.*, 2019, 31, 1802922-1802967. <https://doi.org/10.1002/adma.201802922>
2. Kaliuzhnyi OВ, Platkov VY (2022) The structure and properties of porous poly(tetrafluoro ethylene). *J Polym Res* 29:32. <https://doi.org/10.1007/s10965-022-02887-w>
3. Калюжный А. Б., Платков В. Я., Калюжный Б. Г. Формирование давлением структуры и свойств пористых материалов на основе фторопласта-4 / А. Б. Калюжный, В. Я. Платков, Б. Г. Калюжный // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2017. - Вип. 183. - С. 39-44.