

УДК 539.3

Б.К. Репін, І.О. Сороколіт, О.В. Тимошенко, В.В. Коваль  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.

### Дослідження анізотропних властивостей фільтраційних мембран

Одним з найбільш поширених способів отримання якісної питної води, є використання спеціальних фільтрів у яких очищення здійснюється за допомогою використання мікропористих полімерних мембран, що формують багатошарові структури. Фільтраційні мембрани є анізотропними матеріалами, тому визначення їх механічних властивостей та введення у розгляд коефіцієнта анізотропії є необхідним моментом при плануванні технологічного процесу створення мембранного наповнювача фільтрів. А саме: в залежності від границі міцності, відносного залишкового видовження обмежується технологічне зусилля натягу мембрани, яке впливає на кількість шарів мембранного пакету очисного фільтру та обумовлює ступінь фільтрації, тощо.

Метою цієї роботи є визначення та порівняння анізотропних властивостей трьох типів зразків мембран, які використовуються на сьогоднішній день у фільтраційних установках.

Огляд літератури [ ] показав, що характеристики ізотропних мембран вивченні досить добре, однак анізотропія мембранного полотна вносить суттєві коригування у стандартні методи розрахунків мембран на міцність, значно ускладнюючи їх. Але, незважаючи на це, вона має бути обов'язково врахована.

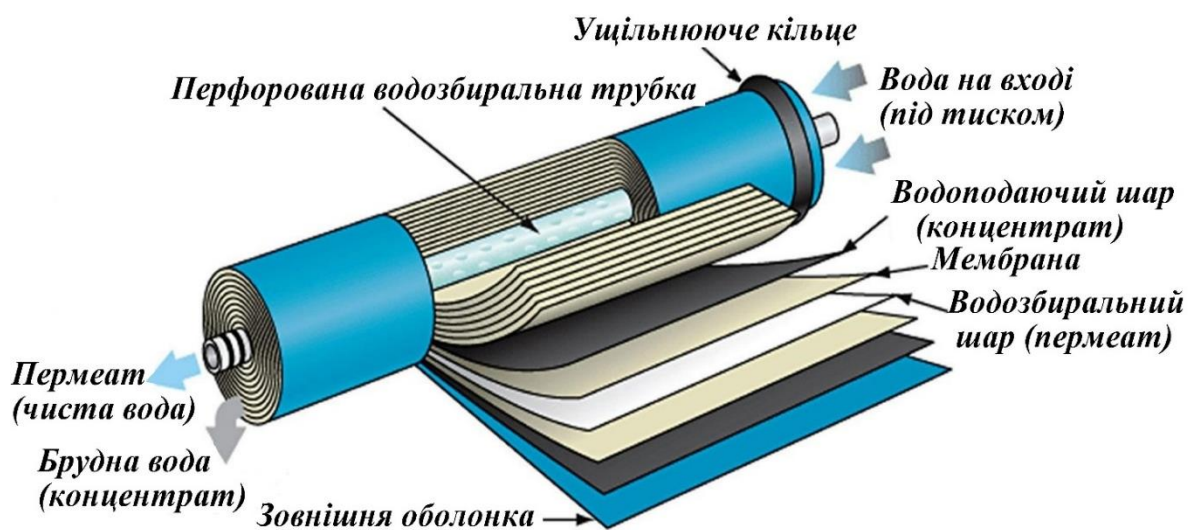


Рис. 1 Внутрішня будова фільтру очистки води

Основними механічними характеристиками, що дають змогу оцінити міцність мембрани та можуть бути використані у розрахунках, є модуль пружності  $E$ , границя пропорційності  $\sigma_{пр}$ , умовна границя плинності  $\sigma_{0,2}$ , границя міцності  $\sigma_B$ , відносне видовження при розриві  $\epsilon_B$ . Усі значення можна отримати проаналізувавши діаграму розтягу (рис. 2, 3, 4).

Випробування зразків виконувалось на випробувальній установці Tiratest 2300. Умови проведення дослідження відповідали вимогам державного стандарту на зразках  $20 \times 100$  мм.

Зразки було вирізано так, щоб кут між напрямком волокон і лінією розтягу зразка, складав  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  та  $90^\circ$ . Аналіз діаграми дав змогу побудувати графіки залежності механічних характеристик мембран від кута вирізання зразка (рис. 5-9).

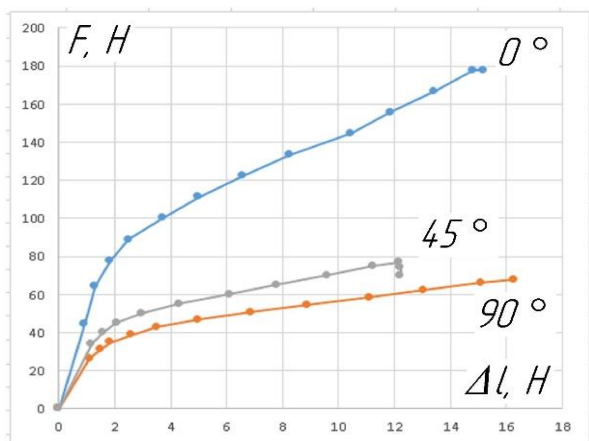


Рис. 2 Діаграма розтягу матеріалу А

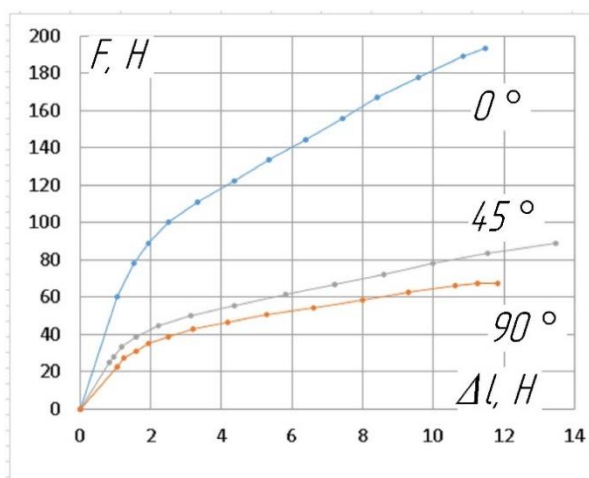


Рис. 3. Діаграма розтягу матеріалу В

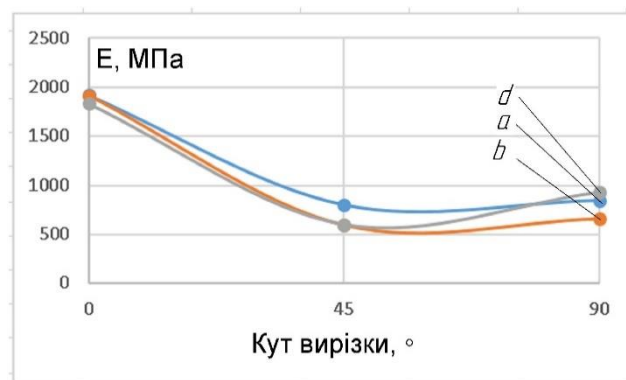


Рис. 6. Діаграми зміни модуля пружності від кута

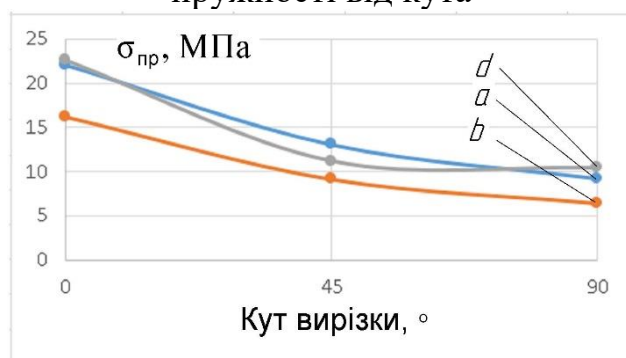


Рис. 7. Діаграми зміни границя пропорційності від кута

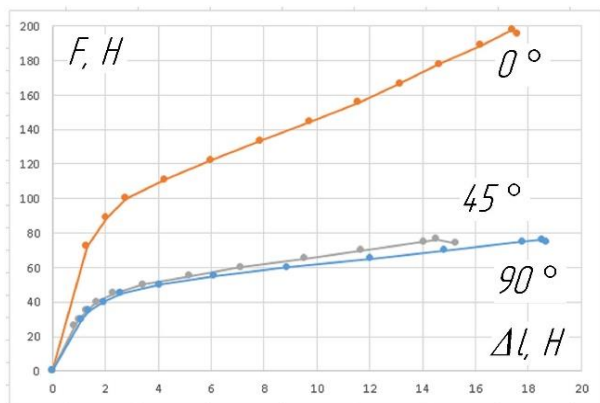


Рис. 4. Діаграма розтягу матеріалу D

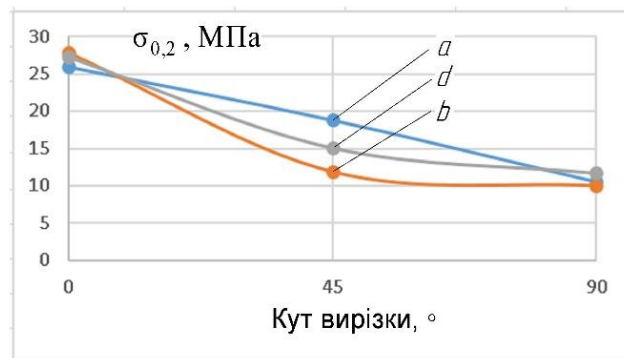


Рис. 8. Діаграми зміни границі плинності від кута

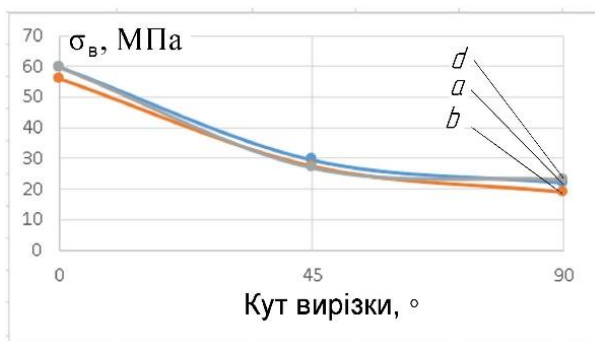


Рис. 5. Діаграми зміни границі міцності від кута

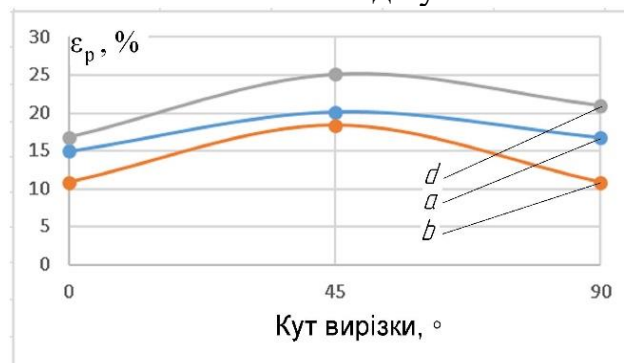


Рис. 9. Діаграми зміни відносного видовження при розриві від кута

З рис. 2, 3, 4 можна побачити, що загальний характер зміни механічних характеристик мембран майже не залежить від кута вирізаня зразка, проте їх величини відрізняються. Так, проаналізувавши дані, наведені у таблиці 1, можна побачити, що значення механічних характеристик мембран вздовж і поперек волокон відрізняються майже в два рази. Натомість, характеристики, визначені для кута  $45^\circ$  майже співпадають зі значеннями, отриманими для зразків, вирізаних поперек волокон. Виключенням, в цьому випадку, є лише експериментальні дані, отримані для деформацій. Причому розглянуті вище залежності, є однаковими для всіх розглянутих типів мембран.

Для усіх трьох зразків мембран розрахований коефіцієнт анізотропії знаходиться приблизно в межах від 0.3 до 0.5.

Найбільші значення модуля пружності (рис. 6) спостерігалися для зразків, вирізаних вздовж напрямку рулону мембранного полотна, найменші – під час розтягу під кутом  $45^\circ$ . Аналогічний висновок можна зробити і для значень границі пропорційності (рис. 7) та границі плинності (рис. 8) розглянутих матеріалів.

Таблиця 1. Значення механічних характеристик мембрани в залежності від кута вирізки зразка для досліджуваних зразків мембран, умовно позначених a, b, d.

Кут, град.	Параметр	Розмірність	Матеріал a	Матеріал b	Матеріал d
0	Модуль пружності, E	МПа	1920	1914	1835
	Границя пропорційності, $\sigma_{\text{пц}}$	МПа	22,1	16,22	22,67
	Границя плинності $\sigma_{0,2}$	МПа	25,97	27,85	27,28
	Границя міцності $\sigma_b$	МПа	59,94	56,17	59,95
	Максимальне видовження $\varepsilon_p$ ,	%	14,96	10,87	16,8
45	Модуль пружності, E	МПа	799,1	595,4	596,8
	Границя пропорційності, $\sigma_{\text{пц}}$	МПа	13,09	9,16	11,2
	Границя плинності $\sigma_{0,2}$	МПа	18,83	11,84	15,06
	Границя міцності $\sigma_b$	МПа	29,64	27,48	27,11
	Максимальне видовження $\varepsilon_p$ ,	%	12,92	13,47	13,61
90	Модуль пружності, E	МПа	844,3	658,3	926
	Границя пропорційності, $\sigma_{\text{пц}}$	МПа	9,24	6,45	10,43
	Границя плинності $\sigma_{0,2}$	МПа	10,54	9,96	11,68
	Границя міцності $\sigma_b$	МПа	22,09	18,91	23,23
	Максимальне видовження $\varepsilon_p$ ,	%	16,76	10,88	20,99

Окремо слід відмітити, що матеріал d має найбільші значення максимального видовження (рис. 9) серед трьох розглянутих зразків мембран для всіх випадків кутів вирізання зразків, при цьому різниця між величинами границі міцності, отриманими для нього та для інших мембран, є незначною. Це дає змогу отримати більш щільний фільтрувальний пакет при цьому особливо не знижуючи його міцність.

#### Висновки:

Внаслідок проведеної експериментальної роботи були отримані значення механічних характеристик полімерних мембран та розроблені рекомендації до технологічного процесу виготовлення водоочисних фільтрів, які дозволили зменшити кількість браку при виготовленні та досягнути оптимальної величини натягу при намотуванні фільтрувального паперу для різних виробників.

## Список використаних джерел

1. Schomburg W.K., Membranes. Introduction to Microsystem Design. / Springer-Verlag Berlin Heidelberg, eBook ISBN 978-3-642-19489-4, 2011, XXII, 322p.

2. В.М. Станкевич, П.Ю. Апельг, А.С. Михневичз, Н.В. Левковичг, Ю.М. Плескачевский. Исследование анизотропии прочности микроползучести полимерных пленок-матриц трековых мембран. // 9-ая Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым», 20-22 сентября 2011г. «Издательский центр БГУ» Минск, 2011., с.388-390.

3. Anisotropic Membranes // Mark Bowick, Simon Catterall, Simeon Warner, Gudmar Thorleifsson, Marco Falcioni./ September 1998. Syracuse University SU-4240-684