



ПОРИСТІ І ТРАНСПОРТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН НА ОСНОВІ SiC

Юлія МОЛЧАН¹, Тетяна ДОНЦОВА¹

¹Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: molchan.yulia@iill.kpi.ua

Анотація

Робота присвячена дослідженню пористих та транспортних характеристик керамічних мембран на основі SiC. Отримані SiC керамічні мембрани характеризуються зменшеною температурою спікання за рахунок додавання рідкого скла та збільшені пористі, механічні характеристики. Показано, що SiC керамічні мембрани є перспективними у застосуванні у мембранній технології очищення води.

Ключові слова: SiC керамічні мембрани, пористість, транспортні характеристики, міцність.

Керамічні мембрани все більше і більше набувають популярності у технології очищення води, оскільки мають такі переваги: довгий термін експлуатації, стійкість до високих температур, агресивних хімічних середовищ, забруднень, високу механічну міцність. Завдяки своїм властивостям керамічні мембрани також застосовують в медичній, нафтохімічній, біологічній галузях [1]. Силіцій карбід (SiC) є одним із найбільш перспективних матеріалів для керамічних мембран серед інших таких як оксид алюмінію, оксид титану, діоксид цирконію. SiC керамічні мембрани мають найкращі хімічні, термічні та механічні властивості серед інших в агресивному середовищі та швидкому потоці рідини та пористість більшу 40%. SiC керамічні мембрани застосовують для очищення стічних, підземних, пластових вод.

Структура SiC керамічних мембран, як правило, складається з підтримуючого, проміжного та селективного шарів. Нанесений селективний шар на пористу підкладку забезпечує високу міцність та пропускну здатність SiC мембрани. Підтримуючий шаром для SiC керамічної мембрани може слугувати підкладка з силіцій карбїду і це забезпечить зведення до мінімуму виникнення тріщин під час отримання [2].

Висока температура спікання є одним із факторів, який впливає на собівартість і створює високу ціну SiC керамічних мембран. Силіцій карбід відомий своїми міцними ковалентними зв'язками, які вимагають високої температури спікання до 2000 °C для їх розриву. Під час процесу спікання зазвичай SiC керамічні мембрани рекристалізуються в діапазоні температур 1900–2200 °C. Очевидно, що отримання керамічних мембран є вартісним процесом. Для зниження температури спікання мембран в літературі рекомендується використання наступних речовин: муліт, оксид цирконію, золу, глинозем, цеоліт, рідке скло, боксит. Внаслідок додавання цих речовин температура спікання може бути знижена SiC до 1350–1500 °C. Зокрема додавання рідкого скла дало змогу знизити температуру спікання до 1000°C та

отримати SiC керамічні мембрани, які характеризуються хімічною стійкістю до сильно кислотних та лужних умов [3].

Метою роботи є синтез SiC керамічних мембран з та без додаванням рідкого скла, дослідження структурних, пористих і транспортних характеристик.

Було отримано дві керамічні мембрани на основі SiC з та без додаванням рідкого скла за температури 950 °C за допомогою методу пресування попередньо змішуваних сухих компонентів (силіцій карбід, алюміній оксид, амоній дикарбонат, натрій тетраборат). Фото отриманої SiC керамічної мембрани представлено на рисунку 1 а.

Для дослідження структури керамічної мембрани було використано скануючу електронну мікроскопію (СЕМ). На рис. 2 зображено СЕМ-зображення отриманої керамічної мембрани.

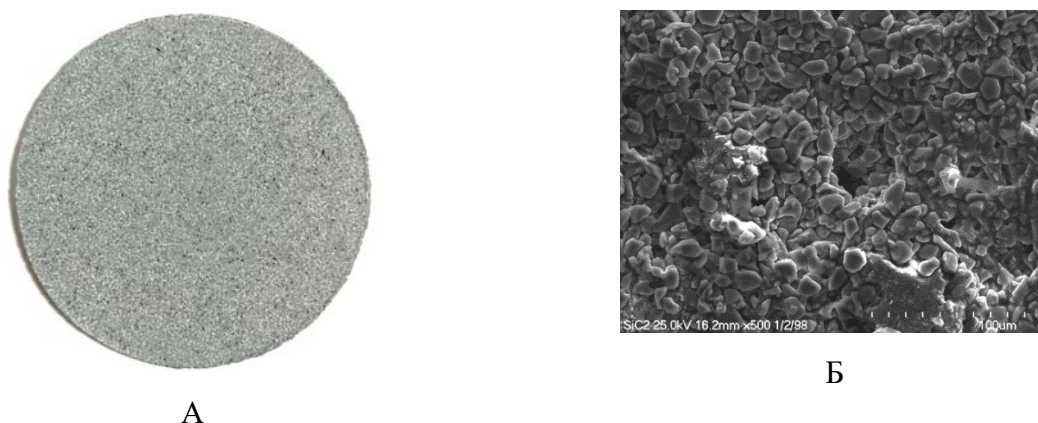


Рис. 1. Фото та СЕМ-зображення отриманої SiC керамічної мембрани з додаванням рідкого скла

З рисунку 1 видно, що отримана SiC керамічна мембрана має зернисту структуру, а мікроскопічні дослідження вказують на макропористість зразка. SiC керамічна мембрана без додавання скла мала аналогічну структуру.

Міцність на згин для отриманих керамічних мембран становила: 16,3 МПа для керамічної мембрани без додавання скла, 46,8 МПа – з додаванням. Це підтверджує їх високі механічні властивості та свідчить про перспективи застосування у мембранних технологіях.

Також було проведено визначення пористих і транспортних властивостей SiC керамічних мембран. Отримані результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Пористі і транспортні властивості SiC керамічних мембран

Зразок	SiC-H	SiC-H-LG
Загальна пористість, %	17,9	44,5
Відкрита пористість, %	17,7	44,3
Пропускна здатність чистої води, $\text{cm}^3/(\text{хв}\cdot\text{cm}^2)$	18,66	10,84

Як видно із табл. 1, рідке скло має вплив на пористість та пропускну здатність отриманих SiC керамічних мембран. Збільшена пористість у зразку із рідким склом може бути пояснена

тим, що рідке скло коагулює частинки мембрани під час пресування і подальшому спіканню. Високі значення пропускної здатності свідчать про високі транспортні характеристики отриманих SiC керамічних мембран.

Отже, показано, що SiC керамічні мембрани мають високі пористі, транспортні та механічні властивості. Встановлено, що додаванням рідкого скла збільшує механічні властивості, пористість та зменшує пропускну здатність.

В подальшому планується збільшити вміст рідкого скла та дослідити його вплив та типу карбонату на пористі, транспортні та механічні властивості.

Література

1. Dong, Y.; Wu, H.; Yang, F.; Gray, S. Cost and Efficiency Perspectives of Ceramic Membranes for Water Treatment. *Water Research* **2022**, *220*, 118629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118629>.
2. Eray, E.; Candelario, V. M.; Boffa, V. Ceramic Processing of Silicon Carbide Membranes with the Aid of Aluminum Nitrate Nonahydrate : Preparation , Characterization , and Performance. *Membranes* **2021**, *11* (714), 2–17. <https://doi.org/10.3390/en14071831>
3. Wang, J.; Wang, X.; Fu, Q.; Fu, J.; Zhai, F.; Li, S. Silicon Carbide Ceramic Membrane Support Sintered at 800 °C with Low-Temperature Sintering Aid. *Ceramics International* **2023**, *49* (15), 25612–25619. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.05.102>.

POROUS AND TRANSPORT CHARACTERISTICS OF CERAMIC MEMBRANES BASED ON SiC

Yuliia MOLCHAN

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2364-3530>

Tetiana DONTSOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8189-8665>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304061>

Keywords: *SiC ceramic membranes, porosity, transport characteristics, strength.*

Abstract

The work describes the study of porous and transport characteristics of SiC-based ceramic membranes. The obtained SiC ceramic membranes are characterized by a reduced sintering temperature due to the addition of liquid glass and increased porous, mechanical characteristics. It is shown that SiC ceramic membranes are promising for use in membrane technology for water purification.