

УДК: 678.5

DOI: 10.20535/iwccmm2024302399

ОДНОЕТАПНЕ ОТРИМАННЯ БІОРОЗКЛАДНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ПОЛІЛАКТИДУ

Денис Баклан,
PhD

КПІ ім. Ігоря Сікорського
d.baklan@kpi.ua

Анна Білоусова,
аспірант

КПІ ім. Ігоря Сікорського
a.bilousova@kpi.ua

Анотація: У роботі продемонстровано отримання нетканого матеріалу за допомогою методу прядіння з видуванням розчину. Суть методу полягає у поєднанні двох паралельних концентричних потоків: полімеру, розчиненого в летючому розчиннику, і повітря під тиском, який обтікає розчин полімеру, створюючи волокна, що осаджуються в напрямку потоку, що дає змогу осаджувати волокна як на пласкі, так і на непласкі підкладки. У результаті отримано біорозкладні гідрофобні матеріали на основі PLA, кут змочування водою який складає до 140 град. Показано, що оптимальна щільність матеріалу складає 1-2 г/м². Отриманий матеріал є стійким до розчинників, масел та води, що відкриває перспективні напрямки застосування у якості фільтраційних матеріалів з можливістю біорозкладання для зниження вуглецевого сліду, а також у якості біосумісного матеріалу у якості носія медичних препаратів при тампонуванні ран.

Ключові слова: біорозкладання, гідрофобність, мікрволокна, неткані матеріали, полілактид, прядіння з видуванням розчину.

Abstract: This paper demonstrates the production of nonwovens using the solution-blown spinning method. The essence of the method is to combine two parallel concentric flows: a polymer dissolved in a volatile solvent and pressurized air that flows around the polymer solution, creating fibers that are deposited in the direction of the flow, which makes it possible to deposit fibers on both flat and non-planar substrates. As a result, biodegradable hydrophobic materials based on PLA with a water-wetting angle of up to 140 degrees were obtained. It is shown that the optimal density of the material is 1-2 g/m². The obtained material is resistant to solvents, oils, and water, which opens up promising applications as biodegradable filtration materials to reduce the carbon footprint, as well as a biocompatible material as a carrier of medical products for wound tamponade.

Key words: biodegradability, hydrophobicity, microfibers, nonwovens, polylactide, solution-blown spinning.

Отримання матеріалів методом прядіння з видуванням розчину (Solution blow spinning) - це процес отримання волокнистого матеріалу на основі полімеру. Суть методу полягає у поєднанні двох паралельних концентричних потоків: полімеру, розчиненого в летючому розчиннику, і повітря під тиском, який

обтікає розчин полімеру, створюючи волокна, що осаджуються в напрямку потоку. Такий метод дає змогу осаджувати волокна як на пласкі, так і на непласкі підкладки зі швидкістю осадження, яка приблизно в 10 разів перевищує швидкість електропрядіння. Такі матеріали можуть застосовуватися для електроніки, фільтраційних засобів та матеріали для біологічного застосування. [1, 2]

Можливість отримання волокон залежить від молекулярної маси полімеру, концентрації та в'язкості розчину полімеру, а також від тиску подачі повітря і швидкості потоку розчину полімеру. [3]

Метою роботи є оцінка можливості створення методом прядіння з видуванням розчину гідрофобних матеріалів на основі біорозкладних полімерів.

У роботі було використано полілактид (далі PLA) (CAS 26100-51-6) як полімер для утворення нетканого матеріалу. Перед нанесенням на субстрат було створено 5 мас. % розчин PLA у дихлорметані. Для отримання матеріалів на основі PLA було використано комерційний аерограф з діаметром сопла 0,3 мм, сопло складається з форсунки з голкою, розташованою концентрично в центрі. Робочий тиск компресора складає 4 атм. Нанесення та одержання матеріалу було виконано на скляному субстраті. Відстань між субстратом та соплом складає 10 см. Час нанесення варіювався для досягнення різної щільності матеріалу. У даній роботі щільність отриманих матеріалів приводиться як відношення маси матеріалу до площі (г/м²).

Поверхню отриманих зразків було досліджено за допомогою оптичного мікроскопу і цифрової камери H5D (Delta Optical) з програмним забезпеченням "ScopeTek View" (ScopeTek Optics Electronics). Кут змочування було визначено за допомогою оптичного мікроскопа, цифрової камери з використанням мікропіпетки та крапель, нанесених у п'яти різних точках на поверхні зразка.

Фото мікроструктури матеріалів наведено на Рис. 1 та Рис. 2. Для порівняння було створено ряд матеріалів з різної щільністю. Як видно з отриманих фото матеріал складається з переплетених між собою ниток PLA, що або лежать одні на одній або скріплені між собою. Зокрема у таких місцях

спостерігається потовщення цих волокон. Також спостерігаються тонкі волокна, що закріплені лише з однієї сторони. При невеликому збільшенні видно, що незалежно від щільності матеріалів, їх рівномірність досить висока.

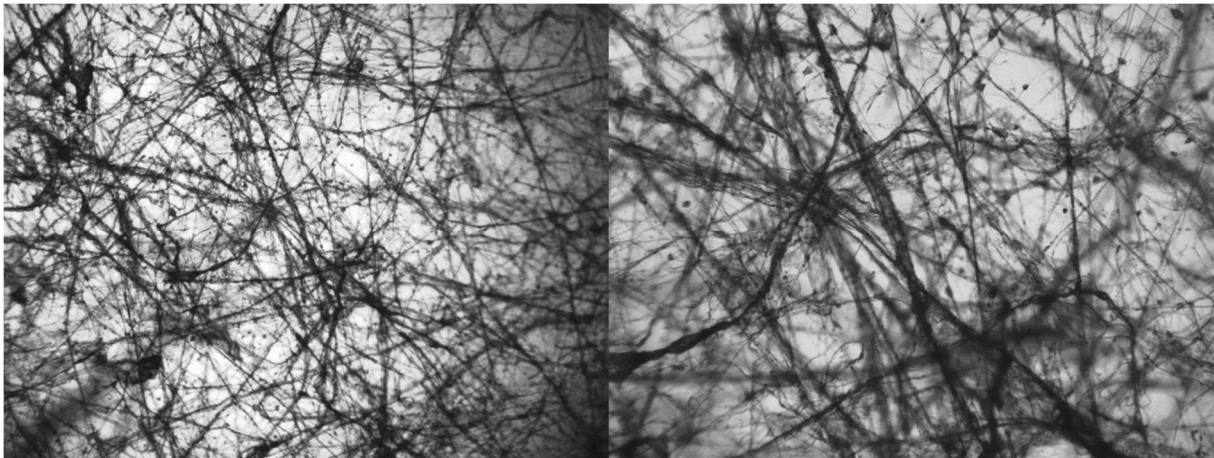


Рис. 1. Фото оптичної мікроскопії отриманого матеріалу з низькою щільністю

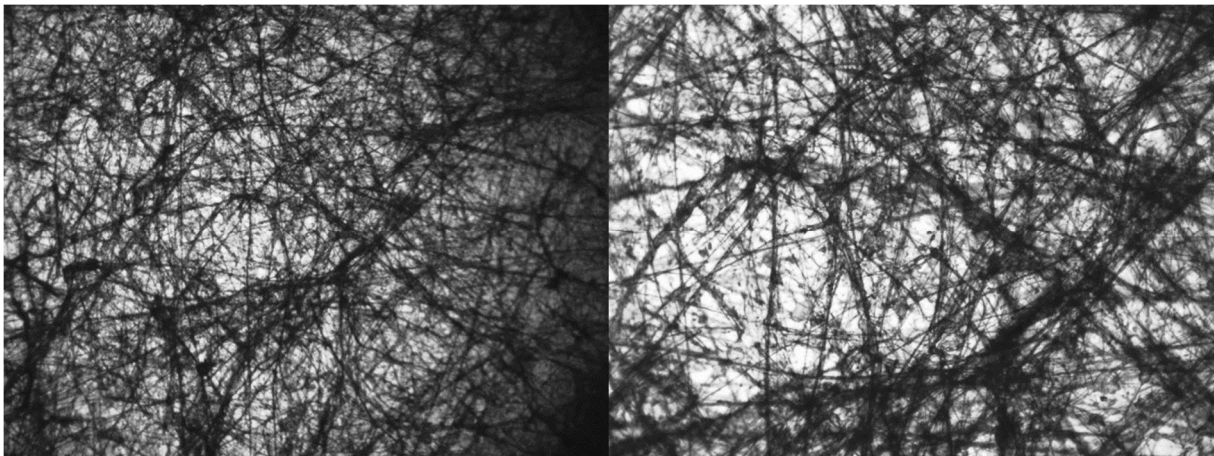


Рис. 2. Фото оптичної мікроскопії отриманого матеріалу з високою щільністю

Порівняння кутів змочування показує, що вдалося отримати гідрофобний матеріал (Рис. 3). Причому PLA у вигляді плівки має в середньому кут змочування 78° . В окремих випадках вдалося досягти значення кута до 140° у точці оптимуму при щільності близько $1-2 \text{ г/м}^2$. Якщо щільність нижча 1 г/м^2 , то спостерігається зниження кута змочування до гідрофільного стану, що пояснюється недостатньою кількістю волокон для втримання краплі води. Це у свою чергу призводить до контакту краплі з поверхнею гідрофільного скла.

Інший випадок спостерігається, коли щільність матеріалу збільшується вище 2 г/м^2 . Кут змочування повільно знижується до 128° при щільності 20 г/м^2 .

Таке явище можна пояснити поступовим збільшенням площі контакту краплі води з поверхнею PLA волокон через збільшення їх щільності.

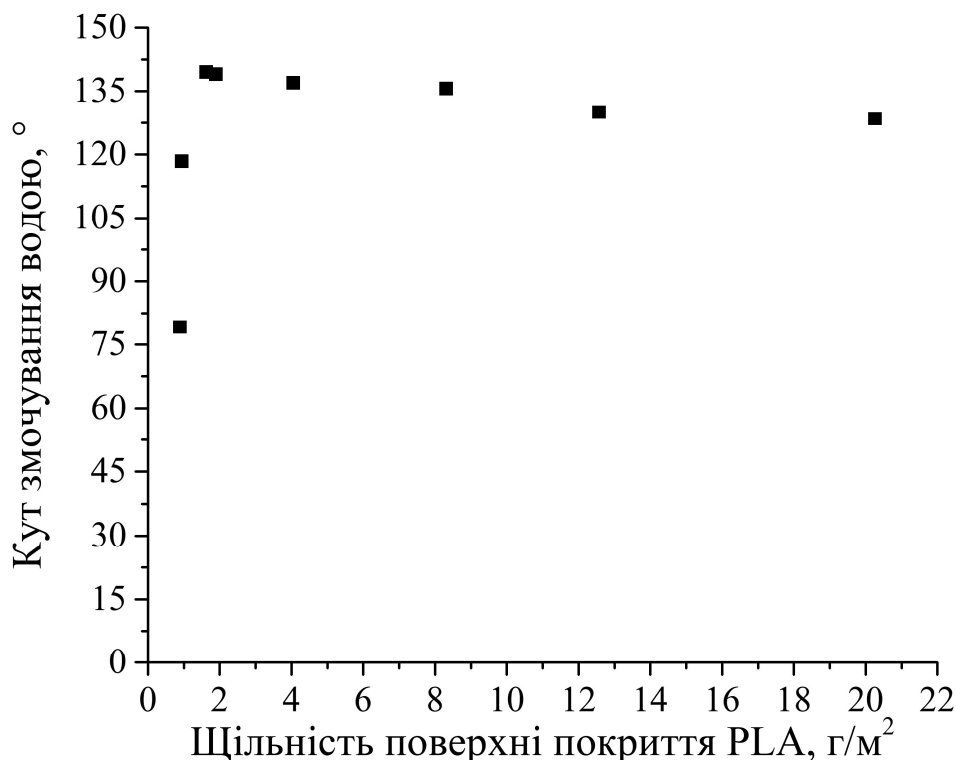


Рис. 3. Залежність кута змочування водою від щільності отриманого покриття

ВИСНОВКИ

Продемонстрований у роботі метод попри свої недоліки у вигляді випаровування розчинника у атмосферу, дає змогу отримувати біорозкладні гідрофобні матеріали на основі PLA. Показано, що оптимальна щільність матеріалу складає 1-2 г/м². Отриманий матеріал є стійким до розчинників, масел та води, що відкриває перспективні напрямки застосування у якості фільтраційних матеріалів з можливістю біорозкладання для зниження вуглецевого сліду, а також у якості біосумісного матеріалу у якості носія медичних препаратів при тампонуванні ран.

Список літератури:

1. Medeiros, E. S., Glenn, G. M., Klamczynski, A., Orts, W. J., & Mattoso, L. H. C. (2009). Solution blow spinning: A new method to produce micro- and nanofibers from polymer solutions. *Journal of Applied Polymer Science*, 113(4), 2322–2330. <https://doi.org/10.1002/app.30275>

2. Dadol, G. C., Kılıç, A., Tijing, L. D., Lim, K. J. A., Cabatingan, L. K., Tan, N. P. B., & Stojanovska, E. (2020). Solution blow spinning (SBS) and SBS-spun nanofibers: Materials, methods, and applications. *Materials Today Communications*, 25, 101656. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101656>
3. Daristotle, J. L., Behrens, A. M., Sandler, A. D., & Kofinas, P. (2016). A review of the fundamental principles and applications of solution blow spinning. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8(51), 34951–34963. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b12994>