

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.2.9>

УДК 678.65.
98.41

БУЛГАКОВ Є. С., ПУШКАРЬОВ Д. В., САВЧЕНКО Б. М.,
СОВА Н. В., СЛЄПЦОВ О. О.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЛАКТИДУ

Мета дослідження. Метою даної статті є дослідження та порівняння фізичних та механічних властивостей нетканих матеріалів, виготовлених з полілактиду та поліпропілену.

Методи дослідження. Неткані полімерні матеріали з поліпропілену та полілактиду отримували методом аеродинамічного розпилення розплаву на приймальний барабан (melt-blown) на лабораторній установці. Фізико-механічні характеристики, такі як міцність та видовження на розрив оцінювали за допомогою розривної машини Р-5 (згідно з ISO 5725-1). Реологічні характеристики досліджених полімерів було оцінено шляхом вимірювання показника течії розплаву згідно з ISO 1133.

Результати. Дослідним шляхом підтверджено можливість виготовлення нетканого матеріалу з полілактиду на устаткуванні, придатному для переробки поліпропілену. Досліджені параметри структури волокон, видовження та міцність при розриві. Встановлено, що нетканий матеріал з полілактиду має у 7–30 разів вищу міцність при розриві та у 7–10 разів менше видовження при розриві порівняно з нетканим матеріалом з поліпропілену у дослідженому інтервалі медіанних діаметрів волокон.

Наукова новизна. Встановлено залежність фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів від середнього діаметру елементарних волокон.

Практична значимість. Встановлено технологічні можливості застосування полілактиду в якості матеріалу для виготовлення нетканих фільтрувальних матеріалів.

Ключові слова: поліпропілен; полілактид; неткані матеріали; фізико-механічні властивості.

Вступ. Неткані матеріали є важливою групою технічних матеріалів, що займає значне місце у сучасній індустрії. Вони характеризуються відсутністю традиційного переплетення ниток чи волокон, яке характерне для тканин, і вирізняються структурою, що формується шляхом механічного, хімічного або термічного зв'язування волокон. Цей процес виробництва дозволяє створювати матеріали з різноманітною мікроструктурою та фізичними властивостями, що задовольняють потреби різних галузей.

Неткані матеріали можуть бути поділені на декілька основних типів в залежності від способу їхнього виробництва та структури. Методи виробництва включають в себе механічне пресування, гаряче проклеювання, прядіння волокон, а також методи, що використовують ультразвук та лазерне зварювання.

Характеристики нетканих матеріалів можна регулювати в залежності від вимог конкретних застосувань. Вони можуть бути водовідштовхувальними, дихаючими, міцними, гіпоалергенними, абсорбуючими, а також мати електростатичні властивості. Ці характеристики роблять їх вельми популярними у виробництві одягу, медичних виробів, фільтрів, будівельних матеріалів та інших промислових секторах [1].

Загальний інтерес до нетканих матеріалів пояснюється їхньою високою продуктивністю, економічністю та гнучкістю у виробництві. Вони можуть бути виготовлені з різних типів сировини, включаючи природні та синтетичні волокна, що дозволяє отримувати матеріали з різними властивостями та додатковими функціями.

Синтетичні матеріали відіграють ключову роль у виробництві нетканих матеріалів, які знаходять широке застосування у різних галузях промисловості та побуту. Ці матеріали виробляються шляхом хімічного синтезу з використанням нафтопродуктів або природних

газів і можуть мати різну хімічну будову та фізичні властивості в залежності від їхнього призначення та технологічних вимог [2].

Один з найпоширеніших синтетичних матеріалів для виробництва нетканих матеріалів – поліпропілен. Поліпропілен є термопластичним полімером, який відрізняється легкістю, міцністю та хімічною стійкістю. Виробництво нетканих матеріалів з поліпропілену зазвичай здійснюється за допомогою методу гарячого пресування або спрямованого розтягнення, що дозволяє отримати матеріал з високою міцністю та стійкістю до зношування [3, 4].

У цілому, синтетичні матеріали забезпечують широкі можливості для виробництва нетканих матеріалів з різноманітними характеристиками, що відповідають вимогам конкретних застосувань у промисловості та побуті.

У сучасному промисловому виробництві, матеріали, виготовлені з поліпропілену, займають важливе місце серед нетканих матеріалів. Поліпропілен – це термопластичний полімер, який характеризується легкістю, високою міцністю, хімічною стійкістю та низькою здатністю до вологопоглинання. Він широко використовується у виробництві нетканих матеріалів через свої властивості, які роблять його ідеальним для різних застосувань [5, 6].

Отримані неткані матеріали з поліпропілену мають декілька переваг. Вони легкі, міцні, мають високу стійкість до розриву та зносу, а також стійкі до впливу хімічних речовин. Такі матеріали знаходять широке застосування у різних сферах, включаючи текстильну промисловість (одяг, білизна), медичну та гігієнічну сферу (хірургічні маски, медичні компреси), а також у виробництві упаковки, фільтрів, будівельних матеріалів та багатьох інших галузях.

Використання нетканих матеріалів з поліпропілену у системах фільтрації повітря є важливим аспектом для забезпечення чистого та безпечного внутрішнього середовища у різних сферах застосування. Ці матеріали володіють рядом унікальних властивостей, які роблять їх ефективними для затримання шкідливих часток та забруднень у повітрі.

Процес виробництва нетканих матеріалів з поліпропілену для фільтрування повітря починається з екструзії сировини, де плавлені поліпропіленові волокна формуються через отвори екструдера. Далі ці волокна піддаються спрямованому розтягуванню та орієнтації, що покращує їхні механічні властивості та забезпечує більш ефективне утримання часток.

Неткані матеріали з поліпропілену для фільтрування повітря можуть мати різну мікроструктуру та товщину, що визначає їхню ефективність у фільтрації різних типів забруднень. Вони можуть бути одношаровими або містити багатошарову конструкцію для підвищення ефективності фільтрації [7].

Важливими характеристиками нетканих матеріалів з поліпропілену для фільтрування повітря є їхня висока проникливість для повітря, стійкість до вологи та хімічних реагентів, а також міцність та довговічність. Ці властивості роблять їх ідеальними для використання у різноманітних системах очищення повітря, таких як побутові та промислові фільтри, системи вентиляції, а також у медичних пристроях та засобах індивідуального захисту [8].

Узагальнюючи, неткані матеріали з поліпропілену для фільтрування повітря відіграють важливу роль у забезпеченні здорового та безпечного середовища для людей у різних сферах життя та роботи. Їхні унікальні властивості роблять їх ефективними та надійними засобами фільтрації повітря.

Поліпропіленові неткані матеріали є важливими компонентами у багатьох галузях, включаючи текстильну, медичну, пакувальну та інші промислові сфери. Два з основних методів виготовлення поліпропіленових нетканих матеріалів, що здобули широке застосування, - це методи спанбонд та метод аеродинамічного розпилення розплаву (melt-blown).

Метод спанбонд є одним із найпоширеніших способів виробництва поліпропіленових нетканих матеріалів. Цей процес включає в себе кілька кроків. Спочатку, поліпропіленові

гранули розплавляється та екструдуються через головку з отворами, що формує тонкі волокна. Потім ці волокна розташовуються на поверхні та направляються на конвеєр, де вони піддаються пресуванню та з'єднанню під впливом тиску та тепла. Цей процес створює сильно в'язку мережу волокон, утворюючи нетканий матеріал з потрібними властивостями.

Метод аеродинамічного розпилення розплаву (мелт-блаун) використовується для виробництва нетканих матеріалів з маслянистого стану поліпропілену. У цьому методі сировину розплавляють, а потім пропускають через тонке сопло, роздуваючи повітрям високого тиску. Далі ці волокна збираються на поверхні рулону або конвеєра, де вони охолоджуються та з'єднуються, утворюючи нетканий матеріал [9, 10].

Обидва методи виготовлення – спанбонд та мелт-блаун – є ефективними для отримання поліпропіленових нетканих матеріалів з різними властивостями та застосуваннями. Вони забезпечують широкий спектр можливостей у виробництві та дозволяють отримувати матеріали з різноманітними структурами та характеристиками, що відповідають потребам різних галузей промисловості.

Незважаючи на значну поширеність та широке застосування неткані матеріали з поліпропілену важко піддаються вторинній переробці та не піддаються біотичному розкладу. В умовах глобальної пандемії відбулося стрімке зростання споживання виробів з нетканого поліпропілену та суттєве накопичення його відходів у довкіллі. Важливим завданням вбачається пошук екологічно прийнятних альтернатив до поліпропіленових нетканих матеріалів. Найбільш придатним для цього є полілактид.

Неткані матеріали, виготовлені з полімолочної кислоти (PLA), представляють собою новий рубіж у інноваційних матеріалах, що тільки починають розвиватися. Вироблені з відновлюваних ресурсів, таких як кукурудзяний крохмаль або цукрова тростина, неткані матеріали на основі полілактиду пропонують значні екологічні переваги порівняно з традиційними матеріалами на основі нафти, такими як поліпропілен. Процес виробництва нетканих матеріалів з полілактиду передбачає формування волокон з розплаву полімеру, а потім різні методи скріплення волокон, такі як термічні або хімічні методи для формування нетканого матеріалу, так само як і для інших термопластичних полімерів.

Незважаючи на те, що неткані матеріали з полілактиду здатні біологічно розкладатися та зменшують викиди вуглецю, вони часто стикаються з проблемами, пов'язаними з меншою механічною міцністю та вищими витратами на виробництво порівняно з поліпропіленом. Вищі витрати пов'язані з двома факторами: порівняно висока ціна на вихідну сировину та необхідність в попередній сушці полілактиду. Сушка полімеру викликає потребу в додатковому технологічному устаткуванні, ускладнює виробничий процес, додаючи додаткові етапи, та збільшує витрати на електроенергію, в той час як поліпропілен переробляється без попередньої сушки. Також, полілактид має на 25% вищу щільність за поліпропілен, тобто за отримання волокна з тим самим ефективним об'ємом волокон потрібно значно більше полілактиду, ніж поліпропілену. Незважаючи на ці недоліки, зростаючий попит на екологічно чисті альтернативи спонукає до досліджень і розробок, спрямованих на підвищення продуктивності та економічності нетканих матеріалів на основі PLA, прокладаючи шлях для стійких рішень у різних сферах застосування, починаючи від гігієнічних засобів і закінчуючи пакуванням і не тільки [10, 11].

У минулих роботах нами було продемонстровано можливість виготовлення фільтрувальних нетканих матеріалів з полілактиду на обладнанні для виробництва поліпропіленових нетканих матеріалів. Фільтрувальна здатність таких нетканих полотен, виготовлених з полілактиду виявилась вище за полотна з поліпропілену за подібних медіанних діаметрів волокон полімерів [12].

Постановка завдання. Дослідження можливості виготовлення нетканого матеріалу з біорозкладаного полімеру та визначення його властивостей в порівнянні з нетканим матеріалом з поліпропілену.

Вихідні матеріали та методи. У даному дослідженні для виготовлення експериментальних зразків були використані поліпропілен марки PP Sabic 519A (Саудівська Аравія) та полілактид від Luminy PLA L130 (Total Corbion PLA, Таїланд).

Експериментальні зразки обох нетканих матеріалів були виготовлені за методом аеродинамічного розпилення розплаву на приймальний барабан, відомим як melt-blown, застосованому на лабораторній установці для виробництва волокнистих матеріалів (див. рис. 1). Установка складалася з одношнекового екструдера, обладнаного електронною системою керування нагріванням та приводом, тобто пристроєм (1). Розплав, що утворився в екструдері, надходив до голівки (2), де відбувалося розпилення його шляхом подачі нагрітого стисненого повітря. Для цього використовувалось атмосферне повітря, яке проходило через фільтр (5) та повітродувку (4), і нагрівалося в калорифері (3) до температури процесу. Струмінь розплаву полімеру, підхоплений потоком гарячого повітря, спрямовувався на приймальний барабан (6), який обертався навколо своєї осі та переміщувався циклічно-поступально у горизонтальній площині. Обертання та поперечне переміщення приймального барабану забезпечувалися приводом (8) і траверсою (9), і дозволяли рівномірно заповнити поверхню барабану напиленим полімерним матеріалом. Приймальний барабан був оснащений розгладжуючим роликком (7), який ущільнював отриманий нетканый матеріал.

Перед подальшою обробкою матеріали було висушено в сушарній шафі при температурі 60°C протягом 12 годин.

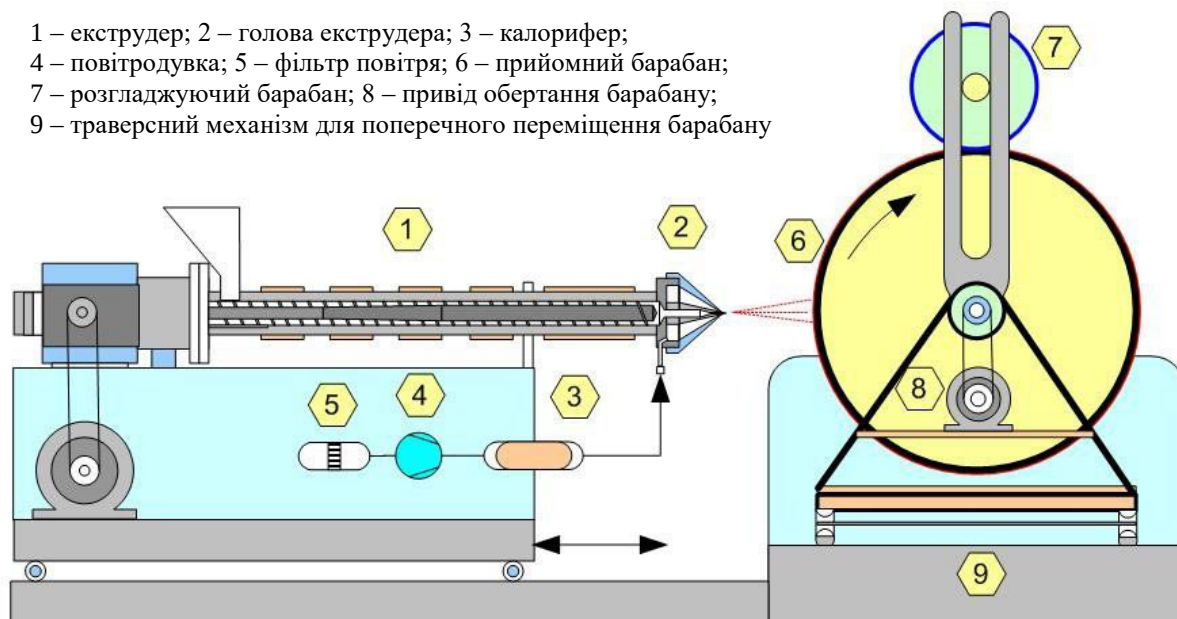


Рис. 1. Схема лабораторної установки для виготовлення волокнистих матеріалів методом розпилення розплаву

Процес формування волокон за допомогою аеродинамічного методу потребує встановлення певних реологічних характеристик матеріалів, які досягаються шляхом належного вибору температурних параметрів обробки.

Реологічні характеристики досліджених полімерів було оцінено шляхом вимірювання показника течії розплаву згідно з ISO 1133. Для поліпропілену та полілактиду було визначено

показник текучості розплаву для вихідного сировинного матеріалу і готового нетканого матеріалу та густину (табл. 1).

Таблиця 1

Властивості вихідних полімерних матеріалів

Властивості		Поліпропілен	Полілактид
ПТР, г/10хв (230 °С; 2,16 кг)	Гранула	32	28
	Нетканый матеріал	89	41
ПТР, г/10хв (210 °С; 2,16 кг)	Гранула	25	22
	Нетканый матеріал	61	36
Густина, кг/м ³		905	1244

У процесі переробки в нетканому матеріалі відбувається термічна та окисна деструкція, що призводить до підвищення ПТР поліпропілену та полілактиду, що є типовим для даного методу переробки. Досягнення значення в'язкості розплаву, яке необхідно для формування нетканого матеріалу, відбувається за допомогою вибору сировини з визначеною початковою в'язкістю розплаву, а також шляхом регулювання технологічних параметрів процесу, а саме температурних режимів переробки та тривалості перебування розплаву у екструзійному устаткуванні. Таким чином, задля отримання необхідного медіанного діаметру волокна відповідним чином регулювалися температури у зонах 1–4. За підвищення температури термічна деструкція відбувається швидше та, відповідно, в'язкість розплаву зменшується більше, що дозволяє отримувати волокна меншого діаметру за одного тиску та витрати повітря. Так, температури підбиралися мінімальні та достатні для отримання волокон діаметром 6–10 мкм (стандартний діапазон медіанних діаметрів волокон медичних фільтрувальних масок). Зворотнім чином виглядає залежність в'язкості розплаву від продуктивності (частоти обертів шнеку). Так, за збільшення швидкості обертання основного двигуна та, відповідно, продуктивності екструдера збільшується в'язкість розплаву через менший час перебування полімеру в екструдері та, відповідно, меншої кількості теплоти, сприйнятої полімером. В ході дослідження було обрано технологічні параметри, за яких продуктивність екструдера була максимальною достатньою, а температура – мінімальною достатньою для отримання дослідних зразків з необхідним розподілом діаметрів волокон та найменшою термічною деструкцією полімеру, задля запобігання втрати полімером фізико-механічних властивостей через деструкцію.

Температурні режими переробки поліпропілену та полілактиду приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Температурні режими формування нетканого матеріалу

Полімерний матеріал	Температура, °С				
	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4 (головка екструдера)	Зона 5 (повітря)
Поліпропілен	245	300	285	270	385
Полілактид	235	245	255	245	385

Параметри переробки поліпропілену та полілактиду відрізняються за температурами: для поліпропілену необхідна вища температура переробки (приблизно 250–300°С), у порівнянні з полілактидом (приблизно 200–240°С). Ця різниця обумовлена відмінностями у початкових реологічних характеристиках матеріалів.

Наведені параметри переробки одержані дослідним шляхом та забезпечують оптимальні умови функціонування устаткування [7].

В процесі переробки основним фактором впливу на структуру нетканого матеріалу є продуктивність екструзії та витрата повітря при формуванні, а також швидкість приймання матеріалу на барабан. Комплексне регулювання цих параметрів дозволяє отримувати нетканий матеріал з певним статистичним розподілом розмірів елементарних волокон.

Характеристики розподілу параметрів волокон оцінювали за методикою описаною в роботі [7].

В процесі досліджень було отримано по три зразки нетканих полотен з поліпропілену та полілактиду з різними діапазонами значень середнього діаметру волокон при наступних технологічних параметрах (табл. 3).

Таблиця 3

Технологічні параметри отримання дослідних зразків

Параметри	Полілактид			Поліпропілен		
Зразок №	1	2	3	4	5	6
Медіанний діаметр волокна, мкм	6,2	8,9	10,2	6,0	8,9	10,0
Продуктивність, г/год	354,0	1239,0	1770,0	265,5	929,3	1327,5
Швидкість повітря, м/с	18,8	23,7	23,7	27,8	27,8	31,1
Тиск повітря, мбар	2,1	3,4	3,4	4,7	4,7	5,8
Відстань до прийомного барабану, см	248,0	339,0	519,0	226,0	261,0	326,0
Швидкість прийому на барабан, м/с	3,9	5,5	6,7	5,9	5,9	5,9

Зразки 1, 2 та 3 відрізняються цільовим медіанним діаметром волокна: 6 мкм, 9 мкм та 10 мкм відповідно. Технологічні параметри підбиралися відповідно, задля отримання полотна з заданим медіанним діаметром волокон. В той час як продуктивність екструдера, швидкість та тиск повітря напряму впливають на медіанний діаметр волокон, відстань до прийомного барабану та швидкість прийому на барабан напряму на нього не впливають. Швидкість прийому та відстань до прийомного барабану обиралися з огляду на гомогенність полотна. За збільшення продуктивності екструдера конус розпилення розплаву зменшується, так як зменшується питомий тиск повітря на одиницю маси розплаву. Так, за занадто близького розташування сопла до прийомного барабану, поверхня полотна є бугристою, а за занадто далекого розташування конус розпилення розплаву виходить за межі прийомного барабану.

Для вимірювання товщини нетканого полотна використовували цифровий мікрометр марки Mitutoyo, модель C/N 293-821-30. Вимірювання кожного зразка здійснювали у п'яти різних точках, визначаючи середнє значення показника.

Механічні випробування здійснювали на руйнівній машині марки Р-5 з комп'ютерною системою вимірювання. Зразки нетканих матеріалів готували до випробування шляхом висікання фасонною висічною рамкою на гідравлічному пресі. Висічну рамку перед висіканням нагрівали у сушарній шафі до температури 100°C. Частини зразка, що фіксуються у затискачах руйнівної машини укріплювали шляхом занурення в рідку епоксидну композицію та її отвердження на протязі 24 годин.

Отримані результати випробувань при розтязі були піддані ретельному аналізу за допомогою статистичного програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати дослідження. Методом аеродинамічного розпилення розплаву на барабан було отримано 6 зразків нетканих полотен: 3 з поліпропілену та 3 з полілактиду, по три зразки різних медіанних діаметрів волокон. Усереднені дані випробувань фізико-механічних характеристик по кожному з медіанних діаметрів волокон наведено в таблиці 4.

Показники міцності при розриві та видовження при розриві, отримані за допомогою розривної машини було приведено до питомих значень на одиницю щільності полотна. Також, було усереднено дані, отримані при вимірюваннях зразків у напрямку потоку розплаву – за діаметром барабану (MD) та перпендикулярно йому – по ширині барабану (TD).

Таблиця 4

Механічні властивості дослідних зразків

Властивості	Полілактид			Поліпропілен		
Медіанний діаметр волокна, мкм	6,19	8,86	10,17	6,02	8,91	10,02
Площинна щільність зразку, г/м ²	354,0	1239,0	1770,0	265,5	929,3	1327,5
Видовження при розриві, % (MD)	2,20	2,68	5,78	13,00	18,00	56,40
Видовження при розриві, % (TD)	2,60	3,48	8,13	13,20	18,20	60,40
Міцність при розриві, МПа (MD)	0,87	4,56	8,40	0,12	0,14	0,28
Міцність при розриві, МПа (TD)	0,59	3,32	6,20	0,08	0,08	0,13

Отримані результати свідчать, що фізико-механічні показники зростають пропорційно зростанню медіанного діаметру волокна.

Поліпропіленові неткані полотна з подібним медіанним розміром волокон володіють нижчою за полілактид поверхневою щільністю, завдяки нижчому значенню густини полімеру.

Водночас неткані полотна з полілактиду володіють значно вищим значенням міцності при розриві, що ймовірно обумовлено орієнтацією під час формування та властивостями полімеру.

Для обох матеріалів спостерігається анізотропія властивостей вздовж та поперек приймального барабану, що зумовлено особливостями формування та розподілом волокон. Орієнтація волокон, котра відбувається при формуванні, реалізується у напрямку вздовж приймального барабану в переважній мірі.

Зразки нетканого матеріалу з полілактиду характеризуються низьким значенням видовження при розриві. Дана особливість зумовлює крихкий характер руйнування зразків з полілактиду та пластичність зразків з поліпропілену. Таким чином, полілактид в якості сировини для виготовлення нетканих фільтрувальних матеріалів має обмеження для застосувань, що потребують високої еластичності або міцності на роздир. Наприклад, до таких застосувань можуть відноситися медичні маски індивідуального захисту. В той час як полілактид підходить до застосування у виробках, що потребують високої жорсткості, наприклад, фільтри для механічної очистки води.

Крихкий характер руйнування зразків полілактиду може слугувати обмежуючим фактором для багатьох застосувань. Актуальним напрямком подальших досліджень бачиться модифікація полілактиду для досягнення пластичного та або еластичного характеру руйнування.

Висновки. Встановлено, що неткані полотна виготовлені з полілактиду мають вищу міцність на розрив, та менше видовження на розрив порівняно з полотнами подібного медіанного діаметру волокна, виготовленими з поліпропілену. Експериментально досліджено різницю у фізико-механічних характеристиках нетканих матеріалів з полілактиду та поліпропілену. Встановлено, що нетканий матеріал з полілактиду має у 7–30 разів вищу міцність при розриві та у 7–10 разів менше видовження при розриві порівняно з нетканим матеріалом з поліпропілену у дослідженому інтервалі медіанних діаметрів волокон. Показано, що неткані матеріали з полілактиду придатні до застосування в умовах, що вимагають високої міцності, в той час як поліпропіленові неткані матеріали доцільно застосовувати для виробів, що вимагають високої еластичності. Досліджено вплив умов орієнтації під час формування волокон на фізико-механічні характеристики нетканих матеріалів.

References

1. Subhash Kumar Batra, Behnam Pourdeyhi (2012). Introduction to Nonwovens Technology. DEStech Publications.

Література

1. Subhash Kumar Batra, Behnam Pourdeyhi. Introduction to Nonwovens Technology. DEStech Publications, 2012.

2. Mukhopadhyay, S. (2014). Natural and synthetic fibres for composite nonwovens. *Composite Non-Woven Materials. Structure, Properties and Applications*, 2014, P. 20–29.
3. Gupta, B. S., Wilkes, G. L. (2015). Some properties of nonwoven fabrics formed via melt blowing. *Journal of Applied Polymer Science*, No. 13 (5), P. 1019–1033.
4. Bhat, G. S., Nanjundappa, R. (2013). Bond Structure and Tensile Properties of Thermal Bonded Polypropylene Nonwovens. *Textiles and Light Industrial Science and Technology (TLIST)*, Vol. 2, Iss. 2.
5. Hinrichsen, E. (1995). Relationships between the properties of fibers and thermally bonded nonwoven fabrics made of polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 1995, P. 1633–1645.
6. Khan, M. A., Tawabini, B. S., Mohamed, S. E. (2019). The effect of spunbonding process parameters on properties of polypropylene/polyethylene terephthalate (PP/PET) nonwoven fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, No. 49 (1), P. 97–115.
7. Gopalakrishnan, D. (2014). SPUNBONDED NONWOVEN – An Overview. URL: https://www.academia.edu/9381347/SPUNBONDED_NONWOVENS_An_Overview.
8. Ahn, S. H., Lee, K. S., Kim, H. (2018). Development of polypropylene-based nanofiber filter media for high-efficiency particulate air filtration. *Textile Research Journal*, No. 88 (9), P. 1060–1070.
9. Bhattacharya, S., Sen, K. (2017). Melt-blown technology: extrusion system, structure, properties and applications. *Handbook of nonwovens*, 2017, P. 243–275.
10. Nakajima, T., Aoki, Y., Inui, T. (2019). Thermally bonded nonwoven fabric made from melt-blown microfibers of polypropylene/poly (butylene adipate-co-terephthalate) blends. *Journal of Applied Polymer Science*, No. 136 (18), Art. 47453.
11. Avérous, L., Pollet, E. (2012). Environmental silicate nano-biocomposites. In *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics* (pp. 69–102). William Andrew Publishing.
2. Mukhopadhyay S. Natural and synthetic fibres for composite nonwovens. *Composite Non-Woven Materials. Structure, Properties and Applications*. 2014. P. 20–29.
3. Gupta B. S., Wilkes G. L. Some properties of nonwoven fabrics formed via melt blowing. *Journal of Applied Polymer Science*. 2015. No. 13 (5). P. 1019–1033.
4. Bhat G. S., Nanjundappa R. Bond Structure and Tensile Properties of Thermal Bonded Polypropylene Nonwovens. *Textiles and Light Industrial Science and Technology (TLIST)*. 2013. Vol. 2, Iss. 2.
5. Hinrichsen E. Relationships between the properties of fibers and thermally bonded nonwoven fabrics made of polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*. 1995. P. 1633–1645.
6. Khan M. A., Tawabini B. S., Mohamed S. E. The effect of spunbonding process parameters on properties of polypropylene/polyethylene terephthalate (PP/PET) nonwoven fabrics. *Journal of Industrial Textiles*. 2019. No. 49 (1). P. 97–115.
7. Gopalakrishnan D. SPUNBONDED NONWOVEN – An Overview. 2014. URL: https://www.academia.edu/9381347/SPUNBONDED_NONWOVENS_An_Overview.
8. Ahn S. H., Lee K. S., Kim H. Development of polypropylene-based nanofiber filter media for high-efficiency particulate air filtration. *Textile Research Journal*. 2018. No. 88 (9). P. 1060–1070.
9. Bhattacharya S., Sen K. Melt-blown technology: extrusion system, structure, properties and applications. *Handbook of nonwovens*. 2017. P. 243–275.
10. Nakajima T., Aoki Y., Inui T. Thermally bonded nonwoven fabric made from melt-blown microfibers of polypropylene/poly (butylene adipate-co-terephthalate) blends. *Journal of Applied Polymer Science*. 2019. No. 136 (18). Art. 47453.
11. Avérous L., Pollet E. Environmental silicate nano-biocomposites. In *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics* (pp. 69–102). William Andrew Publishing.

12. Bulhakov, Ye. S., Savchenko, B. M., Iskandarov, R. Sh., Svistilnik, R. F., Pushkarov, D. V. (2023). Zastosuvannia biorozkladnykh polimeriv pry vyhotovlenni nektanykh filtruvalnykh materialiv [Application of biodegradable polymers in the manufacture of nonwoven filter materials]. *Tekhnologii ta inzhynirynh = Technologies and Engineering*, No. 3(14), P. 36–46. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2023.3.4> [in Ukrainian].

(pp. 69–102). William Andrew Publishing, 2012.

12. Булгаков Є. С., Савченко Б. М., Іскандаров Р. Ш., Свістільнік Р. Ф., Пушкарьов Д. В. Застосування біорозкладних полімерів при виготовленні нектаних фільтрувальних матеріалів. *Технології та інжиніринг*. 2023. № 3(14). Р. 36–46. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2023.3.4>.

BULHAKOV YEVHENII

Postgraduate Student, Department of Chemical Technologies and Resource Saving, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
E-mail: Yevhenii.bulhakov97@gmail.com

SAVCHENKO BOHDAN

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Chemical Technologies and Resource Saving, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8636-5734>
Scopus Author ID: 56685269800
E-mail: 1079@ukr.net

PUSHKAROV DENYS

Postgraduate Student, Department of Chemical Technologies and Resource Saving, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0006-0855-7403>
E-mail: global23412@gmail.com

SOVA NADIYA

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Chemical Technologies and Resource Saving, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3550-6135>
Scopus Author ID: 56685569600
E-mail: djanc@ukr.net

SLIEPTSOV ALEXANDR

PhD, Assistant, Department of Chemical Technologies and Resource Saving, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3550-6135>
Scopus Author ID: 57189215952
E-mail: slyepcov.oo@kntd.edu.ua

**BULHAKOV Y. S., PUSHKARYOV D. V., SAVCENKO B. M.,
SOVA N. V., SLIEPTSOV O. O.**

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
NONWOVEN MATERIALS BASED ON POLYLACTIC ACID**

Purpose. This article aims to study and compare the physical and mechanical properties of nonwoven materials made of polylactic acid and polypropylene.

Methodology. Non-woven polymer materials made of polypropylene and polylactic acid were obtained by the method of aerodynamic spraying of melt on a receiving drum (melt-blown) on a laboratory installation. Physico-mechanical properties such as strength and elongation at break were evaluated using a P-5 tensile machine (according to ISO 5725-1). The rheological characteristics of the studied polymers were evaluated by measuring the melt flow index according to ISO 1133.

Findings. The possibility of manufacturing non-woven material from polylactic acid on equipment suitable for polypropylene processing has been experimentally confirmed. The parameters of fiber structure, elongation, and breaking strength were investigated. Polylactic acid non-woven material was found to have 7–30 times higher tensile strength and 7–10 times less elongation at break compared to polypropylene non-woven material in the investigated range of median fiber diameters.

Originality. The dependence of the physical and mechanical properties of non-woven materials on the average diameter of elementary fibers was established.

Practical value. The technological possibilities of using polylactic acid as a material for the production of non-woven filter materials have been established.

Keywords: polypropylene; polylactic acid; non-woven materials; physical and mechanical properties.