

В. Є. Левицький, А. С. Масюк, Д. С. Катрук, М. В. Бойко, Д. І. Кетчур

Національний університет «Львівська політехніка»

Кафедра хімічної технології переробки пластмас

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ЕКСТРУЗІЙНИХ ВИРОБІВ З ПОЛІЛАКТИДУ

<https://doi.org/10.23939/ctas2021.02.179>

Обґрунтовано технологічні параметри процесу та конструкцію екструзійної головки для виготовлення виробу типу «труба» з полілактидних композиційних матеріалів методом екструзії, розраховано її конструкційні елементи. Одержано дослідні зразки виробу з біодеградабельного пластику.

Досліджено технологічні й експлуатаційні властивості отриманих виробів залежно від вмісту нуклеатора-наповнювача тальку та параметрів термооброблення. Найбільші значення теплостійкості за Віка спостерігаються для термооброблених матеріалів із вмістом наповнювача 2 %, а оптимальна температура і час термооброблення становлять 120 °C і 10–15 хв відповідно.

Ключові слова: полілактид, тальк, екструзія, теплостійкість, термооброблення.

Вступ

Полімери і композити на їхній основі є одними із найпоширеніших матеріалів у всіх сферах діяльності людини [1, 2]. Виготовлення широкого кола полімерних виробів зумовлено доступністю сировини, низькою енергомісткістю та трудомісткістю, простотою технології. Проте водночас полімерні матеріали мають низький рівень повторного використання, перш за все через низку суттєвих недоліків: велика кількість типів і марок полімерів, які зазвичай малосумісні між собою; висока ступінь забруднення вторинної сировини; погіршення експлуатаційних і технологічних характеристик після повторної переробки; використання полімерів, які не піддаються повторній переробці тощо. У зв'язку з цим, усе більшого значення набуває питання екологічного навантаження полімерних матеріалів на навколишнє середовище.

Сьогодні найбільш прийнятним і загально-визнаним напрямом розвитку хімії та технології полімерних матеріалів є використання біодеградабельних полімерів, які здатні до контрольованого розкладу в умовах навколишнього середовища під дією зовнішніх чинників (волога, тепло, мікроорганізми, ультрафіолетове випромінювання тощо), з можливістю відновлення вихідної сировини для їх одержання [3, 4].

Серед таких полімерів, найбільше зацікавлення викликає полілактид (ПЛА) – біосумісний біодеградабельний термопластичний пластик, отриманий з відновлювальної сировини [5, 6]. Відомі також напрями фізичного модифікування полілактиду та створення композитів на його основі, що дасть змогу одержати матеріали з необхідними властивостями для конкретного використання [7–8].

Водночас серед способів переробки полімерних матеріалів найпродуктивнішим є екструзія – спосіб виготовлення погонажних пластикових виробів завдяки протискуванню розплаву полімеру через формувальний інструмент. Промислові методи одержання екструзійних виробів на основі біодеградабельних полімерів, зокрема і з полілактиду вивчені недостатньо. Важливим також є визначення можливостей екструдкування полілактиду на стандартному промисловому обладнанні. Зокрема, відношення L/D , що є відношенням довжини витка шнеку до його зовнішнього діаметра, визначає зсув та час перебування розплаву. Шнеки з великим співвідношенням L/D забезпечують більший нагрів від зсуву, краще перемішування та довший час перебування розплаву в екструдері. ПЛА комерційного класу, як правило, можна переробляти за допомогою звичайного екструдера, оснащеного

об'ємним шнеком з співвідношенням L/D 24-30. Шнеки екструдерів для переробки ПЕТ, які зазвичай мають низький зсув для «м'якого» перемішування, щоб мінімізувати розклад полімеру та утворення ацетальдегіду, також підходять для переробки ПЛА [9]. Іншим важливим параметром шнека є коефіцієнт стиснення, який є відношенням глибини витка в секції живлення до глибини витка в секції дозування. Що більший коефіцієнт стиснення має гвинт, то більший зсувний нагрів він забезпечує. Рекомендований ступінь стиснення для обробки ПЛА міститься в діапазоні 2–3 [10].

Метою роботи є встановлення технологічних особливостей екструзії полілактиду та композитів на його основі, а також дослідження властивостей отриманих екструзійних виробів залежно від умов і технологічних параметрів процесу.

Матеріали і методи досліджень

У роботі для дослідження процесів екструзії використовували полілактид марки Ingeo 2500 HP (NatureWorks, США) та дрібнодисперсний наповнювач тальк Algol Chemicals Finntalc M05 (Україна).

Полілактидні матеріали одержували змішуванням сипких компонентів у змішувачі барабанного типу впродовж 10–15 хв. Отриману суміш висушували за 70 °С впродовж 4 год використовуючи вакуум-сушарку. Потім суміш екструдували на лабораторному екструдері Cellier зі шнеком довжиною 700 мм і діаметром 25 мм, з наступним витисканням та охолодженням екструдату [11].

Термомеханічні криві знімали на консистометрі Хепплера. Дослідження проводилося шляхом визначення деформації зразка у вигляді таблетки з товщиною приблизно 4 мм зі зміною температури за дії на шток площею 23,7 мм² навантаження 5,0 кг. Початкова температура досліджень становила 20 °С. Покази (зміну глибини втискування штока у зразок у мм) знімали через кожні 0,5 °С. Швидкість нагріву становила 50 °С/год.

Деформацію зразків ε визначали, використовуючи формулу:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% = \frac{l - l_0}{l_{\max}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де l_0 – покази індикатора без навантаження; l – покази індикатора під навантаженням за конкретного значення температури; l_{\max} – висота таблетки, мм.

Термомеханічні дослідження проводилися на консистометрі Хепплера відповідно до ISO 11359-1:1999. Згідно з методом визначали значення деформації зразка у вигляді таблетки з товщиною 5 мм зі зміною температури під дією на шток площею 23,7 мм² навантаження 5,0 кг. Початкова температура досліджень становила 293 К. Глибину вдавлювання штока у зразок знімали через кожні 0,5 °С.

Теплостійкість за Віка досліджуваних матеріалів визначили згідно з ISO 306:2013, навантаження становило 50 Н.

Визначення показника текучості розтопу (ПТР) розроблених термопластичних композитів проводили на віскозиметрі капілярного типу «ИИРТ-М» (ISO 1133-1) з використанням вантажів 2,16 кг (21,6 Н) та стандартного капіляру діаметром 2,095±0,005 мм.

Результати досліджень та їх обговорення

Для встановлення особливостей технологічного процесу виготовлення виробів методом екструзії з полілактиду і композитів на його основі було спроектовано і виготовлено екструзійну головку для виробу типу «труба». Основна конструкційна особливість екструзійної головки – використання подовженого дорну.

Проектування здійснювалось з урахуванням реологічних закономірностей течії розтопу сировини в каналах формувального інструменту різного діаметру і конфігурації (циліндричний або конусний). Для цього використано емпіричні залежності з визначення зміни тиску в окремих ділянках екструзійної головки з метою розрахунку геометричних параметрів цих ділянок (для мінімізації втрат тиску в головці та зменшення пульсації розтопу полімерного матеріалу) [12].

Для розрахунку екструзійна головка була поділена на 5 ділянок (ділянка кріплення дорна, 3 конічні ділянки і одна циліндрична). Результати розрахунків наведено в табл. 1.

На підставі проведених розрахунків з урахуванням конструктивних особливостей виробу спроектована екструзійна головка для виго-

товлення в лабораторних умовах виробу труба з полілактидних матеріалів, складальне креслення якої наведено на рис. 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків конструкційних елементів екструзійної головки

Ділянка кріплення дорна					
Кількість отворів		8			
Діаметр отворів		6 мм			
Товщина		8 мм			
К		$31,8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$			
1-ша конічна ділянка		2-га конічна ділянка		3-тя конічна ділянка	
Довжина	15 мм	Довжина	25 мм	Довжина	10 мм
К	$580,5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$	К	$78,8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$	К	$14,3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$
Вхідний діаметр	26 мм	Вхідний діаметр	18,5 мм	Вхідний діаметр	11,5 мм
Вихідний діаметр	18,5 мм	Вихідний діаметр	11,5 мм	Вихідний діаметр	4 мм
Циліндрична ділянка					
Довжина		15 мм			
К		$0,01945 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$			
Екструзійна головка загалом					
К		$0,01941 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3$			

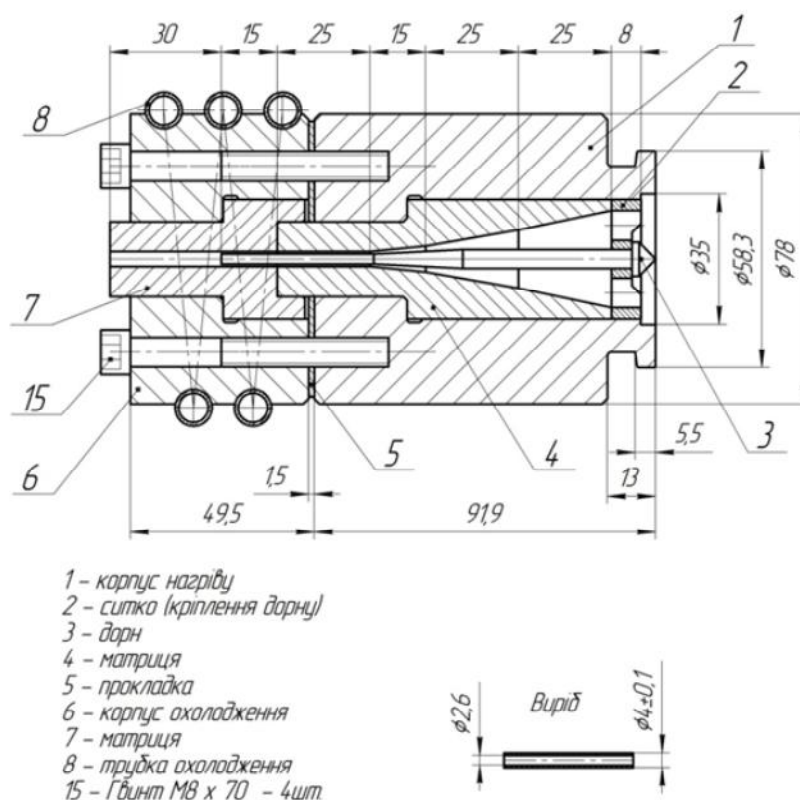


Рис. 1. Схема спроектованої екструзійної головки для виготовлення виробу типу «труба» у лабораторних умовах

Зовнішній діаметр труби формувався проходженням розтопу полімеру через втулку (матрицю) корпусу додаткового охолодження, а також зміною продуктивності екструдера та швидкістю обертання тягнучих валків.

У зв'язку з тим, під час опрацювання технологічного процесу екструзії для виготовлення

виробу труба з метою впливу на технологічні характеристики розтопу полілактидного матеріалу було додатково спроектовано і виготовлено 6 втулок (з різним діаметром отвору і різної довжини проходження розтопу) і 3 дорна різної довжини, фотографії яких наведені на рис. 2 і 3.

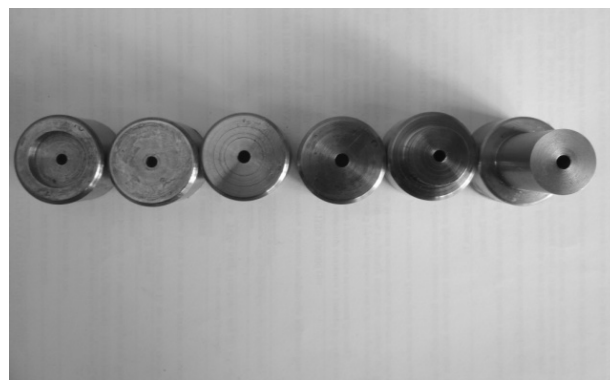
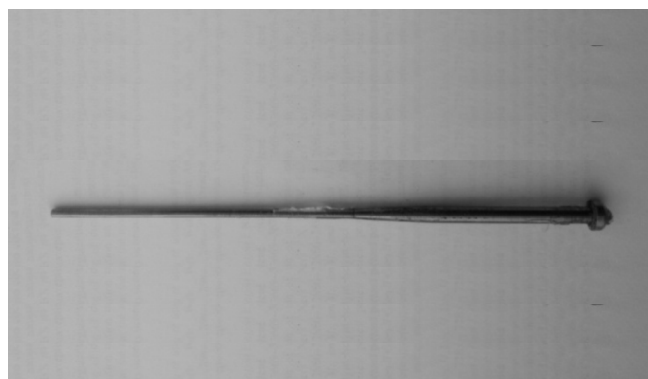


Рис. 2. Додаткові втулки (матриці) для екструзійної головки



Дорни довжиною 110, 120 і 130 мм

Дорн довжиною 155 мм.

Рис. 3. Додаткові дорни для екструзійної головки

Всього для було спроектовано і виготовлено 7 втулок для екструзійної головки: 1 – втулка нормальна – діаметр 4 мм, довжина 15 мм; 2 – втулка нормальна розширена – діаметр 4,5 мм, довжина 15 мм; 3 – втулка нормальна розширена – діаметр 5 мм, довжина 15 мм; 4 – втулка нормальна надрозширена – діаметр 6 мм, довжина 15 мм; 5 – втулка вкорочена – діаметр 4 мм, довжина 10 мм; 6 – втулка подовжена – діаметр 4 мм, довжина 25 мм; 7 – втулка надподовжена – діаметр 4 мм, довжина 45 мм.

Для можливості ефективного охолодження розтопу і спрямованого регулювання його характеристик (в'язкості, текучості, адгезії, пружно-пластичних властивостей) за зміни розмірів формотвірних елементів екструзійної головки (втулки та дорну), а також для додаткової релаксації макромолекул полілактидного розтопу було виготовлено додатковий корпус охолодження, який кріпиться до екструзійної головки болтовим з'єднанням через титанову прокладку.

Одержання лабораторних зразків труби проводилося на лабораторному екструдері Cellier, який обладнаний шнеком довжиною 700 мм і діаметром 25 мм, чотирма зонами регулювання температури, датчиком тиску та регульованою швидкістю (продуктивністю) подачі розтопу.

За результатами досліджень виявлено, що на характеристики розтопу полімеру відчутний вплив мають параметри охолодження (інтенсивність, температура та кут і траєкторія охолоджуваного повітря). Для охолодження розтопу полімеру після виходу з екструзійної головки за результатами цілого комплексу експериментальних досліджень обґрунтовано використання одночасного кільцевого компресорного і кулерного повітряного охолодження.

На підставі великого обсягу експериментальних досліджень за раціонального поєднання різних видів охолодження в умовах лабораторної екструзійної технологічної лінії (використання одночасно компресорного та кулерного охолодження) визначено, що оптимальними параметрами екструзії є: температурний режим за зонами: зона 1 завантаження – 170 °С; зона 2 пластикації – 180 °С; зона 3 дозування – 190 °С; екструзійна головка – 150 °С; швидкість обертів шнеку 7–8 об/хв.

За підвищення температури як по зонах матеріального циліндру, так і в екструзійній головці, розтоп полілактиду втрачав в'язкісні характеристики необхідні для формування виробу з необхідними властивостями. Водночас зменшення температури в матеріальному циліндрі екструдера призводило до збільшення навантаження на привід екструдера і виникнення локальних перегрівів внаслідок тертя нерозплавленого полімеру між шнеком і стінками матеріального циліндру (внаслідок дисипації енергії). Зменшення температури в екструзійній головці призводило до часткового передчасного переходу полілактиду у високоеластичний стан всередині головки і налипання матеріалу на дорн, що, своєю чергою, спонукало до суттєвого зростання тиску в головці і погіршення стабільності подачі розтопу.

Треба зазначити, що використання лише кулерного охолодження безпосередньо на кінці

дорну призводило до локального переохолодження як дорну, так і матриці (вставки), що унеможливлювало оптимальну подачу розтопу з необхідними властивостями з екструзійної головки. У зв'язку з тим, у цій лабораторній екструзійній лінії було використане точкове кільцеве компресорне охолодження. Використання водного охолодження без калібратора призводило до різкої фіксації внутрішніх напружень полілактиду після переходу в склоподібний стан. Негативний ефект такого охолодження проявлявся вже після додаткового термооброблення готових виробів – вироби деформувались і повністю втрачали форму.

Крім надання технологічності розтопу під час екструзії конкретного виробу з погляду на його виробництво і використання, велике значення мають його експлуатаційні характеристики: теплофізичні (теплостійкість за Віка, термомеханічні характеристики), фізико-механічні (міцність під час розтягування, пружно-пластичні характеристики).

Переважно реологічні характеристики полімерних матеріалів, які необхідні для встановлення раціональних методів їх переробки та оптимальних технологічних параметрів процесів виготовлення з них виробів у в'язкотекучому стані, оцінюють на підставі кривих течій або показника текучості розтопу. Треба зазначити, що на реологічні характеристики розтопів полілактидних матеріалів значною мірою має вплив їх надмолекулярна структура, яка залежить від вмісту нуклеатора та умов термічної обробки. Для встановлення впливу неорганічного наповнювача – тальку, який для полілактиду є нуклеатором, на здатність розроблених композитів до перероблення були проведені дослідження зі встановлення показника текучості розтопу (ПТР) залежно від його вмісту. Одержані результати наведені на рис. 4.

Встановлено, що ПТР одержаних матеріалів збільшується за введення наповнювача. Найменше зменшення ПТР є характерне для чистого полілактиду. Такі особливості, швидше за все, пов'язані з впливом частинок неорганічного наповнювача на перерозподіл міжмолекулярних взаємодій між полілактидними макромолекулами.

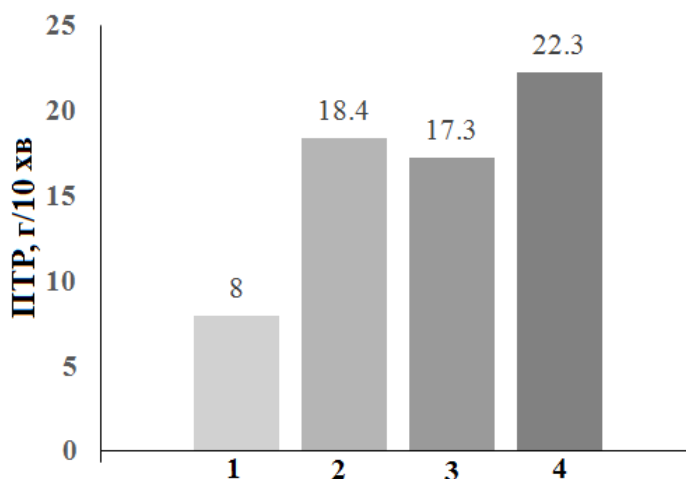


Рис. 4. Показник текучості розплаву (ПТР) композитів на основі ПЛА марки Ingeo 2500 HP і тальку: 1 – ПЛА без наповнювача, 2 – ПЛА без наповнювача термооброблений; 3 – ПЛА з 2 % мас. тальку, 4 – ПЛА з 7 % мас. тальку

До того ж зростає здатність модифікованих полілактидних матеріалів до переробки у в'язко-текучому стані. Водночас тальк за умов проведення досліджень не впливає на надмолекулярну структуру полілактиду і не виступає нуклеатором процесу його кристалізації. Треба зазначити, що термооброблення полілактидних матеріалів, які не містять додатків, також сприяє підвищенню значення ПТР. Очевидно, високі температури, за яких проводяться дослідження зі встановлення ПТР, призводять до релаксаційних процесів у сегментах макромолекул полілактиду, що супроводжує зміну його надмолекулярного стану – суттєвого збільшення аморфних областей.

Важливою характеристикою полілактидних композиційних матеріалів є зміна їхніх властивостей під дією температури. Точна інформація про температурні переходи полімерних матеріалів, зокрема про температуру склування і температуру топлення, дає змогу встановити необхідний температурний інтервал, за якого матеріал має достатню механічну міцність і може застосовуватися з практичною метою.

Для вивчення молекулярної рухливості та релаксаційних процесів у полімерах найчастіше використовують термомеханічний метод. Термомеханічні властивості полімерів та композиційних матеріалів на їхній основі тісно пов'язані з експлуатаційними і технологічними властивос-

тями та дають можливість оцінити як температурні межі експлуатації матеріалу, так і температурні інтервали фізичних станів полімерів, що необхідні для вибору раціональних параметрів їхньої переробки та експлуатації. Їх зручно описувати за допомогою термомеханічної кривої, яка характеризує деформацію, що розвивається за певний час за різних температур в умовах заданого статичного напруження. Характер термомеханічних кривих залежить від надмолекулярної структури полімеру.

Як бачимо (рис. 5), термомеханічні криві полілактидних композитів, незалежно від природи дрібнодисперсного наповнювача є характерними для полімерів, що кристалізуються.

Водночас використання тальку як наповнювача сприяє зменшенню кута нахилу термомеханічної кривої та зміщенню температури топлення в область вищих температур, що, очевидно, обумовлено його активною участю у перерозподілі міжмолекулярних взаємодій між компонентами системи. Очевидно, високоеластична деформація в цьому разі проявляється завдяки зміні вільного об'єму системи, а не сегментальній рухливості макромолекул.

Проведення термічної обробки полілактидних зразків суттєво впливає на характер термомеханічних кривих (крива 4). У випадку термообробленого полілактиду вигляд термомеха-

нічної кривої є характерним для кристалічних полімерів, що, на нашу думку, викликано значною зміною надмолекулярної структури матеріалу, зокрема зростанням ступеня кри-

сталічності і зміною усередненого розміру кристалітів. Треба зазначити, що температура плавлення термообробленого ПЛА є найбільшою для усіх розроблених композитів.

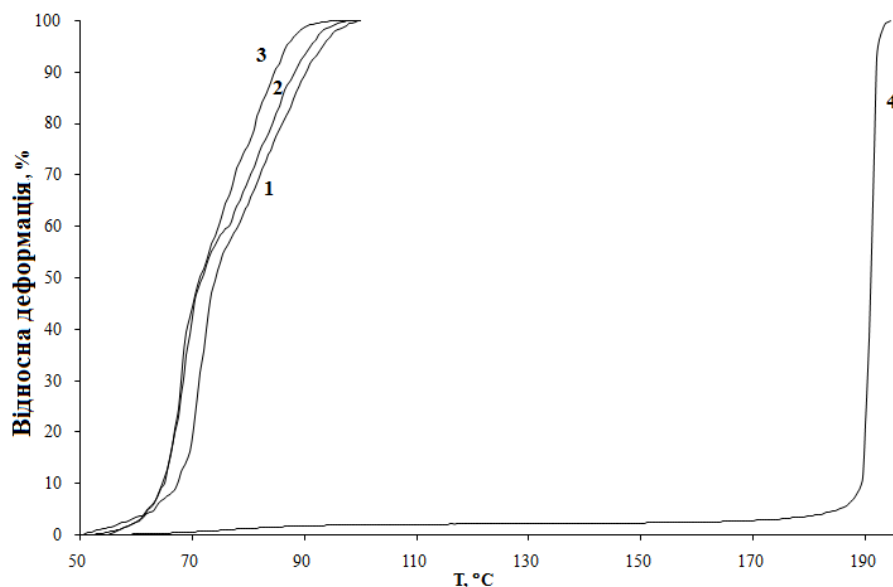


Рис. 5. Термомеханічні криві композитів ПЛА-тальк: 1 – ПЛА без наповнювача, 2 – ПЛА з 2 % мас. тальку, 3 – ПЛА з 7 % мас. тальку, 4 – ПЛА без наповнювача термооброблений

Таким чином, основним чинником, що визначає теплостійкість полілактидних матеріалів, є фазовий стан полімерів. Наявність кристалітів сприяє знаходженню аморфної фази полі-L-лактиду в високоеластичному стані до температури плавлення. Аморфні полі-D,L-лактиди порівняно з аморфно-кристалічним полі-L-лактидом переходять з високоеластичного у в'язкотекучий стан за значно нижчих температур.

Встановлені закономірності впливу термообробки і тальку на властивості полілактиду

також підтверджуються зміною теплостійкості за Віка (T_v) розроблених композитів залежно від природи наповнювача. Тому були проведені дослідження, спрямовані на встановлення впливу як часу термооброблення, так і наявності нуклеатора – тальку на теплофізичні властивості ПЛА. Результати дослідження залежності теплостійкості за Віка від тривалості термообробки за 120 °C (оптимальна температура кристалізації ПЛА) матеріалів на основі ПЛА марки Ingeo 2500 HP наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Значення теплостійкості за Віка композитів на основі ПЛА після термообробки за 120 °C

Тривалість термообробки τ , хв	Теплостійкість за Віка T_v , °C	
	Без наповнювача	Тальк, 2 % мас.
120	126,6	118,8
20	125,0	121,1
10	120,5	120,0
5	84,9	116,0
3,5	68,0	97,0
0	68,3	64,7

Як бачимо, додаткова термообробка після 10 хв витримки сприяє значному зростанню значень теплостійкості за Віка (зростання на 80–85 %), що очевидно, пов'язано із значними надмолекулярними перебудовами в полілактиді. Введення незначної кількості нуклеатора – тальку сприяє зменшенню часу термооброблення, який необхідний для досягнення високих значень

T_v . Такий вплив тальку добре узгоджується з літературними даними, оскільки відзначається [13], що він сприяє зменшенню часу напікрис-талізації полілактидних матеріалів.

На рис. 6 наведено залежність теплостійкості за Віка ПЛА Ingeo 2500 HP та композиту ПЛА/тальк (2 % мас.) від часу термообробки за 120 °С.

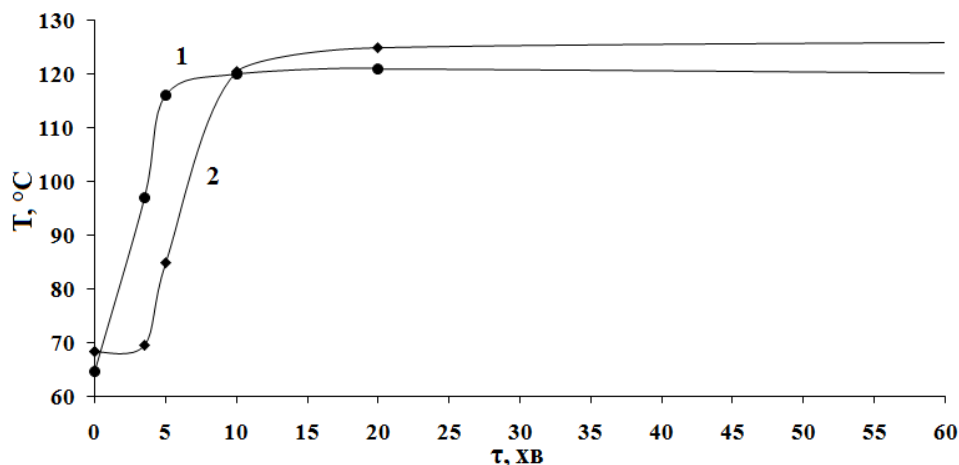


Рис. 6. Залежність теплостійкості за Віка вихідного ПЛА-2 та композиту ПЛА/тальк (2 % мас.) – 1 від часу термообробки

Треба зазначити, що термообробка суттєво впливає на значення теплостійкості за Віка полілактидних матеріалів вже за її тривалості до 5 хв.

Як бачимо, введення тальку зменшує час термооброблення, який необхідний для досягнення високих значень теплостійкості за Віка, що дасть змогу скоротити технологічний цикл одержання полілактидних виробів з високими значеннями теплостійкості.

Треба зазначити, що технології екструзії матеріалів на основі ПЛА та його композитів вивчені недостатньо. Вони зазначені низкою особливостей, що потребують подальших досліджень: вивчення процесів деградації та деполімеризації полілактиду під час переробки на стандартному екструзійному обладнанні; встановлення впливу наповнювачів різної природи на особливості екструзії полілактиду, дослідження технологічної сумісності наповнювача і полімерної матриці, а також особливостей процесу охолодження екструдату тощо.

Висновки

Одержано полілактидні композити на основі тальку та розроблено основи технології їх переробки у вироби методом екструзії із повітряним охолодженням. Визначено раціональні параметри екструзії, зокрема температура за зонами матеріального циліндра, температура екструзійної головки, швидкість обертання шнеку та інтенсивність охолодження.

Розраховано, спроектовано і виготовлено екструзійну головку під виріб типу «труба» та отримано дослідні зразки виробу. Експериментально підтверджено можливість використання постобробки полілактидних матеріалів – термооброблення як способу підвищення технологічних і експлуатаційних властивостей біодеградабельних полілактидних композитів.

Встановлено вплив природи і вмісту тальку на показник текучості розтопу та теплофізичні і термомеханічні властивості полілактидних композитів. Зокрема, найбільші значення теплостійкості за Віка спостерігаються для термооб-

роблених матеріалів із вмістом наповнювача 2 %, а оптимальна температура і час термооброблення становлять 120 °C і 10–15 хв відповідно.

Reference

1. Jean-François Agassant, Pierre Avenas, Pierre J. Carreau, Bruno Vergnes, Michel Vincent (2017) *Polymer Processing Principles and Modelling*. Munich: Hanser, 2017, 320 p.
2. Bouzouita A., Notta-Cuvier D., Delille R., Lauro F., Raquez J.-M., Dubois P. (2017) Design of toughened PLA based material for application in structure subjected to severe loading conditions. Part 2. Quasi-static tensile tests and dynamic mechanical analysis at ambient and moderately high temperature, *Polymer Testing*, 57, 235–244.
3. Hao X., Kaschta J., Schubert D.W. (2016) Viscous and elastic properties of polylactide melts filled with silica particles: Effect of particle size and concentration, *Composites Part B-Engineering*, 89, 44–53.
4. Armentano I., Dottori M., Fortunati E., Mattioli S., Kenny J.M. (2010) Biodegradable polymer matrix nanocomposites for tissue engineering: A review, *Polymer Degradation and Stability*, 95, 2126–2146.
5. Auras R., Harte B., Selke S. (2004) An overview of polylactides as packaging materials, *Macromol. Biosci*, 4, 835–864.
6. Lopes M. S., Jardini A. L., Filho R. M. (2012) Poly(lactic acid) production for tissue engineering Applications, *Procedia Eng*, 42, 1402.
7. Masyuk A. S., Kysil Kh. V., Katruk D. S., Skorokhoda V. I., Bilyi L. M. & Humenetskyi T. V. (2020) Elastoplastic Properties of Polylactide Composites with Finely Divided Fillers, *Materials Science*, 56 (4), 319–326.
8. Levytskyi V., Katruk D., Masyuk A., Kysil Kh., Bratychak M. Jr., Chopyk N. (2021) Resistance of Polylactide Materials to Water Mediums of the Various Natures, *Chemistry & Chemical Technology*, 15 (2), 191–197.
9. Lim L. T., Auras R., Rubino M., (2008) Processing technologies for poly(lactic acid). *Prog. Polym. Sci.* 33, 820–852.
10. Kuhnert I., Sporer Y., Brunig H., Tran N. H. A., Rudolph N., (2017), Processing of poly(lactic acid). *Adv. Polym. Sci.* 282, 10–33.
11. Катрук Д. С., Кисіль Х. В., Куліш Б. І., Масюк А. С., Скорохода В. Й., Левицький В. Є. (2020) Експлуатаційні характеристики композитів полілактид – тальк. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, (3) 2, 163–168.
12. F. Carrasco, P. Pagèsb, J. Gámez-Pérez, O. O. Santana, M. L. MasPOCH (2010). Processing of poly(lactic acid): Characterization of chemical structure, thermal stability and mechanical properties. *Polymer Degradation and Stability*, 95, 116–125.
13. Ana Nazareth Silva, Talita Cipriano, H. M. da F. Thomé da Asilva, Gustavo Monteiro (2014). Thermal, Rheological and Morphological Properties of Poly(Lactic Acid) (PLA) and Talc Composites. *Polímeros*, 24, 3, 276–282.

V. Ye. Levytskyi, A. S. Masyuk, D. S. Katruk, M. V. Boiko, D. I. Ketchur

TECHNOLOGICAL FEATURES OF OBTAINING POLYLACTIDE EXTRUSION PRODUCTS

The technological parameters of the process and the design of the extrusion head for the manufacture of products such as “pipe” of polylactide composite materials by extrusion, its construction elements are calculated. Prototypes of a product made of biodegradable plastic were obtained.

The technological and operational properties of the obtained products depending on the content of talc filler and heat treatment parameters are investigated. The highest values of Vicat softening point are observed for heat-treated materials with a filler content of 2 %, and the optimal temperature and heat treatment are 120 °C and time 10–15 min, respectively.

Key words: polylactide, talc, extrusion, heat resistance, heat treatment.