

## **ПРУЖНО-ДЕФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІЛАКТИДНИХ КОМПОЗИТІВ З ДРІБНОДИСПЕРСНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ**

*Куліш Б.І., Катрук Д.С., Масюк А.С., Кисіль Х.В., Левицький В.Є.*

Національний університет «Львівська політехніка»,

вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна

SamoiliukD@gmail.com

Полімери та композити на їхній основі є одними з найпоширеніших матеріалів. Проте, все більше уваги приділяється використанню біодеградабельних полімерних матеріалів, одержаних з відновлювальної сировини. Серед біодеградабельних полімерів найперспективнішим з огляду на експлуатаційні та біодеградабельні показники виробів на їхній основі є полілактид – біосумісний термопластичний поліестер.

Однак, полілактиду притаманні властивості, які обмежують його застосування, зокрема недостатня теплостійкість, низькі хімічна стійкість, ударна міцність та міцність під час розривання. Тому виникає потреба в модифікуванні полілактиду для надання йому необхідних властивостей для конкретного застосування. Зокрема, створення нових матеріалів на основі полілактиду та дрібнодисперсних наповнювачів може забезпечити покращені експлуатаційні властивості, дозволить регулювати біодеградацію та суттєво здешевить кінцеві вироби.

У цей же час, для полілактидних матеріалів поряд з міцнісними та теплофізичними показниками велике значення мають пружні, високоеластичні та пластичні характеристики, які дозволяють оцінити матеріал за фізичними, реологічними і частково технологічними властивостями, а також його однорідність та зміну властивостей залежно від умов переробки та експлуатації. Дослідження деформаційних властивостей полімерних матеріалів є також необхідними для розуміння поведінки матеріалу під навантаженням різного типу (статичні чи динамічні, короткочасні чи тривалі тощо) та їх морфологічних особливостей.

У даній роботі для одержання полімерних композиційних матеріалів був використаний полілактид компанії NatureWorks марки Ingeo 2500 HP (США), а також дрібнодисперсний наповнювач тальк - Algol Chemicals Finntalc M05 (Україна). Пружно-деформаційні властивості визначали згідно методики, що базується на модуль-деформаційному методі розрахунку, який полягає у введенні конусоподібного індентора під навантаженням в досліджуваний полімерний зразок. Даний метод дає можливість визначити, крім твердості, також пружні, високоеластичні, пластичні і інші деформаційні властивості матеріалу.

З одержаних результатів встановлено, що розроблені полілактидні матеріали можна віднести до низькодеформативних, для яких переважно характерні зворотні деформації і сильна пружна післядія. Виявлено, що ненаповнений полілактид порівняно з тальковмісними матеріалами характеризується найменшими значеннями модуля деформації. Така закономірність спостерігається як для термооброблених, так і не термооброблених зразків. Це, очевидно, обумовлено впливом тальку як активного наповнювача, що здатний виступати нуклеатором процесу кристалізації полілактиду, збільшуючи при цьому значення ступеня кристалічності. Слід відзначити, що максимальний вплив наповнювача - тальку спостерігається за його концентрації 2%

мас., що, очевидно, свідчить про збільшення гетерофазності системи за більших концентрацій наповнювача і початку взаємодій між частинками наповнювача.

Значення рівноважного модуля пружності, майже не змінюється для не термооброблених матеріалів і суттєво зростає для термооброблених зразків. Такі особливості, очевидно, обумовлені інтенсивним формуванням кристалічних областей і зменшенням рухливості надмолекулярних утворень полілактиду, особливо в між фазних шарах полімерна матриця – наповнювач.

Виявлено, що доля пружної деформації, яка визначається невеликим зміщенням атомів, зміною міжатомних і міжмолекулярних відстаней та незначною зміною валентних кутів, для досліджуваних матеріалів збільшується для термооброблених зразків, особливо для ненаповненого полілактиду (доля пружної деформації для ненаповненого полілактиду зростає з 23,5 % до 36,6 %). Такі особливості впливу як активного наповнювача так і термообробки, можна пояснити змінами надмолекулярної структури полілактиду, насамперед зростанням ступеня кристалічності, що супроводжується фіксацією сегментів макромолекул.

У цей же час, доля високоеластичної деформації, яка насамперед пов'язана з конформаційними змінами макромолекул, знижується для термооброблених зразків внаслідок ущільнення структури, яке викликано щільнішим укладанням макроланцюгів та змінами у міжмолекулярних взаємодіях під дією частинок наповнювача та додаткової термообробки. Суттєве зниження долі пластичної деформації з 70,5 % до 57,7 % для ненаповненого полілактиду, що викликана незворотними переміщеннями макромолекул, у загальній деформації для термооброблених та наповнених зразків також є підтвердженням формування жорсткої структури полімеру, яка має значно меншу здатність до зворотних деформацій.

Встановлено, що введення дрібнодисперсного наповнювача і додаткова термообробка сприяють зростанню твердості полілактидних матеріалів. При цьому, найбільше значення твердості відзначається для термообробленого матеріалу з 2% мас. тальку. У цей же час, зростання твердості наповнених композитів також обумовлено тим, що частка зовнішнього навантаження сприймається жорсткими частинками наповнювача, а також появою перехідного шару – полімерна матриця-наповнювач, в якому макромолекули характеризуються коротшими статистичними сегментами полімерного ланцюга.

Для термооброблених зразків спостерігається зростання коефіцієнта структури, який характеризує наявність просторової флуктуаційної сітки, що вказує на зміцнення структури полімеру внаслідок ущільненого пакування макромолекул та формування додаткових фізичних зв'язків. Зокрема, для не термооброблених матеріалів найбільше значення характерне для матеріалу з 2% мас. тальку, очевидно, подальше збільшення наповнювача призводить до взаємодії частинок наповнювача між собою і, як наслідок, зменшення вузлів просторової флуктуаційної сітки. У це же час, додаткова обробка сприяє досягненню матеріалом максимальних значень коефіцієнта структури, що підтверджує формування впорядкованої структури полімеру.

Зважаючи на комплекс експлуатаційних характеристик розроблені композити можуть бути використані для виготовлення виробів пакувального та одноразового призначення.