



УДК 677.47

МІЖФАЗНІ ЕФЕКТИ В ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЯХ, НАПОВНЕНИХ НАНОКРЕМНЕЗЕМОМ

Студ. Затолокін М. І., гр. БХВ-16
Науковий керівник проф. Будаш Ю. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Мета – дослідження структурних особливостей сумішей полілактиду (PLA) й полібутиленадипаткотерефталату (PBAT) модифікованих наночастинками (НЧ) діоксиду кремнію. Завдання – вивчення впливу НЧ на морфологію сумішей PLA/PBAT при різному вмісті PBAT.

Об'єкт та предмет дослідження. Процес одержання полімерних сумішей з покращеними механічними властивостями. Предмет – використання НЧ для регулювання морфології полімерних сумішей.

Методи та засоби дослідження. В роботі використано аналітичні та фізико-хімічні методи аналізу.

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Встановлено, що шляхом введення НЧ в суміш PLA/PBAT відбувається вдосконалення їх морфології. Показано, що селективна локалізація НЧ в матричній фазі полімерної суміші зменшує розмір дисперсної фази і збільшує фізико-механічні властивості композиції.

Результати дослідження. Раніше було встановлено, що область безперервності в сумішах PLA/PBAT знаходиться в діапазоні концентрацій PBAT від 30 до 40 об. % [1]. В даному дослідженні вивчено вплив міжфазної локалізації нанокремнезему на морфологію сумішей PLA/PBAT, близьких до області безперервності, шляхом отримання PLA/PBAT(70/30 об. %) з різним вмістом нанокремнезему. Як морфологія, так і наявність дуги релаксації крапель на графіку Коул-Коула вказують на матрично-дисперсну фазову морфологію в суміші PLA/PBAT (70/30). Аналіз зображень показує, що міжфазна локалізація становить близько 1% нанокремнезему, що зменшує діаметр волокон PBAT від 1.7 мкм до 1 мкм. Збільшення вмісту нанокремнезему до 3% змінює морфологію на неперервну структуру. Рівень неперервності фаз в полімерній суміші зазвичай досліджується шляхом селективної екстракції будь-якої з фаз [2]. Однак цей метод не може бути прийнятний в сумішах PLA/PBAT враховуючи близькі параметри розчинності полімерів.

Реологічний аналіз може бути корисним інструментом у цьому відношенні та вказує на те, що міжфазна локалізація 1% нанокремнезему зрушує релаксацію дисперсної фази PBAT в бік більш низьких частот. Для зміни морфології і індукування неперервної морфології в композиціях, близьких до області неперервності, потрібно мінімальний зміст нанокремнезему.

Вплив міжфазної локалізації НЧ діоксиду кремнію на морфологію в безперервній області була розглянуто на прикладі суміші PLA/PBAT(50/50) з 3% нанокремнезему [3]. Встановлено, що міжфазна локалізація нанокремнезему не змінює безперервну морфологію але нормалізована довжина інтерфейсу збільшується від 0.54 до 0.7 мкм, що демонструє більш точну безперервну структуру в зразку з нанокремнеземом. Реологічний аналіз суміші не показує релаксації дисперсної фази, що є ознакою неперервної морфології в полімерних сумішах. Однак складна поведінка на низьких частотах в'язкості суміші показує що утворення неперервної морфології не перешкоджає її деформації.

Коли частинки нанокремнезему локалізуються на межі розділу сумішей PLA/ PBAT, спостережувані зміни в розвитку безперервної морфології не можуть бути віднесені до



класичних моделей, що відносяться до безперервного складу і об'ємної реології фаз. Таким чином, пропонується [4] новий напівемпіричний механізм, що пояснює спостережуваний вплив нанокремнезему на розвиток безперервності в сумішах PLA/PBAT при перемішуванні. Відповідно до цього механізму, при змішуванні утворюється новий інтерфейс PLA-PBAT за рахунок деформації фази PBAT, тривалого часу релаксації і розпаду дисперсної фази в суміші PLA/PBAT з низьким міжфазним натягом і короткого часу міграції нанокремнезему з PLA на міжфазний кордон, що дозволяє його частинкам мігрувати на новосформований інтерфейс до процесу релаксації або розпаду волокна PBAT [5]. Міграція нанокремнезему стабілізує заново сформований інтерфейс і запобігає релаксації або розпаду частинок PBAT. Повторення цього механізму створює високоорієнтовану фібрилярну фазу PBAT, яка сприяє формуванню безперервної морфології в цій системі.

Крім часу релаксації дисперсної фази і часу мігрування НЧ, ще одним важливим параметром стабілізації фази PBAT є вміст нанокремнезему. При його низькому вмісті, заново сформований інтерфейс не може ефективно стабілізувати морфологію суміші, що призводить до релаксації або розпаду фази PBAT. Це узгоджується з результатами реологічних досліджень сумішей PLA/PBAT(70/30) з 1 мас. часткою нанокремнезема, що свідчать про протікання релаксаційних процесів в дисперсній фазі PBAT.

Висновки. Вивчено вплив міжфазної локалізації частинок нанокремнезему на морфологію, реологію і механічні властивості сумішей PLA/PBAT.

Морфологічний аналіз показує, що міжфазна локалізація нанокремнезему в матрично-дисперсній суміші PLA/PBAT, зменшує розмір частинок дисперсної фази.

Реологічний аналіз показує, що міжфазна локалізація нанокремнезему значно зменшує релаксацію дисперсної фази в цій системі.

Розташування наночастинок кремнезему на міжфазному кордоні в полімерній суміші PLA/PBAT суттєво не змінює механічні властивості системи. Однак значне поліпшення механічних властивостей спостерігалось поблизу безперервної області, де міжфазна локалізація нанокремнезему викликає зміни морфології з матрично-дисперсної на безперервну.

Ключові слова. Нанокремнезем, локалізація, морфологія, суміш.

ЛІТЕРАТУРА

1. E. Jalali Dil, P.J. Carreau, B.D. Favis, Morphology, miscibility and continuity development in poly(lactic acid)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends, *Polymer* 68 (2015) 202–212.
2. P. Pötschke, D.R. Paul, Formation of co-continuous structures in melt-mixed immiscible polymer blends, *J. Macromol. Sci., Part C* 43 (1) (2003) 87–141.
3. G. Filippone, G. Romeo, D. Acierno, Role of interface rheology in altering the onset of co-continuity in nanoparticle-filled polymer blends, *Macromol. Mater. Eng.* 296 (7) (2011) 658–665.
4. J. Li, P.L. Ma, B.D. Favis, The role of the blend interface type on morphology in cocontinuous polymer blends, *Macromolecules* 35 (6) (2002) 2005–2016.
5. E. Jalali Dil, B.D. Favis, Localization of micro- and nano-silica particles in heterophase poly(lactic acid)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends, *Polymer* 76 (2015) 295–306.