

УДК 677.494:677.017

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОНАПОВНЕНИХ СУМІШЕЙ ПОЛІПРОПІЛЕН/СПІВПОЛІАМІД

Студ. А.Ю. Сад, гр. МГХВ-17
Науковий керівник доц. Н.М. Резанова
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Мета- дослідження впливу нанодобавок на основі пірогенного кремнезему на реологічні характеристики розплавів термодинамічно несумісних сумішей полімерів. Завдання-вивчення методом капілярної віскозиметрії особливостей в'язко-пружних властивостей та здатності до поздовжньої деформації розплавів поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА), наповнених наночастинками різної хімічної природи.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єкт дослідження – закономірності процесів течії та структуроутворення в термодинамічно несумісних нанонаповнених сумішах полімерів. Предмет дослідження – реологічні властивості і здатність до переробки розплавів модифікованих сумішей ПП/СПА.

Методи та засоби дослідження. Для досліджень використані суміші ПП/СПА складу 30/70 мас. %. Нанонаповнювачами були: вихідний SiO_2 та модифіковані наночастинками (НЧ) TiO_2 або Ag , вміст яких складав 7,0 і 16,3 мкг/м². Питома поверхня ($S_{\text{пт}}$) SiO_2 , $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ та Ag/SiO_2 – 300, 296 і 62 м²/г відповідно. Концентрація (с) модифікаторів у суміші – (0,1÷3,0) мас. % від маси ПП. В'язкість (η) розплавів визначали за допомогою капілярного віскозиметра Про еластичність судили за величиною рівноважного розбухання екструдатів «В», а про здатність до поздовжньої деформації – за максимальною фільтрною витяжкою (F_{max}).

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Набули подальшого розвитку закономірності формування матрично-фібрилярної морфології в нанонаповнених сумішах ПП/СПА. Показано, що введення нанодобавок обумовлює збільшення величин «В» екструдатів, що свідчить про покращення процесу волокноутворення ПП в матриці СПА. В'язкість розплавів визначається конкуруючим впливом двох чинників – специфічні зв'язки між функціональними групами полімерів і добавок зумовлюють зростання η , а утворення рідких струменів ПП її зменшення. Практичним результатом є покращення здатності до переробки нанонаповнених сумішей.

Результати дослідження. Визначальну роль в процесах переробки розплавів полімерних сумішей відіграють їх в'язко-пружні властивості та здатність до поздовжньої деформації. Особливістю вказаних систем є розбухання екструдату (збільшення розмірів струменя) по виході із формувального отвору, яке обумовлене релаксацією напруг, накопичених макромолекулами в кожній фазі та краплями дисперсної фази через їх деформацію і орієнтацію в напрямку течії. Анізотропні структури є новими релаксуючими елементами, характерними тільки для двофазних систем. Максимальний ступінь анізотропії досягається, коли дисперсна фаза утворює мікрофібрили, які вносять основний вклад у вискоеластичні деформації при течії полімерних дисперсій. Це обумовлює збільшення величини «В» в декілька разів, порівняно з вихідними полімерами. Відомо, що розбухання екструдатів є непрямою характеристикою волокноутворення, а саме: чим більша кількість мікрволокон утворюється і чим вони тонші, тим вищими є значення «В» [1]. Виконані дослідження показали, що для всіх нанонаповнених систем величини розбухання екструдатів мають



більші значення, ніж для бінарної суміші, тобто нанодобавки покращують реалізацію волокноутворення ПП в матриці СПА.

Ефективна в'язкість розплавів вихідної і нанонаповнених сумішей падає, порівняно з η ПП і СПА. Така закономірність характерна для композицій, в яких реалізується явище специфічного волокноутворення [1]. Відомо, що в'язкість розплавів сумішей визначається двома конкуруючими чинниками. Формування рідких струменів компоненту дисперсної фази зумовлює зниження в'язкості розплаву, а утворення специфічних зв'язків між функціональними групами добавки і макромолекул полімерів – її підвищення [2]. Переважаючий вплив одного із факторів і визначає η розплаву системи. Результати досліджень показали, що на характер залежності $\eta = f(c)$ значною мірою впливає хімічна природа нанодобавки. При введенні наночастинок SiO_2 і Ag/SiO_2 η розплаву зростає. Це обумовлено його структуруванням за рахунок виникнення водневих зв'язків між силановими і силанольними групами на поверхні частинок кремнезему та амідними групами макромолекул СПА, а також ефектом наповнення твердою речовиною [3]. Для сумішей з добавками $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ в'язкість розплавів падає. Це пов'язано з тим, що його $S_{\text{пт}} \sim$ у 5 разів нижча, і відповідно значно менша кількість функціональних груп на поверхні НЧ можуть утворити специфічні зв'язки з макромолекулами СПА.

Нанонаповнені суміші, як і бінарна, є неньютонівськими рідинами. Характер їх течії майже не залежить від вмісту нанонаповнювача при всіх досліджених концентраціях та підпорядковується ступеневому закону.

Величина максимально можливої фільтрної витяжки характеризує здатність розплаву до поздовжнього деформування, тобто прядомість. Введення досліджених нанодобавок покращує цей показник завдяки зміцненню струменів розплавів нанонаповнених сумішей в поздовжньому полі за рахунок утворення специфічних взаємодій у міжфазному шарі. При цьому значення F_{max} для розплавів сумішей з добавками SiO_2 зростають у всьому дослідженому діапазоні концентрацій, а для композицій з модифікованими кремнеземами вони проходять через максимум.

Висновки. Встановлено, що нанонаповнювачі на основі кремнезему суттєво впливають на реологічні властивості і здатність до переробки розплавів сумішей ПП/СПА. Нанодобавки, в яких кількість силанових і силанольних груп на поверхні частинок більша, зумовлюють зростання в'язкості модифікованих систем, що пов'язано із посиленням взаємодії в перехідному шарі між функціональними групами на поверхні кремнезему та макромолекул співполіаміду. Показано, що нанонаповнені композиції характеризуються підвищеними еластичністю і прядомістю, в порівнянні з вихідними полімерами. Досліджені добавки дозволяють регулювати фазову морфологію суміші ПП/СПА і в подальшому можуть бути використані для створення нових тонковолокнистих матеріалів з покращеними властивостями.

Ключові слова: суміші, полімери, нанодобавки, в'язкість, розбухання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Резанова Н.М., Будащ Ю.О., Плавач В.П. Інноваційні волокна, нитки та системи. Навчальний посібник – К.: КНУТД. – 2017. – 240 с.
2. Полимерные смеси. Т. 1: Систематика / под ред. Д.Р. Пола, К.Б. Баклелла. пер. с англ. В.Н. Кулезнева. СПб: Научные основы и технологии.– 2009.– 618 с.
3. Резанова Н.М., Плавач В.П., Резанова В.Г., Будащ Ю.О., Богатирьев В.М. Вплив нанодобавок на процеси структуроутворення в розплавах сумішей полімерів // Полімерний журнал. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 218-224.