

<https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.5.12>

УДК 677.027-
19.001

РЕЗАНОВА Н. М., БУДАШ Ю. О., ДАВИДЕНКО М. О.,
КОВАЛЬЧУК А. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ВПЛИВ ДОБАВОК НАНОРОЗМІРНОГО ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА СТРУКТУРУ ТА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СУМІШІ ПОЛІПРОПІЛЕН/СПІВПОЛІАМІД

Мета. Дослідження впливу концентрації наночастинок оксиду алюмінію на мікро- та макрореологічні властивості розплаву суміші поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА) для регулювання морфології нанонаповнених композитів.

Методика. Вихідні полімери і нанодобавку змішували у розплаві на черв'ячно-дисковому екструдері. Ступінь диспергування компоненту дисперсної фази в матриці оцінювали за мікрофотографіями поперечних зрізів екструдатів сумішей. Типи структур ПП та їх розмірні характеристики вивчали за допомогою оптичного мікроскопу. Ефективну в'язкість розплавів визначали за допомогою мікровіскозиметра МВ-2, а еластичність розраховували як відношення діаметрів екструдату та фільєри.

Результати. Показано, що введення в суміш ПП/СПА (0,1÷3,0) мас. % наночастинок Al_2O_3 дає можливість керувати процесом структуроутворення компоненту дисперсної фази. При цьому зменшується середній діаметр ПП мікрофібрил та зростає їх масова доля. Максимальний ефект досягнуто за вмісту нанодобавки 1,0 мас. %. Встановлено, що макрореологічні властивості розплавів нанонаповнених систем визначаються їх морфологією. Формування анізотропних структур (ПП мікрофібрил) з меншими діаметрами обумовлює падіння в'язкості та зростання еластичності розплавів сумішей, на відміну від аналогічних показників для ПП і СПА.

Наукова новизна. Показано, що наночастинок оксиду алюмінію не впливають на тип морфології термодинамічно несумісної суміші ПП/СПА – в нанонаповнених композиціях, як і у вихідній, утворюється мікрофібрилярна структура. Модифікуюча дія нанодобавки проявляється у формуванні більшої кількості ПП мікрофібрил та зменшенні їх розмірних характеристик.

Практична значимість. Досліджена нанодобавка не перешкоджає стабільній переробці суміші ПП/СПА у волокна і плівки на екструзійному обладнанні та не ускладнює процес екстракції матричного полімеру із композиційних екструдатів. Введення наночастинок Al_2O_3 дозволить одержувати композиційні вироби та тонковолокнисті матеріали з покращеними характеристиками за рахунок регулювання фазової морфології.

Ключові слова: полімери, суміші, наночастинок, морфологія, в'язкість, еластичність.

Вступ. Ключовим напрямком розвитку сучасної науки і техніки в галузі технології полімерів є розробка нових матеріалів із зазделегідь визначеними характеристиками. Змішування полімерів та введення нанонаповнювачів різної хімічної природи, геометричної форми та розмірів дозволяє вирішувати цю проблему. Використання речовин в наностані забезпечує полімерним композитам нові функціональні властивості, а саме: підвищення міцності та пружності [1,2], надання електричних [3], сорбційних [2], антимікробних характеристик [4], здатності самоочищатися [5] тощо. При цьому модифікація полімерних виробів відбувається як за рахунок комбінації властивостей полімерів і нанонаповнювачів, так і регулюванням мікроструктури композитів. Нанодобавки можуть сприяти підвищенню ступеню диспергування компоненту дисперсної фази або його огрубінню, обумовлювати об'єднання крапель у рідкі струмені, утворювати безперервні структури чи домени неправильної форми [6]. Морфологія системи значною мірою визначається концентрацією добавки, хімічною природою функціональних груп на її поверхні та переважним

розташуванням наночастинок (НЧ) в об'ємі одного із компонентів або на межі поділу фаз. Оптимальне розміщення НЧ в полімерних композиціях дозволяє регулювати властивості виробів на їх основі та надавати комплекс нових наперед заданих характеристик.

Постановка завдання. Важливим питанням при розробці нанонаповнених полімерних композитів є формування певної морфології компонентами гетерогенної системи та визначення шляхів керування нею. За умови переробки розплавів термодинамічно несумісних сумішей полімерів на екструзійному обладнанні зсувова течія сприяє деформації крапель компоненту дисперсної фази та формуванню в безперервній матриці різних типів структур: еліпсоїди, циліндри, плівки тощо. Композити, в яких дисперсна фаза утворює *in situ* мікро- або нанофібрили в матриці іншого полімеру, інтенсивно досліджуються і знаходять широке застосування завдяки комплексу нових часто унікальних властивостей [1,2,4,7-9]. Мікро- і нанофібрилярні композити можуть бути використані як напівфабрикати для виробництва широкого спектру тонковолокнистих матеріалів. Технологія виробництва штапельних мікрОВОЛОКОН, комплексних ниток та прецизійних фільтрувальних матеріалів шляхом переробки розплавів сумішей полімерів з подальшою екстракцією матричного полімеру із композиційних ниток і плівок описана в роботі [2]. Нитки із ПП мікрофібрил, одержані із нанонаповненої суміші поліпропілен/співполіамід, проявляють бактерицидну дію, характеризуються підвищеними механічними показниками та високим рівнем поглинання води (майже як у природних волокон) [2,4,7]. Із багат шарових композиційних плівок, сформованих методом 3D друку, виготовлено нетканий тонковолокнистий матеріал, який може використовуватися як прецизійні фільтри (їх затримуюча здатність за частинками розміром 0,3-1,0 мкм складає майже 100 %) [8]. При створенні мікрофібрилярних композитів важливим є визначення шляхів вдосконалення їх структури, одним із методів якого може бути введення в розплав композиції міжфазних модифікаторів – компатибілізаторів та нанодобавок.

Мета роботи – дослідження впливу концентрації наночастинок оксиду алюмінію на мікро- та макрореологічні властивості розплаву суміші поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА) для регулювання морфології нанонаповнених композитів.

Результати та їх обговорення. Для приготування суміші ПП/СПА використали промислові зразки полімерів: поліпропілен марки «Ліпол» А7-74К (дисперсна фаза) і спирторозчинний співполіамід (співполімер капролактаму і солі АГ) марки ПА-6/66-4 (дисперсійне середовище), реологічні характеристики яких наведені в роботі [10]. Нанодобавка – пірогенний оксид алюмінію із вмістом Al_2O_3 – 90,7 мас. % і питомою поверхнею 109 м²/г. Співвідношення компонентів в суміші ПП/СПА 30/70 мас. %, вміст наномодифікатора – (0,1÷3,0) мас. %. Інгредієнти композиції змішували на екструдері марки ЛПП-25, при цьому спочатку наночастинок Al_2O_3 додавали в розплав ПП. Реологічні властивості бі- і трикомпонентних систем визначали за методиками, описаними в [10,11]. Ступінь диспергування поліпропілену в матриці оцінювали за мікрофотографіями поперечних зрізів екструдатів. Для визначення типу структур, які утворює ПП в СПА, матричний компонент екстрагували із композиційних стренг водним розчином етилового спирту. Структуроутворення оцінювали шляхом вимірювання під мікроскопом МБД-15 розміру всіх типів структур ПП та підрахунку їх кількості [7]. Експериментальні дані

обробляли методами математичної статистики та розраховували середній діаметр мікрофібрил (d) і масову долю кожного типу структури.

Відомо, що властивості полімерних дисперсій і виробів на їх основі значною мірою залежать від макрореологічних характеристик компонентів (в'язкість і еластичність) та структури, яку утворює полімер дисперсної фази в матриці. Морфологія екструдатів сумішей полімерів визначається перебігом ряду мікрореологічних процесів, що відбуваються з краплями дисперсної фази за течії розплаву – диспергування, коалесценція, деформація та міграція. Ступінь прояву кожного із них залежить від реологічних властивостей, співвідношення компонентів суміші, хімічної природи та вмісту добавки тощо.

Дослідження мікроструктури екструдатів композицій показали, що додавання наночастинок оксиду алюмінію в розплав суміші ПП/СПА дозволяє регулювати її морфологію (рис., табл.1). Із мікрофотографій поперечних зрізів екструдатів видно, що у вихідній суміші ПП грубо диспергований. Введення в систему (0,1÷3,0) мас. % добавки сприяє підвищенню ступеню диспергування та однорідності розподілу частинок полімеру дисперсної фази в дисперсійному середовищі.

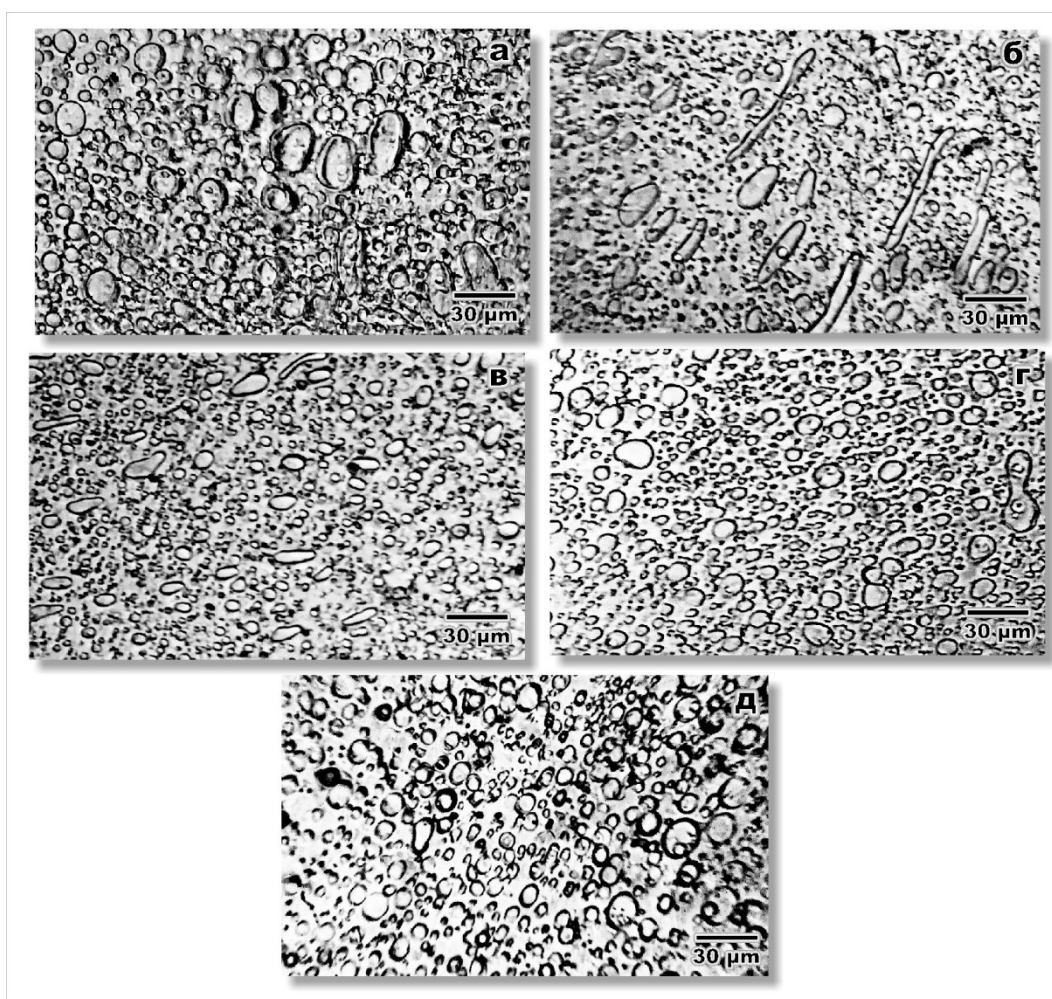


Рис. Мікрофотографії поперечних зрізів екструдатів сумішей з різним вмістом оксиду алюмінію, мас. % :
а) 0; б) 0,1; в) 0,5; г) 1,0, д) 3,0

Після екстракції співполіаміду із композиційних екструдатів отримали пучки ПП мікрофібрил. Це свідчить про те, що структура екструдатів являє собою суцільну фазу

дисперсійного середовища, наповненого тонкими струменями дисперсної фази. Кількісні мікроскопічні дослідження показали, що мікрофібрили є переважаючим типом структури в екструдатах вихідної і нанопоповнених сумішей. Поряд з цим, поліпропілен утворює також невелику кількість плівок та частинок (табл. 1). Введення нанорозмірного оксиду алюмінію в розплав суміші впливає на морфологію трикомпонентних систем в напрямку зменшення діаметрів ПП мікрофібрил та зростання їх масової долі в усьому діапазоні концентрацій добавки. Модифікуюча дія нанопоповнювача, перш за все, пов'язана із його впливом на в'язко-пружні характеристики вихідних компонентів та на перебіг явищ на межі їх поділу. Відомо, що зміна співвідношення в'язкостей розплавів дисперсної фази і матриці (η_1/η_2) та їх еластичностей (B_1/B_2) може змістити рівновагу в процесах деформації, розпаду і коалесценції крапель [1,2,12].

Таблиця 1

Характеристики мікроструктури екструдатів вихідної та модифікованих сумішей

Вміст Al_2O_3 , мас. %	Мікрофібрили		Частинки		Плівки, мас. %
	d , мкм	мас. %	d , мкм	мас. %	
0	4,0	82,7	4,0	8,3	9,0
0,1	3,2	85,6	3,0	6,1	8,3
0,5	2,7	90,7	2,8	2,5	6,8
1,0	2,2	94,9	1,8	1,0	4,1
3,0	3,0	92,2	3,2	3,4	4,4

Дослідження впливу концентрації наночастинок оксиду алюмінію на реологічні властивості розплаву вихідного поліпропілену показали, що його в'язкість (η_1) закономірно зростає в усьому діапазоні вмісту добавки через структурування розплаву наночастинками. В той же час еластичність модифікованого розплаву ПП зменшується, судячи з рівноважних величин розбухання (B_1) (табл.2).

Таблиця 2

Вплив концентрації Al_2O_3 на в'язко-пружні властивості* суміші ПП/СПА

Вміст Al_2O_3 , мас. %	η_1 , Па•с	η_1/η_2	$\eta_{\text{сум}}$, Па•с	B_1	B_1/B_2	$B_{\text{сум}}$
0	260	0,35	160	1,8	1,43	5,1
0,1	270	0,36	210	1,7	1,36	5,4
0,5	280	0,38	170	1,7	1,28	6,3
1,0	300	0,41	160	1,6	1,21	6,8
2,0	320	0,43	150	1,5	1,07	6,4
3,0	350	0,47	140	1,4	1,00	5,8

* за $\tau = 5,69 \cdot 10^4$ Па; $\eta_2 = 740$ Па•с

Це зумовлено ускладненням рухливості сегментів ПП макромолекул в присутності твердого нанопоповнювача. Із табл. 2 видно, що зі збільшенням концентрації Al_2O_3 величини

співвідношення в'язкості та еластичності компоненту дисперсної фази і матриці змінюються по-різному: значення η_1/η_2 зростають, а B_1/B_2 – знижуються до одиниці. Ці чинники закономірно призводять до кращого диспергування і деформації крапель поліпропілену в поліамідній матриці, що і підтверджується результатами виконаних мікроскопічних досліджень (рис., табл.1). Зменшення розмірних характеристик дисперсної фази та переважне утворення ПП мікрофібрил з мінімальними діаметрами в нанонаповнених сумішах може бути пов'язано з підвищенням ступеня сумісності між макромолекулами компонентів у міжфазному шарі за рахунок компатибілізуючої дії наночастинок оксиду алюмінію, що узгоджується з результатами раніше виконаних досліджень [2,4,7,13]. Так, введення нанорозмірного оксиду титану в розплав суміші поліетилентерефталат/ПП [13] та змішаного оксиду TiO_2 /кремнезем в суміш ПП/СПА [7] сприяє деформації крапель компоненту дисперсної фази у рідкі струмені та забезпечує зниження середнього діаметра мікрофібрил у 3,8 і 2,2 рази відповідно.

Мікрореологічні процеси значною мірою також впливають і на в'язко-пружні характеристики розплавів полімерних дисперсій. Дані табл. 2 свідчать, що при введенні наночастинок оксиду алюмінію в суміш ПП/СПА в'язкість розплавів нанонаповнених систем, як і вихідної, падає у порівнянні з η ПП і СПА. Це обумовлено, перш за все, формуванням анізотропних структур (рідких циліндрів) ПП в матриці СПА [12]. Збільшення майже на 30 % величин рівноважного розбухання екструдатів нанонаповнених систем також обумовлено формуванням мікрофібрилярної структури за течії досліджуваних сумішей (табл.2). Ріст величин ($B_{\text{сум}}$) відбувається за рахунок релаксації напруг, накопичених рідкими циліндрами, які є термодинамічно нестійкими, і розпадаються на краплі при відпалі [2,11]. В раніше виконаних нами дослідженнях було показано, що еластичність розплавів стає максимальною за умови, коли компонент дисперсної фази утворює в екструдаті тільки мікрофібрили з мінімальними діаметрами [2]. Встановлена закономірність зберігається і для композицій, наповнених наночастинами оксиду алюмінію – за вмісту нанодобавки 1,0 мас. % розбухання є максимальним ($B_{\text{сум}} = 6,8$), а мікрофібрили – найтоншими ($d = 2,2$ мкм), тобто величина розбухання є опосередкованою характеристикою формування більш досконалої мікрофібрилярної структури.

Висновки. Досліджено вплив концентрації нанорозмірного оксиду алюмінію на мікро- та макрореологічні властивості термодинамічно несумісної суміші поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА). Показано, що введення в розплав (0,1÷3,0) мас. % наночастинок Al_2O_3 не змінює тип морфології системи – в нанонаповнених композиціях, як і у вихідній суміші, формується мікрофібрилярна структура. Модифікуюча дія нанодобавки проявляється у зменшенні середнього діаметра ПП мікрофібрил та збільшенні їх масової доли.

Встановлено, що зміна морфології екструдатів в присутності наночастинок оксиду алюмінію суттєво впливає на макрореологічні властивості розплаву ПП/СПА. Формування мікрофібрил ПП в матриці СПА в бі- та трикомпонентних системах сприяє зниженню в'язкості та підвищенню еластичності розплавів, в порівнянні з вихідними компонентами. Для нанонаповнених сумішей величини рівноважного розбухання екструдатів збільшуються майже на 30 %, що опосередковано свідчить про вдосконалення їх мікрофібрилярної структури під дією наночастинок.

Література

1. Utracki L.A., Wilkie C.A. Polymer blends handbook. London: Springer New York Heidelberg Dordrecht. – 2014. – 2373 p.
2. Резанова, Н.М.; Будащ, Ю.О.; Плаван, В.П. Інноваційні технології хімічних волокон; КНУТД: Київ, 2017. – 240 с.
3. Yang H., Li B., Zhang Q., Du R., Fu Q. Simultaneous Enhancement of Electrical Conductivity and Impact Strength via Formation of Carbon Black-Filler Network in PP/EPDM Blends. // Polym. Adv. Technol. – 2011. – V. 22. – №6, P.857-862.
4. Rezanova N.M., Rezanova V.G., Plavan V.P., Viltsaniuk O.O. The influence of nano-additives on the formation of matrix-fibrillar structure in the polymer mixture melts and on the properties of complex threads // Vlakna a Textil. – 2017. – №2, P. 37-42.
5. Kanjwal M.A., Barakat N.M., Shceikh F.A., Balk W., Khil M.S., Kim H.Y. Effect of silver Content and Morphology on the catalic Activity of Silver-grafted Titanium Oxide Nanostructure // Fibers and Polymers. – 2010. – V. 11, №5. – P.700-709.
6. Luna M.S., Filippone G. Effects of nanoparticles on the morphology of immiscible polymer blends – Challenges and opportunities // European Polym. J. – 2016. – V. 79. – P.198-218.
7. Rezanova N.M., Plavan V.P., Rezanova V.G., Bohatyryov V.M., Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers // Vlakna a Textil. – 2016. – №2. – P.3-8.
8. Beloshenko V.A., Plavan V.P., Rezanova N.M., Savchenko B.M., Vozniak I. Production of high-performance multi-layer fine-fibrous filter materials by application of material extrusion-based additive manufacturing // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2019. – №101. – P. 2681-2688
9. Thomas S., Mishra R., Kalarikka N. Micro and nano fibrillar composites (mfcs and nfcs) from polymer blends. – Woodhead Publishing, 2017 – 372 p.
10. Резанова Н.М., Сад А.Ю. Вплив нанонаповнювача на реологічні властивості розплавів полімерів та їх сумішей // Вісник КНУТД. – 2018. – №5 (126). – С.106-113.
11. Utracki L., Bakerdjiane Z., Kamal M. A method

References

1. Utracki L.A., & Wilkie C.A. (2014). *Polymer blends handbook*. London: Springer New York Heidelberg Dordrecht. [in English].
2. Rezanova, N.M., Budash, Yu.O., Plavan, V.P. (2017). *Innovacijni tehnologiyi himichnih volokno* [Innovative technologies of chemical fibers]. KNUTD [in Ukrainian].
3. Yang, H., Li, B., Zhang, Q., Du, R., Fu, Q. (2011). Simultaneous Enhancement of Electrical Conductivity and Impact Strength via Formation of Carbon Black-Filler Network in PP/EPDM Blends. *Polym. Adv. Technol*, 22, 6, 857- 862 [in English].
4. Rezanova, N.M., Rezanova, V.G., Plavan, V.P., Viltsaniuk, O.O. (2017). The influence of nano-additives on the formation of matrix-fibrillar structure in the polymer mixture melts and on the properties of complex threads. *Vlakna a Textil*, 2, 37-42 [in English].
5. Kanjwal, M.A., Barakat, N.M., Shceikh, F.A., Balk, W., Khil, M.S., Kim, H.Y. (2010). Effect of silver Content and Morphology on the catalic Activity of Silver-grafted Titanium Oxide Nanostructure. *Fibers and Polymers*, Vol. 11, 700-709 [in English].
6. Luna, M.S., Filippone, G. (2016). Effects of nanoparticles on the morphology of immiscible polymer blends – Challenges and opportunities. *European Polym. J*, Vol. 79, 198-218 [in English].
7. Rezanova, N.M., Plavan, V.P., Rezanova, V.G., Bohatyryov, V.M. (2016). Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers. *Vlakna a Textil*, Vol. 2, 3-8 [in English].
8. Beloshenko, V.A., Plavan, V.P., Rezanova, N.M., Savchenko, B.M., Vozniak, I. (2019). Production of high-performance multi-layer fine-fibrous filter materials by application of material extrusion-based additive manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101, 2681-2688 [in English].
9. Thomas, S., Mishra, R., Kalarikka, N. (2017). Micro and nano fibrillar composites (mfcs and nfcs) from polymer blends. *Woodhead Publishing*, 372 [in English].
10. Rezanova N.M., Sad A.Yu. Vplyv nanonapovnyuvacha na reolohichni vlastyvosti rozplaviv polimeriv ta yikh sumishey // *Visnyk KNUTD*. – 2018. – №5 (126). – S.106-113 [in Ukrainian].
11. Utracki, L., Bakerdjiane, Z., Kamal, M. (1975). A method for the measurement of the true

for the measurement of the true die swell of polymer melts // J. Appl. Polymer Sci. – 1975. – V. 19, №2. – P.481 - 501.

12. Polymer Blends / Ed. by Paul D.R., Bucknall C.B. – New York: John Wiley & Sons, Inc. – 2000, V.1. – 618 p.

13. Li W., Schlarb A.K., Evstatiev M. Effect of viscosity ratio on the morphology of PET microfibrillar in uncompatibilized and compatibilized drawn PET/PP/TiO₂ blends // J. of Polym. Sci. Part B: Polymer Physics. – 2009. – № 47. – P.555-562.

die swell of polymer melts. J. Appl. Polymer Sci., Vol. 19, 481-501 [in English].

12. Paul, D.R., & Bucknall, C.B. (2000). Polymer Blends. New York: John Wiley & Sons, Inc. [in English].

13. Li, W., Schlarb, A.K., Evstatiev, M. (2009). Effect of viscosity ratio on the morphology of PET microfibrillar in uncompatibilized and compatibilized drawn PET/PP/TiO₂ blends. J. of Polym. Sci. Part B: Polymer Physics, 47, 555-562 [in English].

REZANOVA NATALYA

Department of Applied Ecology, Technology of Polymers
and Chemical Fibers of the
Kyiv National University of Technologies and Design

DAVYDENKO MARYNA

davydenkomaryna@gmail.com
Kyiv National University of Technologies and Design

BUDASH YURI

Department of Applied Ecology, Technology of
Polymers
and Chemical Fibers of the
Kyiv National University of Technologies and Design
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8718-1577>
Scopus Author ID: 9134072100
Researcher ID: H-6012-2018

KOVALCHUK ANASTASIIA

elladorff@gmail.com
Kyiv National University of Technologies and Design

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НАНОРАЗМЕРНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СТРУКТУРУ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСИ ПОЛИПРОПИЛЕН/СОПОЛИАМИД

РЕЗАНОВА Н. М., БУДАШ Ю. А., ДАВИДЕНКО М. А., КОВАЛЬЧУК А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния концентрации наночастиц оксида алюминия на микро- и макрореологические свойства расплава смеси полипропилен/сополиамид (ПП/СПА) для регулирования морфологии нанонаполненных композитов.

Методика. Исходные полимеры и нанодобавку смешивали в расплаве на червячно-дисковом экструдере. Степень диспергирования компонента дисперсной фазы в матрице оценивали по микрофотографиям поперечных срезов экструдатов смесей. Типы структур ПП и их размерные характеристики изучали с помощью оптического микроскопа. Эффективную вязкость расплавов определяли на микровязкозиметре МВ-2, а эластичность рассчитывали как отношение диаметров экструдата и фильеры.

Результаты. Показано, что введение в смесь ПП/СПА (0,1÷3,0) масс. % наночастиц Al₂O₃ дает возможность управлять процессом структурообразования компонента дисперсной фазы. При этом уменьшается средний диаметр ПП микрофибрилл и возрастает их массовая доля. Максимальный эффект достигнут при содержании нанодобавки 1,0 масс. %. Установлено, что макрореологические свойства расплавов нанонаполненных систем определяются их морфологией. Формование анизотропных структур (ПП микрофибрилл) с меньшими диаметрами обуславливает падение вязкости и возрастание эластичности расплавов смесей, в отличие от аналогичных показателей для ПП и СПА.

Научная новизна. Показано, что наночастицы оксида алюминия не влияют на тип морфологии термодинамически несовместимой смеси ПП/СПА – в нанонаполненных композициях, как и в исходной, образуется микрофибриллярная структура. Модифицирующее действие нанодобавки проявляется в формировании большего количества ПП микрофибрилл и уменьшении их размерных характеристик.

Практическая значимость. Исследованная нанодобавка не препятствует стабильной переработке смеси ПП/СПА в волокна и пленки на экструзионном оборудовании и не усложняет процесс экстракции матричного полимера из композиционных экструдатов. Введение наночастиц Al_2O_3 позволит получать композиционные изделия и тонковолокнистые материалы с улучшенными характеристиками за счет регулирования фазовой морфологии.

Ключевые слова: полимеры, смеси, нанодобавка, морфология, вязкость, эластичность.

INFLUENCE OF ADDITIVES OF NANOSIZED ALUMINUM OXIDE ON THE STRUCTURE AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE POLYPROPYLENE / COPOLIAMIDE BLENDS

REZANOVA N., BUDASH Yu., DAVYDENKO M., KOVALCHUK A.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Investigation of the effect of the concentration of aluminum oxide nanoparticles on the micro- and macro-rheological properties of the melt of a polypropylene / copolyamide (PP / CPA) mixture to control the morphology of nanofilled composites.

Methodology. The starting polymers and nano-additive were melt blended on a worm-disk extruder. The degree of dispersion of the component of the dispersed phase in the matrix was evaluated by micrographs of cross sections of the extrudates of the mixtures. The types of PP structures and their dimensional characteristics were studied using an optical microscope. The effective viscosity of the melts was determined on an MB-2 micro viscometer, and elasticity was calculated as the ratio of the extrudate and die diameters.

Results. It is shown that the introduction of a PP / CPA mixture (0.1÷3.0) mass. % Al_2O_3 nanoparticles makes it possible to control the process of structure formation of the component of the dispersed phase. In this case, the average diameter of PP microfibrils decreases and their mass fraction increases. The maximum effect was achieved when the content of nanoparticles 1.0 mass.%. It has been established that the macro-rheological properties of melts of nanofilled systems are determined by their morphology. The formation of anisotropic structures (PP microfibrils) with smaller diameters causes a decrease in viscosity and an increase in the elasticity of the melts of mixtures, in contrast to similar indicators for PP and CPA.

Scientific novelty. It was shown that Al_2O_3 nanoparticles do not affect the type of morphology of the thermodynamically incompatible PP / CPA mixture - in nanofilled compositions, as in the initial one, a microfibrillar structure is formed. The modifying effect of nanoadditives is manifested in the formation of a larger number of PP microfibrils and a decrease in their dimensional characteristics.

Practical significance. The studied nanoparticle does not interfere with the stable processing of the PP / SPA mixture into fibers and films on extrusion equipment and does not complicate the process of extraction of the matrix polymer from composite extrudates. The introduction of Al_2O_3 nanoparticles will make it possible to obtain composite products and fine-fiber materials with improved characteristics due to the regulation of phase morphology.

Key words: polymers, mixtures, nano-additive, morphology, viscosity, elasticity