

УДК 620.178.16:621.893:678.664

Властивості бінарних сумішей на основі термопластичних поліуретанів і поліолефінів

В.М. Анісімов

ДВНЗ „Український державний хіміко-технологічний університет“
8, пр. Гагаріна, Дніпропетровськ, 49005, Україна

Розглянуто залежності міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик від будови бінарних сумішей на основі термопластичних поліуретанів та поліолефінів. Встановлено істотну зміну властивостей у всьому концентраційному діапазоні та визначено оптимальний склад композицій.

Ключові слова: термопластичний поліуретан, поліетилен високого тиску, поліетилен низького тиску, фізико-механічні характеристики, інтенсивність зношування.

Вступ.

Сьогодні немає жодної галузі промисловості, де б не застосовувалися полімерні матеріали. Ступінь їх використання є важливим критерієм щодо оцінки рівня науково-технічного прогресу в країні. Використання полімерних матеріалів забезпечує можливість створення принципово нових конструкцій і різноманітних виробів, сприяє зниженню їх ваги, експлуатаційних і транспортних витрат, підвищенню якості та покращенню зовнішнього вигляду. Характерно, що частка індивідуальних полімерів серед таких матеріалів незначна. Це пояснюється тим, що для конкретних умов експлуатації, як правило, необхідні полімери з новим комплексом властивостей, і вирішувати цю проблему найкраще не освоєнням промислових виробництв нових матеріалів, а за рахунок пошуку оптимальних комбінацій крупнотоннажних полімерів [1]. Тому актуальне вивчення взаємозв'язку будови і властивостей бінарних сумішей на основі таких промислових гігантів сучасної крупнотоннажної індустрії пластичних мас як поліолефіни та термопластичні поліуретани.

Мета роботи – вивчення залежності міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик від будови бінарних сумішей на основі термопластичних поліуретанів з поліолефінами.

Об'єкти і методики досліджень.

Як об'єкти дослідження обрано поліетилен високого тиску (ПЕВТ) марки 15803-020 (ГОСТ 16337-77) і поліетилен низького тиску (ПЕНТ) марки 277-73 (ГОСТ 16338-85). Перевагами цих матеріалів є висока хімічна стійкість за кімнатних температур до дії водних розчинів кислот, лугів, солей, незначна теплопровідність, достатньо великі значення коефіцієнта термічного розширення, діелектричні властивості та ін.

Як термопластичні поліуретани (ТПУ) обрано матеріали промислової групи “Вітур”, синтезовані ВАТ “Полімерсинтез” (м. Володимир, Росія).

У відповідності з попередніми дослідженнями [2–4], обрано термопластичні поліуретани з концентрацією жорстких сегментів у макромолекулі $\phi_{ж} = 30\text{--}60\%$ мас. і значеннями показника характеристичної в'язкості $[\eta] = 0,8\text{--}1,0$ дл/г. Це ТПУ на основі складних поліолефінів: полібутиленглікольадипінату з молекулярною масою 500 (ПБГА₅₀₀); 1,4-бутандіолу (БД) та 4,42 дифенілметандіізоціанату (МДІ) зі співвідношенням ПБГА₅₀₀:БД:МДІ= 1,0:1,5:2,5; поліетиленглікольадипінату з молекулярною масою 2000 (ПЕГА₂₀₀₀); бутандіолу та діізоціанату зі співвідношенням ПЕГА₂₀₀₀:БД:МДІ=1:4:5 ; поліетиленбутиленглікольадипінату з молекулярною масою 2000 (ПЕБГА₂₀₀₀); бутандіолу та діізоціанату зі співвідношенням ПЕБГА₂₀₀₀:БД:МДІ=1:3:4 і ТПУ на основі простого поліолефіну поліокситетраметилгліколю з молекулярною масою 1000 (ПОТМГ₁₀₀₀); бутандіолу та діізоціанату за співвідношення ПОТМГ₁₀₀₀:БД:МДІ= 1:2:3.

До переваг обраних ТПУ можна віднести поєднання високої міцності з еластичністю, високі масло- та бензостійкість, добру протидію ударним навантаженням і вібраціям.

Основні фізико-механічні характеристики вихідних поліолефінів і ТПУ наведено в таблиці [5–7].

Бінарні суміші ТПУ різного складу отримували механічним змішуванням вихідних матеріалів у розплаві на термопластавтоматах за тиску 80–100 МПа та температури 180–190 °С.

Фізико-механічні характеристики бінарних сумішей визначали згідно з ГОСТ 270-75 на універсальній машині ТТ-ДМ-4 “Instron” в області лінійної в'язкопружності. Вивчення триботехнічних характеристик ТПУ проводили на дисковій машині тертя за схемою

Таблиця. Фізико механічні характеристики вихідних поліолефінів і поліуретанових термопластів

Найменування показника	ПЕВТ	ПЕНТ	ТПУ на основі			
			ПБГА ₅₀₀	ПЕГА ₂₀₀₀	ПЕБГА ₂₀₀₀	ПОТМГ
Густина, кг/м ³	930	950	1100	1230	1160	1110
Умовна міцність при розтязі (f_p), МПа	5	7	19	34	29	31
Умовне напруження при подовженні (f_{300}), МПа	15	30	10	45	10	15
Відносне видовження при розриві (ε_p), %	150	400	660	850	675	700
Ступінь кристалічності, % об.	60	80	7	3	2	2

„диск-пальчиковий зразок“ за швидкості (V) 0,4 м/с та питомого навантаження (P) 0,2 МПа [8].

Обробку результатів досліджень проводили на ЕОМ за допомогою пакета прикладних програм Matchcad 7 про.

Властивості бінарних сумішей на основі ТПУ і

ПЕВТ.

Оцінюючи фізико-механічні властивості вихідних матеріалів (таблиця), можна відмітити дещо низькі значення густини, умовної міцності при розтязі та відносного видовження поліетилену високого тиску у порівнянні з термопластичними поліуретанами на

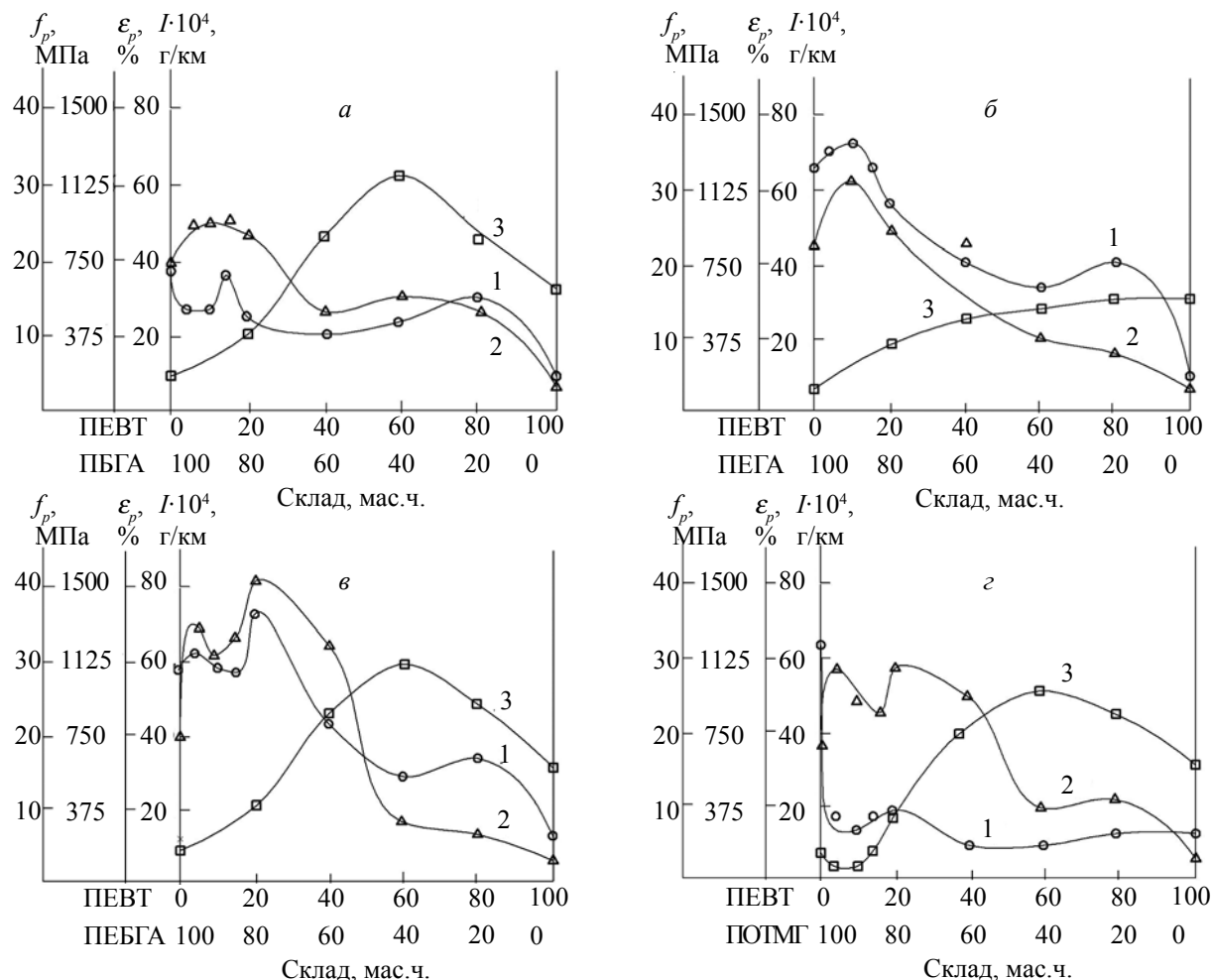


Рис. 1. Залежності умовної міцності при розтязі (1), відносного видовження при розриві (2), інтенсивності зношування (3) сумішей термопластичних поліуретанів і поліетилену високого тиску від складу: ТПУ на основі ПБГА₅₀₀ + ПЕВТ (а); ТПУ на основі ПЕГА₂₀₀₀ + ПЕВТ (б); ТПУ на основі ПЕБГА₂₀₀₀ + ПЕВТ (в) і ТПУ на основі ПОТМГ₁₀₀₀ + ПЕВТ (з)

основі простого та складних поліефірів, а також істотної різниці (у рази) ступеня кристалічності.

Залежності міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик бінарних сумішей на основі ТПУ і ПЕВТ наведено на рис. 1.

Введення в ТПУ на основі ПБГА₅₀₀ вже незначної кількості ПЕВТ (до 10 мас. ч.) сприяє підвищенню відносного видовження у 1,3 раза. При цьому спостерігається незначний спад величини умовної міцності при розтязі та зростання інтенсивності зношування (рис. 1а).

При подальшому збільшенні частки ПЕВТ у суміші спостерігається закономірне зниження значень умовної міцності при розтязі та відносного видовження до величин вихідного ПЕВТ. Інтенсивність зношування набуває максимальних значень в області рівноважної концентрації.

Практично аналогічні залежності міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик бінарних сумішей на основі ПЕВТ та ТПУ(ПЕГА₂₀₀₀) (рис. 1б) за

винятком того, що інтенсивність зношування повільно зростає.

При введенні до складу ТПУ на основі ПЕБГА₂₀₀₀ (рис. 1в) незначної кількості поліолефільного компонента спостерігається стрімке зростання міцнісних і деформаційних характеристик, однак оптимум у цьому випадку зміщується у концентраційну область ПЕВТ:ТПУ (ПЕБГА₂₀₀₀)=20:80 (мас.ч.). Величина інтенсивності зношування досягає максимальних значень в області ПЕВТ:ТПУ(ПЕБГА₂₀₀₀)= 60:40 (мас.ч.)

Дещо інший характер зміни міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик спостерігається при введенні в ТПУ на основі простого поліефіру ПОТМГ₁₀₀₀ поліетилену ПЕВТ (рис. 1з). За незначної кількості поліетилену у суміші (до 10 мас. ч.) спостерігається різкий спад (більше, ніж у 5 разів) значень міцності при розтязі, зростання відносного видовження при розриві (у 1,5 раза). В цій області спостерігається мінімум значень інтенсивності зношування. З подальшим зростанням у суміші частки ПЕВТ

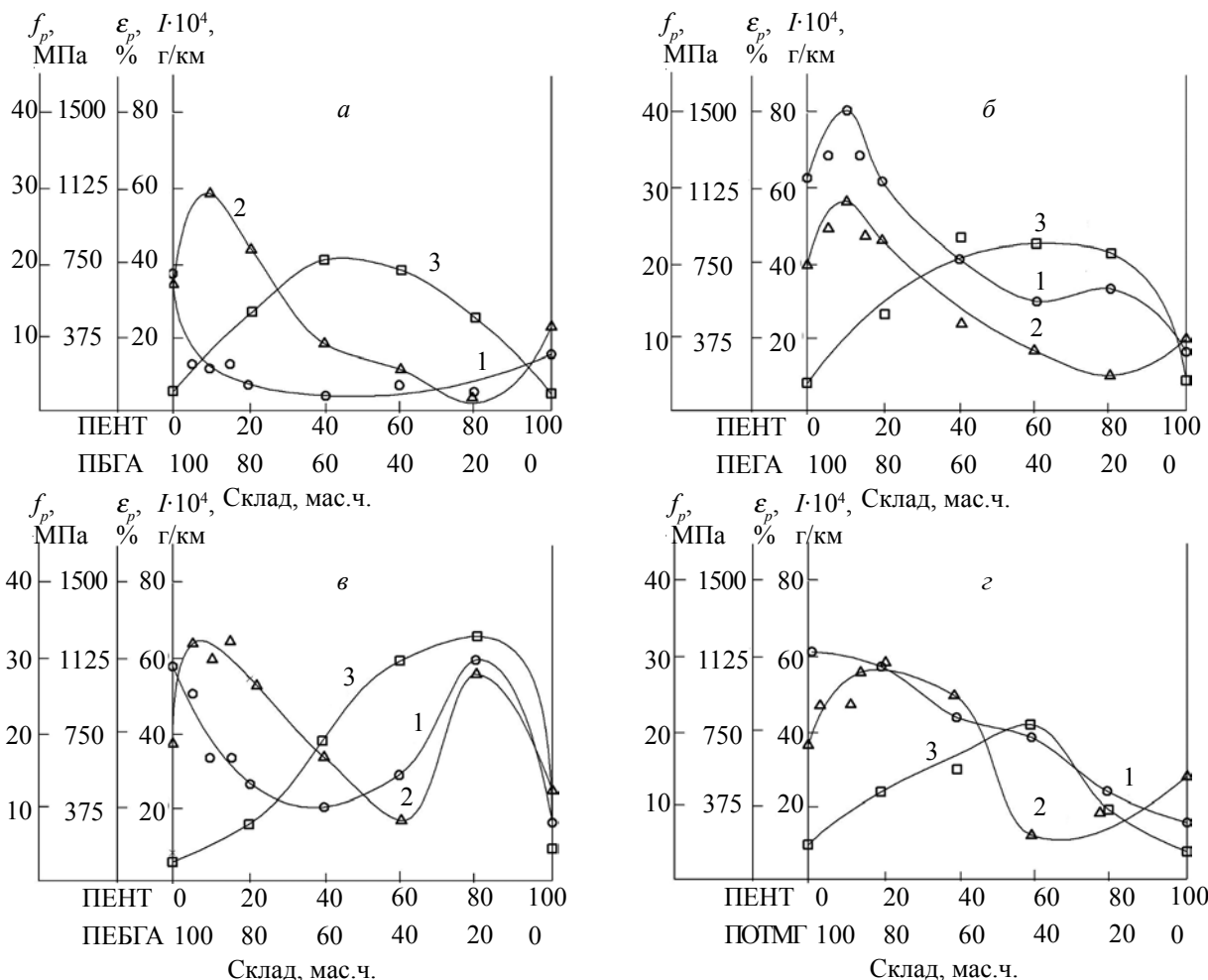


Рис. 2. Залежності умовної міцності при розтягу (f_p) відносного видовження при розриві (ϵ_p), інтенсивності зношування (I) сумішей термопластичних поліуретанів і поліетилену низького тиску від складу: ТПУ на основі ПБГА₅₀₀ + ПЕНТ (а); ТПУ на основі ПЕГА₂₀₀₀ + ПЕНТ (б); ТПУ на основі ПЕБГА₂₀₀₀ + ПЕНТ (в) і ТПУ на основі ПОТМГ₁₀₀₀ + ПЕНТ (з)

міцнісні та деформаційні характеристики досягають значень вихідного поліетилену, а інтенсивність зношування набуває максимальних величин в області ПЕВТ:ТПУ(ПОТМГ₁₀₀₀)= 60:40 (мас.ч.).

Отже, виходячи із даних рис. 1, можна зробити висновок про те, що ефективним є використання у суміші поліетилену високого тиску як добавки у кількості 10–20 мас. ч., незалежно від молекулярної маси і природи полієфірної компоненти. У цьому випадку бінарна суміш набуває підвищених міцнісних і деформаційних характеристик зі збереженням триботехнічних властивостей на високому рівні. З метою покращення міцнісних і деформаційних характеристик ПЕВТ рекомендується вводити до 20 мас. ч. ТПУ на основі складних полієфірів.

Властивості бінарних сумішей на основі ТПУ і ПЕНТ.

Оцінюючи фізико-механічні властивості вихідних матеріалів (таблиця), можна відмітити дещо низькі значення густини, умовної міцності при розтязі та відносного видовження поліетилену низького тиску у порівнянні з термопластичними поліуретанами на основі простого та складних полієфірів, а також істотну різницю (на порядок і більше) ступеня кристалічності.

Залежності міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик бінарних сумішей на основі ТПУ і ПЕНТ наведено на рис. 2.

Введення в ТПУ на основі ПБГА₅₀₀ вже незначної кількості ПЕНТ (до 10 мас. ч.) сприяє зростанню величини відносного видовження більш ніж в 1,5 раза. Однак міцнісні властивості бінарної суміші стрімко погіршуються (значення умовної міцності при розтязі зменшується у 3 рази). Також спостерігається підвищення інтенсивності зношування (рис. 2а).

З подальшим зростанням у суміші кількості поліетилену міцнісні, деформаційні і триботехнічні характеристики досягають значень вихідного ПЕНТ. При цьому інтенсивність зношування в області рівноважної концентрації набуває максимальних значень, а величина умовної міцності при розтязі в області ПЕНТ:ТПУ(ПБГА₅₀₀)=80:20 (мас. ч.) має мінімальні показники.

Інший характер зміни властивостей спостерігається при введенні ПЕНТ у ТПУ на основі ПЕГА₂₀₀₀. За незначної кількості ПЕНТ у суміші (до 10 мас. ч.) відзначається зростання значень умовної міцності при розтязі (на 20 %), відносного видовження при розриві (на 20 %) та інтенсивності зношування (рис. 2б).

При подальшому збільшенні у суміші поліолефінової компоненти, значення умовної міцності при розтязі і відносного видовження при розриві досягають значень вихідного ПЕНТ, а величина інтенсивності

зношування в концентраційній області ПЕНТ:ТПУ(ПЕГА₂₀₀₀)=60:40 (мас. ч.) набуває максимальних значень.

Введення ПЕНТ в ТПУ на основі ПЕБГА₂₀₀₀, аналогічно попередній композиції, вже за незначних концентрацій (до 10 мас. ч.) сприяє зростанню деформаційних характеристик із збереженням на високому рівні міцнісних і триботехнічних (рис. 2в). У концентраційній області ПЕНТ:ТПУ(ПЕБГА₂₀₀₀)=40:60÷60:40 (мас. ч.) спостерігається мінімум значень умовної міцності при розтязі і відносного видовження при розриві у сукупності з максимальними значеннями інтенсивності зношування.

В концентраційній області ПЕНТ:ТПУ(ПЕБГА₂₀₀₀)=80:20 (мас. ч.) спостерігається максимум міцнісних і деформаційних характеристик, однак інтенсивність зношування вкрай незадовільна

Аналогічні залежності міцнісних, деформаційних і триботехнічних характеристик спостерігаються при введенні ПЕНТ у склад ТПУ на основі простого полієфіру ПОТМГ₁₀₀₀. Можна виділити концентраційну область із вмістом 10–20 мас. ч. ПЕНТ, де спостерігається збереження на високому рівні умовної міцності при розтязі, відносного видовження при розриві та задовільної стійкості до зношування (рис. 2г). З подальшим зростанням частки ПЕНТ у суміші міцнісні, деформаційні і триботехнічні характеристики досягають значень вихідного поліетилену. При цьому в концентраційній області ПЕНТ:ТПУ(ПОТМГ₁₀₀₀)=60:40 (мас.ч.) величина міцності при розтязі набуває мінімальних значень, а інтенсивність зношування досягає максимуму.

Отже, виходячи із даних рис. 2, можна зробити висновок про те, що використання поліетилену низького тиску у суміші як добавки, у кількості 10–20 мас. ч. ТПУ на основі простих і складних полієфірів з молекулярною масою від 1000 до 2000 ефективно. З метою підвищення міцнісних і деформаційних характеристик ПЕНТ рекомендується вводити до 20 мас. ч. ТПУ на основі ПЕБГА₂₀₀₀.

Висновки.

1. Встановлено, що змішуванням термопластичних поліуретанів на основі простих і складних полієфірів з поліолефінами можна змінювати міцнісні, деформаційні та триботехнічні характеристики. Оптимальні характеристики мають суміші при введенні одного із компонентів у кількості 10–20 мас. ч.

2. Знання цих закономірностей дає змогу отримувати бінарні суміші із заданими характеристиками за умов будь-якого підприємства з переробки пластмас і дає можливість експлуатувати отримані вироби за оптимальних умов для кожного конкретного випадку.

Література

1. Беспалов Ю.А., Коноваленко Н.Г. Многокомпонентные системы на основе полимеров. - Л.: Химия, 1981.- 88 с.
2. Анисимов В.Н., Кураченко В.Н., Трофимович А.Н. и др. // Проблемы трения и изнашивания.- 1988. - Вып. 33. - С. 90-94.
3. Летуновский М.П., Анисимов В.Н., Страхов В.В. и др. // Пласт. массы. - 1987. - № 3. - С. 23-24.
4. Анисимов В.Н., Семенец А.А., Летуновский М.П., Страхов В.В. // Физико-химическая механика материалов. - 2002. - № 1. - С. 79-82.
5. Николаев А.Ф. Технология пластических масс. - Л.: Химия, 1977. - 368 с.
6. Термопластичный полиуретан «Витур»: каталог/ [сост. Страхов В.В.].- Владимир: Транзит-Икс, 2002. - 17 с.
7. Анисимов В.Н., Семенец А.А. // Композиц. полимер. материалы. - 2001. - 23, № 2. -С. 113-118.
8. Совершенствование методов исследования физико-химических свойств полимерных материалов и защитных покрытий: обз. инф./ [Г.П. Тищенко, В.Н.Кураченко, В.Н.Анисимов и др.].- М.: НИИТЭХИМ, 1985. - Вып. 12/242. - 36 с.

Надійшла до редакції 7 грудня 2011 р.

Свойства бинарных смесей на основе термопластичных полиуретанов и полиолефинов

В.Н. Анисимов

ГВУЗ „Украинский государственный химико-технологический университет“
8, пр. Гагарина, Днепропетровск, 49005, Украина

Рассмотрены зависимости прочностных, деформационных и триботехнических характеристик от строения бинарных смесей на основе термопластичных полиуретанов и полиолефинов. Установлено существенное изменение свойств во всем концентрационном диапазоне и определен оптимальный состав композиций.

Ключевые слова: термопластичный полиуретан, полиэтилен высокого давления, полиэтилен низкого давления, физико-механические характеристики, интенсивность изнашивания.

Properties of binary mixtures based on thermoplastic polyurethanes and polyolefins

V.N. Anisimov

DVNZ «Ukrainian State Chemical Technology University»
8, av. Gagarina, Dnipropetrovsk, 49005, Ukraine

The relationship of strength, deformational and tribological characteristics of binary mixtures based on thermoplastic polyurethanes and polyolefins is examined. A significant change in properties throughout all the concentration range is fixed and the optimum composition is determined.

Key words: thermoplastic polyurethane, high- pressure polyethylene, low-pressure polyethylene, the physical and mechanical characteristics, wear rate.