

**В.С. Моравський, А.Б. Тарнавський\*, В.Є. Левицький,**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімічної технології переробки пластмас,  
\* Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## **ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІАМІДУ ТА МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІСТИРОЛУ**

© Моравський В.С., Тарнавський А.Б., Левицький В.Є., 2008

**Досліджено фізико-механічні властивості сумішей на основі полікапроаміду і модифікованих полівінілпіролідом відходів пінополістиролу. Встановлено вплив вологи і модифікованого пінополістиролу на межу пластичності, границю міцності за розриву і відносне видовження.**

**Physical-mechanical properties of mixtures on the basis of polycaproamide and foam polystyrene modified by polyvinylpyrrolidone are investigated. The influence of moisture and modified foam polystyrene on the limit of plasticity, the limit of durability at the break and relative elongation is determined.**

**Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями.** Сучасний розвиток науки і технологій вимагає створення нових матеріалів з комплексом спеціальних властивостей. Серед таких матеріалів підвищену увагу привертають полімери, оскільки на їх основі порівняно технологічно просто з мінімальними затратами можна створювати необхідні матеріали з прогнозованими властивостями. Поряд з цим широке використання полімерів в промисловості призводить до накопичення великої кількості відходів. У зв'язку з цим вбачається доцільним створення композиційних матеріалів на основі промислових полімерів з використанням попередньо модифікованих відходів. Це, з одного боку, дасть змогу задовольнити потреби промисловості в нових матеріалах, а з іншого, – вирішити проблему утилізації полімерних відходів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Поліаміди і модифіковані матеріали на їх основі знайшли широке використання як конструкційні матеріали [1]. До таких матеріалів ставляться підвищені вимоги щодо їх фізико-механічних властивостей, які насамперед залежать від їх надмолекулярної структури, яка значною мірою визначається термодинамічною сумісністю між компонентами системи та від вмісту вологи. Відомі композиційні матеріали на основі поліаміду, модифікованого полівінілпіролідом, що мають багато специфічних властивостей [2, 3]. Розроблені матеріали на основі модифікованого пінополістиролу, що можуть бути використані як добавки для модифікації термопластів [4, 5]

**Мета роботи** – встановити вплив вмісту модифікованого полістиролу та вологи на основні фізико-механічні показники та характер кривих розтягу зразків на основі сумішей полікапроамід-полістирол.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Для встановлення впливу полістиролу та полістиролу, модифікованого полівінілпіролідом, на властивості поліаміду-6 виготовляли зразки методом лиття під тиском. Фізико-механічні дослідження проводили для сумішей поліаміду з полістиролом та модифікованим полістиролом, в яких співвідношення між компонентами становило 0 – 50 % для полістиролу та 0 – 10 % – для модифікованого пінополістиролу. Одержані результати показано на рис. 1, 2 та наведено у табл. 1.

Як бачимо, крива розтягу для поліаміду є характерною для кристалічного полімеру, на якій спостерігаємо дві ділянки, що відповідають різному стану надмолекулярної структури в матеріалі під дією прикладеного навантаження. На початковій ділянці кривої полімер веде себе подібно до твердих кристалічних тіл, в яких напруження зростають пропорційно до видовження за рахунок тільки пружної деформації. Коли навантаження досягає значення, за якого починають руйнуватись міжмолекулярні зв'язки, в полімері розпочинається перебудова надмолекулярних структур за рахунок переміщення сегментів макромолекул, що сприяє зменшенню напруження розтягу і зростання видовження. Додавання полістиролу змінює характер кривих: практично зникає границя пластичності та для малих кількостей полістиралу зростає відносне видовження. Вплив модифікованого полістиролу проявляється у зменшенні відносного видовження.

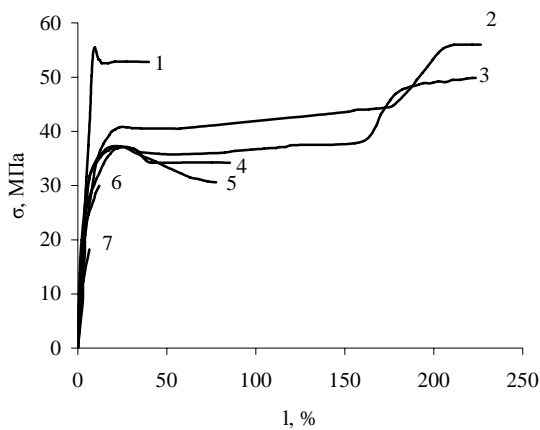


Рис. 1. Вплив полістиролу на криві розтягу поліаміду  
(Вміст ПС: 1 – 0 %; 2 – 1 %; 3 – 2,5 %; 4 – 5 %; 5 – 10 %; 6 – 25 %; 7 – 50 %)

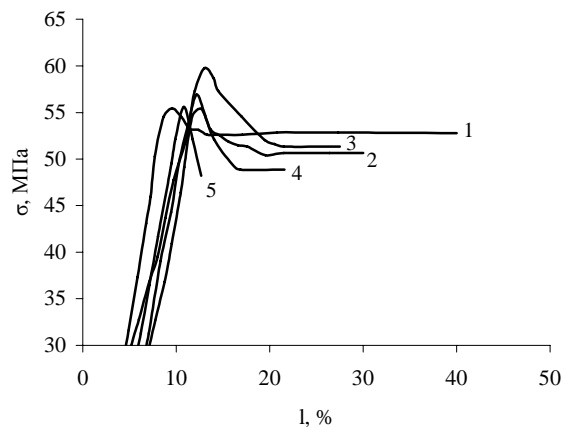


Рис. 2. Вплив модифікованого полістиролу на криві розтягу поліаміду  
(Вміст ППС\*: 1 – 0 %; 2 – 1 %; 3 – 2,5 %; 4 – 5 %; 5 – 10 %)

Таблиця 1

**Фізико-механічні властивості сумішей на основі ПА-6 (вміст вологи 1,5 %)**

Композиція	Склад композицій, %	Границя пластичності $\sigma_{пл}$ , МПа	Відносне видовження за $\sigma_{пл}$ $\epsilon_{пл}$ , %	Границя міцності за розриву $\sigma_p$ , МПа	Відносне видовження за розриву $\epsilon_p$ , %
ПА:ПС	100/0	55,5	9,6	53	40
	99/1	40,8	23,5	56	226,5
	97,5/2,5	37,1	23	49,9	223,5
	95/5	37	24,5	34,2	85,5
	90/10	37,2	24,3	30,6	77,7
	75/25	-	-	29,9	12
	50/50	-	-	18,2	6,5
ПА:ППС*	99/1	55,4	12,7	50,4	30
	97,5/2,5	59,8	13	51,3	27,5
	95/5	56,9	12	48,8	21,6
	90/10	55,3	10,8	48,2	12,7

Одержані криві розтягу дали змогу встановити такі характеристики:  $\sigma_{пл}$  – границя пластичності;  $\epsilon_{пл}$  – відносне видовження за  $\sigma_{пл}$ ;  $\sigma_p$  – границя міцності за розриву;  $\epsilon_p$  – відносне видовження за розриву.

Як бачимо, при додаванні невеликої кількості полістиролу значно зростає відносне видовження зразків та знижується границя пластичності, в той час, як міцність за розриву для 1% полістиролу практично не змінюється. Таку закономірність можна пояснити присутністю в полярному поліаміді міжмолекулярних взаємодій, які при введенні невеликої кількості полістиролу, який виступає розрихлювачем, руйнуються, що сприяє зростанню відносного видовження за розриву і зменшенню границі пластичності. Подальше зростання кількості полістиролу призводить до зниження значень відносного видовження та міцності за розриву; це викликано зростанням ступеня неоднорідності системи, що веде до зростання міжфазної енергії, а отже, і до погіршення міцнісних властивостей.

Вплив модифікованого пінополістиролу на характер кривих розтягу є іншим, ніж для суспензійного полістиролу. Так, значення границі пластичності і відносного видовження за  $\sigma_{пл}$  проходить через максимум за вмісту модифікованого пінополістиролу 2,5 %. Значення міцності та відносного видовження за розриву зменшуються за збільшення модифікованого полістиролу. Це можна пояснити присутністю в модифікованому полістиролі полівінілпіролідону, який, взаємодіючи з макромолекулами поліаміду, утворює додаткові міжмолекулярні взаємодії, що проявляються у зростанні значення границі пластичності та зменшенні відносного видовження за розриву.

Властивості поліаміду значною мірою залежать від вмісту в ньому води, тому становить інтерес дослідити вплив води на криві розтягу поліаміду (рис. 3) та композиції з модифікованим полістиролом (рис. 4 та табл. 2).

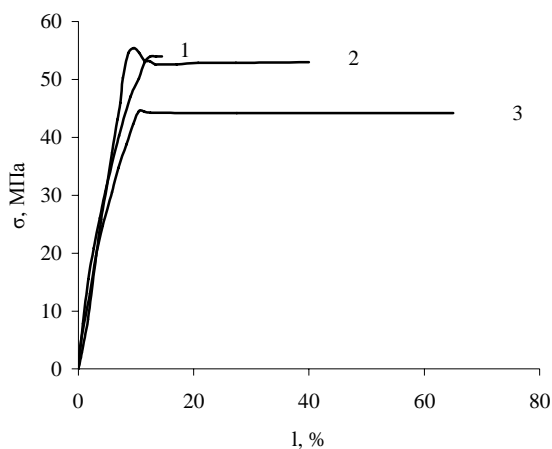


Рис. 3. Вплив води на криві розтягу поліаміду (Вміст води, %: 1 – 0; 2 – 0,48; 3 – 1,55)

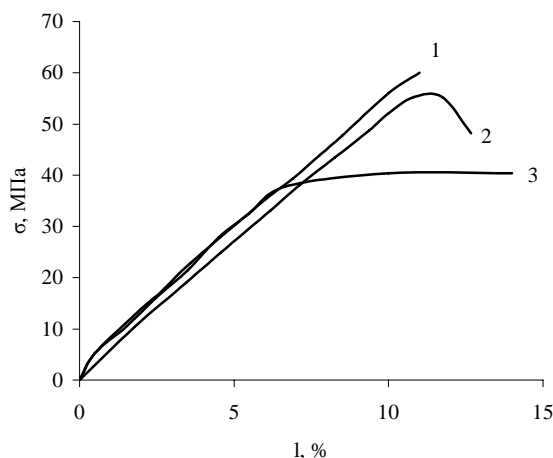


Рис. 4. Вплив води на криві розтягу композиції 90 % ПА + 10% ППС\* (Вміст води, %: 1 – 0; 2 – 0,35; 3 – 1,7)

Вплив води у випадку поліаміду проявляється у зменшенні значення границі розриву та практично у зникненні межі пластичності, в той час, як відносне видовження зростає. Це можна пояснити руйнуванням водневих зв'язків між макромолекулами поліаміду і утворенням нових з молекулами води. Утворення зв'язків з молекулами води призводить до зниження частоти зшивки між макромолекулами поліаміду, що знижує міцнісні характеристики полімеру та сприяє росту відносного видовження. Підтвердженням цього є значення для сухого поліаміду, в якому максимальна частота зшивки між макромолекулами проявляється у найбільшому значенні границі міцності за розриву і найменшому відносному видовженні.

## Фізико-механічні властивості сумішей на основі ПА-6

Композиція	Склад композицій, %	Границя пластичності $\sigma_{пл}$ , МПа	Відносне видовження за $\sigma_{пл}$ $\epsilon_{пл}$ , %	Границя міцності за розриву $\sigma_p$ , МПа	Відносне видовження за розриву $\epsilon_p$ , %
ПА: ППС*	100/0	44,5 / -	10,5 / -	44,2 / 54	65 / 14,5
	99/1	40,8	11,5	40,6	48,5
	97,5/2,5	44,7	11,5	41,5	33,5
	95/5	45,1	12,5	41,3	35,5
	90/10	- / -	- / -	40,4 / 60	14 / 11

Вміст води, %: 3,5 / 0,1.

Для суміші поліаміду з модифікованим полістиролом волога має менший вплив на значення відносного видовження, особливо при зростанні останнього, а значення граничної міцності за розриву, як і у випадку чистого поліаміду, знижується. Такий вплив на відносне видовження можна пояснити присутністю в модифікованому полістиролі полівінілпіролідону, який подібно до води, руйнуючи міжмолекулярні зв'язки між макромолекулами поліаміду, утворює нові. Але на відміну від води високомолекулярна природа полівінілпіролідону сприяє утворенню більш щільної сітки. Крім того, полівінілпіролідон є гідрофільнішим полімером, що сприяє утворенню зв'язків води передусім з полівінілпіролідонем.

**Висновок.** Отже, одержані результати дають змогу одержувати матеріали на основі поліаміду та відходів пінополістиролу, які за своїми фізико-механічними властивостями можуть бути застосовані як конструкційний матеріал.

1. Гальперин В.М. и др. Модифицированный ударопрочный ПА-6 // Пласт. массы. – 1985. – №8. – С. 53–54. 2. Левицький В.Є., Тарнавський А.Б., Суберляк О.В. Вплив полівінілпіролідону на сорбційні властивості поліамідів // Вісник НУ “Львівська політехніка” Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2004. – №516. – С. 184–187. 3. Суберляк О.В., Тарнавський А.Б., Левицький В.Є., Гнатівська А. Поліамід-6. Зміна температурних та технологічних властивостей під впливом полівінілпіролідону // Хімічна промисловість України. – 2005. – №5. – С. 39–43. 4. Суберляк О.В., Левицький В.Є., Моравський В.С., Тарнавський А.Б. Полімерні композиції з відходів полістиролу. Технологічні особливості одержання // Хімічна промисловість України. – 2006. – №6. – С. 13–16. 5. Левицький В.Є., Моравський В.С., Суберляк О.В. Модифікація пінополістиролу полівінілпіролідонем у водних та спиртових розчинах // Вопросы химии и химической технологии. – 2007. – № 3. – С. 100–103.