

С.П. Пушкін, к.т.н., доцент, **І.О. Рабош**, магістр (НТУУ «КПІ»)

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ПЛІВКИ

S.P. Pushkin, I.O. Rabosh (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

PARAMETERS JUSTIFICATION OF ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTION POLYPROPYLENE FILMS

Обґрунтовані екологічно безпечні параметри виробництва поліпропіленової плівки з мурашиноокислих розчинів на основі поліамідів (ПП-6, ПП-66/6) в суміші з полівінілпіролідонем з необхідними фізико-механічними властивостями.

***Ключові слова:** поліпропілен; полівінілпіролідон; мурашиноокислі розчини; плівки; модифікація; продукти деструкції; мембрана.*

Обоснованы экологично безопасные параметры изготовления полипропиленовой плёнки из муравьинокислых растворов на основе полиамидов (ПП-6, ПП-66/6) в смеси с поливинилпирролидоном с необходимыми физико-механическими свойствами.

***Ключевые слова:** полипропилен; поливинилпирролидон; муравьинокислые растворы; плёнки; модификация; продукты; деструкции; мембрана.*

Justified ecologically safe parameters for the production of polypropylene film of polypropylene film from formic acid solutions based on polyamides (PP-6, PP-66/6) in a mixture with the polyvinylpyrrolidone with the necessary physical and mechanical properties.

***Keywords:** polypropylene; polyvinylpyrrolidone; formic acid solutions; skin; modification; products; destruction; membrane.*

Вступ. Ефективне виконання багатьох практичних завдань зумовлює застосування поліпропіленових плівок як матеріалів з різними фізико-механічними характеристиками. Обґрунтування екологічно безпечних параметрів технології формування поліпропіленових плівок на основі сумішей нового складу – поліпропілену (ПП), як полімеру з високою міцністю, і полівінілпіролідону (ПВП) з селективною сорбційною здатністю та визначення їх експлуатаційних, зокрема фізико-механічних та селективно-транспортних властивостей, визначає науковий та практичний інтерес досліджень.

Мета роботи. Мета роботи полягає у обґрунтуванні екологічно безпечних параметрів формування поліпропіленових гідрофільних тонких плівок з підвищеними фізико-механічними властивостями на основі сумішей поліпропілену і полівінілпіролідону.

Матеріал і результати дослідження. Поліетиленова плівка виготовляється методом соекструзії ПП із сополімерами етилена з пропіленом, що утворюють зовнішні термозварні шари. При цьому з основного екструдера подається полімер основного шару, з додаткових – покриваючі шари інших сополімерів; ці потоки з'єднуються в один в утворюючій частині головки. [1]

При виробництві плівок з поліпропілену в атмосферу викидаються такі забруднюючі речовини як пил ПП, озон, кислота оцтова, спирт етиловий, формальдегід, окис вуглецю, що негативно впливає на людину, наземних і водних тварин, і потребує необхідності створення запобіжних заходів, модернізації технології та обґрунтування екологічно безпечних параметрів.

Для формування плівок використовувались поліпропілени ПП-6, ПП-66/6 марки АК – 60/40 ТУ 6-05-1032-73 і ПВП молекулярної маси $(12 \div 360) \times 10^3$; як розчинник застосовувалась мурашина кислота з відповідним вмістом води. [2,3]

Модифікування полімеру проводилося змішуванням з ПВП у в'язкотекучому стані в умовах інтенсивного диспергування або при безпосередньому розчиненні полімерів. Отримані модифікати після екструдювання через литтєве сопло подрібнювали на дробарці. Вміст ПВП у сумішах змінювався в межах 1-10% мас. Формування плівок з розчину здійснювалось методом «сухого формування» упарюванням розчинника.

В результаті досліджень встановлено, що при змішуванні у в'язкотекучому стані відсутніх змін фізико-механічних властивостей зазнає ПП вже з малими кількостями ПВП. На міцність при розтягуванні і розриванні впливає вміст ПВП і його молекулярна маса (ММ) по-різному, залежно від методу виробництва. Зі збільшенням вмісту ПВП у сумішах на основі ПП-6 (плоска плівка) відбувається незначне зменшення значення напруження при розриванні σ_r (від 43 до 45 МПа), а в сумішах на основі ПП-66/6 (рукавна плівка) спостерігається екстремальне збільшення міцності σ_r (від 28 до 31 МПа) з максимумом за вмісту ПВП 2,5% мас.

При збільшенні вмісту ПВП в сумішах та кількості сорбованої вологи модуль пружності зменшується істотніше для сумішей з ПВП вищої молекулярної маси. Оскільки плівки використовуються в набряклому стані, то для збереження високої міцності доцільним є використання ПВП з молекулярною масою 12×10^3 . Використання ПВП з вищою ММ ускладнює лиття композиції, одержаної змішуванням у в'язкотекучому стані, тому що з підвищенням температури (вище 230°C) утворюється частково нерозчинний продукт.

В'язкість розчинів визначає витрати енергії на проведення процесу розчинення та значення продуктів деструкції поліпропілену (оксид вуглецю, кислота оцтова, формальдегід та ін.).

Навіть невеликий вміст ПВП ($2 \div 10\%$ мас) відчутно впливає на в'язкість розчину ПП-6 і ПП-66/6 у мурашиній кислоті, причому характер впливу залежить від умов змішування полімерних складників розчину. За низького

вмісту ПВП у полімерній суміші в'язкість розчинів зменшується порівняно з чистим ПП з мінімумом менше 2% мас (питома в'язкість змінюється від 0,47(ПП-66/6) до 0,51(ПП-6)) після чого в'язкість розчину зростає (до 0,48-0,53). Але в'язкість розчинів навіть з високим вмістом ПВП з часом змінюється незначно, що свідчить про їх стабільність і можливість тривалого зберігання. Рациональні концентрації суміші ПП-ПВП знаходяться в межах 7÷10% мас.

При виробництві плівок з формувальних розчинів упарювання розчинників проводилося за різних температур (від 50 до 120 °С), що обмежено температурою упарювання води і кислоти. За низьких температур (50°С) – отримані плівки крихкі і маломіцні, значне підвищення температури упарювання розчинника призводить до зростання неоднорідності плівок, різної товщини, збільшує вихід продуктів деструкції полімеру. Встановлено, що для отримання плівок з необхідною механічною міцністю необхідно використовувати ступеневе упарювання розчинника за температури від 80 до 105 °С.

Для покращення структурних і експлуатаційних характеристик сформованих плівок, а також повного видалення вільного ПВП, який є водорозчинним і може бути додатковим пароутворювачем, здійснювалось їх гідротермічна обробка у водяній бані за температури 80 – 95 °С протягом 30 хв.

Для удосконалення процесу виробництва плівки розроблено принципову технологічну схему (рис.1) і вибрані параметри технологічного режиму формування плівок з розчину «сухим методом».

Технологія формування плівок включає такі стадії: дозування вихідних компонентів і приготування розчину; фільтрування формувального розчину і деаерування; полив розчину через фільтру на рухому полімерну стрічку; сушіння; відділення плівки від стрічки; промивання і гідротермічна обробка отриманої плівки; дефектоскопія плівки; пакування і намотування плівки.

Використовуючи розроблену технологічну схему, досліджено вплив складу формувальної суміші на ступінь фізичного зв'язування ПВП у плівці, умови формування, кількості ПВП, концентрації мурашиної кислоти на фізико-механічні характеристики та установлені екологічно безпечні параметри плівок на основі сумішей ПП – ПВП (рис. 2,3)

Міцність і відносне видовження при розриві зростає зі збільшенням кількості ПВП в розчині з максимумом 2% мас., а за вмісту ПВП 10% мас. міцнісні характеристики дещо зменшуються, що істотно впливає на вихід шкідливих речовин при виробництві (рис. 2а). Проте для плівок на основі сумішей ПП–ПВП з молекулярною масою ПВП, що дорівнює 28×10^3 міцність при розтягуванні із збільшенням вмісту ПВП зростає, а деформація зменшується з мінімумом 2% мас. (рис 2б)

Для визначення впливу умов проведення термообробки на властивості плівок на основі сумішей ПП-6–ПВП вибрано кілька температурних режимів її проведення. Зокрема, плівки нагрівали протягом 30 хвилин у повітряному

термостаті за температури 120 °С, а також проводили термічну обробку плівок у воді (гідротермообробка) за температур 80 і 95 °С. Після здійснення стадії термообробки у вказаних умовах плівки охолоджували зі швидкістю 1 °С/хв. Досліджувався вплив термообробки на фізико-механічні властивості плівок, одержаних з формувальних розчинів, з різною концентрацією полімерної суміші у них (рис.3).

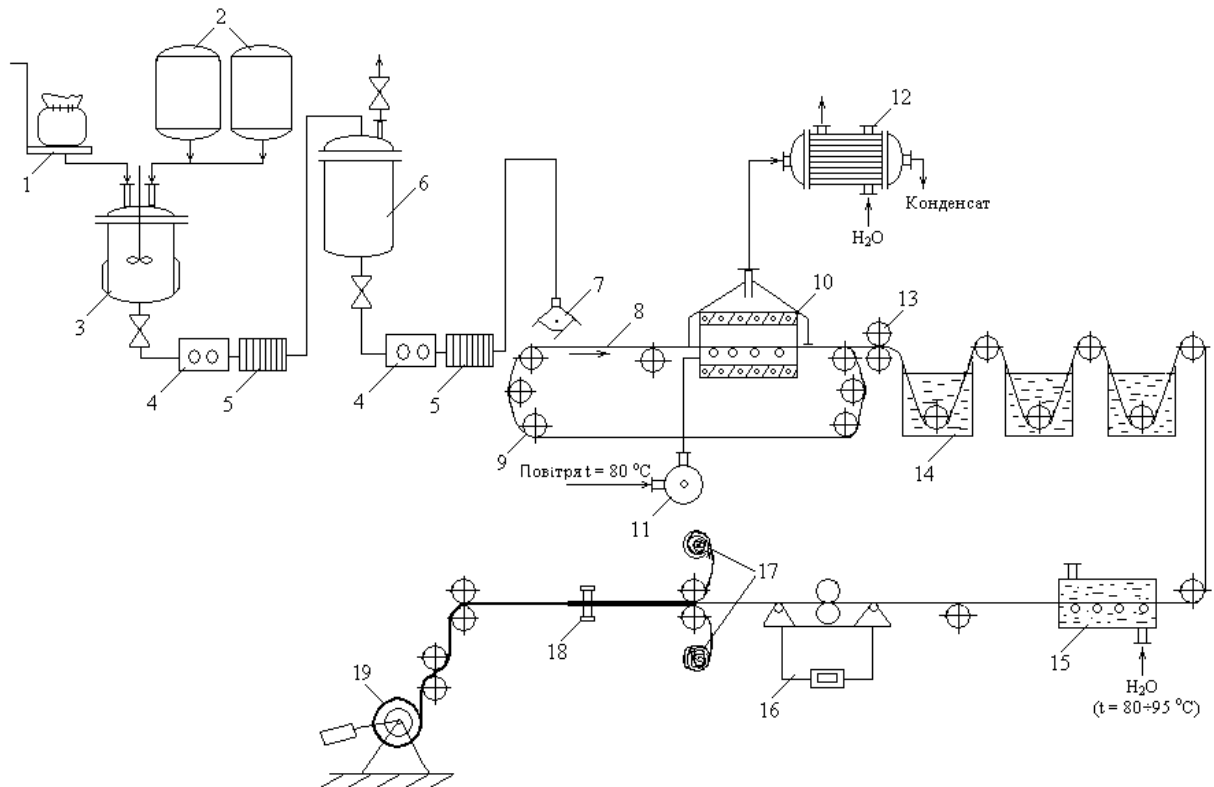


Рис. 1. Принципова технологічна схема формування плівок (напівфабрикату) з розчину ПП – ПВП:

1 – ваговий дозатор; 2 – об’ємні дозатори рідких компонентів; 3 – апарат для приготування формувального розчину; 4 – помпа; 5 – фільтр; 6 – відстійник для видалення повітря; 7 – фільтера; 8 – рухома полімерна стрічка (тефлонова або поліпропіленова); 9 – направляючі валки; 10 – сушильна тунельна камера; 11 – вентилятор; 12 – холодильник; 13 – тягові валки; 14 – ванна для промивання; 15 – ванна для гідротермічної обробки плівок; 16 – пристрій для визначення дефектів плівок та товщини; 17 – поліетиленова плівка для капсулювання; 18 – пристрій для зварювання шарів полімерів; 19 – намотувальний пристрій

Встановлено, що із збільшенням концентрації полімерної суміші міцність плівок зростає, а деформаційна здатність зменшується. У разі проведення гідротермічної обробки за температури 95 °С спостерігається зменшення міцності і збільшення деформації при розтягуванні за концентрації полімерної суміші 7,2% мас. (рис.3, кр.2). Одночасно слід визначити, що міцність за термообробки є більшою, ніж зі гідротермообробки в інтервалі концентрації

полімерної компоненти до 7,2% мас. у формувальних розчинах, що є наслідком хімічного структурування полімерів.

Вміст ПВП у полімерній суміші з ПП впливає на проникність мембрани за NaCl (табл.1)

Діалізу проникність плівок можна також збільшити додатковою гідротермічною обробкою (особливо за температури 95 °С), що є причиною додаткового вимивання водорозчинного ПВП, який менш фізично зв'язаний.

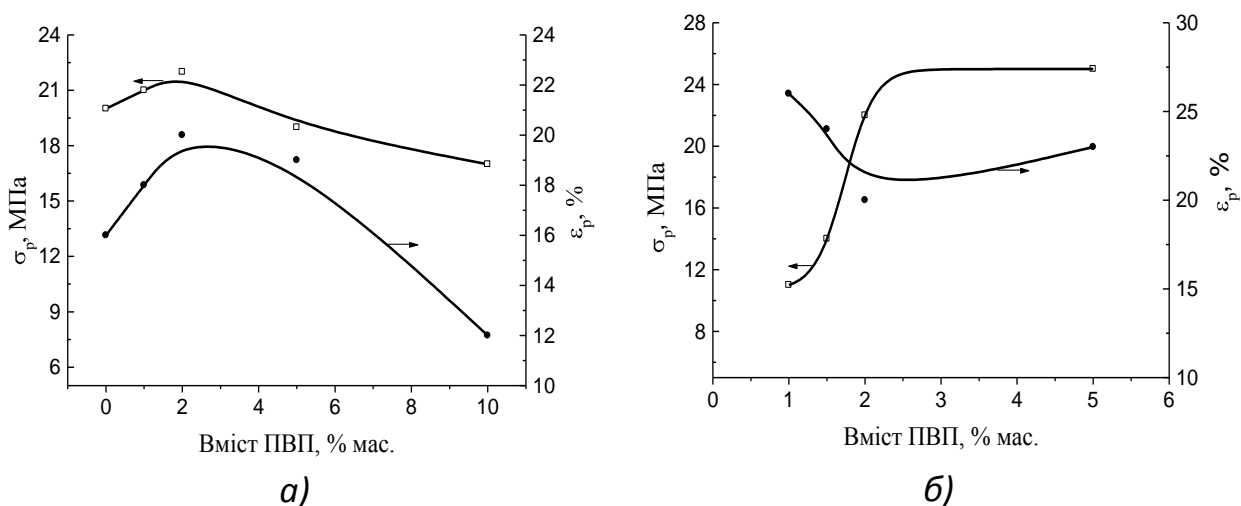


Рис. 2. Залежність напруження при розриванні σ_p і відносного видовження ϵ_p при розриванні гідратованих плівок на основі сумішей ПП-6–ПВП від вмісту ПВП. Вихідна концентрація [НСООН] = 84% мас.; $t_{уп.} = 80 \pm 2^\circ\text{C}$:

- а) ММ ПВП = $12 \cdot 10^3$; ПА-6–ПВП:НСООН:Н₂O = 7,2:78:14,8% мас.;
- б) ММ ПВП = $28 \cdot 10^3$; ПА-6–ПВП:НСООН:Н₂O = 5:80:15% мас.

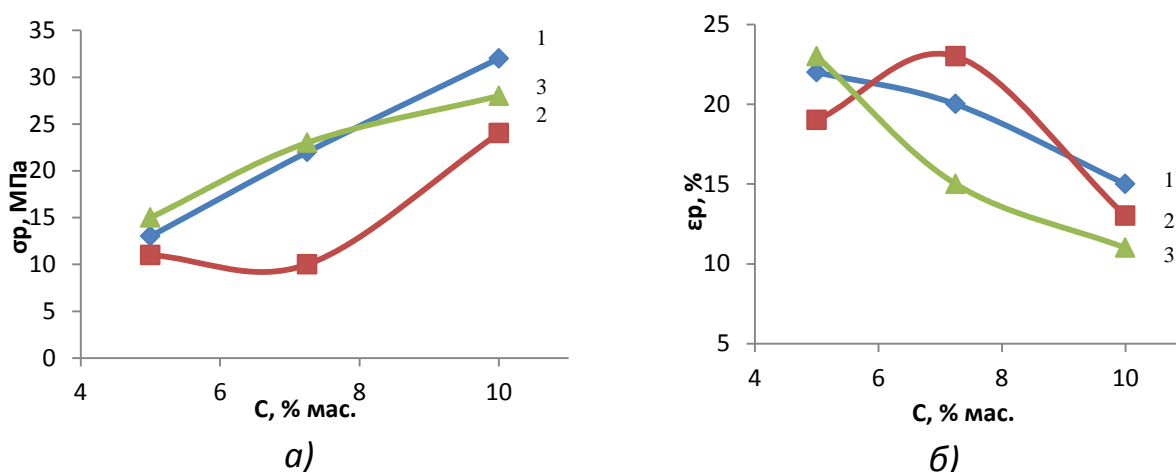


Рис. 3. Залежність напруження при розриванні σ_p (а) та відносного видовження ϵ_p (б) при розриванні плівок на основі ПП-6–ПВП від концентрації

полімерної суміші С. ПП-6:ПВП = 98:2% мас.; вихідна концентрація [НСООН] = 84% мас.; $t_{уп.} = 80 \pm 2^\circ\text{C}$. Плівки:

- 1 – необроблені; 2 – гідротермооброблені за температури 95°C ;
3 – термооброблені за температури 120°C на повітрі з подальшим гідратуванням плівок

Вміст ПВП у полімерній суміші з ПП впливає на проникність мембрани за NaCl (табл.1)

Діалізну проникність плівок можна також збільшити додатковою гідротермічною обробкою (особливо за температури 95°C), що є причиною додаткового вимивання водорозчинного ПВП, який менш фізично зв'язаний.

Крім того проведено дослідження селективно-транспортних характеристик одержаних мембран по відношенню до деструкції речовин різної природи (купрум, плюмбум, карбамід, сечовини та ін.), які показані, що мембрани характеризуються високою затримувальною здатністю по відношенню до них. Так, затримка розчиненої у воді солі сягає 98%.

Після впровадження цього методу на підприємстві середнього виробництва значно зменшується обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря та їх концентрація (на 95-99%).

Таблиця 1

Залежність коефіцієнта діалізної проникності (К) за NaCl мембран від складу сумішей ПП–ПВП (ПА–ПВП:НСООН:Н₂O = 7,2:78:14,8% мас.; вихідна концентрація [НСООН] = 84% мас. $t_{уп.} = 80 \pm 2^\circ\text{C}$)

Полімер - матриця	Склад полімерної суміші ПП – ПВП, % мас.				
	К·10 ⁵ , моль/(м ² ·с)				
	100:0	99:1	98:2	95:5	90:10
ПП-6	3,5	1,3	3,9; 1,6*	4,8	7,2
ПП-66/6	1,9	1,8	3,2	3,5	6,6

* ММ (ПВП) = 360×10^3 .

Висновки

1. Запропоновано принципову технологічну схему формування гідрофільних тонких плівок з розчину поліпропілен-полівінілпіролідон у мурашиній кислоті.

2. Встановлено вплив складу і умов формування суміші, на фізико-механічні, сорбційні властивості та селективно-транспортні характеристики плівок. Зі збільшенням вмісту ПВП в сумішах з ПП спостерігається підвищення діалізної проникності мембран, зростання в'язкості розчину, що впливає на вихід продуктів деструкції полімерів, міцності плівок з екстремумом за вмісту ПВП $2 \div 2,5\%$, яка підвищується гідротермальною обробкою за температури $80 \div 95^\circ\text{C}$ протягом 30хв. Рационально використовувати ПВП невеликої молекулярної маси в межах $(12 \pm 2)10^3$. Оптимальна концентрація мурашиної кислоти, як розчинника, знаходиться в межах 83-85% мас за вмісту ПВП 2-10% мас.

Обґрунтовані раціональні параметри виробництва поліпропіленової плівки забезпечать зменшення обсягу викидів шкідливих речовин та їх концентрацій на 95-99%.

Список використаних джерел

1. Полимерные смеси [Текст] = Polymer Blends: монографія: в 2 т. / ред.: Д. Пол, С. Ньюмен. Т. 1 / пер.: Ю. К. Годовский, В. С. Папков. - Москва: Мир, 1981. – 51с.
2. Технологический регламент производства плёнки полипропиленовой на линии: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mashplast.su/>
Технологический%20регламент%20производства%20полипропиленовой%20плёнки.htm.
3. Історія заводу. Способи виготовлення плівок. Екологічні і гігієнічні аспекти виробництв заводу [Текст] / Журнал ВАТ «Укрпластик». – 2005. – С.18

Стаття надійшла до редакції 04.12.2015 р.

УДК 622.807

О.Я. Тверда, канд. техн. наук, ст. викл., **В.Д. Воробйов**, докт. техн. наук, проф.,
Ю.А. Давиденко, студ. (НТУУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗСИЮВАННЯ ПИЛУ З ВІДВАЛУ КАР'ЄРУ В РОБОЧІЙ ЗОНІ ТА НА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЯХ

O.Ya. Tverda, V.D. Vorobiov, Yu. A. Davydenko (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

INVESTIGATION THE PROCESS OF DUST SCATTERING FROM QUARRY HEAP IN THE WORKING AND SURROUNDING AREAS
