

ТЕРМІЧНА УСАДКА ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ПЛІВКИ

ПОТЕБНЯ Н.В., магістрант; ПАНОВ Є.М., д.т.н., професор; ШИЛОВИЧ Т.Б., к.т.н., доцент
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ

Наведено результати експериментальних досліджень технологічних показників термічної усадки поліпропіленової плівки, що була орієнтована в поздовжньому та поперечному напрямку витяжки рукава плівки. Встановлено залежність коефіцієнту усадки від відносного подовження плівки, встановлена залежність коефіцієнту усадки від часу попередньої термоусадки, запропонована методика для отримання максимального коефіцієнту усадки.

Ключові слова: поліпропіленова плівка, пакування, термічна усадка.

Термоусадні плівки широко використовуються для пакування різноманітної продукції. Дані плівки мають високі показники міцності, проникнення світла, прозорі. Тому є практичний інтерес до визначення факторів, що впливають на зворотність деформації полімерної плівки. Серед найбільш важливими характеристик термоусадних плівок є коефіцієнт усадки. Коефіцієнт усадки визначає кратність зменшення лінійних розмірів термоусадної плівки, завдяки чому вона отримує здатність щільно облягати продукцію, що пакується, відтворюючи її зовнішні контури.

Загальною науковою проблемою є дослідження ефекту зворотного скорочення орієнтованих систем, невирішеною частиною наукової проблеми є кінетика усадки плівки поліпропілену. Визначення різних факторів, які впливають на зворотність деформації полімерної плівки розглядалось в статтях [1,2]. У дослідженні показано, що кінетика усадки плівки поліпропілену залежить не тільки від швидкості термічної усадки [2], а також від методики здійснення процесу термічної усадки.

Досліди проводились з поліпропіленом марки VIPAN GT300 виробництва України. Зразки плівки 50x10 мм, товщиною – 0,1мм були вирізані в поздовжньому та поперечному напрямку витяжки рукава плівки. Зразки занурювали в ємність з теплоагентом (вода) при температурі $t=100^{\circ}\text{C}$ на 1 хвилину, і під дією навантаження витягували з наступним охолодженням без зняття навантаження в ємності з теплоагентом (вода) при температурі $t=20^{\circ}\text{C}$ на протязі 30 с [1]. Виміряли довжину охолоджених зразків та розраховували відносне подовження, за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%,$$

де Δl абсолютне подовження, мм;

l – початкова довжина, мм.

Було встановлено, що при величинах відносного подовження більше 400% плівка руйнується.

Для дослідження залежності коефіцієнту усадки від відносного подовження плівки, зразки, які були отримані в процесі витягування, усаджували паром, з температурою $t = 100^{\circ}\text{C}$ на протязі 30 с, з наступним охолодженням (вода) при $t=20^{\circ}\text{C}$ на протязі 30 с.

Виміряли довжину охолоджених зразків та розраховували коефіцієнт усадки за формулою:

$$K_{\text{ус}} = \frac{L_0 - L}{L_0} \cdot 100\%,$$

де L_0 – початкова довжина зразка, мм;

L - довжина зразка після усадки в теплоагенті, мм.

В результаті аналізу графічних залежностей коефіцієнту усадки від напрямків витяжки рукава отримано лінійні рівняння (рис.1, 2):

у повздовжньому напрямку:

$$K_{yc} = 0,0061\varepsilon + 36,682, \quad (1)$$

у поперечному напрямку:

$$K_{yc} = 0,0067\varepsilon + 40,697, \quad (2)$$

де K_{yc} – коефіцієнт усадки поліпропілену;

ε – відносне подовження поліпропілену.

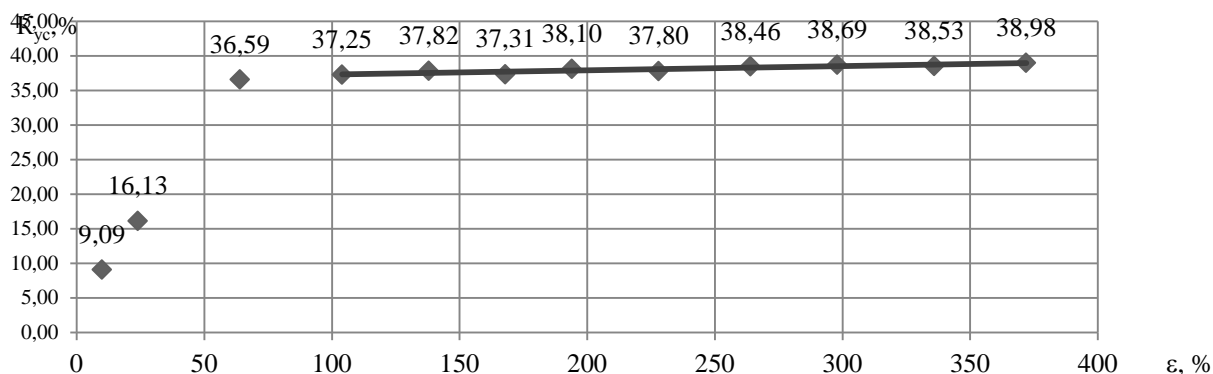


Рис. 1 – Залежність коефіцієнту усадки від відносного подовження у поздовжньому напрямку витяжки рукава плівки поліпропілену

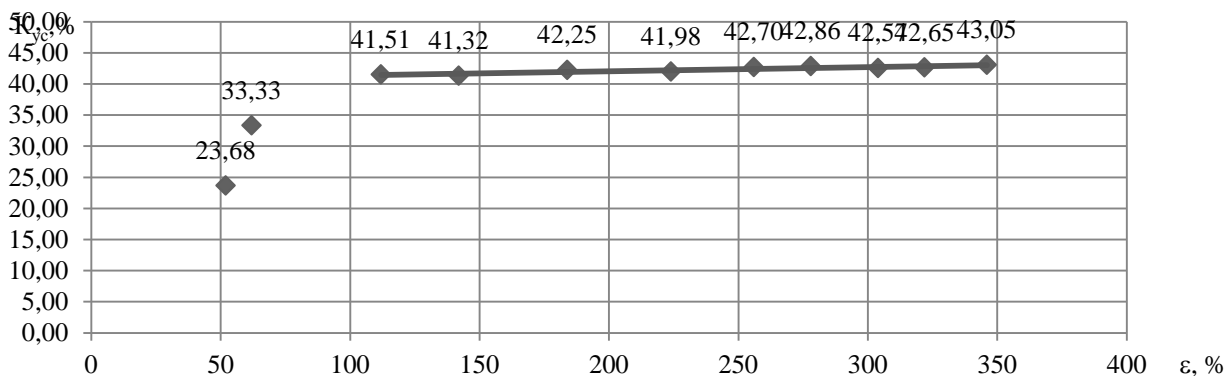


Рис. 2 – Залежність коефіцієнту усадки від відносного подовження у поперечному напрямку витяжки рукава плівки поліпропілену

Порівняння величини K_{yc} , що були отриманні з рівняння (1, 2), з дослідними даними свідчить про достатню збіжність результатів. Довірчий інтервал склав $\pm 0,19\%$ з ймовірністю 0,95.

На наступному етапі досліджувалась двостадійна усадка. Зразки попередньо усаджували за допомогою пари, в межах від 1-5 с, з наступним охолодженням в воді при $t=20^{\circ}\text{C}$ на протязі 30 с. Температура пари $t=100^{\circ}\text{C}$. Зразки повторно піддавали обробці паром ($t=100^{\circ}\text{C}$) на протязі 10 с, з наступним охолодженням в воді при $t=20^{\circ}$ на протязі 30 с. Вимірювали довжину усаджених зразків і розраховували коефіцієнт усадки. Результати дослідження наведені на рис. 3,4.

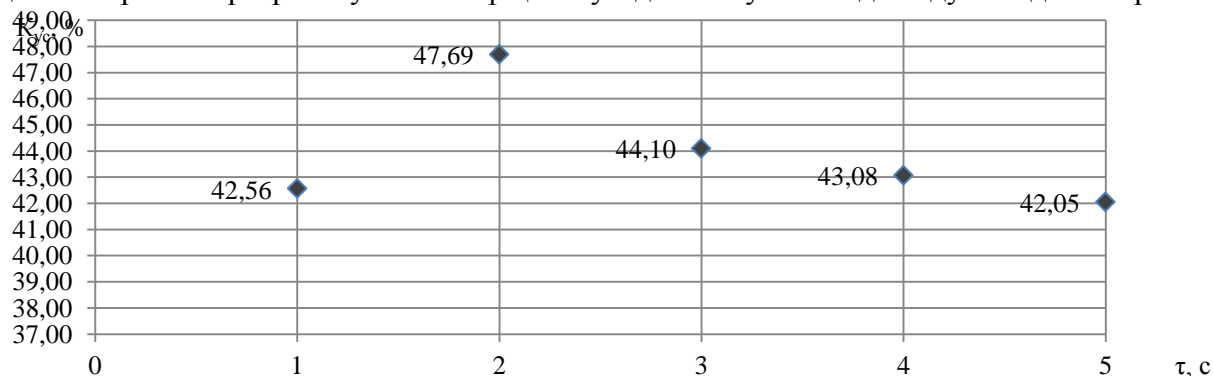


Рис. 3 – Двостадійна усадка зразків поліпропілену орієнтованих в поздовжньому напрямку.

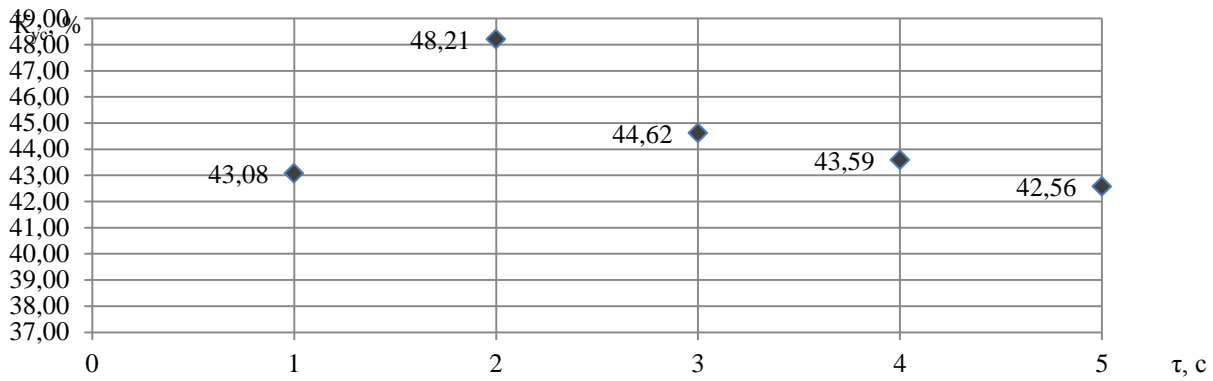


Рис. 4 – Двостадійна усадка зразків поліпропілену орієнтованих в поперечному напрямку.

Зі збільшенням часу попередньої усадки парою коефіцієнт усадки збільшувався до свого максимального значення при $\tau=2$ с, що перевищувало величину отриману за формулами (1, 2) приблизно на 9%. Далі коефіцієнт усадки поступово зменшувався. Це можна пояснити тим, що до $\tau=2$ с в плівці поліпропілену відбувається швидка термічна усадка [2], яка переходить до повільної термічної усадки при τ більше 2 с. Якщо при $\tau=2$ с здійснюється охолодження поліпропілену то це сприяє збереженню пружного потенціалу в плівці, який вивільняється при наступній обробці парою. З огляду на це, пропонується здійснювати процес термічної усадки поліпропілену в дві стадії. На першій, протягом 2 с, здійснювати термічну усадку плівки парою з температурою $t=100^{\circ}\text{C}$ з наступним охолодженням в воді при $t=20^{\circ}\text{C}$ на протязі 10 с. На другій стадії здійснювати остаточну термічну усадку плівки парою з температурою $t=100^{\circ}\text{C}$ на протязі не менше 5 с, з наступним охолодженням в воді при $t=20^{\circ}\text{C}$.

Таким чином досягнуто максимальної величини коефіцієнту усадки, що забезпечує об'ємне облягання продукції, що пакується, відтворюючи її зовнішні контури.

Література

1. Калькис В.Я., Грандсберг А.М., Раяеве Э.Л., Карлсон И.М., Нейманис Э.А. Влияние температуры на обратимость деформации термоусадочной полиэтиленовой пленки. стр.79-87, Физико-химические свойства конденсированных систем. Латвийский Государственный университет, 1972 г.

2. Седых В.А., Жучков А.В. Технические свойства упаковочных пленок на основе ПВХ. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий 2013 год, №2.