

ПОТЕБНЯ Н. В., магістрант; ПАНОВ Є. М., д.т.н., проф.; ШИЛОВИЧ Т. Б., к.т.н., доц.  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## КІНЕТИКА ТЕРМІЧНОЇ УСАДКИ ОРІЄНТОВАНИХ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИХ ПЛІВОК

Наведено результати експериментальних досліджень термоусадки поліпропіленової плівки, що була орієнтована в поздовжньому напрямку. Установлено залежності коефіцієнта усадки плівки від її відносного подовження, температури теплоагенту, тривалості попередньої термоусадки. Визначено оптимальну температуру усадки плівки з орієнтованого поліпропілену. Запропоновано методику одержання максимальної усадки.

**Ключові слова:** поліпропіленова плівка, пакування, термоусадка.

© Потебня Н. В., Панов Є. М., Шилович Т. Б., 2015.

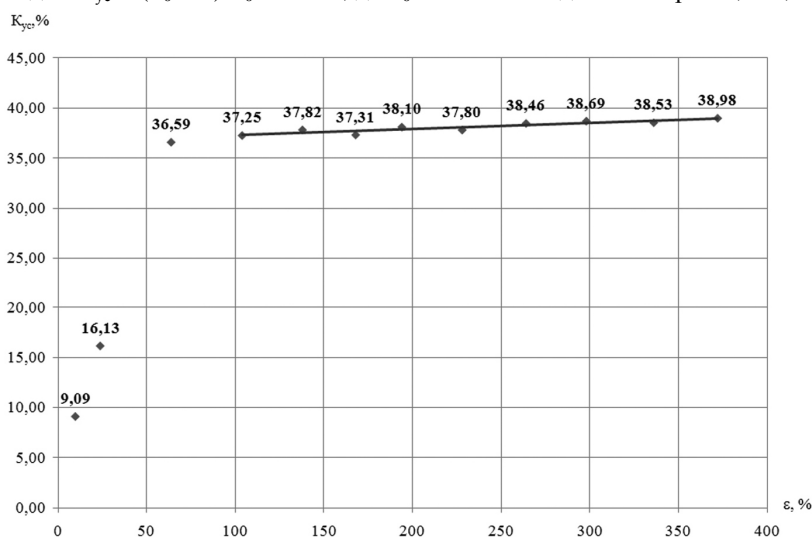
**Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень.** Термоусадні плівки широко використовують для пакування різноманітної продукції. Серед їхніх найважливіших характеристик є коефіцієнт усадки, що визначає кратність зменшення лінійних розмірів, завдяки чому плівки отримує здатність щільно облягати продукцію, що пакується, відтворюючи її зовнішні контури. Різні чинники, що впливають на зворотність деформації полімерних плівок розглядали в статтях [1, 2]. Невирішеною частиною наукової проблеми є недостатня кількість досліджень кінетики усадки орієнтованих поліпропіленових плівок.

**Мета статті** є визначення залежностей коефіцієнта усадки орієнтованої поліпропіленової плівки від її відносного подовження, температури, тривалості попередньої термоусадки.

**Виклад основного матеріалу.** Досліджували поліпропілен марки VIPAN GT300 вітчизняного виробництва. Зразки плівки завтовшки 0,1 мм із розмірами 50×10 мм вирізали в поздовжньому напрямі витягування рукава, занурювали у воду з температурою 100 °С на 60 с і витягували з наступним охолодженням у воді за температури 20 °С протягом 30 с. Потім вимірювали довжину охолоджених зразків і розраховували подовження  $\varepsilon = \Delta l / l \cdot 100$  %, де  $\Delta l$  – абсолютне подовження, мм;  $l$  – початкова довжина, мм.

Установлено, що за відносного подовження понад 400 % плівка руйнується.

Для дослідження залежності коефіцієнта усадки від відносного подовження плівки, зразки, одержані в процесі витягування, занурювали в воду з температурою 100 °С на 30 с, а потім охолоджували за температури 20 °С протягом 30 с. Потім вимірювали довжину охолоджених зразків і розраховували коефіцієнт усадки  $K_{yc} = (L_0 - L) / L_0 \cdot 100$  %, де  $L_0$  – початкова довжина зразка, мм;  $L$  – довжина зразка після усадки, мм.



**Рис. 1** – Залежність коефіцієнта усадки від відносного подовження плівки з орієнтованого поліпропілену

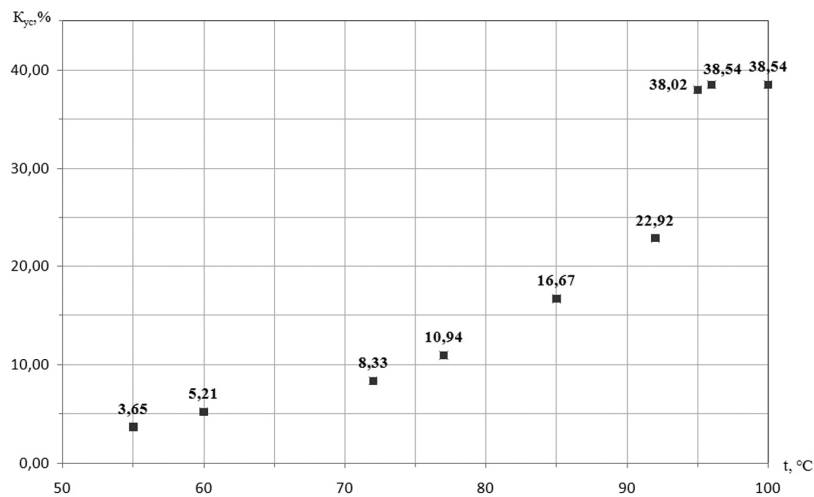
підвищенням температури інтенсифікуються релаксаційні процеси орієнтованого поліпропілену.

Аналіз експериментальних даних дозволив одержати залежність  $K_{yc} = 0,0061\varepsilon + 36,682$ , справедливу для  $\varepsilon = 100 \dots 400$  %.

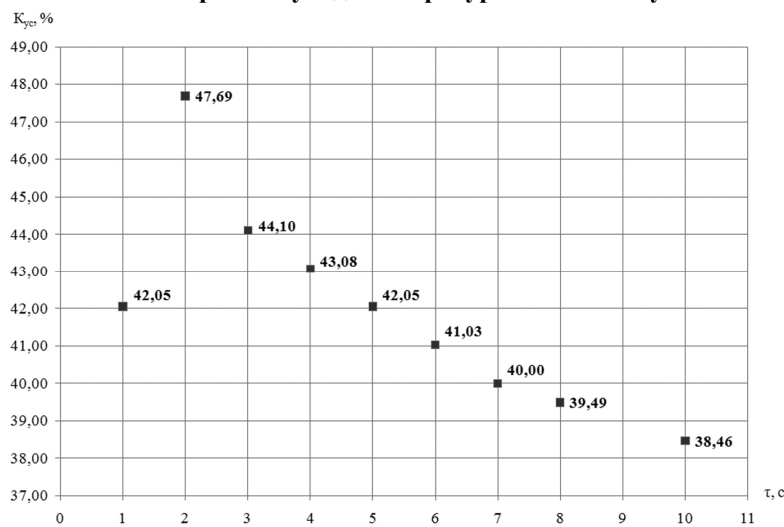
Залежність коефіцієнта усадки від температури теплоагенту (води) досліджували, занурюючи зразки з  $\varepsilon = 284$  % у нагріту до 50...100 °С воду на 30 с з наступним охолодженням у воді за температури 20 °С протягом 30 с. Потім вимірювали довжину зразків і розраховували коефіцієнт усадки.

Установлено, що з підвищенням температури  $K_{yc}$  зростає, а його максимальні значення спостерігаються за температури понад 95 °С (рис. 2). Це зумовлено тим, що з

завдяки пружним властивостям



**Рис. 2 – Залежність коефіцієнта усадки плівки з орієнтованого поліпропілену від температури теплоагенту**



**Рис. 3 – Залежність коефіцієнта усадки плівки з орієнтованого поліпропілену від тривалості попереднього усадження**

Спочатку протягом 2 с вміщувати плівку у воду з температурою 100 °С з наступним охолодженням в воді з температурою 20 °С протягом 10 с. Потім варто здійснювати остаточне термоусадження у воді з температурою 100 °С протягом не менше 5 с із наступним охолодженням у воді за температури 20 °С. У такий спосіб можна досягти максимального коефіцієнта усадки.

**Висновки.** Установлено залежності коефіцієнта усадки плівки від її відносного подовження, температури теплоагенту, тривалості попередньої термоусадки. Визначено оптимальну температуру – 95...100 °С. Для отримання максимальної усадки пропонується здійснювати процес у дві стадії. Напрямом подальших досліджень має стати побудова математичної моделі термоусадки орієнтованої поліпропіленової плівки.

#### Список використаної літератури

Влияние температуры на обратимость деформации термоусадочной полиэтиленовой пленки / В. Я. Калькис, А. М. Грандсберг, Э. Л. Раяеве и др. // Физико-химические свойства конденсированных систем. – Рига : Латвийский гос. ун-т, 1972. – С.79–87.

Залежність коефіцієнта усадки від тривалості попереднього усадження досліджували, занурюючи зразки з  $\varepsilon = 290$  % у воду з температурою 100 °С на 1...10 с із наступним охолодженням в воді за температури 20 °С протягом 30 с. Далі для цих же зразків всю послідовність дій повторювали. Потім вимірювали довжину зразків і розраховували коефіцієнт усадки.

Установлено, що з збільшенням тривалості попереднього витримування плівки в теплоагенті до 2 с  $K_{yc}$  зростає до максимального значення, що перевищувало одержане без витримування на 9 %. Далі  $K_{yc}$  зменшувався і після 10 с витримування досягав значень, одержаних без попереднього термоусадження. Це можна пояснити тим, що в перші дві секунди в плівці поліпропілену відбувається швидка термоусадка [2], яка сповільнюється зі збільшенням тривалості попереднього витримування. Охолодження плівки після швидкої термоусадки сприяє збереженню пружного потенціалу, який вивільняється при наступному зануренні плівки у теплоагент.

З огляду на це, пропонується здійснювати термоусадження плівок з орієнтованого поліпропілену в дві стадії.