

# Термоусаджувальна та розтягувальна плівки у пакуванні. Що вибрати?

А.П. Беспалько, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., С.В. Токарчук, к.т.н., НУХТ, м. Київ

*Перша у XXI ст. світова фінансова криза, що розпочалася у 2008 р., спричинила низку серйозних викликів, які, без перебільшення, були розцінені експертами як такі, що пов'язані з виживанням значної частини людства. За даними ООН, вже на той час продовольча криза спостерігалася у 37 країнах. І вже тоді відзначалося [1], що вагомий внесок у вирішення проблем зберігання вирощеної сільськогосподарської продукції, перероблених та підготовлених до вживання харчових продуктів, тобто збільшення їх кількості і, як наслідок, ефективний засіб у боротьбі з голодом, що насувається, може зробити глобальний розвиток пакувальної індустрії.*

*Сьогодні ці проблеми значно загострились.*

*Під час пакування різного виду харчових продуктів основними вимогами, що висуваються до упаковки та способу пакування, є захист і збереження якості пакованої продукції протягом певного часу (до моменту її споживання). Для таких цілей використовуються різноманітні прийоми та способи, серед яких на сьогодні найбільш розповсюдженими є пакування в термоусаджувальні та розтягувальні (stretch-) плівки, асептичне пакування, пакування в вакуумі, газо-середовищі тощо.*

## Загальні переваги

Термоусаджувальні та розтягувальні плівки — це прогресивні та перспективні універсальні засоби пакування як харчових, так і інших найрізноманітніших товарів широкого вжитку, а також виробів будівельного та промислового призначення. При цьому пакування за допомогою цих двох видів плівок може бути одиничним, груповим та штабельним (транспортні пакети). Ці види полімерних плівок — вельми функціональний і сучасний пакувальний матеріал, що успішно конкурує зі звичайними традиційними матеріалами (картон, папір, звичайна поліетиленова плівка загального призначення тощо). Порівняно з ними термоусаджувальні та стретч-плівки мають такі очевидні переваги:

- зменшення об'єму упаковки загалом за рахунок щільного обтягування виробу, що є важливим під час зберігання, транспортування та складування продукції в приміщеннях роздрібною торгівлі;
- незначна вага плівки;
- товар у прозорій плівці не потребує допоміжних рекламних засобів, бо його добре видно;
- ефективний спосіб скріплення транспортних пакетів, а також групове пакування;

• це найбільш досконалі й прогресивні технології пакування; при цьому обладнання найкраще піддається механізації та автоматизації; комплекси такого обладнання здатні синхронно функціонувати з найпродуктивнішими лініями з оброблення готової продукції.

Полімерні термоусаджувальні та розтягувальні плівки надійно захищають вироби від згубного впливу навколишнього середовища та від численних ризиків, пов'язаних із транспортуванням, перевантаженням, складуванням і врешті-решт — розкраданням. Вони є достатньо міцними, прозорими, волого- і газонепроникними, не токсичні, достатньо морозостійкі (придатні у межах температур від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ), стійкі до статичних та динамічних навантажень (тиск, поштовхи, вібрація тощо).

Окрім того, ці плівки характеризуються значною ударною в'язкістю, пружністю, еластичністю, невисокою теплопровідністю. Групові упаковки чи транспортні пакети, захищені цими полімерними плівками, не бояться часткових пошкоджень. Плівки достатньо стійкі до дії хімічних реактивів, легко очищуються від забруднень.

Гладка поверхня плівок обумовлює незначне запилення упаковки. Рівень шуму під час виконання навантажувально-розвантажувальних транспортно-складських робіт з транспортними пакетами та груповими упаковками у плівці незначний завдяки звукопоглинальній здатності плівок.

Таким плівкам порівняно легко надати якихось необхідних властивостей (залежно від потреби) введенням в їх структуру відповідних домішок. Стабілізатори, наприклад, слід додавати до складу плівки, якщо вантаж у перспективі має тривалий час зберігатися на відкритому повітрі. Для збільшення терміну придатності плівок до їх складу додають окислювачі вибіркової дії та антиоксиданти. Інгібітори корозії додають до складу плівки у разі необхідності пакування виробів із чорних та інших металів — це дає можливість поєднати процеси консервації і пакування.

Спеціальними технологіями поверхню плівок можна зробити шорсткою, з високим коефіцієнтом тертя, що дуже важливо під час скріплення транспортних пакетів. Окремі фірми практикують виготовлення саме таких плівок — наприклад, фрикційна плівка «Фрік» фінської фірми Wilk & Høglund та ін.



Найбільш розповсюдженим базовим матеріалом для виготовлення термоусаджувальних та розтягувальних плівок є поліетилен, в якому після відповідного оброблення досягається певна орієнтація молекул.

Отже, застосування полімерних термоусаджувальних та розтягувальних плівок на даному етапі розвитку пакувальної індустрії є важливим фактором, заслуговує на увагу науковців і виробників.

Порівняльна характеристика цих двох видів сучасних пакувальних матеріалів є одним з інструментів подальшого розвитку перспективних технологій пакування, пошуку нових пакувальних матеріалів тощо.

### Термоусаджувальні плівки

Вони першими почали застосовуватись у практиці пакування. Це — полімерні плівки, що здатні скорочуватись під дією температури, яка перевищує температуру розм'якшення полімеру. Такі плівки отримують розтягуванням полімерного матеріалу у високоеластичному нагрітому стані з подальшим охолодженням. Внаслідок цього створюється направлена орієнтація молекулярних ланцюжків полімеру з виникненням у них напружень. Під час подальшого охолодження та затвердіння полімеру ці деформації і напруження фіксуються у матеріалі внаслідок процесів склування і кристалізації. За повторного нагрівання такої плівки в ній вини-

кають релаксаційні процеси. Плівка при цьому прагне повернутися до свого початкового стану. Цю здатність зворотного повертання умовно називають «пам'ять полімеру». Це і є термоусадка.

Термоусаджувальні плівки класифікують за низкою ознак: видом вихідної сировини; ступенем усадки у поздовжньому та поперечному напрямках; товщиною; кількістю шарів; видом поставок готової продукції.

Термоусаджувальні плівки можуть бути виготовлені з багатьох термопластів, що кристалізуються. Це: поліетилен низького (ПЕНТ) та високого (ПЕВТ) тиску, поліпропілен (ПП), сополімер етилену з вінілацетатом (ЕВА), полівінілхлорид (ПВХ), сополімер вініліденхлориду і вінілхлориду (повіден), полістирол (ПС), гідрохлорид поліізопрену (ескаплен), гідрохлорид каучука та ін.

Найрозповсюдженишими є плівки з ПЕВТ. Вони характеризуються задовільною механічною міцністю в інтервалі температур від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , легко зварюються, еластичні та інертні відносно більшості продуктів, що пакуються, відносно дешеві.

Плівки з ПП порівняно з поліетиленовими відрізняються підвищеною жорсткістю після усадження (є ризик деформації деяких виробів), а також вищими міцнісними показниками, менше зазнають розтріскування під дією залишкових напружень, прозорі, надійні щодо газо- та водонепроникності.

Сучасними і найбільш якісними вважають плівки на основі лінійного поліетилену (ЛПЕВТ). Діапазон температур використання — від  $-80^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ .

Відомі також плівки на основі радіаційно модифікованого поліетилену. Під дією іонів (радіація) у процесі виготовлення підвищуються термостійкість плівки, напруження усадження, покращуються міцнісні властивості. Термоусаджувальна плівка з ЛПЕВТ має особливу, так звану перехреснопересічену молекулярну структуру, завдяки чому плівка з мінімально можливою товщиною здатна витримувати достатньо високі навантаження.

Ця плівка на сьогодні є «наймолодшою» з усіх відомих і дуже популярна на європейському ринку. Порівняно з плівкою з ПВХ вона має ступінь усадження вдвічі вищу, але температура усадження при цьому — нижча, відсутня мутність, поверхня блискуча, вище ступінь еластичності. Якщо плівка з ПВХ здатна виділяти хлор не тільки під час утилізації, а й при зберіганні за температури вище  $+25^{\circ}\text{C}$  (це може псувати продукт), то плівка з ЛПЕВТ не містить хлору, тобто є більш «лояльною» до продукту.

Залежно від ступеня усадження у поздовжньому та поперечному напрямках розрізняють плівки одноосноорієнтовані та двоосноорієнтовані. Одноосноорієнтовані усаджуються переважно в одному напрямку.

Таблиця.  
Основні характеристики термоусаджувальних плівок

Найменування полімеру	Характеристики				
	Об'ємна маса, г/см <sup>3</sup>	Ступінь усадження, %	Напруження усадження, МПа	Температура усадження, °С	Температура зварювання, °С
ПЕВТ	0,92	16–60	0,3–3,5	120–160	160–200
ПЕВТ радіаційно модифікований	0,92	70–80	1,0–3,5	110–210	170–230
ПП	0,90	70–80	2,0–4,0	150–230	175–200
ПВХ	1,40	60–70	1,0–2,0	110–155	135–175
Повіден	1,65	30–60	1,0–1,5	95–140	200–315
ПС	1,05	40–60	0,7–4,0	130–160	120–150
Ескаплен	1,10	30–60	1,0–2,5	100–150	100–250

Наприклад, у поздовжньому — на 50–70 %, а у поперечному — лише на 10–20 %. Двоосноорієнтовані плівки скорочуються в обох напрямках майже або повністю співрозмірно (у поздовжньому — на 50–60 %, а в поперечному — на 35–45 %).

Залежно від вимог користувачів термоусаджувальні плівки виробляють завтовшки від 20 до 250 мкм з граничним відхиленням не більше  $\pm 20$  %. При цьому плівки завтовшки  $\delta = 20$ –50 мкм застосовують для одиничних упаковок, завтовшки  $\delta = 50$ –100 мкм — групової упаковки, а при  $\delta = 100$ –250 мкм — штабельної упаковки (скріплення транспортних пакетів).

Залежно від метода виробництва плівки виробляють одношаровими та багатошаровими. Одношарові плівки виробляють методом екструзії — продавлення маси полімеру, що при цьому має високу в'язкість у рідкому стані, через головку — пристрій з поперечним перерізом потрібної форми, який формує виріб. Багатошарова плівка виробляється методом соекструзії. При цьому застосовуються ті самі типи екструдерів, однак головки влаштовані дещо інакше. Суть в тому, що у процесі соекструзії використовується як мінімум два, а частіше більше екструдерів зі спільною головкою. Струмені різних полімерів (по шарах) з'єднуються зазвичай у фільтері

(кінцева частина головки), рідше — після виходу з головки.

У більшості випадків багатошарова плівка має перший шар — сополімер етилену з  $\alpha$ -олефіном; другий шар — сополімер етилену з 9–20 % по масі вінілацетату; третій — з якогось бар'єрного полімеру тощо. Під час виготовлення багатошарової плівки дефекти кожного окремого шару, якщо таке трапиться, не збігаються, і плівка виявляється на 15–20 % міцнішою, ніж такої самої товщини одношарова.

Залежно від технології виготовлення та потреб користувача термоусаджувальні плівки виробляють у вигляді:

- рукава (екструзія або соекструзія з роздувом);
- полотна (метод плоскощілинної екструзії або соекструзії);
- напіврукава (згорнуте полотно або розрізаний вздовж рукав).

Фізико-механічні та експлуатаційні властивості термоусаджувальних плівок обумовлені хімічною природою полімеру та видом орієнтації його молекул. Важливими характеристиками плівок є ступінь усадження (оцінюється коефіцієнтом усадження  $K_{yc}$ ) і напруження усадження ( $C_{yc}$ ).

Ступінь усадження — це відношення лінійних розмірів зразка до і після усадження:

$$K_{yc} = (L_0 - \frac{L}{L_0}) \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $L_0$  і  $L$  — довжина зразка до і після усадження.

Напруження усадження виникає в орієнтованому матеріалі під час нагрівання до певної температури. Визначається:

$$C_{yc} = \frac{P}{S}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

де  $P$  — зусилля, що виникає під час усадження, Н;  
 $S$  — площа поперечного перерізу зразка після усадження, м<sup>2</sup>.

Напруження усадження залежить від температури та тривалості періоду нагрівання плівки. Міцність плівки після усадження дещо збільшується, але залишається достатньою, щоб забезпечити цілісність упаковки.

Коефіцієнт тертя вважається більш-менш стабільним і становить у середньому  $f = 0,5$ .

Основні характеристики деяких розповсюджених термоусаджувальних плівок наведено у таблиці.

Оскільки під час пакування виробів у термоусаджувальну плівку за будь-яких умов (одиничне, групове пакування, пакетоскріплення) обов'язковим є наявність нагрівального обладнання і, отже, певні витрати електроенергії, важливими є температурні показники (усадження, зварювання). І виробники плівок мають чітко витримувати температурні параметри у вказаних в технічних умовах межах, враховуючи побажання користувача. В Україні на сьогодні

zareestrovano blizko 12 firm z virobництва termoosadzuvальних plivok, a tomu vidbuvaetsya konkurentna borotbba za zamovnika. Tak, TOB «Polimer Pak» [2] (m. Kyiv) informuye, sho вона виробляє плівки з ПЕВТ усіх видів (рукав, напіврукав, полотно) з коефіцієнтом усадження в стандартних межах за бажанням замовника. Це свідчить про достатньо досконалі технології виробництва даних пакувальних матеріалів в Україні.

(Закінчення у наступному номері)

## Література

1. Кривошей В. М. Сучасні виклики та упаковка / В. М. Кривошей // Упаковка. — 2009. — № 3. — С. 10–12.
2. TOB «Polimer Pak». Український виробник полімерних плівок [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://www.polimerpak.com/index.files/thermal\\_films\\_ru.htm](http://www.polimerpak.com/index.files/thermal_films_ru.htm).

### Термоусадочная и растягивающаяся пленки в упаковке. Что выбрать?

А.П. Беспалко, к.т.н., А.Н. Гавва, д.т.н., С.В. Токарчук, к.т.н.

Полимерные пленки — термоусадочная и растягивающаяся — являются лидерами среди упаковочных материалов. Они широко применяются как для упаковки продуктов повседневного спроса, так и для различного рода промышленных товаров.

В статье приведены физико-механические характеристики этих упаковочных материалов, дана оценка технологий их изготовления и применения в линиях упаковки готовой продукции. Описаны способы упаковки от ручных до автоматизированных, приведены классификации соответствующего оборудования.

С помощью сравнительного анализа сделаны выводы о целесообразности применения термоусадочных и растягивающихся упаковочных пленок, их преимуществах с позиций энергосбережения, металлоемкости, габаритов оборудования и экономичности.

**Ключевые слова:** упаковочные материалы; термоусадочные растягивающиеся полимеры; групповая упаковка; транспортные пакеты; упаковочное оборудование.

### The shrinkable and stretching films in packing. What to choose?

A.P. Bepalko, Ph.D., O.M. Gavva, Dr., S.V. Tokarchuk, Ph.D.

Polymeric films — shrinkable and stretching — are leaders among packing materials. They are widely applied both to packing of products of daily demand, and to different industrial goods. Physicomechanical characteristics of these packing materials are provided in article, the assessment of technologies of their production and application in lines of packing of finished goods were given. Ways of packing from manual to automated are described, classifications of the corresponding equipment are given.

By means of the comparative analysis conclusions are drawn on expediency of application of the shrinkable and stretching packing films, their advantages from positions of energy saving, metal consumption, dimensions of the equipment and profitability.

**Keywords:** packing materials; the shrinkable stretching polymers; group packing; transport packages; packing equipment.

# ПЛАСТМОДЕРН PLASTMODERN

## Пакування Packaging

Термозбіжна плівка

- 1 ПЕТ- та скляна тара
- 2 Продукти
- 3 Вантажі (в т. ч. на піддонах)

Shrink Film

- 1 PET&Glass bottles
- 2 Foods
- 3 Goods, including on pallets

Тришарова чорно-біла плівка

- 4 Молочні продукти (з кольоровим флексографічним друком)

Three-layered Black and White Film

- 4 Dairy products (with color flexographic printing)

Плівка стретч

- 5 Машинне та ручне пакування вантажів
- 6 Пакування продуктів

Stretch Film

- 5 Machine and manual goods packaging
- 6 Foods packaging

Поліетиленові мішки

- 7 Пакування будматеріалів, продуктів, товарів

Polyethylene Bags

- 7 Packaging of building materials, foods and goods

Науково-виробнича фірма «ПЛАСТМОДЕРН»  
вул. Доківська, 14, смт Коцюбинське, Київська обл., 08298, Україна

Scientific and Production Firm «PLASTMODERN»  
14, Dokivska St., Kotsubinske, Kyiv Region, 08298, Ukraine

+38(044) 498-15-30  
+38(044) 498-15-35  
+38(067) 209-81-91

office@plastmodern-tm.com.ua  
www.plastmodern-tm.com.ua