



Упаковка®

Журнал для виробників та споживачів тари і упаковки

www.packinfo.com.ua

www.upakjour.com.ua

1_2023

RAW MATERIALS



MASTERBATCH



FREEZE EFFECT



Cosmetic bottle FROST 200 ml

Due to additional impurities for raw materials, the bottle has a special design - freeze effect (pictured).

Advantages: complete with a large number of accessories, which is a ready-made solution for designing cosmetic products.




WORLDSTAR GLOBAL PACKAGING AWARDS

Українські переможці

INSULATED BOX
for transportation and delivery of goods with maintenance of the required temperatures



External rigid box (Series H.A.C.)
made of durable polypropylene, protects against damage, moisture, etc., is easy to carry and transport, and can be sealed and marked. It has ergonomic handles for easy carrying.

Internal thermic insert
made of polystyrene (EPS) smooths temperature fluctuations during transportation, provides protection from excessive heat or cold, is absolutely safe for direct contact with products and has smooth inner surfaces with rounded corners which are easy to clean.



colored PE inside

individual embossing.

metallized coating

WORLDSTAR 2023

Стретч-плівки з додаванням вторинної сировини

М.Р. Аліпатова, Н.В. Кулик, к.х.н., НУХТ, м. Київ

Проблема переробки упаковки та використання вторинної сировини є нині актуальною в пакувальній індустрії. Провідні світові компанії галузі спрямовують потужні зусилля на розробку нових високотехнологічних якісних пакувальних матеріалів із використанням вторинної сировини. Всесвітньо відомий виробник полімерів – компанія Dow Chemical – є одним із лідерів у цій сфері інновацій. Для забезпечення ефективного вирішення цього та інших завдань компанія в науково-дослідній діяльності та практичному впровадженні розробок приділяє велику увагу відбору й підготовці кваліфікованих фахівців. Упродовж декількох років Dow практикує програму стажувань для студентів з усього світу. Кандидатів відбирають у кілька етапів, після чого студентам пропонують розпочати роботу в одному з R&D центрів компанії. В такому центрі й проходило річне стажування однієї з авторів цієї статті. Виробництво полімерів та R&D центр компанії Dow Chemical базуються в Іспанії, в місті Таррагона. Таке розташування було обрано не випадково, адже місто має потужний порт, який слугує логістичним центром усієї Каталонії. Тема цієї статті – це результат досліджень стретч-плівок, які виготовлялися за технологією каст-екструзії з використанням у їх складі перероблених матеріалів.

Вступ і мета

Полімерні термозбіжні та стретч-плівки широко використовуються для обгортання та скріплення будь-яких товарів або вантажів на піддонах. Завдяки своїм властивостям, зокрема можливості сильно розтягуватися при дії прикладеного зовні зусилля, а потім відновлювати свій попередній стан після закінчення цієї дії, вони надійно утримують продукцію в груповій упаковці або вантажі в транспортних пакетах на піддонах. Найбільше їх на світовому ринку (81 %) припадає на розтягувальну стретч-плівку – pallet stretch film (PSF). Далі йдуть чохла з термозбіжної плівки – pallet shrink hoods (PSH), а за ними чохла із стретч-плівки – pallet stretch hoods (PStH) (рис. 1). Стретч-плівку виготовляють двома способами (рис. 2): за технологією каст-екструзії (83,4 %) та за технологією екструзії з роздувом (лише 16,6%) [1].

З іншого боку, на ринку збільшується кількість вторинної сировини у вигляді перероблених відходів виробів, у тому числі упаковки, із різних полімерів. Така вторинна сировина навіть після обробки має велику кількість домішок, що погіршує механічні властивості виготовлених із неї матеріалів, зокрема полімерних плівок. Використання такої сировини для виробництва плівок можливе лише при її змішуванні з первинним полімером. У даній роботі досліджували можливість використання вторинної полімерної сировини для виготовлення п'ятишарової стретч-плівки, яка

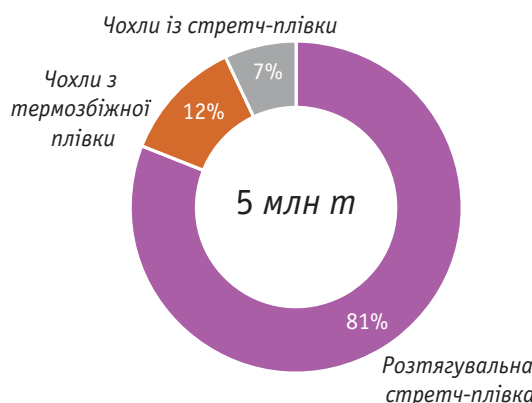


Рис. 1. Структура світового ринку засобів скріплення вантажів на піддонах

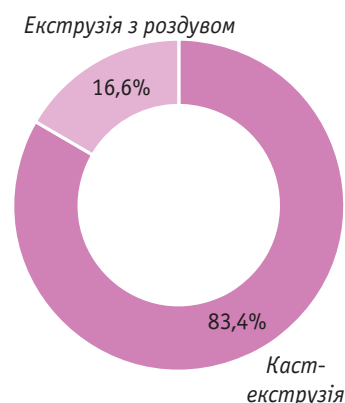


Рис. 2. Структура ринку стретч-плівок за технологіями їх виробництва

може ефективно використовуватися для обгортання й скріплення вантажів у транспортних пакетах на піддонах без шкоди для продуктивності, надійності та стабільності.

Зразки та методи дослідження

Для дослідження використовували зразки з п'ятишарової стретч-плівки товщиною 23 мкм, яку виготовляли на екструзійній лінії Dolci в Tarragona TS&D Lab [2]. Як полімерні шари такої стретч-плівки використовували поліетилен ультранизької густини (уПЕНГ), лінійний поліетилен низької густини (ЛПЕНГ), металоценовий лінійний поліетилен низької густини (мЛПЕНГ), суміш повторно переробленого поліетилену низької густини (рПЕНГ) із ЛПЕНГ у співвідношенні за масою 7:3, яку позначали як Post-Consumer Recyclate (PCR) [3] (табл. 1).

Таблиця 1. Полімери, які використовували для виготовлення стретч-плівки

Умовна марка полімеру	Полімер	Густина, г/см ³	Індекс розплаву, г/10 хв
A1	уПЕНГ	0,904	4,0
D1	ЛПЕНГ	0,917	2,3
D2	ЛПЕНГ	0,918	3,5
D3	ЛПЕНГ	0,916	4,0
E1	мЛПЕНГ	0,916	4,0
E2	мЛПЕНГ	0,912	3,7
PCR	рПЕНГ:ЛПЕНГ (7:3)	0,920	2,5

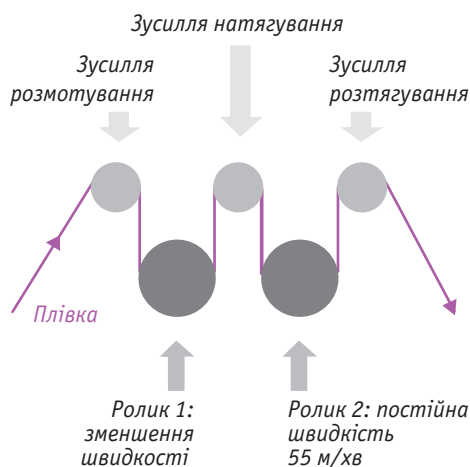


Рис. 3. Схема обладнання Highlight Ultimate для дослідження фізико-механічних властивостей плівок

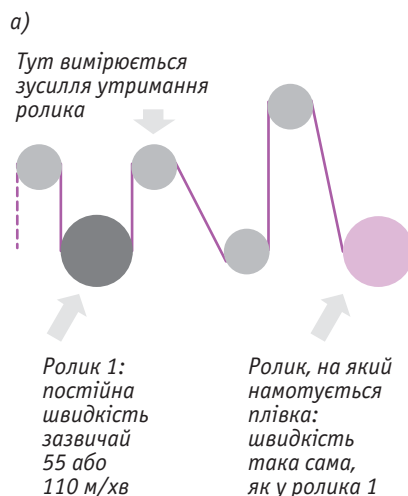


Рис. 4. Схема (а) та зразок стретч-плівки (б) при визначенні міцності утримування зусилля плівки при її розтягуванні

Склад п'ятишарових стретч-плівок формували на основі властивостей певних марок полімерів. Так, ЛПЕНГ марки D1 має високу ударну міцність і міцність на розрив; ЛПЕНГ марки D2 поєднує гарну технологічність переробки, необхідну міцність та відносне видовження; ЛПЕНГ марки D3 має достатню стійкість до проколу та роздирання; МЛПЕНГ марки E1 відрізняється гарними фізико-механічними властивостями, особливо відносним видовженням; МЛПЕНГ марки E2 характеризується оптимізованим балансом відносного видовження, ударної міцності та стійкості до проколу; УПЕНГ марки A1 має гарні властивості зчеплення, тому він був використаний для клінг-шару. Склад шарів досліджуваних зразків п'ятишарової стретч-плівки наведено в табл. 2. У всіх зразках шари А, В і Е мали 10 %, шар D – 20 %, а шар С – 50 % від загальної маси зразка. Таким чином, легко підрахувати, що зразки (2–5) у своєму складі в шарах С і D мали 49 % суміші PCR. У шарах А, С, D та Е зразків (2–5) використовували однакові марки полімерних матеріалів, а в шарі В у зразках (2–5) змінювали марки полімерів, щоб перевірити вплив різних полімерів на фізико-механічні властивості плівки [4]. Як зразок для порівняння (1) використали стандартну п'ятишарову стретч-плівку, параметри та властивості якої гарантують ефективне використання її для надійного обгортання та скріплення вантажів у транспортних пакетах на піддонах.

Зразок	Шари плівок					Загалом PCR, %
	А, 10 %	В, 10 %	С, 50 %	Д, 20 %	Е, 10 %	
1	D1	E1	E1	E1	A1:E1 (7:3)	0
2	D1	E1	PCR	PCR	A1:E1 (7:3)	49
3	D1	D2	PCR	PCR	A1:D2 (7:3)	49
4	D1	E2	PCR	PCR	A1:E2 (7:3)	49
5	D1	D3	PCR	PCR	A1:D3 (7:3)	49

Фізико-механічні властивості зразків п'ятишарової стретч-плівки визначали на обладнанні Highlight Ultimate в Tarragona TS&D Lab (рис. 3). Highlight Ultimate tester розроблений на основі вимог стандарту ASTM D4649, і його можна вважати симулятором машини для обгортання та скріплення вантажів стретч-плівкою в транспортних пакетах на піддоні. Конструкція приладу дає змогу вимірювати різні властивості плівки після її розтягування. Це надає повну картину властивостей плівки в поєднанні з даними лабораторії фізичних випробувань. Розтягування плівки забезпечується різницею швидкостей між двома роликками. Ролик 1 обертається з меншою швидкістю, ніж ролик 2, який підтримує постійну швидкість. Обидва розтягувальні роликки мають діаметр 4 дюйми, покриті гумою з невеликим вмістом мінеральної добавки для покращення зчеплення з плівкою. Це потрібно для проведення тестів без ефекту ковзання. Уздовж шляху проходження плівки встановлено три тензодатчики з різною межею потужності: тензодатчики вимірювання зусилля розмоту-

вання та зусилля натягування мають межу потужності 60 фунтів, а тензодатчик вимірювання зусилля розтягування – 200 фунтів. Властивості плівки досліджували в порядку їх пріоритетності при використанні для обгортання та скріплення вантажів у транспортному пакеті на піддоні: максимальне відносне видовження (E_p) та зусилля (M_p) плівки при розриві, міцність утримання зусилля плівки при її розтягуванні (M_{yt}), міцність плівки на прокол (M_{np}) [5]. E_p у % та M_p у кг визначали при розтягуванні плівки між двома роликками, один з яких обертався з постійною швидкістю, а швидкість іншого поступово зменшували для досягнення максимального видовження й подальшого розриву зразка плівки. Визначення M_{yt} у кг імітувало поведінку стретч-плівки в транспортному пакеті на піддоні, коли на неї діяв тупий виступ вантажу (рис. 4). Дію його імітував напівсферичний наконечник, який при дослідженні висувався на 7,5 см. Під його дією плівка розтягувалася до потрібного рівня, в ідеалі на 70 % від максимального рівня

відносного видовження із швидкістю 55 м/хв. Після цього ролик блокував подальше розтягування плівки, а тензодатчик через 2 хв після блокування вимірював втрату зусилля плівки. M_{yt} визначали як різницю між максимальним початковим зусиллям та зусиллям після витримування плівки в розтягнутому стані впродовж 2 хв. Визначення M_{np} у кг досліджували аналогічно до попереднього тесту, але при цьому використовували загострений наконечник, який висувався на 10 см. Цей тест імітував дію гострого вантажу на плівку в транспортному пакеті (рис. 5).

Результати тестування та висновки

За результатами визначення максимального видовження (рис. 6а) найкращий результат у порівнянні зі стандартним зразком (1), який не містить вторинних матеріалів, мали зразки (2) і (3), в яких у шарі В було використано мЛПЕНГ марки Е1 і ЛПЕНГ марки D2, які поєднують гарну технологічність переробки, необхідну міцність та відносно видовження полімеру. Результати визначення зусилля при розриві стретч-плівки (рис. 6б) демонструють вищі значення для всіх зразків (2–5) плівок із вторинними матеріалами порівняно зі стандартним зразком (1). Використання вторинної сировини у складі стретч-плівки дає змогу навіть



Рис. 5. Зразок стретч-плівки при визначенні її міцності на прокол

покращити цю характеристику. При виконанні тесту на визначення міцності утримання зусилля при розтягуванні стретч-плівки (рис. 6в) усі зразки плівки з PCR (2–5) зруйнувалися в трьох порівняльних тестах. Найкращий результат порівняно зі стандартним продемонстрував зразок (4), у складі якого було використано мЛПЕНГ марки Е2, який має оптимізований баланс відносного видовження, ударної міцності та стійкості до проколу. Результати визначення міцності стретч-плівки на прокол (рис. 6г) свідчать, що зразок (5) має навіть більший показник міцності на прокол у порівнянні зі стандартним зразком (1). Це можна пояснити тим, що в складі зразка (5) було використано ЛПЕНГ марки D3, який має кращі показники міцності плівки на прокол та роздирання. При аналізі результатів дослідження прийняли припущення, що властивості п'ятишарових стретч-плівок із використанням PCR були б достатніми для їх використання за умови, що

вони відрізняються від властивостей стандартної п'ятишарової стретч-плівки не більш ніж на 5–7 %.

Результати визначення основних фізико-механічних властивостей п'ятишарових стретч-плівок з використанням вторинної сировини та їх порівняння з відповідними властивостями стандартної п'ятишарової стретч-плівки дають можливість зробити висновок, що є перспективи ефективного використання таких плівок для обгортання та скріплення транспортних пакетів на піддоні зі збереженням необхідної продуктивності та надійності.

Показано, що моделювання рецептур п'ятишарових стретч-плівок із PCR за рахунок використання первинних полімерів, які мають певні властивості, дозволяють сприяти покращенню цих властивостей до прийнятних значень.

Робота повинна бути продовжена в напрямі моделювання рецептур п'ятишарових стретч-плівок із PCR та визначення їх оптимального складу для забезпечення прийнятних значень усіх основних фізико-механічних властивостей.

Література:

1. Palletization films. The global market 2020. A research report from AMI consulting, December 2020. 232 p.
2. Wagner J.R. Jr. Handbook of Troubleshooting Plastic Processes: A Practical Guide, John Wiley and Sons, 2012. 504 p.
3. El Marrasse Zarioui S. et al. Evaluation of high performance machine stretch wrap films that contain up to 50 % of a PCR material prepared under controlled and optimized conditions.
4. Levy S., Carley J.F. Plastics extrusion technology handbook. 2nd Ed. Industrial Press, 1989. 398 p.
5. Шредер В.Л., Кривошей В.М., Кулик Н.В. Полімерна упаковка. Київ : Принт Медіа, 2021. 579 с.

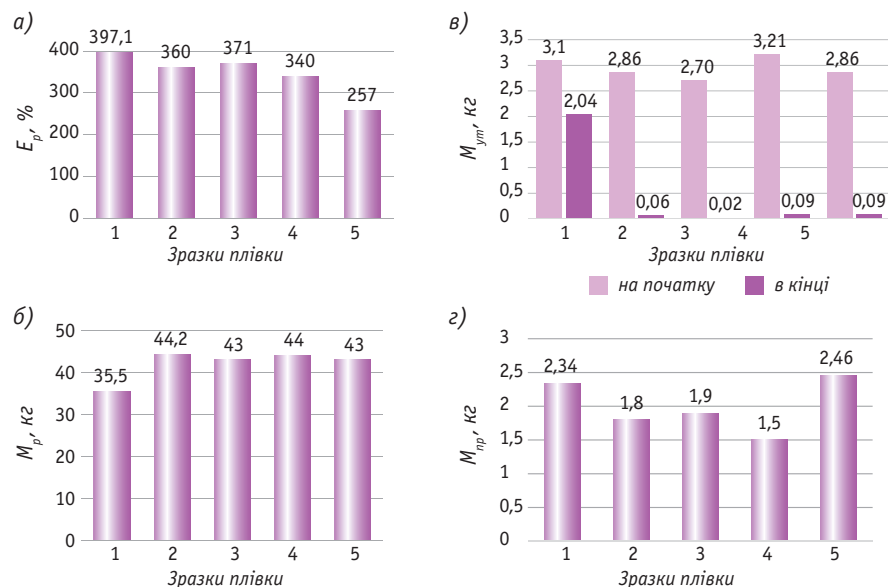


Рис. 6. Максимальне видовження (а), зусилля при розриві (б), міцність утримання зусилля при розтягуванні (в) та міцність на прокол (г) зразків п'ятишарової стретч-плівки