

УДК 678.06

Об использовании ориентированных и утилизированных пленок

Кузьмич В.В., Карпунин В.И., Карпунин И.И., Червинкий В.Л.

Моносиальные и биаксиальные плёнки (OPP, BOPP, BOPET, BORA и др.) Мировой рынок ориентированной пленки, а значит и рынок оборудования для производства растягивающейся пленки, находится на этапе консолидации, в основном, за счет наступления периода насыщения, последовавшего за периодом бурного роста. Но наряду с постоянным стремлением к оптимизации затрат, производители пленки также пытаются разрабатывать продукты с повышенным качеством.

Практически все производители используют их для защиты чувствительных к воздействиям товаров: эти высококачественные растягивающиеся пластмассовые пленки являются товаром массового производства.

Это, безусловно, товар номер один на рынке упаковочных материалов, такие пленки все больше вытесняют бумагу, картон, алюминиевую фольгу и прочие материалы. При применении соответствующей технологии моно- и биаксиальная ориентация пленки позволяет получить целый ряд выгодных свойств за счет изменений в морфологии молекулярной структуры пленки:

- Прекрасные механические свойства, например, жесткость, устойчивость к износу, удару и протыканию.
- Влагонепроницаемость при воздействии пара и влаги.
- Хорошую устойчивость к воздействию масел, жиров, растворителей, а также тепла и холода.
- Размерную стабильность и устойчивость к образованию царапин.
- Привлекательный глянцевый внешний вид за счет превосходного качества поверхности и высокой прозрачности.
- Прекрасную способность подвергаться переработке, нанесению печати и герметизации.

Методы ориентации

Методами такой пленки, являются двухрукавная технология и технология с использованием рамы для растягивания и ориентирования плёнки. Двухрукавная технология основана на принципе экструзии трубы с толщиной в 40 – 50 раз больше толщины пленки, которую предстоит произвести, эта труба затем охлаждается в водяной ванне. Собственно, биаксиальное растягивание осуществляется за счет формирования второго рукава при обработке при избыточном давлении между двумя прижимными вальцами, а ориентация в машинном направлении

достигается с помощью второй пары прижимных вальцов, которые работают с более высокой скоростью.

При использовании технологии с применением рамы для растягивания и ориентирования литой пленки, которая производится из гранулированной пластмассы с помощью экструзии, растягивают в продольном и поперечном направлениях для получения нужных её габаритов. Полученный продукт обрабатывают для получения очень тонкой, но жесткой пленки; ее можно обрабатывать либо последовательно, либо одновременно.

При использовании линий последовательной обработки сначала растягивают литую пленку в машинном направлении с помощью системы вальцов; растяжение осуществляется за счет варьирования скоростей между группами вальцов. Затем пленка попадает на раму, устройство, напоминающее печь, в котором используются две бесконечные цепи для захвата и растягивания полотна в противоположном направлении по отклоняющимся направляющим.

Системы одновременной обработки растягивают пленку в обоих направлениях в одно и то же время. Этого можно достичь механическим способом за счет использования либо конструкции с пантографическим удлинением цепи, либо валов в сочетании с углом расхождения цепи.

Ограниченная производительность механических решений и отсутствие гибкости при их использовании привели, в результате, к разработке технологии LISIM, в которой используются линейные двигатели, которые приводят в движение крепления, без цепного соединения. Данный принцип привода, который также используется в высокоскоростных поездах на магнитном подвесе Transrapid, позволяет получить новую степень свободы при производстве высококачественной пленки при скоростном и чрезвычайно гибком производстве.

Сырьевые материалы для производства пленки

Различные типы пленки, предназначенные для изготовления целого ряда упаковочных материалов, производятся из самых различных полимеров. За последние 25 лет применение биаксиально-ориентированного полипропилена (BOPP) бурно развивалось, что позволило ему стать одним из основных эластичных пластмассовых упаковочных материалов. На сегодняшний день это наиболее широко используемый полимер для производства биаксиально-ориентированных пленок. Традиционными применениями являются: упаковка для картофельных чипсов, закусок, кондитерских изделий, пасты и лапши, а также табачных изделий. Разрабатывались также и новые применения в новых областях, такие как этикетки или упаковка для выпечки. Кроме того, производители пленки по всему миру постоянно разрабатывают

продукты со стоимостью, добавленной обработкой, такие как специальные пленки для более технологичных применений: круглые обертки и усадочные этикетки, пленки с высокими барьерными свойствами, синтетическая бумага, пленки для укупоривания и другие.

В наши дни следует принимать во внимание также постоянно растущий интерес к другим подложкам, таким как: PET, PA, и PS, которые можно применять для производства эластичной упаковки. К числу основных преимуществ биаксиально ориентированного PET (BOPET) относится его жесткость, а также прекрасная теплостойкость и устойчивость к протыканию. Биаксиально ориентированный PA (BOPA) дает самый лучший барьер от проникновения запаха и газа, хорошую устойчивость к образованию разрывов и достаточный диапазон температур от 40°C до 140°C. Биаксиально или моноаксиально ориентированные высококачественные полистирольные пленки очень привлекательны благодаря своей пониженной хрупкости, увеличенной прочности, прекрасным усадочным параметрам, а также хорошим значениям относительного удлинения.

Рынки производства пленки и упаковочных материалов претерпевают существенные изменения. То, что сегодня является специальным применением, завтра станет товарным продуктом. Для производства товарных пленок существенным фактором является снижение производственных затрат и повышение эффективности производства.

Поэтому линии с шириной до 10 метров, скоростями, превышающими 500 метров в минуту, и производительностью, достигающей 6000 кг в час все больше и больше становятся нормой современного производства, сочетаясь с повышенными эксплуатационными характеристиками сырьевых материалов.

Термоусадочные плёнки

Термоусадочными называются полимерные пленки, способные сокращаться под воздействием температуры, превышающей температуру размягчения полимера. Получают такие пленки растяжением полимерного материала в высокоэластичном нагретом состоянии и последующим охлаждением.

В инженерной практике к усадочным принято относить пленки, обладающие способностью давать повышенную (до 50% и более) усадку и используемые для упаковки различных изделий.

К преимуществам упаковки в термоусадочные пленки по сравнению с традиционными пленочными упаковками относятся уменьшение объема упаковки за счет плотного обтягивания товара, относительно меньшая масса пленок. Упаковка в усаживающуюся пленку часто бывает дешевле и привлекательнее на вид, чем обычный ящик из

картона. Этот вид упаковки дает определенные преимущества для розничной торговли: уменьшение количества упаковочного материала и площади в торговом зале, занимаемой товаром по мере его реализации. Упаковывание в термоусадочную пленку защищает товар от воздействия окружающей среды.

Проведение нами исследований показывает, что термоусадочные пленки можно классифицировать по нескольким признакам:

1) в зависимости от исходного сырья выделяют такие виды термоусадочной пленки, как пленки из кристаллизующихся полиолефинов (ПЭВД, ПЭНД, ПП), сополимеров этилена с винилацетатом, ПВХ, ВХВД (сополимер винилхлорида с винилденхлоридом), полистирола, гидрохлорида каучука, полиамида.

Полиолефиновая термоусадочная пленка, популярная на европейском рынке, обладает особой, так называемой перекрестно-пересеченной молекулярной структурой, благодаря которой пленка с минимальной толщиной способна выдержать самые высокие нагрузки.

По сравнению с термоусадочной пленкой ПВХ пленка полиолефиновая имеет ряд преимуществ: усадка в 2 раза выше; температура усадки ниже; отсутствие мутности, высокий блеск; шире диапазон температур хранения упакованных в пленку товаров без изменения свойств пленки; наличие запаса по растяжению (выше степень эластичности) предохраняет пленку от лопания; из-за отсутствия молекул хлора не пахнет при усаживании.

Однако, ПВХ может выделять хлор не только при утилизации, но и при хранении продукта при температуре выше $+25^{\circ}\text{C}$, придавая специфический запах продукту. Полиолефиновые пленки, хлора не содержащие, более лояльны к продукту.

Наибольшее распространение получили термоусадочные пленки из полиэтилена низкой плотности, обладающие удовлетворительной механической прочностью в интервале температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, легко сваривающиеся, эластичные и инертные по отношению к большинству упаковываемых веществ и имеющие невысокую стоимость.

Наиболее современными и качественными являются термоусадочные пленки на основе линейного полиэтилена. Обладая превосходной прочностью, они, в отличие от полипропиленовых пленок, совершенно не деформируют продукт и пригодны для упаковки даже газет и журналов. В силу многослойности пленки на основе линейного полиэтилена обладают некоторыми барьерными свойствами. Их также отличает широкий диапазон возможной температуры хранения товара: от -80°C до $+80^{\circ}\text{C}$.

Термоусадочные пленки из полипропилена в сравнении с полиэтиленовыми отличаются повышенной жесткостью и более высокими прочностными показателями. Они менее подвержены растрескиванию под действием остаточных напряжений, прозрачны, обладают пониженной проницаемостью по отношению к водяным парам и различным ароматическим веществам.

Термоусадочные пленки получают также на основе радиационно-модифицированного полиэтилена. Воздействие ионизирующей радиации в процессе изготовления термоусадочных пленок позволяет повысить их термостойкость, напряжение усадки, улучшить прочностные свойства.

2) в зависимости от степени усадки в продольном и поперечном направлениях различают пленки одноосно-ориентированные и двухосно-ориентированные.

- одноосно-ориентированные пленки усаживаются преимущественно в одном направлении: например, в продольном на 50-70%, а в поперечном на 10-20%.

- двухосно-ориентированные пленки сокращаются в обоих направлениях, с одинаковой или различными степенями усадки: например, в продольном направлении на 50-60%, а в поперечном - на 35-45%.

3) в зависимости от метода производства выпускаются:

- однослойная термоусадочная пленка, производимая методом экструзии.

Данный метод заключается в продавливании материала, обладающего высокой вязкостью в жидком состоянии, через формующий инструмент (головку), с целью получения изделия с поперечным сечением нужной формы;

- многослойная термоусадочная пленка, производимая методом соэкструзии.

В производстве соэкструзионных пленок находят применение те же типы экструдеров, что и в производстве однородных пленок (однако, с полностью иным решением головок экструдеров). В процессе соэкструзии используются как минимум два, но чаще большее число экструдеров, снабженных совместной головкой. Струи различных пластмасс соединяются в фильерах, образующих конечную часть головки, реже - непосредственно после выхода из головки.

4) Многослойная термоусадочная пленка включает первый слой сополимера с кислотой, сополимера этилена с α -олефином или их смесь, второй слой, содержащий сополимер этилена с 9-20 мас.% винилацетата. Пленка может иметь третий слой из барьерного полимера, четвертый слой - сополимера этилена с 9-20 мас.% винилацетата и пятый слой.

Формирование каждого слоя многослойной термоусадочной пленки происходит отдельно. Поэтому возможные дефекты каждого слоя не совпадают, и пленка оказывается на 15-20% прочнее, чем аналогичная по толщине однослойная. Таким образом, становится реальным уменьшение толщины (а значит и себестоимости) многослойной «термоусадки» без ухудшения ее эксплуатационных характеристик. Кроме того, уменьшение толщины пленки дает возможность снизить температуру в термотуннеле, что позволяет потребителю пленки экономить электроэнергию.

5) в зависимости от технологии (со-)экструзии термоусадочные пленки имеют вид:

- рукава. Применяется (со-)экструзия с раздуванием;
- полотна. Производится методом плоскощелевой (со-)экструзии, либо рукав, произведенный методом (со-)экструзии с раздуванием, разрезается вдоль по длине;
- полурукава. Представляет собой либо свернутое полотно (произведенное методом плоскощелевой (со-)экструзии), либо разрезанный рукав (произведенный методом (со-)экструзии с раздуванием);

Для различных методов экструзии конструкция головок экструдера и остальных устройств имеет принципиальные отличия, однако устройство экструдера и принцип работы формирующего инструмента одинаков для обоих способов.

Свойства термоусадочной пленки

Физико-механические и эксплуатационные свойства пленок обусловлены химической природой применяемого полимера и степенью его ориентации.

Важными характеристиками термоусадочных пленок являются степень усадки (коэффициент усадки) и напряжение усадки. Степень усадки характеризуют отношением линейных размеров образца до, и после усадки и

определяется по формуле:

$$K_{ус.} = \left(L_0 - \frac{L}{L_0} \right) \cdot 100\%$$

где L_0 и L - длина образца до и после усадки.

Напряжение усадки $C_{ус.}$ - это напряжение, возникающее в ориентированном материале при нагревании до определенной температуры, определяется по формуле:

(Мпа),

где P - усилие, возникающее при усадке; S - площадь поперечного сечения образца после усадки.

Таблица 1. Свойства термоусадочной плёнки

Полимер	Степень усадки, %		Напряжение усадки, МПа		Температура усадки при упаковывании, °С		Температура сварки, С	
	1	2	1	2	1	1	1	1
ПЭНП	15-50	10-44	0,3-3,5	0,2-3,0	120-150		150-200	
ПП	70-80	65-70	2,0-4,0	1,5-3,3	150-230		175-200	
ПВХ	50-70	35-60	1,0-2,0	0,7-1,4	110-155		135-175	
ВХВД	30-60	20-57	1,0-1,5	0,5-1,1	95-140		200-315	
ПС	40-60	27-55	0,7-4,0	0,5-3,0	130-160		120-150	
Эскаплен	30-50	22-40	1,0-2,5	0,7-2,1	100-150		180-250	

1. Не утилизированная плёнка. 2. Утилизированная плёнка.

Напряжение усадки зависит от температуры и продолжительности нагрева пленки. Чем ниже температура усадки, тем больше времени требуется для усадки пленки. Если производить усадку при высоких температурах, то время усадки может быть незначительным. Прочность пленок после усадки несколько уменьшается, но остается достаточной, чтобы обеспечить целостность упаковки. Проведенные нами исследования свойств термоусадочной уже утилизированной плёнки показывают, что при прочих равных условиях, они также обладают той же закономерностью (табл.1). Однако степень усадки и напряжение усадки уменьшаются. Для экспериментальных исследований нами используется экструдер с использованием метода экструзии плёнки с раздувом рукава.

Применение термоусадочных плёнок в упаковке

По опыту зарубежных предприятий 95% термоусадочных пленок используется для не пищевых продуктов и только 5% для пищевых (чаще всего для упаковки пиццы и овощей). В нашей стране термоусадочные

пленки нашли широкое применение для упаковки пищевой продукции. Сферы применения ее в пищевой отрасли довольно разнообразны, наиболее частые из них следующие:

- упаковка хлебобулочных изделий - применяется для увеличения сроков реализации и, кроме того, в такой упаковке хлебобулочные изделия приобретают эстетичный товарный вид;

- упаковка мяса и птицы – для увеличения сроков хранения, придания эстетичного вида и удобства для розничной продажи;

- упаковка кондитерских изделий или полуфабрикатов с использованием лотков соответствующих размеров. Такая упаковка, благодаря жёсткому лотку, обеспечивает большую сохранность продукта по сравнению с обычной расфасовкой в пакеты и имеет более привлекательный для потребителя объём фасовки.

- групповая упаковка банок, бутылок, пакетов с алкогольными и прохладительными напитками, молочными продуктами и др.

Также термоусадочная пленка используется и в сфере непивцевых товаров. В частности с ее помощью осуществляют:

- упаковку бумажных изделий – бумаги для факсов, полиграфической продукции. В данном случае используется термоусадочные пленки с низкой степенью усадки;

- упаковку продукции радиоэлектронной, металлообрабатывающей и легкой промышленности;

- упаковку хозяйственных изделий;

- упаковку химических, пищевых, медицинских, парфюмерных товаров;

- упаковку строительных материалов: плитусов, штапика, наличников, карнизов, жалюзи, обоев и многих других длинномеров. В данном случае используется термоусадочные пленки с различной усадкой в продольном и поперечном направлениях;

- упаковку видеокассет, CD-, DVD-дисков, сувениров и др.

Также термоусадочные пленки применяют для упаковывания продукции на кирпичных и стекольных заводах.

Полипропиленовые пленки (БОПП)

БОПП-пленки (БОРР, биаксиально-ориентированные полипропиленовые пленки) – это материал, применяемый для современной гибкой упаковки, рассчитанной на дальнейшее нанесение печати и ламинирование.

Благодаря своим барьерным, оптическим и физико-механическим свойствам, а также высокой термостойкости, гибкости, прочности, полипропиленовая пленка широко применяется для упаковки товаров в пищевой (хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия, крупы,

сахар, мороженое, чай, пельмени, безалкогольные напитки и минеральные воды), парфюмерной, табачной, легкой промышленности.

Основные достоинства БОПП-пленок:

- высокий уровень полезных физико-химических свойств – таких, как прочность, жесткость, эластичность;
- эстетичный внешний вид;
- устойчивость к воздействию воды.

Типы БОПП-пленок

БОПП (ВОРР) сополимер прозрачная используется при упаковке сыпучих продуктов, бакалейных товаров, хлебобулочных изделий и выпечки, промтоваров, канцелярских принадлежностей. Прозрачность пленки позволяет максимально выгодно представить продукцию, а покупатель может убедиться в качестве упакованного продукта.

БОПП (ВОРР) жемчужная получается благодаря использованию специальных добавок в производстве. Результатом становится особая вспененная структура полипропилена, которая прекрасно отражает свет – но не только: такие пленки, кроме внешних качеств, также отличаются низким удельным весом, что ведет к большей экономии при использовании. Жемчужно ориентированные пленки хорошо выдерживают низкие температуры, что позволит с успехом применять их для упаковки продуктов, нуждающихся в холодном хранении (например, мороженое или глазированные сырки).

БОПП (ВОРР) металлизированная употребляется для упаковки снековой продукции (сухарики, чипсов, соленых орешков). Алюминиевая металлизация обеспечивает этим пленкам повышенную стойкость к кислороду и водяным парам, а также к воздействию света.

Заключение

Взаимная ориентация макромолекул, возникающая при приложении растягивающего напряжения к полимеру, является фундаментальным свойством многих высокомолекулярных соединений, улучшающим их механические и иные свойства и вследствие этого нашедшим широкое применение в промышленности.

Широко применяется не только традиционная одноосная ориентация полимерных плёнок, но и гораздо более эффективная двухосная ориентация, которая снижает анизотропию свойств материала.

Таким образом, описанный метод модифицирования полимерных плёнок и других упаковочных материалов имеет самое широкое применение в производстве современной упаковки. Засчёт повышения прочности полимерных плёнок, подвергнутых ориентации, диапазон их

использования включает самые разнообразные отрасли промышленности: от упаковки продуктов до деталей машиностроения. Проводимые нами исследования также показывают, что утилизированные плёнки также смогут найти широкое применение для производства упаковки.

Данная технология имеет большое технологическое и экономическое значение, ведутся её активные исследования и усовершенствования с предполагаемым последующим внедрением.

Список используемых источников

1. Волинский А.Л., Козлова О.В., Бакеев Н.Ф. Высокомолек. соед. А, 1986, т. 8, №10, с. 22-30
2. Волинский, А.Л., Луковкин, Г.М., Ярышева, Л.М. и др. Высокомолек. соед. А, 1982, т. 24, № 11, с. 23-57
3. Ярышева Л.М., Волинский А.Л., Бакеев Н.Ф. Высокомолек. соед. Б, 1993, т. 35, № 7, с. 913
4. Сверхвысокомолекулярные полимеры, под ред. А. Чиферри, И. Уорда, пер. с англ. Л., 1983. А. И. Слуцкер, с.144, с.263
5. Марихин, В. А., Мясникова Л. П., Надмолекулярная структура полимеров. Л., 1977, с. 12
6. Папков, С. П. Физико-химические основы переработки растворов полимеров. М.: Химия, 1971, с. 93-96
7. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. - М.: Высшая школа, 1981. 656 с.
8. Шварц, О. Переработка пластмасс /О.Шварц, Ф.В. Эбелинг, Б.Фурт; под редакцией А.Д.Паниматченко. – СПб.: Профессия, 2005.-320 с.
9. Рауендаль, К Экструзия полимеров: пер. с англ. 4-го издания/ К.Рауендаль. СПб: Профессия, 2008. - 768 с.
10. Вторичная переработка пластмасс/ под ред. Ла Мантия Франческо, ред. перевода Г.Е.Зайков.- Спб.: Профессия, 2007.- 400 с.

Интерактивная лента времени в учебном процессе

Кузьмич В.В., Микульчик С.Ю., Мильто П.В.
Белорусский национальный технический университет

XX век по праву можно назвать текстовой цивилизацией. В XXI веке мы стали свидетелями становления цивилизации изображений. В повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с визуализацией информации: нас окружают схемы, диаграммы, таблицы, карты,