

Энциклопедия упаковки

В первом номере журнала за 2017 год редакция начала новый учебный проект, который назвала «Энциклопедия упаковки». Его задача – знакомить специалистов с основными понятиями, терминологией в сфере упаковочных материалов, тары, упаковки, вспомогательных упаковочных средств, технологиями и оборудованием для их изготовления и использования.

Уже была размещена информация о бумаге, картоне и гофрокартоне как широко используемых в упаковочном производстве материалах, о различных видах упаковки из них. Первые отклики позитивные. Особенно читатели отмечают простоту, системность и доступность изложенной информации.

В этом номере речь пойдет о полимерах и полимерной упаковке, широко распространенных для упаковывания разнообразной продукции, особенно пищевой.



Упаковочные материалы и упаковка из полимеров

Как ни странно, но выходящие на многих рынках на ведущие позиции полимерная упаковка и полимерные материалы имеют самую короткую историю. XX столетие стало периодом открытия практически всех видов полимеров. А в настоящее время упаковочную индустрию любой страны, любого упаковочного рынка невозможно представить без полимерных пленок и листов, без бутылок, банок, лотков, крышек и колпачков, пакетов и мешков и еще многих других видов упаковочной продукции. Достаточно назвать только несколько цифр, которые красноречиво характеризуют рост производства полимеров и их использования в различных секторах мировой экономики – с 80 тыс. т в 1920 г. до 175 млн т в 2015-м.

За 95 лет – в 2187 раз, или, если равномерно распределить по годам, – в 23 раза за каждый год из всех этих 95 лет. Сумасшедший рост!!! Чем же он обусловлен?

Есть короткий ответ на этот вопрос: полимеры и изделия из них, в том числе полимерная упаковка, – многообразны и разнообразны. Причем это многообразие относится как к самим полимерам, так и к упаковочным полимерным материалам, а разнообразие определяется их свойствами. Все полимеры имеют свою химическую формулу и свою надмолекулярную структуру, которые и определяют их свойства. Более того, меняя различными способами надмолекулярную структуру полимера, можно управлять его свойствами (регулировать их). Разнообразны как выходные формы полимерных материалов для дальнейшей их переработки в изделия, в том числе в упаковку (гранулы, пленки, листы, преформы), так и технологические способы переработки полимеров и полимерных материалов (экструзия в различных ее видах, литье под давлением, прессование, ламинирование, сваривание, термоформование), которые широко используются в производстве полимерной упаковочной продукции.

Во всем многообразии и разнообразии полимеров следует выделить группу многотоннажных термопластичных полимеров кристаллической (полиэтилены, полипропилен, полиэтилентерефталат) и аморфной (поливинилхлорид, полистирол, поликарбонат) структур, которые широко используются для изготовления упаковочных материалов и полимерной упаковки.

Ниже рассмотрим эти полимеры, их отличительные свойства, преимущества и недостатки в использовании в виде сырья для изготовления упаковочной продукции.



Таблиця.

Свойства полимеров, используемых в производстве упаковочных материалов

Полимер	Обозначение	Плотность, г/см ³	Растяжение		Модуль упругости, МПа	Температура размягчения, °С	Теплостойкость, °С	Водопоглощение за сутки, %
			Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %				
Полиэтилен низкой плотности	ПЭНП	0,92	9	500	200	90	70–100	Мин.
Полиэтилен высокой плотности	ПЭВП	0,96	23	700	1000	120	80–120	Мин.
Линейный полиэтилен низкой плотности	ЛПЭНП	0,94	14	600	550	100	40–100	Мин.
Полипропилен	ПП	0,91	30	600	1400	90	80–130	–
Полиэтилентерефталат	ПЭТФ	1,2	60	2	4500	70–150	90	0,6
Полиамид	ПА	1,13	60	180	1800	205	80–105	1,6–6,0
Поливинилхлорид	ПВХ	1,3–1,45	22–55	20–230	40–3100	50–80	65–80	0,4–0,6
Полистирол	ПС	1,05–1,09	40–60	2–3	3300–3500	90–95	70–80	0,25
Поликарбонат	ПК	1,2	60	60	2300	150	100–150	0,15

Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП, ПЭВД, LDPE)

Наиболее распространенный полимер для изготовления упаковочной продукции (от пленок и листов до бутылок и укупочных средств). Широко известно его обозначение — ПЭНП, но встречается и аббревиатура ПЭВД — из-за технологии получения полимера, требующей высокого давления. ПЭНП имеет относительно невысокую плотность — 0,92 г/см³, которая вызвана относительно разветвленной структурой макромолекул. Она определяет и невысокую степень кристалличности полимера (55–70 %), влияющую на многие его свойства. Так, ПЭНП имеет температуру размягчения ниже температуры кипения воды, что не дает возможности использовать его для изготовления упаковки, продукцию в которой необходимо стерилизовать.



Пленки из ПЭНП легко и прочно свариваются термоимпульсным (реже термоконттактным) способом, имеют высокую прочность при растяжении, стойкие к удару, сохраняя эту прочность даже при низких температурах. Они не пропускают пары воды, химически стойки.

В то же время для получения прочного печатного рисунка или при соединении их ламинированием с другими материалами они требуют поверхностной обработки коронным разрядом либо другими способами. Пленки из ПЭНП проницаемы для большинства газов, имеют низкую стойкость к жирам и маслам, не могут использоваться для изготовления упаковки для продукции, которая легко окисляется.

Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП, ПЭНД, HDPE)

Его название определяется более высокой, чем у ПЭНП, плотностью (0,96 г/см³). Изготавливается он при низком относительно ПЭНП давлении, поэтому часто встречается под аббревиатурой ПЭНД. Такой способ изготовления формирует линейную макроструктуру молекул ПЭВП: она более плотная и обуславливает степень кристалличности полимера (в пределах 80–95 %). Именно такие характеристики ПЭВП определяют низкие показатели проницаемости паров воды, газов, высокую химическую стойкость к жирам и маслам,





более высокую, чем у ПЭВП, прочность на растяжение и удар. Упаковочная продукция из ПЭВП жестче и прочнее. Особенно широкое использование ПЭВП нашел при изготовлении экструзионно-выдувной тары (бутылки, канистры, бачки), а также при литье под давлением для производства банок, ящиков, поддонов и другой продукции.

Линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП, LLDPE)

Этот полимер имеет линейную структуру макромолекул с более длинными, чем у ПЭВП, боковыми ответвлениями. Его появление в 70-х годах XX столетия многие специалисты считают в определенном смысле революцией в упаковочном производстве. Из ЛПЭНП изготавливают непроницаемые растягивающиеся и термоусадочные пленки. Более упорядоченная и однородная структура ЛПЭНП, которая характеризуется высоким уровнем полидисперсности (распределение фракций полимера с различной молекулярной массой), определяет и свойства этого полимера. ЛПЭНП имеет высокую химическую стойкость, сохраняет свои эксплуатационные свойства как при низких, так и высоких температурах. Широко применяется для изготовления пакетов и мешков различной формы и вместимости.



Полипропилен (ПП, РР)

ПП относится к группе полиолефиновых полимеров и имеет определенные отличия от полиэтиленов. У него более низкая плотность ($0,91 \text{ г/см}^3$), но более высокая температура плавления ($165\text{--}170 \text{ }^\circ\text{C}$). ПП обладает высокой прочностью на растяжение, стойкий к жирам, изделия из него могут эксплуатироваться при более высоких, чем из полиэтиленов, температурах. Он имеет высокий уровень прозрачности. Однако ПП плохо сваривается, имеет более низкий уровень, в сравнении с ПЭВП, морозостойкости. ПП легко ориентировать, причем в обоих направлениях. Такая ориентация меняет структуру полимера: она становится более упорядоченной, что сказывается на свойствах ПП. Ориентированные полипропиленовые пленки имеют высокую механическую прочность, более стойки к проколам, однако еще хуже свариваются. ПП широко применяется для изготовления упаковочной продукции, которая подвергается стерилизации или эксплуатируется при низких или высоких температурах, а также в тех случаях, когда важна высокая прозрачность упаковочного материала или высокие барьерные свойства.



Ориентированные пленки из ПП используются для усадочного обертывания, например, сигаретной продукции в картонных пачках или кондитерских изделий в картонных коробках, а также при изготовлении многослойных упаковочных гибких материалов, чаще всего в качестве наружного слоя.

Реже ПП используется для изготовления объемной тары (банки, бутылки) экструзией с раздувом или литьем под давлением.

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ, РЕТ)

Этот полимер имеет плотность $1,2 \text{ г/см}^3$, а его степень кристалличности регулируется режимом охлаждения его расплава. При этом гранулы ПЭТФ производятся как для изготовления волокна, так и для пленок и объемной тары, в основном известной всем как РЕТ-тара, появление которой в 70-х годах XX столетия стало значительным событием в упаковочной индустрии.

Несмотря на то что в названии ПЭТФ есть буквосочетание «фталат», сам полимер не имеет никакого отношения к экологически опасным низкомолекулярным фталатам. Производится ПЭТФ в одну стадию реакцией этилен-



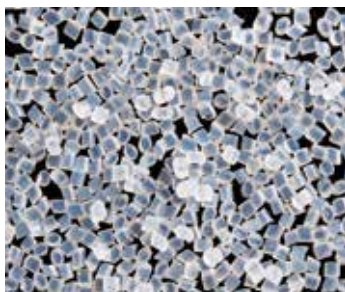
гликоля с терефталевої кислотою. Пластифікатори, наприклад дибутілфталат, при цьому не використовуються, оскільки сам ПЕТФ і так достатньо пластичен.

ПЕТФ має високу морозостійкість ($-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) і теплостійкість ($90\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ізделика із ПЕТФ (плівки, листи, бутлєкє) протнє і протрачнє. Онє імєют високє бар'єрнє свєйствє по отнєшеннєу к газам і парам, стєйкє к жирам і маслам. Прємером их ісполєзованнє в упакєвчєннєй індустрєй євлєєтє прєждє всєго об'ємнє тарє рєзнєй фєрмє і вєстємєстє для газєрєваннєх і другєх вєдєв напєткєв, мєнєрєлєннєй вєдє, соков, рєстєгєльнєх масєл і другєй прєдукцєй. В вєдє плєнок ПЕТФ прємєнєєтє при ізготєвлєннєй мнєгєслєйнєх мєтєрєалєв кєчєствє внєшнєх слєєв, так кєк плєхє свєрєєтєтє тепловємє спєсєбамє.



Полиамид (ПА, РА)

Этот полимер имеет не одно товарное название (нейлон, анид, капрон и другие) и широко применяется для производства волокон. Его плотность $1,13\text{ г/см}^3$, наличие метиленовых групп и амидных связей, высокая степень кристалличности ($0,070\%$) относят полимер к жестким материалам, у которых высокая прочность на разрыв. Они имеют высокую температуру размягчения и плавления, поэтому могут выдерживать условия стерилизации пищевых продуктов. Низкий коэффициент трения и высокая износостойкость полиамидных пленок дает им преимущества при прохождении через узлы и устройства упаковочного оборудования.



Полиамиды нестойкие в водной и влажной среде, имеют высокий коэффициент водопоглощения и

высокую паропроницаемость. Но по отношению к газам их проницаемость ниже, чем у других полимеров. Наиболее широкое применение полиамиды в упаковочной индустрии нашли в виде пленок, преимущественно в комбинации с другими полимерными пленками при изготовлении многослойных материалов. Этому способствует высокая прозрачность полиамидных пленок, особенно двусло- ориентированных, высокая адгезионная прочность при соединении с другими полимерными пленками, качественное нанесение печатного рисунка.

Поливинилхлорид (ПВХ, PVC)

Это аморфный термически нестабильный полимер. Его плотность находится в пределах $1,3-1,45\text{ г/см}^3$ и в значительной степени зависит от состава композиций для переработки ПВХ в изделия (упаковка, упаковочные материалы, трубы, окна и т. д.) экструзией, литьем и прессованием. В состав таких композиций входят стабилизато-



ры, пластификаторы, модификаторы ударопрочности, перерабатываемости, антистатика, красители и другие, которые и определяют эксплуатационные свойства и условия переработки композиций ПВХ. Технология и оборудование для этих целей играют важную роль, так как из-за термостойкости композиции ПВХ необходимо перерабатывать, строго соблюдая технологический режим.

Свойства изделий из ПВХ легко регулировать, меняя композиционный состав. Это дает возможность изготавливать как мягкие, пластифицированные пленки, которые могут быть блестящими и прозрачными и широко применяются как усадочные и растягивающиеся, так и жесткие листы для изготовления термоформованной упаковки для разнообразной пищевой продукции, в том числе жиросо- держащей.

Следует заметить, что экологичность композиций ПВХ зависит от их состава и особенно от вида и экологичности пластификаторов. При этом следует обратить особое внимание не только на условия переработки композиций ПВХ в упаковочную продукцию и другие изделия, но и условия их эксплуатации, а также способы утилизации использованной упаковки.

Полистирол (ПС, PS)



В первоначальном, немодифицированном состоянии этот полимер с плотностью 1,05–1,09 г/см³ имеет свойства, которые не дают возможности использовать его для производства упаковочных материалов и упаковки. Он хрупкий с очень низкой ударной вязкостью.

Ученым пришлось поработать над модифицированными его видами. Среди них необходимо отметить ударопрочный полистирол (УПС), который за счет введения

синтетических каучуков и других добавок имеет более высокую ударную вязкость, становится более гибким, мягким, хотя и менее прозрачным. В таком виде УПС широко применяется для изготовления термоформованной тары, конкурируя с ПП и ПВХ.

Второе направление модификации привело к появлению газонаполненных композиций ПС, получивших название пенопластов или вспененного полистирола (ВПС). После вспенивания (насыщение ПС газовой фазой до 50 %) плотность ВПС становится регулируемой в пределах 0,015–0,06 г/см³, а сам материал приобретает низкую теплопроводность, способность выдерживать значительную нагрузку и легко перерабатывается прессованием, литьем под давлением, термоформованием для изготовления лотков, коробок, прокладок и другой упаковочной продукции.



Поликарбонат (ПК, РК)

Имея довольно высокую плотность (1,2 г/см³), ПК обладает рядом уникальных свойств, которые определяют его применение в упаковочной индустрии. Это высокие прозрачность, термостойкость и ударная вязкость. Причем они практически не меняются при возрастании температуры эксплуатации изделий из этого материала. Кроме этого, пленки из ПК легко воспринимают печатный рисунок, свариваются как тепловым способом, так и ультразвуковым.

В упаковочной индустрии ПК применяется для изготовления пленок, которые благодаря их высокой термостойкости используются в составе многослойных материалов для изготовления реторт-пакетов, упаковки, в которую упаковываются пищевые продукты при высоких температурах, упаковки, в которой пищевые продукты могут стерилизоваться в автоклавах, разогреваться в микроволно-



вых печах. Кроме этого, ПК используется для изготовления бутылей вместимостью 8, 13 и 19 л, в которые фасуют воду для использования в кулерах.

Это основные полимеры из группы крупнотоннажных, которые широко применяются в производстве упаковочных материалов и различных видов потребительской, групповой и транспортной упаковки, а также вспомогательных упаковочных средств.

Современные технологии переработки полимеров в изделия и используемое при этом оборудование, особенно для изготовления многокомпонентных композиционных и многослойных упаковочных материалов, дали возможность расширить круг применяемых для этих целей полимеров. Среди них поливинилиденхлорид, сополимеры этилена и винилового спирта, полиакрилонитрил, сополимер этилена и винилацетата, иономеры и другие. Кроме того, для изготовления полимерных упаковочных материалов используются клеи и адгезивы (большинство из которых – на полимерной основе), а также различные добавки (стабилизаторы, пластификаторы, антистатик, модификаторы и другие). Очень модной в настоящее время является группа биоразлагаемых полимеров. Но об этом – в следующих номерах журнала. А сейчас для получения более широкой информации о полимерах, используемых в упаковочной индустрии, предлагаем обратиться к таким книгам, монографиям и справочникам:

- *Липатов Ю.С., Нестеров А.Е., Гриценко Т.М., Веселовский Р.А.* Справочник по химии полимеров. – К. : Наукова думка, 1971. – 535 с.
- Справочник по пластическим массам : В 2 т. / под ред. В.М. Кагаева и др. – М. : Химия, 1975. – Т. 1, 448 с.; Т. 2, 568 с.
- *Кривошей В.Н., Соломенко М.Г., Шредер В.Л.* Справочник по полимерной упаковке. – К. : Техника, 1982. – 232 с.
- *Соломенко М.Г., Шредер В.Л., Кривошей В.Н.* Тара из полимерных материалов. Справочное издание. – М. : Химия. – 1990. – 400 с. ✓

(Продолжение в следующем номере)