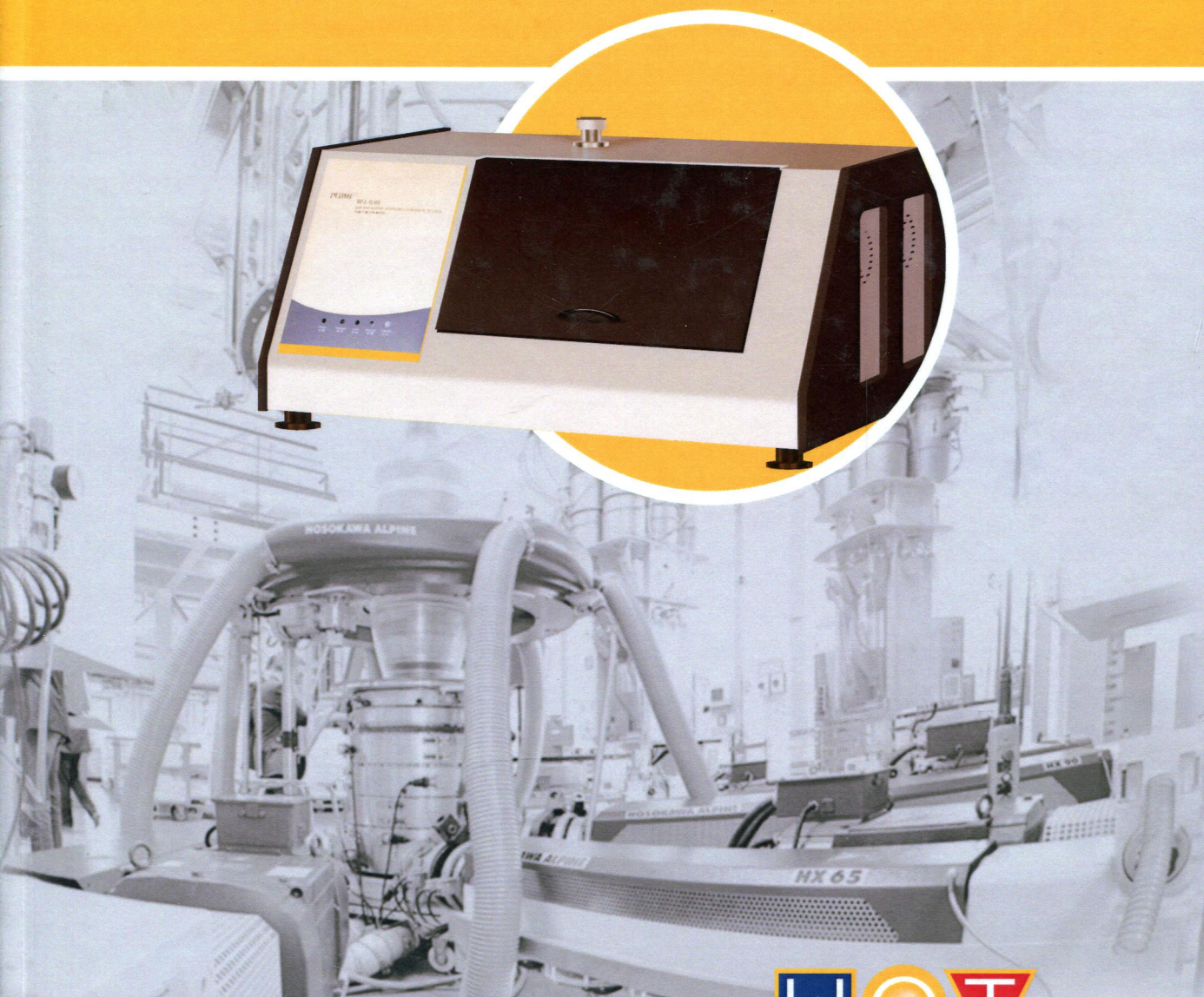


Лоуренс МакКин

СВОЙСТВА ПЛЕНОК ИЗ ПЛАСТМАСС И ЭЛАСТОМЕРОВ



НОТ

Лоуренс МакКин

СВОЙСТВА ПЛЕНОК ИЗ ПЛАСТМАСС И ЭЛАСТОМЕРОВ

Перевод с английского

ИЗДАТЕЛЬСТВО



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ и ТЕХНОЛОГИИ

Санкт-Петербург, 2014

УДК 543.07
ББК 22.251Англ
М15

М15 **Свойства пленок из пластмасс и эластомеров.** / Пер. с англ.— СПб.: Научные основы и технологии, 2014. — 528 стр., ил.

ISBN 978-5-91703-039-5

ISBN 978-1-4557-2551-9 (англ.)

В третье, значительно переработанное издание, справочника вошли данные по инженерным свойствам коммерческих полимерных пленок. Рассмотрены физические, механические, оптические, электрические свойства и проницаемость в контексте конкретных параметров испытаний. Справочный материал для удобства использования приведен в виде сравнения различных полимеров. Приведены данные о характеристиках более 70 видов полимерных материалов, используемых в упаковке. Также рассмотрены нормативно-правовые аспекты использования пленок в пищевой и медицинской отраслях. Книга предназначена для инженеров, технологов и других технических специалистов компаний производителей и поставщиков полимерных пленок.

УДК 543.07
ББК 22.251Англ

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-91703-039-5
ISBN 978-1-4557-2551-9 (англ.)

© Elsevier B.V., 2012
© Изд-во «Научные основы и технологии», 2014
© Хрол Е., перевод, 2014

Содержание

| | |
|--|-----|
| Предисловие | .11 |
| 1. Введение в пластмассы и полимеры | .13 |
| 1.1. Процесс полимеризации | .14 |
| 1.1.1. Полиприсоединение (собственно полимеризация) | .14 |
| 1.1.2. Поликонденсация | .15 |
| 1.2. Сополимеры | .16 |
| 1.3. Линейные, разветвленные и сшитые полимеры | .18 |
| 1.4. Полярность | .18 |
| 1.5. Ненасыщенность (непредельность) | .20 |
| 1.6. Стерические затруднения | .21 |
| 1.7. Изомеры | .23 |
| 1.7.1. Структурные изомеры | .23 |
| 1.7.2. Геометрические изомеры | .23 |
| 1.7.3. Стереои́зомеры – синдиотактические, изотактические и атактические изомеры | .24 |
| 1.8. Внутри- и межмолекулярное взаимодействие в полимерах | .26 |
| 1.8.1. Водородные связи | .26 |
| 1.8.2. Силы Ван-дер-Ваальса | .27 |
| 1.8.3. Переплетение полимерных цепочек | .27 |
| 1.9. Общие понятия и классификация полимеров | .28 |
| 1.9.1. Молекулярная масса | .28 |
| 1.9.2. Термореактивные и термопластичные полимеры | .31 |
| 1.9.3. Кристаллические и аморфные полимеры | .31 |
| 1.9.4. Ориентация | .33 |
| 1.10. Состав пластмасс | .33 |
| 1.10.1. Смеси полимеров | .33 |
| 1.10.2. Эластомеры | .35 |
| 1.10.3. Добавки | .35 |
| 1.11. Выводы | .47 |
| Литература | .47 |
| 2. Основные свойства пленок, полученных из пластмасс и эластомеров | .48 |
| 2.1. Измерение физических характеристик полимерных пленок | .48 |
| 2.1.1. Относительная и абсолютная плотность | .48 |
| 2.1.2. Стабильность размеров при нагревании | .50 |
| 2.1.3. Гигроскопичность материалов (набухание при поглощении влаги) | .51 |
| 2.1.4. Остаточная усадка/релаксация деформации | .52 |
| 2.1.5. Коэффициент термического расширения | .52 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 2.1.6. | Внешний вид: цвет, матовость и глянец | 53 |
| 2.1.7. | Коэффициент трения. | 58 |
| 2.2. | Механические испытания полимерных пленок | 63 |
| 2.2.1. | Механические свойства при растяжении | 64 |
| 2.2.2. | Механические свойства при изгибе. | 68 |
| 2.2.3. | Сопротивление излому (машина для определения срока службы при изгибе МТИ) | 69 |
| 2.2.4. | Прочность на прокол | 71 |
| 2.2.5. | Прочность на разрыв | 74 |
| 2.3. | Измерение теплофизических характеристик полимерных пленок | 77 |
| 2.3.1. | Показатель текучести расплава | 77 |
| 2.3.2. | Температура плавления | 78 |
| 2.3.3. | Температура стеклования | 80 |
| 2.3.4. | Другие методы тепловых испытаний (термического анализа) | 82 |
| 2.4. | Диэлектрические характеристики полимерных пленок | 83 |
| 2.4.1. | Диэлектрическая постоянная (относительная диэлектрическая проницаемость) | 83 |
| 2.4.2. | Коэффициент рассеяния (тангенс угла диэлектрических потерь). | 84 |
| 2.4.3. | Диэлектрическая прочность | 84 |
| 2.4.4. | Поверхностное удельное сопротивление | 84 |
| 2.4.5. | Объемное удельное сопротивление. | 85 |
| 2.5. | Проницаемость пленок. | 86 |
| 2.5.1. | История | 87 |
| 2.5.2. | Перемещение газообразных веществ через слои твердых материалов | 89 |
| 2.5.3. | Эффузия | 89 |
| 2.5.4. | Модели растворения-диффузии и перемещения через поры | 91 |
| 2.5.5. | Многослойные пленки. | 102 |
| 2.5.6. | Испытания по определению проницаемости и скорости проникновения паров | 104 |
| | Литератур. | 112 |
| 3. | Производство полимерных пленок | 114 |
| 3.1. | Экструзия | 114 |
| 3.2. | Пленки, получаемые методом экструзии с последующим раздувом (рукавным методом) | 117 |
| 3.3. | Каландрование. | 118 |
| 3.4. | Линии для получения пленок из раствора методом полива. | 120 |
| 3.5. | Дополнительная обработка пленочных материалов после формования | 122 |
| 3.6. | Нанесение покрытий | 123 |
| 3.6.1. | Нанесение покрытия с помощью гравированного валька. | 123 |
| 3.6.2. | Нанесение покрытия реверсивным вальком | 123 |
| 3.6.3. | Нанесение покрытия в системе с ракельным ножом и вальком | 124 |
| 3.6.4. | Нанесение покрытия в системе с дозирующим стержнем. | 124 |
| 3.6.5. | Нанесение покрытия через плоский зазор (плоскощелевая экструзия). | 126 |
| 3.6.6. | Нанесение покрытия методом погружения (окунания) | 127 |
| 3.6.7. | Вакуумное осаждение (напыление). | 127 |
| 3.6.8. | Выводы по процессу нанесения покрытий | 128 |
| 3.7. | Ламинирование | 129 |
| 3.7.1. | Ламинирование с использованием нагретых вальков и лент. | 129 |
| 3.7.2. | Пламенное ламинирование | 130 |

| | |
|--|------------|
| 3.8. Ориентация | 130 |
| 3.8.1. Одноосная ориентация | 132 |
| 3.8.2. Двухосная ориентация | 133 |
| 3.8.3. Ориентация пленок, получаемых методом экструзии с последующим раздувом (рукавным методом) | 134 |
| 3.9. Строгание | 134 |
| 3.10. Нанесение покрытий | 136 |
| 3.11. Выводы | 136 |
| Литература | 136 |
| 4. Сферы применения барьерных пленок | 138 |
| 4.1. Использование барьерных пленок при производстве упаковки | 138 |
| 4.1.1. Водяные пары | 139 |
| 4.1.2. Атмосферные газы | 139 |
| 4.1.3. Вкус и запах | 140 |
| 4.1.4. Рынки потребления барьерных пленок | 140 |
| 4.1.5. Некоторые проиллюстрированные варианты применения многослойных пленок | 150 |
| 5. Стирольные пластмассы | 156 |
| 5.1. Сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола | 156 |
| 5.2. Сополимер акрилонитрила, стирола и акрилатов | 159 |
| 5.3. Полистирол | 161 |
| 5.4. Сополимер стирола и акрилонитрила | 167 |
| Литература | 168 |
| 6. Сложные полиэфиры | 169 |
| 6.1. Жидкокристаллические полимеры | 169 |
| 6.2. Полибутилентерефталат | 174 |
| 6.3. Поликарбонат | 177 |
| 6.4. Полициклогексилдиметилентерефталат | 185 |
| 6.5. Полиэтиленнафталат | 187 |
| 6.6. Полиэтилентерефталат | 190 |
| 6.6.1. Пленки <i>Teijin Films</i> компании <i>DuPont</i> | 208 |
| 6.6.2. Полиэфирные пленки <i>Hostaphan</i> компании <i>Mitsubishi</i> | 209 |
| 6.6.3. Материал <i>Lumirror</i> компании <i>Toray Industries</i> | 209 |
| 6.6.4. Общие сведения | 209 |
| Литература | 209 |
| 7. Полиимиды | 211 |
| 7.1. Полиамидимид | 211 |
| 7.2. Полиэфиримид | 218 |
| 7.3. Полиимид | 223 |
| 7.3.1. Материал <i>Kapton</i> компании <i>DuPont</i> | 224 |
| 7.3.2. Полиимидные пленки <i>Upilex</i> компании <i>UBE Industries</i> | 243 |
| Литература | 251 |
| 8. Полиамиды (найлоны) | 252 |
| 8.1. Полиамид-6 (наилон-6) | 254 |
| 8.1.1. Материалы компании <i>Honeywell</i> | 255 |
| 8.1.2. Материалы компании <i>EMS-Grivory</i> | 257 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 8.1.3. | Материалы компании <i>UBE</i> | 259 |
| 8.1.4. | Общие сведения о полиамиде-6 | 260 |
| 8.2. | Полиамид-12 (наylon-12). | 261 |
| 8.3. | Полиамид-6,6 (наylon-6,6) | 264 |
| 8.4. | Полиамид-6,6/6,10 (наylon-6,6/6,10) | 267 |
| 8.5. | Полиамид-6/12 (наylon-6/12). | 269 |
| 8.6. | Полиамид-6/6,6 (наylon-6/6,6) | 274 |
| 8.7. | Полиамид-6/6,9 (наylon-6/6,9) | 276 |
| 8.8. | Полиамид-10,10 (наylon-10,10) | 279 |
| 8.9. | Полиамиды специального назначения | 280 |
| 8.9.1. | Аморфные полиамиды | 280 |
| 8.9.2. | Полиамид ПАЦМ-12. | 285 |
| 8.9.3. | Полиариламид | 288 |
| | Литература | 290 |
| 9. | Полиолефины. | 291 |
| 9.1. | Полиэтилен | 292 |
| 9.1.1. | Неклассифицированный полиэтилен | 293 |
| 9.1.2. | Полиэтилен сверхнизкой плотности (ПЭСНП) | 296 |
| 9.1.3. | Линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП) | 298 |
| 9.1.4. | Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) | 299 |
| 9.1.5. | Полиэтилен средней плотности (ПЭСП) | 300 |
| 9.1.6. | Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) | 301 |
| 9.2. | Полипропилен | 308 |
| 9.3. | Полибутен-1 (полибутилен) | 310 |
| 9.4. | Полиметилпентен | 312 |
| 9.4.1. | Полиметилпентен серии <i>R</i> компании <i>Honeywell</i> | 312 |
| 9.4.2. | Пленки <i>Opulent</i> из полиметилпентена (ПМП) марки <i>TPX</i> компании <i>Mitsui Chemicals</i> | 313 |
| 9.5. | Циклический олефиновый сополимер | 314 |
| 9.5.1. | Материал <i>TOPAS</i> компании <i>Topas Advanced Polymers</i> | 316 |
| 9.6. | Пластомер | 319 |
| | Литература | 323 |
| 10. | Поливиниловые полимеры и полиакрилаты (акриловые полимеры) | 325 |
| 10.1. | Сополимер этилена и винилацетата | 325 |
| 10.1.1. | Материал <i>Elvax</i> компании <i>DuPont</i> | 326 |
| 10.1.2. | Материал <i>Evatane</i> компании <i>Arkema</i> | 328 |
| 10.1.3. | Сополимеры этилена и винилацетата <i>Ultrathene</i> компании <i>LyondellBasell</i> | 328 |
| 10.2. | Сополимер этилена и винилового спирта | 332 |
| 10.2.1. | Материал <i>EVAL</i> компании <i>Kuraray</i> | 334 |
| 10.2.2. | Материал <i>Soarnol</i> компании <i>Nippon Gohsei</i> | 342 |
| 10.3. | Поливиниловый спирт | 346 |
| 10.4. | Поливинилхлорид | 348 |
| 10.5. | Поливинилиденхлорид | 351 |
| 10.6. | Полиакрилаты (акриловые полимеры) | 356 |
| 10.7. | Сополимер акрилонитрила и метилакрилата. | 360 |
| 10.8. | Иономеры | 363 |
| 10.8.1. | Материал <i>Surlyn</i> компании <i>DuPont</i> | 364 |

| | |
|--|------------|
| 10.8.2. Пленки иономера марки <i>Iotek</i> компании <i>ExxonMobil Chemical</i> | 368 |
| Литература | 368 |
| 11. Фторполимеры. | 370 |
| 11.1. Политетрафторэтилен | 371 |
| 11.2. Фторированный сополимер этилена и пропилена (сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена) | 379 |
| 11.2.1. Фторированный сополимер этилена и пропилена марки <i>Teflon</i> компании <i>DuPont</i> | 380 |
| 11.2.2. Фторированный сополимер этилена и пропилена марки <i>Neoflon</i> компании <i>Daikin</i> | 391 |
| 11.2.3. Общие свойства фторированного сополимера этилена и пропилена | 392 |
| 11.3. Полиперфтороалкоксиилканы (сополимеры тетрафторэтилена и перфторированных алкилвиниловых эфиров). | 393 |
| 11.3.1. ППФА (перфтороалкоксиилкан, сополимер тетрафторэтилена и перфторированного пропиленвинилового эфира). | 395 |
| 11.3.2. ПМФА (перфтороалкоксиилкан, сополимер тетрафторэтилена и перфторированного метилвинилового эфира). | 398 |
| 11.4. Аморфный фторполимер марки <i>Teflon AF</i> | 400 |
| 11.5. Поливинилфторид | 404 |
| 11.5.1. Материал <i>Tedlar</i> компании <i>DuPont</i> | 405 |
| 11.6. Полихлоротрифтороэтилен. | 418 |
| 11.6.1. Пленки из полихлоротрифтороэтилена марки <i>Aclar</i> компании <i>Honeywell</i> | 419 |
| 11.6.2. Пленки из полихлоротрифтороэтилена марки <i>Neoflon</i> компании <i>Daikin Industries</i> | 420 |
| 11.6.3. Пленки из полихлоротрифтороэтилена марки <i>Voltalef</i> компании <i>Arkema</i> | 421 |
| 11.7. Поливинилиденфторид | 421 |
| 11.8. Сополимер этилена и тетрафторэтилена | 429 |
| 11.8.1. Материал марки <i>Tefzel</i> компании <i>DuPont</i> | 431 |
| 11.8.2. Сополимер этилена и тетрафторэтилена марки <i>Norton</i> компании <i>Saint-Gobain Performance Plastics</i> | 434 |
| 11.8.3. Материал марки <i>Fluon</i> компании <i>Asahi Glass</i> | 434 |
| 11.8.4. Общие свойства сополимера этилена и тетрафторэтилена | 436 |
| 11.9. Сополимер этилена и хлоротрифтороэтилена | 437 |
| Литература | 444 |
| 12. Термостойкие полимеры и полимеры с повышенными эксплуатационными характеристиками. | 446 |
| 12.1. Полиэфирэфиркетон | 446 |
| 12.1.1. Пленка из ПЭЭК марки <i>Victrex APTIV</i> | 448 |
| 12.1.2. Пленки из ПЭЭК марки <i>Ajedium</i> | 449 |
| 12.1.3. Пленки из ПЭЭК марки <i>VESTAKEEP</i> компании <i>Evonik Degussa GmbH</i> | 450 |
| 12.2. Полисилоксаны (кремнийорганические полимеры) | 451 |
| 12.3. Полифениленсульфид | 454 |
| 12.4. Полисульфон. | 459 |
| 12.5. Полиэфирсульфон | 463 |
| 12.6. Полибензимидазол | 467 |
| 12.7. Парилен (поли-пара-ксилилен) | 469 |
| 12.8. Полифениленсульфон | 472 |
| Литература | 475 |

| | |
|---|-----|
| 13. Эластомеры и каучуки | 476 |
| 13.1. Термопластичные полиуретановые эластомеры | 477 |
| 13.2. Термопластичные полиолефиновые эластомеры | 482 |
| 13.3. Термопластичные сополиэфирные эластомеры | 483 |
| 13.4. Термопластичный эластомер на основе поли(эфир-блок-амида) | 487 |
| 13.5. Термоэластопласты на основе блок-сополимеров стирола | 491 |
| 13.6. Синдиотактический 1,2-полибутадиен. | 491 |
| Литература | 494 |
| | |
| 14. Биоразлагаемые полимеры и полимерные материалы из возобновляемых сырьевых ресурсов | 495 |
| 14.1. Целлофан | 500 |
| 14.2. Нитроцеллюлоза (нитрат целлюлозы). | 503 |
| 14.3. Ацетат целлюлозы | 505 |
| 14.4. Ацетобутират целлюлозы (ацетат бутират целлюлозы) | 510 |
| 14.5. Этилцеллюлоза | 513 |
| 14.5. Поликапролактон | 517 |
| 14.7. Полимолочная кислота | 520 |
| 14.8. Поли-3-гидроксibuтират | 525 |
| Литература | 526 |