

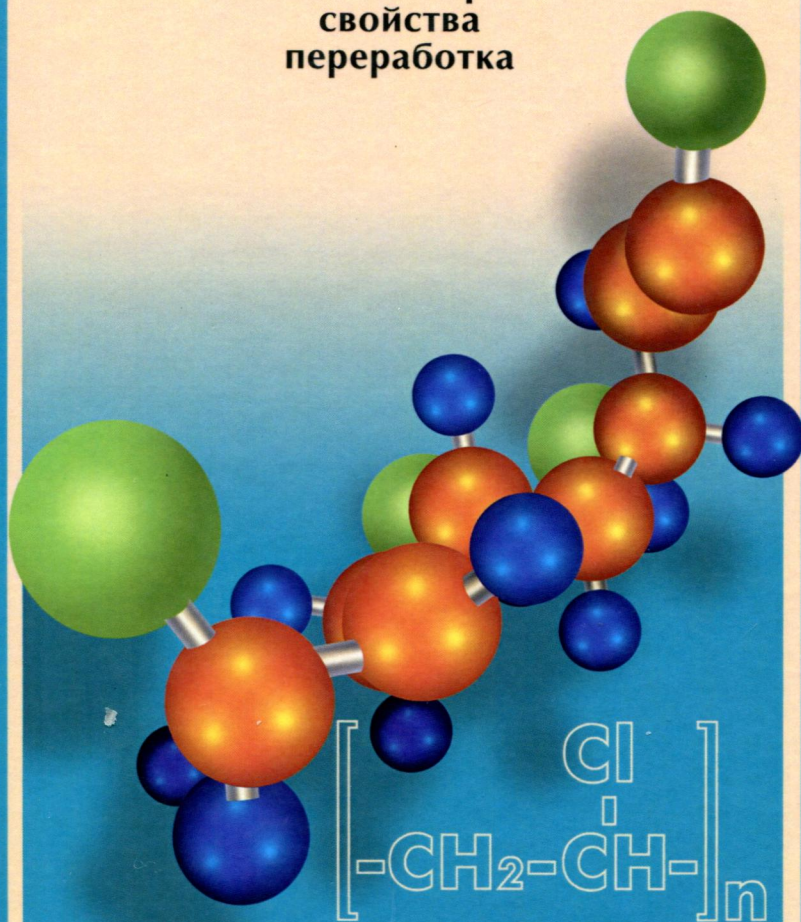
HANSER

Дж. Саммерс, Ч. Уилкес, Ч. Дэниелс

ПВХ

(ПОЛИВИНИЛХЛОРИД)

получение
добавки и наполнители
сополимеры
свойства
переработка



Ч. Уилки (ред.)
Дж. Саммерс (ред.)
Ч. Даниэлс (ред.)

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД

Справочник

Авторы разделов: Марк Т. Берард, Уильям Кокер, Джозеф А. Кауфер, Карлос А. Круз, Чарльз А. Даниэлс, Ребе Эллеити, Ален Годвин, Марсело М. Хиршлер, Томас К. Дженнингс, Рональд Камински, Фред Крауз, Леонард Г. Краускопф, Джеймс Льюис, Лоурен М. Матуана, Энди Олах, Джон Паттерсон, Верджил Персек, Дэвид Дж. Поледна, Элла Рабинович, Ашок Шах, Дэвид Смолли, Уильям Х. Старнс, Джеймс У. Саммерс, Джеймс Л. Трон, ДиЛэйн Уиснер, Дональд Е. Витенхафер, Джоел М. Зазызны

*Перевод с английского
под редакцией д-ра хим. наук, проф. Г.Е. Заикова*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

ЦЕНТР
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ
ПРОФЕССИЯ

Санкт-Петербург
2016

УДК 678.01;53
ББК 35.71Англ

П50 Поливинилхлорид. Справочник / Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниэлс Ч. (ред.).
Пер. с англ. под ред. Г.Е. Заикова. — СПб: ЦОП «Профессия», 2016 г. — 728 с., ил.

ISBN 978-5-93913-153-7
ISBN 1-53990-379-4 (англ.)

В русском переводе уникального справочника дан полный обзор важнейших аспектов, связанных с производством, переработкой и применением поливинилхлорида. Рассмотрена история получения ПВХ, уникальные характеристики данного полимера, производство мономера и его полимеризация. Несколько глав посвящены добавкам к ПВХ, которые расширяют области применения последнего — это стабилизаторы, смазки, пластификаторы, технологические добавки, наполнители, армирующие наполнители, а также присадки к смесям и сплавам. Наряду со специальными ПВХ-смолами, рассмотрен хлорированный ПВХ. В книге описывается получение сополимеров, их свойства и процессы производства изделий на их основе. Также подробно рассмотрены такие важные свойства как воспламеняемость, возгораемость, стойкость к воздействию атмосферных условий, а также вопросы конструирования и эксплуатации изделий. Одна из глав посвящена вопросам защиты окружающей среды, здоровья и безопасности жизни людей.

Большой объем информации и универсальность справочника оценят как опытные технологи, конструкторы и инженеры, так и начинающие специалисты.

УДК 678.01;53
ББК 35.71Англ

All right reserved. Carl Hanser Verlag, Munich/FRG.
Authorized translation from the original English language edition published by Carl Hanser Verlag,
Munich/FRG

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 1-53990-379-4 (англ.)
ISBN 978-5-93913-153-7

© Carl Hanser Verlag, Munich, 2007
Изд-во «Профессия», 2007
© ЦОП «Профессия», 2016
© Перевод, оформление: ЦОП «Профессия», 2016

Содержание

Предисловие к русскому изданию	19
Предисловие	21
1. Введение	22
1.1. Химия и физическая структура	22
1.1.1. Сырье	22
1.1.2. Содержание хлора и устойчивость к сгоранию	23
1.1.3. Морфология полимеризации	24
1.1.4. Уникальность ПВХ при плавлении	24
1.1.5. Свойства, которые зависят от состава и предыдущей переработки	25
1.1.6. Винил — термопластичный эластомер (ТПЭ)	25
1.1.7. Параметр растворимости ПВХ и легкость компаундирования	25
1.2. История поливинилхлорида	27
1.2.1. Потребности общества	27
1.2.2. Индустрия ПВХ — ответственность перед обществом	28
1.2.3. Исторические события	28
1.2.3.1. Хлор	28
1.2.3.2. Винилхлорид	28
1.2.3.3. Полимеризация	29
1.2.3.4. Начало производства ПВХ	29
1.2.3.5. Пластифицированный ПВХ как термопластичный эластомер	29
1.2.3.6. Провод и кабель	30
1.2.3.7. Трубопроводы и фитинги	30
1.2.3.8. Материалы для наружной обшивки, окон и упаковки	31
1.2.3.9. Международное общество инженеров по производству, переработке и применению пластмасс	31
1.2.3.10. Устойчивость к атмосферным воздействиям	32
1.2.3.11. Воздействие винилхлорида и осторожное обращение с ним	32
1.2.3.12. Переработка отходов	32
1.3. Экономическая значимость	33
1.3.1. Развитие промышленности ПВХ	33
1.3.2. ПВХ как главный термопластичный материал	34
1.3.3. ПВХ как термопластичный эластомер	36
1.3.4. ПВХ как технический термопласт	37
Литература	37
2. Мономер винилхлорид	40
2.1. Общая информация	40
2.2. Введение	40
2.3. Физические свойства	41
2.4. Реакции винилхлорида	42
2.4.1. Полимеризация	42
2.4.2. Реакции замещения по связи углерод—хлор	42
2.4.3. Окисление	44
2.4.4. Реакции присоединения	45
2.4.5. Фотохимия	46
2.4.6. Пиролиз	47
2.5. Производство	48

2.5.1.	Прямое хлорирование этилена	48
2.5.2.	Оксихлорирование этилена	51
2.6.	Очистка этилендихлорида перед пиролизом	55
2.7.	Пиролиз этилендихлорида до винилхлорида	56
2.8.	Удаление побочных продуктов	58
2.9.	Экономические аспекты	59
2.10.	Экологические факторы	62
2.11.	Направления развития технологии	64
2.12.	Технические требования	68
2.13.	Факторы здоровья и безопасности	68
	Литература	70
3.	Полимеризация	77
3.1.	Основные положения	77
3.2.	Общее представление о процессе в суспензии	81
3.2.1.	Полимеризация	81
3.2.2.	Отпаривание	86
3.2.3.	Центрифугирование	87
3.2.4.	Сушка и сортировка	88
3.3.	Общие сведения о процессе в массе	88
3.4.	Специальные понятия	91
3.4.1.	Кинетика полимеризации	91
3.4.2.	Структура и формирование частицы полимера	93
3.4.3.	Перемешивание и дисперсанты	95
3.4.4.	Регенерация винилхлорида	97
3.4.5.	Увеличение производительности реактора	98
3.4.6.	Дефекты цепи и термостойкость	101
3.4.7.	Расширение диапазона молекулярных масс	102
3.4.8.	Сополимеризация	103
3.5.	Выводы	104
3.6.	Микросуспензионная и эмульсионная полимеризации	105
3.6.1.	Микросуспензионная полимеризация винилхлорида в сравнении с полимеризациями в эмульсии и суспензии	106
3.6.2.	Методика эксперимента и различные варианты	106
3.6.3.	Эмульсионная полимеризация винилхлорида в сравнении с микросуспензионной или суспензионной полимеризацией ПВХ	107
3.7.	Процесс периодической полимеризации	108
3.8.	Другие аспекты микросуспензионной и эмульсионной полимеризаций ПВХ	108
3.8.1.	Системы ПАВ	108
3.8.2.	Инициаторы	109
3.8.3.	Вода	109
3.8.4.	Сополимеры	109
3.9.	Микросуспензия первичных частиц	110
3.9.1.	Эмульсия первичных частиц	110
3.10.	Молекулярная масса	112
3.11.	Оборудование полимеризации	112
3.11.1.	Гомогенизатор	112
3.11.2.	Корпус реактора	112
3.11.3.	Смешение	113
3.11.4.	Отвод тепла	114

3.12.	Оборудование для последующей переработки.....	115
3.12.1.	Удаление остаточного винилхлорида (отпаривание).....	116
3.12.2.	Сушка.....	117
3.12.3.	Измельчение.....	118
3.12.4.	Упаковка.....	118
3.13.	Качество продукта.....	118
3.14.	Безопасность и окружающая среда.....	119
	Литература.....	120
4.	Стабилизаторы и смазочные материалы ПВХ.....	121
4.1.	Введение.....	121
4.2.	Мировой рынок стабилизаторов и смазок ПВХ.....	122
4.3.	Структура и деградация ПВХ.....	123
4.4.	Общие положения о стабилизации ПВХ.....	126
4.5.	Общие положения о смазывании ПВХ.....	128
4.6.	Свинцовые стабилизаторы.....	129
4.6.1.	История стабилизаторов на основе свинца.....	129
4.6.2.	Производство свинцовых стабилизаторов.....	131
4.6.3.	Механизм стабилизации свинцом.....	132
4.6.4.	Наиболее широко применяющиеся свинцовые стабилизаторы.....	133
4.6.5.	Сильные и слабые стороны свинцовых стабилизаторов.....	133
4.6.6.	Уровни использования свинцового стабилизирующего/смазочного материала.....	135
4.7.	Оловоорганические стабилизаторы.....	135
4.7.1.	История оловоорганических стабилизаторов.....	136
4.7.2.	Производство оловоорганического стабилизатора.....	139
4.7.3.	Механизм стабилизации оловоорганическими соединениями.....	140
4.7.4.	Коммерческое значение оловоорганических стабилизаторов.....	141
4.7.5.	Синергетические добавки для оловоорганических стабилизаторов.....	142
4.7.6.	Смазывающая способность оловоорганических стабилизаторов.....	143
4.7.7.	Преимущества и недостатки оловоорганического стабилизатора.....	144
4.7.8.	Уровни использования оловоорганического стабилизатора/смазки.....	144
4.8.	Смешанные металлические стабилизаторы.....	145
4.8.1.	История стабилизаторов на основе смешанных металлов.....	145
4.8.2.	Производство соединений смешанных металлов.....	147
4.8.3.	Механизм стабилизации смешанными металлами.....	148
4.8.4.	Синергетические добавки стабилизаторов на основе смешанных металлов.....	151
4.8.4.1.	Сложные эпоксиэфиры.....	153
4.8.4.2.	Фосфитные сложные эфиры.....	153
4.8.4.3.	Второстепенные органические синергетические добавки.....	156
4.8.4.4.	Неорганические поглотители кислоты.....	156
4.8.5.	Преимущества и недостатки смешанных металлов.....	156
4.8.6.	Уровень использования стабилизатора на основе смешанных металлов/смазки.....	157
4.9.	Смазки для ПВХ.....	158
4.9.1.	Внутренние и внешние смазки.....	159
4.9.2.	Трехразрядная классификация смазок.....	160
4.9.3.	Взаимодействие между смазками.....	162
4.9.4.	Взаимодействие между стабилизатором и смазкой.....	165

4.9.5.	Смазывающие стабилизаторы	166
4.9.7.	Стабилизатор и смазка в одном составе	166
4.9.8.	Источники получения смазок	168
4.9.8.1.	Нефтяные воски	168
4.9.8.2.	Синтетические углеводородные воски	168
4.9.8.3.	Минеральные воски	169
4.9.8.4.	Натуральные триглицериды	170
4.10.	Испытания стабилизаторов и смазок	171
4.10.1.	Испытания стабильности в печи	172
4.10.2.	Влияние прессования на прозрачность и цвет	173
4.10.3.	Динамическое измельчение	173
4.10.4.	Испытание стабильности в реометре с крутящим моментом	174
4.10.5.	Тест на плакирование	174
4.10.6.	Тест на летучесть	175
4.10.7.	Тесты на совместимость	176
4.10.8.	Несовместимости стабилизатор–стабилизатор	177
4.11.	Поставщики стабилизаторов и смазок для ПВХ	177
4.12.	Влияние стабилизаторов ПВХ на окружающую среду	177
4.12.1.	Общие проблемы окружающей среды	179
4.12.2.	Защита окружающей среды при использовании свинца	180
4.12.3.	Защита окружающей среды при использовании кадмия	181
4.12.4.	Защита окружающей среды при использовании бария	182
4.12.5.	Защита окружающей среды при использовании оловоорганических соединений	183
4.12.6.	Стабилизаторы, основанные на пищевых добавках	184
4.13.	Химия процессов деградации и стабилизации	187
4.14.	Механизм термического дегидрохлорирования	188
4.14.1.	Термически нестабильные структурные дефекты	188
4.14.2.	Гипотетические лабильные структуры	190
4.14.3.	Удлинение полиеновых последовательностей	191
4.14.3.1.	Ионные пары/квазионный механизм	191
4.14.3.2.	Другие возможные механизмы	192
4.14.3.3.	Автокатализ	193
4.15.	Термическая стабилизация	195
4.15.1.	Общие механизмы	195
4.15.2.	Стабилизаторы, содержащие металлы	195
4.15.3.	Органические стабилизаторы	196
4.15.3.1.	Состабилизаторы	196
4.15.3.2.	Ведущие стабилизаторы (тиолы сложных эфиров)	197
	Литература	200
5.	Пластификаторы	204
5.1.	Введение	204
5.2.	Экскурс в историю	204
5.3.	Механизмы пластификации	205
5.4.	Типы пластификаторов	207
5.5.	Действие пластификатора	214
5.6.	Эффективность пластификатора	218
5.7.	Низкая температура	220
5.8.	Действие (скоротечность) пластификаторов	221

5.9.	Растворяющая способность, смешиваемость или совместимость	224
5.10.	Технологичность	225
5.11.	Рынок пластификаторов	225
5.12.	Влияние пластификаторов на здоровье человека	227
5.13.	Будущее пластификаторов	230
	Литература	231
6.	Технологические добавки и эластификаторы	233
6.1.	Технологические добавки	233
6.1.1.	Введение	233
6.1.2.	Развитие	233
6.1.3.	Роль технологических добавок в ПВХ	235
6.1.3.1.	Повышение гомогенности расплава	235
6.1.3.2.	Гомогенность расплава	237
6.1.3.3.	Прочность, растяжимость и эластичность расплава	239
6.1.4.	Преимущества технологических добавок в ПВХ	240
6.1.4.1.	Экструзия	240
6.1.4.2.	Экструзия вспененных материалов	241
6.1.4.3.	Каландрование/термоформование	241
6.1.4.4.	Литье под давлением	242
6.1.4.5.	Выдувное формование	244
6.1.5.	Поставщики технологических добавок	245
6.2.	Эластификаторы	245
6.2.1.	Введение	245
6.2.2.	Развитие	246
6.2.3.	Испытание жесткости и ударопрочности	247
6.2.3.1.	Метод	247
6.2.3.2.	Роль плавления (гелеобразование)	251
6.2.4.	Теория эластификации	254
6.2.5.	Эластификаторы — функционирование, особенности, типы	259
6.2.5.1.	Модификаторы с predetermined размером частиц	260
6.2.5.2.	Промежуточные модификаторы	262
6.2.5.3.	Модификаторы с непредetermined размером частиц	263
6.2.5.4.	Другие типы модификации	264
6.2.6.	Выбор эластификаторов	264
6.2.7.	Источники коммерческой информации	266
	Литература	267
7.	Наполнители и армирующие добавки	270
7.1.	Минеральные наполнители матрицы ПВХ	270
7.1.1.	Введение	270
7.1.2.	Свойства минералов	270
7.1.3.	Свойства частицы	271
7.1.3.1.	Распределение частиц по размеру	271
7.1.3.2.	Площадь поверхности	272
7.1.3.3.	Оптические характеристики	273
7.1.3.4.	Цвет	273
7.1.3.5.	Соотношение геометрических размеров	274
7.1.3.6.	Удельная масса / плотность	274
7.1.3.7.	Твердость по Моосу	275

7.1.3.8.	Упаковочная фракция частиц	275
7.1.4.	Промышленные минеральные наполнители и армирующие агенты	276
7.1.4.1.	Карбонат кальция (CaCO_3)	276
7.1.4.2.	Каолин ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	276
7.1.4.3.	Тальк [$\text{Mg}_3\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$]	277
7.1.4.4.	Слюда [$\text{K}_2\text{M}(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{20})(\text{OH})_4$] (где М – Al, Fe, или Mg)	277
7.1.4.5.	Барит (BaSO_4)	278
7.1.4.6.	Волластонит [CaSiO_3]	279
7.1.4.7.	Сульфат кальция [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]	279
7.1.4.8.	Сиенит нефелина/полевой шпат	279
7.1.4.9.	Стекланные микросферы	279
7.1.5.	Использование и разработка для смесей ПВХ	280
7.1.6.	Обработка поверхности и технология связующих составов	282
7.1.6.1.	Стеараты	283
7.1.6.2.	Цирконаты, титанаты и циркоалюминаты	283
7.1.6.3.	Силаны	283
	Литература	284
7.2.	Натуральные наполнители для матрицы ПВХ	284
7.2.1.	Введение	284
7.2.2.	Характеристики натуральных волокон	286
7.2.2.1.	Структура древесины	286
7.2.2.2.	Химический состав древесины	287
7.2.3.	Композиты ПВХ с натуральными волокнами	288
7.2.3.1.	Влияние технологических условий переработки	290
7.2.3.2.	Влияние добавок, присутствующих в составах	291
7.2.3.3.	Вспенивание композитов ПВХ/натуральные волокна	302
7.2.3.4.	Износостойкость композитов ПВХ с натуральными волокнами	307
	Литература	310
8. Смесии и сплавы на основе ПВХ		314
8.1.	Введение	314
8.2.	Смесии ПВХ с высокой термостойкостью	316
8.2.1.	Сополимеры глутаримида	316
8.2.2.	Акрилонитрил-Бутадиен-Стирольные (АБС) смесии	317
8.2.3.	Suprel	317
8.2.4.	Смесии сополимера стирола и малеинового ангидрида (СМА)	318
8.3.	Эластичные смесии ПВХ	318
8.3.1.	Смесии сополимеров бутадиена и акрилонитрила	319
8.3.2.	Смесии поликетонов	323
8.4.	Агенты, улучшающие совместимость (компабилизатор)	323
8.5.	Выводы	324
	Литература	325
9. Процесии приготовления смесии		326
9.1.	Введение	326
9.2.	Связь между полимеризацией и приготовлением смесии	327
9.3.	Смешение компонентов в форме порошков	328
9.3.1.	Роль высокоскоростного смешения	328
9.3.2.	Проблемы агломерации при высокоскоростном смешении	331
9.3.3.	Решения проблемы агломерации при высокоскоростном смешении	331

9.3.4.	Течение и упаковка порошка	332
9.3.5.	Удаление мономера винилхлорида	333
9.3.6.	Добавление пластификатора	333
9.4.	Распределение и дисперсия ингредиентов	335
9.4.1.	Эффективное диспергирование	336
9.4.1.1.	Межфазное натяжение при диспергировании	336
9.4.1.2.	Совместимость материалов при дисперсии	336
9.4.1.3.	Работа по удлинению при дисперсии	337
9.4.2.	Температурные требования	340
9.4.3.	Предотвращение сдвигового нагревания	342
9.5.	Переработка порошка двухшнековой экструзией	344
9.6.	Переработка порошка в композицию с помощью закрытого порционного смесителя (смеситель Бенбери) и вальцов	345
9.7.	Переработка порошка в композицию в закрытом смесителе непрерывного действия и на вальцах	346
9.8.	Переработка порошка в композицию в ходе одношнекового смешения	348
9.9.	Переработка порошка в композицию на одношнековом экструдере с возвратно-поступательным движением шнека	349
9.10.	Переработка порошка в композицию смешением в двухшнековом экструдере	351
9.11.	Выводы	352
	Литература	353
10.	Эластичный ПВХ	354
10.1.	Источники	354
10.2.	Типы полимеров ПВХ, используемых в эластичных приложениях	355
10.3.	Строение частиц ПВХ, используемых в производстве эластичных изделий	358
10.4.	Предпочтительные способы производства эластичного ПВХ	361
10.5.	Составление смесей эластичного ПВХ	364
10.5.1.	Разработка рецептуры	364
10.5.2.	Общие проблемы разработки рецептуры	364
10.5.3.	Свойства, обычно определяемые для полужестких и эластичных продуктов из ПВХ	367
10.6.	Добавки, используемые в композициях эластичных ПВХ	370
10.6.1.	Жидкие пластификаторы и твердые эластификаторы	370
10.6.2.	Стабилизаторы на основе свинца	374
10.6.3.	Смешанные металлические стабилизаторы	376
10.6.4.	Наполнители	377
10.6.5.	Смазки	381
10.6.6.	Светостабилизаторы	381
10.6.7.	Ингибиторы горения и присадки, снижающие дымность	384
10.6.8.	Другие добавки	385
10.7.	Изделия из эластичных и полужестких ПВХ	385
10.8.	Технические требования и контроль качества изделий из эластичных ПВХ	404
10.8.1.	Прочность на растяжение после старения в печи	404
10.8.2.	Термостабильность, измеряемая крутильным вискозиметром	406
10.8.3.	Вязкость расплава	406
10.8.4.	Твердость	407
10.8.5.	Низкотемпературная хрупкость	407
10.8.6.	Совместимость пластификаторов	408
10.8.7.	Влага	408

10.8.8.	Грубая дисперсия, загрязнение и смоляные гели	409
10.8.9.	Небольшие дефекты и поверхностные явления	409
10.9.	Нормативные вопросы	409
10.10.	Тенденции дальнейшего развития	409
	Литература	410
11.	ПВХ специального назначения	412
11.1.	Дисперсионные и смешанные смолы	413
11.2.	Порошковые смолы	420
	11.2.1. ПВХ для порошковых покрытий и пресс-порошок	420
11.3.	Специальные суспензионные смолы на основе ПВХ	421
	11.3.1. Смолы сверхвысокой молекулярной массы	422
	11.3.2. Сверхвысокоабсорбирующие смолы	423
	11.3.3. Матирующие смолы	426
	11.3.4. Специальный класс эмульсионных смол	426
11.4.	Сополимерные смолы	428
	11.4.1 Традиционные ВХ/ВАц сополимеры	429
	11.4.2. Полимеры, полимеризуемые в растворе	429
	11.4.3. Эластомерные смолы	430
11.5.	Обзор хлорированных ПВХ-материалов и областей их применений	431
	11.5.1. Введение	431
	11.5.2. Процесс хлорирования	432
	11.5.3. Хлорированные поливинилхлоридные композиции	434
	11.5.4. Применение хлорированных полихлорвиниловых композиций	434
	11.5.4.1. Водоснабжение при повышенных температурах	435
	11.5.4.2. Обращение с коррозионно-опасными жидкостями при повышенных температурах	439
	11.5.4.3. Системы пожаротушения на основе изделий ХПВХ	440
	11.5.4.4. Другие изделия на основе ХПВХ	442
	11.5.5. Заключение	442
	Литература	442
12.	Физические свойства ПВХ	444
12.1.	Введение	444
12.2.	Характеристика на молекулярном уровне	444
12.3.	Характеристика на уровне частиц	448
12.4.	Характеристика ПВХ-компаундов	453
12.5.	Типичные лабораторные требования к определению характеристик	463
12.6.	Другие свойства	464
12.7.	Заключение	466
	Литература	466
13.	Горючесть и термоустойчивость	468
13.1.	Введение	468
13.2.	Тепловое разрушение и термическое разложение	468
13.3.	Термическое разложение и термоустойчивость	473
13.4.	Поведение при горении: общие положения	473
13.5.	Свойства при нагреве и соответствующие методы испытаний	475
	13.5.1. Воспламеняемость	475
	13.5.2. Простота тушения	490

13.5.3. Горючесть	492
13.5.4. Распространение пламени	494
13.5.5. Выделение тепла	499
13.5.6. Задымленность	508
13.6. Ингибирование горения и подавление дыма	514
13.6.1. Токсичность дыма	517
13.6.2. Моделирование пожаров и оценка опасности пожара	520
Литература	520
Приложение 1. Определения пожарной безопасности	526
Приложение 2. Значение основных пожарных свойств для конического калориметра	530
14. Разрушение ПВХ под влиянием атмосферных воздействий	531
14.1. Введение	531
14.2. Механизм атмосферного воздействия	531
14.3. Сравнение влияния атмосферных явлений на ПВХ и другие полимеры	535
14.4. Методы испытаний устойчивости к воздействию атмосферных явлений	537
14.4.1. Подвергание внешнему воздействию вне помещений	537
14.4.2. Ускоренная лабораторная экспозиция	538
14.4.3. Стандарты на основе испытаний на воздействие атмосферных явлений ...	539
14.5. Факторы, воздействующие на эксплуатационные свойства ПВХ при работе вне помещений	539
14.5.1. Стабильность цвета	539
14.5.1.1. Стабилизаторы	540
14.5.1.2. Красители	542
14.5.1.3. Влияние карбоната кальция на устойчивость к воздействию атмосферных явлений	545
14.5.1.4. Влияние условий переработки на устойчивость цвета к воздействию атмосферных явлений	545
14.5.2. Сохранение ударной прочности	547
14.5.2.1. Смола ПВХ	547
14.5.2.2. Эластификатор	547
14.5.2.3. Стабилизатор	548
14.5.2.4. Наполнитель	548
14.5.2.5. Условия переработки смеси	550
14.5.3. Стабильность геометрических размеров	550
14.5.3.1. Свойства материала	551
14.5.3.2. Влияние конструкции изделия	553
14.6. Современные тенденции в промышленности	554
14.7. Заключение	556
Литература	556
15. Переработка ПВХ	558
15.1. Введение	558
15.2. Производство изделий на основе жесткого ПВХ	560
15.2.1. Экструзия	560
15.2.1.1. Одношнековый экструдер	560
15.2.1.2. Двухшнековый экструдер	564
15.2.1.3. Сравнение цилиндрических и конических двухшнековых экструдеров	567

15.2.1.4.	Движение расплава к экструзионной головке	568
15.2.1.5.	Экструдер с шестеренчатым насосом	569
15.2.1.6.	Общие понятия о конструкции экструзионной головки	570
15.2.1.7.	Экструзия вспененных изделий	576
15.2.1.8.	Калибровка и отвод	579
15.2.2.	Каландрование	580
15.2.3.	Литье под давлением	583
15.2.3.1.	Термопластавтомат	584
15.2.3.2.	Конструкция литьевой формы	588
15.2.4.	Раздувное формование	592
15.2.4.1.	Экструзионно-раздувное формование	592
15.2.4.2.	Литье с раздувом	598
15.2.5.	Термоформование	599
15.2.5.1.	Термоформование тонкого листа	599
15.2.5.2.	Термоформование толстого листа	608
15.2.6.	Прессование с высокочастотным нагревом	612
15.3.	Переработка композиционных полимерных материалов на основе ПВХ	614
15.3.1.	Наполнители	614
15.3.2.	Вспененный ПВХ	617
15.3.3.	Влияние наполнителей и армирующих агентов на вязкость	620
15.3.4.	Влияние растворенных газов на вязкость	623
15.3.5.	Роль добавок	623
15.4.	Переработка ПВХ-содержащих полимеров	624
15.4.1.	Хлорированный ПВХ	624
15.4.2.	ПВХ-АБС	625
15.4.3.	ПВХ-ПММА	626
15.5.	Переработка пластифицированного ПВХ	626
15.5.1.	Переработка в жидком состоянии	627
15.5.1.1.	Нанесение покрытий	627
15.5.1.2.	Формование полых изделий заливкой и медленным вращением формы	629
15.5.1.3.	Центробежное формование	629
15.5.2.	Переработка мягких материалов	633
15.5.3.	Переработка полужестких материалов	634
15.5.3.1.	Экструзия	634
15.5.3.2.	Раздувное формование	634
15.5.3.3.	Литье под давлением	635
15.6.	Способы соединения деталей	635
15.6.1.	Ультразвуковая сварка	635
15.6.2.	Сварка растворителем	635
15.6.3.	Сварка нагретым инструментом	636
15.6.4.	Механическое крепление	637
	Литература	637
16.	Конструирование изделий	642
16.1.	Введение	642
16.2.	Производство хорошего изделия	642
16.3.	Конструирование изделий для литья под давлением	644
16.4.	Влияние технологических параметров переработки	646
16.5.	Свойства материалов отлитых изделий	650

16.6.	Влияния условий эксплуатации	655
16.7.	Заключение	656
	Литература	657
17.	Области применения ПВХ: стандарты и нормы, составы исходных композиций.	659
17.1.	Введение	659
17.1.1.	Источники информации в различных областях применения	661
	17.1.1.1. Организации	661
	17.1.1.2. Стандарты и нормативы	662
17.2.	Трубы	663
	17.2.1. Организации	663
	17.2.2. Системы водоснабжения	663
	17.2.3. Дренаж, слив и вентиляция	664
	17.2.4. Составы исходных композиций	664
17.3.	Строительство	665
	17.3.1. Сайдинг	665
	17.3.2. Окна и двери	667
	17.3.2.1. Заборы и перила	668
	17.3.2.2. Настилы	668
	17.3.3. Напольные покрытия	669
	17.3.4. Однослойные кровельные материалы	669
	17.3.5. Другие строительные изделия	670
	17.3.5.1. Настенные покрытия	670
	17.3.5.2. Прокладочный материал для захоронений отходов	670
	17.3.5.3. Расширительные соединения	670
17.4.	Потребительские товары и предметы домашнего обихода	670
	17.4.1. Эластичные изделия	672
17.5.	Упаковочные материалы	673
17.6.	Электротовары/электроника	673
	17.6.1. Кабель-каналы	676
17.7.	Транспорт/автомобили	676
17.8.	Другие приложения	676
	17.8.1. Медицинские изделия	676
	17.8.2. Покрытия	677
17.9.	Организации	677
	Литература	680
18.	ПВХ: безопасность, охрана окружающей среды и здоровья.	681
18.1.	Введение	681
	18.1.1. Размер производства и показатели безопасности	681
18.2.	Обзор нормативных документов по мономерам и полимерам (ДХЭ, МВХ, ПВХ)	682
	18.2.1. Выбросы в окружающую среду в США	683
	18.2.2. Допустимые концентрации в воздухе вблизи предприятий	683
	18.2.3. Содержание в рабочей зоне	683
	18.2.4. Диоксины	684
18.3.	Процессы компаундирования	686
	18.3.1. Исходные материалы	686
	18.3.1.1. ПВХ смолы: безопасное обращение	686

18.3.1.2.	ХПВХ	688
18.3.1.3.	Стабилизаторы	689
18.3.1.4.	Пластификаторы	691
18.3.2.	Технологические операции	692
18.3.2.1.	Производство и материалы: смола и компаундирование	692
18.3.2.2.	Содержание вредных веществ и выбросы в рабочей зоне	697
18.3.2.3.	Безопасность	697
18.3.2.4.	Пыль ПВХ	698
18.3.3.	Изготовление изделий	698
18.3.3.1.	Общие сведения	698
18.3.3.2.	Факторы опасности, связанные с оборудованием	699
18.4.	Применение	700
18.4.1.	Строительство	701
18.4.1.1.	Трубы и фитинги	701
18.4.1.2.	Сайдинг, окна и заборы/настилы/перила	703
18.4.2.	Упаковка	708
18.4.3.	Медицинские изделия	710
18.4.4.	Автомобили	711
18.4.5.	Игрушки	713
18.4.6.	Безопасность и токсичность при сгорании	714
18.5.	Завершение срока эксплуатации	717
18.5.1.	Сокращение отходов, повторное использование и переработка	717
18.5.2.	Сжигание	721
18.5.3.	Захоронение	721
	Литература	721