

ИЗДАТЕЛЬСТВО



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ и **ТЕХНОЛОГИИ**

CORROSION ENGINEERING HANDBOOK
SECOND EDITION

CORROSION of POLYMERS and ELASTOMERS

Philip A. Schweitzer



CRC Press

Taylor & Francis Group
Boca Raton London New York

CRC Press is an imprint of the
Taylor & Francis Group, an informa business

Филип А. Швейцер

КОРРОЗИЯ ПЛАСТМАСС И РЕЗИН

*Перевод с английского
под редакцией д-ра техн. наук С.В. Резниченко
и д-ра техн. наук, проф. Ю.Л. Морозова*

ИЗДАТЕЛЬСТВО



НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ и ТЕХНОЛОГИИ

Санкт-Петербург, 2010

УДК 620.193
ББК 30.121Англ
ШЗ4

ШЗ4 Швейцер Ф.А. **Коррозия пластмасс и резин.** / Пер. с англ. под ред. Резниченко С.В., Морозова Ю.Л. — СПб.: Научные основы и технологии, 2010. — 640 с.

ISBN 978-5-91703-010-4
ISBN 978-0-8493-8245-1 (англ.)

В книге приведена информация о действии широкого круга основных сред и химикатов (от воды и виски до плавиковой кислоты) на практически весь ассортимент термопластов, реактопластов, резин, термоэластопластов (ТЭП), отвержденных олигомеров — начиная от хронологически первых фенолформальдегидных смол, до новейших фторэластомеров «Калрез» и наноструктурных термоэластопластов различного состава.

После общего введения в состав, свойства и применение полимеров, в издании основное внимание уделяется последствиям химической коррозии, вызванной изменениями температуры, влажности и влиянием других коррозионных сред. Рассмотрена способность конкретных материалов выдерживать воздействие солнца, атмосферных явлений и озона, а также их химическая стойкость в типичных приложениях. Описаны последствия химической коррозии, такие как набухание, окрашивание, деполимеризация и растрескивание. В книгу также включены таблицы совместимости для каждого из материалов и сравнительные таблицы коррозионной стойкости отдельных эластомеров.

Книга предназначена для специалистов, заинтересованных в коррозионной стойкости и работоспособности полимерных материалов.

УДК 620.193
ББК 30.121Англ

All Right Reserved.

*Authorized translation from English language edition published by CRC Press,
part of Taylor & Francis Group LLC.*

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 978-5-91703-010-4
ISBN 978-0-8493-8245-1 (англ.)

© Taylor & Francis Group LLC, 2007
© Изд-во «Научные основы и технологии», 2010
© Кадина Н., перевод, 2010

Содержание

Содержание	5
Предисловие	10
Предисловие редакторов русского перевода	12
1. Полимеры (введение)	15
1.1. Добавки	20
1.2. Проницаемость	24
1.3. Абсорбция	28
1.4. Окраска полимеров	31
1.5. Коррозия полимеров	32
2. Термопласты	35
2.1. Соединение термопластов	51
2.1.1. Использование адгезионных составов	52
2.2. Акрилонитрилбутадиенстирол (АБС)	56
2.3. Акрилаты	61
2.4. Трифторхлорэтилен (ТФХЭ)	64
2.5. Сополимер этилена и трифторхлорэтилена (ЭТФХЭ)	67
2.6. Сополимер этилена и тетрафторэтилена (ЭТФЭ)	72
2.7. Сополимер перфторированных этилена и пропилена (ТФЭ/ГФП)	77
2.8. Полиамиды (ПА)	83
2.9. Полиамидимид (ПАИ)	89
2.10. Полибутилен (ПБ)	91
2.11. Поликарбонаты (ПК)	92
2.12. Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК)	95
2.13. Полиэфиримид (ПЭИ)	98
2.14. Полиэфирсульфон (ПЭС)	100
2.15. Перфторалкокси-сополимер (ПФА)	103
2.16. Политетрафторэтилен (ПТФЭ)	109
2.17. Поливинилиденфторид (ПВДФ)	114
2.18. Полиэтилен (ПЭ)	120
2.19. Полиэтилентерефталат (ПЭТ)	131
2.20. Полиимид (ПИ)	133
2.21. Полифениленоксид (ПФО)	133
2.22. Полифениленсульфид (ПФС)	136
2.23. Полипропилен (ПП)	140
2.24. Сополимер стирола и акрилонитрила (САН)	146
2.25. Поливинилиденхлорид (ПВДХ)	147
2.26. Полисульфон (ПС)	151
2.27. Поливинилхлорид (ПВХ)	155
2.28. Хлорированный поливинилхлорид (ХПВХ)	165

2.29.	Хлорированный полиэфир (ХПЭ)	170
2.30.	Полиакрилонитрил (ПАН)	174
2.31.	Термопластичный полиуретан (ТПУ)	175
2.32.	Полибутилентерепталат (ПБТ)	178
2.33.	Ацетали	181
	Литература	184
3.	Реактопласты	185
3.1.	Коррозия реактопластов	186
3.2.	Соединения реактопластов	190
3.3.	Стойкость к действию ультрафиолетового света	190
3.4.	Армирующие добавки	190
3.4.1.	Стекловолокно	191
3.4.1.1.	Стекло <i>E</i>	191
3.4.1.3.	Стекло <i>S</i>	192
3.4.1.4.	Элементарное стекловолокно	193
3.4.1.5.	Рубленая стеклопряжа	194
3.4.1.6.	Стекломаты	194
3.4.1.7.	Стеклоткань	195
3.4.2.	Сложные полиэферы	195
3.4.3.	Углеродные волокна	195
3.4.4.	Арамидные волокна	196
3.4.5.	Полиэтиленовые волокна	196
3.4.6.	Бумага	197
3.4.7.	Хлопок и лен	197
3.5.	Сложные полиэферы	198
3.5.1.	Полиэферы общего назначения	200
3.5.2.	Изофталатные сложные полиэферы	201
3.5.2.1.	Применение изофталатных полиэфиров	206
3.5.3.	Бисфенол А. Фумаратные полиэферы	207
3.5.3.1.	Применение	215
3.5.4.	Галогенированные сложные полиэферы	215
3.5.4.1.	Применение	221
3.5.5.	Терефталатные сложные полиэферы	221
3.5.5.1.	Применение	224
3.6.	Эпоксидные сложные полиэферы	224
3.6.1.	Типы смол	225
3.6.2.	Отверждение	227
3.6.2.1.	Ароматические амины	228
3.6.2.2.	Алифатические амины	228
3.6.2.3.	Каталитическое отверждение	228
3.6.2.4.	Ангидриды кислот	228
3.6.3.	Коррозионная стойкость	229
3.6.4.	Применение	229
3.7.	Виниловые сложные эферы	234
3.7.1.	Применение	241
3.8.	Фурановые смолы	241
3.8.1.	Применение	247
3.9.	Фенольные смолы	247
3.9.1.	Применение	248
3.10.	Фенолформальдегидная смола	253
3.10.1.	Применение	253
3.11.	Силиконы	257
3.11.1.	Применение	260

3.12.	Силоксиран	260
3.12.1.	Применение	261
3.13.	Полиуретаны	262
3.13.1.	Применение	262
3.14.	Меламиновые смолы	262
3.14.1.	Применение	264
3.15.	Алкиды	264
3.15.1.	Применение	264
3.16.	Карбамидные смолы (мочевино- или аминосмолы)	264
3.17.	Аллиловые смолы	265
3.18.	Полибутадиены (жидкие углеводородные каучуки)	266
3.19.	Полиимиды	270
3.19.1.	Применение	270
3.20.	Цианаты	271
4.	Сравнительная коррозионная стойкость термопластов и реактопластов	273
	Литература	493
5.	Эластомеры	495
5.1.	Введение	495
5.1.1.	Важность рецептуростроения (кампаундирования)	497
5.1.2.	Сходные черты эластомеров и термопластов	498
5.1.3.	Различия между эластомерами и термопластами	498
5.1.4.	Причины повреждений	499
5.1.5.	Выбор эластомера	503
5.1.6.	Коррозионная стойкость	504
5.1.7.	Применение	505
5.1.8.	Названия эластомеров	506
5.2.	Натуральный каучук	506
5.2.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	508
5.2.2.	Химическая стойкость	508
5.2.3.	Применение	513
5.3.	Изопреновый каучук (ИК)	513
5.4.	<i>Neoprene</i> (неопрен, ХПК)	514
5.4.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	514
5.4.2.	Химическая стойкость	515
5.4.3.	Применение	520
5.5.	Бутадиенстирольный каучук (БСК, <i>Buna-S</i>)	522
5.5.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	523
5.5.2.	Химическая стойкость	523
5.5.3.	Применение	525
5.6.	Бутадиеннитрильный каучук (БНК, <i>Buna-N</i>)	525
5.6.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	526
5.6.2.	Химическая стойкость	526
5.6.3.	Применение	526
5.7.	Бутилкаучук (БК) и хлорбутилкаучук (ХБК)	528
5.7.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий.	528
5.7.2.	Химическая стойкость	529
5.7.3.	Применение	535
5.8.	Хлорсульфированный полиэтилен (<i>Hypalon</i>)	535

5.8.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	535
5.8.2.	Химическая стойкость	536
5.8.3.	Применение	536
5.9.	Бутадиеновый каучук (ПБК)	541
5.9.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	541
5.9.2.	Химическая стойкость	542
5.9.3.	Применение	544
5.10.	Этиленакрилатный каучук (ЭА)	544
5.10.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	544
5.10.2.	Химическая стойкость	545
5.10.3.	Применение	545
5.11.	Бутадиенакрилатный каучук (БАК) и акрилатхлорсодержащий каучук (АСМ)	545
5.11.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	545
5.11.2.	Химическая стойкость	546
5.11.3.	Применение	546
5.12.	Этиленпропиленовый каучук (СКЭП и СКЭПТ)	546
5.12.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	547
5.12.2.	Химическая стойкость	547
5.12.3.	Применение	555
5.13.	Стирол-бутадиен-стирольный блок-сополимер (СБС)	556
5.13.1.	Стойкость к действию солнца, озона и погодных условий	556
5.13.2.	Химическая стойкость	556
5.13.3.	Применение	557
5.14.	Стирол-этилен-бутилен-стирольный блоксополимер (СЭБС)	557
5.14.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	557
5.14.2.	Химическая стойкость	557
5.14.3.	Применение	557
5.15.	Полисульфидные каучуки (<i>ST</i> и <i>FA</i>)	558
5.15.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	558
5.15.2.	Химическая стойкость	558
5.15.3.	Применение	561
5.16.	Полиуретановый каучук (УК)	562
5.16.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	564
5.16.2.	Химическая стойкость	564
5.16.3.	Применение	570
5.17.	Полиамиды	571
5.17.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	572
5.17.2.	Химическая стойкость	572
5.17.3.	Применение	576
5.18.	Сложноэфирные эластомеры	576
5.18.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	576
5.18.2.	Химическая стойкость	577

5.18.3.	Применение	577
5.19.	Термопластические эластомеры (ТПЭ) олефинового типа (ТЭО)	580
5.19.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	581
5.19.2.	Химическая стойкость	581
5.19.3.	Применение	581
5.20.	Силоксановые каучуки (СК) и фторсилоксаны (ФС)	581
5.20.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	582
5.20.2.	Химическая стойкость	582
5.20.3.	Применение	586
5.21.	Винилиденфторид (ПВДФ)	587
5.21.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	588
5.21.2.	Химическая стойкость	588
5.21.3.	Применение	588
5.22.	Фторэластомеры (ФК)	593
5.22.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	594
5.22.2.	Химическая стойкость	595
5.22.3.	Применение	595
5.23.	Этилентетрафторэтилен (ЭТФЭ)	601
5.23.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	601
5.23.2.	Химическая стойкость	601
5.23.3.	Применение	606
5.24.	Этилентрифторхлорэтилен (ЭТФХЭ)	606
5.24.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	607
5.24.2.	Химическая стойкость	607
5.24.3.	Применение	611
5.25.	Перфторэластомеры (ПФК)	612
5.25.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	613
5.25.2.	Химическая стойкость	613
5.25.3.	Применение	628
5.26.	Эпихлоргидриновый каучук	628
5.26.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	629
5.26.2.	Химическая стойкость	629
5.26.3.	Применение	629
5.27.	Сополимер этилена и винилацетата (ЭВК)	629
5.27.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий	629
5.27.2.	Химическая стойкость	629
5.27.3.	Применение	629
5.28.	Хлорированный полиэтилен (ХПЭ)	630
5.28.1.	Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий.	630
5.28.2.	Химическая стойкость	630
5.28.3.	Применение	630
6.	Сравнительная характеристика коррозионной стойкости некоторых эластомеров	631

Предисловие

Коррозия материалов представляет большую опасность и приносит большие убытки. Миллиарды долларов ежегодно тратятся на замену корродированных материалов, механизмов и деталей устройств, включая металлические кровли, конденсаторные трубки, трубопроводы и многие другие объекты. Кроме затрат, связанных с заменой материалов, существуют еще расходы на предотвращение коррозии, проверки и поддержание в рабочем состоянии объектов с катодной защитой. Косвенные убытки от коррозии проистекают из-за простоев, снижения эффективности, загрязнения и потерь материалов.

Несмотря на то что цена замены объекта может быть не очень высока, потери производительности, происходящие вследствие необходимости остановить работу для проведения замены, могут обходиться в сотни долларов в час. При протечках резервуаров или трубопроводов теряется их содержимое. Если протечка не обнаружена в течение некоторого времени, стоимость потерь может достигать значительных величин. Кроме того, протечка может приводить к загрязнению окружающей среды, что требует ее очистки и рекультивации, и может стоить очень дорого. Когда коррозия имеет место, ее продукты накапливаются, замедляя течение жидкости в трубах и уменьшая эффективность теплообмена в теплообменниках. И то и другое увеличивает стоимость производства. Продукты коррозии могут ухудшать качество транспортируемого и перерабатываемого вещества, и поэтому его приходится браковать.

Преждевременные повреждения мостов и зданий вследствие коррозии могут приводить к несчастным случаям и даже гибели людей. Разрушение оборудования может иметь аналогичные бедственные последствия.

Если учесть все эти факторы, становится очевидно, что проблема коррозии должна быть тщательно исследована на ранних стадиях разработки любого проекта, а также что необходимо постоянно контролировать целостность зданий, мостов, оборудования и механизмов для предотвращения их преждевременного разрушения.

Чтобы справиться с потенциальными проблемами коррозии, необходимо знать и понимать:

1. Механизмы коррозии.
2. Стойкость различных материалов к коррозии.

3. Подходящие способы и технологии коррозионной защиты.
4. Методы предотвращения и контроля коррозии.
5. Способы мониторинга коррозии.

Коррозионные процессы касаются не только металлов, но и всех остальных материалов. Эта книга посвящена не столько металлическим, сколько другим материалам.

Главы с первой по четвертую посвящены полимерным (термопластичным и термореактивным) материалам. Для каждого полимера приведены данные о воздействиях на материал различных корродирующих агентов, о способности материала противостоять разрушительному действию солнечного света, погодных условий и озона.

Главы с пятой по шестую посвящены эластомерам и написаны аналогичным образом.

Цель написания этой книги в том, чтобы независимо от того что строится — будь то мост, промышленный объект, трубопровод, танк для хранения, технологический аппарат информация для конструктора, инженера, производственного персонала и кого-либо другого, ответственного за выбор материала конструкции, могла быть найдена в этой книге и позволила бы ему предотвратить далеко не неизбежные потери материала из-за коррозии.

Филип Швейцер

Предисловие редакторов русского перевода

Полимеры — наиболее универсальные материалы современности, применяемые во всех сферах жизнедеятельности человека — от быта до космоса. Практически полностью производство синтетических полимеров было создано в XX веке (больше всего во второй его половине). В тот же период произошло становление химической, нефтедобывающей, нефтехимической, автомобильной и многих других отраслей промышленности, связанных с использованием в той или иной мере агрессивных жидкостей, от которых следовало защитить природу и человека. Разнообразие химических структур, свойств и способов переработки полимеров позволило использовать их в контакте со множеством сред, в том числе наиболее агрессивных.

По мере создания новых типов полимеров становилось все более ясно, что они являются незаменимым материалом, способным функционировать и противостоять различным химическим средам, то есть фактически изолировать человека и его среду обитания от воздействия агрессивных жидкостей. Этому способствовало и многообразие выпускных форм и свойств полимеров — возможность их изготовления в виде однократно (реактопласты и резины) или многократно (термопласты и термоэластопласты) перерабатываемых материалов, жидких отверждаемых олигомеров, растворов, латексов и т. д.

В результате жесткие и эластичные полимеры (и олигомеры) стали основным материалом, способным противодействовать естественной и созданным человеком агрессивным средам.

Наиболее эффективным наглядным проявлением защитных функций полимеров стало их использование в качестве футеровок трубопроводов, емкостей, химаппаратов, защиты целых цехов, производств, терминалов и прочего оборудования и конструкций от действия сильных корродентов вплоть до сильных кислот, производных гидразина и т. д.

В современном автомобиле вся топливная система изолирована от окружающей среды масло- и бензостойкими эластомерными комплектующими — шлангами, манжетами, уплотнителями, герметиками и пр. Это относится, по существу, к любым двигателям внутреннего сгорания, турбинам самолетов, дизельным агрегатам судов, военной техники и т. д.

Защитная одежда, маски противогазов, созданные с использованием агрессивнотойких эластомеров и полимеров, позволяют человеку работать во вредных опасных производствах, при ликвидации катастроф, связанных с выбросами и разливами агрессивных газов и жидкостей. И это лишь отдельные примеры.

В целом разделение с помощью полимеров человека и естественной и им же образованной искусственной агрессивной среды — огромная и важная задача создания благоприятных условий жизни на Земле — то есть ответственная экологическая задача, стоящая перед человечеством.

Огромен ассортимент химикатов (сред), применяемых в производстве и в быту. Знание их воздействия на основные группы полимеров позволяет, во-первых, выбрать «правильный» полимер для работы с химикатом и его транспортировки, во-вторых, дает возможность прогнозировать изменения структуры и свойств полимера в процессе его использования в контакте со средой и, в-третьих, оценить риски при незапланированном контакте полимера и агрессивной среды.

Предлагаемая книга — кладезь информации о действии широчайшего круга основных сред и химикатов (от воды и виски до плавиковой кислоты) на практически весь ассортимент термопластов, реактопластов, резин, термоэластопластов (ТЭП), отвержденных олигомеров — начиная от хронологически первых фенолформальдегидных смол до новейших фторэластомеров «Калрез» и наноструктурных термоэластопластов различного состава.

Конечно, подобные работы были и в России. Так, в области эластомеров много было сделано Ю.С. Зуевым (см., например, Зуев Ю.С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред. — М.: Химия, 1972). Хорошая книга «Химстойкость полимеров в агрессивных средах» (М.: Химия, 1979) была опубликована Ю.В. Моисеевым и Г.Е. Заиковым. Однако это были работы скорее глубокие, чем широкоохватные. Кроме того, в то время ряда агрессивнотойких полимеров и эластомеров еще не было.

Книга П.А. Швейцера покоряет широтой охвата полимеров и сред. Строго говоря, ее надо было бы назвать «Термоагрессивнотойкость полимеров и эластомеров», так как помимо констатации устойчивости к среде дается температура, до которой полимер гарантированно устойчив в контакте с ней.

Следует отметить, однако, что в книге П.А. Швейцера имеются некоторые терминологические несовпадения с используемыми в отечественной литературе определениями. Так, термин *compatibility*, широко используемый автором для характеристики агрессивнотойкости (устойчивости полимера к среде) в отечественной литературе, применяется почти исключительно как термин, характеризующий совместимость (взаиморастворимость) полимеров и олигомеров с широким кругом разнообразных высоко- и низкомолекулярных соединений (В.Н. Кулезнев, А.Е. Чалых и др.). Автор часто использует термины *elastomer* и *rubber*. *Elastomer* — широкое понятие, включающее все материалы, обратимо растяжимые вдвое. *Rubber* — одновременно обозначает два русских понятия — каучук и резина.

Мы старались в примечаниях объяснять, что имеется в виду. Конечно, агрессивностойкими являются только сшитые каучуки — резины. Эластомер — понятие, включающее каучук, резину, все термоэластопласты и даже пластифицированный ПВХ. В данной книге это прежде всего ТЭП.

Могут показаться странными неокругленные значения температур агрессивностойкости. Это связано с тем, что в английском варианте приведены температуры по шкалам Фаренгейта и Цельсия. По Фаренгейту цифры округленные (100–200–300°), по Цельсию — что получится при пересчете со шкалы Фаренгейта (как правило, неокругленные).

В текстах книги имеются отдельные химические опечатки и неточности. Однако это ни в коей мере не снижает огромной ценности и значимости ее подробных табличных данных для инженеров, ученых и специалистов, работающих в области использования полимеров и эластомеров в условиях их контактов с широчайшим кругом агрессивных сред.

Подобных изданий в отечественном материаловедческом книгообороте еще не было. В этом несомненная ценность книги.

С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозов
Москва, 2010 г.

1. Полимеры (введение)

Пластмассы находят широкое применение в промышленности. Их используют для производства небольших пищевых контейнеров и крупных резервуаров для хранения химикатов; для водопроводных труб в жилых домах и трубопроводов на промышленных предприятиях, где они должны выдерживать действие высокоагрессивных химикатов; для изготовления игрушек, каркасов лодок, оболочек инкубаторов и множества других изделий. При правильном изготовлении и использовании пластмассы являются легкими, прочными и дешевыми материалами, устойчивыми к действию различных корродентов.

Пластмассы представляют собой полимерные соединения. Сам термин «пластмасса» означает: «способный легко подвергаться формованию», как, например, шпатлевка или влажная глина. Изначально он был принят для описания первых полимерных материалов, поскольку они действительно легко подвергались формованию. К сожалению, многие используемые в настоящее время полимерные материалы являются довольно хрупкими, и, будучи однажды переработаны в изделие, они не могут подвергаться формованию повторно. Имея в виду эти обстоятельства, в данной книге будет использоваться термин «полимер».

Существует три класса полимеров: термопластичные полимеры, обычно называемые термопластами, реактопласты (термоотверждающиеся полимеры) и эластомеры. Состоящие из длинноцепных линейных макромолекул термопластичные полимерные материалы можно легко формовать при нагревании и повышенном давлении при температуре выше некой критической, называемой температурой стеклования. Изначально этот термин применялся по отношению к стеклам и означал температуру, при которой стекло размягчается и его можно обрабатывать. Значения температур стеклования многих полимеров выше комнатной; следовательно, при обычных условиях эти полимеры являются твердыми телами. Однако при нагревании их можно формовать повторно.

К реактопластам относят полимеры, которые принимают постоянную форму или отверждаются при нагревании; в некоторых случаях это происходит при комнатной температуре. Изначально, это жидкости или порошки, которые соединяясь с определенным реагентом либо подвергаясь каталитической полимеризации превращаются в новый материал со свойствами, отличающимися

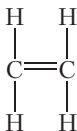
от свойств исходных. Примерами реактопластов, отверждающихся при комнатной температуре, являются полиэпоксиды, получаемые взаимодействием эпоксидных смол с отвердителями или катализаторами. Реактопласты, в отличие от термопластов, аморфны, и чаще представляют собой не линейные молекулы, а разветвленные трехмерные структуры. При нагревании они разлагаются, поэтому не могут быть переработаны повторно.

К эластомерам относят полимерные материалы, которые могут значительно изменяться в размерах при приложении небольших механических воздействий, но возвращаются в исходное состояние, когда воздействие исчезает. Эластомеры преимущественно состоят из молекул, связанных друг с другом; при внешнем механическом воздействии такие связи нарушаются или молекулы раскручиваются, и материал при минимальном механическом воздействии может увеличивать линейные размеры более чем вдвое, сохраняя способность возвращаться в исходное состояние, когда воздействие прекращается. Температура стеклования эластомеров, то есть температура, при которой материал становится хрупким, ниже комнатной.

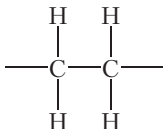
Полимеры — это строительные блоки пластмасс. Полимеры (от греч. «много частей») представляют собой молекулы, составленные из большого числа повторяющихся звеньев, объединенных химическими связями в длинные цепи. Шерсть, шелк и хлопок — примеры природных полимеров.

Процесс получения полимера из мономера называется полимеризацией, которая может осуществляться несколькими методами. В процессе поликонденсации (реакции между мономерными молекулами или концевыми группами молекул) выделяется небольшая молекула, чаще всего вода. Эта реакция является равновесной, следовательно, для ее протекания необходимо постоянно удалять побочный продукт из реакционной смеси. Полимеры, полученные этим способом, разрушаются под воздействием воды и высоких температур.

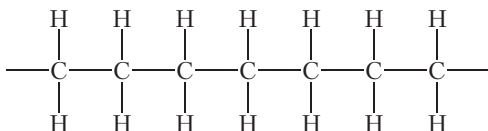
Сама же полимеризация представляет собой процесс, при котором молекулы мономера по одной присоединяются к растущей цепи полимера. В результате очередного присоединения активный центр перемещается на вновь добавленное звено, и к нему же присоединяется следующая частица. Типичный пример полимеризации — полимеризация этилена. В этилене два атома углерода связаны двойной связью, как показано на рисунке:



Каждая связь представляет собой пару делокализованных на двух атомах электронов, таким образом, атомы углерода несут завершенную восьмиелектронную оболочку. При нагревании под давлением в присутствии катализатора π -связь разрывается, образуя одинарную ковалентную связь:



Эта частица, которую условно называют звеном, может реагировать с такими же частицами с образованием длинной цепи:



Большинство реакций полимеризации протекают таким образом, что инициированная однажды цепь удлиняется с большой скоростью до тех пор, пока реакция не оборвется. Цепь полимера не может начать расти повторно после остановки, кроме как посредством протекания побочных реакций.

1868 год стал годом возникновения полимерной промышленности. Первый промышленный процесс представлял собой производство целлулоида из нитроцеллюлозы и камфоры. Получаемый в результате формованный пластичный материал, будучи прогретым, становится очень твердым. Синтетические полимеры появились в начале XX века, когда Лео Бакеланд впервые получил «бакелит» — фенолформальдегидную смолу из фенола и формальдегида. В 1920 году вышла этапная статья, автор которой, Штаудингер предположил, что молекулы полистирола имеют вид длинных цепей. В 1953 году за эту работу он получил Нобелевскую премию. В 1934 году У. Г. Карозерс показал, что полимеры могут быть получены поликонденсацией, при этом был разработан синтез нейлона из гексаметилендиамина и адипиновой кислоты. Впервые на рынке нейлон появился в 1938 году; его поставщиком была компания *DuPont*. В конце тридцатых годов коммерчески доступными стали полистирол, поливинилхлорид и полиметилметакрилат («Плексиглас»).

Дальнейшее развитие процессы конденсации получили после того, как выяснилось, что природные материалы, такие как каучук и целлюлоза также представляют собой огромные молекулы с большим молекулярным весом. Эти полимеры — продукты природной конденсации, и определение их структуры послужило толчком для развития синтетических методов получения различных конденсационных полимеров — полиэфиров, полиамидов и поликарбонатов. Хронологический порядок получения некоторых полимерных материалов представлен в табл. 1.1.

Сравнительно недавно появился термин «конструкционные полимеры». Он употребляется наравне с терминами «высококачественные полимеры» и «конструкционные пластмассы». Согласно справочникам *ASM (ASM Handbook)*, «конструкционные пластмассы» — синтетические полимеры на основе смолы,

рабочие характеристики которых позволяют использовать их как заменители металлов и керамик. В некоторых других источниках этот термин применяется только по отношению к термопластам. Многие «конструкционные» полимеры на самом деле являются усиленными материалами или сплавами (то есть смесью полимеров). Большинство полимеров, производимых полимерной промышленностью, — полиэтилен, полипропилен, ПВХ, полистирол — не относятся к конструкционным.

Армированными называются полимеры, в которые вводят волокна, улучшающие некоторые их физические свойства — обычно ударную прочность и деформационную теплостойкость. Чаще всего используют стекловолокно, несколько реже — углеродное, графитовое, борное и арамидное волокна. В армированном полимере матрица на основе смолы является непрерывной фазой, а армирующее волокно — дискретной. Матрица необходима для связывания волокон между собой так, чтобы была возможность придавать форму материалу, а также для передачи напряжений от основы к волокнам. Поэтому для армирования следует применять только высокопрочные волокна. Вследствие того, что армирование обычно приводит к возрастанию жесткости полимера, для производства материалов, которым необходима гибкость, армирование в его обычной форме не применяют.

Таблица 1.1. Хронологический порядок разработки полимеров

Год	Материал
1868	Целлулоид
1869	Нитроцеллюлоза, этилцеллюлоза, пропионат целлюлозы
1907	Фенолформальдегидная смола («Бакелит»)
1912	Ацетат целлюлозы, пластики на основе виниловых полимеров
1919	Слюда со стеклянной связкой
1926	Алифатически сложные полиэфир
1928	Поливинилацетат
1931	Полиакрилаты
1933	АБС-пластик
1937	Полиэфир, модифицированный уретаном
1938	Полиамиды («Найлон»)
1940	Полиолефины, поливинилальдегиды, ПВХ, пластизол
1942	Ненасыщенные полиэфир
1943	Тefлон, силиконы, полиуретаны
1947	Эпоксидные смолы
1948	Сополимеры бутадиена и стирола
1950	Полиэфирные волокна, поливинилиденхлорид
1954	Полипропилен
1955	Полиуретаны
1956	Полиформальдегид

Окончание табл. 1.1

Год	Материал
1957	Поликарбонаты
1961	Поливинилиденфторид
1962	Феноксиполимеры, полиалломеры
1964	Полиимиды, полифениленоксид
1965	Полисульфоны, поли(4-метил-1-пентен)
1970	Полибутилентерефталат
1971	Полифениленсульфид
1978	Полиарилат (<i>Ardel</i>)
1979	Полиэтилентерефталат-поликарбонатные смеси (<i>Xenoy</i>)
1981	Полиэфирблокамиды (<i>Pebax</i>)
1982	Полиэфирэфиркетон (<i>PEEK</i>)
1983	Полиэфирамид (<i>Utem</i>)
1984	Жидкокристаллические полимеры (<i>Xydar</i>)
1985	Жидкокристаллические полимеры (<i>Vectra</i>)
1988	Поливинилхлорид – сополимер стирола и метакрилата

Фактически все термоотверждающиеся полимеры могут быть усилены волокнами. Особенно полезны в качестве армированных отвержденные полиэфирные смолы. Они широко используются в производстве крупногабаритных изделий: бассейнов, больших цистерн, лодочных каркасов, душевых кабинок и общестроительных материалов. Армированные формирующиеся материалы, такие как фенопласты, алкидные и эпоксидные смолы широко используются в электронике.

Армирование волокнами часто применяют и для термопластов, что позволяет улучшать их физические характеристики, особенно деформационную теплостойкость. Наиболее часто используется стекловолокно. Износостойкость и абразивостойкость термопластов улучшается при введении арамидных волокон. Несмотря на то что армирование может использоваться для всех термопластов, наиболее важно его применение по отношению к следующим материалам:

1. Полиамидные полимеры: добавление к полиамидным материалам стекловолокна позволяет контролировать хрупкость полимера. Предел прочности при растяжении увеличивается втрое и деформационная теплостойкость возрастает от 66 до 260 °C

2. Поликарбонаты: армирование поликарбонатов добавками 10, 20, 30, 40% стекловолокна существенно улучшает из физических свойства.

3. Примерами других полимеров, на которых благотворно сказывается армирование, могут послужить полифениленсульфид, полипропилен, полиэфирсульфон.

Полимеры, которые применяют в строительстве, обычно служат в качестве заменителей металлов. Замена металлических деталей на полимерные уменьшает вес конструкции, к тому же полимерным деталям легко можно придать

нужную форму, что не всегда легко проделать с металлами. Использование полимерных материалов в строительстве позволяет осуществлять сложные архитектурные решения при значительной экономии стоимости, малом весе и привлекательности конструкции. Помимо этого полимерные конструкции не требуют окраски и использования антикоррозионных покрытий. Выбор конкретного полимерного материала основан на механических требованиях, температуре эксплуатации и характеристиках окружающей среды.

1.1. Добавки

Добавки позволяют улучшать различные свойства полимеров. Однако в некоторых случаях использование добавок для улучшения определенного свойства может неблагоприятно сказываться на других свойствах материала. Особенно часто добавление модификаторов сказывается на коррозионной стойкости полимеров — во многих случаях использование добавок уменьшает коррозионную стойкость. Ниже перечислены наиболее часто встречающиеся модификаторы свойств термопластов:

Антиоксиданты	Защита от атмосферного окисления
Красящие вещества	Красители и пигменты
Модификаторы адгезии	Улучшение адгезионного взаимодействия
Наполнители и разбавители	Улучшение определенных свойств или уменьшение стоимости материала (минералы, порошки металлов, органические соединения)
Антипирены	Изменение физических или химических характеристик горения
Пенообразующие вещества	Образование пузырьков газа
Модификаторы ударопрочности	Уменьшение хрупкости материала (обычно введением эластомеров)
Смазки	Уменьшение трения, разогрева поверхностей износа
Осветлители	Органические соединения, поглощающие УФ-излучение области ниже 3000 Å и излучающие ниже 5500 Å
Пластификаторы	Улучшение технологических свойств материала
Армирующие волокна	Увеличение прочности, значений модулей упругости и ударной прочности
Модификаторы технологических свойств	Улучшение технологических характеристик при термической обработке
Стабилизаторы	Контроль протекания нежелательных физико-химических процессов при обработке и последующем использовании

Список специфических наполнителей и свойств, которые они улучшают, приведен в табл. 1.2. Многие термопласты не требуют добавления модификаторов, однако в ряде случаев это необходимо. Например, ПВХ практически не используется в чистом виде, и добавление модификаторов благоприятно сказывается на его свойствах. Ниже будут продемонстрированы примеры воздействия добавок на конкретные полимеры.

Ударную прочность полибутилентерефталата, полипропилена, поликарбоната, ПВХ, полиформальдегида и некоторых смесей полимеров также можно улучшить с помощью добавок. На рис. 1.1 изображен эффект увеличения

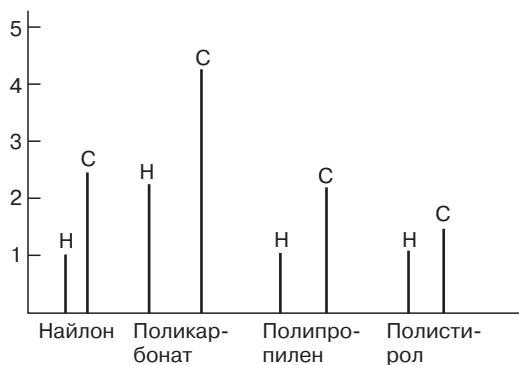


Рис. 1.1. Эффект увеличения ударной вязкости по Изоду термопластичных полимеров, модифицированных добавлением 30 %масс. стекловолкна (Н — ненаполненные; С — наполненные)

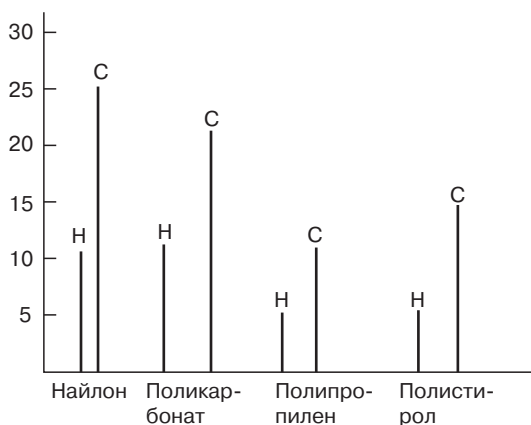


Рис. 1.2. Увеличение прочности термопластичных полимеров, модифицированных добавкой 30 %масс. стекловолкна (Н — ненаполненные; С — наполненные)

Таблица 1.2. Наполнители и их влияние на свойства материала

Наполнитель	Химическая стойкость	Термостойкость	Электрическая изоляция	Ударная прочность	Предел прочности при рас- тяжении
Алюминия оксид, порошок					
Алюминия оксид, тетрагидрат			X		
Бронза					
Вискоза			X	X	X
Графит	X				X
Джут				X	
Древесная мука			X		X
Кальция карбонат		X			
Кальция силикат		X			
Каолин	X	X			
Кремния диоксид, аморфный			X		
Молибдена дис- ульфид					
Найлон, измель- ченные волокна	X	X	X	X	X
Орлон	X	X	X	X	X
Сажа		X			
Слюда	X	X	X		
Стекловолокно	X	X	X	X	X
Тальк	X	X	X		
Тетрафторэтилен					
Углеродное во- локно					
Уголь, порошок	X				
Хлопок, измельчен- ные волокна			X	X	X
Целлюлоза				X	X
Альфа-целлюлоза			X		X

ударной вязкости нейлона, поликарбоната, полипропилена и полистирола, модифицированных добавлением 30 %масс. стекловолокна.

Добавление стекловолокна также увеличивает прочность и модули упругости термопластов. Рис. 1.2 и 1.3 иллюстрируют увеличение прочности и модулей упругости нейлона, поликарбоната, полипропилена и полистирола, модифицированных добавкой 30 %масс. стекловолокна.

Стабильность размеров	Жесткость	Твердость	Электрическая проводимость	Теплопроводность	Влагостойкость	Увеличение твердости
				X	X	
	X				X	X
	X	X	X	X		
X	X	X				X
X	X	X	X	X		
	X					
X	X	X				X
	X	X	X			
X	X	X			X	X
					X	X
	X	X			X	X
X	X	X				X
	X	X				
			X	X		
					X	
	X	X				
X	X	X				

Добавление 20 %масс. стекловолокна также увеличивает деформационную теплостойкость материалов. В табл. 1.3 показано увеличение температур деформации полимеров, модифицированных стекловолокном.

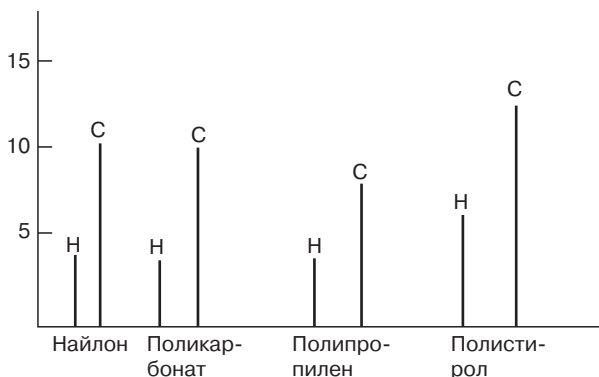


Рис. 1.3. Увеличение модулей упругости термопластичных полимеров, модифицированных добавкой 30 %масс. стекловолокна (Н — ненаполненные; С — наполненные)

1.2. Проницаемость

Любые материалы в той или иной степени проницаемы для других веществ, но проницаемость полимеров часто на порядки выше, чем проницаемость металлов: они проницаемы для газов, паров и жидкостей. Суть проницаемости заключается в проникновении молекул вещества сквозь микропоры полимера (если он достаточно пористый) или между полимерными молекулами. Ни в том ни в другом случае молекулы полимера не подвергаются химическому воздействию оно носит исключительно физический характер. Однако проницаемость может быть нежелательной когда, например, полимер используется для защиты трубопроводов или другого оборудования. В таких случаях проницаемость может иметь нежелательные последствия по следующим причинам:

1. Разрушение защитного материала из-за коррозии.
2. Потеря связи с защищаемой поверхностью и образование пузырей, происходящее вследствие накопления жидкостей и газов там, где несущий (защищаемый) материал менее проницаем, чем защитный слой. Кроме того, защищаемый полимерный материал может взаимодействовать с проникающим компонентом.
3. Возможное разрушение материала. Утечка содержимого трубопровода в результате разрушения защитного материала. В случае использования несвязанных футеровок необходимо, чтобы пространство между футеровкой и несущим материалом сообщалось с атмосферой — не только чтобы выпускать мельчайшие количества пара, но и чтобы футеровка не разрушалась при расширении воздуха в этом слое.

Проницаемость является функцией двух переменных: одна описывает диффузию соединения между молекулами полимера, вторая — растворимость

вещества в полимере. Движущей силой диффузии является парциальное давление газов или градиент концентрации жидкостей. Растворимость же есть функция сродства вещества к полимеру.

Полимеры имеют различные скорости проникновения через них. Некоторые материалы практически непроницаемы. Особенно нечувствительны к воздействию диффундирующих веществ фторсодержащие полимеры. Проницаемость политетрафторэтилена по отношению к пару показана в табл. 1.4, а табл. 1.5 показывает то же для сополимера тетрафторэтилена и гексафторпропилена. В табл. 1.6 приведены данные проникновения различных газов в перфторалкокси сополимере (PEA), а в табл. 1.7 приведены относительные насыщения газом фторсодержащих полимеров.

Таблица 1.3. Увеличение температур допустимой деформации (теплостойкости) полимеров, модифицированных добавкой 20 %масс. стекловолокна

Полимер	Допустимая деформация при 264 <i>psi</i> 20% стекловолокна, °C	Увеличение относительно немодифицированного полимера, °C
Сополимер ацетала	163	52
Полипропилен	121	61
Полиэтилен (неразветвленный)	127	77
Термопласт полиэфира	207	139
Найлон 6 ^a	219	168
Найлон 6.6 ^a	254	183
Акрилонитрилбутадиен-стирол	102	14
Акрилонитрилстирол	102	12
Полистирол	104	12
Поликарбонат	143	12
Полисульфон	185	12

^a 30 %масс. стекловолокна.

Таблица 1.4. Проницаемость политетрафторэтилена^a для различных газов

Газ	Проницаемость г/100 дюйм ² /24 ч/мл	
	23 °C	30 °C
Двуокись углерода (IV)	—	0,66
Гелий	—	0,22
Безводный HCl	—	<0,01
Азот	—	0,11
Ацетофенон	0,56	—

^a Политетрафторэтилен с удельным весом >2,2.

Окончание табл. 1.4

Газ	Проницаемость г/100 дюйм ² /24 ч/мл	
	23 °С	30 °С
Бензол	0,36	0,80
Четыреххлористый углерод	0,06	—
Этиловый спирт	0,13	—
Соляная кислота, 20%	<0,01	—
Пиперидин	0,07	—
Натрия гидроксид, 50%	$5 \cdot 10^{-5}$	—
Серная кислота, 98%	$1,8 \cdot 10^{-5}$	—

Таблица 1.5. Проницаемость сополимера ПТФЭ и ГФП для различных газов

	Проницаемость г/100 дюйм ² /24 ч/мл		
	23 °С	35 °С	50 °С
<i>Газы</i>			
Азот	0,18		
Кислород	0,39		
<i>Пары</i>			
Уксусная кислота		0,42	
Ацетон	0,13	0,95	3,29
Ацетофенон	0,47		
Бензол	0,15	0,64	
Дибутиловый эфир	0,08		
Четыреххлористый углерод	0,11	0,31	
Декан	0,72		1,03
Этилацетат	0,06	0,77	2,9
Этиловый спирт	0,11	0,69	
Гексан		0,57	
Соляная кислота, 20%	<0,01		
Метанол			5,61
Гидроксид натрия	$4 \cdot 10^{-5}$		
Серная кислота, 98%	$8 \cdot 10^{-6}$		
Толуол	0,37		2,93

Таблица 1.6. Проницаемость перфторалкокси сополимера для некоторых газов

Газ	Проницаемость при 25 °С (см ³ /через мм толщины/и площади 100 дм ² /за 24 ч при атмосферном давлении)
Оксид углерода (IV)	2260
Азот	291
Кислород	881

Таблица 1.7. Относительная газопроницаемость фторполимеров

Газ	Поливинил- денфторид	Политетра- фторэтилен	Сополимер ТФЭ и ТФП	Перфторал- кокси сопо- лимер
Воздух	27	2000	600	1150
Кислород	20	1500	2900	—
Азот	30	500	1200	—
Гелий	600	35 000	16 000	17 000
Двуокись углеода	100	15 000	4700	7000

Проницаемость никак не связана с проникновением веществ через трещины и поры материала, хотя в обоих случаях осуществляется перемещение соединений через полимер.

Контролировать проницаемость материала можно следующими способами:

1. При помощи температуры и давления.
2. Изменяя концентрацию проникающего вещества.
3. Путем изменения толщины материала.

При увеличении температуры скорость проникновения станет больше вследствие того, что увеличится растворимость вещества в полимере. Это связано с тем, что повышение температуры способствует движению цепей молекул, следовательно, большее количество вещества может диффундировать между молекулами полимера.

Скорости проникновения многих газов возрастают прямо пропорционально градиенту парциального давления. Аналогичный эффект оказывает градиент концентрации на скорость проникновения жидкостей. Если вещество хорошо растворимо в полимере, увеличение проницаемости может оказаться нелинейным. Проницаемость уменьшается пропорционально квадрату толщины слоя материала.

Плотность полимера также влияет на скорость проникновения. Чем больше плотность, тем меньше количество пор, сквозь которые осуществляется проникновение. Сравнение плотности пластинок различных полимеров не позволяет определить относительные скорости проникновения, однако сравнение плотностей образцов одного полимера позволит это сделать. Чем больше плотность образца, тем ниже скорость проникновения.

Еще один фактор, влияющий на проницаемость полимера, — толщина защитного слоя. Для обеспечения необходимой коррозионной стойкости обычно достаточна толщина защищающего слоя в интервале 0,010–0,020 дюймов; она может несколько варьироваться в зависимости от природы слоя и корродента. Требования к толщине могут быть жестче в случаях, когда необходимо учитывать хладотекуемость в естественных условиях, механическое воздействие или возможность неправильного использования.

Проницаемость обратно пропорциональна квадрату толщины слоя. Казалось бы, это изменение толщины слоя может служить способом регулирования проницаемости, однако этот метод имеет некоторые недостатки. Во-первых, с увеличением толщины слоя термическое напряжение на поверхности раздела увеличивается, что может привести к потере сцепления. Изменения температуры и большое различие коэффициентов термического расширения — наиболее частые причины нарушения сцепления. Толщина пластика и модули эластичности — два фактора, оказывающие влияние на это напряжение. Во-вторых, если требуется футеровка большей толщины, значительно увеличивается стоимость оборудования и трудоемкость обработки несущего материала.

Скорость проникновения также зависит от температуры и градиента температуры в защищающем слое. Их уменьшение снижает скорость проникновения. Футерованные резервуары для хранения веществ, используемые в нормальных условиях обеспечивают надежную эксплуатацию.

Некоторые другие физико-химические и химические факторы, влияющие на проницаемость:

1. Легкость конденсации проникающего вещества. Легкоконденсирующиеся соединения проникают в полимер с большей скоростью.
2. Чем сильнее взаимодействие между цепями (Ван дер Ваальсовские и водородные связи), тем ниже скорость проникновения.
3. Чем выше степень кристалличности полимера, тем ниже скорость проникновения.
4. Чем больше степень сшитости полимера, тем ниже скорость.
5. Химическое сходство полимера и проникающего вещества (например, наличие одинаковых функциональных групп) увеличивает скорость.
6. Чем меньше размер молекул проникающего вещества, тем больше скорость проникновения.

1.3. Абсорбция

Полимеры могут поглощать различные количества контактирующих с ними корродентов, в частности органических жидкостей. Следствием этого может являться разбухание, растрескивание материала, а в некоторых случаях возможно проникновение вещества защитного слоя в субстрат. Разбухание вызывает размягчение полимера, что приводит к возникновению больших напряжений и нарушению сцепления субстрата с защитным слоем. Если скорость абсорбции велика, возможно проникновение вещества через полимер. Некоторое соответствие проницаемости и абсорбции может быть проиллюстрировано на примере воды. Эти данные обычно являются доступными. В табл. 1.8 приведены скорости поглощения воды для наиболее часто встречающихся полимеров. В табл. 1.9 приведены данные о поглощении различных жидкостей сополимером тетрафторэтилена и гексафторпропилена, а в табл. 1.10 — то же для перфторалкокси сополимера.

Повреждение материала, обусловленное абсорбцией, можно выявить при помощи метода «парового цикла», в стандарте *ASTM* для футерованного трубопровода. Объект (обычно это часть трубопровода) подвергается воздействию циклически изменяющихся температуры и давления; всего эксперимент включает в себя 100 циклов. Пар создает градиент температуры и давления в обкладке, вызывая поглощение малых количеств пара, который конденсируется в виде воды на внутренних стенках. При уменьшении давления или при повторном введении пара вода снова образует пар, вызывая образование микропор. Повторное увеличение давления и температуры увеличивает размер пор, в итоге приводя к образованию видимых заполненных водой пузырьков внутри футеровки.

В реальном процессе полимер может поглощать перекачиваемую жидкость и повторение циклов изменения температуры и давления может вызвать образование пузырей. В итоге корродирующий агент может проникнуть к субстрату.

Родственные эффекты имеют место, когда абсорбируемые химикаты могут в дальнейшем реагировать, разлагаться или затвердевать внутри полимера.

Длительное пребывание химикатов внутри полимерной матрицы может привести к их разложению. Хотя это необычно, но поглощенные мономеры могут иногда полимеризоваться в матрице.

Таблица 1.8. Скорости поглощения воды полимерами

Полимер	Поглощение воды 24 ч при 23 °C, %
ПВХ	0,05
Хлорированный ПВХ	0,03
Полипропилен	0,02
Полипропилен (сополимер)	0,05
Сверхвысокомолекулярный полиэтилен	<0,01
Сополимер этилена и трифторхлорэтилена	<0,01
Поливинилиденфторид	<0,04
Поливинилиденхлорид (<i>Saran</i>)	~0
Перфторалкокси сополимер	<0,03
Сополимер этилена и тетрафторэтилена	0,029
Политетрафторэтилен	<0,01
Сополимер тетрафторэтилен– гексафторпропилен	<0,01

Таблица 1.9. Поглощение некоторых жидкостей сополимер ТФЭ-ГФП^a

Вещество	Температура, °C	Диапазон увеличения массы, %
Анилин	185	0,3–0,4
Ацетофенон	201	0,6–0,8
Бензальдегид	179	0,4–0,5
Бензиловый спирт	204	0,3–0,4

^a В течение 168 ч при температуре кипения жидкости.

Окончание табл. 1.9

Вещество	Температура, °С	Диапазон увеличения массы, %
<i>n</i> -Бутиламин	78	0,3–0,4
Диметилсульфид	190	0,1–0,2
Нитробензол	210	0,7–0,9
Сульфурилхлорид	68	1,7–2,7
Тетрахлорэтилен	121	2,0–2,3
Толуол	110	0,7–0,8
Трибутилфосфат	200 ^б	1,8–2,0
Четыреххлористый углерод	78	2,3–2,4

^б Без кипения.

Таблица 1.10. Поглощение жидкостей перфторалкокси сополимером

Вещество ^а	Температура, °С)	Диапазон увеличения массы, %
Анилин	185	0,3–0,4
Ацетофенон	201	0,6–0,8
Бензальдегид	179	0,4–0,5
Бензиловый спирт	204	0,3–0,4
<i>n</i> -Бутиламин	78	0,3–0,4
Четыреххлористый углерод	78	2,3–2,4
Диметилсульфоксид	190	0,1–0,2
Фреон 113	47	1,2
Изооктан	99	0,7–0,8
Нитробензол	210	0,7–0,9
Тетрахлорэтилен	121	2,0–2,3
Сульфурилхлорид	68	1,7–2,7
Толуол	110	0,7–0,8
Трибутилфосфат	200 ^б	1,8–2,0
Бром, безв.	–22	0,5
Хлор, безв.	120	0,5–0,6
Хлорсульфоновая кислота	150	0,7–0,8
Хромовая кислота, 50%	120	0,00–0,01
Железа (III) хлорид	100	0,0–0,01
Соляная кислота, 37%	120	0,0–0,03
Фосфорная кислота, конц.	100	0,00–0,01
Цинка хлорид	100	0,00–0,03

^а Жидкости выдерживались над полимером в течение 168 ч при температуре кипения растворителя. В кислотных реагентах выдерживались в течение 168 ч.^б Без кипения.

Есть несколько способов подавления абсорции. Термоизоляция субстрата уменьшает градиент температуры в материале, таким образом предотвращая

конденсацию и последующее расширение поглощенных паров и жидкостей. Кроме того, она уменьшает скорость и амплитуду температурных колебаний, сводя к минимуму образование пузырьков. Использование методов работы, которые ограничивают степень уменьшения давления или увеличения температуры также способствуют защите от абсорбции.

1.4. Окраска полимеров

Часто дешевле окрашивать готовые изделия из полимеров, чем использовать окрашенные смолы или окрашивать материал в процессе формования.

Таблица 1.11. Диапазоны УФ-излучения

Диапазон	Длина волны, нм	Характеристика
УФ-А	400–315	Вызывает разрушение полимера
УФ-В	315–200	Наиболее коротковолновое излучение, проходящее к поверхности Земли; вызывает разрушение полимера. Поглощается стеклом
УФ-С	280–100	Поглощается атмосферой

В некоторых случаях окрашивание требуется, когда необходима защита от УФ-излучения. Однако процесс окрашивания сопряжен с определенными трудностями, в частности, необходимо учитывать следующее:

1. *Температуру деформации и теплостойкость.* Величины этих параметров определяют, можно ли использовать термическое окрашивание, и если да, то максимальную температуру сушки, которую полимер выдерживает.

2. *Инертность к действию растворителя.* Различные растворители могут химически воздействовать на полимеры, что может определять выбор окрашивающей системы. Некоторое размягчение поверхности материала желательно для улучшения адгезии краски, но не следует использовать агрессивные растворители во избежание образования дефектов на поверхности материала.

3. *Остаточное напряжение.* Формованные изделия могут иметь участки с некоторым напряжением. Покрытие краской этих участков может привести к их вздутию и растрескиванию. отжиг детали перед окраской сведет эту проблему к минимуму.

4. *Остатки смазки на полимере.* Если на изделии после формования остаются большие количества смазки, возможны проблемы с адгезией. Для предотвращения этой проблемы изделие должно быть тщательно отмыто от смазки или очищено каким-либо другим способом.

5. *Пластификаторы или другие добавки.* Большинство полимеров содержат пластификаторы и(или) химические добавки. Эти вещества склонны мигрировать на поверхность и могут размягчать покрытие и препятствовать его сцеплению с основой. Перед окраской материала должно быть проверено, не будет ли покрытие краткосрочно или долгосрочно размягчаться и не возникнут ли адгезионные проблемы.

6. *Другие факторы.* На долгосрочное сцепление краски с поверхностью влияют свойства полимера, например его жесткость или коэффициент растяжения. Физические свойства пленки покрытия должны соответствовать свойствам полимера.

1.5. Коррозия полимеров

Коррозия металлов представляет собой электрохимическую реакцию, протекающую с определенной скоростью. Следовательно, время жизни металлического объекта в определенных «коррозионных» условиях может быть с хорошей точностью предсказано. В случае полимерных материалов дело обстоит намного сложнее.

Полимерные материалы не обладают определенной скоростью коррозии. Обычно они абсолютно устойчивы к действию определенного корродента (в определенных температурных интервалах) или же быстро разрушаются. Действие корродента может осуществляться как путем химического взаимодействия, так и путем сольватации. Суть сольватации заключается в том, что частицы корродента проникают в полимер, что вызывает разбухание, размягчение и, наконец, полное разрушение полимера. Коррозия полимеров может быть классифицирована на следующие типы по механизму воздействия агента:

1. Физический распад полимерного тела вследствие абсорбции, пропитывания, действия растворителя или других факторов.
2. Окисление, когда атакуются химические связи.
3. Гидролиз, например, гидролиз сложноэфирных связей.
4. Воздействие излучений.
5. Термическая деструкция, которая может включать в себя деполимеризацию и иногда повторную полимеризацию.
6. Дегидратация (довольно редко).
7. Любые сочетания перечисленных выше механизмов.

Результаты этих воздействий приводят к размягчению, обугливанию, растрескиванию, расслоению, увеличению хрупкости, обесцвечиванию, растворению или разбуханию полимерного материала.

На коррозию композитного полимерного материала влияют два других фактора: природа слоистого пластика и, в случае термоотверждающихся полимеров, собственно отверждение. Неправильный или недостаточно продуманный метод отверждения может уменьшать коррозионную стойкость, в то время как правильные время и метод отверждения ее улучшают.

Полимерные материалы, предназначенные для использования на открытом воздухе, подвергаются различным погодным воздействиям, которые могут быть вредны для материала. Наиболее неблагоприятно для материалов воздействие УФ-излучения, которое может приводить к постепенному увеличению хрупкости, растрескиванию и выцветанию ингредиентов на поверхность. Многолетнее воздействие прямых солнечных лучей также сказывается негативно: при воз-

действии излучения на большинство полимеров уменьшается их ударная прочность, ухудшаются механические свойства и внешний вид.

Электромагнитное излучение Солнца обычно делят на УФ-, видимую и ИК-области. Длины волн инфракрасного излучения лежат выше 760 нм. Область видимого света лежит в интервале от 400 до 760 нм и, наконец, ультрафиолетовое излучение — излучение с длиной волны, меньшей 400 нм. Ультрафиолетовая часть спектра подразделяется на УФ-А, УФ-В, УФ-С. Эффекты воздействия различных излучений показаны в табл. 1.11.

Вследствие того что излучение УФ-области поглощается атмосферой, облачным покровом, загрязнениями и другими факторами, мощность и диапазон УФ-излучения, воздействующего на материал, очень сильно различаются. В частности, зимой, когда солнце ближе к горизонту, излучение проходит через большие массивы воздуха. Следовательно, и диапазон, и интенсивность солнечного света летом и зимой сильно отличаются. Зимой большая часть разрушительно действующего коротковолнового излучения поглощается атмосферой. Например, интенсивность УФ-света с длиной волны 320 нм зимой примерно в 8 раз меньше, чем летом. Кроме того, длина волны наиболее коротковолнового излучения меняется примерно от 295 нм летом до 310 нм зимой. В результате материалы, чувствительные к УФ-излучению с длиной волны меньше 320 нм, зимой будут разрушаться лишь незначительно.

Фотохимическое разрушение полимеров вызывается фотонами, которые разрушают химические связи. Для каждого типа химической связи существует некая критическая длина волны света, которая обладает достаточным запасом энергии, чтобы вызвать реакцию. Если длина волны света меньше критической, излучение будет разрушать связь, если больше — нет. Таким образом, коротковолновая граница излучения источника света имеет решающее значение. Если определенный полимер разрушается под действием излучения с длиной волны, меньшей 290 нм (нижняя граница диапазона солнечного излучения), он не будет подвергаться фотохимическому разрушению на открытом воздухе.

Способность выдерживать погодные условия различается для различных материалов и даже для разных марок одних и тех же полимеров. Для улучшения этих качеств ко многим маркам полимеров добавляют УФ-поглощающие добавки. В целом при прочих равных условиях типы полимеров с большим молекулярным весом проявляют лучшую стойкость к действию погодных условий, чем сорта с меньшим. Кроме того, окрашивание полимеров иногда способствует улучшению стойкости.

Многие различия в физических свойствах и химической стойкости полимеров напрямую зависят от типа и порядка соединения атомов в полимерных цепях. Элементы периодической системы условно можно разделить на классы, внутри которых элементы обладают сходными химическими свойствами. К этим классам относятся щелочные металлы, щелочноземельные металлы, переходные металлы, редкоземельные элементы, остальные металлы, неметаллы и благородные (инертные) газы.

Особый интерес для термопластов в этом ряду представляют галогены, входящие в число неметаллов. К галогенам относятся фтор, хлор, бром и йод. Эти элементы являются наиболее электроотрицательными, следовательно, они склонны притягивать электроны связей от других элементов с образованием стабильных структур. Из всех галогенов наибольшей электроотрицательностью обладает фтор, что позволяет ему образовывать очень прочные связи с углеродом и водородом, при этом связь двух атомов фтора друг с другом оказывается довольно слабой. Наличие связи углерод–фтор обуславливает наличие некоторых важных свойств таких полимеров, как поливинилиденфторид и политетрафторэтилен. Эти соединения являются одними из наиболее стабильных органических соединений. Атом фтора является в некотором роде «щитом» для других менее прочных связей цепи полимера. Углерод–водородная связь, составляющая основу полиолефинов, значительно слабее. К полимерам, состоящим лишь из углерода и водорода относятся, например, полиэтилен и полипропилен. Связь углерод–хлор, являющаяся ключевой в ПВХ, еще слабее, чем углерод–водородные.

Расположение элементов в молекуле, симметрия структуры и степень разветвленности полимера также важны, как и вид элементов, из которых составлена молекула. Полимеры, состоящие из углерода и водорода, например, полиэтилен и полипропилен, и полимеры, содержащие связи углерод–хлор, как в ПВХ и политрифторхлорэтилене отличаются по химической стойкости от полностью фторированных полимеров, например, политетрафторэтилена. Последний обладает значительно большей коррозионной стойкостью.

Фторопласты можно разделить на две группы: полностью фторированные фторуглеродные полимеры, например, политетрафторэтилен, сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена, полифталанид, носящие общее название перфторполимеров, и лишь частично фторированные полимеры, например, сополимер этилена и тетрафторэтилена, поливинилиденфторид, которые носят название фторполимеров. Характеристики полимеров внутри группы являются довольно сходными, однако, как будет показано далее, между группами имеет место большое различие.

2. Термопласты

Аналогично металлам термопластические материалы могут быть повторно отформованы при нагревании. Их молекулы представляют собой длинные линейные цепи, благодаря чему эти материалы можно формовать посредством воздействия тепла и давления при температурах выше некоторой критической — температуры стеклования. Возможность переформования делает эти материалы вторично перерабатываемыми. Однако термическое старение, являющееся следствием повторяющихся циклов нагревание–охлаждение вызывает деструкцию полимера и ограничивает число циклов переработки.

Полимеры образуются в результате реакции полимеризации молекул мономера одного типа, в то время как молекулы сополимеров являются результатом полимеризации двух или более мономеров. Можно сказать, что в этих молекулах один из мономеров в полимере замещен другим. Когда цепь полимера составлена из мономеров одного типа, его называют гомополимером, в отличие от сополимера, состоящего из нескольких типов мономеров. Термопластичными могут быть как гомо-, так и сополимеры. Сплавами полимеров называют смеси различных полимеров.

Поскольку в целом термопласты обычно обладают большей ударопрочностью и меньшей хрупкостью по сравнению с термоотверждающимися полимерами (реактопластами), они часто могут использоваться без введения наполнителей. Однако бывают и исключения: некоторые термопласты склонны к растрескиванию, что необходимо учитывать при выборе материала. Структура термопластов обуславливает их меньшую по сравнению с реактопластами размерную и термическую стабильность. Таким образом, эксплуатационные характеристики реактопластов выше по сравнению с термопластами, однако стоимость переработки последних ниже. Существует три главных направления развития технологии термопластов и реактопластов. Во-первых, армирование термопластов волокнами позволяет значительно увеличить стабильность материала. Во-вторых, были разработаны так называемые ударопрочные и стабильные конструкционные полимеры, армирование которых волокнами позволило еще больше увеличить их стабильность. Наконец, как конкурентные с переработкой полимеров были разработаны недорогие способы переработки реактопластов литьем под давлением, что снижает их стоимость.

Чаще всего для армирования используются углеродное волокно и стекловолокно. Если армируемый материал является термопластом, полученный материал носит название композит. Необходимо заранее проверять, совместим¹ ли армирующий материал с корродирующими агентами так же, как необходимо проверять совместимость с ними самого термопласта. В табл. 2.1 представлены данные о совместимости стекловолокна с некоторыми корродирующими агентами, а в табл. 2.2 — данные для углеродных волокон. В табл. 2.3 содержатся данные о совместимости различных химикатов с непористым графитом.

Конструкционные пластмассы представляют собой синтетические полимеры на основе смол, характеристические нагрузки и рабочие характеристики которых позволяют использовать их так же как металлы. Главные продукты полимерной промышленности — полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и полистирол — не относятся к конструкционным полимерам, так как обладают относительно низкой прочностью. Многие конструкционные полимеры на самом деле являются сополимерами или сплавами. В табл. 2.4 представлены наиболее часто используемые сокращения названий термопластов.

Таблица 2.1. Совместимость боросиликатного стекла с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	99
Азотная кислота, 20%	204
Азотная кислота, 5%	204
Азотная кислота, 70%	204
Азотная кислота, безв.	121
Аллиловый спирт	49
Аллилхлорид	121
Алюминия гидроксид	121
Алюминия нитрат	38
Алюминия оксихлорид	88
Алюминия сульфат	121
Алюминия фторид	X
Алюминия хлорид, безв.	82
Алюминия хлорид, водн.	121
Амлацетат	93
Амиловый спирт	121
Амилхлорид	121
Аммония гидроксид, 25%	121
Аммония гидроксид, нас.	121

¹ Под совместимостью здесь и далее автор понимает устойчивость материала к данному корродирующему агенту. — *Примеч. науч. ред.*

Продолжение табл. 2.1

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония дифторид	X
Аммония карбонат	121
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	93
Аммония сульфат, 10–40%	93
Аммония фосфат	32
Аммония фторид, 10%	X
Аммония фторид, 25%	X
Аммония хлорид, 10%	121
Аммония хлорид, 50%	121
Аммония хлорид, нас.	121
Анилин	93
Ацетальдегид	232
Ацетамид	132
Ацетон	121
Бария гидроксид	121
Бария карбонат	121
Бария сульфат	121
Бария сульфид	121
Бария хлорид	121
Белый щелок	99
Бензальдегид	93
Бензиловый спирт	93
Бензилхлорид	93
Бензойная кислота	93
Бензол	93
Бензолсульфокислота, 10%	93
Борная кислота	149
Бром, газ, влажн.	121
Бром, ж.	32
Бромоводородная кислота, 20%	93
Бромоводородная кислота, 50%	93
Бромоводородная кислота, разб.	93
Бура	121
Бутадиен	32
Бутилацетат	121
Бутиловый спирт	93
Дихлоруксусная кислота	154
Дихлорэтан	121
Железа (II) хлорид	93

Продолжение табл. 2.1

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Железа (III) нитрат, 10–50%	82
Железа (III) хлорид	143
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	138
Изобутилметилкетон	93
Йод, р-р, 10%	93
Калия бромид, 30%	121
Кальция бисульфит	121
Кальция гидроксид, 10%	121
Кальция гидроксид, нас.	X
Кальция гипохлорит	93
Кальция карбонат	121
Кальция нитрат	38
Кальция хлорат	93
Кальция хлорид	93
Квасцы	121
Кетоны	93
Крезол	93
Лимонная кислота, 15%	93
Лимонная кислота, конц.	93
Магния хлорид	121
Масляная кислота	93
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) хлорид	121
Меди (II) хлорид, 5%	71
Меди (II) хлорид, 50%	71
Метилэтилкетон	93
Молочная кислота, 25%	93
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 20%	66
Натрия гипохлорит, конц.	66
Натрия карбонат	121
Натрия сульфид, 50%	X
Натрия хлорид	121
Олеум	204
Олова (II) хлорид	99
Олова (IV) хлорид	99
Пикриновая кислота	93

Продолжение табл. 2.1

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота, 10%	204
Серная кислота, 100%	204
Серная кислота, 50%	204
Серная кислота, 70%	204
Серная кислота, 90%	204
Серная кислота, 98%	204
Сернистая кислота	99
Сероуглерод	121
Синильная кислота, 10%	93
Сурьмы (III) хлорид	121
Тионилхлорид	99
Толуол	121
Трихлоруксусная кислота	99
Углерод четыреххлористый	93
Углерода (II) оксид	232
Углерода (IV) оксид, безв.	71
Углерода (IV) оксид, влажн.	71
Угольная кислота	93
Уксусная кислота ледяная	204
Уксусная кислота, 10%	204
Уксусная кислота, 50%	204
Уксусная кислота, 80%	204
Уксусный ангидрид	121
Фенол	93
Фосфорная кислота, 50–80%	149
Фтор, газ, безв.	149
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	232
Хлор, газ, влажн.	204
Хлор, ж.	60
Хлорбензол	93
Хлорметан	93
Хлорная кислота, 10%	93
Хлорная кислота, 70%	93
Хлорноватистая кислота	88
Хлороводородная кислота, 38%	93

Окончание табл. 2.1

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлороформ	93
Хлорсульфоновая кислота	93
Хлоруксусная кислота	121
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	121
Хромовая кислота, 10%	93
Хромовая кислота, 50%	93
Царская водка, 3:1	93
Целлозольв	71
Циклогексан	93
Циклогексанол	
Цинка хлорид	99
Этиленгликоль	99
Яблочная кислота	72

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом¹. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 2.2. Совместимость углеродных волокон с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Ангидрид хлорноватистой кислоты, 50%	X
Адипиновая кислота	171
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота, 20%	60
Азотная кислота, 5%	82
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	171

¹ Автор имеет в виду, что приведенные температуры — это экспериментально установленные допустимые пределы эксплуатации в данной среде. Возможно, что эксплуатировать пару полимер–корродент можно и при более высокой температуре, но это требует тщательной проверки. — *Примеч. науч. ред.*

Продолжение табл. 2.2

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аллиловый спирт	171
Аллилхлорид	38
Алюминия гидроксид	171
Алюминия нитрат	171
Алюминия фторид	171
Алюминия хлорид, безв.	171
Алюминия хлорид, водн.	171
Амиллацетат	171
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	99
Аммиак, газ	171
Аммония гидроксид, 25%	93
Аммония гидроксид, нас.	104
Аммония дифторид	199
Аммония карбонат	171
Аммония нитрат	171
Аммония персульфат	171
Аммония сульфат, 10–40%	171
Аммония сульфид	171
Аммония фосфат	171
Аммония фторид, 10%	166
Аммония фторид, 25%	171
Аммония хлорид, 10%	171
Аммония хлорид, 50%	171
Аммония хлорид, нас.	171
Анилин	171
Ацетальдегид	171
Ацетамид	171
Ацетилхлорид	171
Ацетон	171
Бария гидроксид	121
Бария карбонат	121
Бария сульфат	121
Бария сульфид	121
Бария хлорид	121
Белый щелок	38
Бензальдегид	171
Бензойная кислота	177

Продолжение табл. 2.2

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бензол	93
Бензолсульфокислота, 10%	171
Борная кислота	99
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	171
Бромоводородная кислота, 50%	171
Бромоводородная кислота, разб.	171
Бура	121
Бутадиен	171
Бутилацетат	171
Бутиловый спирт	99
Бутилфталат	32
Железа (II) нитрат	171
Железа (II) нитрат, 10–50%	171
Железа (II) хлорид	171
Железа (III) хлорид	171
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	171
Изобутилметилкетон	171
Калия бромид, 30%	171
Кальция бисульфид	171
Кальция гидроксид, 10%	93
Кальция гидроксид, нас.	121
Кальция гидросульфит	171
Кальция гипохлорит	77
Кальция карбонат	171
Кальция нитрат	171
Кальция оксид	171
Кальция сульфат	171
Кальция хлорат, 10%	60
Кальция хлорид	171
Каприловая кислота	171
Квасцы	171
Кетоны	171
Крезол	238
Лимонная кислота, 15%	171
Лимонная кислота, конц.	171
Магния хлорид	77

Продолжение табл. 2.2

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Марганца хлорид	227
Масляная кислота	171
Меди (I) карбонат	171
Меди (I) сульфат	171
Меди (I) хлорид	171
Меди (I) цианид	171
Меди (II) хлорид, 5%	171
Меди (II) хлорид, 50%	171
Метилэтилкетон	171
Молочная кислота, 25%	171
Молочная кислота, конц.	171
Натрия бромид	171
Натрия гидроксид, 10%	116
Натрия гидроксид, 50%	132
Натрия гидроксид, конц.	127
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	171
Натрия сульфид, до 50%	49
Натрия хлорид	171
<i>n</i> -Бутиламин	38
Олова хлорид	171
Пикриновая кислота	38
Салициловая кислота	171
Серная кислота, 10%	171
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	171
Серная кислота, 70%	171
Серная кислота, 90%	82
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	171
Сероуглерод	171
Синильная кислота, 10%	171
Соляная кислота	171
Толуол	171
Трихлоруксусная кислота	171
Углерод четыреххлористый	121
Углерода (II) оксид	171
Углерода (IV) оксид, безв.	171

Окончание табл. 2.2

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Углерода (IV) оксид, влажн.	171
Угольная кислота	171
Уксусная кислота ледяная	171
Уксусная кислота, 10%	171
Уксусная кислота, 50%	171
Уксусная кислота, 80%	171
Уксусный ангидрид	171
Фенол	171
Фосфорная кислота, 50–80%	93
Фтор, газ, безв.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	171
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	82
Хлор, газ, влажн.	27
Хлорбензол	171
Хлорметан	171
Хлорная кислота, 10%	171
Хлорная кислота, 70%	171
Хлорноватистая кислота	38
Хлороводородная кислота, 20%	171
Хлороводородная кислота, 38%	171
Хлороформ	171
Хлорсульфоновая кислота	171
Хлоруксусная кислота	171
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	171
Хромовая кислота, 10%	X
Целлозольв	93
Циклогексан	171
Цинка хлорид	171
Этиленгликоль	171
Яблочная кислота	38

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1-4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 2.3. Совместимость непроницаемого графита с некоторыми корродирующими агентами¹

Корродирующий агент	Смола	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	Фурановая	238
Азотистая кислота, конц.		X
Азотная кислота, 20%	Фенолоформальдегидная	104
Азотная кислота, 5%	Фенолоформальдегидная	104
Азотная кислота, 70%		X
Азотная кислота, безв.		X
Акриловая кислота		
Акрилонитрил	Фурановая	204
Аллиловый спирт		X
Алюминия гидроксид	Фурановая	121
Алюминия нитрат	Фурановая	238
Алюминия сульфат	Фенолоформальдегидная	238
Алюминия фторид	Фурановая	238
Алюминия хлорид, безв.	Фурановая	238
Алюминия хлорид, водн.	Фенолоформальдегидная	49
Амиллацетат	Фурановая	238
Амиловый спирт	Фурановая	204
Амилхлорид	Фенолоформальдегидная	99
Аммония гидроксид, 25%	Фенолоформальдегидная	204
Аммония гидроксид, нас.	Фенолоформальдегидная	204
Аммония дифторид	Фенолоформальдегидная	199
Аммония карбонат	Фенолоформальдегидная	238
Аммония нитрат	Фурановая	238
Аммония персульфат	Фурановая	121
Аммония сульфат, 10–40%	Фенолоформальдегидная	204
Аммония фосфат	Фурановая	99
Аммония хлорид, 10%	Фенолоформальдегидная	204
Анилин	Фурановая	204
Ацетальдагид	Фенолоформальдегидная	238
Ацетамид	Фенолоформальдегидная	238
Ацетилхлорид	Фурановая	238
Ацетон	Фурановая	204
Бария гидроксид	Фенолоформальдегидная	121
Бария сульфат	Фенолоформальдегидная	121

¹ Здесь автор приводит данные по коррозионной стойкости отвержденных смол, наполненных графитовым порошком к различным корродирующим агентам. — *Примеч. науч. ред.*

Продолжение табл. 2.3

Корродирующий агент	Смола	Максимальная температура со- вместимости, °С
Бария сульфид	Фенолоформальдегидная	121
Бария хлорид	Фурановая	121
Бензальдегид	Фурановая	238
Бензол	Фурановая	204
Бензолсульфонокислота, 10%	Фенолоформальдегидная	238
Борная кислота	Фенолоформальдегидная	238
Бром, газ, безв.		X
Бром, газ, влажн.		X
Бромоводородная кислота, 20%	Фурановая	121
Бромоводородная кислота, 50%	Фурановая	49
Бромоводородная кислота, разб.	Фурановая	49
Бура	Фурановая	238
Бутадиен	Фурановая	238
Бутилацетат	Фурановая	238
Бутиловый спирт	Фурановая	204
Железа (II) хлорид	Фурановая	204
Железа (III) нитрат, 10–50%	Фурановая	99
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	Фурановая	127
Железа (III) хлорид, 60%	Фенолоформальдегидная	99
Изобутилметилкетон	Фурановая	238
Йод, р-р, 10%	Фенолоформальдегидная	49
Калия бромид, 30%	Фурановая	238
Кальция бисульфит	Фурановая	238
Кальция гидроксид, 10%	Фурановая	121
Кальция гидроксид, нас.	Фурановая	121
Кальция гипохлорит	Фурановая	77
Кальция карбонат	Фенолоформальдегидная	238
Кальция нитрат	Фурановая	238
Кальция оксид		
Кальция сульфат	Фурановая	238
Кальция хлорид	Фурановая	238
Кетоны	Фурановая	204
Крезол	Фурановая	204
Лимонная кислота, 15%	Фурановая	204
Лимонная кислота, конц.	Фурановая	204
Магния хлорид	Фурановая	77
Марганца хлорид	Фурановая	238

Продолжение табл. 2.3

Корродирующий агент	Смола	Максимальная температура со- вместимости, °C
Масляная кислота	Фурановая	238
Меди (I) сульфат	Фенолоформальдегидная	204
Меди (I) хлорид	Фурановая	204
Меди (I) цианид	Фурановая	238
Меди (II) хлорид, 5%	Фурановая	204
Меди (II) хлорид, 50%	Фурановая	204
Метилэтилкетон	Фурановая	238
Молочная кислота, 25%	Фурановая	204
Молочная кислота, конц.	Фурановая	204
Натрия гидроксид, 10%	Фурановая	204
Натрия гидроксид, 50%	Фурановая	204
Натрия гидроксид, конц.		X
Натрия гипохлорит, 20%		X
Натрия гипохлорит, конц.		X
Натрия карбонат	Фурановая	204
Натрия хлорид	Фурановая	204
<i>n</i> -Бутиламин	Фенолоформальдегидная	99
Олеум		X
Олова (IV) хлорид	Фурановая	204
Салициловая кислота	Фурановая	171
Серная кислота, 10%	Фенолоформальдегидная	204
Серная кислота, 100%		X
Серная кислота, 50%	Фенолоформальдегидная	204
Серная кислота, 70%	Фенолоформальдегидная	204
Серная кислота, 90%	Фенолоформальдегидная	204
Серная кислота, 98%		X
Серная кислота, дымящая		X
Сернистая кислота	Фенолоформальдегидная	204
Сероуглерод	Фурановая	204
Синильная кислота, 10%	Фурановая	238
Соляная кислота	Фенолоформальдегидная	204
Тионилхлорид	Фенолоформальдегидная	160
Толуол	Фурановая	204
Трихлоруксусная кислота	Фурановая	171
Углерод четыреххлористый	Фурановая	204
Углерода (II) оксид	Фенолоформальдегидная	238
Углерода (IV) оксид, безв.	Фенолоформальдегидная	238
Углерода (IV) оксид, влажн.	Фенолоальдегидная	238
Угольная кислота	Фенолоформальдегидная	204

Окончание табл. 2.3

Корродирующий агент	Смола	Максимальная температура совместимости, °C
Уксусная кислота ледяная	Фурановая	204
Уксусная кислота, 10%	Фурановая	204
Уксусная кислота, 50%	Фурановая	204
Уксусная кислота, 80%	Фурановая	204
Уксусный ангидрид	Фурановая	204
Фенол	Фурановая	204
Фосфорная кислота, 50–80%	Фенолоформальдегидная	204
Фтор, газ, безв.	Фенолоформальдегидная	149
Фтор, газ, влажн.		X
Фтороводородная кислота, 100%		X
Фтороводородная кислота, 30%	Фенолоформальдегидная	238
Фтороводородная кислота, 70%		X
Хлор, газ, безв.	Фурановая	204
Хлор, ж.	Фенолоформальдегидная	54
Хлорбензол	Фенолоформальдегидная	204
Хлорметан	Фенолоформальдегидная	238
Хлороводородная кислота, 20%	Фенолоформальдегидная	204
Хлороводородная кислота, 38%	Фенолоформальдегидная	204
Хлороформ	Фурановая	204
Хлорсульфоновая кислота		X
Хлоруксусная кислота	Фурановая	204
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	Фурановая	204
Хромовая кислота, 10%		X
Хромовая кислота, 50%		X
Царская водка, 3:1		X
Целлозольв	Фурановая	238
Циклогексан	Фурановая	238
Цинка хлорид	Фенолоформальдегидная	204
Этиленгликоль	Фурановая	166

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 2.4. Общепринятые сокращения названий термопластов

АБС	Акрилонитрилбутадиенстирол
ЛПЭНП	Линейный полиэтилен низкой плотности
ПА	Полиамид («Найлон»)
ПАИ	Полиамидимид
ПАН	Полиакрилонитрил
ПАС	Полиарилсульфон
ПБ	Полибутилен
ПБТ	Полибутилентерефталат
ПВДФ	Поливинилиденфторид
ПВДХ	Поливинилиденхлорид
ПВФ	Поливинилфторид
ПВХ	Поливинилхлорид
ПИ	Полиимид
ПК	Поликарбонат
ПП	Полипропилен
ПС	Полисультон
ПТФЭ	Политетрафторэтилен («Тефлон»), также ПТФЭ
ПУ	Полиуретан
ПФА	Перфторалкокси-сополимер
ПФО	Полифениленоксид
ПФС	Полифениленсульфид
ПФСС	Полифениленсульфидсульфон
ПФЭ	Полифениленэфир
ПЭ	Полиэтилен
ПЭВП	Полиэтилен высокой плотности (полиэтилен низкого давления)
ПЭИ	Полиэфиримид
ПЭК	Полиэфиркетон
ПЭКК	Полиэфиркетонкетон
ПЭНП	Полиэтилен низкой плотности (полиэтилен высокого давления)
ПЭС	Полиэфирсульфон
ПЭТ	Полиэтилентерефталат
ПЭЭК	Полиэфирэфиркетон
САН	Сополимер стирола и акрилонитрила
СВМПЭ	Сверхвысокомолекулярный полиэтилен
ТФХЭ	Трифторхлорэтилен
ТФЭ/ГФП	Сополимер тетрафторэтилена и гексафторпропилена
ХПВХ	Хлорированный поливинилхлорид
ХПЭ	Хлорированный полиэтилен
ЭТФХЭ	Сополимер этилена и трифторхлорэтилена
ЭТФЭ	Сополимер этилена и тетрафторэтилена

Таблица 2.5. Стойкость полимеров к коррозионному действию атмосферы

Полимер	Стойкость к действию						
	УФ-излучения ^{а,б}	Поглощения влаги ^в	Погодных условий	O ₃	SO ₂	NO _x	H ₂ S
АБС	<i>R</i>	0,30	<i>R</i>	<i>X</i> ^г	<i>R</i> ^д		<i>R</i> ^д
ПА	<i>R</i>	0,6–1,2	<i>R</i>	<i>X</i> ^г	<i>R</i> ^е		<i>X</i> ^г
ПВДФ	<i>R</i>	<0,04	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ПВДХ	<i>R</i>		<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ПВХ	<i>R</i>	0,05	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i> ^з	<i>X</i> ^г	<i>R</i>
ПИ	<i>R</i>		<i>R</i>	<i>R</i>			
ПК	<i>RS</i>	0,15	<i>L</i> ^ж	<i>R</i>			
ФФ (фенолофор- мальдегидная смола)					<i>R</i>		<i>R</i>
ПП	<i>RS</i>	0,02	<i>L</i> ^ж	<i>L</i> ^ж	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ПС	<i>R</i>	0,30	<i>R</i>	<i>R</i>			
ПТФХЭ	<i>R</i>		<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ПТФЭ	<i>R</i>	<0,01	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ПФА	<i>R</i>	<0,03	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ПФС	<i>R</i>	0,01	<i>R</i>		<i>R</i>		<i>R</i>
ПЭВП	<i>RS</i>		<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>		<i>R</i>
ПЭИ	<i>R</i>	0,25	<i>R</i>	<i>R</i>			
ПЭС					<i>X</i> ^г		<i>R</i>
СВМПЭ	<i>RS</i>	<0,01	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>		<i>R</i>
ПЭЭК	<i>R</i>	0,50	<i>L</i> ^ж	<i>R</i>	<i>R</i>		<i>R</i>
ТФЭ/ГФП	<i>R</i>	<0,01	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ХПВХ	<i>R</i>	0,03	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>		<i>R</i> ^д
ЭТФХЭ	<i>R</i>	<0,1	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
ЭТФЭ	<i>R</i>	<0,029	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>

^а *R* — устойчив; ^б *RS* — устойчив в случае стабилизации УФ-протектором; ^в Поглощение воды при 23 °С (%); ^г Не устойчив; ^д Только безв.; ^е Только влажн.; ^ж *L*: частично устойчив; ^з Только 1 типа.

Таблица 2.6. Допустимые диапазоны температур использования некоторых термопластов

Полимер	Граница диапазона, °С	
	Минимальная	Максимальная
ПТФХЭ	–76	190
АБС	–40	60
ПА	–51	149
ПАИ	–190	260
ПБ		93
ПВДФ	–45	160
ПВДХ	–18	80
ПВХ	–18	60
ПИ	–190	260–315
ПК	–129	120–135
ПП	0	102
ПС	–101	149
ПТФЭ	–29	260
ПФА	–190	260
ПФС		230
ПЭВП	–51	82
ПЭИ	–190	260
ПЭС		170
СВМПЭ	4	93
ПЭК	–65	250
ТФЭ/ТФП	–45	205
ХПВХ	–18	82
ЭТФХЭ	–76	171
ЭТФЭ	–223	149

В ряде случаев покрытия из полимерных материалов предназначены для защиты изделий от коррозионного действия атмосферы. Помимо способности выдерживать действие определенных корродирующих агентов в заводских операциях, они обладают стойкостью к действию химически агрессивных паров, которые могут присутствовать в атмосфере. В табл. 2.5 представлены данные о стойкости наиболее распространенных термопластов к различным загрязнениям атмосферы, а в табл. 2.6 приведены данные о допустимых для термопластов диапазонах температуры.

2.1. Соединение термопластов

Соединение двух термопластичных материалов можно осуществить несколькими способами — с помощью растворителя, термическим сплавлением (сваркой) или специальными адгезионными (клеящими) составами.

Таблица 2.7. Типичные растворители для соединения полимеров

Полимер	Растворитель
АБС	Метилэтилкетон, изобутилметилкетон, тетрагидрофуран, метиленхлорид
Акрилаты	Метиленхлорид, дихлорэтан
Ацетаты	Метиленхлорид, ацетон, хлороформ, метилэтилкетон, этил-ацетат
ПА («Найлон»)	Водный р-р фенола, р-р резорцина в спирте, р-р CaCl_2 в спирте
ПВХ	Циклогексан, тетрагидрофуран, дихлорбензол
ПК	Метиленхлорид, дихлорэтан
Полистирол	Метиленхлорид, дихлорэтан, трихлорэтилен, толуол, ксилол
ПС	Метиленхлорид
ПФО	Трихлорэтилен, дихлорэтан, хлороформ, дихлорметан

Использование растворителя является наиболее простым и наиболее дешевым методом. Место соединения при применении этого способа менее чувствительно к изменениям температуры, чем при использовании клеев, и обладает коррозионной стойкостью такой же, как и исходный полимер, что наблюдается и в случае использования термического сплавления полимеров.

Главными недостатками «растворного» склеивания являются вероятность растрескивания компонентов соединения и опасность использования низкокипящих растворителей. При соединении сильно различающихся полимеров более подходящим является склеивание адгезивами, поскольку могут возникать проблемы в совместимости полимера и растворителя.

Универсального растворителя для соединения полимеров не существует. Выбирать следует растворители, имеющие приблизительно такие же параметры растворимости, что и полимер. В табл. 2.7 перечислены растворители, чаще всего применяемые для соединения полимеров.

2.1.1. Использование адгезионных составов

Качество соединения полимеров зависит от физических и химических свойств затвердевшего клея и самих полимеров. Особое внимание необходимо уделять коррозионной стойкости клея, его коэффициенту термического расширения и соотношению температур стеклования полимера и клея.

Большая разница коэффициентов термического расширения полимера и клеящего состава может привести к большим напряжениям внутри соединяющего слоя.

Границы диапазона могут несколько отличаться от представленных в зависимости от вида корродента в случае, если материал находится в непосредственном с ним контакте.

Причиной этих напряжений является циклическое температурное воздействие и эксплуатация при низких температурах.

Конструкционный клей должен обладать температурой стеклования большей, чем температура эксплуатации полимера, чтобы избежать ослабления собственной прочности и возможного деформирования. Конструкционные полимеры, например, полиамид или полифениленсульфид имеют очень высокие температуры стеклования в то время как большинство адгезионных составов имеют довольно низкие их значения; таким образом, слой клея является наиболее слабым местом в соединении.

Не все полимеры можно соединить вышеперечисленными способами. В табл. 2.8 представлены некоторые методы, с помощью которых можно соединить определенные полимеры.

Таблица 2.8. Методы соединения полимеров

Полимер	Адгезион- ные составы	Механиче- ский	Соединение растворите- лем	Термиче- ское сплавление
АБС	X	X	X	X
Акриловые полимеры	X	X	X	
Ацетали	X	X	X	X
ПА	X	X	X	
ПА/АБС	X	X	X	X
ПАИ	X	X		
ПАС	X	X		
ПВХ	X	X	X	X
ПИ	X	X		
ПК	X	X	X	X
ПС	X	X	X	X
ПП	X	X		X
ПС	X	X		
ПФО	X	X	X	X
ПФС	X	X		
ПЭ	X	X		X
Сложные полиэферы	X	X	X	
Сополимеры этилена				X
Сплав ПВХ и акрило- вых полимеров	X	X		
Сплав ПВХ/АБС	X			X
Фторопласты	X			
ХПВХ	X	X	X	
ХПЭ	X	X		

Очень важно правильно выбрать клеящий состав. Выбор зависит от условий эксплуатации материала, а именно — химической природы среды и температуры.

Не существует клея, который подходил бы для использования в любых средах. Например, клеящий состав, хорошо устойчивый к действию кислот, вероятнее всего будет неустойчив к действию оснований. Очень трудно подобрать состав, устойчивый в условиях действия двух сильно различающихся сред. В целом клеящие составы, устойчивые при высоких температурах, проявляют хорошую устойчивость к действию различных химических соединений и растворителей. В табл. 2.9 приведена относительная устойчивость синтетических адгезионных составов к различным условиям использования.

Эпоксидные клеи обычно могут долгое время использоваться при температурах, не превышающих 149 °С. Однако некоторые модификации эпоксидных составов могут выдерживать непродолжительное нагревание до 260 °С и продолжительное — до 149–177 °С. Также были разработаны эпоксидно-фенольные составы, кратковременно сохраняющие свойства до 371 °С при кратковременном увеличении температуры и до 177 °С — при продолжительном.

Фенольно-нитрильные клеящие составы имеют высокий предел прочности на сдвиг вплоть до 121–177 °С и хорошо сохраняют прочность при старении при этих температурах. Силиконовые клеи нельзя использовать, когда материал подвергается большим напряжениям. Они обладают очень хорошей температурной стабильностью, но низкой прочностью.

Полиамидные клеи в отличие от остальных коммерчески доступных клеящих составов обладают свойством хорошо выдерживать температуры выше 260 °С. Сохранение свойств при кратковременном нагреве до 538 °С несколько лучше, чем для эпоксидно-фенольных клеев.

Возможность применения клея при низких температурах зависит от различия в коэффициентах термического расширения клея и полимера, их модулей упругости и теплопроводности клея. Например, эпоксидно-полиамидные адгезионные составы можно использовать при низких температурах, если контролировать их коэффициенты термического расширения с помощью подходящих наполнителей.

Эпоксидно-фенольные клеи обладают одинаково хорошими клеящими свойствами при повышенных и при низких температурах. Полиуретан и эпоксидно-полиамидные клеи прекрасно сохраняют свойства при очень низких температурах.

Среди других факторов, влияющих на срок службы клея, необходимо отметить влажность среды, возможность прямого контакта с водой и погодные условия. Влага может влиять на прочность соединения двумя путями. В случае некоторых полимерных материалов, особенно сложноэфирных полиуретанов, при нахождении во влажном теплом воздухе прочность и жесткость соединения уменьшаются, в худшем случае клей размягчается и может превратиться в жидкость. Вода может также проникать в слой клея и вытеснять его из области

Таблица 2.9. Химическая стойкость клеящих составов

Адгезионный состав	Тип ^в	Среда ^{а,б}												
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М
Фенокси	ТП	4	3	3	4	3	2	3	Х	Х			Х	
Акриловая смола	ТО	Х	3	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Акриловая смола	ТП	4	3	3	3			2			4	4		4
Ацетат целлюлозы	ТП	2	3	1	Х	1	2		2	4	Х	Х	Х	Х
Меламин + формальдегид	ТО	2	2	2	Х	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Карбамидоформальдегид	ТО	3	3	2	Х	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Нитроцеллюлоза	ТП	3	3	3	3	3	Х	2	2	Х	Х	Х	Х	Х
Полиамид	ТП	Х		Х	Х	Х	2	2	2	Х	2	2	2	Х
Поливинилацетат	ТП	Х		3	Х	3	3	2	2	Х	Х	Х	Х	Х
Поливиниловый спирт	ТП	3		Х	Х	Х	Х	2	1	3	1	1	1	1
Полиимид	ТО	1	1	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Сложный полиэфир + изоцианат	ТО	3	2	1	3	3	2	2	2	3	2	2	Х	2
Сложный полиэфир + мономер	ТО	Х	3	3	Х	3	Х	2	2	2	Х	Х	Х	Х
Резорцин + формальдегид	ТО	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Цианоакрилат	ТО	Х		Х	Х	Х	Х	3	3	Х	Х	Х	4	4
Эпоксидная смола + полиамид	ТО	Х	2	2	Х	3	Х	2	2	1	Х	Х	3	
Эпоксидная смола + полиамин	ТО	3	Х	2	2	2	2	2	3	1	Х	Х	1	

^а Воздействие: А — высоких температур; Б — низких температур; В — воды; Г — горячей воды; Д — кислот; Е — щелочей; Ж — масел и смазок; З — бензина; И — спиртов; Й — кетонов; К — сложных эфиров; Л — ароматических углеводородов; М — хлорированных растворителей.

^б Стойкость: 1 — очень хорошая; 2 — хорошая; 3 — умеренная; 4 — плохая; Х — не рекомендуется использовать.

^в Тип: ТО — термостойкие клеи; ТП — термопластические клеи.

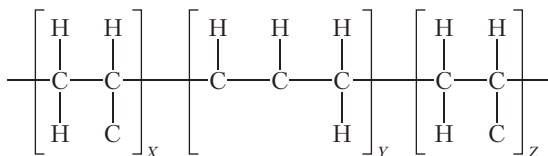
контакта материалов. Не столь чувствительные к действию среды конструкционные клеи также с большой вероятностью потеряют прочность соединения при воздействии влаги.

Клеящие составы, используемые на открытом воздухе, подвергаются воздействию различных температур и влаги. Колебание температуры и УФ-излучение — всего лишь малая доля факторов, воздействующих на материал. Конструкционные адгезивы, подвергающиеся воздействию погодных условий, быстро теряют прочность в период первых шести месяцев-года. После эксплуатации в течение двух или трех лет скорость ухудшения свойств обычно уменьшается в зависимости от климата района, величины напряжения, а также природы полимера и клея. При выборе клеящего состава, предназначенного для эксплуатации на открытом воздухе, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Наиболее жесткие условия эксплуатации — в районах высокой влажности и высоких температур.
2. Напряженные элементы разрушаются быстрее ненапряженных.
3. Термоотверждающиеся клеящие составы обычно более стойки, чем отверждающиеся при комнатной температуре.
4. При использовании подходящих клеев ненапряженные соединения относительно стойки к жестким погодным условиям, хотя все элементы соединения постепенно теряют прочность.

2.2. Акрилонитрилбутадиенстирол (АБС)

АБС-полимеры, представляют собой сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола и обладают следующей структурой:



Свойства АБС можно менять, изменяя соотношение звеньев акрилонитрила, бутадиена и стирола. Прочность, ударная вязкость, размерная стабильность и некоторые другие свойства могут быть улучшены за счет каких-либо других характеристик.

Чистый АБС легко подвержен действию окислителей и сильных кислот, а также растрескивается в присутствии определенных органических соединений. Он стоек к действию алифатических углеводов, однако не стоек к ароматике или хлорированным углеводородам.

АБС разрушается при воздействии УФ-света, если в его структуру не введены специальные защитные добавки.

Когда используются сплавы АБС или усиленный АБС, все компоненты сплава, также как и усиливающий материал, должны быть химически совместимы. Также необходимо контролировать производителя полимера. В табл. 2.10 приведены данные о совместимости АБС с определенными корродирующими агентами. Более подробный список приведен в книге [1].

АБС используется в производстве корпусов компьютеров, бытовой техники, вентиляторов, подшипников, инструментов, насосов, химических резервуаров, вытяжных шкафов, трубопроводов и электрической изоляции проводов.

Таблица 2.10. Совместимость АБС с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	60
Азотная кислота, 20%	54
Азотная кислота, 5%	60
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Аллиловый спирт	X
Аллилхлорид	X
Алюминия гидроксид	60
Алюминия оксихлорид	60
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	60
Алюминия хлорид, водн.	60
Амилацетат	X
Амиловый спирт	27
Амилхлорид	X
Аммиак, газ, безв.	60
Аммония гидроксид, 25%	32
Аммония гидроксид, нас.	27
Аммония дифторид	60
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	60
Аммония персульфат	60
Аммония сульфат, 10–40%	60
Аммония сульфид	60
Аммония фосфат	60
Аммония фторид, 10%	X
Аммония фторид, 25%	X
Аммония хлорид, нас.	60
Анилин	X

Продолжение табл. 2.10

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	60
Бария карбонат	60
Бария сульфат	60
Бария сульфид	60
Бария хлорид	60
Белый щелок	60
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	27
Борная кислота	60
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бура	60
Бутадиен	X
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	X
Дихлоруксусная кислота	X
Дихлорэтан	X
Железа (II) хлорид	60
Железа (III) нитрат, 10–50%	60
Железа (III) хлорид	60
Изобутилметилкетон	X
Калия бромид, 30%	60
Кальция бисульфит	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция гипохлорит	60
Кальция карбонат	38
Кальция нитрат	60
Кальция оксид	60
Кальция сульфат, 25%	60
Кальция хлорат	60
Кальция хлорид	60
Квасцы	60
Кетоны	X

Продолжение табл. 2.10

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	60
Лимонная кислота, 25%	60
Магния хлорид	60
Масляная кислота	X
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	60
Меди (I) цианид	60
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	60
Натрия гидроксид, 10%	60
Натрия гидроксид, 50%	60
Натрия гидроксид, конц.	60
Натрия гипохлорит, 20%	60
Натрия гипохлорит, конц.	60
Натрия карбонат	60
Натрия сульфид, до 50%	60
Натрия хлорид	60
Олеум	X
Олова (II) хлорид	38
Олова (IV) хлорид	60
Пикриновая кислота	X
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	54
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	60
Сероуглерод	X
Соляная кислота	60
Сурьмы (III) хлорид	60
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	60
Углерода (IV) оксид, безв.	32
Углерода (IV) оксид, влажн.	60
Угольная кислота	60

Окончание табл. 2.10

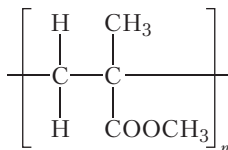
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	38
Уксусная кислота, 50%	54
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	54
Фтор, газ, безв.	32
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	60
Хлор, газ, влажн.	60
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	X
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	60
Хлороводородная кислота, 20%	32
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хромовая кислота, 10%	32
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	X
Циклогексан	27
Циклогексанол	27
Цинка хлорид	60
Этиленгликоль	60
Яблочная кислота	60

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1-4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.3. Акрилаты

Наиболее распространенный акрилат — это полиметилметакрилат, обладающий следующей структурой:



Он продается под торговыми марками *Lucite* фирмы *E.I. DuPont* и *Plexiglass* фирмы *Rohm and Haas*. Акриловые смолы благодаря своей структуре стойки к пожелтению и потере прозрачности. Предметы, изготовленные из чистых акриловых порошков, могут быть прозрачными и быть почти оптически совершенными. Полная светопроницаемость может достигать 92% при погрешности измерений порядка 1%.

Акриловые полимеры обладают прекрасной стойкостью к погодным условиям. На них действуют некоторые сильные растворители: бензин, ацетон и другие подобные жидкости. В табл. 2.11 приведены данные устойчивости акрилатов к некоторым корродентам. Более подробный список можно найти в книге [1].

Таблица 2.11. Совместимость акриловых полимеров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Совместимость
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	R
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Алюминия гидроксид	R
Алюминия сульфат	R
Алюминия хлорид, водн.	R
Амлацетат	X
Амиловый спирт	R
Аммиак, газ	R
Аммония гидроксид, 25%	R
Аммония гидроксид, нас.	R
Аммония карбонат	R
Аммония нитрат	R
Аммония персульфат	R
Аммония сульфат, 10–40%	R

Продолжение табл. 2.11

Корродирующий агент	Совместимость
Аммония хлорид, нас.	R
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	R
Бария карбонат	R
Бария сульфат	R
Бария хлорид	R
Бензальдегид	X
Бензойная кислота	X
Бензол	X
Борная кислота	R
Бром, ж.	X
Бура	R
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	R
Дихлорэтан	X
Железа (III) нитрат, 10–50%	R
Железа (III) хлорид	R
Железа (III) хлорид	R
Калия бромид, 30%	R
Кальция бисульфид	R
Кальция бисульфит	R
Кальция гидроксид, нас.	R
Кальция гипохлорит	R
Кальция карбонат	R
Кальция сульфат	R
Кальция хлорат	R
Кальция хлорид	R
Квасцы	R
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	R
Лимонная кислота, конц.	R
Магния хлорид	R
Масляная кислота	X
Меди (I) сульфат	X
Меди (I) хлорид	R
Меди (I) цианид	R
Меди (II) хлорид, 5%	R

Продолжение табл. 2.11

Корродирующий агент	Совместимость
Меди (II) хлорид, 50%	R
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	X
Молочная кислота, конц.	X
Натрия гидроксид, 10%	R
Натрия гидроксид, 50%	R
Натрия гидроксид, конц.	R
Натрия гипохлорит, 20%	R
Натрия карбонат	X
Натрия сульфид, до 50%	R
Натрия хлорид	R
Олеум	X
Олова (II) хлорид	R
Олова (IV) хлорид	R
Пикриновая кислота	R
Серная кислота, 10%	R
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	R
Серная кислота, 70%	R
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	R
Сероуглерод	R
Толуол	X
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (IV) оксид, влажн.	R
Угольная кислота	R
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	R
Фосфорная кислота, 50–80%	R
Фтороводородная (павиковая) кислота, 100%	R
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X

Окончание табл. 2.11

Корродирующий агент	Совместимость
Хлороводородная соляная кислота, 20%	R
Хлороводородная кислота, 38%	R
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Цинка хлорид	R
Этиленхлорид	R

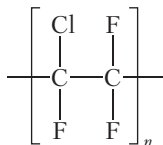
Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Совместимость при 32 °С обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1-4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Акриловые полимеры используются для изготовления линз, остекления самолетов и зданий, осветительных приборов, различных покрытий, текстильного волокна, ламп уличного освещения, уличных щитов рекламы и ветровых стекол в транспорте.

2.4. Трифторхлорэтилен (ТФХЭ)

Политрифторхлорэтилен продается под торговой маркой *Kel-F*. Он имеет следующую структуру:



Несмотря на то что ТФХЭ обладает достаточно хорошей коррозионной стойкостью, он все же менее стоек, чем ПТФЭ, ТФЭ/ГФП и ПФА.

ТФХЭ набухает в некоторых хлорированных растворителях при повышенных температурах и подвержен действию тех же химикатов, которые действуют на ПТФЭ. В табл. 2.12 приведены данные об устойчивости ТФХЭ к некоторым корродирующим агентам. В книге [1] представлены более подробные данные.

Таблица 2.12. Совместимость ТФХЭ с некоторыми корродирующими агентами.

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аллиловый спирт	93
Алюминия хлорид, 25%	93
Амилацетат	38
Аммиак, безв.	93
Аммиак, влажн.	93
Аммония гидроксид, конц.	93
Аммония хлорид, 25%	93
Анилин	50
Ацетальдегид	50
Ацетамид	93
Ацетилхлорид, безв.	38
Ацетонитрил	38
Ацетофенон	93
Бария сульфат	149
Бензальдегид	93
Бензиловый спирт	93
Бензилхлорид	38
Бензин	93
Бензол	93
Бензонитрил	93
Бром, газ, безв.	38
Бром, газ, влажн.	100
Бромоводородная кислота, 37%	149
Бура	149
Бутадиен	93
Бутан	93
Бутиловый эфир	38
Вода	121
Вода морская	121
Гексан	93
Гептан	93
Глицерин	100
Горючее	93
Диметиланилин	93
Диметилфталат	93
Дихлорэтан	38
Калия манганат	93
Кальция сульфат	149

Продолжение табл. 2.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция хлорид	149
Керосин (лигроин)	93
Магния сульфат	100
Магния хлорид	149
Меди (II) хлорид, 5%	149
Моторное масло	93
Натрия бикарбонат	149
Натрия бисульфат	60
Натрия гипохлорит	121
Натрия карбонат	149
Натрия сульфат	149
Натрия тиосульфат	149
Натрия хромат, 10%	121
Нафталин	93
<i>n</i> -Бутиламин	X
Нефть	93
Нитрометан	93
Олова (II) хлорид	100
Сера	127
Серная кислота, 0–100%	100
Серная кислота, дымящая	93
Сероуглерод	100
Серы (IV) оксид, безв.	149
Серы (IV) оксид, влажн.	149
Скипидар	93
Углерода (IV) оксид	149
Уксус	93
Уксусная кислота ледяная	50
Уксусная кислота, 95–100%	50
Фосфора (III) хлорид	93
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	23
Фтороводородная кислота, 50%	93
Хлор, безв.	X
Хлорная кислота	93
Хлороводородная кислота, 100%	149
Хлоруксусная кислота	52
Царская водка	93

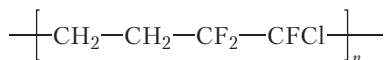
Окончание табл. 2.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Целлозольв	93
Циклогексанон	38
Цинка сульфат	100
Щавелевая кислота, 50%	100
Этаноламин	X
Этиленгликоль	92

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

2.5. Сополимер этилена и трифторхлорэтилена (ЭТФХЭ)

ЭТФХЭ представляет собой регулярный сополимер этилена и трифторхлорэтилена, обладающий следующей структурой:



Такая химическая структура обуславливает наличие у полимера уникального набора свойств. Он обладает прекрасной химической стойкостью при криогенных температурах от -117°C до длительного срока эксплуатации при 149°C , а также прекрасной абразивостойкостью. На рынке представлен под торговой маркой *Halar* фирмы *Ausimont U.S.A.*

ЭТФХЭ в 10–100 раз менее проницаем для кислорода, диоксида углерода, газообразного хлора и соляной кислоты, чем ПТФЭ и ТФЭ/ГФП. Поглощение воды составляет менее 0,01%.

Химическая стойкость ЭТФХЭ необычайно высока. Он стоек к действию большинства распространенных корродирующих агентов, встречающихся в промышленности. В этот список входят сильные минеральные кислоты, кислоты-окислители, щелочи, средства для травления, жидкий кислород, а также практически все органические растворители за исключением горячих аминов (анилин, диметиламин и т. д.). Ни один из известных растворителей не растворяет и не вызывает растрескивание ЭТФХЭ при температурах вплоть до 120°C .

Некоторые галогенсодержащие растворители могут несколько пластифицировать ЭТФХЭ, однако при обычных обстоятельствах это не ухудшает эксплуатационные характеристики полимера. После того как прямой контакт с растворителем устранен и материал высушен, его механические свойства

возвращаются к исходным значениям, что доказывает отсутствие химического воздействия. Как и в случае других фторсодержащих полимеров, ЭТФХЭ разрушается под действием металлических калия и натрия.

Полезные свойства ЭТФХЭ сохраняются при воздействии на него радиоизлучения кобальта-60 порядка 20 Мрад. ЭТФХЭ проявляет прекрасную стойкость к погодным условиям и УФ излучению. В табл. 2.13 представлены данные о совместимости ЭТФХЭ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] представлены более полные данные.

ЭТФХЭ находит применение как футеровочный материал при изготовлении трубопроводов и химического оборудования, а также в качестве высокотемпературной оболочки проводов и кабелей.

Таблица 2.13. Совместимость ЭТФХЭ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	66
Азотистая кислота, конц.	121
Азотная кислота, 20%	121
Азотная кислота, 5%	149
Азотная кислота, 70%	66
Азотная кислота, безв.	66
Акрилонитрил	66
Аллилхлорид	149
Алюминия гидроксид	149
Алюминия нитрат	149
Алюминия оксихлорид	66
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	149
Алюминия хлорид, безв.	
Алюминия хлорид, водн.	149
Амиллацетат	71
Амиловый спирт	149
Амилхлорид	149
Аммиак, газ	149
Аммония гидроксид, 25%	149
Аммония гидроксид, нас.	149
Аммония дифторид	149
Аммония карбонат	149
Аммония нитрат	149
Аммония персульфат	66
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония сульфид	149

Продолжение табл. 2.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония фосфат	149
Аммония фторид, 10%	149
Аммония фторид, 25%	149
Аммония хлорид, 10%	143
Аммония хлорид, 50%	149
Аммония хлорид, нас.	149
Анилин	32
Ацетилхлорид	66
Ацетон	66
Бария гидроксид	149
Бария карбонат	149
Бария сульфат	149
Бария сульфид	149
Бария хлорид	149
Белый щелок	121
Бензальдегид	66
Бензиловый спирт	149
Бензилхлорид	149
Бензойная кислота	121
Бензол	66
Бензолсульфокислота, 10%	66
Борная кислота	149
Бром, газ, безв.	X
Бром, ж.	66
Бромоводородная кислота, 20%	149
Бромоводородная кислота, 50%	149
Бромоводородная кислота, разб.	149
Бура	149
Бутадиен	121
Бутилацетат	66
Бутиловый спирт	149
Железа (II) нитрат	149
Железа (II) хлорид	149
Железа (III) нитрат, 10–50%	149
Железа (III) хлорид	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	149
Изобутилметилкетон	68
Йод, р-р, 10%	121

Продолжение табл. 2.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Калия бромид, 30%	149
Кальция бисульфид	149
Кальция бисульфит	149
Кальция гидроксид, 10%	149
Кальция гидроксид, нас.	149
Кальция гипохлорит	149
Кальция карбонат	149
Кальция нитрат	149
Кальция оксид	149
Кальция сульфат	149
Кальция хлорат	149
Кальция хлорид	149
Каприловая кислота	104
Квасцы	149
Крезол	149
Лимонная кислота, 15%	149
Лимонная кислота, конц.	149
Магния хлорид	149
Масляная кислота	121
Меди (I) карбонат	66
Меди (I) сульфат	149
Меди (I) хлорид	149
Меди (I) цианид	149
Меди (II) хлорид, 5%	149
Меди (II) хлорид, 50%	149
Метилэтилкетон	66
Молочная кислота, 25%	66
Молочная кислота, конц.	66
Натрия гидроксид, 10%	149
Натрия гидроксид, 50%	121
Натрия гидроксид, конц.	66
Натрия гипохлорит, 20%	149
Натрия гипохлорит, конц.	149
Натрия карбонат	149
Натрия сульфид, 50%	149
Натрия хлорид	149
Олеум	X
Олова (II) хлорид	149
Олова (IV) хлорид	149
Пикриновая кислота	27

Продолжение табл. 2.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Салициловая кислота	121
Серная кислота дымящая	149
Серная кислота, 10%	121
Серная кислота, 100%	27
Серная кислота, 50%	121
Серная кислота, 70%	121
Серная кислота, 90%	66
Серная кислота, 98%	66
Сернистая кислота	121
Сероуглерод	27
Синильная кислота, 10%	149
Соляная кислота	149
Сурьмы (III) хлорид	38
Тионилхлорид	66
Толуол	66
Трихлоруксусная кислота	66
Углерод четыреххлористый	149
Углерода (II) оксид	66
Углерода (IV) оксид, безв.	149
Углерода (IV) оксид, влажн.	149
Угольная кислота	149
Уксусная кислота ледяная	93
Уксусная кислота, 10%	121
Уксусная кислота, 50%	121
Уксусная кислота, 80%	66
Уксусный ангидрид	38
Фенол	66
Фосфорная кислота, 50–80%	121
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	27
Фтороводородная кислота, 100%	116
Фтороводородная кислота, 30%	121
Фтороводородная кислота, 70%	116
Хлор, газ, безв.	66
Хлор, газ, влажн.	121
Хлор, ж.	121
Хлорбензол	66
Хлорметан	149

Окончание табл. 2.13

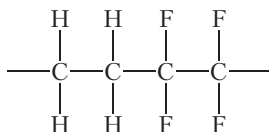
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлорная кислота, 10%	66
Хлорная кислота, 70%	66
Хлорноватистая кислота	149
Хлороводородная кислота, 20%	149
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороформ	121
Хлорсульфоновая кислота	27
Хлоруксусная кислота	121
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	121
Хромовая кислота, 10%	121
Хромовая кислота, 50%	121
Царская водка 3:1	121
Целлозольв	149
Циклогексан	149
Циклогексанол	149
Цинка хлорид	149
Этиленгликоль	149
Яблочная кислота	121

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.6. Сополимер этилена и тетрафторэтилена (ЭТФЭ)

ЭТФЭ представляет собой чередующийся сополимер этилена и тетрафторэтилена, поставляемый фирмой *DuPont* под торговым названием *Tefzel*. Структура его выглядит следующим образом:



ЭТФЭ является высокотемпературным фторполимером, максимальная температура эксплуатации которого составляет 149 °С.

Tefzel является очень прочным термопластом, обладающим замечательной комбинацией свойств. В отличие от вышеперечисленных фторсодержащих полимеров он является первым усиливаемым фторполимером и его можно армировать углеродными волокнами или стекловолокном. Поскольку полимер прочно связывается с армирующими волокнами, прочность, жесткость, сопротивление ползучести, температура деформации и стабильность размеров полимера очень высоки.

ЭТФЭ инертен по отношению к действию сильных минеральных кислот, галогенов, неорганических оснований и растворов солей металлов. Карбоновые кислоты, альдегиды, ароматические и алифатические углеводороды, спирты, кетоны, сложные эфиры, хлорированные углеводороды и другие обычные растворители имеют лишь очень слабое действие на ЭТФЭ. Кроме того, *Tefzel* очень стоек к действию погодных условий и УФ-излучения.

Сильные кислоты-окислители, например, азотная кислота, органические основания, например, амины, и серная кислота большой концентрации при высоких температурах (близких к температуре кипения) в различной степени действуют на ЭТФЭ. В табл. 2.14 приведены данные о совместимости ЭТФЭ с некоторыми корродирующими агентами. Более подробную информацию можно найти в книге [1].

ЭТФЭ применяют в производстве технологического и химического оборудования, трубопроводов, электрической изоляции и деталей насосов.

Таблица 2.14. Совместимость ЭТФЭ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	138
Азотистая кислота, безв.	X
Азотистая кислота, конц.	99
Азотная кислота, 20%	66
Азотная кислота, 5%	66
Азотная кислота, 70%	27
Акрилонитрил	66
Аллиловый спирт	99
Аллилхлорид	88
Алюминия гидроксид	149
Алюминия нитрат	149
Алюминия оксихлорид	149
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	149
Алюминия хлорид, безв.	149
Алюминия хлорид, водн.	149
Амилацетат	121
Амиловый спирт	149

Продолжение табл. 2.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Амилхлорид	149
Аммония гидроксид, 25%	149
Аммония гидроксид, нас.	149
Аммония дифторид	149
Аммония карбонат	149
Аммония нитрат	110
Аммония персульфат	149
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония сульфид	149
Аммония фосфат	149
Аммония фторид, 10%	149
Аммония фторид, 25%	149
Аммония хлорид, 10%	149
Аммония хлорид, 50%	143
Аммония хлорид, нас.	149
Анилин	110
Ацетальдегид	93
Ацетамид	121
Ацетилхлорид	66
Ацетон	66
Бария гидроксид	149
Бария карбонат	149
Бария сульфат	149
Бария сульфид	149
Бария хлорид	149
Бензальдегид	99
Бензиловый спирт	149
Бензилхлорид	149
Бензойная кислота	132
Бензол	99
Бензолсульфокислота, 10%	99
Борная кислота	149
Бром, газ, безв.	66
Бромная вода, 10%	110
Бромоводородная кислота, 20%	149
Бромоводородная кислота, 50%	149
Бромоводородная кислота, разб.	149
Бура	149
Бутадиен	121
Бутилацетат	110

Продолжение табл. 2.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бутиловый спирт	149
Бутилфталат	66
Дибутилфталат	66
Дихлоруксусная кислота	66
Железа (II) нитрат	149
Железа (II) хлорид	149
Железа (III) нитрат, 10–50%	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	149
Изобутилметилкетон	149
Калия бромид, 30%	149
Кальция бисульфид	149
Кальция гидроксид, 10%	149
Кальция гидроксид, нас.	149
Кальция гипохлорит	149
Кальция карбонат	149
Кальция нитрат	149
Кальция оксид	127
Кальция сульфат	149
Кальция хлорат	149
Кальция хлорид	149
Каприловая кислота	99
Квасцы	149
Крезол	132
Лимонная кислота, 15%	49
Магния хлорид	149
Марганца хлорид	49
Масляная кислота	121
Меди (I) сульфат	149
Меди (I) хлорид	149
Меди (I) цианид	149
Меди (II) хлорид, 5%	149
Метилэтилкетон	110
Молочная кислота, 25%	121
Молочная кислота, конц.	121
Натрия гидроксид, 10%	110
Натрия гидроксид, 50%	110
Натрия гипохлорит, 20%	149
Натрия гипохлорит, конц.	149
Натрия карбонат	149
Натрия сульфид, до 50%	149

Продолжение табл. 2.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия хлорид	149
<i>n</i> -Бутиламин	49
Олеум	66
Олова (II) хлорид	149
Олова (IV) хлорид	149
Пикриновая кислота	54
Салициловая кислота	121
Серная кислота, 10%	149
Серная кислота, 100%	149
Серная кислота, 50%	149
Серная кислота, 70%	149
Серная кислота, 90%	149
Серная кислота, 98%	149
Сернистая кислота	99
Сернистая кислота, дымящая	49
Сероуглерод	66
Синильная кислота, 10%	149
Соляная кислота	149
Сурьмы (III) хлорид	99
Тионилхлорид	99
Толуол	121
Трихлоруксусная кислота	99
Углерод четыреххлористый	132
Углерода (II) оксид	149
Углерода (IV) оксид, безв.	149
Углерода (IV) оксид, влажн.	149
Угольная кислота	149
Уксусная кислота ледяная	110
Уксусная кислота, 10%	121
Уксусная кислота, 50%	121
Уксусная кислота, 80%	110
Уксусный ангидрид	149
Фенол	99
Фосфорная кислота, 50–80%	132
Фтор, газ, безв.	38
Фтор, газ, влажн.	38
Фтороводородная кислота, 100%	110
Фтороводородная кислота, 30%	132
Фтороводородная кислота, 70%	121

Окончание табл. 2.14

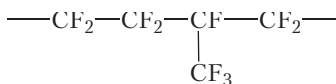
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлор, газ, безв.	99
Хлор, газ, влажн.	121
Хлорбензол	99
Хлорметан	149
Хлорная вода	38
Хлорная кислота, 10%	110
Хлорная кислота, 70%	66
Хлорноватистая кислота	149
Хлороводородная кислота, 20%	149
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороформ	110
Хлорсульфоновая кислота	27
Хлоруксусная кислота, 50%	110
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	110
Хромилхлорид	99
Хромовая кислота, 10%	66
Хромовая кислота, 50%	66
Царская водка 3:1	99
Целлозольв	149
Циклогексан	149
Циклогексано́л	121
Цинка хлорид	149
Этиленгликоль	149
Яблочная кислота	132

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом Х. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.7. Сополимер перфторированных этилена и пропилена (ТФЭ/ГФП)

ТФЭ/ГФП представляет собой полностью фторированный термопласт, немного разветвленный, но главным образом состоящий из линейных молекул:



Максимальная температура, при которой может применяться ТФЭ/ГФП, составляет 190 °С. После продолжительного нагревания до 204 °С изменяется прочность материала. Для улучшения физических свойств полимер наполняют стекловолокном.

За некоторыми исключениями ТФЭ/ГФП подвержен воздействию тех же корродентов, что и политетрафторэтилен, однако при более низких температурах. Он стоек к действию практически всех химикатов за исключением очень сильных окислителей, таких, как ClF_3 и родственные соединения. Некоторые корроденты разрушают ТФЭ/ГФП при очень высоких концентрациях и лишь вблизи максимальной температуры применения полимера. В табл. 2.15 представлены данные о совместимости ТФЭ/ГФП с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведена более подробная информация.

ТФЭ/ГФП стоек к УФ-излучению и обладает прекрасной погодостойкостью. Он находит применение как футеровочный материал для труб и технологического оборудования, а также в изготовлении лабораторной посуды.

Таблица 2.15. Совместимость ТФЭ/ГФП с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	204
Азотная кислота, 20% ⁶	204
Азотная кислота, 5% ⁶	204
Азотная кислота, 70% ⁶	204
Азотная кислота, безв. ⁶	204
Азотная кислота, конц.	204
Акриловая кислота	93
Акрилонитрил	204
Аллиловый спирт	204
Аллилхлорид	204
Алюминия ацетат	204
Алюминия гидроксид	204
Алюминия нитрат	204
Алюминия оксихлорид	204
Алюминия сульфат	204
Алюминия фторид ⁶	204
Алюминия хлорид, безв.	149
Алюминия хлорид, водн.	204
Амилацетат	204

Продолжение табл. 2.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Амиловый спирт	204
Амилхлорид	204
Аммиак, газ ^б	204
Аммония гидроксид, 25%	204
Аммония гидроксид, нас.	204
Аммония дифторида	204
Аммония карбонат	204
Аммония нитрат	204
Аммония персульфат	204
Аммония сульфат, 10–40%	204
Аммония сульфид	204
Аммония сульфит	204
Аммония фосфат	204
Аммония фторид, 10% ^б	204
Аммония фторид, 25% ^б	204
Аммония хлорид, 10%	204
Аммония хлорид, 50%	204
Аммония хлорид, нас.	204
Анилина	204
Ацетальдегид	93
Ацетамид	204
Ацетилхлорид	204
Ацетона	204
Бария гидроксид	204
Бария карбонат	204
Бария сульфат	204
Бария сульфид	204
Бария хлорид	204
Белый щелок	204
Бензальдегида	204
Бензиловый спирт	204
Бензилхлорид	204
Бензойная кислота	204
Бензола, ^б	204
Бензолсульфонокислота, 10%	204
Борная кислота	204
Бром, газ, безв. ^б	93
Бром, газ, влажн. ^б	93

Продолжение табл. 2.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бром, ж ^{а,б}	204
Бромоводородная кислота, 20% ^{б,в}	204
Бромоводородная кислота, 50% ^{б,в}	204
Бромоводородная кислота, разб.	204
Бура	204
Бутадиена	204
Бутилацетат	204
Бутиловый спирт	204
Дибutilфталат	204
Дихлоруксусная кислота	204
Дихлорэтан ^б	204
Железа (II) нитрат	204
Железа (II) хлорид	204
Железа (III) нитрат, 10–50%	127
Железа (III) хлорид	204
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-ра	127
Изобутилметилкетон ^б	204
Йод, 10% р-р ^б	204
Калия бромид, 30%	204
Кальция бисульфид	204
Кальция бисульфит	204
Кальция гидроксид, 10%	204
Кальция гидроксид, нас.	204
Кальция гипохлорит	204
Кальция карбонат	204
Кальция нитрат	204
Кальция оксид	204
Кальция сульфат	204
Кальция хлорат	204
Кальция хлорид	204
Каприловая кислота	204
Квасцы	204
Кетоны	204
Крезол	204
Лимонная кислота, 15%	204
Лимонная кислота, конц.	204
Магния хлорид	204
Марганца хлорид	149
Масляная кислота	204
Меди (I) ацетат	204

Продолжение табл. 2.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Меди (I) карбонат	204
Меди (I) сульфат	204
Меди (I) хлорид	204
Меди (I) цианид	204
Меди (II) хлорид, 5%	204
Меди (II) хлорид, 50%	204
Метилэтилкетон ^б	204
Молочная кислота, 25%	204
Молочная кислота, конц.	204
Натрия гидроксид, 10% ^а	204
Натрия гидроксид, 50%	204
Натрия гидроксид, конц.	204
Натрия гипохлорит, 20%	204
Натрия гипохлорит, конц.	204
Натрия карбонат	204
Натрия сульфид, до 50%	204
Натрия хлорид	204
<i>n</i> -Бутиламина	204
Олеум	204
Олова (II) хлорид	204
Олова (IV) хлорид	204
Пикриновая кислота	204
Салициловая кислота	204
Серебра бромид, 10%	204
Серная кислота, 10%	204
Серная кислота, 100%	204
Серная кислота, 50%	204
Серная кислота, 70%	204
Серная кислота, 90%	204
Серная кислота, 98%	204
Серная кислота, дымящая ^б	204
Сернистая кислота	204
Сероуглерод ^б	204
Синильная кислота, 10%	204
Соляная кислота ^б	204
Сурьмы (III) хлорид	121
Тионилхлорид ^б	204
Толуол ^б	204
Трихлоруксусная кислота	204

Продолжение табл. 2.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Углерод четыреххлористый ^{а,б,в}	204
Углерода (II) оксид	204
Углерода (IV) оксид, безв.	204
Углерода (IV) оксид, влажн.	204
Угольная кислота	204
Уксусная кислота ледяная	204
Уксусная кислота, 10%	204
Уксусная кислота, 50%	204
Уксусная кислота, 80%	204
Уксусный ангидрид	204
Фенол ^б	204
Фосфорная кислота, 50–80%	204
Фтор, газ, безв.	93
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100% ^б	204
Фтороводородная кислота, 30% ^б	204
Фтороводородная кислота, 70% ^б	204
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн. ^б	204
Хлор, ж.а	204
Хлорбензол ^б	204
Хлорметан ^б	204
Хлорная кислота, 10%	204
Хлорная кислота, 70%	204
Хлорноватистая кислота	204
Хлороводородная кислота, 20% ^{б,в}	204
Хлороводородная кислота, 38% ^{б,в}	204
Хлороформ ^б	204
Хлорсульфоновая кислота ^а	204
Хлоруксусная кислота	204
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	204
Хромилхлорид	204
Хромовая кислота, 10%	204
Хромовая кислота, 50% ^а	204
Царская водка 3:1	204
Целлозоль ^в	204
Циклогексан	204
Циклогексанол	204

Окончание табл. 2.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Цинка хлорид ^в	204
Этиленгликоль	204
Яблочная кислота	204

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом Х. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

^а Вещество поглощается полимером.

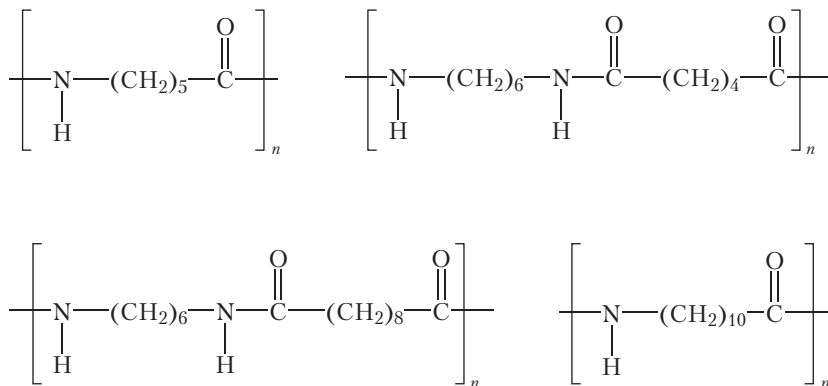
^б Вещество проникает через полимер.

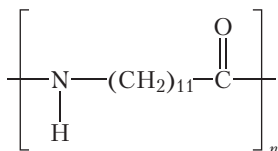
^в Вещество может вызывать растрескивание.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.8. Полиамиды (ПА)

Полиамиды также известны как нейлоны. Существует несколько марок полиамидов, отличающихся числом атомов углерода в диамине и в двухосновной кислоте, используемых для получения данного полимера. Например, нейлон-6.6 представляет собой продукт реакции гексаметилендиамина и адипиновой кислоты. Оба эти соединения содержат по 6 атомов углерода. К наиболее распространенным сортам нейлонов относятся 6, 6.6, 6.10, 11 и 12. Их структурные формулы представлены ниже:





Марки 6 и 6.6 обладают наибольшей прочностью; 6.10 и 11 имеют наименьшую абсорбцию влаги, наилучшие диэлектрические свойства и стабильность размеров; 6, 6.6, 6.10 наиболее эластичны. Нилон 12 подобен 6.10 и 11, но стоимость его ниже, так как обработка его более проста.

Полиамиды сохраняют механические свойства в диапазоне температур от -51 до 204 °С. Необходимо принимать во внимание как долговременные, так и кратковременные температурные воздействия. Жесткость и ударная вязкость полиамидов изменяются при кратковременном нагревании. Существует вероятность, что снятие напряжений при этом приведет к изменению размеров образца.

При долговременном нагревании при высоких температурах существует вероятность постепенного окислительного охрупчивания материала. В этих случаях следует использовать термостабилизированные сорта полимеров.

Полиамиды стойки к жестким условиям воздействия и широкому спектру химикатов. Они не устойчивы к действию большинства неорганических щелочей, в частности гидроксида аммония и аммиака даже при высоких температурах, а также гидроксидов натрия и калия при нормальных условиях. Они также стойки к действию большинства неорганических солей и практически ко всем углеводородам и жидкостям на нефтяной основе.

Полиамиды устойчивы к действию УФ-света, погодных условий и озону. В табл. 2.16 приведены данные о совместимости полиамидов с некоторыми корродирующими агентами. Более подробный список можно найти в книге [1].

Таблица 2.16. Совместимость полиамидов с некоторыми корродирующими агентами

Корродент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	27
Аллиловый спирт	27
Алюминия гидроксид	121
Алюминия нитрат	27

Продолжение табл. 2.16

Корродент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	27
Алюминия хлорид, безв.	X
Алюминия хлорид, водн.	X
Амилацетат	66
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	93
Аммония гидроксид, 25%	121
Аммония гидроксид, нас.	121
Аммония карбонат	160
Аммония нитрат	88
Аммония персульфат	X
Аммония сульфит	27
Аммония фосфат	27
Аммония фторид, 10%	27
Аммония фторид, 25%	27
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	121
Ацетилхлорид	X
Ацетон	27
Бария гидроксид	27
Бария карбонат	27
Бария сульфат	27
Бария сульфид	27
Бария хлорид	121
Белый щелок	27
Бензальдегид	66
Бензиловый спирт	93
Бензилхлорид	121
Бензойная кислота	27
Бензол	121
Бензолсульфокислота, 10%	X
Борная кислота	X
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X

Продолжение табл. 2.16

Коррогент	Максимальная температура совместимости, °С
Бромоводородная кислота, 20%	X
Бромоводородная кислота, 50%	X
Бромоводородная кислота, разб.	X
Бура	93
Бутадиен	27
Бутилацетат	121
Бутиловый спирт	93
Дибutilфталат	27
Дихлорэтан	27
Железа (II) хлорид	X
Железа (III) нитрат, 10–50%	X
Железа (III) хлорид	X
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	X
Изобутилметилкетон	42
Калия бромид, 30%	99
Кальция бисульфит	60
Кальция гидроксид, 10%	66
Кальция гидроксид, нас.	66
Кальция гипохлорит	X
Кальция карбонат	93
Кальция нитрат	X
Кальция оксид	27
Кальция сульфат	27
Кальция хлорид	121
Каприловая кислота	110
Квасцы	X
Крезол	38
Лимонная кислота, 15%	93
Лимонная кислота, конц.	93
Магния хлорид, 50%	116
Марганца хлорид, 37%	X
Масляная кислота	X
Меди (I) карбонат	27
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	X
Меди (I) цианид	27
Меди (II) хлорид, 5%	X
Меди (II) хлорид, 50%	X
Метилэтилкетон	116
Молочная кислота, 25%	93

Продолжение табл. 2.16

Корродент	Максимальная температура совместимости, °С
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	121
Натрия гидроксид, 50%	121
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат, до 30%	116
Натрия сульфид, до 50%	110
Натрия хлорид	110
<i>n</i> -Бутиламин	93
Олеум	X
Олова (II) хлорид	X
Олова (IV) хлорид	27
Пикриновая кислота	X
Салициловая кислота	27
Серная кислота, 10%	X
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	32
Сероуглерод	27
Соляная кислота	X
Сурьмы (III) хлорид	X
Толуол	93
Трихлоруксусная кислота	X
Углерод четыреххлористый	121
Углерода (II) оксид	27
Углерода (IV) оксид, безв.	27
Угольная кислота	38
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	93
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	93
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	X

Окончание табл. 2.16

Корродент	Максимальная температура совместимости, °C
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	121
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлористый метил	27
Хлороформ	54
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	121
Циклогексан	121
Циклогексано́л	121
Цинка хлорид	X
Этиленгликоль	93
Яблочная кислота	X

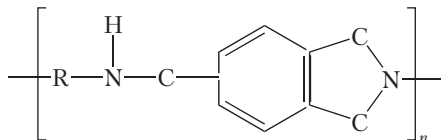
Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Полиамиды используются в производстве емкостей, защитных чехлов, электроизоляции, трубопроводной футеровки и арматуры, подшипников, опор и шлангов. Смеси ПА с ПВХ используются для производства садового инвентаря и спортивных товаров. В автомобильной промышленности эта смесь применяется для изготовления различных крепежных изделий, передних панелей автомобилей, кожухов и защитных оболочек для различных деталей.

2.9. Полиамидимид (ПАИ)

Полиамидимиды представляют собой гетероциклические полимеры, содержащие атом азота в одном из колец цепи. Общая структурная формула приведена ниже:



ПАИ могут применяться при высоких и низких температурах, и поэтому они используются в жестких условиях космоса. Диапазон возможных температур применения составляет от -190 до 260 °С. ПАИ стоек к действию уксусной и фосфорной кислот концентрацией до 35% и серной кислоты концентрацией до 30%.

Полиамидимид разрушается под действием гидроксида натрия, однако он стабилен по отношению к УФ-излучению. В табл. 2.17 приведены данные о химической совместимости ПАИ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведены более подробные данные.

ПАИ применяется в автомобильной промышленности для изготовления деталей подкапотного пространства, а также в производстве подшипников и поршней для насосов.

Таблица 2.17. Совместимость ПАИ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия сульфат, 10%	104
Амилацетат	93
Аммония гидроксид, 25%	93
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония нитрат, 10%	93
Аммония сульфат, 10%	93
Аммония хлорид, 10%	93
Анилин	93
Ацетилхлорид, безв.	49
Ацетон	27
Бария хлорид, 10%	93
Бензальдегид	93
Бензилхлорид	49
Бензол	27
Бензолсульфокислота, 10%	X
Бром, газ, влажн.	49

Окончание табл. 2.17

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бутилацетат	93
Бутиловый спирт	93
Дибутилфталат	93
Кальция гипохлорит	X
Кальция хлорид	93
Магния хлорид, безв.	93
Метилэтилкетон	93
Молочная кислота, 25%	93
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 10%	93
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат, 10%	93
Натрия сульфид, до 50%	X
Натрия хлорид, 10%	93
<i>n</i> -Бутиламин	93
Олеум	49
Серная кислота, 10%	93
Серная кислота, дымящая	49
Толуол	93
Уксусная кислота ледяная	93
Уксусная кислота, 10%	93
Уксусная кислота, 50%	93
Уксусная кислота, 80%	93
Уксусный ангидрид	93
Хлорбензол	93
Хлороводородная кислота, 20% (соляная кислота)	93
Хлороводородная кислота, 38% (соляная кислота)	93
Хлороформ	49
Хромовая кислота, 10%	93
Целлозольв	93
Циклогексан	93
Циклогексанол	93
Этиленгликоль	93

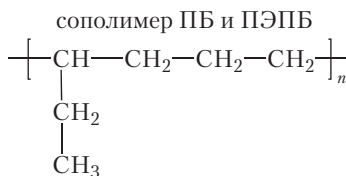
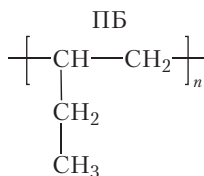
Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом.

Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.10. Полибутилен (ПБ)

Полибутилен представляет собой полукристаллический термопласт, получаемый из бутена-1. К ПБ относятся как гомо-, так и сополимы (бутен/этилен). Структурная формула ПБ представлена ниже:



Максимальная температура использования полибутилена составляет 93 °С. Он обладает стойкостью к растрескиванию, высоким сопротивлением к истиранию и хорошей химической стойкостью. Он стоек к действию кислот, оснований и моющих средств. Полибутилен частично растворяется в ароматических и хлорированных углеводородах при температурах выше 60 °С и частично разрушается под действием алифатических растворителей при комнатной температуре. Хлорированная вода вызывает точечную коррозию. В табл. 2.18 представлены данные о совместимости полибутилена с некоторыми корродирующими веществами. ПБ подвержен разрушению УФ-излучением.

ПБ применяется в производстве труб, химического технологического оборудования. ПБ может перерабатываться литьем под давлением для производства различных деталей, для футеровки емкостей и линий транспортировки абразивов.

Таблица 2.18. Совместимость полибутилена с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Совместимость
Аллиловый спирт	X
Алюминия хлорид	X
Амиловый спирт	X
Аммония гидроксид	R
Аммония хлорид	X
Анилин	R
Бензальдегид	R
Бензойная кислота	R

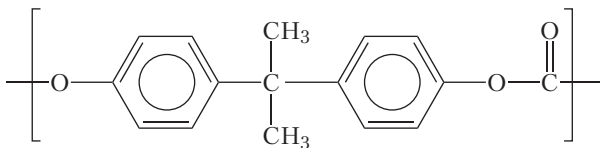
Окончание табл. 2.18

Корродирующий агент	Совместимость
Бензол	R
Борная кислота	R
Бутиловый спирт	X
Вода (нехлорированная)	R
Кальция гидроксид	R
Кальция карбонат	R
Кальция сульфат	R
Ксилол	R
Лимонная кислота	R
Метиловый спирт	X
Молочная кислота	R
Моющие средства	R
Мыла	R
Натрия гидроксид, 10%	R
Натрия гидроксид, 50%	R
Натрия карбонат	R
Пикриновая кислота	R
Пропиловый спирт	X
Салициловая кислота	R
Толуол	R
Трихлоруксусная кислота	R
Угольная кислота	R
Уксусная кислота	R
Уксусный ангидрид	R
Фенол	R
Хлорбензол	R
Хлоруксусная кислота	R
Циклогексан	R
Яблочная кислота	R

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Совместимость при 23 °C обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

2.11. Поликарбонаты (ПК)

Этот термопласт производится фирмой *General Electric* под торговым названием *Lexan*. ПК относятся к конструкционным термопластам, поскольку обладают очень хорошими эксплуатационными характеристиками. Структурная формула представлена на рисунке.



Погружение в воду и выдерживание при высокой влажности при температуре вплоть до 100 °С мало сказывается на размерах детали из ПК. Поликарбонаты являются одними из наиболее стабильных полимеров для использования во влажных средах. Диапазон температур применения карбонатов лежит в пределах от –129 до 120–135 °С.

Поликарбонаты не разрушаются под действием алифатических углеводородов и слабых кислот, однако они не очень стойки к действию слабых щелочей. Они устойчивы в присутствии большинства масел и смазок, ПК подвержены действию сильных щелочей и сильных кислот и растворимы в кетонах, сложных эфирах, ароматических и хлорированных углеводородах. ПК устойчивы к воздействию УФ-излучения и обладают превосходной стойкостью к погодным условиям. В табл. 2.19 представлены данные о совместимости ПК с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

Вследствие того, что ПК обладает хорошей ударной прочностью и прозрачностью, его широко применяют для изготовления смотровых окон химического оборудования и остекления на химических заводах. Он также находит широкое применение в наружных системах управления потреблением энергии, сетевых интерфейсов, элементах электропроводки, телефонного оборудования, светорассеивателей и абажуров.

Таблица 2.19. Совместимость ПК с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Совместимость
Азотная кислота, 2%	R
Аммиак, 10%	X
Ацетон	X
Бензол	X
Бутилацетат	X
Вазелин	R
Вода горячая	X
Вода холодная	R
Водорода пероксид, 0–5%	R
Водорода пероксид, 30%	R
Воска расплав	R
Гептан / гексан	R
Глицерин	X

Продолжение табл. 2.19

Корродирующий агент	Совместимость
Горючее	R
Дизельное топливо	X
Диоксан	X
Дихлорметан	X
Кадмия хлорид	R
Калия бихромат	R
Калия гидроксид, 50%	X
Калия перманганат, 10%	R
Керосин	R
Ксилол	X
Лимонная кислота, 10%	R
Льняное масло	R
Метанол	X
Метилэтилкетон	X
Молоко	R
Муравьиная кислота	X
Мыльный раствор	R
Натрия бисульфит	R
Натрия гидроксид, 5%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия карбонат, 10%	R
Натрия хлорид, 10%	R
Пищевое масло	R
Серная кислота, 2%	R
Серная кислота, 98%	X
Сероуглерод	X
Силиконовое масло	R
Толуол	X
Углерод четыреххлористый	X
Уксусная кислота, 10%	R
Уксусная кислота, 5%	R
Фосфорная кислота, 10%	X
Фруктовые соки	R
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 2%	R
Хлороводородная кислота, 38%	R
Хлороформ	X
Чернила	R

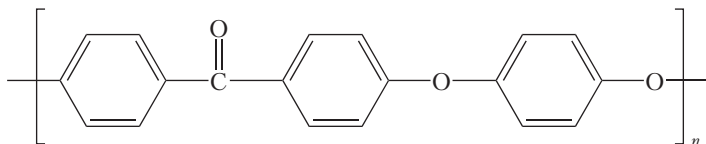
Окончание табл. 2.19

Корродирующий агент	Совместимость
Этанол	X
Этилацетат	X
Этиленгликоль	R
Эфир	X

Совместимость при 23 °С обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

2.12. Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК)

ПЭЭК является полиароматическим линейным термопластом:



Он представляет собой запатентованный продукт фирмы *ICI* и является конструкционным полимером, подходящим для использования в случаях, когда от материала требуются механическая прочность и способность выдерживать жесткие термические и химические условия. Диапазон температуры эксплуатации ПЭЭК составляет от –65 до 250 °С.

ПЭЭК не разрушается в присутствии воды. Он имеет прекрасную долговременную стойкость к ее действию и при нормальных условиях, и при повышенных температурах. Он также проявляет хорошую стойкость к дождевой эрозии. Поскольку ПЭЭК не гидролизуетс водой при циклическом воздействии повышенных температур, он может быть стерилизован паром с использованием обычного стерилизационного оборудования.

ПЭЭК нерастворим во всех широко использующихся растворителях и обладает прекрасной стойкостью к действию широкого ряда органических и неорганических растворителей.

Кроме того, ПЭЭК не разрушается под воздействием жесткого γ-излучения, поглощая более 1000 Мрад излучения без заметных повреждений материала.

Как и большинство полиароматических соединений, ПЭЭК подвержен разрушению УФ-светом. Однако тесты показывают, что в течение года воздействие светопогоды на окрашенные и неокрашенные отливки очень мало. В более жестких погодных условиях внешняя окраска или пигментирование полимера может защитить его от быстрого разрушения.

В табл. 2.20 представлены данные о совместимости ПЭЭК с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробный список.

Таблица 2.20. Совместимость ПЭЭК с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотистая кислота, 10%	27
Азотная кислота, 20%	93
Азотная кислота, 5%	93
Акриловая кислота	27
Акрилонитрил	27
Алюминия сульфат	27
Аммиак, газ	99
Аммония гидроксид, нас.	27
Анилин	93
Ацетальдегид	27
Ацетон	99
Бензальдегид	27
Бензойная кислота	77
Бензол	27
Борная кислота	27
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бромоводородная кислота, 20%	X
Бромоводородная кислота, 50%	X
Бромоводородная кислота, разб.	X
Железа (II) хлорид	93
Калия бромид, 30%	60
Кальция гидроксид, 10%	27
Кальция гидроксид, нас.	38
Кальция карбонат	27
Кальция хлорид	27
Кетоны	27
Лигроин	93
Лимонная кислота, конц.	77
Магния гидроксид	38
Метиловый спирт	27
Метилэтилкетон	188
Молочная кислота, 25%	27
Молочная кислота, конц.	38
Натрия гидроксид, 10%	104
Натрия гидроксид, 50%	82
Натрия гидроксид, конц.	93
Натрия гипохлорит, 20%	27
Натрия гипохлорит, конц.	27
Натрия карбонат	99

Окончание табл. 2.20

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Серная кислота, 10%	27
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	93
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сероводород, влажн.	93
Толуол	27
Углерод четыреххлористый	27
Углерода (IV) оксид, безв.	27
Угольная кислота	27
Уксусная кислота ледяная	60
Уксусная кислота, 10%	27
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	60
Фенол	60
Фосфорная кислота, 50–80%	93
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	27
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	93
Хлороводородная кислота, 20%	38
Хлороводородная кислота, 38%	38
Хлороформ	27
Хлорсульфоновая кислота	27
Хромовая кислота, 10%	27
Хромовая кислота, 50%	93
Царская водка 3:1	X
Циклогексан	27
Цинка хлорид	38
Щавелевая кислота, 10%	X
Щавелевая кислота, 5%	X
Щавелевая кислота, нас.	X
Этиленгликоль	71

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально

в медицинской и пищевой промышленности. В табл. 2.21 представлены данные о совместимости ПЭИ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробный список.

ПЭИ находит применение в случаях, когда требуется тепло- и огнестойкость, низкое дымовыделение, а также необходимы высокий предел прочности на растяжение и на изгиб, стабильные электрические свойства в широком интервале температур и частот, химическая стойкость и хорошие характеристики поверхностного слоя. Одной из областей применения ПЭИ является производство подкапотных датчиков многомерной регулировочной системы в автомобилях.

Таблица 2.21. Совместимость ПЭИ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, 2%	R
Азотная кислота, 20%	R
Аммиак, 10%	X
Аммония гидроксид, 25%	R
Аммония гидроксид, нас.	R
Ацетон	R
Бензин	R
Бензойная кислота	R
Вода горячая	R
Вода холодная	R
Гептан/гексан	R
Горючее	R
Дизельное топливо	R
Изопропанол	R
Йод, р-р, 10%	R
Калия гидроксид, 10%	R
Калия перманганат, 10%	R
Лимонная кислота, 10%	R
Лимонная кислота, конц.	R
Метанол	R
Метилхлорид	X
Метилэтилкетон	X
Моторное масло	R
Муравьиная кислота, 10%	R
Натрия гидроксид, 10%	R
Натрия гипохлорит, 20%	R
Натрия гипохлорит, конц.	R
Натрия хлорид, 10%	R
Серная кислота, 10%	R
Серная кислота, 50%	R

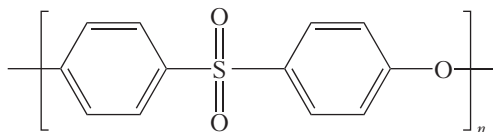
Окончание табл. 2.21

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, дымящая	X
Тетрахлорэтилен	R
Толуол	R
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	R
Уксусная кислота ледяная	R
Уксусная кислота, 10%	R
Уксусная кислота, 80%	R
Фосфорная кислота, 50–80%	R
Фруктовый сок	R
Хлороводородная кислота, 2%	R
Хлороводородная кислота, 30%	R
Хлороводородная кислота, 38%	R
Хлороформ	X
Циклогексан	R
Этанол	R
Этилацетат	X
Этиленгликоль	R
Эфир	R

Совместимость при 23 °С обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

2.14. Полиэфирсульфон (ПЭС)

Полиэфирсульфон представляет собой конструкционный термопласт, сочетающий в себе хорошую термическую стойкость и механическую прочность. ПЭС является линейным полимером со следующей структурой:



ПЭС также продается под торговым названием *Ultem*.

При поглощении полимером воды из атмосферы он может несколько изменяться в размерах. При равновесном содержании воды при 65% относительной влажности эти изменения составляют порядка 0,15%, в то время как в кипящей воде они составят приблизительно 0,3%. Воду можно удалить нагреванием

до 149–180 °С. Высушивание также предотвратит дегазацию при повышенных температурах.

ПЭС обладает прекрасной стойкостью к действию алифатических углеводов, некоторых хлорированных углеводородов и ароматики. Он также стоек к действию большинства неорганических соединений. Углеводороды, минеральные масла, смазки и трансмиссионные жидкости не разрушают ПЭС.

Разрушается ПЭС под действием сильных кислот-окислителей, но материал, армированный стекловолокном, стоек к действию разбавленных кислот. ПЭС растворим в высокополярных растворителях и подвержен растрескиванию в кетонах и сложных эфирах. Полиэфирсульфон не очень стоек по отношению к погодным условиям, вследствие чего плохо подходит для применения на открытом воздухе. Поскольку ПЭС чувствителен к действию УФ-света, при использовании на открытом воздухе его необходимо стабилизировать введением тегулерода или внешним окрашиванием.

В табл. 2.22 представлены данные о совместимости ПЭС с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

ПЭС находит применение в производстве медицинской техники, на химических заводах, производстве сосудов для жидкостей, в самолетостроении и космической технике, при изготовлении инструментов, офисного оборудования, фотокопировальных устройств, электрооборудования и автомобильном строении (производство деталей карбюраторов и плавких предохранителей).

Таблица 2.22. Совместимость ПЭС с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	27
Аммиак, газ	27
Анилин	X
Ацетон	X
Бензойная кислота	27
Бензол	27
Бензолсульфокислота, 10%	38
Железа (II) хлорид	38
Калия бромид, 30%	60
Керосин	27
Лимонная кислота, конц.	27
Метилэтилкетон	X
Натрия гидроксид, 20%	27
Натрия гидроксид, 50%	27
Натрия гипохлорит, 20%	27

Окончание табл. 2.22

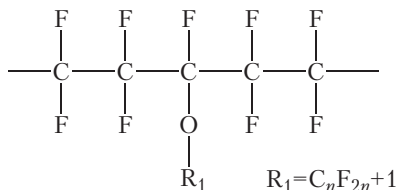
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Натрия гипохлорит, конц.	27
Натрия карбонат	27
Натрия хлорид	27
Серная кислота, 10%	27
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сероводород, влажн.	27
Толуол	27
Углерод четыреххлористый	27
Уксусная кислота ледяная	93
Уксусная кислота, 10%	27
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	93
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	93
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 20%	60
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлорсульфоновая кислота	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Щавелевая кислота, 29%	27
Щавелевая кислота, 5%	27
Щавелевая кислота, нас.	27
Этиленгликоль	38

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.15. Перфторалкокси-сополимер (ПФА)

ПФА представляет собой перфторированный полимер со следующей формулой:



ПФА не обладает прочностью ПТФЭ при повышенных температурах, но обладает несколько лучшими, чем ТФЭ/ГФП, физическими и механическими свойствами при температурах выше 149 °С и может быть использован при температурах вплоть до 260 °С. Как и ПТФЭ, ПФА проницаем для некоторых газов и поглощает определенные соединения. В табл. 2.23 приведены данные о поглощении ряда жидкостей ПФА. Этот полимер также подходит для использования при криогенных температурах.

Таблица 2.23. Поглощение жидкостей ПФА

Жидкость ^а	Температура, °С	Диапазон увеличения массы, %
Анилин	185	0,3–0,4
Ацетофенон	201	0,6–0,8
Бензальдегид	179	0,4–0,5
Бензиловый спирт	204	0,3–0,4
Бром, безв.	–22	0,5
Диметилсульфоксид	190	0,1–0,2
Железа (III) хлорид	100	0,00–0,01
Изооктан	99	0,7–0,8
<i>n</i> -Бутиламин	78	0,3–0,4
Нитробензол	210	0,7–0,9
Сульфурилхлорид	68	1,7–2,7
Тетрахлорэтилен	121	2,0–2,3
Толуол	110	0,7–0,8
Трибутилфосфат ^б	200	1,8–2,0
Углерод четыреххлористый	78	2,3–2,4
Фосфорная кислота, конц.	100	0,00–0,01

^а Образцы выдерживали в течение 168 часов при температуре кипения растворителя. В кислотных реагентов выдерживание осуществлялось в течение 168 ч.

^б Без кипения.

Окончание табл. 2.23

Фреон 113	47	1,2
Хлор, безв.	120	0,5–0,6
Хлороводородная кислота, 37%	120	0,00–0,03
Хлорсульфоновая кислота	150	0,7–0,8
Хромовая кислота, 50%	120	0,00–0,01
Цинка хлорид	100	0,00–0,03

ПФА стоек к действию сильных минеральных кислот, органических оснований, неорганических окислителей, ароматики, некоторых алифатических углеводородов, спиртов, альдегидов, кетонов, простых и сложных эфиров, хлор- и фторуглеводородов и их смесей.

2ПФА разрушается под действием некоторых фторсодержащих соединений, таких как трифториды хлора и брома, пентафторид йода и фтор. Кроме того, он подвержен действию металлов, например, натрия и калия, особенно их расплавов. В табл. 2.24 приведены данные о совместимости ПФА с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию. Помимо этого, ПФА обладает прекрасной стойкостью к погодным условиям и УФ-излучению.

Таблица 2.24. Совместимость ПФА с некоторыми корродирующими агентами

Корродент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	232
Азотистая кислота, 10%	232
Азотная кислота, 20% ^a	232
Азотная кислота, 5% ^a	232
Азотная кислота, 70% ^a	232
Азотная кислота, безв. ^a	232
Акрилонитрил	232
Аллиловый спирт	232
Аллилхлорид	232
Алюминия гидроксид	232
Алюминия нитрат	232
Алюминия оксихлорид	232
Алюминия сульфат	232
Алюминия фторид	232
Алюминия хлорид, водн.	232
Амлацетат	232
Амиловый спирт	232
Амилхлорид	232
Аммиак, газ ^a	232
Аммония гидроксид, 25%	232

Продолжение табл. 2.24

Корродент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония гидроксид, нас.	232
Аммония дифторид ^а	232
Аммония карбонат	232
Аммония нитрат	232
Аммония персульфат	232
Аммония сульфат, 10–40%	232
Аммония сульфид	232
Аммония фосфат	232
Аммония фторид, 10% ^а	232
Аммония фторид, 25% ^а	232
Аммония хлорид, 10%	232
Аммония хлорид, 50%	232
Аммония хлорид, нас.	232
Анилин ^б	232
Ацетальдегид	232
Ацетамид	232
Ацетилхлорид	232
Ацетон	232
Бария гидроксид	232
Бария карбонат	232
Бария сульфат	232
Бария сульфид	232
Бария хлорид	232
Белый щелок	232
Бензальдегид ^б	232
Бензиловый спирт ^б	232
Бензилхлорид ^а	232
Бензойная кислота	232
Бензол ^а	232
Бензолсульфокислота, 10%	232
Борная кислота	232
Бром, газ, безв. ^а	232
Бром, ж. ^{а,б}	232
Бромоводородная кислота, 20% ^{а,б}	232
Бромоводородная кислота, 50% ^{а,в}	232
Бромоводородная кислота, масло ^{а,в}	232
Бура	232
Бутадиен ^а	232
Бутилацетат	232
Бутиловый спирт	232

Продолжение табл. 2.24

Корродент	Максимальная температура совместимости, °C
Дибутилфталат	232
Дихлоруксусная кислота	232
Дихлорэтан ^a	232
Железа (II) нитрат	232
Железа (II) хлорид	232
Железа (III) нитрат, 10–50%	232
Железа (III) хлорид	232
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р ^б	232
Изобутилметилкетон ^a	232
Йод, р-р, 10% ^a	232
Калия бромид, 30%	232
Кальция бисульфид	232
Кальция бисульфит	232
Кальция гидроксид, 10%	232
Кальция гидроксид, нас.	232
Кальция гипохлорит	232
Кальция карбонат	232
Кальция нитрат	232
Кальция оксид	232
Кальция сульфат	232
Кальция хлорат	232
Кальция хлорид	232
Каприловая кислота	232
Квасцы	232
Кетоны	232
Крезол	232
Лимонная кислота, 15%	232
Лимонная кислота, конц.	232
Магния хлорид	232
Масляная кислота	232
Меди (I) карбонат	232
Меди (I) сульфат	232
Меди (I) хлорид	232
Меди (I) цианид	232
Меди (II) хлорид, 5%	232
Меди (II) хлорид, 50%	232
Метилэтилкетон ^a	232
Молочная кислота, 25%	232
Молочная кислота, конц.	232
Натрия гидроксид, 10%	232

Продолжение табл. 2.24

Корродент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия гидроксид, 50%	232
Натрия гидроксид, нас.	232
Натрия гипохлорит, 20%	232
Натрия гипохлорит, конц.	232
Натрия карбонат	232
Натрия сульфид, до 50%	232
Натрия хлорид	232
<i>n</i> -Бутиламин ⁶	232
Олеум	232
Олова (II) хлорид	232
Олова (IV) хлорид	232
Пикриновая кислота	232
Салициловая кислота	232
Серная кислота, 10%	232
Серная кислота, 100%	232
Серная кислота, 50%	232
Серная кислота, 70%	232
Серная кислота, 90%	232
Серная кислота, 98%	232
Серная кислота, дымящая ^a	232
Сернистая кислота	232
Сероуглерод ^a	232
Синильная кислота, 10%	232
Соляная кислота ^a	232
Сурьмы (III) хлорид	232
Тионилхлорид ^a	232
Толуол ^a	232
Трихлоруксусная кислота	232
Углерод четыреххлористый ^{a,б,в}	232
Углерода (II) оксид	232
Углерода (IV) оксид, безв.	232
Углерода (IV) оксид, влажн.	232
Угольная кислота	232
Уксусная кислота ледяная	232
Уксусная кислота, 10%	232
Уксусная кислота, 50%	232
Уксусная кислота, 80%	232
Уксусный ангидрид	232
Фенол ^a	232

Окончание табл. 2.24

Корродент	Максимальная температура совместимости, °C
Фосфорная кислота, 50–80% ⁶	232
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100% ^a	232
Фтороводородная кислота, 30% ^a	232
Фтороводородная кислота, 70% ^a	232
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн. ^a	232
Хлор, ж. ⁶	X
Хлорбензол ^a	232
Хлорметан ^a	232
Хлорная кислота, 10%	232
Хлорная кислота, 70%	232
Хлорноватистая кислота	232
Хлороводородная кислота, 20% ^{a,в}	232
Хлороводородная кислота, 38% ^{a,в}	232
Хлороформ ^a	232
Хлорсульфоновая кислота ⁶	232
Хлоруксусная кислота	232
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	232
Хромилхлорид	232
Хромовая кислота, 10%	232
Хромовая кислота, 50% ⁶	232
Царская водка 3:1	232
Циклогексан	232
Циклогексанол	232
Цинка хлорид ⁶	232
Этиленгликоль	232
Яблочная кислота	232

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

^a Вещество проникает в полимер.

⁶ Вещество поглощается полимером.

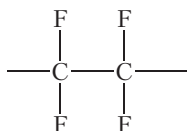
^в Вещество вызывает растрескивание материала.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

ПФА широко применяется в химической промышленности вследствие своей хорошей коррозионной стойкости для футеровки трубопроводов и сосудов. Подробнее об использовании ПФА в производстве обкладки трубопроводов можно прочитать в книге [2], а для сосудов — в книгах [3, 4].

2.16. Политетрафторэтилен (ПТФЭ)

ПТФЭ продается под торговым названием *Teflon* фирмой *DuPont* и под названием *Halon* фирмой *Ausimont USA*. Он представляет собой перфторированный полимер со следующей структурой:



ПТФЭ имеет эксплуатационный диапазон температуры от -29 до 212 °С. Такие рамки температуры обусловлены физическими и механическими свойствами ПТФЭ. При контакте с агрессивными веществами верхняя граница может быть ниже.

ПТФЭ уникален по своей коррозионной стойкости. Он практически инертен в присутствии большинства химических веществ. Очень немногие вещества влияют на ПТФЭ при обычных температурах эксплуатации. ПТФЭ разрушается в присутствии самых сильных окислительных и восстановительных реагентов. Металлический натрий и другие щелочные металлы отрывают фтор от молекул.

Фтор и подобные вещества, например трифторхлорид, поглощаются ПТФЭ в такой степени, что смесь возгорается от удара. С потенциальными окислителями необходимо обращаться с большой осторожностью и осознанием возможной опасности.

Взаимодействие с 80%-ным гидроксидом натрия, хлоридом алюминия, аммиаком и определенными аминами при высоких температурах оказывает действие, аналогичное эффекту металлического натрия. Медленное окисление вызывается 70%-ной азотной кислотой под давлением при 250 °С.

ПТФЭ обладает прекрасной стойкостью к погодным условиям и не деградирует от УФ-излучения. В табл. 2.25 представлены данные о совместимости ПТФЭ с некоторыми корродирующими агентами. В [1] приведен более подробный список.

ПТФЭ применяется в очень многих областях, начиная от экзотического современного использования до традиционного изготовления изоляции проводов и непригорающих покрытий для кухонной утвари. Одним из наиболее значимых ПТФЭ является применение его для защиты от коррозии, включая защитную

облицовку химических сосудов и трубопроводов. Применение в автомобильной промышленности обусловлено наличием у ПТФЭ таких преимуществ, как малое поверхностное трение и химическая стабильность, что позволяет использовать его в производстве уплотнителей вала и систем рулевого управления, а также компрессоров и амортизаторов. В книге [2] приведена подробная информация об использовании ПТФЭ при производстве трубопровода.

Таблица 2.25. Совместимость ПТФЭ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	232
Азотистая кислота, 10%	232
Азотная кислота, 20% ^a	232
Азотная кислота, 5% ^a	232
Азотная кислота, 70% ^a	232
Азотная кислота, безв. ^a	232
Акрилонитрил	232
Аллиловый спирт	232
Аллилхлорид	232
Алюминия гидроксид	232
Алюминия нитрат	232
Алюминия оксихлорид	232
Алюминия сульфат	232
Алюминия фторид	232
Алюминия хлорид, водн.	232
Амилацетат	232
Амиловый спирт	232
Амилхлорид	232
Аммиак, газ ^a	232
Аммония гидроксид, 25%	232
Аммония гидроксид, нас.	232
Аммония дифторид	232
Аммония карбонат	232
Аммония нитрат	232
Аммония персульфат	232
Аммония сульфат, 10–40%	232
Аммония сульфид	232
Аммония фосфат	232
Аммония фторид, 10%	232
Аммония фторид, 25%	232
Аммония хлорид, 10%	232
Аммония хлорид, 50%	232
Аммония хлорид, нас.	232

Продолжение табл. 2.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Анилин	232
Ацетальдегид	232
Ацетамид	232
Ацетилхлорид	232
Ацетон	232
Бария гидроксид	232
Бария карбонат	232
Бария сульфат	232
Бария сульфид	232
Бария хлорид	232
Белый щелок	232
Бензальдегид	232
Бензиловый спирт	232
Бензилхлорид	232
Бензойная кислота	232
Бензол ^а	232
Бензолсульфокислота, 10%	232
Борная кислота	232
Бром, газ, безв. ^а	232
Бром, ж. ^а	232
Бромоводородная кислота, 20% ^б	232
Бромоводородная кислота, 50% ^б	232
Бромоводородная кислота, разб. ^{а,б}	232
Бура	232
Бутадиен ^а	232
Бутилацетат	232
Бутиловый спирт	232
Дибutilфталат	232
Дихлоруксусная кислота	232
Дихлорэтан ^а	232
Железа (II) нитрат	232
Железа (II) хлорид	232
Железа (III) нитрат, 10–50%	232
Железа (III) хлорид	232
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	232
Изобутилметилкетон ^б	232
Йод, р-р, 10% ^а	232
Калия бромид, 30%	232
Кальция бисульфид	232
Кальция бисульфит	232

Продолжение табл. 2.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Кальция гидроксид, 10%	232
Кальция гидроксид, нас.	232
Кальция гипохлорит	232
Кальция карбонат	232
Кальция нитрат	232
Кальция оксид	232
Кальция сульфат	232
Кальция хлорат	232
Кальция хлорид	232
Каприловая кислота	232
Квасцы	232
Кетоны	232
Крезол	232
Лимонная кислота, 15%	232
Лимонная кислота, конц.	232
Магния хлорид	232
Масляная кислота	232
Меди (I) карбонат	232
Меди (I) сульфат	232
Меди (I) хлорид	232
Меди (I) цианид, 10%	232
Меди (II) хлорид, 5%	232
Меди (II) хлорид, 50%	232
Метилэтилкетон ^а	232
Молочная кислота, 25%	232
Молочная кислота, конц.	232
Натрия гидроксид, 10%	232
Натрия гидроксид, 50%	232
Натрия гидроксид, конц.	232
Натрия гипохлорит, 20%	232
Натрия гипохлорит, конц.	232
Натрия карбонат	232
Натрия сульфид, до 50%	232
Натрия хлорид	232
<i>n</i> -Бутиламин	232
Олеум	232
Олова (II) хлорид	232
Олова (IV) хлорид	232
Пикриновая кислота	232
Салициловая кислота	232

Продолжение табл. 2.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 10%	232
Серная кислота, 100%	232
Серная кислота, 50%	232
Серная кислота, 70%	232
Серная кислота, 90%	232
Серная кислота, 98%	232
Серная кислота, дымящая ^a	232
Сернистая кислота	232
Сероуглерод ^a	232
Синильная кислота, 10%	232
Соляная кислота ^a	232
Сурьмы (III) хлорид	232
Тионилхлорид	232
Толуол ^a	232
Трихлоруксусная кислота	232
Углерод четыреххлористый ^b	232
Углерода (II) оксид	232
Углерода (IV) оксид, безв.	232
Углерода (IV) оксид, влажн.	232
Угольная кислота	232
Уксусная кислота ледяная	232
Уксусная кислота, 10%	232
Уксусная кислота, 50%	232
Уксусная кислота, 80%	232
Уксусный ангидрид	232
Фенол ^a	232
Фосфорная кислота, 50–80%	232
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100% ^a	232
Фтороводородная кислота, 30% ^a	232
Фтороводородная кислота, 70% ^a	232
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн. ^a	232
Хлор, ж.	X
Хлорбензол ^a	232
Хлорметан ^a	232
Хлорная кислота, 10%	232
Хлорная кислота, 70%	232
Хлорноватистая кислота	232

Окончание табл. 2.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлороводородная кислота, 20% ^б	232
Хлороводородная кислота, 38% ^б	232
Хлороформ ^а	232
Хлорсульфоновая кислота	232
Хлоруксусная кислота	232
Хлоруксусная кислота, 50%-ный водн. р-р	232
Хромилхлорид	232
Хромовая кислота, 10%	232
Хромовая кислота, 50%	232
Царская водка 3:1	232
Циклогексан	232
Циклогексанол	232
Цинка хлорид ^в	232
Этиленгликоль	232
Яблочная кислота	232

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимальными установленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом Х. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

^а Вещество проникает через полимер.

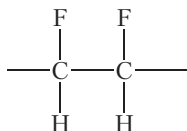
^б Вещество вызывает растрескивание материала.

^в Вещество поглощается полимером.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.17. Поливинилиденфторид (ПВДФ)

Поливинилиденфторид является кристаллическим полимером с большой молекулярной массой, содержащим 50% фтора. По своей структуре он аналогичен ПТФЭ за тем лишь исключением, что он не полностью фторирован.



Оптимальный диапазон температуры эксплуатации ПВДФ составляет от 40 до 160 °С (по механическим свойствам и химической стойкости).

Этот материал одобрен Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств (США) для использования в приготовлении и хранении пищи.

ПВДФ химически стоек к действию большинства кислот, оснований и органических растворителей. Он также не разлагается в присутствии сухих или влажных хлора, брома или других галогенов.

ПВДФ не следует использовать в случаях, когда возможен контакт с сильными щелочами, дымящими кислотами, полярными растворителями, аминами, кетонами или сложными эфирами. При контакте с сильными щелочами материал растрескивается. В табл. 2.26 приведены данные о совместимости ПВДФ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

Таблица 2.26. Совместимость ПВДФ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	138
Азотная кислота, 20%	82
Азотная кислота, 5%	93
Азотная кислота, 70%	49
Азотная кислота, безв.	6
Азотная кислота, конц.	99
Акриловая кислота	66
Акрилонитрил	54
Аллиловый спирт	93
Аллилхлорид	93
Алюминия ацетат	121
Алюминия гидроксид	127
Алюминия нитрат	149
Алюминия оксихлорид	143
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	149
Алюминия хлорид, безв.	132
Алюминия хлорид, водн.	149
Амиллацетат	88
Амиловый спирт	138
Амилхлорид	138
Аммиак, газ	132
Аммония гидроксид, 25%	138
Аммония гидроксид, нас.	138
Аммония дифторид	121

Продолжение табл. 2.26

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония карбонат	138
Аммония нитрат	138
Аммония персульфат	138
Аммония сульфат, 10–40%	138
Аммония сульфид	138
Аммония фосфат	138
Аммония фторид, 10%	138
Аммония фторид, 25%	138
Аммония хлорид, 10%	138
Аммония хлорид, 50%	138
Аммония хлорид, нас.	138
Амония сульфит	138
Анилин	93
Ацетальдегид	66
Ацетамид	32
Ацетилхлорид	49
Ацетон	X
Бария гидроксид	138
Бария карбонат	138
Бария сульфат	138
Бария сульфид	138
Бария хлорид	138
Белый щелок	27
Бензальдегид	49
Бензиловый спирт	138
Бензилхлорид	138
Бензойная кислота	121
Бензол	66
Бензолсульфокислота, 10%	38
Борная кислота	138
Бром, газ, безв.	99
Бром, газ, влажн.	99
Бром, ж.	60
Бромоводородная кислота, 20%	138
Бромоводородная кислота, 50%	138
Бромоводородная кислота, разб.	127
Бура	138
Бутадиен	138
Бутилацетат	60
Бутиловый спирт	138

Продолжение табл. 2.26

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Дибутилфталат	27
Дихлоруксусная кислота	49
Дихлорэтан	138
Железа (II) нитрат	138
Железа (II) нитрат, 10–50%	138
Железа (II) хлорид	138
Железа (II) хлорид, 50% водн. р-р	138
Железа (III) хлорид	138
Изобутилметилкетон	43
Йод, р-р, 10%	121
Калия бромид, 30%	138
Кальция бисульфид	138
Кальция бисульфит	138
Кальция гидроксид, 10%	132
Кальция гидроксид, нас.	138
Кальция гипохлорит	138
Кальция карбонат	138
Кальция нитрат	138
Кальция оксид	121
Кальция сульфат	138
Кальция хлорат	138
Кальция хлорид	138
Каприловая кислота	104
Квасцы	82
Кетоны	43
Крезол	99
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, конц.	121
Магния хлорид	138
Марганца хлорид	138
Масляная кислота	110
Меди (I) ацетат	121
Меди (I) карбонат	121
Меди (I) сульфат	138
Меди (I) хлорид	138
Меди (I) цианид	138
Меди (II) хлорид, 5%	132
Меди (II) хлорид, 50%	132
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	54

Продолжение табл. 2.26

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Молочная кислота, конц.	43
Натрия гидроксид, 10%	110
Натрия гидроксид, 50%	104
Натрия гидроксид, конц.	66
Натрия гипохлорит, 20%	138
Натрия гипохлорит, конц.	138
Натрия карбонат	138
Натрия сульфид, до 50%	138
Натрия хлорид	138
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	138
Олова (IV) хлорид	138
Пикриновая кислота	27
Салициловая кислота	104
Серебра бромид, 10%	121
Серная кислота, 10%	121
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	104
Серная кислота, 70%	104
Серная кислота, 90%	99
Серная кислота, 98%	60
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	104
Сероуглерод	27
Синильная кислота, 10%	138
Соляная кислота	138
Сурьмы (III) хлорид	66
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	54
Углерод четыреххлористый	138
Углерода (II) оксид	138
Углерода (IV) оксид, безв.	138
Углерода (IV) оксид, влажн.	138
Угольная кислота	138
Уксусная кислота ледяная	88
Уксусная кислота, 10%	149
Уксусная кислота, 50%	149
Уксусная кислота, 80%	88

Окончание табл. 2.26

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Уксусный ангидрид	38
Фенол	93
Фосфорная кислота, 50–80%	104
Фтор, газ, безв.	27
Фтор, газ, влажн.	27
Фтороводородная кислота, 100%	93
Фтороводородная кислота, 30%	127
Фтороводородная кислота, 70%	93
Хлор, газ, безв.	99
Хлор, газ, влажн., 10%	99
Хлор, ж.	99
Хлорбензол	104
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	99
Хлорная кислота, 70%	49
Хлорноватистая кислота	138
Хлороводородная кислота, 20%	138
Хлороводородная кислота, 38%	138
Хлороформ	121
Хлорсульфокислота	43
Хлоруксусная кислота	93
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	99
Хромилхлорид	43
Хромовая кислота, 10%	104
Хромовая кислота, 50%	121
Царская водка 3:1	54
Целлозольв	138
Циклогексан	121
Циклогексанол	99
Цинка хлорид	127
Этиленгликоль	138
Яблочная кислота	121

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

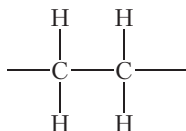
ПВДФ не деградирует при облучении УФ-светом видимого диапазона и гамма-радиацией вплоть до 100 МРад.

Поливинилиденфторид широко применяется там, где требуется хорошая коррозионная стойкость, например, для облицовки сосудов и труб, наполнителей колонок, клапанных устройств, насосов и другого оборудования. В книге [2] можно прочитать более подробно об использовании ПВДФ в устройстве трубопровода.

ПВДФ производится под названием *Kynar* фирмой *Elf Atochem*, *Solef* — фирмой *Solvay*, *Hylar* — *Ausimont USA*, а также *Super Pro 230* и *ISO* — фирмой *Asahi/America*.

2.18. Полиэтилен (ПЭ)

Полиэтилен является одним из наиболее известных термопластов. Производится множество различных марок ПЭ, различающихся по молекулярной структуре, степени кристалличности, молекулярному весу и молекулярно-весовому распределению. ПЭ относится к полиолефинам. Химическая структура ПЭ изображена на рисунке ниже:



ПЭ получают полимеризацией газообразного этилена, выделяемого из нефтяных углеводородов. Различные условия полимеризации позволяют получать различные типы ПЭ.

Физические и механические свойства материала различаются в зависимости от плотности и молекулярного веса полимера. По плотности ПЭ делится на три группы: низкой (0,91–0,925), средней (0,925–0,940) и высокой (0,940–0,965) плотности. Эти сорта иногда называют тип I, тип II и тип III. Все ПЭ являются относительно мягкими, однако твердость возрастает с увеличением плотности. В целом с увеличением плотности улучшается стабильность размеров и физические свойства, особенно те, которые зависят от температуры. Верхний предел температурной стабильности ПЭ меняется от 88 °С для материалов с низкой плотностью до 121 °С для полимеров с высокой плотностью.

Молекулярный вес ПЭ в промышленности классифицируется по четырем типам:

- средний молекулярный вес — меньше 100 000;
- высокий молекулярный вес — диапазон от 110 000 до 250 000;
- очень высокий — от 250 000 до 1 500 000;
- сверхвысокий — от 1 500 000 и выше.

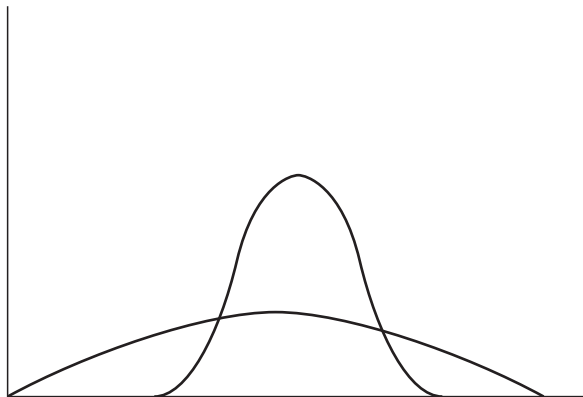


Рис. 2.1. Схематическое изображение молекулярно-вещного распределения

Обычно материал со сверхвысоким молекулярным весом имеет молекулярный вес по меньшей мере $3,1 \cdot 10^6$.

ПЭ всегда состоит из смеси больших и небольших молекул (большого и малого молекулярного веса). Молекулярно-вещное распределение дает общую картину соотношения больших, средних и малых молекул в материале. Если в основном полимер содержит молекулы с массой, близкой к средней, распределение считается узким. Если полимер содержит молекулы различного веса, распределение называется широким. В виде графика это изображено на рис. 2.1.

В случаях, когда от материала требуется коррозионная стойкость, обычно используется ПЭ очень высокого и сверхвысокого молекулярного веса. Полиэтилен стоек к действию широкого ряда химикатов — от питьевой воды до агрессивных отходов. Он стоек к действию большинства минеральных кислот, включая серную концентрацией до 70%, неорганических солей (включая хлориды), щелочей и многих органических кислот. Он не устойчив при контакте с бромом, ароматическими и хлорированными углеводородами. В табл. 2.27 и 2.28 приведены данные о совместимости ПЭ очень высоким и высоким молекулярным весом соответственно с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведены более подробные данные.

Таблица 2.27. Совместимость ПЭ очень высоким молекулярным весом с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	60
Азотистая кислота, конц.	
Азотная кислота, 20%	60

Продолжение табл. 2.27

Корродирующий агент	Максимальная температура со- вместимости, °С
Азотная кислота, 5%	60
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	
Акрилонитрил	66
Аллиловый спирт	60
Аллилхлорид	27
Алюминия ацетат	
Алюминия гидроксид	60
Алюминия нитрат	
Алюминия оксихлорид	
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	60
Алюминия хлорид, безв.	60
Алюминия хлорид, водн.	60
Амиллацетат	60
Амиловый спирт	60
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	60
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	60
Аммония дифторид	
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	60
Аммония персульфат	60
Аммония сульфат, 10–40%	60
Аммония сульфид	60
Аммония сульфит	
Аммония фосфат	27
Аммония фторид, 10%	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, 10%	60
Аммония хлорид, 50%	60
Аммония хлорид, нас.	60
Анилин	54
Ацетальдегид, 40%	32
Ацетамид	
Ацетилхлорид	
Ацетон	49
Бария гидроксид	60

Продолжение табл. 2.27

Корродирующий агент	Максимальная температура со- вместимости, °С
Бария карбонат	60
Бария сульфат	60
Бария сульфид	60
Бария хлорид	60
Белый щелок	
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	77
Бензилхлорид	
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	60
Борная кислота	60
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	60
Бура	60
Бутадиен	X
Бутилацетат	32
Бутиловый спирт	60
Дибutilфталат	27
Дихлоруксусная кислота	23
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	60
Железа (II) хлорид	60
Железа (III) нитрат, 10–50%	60
Железа (III) хлорид	60
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	60
Изобутилметилкетон	27
Йод, р-р, 10%	27
Калия бромид, 30%	60
Кальция бисульфид	60
Кальция бисульфит	27
Кальция гидроксид, 10%	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция гипохлорит	60
Кальция карбонат	60
Кальция нитрат	60

Продолжение табл. 2.27

Корродирующий агент	Максимальная температура со- вместимости, °С
Кальция оксид	60
Кальция сульфат	60
Кальция хлорат	60
Кальция хлорид	60
Каприловая кислота	
Квасцы	60
Кетоны	X
Крезол	27
Лимонная кислота, 15%	60
Лимонная кислота, конц.	60
Магния хлорид	60
Марганца хлорид	27
Масляная кислота	54
Меди (I) ацетат	
Меди (I) карбонат	
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	60
Меди (I) цианид	60
Меди (II) хлорид, 5%	27
Меди (II) хлорид, 50%	
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	60
Молочная кислота, конц.	60
Натрия гидроксид, 10%	77
Натрия гидроксид, 50%	77
Натрия гидроксид, нас.	
Натрия гипохлорит, 20%	60
Натрия гипохлорит, конц.	60
Натрия карбонат	60
Натрия сульфид, до 50%	60
Натрия хлорид	60
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	
Олова (II) хлорид	60
Олова (IV) хлорид	60
Пикриновая кислота	38
Салициловая кислота	
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X

Продолжение табл. 2.27

Корродирующий агент	Максимальная температура со- вместимости, °С
Серная кислота, 50%	60
Серная кислота, 70%	27
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	60
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	60
Соляная кислота	60
Сурьмы (III) хлорид	60
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	60
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	60
Углерода (IV) оксид, безв.	60
Углерода (IV) оксид, влажн.	60
Угольная кислота	60
Уксусная кислота ледяная	
Уксусная кислота, 10%	60
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	27
Уксусный ангидрид	X
Фенол	38
Фосфорная кислота, 50–80%	38
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	27
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	27
Хлор, газ, влажн., 10%	49
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	60
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	
Хлороводородная кислота, 20%	60
Хлороводородная кислота, 38%	60

Окончание табл. 2.27

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлороформ	27
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хромилхлорид	
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	32
Царская водка 3:1	54
Целлозольв	
Циклогексан	54
Циклогексанол	77
Цинка хлорид	60
Этиленгликоль	60
Яблочная кислота	38

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Полиэтилен разрушается под действием УФ-излучения. Если материал предназначен для использования на открытом воздухе, его необходимо стабилизировать добавками сажи (техуглерода).

Таблица 2.28. Совместимость ПЭ высокой молекулярной массы с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	60
Азотистая кислота, конц.	49
Азотная кислота, 20%	60
Азотная кислота, 5%	60
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	66
Аллиловый спирт	60
Аллилхлорид	43
Алюминия гидроксид	60

Продолжение табл. 2.28

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия нитрат	60
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	60
Алюминия хлорид, безв.	60
Алюминия хлорид, водн.	60
Амиллацетат	60
Амиловый спирт	60
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	60
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	60
Аммония дифторид	60
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	60
Аммония персульфат	66
Аммония сульфат, до 40%	60
Аммония сульфид	60
Аммония сульфит	60
Аммония фосфат	27
Аммония фторид, 10%	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, 10%	60
Аммония хлорид, 50%	60
Аммония хлорид, нас.	60
Анилин	44
Ацетальдегид	X
Ацетамид	60
Ацетилхлорид	X
Ацетон	27
Бария гидроксид	60
Бария карбонат	60
Бария сульфат	60
Бария сульфид	60
Бария хлорид	60
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Борная кислота	60
Бром, газ, безв.	X

Продолжение табл. 2.28

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	60
Бура	60
Бутадиен	X
Бутилацетат	32
Бутиловый спирт	60
Дибутилфталат	27
Дихлорэтан	27
Железа (II) нитрат	60
Железа (II) хлорид	60
Железа (III) хлорид	60
Изобутилметилкетон	27
Йод, р-р, 10%	27
Калия бромид, 30%	60
Кальция бисульфид	60
Кальция бисульфит	60
Кальция гидроксид, 10%	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция гипохлорит	60
Кальция карбонат	60
Кальция нитрат	60
Кальция оксид	60
Кальция сульфат	60
Кальция хлорат	60
Кальция хлорид	60
Квасцы	60
Кетоны	27
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	60
Лимонная кислота, конц.	60
Магния хлорид	60
Марганца хлорид	27
Масляная кислота	X
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	60
Меди (I) цианид	60
Меди (II) хлорид, 5%	60

Продолжение табл. 2.28

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Меди (II) хлорид, 50%	60
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	66
Натрия гидроксид, 10%	66
Натрия гидроксид, 50%	66
Натрия гипохлорит, 20%	60
Натрия гипохлорит, конц.	60
Натрия карбонат	60
Натрия сульфид, до 50%	60
Натрия хлорид	60
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олова (II) хлорид	60
Олова (IV) хлорид	60
Пикриновая кислота	38
Салициловая кислота	60
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	60
Серная кислота, 70%	27
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	60
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	60
Сурьмы (III) хлорид	60
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	27
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	60
Углерода (IV) оксид, безв.	60
Углерода (IV) оксид, влажн.	60
Угольная кислота	60
Уксусная кислота, 10%	60
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	27
Уксусный ангидрид	X
Фенол	38
Фосфорная кислота, 50–80%	38

Окончание табл. 2.28

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 30%	60
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	60
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	66
Хлороводородная кислота, 20%	60
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	32
Царская водка 3:1	44
Целлозольв	X
Циклогексан	27
Циклогексанол	27
Цинка хлорид	60
Этиленгликоль	60
Яблочная кислота	60

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

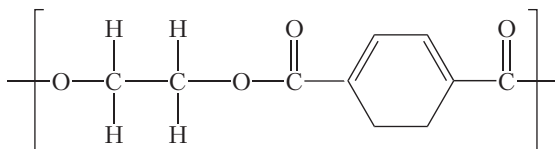
Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Область применения ПЭ зависит от его марки. Полиэтилен очень высоко-го и сверхвысокого молекулярного веса находит применение в случаях, когда требуется хорошая коррозионная стойкость, например, при производстве резервуаров и защитных покрытий, элементов различных конструкций и трубопроводов. Особую важность имеет последний пример. Полиэтиленовые трубы используются для транспортировки природного газа, питьевой воды,

дренажных систем, агрессивных отходов и подземных пожарных водопроводов. В книге [2] приведены более подробные примеры использования ПЭ в производстве трубопровода.

2.19. Полиэтилентерефталат (ПЭТ)

Полиэтилентерефталат является частично кристаллическим конструкционным термопластом со следующей структурой:



ПЭТ стоек к действию разбавленных минеральных кислот, алифатических и ароматических углеводов, кетонов и сложных эфиров, но ограничено устойчив в присутствии горячей воды и хозяйственной соды. Он не устойчив в присутствии щелочей и хлорированных углеводов. ПЭТ устойчив к действию УФ-света и погодных условий. В таблице 2.29 приведены данные о совместимости ПЭТ с некоторыми корродентами.

ПЭТ используется в автомобилестроении для изготовления арматуры в салонах, полок, замков и некоторых других предметов. Детали из ПЭТ можно окрашивать так, чтобы они не отличались от металлических деталей.

ПЭТ используется в устройствах по очищению воды, насосах, клапанных устройствах, а также является материалом для бутылок и пластиковых контейнеров для хранения пищевых продуктов.

Таблица 2.29. Совместимость ПЭТ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, 2%	R
Аммиак, 10%	X
Ацетон	R
Бензин	R
Бензол	R
Бутилацетат	R
Вазелин	R
Вода горячая	R
Вода холодная	R
Водорода пероксид, 0–5%	R
Водорода пероксид, 30%	R
Воск, расплав	R
Гептан/гексан	R

Продолжение табл. 2.29

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Глицерин	R
Горючее	R
Дизельное топливо	R
Диоксан	R
Дихлорметан	X
Кадмия хлорид	R
Калия бихромат, 10%	R
Калия гидроксид, 50%	X
Калия перманганат, 10%	R
Керосин	R
Ксилол	R
Лимонная кислота, 10%	R
Льняное масло	R
Метанол	R
Метилэтилкетон	R
Моторное масло	R
Муравьиная кислота	R
Мыльный раствор	R
Натрия бисульфит	R
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия карбонат, 10%	R
Натрия нитрат	R
Натрия тиосульфат	R
Натрия хлорид, 10%	R
Пищевое масло	R
Серная кислота, 2%	R
Серная кислота, 98%	X
Сероуглерод	R
Силиконовое масло	R
Толуол	R
Углерод четыреххлористый	R
Уксусная кислота, 10%	R
Уксусная кислота, 5%	R
Фосфорная кислота, 10%	R
Фруктовый сок	R
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 2%	R
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороформ	X
Чернила	R
Этанол	R

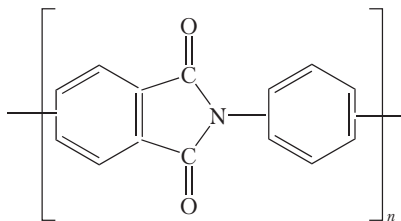
Окончание табл. 2.29

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Этилацетат	R
Этиленгликоль	R
Этиленхлорид	X
Эфир	R

Совместимость при 23 °C обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

2.20. Полиимид (ПИ)

Полиимиды представляют собой гетероциклические полимеры, содержащие атом азота в одном из колец молекулярной цепи. Атом азота находится в среднем кольце, как это изображено на рисунке:



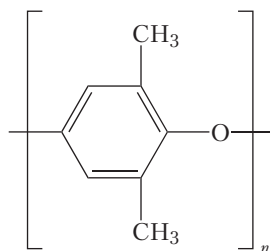
Наличие конденсированных колец обуславливает жесткость цепи, вследствие чего полимер сохраняет прочность при высоких температурах. Небольшое количество атомов водорода обуславливает стойкость полимера к окислению путем предотвращения термодеструктивного разрыва цепи. ПИ обладают выдающимися свойствами: они термически стабильны до 260–315 °C при длительном использовании и до 482 °C при кратковременном использовании.

ПИ обладают прекрасной химической стойкостью, стойкостью к действию излучений и не разрушаются под действием УФ-излучения. Как уже упоминалось выше, ПИ очень стойки к окислению.

ПИ применяются в случаях, когда требуется высокая термостойкость, например, в производстве деталей подкапотного пространства в автомобильной промышленности. ПИ также применяют для производства опор различных конструкций, компрессоров, клапанов и поршневых колец.

2.21. Полифениленоксид (ПФО)

Noryl, запатентованный фирмой *G.E. Plastics*, представляет собой аморфный модифицированный полифениленоксидный полимер. Структура ПФО изображена на рисунке ниже:



Существует несколько марок этого полимера, что позволяет осуществлять выбор необходимого набора рабочих характеристик в зависимости от требований, предъявляемых к материалу. ПФО обладает прекрасными механическими свойствами в диапазоне температур от ниже -40 до $149\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ПФО обладает прекрасной стойкостью к водным средам, разбавленным неорганическим кислотам и разбавленным растворам щелочей. Он не устойчив в присутствии алифатических и ароматических углеводородов, кетонов, сложных эфиров и хлорсодержащих органических соединений. В табл. 2.30 приведены данные о совместимости ПФО с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробный список.

ПФО используется в производстве офисного, транспортного, промышленного оборудования, электроники и электротехнических устройств.

Таблица 2.30. Совместимость ПФО с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, $^{\circ}\text{C}$
Азотная кислота, 2%	R
Аммиак, 10%	R
Ацетон	X
Бензин	R
Бензол	X
Вода горячая	R
Вода холодная	R
Водорода пероксид, 0–5%	R
Водорода пероксид, 30%	R
Воск, расплав	R
Гексан/гептан	R
Глицерин	R
Горючее	R
Дизельное топливо	R
Диоксан	X
Каля бихромат	R
Каля гидроксид, 50%	R
Каля перманганат, 10%	R

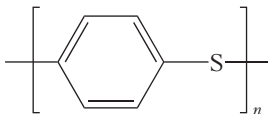
Окончание табл. 2.30

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Керосин	R
Ксилол	X
Лимонная кислота, 10%	R
Льняное масло	R
Меди (I) сульфат	R
Метанол	R
Метилэтилкетон	X
Молоко	R
Моторное масло	R
Мочевина, водн. р-р	R
Муравьиная кислота	R
Мыльный раствор.	R
Натрия гидроксид, 5%	R
Натрия гидроксид, 50%	R
Натрия карбонат, 10%	R
Натрия хлорид, 10%	R
Пищевое масло	R
Серная кислота, 2%	R
Серная кислота, 98%	R
Сероводород	R
Силиконовое масло	R
Стирол	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Уксусная кислота, 10%	R
Уксусная кислота, 5%	R
Формальдегид, 30%	R
Фосфорная кислота, 10%	R
Фруктовый сок	R
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 2%	R
Хлороводородная кислота, 38%	R
Хлороформ	X
Циклогексан	X
Циклогексанон	X
Этанол	R
Этилацетат	R
Этиленгликоль	R
Этиленхлорид	X

Совместимость при 23 °C обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

2.22. Полифениленсульфид (ПФС)

Полифениленсульфид является конструкционным полимером, подходящим для использования при повышенных температурах. Он обладает следующей химической структурой:



ПФС состоит из симметричных, жестких цепей, звенья которых состоят из повторяющихся паразамещенным бензольных колец и атомов серы. Он продается под торговым названием *Ryton*. Продолжительное выдерживание на воздухе при температуре 230 °С не изменяет механические свойства материала.

ПФС обладает исключительной химической стойкостью. Он стоек к действию водных растворов неорганических солей и оснований и многих неорганических растворителей. Относительно немногие вещества реагируют с ПФС при высоких температурах. Он также может быть использован в жесткой окислительной среде.

На ПФС разрушающе действуют хлорированные растворители, некоторые галогенсодержащие газы и алкиламины. В присутствии хлорированных растворителей ПФС подвержен растрескиванию.

Слабые и сильные щелочи не действуют на ПФС. В табл. 2.31 приведены данные о совместимости ПФС с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробный список.

ПФС обладает хорошей стойкостью к действию УФ-излучения, причем она может быть еще улучшена введением в материал добавок и сажки.

Формованные из ПФС детали используются в автомобилестроении в электронных системах подачи топлива и в контрольных системах. В химической промышленности и некоторых других областях ПФС используется при изготовлении клапанных устройств и насосов.

Таблица 2.31. Совместимость ПФС с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	149
Азотная кислота, 20%	38
Азотная кислота, 5%	66
Акриловая кислота, 25%	38
Акрилонитрил	54
Алюминия ацетат	99
Алюминия гидроксид	121
Алюминия нитрат	121

Продолжение табл. 2.31

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия оксихлорид	238
Алюминия хлорид, безв.	132
Алюминия хлорид, водн.	149
Амилацетат	149
Амиловый спирт	99
Амилхлорид	93
Аммиак, газ	121
Аммония гидроксид, 25%	121
Аммония гидроксид, нас.	121
Аммония карбонат	238
Аммония нитрат	121
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония фосфат, 65%	149
Аммония хлорид, 10%	149
Аммония хлорид, 50%	149
Аммония хлорид, нас.	149
Анилин	149
Ацетальдегид	110
Ацетамид	121
Ацетон	127
Бария гидроксид	93
Бария карбонат	93
Бария сульфат	104
Бария сульфид	93
Бария хлорид	93
Бензальдегид	121
Бензиловый спирт	93
Бензилхлорид	149
Бензойная кислота	110
Бензол	149
Бензолсульфокислота, 10%	121
Борная кислота	99
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	93
Бромоводородная кислота, 50%	93
Бромоводородная кислота, разб.	93
Бура	99
Бутадиен	38

Продолжение табл. 2.31

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Бутилацетат	121
Бутиловый спирт	93
Дихлорэтан	99
Железа (II) нитрат	99
Железа (II) хлорид	99
Железа (III) нитрат, 10–50%	99
Железа (III) хлорид	99
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	99
Изобутилметилкетон	121
Калия бромид, 30%	93
Кальция бисульфит	93
Кальция гидроксид, 10%	149
Кальция гидроксид, нас.	149
Кальция карбонат	149
Кальция хлорид	149
Квасцы	149
Крезол	93
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, конц.	121
Магния хлорид	149
Масляная кислота	116
Меди (I) ацетат	149
Меди (I) сульфат	121
Меди (I) хлорид	104
Меди (I) цианид	99
Меди (II) хлорид, 5%	149
Метилэтилкетон	93
Молочная кислота, 25%	121
Молочная кислота, конц.	121
Натрия гидроксид, 10%	99
Натрия гидроксид, 50%	99
Натрия гипохлорит, 5%	93
Натрия гипохлорит, конц.	121
Натрия карбонат	149
Натрия сульфид, до 50%	110
Натрия хлорид	149
<i>n</i> -Бутиламин	93
Олеум	27
Олова (IV) хлорид	99
Серная кислота, 10%	121

Окончание табл. 2.31

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 50%	121
Серная кислота, 70%	121
Серная кислота, 90%	104
Серная кислота, дымящая	27
Сернистая кислота, 10%	93
Сероуглерод	93
Синильная кислота, 10%	121
Соляная кислота	99
Тионилхлорид	X
Толуол	149
Углерод четыреххлористый	49
Углерода (IV) оксид, безв.	93
Уксусная кислота ледяная	88
Уксусная кислота, 10%	121
Уксусная кислота, 50%	121
Уксусная кислота, 80%	121
Уксусный ангидрид	138
Фенол, 88%	149
Фосфорная кислота, 50–80%	104
Фтор, газ, безв.	X
Фтороводородная кислота, 30%	93
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж	93
Хлороводородная кислота, 20%	110
Хлороводородная кислота, 38%	99
Хлороформ	66
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	88
Хромовая кислота, 10%	93
Хромовая кислота, 50%	93
Целлозольв	104
Циклогексан	88
Циклогексанол	121
Цинка хлорид, 70%	121
Этиленгликоль	149

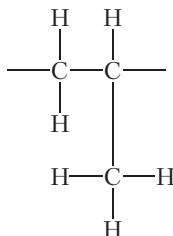
Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом.

Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

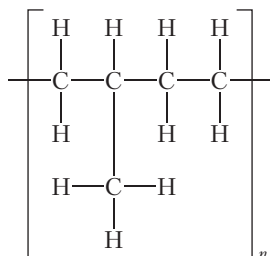
Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.23. Полипропилен (ПП)

Полипропилен является одним из наиболее распространенных и универсальных термопластов. ПП структурно близок к ПЭ; оба этих полимера относятся к полиолефинам, содержащим лишь водород и углерод. По структуре полипропилена различают изотактический и атактический полимер. 97% производимого материала составляет изотактический полипропилен. Это высокоупорядоченная структура, имеющая следующую формулу:



Атактический ПП является вязкой жидкостью. ПП может производиться как гомополимер или же как сополимер с ПЭ. Структура сополимера изображена ниже.



Гомополимеры, молекулы которых представляют собой длинные цепи с минимальным количеством случайных ориентаций, обладают оптимальными химическими, физическими и термическими свойствами. Поэтому предпочтительно использовать гомополимер в сложных физических, термических и химических условиях.

Сополимер ПП и ПЭ менее хрупок, чем гомополимер и обладает большей ударной прочностью вплоть до -29°C в то время как гомополимер крайне хрупок при температурах ниже 4°C .

ПП не разрушается большинством неорганических веществ за исключением галогенов и жестких окислителей. Он может использоваться с серосодержащими соединениями, едкими щелочами, растворителями, кислотами и другими органическими соединениями. ПП не следует использовать в присутствии кислот-окислителей, низкокипящих углеводов, детергентов, спиртов, ароматики и некоторых других органических веществ.

При продолжительном действии солнечного света необходимо использовать светостабилизаторы или экранирующие добавки. Помимо этого проблемой является возможное термическое окисление материала, особенно в присутствии меди.

В табл. 2.32 приведены данные о совместимости ПП с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведены более подробные данные.

Таблица 2.32. Совместимость полипропилена с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	38
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота, 20%	60
Азотная кислота, 5%	60
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	X
Акрлонитрил	32
Аллиловый спирт	60
Аллилхлорид	60
Алюминия ацетат	38
Алюминия гидроксид	93
Алюминия нитрат	93
Алюминия оксихлорид	104
Алюминия сульфат	
Алюминия фторид	93
Алюминия хлорид, безв.	104
Алюминия хлорид, водн.	93
Амилацетат	X
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	66
Аммония гидроксид, 25%	93
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония дифторид	93
Аммония карбонат	104

Продолжение табл. 2.32

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	104
Аммония сульфат, 10–40%	93
Аммония сульфид	104
Аммония сульфит	104
Аммония фосфат	93
Аммония фторид, 10%	99
Аммония фторид, 25%	93
Аммония хлорид, 10%	82
Аммония хлорид, 50%	82
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	82
Ацетальдегид	49
Ацетамид	43
Ацетилхлорид	X
Ацетон	104
Бария гидроксид	93
Бария карбонат	93
Бария сульфат	93
Бария сульфид	93
Бария хлорид	104
Белый щелок	104
Бензальдегид	27
Бензиловый спирт	60
Бензилхлорид	27
Бензойная кислота	88
Бензол	60
Бензолсульфокислота, 10%	82
Борная кислота	104
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	93
Бромоводородная кислота, 50%	88
Бромоводородная кислота, разб.	110
Бура	99
Бутадиен	X
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	93
Бутилфталат	82

Продолжение табл. 2.32

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Дибутилфталат	82
Дихлоруксусная кислота	38
Дихлорэтан	27
Железа (II) нитрат	99
Железа (II) хлорид	99
Железа (III) нитрат, 10–50%	99
Железа (III) хлорид	99
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	99
Изобутилметилкетон	27
Йод, р-р, 10%	X
Калия бромид, 30%	99
Кальция бисульфид	99
Кальция бисульфит	99
Кальция гидроксид, 10%	93
Кальция гидроксид, нас.	104
Кальция гипохлорит	99
Кальция карбонат	99
Кальция нитрат	99
Кальция оксид	104
Кальция сульфат	104
Кальция хлорат	104
Кальция хлорид	104
Каприловая кислота	60
Квасцы	104
Кетоны	43
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	104
Лимонная кислота, конц.	104
Магния хлорид	99
Марганца хлорид	49
Масляная кислота	82
Меди (I) ацетат	27
Меди (I) карбонат	93
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) хлорид	93
Меди (I) цианид	93
Меди (II) хлорид, 5%	60
Меди (II) хлорид, 50%	60
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	66

Продолжение табл. 2.32

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Молочная кислота, конц.	66
Натрия гидроксид, 10%	104
Натрия гидроксид, 50%	104
Натрия гидроксид, конц.	60
Натрия гипохлорит, 20%	49
Натрия гипохлорит, конц.	43
Натрия карбонат	104
Натрия сульфид, до 50%	88
Натрия хлорид	93
<i>n</i> -Бутиламин	32
Олеум	X
Олова (II) хлорид	93
Олова (IV) хлорид	66
Пикриновая кислота	60
Салициловая кислота	54
Серебра бромид, 10%	77
Серная кислота, 10%	93
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	93
Серная кислота, 70%	82
Серная кислота, 90%	82
Серная кислота, 98%	49
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	82
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	66
Соляная кислота	93
Сурьмы (III) хлорид	82
Тионилхлорид	38
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	66
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	104
Углерода (IV) оксид, безв.	104
Углерода (IV) оксид, влажн.	60
Угольная кислота	104
Уксусная кислота ледяная	88
Уксусная кислота, 10%	104
Уксусная кислота, 50%	93
Уксусная кислота, 80%	93

Продолжение табл. 2.32

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Уксусный ангидрид	38
Фенол	82
Фосфорная кислота, 50–80%	99
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	93
Фтороводородная кислота, 30%	82
Фтороводородная кислота, 70%	93
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	60
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	60
Хлороводородная кислота, 20%	104
Хлороводородная кислота, 38%	93
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	82
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	27
Хромилхлорид	60
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	66
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	93
Циклогексан	X
Циклогексанол	66
Цинка хлорид	93
Этиленгликоль	99
Яблочная кислота	54

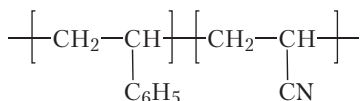
Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

ПП широко используется в изготовлении упаковочных материалов, фильтровальных тканей, пакетов, веревок и ремней. Кроме того, его используют в производстве трубопроводов и резервуаров небольшого размера. 90% корпусов аккумуляторных батарей изготавливается из ПП. Марки ПП с высоким сопротивлением воспламенению являются результатом добавления к материалу галогеносодержащих органических соединений. С подобными добавками ПП может быть использован в системах воздухопроводов в химической промышленности. Поскольку ПП имеет большое сопротивление многократному изгибу, он применяется в производстве некоторых сборных шарнирных конструкций. Кроме того, он находит применение в производстве текстильных изделий, например, ковров, обивочных материалов и других. Он используется в производстве уличной и спортивной одежды, которые одеваются на тело, поскольку обладают свойством поглощать пот и таким образом поддерживает комфорт при носке. ПП также находит применение в автомобильной промышленности в производстве внутренней отделки автомобилей и подкопотных компонентов. Кроме того, он используется в производстве деталей стиральных и посудомоечных машин. Такие товары, как питьевые соломинки, игрушки и некоторые другие также производятся с использованием ПП.

2.24. Сополимер стирола и акрилонитрила (САН)

САН является полимером следующего состава:



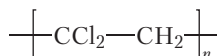
Он стоек к действию алифатических углеводородов, но не ароматики и хлорсодержащих соединений. Он разрушается сильными окислителями и сильными кислотами, а также растрескивается в присутствии некоторых органических соединений.

САН разрушается под действием УФ излучения, если к нему не добавлять светостабилизаторы.

Этот полимер применяется в производстве пищевых контейнеров, посуды, игрушек и внутренних деталей холодильников. Промышленные применения включают производство лопастей вентиляторов и клапанов, медицинское использование включает соединительные трубки а также лабораторное оборудование. Кроме того, из сополимера производятся футляры для косметики и дисплеи для бытовой техники.

2.25. Поливинилиденхлорид (ПВДХ)

Поливинилиденхлорид производится под торговым названием *Saran* фирмой *Dow Chemical*. Он представляет собой разновидность ПВХ, в которой два атома хлора (а не один как в ПВХ) находятся у одного атома углерода:



Saran обладает улучшенной по сравнению с ПВХ прочностью, твердостью и химической стойкостью. Диапазон температуры, при которой можно его использовать, составляет от -18 до 80 °С.

Saran стоек к действию окислителей, минеральных кислот и растворителей. ПВДХ предпочтительно использовать вместо ПП в производстве сосудов для гальваники, хлоридов и некоторых других соединений. Помимо этого ПВДХ используется для создания резервуаров для воды для городского потребления и водных стоков. *Saran* стоек к действию погодных условий и УФ-излучению. В табл. 2.33 представлены данные о совместимости ПВДХ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведен более полный список.

Saran находит широкое применение при изготовлении оборудования для гальваники, деионизированной воды, лекарств, пищевых продуктов и в некоторых других случаях, когда требуется высокая степень чистоты. Кроме того, он применяется в производстве футеровки трубопроводов — подробнее в книге [2].

Помимо вышеперечисленного, *Saran* используется в качестве чехлов на сиденья в автомобилях, термоусаживающихся пленок, искусственной щетины и покрытий.

Таблица 2.33. Совместимость ПВДХ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	66
Азотная кислота, 20%	66
Азотная кислота, 5%	32
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	32
Аллиловый спирт	27
Алюминия гидроксид	77
Алюминия нитрат	82
Алюминия оксихлорид	60
Алюминия сульфат	82
Алюминия фторид	66

Продолжение табл. 2.33

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Алюминия хлорид, водн.	66
Амилацетат	49
Амиловый спирт	66
Амилхлорид	27
Аммиак, газ	X
Аммония гидроксид, 25%	X
Аммония гидроксид, нас.	X
Аммония дифторид	60
Аммония карбонат	82
Аммония нитрат	49
Аммония персульфат	32
Аммония сульфат, 10–40%	49
Аммония сульфид	27
Аммония фосфат	66
Аммония фторид, 10%	32
Аммония фторид, 25%	32
Аммония хлорид, нас.	71
Анилин	X
Ацетальдегид	66
Ацетилхлорид	54
Ацетон	32
Бария гидроксид	82
Бария карбонат	82
Бария сульфат	82
Бария сульфид	66
Бария хлорид	82
Бензальдегид	X
Бензилхлорид	27
Бензойная кислота	49
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	49
Борная кислота	77
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	49
Бромоводородная кислота, 50%	54
Бромоводородная кислота, разб.	49
Бутадиен	X
Бутилацетат	49
Бутиловый спирт	66
Дибутилфталат	82

Продолжение табл. 2.33

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Дихлоруксусная кислота	49
Дихлорэтан	27
Железа (II) нитрат	27
Железа (II) хлорид	54
Железа (III) нитрат, 10–50%	54
Железа (III) хлорид	60
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	60
Изобутилметилкетон	27
Калия бромид, 30%	43
Кальция бисульфит	27
Кальция гидроксид, 10%	71
Кальция гидроксид, нас.	82
Кальция гипохлорит	49
Кальция карбонат	82
Кальция нитрат	66
Кальция оксид	82
Кальция сульфат	82
Кальция хлорат	71
Кальция хлорид	82
Каприловая кислота	32
Квасцы	82
Кетоны	32
Крезол	66
Лимонная кислота, 15%	82
Лимонная кислота, конц.	82
Магния хлорид	82
Масляная кислота	27
Меди (I) карбонат	82
Меди (I) сульфат	82
Меди (I) хлорид	82
Меди (I) цианид	54
Меди (II) хлорид, 5%	71
Меди (II) хлорид, 50%	77
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, конц.	27
Натрия гидроксид, 0%	32
Натрия гидроксид, 50%	66
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 10%	54

Продолжение табл. 2.33

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Натрия гипохлорит, конц.	49
Натрия карбонат	82
Натрия сульфид, 50%	60
Натрия хлорид	82
Олеум	X
Олова (II) хлорид	82
Олова (IV) хлорид	82
Пикриновая кислота	49
Салициловая кислота	54
Серная кислота, 10%	49
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	27
Сероуглерод	32
Синильная кислота, 10%	49
Соляная кислота	82
Сурьмы (III) хлорид	66
Тионилхлорид	X
Толуол	27
Трихлоруксусная кислота	27
Углерод четыреххлористый	60
Углерода (II) оксид	82
Углерода (IV) оксид, безв.	82
Углерода (IV) оксид, влажн.	27
Угольная кислота	82
Уксусная кислота ледяная	60
Уксусная кислота, 10%	66
Уксусная кислота, 50%	54
Уксусная кислота, 80%	54
Уксусный ангидрид	32
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	54
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X

Окончание табл. 2.33

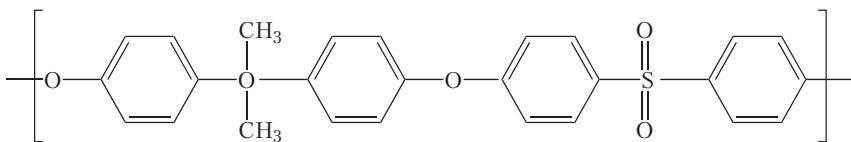
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	71
Хлор, газ, безв.	27
Хлор, газ, влажн.	27
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	27
Хлорметан	27
Хлорная кислота, 10%	54
Хлорная кислота, 70%	49
Хлорноватистая кислота	49
Хлороводородная кислота, 20%	82
Хлороводородная кислота, 38%	82
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	49
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	49
Хромовая кислота, 10%	82
Хромовая кислота, 50%	82
Царская водка 3:1	49
Целлозольв	27
Циклогексан	49
Циклогексанол	32
Цинка хлорид	77
Этиленгликоль	82
Яблочная кислота	27

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.26. Полисульфон (ПС)

Полисульфон является конструкционным полимером, подходящим для использования при повышенных температурах. Ниже изображена его структура:



Связи, соединяющие бензольные кольца, устойчивы к гидролизу. ПСФ можно применять в диапазоне температур от -101 до 149 °С.

ПСФ сохраняет свойства при многократной стерилизации несколькими способами: паровой стерилизацией, сухим теплом, этиленоксидом, некоторыми другими веществами и радиацией. Он выдерживает действие мыльных растворов, детергентов и углеводородных масел даже при повышенных температурах и при наличии умеренных напряжений в материале. Полисульфон не подвержен гидролизу и обладает очень высокой стойкостью к действию минеральных кислот, щелочей и растворов солей. ПФС не устойчив в присутствии полярных органических растворителей — кетонов, хлорированных углеводородов и ароматики.

ПСФ стоек к действию погодных условий и не разрушается под действием УФ-света. В табл. 2.34 представлены данные о совместимости ПСФ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] представлен более подробный список.

ПСФ находит применение в производстве труб для горячей воды, линз, рукояток металлических инструментов, рубильников и автоматических выключателей. Его жесткость и хорошие характеристики при повышенных температурах идеальны для применения в медицине, микроволновой технике и электронике.

Таблица 2.34. Совместимость ПСФ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Алюминия оксихлорид	66
Алюминия сульфат	93
Алюминия фторид	93
Алюминия хлорид, безв.	93
Алюминия хлорид, водн.	93
Амилацетат	X
Амиловый спирт	93
Аммиак, газ	X
Аммония гидроксид, 25%	93

Продолжение табл. 2.34

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония карбонат	93
Аммония нитрат	93
Аммония сульфат, до 40%	93
Аммония фосфат	93
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	93
Бария карбонат	93
Бария сульфат	93
Бария хлорид, 10%	93
Бензальдегид	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	X
Бензол	X
Борная кислота	93
Бром, газ, влажн.	93
Бромоводородная кислота, 20%	93
Бромоводородная кислота, разб.	149
Бура	93
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	93
Дибутилфталат	82
Железа (II) хлорид	93
Железа (III) нитрат	93
Железа (III) хлорид	93
Калия бромид, 30%	93
Кальция бисульфит	93
Кальция гипохлорит	93
Кальция нитрат	93
Кальция сульфат	93
Кальция хлорид	93
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	38

Продолжение табл. 2.34

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Лимонная кислота, 40%	27
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) цианид	93
Меди (II) хлорид, 5%	93
Меди (II) хлорид, 50%	93
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	93
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	93
Натрия гидроксид, 50%	93
Натрия гипохлорит, 20%	149
Натрия гипохлорит, конц.	149
Натрия карбонат	93
Натрия сульфит, до 50%	93
Натрия хлорид	93
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олова (IV) хлорид	93
Серная кислота, 10%	149
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	149
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	93
Сероуглерод	X
Толуол	X
Углерод четыреххлористый	X
Угольная кислота	93
Уксусная кислота ледяная	93
Уксусная кислота, 10%	93
Уксусная кислота, 50%	93
Уксусная кислота, 80%	93
Фосфорная кислота, 50–80%	27
Фтороводородная кислота, 30%	27
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлороводородная кислота, 20%	60
Хлороводородная кислота, 38%	60

Окончание табл. 2.34

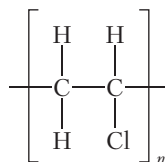
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	X
Циклогексан	93
Циклогексанол	93
Этиленгликоль	93

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.27. Поливинилхлорид (ПВХ)

Поливинилхлорид является наиболее широко используемым термопластом и представляет собой полимер винилхлорида, получаемого из ацетилена и безводной соляной кислоты:



Существуют два типа ПВХ: с нормальной (тип 1) и высокой (тип 2) ударной прочностью. ПВХ первого типа является жестким, непластичным полимером с нормальной ударной прочностью и оптимальной химической стойкостью. ПВХ второго типа обладает улучшенной ударной прочностью, но его химическая стойкость несколько ниже.

ПВХ первого типа (непластифицированный) стоек к действию большинства кислот и сильных щелочей, бензина, керосина, алифатических спиртов и углеводородов. Он особенно полезен для хранения соляной кислоты. Химическая стойкость ПВХ второго типа по отношению к окисляющим и сильнощелочным средам несколько ниже.

На ПВХ действуют ароматики, хлорсодержащие органические соединения и растворители лакокрасочных материалов. Он стоек к действию всех обычных атмосферных загрязнений, а также погодных условий и УФ-излучения.

В табл. 2.35 приведены совместимости ПВХ второго типа с некоторыми корродирующими агентами, а в табл. 2.36 — то же для ПВХ первого типа. В книге [1] приведен более подробный список.

Таблица 2.35. Совместимость ПВХ второго типа с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	60
Азотная кислота, 20%	60
Азотная кислота, 5%	38
Азотная кислота, 70%	23
Азотная кислота, безв.	X
Азотная кислота, конц.	16
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	32
Аллилхлорид	X
Алюминия ацетат	38
Алюминия гидроксид	60
Алюминия нитрат	60
Алюминия оксихлорид	60
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	60
Алюминия хлорид, водн.	60
Амилацетат	X
Амиловый спирт	X
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	60
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	60
Аммония дифторид	32
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	60
Аммония персульфат	60
Аммония сульфат, 10–40%	60
Аммония сульфид	60
Аммония фосфат	60
Аммония фторид, 10%	32
Аммония фторид, 25%	32

Продолжение табл. 2.35

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония хлорид, 10%	60
Аммония хлорид, 50%	60
Аммония хлорид, нас.	60
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	60
Бария карбонат	60
Бария сульфат	60
Бария сульфид	60
Бария хлорид	60
Белый щелок	60
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	60
Борная кислота	60
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	60
Бура	60
Бутадиен	16
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	X
Дихлоруксусная кислота	49
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	60
Железа (II) хлорид	60
Железа (III) нитрат, 10–50%	60
Железа (III) хлорид	60
Изобутилметилкетон	X
Калия бромид, 30%	60
Кальция бисульфид	60
Кальция бисульфид	X

Продолжение табл. 2.35

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция бисульфит	60
Кальция гидроксид, 10%	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция гипохлорит	60
Кальция карбонат	60
Кальция нитрат	60
Кальция оксид	60
Кальция сульфат	60
Кальция хлорат	60
Кальция хлорид	60
Квасцы	60
Кетоны, в целом	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	60
Лимонная кислота, конц.	60
Магния хлорид	60
Масляная кислота	X
Меди (I) карбонат	60
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	60
Меди (I) цианид	60
Метилхлорид	X
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	60
Молочная кислота, конц.	27
Натрия гидроксид, 10%	60
Натрия гидроксид, 50%	60
Натрия гидроксид, конц.	60
Натрия гипохлорит, 20%	60
Натрия гипохлорит, конц.	60
Натрия карбонат	60
Натрия сульфид, до 50%	60
Натрия хлорид	60
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	60
Олова (IV) хлорид	60
Пикриновая кислота	X
Салициловая кислота	X
Серебра бромид, 10%	40

Продолжение табл. 2.35

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	60
Серная кислота, 70%	60
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	60
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	60
Соляная кислота	60
Сурьмы (III) хлорид	60
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	X
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	60
Углерода (IV) оксид, безв.	60
Углерода (IV) оксид, влажн.	60
Угольная кислота	60
Уксусная кислота, 10%	38
Уксусная кислота, 50%	32
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусная кислота, ледяная	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	60
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 30%	49
Фтороводородная кислота, 70%	20
Хлор, газ, безв.	60
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорная кислота, 10%	16
Хлорная кислота, 70%	16
Хлорноватистая кислота	60
Хлороводородная кислота, 20%	60
Хлороводородная кислота, 38%	60

Окончание табл. 2.35

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	16
Хлоруксусная кислота	40
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	X
Циклогексанол	X
Цинка хлорид	60
Этиленгликоль	60
Яблочная кислота	60

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Основное применение ПВХ заключается в изготовлении труб для воды, газа, воздуха и агрессивных веществ, канализации, а также для изоляции проводов. Он также используется в качестве футеровок. В [2] можно прочесть более подробно об использовании ПВХ в производстве трубопровода.

Автомобильная промышленность использует ПВХ для изготовления некоторых внешних деталей. Его хорошая способность к окрашиванию и превосходная способность сохранять краску делает его идеальным в этом случае.

Таблица 2.36. Совместимость ПВХ первого типа с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	60
Азотистая кислота, конц.	27
Азотная кислота, 20%	60
Азотная кислота, 5%	60
Азотная кислота, 70%	60
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	32

Продолжение табл. 2.36

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аллилхлорид	X
Алюминия ацетат	38
Алюминия гидроксид	60
Алюминия нитрат	60
Алюминия оксихлорид	60
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	60
Алюминия хлорид, безв.	60
Алюминия хлорид, водн.	60
Амилацетат	X
Амиловый спирт	60
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	60
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	60
Аммония дифторид	32
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	60
Аммония персульфат	60
Аммония сульфат, 10–40%	60
Аммония сульфид	60
Аммония сульфит	49
Аммония фосфат	60
Аммония фторид, 1%	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, 10%	60
Аммония хлорид, 50%	60
Аммония хлорид, нас.	60
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	60
Бария карбонат	60
Бария сульфат	60
Бария сульфид	60
Бария хлорид	60
Белый щелок	60
Бензальдегид	X

Продолжение табл. 2.36

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Бензолсульфокислота	60
Борная кислота	60
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	60
Бура	60
Бутадиен	60
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	X
Дибutilфталат	27
Дихлоруксусная кислота	38
Дихлорэтан	X
Железа (III) нитрат, 10–50%	60
Железа (III) хлорид	60
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	60
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	38
Каля бромид, 30%	60
Кальция бисульфид	60
Кальция бисульфит	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция гипохлорит	60
Кальция карбонат	60
Кальция нитрат	60
Кальция оксид	60
Кальция сульфат	60
Кальция хлорат	60
Кальция хлорид	60
Каприловая кислота	49
Квасцы	60
Кетоны	X
Крезол	49
Лимонная кислота, 15%	60

Продолжение табл. 2.36

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Лимонная кислота, конц.	60
Магния хлорид	60
Марганца хлорид	32
Масляная кислота	X
Меди (I) ацетат	27
Меди (I) карбонат	60
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	60
Меди (I) цианид	60
Меди (II) хлорид	60
Меди (II) хлорид, 50%	66
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	60
Молочная кислота, конц.	27
Натрия гидроксид, 10%	60
Натрия гидроксид, 20%	60
Натрия гидроксид, 50%	60
Натрия гидроксид, конц.	60
Натрия гипохлорит, конц.	60
Натрия карбонат	60
Натрия сульфид, до 50%	60
Натрия хлорид	60
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	60
Олова (IV) хлорид	60
Пикриновая кислота	X
Салициловая кислота	60
Серебра бромид, 10%	60
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	60
Серная кислота, 70%	60
Серная кислота, 90%	60
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	60
Сероуглерод	X
Синильная кислота	60
Соляная кислота	71

Продолжение табл. 2.36

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Сурьмы (III) хлорид	60
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	32
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	60
Углерода (IV) оксид, безв.	60
Углерода (IV) оксид, влажн.	60
Угольная кислота	60
Уксусная кислота ледяная	54
Уксусная кислота, 10%	60
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	60
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	60
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 30%	54
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	60
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	60
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	60
Хлороводородная кислота, 20%	60
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	60
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хромилхлорид	49
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	X

Окончание табл. 2.36

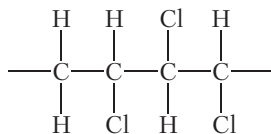
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Циклогексан	27
Циклогексанол	X
Цинка хлорид	60
Этиленгликоль	60
Яблочная кислота	60

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.28. Хлорированный поливинилхлорид (ХПВХ)

В реакции ацетилена и соляной кислоты получается винилхлорид, а из него ПВХ, содержащий примерно 56,8% хлора. Дальнейшее хлорирование ПВХ таким образом, что содержание хлора увеличивается примерно до 67%, приводит к получению ХПВХ:



В то время как для ПВХ верхний предел температуры ограничен 60 °С, ХПВХ имеет максимальную температуру 82 °С. Некоторые виды ХПВХ можно использовать вплоть до 93 °С.

Химическая стойкость ХПВХ во многом близка ПВХ. Однако в некоторых случаях все же наблюдаются различия. В целом коррозионная стойкость ХПВХ хуже, чем у ПВХ. ХПВХ инертен по отношению к большинству минеральных кислот, основания, солей и насыщенных углеводородов, но его не рекомендуется использовать в присутствии полярных органических веществ, включая различные растворители, хлорированные или ароматические углеводороды, сложные эфиры и кетоны.

Он прекрасно подходит для работы с горячей водой и конденсатом. В табл. 2.37 приведены данные о совместимости ХПВХ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробный список.

Таблица 2.37. Совместимость ХПВХ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	93
Азотистая кислота, конц.	27
Азотная кислота, 20%	71
Азотная кислота, 5%	82
Азотная кислота, 70%	82
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт, 96%	90
Аллилхлорид	X
Алюминия ацетат	38
Алюминия гидроксид	93
Алюминия нитрат	93
Алюминия оксихлорид	93
Алюминия сульфат	93
Алюминия фторид	93
Алюминия хлорид, безв.	82
Алюминия хлорид, водн.	93
Амилацетат	X
Амиловый спирт	54
Амилхлорид	X
Аммиак, газ, безв.	93
Аммония гидроксид, 25%	X
Аммония гидроксид, нас.	X
Аммония дифторид	60
Аммония карбонат	93
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	93
Аммония сульфат, 10–40%	93
Аммония сульфид	93
Аммония сульфит	71
Аммония фосфат	93
Аммония фторид, 10%	93
Аммония фторид, 25%	93
Аммония хлорид, 10%	82
Аммония хлорид, 50%	82
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	X

Продолжение табл. 2.37

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Ацетон	X
Бария гидроксид	82
Бария карбонат	93
Бария сульфат	82
Бария сульфид	82
Бария хлорид	82
Белый щелок	82
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	93
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	82
Борная кислота	99
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	82
Бромоводородная кислота, 50%	88
Бромоводородная кислота, разб.	54
Бура	93
Бутадиен	66
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	60
Дихлоруксусная кислота, 20%	38
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	82
Железа (II) хлорид	99
Железа (III) нитрат, 10–50%	82
Железа (III) хлорид	99
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	82
Изобутилметилкетон	X
Калия бромид, 30%	82
Кальция бисульфид	82
Кальция бисульфит	99
Кальция гидроксид, 10%	77
Кальция гидроксид, нас.	99
Кальция гипохлорит	93
Кальция карбонат	99
Кальция нитрат	82

Продолжение табл. 2.37

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция оксид	82
Кальция сульфат	82
Кальция хлорат	82
Кальция хлорид	82
Каприловая кислота	82
Квасцы	93
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	82
Лимонная кислота, конц.	82
Магния хлорид	110
Марганца хлорид	82
Масляная кислота	60
Меди (I) ацетат	27
Меди (I) карбонат	82
Меди (I) сульфат	99
Меди (I) хлорид	99
Меди (I) цианид	82
Меди (II) хлорид, 5%	82
Меди (II) хлорид, 50%	82
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	82
Молочная кислота, конц.	38
Натрия гидроксид, 10%	88
Натрия гидроксид, 50%	82
Натрия гидроксид, конц.	88
Натрия гипохлорит, 20%	88
Натрия гипохлорит, конц.	82
Натрия карбонат	99
Натрия сульфид, до 50%	82
Натрия хлорид	99
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	82
Олова (IV) хлорид	82
Пикриновая кислота	X
Салициловая кислота	X
Серебра бромид, 10%	77
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	82

Продолжение табл. 2.37

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	82
Серная кислота, 70%	93
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	82
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	27
Соляная кислота	77
Сурьмы (III) хлорид	93
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота, 20%	60
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	99
Углерода (IV) оксид, безв.	99
Углерода (IV) оксид, влажн.	71
Угольная кислота	82
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	32
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	60
Фосфорная кислота, 50–80%	82
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	27
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	32
Хлор, газ, безв.	60
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	82
Хлорная кислота, 70%	82
Хлорноватистая кислота	82
Хлороводородная кислота, 20%	82

Окончание табл. 2.37

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлороводородная кислота, 38%	77
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	38
Хромилхлорид	82
Хромовая кислота, 10%	99
Хромовая кислота, 50%	99
Царская водка 3:1	27
Целлозольв	82
Циклогексан	X
Циклогексанол	X
Цинка хлорид	82
Этиленгликоль	99
Яблочная кислота	82

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Основное применение ХПВХ заключается в изготовлении труб для горячей воды и конденсата пара, а также для агрессивных органических веществ, клапанов, дымоходов, наполнителей колонок и других изделий. В книге [2] приведены подробности использования ХПВХ в производстве трубопровода.

2.29. Хлорированный полиэфир (ХПЭ)

Хлорированный полиэфир продается под торговым названием *Penton*. Верхняя граница температурного диапазона для него составляет 107 °С. ХПЭ стоек к действию большинства кислот и оснований, окислителей и распространенных растворителей. Он не разрушается кислотами даже при повышенных температурах, однако не устойчив в присутствии азотной кислоты концентрацией выше 10%. В табл. 2.38 приведены данные о совместимости ХПЭ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробный список.

ХПЭ находит применение в изготовлении сепараторов подшипников, резервуаров, их внутренних обкладок и технологического оборудования.

Таблица 2.38. Совместимость ХПЭ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Белый щелок	93
Адипиновая кислота	121
Азотная кислота, 20%	27
Азотная кислота, 5%	82
Азотная кислота, 70%	27
Азотная кислота, безв.	X
Аллиловый спирт	121
Аллилхлорид	32
Алюминия гидроксид	121
Алюминия оксихлорид	104
Алюминия сульфат	121
Алюминия фторид	121
Алюминия хлорид, водн.	121
Амилацетат	82
Амиловый спирт	104
Амилхлорид	104
Аммиак, газ, безв.	104
Аммония гидроксид, 25%	121
Аммония гидроксид, нас.	121
Аммония дифторид	104
Аммония карбонат	121
Аммония нитрат	121
Аммония персульфат	82
Аммония сульфат, 10–40%	121
Аммония сульфид	121
Аммония фосфат	121
Аммония фторид, 10%	121
Аммония фторид, 25%	121
Аммония хлорид, нас.	121
Анилин	66
Ацетальдегид	54
Ацетилхлорид	X
Ацетон	32
Бария гидроксид	121
Бария карбонат	121
Бария сульфат	121
Бария сульфид	104
Бария хлорид	121
Бензальдегид	27
Бензиловый спирт	

Продолжение табл. 2.38

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Бензилхлорид	27
Бензойная кислота	121
Бензолсульфокислота, 10%	104
Борная кислота	121
Бром	60
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	121
Бура	60
Бутадиен	121
Бутилацетат	54
Бутиловый спирт	104
Дихлоруксусная кислота	
Дихлорэтан	X
Железа (II) хлорид	121
Железа (III) нитрат	121
Железа (III) хлорид	121
Изобутилметилкетон	27
Калия бромид, 30%	121
Кальция бисульфат	121
Кальция гидроксид	121
Кальция гипохлорит	82
Кальция карбонат	121
Кальция нитрат	121
Кальция оксид	121
Кальция сульфат	121
Кальция хлорат	66
Кальция хлорид	121
Квасцы	121
Кетоны	X
Крезол	60
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, 25%	121
Магния хлорид	121
Масляная кислота	110
Меди (I) сульфат	121
Меди (I) хлорид	121
Меди (I) цианид	121
Метилэтилкетон	32
Молочная кислота, 25%	121
Натрия гидроксид, 10%	82

Продолжение табл. 2.38

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия гидроксид, конц.	82
Натрия гипохлорит, 20%	82
Натрия гипохлорит, конц.	93
Натрия карбонат	121
Натрия сульфид, до 50%	110
Натрия хлорид	121
Олеум	
Олова (II) хлорид	121
Олова (IV) хлорид	121
Пикриновая кислота	66
Серная кислота дымящая	
Серная кислота, 10%	110
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	110
Серная кислота, 70%	110
Серная кислота, 90%	54
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	93
Сероуглерод	X
Соляная кислота	
Сурьмы (III) хлорид	104
Тионилхлорид	X
Толуол	93
Углерод четыреххлористый	93
Углерода (II) оксид	121
Углерода (IV) оксид, безв.	121
Углерода (IV) оксид, влажн.	121
Угольная кислота	121
Уксусная кислота ледяная	121
Уксусная кислота, 10%	121
Уксусная кислота, 50%	121
Уксусная кислота, 80%	121
Уксусный ангидрид	66
Фенол	
Фосген, газ, безв.	
Фосфорная кислота, 50–80%	121
Хлор, газ, безв.	38
Хлор, газ, влажн.	27
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	66

Окончание табл. 2.38

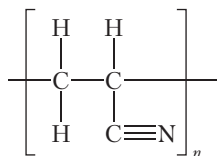
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлорметан	110
Хлорная кислота, 10%	60
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	66
Хлороводородная кислота, 100%	
Хлороводородная кислота, 20%	121
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороводородная кислота, 70%	
Хлороформ	27
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	104
Хромовая кислота, 10%	121
Хромовая кислота, 50%	121
Царская водка 3:1	27
Целлозольв	104
Циклогексан	104
Циклогексанол	60
Цинка хлорид	121
Этиленгликоль	104
Яблочная кислота	121

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

2.30. Полиакрилонитрил (ПАН)

ПАН относится к полиолефинам. В целом он схож с другими полиолефинами — полиэтиленом и полипропиленом — как в сроках службы, так и в химических и электрических свойствах. Его структурная формула изображена ниже:



Коррозионная стойкость ПАН сходна со стойкостью полипропилена и полиэтилена.

Полиакрилонитрил используется в производстве формованных деталей автомобилей, садовых шлангов, торговых автоматов, химических приборов, пишущих машинок, сумок, чехлов для багажных сумок и для декоративных целей.

2.31. Термопластичный полиуретан (ТПУ)

Полиуретаны получают из сложных и простых полиэфиров. ПУ, полученных из простых полиэфиров, они более стойки к гидролизу и обладают лучшей химической стойкостью, большей упругостью, лучшими гистерезисными характеристиками и лучше поглощают энергию удара. Полиуретаны, полученные из сложных эфиров, в целом жестче и обладают большими модулями упругости при сжатии и растяжении, большую прочность на раздир и стойкость к порезам. Кроме того, они могут использоваться при более высоких температурах, а также имеют меньшую остаточную деформацию при сжатии, очень хорошую стойкость к истиранию и хорошую стойкость к действию топлива и масел. На рис. 2.2 изображены структурные формулы полиуретанов.

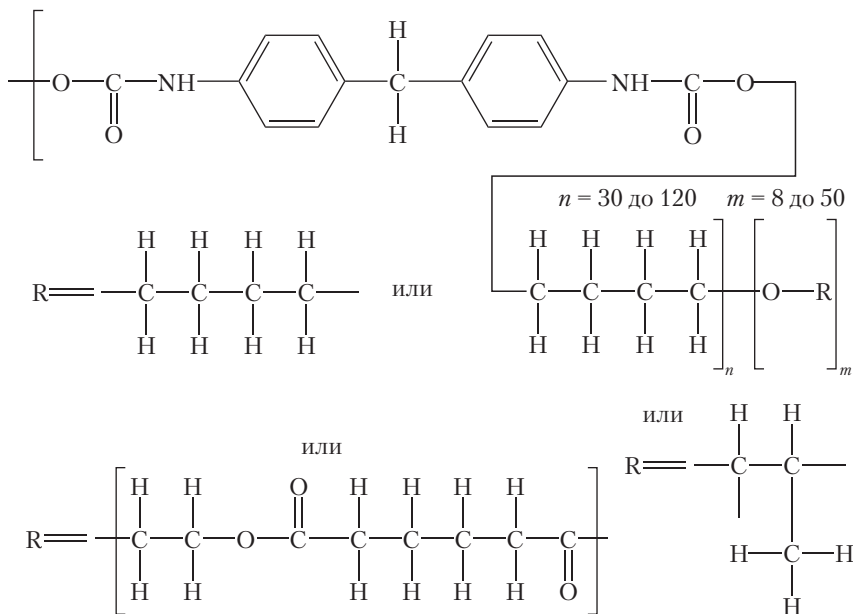


Рис. 2.2

Полиуретаны обладают прекрасной стойкостью к кислородному старению, но имеют ограниченный срок жизни при высокой влажности и при высоких температурах. Вода может действовать на полиуретаны двумя способами: она может их временно пластифицировать или необратимо разрушать. Пластификация в присутствии влаги проявляется в некотором уменьшении твердости и предела прочности на разрыв. После удаления поглощенной воды восстанавливаются первоначальные свойства. Гидролитическое разложение вызывает необратимое ухудшение физических и электрических свойств.

Поскольку полиуретаны являются полярными соединениями, они стойки к неполярным органическим жидкостям — маслам, горючему и смазкам, но легко подвергаются действию или даже растворяются в полярных органических жидкостях, например, диметилформамиде и диметилсульфоксиде.

В табл. 2.39 приведены данные о совместимости ПУ с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведен более подробный список.

Таблица 2.39. Совместимость ПУ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Совместимость
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Амилацетат	X
Амиловый спирт	X
Аммония гидроксид, 25%	R
Аммония гидроксид, нас.	R
Аммония карбонат	R
Аммония персульфат	X
Аммония хлорид, 10%	R
Аммония хлорид, 50%	R
Аммония хлорид, нас.	R
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	R
Бария сульфид	R
Бария хлорид	R
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	X

Продолжение табл. 2.39

Корродирующий агент	Совместимость
Бензол	X
Бензолсульфокислота	X
Борная кислота	R
Бром, ж.	X
Бура	R
Бутадиен	X
Бутилацетат	X
Железа (III) нитрат, 10–50%	R
Железа (III) хлорид	R
Железа (III) хлорид, 50%	R
Изобутилметилкетон	X
Калия бромид, 30%	R
Кальция гидроксид, 10%	R
Кальция гидроксид, нас.	R
Кальция гипохлорит	X
Кальция нитрат	R
Кальция хлорид	R
Крезол	X
Магния хлорид	R
Меди (I) сульфат	R
Меди (I) хлорид	R
Меди (I) цианид	R
Метилэтилкетон	X
Натрия гидроксид, 50%	R
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия хлорид	R
Олеум	X
Серная кислота, 10%	X
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сероуглерод	R
Толуол	X
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	R
Углерода (IV) оксид, безв.	R
Углерода (IV) оксид, влажн.	R

Окончание табл. 2.39

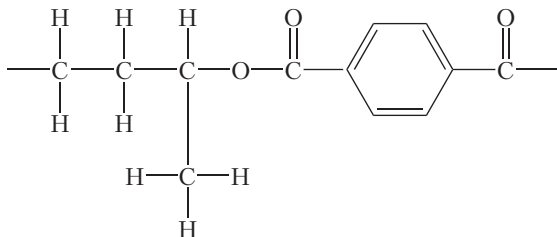
Корродирующий агент	Совместимость
Угольная кислота	R
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	X
Хлорная кислота, 70%	X
Хлороводородная кислота, 20%	R
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороформ	X
Хлорсульфокислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Циклогексан	R
Этиленгликоль	R

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Совместимость при 32 °С обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

Полиуретаны используют в случаях, когда от материала требуется хорошая абразивостойкость и низкий коэффициент трения. Они также используются в производстве панелей и других деталей автомобилей, так как обладают высокой ударной прочностью. Полиуретаны также применяют в изготовлении игрушек, одежды, втулок, шкивов, мячей для гольфа, лыжных масок, обуви и лыжных ботинок. Используется полиуретан и в медицине — для изготовления диагностических устройств, трубок и катетеров.

2.32. Полибутилентерефталат (ПБТ)

ПБТ также известен как термопластичный сложный полиэфира. Эти полимеры являются высококристаллическими с температурой плавления приблизительно 221 °С. Структурная формула изображена на рисунке:



Полибутилентерeftалат обладает хорошей химической стойкостью к разбавленным минеральным кислотам, алифатическим и ароматическим углеводородам, кетонам и сложным эфирам. Он имеет ограниченную устойчивость к действию горячей воды и хозяйственной соды. Он не устойчив в присутствии хлорированных углеводородов и щелочей.

ПБТ обладает хорошей стойкостью к погодным условиям и не разрушается под действием УФ-излучения. В табл. 2.40 представлены данные о совместимости ПБТ с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 2.40. Совместимость ПБТ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Совместимость
Азотная кислота, 2%	R
Аммиак, 10%	X
Ацетон	R
Бензин	R
Бензол	R
Бутилацетат	R
Вазелин	R
Вода горячая	R
Вода холодная	R
Водорода пероксид, 0–5%	R
Водорода пероксид, 30%	R
Воск, расплав	R
Гептан/гексан	R
Глицерин	R
Горячее	R
Дизельное топливо	R
Диоксан	R
Дихлорметан	X
Калия гидроксид, 50%	X
Калия дихромат, 10%	R
Калия перманганат, 10%	R
Кальция бисульфид	R
Кальция хлорид	R

Окончание табл. 2.40

Корродирующий агент	Совместимость
Керосин	R
Ксилол	R
Лимонная кислота, 10%	R
Льняное масло	R
Метанол	R
Метилэтилкетон	R
Моторное масло	R
Муравьиная кислота	R
Мыльный раствор	R
Натрия бисульфат	R
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия карбонат	R
Натрия нитрат	R
Натрия тиосульфат	R
Натрия хлорид, 10%	R
Пищевое масло	R
Серная кислота, 2%	R
Серная кислота, 98%	X
Силиконовое масло	R
Толуол	R
Углерод четыреххлористый	R
Уксусная кислота, 10%	R
Уксусная кислота, 5%	R
Фосфорная кислота, 10%	R
Фруктовый сок	R
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 2%	R
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороформ	X
Чернила	R
Этанол	R
Этилацетат	R
Этиленгликоль	R
Этиленхлорид	X
Эфир простой	R

Совместимость при 20 °С обозначена знаком R. Несовместимость обозначена символом X.

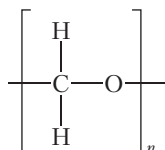
Неармированные полимеры используются в производстве движущихся деталей, которым необходима большая ударная прочность — шестеренок, подшипников, шкивов и пишущих инструментов. Негорючие композиции ПБТ

находят применение в телевидении, радио, электронике, компьютерной технике, а также в компонентах насосов.

Армированные сорта используются в автомобильной промышленности, электрической и электронной технике и некоторых других областях.

2.33. Ацетали

Ацетали являются конструкционными полимерами с высокоэффективными рабочими характеристиками, напоминающими полиамиды по внешнему виду, но не по свойствам. Повторяющийся элемент структуры имеет следующий вид:



Существует два основных типа ацеталей. Фирма *DuPont* производит гомополимер, в то время как *Celanese* производит сополимеры.

Ни гомо-, ни сополимеры не стойки к действию сильных неорганических кислот, но сополимеры устойчивы к действию сильных оснований. Ацетали разрушаются УФ-светом и гамма-излучением. Они имеют небольшую стойкость к действию окислителей, но в целом не стойки к действию распространенных растворителей. В табл. 2.41 представлены данные о совместимости ацеталей с некоторыми корродирующими агентами.

Если не указан тип ацетала, обычно подразумевается, что материал гомополимерен.

Таблица 2.41. Совместимость ацеталей с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота	X
Азотная кислота, 1%	X
Аммиак, влажн.	X
Аммония гидроксид, конц.	X
Анилин	23
Ацетальдегид	23
Ацетон	23
Бензилхлорид	23
Бензол	23
Вода минеральная	38
Водорода пероксид	X
Воск	93

Продолжение табл. 2.41

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Гексан	23
Гептан	23
Детергенты	23
Диметилсульфоксид	23
Диметилформамид	60
Диоксан	60
Дихлорметан	23
Дихлорэтан	23
Диэтиловый эфир	23
Железа (II) сульфат, 10%	X
Железа (II) хлорид	X
Железа (III) нитрат	X
Железа (III) сульфат	X
Железа (III) хлорид	X
Жирные кислоты	35
Кальция бисульфид	23
Кальция бисульфит	X
Кальция гидроксид, 10%	23
Кальция гидроксид, 20%	X
Кальция гипохлорит, 2%	X
Кальция нитрат	X
Кальция сульфат	X
Кальция хлорат, 5%	23
Кальция хлорид	X
Керосин	60
Льняное масло	23
Магния гидроксид, 10%	23
Магния сульфат	23
Магния сульфат, 10%	23
Магния хлорид, 10%	23
Меди (I) нитрат	X
Меди (II) хлорид	X
Метанол	23
Метилацетат	X
Молоко	23
Молочная кислота	X
Моноэтаноламин	X
Моторное масло	71
Муравьиная кислота, 3%	X
Натрия бикарбонат, 50%	23

Продолжение табл. 2.41

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия гидроксид, 10%	23
Натрия гипохлорит	X
Натрия карбонат	23
Натрия карбонат, 20%	82
Натрия нитрат, 50%	23
Натрия тиосульфат	23
Натрия хлорат, 10%	23
Натрия хлорид	23
Натрия хлорид, 10%	82
Натрия цианид, 10%	23
<i>n</i> -Бутиланилин	X
Нефть	23
Парафин	23
Перхлорэтилен	23
Пиридин	23
Простой этиловый эфир	23
Ртуть	23
Серебра нитрат	23
Серная кислота	X
Серная кислота, 10%	X
Сернистая кислота, 10%	X
Сероводород, влажн.	X
Скипидар	60
Тетрагидрофуран	23
Тионилхлорид	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Угольная кислота	23
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 5%	23
Фосфорная кислота	X
Фтороводородная кислота, 4%	X
Хлор, безв.	X
Хлор, влажн.	23
Хлорбензол, безв.	23
Хлорная кислота, 10%	X
Хлорноватая кислота	X
Хлороводородная кислота, 1–20%	X
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X

Окончание табл. 2.41

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлоруксусная кислота	X
Хлорэтан, влажн.	23
Хромовая кислота	X
Царская водка	X
Целлозольв	23
Циклогексан	23
Циклогексанол	23
Щавелевая кислота	X
Этаноламин	23
Этилацетат, 10%	93
Этилендиамин	23
Этиленхлорид	23
Эфиры простые	23

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Ацетали используются автомобильной промышленности для изготовления элементов топливных систем и различных движущихся деталей — шестерней, компонентов подвесных систем и втулок. Кроме того, они используются в сантехнике.

Литература

1. P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.
2. P.A. Schweitzer. 1994. *Corrosion Resistant Piping Systems*, New York: Marcel Dekker.
3. P.A. Schweitzer. 1996. *Corrosion Engineering Handbook*, New York: Marcel Dekker.
4. P.A. Schweitzer. 2001. *Corrosion Resistant Linings and Coatings*, New York: Marcel Dekker.

3. Реактопласты

Термореактивные полимеры принимают постоянную форму при отверждении. После отверждения они уже не могут быть отформованы вторично. Они образуются в результате густой сшивки линейных форполимеров (при малой густоте сшивки получаются резины) или прямым синтезом сеток в реакции двух мономеров, что предпочтительнее. Последний метод, или метод конденсации, определяется как «реакция двух мономеров, приводящая к образованию третьего и молекулы побочного продукта, чаще всего воды или спирта». В некоторых случаях побочный продукт не образуется.

Такой процесс в настоящее время носит название ступенчатой полимеризации. Когда в реакции образуется побочный продукт, она называется реакцией поликонденсации. В табл. 3.1 перечислены важнейшие термореактивные полимеры.

Несмотря на то что число реактопластов меньше, чем термопластов, они составляют примерно 14% рынка полимеров. По сравнению с термопластами они более хрупки, но несколько прочнее, тверже и в целом более теплостойки. В табл. 3.2 приведены данные о диапазонах температур эксплуатации реактопластов. Термореактивные полимеры обладают лучшей стабильностью размеров, большим сопротивлением ползучести, лучшей химической стойкостью и хорошими электрическими свойствами. Основными недостатками большинства из них являются сложность переработки и высокая стоимость по сравнению с термопластами.

Фенольные смолы составляют примерно 43% рынка термореактивных полимеров и используются наиболее широко. Они относительно недороги и легко формуются, сохраняя хорошую жесткость. Большинство их содержит древесные или стеклянные наполнители и иногда стекловолокно.

Для формованных продуктов, производимых обычно прямым или литьевым прессованием, часто используют минеральные добавки или целлюлозные волокна как недорогие наполнители общего назначения, а наполнители из стекловолокна часто используются для оптимизации прочности и сохранения размеров изделия.

3.1. Коррозия реактопластов¹

Ненаполненные и неармированные реактопласты могут корродировать по нескольким механизмам, которые можно разделить на две главных группы — физические и химические.

Таблица 3.1. Основные термореактивные полимеры

Алкиды
Аминсмолы
Диаллилфталаты (аллильные смолы)
Эпоксиды
Фураны
Меламины
Фенолформальдегидные смолы
Фенольные смолы
Полибутадиены
Полиуретаны
Силиконы
Ненасыщенные полиэферы
Карбамидные смолы
Винилэфирные смолы

Физическая коррозия заключается в том, что полимер взаимодействует с окружающей средой так, что его свойства изменяются, но химической реакции не происходит. Типичным примером является диффузия жидкостей в полимерный материал. Во многих случаях физическая коррозия обратима: после удаления жидкости восстанавливаются первоначальные свойства.

Если поглощение полимером жидкости или газа приводит к пластификации или набуханию полимерной сетки, это означает, что имела место физическая коррозия. Набухание шитых полимеров, вызванное поглощением растворителя, максимально, когда параметры растворимости растворителя и полимера совпадают.

Таблица 3.2. Диапазоны допустимых температур применения некоторых реактопластов

Полимер	Границы диапазона, °С	
	минимальная	максимальная
Эпоксиды	–252	150
Сложные полиэферы:		
Бисфенол А фумарат		120–150

¹ Когда автор здесь и далее, приводя те или иные свойства реактопластов, называет их смолами, он имеет в виду отвержденные смолы. — *Примеч. науч. ред.*

Окончание табл. 3.2

Полимер	Границы диапазона, °С	
	минимальная	максимальная
Галогенированные полиэфирь		120–150
Гидрированный бисфенол А		120–150
Изофталатные полиэфирь		70
Терефталатные полиэфирь		120–150
Винилэфирные полимерь		98–140
Фурановые полимерь		150–200
Фенольные полимерь		110
Силиконы	–252	260

Примечание: значения могут изменяться в зависимости от вида корродирующего агента.

Суть химической коррозии заключается в том, что в результате химической реакции реактопласта с окружающей средой разрушаются химические связи. Несколько различных форм химической коррозии могут происходить одновременно. Чаще всего химическая коррозия необратима.

Результатом химической коррозии могут являться различные изменения материала. Например, полимер может становиться хрупким, размягчаться, обугливаться, растрескиваться, расслаиваться, обесцвечиваться, покрываться пузырями или разбухать. Действие корродентов более или менее одинаково для всех термоотверждающихся полимеров. Однако определенные химически стойкие сорта полимеров практически не подвергаются воздействию широкого ряда жестких коррозионных условий или подвергаются ему со значительно меньшей скоростью. Такие свойства обусловлены структурой полимера; примером группировки, придающей полимеру подобные свойства, является сложноэфирная группа.

Отверждение смол очень сильно влияет на химическую стойкость термоотверждающихся полимеров. Неправильное отверждение приведет к ухудшению коррозионной стойкости. Конструкция ламината (слоистого материала) и используемые армирующие наполнители также влияют на его коррозионную стойкость. Сила и природа связи полимера с армирующим материалом также играет важную роль.

Различные механизмы атаки по-разному влияют на прочность слоистого материала в зависимости от условий его эксплуатации, в частности, окружающей среды, а также от механизма (или комбинации механизмов) воздействия корродента.

В некоторых случаях среда может ослаблять первичные и/или вторичные связи в полимере, что приводит к деполимеризации. В других случаях среда может вызывать набухание или образование микротрещин, в то время как в некоторых случаях происходит гидролиз сложноэфирных групп или связей. В определенных условиях может происходить повторная полимеризация,

то есть изменение структуры полимера. Помимо этого, влияние среды может приводить к разрыву цепей и уменьшению молекулярного веса или изменению действия растворителя. Химическая реакция или абсорбция на границе раздела армирующего материала и смолы может привести к ослаблению материала.

В целом химическое воздействие на реактопласты либо происходит, либо нет. При использовании материала в неподходящих условиях разрушение армированного материала происходит в относительно короткий срок. Как показывает опыт, если применение реактопласта было осуществлено надлежащим образом, и материал успешно прослужил в течение 12 месяцев, велика вероятность, что он успешно будет использоваться еще долгое время.

Реактопласты неспособны выдерживать действие концентрированной серной (93%) или азотной кислот. Очень быстро происходит пиролиз или обугливание полимера. Таким образом, слоистый материал в течение всего лишь нескольких часов полностью разрушается. Тесты показывают, что сложные полиэфиры и винилэфирные смолы могут выдерживать действие серной кислоты концентрацией до 70% в течение долгого времени.

Действие водных растворов на армированные полимеры может привести к гидролизу. Вода разрушает связи в основной цепи полимера. Наиболее чувствительны к действию воды сложноэфирные связи. Воздействие различных растворителей может иметь различную природу. Растворитель проникающий в пространства между макромолекулами, вызывает набухание, размягчение и растрескивание слоистого материала. На первых стадиях растворитель оказывает следующее воздействие:

1. Размягчение, значительное уменьшение твердости.
2. Значительное набухание ламината.
3. Увеличение веса. Увеличение веса более чем на 2% не желательно.

Существует много степеней воздействия:

1. Если увеличение веса составляет меньше чем 2% твердость материала в существенной степени сохраняется в течение 12 месяцев, а набухание отсутствует (или присутствует лишь незначительно), ламинат будет служить очень хорошо.

2. Если твердость почти сохраняется, а увеличение веса и степень набухания установились на постоянном уровне к концу 12 месячного периода, материал удовлетворительно прослужит в подходящих условиях эксплуатации.

3. Бисфенольный ламинат при контакте с толуолом увеличивает вес на 19% в течение месяца, набирает на 19%, а его твердость падает от 43 до 0, что указывает на то, что материал полностью разрушается. При продолжении воздействия растворителя происходит:

- а) размягчение: твердость уменьшается до 0;
- б) набухание: поглощение молекул растворителя продолжается, вызывая в материале напряжения, приводящие к его растрескиванию.

Аналогичным образом действуют жидкости и пары растворителя.

Органические соединения с ненасыщенными связями, например, сероуглерод, вызывают намного более сильное набухание, чем их насыщенные аналоги. Чем меньше размер молекул растворителя, тем легче они проникают в полимерную матрицу. Большое значение имеет степень сродства растворителя и полимера. Относительно малополярные полимеры, например, сложные полиэфиры и винилэфирные смолы, разрушаются под действием умеренно полярных растворителей.

В целом насыщенные длинные органические молекулы, например, линейные углеводороды, мало действуют на сложные полиэфиры. Именно поэтому сложные полиэфиры с успехом применяются при изготовлении бензобаков.

Факторы, улучшающие способность полимера противостоять воздействию корродирующих агентов:

- 1) увеличение густоты поперечных связей;
- 2) способность полимера образовывать максимально компактные структуры;
- 3) температура тепловой деформации полимера, которая связана со стойкостью к действию растворителя. Обычно с увеличением этой температуры улучшается и стойкость к действию растворителей, однако выполняется это правило не для всех типов реактопластов.

В целом более хрупкие полимеры обладают худшей стойкостью к действию растворителя, в то время как более упругие полимеры при абсорбции растворителя изменяются в меньшей степени.

Ортофталатные, изофталатные, бисфенольные, а также хлорированные и бромированные сложные полиэфиры обладают плохой стойкостью к действию таких растворителей, как ацетон, сероуглерод, толуол, трихлорэтилен, трихлорэтан и метилэтилкетон. Полимеры на основе винилэфирных смол обладают несколько лучшей химической стойкостью, а у термоотвержденных эпоксидных смол она еще лучше. Наилучшей стойкостью обладают полимеры из фурановых смол. Они способны выдерживать действие растворителей вместе с кислотами и щелочами.

При рассмотрении коррозии необходимо также учитывать напряжения, действующие на материал. Скорость разрушения армированного стекловолокном композита может быть довольно высокой. Особенно это касается композитов, на которые одновременно действуют механическое напряжение и кислотная среда. Считается, что причиной ослабления стекловолокон под действием кислот является ионный обмен между кислотой и стеклом.

Напряжения являются причиной первоначального разрушения стекловолокна. Если матрица полимера, окружающая поврежденные волокна, разрушается, кислота воздействует на следующее доступное волокно, которое, следовательно, тоже разрушается. Таким образом, процесс продолжается до полного разложения материала.

3.2. Соединения реактопластов

Термоотверждающиеся полимеры не могут быть соединены при помощи растворителя или посредством сварки. Однако они могут быть склеены с помощью определенных составов, например, эпоксидных термоотверждающихся акриловых смол или уретанов. Перед соединением все поверхности должны быть механически очищены и обработаны растворителем.

3.3. Стойкость к действию ультрафиолетового света

Реактопласты разрушаются под действием УФ-лучей, поэтому им необходима защита от ультрафиолета. Полимеры, используемые на открытом воздухе, в значительной степени разрушаются УФ-лучами в течение года или двух. Стекловолокно также разрушается в таких условиях, однако начинающееся разрушение останавливается задолго до того, как оно начнет сказываться заметным образом на прочности материала. Разрушение полимера можно предотвратить добавлением к материалу специальных УФ-ингибиторов, защищающих полимер от воздействия лучей. Другой подход к защите заключается в нанесении черного покрытия из эпоксидной смолы толщиной 0,076 мм, которое эффективно защищает материал от воздействия УФ-лучей.

За исключением УФ-света, термоотвержденные полимеры в целом стабильны к эрозии, а также к действию обычных загрязнений атмосферы. В табл. 3.3 приведены данные о стойкости термоотвержденных полимеров, армированных стекловолокном.

3.4. Армирующие добавки

В ламинатах и наполненных полимерах применяются различные армирующие волокна. Выбор типа волокна зависит от его стоимости, требуемых качеств и природы смоляной системы. Чаще всего применяют стекловолокно. В табл. 3.4 приведены часто используемые армирующие добавки и свойства, придаваемые ими материалу.

Таблица 3.3. Стойкость реактопластов, армированных стекловолокном, к различным воздействиям атмосферы

Полимер	УФ ^а разрушение	Поглоще- ние влаги ^б	Эрозия	Озон	SO ₂	NO ₂	H ₂ S
Эпоксидные смолы	R	0,03	R	R	R	R	R
Винилэфирные смолы	R	0,20	R	R	R	R	R
Фурановые смолы	R	2,65	R	R	R	R	R
Фенольные смолы							
Полисилоксаны	R	0,02–0,06	R	R	R	R	

Окончание табл. 3.3

Полимер	УФ ^а разрушение	Поглоще- ние влаги ^б	Эрозия	Озон	SO ₂	NO ₂	H ₂ S
Сложные полиэфиры							
Бисфенол А фумарат	RS	0,20	R	R	R	R	R
Галогенированные сложные полиэфиры	RS	0,20	R	R	R	R	R
Галогенированный бисфенол А — бисфе- нол А	RS	0.20	R	R	R ^в	R	
Изофталатные	RS	0.20	R	R	R	R	R
Терефталатные	RS	0.20	R	R	R	R	R

^а R — устойчив; RS — устойчив в случае стабилизации УФ-протектором; X — разрушается.

^б Поглощение воды в течение 24 ч при 23 °C (%).

^в SO₃ очень сильно действует на материал.

3.4.1. Стекловолокно

Стекловолокно непрерывно вытекает из расплавленной в печах стекломассы через специальные формы (фильеры). Существует шесть видов стекловолокна. Наиболее часто используется так называемое стекло марки *E*. Эти волокна стойки к действию влаги и придают материалам прекрасные электрические свойства. Стекло *C* используется, когда необходима оптимальная химическая стойкость. Стекло *D* обладает хорошими электрическими свойствами, особенно значением диэлектрической постоянной, и используются в электронных приборах. Стекло *S* используется для придания материалу высокой прочности и жесткости. Стекловолокно *R* обладает меньшей стоимостью, чем стекло *S*.

3.4.1.1. Стекло *E*

Как упоминалось выше, стекло марки *E* представляет собой сорт боросиликатного стекла, имеющего хорошие электрические свойства. Оно обладает прекрасной стойкостью к действию воды, большой прочностью, малой растяжимостью, а также разумной стоимостью. Практически все стеклянные маты, непрерывные стекловолокна и ровинг изготавливаются из стекла этого типа.

3.4.1.2. Стекло *C*

Стекло *C* относится к кальциево-алюмосиликатным стеклам и широко используется в изготовлении покровных матов, стеклянных чешуек, в том числе футеровочных, а также тканей, стойких к действию кислот. Стекло *C* не очень устойчиво к действию воды, однако стоимость его довольно высока. Защита из этого стекла использовалась в виде покровных матов в течение долгого времени, когда стандартным требованием к коррозионно-стойкому оборудованию было стеклянное покрытие толщиной 0,25 мм (10 мил). Необходимо избегать

Таблица 3.4. Свойства, придаваемые полимеру армирующими материалами

Армирующее волокно	Механиче- ская прочность	Электриче- ские свойства	Ударная вязкость	Корро- зионная стойкость
Пряди стекловолокна	X		X	X
Стеклоткань	X	X	X	X
Стекломат			X	X
Асбест		X	X	
Бумажное волокно		X		
Хлопковое/льняное волокно	X	X	X	
Найлоновое		X	X	X
Короткие минеральные волокна	X		X	
Органические волокна	X	X	X	X
Ленточные волокна		X		
Полиэтиленовые волокна	X		X	
Металлические волокна	X		X	
Арамидные волокна	X	X	X	
Борные волокна	X		X	
Углеродные/графито- вые волокна	X		X	
Керамические волокна	X		X	

использования покрытия толщиной 0,5 мм (20 мил) в случае хрупких полимеров, например бисфенолов, так как они подвержены разрушениям при ударах, а иногда и просто при эксплуатации. До развития технологии синтетических покрытий толщиной 0,25 мм стекло С использовалось практически повсеместно. В настоящее время доступны покрытия толщиной 0,25 мм (10 мил), 0,38 мм (15 мил), 0,5 мм (20 мил) и 0,75 мм (30 мил).

3.4.1.3 Стекло S

Магний-алюмосиликатное стекло S обладает исключительной прочностью, и вследствие этого широко используется в авиакосмической промышленности. Оно исключительно стойко к действию кислот и воды, однако в несколько раз дороже стекла E, поэтому не используется в промышленности для защиты материалов от коррозии. По прочности стекло S сравнимо с арамидными волокнами.

Механическая обработка и штамповка	Тепло- стойкость	Влаго- стойкость	Абразиво- стойкость	Низкая стоимость	Жест- кость
	X	X		X	X
	X	X			X
	X	X		X	X
	X				
X				X	
X				X	
			X		
				X	
X			X		
		X			X
X		X			X
	X		X		X
	X				X
	X				X
					X

3.4.1.4. Элементарное стекловолокно

Элементарное стекловолокно, или первичная стеклянная нить, доступно в виде волокон различных диаметров (табл. 3.5). Чаще всего при армировании полимеров применяется стекловолокно с диаметром в диапазоне $G-T$. Из этих нитей формируют пучки по 204, 400, 800, 1000, 2000, 3000 или 4000 нитей. Пучки формируют с помощью специальных склеивающих (аппретирующих) агентов. Помимо формирования пучков, аппретирующие агенты обладают функцией защиты волокон от воздействия окружающей среды и от истирания. Аппретирующие вещества, например, силаны, комплексы хрома или полимеры, добавляются к конечным продуктам для улучшения адгезии матрицы полимера и стекловолокна. Эти пучки затем используются в производстве различных типов армирующих материалов. Чаще всего при армировании полимеров применяются стеклоткани, стекломаты и рубленая стеклопряха.

Таблица 3.5. Диаметр первичных стеклянных нитей

Элементарное волокно	Диапазон диаметра ($\times 10^5$, дюймов)	Номинальный диаметр ($\times 10^5$, дюймов)
<i>B</i>	10,0–14,9	12,3
<i>C</i>	15,0–19,9	17,5
<i>D</i>	20,0–24,9	22,5
<i>DE</i>	23,0–27,9	25,0
<i>E</i>	25,0–29,9	27,5
<i>F</i>	30,0–34,9	32,5
<i>G</i>	35,0–39,9	36,0
<i>G</i>	35,0–39,0	37,5
<i>H</i>	40,0–44,9	42,5
<i>J</i>	45,0–49,9	47,5
<i>K</i>	50,0–54,9	52,5
<i>L</i>	55,0–59,9	57,5
<i>M</i>	60,0–64,9	62,5
<i>N</i>	65,0–69,9	67,5
<i>P</i>	70,0–74,9	72,5
<i>Q</i>	75,0–79,9	77,5
<i>R</i>	80,0–84,9	82,5
<i>S</i>	85,0–89,9	87,5
<i>T</i>	90,0–94,9	92,5
<i>U</i>	95,0–99,9	97,5
<i>V</i>	100,0–104,9	102,5
<i>W</i>	105,0–109,9	107,5

3.4.1.5. Рубленая стеклопряжа

Пучки стекловолокна (обычно *E*-стекло) механически измельчаются на кусочки длиной от 0,25 до 2 дюймов и в таком виде используются для армирования формованных изделий. Более длинные волокна используются при армировании термоотверждающихся полимеров, в то время как короткие — для армирования термопластов.

3.4.1.6. Стекломаты

Пряди стекловолокна режутся и наносятся на движущуюся конвейерную ленту, где скрепляются полимерным связывающим в виде мата. Вес стекломата варьируется от 0,75 до 3 унций на квадратный фут при ширине 10 футов.

Мат из неразрезанных прядей стекловолокон производят путем непрерывного нанесения скрученных прядей по кругу на движущуюся ленту, где их скрепляют связывающим веществом. Маты из длинных прядей обладают лучшими физическими свойствами, чем маты из измельченных прядей, но материал становится более гетерогенным. Маты из длинных прядей доступны в диапазоне веса от 0,75 до 4,5 унций/кв. фут и до 6 футов по ширине.

Тканевая ровница является матом, сплетенным из множества прядей в грубую ткань. Физические свойства ровницы являются средними между стекломатом и стеклотканью. При ширине до 10 футов доступна ровница разной толщины. Она используется путем послойного ламинирования при низком давлении и холодного прессования.

3.4.1.7. Стеклоткань

При армировании полимеров используют различные сорта стеклоткани. Стекло *E* используется наиболее часто, хотя также широко используются стекла *D*, *G*, *H* и *K*. Пучки стекловолокна превращаются в пряжу, из которой, используя станки, получают стеклоткань. Направление прядения называется основой, а поперечные нити носят название нити утка. Число нитей может быть различным и в основе, и в утке для придания стеклоткани нужного веса, толщины, внешнего вида и прочности.

3.4.2. Сложные полиэфиры

Сложные полиэфиры используют в основном для покровных матов для обогащенных смолой внутренних поверхностей намоточных или других изделий контактного формования. Он также может быть использован вместе с покровными матами *C*-стекла.

Склонность *C*-стекла к образованию мостиков и пустот уменьшается при перекручивании мата из стекла *C* с полиэфирным матом при натяжении. Материал *Nexus* (торговая марка компании *Burlington Industries*) также используется для покрытия внешних поверхностей холодоформованных изделий. Поверхностное покрытие *Nexus* обладает сравнительно большой растяжимостью, что делает его подходящим для использования с полимерами, имеющими большое относительное удлинение, что снижает риск растрескивания и образования микротрещин, в том числе при термоциклических операциях.

Покрытия *Nexus* обладают прекрасной стойкостью к действию спиртов, отбеливателей, воды, углеводов и водных растворов большинства слабых кислот при кипении. Будучи сложноэфирными, эти покрытия не стойки к действию сильных кислот, таких как 93% серная кислота.

3.4.3. Углеродные волокна

Углеродные волокна доступны в виде матов, обычно плотностью 0,2, 0,5, 1 и 2 унции на квадратный ярд. Кроме того, они производятся в форме мата плотностью 0,5 унций/кв. ярд как смесь со стекловолокном (содержанием 33%). Также доступны смеси углеродного волокна–стекловолокна (25/75), и армированного стекла–углеродного волокна (50/50). Кроме того, они также доступны в виде непрерывной ровницы и измельченной стеклопряхи с длиной волокон 1/8–2 дюйма.

Углеродные маты без добавок или же с добавлением измельченного углеродного или графитового наполнителя обеспечивают полное заземление и статический контроль в опасных областях, где статическое электричество может вызывать пожары и взрывы.

3.4.4. Арамидные волокна

Арамид — общее название ароматических полиамидов (найлонов). Он продается под торговым названием *Kevlar* фирмой *DuPont*. Эти волокна используются аналогично стекловолокнам при армировании полимеров. Предел прочности при его растяжении очень велик, что одновременно с его твердостью и низкой плотностью произвело коренные перемены в технологии изготовления сосудов высокого давления. Хотя арамидные волокна до настоящего времени широко используются в производстве сосудов высокого давления, в последнее время они все чаще заменяются очень прочными графитовыми волокнами.

Для армирования полимеров арамидные волокна перерабатываются в ткани. Типы тканей варьируются от 2 мил (1 унция/кв. ярд) до толстых 30 мил (6 унций/кв. ярд). Кевлар доступен в виде покровных матов и тканей. Покровные маты могут иметь вес 0,4 и 1 унцию/кв. ярд.

Арамидные волокна широко применяются в авиа- и аэрокосмической промышленности вследствие их низкой плотности. Малый вес также обуславливает их применение в производстве каноэ и байдарок. Среди других областей применения арамидных волокон — производство горных лыж, теннисных ракеток и клюшек для гольфа.

Арамидные добавки также доступны в виде бумажных листов и продаются под торговыми названиями *Nomex* фирмы *DuPont* и *TP Technora* компании *Teijin America*. Арамидная бумага используется в печатных платах для улучшения стойкости к растрескиванию и для улучшения гладкости поверхности. Применение бумаги ограничено такими ее недостатками, как высокий коэффициент термического расширения, плохая адгезия с полимером и трудность обработки.

3.4.5. Полиэтиленовые волокна

Компания *Allied Signal, Inc.* производит высокопрочные, высокомодульные полиэтиленовые волокна под торговым названием *Spectra*. Полиэтилен обладает сверхвысоким молекулярным весом, до 5 000 000 (для сравнения: обычный полиэтилен имеет молекулярный вес порядка 200 000). Существует два вида *Spectra*: марки 900 и 1000. *Spectra* 900 обладает большей прочностью и большим модулем. Поскольку *Spectra* характеризуется наименьшей плотностью среди всех волокон, ламинату из него находят применение в авиакосмической промышленности в производстве крыльев самолетов и сидений в вертолетах. Ламинаты из *Spectra* нельзя подвергать нагреванию до температур выше 121 °С.

В табл. 3.6 приведено сравнение коррозионной стойкости *Spectra* и арамидных волокон.

3.4.6. Бумага

Крафт-бумага широко используется в качестве армирующего материала. Пропитанная фенольной смолой бумага используется в печатных платах. В сочетании с меламином она становится декоративным слоистым пластиком, формируемым при повышенных давлениях, и используется в производстве мебели, столешниц и стенных панелей. Армирование бумагой в целом недорого и ламинат легко подвергается обработке, штамповке и сверлению. Материал имеет хорошие электрические свойства, но довольно чувствителен к действию влаги и разрушается при высоких температурах.

Таблица 3.6. Сравнение коррозионной стойкости *Spectra* и арамидных волокон

Корродирующий агент	Сохранение прочности при растяжении, %			
	<i>Spectra</i>		Арамидные волокна	
	6 месяцев	2 года	6 месяцев	2 года
Морская вода	100	100	100	98
Гидравлическая жидкость	100	100	100	87
Керосин	100	100	100	97
Бензин	100	100	93	X
Толуол	100	96	72	X
Уксусная кислота ледяная	100	100	82	X
Хлороводородная кислота, 1 М	100	100	40	X
Натрия гидроксид, 5 М	100	100	42	X
Аммония гидроксид, 29%	100	100	70	X
Перхлорэтилен	100	100	75	X
Детергенты, р-ры, 10%	100	100	91	X
«Клорокс» (<i>Clorox</i>)	91	73	0	0

X — образцы не были проверены вследствие механических повреждений.

3.4.7. Хлопок и лен

Хлопковые и льняные ткани, пропитанные фенольными смолами, используются при изготовлении нескольких сортов слоистых материалов. Они обладают хорошей ударной прочностью и абразивостойкостью, а также легко обрабатываются. Слоистые материалы, армированные такими тканями, обладают лучшей стойкостью к действию воды, чем армированные бумагой. Они используются в производстве шестерней и шкивов.

3.5. Сложные полиэфиры

Сложные полиэфиры впервые были получены в 1929 г. Уильямом Карозерсом. Разработанная им технология производства полиэфиров используется до настоящего времени. Только в конце 1930-х годов Эллис открыл, что образование поперечных связей в полимере возрастает примерно в 30 раз в присутствии ненасыщенных мономеров. В 1942 г. в фирме *U.S. Rubber Company* установили, что добавление стекловолокна к полиэфирам приводит к значительному улучшению их физических свойств. Это открытие привело к началу организации широкомасштабного производства полиэфиров. Широкому использованию полимеров препятствовала их хрупкость. Впервые в промышленности армированные стекловолокном полиэфиры успешно были использованы в производстве обтекателей для антенн военной авиации в период Второй мировой войны. В 1946 г. впервые появились лодки, корпуса которых были изготовлены из сложного полиэфира, армированного стекловолокном. До настоящего времени для армирования ненасыщенных полиэфиров применяется в основном стекловолокно.

Среди всех реактопластов, используемых для защиты от коррозии, ненасыщенные сложные полиэфиры применяются чаще всего. Ненасыщенные полиэфиры получают конденсацией двухосновной органической кислоты или ее ангидрида и двухатомного спирта, как показано на рис. 3.1. Хотя бы один из реагентов должен вносить ненасыщенность в цепь олигомера. Олигомер или форполимер затем растворяют в ненасыщенном мономере, например, стироле. Чтобы инициировать образование поперечных связей, в реакционную смесь добавляют источник свободных радикалов, например органическую перекись. Процесс образования поперечных связей представляет собой свободнорадикальную сополимеризацию олигомера и ненасыщенного мономера. Тип и соотношение количеств компонентов конденсации, технология производства и молекулярный вес олигомера определяет свойства отвержденного полиэфира.

Малеиновый ангидрид или фумаровая кислота являются источником ненасыщенности практически всех полиэфирных смол, производимых в настоящее время. Наиболее часто используется малеиновый ангидрид.

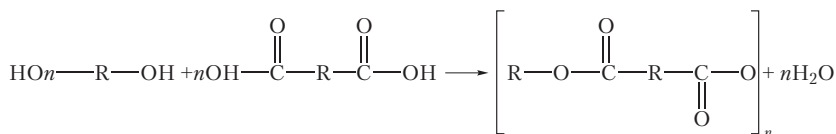


Рис. 3.1. Реакция конденсации

Среди двухатомных спиртов чаще всего применяется пропиленгликоль. Полимеры, получаемые с его участием, обладают оптимальными свойствами. На рис. 3.2 перечислены наиболее распространенные компоненты, используемые в производстве ненасыщенных полиэфиров.

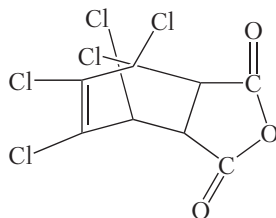
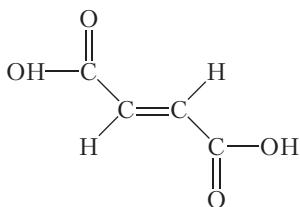
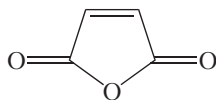
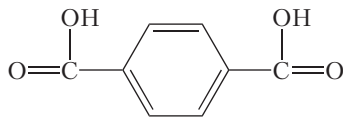
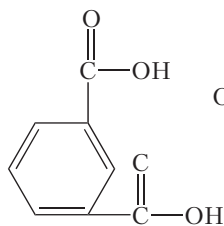
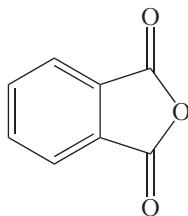
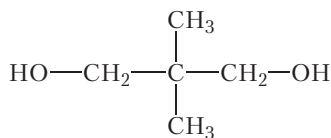
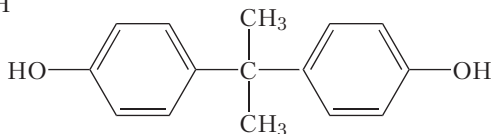
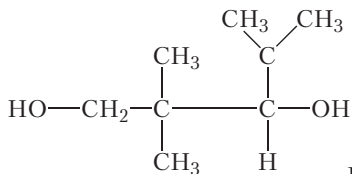
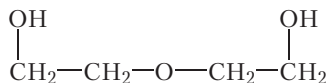
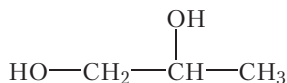


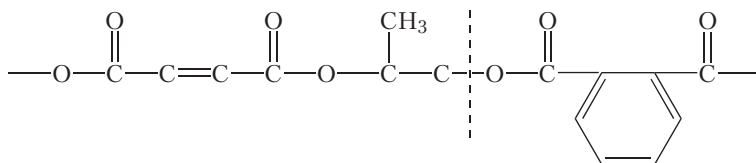
Рис. 3.2. Компоненты для получения ненасыщенных полиэфиров

Важнейшие ненасыщенные сложные полиэфиры:
 ортофталатный (общего назначения);
 изофталатный;
 бисфенол А фумарат;
 гидрированный бисфенол А;
 галогенированный сложный полиэфир;
 терефталатный (ПЭТ).

прочность ламината главным образом определяется типом и количеством используемого армирующего материала. Особенности связующего определяют диапазон возможных температур его использования и коррозионную стойкость.

3.5.1. Полиэфиры общего назначения

Эти полимеры обладают следующей структурой:



Сложные полиэфиры общего назначения получают из фталевого ангидрида как насыщенного мономера. Они являются самыми дешевыми среди всех классов термоотверждающихся олигомеров. Их не рекомендуется использовать в присутствии корродирующих сред. Они подходят для применения в присутствии неокисляющих неорганических кислот и сравнительно мягких корродирующих агентов. Тесты показывают, что полиэфиры общего назначения можно использовать в присутствии перечисленных ниже веществ при температурах до 52 °С:

Кислоты

Уксусная кислота, 10%

Лимонная кислота

Жирные кислоты

Молочная кислота, 1%

Олеиновая кислота

Бензойная кислота

Борная кислота

Соли

Алюминия сульфат

Аммония хлорид

Аммония сульфат, 10%

Кальция хлорид (нас.)

Кальция сульфат

Меди сульфат

Железа (III) хлорид

Железа (III) нитрат

Железа (III) сульфат

Железа (II) хлорид

Магния хлорид

Магния сульфат

Никеля хлорид

Никеля нитрат

Никеля сульфат

Калия хлорид

Калия сульфат

Натрия хлорид, 10%

Окончание табл.

Растворители		
Амиловый спирт	Глицерин	Керосин
		Нефть

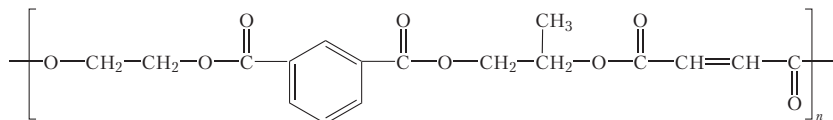
Полиэфиры общего назначения не следует использовать в присутствии следующих веществ:

- кислот-окислителей;
- растворов щелочей — гидроксидов кальция и натрия, а также карбоната натрия;
- отбеливающих растворов, например, 5% раствора гипохлорита натрия;
- растворителей, таких как сероуглерод, четыреххлористый углерод и бензин.

Эти полимеры в основном используются в судостроении. Они обладают прекрасной стойкостью к действию воды, включая морскую воду. Кроме того, они применяются при изготовлении стеновых панелей, обтекателей антенн, телевизионных спутниковых антенн, контейнеров для перевозки, удочек, строительных материалов, кузовов легковых и грузовых автомобилей, а также во многих других случаях, когда изделие используется на открытом воздухе.

3.5.2. Изофталатные сложные полиэфиры

Изофталатные сложные полиэфиры имеют следующую структуру:



Эти полимеры получают, используя в качестве насыщенного мономера изофталевую кислоту вместо фталевого ангидрида. Это увеличивает стоимость материала, но улучшает его физические свойства и коррозионную стойкость.

Обычный «коррозионный» сорт изофталевого сложного полиэфира получают из изофталевой кислоты и малеинового ангидрида (или фумаровой кислоты) в соотношении 1:1 и пропиленгликоля. В целом физические свойства и коррозионная стойкость изофталатных сложных полиэфиров лучше, чем у более дешевых полиэфиров общего назначения. Существуют сорта полиэфиров, являющихся антипиренами, а также сорта, устойчивые к действию УФ излучения.

Изофталатные полиэфиры обладают довольно широким диапазоном коррозионной стойкости. Их можно использовать до 52 °С в кислых средах, например, в 10% растворах уксусной, бензойной, борной, лимонной, олеиновой кислот, 25% фосфорной, винной, 10–25% серной кислоты и жирных кислот.

Большинство органических солей совместимы с изофталатными сложными полиэфирами. Также их можно использовать в присутствии многих растворителей: амилового спирта, этиленгликоля, формальдегида, бензина, керосина и нефти.

Изофталевые полиэфиры не устойчивы к действию ацетона, амилацетата, бензола, сероуглерода, растворов щелочей, солей калия и натрия, горячей дистиллированной воды и концентрированных растворов кислот-окислителей.

В табл. 3.7 приведены данные о совместимости изофталатных полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

Таблица 3.7. Совместимость изофталатных полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	104
Азотистая кислота, конц.	49
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	49
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	X
Аллилхлорид	X
Алюминия гидроксид	71
Алюминия нитрат	71
Алюминия сульфат	82
Алюминия фторид, 10%	60
Алюминия хлорид, безв.	77
Алюминия хлорид, водн.	82
Амилацетат	X
Амиловый спирт	71
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	32
Аммония гидроксид, 25%	X
Аммония гидроксид, нас.	X
Аммония карбонат	X
Аммония нитрат	71
Аммония персульфат	71
Аммония сульфат, 10%	82
Аммония сульфид	X
Аммония сульфит	X

Продолжение табл. 3.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония фосфат	71
Аммония фторид, 10%	32
Аммония фторид, 25%	32
Аммония хлорид, 10%	71
Аммония хлорид, 50%	71
Аммония хлорид, нас.	32
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	X
Бария карбонат	88
Бария сульфат	71
Бария сульфид	32
Бария хлорид	60
Белый щелок	X
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	82
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	82
Борная кислота	82
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	49
Бура	60
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	27
Дихлоруксусная кислота	X
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	71
Железа (II) хлорид	82
Железа (III) нитрат, 10–50%	82
Железа (III) хлорид	82-

Продолжение табл. 3.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	71
Изобутилметилкетон	X
Калия бромид, 30%	71
Кальция бисульфид	71
Кальция бисульфит	66
Кальция гидроксид, 10%	71
Кальция гидроксид, нас.	71
Кальция гипохлорит, 10%	49
Кальция карбонат	71
Кальция нитрат	60
Кальция оксид	71
Кальция сульфат	71
Кальция хлорат	71
Кальция хлорид	82
Каприловая кислота	71
Квасцы	121
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	71
Лимонная кислота, конц.	93
Магния хлорид	82
Масляная кислота, 25%	49
Меди (I) ацетат	71
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) хлорид	82
Меди (I) цианид	71
Меди (II) хлорид, 5%	77
Меди (II) хлорид, 50%	77
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	71
Молочная кислота, конц.	71
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат, 20%	32
Натрия сульфид, до 50%	X

Продолжение табл. 3.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия хлорид	93
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	82
Олова (IV) хлорид	82
Пикриновая кислота	X
Салициловая кислота	38
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	71
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	66
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	X
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	32
Соляная кислота	71
Сурьмы (III) хлорид	71
Тионилхлорид	X
Толуол	43
Трихлоруксусная кислота, 50%	77
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	71
Углерода (IV) оксид, безв.	71
Углерода (IV) оксид, влажн.	71
Угольная кислота	71
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	82
Уксусная кислота, 50%	43
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	82
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X

Окончание табл. 3.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	71
Хлор, газ, влажн.	71
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорная кислота, 10%	X
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	32
Хлороводородная кислота, 20%	71
Хлороводородная кислота, 38%	71
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хлоруксусная кислота, до 25%	66
Хромилхлорид	60
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка	X
Целлозольв	X
Циклогексан	27
Цинка хлорид	82
Этиленгликоль	49
Яблочная кислота	32

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

3.5.2.1. Применение изофталатных полиэфиров

Изофталатные сложные полиэфиры обладают хорошей коррозионной стойкостью. Недавние проверки 25-летних подземных резервуаров для горючего, изготовленных из этих полиэфиров, показали, что этот материал стоек к химическим воздействиям изнутри и внешнему действию воды окружающей почвы. Изополиэфирные трубы и изоляция подземных сооружений также обеспечивают защиту от кислотной коррозии. В книге [2] можно найти более подробную информацию о применении полиэфира, армированного волокнами, в производстве трубопроводов.

Изополиэфиры, используемые в производстве надземных резервуаров и футеровки резервуаров для хранения химикатов, обеспечивают аналогичную защиту. Кроме того, эти полимеры применяются в контакте с пищевыми продуктами, так как выдерживают действие кислот и коррозионных солей, добавляемых в пищу.

Изофталатные полиэфиры используются в производстве опорных элементов, лестниц, решеток, деталей трибун и поручней. В настоящее время существует более 100 стандартных изделий, которые могут быть выполнены из изофталатных полиэфиров. Эти материалы обладают многими преимуществами, включая коррозионную стойкость, отсутствие электрической проводимости, высокую прочность, малый вес и стабильность размеров.

Стойкость изофталевых полиэфиров к воде также обуславливает их преимущества во внешнем виде и эксплуатационных характеристиках при изготовлении кухонных столешниц, а также бассейнов и ванн. Помимо перечисленного, они применяются в производстве стояков водяного охлаждения и рельсовых транспортных средств для перевозки автомобилей.

3.5.3. Бисфенол А. Фумаратные полиэфиры

Этот полимер является исключительно коррозионностойким материалом. Он примерно вдвое дороже полиэфира общего назначения и примерно на треть дороже, чем изофталатный полиэфир. Структурная формула приведена на рис. 3.3.

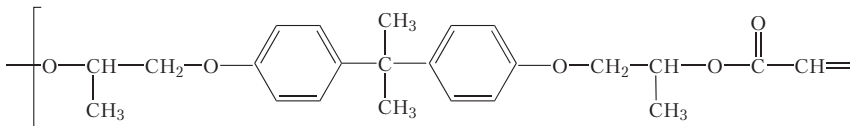


Рис. 3.3

Обычный бисфенол А фумарат получают из пропиленгликоля, простого диэфира бисфенола А и фумаровой кислоты. Ароматическая структура бисфенола А привносит в полиэфир некоторые преимущества. Его термическая стабильность лучше, чем у полиэфиров общего назначения, так же как и температуростойкость вследствие того, что ароматическая структура придает материалу большую жесткость. Число внутрицепных сложноэфирных групп меньше, что увеличивает стойкость к гидролизу и омылению. Бисфенол А фумаратный полиэфир обладает лучшей среди всех промышленных ненасыщенных сложных полиэфиров стойкостью к гидролизу.

Бисфенольные полиэфиры имеют лучшую коррозионную стойкость по сравнению с изофталатными сложными полиэфирами. Их можно использовать в присутствии не очень концентрированных щелочных растворов отбеливателей, однако они разрушаются в присутствии концентрированных кислот или щелочей. Эти материалы могут применяться для хранения следующих веществ:

Кислоты (температура до 93 °С)

Уксусная	Жирные кислоты	Стеариновая
Бензойная	Хлороводородная, 10%	Сульфоновая, 30%
Борная	Молочная	Дубильная
Масляная	Малеиновая	Винная
Хлоруксусная, 15%	Олеиновая	Трихлоруксусная, 50%
Хромовая, 5%	Щавелевая	Осадительные ванны для производства вискозных волокон

Лимонная

Фосфорная, 80%

Растворы солей (температура до 93 °С)

Соли алюминия	Большинство растворов для нанесения покрытий (электролитов)	Соли железа
Большинство солей аммония	Соли меди	Соли цинка
Соли кальция		

Щелочи

Аммония гидроксид, 5% (до 71 °С)	Хлора диоксид, 15% (до 93 °С)	Натрия хлорит (до 93 °С)
Кальция гидроксид, 25% (до 71 °С)	Калия гидроксид, 25% (до 71 °С)	Натрия гидросульфат (до 93 °С)
Кальция гипохлорит, 20% (до 93 °С)		

Растворители

Изофталатные полиэфирные стойки к действию большинства обычных растворителей	Спирты (при температуре окружающей среды)	Льняное масло
Высокосернистая нефть	Глицерин	

Газы (температура до 93 °С)

Углерода диоксид	Хлор, влажн.	Серы оксид
Углерода (II) оксид	Серы (IV) оксид, безв.	Газообразные отходы производства вискозы (до 66 °С)
Хлор, безв.	Серы (IV) оксид, влажн.	

На полимер действуют такие растворители, как бензол, сероуглерод, эфир, метилэтилкетон, толуол, ксилол, трихлорэтилен и трихлорэтан. Серная кислота концентрацией выше 70%, гидроксид натрия и 30% хромовая кислота разрушают полиэфир. В табл. 3.8 представлены данные о совместимости бисфенол А фумарата с некоторыми корродирующими агентами; в табл. 3.9 — аналогичная информация для гидрированного бисфенол А фумарата. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

Таблица 3.8. Совместимость бисфенол А фумаратного полиэфира с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	104
Азотная кислота, 20%	38
Азотная кислота, 5%	71
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	38
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	X
Аллилхлорид	X
Алюминия гидроксид	71
Алюминия нитрат	93
Алюминия сульфат	93
Алюминия фторид, 10%	32
Алюминия хлорид, водн.	93
Амилацетат	27
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	93
Аммония гидроксид, 20%	60
Аммония гидроксид, 25%	38
Аммония карбонат	32
Аммония нитрат	104
Аммония персульфат	82
Аммония сульфат, 10–40%	104
Аммония сульфид	43
Аммония сульфит	27
Аммония фосфат	27
Аммония фторид, 10%	82
Аммония фторид, 25%	49
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	104
Аммония хлорид, нас.	104
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	66
Бария карбонат	93
Бария сульфат	104

Продолжение табл. 3.8

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Бария сульфид	60
Бария хлорид	104
Белый щелок	82
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	82
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	93
Борная кислота	104
Бром, газ, безв.	32
Бром, газ, влажн.	38
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	104
Бромоводородная кислота, 50%	71
Бромоводородная кислота, разб.	104
Бура	104
Бутилацетат	27
Бутиловый спирт	27
Дихлоруксусная кислота	38
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	104
Железа (II) хлорид	104
Железа (III) нитрат, 10–50%	104
Железа (III) хлорид	104
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	104
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	93
Калия бромид, 30%	93
Кальция бисульфит	82
Кальция гидроксид, 10%	82
Кальция гидроксид, нас.	71
Кальция гипохлорит, 10%	27
Кальция карбонат	99
Кальция нитрат	104
Кальция сульфат	104
Кальция хлорат	93
Кальция хлорид	104
Каприловая кислота	71
Квасцы	104

Продолжение табл. 3.8

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	104
Лимонная кислота, конц.	104
Магния хлорид	104
Масляная кислота	104
Меди (I) ацетат	82
Меди (I) сульфат	104
Меди (I) хлорид	104
Меди (I) цианид	104
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	99
Молочная кислота, конц.	104
Натрия гидроксид, 10%	54
Натрия гидроксид, 50%	104
Натрия гидроксид, конц.	93
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия карбонат	71
Натрия сульфид, до 50%	99
Натрия хлорид	104
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	104
Олова (IV) хлорид	93
Пикриновая кислота	43
Салициловая кислота	66
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 10%	104
Серная кислота, 50%	104
Серная кислота, 70%	71
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	43
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	93
Сурьмы (III) хлорид	104
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота, 50%	82
Углерод четыреххлористый	43

Окончание табл. 3.8

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Углерода (II) оксид	177
Углерода (IV) оксид, безв.	177
Углерода (IV) оксид, влажн.	99
Угольная кислота	32
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	104
Уксусная кислота, 50%	171
Уксусная кислота, 80%	171
Уксусный ангидрид	43
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	104
Фтор, газ, влажн.	
Фтороводородная кислота, 30%	32
Хлор, газ, безв.	93
Хлор, газ, влажн.	93
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорноватистая кислота, 20%	32
Хлороводородная кислота, 20%	88
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	60
Хлоруксусная кислота, до 25%	27
Хромилхлорид	66
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	60
Циклогексан	X
Цинка хлорид	121
Этиленгликоль	104
Яблочная кислота	71

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 3.9. Совместимость гидрированного бисфенол А – бисфенол А полиэфира с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота	32
Акрилонитрил	X
Алюминия ацетат	
Алюминия сульфат	93
Алюминия фторид	X
Алюминия хлорид, водн.	93
Амилацетат	X
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	32
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	93
Аммония сульфид	38
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария карбонат	82
Бария хлорид	93
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	99
Бензол	X
Борная кислота	99
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	32
Бромоводородная кислота, 50%	32
Бутилацетат	X
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	99
Железа (II) хлорид	99
Железа (III) нитрат, 10–50%	93
Железа (III) хлорид	99
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	93
Изобутилметилкетон	X
Кальция бисульфид	49
Кальция гипохлорит, 10%	82
Кальция хлорат	99
Кальция хлорид	99

Продолжение табл. 3.9

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	93
Лимонная кислота, конц.	99
Магния хлорид	99
Масляная кислота	X
Меди (I) ацетат	99
Меди (I) сульфат	99
Меди (I) хлорид	99
Меди (I) цианид	99
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	99
Молочная кислота, конц.	99
Натрия гидроксид, 10%	38
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 10%	71
Натрия карбонат, 10%	38
Натрия хлорид	99
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Серная кислота, 10%	99
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	99
Серная кислота, 70 %	32
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота, 25 %	99
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	X
Соляная кислота	88
Сурьмы (III) хлорид	27
Толуол	32
Трихлоруксусная кислота	32
Углерод четыреххлористый	X
Уксусная кислота, 10%	93
Уксусная кислота, 50%	71
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	99

Окончание табл. 3.9

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	99
Хлор, газ, влажн.	99
Хлорная кислота	X
Хлорная кислота	X
Хлорноватистая кислота, 50%	99
Хлороводородная кислота, 20%	82
Хлороводородная кислота, 38%	88
Хлороформ	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	32
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Циклогексан	99
Цинка хлорид	93

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

3.5.3.1. Применение

Полиэфир из бисфенола А применяется аналогично изофталатным полиэфирам, но в областях, где требуется лучшая коррозионная стойкость.

3.5.4. Галогенированные сложные полиэфиры

Галогенированные полимеры содержат хлор или бром. Хлорированные полиэфиры, отвержденные при комнатной температуре и армированные стекловолокном, обладают уникальными физическими и механическими свойствами и прекрасной коррозионной стойкостью. Их также называют хлорэндиковыми полиэфирами.

Эти полимеры имеют очень высокую температуру тепловой деформации и их ламинаты очень хорошо сохраняют прочность при повышенных температурах, например, в установках десульфуризации дымовых газов, где температура может достигать 204 °С. Эти слоистые материалы используются в футеровке дымовых труб при температурах 116–138 °С.

Галогенированные сложные полиэфиры обладают наибольшей теплоустойчивостью среди всех химически стойких полиэфиров. Они также являются огнестойкими. Класс негорючести 20 можно достигнуть для этого материала при производстве дымовых труб, вытяжных шкафов, вентиляторов, трубопроводов, и в любых других случаях, где существует опасность возникновения пожара. Такая огнестойкость достигается добавлением трехокси сурьмы.

Галогенированные сложные полиэфиры обладают прекрасной стойкостью к действию кислот-окислителей и их растворов, таких как 35% азотная кислота при повышенных температурах, 70% азотная кислота при комнатной температуре, 40% хромовая кислота, хлорная вода, влажный хлор, 15% растворы гипохлоритов. Они также стойки к действию нейтральных и кислых солей, неокисляющих и органических кислот, меркаптанов, кетонов и альдегидов, спиртов и гликолей, органических сложных эфиров, жиров и масел. В табл. 3.10 приведены примеры применения полимера.

Эти материалы не стойки к действию сильнощелочных растворов гидроксидов натрия, концентрированной серной кислоты, растворов щелочей с рН, большим 10, алифатических и первичных ароматических аминов, амидов и другим органических оснований, фенолов и галогенангидридов кислот. В табл. 3.11 приведены данные о совместимости галогенированных полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведен более подробный список.

Таблица 3.10. Применение слоистых материалов из хлорированного сложного полиэфира

Условия	Примечание
Галогенангидриды	Не рекомендуется
Кислоты (неорганические неокислители)	Стоек до 121 °С
Органические кислоты	Стоек до 121 °С; к ледяной уксусной кислоте стоек до 49 °С
Спирты	Стоек до 82 °С
Альдегиды	Стоек до 82 °С
Растворы щелочей рН >10	Не рекомендуется при длительном использовании
Амины, алифатические, первичные ароматические	Может сильно разрушать
Амиды, другие органические основания	Может сильно разрушать
Сложные эфиры	Стоек до 82 °С
Жиры и масла	Стоек до 95 °С
Гликоли	Стоек до 82 °С
Кетоны	Стоек до 82 °С
Меркаптаны	Стоек до 82 °С
Фенол	Не рекомендуется
Кислые соли	Стоек до 121 °С

Окончание табл. 3.10

Нейтральные соли	Стоек до 121 °С
Вода (обессоленная, дистиллированная, деионизированная, выпаренная и конденсированная)	Стоек до 100 °С; обладает минимальным среди всех полиэстеров поглощением

Таблица 3.11. Совместимость галогенированных полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	104
Азотистая кислота, конц.	32
Азотная кислота, 20%	27
Азотная кислота, 5%	99
Азотная кислота, 70%	27
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	X
Аллилхлорид	X
Алюминия гидроксид	77
Алюминия нитрат	71
Алюминия оксихлорид	
Алюминия сульфат	121
Алюминия фторид, 10%	32
Алюминия хлорид, водн.	49
Амилацетат	85
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	66
Аммония гидроксид, 25%	32
Аммония гидроксид, нас.	32
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	60
Аммония сульфат, 10–40%	93
Аммония сульфид	49
Аммония сульфит	38
Аммония фосфат	66
Аммония фторид, 10%	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93

Продолжение табл. 3.11

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Анилин	49
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	X
Бария карбонат	121
Бария сульфат	82
Бария сульфид	X
Бария хлорид	121
Белый щелок	X
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	121
Бензол	32
Бензолсульфокислота, 10%	49
Борная кислота	82
Бром, газ, безв.	38
Бром, газ, влажн.	38
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	71
Бромоводородная кислота, 50%	93
Бромоводородная кислота, разб.	93
Бура	88
Бутилацетат	27
Бутиловый спирт	38
Дибутилфталат	38
Дихлоруксусная кислота	38
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	71
Железа (II) хлорид	121
Железа (III) нитрат, 10–50%	121
Железа (III) хлорид	121
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	121
Изобутилметилкетон	27
Калия бромид, 30%	110
Кальция бисульфид	X
Кальция бисульфит	66
Кальция гидроксид, нас.	X
Кальция гипохлорит, 20%	27

Продолжение табл. 3.11

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция карбонат	99
Кальция нитрат	104
Кальция оксид	66
Кальция сульфат	121
Кальция хлорат	121
Кальция хлорид	121
Каприловая кислота	60
Квасцы, 10%	93
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, конц.	121
Магния хлорид	121
Масляная кислота, 20%	93
Меди (I) ацетат	99
Меди (I) сульфат	121
Меди (I) хлорид	121
Меди (I) цианид	121
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	93
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	43
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат, 10%	88
Натрия сульфид, до 50%	X
Натрия хлорид	121
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	121
Олова (IV) хлорид	27
Пикриновая кислота	38
Салициловая кислота	54
Серная кислота, 10%	127
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	93
Серная кислота, 70%	88
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X

Продолжение табл. 3.11

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота, 10%	27
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	66
Соляная кислота	88
Сурьмы (III) хлорид, 50%	93
Тионилхлорид	X
Толуол	43
Трихлоруксусная кислота, 50%	93
Углерод четыреххлористый	49
Углерода (II) оксид	77
Углерода (IV) оксид, безв.	121
Углерода (IV) оксид, влажн.	121
Угольная кислота	71
Уксусная кислота ледяная	43
Уксусная кислота, 10%	60
Уксусная кислота, 50%	32
Уксусный ангидрид	38
Фенол, 5%	32
Фосфорная кислота, 50–80%	121
Фтороводородная кислота, 30%	49
Хлор, газ, безв.	93
Хлор, газ, влажн.	104
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	27
Хлорная кислота, 10%	32
Хлорная кислота, 70%	32
Хлорноватистая кислота, 10%	38
Хлороводородная кислота, 20%	110
Хлороводородная кислота, 38%	82
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота, 25%	32
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	38
Хромилхлорид	99
Хромовая кислота, 10%	82
Хромовая кислота, 50%	60
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	27

Окончание табл. 3.11

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Циклогексан	60
Цинка хлорид	93
Этиленгликоль	121
Яблочная кислота, 10%	32

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

3.5.4.1. Применение

Галогенированные полиэфиры широко используются в целлюлозно-бумажной промышленности в отбеливающих средах, так как они превосходят по коррозионной стойкости нержавеющую сталь и сплавы с высоким содержанием никеля. Кроме того, они находят применение в производстве систем трубопроводов, вентиляторов и других областях, где существует риск возникновения пожаров. Они также используются в условиях высоких температур, например, в производстве футеровки дымовых труб, резервуаров для хранения химикатов, трубопроводов для транспортировки химических веществ и в некоторых других областях.

3.5.5. Терефталатные сложные полиэфиры

Терефталатные полиэфиры (полиэфиртерефталаты, ПЭТ) получают из терефталевой кислоты, параизомера фталевой кислоты. Свойства отвержденных терефталатных полиэфиров аналогичны свойствам изофталатных полиэфиров, однако они обладают большей температурой тепловой деформации и несколько большей мягкостью при одинаковой степени насыщенности.

Коррозионная стойкость терефталатных полиэфиров приблизительно такая же, как и у изофталатных. Исследования показывают, что стойкость к действию бензола несколько хуже у терефталатов, чем у изофталатов при сравнимых составах композиций. Сохранение модуля упругости при изгибе больше для различных терефталатных полимеров, чем у стандартных марок изофталатного полимера. Ухудшение свойств терефталатов под действием бензина больше, чем для изофталатов при одинаковом уровне ненасыщенности, но при возрастании ненасыщенности ситуация меняется: стойкость к действию бензина терефталатов становится больше. Это наблюдалось только при количестве ненасыщенной кислоты, большей, чем 50 %мол. При этом в 10%-ном растворе гидроксида натрия ситуация опять другая: менее ненасыщенные терефталаты

обладают лучшей стойкостью, чем изофталаты. Это соответствует общей тенденции для реактопластов — с возрастанием степени сшивки увеличивается стойкость к действию растворителя.

В табл. 3.12 приведены данные о совместимости терефталатных сложных полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

Таблица 3.12. Совместимость терефталатных полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, 5%	66
Акрилонитрил	26
Алюминия сульфат	149
Алюминия хлорид, водн.	77
Амилацетат	26
Амиловый спирт	121
Аммония нитрат	70
Аммония персульфат	82
Аммония хлорид, нас.	77
Анилин	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария карбонат	121
Бария хлорид	121
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	27
Бензилхлорид	121
Бензойная кислота	121
Бензол	X
Борная кислота	93
Бром, ж.	27
Бромоводородная кислота, 20%	121
Бромоводородная кислота, 50%	121
Бутилацетат	121
Дихлорэтан	X
Железа (II) хлорид	121
Железа (III) нитрат, 10–50%	77
Железа (III) хлорид	121
Изобутилметилкетон	X
Кальция гипохлорит	121

Продолжение табл. 3.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция хлорид	121
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, конц.	66
Магния хлорид	121
Масляная кислота	121
Меди (I) сульфат	77
Меди (I) хлорид	77
Метилэтилкетон	121
Молочная кислота, 25%	121
Молочная кислота, конц.	121
Натрия гидроксид, 10%	66
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 20%	27
Натрия карбонат, 10%	121
Натрия хлорид	121
Серная кислота, 10%	71
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	60
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Синильная кислота, 10%	27
Соляная кислота	32
Сурьмы (III) хлорид	121
Толуол	121
Трихлоруксусная кислота	121
Углерод четыреххлористый	121
Уксусная кислота, 10%	149
Уксусная кислота, 50%	149
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	121
Фтороводородная кислота, 100%	X

Окончание табл. 3.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фтороводородная кислота, 70%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Хлор, газ, безв.	27
Хлор, газ, влажн.	27
Хлорная кислота, 10%	X
Хлорная кислота, 70%	X
Хлороводородная кислота, 20%	121
Хлороводородная кислота, 38%	32
Хлороформ	121
Хлоруксусная кислота, 50%	X
Хромовая кислота, 50%	121
Царская водка 3:1	26
Циклогексан	27
Цинка хлорид	121

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

3.5.5.1. Применение

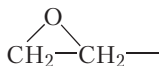
Терефталатные смолы используются аналогично изофталатам, но в случаях, когда температуры и коррозионная активность среды меньше.

3.6. Эпоксидные сложные полиэфиры

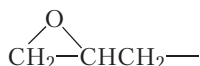
Реактопласты на основе эпоксидов являются наиболее распространенными и разнообразными среди всех реактопластов. Они преобладали в области армирования трубопроводов до введения в эту практику винилэфирных смол и широко используются до настоящего времени. Эпоксидные полиэфиры находят применение в производстве клеящих составов, покрытий, герметиков, деталей инструментальной оснастки, композиционных материалов и формовочных составов. Варьируя состав эпоксидных смол, им можно придавать разнообразные свойства. Разнообразие доступных эпоксисмол, модификаторов и отверждающих агентов позволяет выбрать материал согласно требованиям к его применению.

3.6.1. Типы смол

Оксиран, или эпоксид, представляет собой трехчленный цикл, состоящий из двух атомов углерода и одного атома кислорода. Структура самого простого 1,2-эпоксида, или этиленоксида, приведена на рисунке:



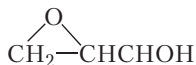
Эпоксидные смолы носят общее название глицидилов. Этот термин обозначает глицидильную группу:



Он происходит от традиционного названия глицидилового спирта, или глицидола:



или от названия глицидиловой кислоты:

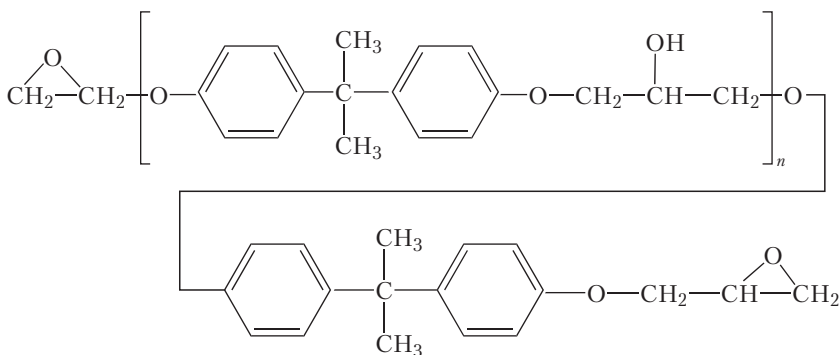


На рис. 3.4 изображены структурные формулы наиболее распространенных в настоящее время эпоксидных смол. Для образования сшитых структур молекула должна содержать не менее двух эпоксидных групп.

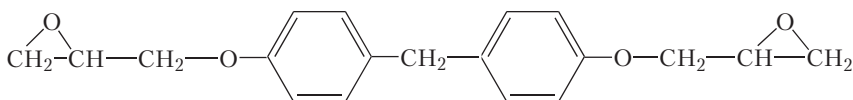
Чаще всего используется термоотверждающаяся смола, представляющая собой диглицидиловый эфир бисфенола А (ДГЭБА). Он доступен и в твердой, и в жидкой форме. Его химическая структура представлена на рис. 3.4.

Контролируя условия получения и варьируя соотношение количеств эпихлоргидрина и бисфенола А, можно получать продукты различной молекулярной массы. Для жидких смол число n в структурной формуле в целом меньше единицы; для твердых смол n больше или равно 2. Твердые смолы с очень высокими температурами плавления имеют значения n не меньше 20.

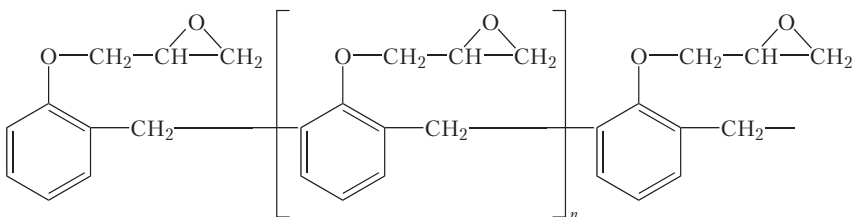
Другой класс эпоксидных смол синтезируют из новолаков (новолачных фенолоформальдегидных смол). Они образуются по реакции новолачной смолы, обычно являющейся продуктом взаимодействия *o*-крезола (или фенола) и формальдегида, с эпихлоргидрином. На рис. 3.5 показана структура новолачного эпокисмола. Эти материалы используют в виде порошков для литьевого прессования, в электротехнике и областях, где предъявляются высокие требования к термической стойкости и стойкости к действию растворителей и различных химикатов.



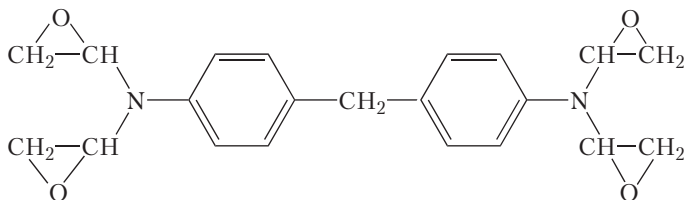
Диглицидиловый эфир бисфенола А



Диглицидиловый эфир бисфенола F

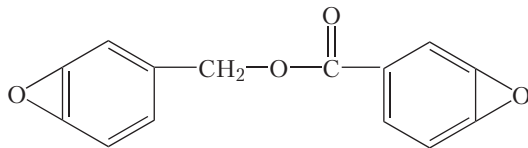


Глицидиловый эфир новолачной фенолоформальдегидной смолы

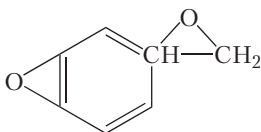


Тетраглицидиловый эфир метилendiанилина

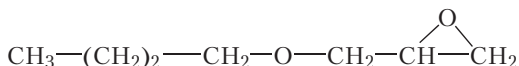
Рис. 3.4. Распространенные эпоксидные смолы



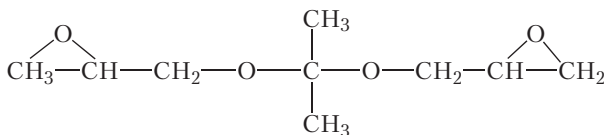
3,4-эпоксциклогексилметил-3,4-эпоксциклогексанкарбоксилат



Винилциклогександиэпоксид



Бутилглицидиловый эфир



Диглицидиловый эфир неопентилгликоля

Окончание рис. 3.4.

3.6.2. Отверждение

Эпоксидные смолы необходимо отверждать при помощи сшивающих агентов (отвердителей) или специальных катализаторов, которые придают материалу необходимые свойства. Сшивка происходит по эпоксидным и гидроксильным группам, которые являются реакционными центрами. К отвердителям эпоксидных смол относятся амины, ангидриды, продукты конденсации альдегидов и катализаторы — кислоты Льюиса. Необходимо тщательно выбирать отвердитель для того, чтобы достичь оптимальных свойств конечного материала и технологических характеристик переработки смолы. К основным типам применяемых отверждающих агентов относятся ароматические амины, алифатические амины, катализаторы отверждения и ангидриды кислот.

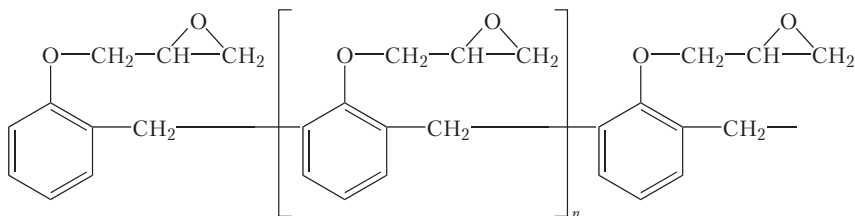


Рис. 3.5. Структура новолачной эпоксидной смолы

3.6.2.1. Ароматические амины

При отверждении с помощью ароматических аминов обычно требуется повышенная температура. Эпоксиды, отверждаемые ароматическими аминами обычно имеют большие времена отверждения, чем материалы, отверждаемые алифатическими аминами. Ароматические амины достаточно трудно использовать, потому что они являются твердыми веществами и должны быть расплавлены для введения в эпоксидную смолу. Однако допустимые температуры использования материала, отвержденного ароматическими аминами, выше, чем при отверждении алифатическими.

3.6.2.2. Алифатические амины

Алифатические амины используются достаточно широко, так как отверждение происходит уже при комнатной температуре. Процесс отверждения высоко экзотермический, что приводит к сильному увеличению температуры, и, следовательно, существует ограничение массы полимера, которую можно отвердить. При повышенных температурах электрические и физические свойства отвержденного таким образом материала имеют тенденцию к снижению. Чаще всего используют диэтилентриамин (ДЭТА) и триэтилентетрамин (ТЭТА).

3.6.2.3. Каталитическое отверждение

Каталитическое отверждение требует использования температур не менее 93 °С. Отверждаемые таким образом эпоксидные композиции обладают большими временами жизни, чем композиции, отверждаемые алифатическими аминами. На разогрев в процессе отверждения сильно влияет масса реакционной смеси. Обычно применяют пиперидин, комплекс трехфтористого бора с этиламином и бензилдиметиламин (БДМА).

3.6.2.4. Ангидриды кислот

В последнее время ангидриды кислот все чаще применяются в качестве отверждающих агентов, потому что их легко использовать; они обладают намного меньшей токсичностью, чем амины, и придают оптимальные высокотемпературные свойства отвержденной смоле. Наиболее часто использующиеся ангидриды включают метилнадиангидрид (МНА), 3-додецил-дигидрофуран-2,5-дион, гексагидрофталевый ангидрид (ГГФА) и ангидриды ненасыщенных кислот.

3.6.3. Коррозионная стойкость

Эпоксидные смолы стойки к действию щелочей, неокисляющих кислот и многих растворителей. Обычно эпоксидные смолы совместимы со следующими веществами (при 93 °С, если не указано другое).

Кислоты		
Уксусная кислота, 10% (66 °С)	Жирные кислоты	Осадительные ванны для производства вискозных волокон
Бензойная кислота	Хлороводородная кислота, 10%	Щавелевая кислота
Масляная кислота	Сульфаминовая кислота, 20% (82 °С)	
Основания		
Натрия гидроксид, 50% (82 °С)	Кальция гидроксид	Магния гидроксид
Натрия сульфид, 10%	Натрия фосфат	
Соли		
Алюминия	Магния	Натрия
Кальция	Соли металлов	Большинство солей аммония
Железа	Каляя	
Растворители		
Спирты	Изопропиловый спирт (66 °С)	Нефть
Метанол	Бензол (66 °С)	Толуол
Этанол	Этилацетат (66 °С)	Ксилол
Другие		
Вода дистиллированная	Высокосернистая нефть	Дизельное топливо
Вода морская	Реактивное топливо	Черный щелок
Белый щелок	Бензин	
Не следует использовать со следующими веществами		
Бромная вода	Фтор	Серная кислота, выше 70%
Хромовая кислота	Дихлорметан	Хлор, газ, влажн.
Отбеливатели	Водорода пероксид	Серы (IV) оксид, влажн.

В табл. 3.13 приведены данные о совместимости эпоксидных смол с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] приведены более подробные данные.

3.6.4. Применение

Эпоксидные смолы находят широкое применение в химической промышленности в производстве трубопроводов. В книге [2] можно найти более подробные

сведения. Существует множество различных композиций эпоксидных смол, которые широко используются в электронике. Различные виды эпоксидных смол могут быть эластичными или жесткими в отвержденном состоянии, а в неотвержденном — существовать в форме маловязких жидкостей или густых паст и литьевых порошков. В основном они используются в качестве заливающих герметиков для компаундов при литье изделий и для пропитки в слоистых конструкциях.

Таблица 3.13. Совместимость эпоксидных смол с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	121
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота безв.	X
Азотная кислота, 20%	38
Азотная кислота, 5%	71
Азотная кислота, 70%	X
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	32
Аллиловый спирт	X
Аллилхлорид	60
Алюминия гидроксид	82
Алюминия нитрат	121
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	82
Алюминия хлорид, безв.	32
Алюминия хлорид, водн., 1%	149
Амилацетат	27
Амиловый спирт	60
Амилхлорид	27
Аммиак, газ, безв.	99
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	66
Аммония дифторид	32
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат, 25%	121
Аммония персульфат	121
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония сульфит	38
Аммония фосфат	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, нас.	82

Продолжение табл. 3.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Анилин	66
Ацетальдегид	66
Ацетамид	32
Ацетилхлорид	X
Ацетон	43
Бария гидроксид, 10%	93
Бария карбонат	116
Бария сульфат	121
Бария сульфид	149
Бария хлорид	121
Белый щелок	32
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	16
Бензойная кислота	93
Бензол	71
Бензолсульфокислота, 10%	71
Борная кислота, 4%	93
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	82
Бромоводородная кислота, 50%	43
Бромоводородная кислота, разб.	82
Бура	121
Бутадиен	38
Бутилацетат	77
Бутиловый спирт	60
Дихлоруксусная кислота	X
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	
Железа (II) хлорид	121
Железа (III) нитрат, 10–50%	121
Железа (III) хлорид	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	121
Изобутилметилкетон	60
Калия бромид, 30%	93
Кальция бисульфид	
Кальция бисульфит	93
Кальция гидроксид, нас.	82

Продолжение табл. 3.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция гипохлорит, 70%	66
Кальция карбонат	149
Кальция нитрат	121
Кальция сульфат	121
Кальция хлорат	93
Кальция хлорид, 37,5%	88
Квасцы	149
Кетоны	X
Крезол	38
Лимонная кислота, 15%	88
Лимонная кислота, 32%	88
Магния хлорид	88
Масляная кислота	99
Меди (I) ацетат	93
Меди (I) карбонат	66
Меди (I) сульфат, 17%	99
Меди (I) хлорид	121
Меди (I) цианид	66
Меди (II) хлорид, 5%	27
Меди (II) хлорид, 50%	27
Метилэтилкетон	32
Молочная кислота, 25%	104
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	88
Натрия гидроксид, 50%	93
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	149
Натрия сульфид, до 10%	121
Натрия хлорид	99
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	71
Олова (IV) хлорид	93
Пикриновая кислота	27
Салициловая кислота	60
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	43

Продолжение табл. 3.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 70%	43
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота, 20%	116
Сероуглерод	38
Синильная кислота, 10%	71
Соляная кислота	60
Сурьмы (III) хлорид	82
Тионилхлорид	X
Толуол	66
Трихлоруксусная кислота	X
Углерод четыреххлористый	77
Углерода (II) оксид	27
Углерода (IV) оксид, безв.	93
Угольная кислота	93
Уксусная кислота, 10%	88
Уксусная кислота, 50%	43
Уксусная кислота, 80%	43
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	43
Фтор, газ, безв.	32
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	66
Хлор, газ, влажн.	X
Хлорбензол	66
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	32
Хлорная кислота, 70%	27
Хлорноватистая кислота	93
Хлороводородная кислота, 20%	93
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлороформ	43
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 92% водн. р-р	66
Хромовая кислота, 10%	43
Хромовая кислота, 50%	X

Окончание табл. 3.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	60
Циклогексан	32
Циклогексанол	27
Цинка хлорид	121
Этиленгликоль	149

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

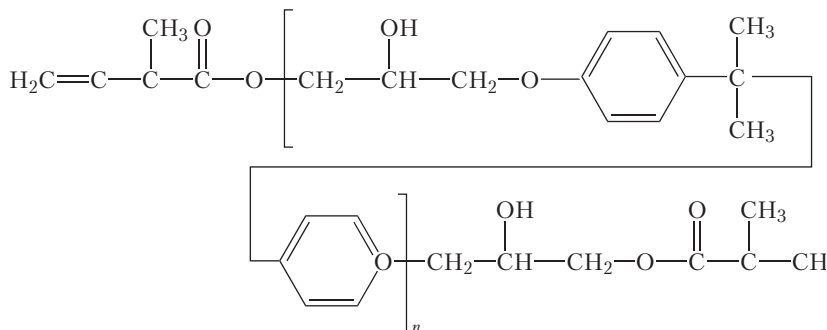
3.7. Виниловые сложные эфиры

Класс виниловых сложных эфиров был разработан в конце 1950-х — начале 1960-х годов. Изначально они использовались для зубных пломб, заменив акриловые материалы, которые применялись в то время. В последние годы изменения в молекулярной структуре виниловых эфиров позволили получать материалы, которые широко используются для создания коррозионно-стойкого оборудования.

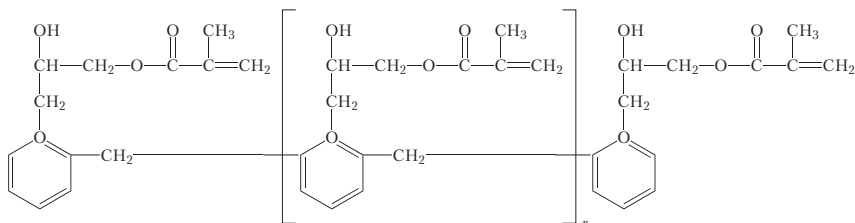
В настоящее время винилэфирные смолы обладают несколькими преимуществами над ненасыщенными сложными полиэфирами. Отвержденный материал обладает улучшенной ударной вязкостью при сохранении хорошей термической стабильности и физических свойств при повышенных температурах. Увеличение ударной вязкости позволяет использовать эти смолы как заливочные или армированные материалы. Структурные формулы виниловых полиэфиров показаны на рис. 3.6. Смолы обладают способностью взаимодействовать с неорганическими наполнителями и армирующими материалами за счет внутренней гидроксильной группы. Композитные материалы из виниловых полиэфиров хорошо связываются с армирующими материалами и обладают за счет этого улучшенной стойкостью к разрушению.

Виниловые эфиры способны к галогенированию и в этой модификации используются в трубопроводах и дымовых трубах, где существует опасность воспламенения. Виниловые эфиры обладают рядом достоинств, а именно:

1. Благодаря своей структуре они быстро отверждаются и на начальных стадиях отверждения имеют высокую прочность и прекрасное сопротивление ползучести.



Виниловый эфир ДГЭБА



Виниловый эфир новолака

Рис. 3.6. Структурные формулы распространенных виниловых сложных эфиров

2. Они прекрасно пропитывают волокна и имеют хорошую адгезию со стекловолокном. Во многих случаях они схожи с отвержденными аминами эпоксидными смолами, однако не так схожи с термически отвержденными эпоксидными.

3. Ламинаты сложных виниловых эфиров обладают несколько большей прочностью, чем сложные полиэфиры, но меньшей, чем термически отвержденные эпоксидные смолы.

4. Виниловые сложные эфиры обладают лучшей ударной прочностью и лучше выдерживают циклические перепады температуры, давления и механических нагрузок, чем хлорэндиковые и бисфенольные смолы. Таким образом, из них создают прочные слоистые материалы, стойкие к растрескиванию и разрушению.

5. Виниловые полиэфиры более стойки к гидролизу, окислению и галогенированию, чем сложные полиэфиры.

Верхняя граница диапазона допустимых температур для виниловых сложных эфиров составляет приблизительно 107 °С. Исключением являются

виниловые сложные эфиры, имеющие новолачную основу. Такие смолы могут быть использованы вплоть до 163–177 °С.

В целом виниловые сложные эфиры можно использовать для хранения большинства горячих, высокохлорированных и кислотных смесей при повышенных температурах. Они обладают прекрасной стойкостью к действию сильных неорганических кислот и отбеливателей. Они не разрушаются в присутствии щелочей и отбеливателей и широко используются в агрессивных условиях в целлюлозно-бумажной промышленности.

Виниловые сложные эфиры существуют в виде самых различных композиций. В результате существует множество рецептов, различающихся по коррозионной стойкости. При обращении к данным о совместимости следует принимать во внимание, что корродирующие агенты, указанные в таблицах, в результате этого могут действовать отличным образом. Если указано, что виниловые сложные эфиры совместимы с каким-либо веществом, это обычно означает, что хотя бы одна из композиций с ним совместима. Согласно этому в табл. 3.14 приведены данные о совместимости ламинатов виниловых сложных эфиров с некоторыми корродирующими агентами. Для проверки этих данных в каждом конкретном случае необходимо консультироваться с производителем полимера. В книге [1] можно найти более подробный список.

Таблица 3.14. Совместимость виниловых сложных эфиров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	82
Азотистая кислота, 10%	66
Азотная кислота, 20%	66
Азотная кислота, 5%	82
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	38
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	32
Аллилхлорид	32
Алюминия ацетат	99
Алюминия гидроксид	93
Алюминия нитрат	93
Алюминия оксихлорид	
Алюминия сульфат	121
Алюминия фторид	38
Алюминия хлорид, безв.	60
Алюминия хлорид, водн.	127
Амилацетат	38

Продолжение табл. 3.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Амиловый спирт	99
Амилхлорид	49
Аммиак, газ	38
Аммония гидроксид, 25%	38
Аммония гидроксид, нас.	54
Аммония дифторид	66
Аммония карбонат	66
Аммония нитрат	121
Аммония персульфат	82
Аммония сульфат, 10–40%	104
Аммония сульфид	49
Аммония сульфит	104
Аммония фосфат	93
Аммония фторид, 10%	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	66
Бария карбонат	127
Бария сульфат	93
Бария сульфид	82
Бария хлорид	93
Белый щелок	82
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	38
Бензилхлорид	32
Бензойная кислота	82
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	93
Борная кислота	93
Бром, газ, безв.	38
Бром, газ, влажн.	38
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	82

Продолжение табл. 3.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Бромоводородная кислота, 50%	93
Бромоводородная кислота, разб.	82
Бура	99
Бутадиен	
Бутилацетат	27
Бутиловый спирт	49
Дибutilфталат	93
Дихлоруксусная кислота	38
Дихлорэтан	43
Железа (II) нитрат	93
Железа (II) хлорид	93
Железа (III) нитрат, 10–50%	93
Железа (III) хлорид	99
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	99
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	66
Калия бромид, 30%	71
Кальция бисульфид	
Кальция бисульфит	82
Кальция гидроксид, 10%	82
Кальция гидроксид, нас.	82
Кальция гипохлорит	82
Кальция карбонат	82
Кальция нитрат	99
Кальция оксид	71
Кальция сульфат	116
Кальция хлорат	127
Кальция хлорид	82
Каприловая кислота	104
Квасцы	116
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	99
Лимонная кислота, конц.	99
Магния хлорид	127
Марганца хлорид	99
Масляная кислота	54
Меди (I) ацетат	99
Меди (I) карбонат	
Меди (I) сульфат	116

Продолжение табл. 3.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Меди (I) хлорид	104
Меди (I) цианид	99
Меди (II) хлорид, 5%	127
Меди (II) хлорид, 50%	104
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	99
Молочная кислота, конц.	93
Натрия гидроксид, 10%	77
Натрия гидроксид, 50%	104
Натрия гидроксид, конц.	
Натрия гипохлорит, 20%	82
Натрия гипохлорит, конц.	38
Натрия карбонат	82
Натрия сульфид, до 50%	104
Натрия хлорид	82
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	93
Олова (IV) хлорид	99
Пикриновая кислота	93
Салициловая кислота	66
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	93
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	99
Серная кислота, 70%	82
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота, 10%	49
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	71
Соляная кислота	82
Сурьмы (III) хлорид	71
Тионилхлорид	X
Толуол	49
Трихлоруксусная кислота, 50%	99
Углерод четыреххлористый	82
Углерода (II) оксид	177
Углерода (IV) оксид, безв.	93

Окончание табл. 3.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Углерода (IV) оксид, влажн.	104
Угольная кислота	49
Уксусная кислота ледяная	66
Уксусная кислота, 10%	93
Уксусная кислота, 50%	82
Уксусная кислота, 80%	66
Уксусный ангидрил	38
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	99
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	121
Хлор, газ, влажн.	121
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	43
Хлорметан	
Хлорная кислота, 10%	66
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	66
Хлороводородная кислота, 20%	104
Хлороводородная кислота, 38%	82
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	93
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	66
Хромилхлорид	99
Хромовая кислота, 10%	66
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	60
Циклогексан	66
Циклогексанол	66
Цинка хлорид	82
Этиленгликоль	99
Яблочная кислота, 10%	60

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально

выявленными температурами совместимости материала с корродентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

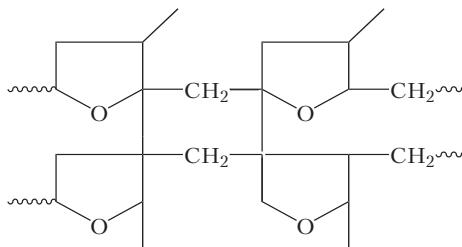
3.7.1. Применение

Ламинаты сложных виниловых эфиров используются в производстве промышленного оборудования, в том числе газоочистного, например, абсорбционных башен, технологических аппаратов, резервуаров, трубопроводов, насадок газоочистительных колонок, дымоходов, выхлопных труб, выдерживающих агрессивные материалы. В книге [2] можно найти подробную информацию об использовании сложных виниловых эфиров в производстве трубопроводов.

3.8. Фурановые смолы

Фурановые полимеры являются производными фурфуроливого спирта и фурфурола. В условиях кислого катализа фураны могут полимеризоваться с выделением тепла по механизму конденсации с образованием воды в качестве побочного продукта. Разогрев материала необходимо контролировать для предотвращения образования пузырьков водяного пара, так как они могут вызвать растрескивание ламината. Катализаторы получения фурановых смол вызывают повышение температуры не более 30 °C.

Все слоистые материалы на основе фурановых смол должны доотверждаться для удаления конденсата для достижения оптимальных свойств. Отверждение свежеприготовленного ламината необходимо начинать с выдерживания при температуре 66 °C в течение 4 часов, затем постепенно увеличить температуру до 82 °C и выдерживать при ней в течение 8 часов. Слишком быстрое отверждение может приводить к образованию пузырей на поверхности слоистого материала или его растрескиванию. Оптимальные свойства материала достигаются при его твердости по Барколу порядка 40–45. Структурная формула полимера изображена ниже на рисунке:



Фурановые реактопласты обладают прекрасной стойкостью к действию растворителей. Считается, что они обладают лучшей химической стойкостью среди всех реактопластов. Они стойки к действию сильных концентрированных минеральных кислот, едких щелочей и смесей растворителей с кислотами и основаниями.

Существуют различные виды фурановых смол, поэтому, когда стойкость полимера к действию определенного корродента неизвестна, необходимо проконсультироваться с поставщиком материала.

В целом фурановые смолы совместимы со следующими веществами:

Растворители		
Ацетон	Стирол	Метанол
Бензол	Толуол	Метилэтилкетон
Сероуглерод	Этанол	Трихлорэтилен
Хлорбензол	Этилацетат	Ксилол
Перхлорэтилен		
Кислоты		
Уксусная кислота	Азотная кислота, 5%	Серная кислота, 60% (до 66 °С)
Хлороводородная кислота	Фосфорная кислота	
Основания		
Диэтиламин	Натрия сульфид	Натрия гидроксид, 50%
Натрия карбонат		
Вода		
Деминерализованная вода	Дистиллированная вода	
Другие		
Стоки ЦБ производства		

Фурановые полимеры не следует использовать с кислотами-окислителями средней силы, такими как хромовая или азотная, пероксидами, гипохлоритами, хлором, фенолом и концентрированной серной кислотой.

В табл. 3.15 представлены данные о совместимости фурановых смол с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

Таблица 3.15. Совместимость фурановых смол с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота, 25%	138
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X

Продолжение табл. 3.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Акриловая кислота	27
Акрилонитрил	27
Аллиловый спирт	149
Аллилхлорид	149
Алюминия гидроксид	127
Алюминия сульфат	71
Алюминия фторид	138
Алюминия хлорид, безв.	149
Алюминия хлорид, водн.	149
Амиллацетат	127
Амиловый спирт	137
Амилхлорид	X
Аммония гидроксид, 25%	121
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония карбонат	116
Аммония нитрат	121
Аммония персульфат	127
Аммония сульфат, 10–40%	127
Аммония сульфид	127
Аммония сульфит	116
Аммония фосфат	127
Анилин	27
Ацетальдегид	X
Ацетилхлорид	93
Ацетон	27
Бария гидроксид	127
Бария карбонат	116
Бария сульфид	127
Бария хлорид	127
Белый щелок	60
Бензальдегид	27
Бензиловый спирт	27
Бензилхлорид	60
Бензойная кислота	127
Бензол	71
Бензолсульфокислота, 10%	71
Борная кислота	149
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж., до 3%	149

Продолжение табл. 3.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бромоводородная кислота, 20%	100
Бромоводородная кислота, 50%	100
Бромоводородная кислота, разб.	100
Бура	60
Бутадиен	
Бутилацетат	127
Бутиловый спирт	100
Дихлоруксусная кислота	X
Дихлорэтан	121
Железа (II) нитрат	
Железа (II) хлорид	71
Железа (III) нитрат, 10–50%	71
Железа (III) хлорид	127
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	71
Изобутилметилкетон	71
Йода р-р, 10%	X
Калия бромид, 30%	127
Кальция бисульфит	127
Кальция гидроксид, нас.	127
Кальция гипохлорит	X
Кальция нитрат	127
Кальция оксид	
Кальция сульфат	127
Кальция хлорид	71
Каприловая кислота	121
Квасцы, 5%	60
Кетоны	38
Крезол	127
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, конц.	121
Магния хлорид	127
Марганца хлорид	93
Масляная кислота	127
Меди (I) ацетат	127
Меди (I) карбонат	
Меди (I) сульфат	149
Меди (I) хлорид	127
Меди (I) цианид	116
Меди (II) хлорид, 5%	149
Меди (II) хлорид, 50%	149

Продолжение табл. 3.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Метилэтилкетон	27
Молочная кислота, 25%	100
Молочная кислота, конц.	71
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 15%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	100
Натрия сульфид, до 10%	127
Натрия хлорид	127
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	88
Олова (II) хлорид	121
Олова (IV) хлорид	127
Пикриновая кислота	
Салициловая кислота	127
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота, 10%	71
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	27
Серная кислота, 70%	27
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	71
Сероуглерод	71
Синильная кислота, 10%	71
Соляная кислота	27
Сурьмы (III) хлорид	121
Тионилхлорид	X
Толуол	100
Трихлоруксусная кислота, 30%	27
Углерод четыреххлористый	100
Углерода (IV) оксид, безв.	32
Углерода (IV) оксид, влажн.	27
Уксусная кислота ледяная	27
Уксусная кислота, 10%	100
Уксусная кислота, 50%	71
Уксусная кислота, 80%	27

Окончание табл. 3.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Уксусный ангидрид	27
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50%	100
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	60
Фтороводородная кислота, 30%	110
Фтороводородная кислота, 70%	60
Хлор, газ, безв.	127
Хлор, газ, влажн.	127
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	127
Хлорметан	49
Хлорная кислота, 10%	X
Хлорная кислота, 70%	127
Хлорноватистая кислота	X
Хлороводородная кислота, 20%	100
Хлороводородная кислота, 38%	27
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	127
Хлоруксусная кислота	116
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	38
Хромилхлорид	121
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Целлозольв	116
Циклогексан	60
Циклогексанол	
Цинка хлорид	71
Этиленгликоль	71
Яблочная кислота, 10%	127

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

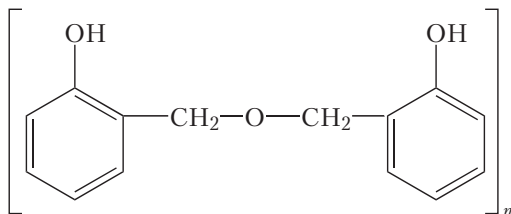
3.8.1. Применение

Фурановые смолы стоят примерно на 30–50% дороже, чем сложные полиэфиры, и не обладают такой хорошей ударной прочностью. Они находят применение в производстве трубопровода, резервуаров и специфического оборудования, например, газоочистных колонок. В книге [2] можно найти подробную информацию об использовании фурановых смол в производстве трубопровода.

3.9. Фенольные смолы

Фенолоальдегидные смолы являются наиболее старым рыночным полимерным материалом, который используются и в настоящее время. Хотя они были открыты в 1876 г., только в 1907 г., когда Лео Бакеленд запатентовал способ «тепло и давление», применение формованных изделий из фенольных смол стало экономически оправданным.

Фенолоальные смолы образуются в реакции конденсации. Побочным продуктом реакции является вода. Ниже приведена их структурная формула:



Доступны различные типы фенолоальных смол, зависящие от природы реагентов, соотношения их количеств, используемых катализаторов, пластификаторов, смазок, наполнителей и пигментов. Огромное число материалов существует благодаря большому числу различных комбинаций фенолоальных смол и наполнителей.

Фенольные смолы обладают прекрасной стойкостью к действию большинства органических, особенно ароматических и хлорированных растворителей. Полярные органические растворители, способные образовывать водородные связи, например, спирты или кетоны, разрушают фенольные полимеры. Хотя фенольные смолы обладают ароматическими свойствами, фенольные гидроксильные группы способны к образованию водородных связей и реагируют со щелочами. Они не годятся для использования в присутствии сильных щелочей. Сильные минеральные кислоты также реагируют с фенольными смолами, поэтому такие кислоты, как азотная, хромовая и хлороводородная разрушают полимерный материал. Серная и фосфорная кислоты могут быть совместимы с полимером в определенных условиях. Фенольные смолы в некоторой степени теряют полезные свойства при контакте с органическими кислотами, такими как уксусная, муравьиная и щавелевая кислоты.

В табл. 3.16 приведены данные о совместимости фенольных смол с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

3.9.1. Применение

Помимо изготовления формованных изделий, фенольные смолы используются для связывания фрикционных материалов в автомобильных тормозных дисках, деталях муфт сцепления и трансмиссиях. Они служат в качестве связующего для заполнителя в мебели, водостойких клеящих составов для фанеры, связующих агентов для ДСП и органических и неорганических волокон с материалами, используемыми для акустической и термической изоляции. Кроме того, фенольные смолы используются в производстве ванн, панелей для бытовой мебели и в автомобилях. Ламинаты декоративного или электротехнического назначения производятся путем пропитывания бумаги фенольными смолами.

Таблица 3.16. Совместимость фенольных смол с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	
Азотистая кислота, конц.	
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	
Акрилонитрил	
Аллиловый спирт	
Аллилхлорид	
Алюминия ацетат	
Алюминия гидроксид	
Алюминия нитрат	
Алюминия оксихлорид	
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	
Алюминия хлорид, безв.	
Алюминия хлорид, водн.	32
Амилацетат	
Амиловый спирт	
Амилхлорид	
Аммиак, газ	32
Аммония гидроксид, 25%	X

Продолжение табл. 3.16

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония гидроксид, нас.	X
Аммония дифторид	
Аммония карбонат	32
Аммония нитрат	71
Аммония персульфат	
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония сульфид	
Аммония сульфит	
Аммония фосфат	
Аммония фторид, 10%	
Аммония фторид, 25%	
Аммония хлорид, 10%	27
Аммония хлорид, 50%	27
Аммония хлорид, нас.	27
Анилин	X
Ацетальдегид	
Ацетамид	
Ацетилхлорид	
Ацетон	X
Бария гидроксид	
Бария карбонат	
Бария сульфат	
Бария сульфид	
Бария хлорид	
Белый щелок	
Бензальдегид	21
Бензиловый спирт	
Бензилхлорид	21
Бензойная кислота	
Бензол	71
Бензолсульфокислота, 10%	21
Борная кислота	
Бром, газ, безв.	
Бром, газ, влажн.	
Бром, ж.	
Бромоводородная кислота, 20%	93
Бромоводородная кислота, 50%	93
Бромоводородная кислота, разб.	93
Бура	
Бутадиен	

Продолжение табл. 3.16

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	
Бутилфталат	71
Дибутилфталат	
Дихлоруксусная кислота	
Дихлорэтан	
Железа (II) нитрат	
Железа (II) хлорид, 40%	
Железа (III) нитрат, 10–50%	
Железа (III) хлорид	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	149
Изобутилметилкетон	71
Йод, р-р, 10%	
Калия бромид, 30%	
Кальция бисульфид	
Кальция бисульфит	
Кальция гидроксид, 10%	
Кальция гидроксид, нас.	
Кальция гипохлорит, 10%	X
Кальция карбонат	
Кальция нитрат	
Кальция оксид	
Кальция сульфат	
Кальция хлорат	
Кальция хлорид	149
Каприловая кислота	
Квасцы	
Кетоны	
Крезол	
Лимонная кислота, 15%	71
Лимонная кислота, конц.	71
Магния хлорид	
Марганца хлорид	
Масляная кислота, 25%	
Меди (I) ацетат	
Меди (I) карбонат	
Меди (I) сульфат	149
Меди (I) хлорид	
Меди (I) цианид	
Меди (II) хлорид, 5%	

Продолжение табл. 3.16

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Меди (II) хлорид, 50%	
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	71
Молочная кислота, конц.	
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 15%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	
Натрия сульфид, до 50%	
Натрия хлорид	149
<i>n</i> -Бутиламин	
Олеум	
Олова (II) хлорид	
Олова (IV) хлорид	
Пикриновая кислота	
Салициловая кислота	
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота дымящая	
Серная кислота, 10%	121
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	121
Серная кислота, 70%	93
Серная кислота, 90%	21
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	27
Сероуглерод	
Синильная кислота, 10%	
Соляная кислота	149
Сурьмы (III) хлорид	
Тионилхлорид	93
Толуол	
Трихлоруксусная кислота, 30%	
Углерода (II) оксид	
Углерода (IV) оксид, безв.	149
Углерода (IV) оксид, влажн.	149
Углерода четыреххлористый	93
Угольная кислота	93
Уксусная кислота ледяная	21

Окончание табл. 3.16

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Уксусная кислота, 10%	100
Уксусная кислота, 50%	
Уксусная кислота, 80%	
Уксусный ангидрид	21
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	100
Фтор, газ, безв.	
Фтор, газ, влажн.	
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 60%	X
Хлор, газ, безв.	
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	127
Хлорметан	71
Хлорная кислота, 10%	
Хлорная кислота, 70%	
Хлорноватистая кислота	
Хлороводородная кислота, 20%	149
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороформ	71
Хлорсульфоновая кислота	
Хлоруксусная кислота	
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	
Хромилхлорид	
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	
Целлозольв	
Циклогексан	
Циклогексанол	
Цинка хлорид	149
Этиленгликоль	21
Яблочная кислота, 10%	

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Превосходная стойкость фенольных полимеров к действию воды делает их особенно подходящими для использования в судостроении. Они также находят применение в производстве различных шестерней, роликов маховиков и шкивов вследствие того, что они обладают хорошей износостойкостью и стойкостью к истиранию. Поскольку они не разрушаются во многих средах, их используют во многих печатных платах и клеммовых коробках.

Их использование ограничено двумя недостатками. Из-за природы полимера ламинаты фенольных смол можно делать только темноокрашенными, обычно коричневыми или черными цветов. Помимо этого, они малоустойчивы к действию электрических разрядов, и, несмотря на то что высокое содержание армирующего наполнителя может улучшить электрические свойства материала, наличие влаги, грязи или просто большое электрическое напряжение, могут приводить к полному разрушению полимера. Хотя фенольные смолы сохраняют свои свойства в присутствии воды, поглощение ими воды довольно велико и может достигать 14% для некоторых ламинатов на бумажной основе.

Компания *Haveg*, подразделение фирмы *Ametek, Inc.*, производит трубопроводные системы на основе фенольных смол с использованием кварцевых (кремнекислотных) волокон и наполнителей. Они продаются под торговым названием *Haveg SP*. В книге [2] можно узнать подробности.

3.10. Фенолформальдегидная смола

Как следует из названия, эти полимеры являются производными фенола и формальдегида. Их структурная формула изображена на рис. 3.7. Отвержденные фенолформальдегидные смолы представляют собой сшитые структуры и в целом имеют приблизительно такие же физические и механические свойства, как и другие фенольные полимеры. Однако они не обладают такой ударной прочностью, как сложные полиэфир и эпоксидные смолы.

Фенолформальдегидные ламинаты могут использоваться в присутствии минеральных кислот, солей и хлорированных ароматических углеводородов. При использовании графита в качестве наполнителя слоистый материал можно применять с фтороводородной кислотой и определенными фтористыми солями. В табл. 3.17 представлены данные о совместимости фенолформальдегидных смол с некоторыми корродирующими агентами. В книге [1] можно найти более подробную информацию.

3.10.1. Применение

Фенолформальдегидные реактопласты применяются в производстве шестерней, шкивов, печатных плат и клеммовых коробок, а также в производстве

трубопроводов, о чем можно подробно узнать в книге [2]. Фенолоформальдегид обладает хорошей термостойкостью и стойкостью к обугливанию. Поэтому они применяются в производстве абляционных теплозащитных экранов баллистических ракет, ракетных сопел, головных обтекателей и камер для ракетных двигателей. При горении они образуют менее токсичные продукты и часто используются в производстве внутреннего устройства воздушных судов.

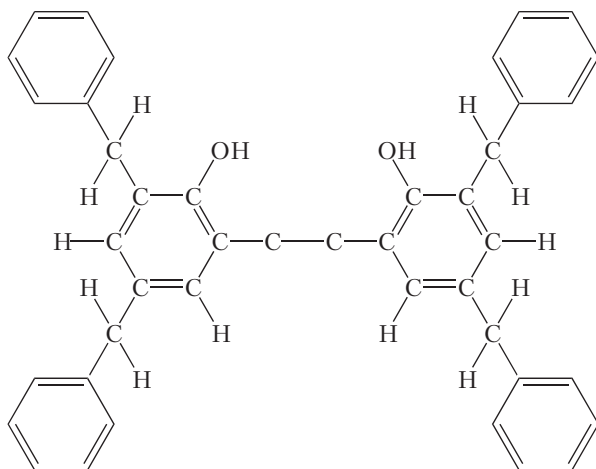


Таблица 3.17. Совместимость фенолоформальдегида с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота, 90%	27
Акрilonитрил	X
Алюминия ацетат	
Алюминия сульфат	149
Алюминия хлорид, безв.	149
Алюминия хлорид, водн.	149
Амиловый спирт	71
Аммония гидроксид, 25%	X
Аммония гидроксид, нас.	X

Продолжение табл. 3.17

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бензилхлорид	71
Бензол	71
Бензолсульфокислота, 10%	71
Борная кислота	149
Бром, ж., до 3%	149
Бромоводородная кислота, 20%	100
Бромоводородная кислота, разб.	100
Железа (II) хлорид, 40%	149
Железа (III) нитрат, 10–50%	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	149
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	X
Кальция гидроксид, 10%	X
Кальция гидроксид, нас.	X
Кальция гипохлорит	X
Кальция хлорид	149
Крезол	
Масляная кислота	127
Меди (I) сульфат	149
Меди (II) хлорид, 5%	149
Меди (II) хлорид, 50%	149
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	71
Молочная кислота, конц.	71
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 15%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	X
Серная кислота, 10%	149
Серная кислота, 50%	149
Серная кислота, 70%	121
Серная кислота, 90%	38

Окончание табл. 3.17

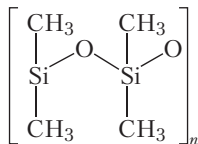
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Сернистая кислота	71
Сероуглерод	71
Синильная кислота, 10%	71
Соляная кислота	149
Тионилхлорид	27
Толуол	100
Трихлоруксусная кислота, 30%	27
Углерод четыреххлористый	100
Уксусная кислота ледяная	49
Уксусная кислота, 10%	100
Уксусная кислота, 50%	71
Уксусная кислота, 80%	49
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50%	100
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	71
Хлор, газ, влажн.	71
Хлорбензол	
Хлорметан	149
Хлорноватистая кислота	
Хлороводородная кислота, 20%	149
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороформ	71
Хлорсульфокислота	27
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка 3:1	X
Цинка хлорид	149
Этиленгликоль	27

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

3.11. Силиконы

Кремний находится в IV группе аналогично углероду, однако он несколько более стабилен. Полисилоксаны представляют собой ряд синтетических полимеров, содержащих как органические, так и неорганические фрагменты. В отличие от цепи углерод-углеродных полимеров главная цепь полисилоксанов составлена из чередующихся атомов кремния и кислорода. Химическая структура силоксанов изображена на рисунке ниже:



Обычно атомы кремния связаны с одной или несколькими органическими боковыми группами, чаще всего фенильной (C_6H_5-), метильной (CH_3) или винильной ($\text{CH}_2=\text{CH}-$). Эти группы придают полимеру стойкость к действию растворителя, смазывающую способность и способность реагировать с органическими веществами и полимерами. Кремнийсодержащие полимеры могут быть наполненными или нет, в зависимости от требуемых свойств и условий эксплуатации.

Кремнийорганические полимеры обладают некоторыми свойствами, которые отличают их от органических аналогов. К таким свойствам относятся:

1. Химическая инертность.
2. Стойкость к атмосферным воздействиям.
3. Высокая гидрофобность (водонепроницаемость).
4. Неизменные свойства в широком диапазоне температур и частот.
5. Прекрасные электрические свойства в широком диапазоне температур и частот.
6. Низкое поверхностное натяжение.
7. Очень низкое трение и высокая смазывающая способность.
8. Хорошие разделительные свойства.
9. Инертность и физиологическая и электронная совместимость.

Силиконы и композиты, производимые с использованием кремнийсодержащих олигомеров, обладают прекрасной долгосрочной теплостойкостью при температурах примерно до 300°C и замечательной влагостойкостью, а также электрическими свойствами. Они могут быть полезны при очень низких температурах.

Полисилоксановые ламинаты могут использоваться в присутствии разбавленных кислот и щелочей, спиртов, животных и растительных жиров и смазочных материалов. Они также стойки к действию алифатических углеводородов, но ароматические растворители, такие как бензол, толуол, бензин и хлорированные растворители вызывают сильное набухание материала. Хотя силоксаны

обладают прекрасной стойкостью к действию воды и погодным условиям, они разрушаются под действием пара при высоких давлениях и температурах.

Как уже упоминалось ранее, атомы кремния могут присоединять одну или более боковых органических групп. Их присутствие сказывается на коррозионной стойкости материала. Таким образом, свойства конкретного ламината необходимо уточнять непосредственно у поставщика. В табл. 3.18 представлены данные о совместимости полисилоксанового ламината, в котором атомы кремния связаны с метильными группами, с различными корродирующими агентами.

Таблица 3.18. Совместимость диметилсилоксановых ламинатов с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	23
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота, 75%	27
Акрилонитрил	X
Алюминия сульфат	210
Амилцетат	27
Амиловый спирт	X
Амилхлорид	X
Аммония гидроксид, 25%	X
Аммония нитрат	99
Аммония фторид, 25%	27
Аммония хлорид, 10%	X
Аммония хлорид, 50%	27
Аммония хлорид, нас.	27
Анилин	X
Ацетон	43
Бензилхлорид	X
Бензол	X
Борная кислота	189
Бромоводородная кислота, 50%	X
Бутиловый спирт	27
Винная кислота	204
Вода деминерализованная	99
Вода дистиллированная	99
Вода морская	99
Вода соленая	99
Вода минеральная	99

Продолжение табл. 3.18

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Железа (III) хлорид	204
Изобутилметилкетон	X
Кальция бисульфид	204
Кальция гидроксид, 30%	99
Кальция гидроксид, нас.	204
Кальция хлорид	149
Квасцы	104
Ксилол	X
Магния хлорид	204
Метанол	210
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, конц.	27
Молочная кислота, конц.	27
Натрия гидроксид, 10%	32
Натрия гидроксид, 50%	32
Натрия гидроксид, конц.	32
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия карбонат	149
Натрия сульфат	204
Натрия хлорид, 10%	204
Олеум	X
Олова (IV) хлорид	27
Пропанол	204
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	X
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	X
Сероуглерод	X
Скипидар	X
Сурьмы (III) хлорид	27
Тетрагидрофуран	X
Толуол	X
Трибутилфосфат	X
Углерода (II) оксид	204
Угольная кислота	204
Уксус	204

Окончание табл. 3.18

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Уксусная кислота ледяная	32
Уксусная кислота, 10%	32
Уксусная кислота, 50%	32
Уксусная кислота, 80%	32
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 20%	32
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Царская водка 3:1	X
Цинка хлорид	204
Этиленгликоль	204

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

3.11.1. Применение

Полисилоксановые ламинаты находят применение в изготовлении обтекателей антенн, электронике, ракетостроении, производстве обогревателей, пазовых клинов, теплозащитных экранов, катушек индуктивности и выходных щитков.

3.12. Силоксиран

Силоксиран является зарегистрированной торговой маркой фирмы *Tankenitics* и представляет собой сшитый органо-неорганический полимер, в котором основная цепь состоит из атомов кремния и кислорода с концевыми оксиановыми группами. Силоксиран является сшитым полимером с эфирными поперечными связями (углерод–кислород–углерод). Он обладает очень плотной молекулярной структурой с большой степенью сшивки. Отсутствие гидроксильных (присутствующих в эпоксидных смолах) и сложноэфирных (в виниловых сложных эфирах) групп улучшает свойства полимера и обеспечивает ему очень хорошие рабочие характеристики.

Силоксираны очень стойки к истиранию и могут использоваться в температурном диапазоне от -62 до 260 °С. Допустимая температура несколько уменьшается со временем при эксплуатации материала.

Силоксирановые ламинаты стойки к широкому ряду корродентов. Например, они стойки к следующим веществам:

Ацетамид	Этилацетат	Сера, расплав
Уксусная кислота ледяная	Железа (III) хлорид	Монохлоруксусная кислота
Уксусный ангидрид	Формальдегид	Растворы солей никеля
Ацетон	Фуран	Азота (I) оксид
Алюминия хлорид	Фурфурол	Фосфорная кислота
Аммония хлорид	Газохол (бензоспирт)	Фосфорная кислота, 85%
Аммония гидроксид	Бензин	Натрия хлорид
Царская водка	Зеленый щелок	Натрия бихромат
Бензол	Смазочное масло для гидравлических систем	Натрия гидроксид
Бензолсульфокислота	Гидразин	Натрия гипохлорит, 17%
Черный щелок	Хлороводородная кислота, 1%	Натрия гипохлорит, составленный
Брома гипохлорит	Хлороводородная кислота, 0–37%	Сульфатные ванны (в ЦБ промышленности)
Углерод четыреххлористый	Фтороводородная кислота, 40%	Серы (VI) оксид
Хлорноватая кислота	Фтороводородная кислота, 52%	Серная кислота, 1–98%
Хлорная вода	Йод	Олеум
Хлоруксусная кислота	Реактивное топливо	Жир
Хлорбензол	Керосин	Тионилхлорид
Хромовая кислота, 10%	Кетоны	Толуол
Хромовая кислота, 50%	Латекс	Трихлорэтилен
Дибutilфталат	Метанол	Трикрезилфосфат
Дихлорбензол	Метилэтилкетон	Вода деионизированная
Диметилформамид	Изобутилметилкетон	Вода соленая
Этанол	Дихлорметан	Белый щелок

3.12.1. Применение

Ламинаты силоксиранов используют в производстве трубопровода, дымоходов, резервуаров для хранения веществ и футеровки сосудов. Сосуды, изготовленные из Силоксирана, согласно сертификации *ASME* относятся к секции X класса 11 и подходят для использования в условиях высокого давления. Сосуды класса 11 могут быть не более 144 дюймов в диаметре, и произведение давления (фунтов/кв. дюйм) и диаметра в дюймах не должно превышать 7200.

3.13. Полиуретаны

Полиуретаны являются продуктами реакции изоцианатов, полиолов и отверждающих агентов. Поскольку использование свободных изоцианатов сопряжено с определенным риском, при литье обычно используются форполимеры изоцианата и полиола. Полиуретаны могут существовать в различных модификациях, начиная от эластомеров, мягких, с твердостью по Шору А, равной 5, до жестких твердых материалов с твердостью по Шору Д, равной 90. Термоотверждающиеся полиуретаны могут быть жесткими или эластичными, в зависимости от структуры полимера.

Полиуретаны стойки к действию большинства минеральных и растительных масел. Некоторые отверждаемые бутандиолом 1,4 полиуретаны одобрены Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств для использования в контакте с пищевыми продуктами. Они также стойки к смазкам, горючему, алифатическим и хлорированным углеводородам. Это делает эти материалы особенно полезными для использования со смазочными материалами и автомобильным топливом.

Ароматические углеводороды, полярные растворители, сложные эфиры и кетоны разрушают полиуретаны.

3.13.1. Применение

Полиуретаны применяются для изготовления больших деталей автомобилей и строительных материалов. Пенополиуретаны, полученные с использованием галогенуглеводородов в качестве вспенивателей, обладают наименьшей теплопроводностью среди всех коммерчески доступных материалов. Они используются в холодильниках и в строительстве. Эластичный пенопласт также применяется в производстве мебели, упаковочных материалов, а также амортизирующих подвесок.

3.14. Меламиновые смолы

Меламин представляет собой полимер, образующийся при конденсации формальдегида и соединений, содержащих группу NH_2 . Следовательно, их также можно назвать меламино-формальдегидами. Их структурная формула изображена на рис. 3.8.

Меламиновые полимеры можно сочетать с различными армирующими волокнами. Однако наилучшие свойства материал приобретает при армировании стеклотканью. Понижение температуры мало сказывается на свойствах меламина.

Высокая степень белизны меламиновых реактопластов дает возможность придавать им практически любой цвет. Конечные продукты обладают прекрасной стойкостью к действию влаги, смазок, масел и растворителей, они не обладают вкусом и запахом, они не поддерживают горение, стойки к нанесению наружных повреждений и обладают прекрасными электрическими свойствами.

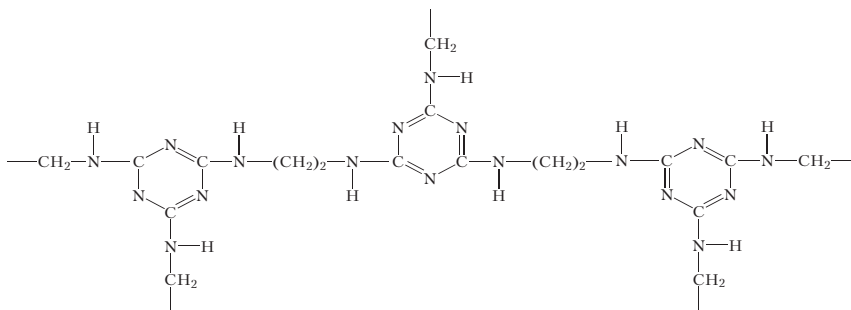


Рис. 3.8. Структурная формула меламина-формальдегидных смол

Сорта меламина, наполненные целлюлозой, можно производить в виде материалов самых различных светостойких цветов с высокой степенью светопрозрачности. Добавление красителя не влияет на основные свойства полимера. Длительное воздействие высоких температур влияет на цвет и вызывает уменьшение прочностных характеристик материала.

Изделия из меламина, используемые на открытом воздухе, лишь очень мало ухудшают свои электрические и физические свойства, однако может происходить некоторое изменение окраски.

Меламиновые ламинаты совместимы со следующими веществами:

Ацетон	Детергенты	Мыло
Спирты	Спрей от насекомых	Крем для обуви
Аммония гидроксид, 10%	Бензин	Натрия бисульфит
Амилацетат	Спрей от моли	Натрия фосфат
Углерод четыреххлористый	Горчица	Моча
Лимонная кислота	Нефть	Вода
Кофе	Оливковое масло	Воск и пастель

Определенные вещества оставляют пятна на меламиновых ламинатах. Однако пятна могут быть удалены полировкой мягким абразивом. К таким материалам относятся:

Свекольный сок	Чернила	Фенол (лизол)
Синька	Йода р-р	Чай
Красители	Меркурохрома р-р	Уксус

Следующие вещества могут разрушать меламиновый ламинат:

Ягодные соки	Растворы щелока	Серебра нитрат
Генцианвиолет	Минеральные кислоты	Протаргол (аргирил)
Перекись водорода	Калия перманганат	Натрия бисульфат
Отбеливатели на основе гипохлоритов		

3.14.1. Применение

Теплостойкость и белизна меламина делает его идеально подходящим для использования в производстве столовой посуды; кроме того, меламиновые ламинаты находят декоративное применение: их можно использовать как просто окрашенными, так и наносить на них различные узоры.

3.15. Алкиды

Алкиды представляют собой насыщенные полимеры, являющиеся продуктами реакции органических спиртов с органическими кислотами. Возможность использования множества полифункциональных спиртов и кислот позволяет получать широкий круг возможных продуктов. Модификация химического строения позволяет получать полимеры, обладающие разнообразными характеристиками, включая гибкость, химическую стойкость, термостойкость и электрические свойства.

Алкидные смолы химически аналогичны сложным полиэфирам, однако обладают большей вязкостью. Алкидные полимеры часто содержат стекловолокно, однако могут также содержать каолин, мел или окись алюминия.

Главными ограничителями применения алкидных смол является максимальная температура, составляющая 117 °С, и высокая влажность.

Алкидные смолы обладают плохой стойкостью к действию растворителей и щелочей, и средней стойкостью — к действию разбавленных кислот. Однако они обладают хорошей погодостойкостью. Несмотря на то что алкиды используют на открытом воздухе, они не служат так долго, как акриловые смолы, и сохранение ими цвета и блеска также хуже.

3.15.1. Применение

Алкидные смолы используются для покрытий металлов и изделий из дерева, хотя их применение в настоящее время сократилось. Срок службы при эксплуатации изделий из них в помещении довольно велик, но он несколько хуже при применении на открытом воздухе. Вследствие их эластичности они используются как заполнители, герметики и замазки при отделке изделий из дерева. Они до сих пор используются в отделке механических инструментов и некоторых других областях промышленности. Модифицированная алкидными смолами акрилолатьексная краска прекрасно подходит для архитектурной отделки.

3.16. Карбамидные смолы (мочевино- или аминосмолы)

Карбамидные смолы представляют собой полимерные материалы, образующиеся в реакциях конденсации, в которых не образуется побочных продуктов. Они являются продуктами реакций формальдегида с соединениями, содержащими

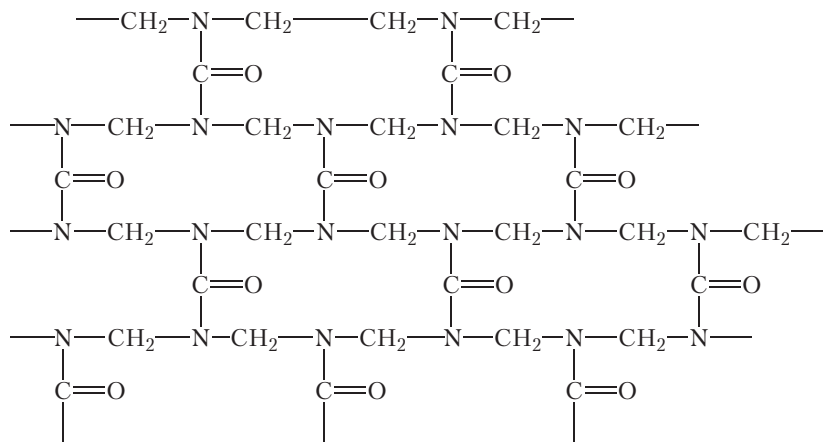


Рис. 3.9

группу NH_2 . Поэтому их часто относят мочевиноформальдегидными смолами. Типичная химическая структура мочевин изображена на рис. 3.9.

Аминопolíмеры не поддерживают горение и обладают прекрасными диэлектрическими свойствами. Чаще всего для их армирования применяется альфа-целлюлоза.

Добавление альфа-целлюлозы позволяет придавать материалам широкий спектр светостойкой окраски и высокую степень полупрозрачности. Добавление красителя не влияет на основные свойства материала.

Когда эти изделия подвергаются циклическим перепадам влажности, они могут растрескиваться. Повышение температуры на длительный срок может приводить к ухудшению прочности.

Различные изделия, отделанные карбамидными смолами, обладают прекрасной стойкостью к действию влаги, смазок, масел и растворителей, они не обладают вкусом и запахом, и не подвержены внешним повреждениям, например, царапинам. Однако их химическая, а также тепло- и влагостойкость несколько хуже, чем у меламина.

Аминопolíмеры используются для модифицирования других смол для увеличения твердости и ускорения отверждения. Они не подходят для использования на открытом воздухе.

3.17. Аллиловые смолы

В промышленности производятся несколько типов аллиловых полимеров, или диаллилфталатов, однако чаще всего используются диаллилфталат (ДАФ) и диаллилизфталат (ДАИФ). Главное различие между ними заключается в том, что ДАИФ несколько более теплостоек, чем ДАФ.

Таблица 3.19. Химическая стойкость ДАФ и ДАИФ

Процент увеличения веса при погружении в химикат на 30 дней при 25 °С		
Корродирующий агент	ДАФ	ДАИФ
Ацетон	1,3	–0,03
Натрия гидроксид, 1%	0,7	0,7
Натрия гидроксид, 10%	0,5	0,6
Серная кислота, 3%	0,8	0,7
Серная кислота, 30%	0,4	0,4
Вода	0,9	0,8

ДАФ и ДАИФ редко используются в изготовлении литых изделий как гомополимеры за исключением небольших деталей электрических приборов потому, что они обладают низким пределом прочности на растяжение и малой ударной прочностью. Когда есть вероятность физических воздействий на материал, полимер армируют стекловолокном или минеральными наполнителями.

ДАФ находит применение для пропитывания (заполнения дефектов и пустот) литых деталей из железа или других материалов, так как обладает низкой вязкостью, малой летучестью (низкой способностью к миграции), его легко очищать и он является хорошим герметиком. Он также используется для пропитывания дерева для уменьшения поглощения воды и увеличения ударной вязкости, прочности на сжатие и на сдвиг.

Стеклоламинаты ДАФ и ДАИФ обладают лучшими среди большинства других слоистых материалов конструкционного назначения высокотемпературными электрическими свойствами. Циклы их отверждения короче, кроме того, практически не требуется доотверждения для обеспечения необходимой прочности до 250 °С.

Аллилкарбонаты продаются под торговым названием *CR-39* фирмой *PPG Industries*. Они используются в оптике наравне со стеклом или полиметилметакрилатом (ПММА), когда от материала требуются высокие абразивостойкость, деформационная теплостойкость или ударная прочность.

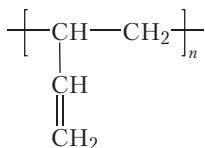
В табл. 3.19 представлены данные о химической стойкости ДАФ и ДАИФ.

3.18. Полибутадиены (жидкие углеводородные каучуки)

Полибутадиены являются углеводородными полимерами. Их структура приведена ниже на рисунке:

Базовыми материалами являются гомоолигомеры или соолигомеры, которые реагируют концевыми гидроксильными, карбоксильными или винильными группами, а также комбинации этих материалов.

Полибутадиены, состоящие на 60–90% из 1,2-структур, применяются для литья, ламинирования и использования в качестве покрытий. Выдающиеся



электрическая и термическая стабильность материала обусловлены углеводородной структурой полимера.

Пероксидные катализаторы, применяемые для отверждения полибутадиенов, приводят к образованию углерод-углеродных связей из винильных групп. Конечный продукт представляет собой 100% углеводород за исключением олигомеров с концевыми (гидроксильной или карбоксильной) группами.

Poly BD, продаваемый фирмой *Atochem North America, Inc.*, является гомополимером бутадиена с концевыми гидроксильными группами или сополимером со стиролом или акрилонитрилом. Реакцией этих материалов с диизоцианатами получают полиуретаны, которые обладают прекрасной стойкостью к кипящей воде.

B.F. Goodrich Chemical Company производит гомополимеры и сополимеры бутадиена с акрилонитрилом. Они известны под названием *Hylar*. Добавление акрилонитрила увеличивает вязкость и придает материалу стойкость к действию масел, адгезионные свойства и совместимость с эпоксидными смолами. Соплимер бутадиена с акрилонитрилом с концевыми карбоксильными группами (*CTBN*) обладает улучшенной ударной вязкостью, низкотемпературной прочностью на сдвиг и сопротивлением растрескиванию в композиции с эпоксидами. Для модификации эпоксидных смол также используется сополимер бутадиена с акрилонитрилом с концевыми аминогруппами (*ATBN*).

Применение таких композиций включает изготовление замазок и герметиков, стойких к трансформаторному маслу и предназначенных также для гидроизоляции стыковочных узлов телефонных кабелей.

Углеводородная структура обуславливает превосходную стойкость полибутадиена к веществам и растворителям, хорошие электрические свойства в широком диапазоне частот, температур и влажности, а также хорошую теплоустойчивость. В табл. 3.20 приведены данные о совместимости полибутадиенов с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 3.20. Совместимость полибутадиена с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминиево-аммониевые квасцы	32
Азотная кислота, 10%	27
Азотная кислота, 20%	27
Азотная кислота, 30%	27

Продолжение табл. 3.20

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, 40%	X
Азотная кислота, 5%	27
Азотная кислота, 50%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Азотная кислота, конц.	27
Алюминия сульфат	32
Алюминия хлорид, водн.	32
Алюмокалиевые квасцы	32
Аммиак, газ	32
Аммонийные квасцы	32
Аммония нитрат	32
Аммония сульфат, 10–40%	32
Аммония хлорид, 10%	32
Аммония хлорид, 28%	32
Аммония хлорид, 50%	32
Аммония хлорид, нас.	32
Водорода пероксид, 90%	32
Железа (II) сульфат	32
Железа (II) хлорид	32
Жирные кислота	32
Кальция гипохлорит, нас.	32
Кальция хлорид, нас.	27
Квасцы	32
Меди (I) сульфат	32
Меди (I) хлорид	32
Натрия бикарбонат, 20%	32
Натрия бисульфат	27
Натрия бисульфит	32
Натрия гидроксид, 10%	32
Натрия гидроксид, 15%	32
Натрия гидроксид, 30%	32
Натрия гидроксид, 50%	32
Натрия гидроксид, 70%	32
Натрия гидроксид, конц.	32
Натрия гипохлорит, до 20%	32
Натрия диоксид, безв.	X
Натрия карбонат	32

Окончание табл. 3.20

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия нитрат	32
Натрия силикат	32
Натрия сульфид, до 50%	32
Натрия сульфит, 10%	32
Натрия фосфат, кислый	32
Натрия фосфат, нейтр.	32
Натрия фосфат, щелочной	32
Натрия хлорат	27
Озон	X
Серная кислота, 10%	27
Серная кислота, 30%	27
Серная кислота, 50%	27
Серная кислота, 60%	27
Серная кислота, 70%	32
Сероводород, безв.	32
Серы (VI) оксид	32
Толуол	X
Углерода (IV) оксид, влажн.	32
Фенол	27
Хлор, газ, влажн.	X
Хлороводород, пары	32
Хлороводородная кислота, 20%	32
Хлороводородная кислота, 35%	32
Хлороводородная кислота, 38%	32
Хлороводородная кислота, 50%	32
Хлороводородная кислота, разб.	27
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Хромовые квасцы	32

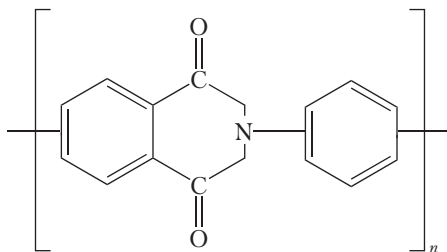
Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в его чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимальными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

3.19. Полиимиды

Полиимиды могут быть получены в виде термо- и реактопластов. Существует два типа полиимидов, поликонденсационные смолы или смолы, полученные аддиционной полимеризацией. Полимеры первого типа доступны в виде термо-, реактопластов. Второй тип полимеров доступен только в виде термоотверждающихся смол.

Полиимиды являются гетероциклическими полимерами, имеющими атом азота в кольце, как показано на рисунке ниже:



Наличие у полимера конденсированных колец является причиной жесткости материала, что, в свою очередь, обуславливает хорошее сохранение прочности при высоких температурах. Малое количество водородных атомов определяет стойкость материала к окислению, предотвращающую разрушение основной цепи.

Полиимиды стабильны при долговременном нагревании вплоть до 260–315 °С и могут выдерживать кратковременные нагревания до 482 °С.

Полиимиды чувствительны к действию щелочных соединений и растворяются в горячем концентрированном растворе гидроксида натрия. Они также чувствительны к влаге, увеличивая массу на 1% при выдерживании в течение 1000 часов при 50%-ной относительной влажности при 23 °С. Полиимиды обладают прекрасной стойкостью к действию ионизирующих излучений и очень малыми газовыделениями в высоком вакууме.

3.19.1. Применение

Полиимиды находят применение в виде различных форм, включая ламинаты, литые изделия, пленки, покрытия и адгезивы (особенно в областях, где используются высокие температуры). Покрытия используются в электротехнике как изоляция и обкладка обмоточных проводов электромагнита при высоких температурах. Они также находят применение в качестве покрытий для кухонной утвари наравне со фторуглеродными покрытиями.

3.20. Цианаты

Цианаты являются классом арилдицианатных мономеров, которые содержат цианатную функциональную группу ($-\text{N}=\text{C}=\text{O}$). При нагревании эта группа претерпевает экзотермическую циклотримеризацию с образованием триазиновых колец, что приводит к образованию термоотверждающегося полицианатного полимера.

Мономеры цианата доступны от маловязких жидкостей до плавких твердых веществ. Компания *Ciba-Geigy* производит ряд цианатных эфиров под торговым названием *AroCy L-10*. Цианаты используются в производстве композиционных материалов конструкционного назначения путем формования намоткой волокон, для литьевого прессования, а также при производстве одноосноориентированного волокнистого пластика.

4. Сравнительная коррозионная стойкость термопластов и реактопластов

Приведенные в этой главе данные о коррозионной стойкости материалов расположены в алфавитном порядке относительно корродирующего агента. Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимальными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют. Более подробный список корродентов в [1].

В таблицах используются следующие аббревиатуры¹:

<i>Halar</i>	– этиленхлортрифторэтилен (ЭТФХЭ)
<i>Kel-F</i>	– полихлортрифторэтилен (ТФХЭ)
<i>Kynar</i>	– поливинилденфторид (ПВДФ)
<i>Noryl</i>	– полифениленоксид (ПФО)
<i>Penton</i>	– хлорированный простой полиэфир (ХПЭ)
<i>Ryton</i>	– полифениленсульфид (ПФС)
<i>Saran</i>	– поливинилденхлорид (ПВДХ)
<i>Teflon</i>	– политетрафторэтилен (ПТФЭ)
<i>Tefzel</i>	– этилентетрафторэтилен сополимер (ЭТФЭ)
<i>Ultem</i>	– полиэфиримид (ПЭИ)
Полиамидимид	– ПАИ
Полибутадиен	– ПБ
Полипропилен	– ПП
Полисульфон	– ПСФ
Полиуретан	– ПУ
Полиэфирсульфон	– ПЭС
Полиэфирэфиркетон	– ПЭЭК

Поскольку многие полимеры могут быть компаундированы, необходимо уточнять у поставщика, подходит ли предоставленный материал для конкретной цели. Например, существует три различных композиции полиамидов:

¹ См. также табл. 2.4.

Ацетальдегид

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	54
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	93
ТФЭ/ГФП	93
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	66
СВМПЭ, 40%	32
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	110
ПП	49
ПВДХ	66
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	60
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	X
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Ацетамид

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	32
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	116
ПП	43
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	
ХПЭ	
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	32
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Уксусная кислота, 10%

Полимер	°С
АБС	38
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	149
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	60
ПФС	116
ПП	104
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	38
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	60
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	82
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	99
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	

Уксусная кислота, 50%

Полимер	°C
АБС	54
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	60
ПЭИ	27
ПЭС	60
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	149
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	54
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	32
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	32
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	71
Изофталатные	43
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	71
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	

Уксусная кислота, 80%

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	60
ПЭИ	27
ПЭС	93
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	88
СВМПЭ	27
ВМПЭ	27
ПЭТ	149
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	54
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	32
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	49
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	

Уксусная кислота ледяная

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	93
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	60
ПЭИ	27
ПЭС	93
ПФА	204
ПТФЭ	238
ПВДФ	88
СВМПЭ, 40%	38
ВМПЭ	27
ПЭТ	149
ПФО	66
ПФС	121
ПП	88
ПВДХ	60
ПС	93
ПВХ типа 1	54
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	43
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	132
Фенолоальдегидные смолы	49
Фенолформальдегидные смолы	49
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	

Уксусный ангидрид

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	38
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	38
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	138
ПП	38
ПВДХ	32
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	54
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	32
Фенолоальдегидные смолы	32
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Ацетон

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	27
ПАИ	27
ПЭЭК	99
ПЭИ	27
ПЭС	X
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	X
СВМПЭ, 40%	49
ВМПЭ	27
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	127
ПП	104
ПВДХ	32
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	32
ПУ	X
Ацетали	49
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	100/43
Полибутадиены	

^a Корродирующий агент проникает через материал.

Ацетилхлорид

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ сухой	49
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	238
ПТФЭ	238
ПВДФ	49
СВМПЭ	
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	54
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	X
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Акриловая кислота

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	93
Полиамиды	
ПАИ сухой	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	238
ПВДФ	66
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС, 25%	38
ПП	X
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	38
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	38
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы, 90%	32
Силоксаны метилзамещенные, 75%	27
Полибутадиены	

Акрилонитрил

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	238
ПТФЭ	238
ПВДФ	54
СВМПЭ	60
ВМПЭ	66
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	54
ПП	32
ПВДХ	32
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	32
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Адипиновая кислота

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	138
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	227
ПТФЭ	227
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	149
ПП	60
ПВДХ	66
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	104
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	104
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы, 25%	138
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Аллиловый спирт

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	32
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	221
ПТФЭ	221
ПВДФ	93
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	32
ПВХ типа 2	32
ХПВХ, 90%	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	32
Фурановые смолы	149
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Аллилхлорид

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	88
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	27
ВМПЭ	43
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	32
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	32
Фурановые смолы	149
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Квасцы

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	66
ПФО	49
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	121
Терефталатные	66
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	116
Фурановые смолы, 5%	60
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	104
Полибутадиены	32

Алюминия ацетат

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	238
ПВДФ	121
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	99
ПП	38
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	38
ПВХ типа 2	38
ХПВХ	38
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	
Эпоксидные смолы, 10%	121
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Алюминия хлорид, водн.

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ, 25%	93
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды, 10%	32
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	149
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	149
ПП	93
ПВДХ	66
ПС, 10%	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	82
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы, 1%	149
Виниловые сложные эфиры	127
Фурановые смолы	149
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	149
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Алюминия фторид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	149
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	27
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат, 10%	32
Галогенированные, 10%	32
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные, 10%	60
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	82
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	138
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент диффундирует в материал.

Алюминия гидроксид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	77
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	77
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Алюминия нитрат

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	149
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	121
ПП	99
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	77
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	77
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Алюминия оксихлорид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	238
ПП	93
ПВДХ	60
ПС	66
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	93
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Алюминия сульфат

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	60
ПАИ, 10%	104
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	232
ПВДФ	149
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	93
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	82
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	121
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	143
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	210
Полибутадиены	32

Аммиак, газ

Полимер	°С
АБС, безв.	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	93
ПАИ	
ПЭЭК	99
ПЭИ	
ПЭС	27
ПФА ^а	232
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	66
ПФО	27
ПФС	121
ПП	66
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ, безв.	93
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	71
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	32
Терефталатные	66
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	32
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	38

^а Полимеры аммиакопроницаемы.

Аммония дифторид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^б	232
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	60
ПС	
ПВХ типа 1	32
ПВХ типа 2	32
ХПВХ	93
ХПЭ	110
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	32
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент проникает через материал.^б Полимеры проницаемы для дифторида аммония.

Аммония карбонат

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	221
ПТФЭ	221
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	60
ПФС	38
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	60
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	71
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	32
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Аммония хлорид, 10%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	143
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	210
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	
ПФС	149
ПП	82
ПВДХ	
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	
ПУ	27
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	104
Фенолоальдегидные смолы	32
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	38

Аммония хлорид, 50%

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды, 37%	93
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	221
ПТФЭ	238
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	
ПФС	149
ПП	82
ПВДХ	
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	82
ХПЭ	
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	132
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	104
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	32

Аммония хлорид, нас.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	210
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	149
ПП	93
ПВДХ	71
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	88
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	82
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	127
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	27
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	32

Аммония фторид, 10%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^а	221
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	32
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	32
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат ^б	82
Галогенированные ^б	60
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные ^б	32
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	177
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент проникает через материал.^б Необходимо использовать синтетическое покрытие или покровный мат.

Аммония фторид, 25%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	216
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	32
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	32
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат ^б	49
Галогенированные ^б	60
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные ^б	32
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

^a Корродирующий агент проникает через материал.^б Необходимо использовать синтетическое покрытие или покровный мат.

Аммония гидроксид, 25%

Полимер	°С
АБС	32
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	27
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	X
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	38
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	32
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

Аммония гидроксид, нас.

Полимер	°C
АБС	27
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	
ПФА	188
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	149
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	X
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	149
Эпоксидные смолы	71
Виниловые сложные эфиры ^a	54
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Необходимо использовать синтетическое покрытие или покровный мат.

Аммония нитрат

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	177
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	60
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	49
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	116
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	77
Терефталатные	66
Эпоксидные смолы, 25%	121
Виниловые сложные эфиры	121
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	99
Полибутадиены	32

Аммония пересульфат

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	232
ПТФЭ	238
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ, 5%	66
ПЭТ	82
ПФО	60
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	32
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	82
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	60
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	71
Терефталатные	82
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Аммония фосфат

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	27
ПЭТ	60
ПФО	
ПФС, 65%	149
ПП	93
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	32
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	60
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Аммония сульфат, 10–40%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ, нас.	77
ПФО	60
ПФС	149
ПП	93
ПВДХ	49
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, нас.	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные, 10%	82
Терефталатные, нас.	77
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры, нас.	104
Фурановые смолы, нас.	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Аммония сульфид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	43
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	38
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Амиллацетат

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	71
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	66
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	88
СВМПЭ	60
ВМПЭ	27
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	149
ПП	X
ПВДХ	49
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	82
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	88
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	43
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

Амиловый спирт

Полимер	°С
АБС	27
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	49
ПФС	99
ПП	93
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	54
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	88
Фенолформальдегидные смолы	71
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Амилхлорид

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Анилин

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	32
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	X
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	54
ВМПЭ	54
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	149
ПП	82
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Сурьмы (III) хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	38
ЭТФЭ	104
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	238
ПВДФ	66
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	
ПП	82
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные, 50%	93
Гидрированный Бисфенол А	27
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	104
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

Царская водка 3:1

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	116
ПТФЭ	232
ПВДФ	77
СВМПЭ	54
ВМПЭ	54
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	49
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	27
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Мышьяковая кислота

Полимер	°C
АБС, 80%	38
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	183
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	15
ПФС	
ПП, 80%	99
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1, 80%	60
ПВХ типа 2, 80%	60
ХПВХ, 80%	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные, 19° Бомэ	82
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	82
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	82
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	27
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бария карбонат

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	183
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	82
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	116
Виниловые сложные эфиры	127
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бария хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО, 25%	60
ПФС	93
ПП	104
ПВДХ	82
ПС, 30%	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	60
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бария гидроксид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	177
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	X
ПФО	60
ПФС, 10%	93
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	43
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные, до 10%	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы, 10%	93
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бария нитрат

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бария сульфат

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	166
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	X
ПФО	60
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	82
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бария сульфид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	182
ПТФЭ	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	104
ПП	93
ПВДХ	66
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	104
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	60
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	32
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бензальдегид

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	66
ПАИ	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^б	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	40
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	121
ПП	27
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфир:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	15
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент проникает через материал.^б Материал подвержен растрескиванию из-за возникающих при набухании напряжений.

Бензол

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА ^б	93
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	66
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	149
ПП	60
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	X
Ацетали	32
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	82
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	77
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент абсорбируется материалом.

^б Корродирующий агент проникает в материал.

Бензолсульфокислота, 10%

Полимер	°С
АБС	27
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	X
ПЭЭК	
ПЭИ	X
ПЭС	32
ПФА	139
ПТФЭ	232
ПВДФ	38
СВМПЭ	60
ВМПЭ	32
ПЭТ	121
ПФО	93
ПФС	121
ПП	82
ПВДХ	49
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные, 30%	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	104
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	71
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бензойная кислота

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	93
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды, 10%	93
ПАИ	
ПЭЭК	77
ПЭИ, 10%	32
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	121
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	110
ПП	88
ПВДХ	66
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	32
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Бензиловый спирт

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	X
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	77
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	93
ПП	60
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	177
Фенолоальдегидные смолы	15
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бензилхлорид

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	48
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	49
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	149
ПП	27
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	32
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	77
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Черный щелок

Полимер	°С
АБС	38
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	66
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	110
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бура

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	99
ПП	99
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	77
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	60
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	60
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Борная кислота

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	93
ПФО	60
ПФС	99
ПП	104
ПВДХ	77
ПС, 10%	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	82
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	93
Эпоксидные смолы	104
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	189
Полибутадиены	

Бром, газ, безв.

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	X
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП ^а	93
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ ^а	99
ПВДФ	99
СВМПЭ	
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент будет проникать в материал.

Бром, газ, влажн.

Полимер	°С
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	99
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	93
Полиамиды	X
ПАИ	49
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	121
ПВДФ	99
СВМПЭ	
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	
ПС	93
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	38
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бром, ж.

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^{а,б}	149
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	60
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	15
Фенолоальдегидные смолы, 3%	
Фенолформальдегидные смолы	149
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент абсорбируется материалом.^б Корродирующий агент будет проникать в материал.

Бромная вода, нас.

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	99
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	149
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	X
ВМПЭ	
ПЭТ	X
ПФО	
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	38
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бутадиен

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^б	204
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	38
ПП	X
ПВДХ	66
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	66
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	27
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	43
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Корродирующий агент абсорбируется материалом.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Бутилацетат

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	60
СВМПЭ	32
ВМПЭ	32
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	121
ПП	X
ПВДХ	49
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	60
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	77
Виниловые сложные эфиры	27
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бутиловый спирт

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	38
ПФО	
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	60
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	27
Терефталатные	38
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	99
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

***n*-Бутиламин**

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	X
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	49
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФАа	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	93
ПП	32
ПВДХ	
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Корродирующий агент абсорбируется материалом.

Бутиловый эфир

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	93
ЭТФЭ	93
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	99
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	99
ПП	X
ПВДХ	
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	99
Фенолоальдегидные смолы	99
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Масляная кислота

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	54
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	121
ПП	82
ПВДХ	27
ПС	54
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ, <1%	60
ХПЭ	110
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, 50%	104
Галогенированные, 20%	93
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные, 20%	49
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	54
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	127
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция бисульфид

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	49
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Кальция бисульфит

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	60
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	27
ВМПЭ	60
ПЭТ	X
ПФО	27
ПФС	93
ПП	99
ПВДХ	27
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	66
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	132
Виниловые сложные эфиры	127
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция карбонат

Полимер	°C
АБС	38
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	149
ПП	121
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция хлорат

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали, 5%	32
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	127
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	110
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	66
ПУ	27
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы, 37.5%	88
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	149
Полибутадиены	27

Кальция гидроксид, 10%

Полимер	°С
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	66
ПАИ	
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	71
ПС	38
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	
ПУ	32
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	77
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные, 30%	99
Полибутадиены	

Кальция гидроксид, нас.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	66
ПАИ	
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	38
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	82
Виниловые сложные эфиры, 25%	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Кальция гипохлорит, 30%

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	X
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	60
ВМПЭ	38
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	49
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	97
Гидрированный Бисфенол А, 10%	82
Изофталатные	49
Терефталатные	
Эпоксидные смолы, 20%	66
Виниловые сложные эфиры, 20%	71
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция гипохлорит, нас.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	X
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО, 20%	60
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	49
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	93
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, 20%	27
Галогенированные, 20%	27
Гидрированный Бисфенол А, 10%	82
Изофталатные, 10%	49
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы, 70%	66
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы, до 20%	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Кальция нитрат

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	104
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция оксид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	66
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	71
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кальция сульфат

Полимер	°С
АБС, 25%	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	121
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Каприловая кислота

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	104
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	32
ПС	
ПВХ типа 1	49
ПВХ типа 2	
ХПВХ	82
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	60
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Углерода (IV) оксид, безв.

Полимер	°С
АБС	32
Акрилаты	
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	27
ПФС	93
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	177
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	32
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	27

Углерода (IV) оксид, влажн.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	77
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	71
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	27
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Сероуглерод

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^{а,б}	199
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	27
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	15
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	32
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	38
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	82
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^а Материал проницаем для корродирующего агента.^б Корродирующий агент абсорбируется материалом.

Углерода (II) оксид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	99
ПФО	60
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	177
Галогенированные	77
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	99
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	177
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Углерод четыреххлористый

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП ^{а,б,в}	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА ^{а,б,в}	193
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	49
ПП	X
ПВДХ	60
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	93
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	43
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	77
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Материал подвержен растрескиванию под напряжением.^б Корродирующий агент абсорбируется материалом.^в Материал проницаем для корродирующего агента.

Угольная кислота

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	38
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	99
ПФО	60
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	71
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	99
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Калия гидроксид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ, 10–50%	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды, до 50%	49
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ, 10%	27
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	82
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ, 50%	X
ПФО, 50%	32
ПФС	
ПП	77
ПВДХ, 50%	27
ПС, 35%	54
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ, 50%	82
ХПЭ	121
ПУ, до 50%	27
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, 10–50%	77
Галогенированные, 10–50%	49
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные, 50%	X
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры, 10–50%	66
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Целлозольв

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	X
ВМПЭ	27
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	60
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	60
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Хлор, газ, безв.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	X
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	X
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	X
ПТФЭ	
ПВДФ	116
СВМПЭ	27
ВМПЭ, 10%	27
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	X
ХПЭ	38
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	177
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	116
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	171
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Хлор, газ, влажн.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^а	204
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ, 10%	121
СВМПЭ, 10%	49
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	27
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	104
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	121
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	66
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	X

^а Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлор, ж.

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	X
ПТФЭ	
ПВДФ	99
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Корродирующий агент абсорбируется материалом.

Хлоруксусная кислота

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	49
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ, 50%	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА, 50%	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	93
ПП	82
ПВДХ	49
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные, 25%	32
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные, до 25%	66
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры, 25%	93
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Хлорбензол

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	X
ПФА ^a	199
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	X
Ацетали, безв.	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	43
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	121
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлороформ

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	93
ПАИ	49
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	199
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	27
ВМПЭ	X
ПЭТ	110
ПФО	X
ПФС	66
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	110
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	171
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлорсульфоновая кислота

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	27
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	X
ПФА ^a	199
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	43
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	54
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^a Корродирующий агент абсорбируется материалом.

Хромовая кислота, 10%

Полимер	°C
АБС	32
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	X
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	93
ПП	60
ПВДХ	82
ПС, 12%	60
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	82
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	X

Хромовая кислота, 50%

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	X
ПФА ^a	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	32
ВМПЭ	32
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	93
ПП	66
ПВДХ	82
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	99
ХПЭ	93
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	60
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	X

^a Корродирующий агент поглощается материалом.

Лимонная кислота, 15%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	49
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	
ПЭЭК	77
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	49
ПФС	121
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	38
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Лимонная кислота, конц.

Полимер	°С
АБС, 25%	60
Акриловые смолы	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	
ПЭЭК	77
ПЭИ	121
ПЭС	27
ПФА	188
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	32
ПФС	121
ПП	104
ПВДХ	82
ПС, 40%	27
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	93
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы, 32%	88
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (I) ацетат

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	143
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	149
ПП	27
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	27
ПВХ типа 2	
ХПВХ	93
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (I) карбонат

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	83
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (I) хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	104
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	

Меди (I) цианид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	99
ПП	93
ПВДХ	54
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ, 10%	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (I) сульфат

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	60
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	93
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы, 17%	99
Виниловые сложные эфиры	116
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Крезол

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	60
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	66
ПС	X
ПВХ типа 1	54
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	60
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	38
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (II) хлорид, 5%

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	232
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	66
ПФС	149
ПП	60
ПВДХ	71
ПС	93
ПВХ типа 1	66
ПВХ типа 2	
ХПВХ	
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	77
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	132
Фурановые смолы	149
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (II) хлорид, 50%

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	38
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ, 5%	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ, 5%	132
СВМПЭ, 10%	27
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	77
ПФС, 5%	149
ПП	60
ПВДХ	77
ПС, нас.	93
ПВХ типа 1	66
ПВХ типа 2	
ХПВХ	82
ХПЭ	93
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфир:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	60
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы, нас.	149
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	149
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (II) цианид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ, 10%	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	99
ПП, 10%	93
ПВДХ, 10%	54
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ, 10%	116
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	116
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (II) фторид

Полимер	°С
АБС, 25%	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	121
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (II) нитрат

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	77
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	116
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	60
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	116
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	183
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Меди (II) сульфат

Полимер	°C
АБС	38
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	199
Полиамиды	60
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	110
Изофталатные	93
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Циклогексанол

Полимер	°C
АБС	27
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	77
ВМПЭ	27
ПЭТ	
ПФО	88
ПФС	121
ПП	66
ПВДХ	32
ПС	93
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	49
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Циклогексанол

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	43
СВМПЭ	60
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Моющие средства (детергенты)

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	43
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	60
ПФО	32
ПФС	143
ПП	104
ПВДХ	
ПС	27
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	32
Терефталатные	60
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	38
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Детергентов р-ры (агрессивные)

Полимер	°С
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	38
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	49
ПФО	
ПФС	149
ПП	66
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	71
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	27
Терефталатные	49
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Декстрин

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	110
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	71
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Декстроза (D-глюкоза)

Полимер	°C
АБС, 30%	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО, 20%	60
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	104
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	116
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Дибутиловый эфир

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	93
ЭТФЭ	93
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	177
ПВДФ	93
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	99
ПП	X
ПВДХ	
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	99
Фенолоальдегидные смолы	99
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Дибутилфталат

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	60
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	49
ПФС	149
ПП	43
ПВДХ	49
ПС	82
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	121
Изофталатные	71
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	110
Фенолоальдегидные смолы	99
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Дихлоруксусная кислота

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	27
ВМПЭ	
ПЭТ	38
ПФО	
ПФС	
ПП	38
ПВДХ	49
ПС	
ПВХ типа 1	38
ПВХ типа 2	38
ХПВХ, 20%	38
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	38
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	38
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Дихлорбензол

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	X
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	93
ПП	66
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	43
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	43
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Дихлорэтан

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	38
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	171
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	49
ПУ	
Ацетали	32
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	43
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Этанол

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	32
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	38
ПФС	
ПП	82
ПВДХ	66
ПС	38
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	27
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	66
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Хлорэтан

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	127
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	93
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэфир:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Этиловый эфир

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	27
ПЭС	
ПФА	188
ПТФЭ	232
ПВДФ	66
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	66
ПП	32
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Этиленгликоль

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	71
ПЭИ	27
ПЭС	32
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	93
ПФО	60
ПФС	149
ПП	110
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	104
ПУ	32
Ацетали	82
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	121
Терефталатные	93
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	177
Фенолоальдегидные смолы	38
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Жирные кислоты

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	93
ПФО	15
ПФС	121
ПП	60
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	38
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	104
Изофталатные	82
Терефталатные	93
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	121
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	27
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Железа (III) хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ, 50%	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	99
ПП	99
ПВДХ	60
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Железа (III) нитрат, 10–50%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС	99
ПП	93
ПВДХ	54
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	82
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	149
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Железа (II) хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	32
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	99
ПП	99
ПВДХ	54
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы, 40%	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Железа (II) нитрат

Полимер	°С
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	99
ПП	99
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	71
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Фтор, газ, безв.

Полимер	°C
АБС	32
Акрилаты	
ТФХЭ	X
ЭТФХЭ	X
ЭТФЭ	38
ТФЭ/ГФП	93
Полиамиды	227
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	X
ПТФЭ	154
ПВДФ	27
СВМПЭ	X
ВМПЭ	27
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	X
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	32
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Фтор, газ, влажн.

Полимер	°С
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	27
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	38
ТФЭ/ГФП	X
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	X
ПТФЭ	93
ПВДФ	121
СВМПЭ	X
ВМПЭ	27
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	
ПП	
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Формальдегид, разб.

Полимер	°C
АБС	38
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	60
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	149
ПВДФ	49
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	116
ПФО	
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	60
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	60
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	104
Изофталатные	60
Терефталатные	116
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	71
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Формальдегид, 35%

Полимер	°С
АБС	38
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	60
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	49
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	38
ХПВХ	60
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	60
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	60
Фурановые смолы	71
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Формальдегид, 37%

Полимер	°C
АБС	38
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	93
ПФС	93
ПП	99
ПВДХ	60
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	38
ХПВХ	60
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	60
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Формальдегид, 50%

Полимер	°С
АБС	38
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	166
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	54
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	49
ХПВХ	66
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	49
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	88
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	60
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Муравьиная кислота, 10–85%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК, 10%	32
ПЭИ, 10%	32
ПЭС	27
ПФА	199
ПТФЭ	121
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	
ПП	99
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	38
ПВХ типа 2	32
ХПВХ, до 25%	82
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Фурфурол

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	32
ПАИ	27
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	43
СВМПЭ	27
ВМПЭ	54
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	149
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	60
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Галловая кислота

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	71
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	121
ПП	82
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	121
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Газ природный

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	60
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	60
ПФС	
ПП	71
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	32
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	138
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бензин очищенный

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	93
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	127
ПАИ	49
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	
СВМПЭ	X
ВМПЭ	
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	149
ПП	X
ПВДХ	32
ПС	93
ПВХ типа 1	49
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	27
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	27
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	32
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бензин низкокачественный

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	160
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	149
ПП	X
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали	X
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	27
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	88
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бензин неэтилированный

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	149
ПП	X
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	38
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Глицерин

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	93
ПЭЭК	93
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	149
ПП	99
ПВДХ	82
ПС	27
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	104
ПУ	32
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные, 75%	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	138
Виниловые сложные эфиры	149
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Зеленый щелок

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	121
ПП	60
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Бромоводородная кислота, разб.

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^{а,б}	93
ПТФЭ ^{а,б}	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	93
ПП	110
ПВДХ	49
ПС	149
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	54
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	60
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	82
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Материал подвержен растрескиванию из-за возникающего напряжения.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Бромоводородная кислота, 20%

Полимер	°С
АБС	49
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^{а,б}	93
ПТФЭ ^{а,б}	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	93
ПП	93
ПВДХ	49
ПС	82
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	71
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	60
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	82
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Материал подвержен растрескиванию.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Бромоводородная кислота, 50%

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^{а,б}	93
ПТФЭ ^{а,б}	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	93
ПП	88
ПВДХ	54
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	88
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	66
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	X

^а Материал подвержен растрескиванию.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлороводородная кислота, 20%

Полимер	°C
АБС	32
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	32
ПЭИ	32
ПЭС	60
ПФА ^{а,б}	121
ПТФЭ ^{а,б}	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	71
ПФС	99
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	60
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	110
Гидрированный Бисфенол А	82
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	32

^а Материал подвержен растрескиванию.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлороводородная кислота, 38%

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^{а,б}	204
Полиамиды	X
ПАИ	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	32
ПЭС	60
ПФА ^{а,б}	93
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	32
ПФО	88
ПФС	99
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	60
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	77
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	82
Гидрированный Бисфенол А	77
Изофталатные	71
Терефталатные	32
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	32

^а Материал подвержен растрескиванию.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Синильная кислота, 10%

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	183
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	121
ПП	60
ПВДХ	49
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	27
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	66
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	32
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	71
Виниловые сложные эфиры	71
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Фтороводородная кислота (плавиновая), 30%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	93
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	X
ПФО	32
ПФС	93
ПП	82
ПВДХ	71
ПС	38
ПВХ типа 1	54
ПВХ типа 2	54
ХПВХ	X
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат ^b	32
Галогенированные ^b	49
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.^b Необходимо использовать синтетическое покрытие или покровный мат.

Фтороводородная кислота (плавиковая), 70%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	116
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^а	93
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	
ПП	93
ПВДХ	
ПС	X
ПВХ типа 1	27
ПВХ типа 2	
ХПВХ	32
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные полиэфиры	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^а Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлороводород, газ, безв.

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	93
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	66
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	32
ПВХ типа 2	27
ХПВХ	
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	38
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	110
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлороводород, газ, влажн.

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	232
ПВДФ	132
СВМПЭ	60
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	
ПВХ типа 2	
ХПВХ	27
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	49
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	177
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Водорода пероксид, разб.

Полимер	°С
АБС, 3%	27
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	132
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	49
ВМПЭ	49
ПЭТ	49
ПФО	32
ПФС	
ПП	38
ПВДХ	49
ПС	32
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные, 5%	93
Гидрированный Бисфенол А	27
Изофталатные, 5%	27
Терефталатные	49
Эпоксидные смолы, 10%	66
Виниловые сложные эфиры	60
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Водорода пероксид, 30%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	132
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	49
ПФО	32
ПФС	
ПП	38
ПВДХ	49
ПС	82
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	82
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	32
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	X
Терефталатные	49
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	77
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Водорода пероксид, 50%

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	83
ПЭИ	32
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	66
ПВДХ	54
ПС	27
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	38
ХПВХ	32
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	43
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Водорода пероксид, 90%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	23
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	27
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	43
ПВДХ	49
ПС	38
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	27
ХПЭ	60
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	27
Фенолоальдегидные смолы	27
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Сероводород, безв.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	66
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ ^a	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	27
ПФС	121
ПП	77
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	60
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	60
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	121
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Сероводород, влажн.

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	60
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	232
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	82
ПВДХ	71
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	
ХПЭ	82
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	60
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Хлорноватистая кислота

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	49
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, 20%	32
Галогенированные, 10%	38
Гидрированный Бисфенол А, 50%	99
Изофталатные	32
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры, 50%	66
Фурановые смолы, 10%	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Кетоны

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	66
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	43
СВМПЭ	27
ВМПЭ	27
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	
ПП	43
ПВДХ	32
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	38
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Молочная кислота, 25%

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	15
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	54
СВМПЭ	60
ВМПЭ	66
ПЭТ	121
ПФО	88
ПФС	121
ПП	66
ПВДХ	49
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	104
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

Молочная кислота, конц.

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	43
СВМПЭ	60
ВМПЭ	
ПЭТ	121
ПФО	88
ПФС	121
ПП	66
ПВДХ	27
ПС	93
ПВХ типа 1	27
ПВХ типа 2	27
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали, 10%	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	71
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

Магния хлорид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	149
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	193
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	93
ПФС	149
ПП	99
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	110
ХПЭ	132
ПУ	27
Ацетали, 10%	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	127
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

Яблочная кислота

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	199
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	
ПП	54
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные, 10%	32
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	32
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	60
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Хлорметан

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	99
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	X
ПЭС	
ПФА ^а	199
ПТФЭ ^б	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	110
ПУ	X
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	49
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	149
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Материал подвержен растрескиванию.^б Материал проницаем для корродирующего агента.

Метилэтилкетон

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	116
ПАИ	93
ПЭЭК	188
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА ^а	204
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	93
ПП	66
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	32
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	32
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	77
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^а Материал проницаем для корродирующего агента.

Изобутилметилкетон

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	43
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^а	204
ПТФЭ ^{а,б}	232
ПВДФ	43
СВМПЭ	27
ВМПЭ	27
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	121
ПП	27
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	71
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^а Материал проницаем для корродирующего агента.^б Материал подвержен растрескиванию.

Соляная кислота

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^а	204
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	
СВМПЭ	60
ВМПЭ	15
ПЭТ	27
ПФО	
ПФС	99
ПП	93
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	71
ПВХ типа 2	66
ХПВХ	82
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	54
Галогенированные	88
Гидрированный Бисфенол А	82
Изофталатные	71
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	27
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Материал проницаем для корродирующего агента.

Азотная кислота, 5%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА ^a	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	66
ПФО	66
ПФС	66
ПП	60
ПВДХ	32
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	38
ХПВХ	66
ХПЭ	82
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	49
Терефталатные	66
Эпоксидные смолы	71
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	27

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Азотная кислота, 20%

Полимер	°C
АБС	54
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	71
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	27
ПЭС	X
ПФА ^а	204
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	82
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	32
ПФС	38
ПП	60
ПВДХ	66
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	71
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	38
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	38
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	27

^а Материал проницаем для корродирующего агента.

Азотная кислота, 70%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	43
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	X

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Азотная кислота, безв.

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	X
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a , 90%	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	66
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	27
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	X

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Азотная кислота, 70%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	27
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	43
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	X

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Олеум

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	15
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	49
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	27
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	88
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Хлорная кислота, 10%

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	
ПП	66
ПВДХ	54
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	15
ХПВХ	82
ХПЭ	60
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	32
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Хлорная кислота, 70%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	66
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	49
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	49
ПС	
ПВХ типа 1	15
ПВХ типа 2	15
ХПВХ	82
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	32
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Фенол, 10%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	60
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА ^a	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	38
ВМПЭ	38
ПЭТ	X
ПФО	X
ПФС	143
ПП	93
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	32
ХПЭ	32
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные, 5%	32
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	99
Фенолоальдегидные смолы	32
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	27

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Фенол

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП ^a	201
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	60
ПЭИ	
ПЭС	X
ПФА ^a	202
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	38
ВМПЭ	38
ПЭТ	X
ПФО	
ПФС	149
ПП	82
ПВДХ	X
ПС	
ПВХ типа 1	15
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	60
ХПЭ	32
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные, 5%	32
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы, 85%	99
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	27

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Фосфорная кислота, 50–80%

Полимер	°С
АБС	54
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	27
ПЭС	93
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	38
ВМПЭ	38
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	104
ПП	99
ПВДХ	54
ПС	27
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Пикриновая кислота

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	49
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	27
СВМПЭ	30
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	49
ПС	
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	66
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	43
Галогенированные	38
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	27
Виниловые сложные эфиры, 10%	93
Фурановые смолы	71
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Калия бромид, 30%

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды, 10%	99
ПАИ	
ПЭЭК	60
ПЭИ	
ПЭС	66
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	60
ПФС	93
ПП	99
ПВДХ	43
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные, 30%	110
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	71
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	104
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Салициловая кислота

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	54
ПВДХ	54
ПС	38
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	66
Галогенированные	54
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	38
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	66
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Серебра бромид, 10%

Полимер	°С
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	77
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	32
ХПВХ	77
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	82
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Натрия карбонат

Полимер	°C
АБС, 25%	60
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	116
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	99
ПЭИ	
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	93
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные, 10%	88
Гидрированный Бисфенол А, 10%	38
Изофталатные, 20%	32
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы, 50%	127
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	149
Полибутадиены	32

Натрия хлорид

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	38
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали, 10%	82
Сложные полиэфир:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	93
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные, 10%	204
Полибутадиены	

Натрия гидроксид, 10%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	X
ПЭЭК	104
ПЭИ	32
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ ^a	99
СВМПЭ	77
ВМПЭ	66
ПЭТ	54
ПФО	66
ПФС	99
ПП	104
ПВДХ	32
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	88
ХПЭ	82
ПУ	
Ацетали	27
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	54
Галогенированные	43
Гидрированный Бисфенол А	38
Изофталатные	X
Терефталатные	54
Эпоксидные смолы	88
Виниловые сложные эфиры	77
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	32

^a Материал подвержен растрескиванию под напряжением.

Натрия гидроксид, 50%

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	110
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	X
ПЭЭК	82
ПЭИ	
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ ^a	104
СВМПЭ	77
ВМПЭ	66
ПЭТ	X
ПФО	60
ПФС	99
ПП	104
ПВДХ	66
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	32
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	104
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	32

^a Материал подвержен растрескиванию.

Натрия гидроксид, конц.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	232
ПВДФ ^а	66
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	X
ПФС	
ПП	60
ПВДХ	X
ПС	27
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	88
ХПЭ	82
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	32
Полибутадиены	32

^а Материал подвержен растрескиванию.

Натрия гипохлорит, 20%

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты, 15%	38
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ, 10%	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО, 20%	27
ПФС, 5%	93
ПП	49
ПВДХ, 10%	54
ПС	149
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	82
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфир:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А, 10%	71
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы, 5%	27
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	32

Натрия гипохлорит, конц.

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	121
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	X
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	27
ПФО	27
ПФС	121
ПП	43
ПВДХ	49
ПС	149
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	93
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	60
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	27
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	38
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Натрия сульфид, до 50%

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	121
ПАИ	X
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	116
ПФО, 25%	60
ПФС, все	121
ПП	88
ПВДХ	60
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	110
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, нас.	99
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные, нас.	X
Терефталатные	116
Эпоксидные смолы, до 10%	121
Виниловые сложные эфиры, все	104
Фурановые смолы, 10%	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	32

Олова (IV) хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	32
ПФС, все	110
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	27
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	82
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры, все	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	27
Полибутадиены	

Олова (II) хлорид

Полимер	°С
АБС	38
Акрилаты	27
ТФХЭ	99
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды, безв.	232
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	77
ПФО	60
ПФС, все	99
ПП	93
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	121
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	82
Терефталатные	77
Эпоксидные смолы	104
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	116
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Серная кислота, 10%

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	71
ПФО	60
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	49
ПС	149
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	127
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	71
Терефталатные	71
Эпоксидные смолы	60
Виниловые сложные эфиры	93
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	27

Серная кислота, 50%

Полимер	°С
АБС	54
Акрилаты	32
ТФХЭ	110
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	93
ПЭИ	27
ПЭС	X
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	60
ПФО	32
ПФС	121
ПП	93
ПВДХ	X
ПС	149
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфир:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	66
Терефталатные	60
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	138
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	27

Серная кислота, 70%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	27
ТФХЭ	110
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	27
ВМПЭ	27
ПЭТ	X
ПФО	32
ПФС	121
ПП	82
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	104
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	88
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	43
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	32

Серная кислота, 90%

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	99
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	27
ПФС	104
ПП	82
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	49
ХПЭ	60
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	27
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Серная кислота, 98%

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	99
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	60
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	82
ПФС	
ПП	49
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	149
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Серная кислота, 100%

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	99
ЭТФХЭ	27
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	X
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	X
ПФО	
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	X
Изофталатные	X
Терефталатные	X
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	X
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Серная кислота дымящая

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	93
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	49
ТФЭ/ГФП ^a	204
Полиамиды	X
ПАИ	40
ПЭЭК	X
ПЭИ	X
ПЭС	X
ПФА ^a	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	15
ПФС	
ПП	X
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терепталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

^a Материал проницаем для корродирующего агента.

Сернистая кислота

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС, 10%	93
ПП	82
ПВДХ	27
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	43
Галогенированные, 10%	27
Гидрированный Бисфенол А, 25%	99
Изофталатные, 10%	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы, до 20%	116
Виниловые сложные эфиры, 10%	49
Фурановые смолы	71
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	71
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	

Тионилхлорид

Полимер	°C
АБС	X
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП ^а	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^а	204
ПТФЭ ^а	232
ПВДФ	X
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	X
ПП	38
ПВДХ	X
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	X
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры	X
Фурановые смолы	X
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

^а Материал проницаем для корродирующего агента.

Толуол

Полимер	°С
АБС	X
Акрилаты	X
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	93
ПАИ	93
ПЭЭК	27
ПЭИ	27
ПЭС	27
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	99
СВМПЭ	X
ВМПЭ	X
ПЭТ	121
ПФО	X
ПФС	149
ПП	15
ПВДХ	27
ПС	X
ПВХ типа 1	X
ПВХ типа 2	X
ХПВХ	X
ХПЭ	27
ПУ	X
Ацетали	X
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	X
Галогенированные	43
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные	43
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	66
Виниловые сложные эфиры	49
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	93
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	X
Полибутадиены	X

Трихлоруксусная кислота

Полимер	°C
АБС	
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	66
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	54
СВМПЭ, 50%	60
ВМПЭ	27
ПЭТ	121
ПФО, 10%	60
ПФС, 50%	99
ПП	66
ПВДХ	27
ПС	
ПВХ типа 1	32
ПВХ типа 2	X
ХПВХ, 20%	60
ХПЭ	X
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат, 50%	82
Галогенированные, 50%	93
Гидрированный Бисфенол А	32
Изофталатные, 50%	77
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	X
Виниловые сложные эфиры, 50%	99
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы, 30%	38
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Вода минеральная кислая

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	27
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	93
ПТФЭ	232
ПВДФ	104
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	93
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	38
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	43
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	99
Полибутадиены	

Вода деминерализованная

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	66
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	77
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	71
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	66
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	99
Полибутадиены	

Вода дистиллированная

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	99
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	93
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	77
ПС	99
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	27
Ацетали	82
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	93
Галогенированные	99
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	93
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	99
Полибутадиены	

Вода питьевая

Полимер	°С
АБС	27
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	82
ПВДХ	77
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	99
ХПЭ	
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	99
Галогенированные	77
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	99
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	99
Виниловые сложные эфиры	99
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Вода соленая

Полимер	°С
АБС	60
Акрилаты	32
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	60
ПАИ	
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	82
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	X
Ацетали	27
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	99
Изофталатные	76
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы, 10%	99
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	99
Полибутадиены	

Вода морская

Полимер	°C
АБС	32
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	121
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	60
ПАИ	
ПЭЭК	66
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	138
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	32
ПФС	149
ПП	104
ПВДХ	77
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	104
Галогенированные	82
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	49
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	149
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	121
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	99
Полибутадиены	

Воды сточные

Полимер	°С
АБС	27
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	132
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	
ПАИ	
ПЭЭК	43
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	121
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	
ПФО	
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	77
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	82
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфирь:	
Бисфенол А фумарат	
Галогенированные	
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	
Виниловые сложные эфиры	
Фурановые смолы	
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Белый щелок

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	121
ЭТФЭ	
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	27
ПАИ	
ПЭЭК	
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА	204
ПТФЭ	232
ПВДФ	93
СВМПЭ	
ВМПЭ	
ПЭТ	
ПФО	32
ПФС	
ПП	104
ПВДХ	
ПС	
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	104
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэферы:	
Бисфенол А фумарат	82
Галогенированные	X
Гидрированный Бисфенол А	
Изофталатные	X
Терефталатные	
Эпоксидные смолы	93
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	60
Фенолоальдегидные смолы	
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	
Полибутадиены	

Цинка хлорид

Полимер	°C
АБС	60
Акрилаты	27
ТФХЭ	
ЭТФХЭ	149
ЭТФЭ	149
ТФЭ/ГФП	204
Полиамиды	X
ПАИ	
ПЭЭК	32
ПЭИ	
ПЭС	
ПФА ^a	204
ПТФЭ ^a	232
ПВДФ	127
СВМПЭ	60
ВМПЭ	60
ПЭТ	121
ПФО	60
ПФС, 70%	121
ПП	93
ПВДХ	77
ПС	93
ПВХ типа 1	60
ПВХ типа 2	60
ХПВХ	93
ХПЭ	121
ПУ	
Ацетали	
Сложные полиэфиры:	
Бисфенол А фумарат	121
Галогенированные	93
Гидрированный Бисфенол А	93
Изофталатные	82
Терефталатные	121
Эпоксидные смолы	121
Виниловые сложные эфиры	82
Фурановые смолы	127
Фенолоальдегидные смолы	149
Фенолформальдегидные смолы	
Силоксаны метилзамещенные	204
Полибутадиены	

^a Корродирующий агент абсорбируется материалом.

Литература

1. P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.*

5. Эластомеры

5.1. Введение

Эластомеры (по определению *ASTM* — Американского общества по испытанию материалов) представляют собой полимерные материалы, которые при комнатной температуре могут удлиняться по меньшей мере вдвое от первоначальной длины и по снятии растягивающей нагрузки быстро возвращаются в исходное состояние.

Как правило, к эластомерам относят любой материал, являющийся эластичным, или упругим, и, вообще говоря, напоминающим натуральный каучук по свойствам и внешнему виду. Эластомеры иногда относят к каучукам.

Молекулы эластомеров представляют собой длинные цепи, склонные сворачиваться в спиральные структуры, напоминающие винтовые пружины, соединенные между собой редкими связями. При наложении небольших напряжений спирали растягиваются или сжимаются, причем с увеличением нагрузки сопротивление возрастает. Для наглядности можно представить себе поведение эластичного бинта.

Оптимальных свойств эластомера можно достичь, составляя резиновые смеси как из природных, так и из синтетических каучуков. Исходные каучуки обычно становятся мягкими и липкими при повышенных температурах, и, напротив, твердыми и хрупкими при низких. Для увеличения прочности, жесткости, твердости, долговечности, для окрашивания или для придания других необходимых свойств к каучукам добавляют различные ингредиенты. Вулканизирующие агенты добавляют к каучукам для расширения диапазона температур, в котором образующаяся резина сохраняет гибкость и эластичность.

Различные области применения требуют наличия у эластомера определенных свойств. Ниже приведены примеры изделий из эластомеров и их свойства, которые необходимы для успешного использования.

Износостойкость: автомобильные шины, конвейерные ленты, подошвы и каблуки обуви, кабели, рукава шлангов.

Прочность на раздир: протекторы шин, обувь, грелки, наружные слои конвейерных лент и рукавов, кольца круглого сечения.

Стойкость при многократных деформациях: автомобильные шины, приводные и клиновые ремни, опорные конструкции, обувь.

Теплостойкость: автомобильные шины, конвейерные ленты, предназначенные для транспортировки горячих материалов, рукава для подачи пара, кольца круглого сечения.

Морозостойкость: детали воздушных судов и автомобилей, шины, холодильное оборудование, кольца круглого сечения.

Минимальный разогрев при деформации: шины, приводные ремни и клиновые ремни, опорные конструкции.

Высокая эластичность: губчатая резина, опоры, эластичные ленты, шнуры, шланги пескоструйных аппаратов, кольца круглого сечения.

Жесткость: упаковочные материалы, подошвы и каблуки обуви, клапаны, заборные рукава, батарейные отсеки.

Долговечность: пожарные рукава, приводные ремни, гибкие трубопроводы.

Высокое удельное сопротивление: изоляционная лента, панели электрических щитков, диэлектрические перчатки, электрическая изоляция проводов.

Электропроводность: оборудование, не накапливающее электрический заряд, напольные покрытия.

Газонепроницаемость: разнообразные надувные изделия, спасательные плоты, шланги для подачи бензина, мембраны, футеровка дымовых труб.

Озоностойкость: уплотнители в распределителях системы зажигания, стеклоочистители.

Стойкость к действию солнечного света: одежда, рукава, стеклоочистители.

Химическая стойкость: футеровка резервуаров, уплотнительные прокладки, мембраны клапанов, шланги для транспортировки химикатов, кольца круглого сечения.

Маслостойкость: шланги для подачи бензина, заборные шланги для нефти, красок, молочных продуктов, приводные ремни, футеровка резервуаров, уплотнительные кольца, обувь.

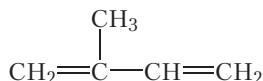
Клейкость: замазки, изоляционная лента, клейкая (самоклеющаяся) лента.

Малый удельный вес: детали воздушных судов, надувные изделия.

Отсутствие вкуса и запаха: трубопроводы для молочных продуктов, пива и вина, ниппели, кольца круглого сечения, прокладки и манжеты.

Способность к окрашиванию: одежда, спасательные плоты, сварочные шланги.

Эластомеры часто называют каучуками. Синтез аналога натурального каучука в промышленности оказался очень сложным. Синтетические каучуки, производимые в настоящее время в промышленности, сходны, хотя и не идентичны натуральному каучуку. Мономерным звеном натурального каучука является производное бутадиена. Молекула бутадиена, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, содержит два ненасыщенных фрагмента и легко полимеризуется. В промышленности его получают крекингом нефти или из этанола. Натуральный каучук представляет собой полимер метилбутадиена (изопрена).



Полимеризация бутадиена или его производных позволяет молекулам связываться в длинные цепи, содержащие порядка 1000 мономерных звеньев. Ранние попытки получить синтетический каучук позволили установить, что полимеризация незамещенного бутадиена не дает хороший каучук, так как получающиеся неразветвленные цепи могут лишь в малой степени сшиваться между собой¹. Введение боковых групп в цепь позволяет изменять свойства получаемого материала. Этого в частности можно достичь введением заместителей в бутадиен или же сополимеризацией бутадиена с каким-либо другим соединением.

При дальнейшей разработке синтеза синтетических каучуков начали использовать другие мономеры, например, изобутилен и этилен.

5.1.1. Важность рецептуростроения (кампаундирования)

Для достижения желаемого сочетания свойств материала химик-резинщик может тем или иным рецептурным приемом «подстраивать» нужные свойства, однако улучшение одних свойств может приводить к необходимости поступаться другими характеристиками. В табл. 5.1 приведены примеры последствий различных модификаций.

Таблица 5.1. Модификация свойств материала

Улучшение	Ухудшение
Предел прочности на растяжение, твердость	Растяжимость
Динамические характеристики	Динамические характеристики Термостойкость Остаточная деформация
Сбалансированные характеристики	Технологические характеристики
Оптимальные свойства	Стоимость
Уменьшение остаточной деформации сжатия	Прочность на изгиб
	Эластичность

¹ Автор ошибается: первый синтетический каучук, полученный С.В. Лебедевым в 1929 г., был именно полибутадиеном (СКБ). Он был не так уж плох и прекрасно сшивался. позднее в СССР и других странах был синтезирован современный качественный полибутадиен (СКД)З, широко используемый в шинной промышленности всего мира в смесях с полиизопреном и бутадиенстирольным каучуком. См. Синтетический каучук. — Л.: Химия, 1983. — *Примеч. науч. ред.*

Окончание табл. 5.1

Улучшение	Ухудшение
Маслостойкость	Низкотемпературная эластичность
Абразивостойкость	Эластичность
Демпфирование	Эластичность
	Увеличение остаточной деформации при сжатии

5.1.2. Сходные черты эластомеров и термопластов

За исключением силоксанов все термопласты и эластомеры являются углеродными полимерами. Они строятся путем соединения мономеров в длинные цепи. Многие мономеры могут являться строительными блоками как для термопластов, так и для эластомеров. Примерами являются стирол, акрилонитрил, этилен, пропилен, акриловая кислота и ее эфиры. До вулканизации эластомер находится в пластическом состоянии.

5.1.3. Различия между эластомерами и термопластами

При комнатной температуре невулканизованный каучук может быть мягкой, гибкой, клейкой массой или же плотным, эластичным материалом, в то время как конструкционные термопласты являются твердыми веществами. Свойством, которое обуславливает различие между эластомерами, а также различие между эластомерами и конструкционными полимерами, является подвижность молекул полимера.

Различие заключается в модулях материала — отношении значения приложенной силы к величине деформации материала. Чем более подвижны молекулы, тем сильнее деформация. Факторы, влияющие на сопротивляемость подвижности, включают взаимное притяжение молекул, степень кристалличности, наличие боковых цепей и переплетение полимерных молекул. Температура стеклования полимера определяется совокупностью этих факторов. Ниже температуры стеклования термопласты и эластомеры представляют собой переохлажденные жидкости, которые ведут себя во многом аналогично твердому телу. Выше температуры стеклования сшитый эластомер проявляет эластичные свойства. Поведение термопластов при температурах выше температуры стеклования зависит от степени их кристалличности. Для некристаллического (аморфного) термопласта модуль упругости при температуре стеклования резко уменьшается. При температурах между температурой стеклования и температурой плавления модуль упругости практически не изменяется с изменением температуры. Модуль упругости частично кристаллического термопласта сравнительно мало изменяется при температуре стеклования, а при ее дальнейшем повышении постепенно уменьшается.

Конструкционные термопласты обладают широким диапазоном температур стеклования. Они могут быть как выше, так и ниже комнатной температуры.

Температуры стеклования неотвержденных эластомеров находятся значительно ниже комнатной.

Главное различие между резинами и конструкционными термопластами заключается в наличии сшивок. Поперечные связи соединяют молекулы каучуков с такой частотой, что между двумя местами образования сшивок находится много несшитых звеньев. Такая степень сшивки несколько повышает сопротивление деформации, но значительно увеличивает эластичность эластомера, способствуя его свойству возвращаться в исходное состояние при снятии напряжения. В принципе большинство аморфных термопластов может быть превращено в эластомеры в некотором подходящем диапазоне температур путем контролируемого добавления определенного количества поперечных связей.

5.1.4. Причины повреждений

Химическое повреждение материалов является следствием химических реакций эластомеров с компонентами окружающей среды или их абсорбцией материалом. Это приводит к набуханию эластомера и уменьшению его прочности. Степень повреждения определяется температурой и содержанием корродирующего агента в окружающей среде. Обычно при повышении температуры и(или) концентрации корродирующего агента глубина повреждения увеличивается. В отличие от металлов, эластомеры абсорбируют различные непосредственно воздействующие на них вещества, особенно органические жидкости. Этот процесс может привести к набуханию, образованию трещин и проникновению содержимого к материалу емкости, футерованной эластомером. Набухание может вызвать размягчение эластомера и привести к возникновению напряжений и повреждений сцепления футеровки и изделия. Другим фактором, приводящим к повреждениям футеровок, является проницаемость, обычно имеет место тогда, когда эластомер хорошо абсорбирует химикаты. Однако большая способность к абсорбции не всегда необходима для наличия проницаемости. Некоторые эластомеры, например, фторзамещенные углеводороды, легко проницаемы для ряда химикатов, но обладают очень малой абсорбцией. Приближенная оценка проницаемости и/или абсорбции эластомера может быть произведена на основании данных об абсорбции воды, для которой данные обычно доступны.

Все материалы в той или иной степени проницаемы для химикатов, но скорость проницаемости эластомеров обычно на порядок выше, чем для металлов. Так как проницаемость тесно связана с абсорбцией, на ее скорость больше влияют скорость диффузии и температура, чем концентрация и температура. Проницаемость может быть серьезной проблемой футерованного эластомерными материалами оборудования. Когда корродирующий агент проникает через эластомер, он атакует металлический субстрат, который становится объектом химического воздействия.

Это может иметь следующие последствия:

1. Нарушение сцепления и образование пузырей. Это может быть вызвано тем, что между подложкой и футеровкой накапливается жидкость, когда материал подложки менее проницаем, чем футеровка. Второй причиной этого эффекта может быть химическое взаимодействие корродирующего агента и подложки, приводящее к образованию продуктов коррозии.
2. Повреждение субстрата в результате химического воздействия.
3. Потери содержимого сквозь футеровку и субстрат в результате разрушения последнего.

На степень проницаемости влияет толщина футеровки. Для достижения удовлетворительной в обычных ситуациях коррозионной стойкости обычно достаточно толщины футеровки порядка 0,01–0,02 дюймов, в зависимости от типа материала и корродирующего агента. В некоторых случаях требуется применение более толстых футеровок. Причиной для этого могут служить вероятные механические факторы, например, утонение материала из-за его хладотекучести и механические нарушения.

Проницаемость уменьшается пропорционально квадрату толщины футеровочного слоя. Однако увеличение толщины обкладки часто не является решением проблемы, так как может отрицательно сказываться на других свойствах оборудования. При увеличении толщины слоя термическое напряжение на границе раздела может вызвать нарушение сцепления. Изменения температуры и большие различия в коэффициентах температурного расширения являются наиболее распространенными причинами нарушения сцепления. На эти напряжения влияют толщина и модуль упругости эластомера. Кроме того, увеличение толщины футеровки значительно увеличивает трудозатраты на ее нанесение.

На скорость проницаемости также влияют температура и температурный градиент. Уменьшение их приводит к уменьшению скорости проникновения. В сравнительно мягких условиях футерованные сосуды, например, емкости для хранения химикатов, могут быть успешно использованы.

Существуют футеровки как связанные, так и не связанные с субстратом. В случае использования несвязанных футеровок необходимо, чтобы пространство между футеровкой и несущим материалом сообщалось с атмосферой для выпуска мельчайшего количества проникающего пара для предотвращения разрушения футеровки вследствие из-за воздуха, находящегося в этом пространстве.

Несмотря на то что эластомеры в принципе могут быть механически разрушены и в отсутствие корродирующих агентов, большинство механических повреждений являются результатом химического повреждения эластомера. Когда эластомер находится в агрессивных условиях, он ослаблен и поэтому подвержен механическим воздействиям среды при ее течении и перемешивании.

Некоторые эластомерные материалы подвержены разрушению на открытом воздухе в результате атмосферных воздействий. Действие солнечного света, озона и кислорода может вызывать образование трещин на поверхности

материала, обесцвечивание цветных изделий, значительные потери прочности, удлинения и некоторых других эластичных свойств. Таким образом, необходимо учитывать стойкость материала к атмосферным воздействиям, так же как и другие коррозионные свойства, когда материал предстоит использовать на открытом воздухе.

На открытом воздухе эластомеры могут разрушаться из-за воздействия озона, кислорода и солнечного света. Эти три фактора могут значительно влиять на свойства и внешний вид большинства эластомерных материалов. Результатом воздействий являются растрескивание поверхности, обесцвечивание и потеря прочности, эластичности и других физико-механических свойств. В табл. 5.2 приведены данные об озоностойкости некоторых эластомеров. При использовании в атмосферных условиях необходимо также учитывать поведение материала при низких температурах. Многие эластомеры при низких температурах кристаллизуются, становятся хрупкими и легко растрескиваются. В табл. 5.3 приведены данные по относительной низкотемпературной эластичности распространенных эластомеров. В табл. 5.4 приведены температуры хрупкости распространенных эластомеров. В табл. 5.5 приведены границы их допустимых температур применения.

Таблица 5.2. Озоностойкость некоторых эластомеров¹

<i>Очень хорошая стойкость</i>	
Сополимер этилена, пропилена и диена	Сульфохлорированный полиэтилен
Эпихлоргидриновый каучук	Полиакрилат
ЭТФЭ	Полисульфид
ЭТФХЭ	Полиамиды
Фторсилоксаны	Сложные полиэфиры
Этиленакрилат	Перфторэластомеры
Сополимер этилена и винилацетата	Уретаны
ХПЭ	Винилиденфторид
<i>Хорошая стойкость</i>	
Хлоропреновый каучук	Бутилкаучук
<i>Удовлетворительная стойкость</i>	
Нитрильный каучук	
<i>Плохая стойкость</i>	
<i>Buna S</i>	
Изопреновый каучук	Полибутадиен
Натуральный каучук	Бутадиенстирольный каучук (<i>Buna-S</i>)
	Стирол-бутадиен-стирольный блоксополимер

¹ Так как каучуки, в основном, самостоятельной технической ценности не представляют в табл. 5.2–5.5 речь идет прежде всего о резинах из этих каучуков.

Таблица 5.3. Относительная низкотемпературная эластичность распространенных эластомеров

Эластомер	Относительная эластичность ^a
Натуральный каучук (НК)	X–O
Бутилкаучук (БК)	У
Сополимер этилена, пропилена и диена (ЭПДК)	O
Этиленакриловый каучук (ЭА)	П–У
Фторэластомеры (ФК)	У–X
Фторсилоксаны (ФС)	O
Сульфохлорированный полиэтилен (<i>Hypalon</i>) (СХП)	У–X
Хлоропреновый каучук (<i>Neoprene</i>) (ХПК)	У–X
Бутадиеннитрильный каучук (Buna-N) (БНК)	У–X
Бутадиеновый каучук (ПБК)	X–O
Изопреновый каучук (ИК)	X
Полисульфидный каучук (ПСК)	У–X
Бутадиенстирольный каучук (<i>Buna-S</i>) (БСК)	X
Силоксановый каучук (СК)	O
Полиуретановый каучук (УК)	X
Полиуретановый каучук на основе простых полиэфиров (ЭУК)	X

^a O — очень хорошая стойкость; X — хорошая; У — удовлетворительная; П — плохая.

Таблица 5.4. Температура хрупкости распространенных эластомеров

Эластомер	°C
НК; ИК	–56
ХПК	–40
БСК	–60
БНК	(–1)–(–40)
СХП	(–40)–(–62)
ПБК	–56
ЭА	–60
ЭПДК; ЭПК (тройной этилен-пропиленовый каучук)	–68
СЭБС (стирол-этилен-бутадиен-стирольный блоксополимер)	(–50)–(–100)
Полисульфидный каучук, <i>SF</i>	–51
Полисульфидный каучук, <i>FA</i>	–35
УК	(–65)–(–73)

Окончание табл. 5.4

Эластомер	°С
Полиамид-11	-70
ПЭ	-70
ТПЭ (термопластичные эластомеры)	(-55)–(-60)
СК	-60
ФС	-60
ВДФ (винилиденфторид)	-62
ФК	(-32)–(-59)
ЭТФЭ	-101
ЭТФХЭ	-70
ПФК (перфторэластомеры)	(-23)–(-50)

5.1.5. Выбор эластомера

При выборе эластомера необходимо учитывать его физические, механические и химические свойства. Основные физические и механические характеристики, которые необходимо учитывать, включают:

- абразивостойкость;
- электрические свойства;
- остаточная деформация сжатия;
- сопротивление раздиру;
- предел прочности при растяжении;
- адгезия к металлам;
- адгезия к тканям;
- упругое восстановление после деформации на холоду и при нагреве;
- стойкость к тепловому старению и огнестойкость.

Таблица 5.5. Допустимый интервал температур применения распространенных эластомеров

Эластомер	Диапазон температур, °С	
	min	max
Натуральный каучук, НК	-50	80
Изопреновый каучук, ИК	-50	80
<i>Neoprene</i> , ХПК	-25	95
<i>Buna-S</i> , БСК	-56	80
Нитрильный каучук <i>Buna-N</i> , БНК	-40	105
Бутилкаучук, БК	-34	149
Хлорбутилкаучук, ХБК	-34	149
<i>Hypalon</i> , СХП	-30	105
Полибутадиеновый каучук, ПБК	-101	93
Этиленакрилатный, ЭАК	-40	170
Бутадиенакрилатный каучук, БАК	-40	170

Окончание табл. 5.5

Эластомер	Диапазон температур, °С	
	min	max
Сополимер этилена, пропилена и диена, ЭПДК	–54	149
Стирол-бутадиен-стирольный блоксополимер, СБС		65
Стирол-этилен-бутилен-стирольный блоксополимер, СЭБС	–75	105
Полисульфидный каучук, <i>ST</i>	–45	100
Полисульфидный каучук, <i>FA</i>	–35	121
Полиуретановый каучук, УК	–54	121
Полиамиды	–40	149
Сложные полиэфиры, ПЭ	–40	150
Термопластичные эластомеры, ТПЭ	–40	136
Силоксановые каучуки, СК	–51	232
Фторсилоксаны, ФС	–73	190
Винилиденфторид, ВДФ	–40	232
Фторкаучуки, ФК	–18	204
Эластомер этилентетрафторэтилена, ЭТФЭ	–223	149
Эластомер этилентрифторхлорэтилена, ЭТФХЭ	–76	171
Перфторкаучук, ПФК	–50	316

Необходимо учитывать, что эти свойства могут меняться при компаундировании, причем улучшение одной характеристики может привести к ухудшению других. Поэтому следует представлять подробные требования к материалу квалифицированному производителю и предоставить ему подбор подходящего эластомера.

Основным требованием к эластомеру является то, что он должен быть устойчив к корроденту, с которым контактирует. Поэтому необходимо обращать внимание на температуру и концентрации корродирующего агента, действию которого материал будет подвергаться.

Технические характеристики должны включать все свойства, требуемые для данного использования, такие как эластичность, гистерезис, статическое или динамическое сдвигающее усилие, модули сжатия, усталость при многократном сжатии, растрескивание, сопротивление ползучести, стойкость к действию масел и химикатов, проницаемость и точку хрупкости, а также допустимый диапазон температур.

5.1.6. Коррозионная стойкость

Определяющими факторами способности эластомера противостоять химической атаке являются концентрация химиката и температура. Другим важным

фактором является состав эластомера. Распространенной практикой в производстве эластомеров является введение добавок в рецептуру для улучшения определенных физических и/или механических свойств материала. Эти добавки могут неблагоприятно сказываться на коррозионной стойкости основного эластомера, особенно при повышенных температурах. В противоположность этому, некоторые производители модифицируют эластомеры для улучшения коррозионной стойкости за счет ухудшения физических и/или механических свойств. Поэтому важно знать, были ли при производстве эластомера использованы добавки, так как данные о коррозионной стойкости доступны лишь для чистых эластомеров.

Следует помнить, что многие эластомеры могут выпускаться несколькими производителями. Поэтому они могут несколько различаться по составу, что, в свою очередь, влияет на их коррозионную стойкость. Если указано, что материал совместим с определенным корродирующим агентом, это означает, что хотя бы одна из торговых марок совместима с этим веществом. В таких случаях необходимо убедиться в том, что продукт именно этого производителя совместим с корродирующим агентом.

5.1.7. Применение

Эластомерные материалы или резины находят широкое применение. Одной из важнейших областей их использования является футеровка химических емкостей. Для этой цели используются как натуральные, так и синтетические каучуки. Футеровки из эластомеров могут в течение долгого времени защищать стальные емкости от коррозии. Они обычно представляют собой тонкий слой материала, связанный со стальной подложкой.

Они также широко используются в качестве промежуточных мембран в сосудах с силикатными футеровками для защиты стальной оболочки от химических воздействий. Силикатная футеровка защищает эластомер от износа и высоких температур. Кроме того, эластомеры применяются в изготовлении непроницаемых футеровок отстойных бассейнов. Эти материалы предотвращают просачивание содержимого бассейнов в землю, что может вызвать загрязнение грунтовых вод и почв.

Натуральный каучук и большинство синтетических эластомеров представляют собой ненасыщенные соединения, которые в виде тонких пленок быстро окисляются и разрушаются на воздухе. При взаимодействии с хлором в подходящих условиях эти материалы образуют насыщенные соединения — чистые, нетоксичные и негорючие материалы без запаха. Их растворы можно смешивать с лаками, и полученный материал будет обладать высокой стойкостью к действию влаги и щелочей. Эти свойства делают такие материалы особенно полезными при окраске бетонных изделий, когда влага и основная среда вызывают разрушение обычных красок и лаков. Эти материалы не подвержены поражению плесенью и придают материалу огнестойкость, а также водостойкие

свойства, например, парусам. Покрытие этими материалами стальных изделий в значительной степени защитит их от коррозии.

Из большого числа эластомерных материалов производят огромное количество изделий: шланги, кабельную изоляцию, уплотнительные кольца, герметики, приводные ремни, амортизированные подвесы, гибкие муфты, расширительные соединения, детали автомобилей и воздушных судов, электротехнические изделия и другие. В различных ситуациях от эластомера могут требоваться самые разнообразные свойства, поэтому в каждом случае необходимо тщательно осуществлять выбор используемого материала.

5.1.8. Названия эластомеров

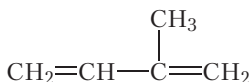
Многие эластомеры имеют общеупотребительное название и торговую марку помимо химического названия. Например, хлоропреновый каучук продается под названием *Neoprene* (торговая марка фирмы *DuPont*) или *Bayprene* (торговая марка *Mobay Corp*). Кроме того, Американское общество по испытанию материалов обозначает хлоропреновый каучук как ХПК (CR).

5.2. Натуральный каучук¹

Натуральный каучук лучшего качества получают коагуляцией млечного сока *Hevea brasiliensis*, выращиваемого главным образом в Индокитае. Однако существуют и другие источники: дикий (не плантационный) каучук из деревьев, растущих в Центральной Америке, гваяула (кустарник, растущий в Мексике, — из его сока получают одноименный каучук) и балата. Балата представляет собой смолистый материал и не может быть обработана аналогично соку гевеи. Дерево балата должно быть срублено и экстракцией выделяется материал балата, который затвердевает в твердый, жесткий продукт, используемый, например, в качестве покрытий мячей для гольфа.

Другой источник каучука — листья гуттаперчи. Такой материал производят из листьев деревьев кустарниковой формы. Из собранных листьев аналогично балате экстрагируют гуттаперчу, которая успешно использовалась для изоляции проводов в подводных лодках в течение более 40 лет.

Натуральный каучук представляет собой полимер метилбутадиена (изопрена):



¹ Все дальнейшие соображения и таблицы, касающиеся совместимости (коррозионной стойкости) каучуков относятся к каучукам в вулканизованном (сшитом) состоянии — резинам. — *Примеч. науч. ред.*

При полимеризации мономеры образуют длинные цепи, каждая из которых содержит более 1000 звеньев. Полибутадиен имеет плохие технические свойства и в основном применяется в виде смеси с полиизопреном и бутадиенстирольным каучуком. Многие марки синтетических каучуков производят либо путем полимеризации замещенных бутадиенов, либо сополимеризацией бутадиена с каким-либо другим мономером.

Сырой каучук становится клейким при жаркой погоде и хрупким на холоде. Его полезные свойства проявляются после вулканизации.

В зависимости от степени сшивки резины из натурального каучука классифицируются как мягкие, полужесткие или жесткие. Под определение эластомера (Американское общество по испытанию материалов) попадает только мягкая резина и, следовательно, все изложенное ниже относится только к ней. Свойства полужесткой или жесткой резины несколько отличаются. Особенно это относится к коррозионной стойкости материала.

Большинство резин получают добавлением к каучуку различных сшивающих агентов, чаще всего серы или серосодержащих органических соединений. Этот процесс называется вулканизацией. Он впервые был осуществлен Чарльзом Гудиром в 1839 г. и составил основу всех последующих разработок в резиновой промышленности.

Правильно разработанный процесс вулканизации позволяет улучшить механические свойства каучука, уменьшает его клейкость, делает его менее чувствительным к перепадам температуры и нерастворимым во всех известных растворителях. Для достижения различных свойств к каучуку добавляют следующие ингредиенты:

- сажу, осажденные пигменты и ускорители вулканизации добавляются для увеличения прочности на разрыв и абразивостойкости;
- мел, бариты, тальк, диоксид кремния, силикаты, глинозем и волокнистые материалы; их добавляют для уменьшения стоимости и придания жесткости;
- битумные материалы, каменноугольные смолы, растительные и минеральные масла, парафины, вазелиновые масла, нефть; добавляют как мягчители (для облегчения переработки и изменения свойств резины);
- аминопроизводные и воски; добавляют в качестве защитных агентов от старения, солнечного света, нагревания и сохранения эластичности;
- пигменты добавляют для окраски материала.

Вулканизация коренным образом изменяет механические свойства натурального каучука. Вулканизованный каучук может удлиниться приблизительно в 10 раз и в этом состоянии выдерживать груз в 10 т/дюйм². Он может быть сжат до одной трети его толщины без разрушения тысячи раз. При растяжении большинства типов вулканизованного каучука сопротивление материала дальнейшему удлинению увеличивается по мере растяжения. Даже будучи растянут практически до разрыва, он восстанавливает практически все исходные размеры при снятии нагрузки и затем постепенно пропадает остаточная деформация. По сравнению с синтетическими каучуками натуральный каучук намного более

эластичен. Резины из него обладают прекрасной способностью к упругому восстановлению как при высоких, так и при низких температурах.

5.2.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

При низких температурах натуральный каучук сохраняет свои свойства, но, находясь на воздухе, особенно под воздействием солнечного света, каучук имеет склонность к увеличению твердости и хрупкости. Он обладает средней стойкостью к действию озона. В отличие от синтетических эластомеров, натуральный каучук размягчается, но возвращается в исходное состояние при старении в присутствии солнечного света. В целом он обладает не очень хорошей стойкостью к погодным условиям и теряет свойства при старении.

5.2.2. Химическая стойкость

Натуральный каучук обладает прекрасной стойкостью к действию растворов большинства неорганических солей, щелочей и неокисляющих кислот. Хлороводородная кислота реагирует с мягкой резиной из НК с образованием гидрохлорида, поэтому не рекомендуется использовать такие резины в случаях, когда в процессе эксплуатации на них может действовать соляная кислота. Сильные окисляющие среды, например, азотная и концентрированная серная кислоты, перманганаты, дихроматы, диоксид хлора и гипохлорит натрия разрушают каучук. Минеральные и растительные масла, бензин, бензол, толуол и хлорированные углеводороды также воздействуют на материал. Он инертен по отношению к действию холодной воды и обладает хорошей стойкостью к действию спиртов и излучений.

Невулканизированный каучук растворим в бензине, нефти, сероуглероде, бензоле, петролейном эфире, скипидаре и других подобных растворителях.

В табл. 5.6 приведены данные о совместимости натурального каучука с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.6. Совместимость натурального каучука с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	

Продолжение табл. 5.6

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Акрилонитрил	
Аллиловый спирт	
Аллилхлорид	
Алюминия ацетат	
Алюминия гидроксид	
Алюминия нитрат	X
Алюминия оксихлорид	
Алюминия сульфат	60
Алюминия фторид	X
Алюминия хлорид, безв.	71
Алюминия хлорид, водн.	60
Амилацетат	X
Амиловый спирт	60
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	60
Аммония дифторид	
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	60
Аммония персульфат	
Аммония сульфат, 10–40%	60
Аммония сульфид	60
Аммония сульфит	
Аммония фосфат	60
Аммония фторид, 10%	X
Аммония фторид, 25%	X
Аммония хлорид, 10%	60
Аммония хлорид, 50%	60
Аммония хлорид, нас.	60
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	60
Бария гидроксид	60
Бария карбонат	60
Бария сульфат	60
Бария сульфид	60
Бария хлорид	60

Продолжение табл. 5.6.

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Белый щелок	
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Бензолсульфокислота, 10%	X
Борная кислота	60
Бром, газ, безв.	
Бром, газ, влажн.	
Бром, ж.	
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	60
Бура	60
Бутадиен	
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	60
<i>n</i> -Бутиламин	
Дибутилфталат	
Дихлоруксусная кислота	
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	X
Железа (II) хлорид	60
Железа (III) нитрат, 10–50%	X
Железа (III) хлорид	60
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	60
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	
Калия бромид, 30%	60
Кальция бисульфид	
Кальция бисульфит	60
Кальция гидроксид, 10%	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция гипохлорит	X
Кальция карбонат	60
Кальция нитрат	X
Кальция оксид	60
Кальция сульфат	60
Кальция хлорат	60

Продолжение табл. 5.6.

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция хлорид	60
Каприловая кислота	
Квасцы	60
Кетоны	
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	60
Лимонная кислота, конц.	X
Магния хлорид	60
Марганца хлорид	
Масляная кислота	X
Меди (I) ацетат	
Меди (I) карбонат	X
Меди (I) сульфат	60
Меди (I) хлорид	X
Меди (I) цианид	60
Меди (II) хлорид, 5%	X
Меди (II) хлорид, 50%	X
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	X
Молочная кислота, конц.	X
Натрия гидроксид, 10%	60
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	60
Натрия сульфид, до 50%	60
Натрия хлорид	60
Олеум	
Олова (II) хлорид	60
Олова (IV) хлорид	60
Пикриновая кислота	
Салициловая кислота	
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	60
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X

Продолжение табл. 5.6.

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	X
Серовуглерод	X
Синильная кислота, 10%	
Соляная кислота	60
Сурьмы (III) хлорид	
Тионилхлорид	
Толуол	
Трихлоруксусная кислота	
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	X
Углерода (IV) оксид, безв.	
Углерода (IV) оксид, влажн.	
Угольная кислота	60
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	66
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	60
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	
Хлорная кислота, 70%	
Хлорноватистая кислота	
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X

Продолжение табл. 5.6.

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хромилхлорид	
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Царская водка, 3:1	X
Целлозольв	X
Циклогексан	X
Циклогексанол	
Цинка хлорид	60
Этиленгликоль	60
Яблочная кислота	X

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.2.3. Применение

Натуральный каучук применяется в основном в производстве покрышек и камер пневматических шин, приводных ремней, конвейерных лент, уплотнительных колец, подушек двигателя, шлангов, футеровок химических сосудов, валиков пишущих машинок, амортизаторов и звукопоглотителей, уплотнителей, препятствующих проникновению воздуха, влаги, звука и грязи.

В течение долгих лет каучук использовался в качестве материала для футеровок стальных сосудов, особенно для защиты металла от коррозии растворами неорганических солей, особенно рассолов, щелочей и неокисляющих кислот. Эти футеровки легко могут быть восстановлены в случае выхода из строя. Натуральный каучук также используется для футеровки трубопровода, используемого для транспортировки перечисленных веществ. В некоторых из приведенных примеров натуральный каучук в настоящее время заменен синтетическими материалами.

5.3. Изопреновый каучук (ИК)

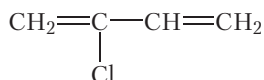
Натуральный каучук представляет собой природный цис-полиизопрен. Синтетическая форма натурального каучука, синтетический цис-полиизопрен, носит название изопренового каучука. Физические и механические свойства

изопренового каучука аналогичны свойствам натурального каучука за исключением того, что изопреновый каучук не имеет запаха. Отсутствие запаха позволяет использовать резины из изопренового каучука в контакте с пищевыми продуктами.

Изопреновый каучук можно использовать, составляя резиновые смеси, перерабатывая и применяя его аналогично натуральному. Помимо отсутствия запаха изопреновый каучук не имеет преимуществ по сравнению с натуральным каучуком¹.

5.4. *Neoprene* (неопрен, ХПК)

Neoprene (неопрен) является давно известным и одним из наиболее универсальным синтетическим каучуком. Он представляет собой полихлоропрен; мономером его является хлорированный бутадиен:



Исходным материалом для производства неопрена является ацетилен, что делает материал более дорогим по сравнению с некоторыми другими эластомерами.

Впервые *Neoprene* был представлен на рынке компанией *DuPont* в 1932 г. как маслостойкий заменитель натурального каучука. Его динамические характеристики близки к свойствам натурального каучука, но его химическая стойкость превосходит коррозионную устойчивость натурального материала.

Как и другие эластомеры, неопрен существует в виде резин различного состава. В зависимости от рецептуры смесей материалу можно придавать определенные свойства.

Существуют различные модификации материала. Помимо неопренового латекса, сходного с латексом натурального каучука, *Neoprene* существует в «жидкой» форме. После отверждения эти материалы имеют такие же физические и химические свойства, как твердая и губчатая формы.

5.4.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Неопрен обладает прекрасной стойкостью к действию света, озона и погодных условий. Вследствие низкой скорости окисления изделия из неопрена стойки к старению как внутри помещений, так и на открытом воздухе. Физические

¹ К сожалению создать полный синтетический аналог НК пока не удалось. ИК уступает НК по когезионной прочности сырых резиновых смесей (важных для шинной промышленности), конфекционным свойствам (клеи) и ряду параметров резин. — *Примеч. науч. ред.*

свойства материала лишь незначительно изменяются в течение долгого выдерживания на открытом воздухе. Если резиновая смесь из неопрена правильно составлена, атмосферный озон мало влияет на вулканизат. Когда материал подвергается воздействию озона высоких концентраций, например, в электрооборудовании, резины из неопрена могут выдерживать действие озона содержанием порядка тысячи миллионных долей в течение нескольких часов без растрескивания. Натуральный каучук растрескивается в течение нескольких минут при воздействии озона концентрацией всего лишь 50 *ppm*.

5.4.2. Химическая стойкость

Химическая стойкость ХПК к действию растворителей, восков, жиров, масел, смазок и многих других продуктов на нефтяной основе является одним из его выдающихся свойств. Неопрен также прекрасно сохраняет свойства при действии алифатических соединений (метилового и этилового спирта, этиленгликоля и т. д.), алифатических углеводородов и большинства фреонов. Наблюдается лишь очень слабое набухание и относительно малая потеря прочности материалом в присутствии этих жидкостей.

При воздействии разбавленных минеральных кислот, растворов неорганических солей или щелочей внешний вид и свойства неопрена практически не изменяются.

Хлорированные и ароматические углеводороды, органические сложные эфиры, ароматические гидроксилсодержащие соединения и определенные кетоны разрушают неопрен и, следовательно, его не следует использовать с этими веществами. Сильные окисляющие кислоты и растворы солей вызывают разрушение поверхности материала и потерю им прочности. В эту категорию входят также азотная и концентрированная серная кислоты.

Существуют рецептуры резин из ХПК, обладающие превосходной стойкостью к абсорбции воды. Свойства этих материалов не ухудшаются при непрерывном или периодическом погружении в пресную или соленую воду.

Правильно составленные резины могут сохранять свойства под землей, так как влага, бактерии и химикаты почв не разрушают такие материалы. Они не разрушаются под действием почв, насыщенных морской водой, химикатами, маслами, нефтью, отходами и другими продуктами промышленности. В табл. 5.7 приведены данные о совместимости неопрена с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.7. Совместимость неопрена с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	71
Азотистая кислота, конц.	X
Азотная кислота, 20%	X

Продолжение табл. 5.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместности, °С
Азотная кислота, 5%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	60
Аллиловый спирт	49
Аллилхлорид	X
Алюминия ацетат	
Алюминия гидроксид	82
Алюминия нитрат	93
Алюминия оксихлорид	
Алюминия сульфат	93
Алюминия фторид	93
Алюминия хлорид, безв.	
Алюминия хлорид, водн.	66
Амилацетат	X
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	60
Аммония гидроксид, 25%	93
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония дифторид	X
Аммония карбонат	93
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	93
Аммония сульфат, 10–40%	66
Аммония сульфид	71
Аммония сульфит	
Аммония фосфат	66
Аммония фторид, 10%	93
Аммония фторид, 25%	93
Аммония хлорид, 10%	66
Аммония хлорид, 50%	66
Аммония хлорид, нас.	66
Анилин	X
Ацетальдегид	93
Ацетамид	93
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	110

Продолжение табл. 5.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бария карбонат	66
Бария сульфат	93
Бария сульфид	93
Бария хлорид	66
Белый щелок	60
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	66
Бензол	X
Бензолсульфоновая кислота, 10%	38
Борная кислота	66
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	X
Бромоводородная кислота, 50%	X
Бромоводородная кислота, разб.	X
Бура	93
Бутадиен	66
Бутилацетат	16
Бутиловый спирт <i>n</i> -Бутиламин	93
Дибутилфталат	
Дихлоруксусная кислота	X
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	93
Железа (II) хлорид	32
Железа (III) нитрат, 10–50%	93
Железа (III) хлорид	71
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	71
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	27
Калия бромид, 30%	71
Кальция бисульфид	
Кальция бисульфит	X
Кальция гидроксид, 10%	110
Кальция гидроксид, нас.	110
Кальция гипохлорит	X
Кальция карбонат	93
Кальция нитрат	66

Продолжение табл. 5.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Кальция оксид	93
Кальция сульфат	66
Кальция хлорат	93
Кальция хлорид	66
Каприловая кислота	
Квасцы	93
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	66
Лимонная кислота, конц.	66
Магния хлорид	93
Марганца хлорид	93
Масляная кислота	X
Меди (I) ацетат	71
Меди (I) карбонат	
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) хлорид	93
Меди (I) цианид	71
Меди (II) хлорид, 5%	93
Меди (II) хлорид, 50%	71
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	60
Молочная кислота, конц.	32
Натрия гидроксид, 10%	110
Натрия гидроксид, 50%	110
Натрия гидроксид, конц.	110
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	93
Натрия сульфид, до 50%	93
Натрия хлорид	93
Олеум	X
Олова (II) хлорид	X
Олова (IV) хлорид	93
Пикриновая кислота	93
Салициловая кислота	
Серебра бромид, 10%	
Серная кислота, 10%	66
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	38

Продолжение табл. 5.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	38
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	X
Соляная кислота	X
Сурьмы (III) хлорид	60
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	X
Углерод четыреххлористый	X
Углерода (II) оксид	X
Углерода (IV) оксид, безв.	93
Углерода (IV) оксид, влажн.	93
Угольная кислота	66
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	71
Уксусная кислота, 50%	71
Уксусная кислота, 80%	71
Уксусный ангидрид	X
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	66
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	
Хлорная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороформ	X

Окончание табл. 5.7

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хромилхлорид	
Хромовая кислота, 10%	60
Хромовая кислота, 50%	38
Царская водка, 3:1	X
Целлозольв	X
Циклогексан	X
Циклогексано́л	X
Цинка хлорид	71
Этиленгликоль	38
Яблочная кислота	

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.4.3. Применение

Продукты неопрена доступны в виде трех основных форм:

- Монолитные резиновые изделия;
- Пористые резиновые изделия;
- Жидкие модификации.

Каждая из этих форм обладает специфическими свойствами, которые могут быть полезны для конечного применения.

Монолитные резиновые изделия получают формованием, экструзией или каландрованием. Формование осуществляют прямым или трансферным пресованием, литьем под давлением, раздувным или вакуумным формованием. С помощью этих способов из ХПК изготавливают разнообразные уплотнители, подошвы и каблуки обуви, шланги радиаторов, комплектующие лодок, детали бытовых приборов, кольца круглого сечения и другие разнообразные предметы.

Экструзионные процессы обеспечивают возможность дешево, быстро и единообразно производить некоторые изделия. С помощью этого метода производят шланги, уплотнительные ленты, оболочки кабелей, волокна и рукава.

Среди изделий, производимых каландрованием, следует отметить техпластину, ременные ткани, а также прорезиненные ткани и ткани с защитным

покрытием. Из большей части техпластин в дальнейшем вырубают конечные изделия, например, уплотнители и мембраны.

Пористые полихлоропреновые резины используются в основном в производстве уплотнителей, изоляции, амортизаторов, а также демпфирующих материалов — поглотителей звуков и колебаний. Этот материал обладает сжимаемостью, которой не обладает монолитная резина, при этом сохраняя полезные свойства неопрена. Такой эластомер существует в виде пеноматериала с открытыми или закрытыми порами, а также в виде микропористой резины.

Неопрен с открытыми порами является легко сжимаемым материалом с хорошими абсорбционными свойствами. Поры материала единообразны и связаны друг с другом. Этот материал особенно полезен для производства уплотнительных материалов и пылезащитных изделий, которые не подвергаются воздействию жидкостей.

Неопрен с закрытыми порами является упругим материалом, ячейки которого не связаны между собой. Вследствие этого материал не обладает абсорбционными свойствами. Поэтому такой полимер особенно полезен при герметизации в случаях, когда уплотнение может вступать в контакт с жидкостями. Примерами его использования может служить производство гидрокостюмов, подошв обуви, прокладок на крышках багажников автомобилей и многих других изделий, которые должны быть изготовлены из неабсорбирующего материала с хорошей стойкостью к погодным условиям.

Микропористый неопрен похож на материал с открытыми ячейками. Он также является легко сжимаемым, а его ячейки объединены в единую систему. Главным образом он применяется в качестве мягкой набивки матрасов, подушек и ковров. Он обладает хорошей тепло- и маслостойкостью, поэтому его применяют при изготовлении смазочных устройств для железнодорожных вагонов. Открытопористая структура материала обуславливает его способность переносить масло в подшипники скольжения.

Жидкие формы неопрена очень разнообразны и применяются в производстве самых различных изделий. «Жидкий» неопрен является основным компонентом таких продуктов, как клеящие составы, покрытия и краски, герметики, замазки и связующие композиции для волокон. Он существует в двух формах: в виде неопренового латекса или в виде раствора. Латекс представляет собой диспергированный в воде эластомер. Он используется в основном в производстве маканых изделий, таких как бытовые и промышленные перчатки, метеорологические зонды, электромоторы малой мощности. Помимо этого, он используется для покрытия металлических изделий. Кроме того, он составляет основу связующего вещества для натуральных и искусственных волокон в упругих мебельных подушках сидений в транспортных средствах, используется в акустических фильтрах и упаковочных материалах. Жидкий неопрен также широко применяется в производстве клеящих составов на латексной основе, вспененных и резинотканевых материалов, защитных покрытий, как связующее вещество для целлюлозы и асбеста, а также как эластифицирующая

добавка к бетону, цементу и асфальту. Изделия, произведенные из неопренового латекса, обладают теми же свойствами, что и произведенные из твердого неопрена, включая стойкость к действию масел, химикатов, озона, погодных условий и огня.

Растворы неопрена готовят путем растворения неопрена в стандартных растворителях. Эти растворы могут обладать разными вязкостями, подходящими для нанесения кистью, валиком или распылением. Основной областью применения растворов является покрытие емкостей для хранения химикатов, промышленного и химического оборудования. Эти покрытия защищают сосуды от коррозии кислотами, щелочами, маслами и большинством углеводов.

Неопреновые кровельные материалы, примененные в жидкой форме, используются для защиты бетона, фанеры и металла. Раствор легко наносится и при затвердевании образует покрытие, которое является прочным, эластичным и стойким к погодным условиям.

Клеящие составы на основе неопрена обеспечивают быстрое связывание, очень долго сохраняющее прочность и гибкость. Они могут быть использованы для соединения широкого ряда жестких и гибких материалов.

Складные нейлоновые контейнеры, покрытые неопреном, используются для транспортировки и хранения жидкостей, паст и сыпучих твердых веществ. Существуют контейнеры для хранения масел, топлива, мелассы и других многокомпонентных веществ.

Таким образом, *Neoprene*, обладая множеством преимуществ натурального каучука и не имея многих его недостатков, оказался его надежным заменителем.

5.5. Бутадиенстирольный каучук (БСК, *Buna-S*)

Оккупация Японией Индокитая во время Второй мировой войны привела к тому, что в промышленности возник дефицит натурального каучука, поскольку эти страны являлись основными его производителями. Так как в каучуке существовала огромная потребность, по заданию правительства Соединенных Штатов был разработан каучук, первоначально известный как «Правительственный каучук стирольного типа» (*GR-S*). Государственный тип производства оказался наиболее удобным и высокоэффективным в военное время. Позднее этот каучук был обозначен как БСК (*SBR*).

Бутадиенстирольный каучук получают сополимеризацией бутадиена и стирола. Как и в случае натурального каучука и других синтетических эластомеров, компаундирование (изготовление резиновых смесей из каучука и других ингредиентов) позволяет улучшать определенные качества материала. Последующие разработки во время Второй мировой позволили значительно улучшить характеристики полимера, первоначально производимого в Германии (*Buna-S*) и США (*GR-S*).

5.5.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Бутадиенстирольный каучук обладает достаточно плохим сопротивлением старению и стойкостью к погодным условиям. Солнечный свет разрушает материал. Однако он обладает лучшей по сравнению с натуральным каучуком водостойкостью.

5.5.2. Химическая стойкость

По своей химической стойкости *Buna-S* аналогичен натуральному каучуку. Он не разрушается под действием воды и обладает определенной стойкостью к действию разбавленных кислот, щелочей и спиртов. Масла, бензин, углеводороды и окислители разрушают полимер. В табл. 5.8 представлены данные о совместимости БСК с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.8. Совместимость БСК с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота	X
Аммония сульфат, 10–40%	
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 28%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	X
Ацетон	93
Бензойная кислота	X
Бензол	X
Бутан	X
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	93
Вода деминерализованная	99
Вода дистиллированная	93
Вода морская	93
Вода соленая	93
Водорода пероксид, все конц.	93
Глицерин	93
Изобутилметилкетон	X
Калия гидроксид, до 50%	X
Кальция гидроксид, 10%	93
Кальция гидроксид, 20%	93
Кальция гидроксид, 30%	93

Продолжение табл. 5.8

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция гидроксид, нас.	93
Кальция хлорид, нас.	93
Кукурузное масло	X
Меди (I) сульфат	93
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, все конц.	93
Натрия гидроксид	X
Натрия хлорид	93
Пропан	X
Серная кислота	X
Сероуглерод	X
Соляная кислота	X
Толуол	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Фенол	X
Формальдегид, 37%	93
Формальдегид, 50%	93
Формальдегид, разб..	93
Фосфорная кислота, 10%	93
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 40%	X
Фтороводородная кислота, 50%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Фтороводородная кислота, разб.	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	X
Хлороформ	X
Хромовая кислота, 10%	X

Окончание табл. 5.8

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Этилацетат	X
Этиленгликоль	93
Этиловый спирт	93

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.5.3. Применение

Buna-S применяется в основном в производстве автомобильных шин. Кроме того, каучук используется в производстве конвейерных лент, рукавов, уплотнений, прокладок, защищающих от проникновения воздуха, влаги, звука и грязи.

5.6. Бутадиеннитрильный каучук (БНК, *Buna-N*)

Бутадиеннитрильный каучук является продуктом-наследником немецкого каучука *Buna-N* или *Perbunan*. Он представляет собой сополимер бутадиена и акрилонитрила ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$) и входит в четверку наиболее широко используемых эластомеров. Основными преимуществами нитрильного каучука является его низкая стоимость, хорошая масло- и абразивостойкость, а также хорошие низкотемпературные характеристики. Его стойкость к действию масел, топлива и растворителей сравнима со стойкостью неопрена. Как и в случае других каучуков превращение БНК в резину позволяет улучшать многие его свойства.

Карбоксилсодержащий БНК (КБНК), в отличие от БНК, содержит до 10% третьего мономера, содержащего карбоксильную группу. Он обладает лучшей по сравнению с БНК абразивостойкостью и прочностью. Карбоксилсодержащий каучук довольно сложно перерабатывать, и требуется специальная разработка рецептур для предотвращения его налипания на стенки резиносмесителя и преждевременной подвулканизации.

5.6.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

БНК разрушается под действием света и озона и обладает не очень хорошей стойкостью к погодным условиям.

5.6.2. Химическая стойкость

Бутадиеннитрильный каучук обладает хорошей стойкостью к действию растворителей, масел, воды и гидравлических жидкостей. Он очень слабо набухает в присутствии алифатических углеводородов, жирных кислот, спиртов и гликолей. Физические свойства материала вследствие набухания ухудшаются мало, что делает БНК подходящим материалом для работы с бензином и маслами. БНК обладает превосходной стойкостью к действию воды. Следует избегать использования сильнополярных растворителей, например, ацетона и метилэтилкетона, хлорированных углеводородов, озона, нитросодержащих углеводородов, простых и сложных эфиров, так как эти вещества разрушают материал.

КБНК в основном используют в неосновных средах. В табл. 5.9 приведены данные о совместимости БНК с некоторыми корродирующими агентами.

5.6.3. Применение

Вита-N обладает исключительной стойкостью к действию топлива и гидравлических жидкостей, поэтому чаще всего его применяют в производстве авиационных рукавов для керосина, а также рукавов для бензина и нефти. Помимо этого, он используется для изготовления протектированных топливных баков, мембран в карбюраторах, уплотнительных колец, кабелей, печатных валов и подушек под оборудование.

Таблица 5.9. Совместимость БНК с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	82
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	82
Аллилхлорид	X
Алюминия гидроксид	82
Алюминия нитрат	88
Алюминия сульфат	93

Продолжение табл. 5.9

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия хлорид, водн.	66
Амиловый спирт	66
Аммиак, газ	88
Аммония карбонат	X
Аммония нитрат	66
Аммония фосфат	66
Анилин	X
Ацетальдегид	X
Ацетамид	82
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария хлорид	52
Бензойная кислота	66
Бензол	66
Борная кислота	66
Железа (III) нитрат, 10–50%	66
Железа (III) хлорид	66
Кальция гипохлорит	X
Квасцы	66
Натрия гидроксид, 10%	66
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия карбонат	52
Натрия хлорид	93
Олова (IV) хлорид	66
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	66
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	66
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Угольная кислота	38
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Уксусный ангидрид	X

Окончание табл. 5.9

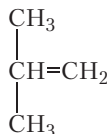
Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	66
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлорноватистая кислота	
Цинка хлорид	66
Этиленгликоль	38

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.7. Бутилкаучук (БК) и хлорбутилкаучук (ХБК)

Исходным материалом бутилкаучука является изобутилен с небольшой добавкой бутадиена или изопрена. Товарный бутилкаучук может содержать 5% бутадиена в качестве сомономера. Это синтетический каучук общего назначения, обладающий выдающимися физическими свойствами, например, низкой воздухопроницаемостью (приблизительно в пять раз меньшей, чем проницаемость натурального каучука) и большим энергопоглощением.



Хлорбутилкаучук представляет собой хлорированный сополимер изобутилена и изопрена. В целом он обладает такими же свойствами, что и бутилкаучук, но его можно использовать при несколько более высоких температурах.

5.7.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Бутилкаучук обладает прекрасной стойкостью к действию света, озона и погодных условий. Кроме того, он обладает прекрасной стойкостью к абсорбции воды.

5.7.2. Химическая стойкость

Бутилкаучук является неполярным соединением. Он обладает исключительной стойкостью к действию разбавленных минеральных кислот, щелочей, эфиров фосфорных кислот, ацетона, этилена, этиленгликоля и воды. Стойкость к действию концентрированных кислот, за исключением азотной и серной, также довольно хорошая. В отличие от натурального каучука БК не набухает в присутствии растительных масел и животных жиров. Он разрушается под действием нефти, бензина и большинства растворителей (за исключением кислородсодержащих).

Стойкость ХБК в целом аналогична стойкости натурального каучука, но его можно использовать при более высоких температурах. В отличие от бутилкаучука, его нельзя использовать в присутствии соляной кислоты.

В табл. 5.10 приведены данные о совместимости бутилкаучука с некоторыми корродирующими агентами, а в табл. 5.11 — аналогичные данные для хлорбутилового каучука.

Таблица 5.10. Совместимость бутилового каучука с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	X
Азотистая кислота, конц.	52
Азотная кислота, 20%	66
Азотная кислота, 5%	93
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	88
Аллилхлорид	X
Алюминия ацетат	93
Алюминия гидроксид	38
Алюминия нитрат	38
Алюминия сульфат	93
Алюминия фторид	82
Алюминия хлорид	93
Алюминия хлорид, водн.	93
Амилацетат	X
Амиловый спирт	66
Аммония гидроксид, 25%	88
Аммония гидроксид, нас.	88
Аммония дифторид	X
Аммония карбонат	88

Продолжение табл. 5.10

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	88
Аммония сульфат, 10–40%	66
Аммония фосфат	66
Аммония фторид, 10%	66
Аммония фторид, 50%	66
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	66
Ацетальдегид	27
Ацетон	38
Бария гидроксид	88
Бария сульфид	88
Бария хлорид	66
Бензальдегид	32
Бензиловый спирт	88
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	66
Бензол	X
Бензолсульфоновая кислота, 10%	32
Борная кислота	66
Бромоводородная кислота, 20%	52
Бромоводородная кислота, 50%	52
Бромоводородная кислота, разб.	52
Бура	88
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	60
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	88
Железа (II) хлорид	79
Железа (III) нитрат, 10–50%	88
Железа (III) хлорид	79
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	71
Изобутилметилкетон	27
Кальция бисульфит	49
Кальция гидроксид, 10%	88
Кальция гидроксид, нас.	88
Кальция гипохлорит	X
Кальция карбонат	66

Продолжение табл. 5.10

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция нитрат	88
Кальция сульфат	38
Кальция хлорат	88
Кальция хлорид	88
Квасцы	93
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	88
Лимонная кислота, конц.	88
Магния хлорид	93
Масляная кислота	X
Меди (I) сульфат	88
Меди (I) хлорид	66
Меди (II) хлорид, 5%	66
Меди (II) хлорид, 50%	66
Метилхлорид	32
Метилэтилкетон	38
Молочная кислота, 25%	52
Молочная кислота, конц.	52
Натрия гидроксид, 10%	66
Натрия гидроксид, 50%	66
Натрия гидроксид, конц.	66
Натрия гипохлорит, 20%	X
Натрия гипохлорит, конц.	X
Натрия сульфид, до 50%	66
Натрия хлорид	93
Олеум	X
Олова (II) хлорид	66
Олова (IV) хлорид	66
Салициловая кислота	27
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	93
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	66
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	93
Сероуглерод	88
Синильная кислота, 10%	60
Соляная кислота	X

Окончание табл. 5.10

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Сурьмы (III) хлорид	66
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	X
Углерод четыреххлористый	32
Углерода (II) оксид	X
Углерода (IV) оксид, безв.	88
Углерода (IV) оксид, влажн.	88
Угольная кислота	66
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	66
Уксусная кислота, 50%	43
Уксусная кислота, 80%	43
Уксусный ангидрид	X
Фенол	66
Фосфорная кислота, 50–80%	66
Фтор, газ, безв.	X
Фтороводородная кислота, 100%	66
Фтороводородная кислота, 30%	66
Фтороводородная кислота, 70%	66
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорная кислота, 10%	66
Хлорноватистая кислота	X
Хлороводородная кислота, 20%	52
Хлороводородная кислота, 38%	52
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	38
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	66
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Целлозольв	66
Циклогексан	X
Цинка хлорид	93
Этиленгликоль	93
Яблочная кислота	X

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально

выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 5.11. Совместимость хлорбутилкаучука с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотистая кислота, конц.	52
Азотная кислота, 20%	66
Азотная кислота, 5%	93
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Алюминия нитрат	88
Алюминия сульфат	93
Алюминия хлорид, водн.	93
Амиловый спирт	66
Аммония карбонат	93
Аммония нитрат	93
Аммония сульфат, 10–40%	66
Аммония фосфат	66
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	66
Ацетон	38
Бария хлорид	66
Бензойная кислота	66
Борная кислота	66
Бромоводородная кислота, 20%	52
Бромоводородная кислота, 50%	52
Бромоводородная кислота, разб.	52
Железа (II) хлорид	79
Железа (III) нитрат, 10–50%	71
Железа (III) хлорид	79
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	38
Кальция нитрат	71
Кальция сульфат	71
Кальция хлорид	71
Квасцы	93
Лимонная кислота, 15%	32
Магния хлорид	93

Продолжение табл. 5.11

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Меди (I) сульфат	71
Меди (I) хлорид	66
Меди (I) цианид	71
Меди (II) хлорид, 5%	66
Меди (II) хлорид, 50%	66
Молочная кислота, 25%	52
Молочная кислота, конц.	52
Натрия гидроксид, 10%	66
Натрия сульфид, до 50%	66
Натрия хлорид	93
Серная кислота, 10%	93
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 70%	X
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	93
Сурьмы (III) хлорид	66
Углерода (II) оксид	38
Угольная кислота	66
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	60
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	60
Уксусный ангидрид	X
Фенол	66
Фосфорная кислота, 50–80%	66
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлоруксусная кислота	38
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Цинка хлорид	93
Этиленгликоль	93

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.7.3. Применение

Благодаря своей водо- и воздухопроницаемости бутылкаучук широко применяется в производстве надувных изделий: спасательных жилетов, шлюпок, аэростатов, воздушных шаров и автомобильных камер. Полная инертность к действию воды и пара делает его подходящим для производства рукавов и мембран. Также его применяют в производстве гибкой электрической изоляции, гасителей колебаний и вибрации и варочных камер для вулканизации шин.

5.8. Хлорсульфированный полиэтилен (*Hypalon*)

Хлорсульфированный полиэтилен (ХСПЭ) производит фирма *DuPont* под торговым названием *Hypalon*. *Hypalon* во многом сходен с неопреном, но обладает по сравнению с ним некоторыми преимуществами. Он обладает лучшей тепло- и озоностойкостью, лучшими электрическими свойствами, лучшей стабильностью окраски и химической инертностью.

Правильно составленные резины на основе *Hypalon*, обладают хорошей износ- и абразивостойкостью, большим сроком службы при изгибе, ударной вязкостью и хорошей стойкостью к постоянной деформации при больших нагрузках.

Он может использоваться в широком диапазоне температур, обладая прекрасными термическими характеристиками. Резины общего назначения можно непрерывно использовать при температурах 120–135 °С. Некоторые специальные смеси могут успешно использоваться при периодическом повышении температуры до 150 °С.

Нижняя граница диапазона использования лежит от –18 до –28 °С. Специальные вулканизаты ХСПЭ могут сохранять эластичность до –40 °С, однако другие характеристики таких материалов ухудшаются.

5.8.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Среди доступных эластомеров *Hypalon* является одним из наиболее стойких к погодным условиям. Окисление его происходит очень медленно. Солнечный свет и УФ-излучение практически не влияют на его физические свойства. Он также инертен по отношению к озону, причем для этого не требуется добавления специальных антиоксидантов или антиозонантов. Многие эластомеры разрушаются под действием озона концентрацией менее 1 ppm, однако *Hypalon* не разрушается при действии озона концентрацией до 1%.

5.8.2. Химическая стойкость

Правильно составленные резины из *Hypalon* устойчивы к действию углеводов и топлива даже при повышенных температурах. Они инертны к действию таких окислителей как гипохлорит натрия, пероксид натрия, хлорид железа, а также серная, хромовая и фтороводородная кислоты. Концентрированная хлороводородная кислота (37%) при температурах выше 70 °С действует на *Hypalon*, но при более низких температурах не оказывает воздействия на материал. Азотная кислота концентрацией до 60% при комнатной температуре также не оказывает действия на материал.

Hypalon инертен к действию растворов солей, спиртов, слабых и концентрированных растворов щелочей, а также практически не разрушается компонентами почв, влагой и другими факторами, которым материал подвержен при нахождении под землей. Длительный контакт с водой при повышенных температурах практически не оказывает влияния на *Hypalon*. Он также устойчив к действию излучений.

Hypalon постепенно разрушается в присутствии алифатических, ароматических и хлорированных углеводов, альдегидов и кетонов. В табл. 5.12 приведены данные о совместимости *Hypalon* с некоторыми корродирующими агентами.

5.8.3. Применение

Hypalon применяется во многих областях промышленности. Он обладает выдающейся стойкостью к действию кислот-окислителей, поэтому его применяют в производстве рукавов для транспортировки кислот. По этой же причине его используют для футеровки железнодорожных цистерн и других резервуаров, предназначенных для кислот и окислительных химикатов. Его физические и механические свойства позволяют применять его для изготовления шлангов, находящихся в состоянии многократного изгиба, в том числе шлангов для горячей воды и пара.

Таблица 5.12. Совместимость *Hypalon* с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	60
Азотная кислота безв.	X
Азотная кислота, 20%	38
Азотная кислота, 5%	38
Азотная кислота, 70%	X
Акрилонитрил	60
Аллиловый спирт	93
Алюминия гидроксид	93
Алюминия нитрат	93

Продолжение табл. 5.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия сульфат	82
Алюминия фторид	93
Амилацетат	16
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	32
Аммония гидроксид, 25%	93
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония карбонат	60
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	27
Аммония сульфат, 10–40%	93
Аммония сульфид	93
Аммония фосфат	60
Аммония фторид, 10%	93
Аммония хлорид, 10%	88
Аммония хлорид, 50%	88
Аммония хлорид, нас.	88
Анилин	60
Ацетальдегид	16
Ацетамид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бария гидроксид	93
Бария карбонат	93
Бария сульфат	93
Бария сульфид	93
Бария хлорид	93
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	60
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	93
Бензол	X
Бензолсульфоновая кислота, 10%	X
Борная кислота	93
Бром, газ, безв.	16
Бром, газ, влажн.	16
Бром, ж.	16
Бромоводородная кислота, 20%	38

Продолжение табл. 5.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Бромоводородная кислота, 50%	38
Бромоводородная кислота, разб.	32
Бура	93
Бутадиен	X
Бутилацетат	16
Бутиловый спирт	93
Дихлорэтан	X
Железа (II) хлорид	93
Железа (III) нитрат, 10–50%	93
Железа (III) хлорид	93
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	93
Изобутилметилкетон	X
Калия бромид, 30%	93
Кальция гидроксид, 10%	93
Кальция гидроксид, нас.	93
Кальция гипохлорит	93
Кальция дисульфид	93
Кальция карбонат	32
Кальция нитрат	38
Кальция оксид	93
Кальция сульфат	93
Кальция хлорат	32
Кальция хлорид	93
Каприловая кислота	X
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	93
Лимонная кислота, конц.	93
Магния хлорид	93
Марганца хлорид	82
Масляная кислота	X
Меди (I) ацетат	X
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) хлорид	93
Меди (I) цианид	93
Меди (II) хлорид, 5%	93
Меди (II) хлорид, 50%	93
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	60

Продолжение табл. 5.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Молочная кислота, конц.	27
Натрия гидроксид, 10%	93
Натрия гидроксид, 50%	93
Натрия гидроксид, конц.	93
Натрия гипохлорит, 20%	93
Натрия гипохлорит, конц.	
Натрия карбонат	93
Натрия сульфид, до 50%	93
Натрия хлорид	93
Олеум	X
Олова (II) хлорид	93
Олова (IV) хлорид	32
Пикриновая кислота	27
Серная кислота, 10%	93
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	93
Серная кислота, 70%	71
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сернистая кислота	71
Сероуглерод	93
Синильная кислота, 10%	32
Соляная кислота	60
Сурьмы (III) хлорид	60
Толуол	X
Углерод четыреххлористый	93
Углерода (II) оксид	X
Углерода (IV) оксид, безв.	93
Углерода (IV) оксид, влажн.	93
Угольная кислота	X
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	93
Уксусная кислота, 50%	93
Уксусная кислота, 80%	93
Уксусный ангидрид	93
Фенол	X
Фосфорная кислота, 50–80%	93
Фтор, газ, безв.	60
Фтороводородная кислота, 100%	32
Фтороводородная кислота, 30%	32

Окончание табл. 5.12

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фтороводородная кислота, 70%	32
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	32
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	38
Хлорная кислота, 70%	32
Хлорноватистая кислота	X
Хлороводородная кислота, 20%	71
Хлороводородная кислота, 38%	60
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хромилхлорид	
Хромовая кислота, 10%	66
Хромовая кислота, 50%	66
Циклогексан	X
Циклогексанол	X
Цинка хлорид	93
Этиленгликоль	93

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

В электротехнике *Hypalon* находит применение для производства кожухов системы зажигания автомобилей, оболочек разнообразных кабелей, в том числе, силовых для АЭС и для сварочных аппаратов. Кожухи из ХСПЭ применяются для защиты кабелей питания и освещения на морских платформах по добыче нефти от штормов на море. Он обладает теплостойкостью и радиационной стойкостью, поэтому используется для оболочек нагревательных кабелей, проходящих под дорожным покрытием для плавления льда, а также в подводящих проводах в рентгеновских аппаратах. Помимо этого, *Hypalon* применяется как материал для шнуров, изолирующих кожухов и покрытий в бытовых электроприборах и многих других электротехнических устройствах.

В автомобильной промышленности применение *Hypalon* обусловлено его хорошей стойкостью к погодным условиям и сохранению окраски. Этот материал

применяется при изготовлении внешних деталей автомобилей. Он теплостоек, не разрушается в присутствии озона, масел и смазок, что делает его полезным для изготовления таких деталей, как разнообразные шланги, системы регулирования выхлопа, оболочки проводов и свечей зажигания, системы кондиционирования и гидроусиления руля. Способность материала не загрязняться и легко очищаться делает его подходящим для изготовления «белобоких» покрышек.

Hypalon с добавлением пробки подходит для изготовления сжимаемых и в то же время стойких к деформации уплотнительных прокладок в картерах автомобильных двигателей и поддонов автомобиля. Он защищает пробку от окисления при повышенных температурах и обуславливает прекрасную стойкость к действию масел, смазок и топлива.

В строительной промышленности *Hypalon* применяется для кровельного покрытия, облицовок водоемов, футеровок резервуаров, уплотнений, плитки для полов, поручней эскалаторов, а также декоративных и ремонтных покрытий. Во всех этих случаях от материала требуется стойкость к сохранению окраски и погодным условиям, абразивостойкость, сохранение свойств в определенном диапазоне температур, малый вес, эластичность и хорошее сопротивление старению.

Помимо этого материал используется для покрытия материалов, из которых производят надувные изделия, а также покрытия мягких топливных баков, парусины и лодок. Такие изделия обладают малым весом и хорошо сохраняют цвет. Тенты, гидрокостюмы, откидной верх автомобилей и некоторые другие предметы также могут быть изготовлены с использованием тканей, покрытых *Hypalon*.

5.9. Бутадиеновый каучук (ПБК)

Бутадиен ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) имеет две ненасыщенные связи и легко полимеризуется. При полимеризации бутадиена или его производных образуются длинные цепи, каждая из которых содержит более 1000 звеньев. Незамещенный бутадиен при полимеризации не образует каучук с хорошими технологическими свойствами. По-видимому, это обусловлено тем, что цепи полимера недостаточно разветвлены. Лучший результат достигается введением боковых групп в цепи либо полимеризацией гомологов бутадиена, либо сополимеризацией его с другими соединениями.

5.9.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Хотя полибутадиен обладает хорошей стойкостью к погодным условиям, он разрушается под действием света при длительном его воздействии. Материал также разрушается под действием озона.

5.9.2. Химическая стойкость

Химическая стойкость полибутадиена сходна со стойкостью натурального каучука. Он не стоек к действию алифатических и ароматическими углеводородов, масел и бензину, но обладает средней или хорошей стойкостью к действию минеральных кислот и кислородсодержащих соединений. В табл. 5.13 приведены данные о совместимости полибутадиенового каучука с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.13. Совместимость полибутадиена (ПБК) с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотистая кислота, конц.	27
Азотная кислота, 10%	27
Азотная кислота, 20%	27
Азотная кислота, 30%	27
Азотная кислота, 40%	X
Азотная кислота, 5%	27
Азотная кислота, 50%	X
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Алюминия сульфат	32
Алюминия хлорид, водн.	32
Аммиак, газ	32
Аммонийные квасцы	32
Аммония нитрат	32
Аммония сульфат, 10–40%	32
Аммония хлорид, 10%	32
Аммония хлорид, 28%	32
Аммония хлорид, 50%	32
Аммония хлорид, нас.	32
Водорода пероксид, 90%	32
Железа (II) сульфат	32
Железа (II) хлорид	32
Жирные кислоты	32
Калиевые квасцы	32
Кальция гипохлорит, нас.	32
Кальция хлорид, нас.	27
Квасцы	32
Меди (I) сульфат	32
Меди (I) хлорид	32
Натрия бикарбонат, до 20%	32
Натрия бисульфат	27

Продолжение табл. 5.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия бисульфит	32
Натрия гидроксид, 10%	32
Натрия гидроксид, 15%	32
Натрия гидроксид, 30%	32
Натрия гидроксид, 50%	32
Натрия гидроксид, 70%	32
Натрия гидроксид, конц.	32
Натрия гипохлорит, до 20%	32
Натрия перекись, безв.	X
Натрия карбонат	32
Натрия нитрат	32
Натрия силикат	32
Натрия сульфид, до 50%	32
Натрия сульфит, 10%	32
Натрия фосфат, кислый	32
Натрия фосфат, нейтр.	32
Натрия фосфат, щел.	32
Натрия хлорат	27
Озон	X
Серная кислота, 10%	27
Серная кислота, 30%	27
Серная кислота, 50%	27
Серная кислота, 60%	27
Серная кислота, 70%	32
Сероводород, безв.	32
Серы (VI) оксид	32
Толуол	X
Углерода (IV) оксид, влажн.	32
Фенол	27
Хлор, газ, влажн.	X
Хлороводород, пары	32
Хлороводородная кислота, 20%	32
Хлороводородная кислота, 35%	32
Хлороводородная кислота, 38%	32
Хлороводородная кислота, 50%	32
Хлороводородная кислота, разб.	27
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X

Окончание табл. 5.13

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хромовая кислота, 50%	X
Хромовые квасцы	32
Хромокалиевые квасцы	32

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.9.3. Применение

Незамещенный полибутадиен используется довольно редко. В основном он используется в смесях с другими эластомерами, которые придают резиновым смесям хорошие технологические свойства, а резинам ударную вязкость, абразивостойкость, хорошую высокую морозостойкость, особенно в сфере производства протекторов автомобильных шин, каблуков обуви, уплотнителей и приводных ремней.

5.10. Этиленакрилатный каучук (ЭА)¹

Этиленакрилатный каучук производится сополимеризацией этилена и акриловой кислоты. Как и свойства любого эластомера, свойства ЭА можно изменять, смешивая его с ингредиентами и подвергая вулканизации. В целом ЭА является рентабельным материалом, стойким к действию горячих масел и обладающим хорошими низкотемпературными свойствами.

5.10.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ЭА обладает очень хорошей стойкостью к действию солнца, озона и погодных условий. Длительное выдерживание на открытом воздухе не оказывает влияния на полимер.

¹ Возможно автор имеет в виду сополимер этил- или другого акрилата с этиленом (АЕМ) или это тройной сополимер этилена, метакрилата и акриловой кислоты, так как согласно номенклатурам ISO R1629 и ASTM D1418 аббревиатуры EA не существует. — *Примеч. науч. ред.*

5.10.2. Химическая стойкость

ЭА обладает хорошей стойкостью к действию горячих масел и смазок на основе углеводов и гликолей, а также к действию жидкостей коробки передач и гидроусилителя рулевого управления. При погружении в масло характеристики набухания ЭА оказываются лучше, чем характеристики силиконовых каучуков.

ЭА каучук обладает превосходной стойкостью к действию горячей воды, кроме того, он очень стоек к ее абсорбции. Также он инертен по отношению к действию разбавленных кислот, алифатических углеводов, бензина, животных и растительных жиров.

Этиленакрилатный каучук не рекомендуется погружать в сложные эфиры, кетоны, ароматические углеводороды и концентрированные кислоты. Также не следует его использовать в условиях, в которых материал подвергается длительному воздействию пара под высоким давлением.

5.10.3. Применение

ЭА каучук используется в производстве таких изделий, как уплотнители, шланги, обувь, амортизаторы, оболочки кабелей на морских нефтедобывающих платформах и кораблях и в системах вентиляции в помещениях. Этиленакрилатные изделия обладают хорошей теплостойкостью, стойкостью к жидкостям и износостойкостью, а также хорошими герметическими свойствами при низких температурах.

5.11. Бутадиенакрилатный каучук (БАК) и акрилатхлорсодержащий каучук (АСМ)¹

БАК и АСМ сходны с этиленакрилатным каучуком. Эти соединения являются полностью насыщенными, поэтому они обладают прекрасной теплостойкостью, стойкостью к окислению, в том числе озоном. Это один из немногих эластомеров, обладающих теплостойкостью лучшей, чем ЭПДК.

5.11.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

БАК и АСМ обладают хорошей стойкостью к действию перечисленных факторов.

¹ Возможно автор имеет в виду БАКХ или ЭАКХ — сополимеры акрилата (этил- или бутил-), акрилонитрила и 2-хлорэтилметакрилата. По *ASTM* и *ISO* все эти материалы обозначаются АСМ. — *Примеч. науч. ред.*

5.11.2. Химическая стойкость

Бутадиенакрилатный каучук и акрилатные каучуки обладают превосходной стойкостью к действию алифатических углеводородов (бензина, керосина) и довольно хорошей стойкостью к действию воды, кислот, синтетических смазок и силикатных гидравлических жидкостей. Их не следует использовать в присутствии щелочей, ароматических углеводородов (бензола, толуола), галогенированных углеводородов, спиртов и фосфатных гидравлических жидкостей.

5.11.3. Применение

Эти полимеры применяются в случаях, когда от материала требуется стойкость к атмосферным условиям и теплостойкость.

5.12. Этиленпропиленовый каучук (СКЭП и СКЭПТ)¹

Этиленпропиленовый каучук представляет собой либо синтетический углеводородный каучук на основе этилена, пропилена и небольшого количества диенового мономера или этиленпропиленовый терполимер. Эти мономеры соединяются так, что образуют эластомер, обладающий полностью насыщенной основной цепочкой и содержащий ненасыщенность в боковых цепях, что необходимо для серной вулканизации. После вулканизации ЭПДК становится инертным к действию озона, кислорода и устойчивым к погодным условиям.

Многие свойства этиленпропиленового каучука превосходят соответствующие свойства натурального каучука и эластомеров общего назначения. В некоторых случаях ЭПДК лучше удовлетворяет требованиям эксплуатации, в то время как в других он может оказаться более долговечным и требовать меньше затрат на поддержание в рабочем состоянии, и даже может быть дешевле.

ЭПДК обладает исключительной теплостойкостью. Его можно использовать при температурах до 148–176 °С. Нижняя граница составляет –56 °С. Опыт показывает, что ЭПДК обладает исключительной стойкостью к действию пара. Рукава, изготовленные из него, служат в несколько раз дольше, чем изготовленные из других эластомеров.

¹ Применяются вулканизаты двух этиленпропиленовых каучуков — двойного (EPR, СКЭП) и тройного (EPDM, СКЭПТ) терполимера. Первый (двойной) вулканизуется перекисями и содержит углерод–углеродные поперечные связи, второй (тройной) вулканизуется серно-ускорительной системой и содержит серные поперечные связи. Вулканизаты СКЭП более термо- и агрессивностойки, чем СКЭПТ из-за поперечных связей. Судя по коррозионной стойкости табл. 5.14 относится к вулканизатам двойного этиленпропиленового каучука, а табл. 5.15 — к вулканизатам тройного этиленпропиленового каучука, то есть терполимера, тройного сополимера. — *Примеч. науч. ред.*

Динамические свойства ЭПДК остаются постоянными в широком диапазоне температур, что обуславливает использование его в различных областях. Он также обладает превосходной стойкостью к действию солнечного света и погодных условий, стоек к старению, обладает хорошими электрическими свойствами и хорошей химической стойкостью. Однако он не огнестоек и разрушается под действием масел на основе нефти, так как фактически является углеводородом.

Этот материал можно перерабатывать и вулканизировать такими же методами и с помощью того же оборудования, что и каучуки общего назначения. Составление резиновых смесей играет важную роль в формировании свойств резины. Каждое из свойств резины может быть изменено в нужном направлении добавлением в резиновую смесь или удалением из нее различных химикатов и наполнителей. Поэтому свойства материала можно описать только в общих чертах.

Тройной этиленпропиленовый терполимер (СКЭПТ) представляет собой углеводородный синтетический каучук, производимый из этиленпропиленового сополимера. По физическим и химическим свойствам он очень похож на СКЭП.

Этиленпропиленовые каучуки обладают сравнительно высокой теплоустойкостью. Стандартные вулканизаты могут длительно эксплуатироваться при температурах до 121–148 °С на воздухе. В отсутствие воздуха, например, в качестве внутренней камеры рукава для пара или кабельной изоляции с внешней обшивкой резина выдерживает и более высокие температуры. Рецептуростроение позволяет получить резины, которые могут быть использованы при температурах до 176 °С. Даже стандартные смеси могут быть кратковременно использованы при температурах до 176 °С.

5.12.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Этиленпропиленовый каучук очень стоек к действию этих факторов. Превосходная стойкость к погодным условиям сохраняется и в случаях, когда материал окрашен, в том числе в белый или черный цвет. Поверхность материала не растрескивается и практически полностью сохраняет свойства в течение нескольких лет. Помимо этого, СКЭП можно считать полностью инертным к действию озона. Нет необходимости вводить какие-либо добавки для увеличения озоностойкости.

5.12.2. Химическая стойкость

Этиленпропиленовый каучук обладает стойкостью к действию кислородсодержащих растворителей, таких как ацетон, метилэтилкетон, этилацетат, слабые кислоты и щелочи, детергенты, сложные эфиры фосфорных кислот, спирты

и гликоли. Он исключительно устойчив к действию горячей воды и пара высокого давления. Так как СКЭП является эластомером на основе углеводов, он разрушается углеводородными растворителями и нефтью, хлорированными углеводородами и скипидаром. Однако правильное компаундирование с последующей вулканизацией позволяет значительно увеличивать нефтестойкость материала, следовательно, он становится пригодным к использованию в областях, где от полимера требуется это свойство. Химическая стойкость СКЭПТ в целом аналогична стойкости СКЭП, однако он хуже выдерживает действие минеральных кислот и некоторых органических веществ.

В табл. 5.14 приведены данные о совместимости СКЭП с некоторыми корродирующими агентами, а в табл. 5.15 приведена аналогичная информация для СКЭПТ.

Таблица 5.14. Совместимость СКЭП с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	93
Азотная кислота, 20%	16
Азотная кислота, 5%	16
Азотная кислота, 70%	X
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	60
Аллиловый спирт	93
Аллилхлорид	X
Алюминия гидроксид	93
Алюминия нитрат	93
Алюминия сульфат	88
Алюминия фторид	88
Амилацетат	93
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	X
Аммиак, газ	93
Аммония гидроксид, 25%	38
Аммония гидроксид, нас.	38
Аммония дифторид	93
Аммония карбонат	93
Аммония нитрат	93
Аммония персульфат	93
Аммония сульфат, 10–40%	93
Аммония сульфид	93
Аммония фосфат	93
Аммония фторид, 10%	93
Аммония фторид, 25%	93

Продолжение табл. 5.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	93
Анилин	60
Ацетальдегид	93
Ацетамид	93
Ацетилхлорид	X
Ацетон	93
Бария гидроксид	93
Бария карбонат	93
Бария сульфат	93
Бария сульфид	60
Бария хлорид	93
Белый щелок	93
Бензальдегид	66
Бензиловый спирт	X
Бензилхлорид	X
Бензойная кислота	X
Бензол	X
Бензолсульфоновая кислота, 10%	X
Борная кислота	88
Бром, газ, безв.	X
Бром, газ, влажн.	X
Бром, ж.	X
Бромоводородная кислота, 20%	60
Бромоводородная кислота, 50%	60
Бромоводородная кислота, разб.	32
Бура	93
Бутадиен	X
Бутилацетат	60
Бутиловый спирт	93
Дихлорэтан	X
Железа (II) нитрат	93
Железа (II) хлорид	93
Железа (III) нитрат, 10–50%	93
Железа (III) хлорид	93
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	93
Изобутилметилкетон	16
Йод, р-р, 10%	60
Калия бромид, 30%	93

Продолжение табл. 5.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Кальция бисульфит	X
Кальция гидроксид, 10%	93
Кальция гидроксид, нас.	93
Кальция гипохлорит	93
Кальция карбонат	93
Кальция нитрат	93
Кальция оксид	93
Кальция сульфат	93
Кальция хлорат	60
Кальция хлорит	93
Квасцы	93
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	93
Лимонная кислота, конц.	93
Магния хлорид	93
Масляная кислота	60
Меди (I) ацетат	38
Меди (I) карбонат	93
Меди (I) сульфат	93
Меди (I) хлорид	93
Меди (I) цианид	93
Меди (II) хлорид, 5%	93
Меди (II) хлорид, 50%	93
Метилэтилкетон	27
Молочная кислота, 25%	60
Молочная кислота, конц.	
Натрия гидроксид, 10%	93
Натрия гидроксид, 50%	82
Натрия гидроксид, конц.	82
Натрия гипохлорит, 20%	93
Натрия гипохлорит, конц.	93
Натрия карбонат	93
Натрия сульфид, до 50%	93
Натрия хлорид	60
Олеум	X
Олова (II) хлорид	93
Олова (IV) хлорид	93
Пикриновая кислота	93
Салициловая кислота	93

Продолжение табл. 5.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота дымящая	X
Серная кислота, 10%	66
Серная кислота, 100%	X
Серная кислота, 50%	66
Серная кислота, 70%	66
Серная кислота, 90%	X
Серная кислота, 98%	X
Сероуглерод	X
Синильная кислота, 10%	93
Сурьмы (III) хлорид	93
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	27
Углерод четыреххлористый	93
Углерода (II) оксид	X
Углерода (IV) оксид, безв.	93
Углерода (IV) оксид, влажн.	93
Угольная кислота	X
Уксусная кислота ледяная	60
Уксусная кислота, 10%	60
Уксусная кислота, 50%	60
Уксусная кислота, 80%	60
Уксусный ангидрид	X
Фосфорная кислота, 50–80%	60
Фтор, газ, влажн.	16
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	16
Фтороводородная кислота, 70%	X
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлор, ж.	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	60
Хлорноватистая кислота	93
Хлороводородная кислота, 20%	38
Хлороводородная кислота, 38%	32
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	71
Хромовая кислота, 50%	X

Окончание табл. 5.14

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Царская водка, 3:1	X
Целлозольв	93
Циклогексан	X
Циклогексанол	X
Цинка хлорид	93
Этиленгликоль	93
Яблочная кислота	X

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 5.15. Совместимость СЭКПТ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота	X
Амиловый спирт	82
Аммиак, газ	60
Аммония гидроксид, 10%	60
Аммония гидроксид, 25%	60
Аммония гидроксид, нас.	60
Аммония сульфат, 10–40%	82
Аммония хлорид, 10%	82
Аммония хлорид, 28%	82
Аммония хлорид, 50%	82
Аммония хлорид, нас.	82
Анилин	X
Ацетамид	93
Ацетон	X
Бензойная кислота	60
Бензол	X
Бромная вода, нас.	X
Бромная вода, разб.	X
Бутан	X
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	82

Продолжение табл. 5.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Виски	82
Вода деминерализованная	99
Вода дистиллированная	99
Вода морская	99
Вода соленая	99
Водорода пероксид	X
Глицерин	82
Диацетоновый спирт	99
Дибutilфгалат	38
Изобутилметилкетон	X
Калия гидроксид, до 50%	99
Калия сульфат, 10%	99
Кальция гидроксид, 10%	82
Кальция гидроксид, 20%	82
Кальция гидроксид, 30%	82
Кальция гидроксид, нас.	99
Кальция хлорид, нас.	82
Кальция хлорид, разб.	82
Касторовое масло	71
Крезол	38
Кукурузное масло	X
Лимонная кислота, 10%	82
Лимонная кислота, 15%	82
Лимонная кислота, 5%	82
Лимонная кислота, конц.	82
Меди (I) сульфат	82
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота	99
Монохлорбензол	X
Натрия гидроксид, до 70%	93
Натрия гипохлорит	X
Натрия карбонат	82
Натрия хлорид	82
Пропан	X
Простые эфиры	
Сахарный сироп	82
Серная кислота, 93%	X
Серная кислота, до 70%	93

Продолжение табл. 5.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Сероуглерод	X
Силиконовое масло	93
Соляная кислота	X
Толуол	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Угольная кислота	82
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Фенол	27
Формальдегид, 37%	82
Формальдегид, 50%	60
Формальдегид, разб.	82
Фосфорная кислота	82
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	60
Фтороводородная кислота, 40%	X
Фтороводородная кислота, 50%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Фтороводородная кислота, разб.	99
Хлопковое масло	27
Хлорбензол	X
Хлорная вода, нас.	27
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	99
Хлороформ	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Целлозольв	X
Цинка хлорид	82
Щавелевая кислота	60

Окончание табл. 5.15

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Этилацетат	X
Этиленгликоль	82
Этиленхлорид	X
Этиловый спирт	82

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.12.3. Применение

Этиленпропиленовый каучук широко используется в автомобильной промышленности. Он легко подвергается окрашиванию, поэтому его применяют для изготовления износостойчивой и упругой панели между решеткой радиатора и бампером. Он обладает хорошей тепло-, озono- и химической стойкостью, поэтому его используют для изготовления шлангов радиатора, изоляции провода зажигания, сливных трубок радиаторов, прокладок стеклоочистителей, системы ограничения выхлопа газов и других различных деталей. Среди других областей применения СКЭП и СКЭПТ можно отметить изготовление системы рессорного подвешивания, ковриков, герметиков для кузовов и опорной площадки педалей. Каждое применение обосновано одним или другим специфическим свойством материала

Производители бытовых электроприборов, особенно стиральных машин, также широко используют СКЭП. Его тепло- и химическая стойкость вкпе с физическими свойствами делает его идеально подходящим для изготовления уплотнения дверок, сливных шлангов, мембран, глушителей колебаний и прокладочных колец. Этот эластомер используется в изготовлении посудомоечных машин, холодильников, микроволновых печей и других приборов.

Этиленпропиленовый каучук применяется в электротехнике, в частности, в производстве электрооборудования. Одной из основных областей применения материала является изготовление электрической изоляции. Он используется для изоляции проводов среднего напряжения (до 35 кВ) и кабелей питания низковольтных (вторичных) цепей, обмотки проводов распределительных сетей и гибких шнуров типов S и SJ, а также изоляции проводов зажигания в автомобилях.

ЭПДК иногда применяют для изготовления формованных крышек клеммных коробок, электрических розеток, ответвлений основных линий и

переключающих устройств, соединения кабелей, изоляционной и полупроводящей ленты.

Изоляция подземных кабелей энергораспределения среднего и высокого напряжения, выполненная из СКЭП, имеет ряд преимуществ. Она обладает прекрасной стойкостью к разрывам и разрушению под действием протекающего тока высокого напряжения. Прекрасные электрические свойства материала обуславливают его применение в качестве изоляции. Он не разрушается при сильном коронном разряде.

Использование СКЭП в производстве других изделий обусловлено его хорошей тепло- и химической стойкостью, долговечностью, озоностойкостью и динамическими свойствами материала. Его используют для изготовления рукавов для пара под высоким давлением, термостойких транспортных лент, шлангов для воды и химикатов, гидравлических шлангов для жидкостей фосфатного типа, амортизированных подвесов, промышленных шин, бамперов для доков, буксиров, футеровок для резервуаров и трубопровода, уплотнительных колец и различных иных формованных изделий. Обычный СКЭП также используется для изготовления таких изделий, как садовые шланги, велосипедные шины, спортивные товары, судовое оборудование и шины для садового инвентаря.

5.13. Стирол-бутадиен-стирольный блок-сополимер (СБС)

СБС представляет собой блок-сополимер, производимый в двух модификациях: как не содержащий примесей термоэластопласт (ТЭП) или как маслonaполненный ТЭП. Они широко применяются в смесях с термопластами в качестве модификаторов свойств или как основной компонент клеящих составов, герметиков или покрытий. Смеси СБС, помимо блок-сополимера, содержат некоторые другие необходимые ингредиенты. Эти композиции не требуют вулканизации и обладают рядом полезных свойств, а также легко перерабатываются с помощью обычного оборудования для переработки термопластов.

5.13.1. Стойкость к действию солнца, озона и погодных условий

СБС разрушается при действии озона, особенно если он находится под нагрузкой. Он также не стоек при длительном воздействии света Солнца и погодных условий.

5.13.2. Химическая стойкость

Химическая стойкость СБС аналогична стойкости натурального каучука. Он не разрушается в присутствии воды, кислот и оснований. Длительное воздействие углеводородных растворителей и масел вызывает разрушение материала,

однако кратковременное воздействие на свойства полимера значительно не сказывается.

5.13.3. Применение

Состав материала определяет область его применения. Его используют для производства различных бытовых изделий и обуви. СБС используются главным образом в качестве компонента смесей с термопластами и как модифицирующая добавка.

5.14. Стирол-этилен-бутилен-стирольный блоксополимер (СЭБС)

Также как и СБС, СЭБС представляет собой блок-сополимер, производимый в двух модификациях: как не содержащий примесей термоэластопласт или как модифицированный маслом полимер. Этот материал не требует вулканизации и используется в смесях с термопластами для модификации их свойств или как основной компонент клеящих составов, герметиков или покрытий. Состав смесей СЭБС определяет их свойства и легкость обработки на обычном оборудовании для обработки термопластов.

5.14.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

СЭБС и его смеси обладают прекрасной стойкостью к действию озона. При продолжительном использовании на открытом воздухе рекомендуется использовать поглотитель ультрафиолета или сажу в качестве наполнителя.

5.14.2. Химическая стойкость

Химическая стойкость СЭБС аналогична стойкости натурального каучука. Он обладает прекрасной стойкостью к действию воды, кислот и оснований. Выдерживание в углеводородных растворителях и маслах разрушает каучук, однако кратковременное воздействие не оказывает значительного эффекта.

5.14.3. Применение

СЭБС находит применение в производстве различных бытовых предметов, в автомобильной промышленности, в производстве спортивных товаров и других изделий. Он используется в электротехнической промышленности при изготовлении гибких шнуров, оболочек сварочных проводов и кабелей питания от внешних источников, изоляции огнестойкой проволоки и электрооборудования в автомобилях.

5.15. Полисульфидные каучуки (*ST* и *FA*)

Полисульфидный каучук получают взаимодействием производных этилена ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) с полисульфидами щелочных металлов. Сера составляет часть полимерной молекулы. Он также известен под названием «тиокол». В целом этот эластомер не обладает большой эластичностью, однако он имеет хорошую теплостойкость и инертен к действию большинства растворителей. По сравнению с резиной из бутадиеннитрильного каучука полисульфидные вулканизаты обладают меньшей прочностью на разрыв, резким запахом, меньшей упругостью, большей деформацией под нагрузкой и худшей абразивостойкостью.

Модифицированные органические полисульфиды получают, используя вместо производных этилена другие соединения, что позволяет получать материалы с более слабым запахом.

5.15.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Тиокол *FA* обладает прекрасной стойкостью к действию озона, погодных условий и ультрафиолетового света. Его стойкость превосходит таковую тиокола *ST*. Если материал подвергается воздействию высоких концентраций озона, вносят добавку 0,5 частей дибутилдитиокарбамата никеля (НБК) на 100 частей полисульфидного каучука *FA*.

Для придания стойкости к УФ к тиоколу *ST* добавляют сажевый наполнитель. Тиокол *ST* обладает достаточно хорошей озоностойкостью, причем она может быть еще улучшена добавлением НБК, однако введение добавки может ухудшить остаточную деформацию материала при сжатии. Тиокол *ST* обладает удовлетворительной стойкостью к действию погодных условий.

5.15.2. Химическая стойкость

Полисульфидный каучук обладает выдающейся инертностью к действию растворителей. Он не разрушается при действии масел, бензина, алифатических и ароматических углеводородов, воды и щелочей. Помимо этого, материал обладает приемлимой стойкостью к действию кислот. Тиокол *FA* несколько более устойчив, чем тиокол *ST*. Добавление бутадиенакрилонитрильного каучука к тиоколу *FA* обеспечивает высокую стойкость к действию ароматических углеводородов и улучшает физические свойства смеси. Для достижения хорошей стойкости к действию сложных эфиров и кетонов составляют смесь тиокола *FA* с неопреном *W*, что также улучшает физические свойства материала.

Тиокол *ST* обладает лучшей по сравнению с тиоколом *FA* стойкостью к действию хлорированных органических соединений. В обоих случаях следует избегать взаимодействия материала с сильными концентрированными неорганическими кислотами, такими, как серная, азотная и соляная, так как эти соединения разрушают полимер.

В табл. 5.16 приведены данные о совместимости тиокола *ST* с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.16. Совместимость тиокола *ST* с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота	X
Амиловый спирт	27
Аммиак, газ	X
Аммония гидроксид, 10%	X
Аммония гидроксид, 25%	X
Аммония гидроксид, нас.	X
Аммония сульфат, 10–40%	X
Аммония хлорид, 10%	66
Аммония хлорид, 28%	66
Аммония хлорид, 50%	66
Аммония хлорид, нас.	32
Анилин	X
Ацетамид	X
Ацетон	27
Бензойная кислота	66
Бензол	X
Бромная вода, нас.	27
Бромная вода, разб.	27
Бутан	66
Бутилацетат	27
Бутиловый спирт	27
Виски	X
Вода деминерализованная	27
Вода дистиллированная	27
Вода морская	27
Вода соленая	27
Водорода пероксид	X
Глицерин	27
Диацетоновый спирт	27
Дибutilфталат	27
Изобутилметилкетон	27
Калия гидроксид, до 50%	27
Калия сульфат, 10%	32
Кальция гидроксид, 10%	X
Кальция гидроксид, 20%	X
Кальция гидроксид, 30%	X

Продолжение табл. 5.16

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Кальция гидроксид, нас.	X
Кальция хлорид, нас.	66
Кальция хлорид, разб.	66
Касторовое масло	27
Крезол	X
Кукурузное масло	32
Лимонная кислота, 10%	X
Лимонная кислота, 15%	X
Лимонная кислота, 5%	X
Лимонная кислота, конц.	X
Меди (I) сульфат	X
Метилэтилкетон	66
Молочная кислота.	X
Натрия гидроксид	X
Натрия гипохлорит	X
Натрия карбонат	X
Натрия хлорид	27
Пропан	66
Сахарный сироп (тростниковый сахар)	X
Серная кислота	X
Сероуглерод	X
Силиконовое масло	X
Соляная кислота	X
Толуол	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Угольная кислота	66
Уксусная кислота ледяная	27
Уксусная кислота, 10%	27
Уксусная кислота, 50%	27
Уксусная кислота, 80%	27
Фенол.	X
Формальдегид, 37%	27
Формальдегид, 50%	27
Формальдегид, разб.	27
Фосфорная кислота	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 40%	X
Фтороводородная кислота, 50%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X

Окончание табл. 5.16

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Фтороводородная кислота, разб.	X
Хлопковое масло	32
Хлорбензол	X
Хлорная вода, нас.	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	X
Хлороформ	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Целлозольв	27
Цинка хлорид	X
Щавелевая кислота	X
Этилацетат	27
Этиленгликоль	66
Этиленхлорид	27
Этиловый спирт	27
Эфиры простые	32

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источники: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.15.3. Применение

Тиокол FA является распространенным материалом, используемым для производства резиновых валиков для печатного оборудования и оборудования для нанесения покрытий. Главной причиной его использования в этом качестве является его стойкость к действию многих типов растворителей, в том числе кетонов, сложных эфиров, ароматических углеводородов и пластификаторов, используемых в качестве связующих растворов в красках и чернилах для печати и покрытиях.

Тиокол также применяется в производстве рукавов и футеровок шлангов для работы с ароматическими растворителями, сложными эфирами, кетонами,

маслами, топливом, бензином, красками, лаками и различными разбавителями. Большие количества материала используются для производства уплотняющих составов, замазок, герметиков и упругих опорных устройств.

Воздухо- и газонепроницаемость полисульфидных каучуков обуславливает их использование в производстве надувных спасательных жилетов, спасательных плотов, надувных баллонов и некоторых других подобных изделий.

5.16. Полиуретановый каучук (УК)

Первыми промышленными термопластичными эластомерами (ТПЭ) были термопластичные уретаны (ТПУ)¹. Их общая структура описывается схемой $-[A-B]_n-$, где «А» означает жесткий полукристаллический блок, полученный удлинением диизоцианата гликолем. «В» означает эластичный блок, который является производным сложного или простого полиэфира (олигоэфира). На рис. 5.1 приведены типичные структуры ТПУ обоих типов.

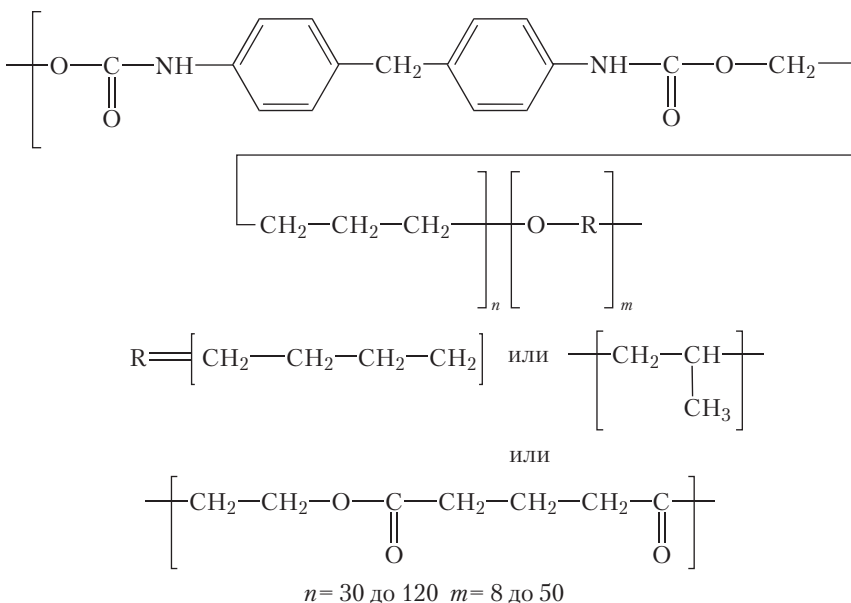


Рис. 5.1

¹ Термопластичные эластомеры — эти и эфирные, амидные, бутадиенстирольные и др. — перерабатываются как обычные термопласты и не требуют вулканизации. Следовательно, к ним примечание на с. 498 не относится, так как они «физически» сшиты. — *Примеч. науч. ред.*

Уретановая связь в жестких блоках способна к сильному внутри- и межмолекулярному водородному связыванию. Наличие водородной связи увеличивает степень кристалличности жесткой фазы и может влиять на механические свойства материала — жесткость, модуль упругости и прочность на разрыв.

Как и в случае других блок-сополимеров, природа эластичных блоков определяет низкотемпературные свойства и упругость материала. ТПУ на основе сложных полиэфиров обладает прекрасной стойкостью к действию неполярных жидкостей, высокой прочностью на разрыв и абразивостойкостью. Материал на основе простых полиэфиров обладает малым гистерезисом или выделением тепла при деформировании, хорошей теплостойкостью и стойкостью к гидролизу.

ТПУ медленно разрушается при температурах в диапазоне от 130 до 170 °С как посредством химической деструкции, так и путем морфологических изменений. Плавление жесткой фазы вызывает морфологические изменения и является обратимым, в то время как окислительная деструкция протекает необратимо и медленно. При повышении температуры оба процесса ускоряются. ТПУ на основе простых полиэфиров более стоек к термическому и окислительному воздействию, чем сложноэфирный ТПУ.

ТПУ отличается выдающейся абразивостойкостью и низким коэффициентом трения. Они обладают плотностью, сравнимой с плотностью саженатолненных резин, но не имеют преимуществ в плотности по сравнению с ненаполненными резинами.

Существуют другие факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие на старение материала. К ним относятся повышенная температура, динамические нагрузки и химическое воздействие. Эти факторы и любые их комбинации ухудшают физические и механические свойства материала.

Вулканизуемые уретановые каучуки (вальцуемые и литьевые) обладают превосходной способностью к восстановлению после деформации. Детали из УК при высокочастотных деформациях могут разогреваться из-за теплообразования, однако большая прочность и несущая способность (устойчивость под нагрузкой) таких эластомеров позволяют использовать образцы (детали), которые быстро рассеивают тепло.

Существует множество разнообразных уретановых эластомеров. Свойства материала зависят от природы эластомера и рецептуры смеси. Полиуретановый каучук представляет собой уникальный материал, сочетающий в себе преимущества жестких пластмасс, металлов и керамик, при этом сохраняя растяжимость и эластичность каучука. Существуют различные сорта материала, обладающие широким спектром физических свойств.

Композиции с твердостью по Шору А 95 (тверже, чем валики пишущих машинок) обладают достаточной эластичностью, чтобы выдерживать растяжение более чем в четыре раза от исходной длины

При комнатной температуре некоторые сырьевые (исходные) уретаны (литьевые) представляют собой жидкости, что упрощает производство больших

по размеру и сложных по форме формованных изделий. После отверждения эти эластомерные изделия оказываются достаточно твердыми, чтобы обрабатывать их на металлообрабатывающем оборудовании. Отвержденные литьевые полиуретаны не требуют использования наполнителей или армирующих добавок.

5.16.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Уретановые каучуки обладают прекрасной стойкостью к действию озона и хорошей стойкостью к погодным условиям. Однако длительное воздействие ультрафиолетового света ухудшает их физические свойства и может вызвать потемнение материала. Неблагоприятное воздействие можно предотвратить, используя пигменты или соединения, защищающие от экранирующие от ультрафиолета.

5.16.2. Химическая стойкость

Уретановые каучуки стойки к действию большинства минеральных и растительных масел, смазок и топлива, а также алифатических и хлорированных углеводов. Поэтому эти материалы могут использоваться в присутствии смазочных материалов и автомобильного топлива.

Тесты, проведенные в *Hanford Laboratories* компании *General Electric Co.* показали, что адипиновый уретановый каучук, производимый компанией *DuPont*, обладает лучшей среди многих эластомеров и пластмасс стойкостью к воздействию гамма-радиации. Удовлетворительное состояние материала наблюдалось после воздействия доз гамма-излучения порядка 1×10^9 рентген. При облучении этот эластомер лучше многих других сохраняет стойкость к растрескиванию, первоначальную гибкость и ударную вязкость.

Ароматические углеводороды, полярные растворители, сложные эфиры и кетоны разрушают полиуретановый каучук. Спирты размягчают материал и вызывают его набухание.

Полиуретановые каучуки могут быть использованы в присутствии слабых кислотных растворов в течение ограниченного времени, однако их нельзя применять в присутствии концентрированных кислот. Они также не стойки к действию пара и щелочей, однако стойки к набуханию и разрушению при погружении в воду.

В табл. 5.17 приведены данные о совместимости полиуретановых каучуков с некоторыми корродирующими агентами, а в табл. 5.18 — аналогичные данные для УК на основе простых полиэфиров.

Таблица 5.17. Совместимость сложноэфирных уретановых каучуков с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместности, °C
Азотная кислота	X
Амиловый спирт	X
Аммиак, газ	
Аммония гидроксид, 10%	32
Аммония гидроксид, 25%	32
Аммония гидроксид, нас.	27
Аммония сульфат, 10–40%	
Аммония хлорид, 10%	32
Аммония хлорид, 28%	32
Аммония хлорид, 50%	32
Аммония хлорид, нас.	32
Анилин	X
Ацетамид	X
Ацетон	X
Бензойная кислота	X
Бензол	X
Бромная вода, нас.	X
Бромная вода, разб.	X
Бутан	38
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	X
Виски	X
Вода морская	X
Вода соленая	X
Глицерин	32
Декстроза	X
Дибутилфталат	X
Изобутилметилкетон	X
Изопропиловый спирт	X
Калия бромид, 30%	32
Калия гидроксид, до 50%	32
Калия сульфат, 10%	32
Калия хлорид, 30%	32
Кальция гидроксид, 10%,	X
Кальция гидроксид, 20%	32
Кальция гидроксид, 30%	32
Кальция гидроксид, нас.	32
Кальция хлорид, нас.	X
Кальция хлорид, разб.	X

Продолжение табл. 5.17

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Касторовое масло	32
Керосин	X
Крезол	X
Ксилол	X
Кукурузное масло	
Лимонная кислота, 10%	X
Лимонная кислота, 15%	
Лимонная кислота, 5%	X
Лимонная кислота, конц.	
Льняное масло	32
Лярд	32
Магния гидроксид	32
Масла и жиры	27
Меди (I) сульфат	32
Метиловый спирт	32
Метилэтилкетон	X
Минеральное масло	32
Мыла	X
Натрия гидроксид, до 50%	32
Натрия гипохлорит	X
Натрия карбонат	X
Натрия фосфат	32
Натрия хлорид	27
Реактивное топливо, JP 4	X
Реактивное топливо, JP 5	X
Ртуть	32
Сахарный сироп	
Серебра нитрат	32
Серная кислота	X
Сероуглерод	
Скипидар	X
Соляная кислота	X
Толуол	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Угольная кислота	32
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X

Окончание табл. 5.17

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Фенол	X
Формальдегид, 37%	X
Формальдегид, 50%	X
Формальдегид, разб.	X
Хлопковое масло	32
Хлорбензол	X
Хлорная вода, нас.	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	X
Хлороформ	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Целлозольв	X
Этилацетат	X
Этиленгликоль	32
Этиленхлорид	
Этиловый спирт	X
Эфиры простые	X

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Таблица 5.18. Совместимость уретановых каучуков на основе простых полиэфиров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Амиловый спирт	X
Аммония гидроксид, 10%	43
Аммония гидроксид, 25%	43
Аммония гидроксид, нас.	38

Продолжение табл. 5.18

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония сульфат, 10–40%	49
Аммония хлорид, 10%	54
Аммония хлорид, 28%	54
Аммония хлорид, 50%	54
Аммония хлорид, нас.	54
Анилин	X
Ацетамид	X
Ацетилхлорид	X
Ацетон	X
Бензиловый спирт	X
Бензойная кислота	X
Бензол	X
Бифенил	X
Бура	32
Бутан	27
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	X
Вода деминерализованная	54
Вода дистиллированная	54
Вода морская	54
Вода соленая	54
Гексафторкремнекислота	38
Глицерин	38
Диоксан	X
Железа (III) хлорид, 75%	38
Изобутилметилкетон	X
Изобутиловый спирт	X
Изопропилацетат	X
Калия ацетат	X
Калия гидроксид	54
Калия сульфат, 10%	54
Калия хлорид, 30%	54
Кальция гидроксид, 10%	54
Кальция гидроксид, 20%	54
Кальция гидроксид, 30%	54
Кальция гидроксид, нас.	54
Кальция гипохлорит	54
Кальция хлорид, нас.	54
Кальция хлорид, разб.	54
Касторовое масло	54

Продолжение табл. 5.18

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Крезоловая кислота	X
Ксилол	X
Лимонная кислота, 10%	32
Лимонная кислота, 15%	32
Лимонная кислота, 5%	32
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота	X
Муравьиная кислота	X
Натрия гидроксид, 30%	60
Натрия гипохлорит	X
Натрия пероксид	X
Натрия фосфат, кислый	54
Натрия фосфат, нейтр.	54
Натрия фосфат, щел.	54
Натрия хлорид	54
Нитробензол	X
Оливковое масло	49
Пропан	X
Пропилацетат	X
Пропиловый спирт	X
Сероуглерод	X
Соляная кислота	X
Толуол	X
Трихлорэтилен	X
Углерод четыреххлористый	X
Угольная кислота	27
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X
Фенол	X
Фреон, F-11	X
Фреон, F-12	38
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 40%	X
Фтороводородная кислота, 50%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Фтороводородная кислота, разб.	X
Хлопковое масло	38

Окончание табл. 5.18

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	X
Хлороформ	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлорэтан	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Циклогексан	27
Этилацетат	X
Этилбензол	X
Этиленоксид	X

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.16.3. Применение

Разнообразие уретанов обуславливает широкий круг их применения. Уретановые эластомеры существуют в трех формах: монолиты, губки, а также пленки и покрытия.

Изделия из монолитных полиуретанов получают жидкофазным литьем или формованием, например, в виде больших валов, лопастных колес, абразивостойких деталей ткацких станков, уплотнительных колец, заливочных компаундов, шестерней, прокладок на инструментах и небольших изделий сложной формы.

Из микроячеистых полиуретанов изготавливают амортизаторы различных типов, подошвы обуви, прижимные устройства для ленточно-шлифовальных станков и уплотнительные прокладки.

Полиуретановые покрытия и пленки можно использовать для покрытия различных материалов, включая металлы, стекло, дерево, ткани и бумагу. При-

мерами изделий, для покрытия которых используются уретановые пленки, могут служить брезент, кегли для боулинга, футеровки водопроводов и резервуаров, а также внешние покрытия для защиты от атмосферной коррозии. Эти пленки также придадут изделию абразивостойкость.

Фильтры, сосуды для осветления жидкостей, резервуары для хранения жидкостей и сточные колодцы, изготовленные из армированного бетона, широко используются при обработке городских, промышленных и термальных сточных вод. Во многих случаях, особенно в случаях анаэробных, промышленных и термических регенерирующих систем полиуретановые футеровки применяются для защиты бетона от агрессивных химикатов и предотвращают просачивание в бетон веществ, которые могут разрушать стальную арматуру. Эти футеровки обеспечивают защиту от истирания и эрозии, и действуют как водонепроницаемая система для избежания протечек, которые могут возникать при движении бетона и его усадке.

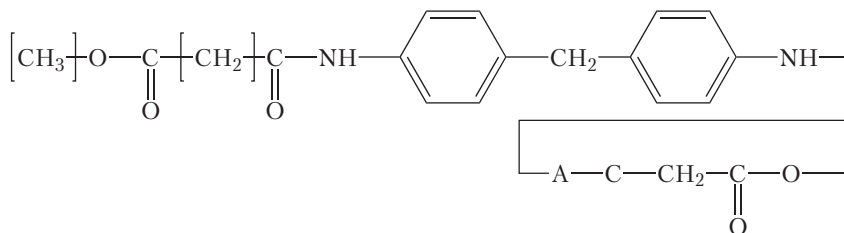
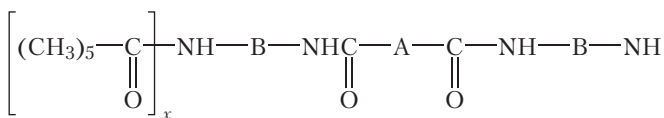
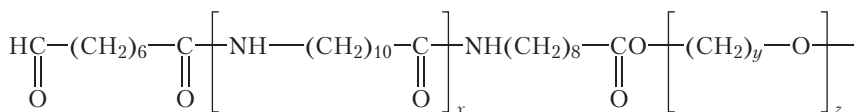
Уретановые эластомеры широко применяются в промышленности, так как обладают многими уникальными свойствами: высокой прочностью на растяжение и на раздир, эластичностью, ударной прочностью, способностью выдерживать высокие нагрузки. Среди изделий, изготавливаемых из уретановых эластомеров, можно назвать подшипники, зубчатые муфты, клюшки и эластичные молотки, монолитные шины, конвейерные ленты и другие разнообразные предметы.

5.17. Полиамиды

Полиамиды производятся под множеством различных торговых названий, наиболее известным из которых является Найдон (Найдон 6 и другие), производимый компанией *DuPont*. Несмотря на то что полиамиды находят широчайшее применение в производстве текстильных волокон, из них также могут быть изготовлены термопластичные формованные материалы, обладающие полезными свойствами. Их использование ограничивает относительно высокая стоимость.

В настоящее время в промышленности выпускают множество сортов полиамидов, но наиболее распространенными являются Найдон 6, Найдон 6.6, Найдон 11 и Найдон 12. Последние два находят применение как эластомерные материалы.

Наивысшими свойствами среди ТПЭ обладают блок-сополимерные полиамиды с эластомерными свойствами. Амидные связи соединяют жесткие и мягкие сегменты полиамидных ТПЭ, а мягкие сегменты могут иметь структуру простых или сложных полиэфиров. Структуры этих полимеров приведены на рис. 5.2. Амидные связи, соединяющие жесткие и мягкие блоки, более устойчивы к химическим воздействиям, чем сложноэфирные и уретановые связи. Следовательно, эти материалы обладают лучшей теплостойкостью, чем уретановые эластомеры, и их стоимость выше.



A = C₁₉ до C₂₁

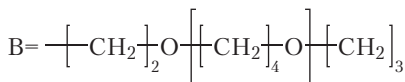


Рис. 5.2

Структура жестких и мягких блоков влияет на характеристики материала. Мягкие блоки могут представлять собой простые и сложные полиэфиры или смешанные эфирные фрагменты. Блоки, состоящие из простых эфиров, улучшают низкотемпературные свойства материала и устойчивость его к гидролизу, в то время как сложноэфирные цепи придают материалу устойчивость к действию жидкостей и стойкость к окислению при повышенных температурах.

5.17.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Полиамиды стойки к действию этих факторов. Многие металлические изделия покрывают полиамидами для защиты в суровых погодных условиях.

5.17.2. Химическая стойкость

Полиамиды обладают прекрасной стойкостью к действию широкого ряда химических и агрессивных сред. Они обладают хорошей стойкостью к действию большинства неорганических щелочей, в частности гидроксида аммония и аммиака даже при повышенных температурах и гидроксидов натрия и калия при обычной

температуре. Они также стойки к действию практически всех неорганических солей и практически всех углеводов и топлив на нефтяной основе.

Они также инертны к действию органических кислот (лимонной, молочной, олеиновой, щавелевой, стеариновой, винной и мочевой) и большинства альдегидов и кетонов при нормальной температуре. Они ограниченно стойки к действию хлороводородной, сульфоновой и фосфорной кислот при обычных температурах.

В табл. 5.19 приведены данные о совместимости Найлона 11 с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.19. Совместимость Найлона 11 с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота	X
Амиловый спирт	38
Аммиак, газ	
Аммония гидроксид, 10%	93
Аммония гидроксид, 25%	93
Аммония гидроксид, нас.	93
Аммония сульфат, 10–40%	27
Аммония хлорид, 10%	93
Аммония хлорид, 28%	93
Аммония хлорид, 50%	93
Аммония хлорид, нас.	
Анилин	X
Ацетамид	60
Ацетон	
Бензойная кислота, 10%	93
Бензол	93
Бром, газ	X
Бром, ж.	X
Бутан	60
Бутилацетат	
Бутиловый спирт	93
Виски	27
Вода дистиллированная	27
Вода морская	60
Вода соленая	60
Вода минеральная, кислая	27
Глицерин	93
Дибутилфталат	27
Железа (III) хлорид	X

Продолжение табл. 5.19

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Изобутилметилкетон	38
Йод	X
Калия гидроксид, 50%	60
Калия гидроксид, 50%	93
Калия сульфат, 10%	27
Кальция гидроксид, 10%	60
Кальция гидроксид, 20%	60
Кальция гидроксид, 30%	60
Кальция гидроксид, нас.	60
Кальция сульфат	X
Кальция хлорид, нас.	93
Кальция хлорид, разб.	93
Крезол	X
Кукурузное масло	
Лимонная кислота, 10%	93
Лимонная кислота, 15%	93
Лимонная кислота, 5%	93
Лимонная кислота, конц.	93
Меди (I) нитрат	X
Метилэтилкетон	71
Молочная кислота	93
Муравьиная кислота	X
Натрия гидроксид	93
Натрия гипохлорит	X
Натрия карбонат	104
Натрия хлорид	93
Нефть сырая	49
Пропан	27
Сероводород	X
Сероуглерод	27
Силиконовое масло	27
Сульфоновая кислота	X
Толуол	60
Трихлорэтилен	71
Углерод четыреххлористый	60
Угольная кислота	27
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	X
Уксусная кислота, 50%	X
Уксусная кислота, 80%	X

Окончание табл. 5.19

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Фенол	X
Фосфорная кислота, более 10%	X
Фосфорная кислота, до 10%	27
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 40%	X
Фтороводородная кислота, 50%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Фтороводородная кислота, разб.	X
Хлопковое масло	93
Хлор, газ	X
Хлорбензол	
Хлорбензол	X
Хлорная вода, нас.	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	27
Хлороформ	X
Хромовая кислота, 10%	X
Хромовая кислота, 30%	X
Хромовая кислота, 40%	X
Хромовая кислота, 50%	X
Циклогексанон	93
Цинка хлорид	X
Щавелевая кислота	60
Этилацетат	
Этиленгликоль	93
Этиленоксид	38
Этиленхлорид	93
Этиловый спирт	93
Эфиры простые	

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.17.3. Применение

Полиамиды находят разнообразное применение благодаря наличию многих полезных свойств. Различные сорта материала могут обладать различной эластичностью. Существуют полимеры, обладающие достаточной мягкостью, чтобы их можно было использовать в производстве сидений велосипедов, в то время как некоторые сорта обладают прочностью и жесткостью, сравнимыми с таковыми для металлов. Суперэластичные сорта используются в производстве подошв обуви, уплотнителей, мембран и герметиков. Способность к восстановлению формы полиамидов достаточно высока, чтобы изделия могли выдерживать повторяющиеся циклы растяжения и изгиба в течение долгого времени.

Полиамиды отвечают требованиям SAE/J844 «Общества инженеров автомобильной промышленности и транспорта» к материалу шлангов пневматического тормозного привода, поэтому они могут быть использованы в этом качестве в грузовых автомобилях. Эти шланги применялись в грузовиках, которые проходили более двух миллионов миль без единого повреждения. Шланги высокого давления и топливные магистрали также производятся из полиамида. Коррозионно-стойкие и износостойчивые покрытия для управляющих кабелей в самолетах, автомобильной проводки и электропроводки могут быть изготовлены из этого материала.

5.18. Сложноэфирные эластомеры

Сложноэфирные эластомеры сочетают в себе характеристики термопластов и эластомеров. Они являются прочными, эластичными, ударопрочными и стойкими при многократных деформациях. Их физические и механические свойства варьируются в зависимости от твердости эластомера. Диапазон твердости составляет от 40 до 72 единиц по Шору Д. Стандартными величинами для этого материала являются 40, 55, 63 и 72 единицы твердости. Материал сочетает в себе такие свойства, как упругость, высокую деформационную стойкость при умеренных нагрузках, прекрасную стойкость к усталости при многократных деформациях, хорошую абразивостойкость, сохранение эластичности при низких температурах, а также значительное сохранение свойств при повышенных температурах. Полиэфирные эластомеры могут успешно заменять твердые резины, так как обладают более высокой прочностью и могут быть использованы в аналогичных изделиях более тонких калибров.

5.18.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Полиэфирные эластомеры обладают прекрасной стойкостью к действию озона. Когда к ним добавляют подходящие добавки, их стойкость к старению под действием света очень высока. Они обладают хорошей стойкостью к погодным условиям.

5.18.2. Химическая стойкость

В целом стойкость сложноэфирных эластомеров к химическому воздействию жидкостей увеличивается с увеличением твердости материала. Так как эластомеры не содержат пластификаторов, они не подвержены вымыванию их растворителем или улетучиванию при нагревании. Многие жидкие химикаты вымывают пластификаторы из других содержащих их эластомеров, значительно увеличивая модуль жесткости и вызывая усадку материала.

В целом сложноэфирные эластомеры стойки к действию тех же классов химикатов, что и полиуретаны. Однако они обладают лучшими по сравнению с полиуретанами высокотемпературными свойствами и могут быть удовлетворительно использованы при более высоких температурах в присутствии тех же жидкостей.

Сложноэфирные эластомеры обладают прекрасной стойкостью к действию неполярных соединений — масел и гидравлических жидкостей, даже при повышенных температурах. При комнатной температуре эластомеры инертны по отношению к действию большинства полярных жидкостей, таких как кислоты, основания, амины и гликоли. Стойкость значительно ухудшается при температурах выше 70 °С. Эти эластомеры не следует использовать при длительном воздействии полярных жидкостей при повышенных температурах.

Сложноэфирные эластомеры обладают также хорошей стойкостью к действию горячего влажного воздуха. Их устойчивость к гидролизу может быть улучшена смешением с другими материалами.

В табл. 5.20 приведены данные о совместимости сложноэфирных эластомеров с некоторыми корродирующими агентами.

5.18.3. Применение

Сложноэфирные эластомеры имеют различные области применения. Много материала используется при изготовлении футеровки резервуаров, искусственных водоемов и бассейнов. Они плохо проницаемы для воздуха, поэтому их используют в производстве надувных изделий. Химическая стойкость к действию масел и гидравлических жидкостей вкупе с теплостойкостью делает сложноэфирные эластомеры подходящими для производства автомобильных шлангов.

Таблица 5.20. Совместимость сложноэфирных эластомеров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азотная кислота	X
Амилацетат	27
Аммония хлорид, 10%	32
Аммония хлорид, 10–40%	27
Аммония хлорид, 28%	32

Продолжение табл. 5.20

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония хлорид, 50%	32
Аммония хлорид, нас.	32
Анилин	X
Бензол	27
Борная кислота	27
Бром, ж.	X
Бура	27
Бутан	27
Бутилацетат	27
Вода деминерализованная	71
Вода дистиллированная	71
Вода морская	71
Вода соленая	71
Водород	27
Глицерин	27
Дибutilфталат	27
Диоктилфталат	27
Дихлорметан	X
Калия гидроксид	27
Калия дихромат, 30%	27
Кальция гидроксид, 10%	27
Кальция гидроксид, 20%	27
Кальция гидроксид, 30%	27
Кальция гидроксид, нас.	27
Кальция гипохлорит, 5%	27
Кальция хлорид, нас.	27
Кальция хлорид, разб.	27
Касторовое масло	27
Ксилол	27
Лимонная кислота, 10%	27
Лимонная кислота, 15%	27
Лимонная кислота, 5%	27
Лимонная кислота, конц.	27
Меди (I) сульфат	27
Меди (II) хлорид, до 50%	27
Метилэтилкетон	27
Минеральное масло	27
Молочная кислота	27
Муравьиная кислота, 10–85%	27
Мыла раствор	27

Продолжение табл. 5.20

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия гидроксид	27
Натрия хлорид	27
Нитробензол	X
Озон	27
Олова (II) хлорид, 15%	27
Пиво	27
Пиридин	27
Серная кислота	X
Сероводород, безв.	27
Сероуглерод	27
Соляная кислота	X
Стеариновая кислота	27
Толуол	27
Углерод четыреххлористый	X
Уксусная кислота ледяная	38
Уксусная кислота, 10%	27
Уксусная кислота, 50%	27
Уксусная кислота, 80%	27
Уксусная кислота, пары	32
Фенол	X
Формальдегид, 37%	27
Формальдегид, разб.	27
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	X
Фтороводородная кислота, 40%	X
Фтороводородная кислота, 50%	X
Фтороводородная кислота, 70%	X
Фтороводородная кислота, разб.	X
Хлопковое масло	27
Хлор, газ, безв.	X
Хлор, газ, влажн.	X
Хлорбензол	X
Хлороводородная кислота, 20%	X
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, 38%	X
Хлороводородная кислота, 50%	X
Хлороводородная кислота, разб.	27
Хлороформ	X
Хлорсульфоновая кислота	X
Циклогексан	27

Окончание табл. 5.20

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Цинка хлорид	27
Этилацетат	27
Этиленгликоль	27
Этиленхлорид	X
Этиловый спирт	27

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимальными выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Поскольку сложноэфирные эластомеры не содержат пластификаторов, шланги и трубы, изготовленные из него, при длительном использовании не становятся жестче. К другим изделиям из сложных полиэфиров относятся герметики, уплотнители, приводные ремни, звукопоглощающие устройства, шины низкого давления, монолитные шины, изоляцию проводов, детали насосов, электрические разъемы, гибкие валы, спортивное оборудование, соединения труб, подшипники и гибкие соединения.

5.19. Термопластические эластомеры (ТПЭ) олефинового типа (ТЭО)

Термопластические эластомеры содержат последовательность жестких и мягких повторяющихся фрагментов в цепи полимера. При эластичном восстановлении жесткие блоки «стягивают» более гибкие сегменты. Сшивка полимера не требуется. Существует шесть основных классов ТПЭ. Следующий ряд представлен в порядке увеличения цены и улучшения характеристик: стирольные блок-сополимеры, полиолефиновые смеси, эластомерные сплавы, термопластичные полиуретаны, термопластичные сложные сополиэфиры и термопластичные полиамиды.

ТЭО представляют собой простые смеси эластичных полимеров (СКЭПТ или БНК) с термопластами, например, ПП или ПВХ. Каждый полимер имеет собственную фазу, и фаза эластомера либо слабо «подшита», либо вообще не вулканизована. Полимер, который находится в большем количестве, обычно является непрерывной фазой. Более предпочтительны в качестве непрерывной фазы термопласты, так как они обладают меньшей вязкостью. Дискретная фаза должна иметь частицы малого размера. СКЭПТ и ПП являются составляющими большинства обычных ТЭО. Смеси БНК и ПВХ также имеют большое значение, однако они чаще используются в Японии, чем в Европе или Северной Америке.

ТЭО схожи с резинами в том, что к ним могут быть добавлены аналогичные добавки и наполнители для придания необходимых свойств. В качестве добавок используются технический углерод, пластификаторы, антиоксиданты, наполнители, которые склонны концентрироваться в мягкой эластомерной фазе ТЭО.

5.19.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ТЭО обладает хорошей стойкостью к действию солнечного света и озона и превосходной стойкостью к погодным условиям, а также к действию воды. Материал не теряет свойства после длительного воздействия воды при повышенной температуре.

5.19.2. Химическая стойкость

Вследствие низкой степени сшивки ТЭО очень уязвимы к действию жидкостей с аналогичными параметрами растворимости (или полярности). СКЭПТ/ПП ТЭО обладают очень плохой стойкостью к действию жидких углеводородов: алканов, алкенов, алкилзамещенных аренов, особенно при повышенной температуре.

Отсутствие ненасыщенности в исходных полимерах (СКЭПТ и ПП) обуславливает высокую стойкость ТЭО к окислению.

Неполярная природа СКЭПТ/ПП ТЭО определяет их высокую стойкость к действию воды, водных растворов и других полярных жидкостей, например, спиртов и гликолей, однако они сильно набухают с изменением свойств при воздействии галогенуглеводородов и углеводородов — масел и топлив. Смеси с БНК и ПВХ более стойки к действию агрессивных жидкостей, исключая галогенсодержащие углеводороды.

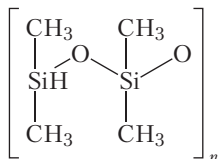
5.19.3. Применение

Эти эластомерные материалы находят широкое применение в производстве армированных шлангов, герметиков, уплотнителей, профилированных экструзионных изделий, гибких трубок, внутренней отделки автомобилей, функциональных и подкапотных компонентов автомобилей, механических изделий и обмотки проводов и кабелей.

5.20. Силоксановые каучуки (СК) и фторсилоксаны (ФС)

Силоксановые каучуки, известные также как полисилоксаны, представляют собой полимеры, структура которых, в отличие от большинства углеводородных эластомеров, состоит из атомов кремния и кислорода. Силоксановые каучуки

являются производными оксида кремния, SiO_2 или $\text{O}=\text{Si}=\text{O}$. Когда атомы соединяются так, что двойная связь разрушается и атом кремния присоединяет две метильные группы, образуется силоксановый каучук



5.20.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

СК и ФС обладают прекрасной стойкостью к действию этих факторов. Их свойства практически не изменяются даже при длительном их воздействии.

5.20.2. Химическая стойкость

Силоксановые каучуки могут использоваться в присутствии разбавленных кислот и щелочей, спиртов, животных и растительных масел и смазок. Они стойки к действию алифатических углеводородов, однако ароматические растворители — бензол, толуол, бензин и хлорированные растворители — вызывают сильное набухание материала. Несмотря на то что они очень стойки к действию воды и погодных условий, они не устойчивы под действием пара при высоком давлении и высокой температуре.

Фторсилоксаны обладают лучшей химической стойкостью по сравнению с силоксанами. Они имеют прекрасную стойкость к алифатическим углеводородам и не разрушаются в присутствии ароматических соединений, масел и бензина, животных и растительных жиров, разбавленных кислот и щелочей, а также спиртов. ФС достаточно стойки в присутствии концентрированных щелочей.

В табл. 5.21 приведены данные о совместимости силоксановых каучуков с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.21. Совместимость силоксановых каучуков с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Азот	204
Азотная кислота, 10%	27
Азотная кислота, 20%	X
Азотная кислота, 5%	27

Продолжение табл. 5.21

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, безв.	X
Азотной и серной кислот смесь, 50:50	X
Акриловая кислота, 75%	27
Акрилонитрил	X
Алюминия ацетат	X
Алюминия сульфат	210
Алюминия фосфат	204
Амилацетат	X
Амиловый спирт	X
Аммиак, газ	X
Аммония гидроксид, 10%	99
Аммония гидроксид, нас.	204
Аммония нитрат	27
Аммония хлорид, 10%	27
Аммония хлорид, 29%	27
Аммония хлорид, нас.	27
Анилин	27
Ацетамид	27
Ацетон	43
Ацетон, 50% водн. р-р	43
Ацетофенон	X
Бария сульфид	204
Бензилхлорид	X
Бензин	X
Бензол	X
Борная кислота	189
Бромоводородная кислота	X
Бутиловый спирт	27
Винная кислота	204
Вода деминерализованная	99
Вода дистиллированная	99
Вода минеральная, кислая	99
Вода морская	99
Вода соленая	99
Водорода пероксид	93
Гексан	X
Глицерин	210
Глюкоза (кукурузный сироп)	204
Диоксан	X
Дихлорметан	X

Продолжение табл. 5.21

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Железа (III) хлорид	204
Зеленый щелок	204
Калия гидроксид, 90%	27
Калия гидроксид, до 50%	99
Калия дихромат	210
Калия нитрат, до 80%	204
Калия сульфат	204
Калия сульфат, 10%	204
Калия хлорид, 30%	204
Калия цианид, 30%	210
Кальция ацетат	X
Кальция бисульфит	204
Кальция гидроксид, до 30%	99
Кальция гидроксид, нас.	204
Кальция хлорид	149
Керосин	X
Кремнефтористоводородная кислота	X
Ксилол	X
Льняное масло	X
Магния сульфат	204
Магния хлорид	204
Мазут	X
Масла растительные	204
Масло арахисовое	204
Метанол	210
Метилцеллозольв	X
Метилэтилкетон	X
Минеральное масло	149
Молочная кислота	27
Натрия ацетат	X
Натрия бисульфит	210
Натрия борат	204
Натрия гидроксид	32
Натрия карбонат	149
Натрия пероксид	X
Натрия сульфат	204
Натрия тиосульфат	204
Натрия хлорид, 10%	204
Нефть сырая	X
Никеля ацетат	X

Продолжение табл. 5.21

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Никеля сульфат	204
Никеля хлорид	204
Нитробензол	X
Нитрометан	X
Нитропропан	X
Озон	204
Олеиновая кислота	X
Олеум	X
Олова (IV) хлорид	27
Пальмитиновая кислота	X
Пикриновая кислота	X
Пиридин	X
Пропан	X
Пропанол	204
Пропилацетат	X
Ртуть	27
Свинца ацетат	X
Серебра нитрат	210
Серная кислота	X
Сернистая известь	204
Сернистая кислота	X
Сероуглерод	X
Скипидар	X
Стирол	X
Сульфитный щелок	X
Тетрагидрофуран	X
Толуол	X
Трибутилфосфат	X
Углерода (II) оксид	204
Угольная кислота	204
Уксус	204
Уксусная кислота ледяная	32
Уксусная кислота, 10%	32
Уксусная кислота, 20%	32
Уксусная кислота, 50%	32
Уксусная кислота, 80%	32
Уксусная кислота, пары	32
Фенол	X
Формальдегид	93
Фосфорная кислота	X

Окончание табл. 5.21

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Фтороводородная кислота	X
Хлорбензол	X
Хлорметан	X
Хлорная кислота	X
Хлороводородная кислота, 20%	32
Хлороводородная кислота, 35%	X
Хлороводородная кислота, разб.	32
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлорэтан	X
Царская водка, 3:1	X
Цинка хлорид	204
Щавелевая кислота, до 50%	27
Этан	X
Этилацетат	77
Этиленгликоль	204
Этилендиамин	204
Этиленхлорид	X
Этиловый спирт	204
Эфиры простые	X

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.20.3. Применение

Силоксановые каучуки обладают исключительными теплостойкостью и электроизоляционными характеристиками, поэтому их широко используют в электротехнике, главным образом в производстве обогревателей, термокамер, авиационной техники и деталей автомобилей.

Их прекрасная способность противостоять погодным условиям и стабильность в широком диапазоне температур позволяет их использовать в качестве замазок и герметиков.

Когда СК или ФС содержит проводящий наполнитель с высокой плотностью, получающийся материал становится проводником тока. Такие проводящие эластомеры используются как часть защиты высокочастотных усилителей, электромагнитных устройств и пр. в виде в различных уплотнениях, колец круглого сечения и обеспечивая:

1. Защиту содержимого для предотвращения утечки электроимпульса, генерируемого прибором.

2. Защиту прибора от внешних электромагнитных высокочастотных импульсов и радиопомех.

3. Герметизацию для создания повышенного давления или вакуума для обеспечения затухания импульса и защиту от атмосферных воздействий.

4. Заземление и замыкание контактов для обеспечения надежного низкого соединения, что часто используется, когда механическое соединение по какой-либо причине является неподходящим или неудобным.

Перечисленное ниже оборудование способно генерировать электромагнитный импульс или же подвержено его воздействию:

- авиационные и аэрокосмические электронные приборы;
- аналоговые измерительные приборы;
- автомобильная электроника;
- компьютеры;
- системы связи;
- цифровая техника и автоматизированные системы управления процессами;
- бытовые приборы;
- высокочастотная техника и радиолокаторы;
- медицинская электронная аппаратура;
- военная и военно-морская электронная аппаратура;
- системы безопасности (военные и коммерческие).

5.21. Винилиденфторид (ПВДФ)¹

Поливинилиденфторид (ПВДФ) представляет собой гомополимер 1,1 дифторэтена с чередующимися CH_2 - и CF_2 -группами. Наличие фтора обуславливает сильную полярность, которая влияет на растворимость полимера и его электрические свойства. Материал обладает характеристической для фторполимеров инертностью к действию термических, агрессивных химических сред и ультрафиолета.

В целом ПВДФ является одним из наиболее простых в переработке фторсодержащих полимеров и может быть легко вторично переработан без ухудшения физических и химических свойств. Как и в случае других полимеров, добавки позволяют улучшать определенные свойства материала. Сшивки полимерной цепи и контроль молекулярной массы полимера позволяют улучшать некоторые его характеристики.

ПВДФ обладает механической прочностью и жесткостью, хорошей абразиво- и теплостойкостью, хорошей диэлектрической прочностью, высокой

¹ ПВДФ — является типичным термопластом и попал в раздел «эластомеры» по недоразумению. — *Примеч. науч. ред.*

чистотой, стойкостью к действию большинства химикатов и растворителей, ультрафиолета и радиоактивного излучения, стойкостью к погодным условиям и возникновению плесени. Он безопасно может быть использован с пищевыми продуктами согласно тому 21 Кодекса Федеральных предписаний (США), глава 1, часть 177.2520. ПВДФ также разрешено использовать при обработке или хранении мясных продуктов или птицы, приготовленных согласно требованиям Министерства сельского хозяйства (США). Использование также разрешено согласно «3-А Санитарным нормам для пластиковых материалов многоразового использования для контакта с молочными продуктами № 2000». Этот материал относится к MFP по классификации *ASTM*.

5.21.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ПВДФ очень стоек к действию этих факторов. Его механические свойства сохраняются, однако относительное удлинение при разрыве вначале уменьшается до определенного уровня, а затем остается постоянным.

5.21.2. Химическая стойкость

В целом ПВДФ полностью инертен к действию хлорированных и алифатических растворителей, слабых оснований, солей, сильных кислот, галогенов, сильных окислителей и ароматических растворителей. Сильные основания разрушают материал.

Широкое молекулярно-массовое распределение полимера обуславливает его большую стойкость к образованию трещин по сравнению со многими другими материалами, однако он подвержен растрескиванию в присутствии гидроксида натрия.

ПВДФ также обладает прекрасной стойкостью к ядерному излучению. Первоначальная прочность существенно не изменяется в результате воздействия 1000 Мрад гамма-излучения кобальта-60 при 50 °С в высоком вакууме (10–6 торр). Благодаря возникающим поперечным сшивкам ударная вязкость и удлинение несколько уменьшаются. Эти свойства позволяют использовать ПВДФ в процедурах по переработке плутония.

В табл. 5.22 приведены данные о совместимости ПВДФ с некоторыми корродирующими агентами.

5.21.3. Применение

ПВДФ широко используется в областях, где требуется хорошая коррозионная стойкость, широкий диапазон допустимых температур, механическая прочность и жесткость, высокая абразивостойкость, хорошая электрическая прочность и стойкость к погодным условиям, ультрафиолетовому свету, радиации и образованию плесени.

Таблица 5.22. Совместимость ПВДФ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	138
Азотистая кислота, конц.	99
Азотная кислота безв.	66
Азотная кислота, 20%	82
Азотная кислота, 5%	93
Азотная кислота, 70%	49
Акриловая кислота	66
Акрилонитрил	54
Аллиловый спирт	93
Аллилхлорид	93
Алюминия ацетат	121
Алюминия гидроксид	127
Алюминия нитрат	149
Алюминия оксихлорид	143
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	149
Алюминия хлорид, безв.	132
Алюминия хлорид, водн.	149
Амилацетат	88
Амиловый спирт	138
Амилхлорид	138
Аммиак, газ	132
Аммония бифторид	121
Аммония гидроксид, 25%	138
Аммония гидроксид, нас.	138
Аммония карбонат	138
Аммония нитрат	138
Аммония персульфат	138
Аммония сульфат, 10–40%	138
Аммония сульфид	138
Аммония сульфит	138
Аммония фосфат	138
Аммония фторид, 10%	138
Аммония фторид, 25%	138
Аммония хлорид, 10%	138
Аммония хлорид, 50%	138
Аммония хлорид, нас.	138
Анилин	93
Ацетальдегид	66
Ацетамид	32
Ацетилхлорид	49

Продолжение табл. 5.22

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Ацетон	X
Бария гидроксид	138
Бария карбонат	138
Бария сульфат	138
Бария сульфид	138
Бария хлорид	138
Белый щелок	27
Бензальдегид	49
Бензиловый спирт	138
Бензилхлорид	138
Бензойная кислота	121
Бензол	66
Бензолсульфоновая кислота, 10%	38
Борная кислота	138
Бром, газ, безв.	99
Бром, газ, водн.	99
Бром, ж.	60
Бромоводородная кислота, 20%	138
Бромоводородная кислота, 50%	138
Бромоводородная кислота, разб.	127
Бура	138
Бутадиен	138
Бутилацетат	60
Бутиловый спирт	138
Дибутилфталат	27
Дихлоруксусная кислота	49
Дихлорэтан	138
Железа (II) нитрат	138
Железа (II) хлорид	138
Железа (III) нитрат, 10–50%	138
Железа (III) хлорид	138
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	138
Изобутилметилкетон	43
Йод, р-а, 10%	121
Калия бромид, 30%	138
Кальция бисульфид	138
Кальция бисульфит	138
Кальция гидроксид, 10%	132
Кальция гидроксид, нас.	138
Кальция гипохлорит	138
Кальция карбонат	138

Продолжение табл. 5.22

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция нитрат	138
Кальция оксид	121
Кальция сульфат	138
Кальция хлорат	138
Кальция хлорид	138
Каприловая кислота	104
Квасцы	82
Кетоны	43
Крезол	99
Лимонная кислота, 15%	121
Лимонная кислота, конц.	121
Магния хлорид	138
Марганца хлорид	138
Масляная кислота	110
Меди (I) ацетат	121
Меди (I) карбонат	121
Меди (I) сульфат	138
Меди (I) хлорид	138
Меди (I) цианид	138
Меди (II) хлорид, 5%	132
Меди (II) хлорид, 50%	132
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	54
Молочная кислота, конц.	43
Натрия гидроксид, 10%	110
Натрия гидроксид, 50%	104
Натрия гидроксид, конц.	66
Натрия гипохлорит, 20%	138
Натрия гипохлорит, конц.	138
Натрия карбонат	138
Натрия сульфид, до 50%	138
Натрия хлорид	138
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	X
Олова (II) хлорид	138
Олова (IV) хлорид	138
Пикриновая кислота	27
Салициловая кислота	104
Серебра бромид, 10%	121
Серная кислота, 10%	121
Серная кислота, 100%	X

Продолжение табл. 5.22

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 50%	104
Серная кислота, 70%	104
Серная кислота, 90%	99
Серная кислота, 98%	60
Серная кислота, дымящая	X
Сернистая кислота	104
Сероуглерод	27
Синильная кислота, 10%	138
Соляная кислота	138
Сурьмы (III) хлорид	66
Тионилхлорид	X
Толуол	X
Трихлоруксусная кислота	54
Углерод четыреххлористый	138
Углерода (II) оксид	138
Углерода (IV) оксид, безв.	138
Углерода (IV) оксид, влажн.	138
Угольная кислота	138
Уксусная кислота ледяная	88
Уксусная кислота, 10%	149
Уксусная кислота, 50%	149
Уксусная кислота, 80%	88
Фенол	93
Фосфорная кислота, 50–80%	104
Фтор, газ, безв.	27
Фтор, газ, влажн.	27
Фтороводородная кислота, 100%	93
Фтороводородная кислота, 30%	127
Фтороводородная кислота, 70%	93
Хлор, газ, безв.	99
Хлор, газ, влажн., 10%	99
Хлор, ж.	99
Хлорбензол	104
Хлорметан	X
Хлорная кислота, 10%	99
Хлорная кислота, 70%	49
Хлорноватистая кислота	138
Хлороводородная кислота, 20%	138
Хлороводородная кислота, 38%	138
Хлороформ	121
Хлорсульфоновая кислота	43

Окончание табл. 5.22

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлоруксусная кислота	93
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	99
Хромилхлорид	43
Хромовая кислота, 10%	104
Хромовая кислота, 50%	121
Царская водка, 3:1	54
Целлозольв	138
Циклогексан	121
Циклогексан	99
Цинка хлорид	127
Этиленгликоль	138
Яблочная кислота	121

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом Х. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

В электротехнике и электронике ПВДФ применяется в производстве обмотки проводов, заполнения кабелей, термоусаживающихся труб, анодных выводов и компьютерных проводов. Он разрешен для транспортировки и хранения еды и лекарственных препаратов, его также используют в футеровке соответствующих транспортных линий. Коррозионная стойкость в этих случаях является еще одним его преимуществом.

В системах подачи жидкостей ПВДФ находит применение в качестве уплотняющего материала, для производства диафрагм насосов и мембран для микропористых фильтров и ультратонких фильтраций.

Благодаря стойкости к образованию плесени и исключительной коррозионной стойкости этот материал используется в подземных установках.

5.22. Фторэластомеры (ФК)

Фторэластомеры представляют собой фторсодержащие полимеры с насыщенным скелетом, получаемые полимеризацией фторсодержащих мономеров, например, винилиденфторида, гексафторпропена и тетрафторэтилена. В результате образуется высококачественный синтетический каучук, обладающий исключительной стойкостью к действию масел и химикатов при повышенных температурах. Первоначально этот материал использовался для изготовления

уплотнительных колец, предназначенных для использования в жестких условиях. Хотя эта область и в настоящее время является основным потребителем этого материала, он также получил широкое распространение и в других производствах благодаря химической стойкости при высоких температурах и другим полезным качествам.

Как и другие эластомеры, ФК могут быть смешаны с различными добавками для улучшения определенных свойств. Материал можно перерабатывать всеми возможными для эластомеров способами, включая прямое прессование, литье под давлением, литьевое прессование, экструзию, каландрование, пропитывание и макание.

Эти материалы обладают свойством быстро восстанавливаться после деформации, или упругостью, свойственной истинным эластомерам, и имеют механические характеристики, схожие с таковыми синтетических каучуков общего назначения.

Различные производители производят фторэластомеры под различными торговыми названиями. Три распространенных марки представлены ниже.

Торговое название	Производитель
<i>Viton</i>	<i>DuPont</i>
<i>Technoflon</i>	<i>Ausimont</i>
<i>Fluorel</i>	<i>3M</i>

Согласно *ASTM* эти эластомеры относятся к фторсодержащим эластомерам (*FKM*).

Фторэластомеры разрешены Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов в США для использования в контакте с пищевыми продуктами. Подробную информацию можно найти в Федеральном реестре, Т. 33, № 5, 9 января 1968 г., часть 121 — «Пищевые добавки», подраздел *F* — «Пищевые добавки, попадающие в продукты из материалов пищевых контейнеров или оборудования» и «Пищевые добавки, иным образом влияющие на продукты — эластомерные изделия, предназначенные для многократного использования».

Фторэластомеры обладают прекрасной биологической стойкостью. Материал, протестированный по спецификации *MIL-E-5272C*, оказался не подвержен поражению плесенью в течение 30 дней. Проверка по этой спецификации включает в себя четыре распространенных типа плесени.

5.22.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Фторэластомеры имеют насыщенную структуру, поэтому они стойки к погодным условиям, воздействию света и особенно озона. После 13 лет воздействия прямых солнечных лучей во Флориде образцы практически не подверглись

изменению свойств или внешнего вида. Аналогичные результаты были получены, когда образцы подвергались воздействию тропического климата в Панаме в течение 10 лет. Изделия, выполненные из этого эластомера, не подвержены действию озона даже при его концентрациях порядка 100 *ppm*. Материал не подвержен растрескиванию при петлевом методе проверки на повреждение после годичного воздействия озона концентрацией в воздухе 100 *ppm* при 38 °С или при выдерживании образца при 180 °С в течение нескольких сотен часов. Это свойство особенно важно, учитывая, что в автомобильной промышленности от материала требуется способность выдерживать только до 0,5 *ppm* озона.

5.22.2. Химическая стойкость

Фторэластомеры характеризуются прекрасной стойкостью к действию масел, топлива, смазок, большинства минеральных кислот, многих алифатических и ароматических углеводородов (четырёххлористого углерода, бензола, толуола, ксилола), которые действуют как растворители на другие эластомеры. Они инертны в присутствии бензина, нефти, хлорсодержащих растворителей и пестицидов. Некоторые типы фторкаучуков могут быть инертными к действию горячих неорганических кислот, пара и горячей воды.

ФК нельзя использовать в присутствии низкомолекулярных сложных и простых эфиров и кетонов, некоторых аминов, горячих безводных фтороводородной и хлорсульфоновой кислот. Их растворимость в низкомолекулярных кетонах является преимуществом в производстве покрытий, наносимых из раствора.

В табл. 5.23 приведены данные о совместимости фторэластомеров с некоторыми корродирующими агентами.

5.22.3. Применение

Главной областью применения фторэластомеров является производство изделий, от которых требуется хорошая теплостойкость при эксплуатации в купе со стойкостью к действию агрессивных жидкостей. Используя подходящий тип ФК, можно добиться того, что вулканизаты ФК будут удовлетворять жестким требованиям промышленности, военной и аэрокосмической техники.

Таблица 5.23. Совместимость фторэластомеров с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	88
Азотистая кислота, конц.	32
Азотная кислота, 20%	204
Азотная кислота, 5%	204

Продолжение табл. 5.23

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Азотная кислота, 70%	88
Азотная кислота, безв.	88
Акриловая кислота	X
Акрилонитрил	X
Аллиловый спирт	88
Аллилхлорид	38
Алюминия ацетат	82
Алюминия гидроксид	88
Алюминия нитрат	204
Алюминия оксихлорид	X
Алюминия сульфат	199
Алюминия фторид	204
Алюминия хлорид, водн.	204
Амилацетат	X
Амиловый спирт	93
Амилхлорид	88
Аммиак, газ	X
Аммония бифторид	60
Аммония гидроксид, 25%	88
Аммония гидроксид, нас.	88
Аммония карбонат	88
Аммония нитрат	X
Аммония персульфат	60
Аммония сульфат, 10–40%	82
Аммония сульфид	X
Аммония фосфат	82
Аммония фторид, 10%	60
Аммония фторид, 25%	60
Аммония хлорид, 10%	204
Аммония хлорид, 50%	149
Аммония хлорид, нас.	149
Анилин	110
Ацетальдегид	X
Ацетамид	99
Ацетилхлорид	204
Ацетон	X
Бария гидроксид	204
Бария карбонат	121
Бария сульфат	204
Бария сульфид	204

Продолжение табл. 5.23

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бария хлорид	204
Белый щелок	88
Бензальдегид	X
Бензиловый спирт	204
Бензилхлорид	204
Бензойная кислота	204
Бензол	204
Бензолсульфоновая кислота, 10%	88
Борная кислота	204
Бром, газ, безв., 25%	82
Бром, газ, влажн., 25%	82
Бром, ж.	177
Бромоводородная кислота, 20%	204
Бромоводородная кислота, 50%	204
Бромоводородная кислота, разб.	204
Бура	88
Бутадиен	204
Бутилацетат	X
Бутиловый спирт	204
Дибutilфталат	27
Дихлорэтан	88
Железа (II) нитрат	99
Железа (II) хлорид	82
Железа (III) нитрат, 10–50%	204
Железа (III) хлорид	204
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	204
Изобутилметилкетон	X
Йод, р-р, 10%	88
Каля бромид, 30%	88
Кальция бисульфид	204
Кальция бисульфит	204
Кальция гидроксид, 10%	149
Кальция гидроксид, нас.	204
Кальция гипохлорит	204
Кальция карбонат	88
Кальция нитрат	204
Кальция сульфат	93
Кальция хлорат	88
Кальция хлорид	149
Квасцы	88

Продолжение табл. 5.23

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Кетоны	X
Крезол	X
Лимонная кислота, 15%	149
Лимонная кислота, конц.	204
Магния хлорид	199
Марганца хлорид	82
Масляная кислота	49
Меди (I) ацетат	X
Меди (I) карбонат	88
Меди (I) сульфат	204
Меди (I) хлорид	204
Меди (I) цианид	204
Меди (II) хлорид, 5%	82
Меди (II) хлорид, 50%	82
Метилэтилкетон	X
Молочная кислота, 25%	149
Молочная кислота, конц.	204
Натрия гидроксид, 10%	X
Натрия гидроксид, 50%	X
Натрия гидроксид, конц.	X
Натрия гипохлорит, 20%	204
Натрия гипохлорит, конц.	204
Натрия карбонат	88
Натрия сульфид, до 50%	88
Натрия хлорид	204
<i>n</i> -Бутиламин	X
Олеум	88
Олова (II) хлорид	204
Олова (IV) хлорид	204
Пикриновая кислота	204
Салициловая кислота	149
Серная кислота дымящая	93
Серная кислота, 10%	177
Серная кислота, 100%	88
Серная кислота, 50%	177
Серная кислота, 70%	177
Серная кислота, 90%	177
Серная кислота, 98%	177
Сернистая кислота	204
Сероуглерод	204

Продолжение табл. 5.23

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Синильная кислота, 10%	204
Соляная кислота	177
Сурьмы (III) хлорид	88
Тионилхлорид	X
Толуол	204
Трихлоруксусная кислота	88
Углерод четыреххлористый	177
Углерода (II) оксид	204
Углерода (IV) оксид, безв.	27
Углерода (IV) оксид, влажн.	X
Угольная кислота	204
Уксусная кислота ледяная	X
Уксусная кислота, 10%	88
Уксусная кислота, 50%	82
Уксусная кислота, 80%	82
Уксусный ангидрид	X
Фенол	99
Фосфорная кислота, 50–80%	149
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	X
Фтороводородная кислота, 100%	X
Фтороводородная кислота, 30%	99
Фтороводородная кислота, 70%	177
Хлор, газ, безв.	88
Хлор, газ, влажн.	88
Хлор, ж.	88
Хлорбензол	204
Хлорметан	88
Хлорная кислота, 10%	204
Хлорная кислота, 70%	204
Хлорноватистая кислота	204
Хлороводородная кислота, 20%	177
Хлороводородная кислота, 38%	177
Хлороформ	204
Хлорсульфоновая кислота	X
Хлоруксусная кислота	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	X
Хромовая кислота, 10%	177
Хромовая кислота, 50%	177
Царская водка, 3:1	88

Окончание табл. 5.23

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Целлозольв	X
Циклогексан	204
Циклогексанол	204
Цинка хлорид	204
Этиленгликоль	204
Яблочная кислота	199

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Развитие автомобилестроения предъявляет новые требования к материалам: уменьшение загрязнения окружающей среды, снижение стоимости, уменьшение энергоемкости и увеличение надежности. Материал необходимо обрабатывать при более высоких температурах, что, в свою очередь, требует улучшения рабочих характеристик эластомера. Важнейшие нововведения, обусловленные этими требованиями, включают:

- турбокомпрессию;
- более компактные, эффективные и быстрые двигатели (механизмы);
- звукоизоляцию;
- каталитические выхлопные системы.

Кроме того, использование неэтилированного или синтетического топлива, неочищенного бензина и антифризов приводит к тому, что жидкости становятся более агрессивными по отношению к эластомеру. В настоящее время фторэластомеры применяются для уплотнения валов, сальников клапанов, изготовления уплотнительных колец (цилиндров, охлаждаемых водой и инжекторных насосов), уплотнений в головках цилиндров двигателей и в фильтрах, мембран топливных насосов, уплотнений в водяных (водоструйных) насосах, мембран в ускорительных насосах в карбюраторах, игольчатых клапанов в карбюраторах, топливных шлангов, герметиков для оборудования по контролю за загрязнением воздуха.

В аэрокосмической технике надежность материала в жестких условиях является его важным преимуществом. Высоко- и низкотемпературные свойства фторэластомеров позволяют им надежно служить в качестве материала для компонентов самолетов и ракет, особенно в качестве прокладок коллекторов, покрытий тканей, теплозащитных герметиков, термоусаживающихся трубок,

в качестве кабельных заделок, клеевых герметиков и мастик, защитных покрытий и многочисленных типов уплотнительных колец.

Способность фторэластомеров удерживать высокий вакуум порядка 10–9 мм рт. ст. является его дополнительным преимуществом при использовании в космосе.

Добыча нефти в сложных участках, например, в пустынях или в море, ставит перед технологом проблему высоких температур и давлений, высокой вязкости и кислотности нефтей. Эти жесткие условия требуют от эластомера хорошей химической стойкости, теплостойкости и надежности. Сходная проблема возникает в химической промышленности. Фторэластомеры, способные выдерживать подобные жесткие условия, используются для создания кольцевых уплотнений, кольцевых уплотнений V-образного и U-образного сечений, уплотнительных прокладок, гнезд клапанов, мембран дозирующих насосов, шлангов, расширительных швов (соединений), защитной одежды и перчаток, футеровки клапанов и ремонтных покрытий.

Еще одной важной областью применения эластомера является использование его в качестве покрытий и футеровок. Их химическая стойкость позволяет решить проблему коррозии материала трубопровода путем использования фторэластомеров для защитной футеровки труб на электростанциях, где возможно воздействие высокосернистых топлив, для создания покрытий валов в текстильной промышленности и футеровок резервуаров в химической промышленности.

5.23. Этилентетрафторэтилен (ЭТФЭ)

Этот эластомер продается под торговым названием *Tefzel* фирмой *DuPont*. ЭТФЭ представляет собой модифицированный частично фторированный сополимер этилена и тетрафторэтилена (ПТФЭ). Поскольку он содержит более 75% тетрафторэтилена по весу, он обладает лучшей абразивостойкостью и стойкостью к порезам, чем политетрафторэтилен, в то же время сохраняя большую часть его коррозионной стойкости.

5.23.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Этилентетрафторэтилен обладает выдающейся стойкостью к действию солнечного света, озона и погодных условий. Эти свойства вместе с его инертностью к широкому ряду корродирующих агентов, обуславливают возможность применения этого материала на открытом воздухе.

5.23.2. Химическая стойкость

Этилентетрафторэтилен инертен по отношению к действию сильных минеральных кислот, неорганических оснований, галогенов и растворов солей

металлов. Даже карбоновые кислоты, ангидриды, ароматические и алифатические углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны, простые и сложные эфиры, хлорсодержащие органические соединения и другие обычные растворители слабо действуют на ЭТФЭ.

Очень сильные кислоты-окислители при высоких температурах (около температуры кипения), например, азотная кислота высокой концентрации, в различной степени воздействуют на ЭТФЭ, так же как и сульфоновые кислоты и органические основания, например, амины.

В табл. 5.24 приведены данные о совместимости ЭТФЭ с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.24. Совместимость ЭТФЭ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Адипиновая кислота	138
Азотистая кислота, конц.	99
Азотная кислота, 20%	66
Азотная кислота, 5%	66
Азотная кислота, 70%	27
Азотная кислота, безв.	X
Акрилонитрил	66
Аллиловый спирт	99
Аллилхлорид	88
Алюминия гидроксид	149
Алюминия нитрат	149
Алюминия оксихлорид	149
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	149
Алюминия хлорид, безв.	149
Алюминия хлорид, водн.	149
Амилацетат	121
Амиловый спирт	149
Амилхлорид	149
Аммония бифторид	149
Аммония гидроксид, 25%	149
Аммония гидроксид, нас.	149
Аммония карбонат	149
Аммония нитрат	110
Аммония персульфат	149
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония сульфид	149
Аммония фосфат	149
Аммония фторид, 10%	149

Продолжение табл. 5.24

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Аммония фторид, 25%	149
Аммония хлорид, 10%	149
Аммония хлорид, 50%	143
Аммония хлорид, нас.	149
Анилин	110
Ацетальдегид	93
Ацетамид	121
Ацетилхлорид	66
Ацетон	66
Бария гидроксид	149
Бария карбонат	149
Бария сульфат	149
Бария сульфид	149
Бария хлорид	149
Бензальдегид	99
Бензиловый спирт	149
Бензилхлорид	149
Бензойная кислота	132
Бензол	99
Бензолсульфоновая кислота, 10%	99
Борная кислота	149
Бром, газ, безв.	66
Бромная вода, 10%	110
Бромоводородная кислота, 20%	149
Бромоводородная кислота, 50%	149
Бромоводородная кислота, разб.	149
Бура	149
Бутадиен	121
Бутилацетат	110
Бутиловый спирт	149
Дибutilфталат	66
Дихлоруксусная кислота	66
Железа (II) нитрат	149
Железа (II) хлорид	149
Железа (III) нитрат, 10–50%	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	149
Изобутилметилкетон	149
Калия бромид, 30%	149
Кальция бисульфид	149
Кальция гидроксид, 10%	149

Продолжение табл. 5.24

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Кальция гидроксид, нас.	149
Кальция гипохлорит	149
Кальция карбонат	149
Кальция нитрат	149
Кальция оксид	127
Кальция сульфат	149
Кальция хлорат	149
Кальция хлорид	149
Каприловая кислота	99
Квасцы	149
Крезол	132
Лимонная кислота, 15%	49
Магния хлорид	149
Марганца хлорид	49
Масляная кислота	121
Меди (I) сульфат	149
Меди (I) хлорид	149
Меди (I) цианид	149
Меди (II) хлорид, 5%	149
Метилэтилкетон	110
Молочная кислота, 5%	121
Молочная кислота, конц.	121
Натрия гидроксид, 10%	110
Натрия гидроксид, 50%	110
Натрия гипохлорит, 20%	149
Натрия гипохлорит, конц.	149
Натрия карбонат	149
Натрия сульфид, до 50%	149
Натрия хлорид	149
<i>n</i> -Бутиламин	49
Олеум	66
Олова (II) хлорид	149
Олова (IV) хлорид	149
Пикриновая кислота	54
Салициловая кислота	121
Серная кислота дымящая	49
Серная кислота, 10%	149
Серная кислота, 100%	149
Серная кислота, 50%	149
Серная кислота, 70%	149

Продолжение табл. 5.24

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Серная кислота, 90%	149
Серная кислота, 98%	149
Сернистая кислота	99
Сероуглерод	66
Синильная кислота, 10%	149
Соляная кислота	149
Сурьмы (III) хлорид	99
Тионилхлорид	99
Толуол	121
Трихлоруксусная кислота	99
Углерод четыреххлористый	132
Углерода (II) оксид	149
Углерода (IV) оксид, безв.	149
Углерода (IV) оксид, влажн.	149
Угольная кислота	149
Уксусная кислота ледяная	110
Уксусная кислота, 10%	121
Уксусная кислота, 50%	121
Уксусная кислота, 80%	110
Уксусный ангидрид	149
Фенол	99
Фосфорная кислота, 50–80%	132
Фтор, газ, безв.	38
Фтор, газ, влажн.	38
Фтороводородная кислота, 100%	110
Фтороводородная кислота, 30%	132
Фтороводородная кислота, 70%	121
Хлор, водн.	38
Хлор, газ, безв.	99
Хлор, газ, влажн.	121
Хлорбензол	99
Хлорметан	149
Хлорная кислота, 10%	110
Хлорная кислота, 70%	66
Хлорноватистая кислота	149
Хлороводородная кислота, 20%	149
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороформ	110
Хлорсульфоновая кислота	27
Хлоруксусная кислота	110

Окончание табл. 5.24

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	110
Хромилхлорид	99
Хромовая кислота, 10%	66
Хромовая кислота, 50%	66
Царская водка, 3:1	99
Целлозольв	149
Циклогексан	149
Циклогексано́л	121
Цинка хлорид	149
Этиленгликоль	149
Яблочная кислота	132

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.23.3. Применение

Основной областью применения ЭТФЭ является изготовление уплотнительных прокладок и колец и упаковочных материалов, предназначенных для использования в жестких коррозионных условиях. Материал также используется в производстве разборных подшипников и подшипников скольжения, прокладок опорных частей трубопровода и оборудования, которое может подвергаться расширению и сжатию или двигаться.

5.24. Этилентрифторхлорэтилен (ЭТФХЭ)

Этилентрифторхлорэтилен (ЭТФХЭ) представляет собой альтернантный сополимер с чередующимися звеньями этилена и трифторхлорэтилена в соотношении 1:1. Его химическая структура обуславливает наличие у материала уникальной комбинации свойств. Он характеризуется прекрасной химической стойкостью, хорошими электрическими качествами, широким диапазоном допустимых температур (от очень низких до 171 °С) и удовлетворяет требованиям спецификации *UL-94V-0* оценки огнестойкости импульсным методом при толщине 0,007 дюйма. ЭТФХЭ является жестким материалом с прекрасной ударной прочностью во всем диапазоне допустимых температур. Среди всех фторполимеров ЭТФХЭ занимает одно из первых мест по абразивостойкости.

5.24.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ЭТФХЭ исключительно стоек к действию этих факторов. Его физические свойства претерпевают лишь очень слабое изменение после длительного их воздействия.

5.24.2. Химическая стойкость

ЭТФХЭ обладает выдающейся химической стойкостью. Он инертен по отношению к действию распространенных агрессивных химикатов, встречающихся в промышленности. К ним относятся сильные минеральные и окисляющие кислоты, щелочи, средства для травления, жидкий кислород и практически все органические растворители за исключением горячих аминов (анилина, диметиламина и т. д.). Ни один из известных растворителей не растворяет и не вызывает растрескивания ЭТФХЭ при температурах до 120 °С.

Некоторые галогенсодержащие растворители могут вызывать слабую пластификацию материала при непосредственном воздействии. При обычных обстоятельствах это не мешает использованию полимера. После того как воздействие устранено и материал высыхает, его механические свойства возвращаются в исходное состояние, что указывает на отсутствие химического воздействия.

Как и другие фторполимеры, ЭТФХЭ подвержен воздействию металлическими натрием и калием.

Полезные свойства ЭТФХЭ сохраняются при воздействии 200 Мрад излучения кобальта-60.

В табл. 5.25 приведены данные о совместимости ЭТФХЭ с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.25. Совместимость ЭТФХЭ с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Адипиновая кислота	66
Азотистая кислота, конц.	121
Азотная кислота, 20%	121
Азотная кислота, 5%	149
Азотная кислота, 70%	66
Азотная кислота, безв.	66
Акрилонитрил	66
Аллилхлорид	149
Алюминия гидроксид	149
Алюминия нитрат	149
Алюминия оксихлорид	66
Алюминия сульфат	149
Алюминия фторид	149

Продолжение табл. 5.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Алюминия хлорид, безв.	
Алюминия хлорид, водн.	149
Амилацетат	71
Амиловый спирт	149
Амилхлорид	149
Аммиак, газ	149
Аммония бифторид	149
Аммония гидроксид, 25%	149
Аммония гидроксид, нас.	149
Аммония карбонат	149
Аммония нитрат	149
Аммония персульфат	66
Аммония сульфат, 10–40%	149
Аммония сульфид	149
Аммония фосфат	149
Аммония фторид, 10%	149
Аммония фторид, 25%	149
Аммония хлорид, 10%	143
Аммония хлорид, 50%	149
Аммония хлорид, нас.	149
Анилин	32
Ацетилхлорид	66
Ацетон	66
Бария гидроксид	149
Бария карбонат	149
Бария сульфат	149
Бария сульфид	149
Бария хлорид	149
Белый щелок	121
Бензальдегид	66
Бензиловый спирт	149
Бензилхлорид	149
Бензойная кислота	121
Бензол	66
Бензолсульфоновая кислота, 10%	66
Борная кислота	149
Бром, газ, безв.	X
Бром, ж.	66
Бромоводородная кислота, 20%	149
Бромоводородная кислота, 50%	149
Бромоводородная кислота, разб.	149
Бура	149

Продолжение табл. 5.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Бутадиен	121
Бутилацетат	66
Бутиловый спирт	149
Железа (II) нитрат	149
Железа (II) хлорид	149
Железа (III) нитрат, 10–50%	149
Железа (III) хлорид	149
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	149
Изобутилметилкетон	66
Йод, р-р, 10%	121
Калия бромид, 30%	149
Кальция бисульфид	149
Кальция бисульфит	149
Кальция гидроксид, 10%	149
Кальция гидроксид, нас.	149
Кальция гипохлорит	149
Кальция карбонат	149
Кальция нитрат	149
Кальция оксид	149
Кальция сульфат	149
Кальция хлорат	149
Кальция хлорид	149
Каприловая кислота	104
Квасцы	149
Крезол	149
Лимонная кислота, 15%	149
Лимонная кислота, конц.	149
Магния хлорид	149
Масляная кислота	121
Меди (I) карбонат	66
Меди (I) сульфат	149
Меди (I) хлорид	149
Меди (I) цианид	149
Меди (II) хлорид, 5%	149
Меди (II) хлорид, 50%	149
Метилэтилкетон	66
Молочная кислота, 25%	66
Молочная кислота, конц.	66
Натрия гидроксид, 10%	149
Натрия гидроксид, 50%	121
Натрия гидроксид, конц.	66
Натрия гипохлорит, 20%	149

Продолжение табл. 5.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °С
Натрия гипохлорит, конц.	149
Натрия сульфид, до 50%	149
Натрия хлорид	149
Натрия карбонат	149
Олеум	X
Олова (II) хлорид	149
Олова (IV) хлорид	149
Пикриновая кислота	27
Салициловая кислота	121
Серная кислота дымящая	149
Серная кислота, 10%	121
Серная кислота, 100%	27
Серная кислота, 50%	121
Серная кислота, 70%	121
Серная кислота, 90%	66
Серная кислота, 98%	66
Сернистая кислота	121
Сероуглерод	27
Синильная кислота, 10%	149
Соляная кислота	149
Сурьмы (III) хлорид	38
Тионилхлорид	66
Толуол	66
Трихлоруксусная кислота	66
Углерод четыреххлористый	149
Углерода (II) оксид	69
Углерода (IV) оксид, безв.	149
Углерода (IV) оксид, влажн.	149
Угольная кислота	149
Уксусная кислота ледяная	93
Уксусная кислота, 10%	121
Уксусная кислота, 50%	121
Уксусная кислота, 80%	66
Уксусный ангидрид	38
Фенол	66
Фосфорная кислота, 50–80%	121
Фтор, газ, безв.	X
Фтор, газ, влажн.	27
Фтороводородная кислота, 100%	116
Фтороводородная кислота, 30%	121
Фтороводородная кислота, 70%	116

Продолжение табл. 5.25

Корродирующий агент	Максимальная температура совместимости, °C
Хлор, газ, безв.	66
Хлор, газ, влажн.	121
Хлор, ж.	121
Хлорбензол	66
Хлорметан	149
Хлорная кислота, 10%	66
Хлорная кислота, 70%	66
Хлорноватистая кислота	149
Хлороводородная кислота, 20%	149
Хлороводородная кислота, 38%	149
Хлороформ	121
Хлорсульфоновая кислота	27
Хлоруксусная кислота	121
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	121
Хромовая кислота, 10%	121
Хромовая кислота, 50%	121
Царская водка, 3:1	121
Целлозольв	149
Циклогексан	149
Циклогексанол	149
Цинка хлорид	149
Этиленгликоль	149
Яблочная кислота	121

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами совместимости материала с корродирующим агентом. Несовместимость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Источник: P.A. Schweitzer. 2004. *Corrosion Resistance Tables*, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

5.24.3. Применение

Этот эластомер находит применение в электротехнической промышленности в качестве материала для изоляции и обмотки проводов, огнестойких кабелей и проводов на нефтедобывающих платформах; обшивки для катодной защиты от коррозии; в самолетостроении, общественном транспорте и автомобилестроении. Его применяют как материал для изготовления соединительных звеньев, каркасов катушек индуктивности, проволоочных скоб, гибких печатных плат и плоских кабелей.

Помимо этого из него изготавливают мембраны, гибкие трубки, герметики, замазки, уплотнители, гофрированные трубы и шланги, особенно для использования в химической, криогенной и аэрокосмической промышленности.

Материал также используется для футеровки сосудов, насосов и другого оборудования.

5.25. Перфторэластомеры (ПФК)

Перфторэластомеры обладают эластичностью фторэластомеров и химической стойкостью ПТФЭ. Эти соединения относятся к истинным (вулканизуемым) каучукам. По сравнению с другими эластомерами они более стойки к набуханию и менее хрупки, а также сохраняют эластичность в течение долгого времени. В жестких условиях ПФК превосходят по характеристикам все остальные каучуки. Эти синтетические эластомеры обеспечивают уплотнительную способность как истинные эластомеры и химическую инертность и теплостойкость как политетрафторэтилен.

Как и в случае с другими эластомерами, в ПФК могут быть введены специальные добавки для улучшения определенных свойств. К модификаторам относятся технический углерод, перфторированные масла и различные другие наполнители.

ASTM относит ПФК к классу фторуглеродов.

Один из таких ПФК продается фирмой *DuPont* под торговым названием *Kalrez*. Как и в случае других ПФК, он доступен в виде различных резиновых смесей, обладающих определенными свойствами.

Kalrez 4079

Этот материал представляет собой саженаполненную смесь, обладающую низкой остаточной деформацией сжатия и прекрасной химической стойкостью, хорошими механическими свойствами и выдающимися свойствами при старении в горячем воздухе. Он слабо набухает в органических и неорганических кислотах и альдегидах и имеет хорошую устойчивость к циклическому изменению температуры. Эту смесь не рекомендуется использовать в присутствии горячей водой или пара, а также некоторых горячих алифатических аминов, окисей этилена и пропилена.

Максимальная температура длительного использования этой композиции составляет 316 °С, причем кратковременно материал способен выдерживать более высокие температуры.

Его применяют для изготовления уплотнительных колец, мембран, герметиков и других изделий, применяемых в самолетостроении и в ряде экстремальных отраслей промышленности.

Kalrez 1050LF

Эта смесь характеризуется хорошей стойкостью к действию воды и пара, прекрасной стойкостью к действию аминов и имеет хорошую остаточную

деформацию при сжатии. Материал можно использовать в контакте с этилен- и пропиленоксидами. Не рекомендуется его применять в присутствии органических и неорганических кислот при высоких температурах. Рекомендуемая температура при длительном использовании не должна превышать 288 °С.

Этот материал применяют для изготовления уплотнительных колец, герметиков и других изделий, используемых в химической промышленности.

Kalrez 1050

Это саженая наполненная композиция. Она обладает хорошими механическими качествами, прекрасной универсальной химической стойкостью и имеет несколько большую твердость, чем *Kalrez 4079*. Данную композицию не следует использовать в присутствии воды или пара при повышенных температурах.

Максимально допустимая температура использования составляет 260 °С в течение длительного времени, причем материал выдерживает кратковременные нагревания до 288 °С в неокислительных средах.

Этот материал используют в производстве уплотнительных колец, герметиков и других изделий, применяемых в химической промышленности.

Особые соединения

Помимо трех вышеперечисленных готовых резиновых смесей существуют еще шесть различных смесей *Kalrez*. Эти материалы представляют собой модифицированные каучуки, и перед их использованием необходимо консультироваться с производителем. Если стандартные соединения не отвечают предъявляемым требованиям, необходимо проконсультироваться с производителем, по использованию тех или иных композиций на основе *Kalrez*.

5.25.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ПФК обладают прекрасной стойкостью к действию этих факторов. Длительное воздействие не оказывает влияния на свойства материала.

5.25.2. Химическая стойкость

ПФК обладают выдающейся химической стойкостью. Они практически инертны по отношению к химическому воздействию при обычной и повышенной температурах; ПФК стойки к действию следующих химикатов:

- хлору, безв. или влажн.;
- топливу (эталонное топливо *с, jр-5* авиационное топливо, авиационный бензин и керосин);
- теплообменных сред;
- горячей ртути;
- гидравлических жидкостей;
- органических и неорганических кислот (хлороводородной, азотной, серной и трифторуксусной) и основания (горячий гидроксид натрия);

- растворов неорганических солей;
- галогенидов металлов (хлорид титана (iv), диэтилалюминийхлорид);
- высокосернистых газов (метан, сероводород, диоксид углерода и пар);
- полярных растворителей (кетоны, простые и сложные эфиры);
- пару;
- органических растворителей (бензол, диметилформамид, перхлорэтилен, тетрагидрофуран);
- сильных окислителей (четыреокси азота, дымящая азотная кислота).

Перфторэластомеры не следует подвергать воздействию щелочных металлов в виде расплава или пара, так как может произойти высокоэкзотермичная реакция. Время службы может сильно уменьшаться под воздействием жидкостей, содержащих в большой концентрации диамины, азотную кислоту и фенол, когда температура превышает 100 °С. Гексафторид урана и полностью галогенированные фреоны (*F-11* и *F-12*) вызывают значительное набухание.

Данные о коррозионной стойкости, описанные выше, относятся к основному полимеру. Добавки, с которыми обычно смешивают эластомер (наполнители и сшивающие агенты), могут взаимодействовать с окружающей средой, даже если сам полимер в этих условиях инертен. Поэтому необходимо знать о содержании добавок. Коррозионные испытания являются наилучшим методом оценки химической стойкости.

Kalrez обладает практически универсальной коррозионной стойкостью. Он выдерживает воздействие более чем 1600 химикатов, растворителей и топлив. В таблице 5.26 приведены данные о совместимости *Kalrez* с некоторыми корродирующими агентами.

Таблица 5.26. Совместимость *Kalrez* с некоторыми корродирующими агентами

Корродирующий агент
Абиетиновая кислота
Азот
Азота оксиды
Азота пероксид
Азотистая кислота
Азотная кислота, 0–50% (4079)
Азотная кислота, 50–100% (4079)
Акриловая кислота
Акрилонитрил (1050LF)
Алифатические спирты
Алкилбензолы
Алкилсульфиды
Алкилхлориды
Алюминия ацетат
Алюминия бромид

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Алюминия гидроксид
Алюминия нитрат
Алюминия оксалат
Алюминия сульфат
Алюминия формиат
Алюминия фосфат
Алюминия фторид
Алюминия фторосиликат
Алюминия хлорат
Алюминия хлорид
Алюминия этилат
Амилацетат
Амилмеркаптан
Амилнафталин
Амилнитрат
Амилнитрит
Амиловый спирт
Амилфенол
Амилхлорид
Аммиак, безв. (1050LF)
Аммония арсенат
Аммония ацетат
Аммония бензоат
Аммония бикарбонат
Аммония бисульфит
Аммония бромид
Аммония гидрид, конц. (1050LF)
Аммония дихромат
Аммония иодид
Аммония карбонат
Аммония лактат
Аммония нитрат
Аммония нитрит
Аммония оксалат
Аммония салицилат
Аммония сульфат
Аммония сульфид
Аммония сульфит
Аммония тиосульфат
Аммония формиат
Аммония фторид (1050LF)

Продолжение табл. 5.26

Корродирующий агент
Аммония фторосиликат
Аммония хлорид
Аммония цитрат
Анилина гидрохлорид
Анилина сульфат
Анилина сульфит
Антрахинон
Арахисовое масло
Аскорбиновая кислота
Ацетилбромид
Ацетилхлорид
Ацетон
Ацетонитрил
Ацетоуксусный эфир
Ацетофенитидин
Ацетофенон
Бария гидроксид
Бария иодид
Бария карбонат
Бария нитрат
Бария оксид
Бария пероксид
Бария соли
Бария хлорат
Бария хлорид, водн.
Бария цианид
Белильная известь
Белое масло
Бензальдегид
Бензилхлорид
Бензин
Бензоилхлорид
Бензокатехин
Бензол
Бензолсульфоновая кислота
Борная кислота
Бром, безв.
Бромная кислота
Бромоводородная кислота
Бромоводородная кислота, 40%
Бутадиен

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Бутан
Бутилацетат
Бутиллактат
Бутилмеркаптан
Бутилметилкетон
Бутиловый эфир
Бутилхлорид
Валериановая кислота
Ванильный экстракт (2035)
Винилбензоат
Винилбензол
Винилиденхлорид
Винилфторид
Винилхлорид
Винная кислота
Висмута карбонат
Висмута нитрат
Висмута оксихлорид
Вода, горяч. (1050LF)
Вода, холодн.
Водорода пероксид, 90%
Галловая кислота
Гашеная известь
Гексан
Гексациано-железо(3) кислый натрий
Гексацианферрат натрия
Гелий
Гептан
Глауберова соль
Глицерин (глицерол)
Глюкоза
Глюконовая кислота
Горчиный газ
Деготь
Декстрин
Декстроза
Диаллиловый эфир
Диаллилфталат
Диацетоновый спирт
Дибромметан
Дибромэтилен

Продолжение табл. 5.26

Корродирующий агент
Дизельное топливо
Дизельные масла
Диизобутилен
Диизобутилкарбинол
Диизобутилкетон
Диизопропилкетон
Диизопропиловый эфир
Дийодметан
Дифторхлорэтан
Дифторэтан
Дихлоранилин
o-Дихлорбензол
Дихлорметан
Дихлоруксусная кислота
Дихлорфенол
Дихлорэтан
Дихлорэтилен
Диэтаноламин (1050LF)
Диэтиламин (1050LF)
Диэтилбензол
Диэтиленгликоль
Диэтилсульфат
Древесная смола
Древесное масло
Дубильная кислота
Желатин
Железа (II) карбонат
Железа (II) хлорид
Железа (III) ацетат
Железа (III) гидроксид
Железа (III) сульфат
Животные жиры
Животные масла
Жир
Жирные кислоты
Изобутилметилкетон
Изопропиламин (1050LF)
Изопропиловый эфир
Иодистоводородная кислота (4079)
Йод
Йодноватая кислота

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Йодоформ
Кадмия нитрат
Кадмия сульфат
Кадмия сульфид
Кадмия хлорид
Калиевые квасцы
Калия бикарбонат
Калия бисульфат
Калия бисульфит
Калия битартрат
Калия бифторид
Калия бихромат
Калия бромид
Калия гидроксид
Калия карбонат
Калия хлорат
Калия хлорид
Калия хромат
Калия цианат
Калия цитрат
Калия-алюминия сульфат
Кальция арсенат
Кальция ацетат
Кальция бикарбонат
Кальция бисульфид
Кальция гидроксид
Кальция гидросульфид
Кальция гипохлорит
Кальция карбид
Кальция карбонат
Кальция нитрат
Кальция оксид
Кальция пероксид
Кальция стеарат
Кальция сульфат
Кальция сульфид
Кальция сульфит
Кальция фосфат
Кальция фторид
Кальция хлорат
Кальция хлорид

Продолжение табл. 5.26

Корродирующий агент
Кальция хромат
Каприловая кислота
Карбамат
Квасцы
Керосин
Кислород, холодн. (4079)
Клей
Кокосовое масло
Коксовый газ
Крезилловая кислота
Кремния (IV) хлорид, безв.
Кремния (IV) хлорид, влажн.
Ксенон
Ксилол
Кукурузное масло
Лаки
Лауриновая кислота
Линолевая кислота
Лития гидроксид
Лития карбонат
Лития нитрат
Лития нитрит
Лития салицилат
Лития хлорид
Литопон
Льняное масло
Магния гидроксид
Магния сульфат
Магния сульфит
Магния хлорид
Малеиновая кислота
Малеиновый ангидрид
Марганца (IV) оксид
Марганца ацетат
Марганца карбонат
Марганца сульфат, водн.
Марганца фосфат
Марганца хлорид
Меди (I) карбонат
Меди (I) нитрат
Меди (I) оксид

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Меди (I) сульфат
Меди (I) хлорид
Меди (I) цианид
Метан
Метанол
Метилакрилат
Метилацетат
Метилбензоат
Метиловый эфир
Метилсалицилат
Метилэтилкетон
Минеральное масло
Миристиновая кислота
Молочная кислота, горяч.
Молочная кислота, холодн.
Морфалин
Моторные масла
Мочевая кислота
Моющие растворы
Мыльные растворы
Мышьяка (III) оксид
Мышьяка (III) сульфид
Мышьяка (III) хлорид
Мышьяка (V) оксид
Натрия ацетат
Натрия бензоат
Натрия бикарбонат
Натрия бисульфат
Натрия бисульфид
Натрия бисульфит
Натрия бифторид
Натрия борат
Натрия бромат
Натрия бромид
Натрия гидрид
Натрия гидроксид
Натрия гидросульфид
Натрия гипохлорит
Натрия дихромат
Натрия карбонат
Натрия карбонат

Продолжение табл. 5.26

Корродирующий агент
Натрия лактат
Натрия нитрат
Натрия оксалат
Натрия олеат
Натрия перборат
Натрия перкарбонат
Натрия пероксид
Натрия персульфат
Натрия салицилат
Натрия силикат
Натрия соли
Натрия станнат
Натрия сульфат
Натрия сульфид
Натрия сульфит
Натрия фенолят
Натрия фосфат
Натрия фторид
Натрия фторосиликат
Натрия хлорат
Натрия хлорат
Натрия хлорацетат
Натрия хлорид
Натрия хлорит
Натрия хромат
Натрия цианат
Натрия цианид
Натрия цитрат
Нафталин
Неон
Нефть
Нефть высокосернистая (1050LF)
Нефть сырая
Нефть сырая (1050LF)
Никеля ацетат, водн.
Никеля нитрат
Никеля соли
Никеля хлорид, водн.
Никеля цианид
Никотин
Никотинсульфат

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Нитроанилин
Нитробензол
Нитроглицерин
Нитрометан
Нитротолуол
Нитрофенол
Нитрохлорбензол
Нитроцеллюлоза
Нонан
n-Октан
Октилацетат
Октиловый спирт
Олеиновая кислота
Олеум
Олефины
Оливковое масло
Олова (II) бромид
Олова (II) сульфат
Олова (II) фторид
Олова (II) хлорид, водн.
Олова (IV) хлорид
Олова (IV) хлорид, водн.
Пальмитиновая кислота
Пар, выше 149 °C (1050LF)
Пар, до 149 °C (2035)
Парафины
Пектин
Пенициллин
Пероксиуксусная кислота
Перхлорэтилен
Петролейный эфир
Пикриновая кислота
Пинен
Пиперазин (1050LF)
Пиперидин
Пихтовое масло
Природный газ
Разбавители краски
Растворители для лаков
Растворы для нанесения хромовых покрытий
Растительные масла

Продолжение табл. 5.26

Корродирующий агент
Ртути (I) нитрат
Ртути (I) хлорид
Ртути (II) иодид
Ртути (II) нитрат
Ртути (II) сульфат
Ртути (II) сульфит
Ртути (II) цианид
Ртуть
Рыбий жир
Сахарозы р-р
Светлый пайнойль
Свинца арсенат
Свинца ацетат
Свинца бромид
Свинца диоксид
Свинца карбонат
Свинца нитрат
Свинца оксид
Свинца расплав
Свинца хлорид
Свинца хромат
Серебра бромид
Серебра нитрат
Серебра сульфат
Серебра хлорид
Серебра цианид
Серная кислота дымящая
Серная кислота, конц.
Серная кислота, разб.
Сернистая известь
Сернистая кислота
Сернистый нефтяной газ (1050LF)
Сероуглерод
Серы (IV) оксид, безв.
Серы (IV) оксид, влажн.
Серы (IV) оксид, ж.
Серы (VI) оксид
Серы хлорид
Синильная кислота
Сироп свекловичного сахара
Сироп тростникового сахара

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Смазочно-охлаждающие масла
Смеси кислот
Соддарда растворитель
Соевое масло
Соли р-р
Спирт денатурированный
Стеариновая кислота
Стирол (3018)
Стронция ацетат
Стронция гидроксид
Стронция карбонат
Стронция нитрат, водн.
Стронция хлорид
Сульфаминовая кислота
Сульфированное масло
Сульфитный р-р
Сульфурилхлорид
Сурьмы (III) бромид
Сурьмы (III) оксид
Сурьмы (III) хлорид
Сурьмы сульфат
Терпентин
Тетрагидрофуран
Тетраэтилсвинец
Тиомочевина
Тионилхлорид
Толуол
Травильные растворы
Трансмиссионная жидкость, тип А
Трансформаторное масло
Триацетин
Триметиламин (1050LF)
Триметилбензол
Тринитротолуол
Трихлорбензол
Трихлоруксусная кислота (4079)
Трихлорэтан
Трихлорэтилен
Триэтанолламин (1050LF)
Триэтиламин (1050LF)
Триэтилфосфат

*Продолжение табл. 5.26***Корродирующий агент**

Тунговое масло
Турбинное масло
Углерода (II) оксид
Углерода (IV) оксид
Углерода фториды
Уксусная кислота ледяная (4079)
Уксусная кислота, 30% (4079)
Урана сульфат
Фенилацетат
Фосген
Фосфора (III) хлорид
Фосфора оксихлорид
Фосфора расплав
Фосфорная кислота, 20%
Фосфорная кислота, 45%
Фталевая кислота
Фталевый ангидрид
Фтороводородная кислота, безв.
Фтороводородная кислота, конц., холодн. и горяч. (4079)
Хлор, безв.
Хлорацетон
Хлорбутан
Хлорметан
Хлорная кислота (4079)
Хлорноватая кислота
Хлороводородная кислота, 37%, горяч.
Хлороводородная кислота, 37%, холодн.
Хлороводородная кислота, конц.
Хлороктан
Хлороформ
2-Хлорпропан
Хлорсилан
Хлорсульфоновая кислота
Хлоруксусная кислота
Хлорэтан
Хрома (III) гидроксид
Хрома (III) нитрат
Хрома (III) оксид
Хрома (III) сульфат
Хрома (III) фосфат
Хрома (III) фторид
Хрома (III) хлорид

Окончание табл. 5.26

Корродирующий агент

Хромовая кислота
Царская водка
Циклогексан
Циклогексанол
Циклогексанон
Циклогексен
Цинка ацетат
Цинка нитрат
Цинка оксид
Цинка сульфат
Цинка сульфид
Цинка хлорид
Цинка хромат
Циркония нитрат
Щавелевая кислота
Щелок
Эпихлоргидрин
Этан
Этанол
Этаноламин (1050LF)
Этилакрилат
Этиламин (1050LF)
Этилацетат
Этилбензоат
Этилбензол
Этилбромид
Этилбутилат (4079)
Этилен
Этиленгликоль
Этиленоксид (2035)
Этиленхлорид
Этилнитрит
Этиловый эфир
Этилоксалат
Этилформиат (4079)
Этилцеллюлоза
Эфиры простые
Янтарная кислота

Kalrez стоек к действию вышеперечисленных химикатов при температурах до 100 °С. В некоторых случаях допустима более высокая температура. Этот список относится к смесям *Kalrez 4079* и *1050LF*. Если не сделано уточнение, можно использовать *Kalrez* любого типа.

5.25.3. Применение

Перфторэластомерные детали используются в случаях, когда от материала требуются хорошие герметические свойства, которые сложнодостижимы вследствие жестких термических или химических условий. В нефтехимии перфторэластомеры широко используются для изготовления уплотнительных колец. Они применяются для механического уплотнения, кожухов насосов и компрессоров, клапанов, ротаметров и других инструментов. Формованные изделия также используются для изготовления гнезд клапанов, прокладочных материалов, мембран, уплотнительных прокладок и разнообразных уплотнений, включая уплотнения U- и V-образных сечений.

Помимо этого, ПФК применяются в аэрокосмической технике, поскольку инертны к действию реактивного топлива, гидразина, N_2O_4 и других окислителей, фреона-21 и т. д., и в атомной энергетике, так как устойчивы к действию радиации и высоких температур. Они применяются в изготовлении оборудования для добычи нефти и газа и бурения скважин (действие высокосернистых газов, кислых вод, аминоксодержащих гидравлических жидкостей, высоких температур и давлений); аналитического и технологического оборудования (сохранение высокого вакуума, воздействие продуктов жидкостной и газовой хроматографии, сохранение высокой чистоты реагентов и устойчивость при высоких температурах).

В полупроводниковой промышленности ПФК применяют для изготовления уплотнительных колец для защиты от агрессивных химикатов и газов, что требуется при производстве кремниевых чипсов. Сочетание теплостойкости и низкой газопроницаемости желательно для выращивания кристаллов и в установках высокого вакуума.

При транспортировке химикатов часто используются предохранительные и разгрузочные вентили, изготовленные с применением ПФК. Они помогают предотвращать протечки резервуаров в грузовиках, вагонах, на кораблях и баржах, несущих опасные и агрессивные химикаты.

Помимо этого, ПФК применяются в фармацевтической и сельскохозяйственной промышленности, при регенерации нефти и газа, в изготовлении аналитического оборудования и оборудования технологического контроля.

ПФК обладают достаточно высокой стоимостью, поэтому их следует использовать в качестве уплотнений лишь тогда, когда требуется химическая инертность и теплостойкость, а другие материалы не удовлетворяют требованиям эксплуатации или их обслуживание обходится дорого.

5.26. Эпихлоргидриновый каучук

К эпихлоргидриновым каучукам относят гомополимер эпихлоргидрина, сополимер его с этиленоксидом и терполимеры.

5.26.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

Эти материалы обладают прекрасной стойкостью к действию перечисленных факторов.

5.26.2. Химическая стойкость

Эпихлоргидриновый каучук стоек к действию углеводов, к набуханию в маслах, инертен по отношению к кислотам, основаниям, воде и ароматическим углеводородам. Однако он подвержен девулканизации в присутствии окисляющих топлив, например, неочищенного бензина.

5.26.3. Применение

Эпихлоргидриновый каучук применяется в производстве уплотнений и труб в кондиционерах и системах подачи топлива.

5.27. Сополимер этилена и винилацетата (ЭВК)

ЭВК может быть вулканизован только с помощью перекисей. Эластичные свойства сополимера обусловлены отсутствием у него кристалличности.

5.27.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ЭВК обладает прекрасной стойкостью к действию света, озона и погодных воздействий.

5.27.2. Химическая стойкость

Инертность полимера по отношению к углеводородам зависит в основном от содержания винилацетата. Высокое содержание винилацетата увеличивает полярность полимера и, следовательно, увеличивает стойкость материала к действию углеводов.

5.27.3. Применение

ЭВК применяется для изоляционной обмотки проводов в автомобилестроении. Также этот сополимер используется в производстве термопластичных эластомеров в качестве мягкой фазы.

5.28. Хлорированный полиэтилен (ХПЭ)

Немодифицированный полиэтилен не может быть превращен в эластомер вследствие своей кристалличности. Хлорирование полиэтилена разрушает кристалличность и позволяет полимеру приобрести эластичность после вулканизации. ХПЭ может быть вулканизирован перекисями или определенными азотсодержащими органическими соединениями, которые связывают атомы хлора.

5.28.1. Стойкость к действию солнечного света, озона и погодных условий

ХПЭ обладает прекрасной стойкостью к действию этих факторов.

5.28.2. Химическая стойкость

ХПЭ обладает достаточно хорошей стойкостью к действию топлив и масел и прекрасной стойкостью к действию атмосферных загрязнений.

5.28.3. Применение

ХПЭ находит применение в производстве оконных уплотнителей, окон, шлангов, защитных чехлов, гибких пылезащитных экранов, а также при изготовлении изоляционной обмотки проводов и кабелей.

6. Сравнительная характеристика коррозионной стойкости некоторых эластомеров

В табл. 6.1 приведены характеристики устойчивости ряда эластомеров к некоторым корродирующим агентам.

Если не сделано уточнение, данные относятся к веществу в чистом виде или в форме насыщенного раствора. Приведенные температуры являются максимально выявленными температурами устойчивости материала к корродирующему агенту. Неустойчивость обозначается символом X. Пустая строчка означает, что данные отсутствуют.

Следует обратить внимание, что многие из этих эластомеров могут применяться в виде смесей; важно что эти смеси могут подбираться по составу к данной области применения. В таблице приведены данные для чистых эластомеров (табл. 6.1¹).

¹ Еще раз отметим, что в таблице приведены данные коррозионной стойкости вулканизатов перечисленных эластомеров. Следует также иметь в виду, что коррозионная стойкость вулканизатов в определенной степени зависит от природы вулканизирующих агентов и способ вулканизации. См., например, Д.Л. Федюкин, Ф.К. Махлис. Технические и технологические свойства резин. — М.: Химия, 1985. — *Примеч. науч. ред.*

Табл. 6.1

Корродирующий агент	Бутилка- учук, °C	<i>Hypalon</i> , °C	ЭПДК, C	ЭПК, °C	<i>Viton A</i> , °C	<i>Kalrez</i> , °C	Натуральный каучук, °C	<i>Neoprene</i> , °C	<i>Buna-N</i> , °C
Адипиновая кислота	X	60	93	60	82	99	27	71	82
Азотистая кислота, конц.	49				38	99	X	X	X
Азотная кислота, 20%	71	38	16	X	88	99	X	X	X
Азотная кислота, 5%	71	38	16	X	88	99	X	X	X
Азотная кислота, 70%	32	X	X	X	88	71	X	X	X
Азотная кислота, безв.	X	X	X	X	88	X	X	X	X
Акриловая кислота					X	99	X	X	X
Акрилонитрил	X	60	60	38	X	43	32	71	X
Аллиловый спирт	88	93	149	27	88		27	49	82
Аллилхлорид	X		X	X	38		X	X	X
Алюминия ацетат		X	93	82	82	99		X	93
Алюминия гидроксид	38	121	99	60	88	99		82	82
Алюминия нитрат	88	121	99	82	88	99	66	93	93
Алюминия оксихлорид					X				
Алюминия сульфат	88	93	99	99	88	99	71	93	99
Алюминия фторид	82	93	99	82	82	99	66	93	88
Алюминия хлорид, безв.						88			
Алюминия хлорид, водн.	66	121	99	82	88	99	60	93	93
Амилацетат	X	16	99	X	X	99	X	X	X
Амиловый спирт	82	93	99	82	93	99	66	93	82
Амилхлорид		X	X	X	88	99	X	X	X
Аммиак, газ		60	60	60	X	99	X	60	88
Аммония гидроксид, 25%	88	121	38	60	88	99	X	93	93
Аммония гидроксид, нас.	88	121	38	60	88	99	32	99	93
Аммония дифторид	X		148	60	60	99	X	X	82
Аммония карбонат	88	60	149	82	88	99	66	93	93
Аммония нитрат	82	93	121	82	X	149	77	93	82
Аммония персульфат	88	27	149	99	60	99	66	93	93

Аммония сульфат, 10–40%	88	93	149	82	82	99	66	93	93
Аммония сульфид		93	149	99	X	99		71	82
Аммония сульфит						99			71
Аммония фосфат	82	60	149	82	82	99	66	93	93
Аммония фторид, 10%	66	93	99	99	60	99	71	38	93
Аммония фторид, 25%	66		149	60	60	99	27	93	49
Аммония хлорид, 10%	88	93	99	82	88	99	66	93	93
Аммония хлорид, 50%	88	93	99	82	88	99	66	88	93
Аммония хлорид, нас.	88	93	149	82	88	99	66	93	93
Анилин	66	60	60	X	110	121	X	X	X
Ацетальдегид	27	16	93	99	X	X	X	93	X
Ацетамид		X	93	93	99	X	X	93	82
Ацетилхлорид		X	X	X	88	99	X	X	X
Ацетон	71	X	149	X	X	99	X	X	X
Бария гидроксид	88	121	121	82	88	99	66	93	93
Бария карбонат		93	149	82	121	99	82	71	82
Бария сульфат		93	149	82	88	99	82	71	82
Бария сульфид	88	93	60	60	88	99	66	93	93
Бария хлорид	88	121	121	82	88		66	93	93
Белый щелок			149	82	88	99	X	60	60
Бензальдегид	32	X	66	X	X	99	X	X	X
Бензиловый спирт	88	60	X	X	177	99	X	X	60
Бензилхлорид	X	X	X	X	43	99	X	X	X
Бензойная кислота	66	93	X	60	88	154	66	93	X
Бензол	X	X	X	X	88	99	X	X	X
Бензолсульфоновая кислота, 10%	32	X	X	X	77	99	X	38	X
Борная кислота	88	143	88	60	88	99	66	93	82
Бром, газ, безв.		16	X	X		99		X	X
Бром, газ, влажн.		16	X					X	X
Бром, ж.		16	X	X	177	60		X	X

Продолжение табл. 6.1

Корродирующий агент	Бутилка- учук, °C	<i>Hypalon</i> , °C	ЭПДК, C	ЭПК, °C	<i>Viton A</i> , °C	<i>Kalrez</i> , °C	Натуральный каучук, °C	<i>Neoprene</i> , °C	<i>Buna-N</i> , °C
Бромоводородная кислота, 20%	71	38	60	60	88	99	43	X	X
Бромоводородная кислота, 50%	43	38	60	60	88	99	66	X	X
Бромоводородная кислота, разб.	66	32	32	60	88	99	38	X	X
Бура	88	93	149	99	88	99	66	93	82
Бутадиен		X	X	X	88	99		60	93
Бутилацетат	X	16	60	X	X	99	X	16	X
Бутиловый спирт	60	121	93	82	121	116	66	93	X
Дибutilфталат				X	27	99	X	X	X
Дихлоруксусная кислота						99		X	
Дихлорэтан	X	X	X	X	88	99	X	X	X
Железа (II) нитрат	88		99	82	99		66	93	93
Железа (II) хлорид	88	121	93	82	82	99	66	32	93
Железа (III) нитрат, 10–50%	88	121	99	82	88	99	66	93	93
Железа (III) хлорид	88	121	104	82	88	99	66	71	93
Железа (III) хлорид, 50% водн. р-р	71	121	99	82	82	99	66	71	82
Изобутилметилкетон	27	X	16	X	X	99	X	X	X
Йод, р-р, 10%			60	60	88			27	27
Калия бромид, 30%		121	99	82	88	99	71	71	82
Кальция бисульфид				X	88	99			82
Кальция бисульфит	49	121	X	X	88	99	49	82	93
Кальция гидроксид, 10%	88	93	99	82	88	99	93	104	82
Кальция гидроксид, нас.	88	121	104	82	88	99	93	104	82
Кальция гипохлорит	88	121	99	82	88	99	93	104	27

Кальция карбонат	66	32	99	60	88	93	82	16	82
Кальция нитрат	88	38	149	82	88	99	66	93	93
Кальция оксид		93	99					71	82
Кальция сульфат	38	121	149	82	93	99	82	71	82
Кальция хлорат	88	32	60	60	88	99	66	93	93
Кальция хлорид	88	93	99	82	88	99	66	93	82
Каприловая кислота						99			
Квасцы	88	93	93	60	88	99	66	93	93
Кетоны		X	X		X	99	X	X	X
Крезол	X	X	X	38	X	99	X	X	X
Лимонная кислота, 15%	88	121	99	82		99	43	93	82
Лимонная кислота, конц.	88	121	99	82	88	99	66	93	82
Магния хлорид	93	121	121	82	82	66	66	99	82
Марганца хлорид		82		99	82	99		93	38
Масляная кислота	X	X	60	X	49	X	X	X	X
Меди (I) ацетат		X	38	38	X	99		71	82
Меди (I) карбонат			99	99	88	99			X
Меди (I) сульфат	88	121	99	82	88	99	66	93	93
Меди (I) хлорид	88	93	99	82	88	99	66	93	93
Меди (I) цианид		121	99	99	88	99	71	71	82
Меди (II) хлорид, 5%		93	99	99	82			99	99
Меди (II) хлорид, 50%		93	99	99	82			71	82
Метилэтилкетон	38	X	27	X	X	99	X	X	X
Молочная кислота, 25%	49	60	60	99	88	99	X	60	X
Молочная кислота, конц.	49	27		99	66	99	27	32	X
Натрия гидроксид, 10%	82	121	99	99	X	99	66	93	71
Натрия гидроксид, 50%	88	121	82	93	X	99	66	93	66
Натрия гидроксид, конц.	82	121	82	27	X	99	66	93	66
Натрия гипохлорит	32		149	X	88		32	X	X
Натрия гипохлорит, 20%	54	121	149	X	88		32	X	X

Продолжение табл. 6.1

Корродирующий агент	Бутилка- учук, °C	<i>Hypalon</i> , °C	ЭПДК, C	ЭПК, °C	<i>Viton A</i> , °C	<i>Kalrez</i> , °C	Натуральный каучук, °C	<i>Neoprene</i> , °C	<i>Buna-N</i> , °C
Натрия карбонат	82	121	149	82	88	99	82	93	93
Натрия сульфид, до 50%	66	121	149	99	88	99	66	93	82
Натрия хлорид	82	116	60	82	88	99	54	93	82
<i>n</i> -Бутиламин				X	X	99			27
Односернистый углерод		X	X	X	88	99	X	X	X
Олеум	X	X	X	X	88	99	X	X	X
Олова (II) хлорид	66	93	138	99	88	99	66	71	82
Олова (IV) хлорид	66	32	149	99	82	99	66	99	82
Пикриновая кислота		27	148	60	88	99	X	93	54
Салициловая кислота	27		99	82	88	99			
Серебра бромид, 10%					99				
Серная кислота, 10%	66	121	66	99	177	116	66	93	66
Серная кислота, 100%	X	X	X	X	88		X	X	X
Серная кислота, 50%	66	121	66	99	177	99	38	93	93
Серная кислота, 70%	38	71	60	99	177	66	X	93	X
Серная кислота, 90%	X	X	X	27	177	66	X	X	X
Серная кислота, 98%	X	43	X	X	177		X	X	X
Серная кислота, дымящая		X	X	X		99		X	X
Сернистая кислота	66	171	X	82	88	99	X	X	X
Сероуглерод	88	110	121	82	X	99	66	X	93
Синильная кислота, 10%	60	32	93	X	88	99	32	X	93
Соляная кислота	X	60		X	177	99		X	X
Сурьмы (III) хлорид	66	60	149	X	88	99		60	
Тионилхлорид	X				X	99	X	X	X
Толуол	X	X	X	X	88	27	X	X	66
Трихлоруксусная кислота	X		27	X	88	99	X	X	X
Углерод четыреххлористый	32	93	121	82	88	99	X	93	82
Углерода (II) оксид	X	X	X	X	88	99	X	X	X

Углерода (IV) оксид, безв.	88	93	121	82	X	99	66	93	93
Углерода (IV) оксид, влажн.	88	93	121	82	X	99	66	93	93
Угольная кислота	X	X	X	X	177	99	X	X	X
Уксусная кислота ледяная	32	X	60	X	X	27	X	X	38
Уксусная кислота, 10%	66	93	60	X	88	93	66	71	93
Уксусная кислота, 50%	43	93	60	X	82	93	X	71	93
Уксусная кислота, 80%	43	93	60	X	82	32	X	71	99
Уксусный ангидрид	66	104	X	X	X	99	X	32	93
Фенол	66	X		27	99	99	X	X	X
Фосфорная кислота, 50–80%	66	93	60	82	88	99	43		X
Фтор, газ, безв.	X	60		X	X	X	X	X	X
Фтор, газ, влажн.			16	38	X	X	X	X	X
Фтороводородная кислота, 100%	X	32	X	X	16	99	X	X	X
Фтороводородная кислота, 30%	177	32	16	60	99	99	38	93	X
Фтороводородная кислота, 70%	66	32	X	X	177	99	X	93	X
Хлор, газ, безв.	X	X	X	X	88	99	X	X	X
Хлор, газ, влажн.		32	X	X	88			X	X
Хлор, ж.	X		X	X	88	99	X	X	X
Хлорбензол	X	X	X	X	88	99	X	X	X
Хлорметан	32	X	X	X	88		X	X	X
Хлорная кислота, 10%	66	38	60	88	88	99	66		X
Хлорная кислота, 70%		32		60	88			X	X
Хлорноватистая кислота	X	X	149	60	88	88	66	X	X
Хлороводородная кислота, 20%	X	71	38	X	177	99	66	32	54
Хлороводородная кислота, 38%	X	60	32	X	177	99	71	32	X

Окончание табл. 6.1

Корродирующий агент	Бутилка- учук, °C	Nyralon, °C	ЭПДК, °C	ЭПК, °C	Viton A, °C	Kalrez, °C	Натуральный каучук, °C	Neoprene, °C	Buna-N, °C
Хлороформ	X	X	X	X	88	99	X	X	X
Хлорсульфоновая кислота	X	X	X	X	X	99	X	X	X
Хлоруксусная кислота	71	X	71	X	X	99	X	X	X
Хлоруксусная кислота, 50% водн. р-р	66			X	X	99	X	X	X
Хрома (III) хлорид						99			
Хромовая кислота, 10%	38	66		X	177	99	X	60	88
Хромовая кислота, 50%	X	71	X	X	177	99	X	38	88
Царская водка, 3:1			X	X	88	99	X	X	X
Целлозольв	66		149	X	X	99	X	X	X
Циклогексан	X	X	X	X	88	99	X	X	82
Циклогексано́л		X	X	X	88	99		X	X
Цинка хлорид	88	121	149	82	99	99	66	71	88
Этиленгликоль	88	93	93	82	177	99	66	71	93
Яблочная кислота	X		X	26	88	99	27		82

Источник:

1. P.A. Schweitzer. 2004. Corrosion Resistance Tables, Vols. 1–4, 5th ed., New York: Marcel Dekker.

Филип А. Швейцер

КОРРОЗИЯ ПЛАСТМАСС И РЕЗИН

ISBN 978-5-91703-010-4



Издательство «Научные основы и технологии»

197342, Санкт-Петербург, а/я 20

Тел./факс: (812) 655-0837, URL: ft-publishing.ru,

e-mail: mail@ft-publishing.ru

Редактор *А.Н. Аввакумов*

Верстка *С.О. Киселева*

Дизайн обложки *Р.В. Бабкиной*

Корректор *О.Д. Камнева*

Подписано в печать 15.03.12. Формат 60×88¹/₁₆. Усл. п. л. 40

Тираж 2000 экз. (2 завод — 500 экз.)

Отпечатано в издательско-полиграфической фирме «Роза ветров»

(812) 717-31-23, +7-921-313-99-73

sofia@nikaprint.com