Справочник

по пластическим массам

Справочник

по пластическим массам

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

М. И. ГАРБАРА, М. С. АКУТИНА,

Н. М. ЕГОРОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО • ХИМИЯ • 1967

УДК 678.5/8 (083)
С 74

В справочнике собраны важнейшие сведения о пластических массах, выпускаемых в широких масштабах в Советском Союзе. Рассмотрены химические и физико-механические свойства важнейших полимеров, технические требования к вырабатываемым на их основе пластмассам, приведены сведения об областях их применения и способах переработки в изделия. Отдельная глава посвящена токсикологии пластических масс и их санитарно-гигиенической оценке.

Справочник предназначен для инженерно-технического персонала предприятий, производящих и перерабатывающих пластические массы, а также для работников проектных и научно-исследовательских организаций тех отраслей народного хозяйства и техники, где используются пластмассы и изделия из них.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5
Полиолефины *С. В. Щуцкий, И. Н. Андреева, З. В. Архипова* 9
Поливинилхлорид *Г. В. Струминский* . . 42
Полистирол *А. В. Голубева, Н. Ф. Усманова* 86
Фторопласты *Д. Д. Чегодаев* 132
Полиакрилаты *М. М. Гудимов* 168
Поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилацетали *И. М. Фингауз, Х. Н. Свердлова* 192
Полиамиды *К. Н. Власова, М. К. Доброхотова, Л. А. Носова* 215
Полиформальдегид *М. С. Акутин, Н. С. Тихомирова* 260
Поликарбонаты *В. Н. Котрелёв, Т. Д. Кострюкова, В. В. Тарасов, И. Б. Бесфамильный* 271
Фенопласты *М. С. Кроль, Г. Ш. Бродский, З. Л. Сахновский, Н. Я. Цыганкова* . 285
Аминопласты *В. З. Яшина, В. Н. Горбунов, Л. М. Песин* 396
Токсикологическая и гигиеническая характеристика пластмасс *С. Л. Данишевский, А. Я. Бройтман, Б. Ю. Калинин, Е. Н. Комарова, И. Л. Крынская* . . 406
Методы испытания пластических масс . . 454
Предметный указатель 455

ВВЕДЕНИЕ

Производство полимерных материалов является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей промышленности. В 1965 г. мировое производство полимеров (без СССР) превысило 23 млн. *т*, в том числе:

	млн. т
пластические массы и синтетические смолы . .	14
химические волокна	6
синтетические каучуки	свыше 3

Решающее значение в развитии химической промышленности Советского Союза и прежде всего промышленности полимерных материалов имели решения майского (1958 г.) и декабрьского (1963 г.) Пленумов ЦК КПСС об ускорении развития химической промышленности. Перевод промышленности пластических масс на дешевое нефте-горно-химическое сырье позволил значительно повысить производительность труда и снизить себестоимость продукции. Решения XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану на 1966—1970 гг. предусматривают дальнейшее развитие промышленности полимерных синтетических материалов. Выпуск пластических масс к 1970 г. составит 2,1—2,3 млн. *т*.

Широкое применение полимерных материалов во всех областях народного хозяйства не только как заменителей, но и как самостоятельных конструкционных материалов, появление большого количества новых пластических масс сделало необходимым обобщение имеющихся сведений об этих материалах, для того чтобы инженеры и конструкторы могли использовать их для решения практических задач.

В настоящем справочнике собраны показатели важнейших физико-химических свойств полимеров и пластических масс на их основе, выпускаемых в Советском Союзе. Дополнительно к этим показателям для многих полимеров приводятся показатели свойств, предусмотренные действующими ГОСТ и ТУ. Даются краткие сведения о способах получения полимеров, методах их переработки, областях применения.

При подготовке справочника возникли некоторые трудности, связанные с тем, что основные физико-химические свойства полимеров определяются на образцах, полученных *в различных условиях переработки. Этим объясняется* плохая сопоставимость данных о физико-химических свойствах, взятых из разных источников. Кроме того, вследствие различия в методах изготовления

образцов и методах испытаний затруднено сравнение образцов отечественных и зарубежных материалов. При практическом использовании приведенных в справочнике характеристик полимеров все эти соображения необходимо учитывать.

При применении пластических масс как конструкционных материалов, в условиях высоких температур наблюдаются потери механической прочности. В процессе переработки и эксплуатации полимерные материалы подвергаются деструкции. Особенно интенсивно изменение свойств происходит при нагревании, облучении, механических нагружениях, при действии химических агентов, а также при воздействии микроорганизмов. Вследствие этого возникает необходимость стабилизации полимеров. Однако при использовании обычных стабилизаторов может происходить изменение свойств полимера в процессах переработки.

При переработке полимера в ряде случаев может происходить нежелательное структурирование, что также приводит к резкому изменению его свойств. В условиях старения для некоторых полимеров характерно изменение химического строения макромолекул, что также может привести к существенным изменениям их свойств.

Вот почему получение полимера с теми или иными показателями свойств прежде всего зависит от условий его переработки. В связи с этим особое значение приобретает структура полимера, формирующаяся при его переработке.

Согласно современным воззрениям В. А. Каргина и его школы полимеры представляют собой высокоупорядоченные системы макромолекулярных цепей, аналогичные роевым образованиям в жидкостях, но отличающиеся продолжительностью существования. Эти первичные надмолекулярные структурные образования получили название пачек. Наряду с пачками первичным структурным элементом полимерного вещества являются глобулы.

Аморфные полимеры также имеют упорядоченные области — пачки. В ряде случаев упорядоченные системы сохраняются в расплавах и растворах полимеров.

Кристаллизующиеся полимеры имеют еще более высокую степень упорядочения. Из пачек формируются ленты, последние упаковываются в пластины. Из пластин образуются сферолиты или кристаллы. В полимерах после переработки наиболее часто встречается сферолитная структура, размеры которой могут быть различными. Поэтому прочность изделий, изготовленных из аморфных и кристаллизующихся полимеров, в значительной степени определяется их надмолекулярной структурой.

Правильный выбор метода переработки связан с созданием оптимальной структуры, позволяющей получать материалы с высокими показателями механических свойств. Поэтому синтез определенного типа надмолекулярных структур в процессах переработки является одной из основных задач современной полимерной химии.

Большое значение имеет разработка методов регулирования физико-химических свойств полимеров в процессе переработки путем изменения их

структуры. Это относится не только к процессам переработки кристаллизующихся, но и аморфных полимеров. В настоящее время установлена возможность регулирования процессов структурирования олигомеров и тем самым открыт путь к регулированию механических свойств в процессе переработки термореактивных пластических масс.

Одним из методов регулирования свойств полимеров является введение специальных структурообразователей. В присутствии искусственных структурообразователей кристаллизующиеся полимеры (полиолефины, полиформальдегид, поликарбонаты и др.) образуют однородную, устойчивую мелкосферолитную структуру, практически не изменяющуюся при вторичной переработке полимеров. Введение структурообразователей приводит к резкому увеличению скорости кристаллизации. Полученные изделия обладают более высокими показателями механических свойств и меньшей склонностью к старению.

Улучшение механических свойств аморфных полимеров также связано с созданием оптимальной структуры. Например, структура получаемого поливинилхлорида имеет ярко выраженный глобулярный характер. Полимер с такой структурой не может обеспечить высокую механическую прочность, необходимую для конструкционных изделий. Создавая определенные условия переработки поливинилхлорида (температура, напряжения сдвига, пластификация), можно осуществить преобразование глобулярной структуры в фибриллярную. При этом механическая прочность поливинилхлорида возрастает.

Таким образом, механические свойства различных пластических масс в значительной мере определяются условиями переработки их в изделия. Отсюда понятен и тот разнобой в сведениях об их характеристиках, встречающихся в литературе.

В ряде случаев конструкторы ставят перед собой задачу замены стали и цветных металлов пластическими массами. При решении этих вопросов необходимо тщательно изучить свойства пластических масс, выбрать оптимальные методы их переработки и учесть специфические свойства этих материалов. Так, при использовании стеклопластиков в качестве конструкционных материалов следует учитывать характер наполнителя. Существуют стеклопластики на основе ориентированных и неориентированных волокон. Только ориентированные стеклопластики обладают высокой механической прочностью, близкой к прочности конструкционной стали, и могут работать в сильно нагруженных конструкциях. Кроме того, при использовании полимерных материалов необходимо учитывать особенности их поведения в условиях длительного статического и динамического нагружения.

В первом томе приводятся сведения о наиболее важных пластических массах, выпускаемых в больших масштабах, а также о новых материалах, производство которых освоено лишь недавно. Отдельная глава в справочнике посвящена токсикологической и гигиенической оценке пластических масс. В первый том вошли следующие разделы:

1. Полиолефины.
2. Поливинилхлорид.
3. Полистирол.
4. Фторопласты.
5. Полиакрилаты.
6. Поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилацетали.
7. Полиамиды.
8. Полиформальдегид.
9. Поликарбонаты.
10. Фенопласты.
11. Аминопласты.
12. Токсикологическая и гигиеническая характеристика пластмасс.

Во втором томе рассматриваются высокопрочные материалы, армированные стеклянным волокном — стеклопластики, а также связующие для их изготовления, поропласты, различные термостойкие пластические массы и вспомогательные вещества, имеющие большое значение для длительного сохранения свойств полимеров и для регулирования их механических свойств (пластификаторы и стабилизаторы).

Во второй том вошли следующие разделы:

1. Ненасыщенные полиэфиры.
2. Эпоксидные смолы.
3. Полиуретаны.
4. Полиэтилентерефталат.
5. Пентапласт.
6. Кремнийорганические полимеры.
7. Новые термостойкие полимеры.
8. Поропласты.
9. Эфиры целлюлозы.
10. Стеклопластики.
11. Пластификаторы.
12. Стабилизаторы.

Составители справочника отдают себе отчет, что книга не лишена недостатков. Однако можно надеяться, что она окажется полезной потребителям пластмасс и конструкторам при выборе материала для изготовления соответствующих изделий. Все практические замечания по улучшению книги будут внимательно рассмотрены.

ПОЛИОЛЕФИНЫ

Полиолефины — высокомолекулярные углеводороды алифатического ряда, получаемые полимеризацией соответствующих олефинов.

Наиболее широкое применение в настоящее время нашли следующие полиолефины: полиэтилен, полипропилен и сополимеры этилена с пропиленом или бутиленом.

ПОЛИЭТИЛЕН

Полиэтилен представляет собой высокомолекулярный продукт полимеризации этилена. Макромолекулы полиэтилена имеют линейное строение с небольшим числом боковых ответвлений. Полиэтилен — кристаллический полимер: при температуре около 20° С степень кристалличности полимера достигает 55—92% (в зависимости от метода получения).

В настоящее время известны три промышленных метода получения полиэтилена:

1. Полимеризация этилена при высоком давлении (1200—1500 *ат*). Процесс протекает при высокой температуре (~200° С) в присутствии инициаторов (кислорода, органических перекисей) по радикальному механизму.

Получаемый по этому методу полиэтилен имеет молекулярный вес 18 000—35 000 и степень кристалличности 55—67%. Такой полиэтилен называют полиэтиленом высокого давления (полиэтилен ВД).

2. Полимеризация этилена при низком давлении (ниже 10 *ат*) с использованием катализаторов Циглера — Натта.

Полимеризация протекает при температуре <80° С по ионно-координационному механизму. Образуются менее разветвленные и более длинные макромолекулы. Величина средневесового молекулярного веса таких полимеров находится в пределах 80 000—3 000 000, а степень кристалличности 75—85%. Такой полиэтилен называется полиэтиленом низкого давления (полиэтилен НД).

3. Полимеризация этилена при давлении 30—40 *ат* и t <150° С с использованием катализаторов окислов металлов переменной валентности. Получаемый полиэтилен называют полиэтиленом среднего давления (полиэтилен СД). Он обладает наиболее упорядоченной структурой, его степень кристалличности достигает 92%.

Все три метода обеспечивают получение технически ценных материалов, однако необходимо отметить, что получаемые этими методами полимеры различаются в некоторой степени по свойствам и режимам переработки в изделия.

Это объясняется особенностями строения полимерной цепи, которые в свою очередь зависят от условий и механизма процесса полимеризации.

Наиболее разветвленными являются макромолекулы полиэтилена ВД, у которого на 1000 атомов углерода приходится наибольшее количество CH_3-групп.

Макромолекулы полиэтилена НД по степени разветвленности занимают промежуточное положение между полиэтиленом ВД и полиэтиленом СД.

Бóльшим количеством боковых ответвлений объясняется более низкая кристалличность и соответственно более низкая плотность полиэтилена ВД по сравнению с полиэтиленом НД и полиэтиленом СД.

Показатели, характеризующие строение полимерной цепи

	Полиэтилен ВД	Полиэтилен НД	Полиэтилен СД
Число групп CH_3 на 1000 атомов углерода:			
общее	21,6	5,0	1,5
концевых	4,5	2,0	1,5
Этильные ответвления	14,4	1,0	1,0
Общее количество двойных связей на 1000 атомов углерода	0,4—0,6	0,4—0,7	1,1—1,5
в том числе, %			
$R-CH=CH_2$ (винильные)	17	43	87
$R\diagdown\!\!\diagup CH=CH_2$ (винилиденовые)	71	32	7
$R-CH=CH-R$ (*транс*-виниленовые)	12	25	6
Степень кристалличности, %	55	85	90
Плотность, *г/см*³	0,91—0,92	0,94—0,95	0,96—0,97

Полиэтилен ВД иногда называют полиэтиленом низкой плотности, а полиэтилен НД и полиэтилен СД — полиэтиленом высокой плотности. Однако такая классификация полиэтилена по плотности, а не по методу получения условна, так как в настоящее время имеется возможность изменять плотность полиэтилена в процессе полимеризации при получении его как при высоком, так и при низком давлении.

Ассортимент полимеров этилена может быть значительно расширен получением композиций путем смешения полиэтилена одного типа с полиэтиленом другого типа, полипропиленом, полиизобутиленом и др.

На основе полиэтилена и других полиолефинов могут быть получены многочисленные композиции, привитые сополимеры с активными группами, улучшающими адгезию полиолефинов к металлам, окрашиваемость и т. д.

ПОЛИЭТИЛЕН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Свойства полиэтилена ВД определяются в основном степенью кристалличности, величиной молекулярного веса и характером молекулярно-весового распределения.

Зависимость плотности полиэтилена ВД от степени кристалличности показана на рис. 1. Кристалличность полимера с увеличением температуры уменьшается и при температуре выше температуры плавления (>110° С) полиэтилен ВД становится аморфным. Изменение плотности полиэтилена в зависимости от температуры показано на рис. 2. Интегральная и дифференциальная кривые распределения молекулярного веса полиэтилена ВД приведены на рис. 3.

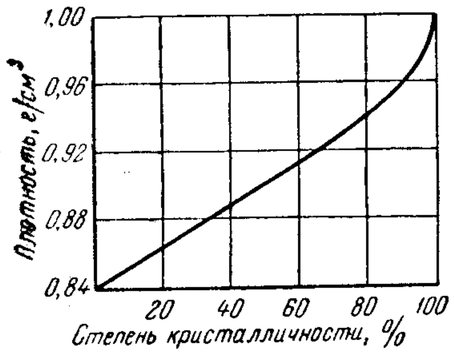


Рис. 1. Зависимость плотности полиэтилена ВД от степени кристалличности.

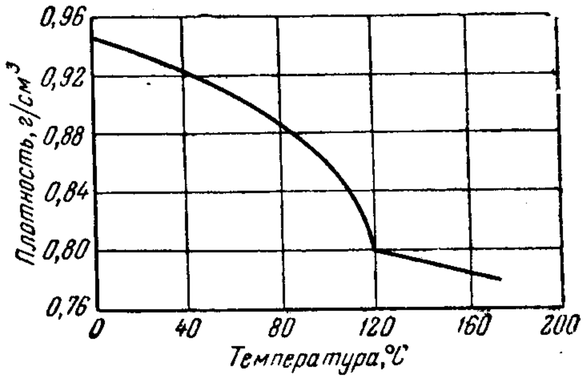


Рис. 2. Зависимость плотности полиэтилена ВД от температуры.

Полиэтилен ВД — роговидный продукт белого цвета. Выпускается в виде гранул насыпной массы 0,5—0,55 *г/см*³.

Гранулы полиэтилена могут быть натурального (белого) цвета и окрашенными в различные цвета.

Крашение полиэтилена производится теплостойкими и светостойкими органическими и минеральными красителями, хорошо совмещающимися с полимером. К числу таких органических красителей и пигментов относятся: пигмент алый Н, тиоиндиго красно-коричневый Ж, тиоиндиго оранжевый КХ, пигмент желтый Ж, кубовый ярко-фиолетовый К, пигмент синий антрахиноновый, пигмент голубой фталоцианиновый и др. Из минеральных пигментов применяются: крон свинцово-желтый, кадмий лимонный, кадмий желтый средний, кадмий пурпурный, кадмий красный, двуокись титана, алюминиевая пудра и др.

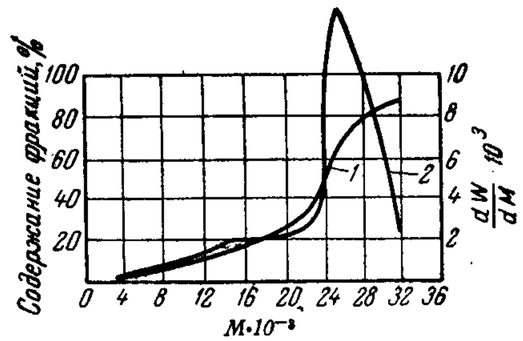


Рис. 3. Интегральная (*1*) и дифференциальная (2) кривые распределения молекулярного веса полиэтилена ВД.

Полиэтилен производится в стабилизированном и нестабилизированном виде. В зависимости от применяемого стабилизатора полиэтилен может быть различного цвета.

Полиэтилен ВД выпускается по **МРТУ 6-05-889—65** нескольких марок. В основу классификации положен «индекс расплава», величина, зависящая от молекулярного веса полимера и определяемая по скорости истечения расплав-

ленного материала через капилляр определенных размеров при определенных температуре и давлении *. В названиях марок стоящие впереди буква и цифра (П-2) обозначают полиэтилен низкой плотности (0,92 *г/см*³). Последующие три цифры указывают десятикратное значение индекса расплава. Буква после цифр обозначает основную область применения и способ переработки. Например, П-2015-К — полиэтилен низкой плотности с индексом расплава 1,5, предназначенный для изготовления изоляции радиочастотных кабелей.

Марки полиэтилена ВД

Марки	Основные области применения и способы переработки
П-2003-К	Подводные кабели с высокой стойкостью к растрескиванию и повышенной морозостойкостью
П-2006-Т	Высокопрочный полиэтилен, перерабатываемый экструзией и прессованием
П-2006-В	Высокопрочный полиэтилен, перерабатываемый экструзией и прессованием (профили, блоки, листы для обкладки)
П-2008-К	Силовые провода и кабели
П-2010-В	Прочная пленка, получаемая методом раздува
П-2015-К	Радиочастотные кабели
П-2020-А	Изделия целевого назначения
П-2020-Т	Технические изделия, изготовляемые экструзией, выдуванием и литьем под давлением
П-2030-К	Изоляция проводов и кабелей общего назначения
П-2035-Т	Технические изделия, изготовляемые литьем под давлением и экструзией
П-2055-К	Заполнение многожильных кабелей и изделия, изготовляемые литьем под давлением
П-2070-П	Покрытие ткани, бумаги, нелакированного целлофана, фольги и других изделий, изготовляемых литьем под давлением
П-2115-П	Покрытие бумаги и изделия, изготовляемые литьем под давлением

Физико-механические свойства полиэтилена ВД **

Основные показатели физико-механических свойств полиэтилена ВД приведены ниже:

Плотность, *г/см*³	0,918—0,935
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*²	1500—2500
Предел текучести при растяжении, *кГ/см*²	90—100

* Для полиэтилена ВД индекс расплава обычно выражается весовым количеством полиэтилена, проходящим в течение 10 *мин* при 190° С через стандартный капилляр диаметром 2,095 *мм* и длиной 8 *мм* под нагрузкой 2,16 *кГ*.

** См. также стр. 18—19.

Предел прочности, *кГ/см*²	
при растяжении *	120—160
» изгибе	120—170
Относительное удлинение при разрыве, %	150—600
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм*²	1,4—2,5

* Согласно ГОСТ 11262—65 («Пластмассы, методы испытания») термин «предел прочности при растяжении» заменен на «разрушающее напряжение при растяжении».

Значения предела прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве полиэтилена ВД зависят как от формы испытуемого образца, так и от условий испытания: скорости деформации, температуры, толщины образца и т. д. С увеличением скорости растяжения образца предел прочности при растяжении и относительное удлинение при разрыве умень-

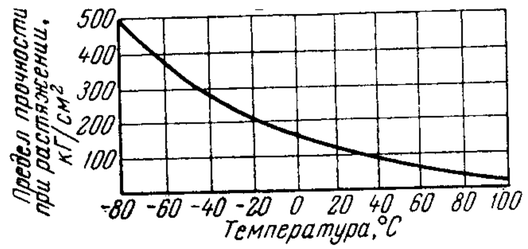


Рис. 4. Зависимость предела прочности при растяжении полиэтилена ВД от температуры.

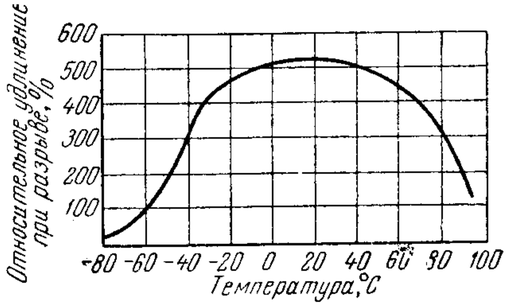


Рис. 5. Зависимость относительного удлинения при разрыве полиэтилена ВД от температуры.

шаются, а предел текучести при растяжении возрастает. С повышением температуры прочность полиэтилена при растяжении, срезе, изгибе и сжатии снижается, а относительное удлинение при разрыве возрастает до определенного предела, после чего начинает снижаться (рис. 4, 5).

Ниже приведены данные, характеризующие изменение предела прочности полиэтилена ВД при сжатии, статическом изгибе и срезе (скорость деформации 500 *мм/мин*, толщина образца 2 *мм*) от температуры:

Предел прочности, *кГ/см*²	Температура, °С			
	20	40	60	80
При сжатии	126	77	40	—
При статическом изгибе	118	88	60	—
При срезе	169	131	92	53

Зависимость модуля упругости при изгибе полиэтилена ВД от температуры

Температура, °С	—120	—100	—80	—60	—40	—20	0	20	50
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*²	28 100	26 700	23 200	19 200	13 600	7 400	3 050	2 200	970

Электрические свойства полиэтилена ВД*

Основные показатели электрических свойств полиэтилена ВД следующие:

Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*	10^{17}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,2—2,3
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$3 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность, *кв/мм*	
при толщине образца 1 *мм*	45—60
» » » 2 *мм*	28—36

Очень ценным свойством полиэтилена ВД является сравнительно небольшое изменение величины диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости в широком диапазоне частот и температур. Характер изменения тангенса угла диэлектрических потерь от частоты при 20° С приводится ниже:

Частота, *гц*	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^9	10^{10}
$\operatorname{tg}\delta \cdot 10^4$	4	3,7	2,5	2,5	3,1	3,7	5,0	3,7

Исследование температурной зависимости $\operatorname{tg}\delta$ полиэтилена ВД при частоте 50 *Кгц* показывает существование трех максимумов: при —100° С, около 0° С и при +80° С. Зависимость $\operatorname{tg}\delta$ полиэтилена от температуры при частоте 10^6 *гц* приведена на рис. 6.

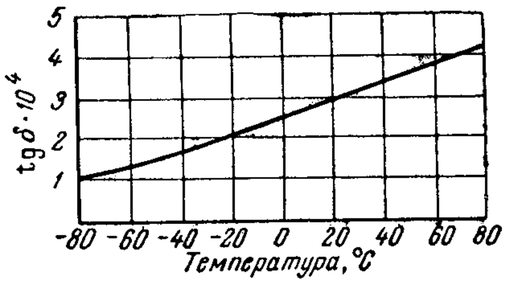


Рис. 6. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь полиэтилена ВД от температуры (при частоте 10^6 *гц*).

Диэлектрическая проницаемость практически остается постоянной при различных частотах. С повышением температуры значение диэлектрической проницаемости немного уменьшается в связи с изменением плотности материала.

Теплофизические свойства полиэтилена ВД

Показатели основных теплофизических свойств полиэтилена ВД приведены ниже:

Температура плавления, °С	105—108
Удельная теплоемкость, *кал/(г·град)*	0,50—0,68

* См. также стр. 20.

Теплостойкость по методу НИИПП*, °С	108—110
Коэффициент термического расширения, *град*$^{-1}$	
линейного в интервале от 0 до 100° С	$2{,}2 \cdot 10^{-4}$—$5{,}5 \cdot 10^{-4}$
объемного в интервале от 50 до 100° С	$6{,}7 \cdot 10^{-4}$—$16{,}5 \cdot 10^{-4}$
Морозостойкость (температура хрупкости), °С	ниже —70

* Определение теплостойкости по методу НИИПП основано на изучении зависимости деформации (глубины вдавливания шарика) полимера от температуры при переходе полимера из стеклообразного состояния в высокоэластическое. Температура, соответствующая глубине вдавливания шарика на 0,50 *мм* (модуль упругости 100 *кГ/см*^{2}), условно принимается за теплостойкость линейного полимера.

Ниже приводятся температурные зависимости коэффициентов термического (линейного и объемного) расширения полиэтилена ВД:

Интервал температур °С	Коэффициент термического расширения, *град*$^{-1}$		Интервал температур °С	Коэффициент термического расширения, *град*$^{-1}$	
	линейного	объемного		линейного	объемного
От—50 до 0	0,00015	0,00046	70—80	0,00046	0,00138
0—10	0,00014	0,00043	80—90	0,00051	0,00152
10—20	0,00018	0,00054	90—100	0,00088	0,00264
20—30	0,00018	0,00055	0—50	0,00022	0,00067
30—40	0,00029	0,00088	50—100	0,00052	0,00156
40—50	0,00030	0,00089	0—100	0,00038	0,00114
50—60	0,00033	0,00101	20—100	0,00043	0,00129
60—70	0,00034	0,00102			

В процессе изготовления изделий из полиэтилена наблюдается уменьшение их размеров — усадка. Значения термической усадки полиэтиленовых изделий при охлаждении их от 115 до 20° С приведены ниже:

Температура, °С	115	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
Усадка, %											
линейная	5,10	4,40	3,20	2,41	1,90	1,44	1,10	0,77	0,47	0,18	0
объемная	15,30	13,20	9,87	7,23	5,70	4,32	3,30	2,31	1,43	0,55	0

Кроме термической усадки существует усадка изделий, связанная с наличием внутренних напряжений. Средняя величина такой усадки колеблется в пределах от 1 до 3%.

Химические свойства полиэтилена ВД

Полиэтилен ВД обладает высокой химической стойкостью к агрессивным средам и органическим растворителям при определенных концентрациях и температурах. Некоторые данные о химической стойкости полиэтилена ВД при 20° С приведены на стр. 16. При практическом использовании изделий из полиэтилена ВД следует учитывать конкретные условия их эксплуатации.

Полиэтилен ВД мало устойчив к сильным окислителям, таким, как концентрированная азотная кислота. При повышении температуры до 50° С наблюдается разрушение материала через двое суток.

Полиэтилен ВД на холоду не растворяется в органических растворителях. Однако некоторые растворители вызывают более или менее сильное его набухание. Степень набухания полиэтилена зависит от природы растворителя, длительности его воздействия на полимер, а также температуры. При 100° С и выше полиэтилен полностью растворяется в бензоле, ксилоле, декалине и других алифатических, ароматических и хлорированных углеводородах.

Химическая стойкость полиэтилена ВД * при 20 °С

Обозначение: С — стойкий; О — относительно стойкий; Н — нестойкий.

Среда	Продолжительность воздействия сутки	Изменение массы %	Оценка стойкости
Азотная кислота 10%-ная	10	—0,02	С
	30	—0,045	С
Ацетон	10	+0,79	О
	30	+0,88	О
Бензин	10	—	Н
Бензол	10	+12,1	Н
	30	+12,3	Н
Вода дистиллированная	10	+0,01	С
	30	+0,04	С
Натр едкий 40%-ный	10	—0,01	С
	30	—0,03	С
Серная кислота 94%-ная	10	—0,05	О
	30	—0,03	О
Соляная кислота 36%-ная	10	+0,05	С
	30	+0,10	С
Трансформаторное масло	10	+1,88	О
	30	+2,94	О
Уксусная кислота 91%-ная	10	+0,58	О
	30	+0,59	О
Формалин технич. 40%-ный	10	+0,14	С
	30	+0,21	С

* Испытывались образцы в виде пластин толщиной 2 *мм*.

Продолжение

Среда	Продолжительность воздействия сутки	Изменение массы %	Оценка стойкости
Хлороформ технич.	10	+21,4	Н
	30	+17	Н
Четыреххлористый углерод	10	+36,2	Н
	30	+30,1	Н
Этиловый спирт	10	+0,01	С
	30	—0,03	С

Полиэтилен ВД относительно стоек к действию спиртов, мыл, жирных масел и т. п. Однако его стойкость в этих средах резко уменьшается, если полимер находится в напряженном состоянии. При этом наблюдается растрескивание материала. Так, для полиэтилена ВД в среде 20%-ного водного раствора эмульгатора ОП-7 при 50° С растрескивание образцов наблюдается через 1000 *ч* при индексе расплава 0,2—0,5 *г*/10 *мин*, через 10 *ч* при индексе расплава 0,6—1,0 *г*/10 *мин* и через 1,5—4 *ч* при индексе расплава полимера 1,0—5,0 *г*/10 *мин*. Стойкость полиэтилена к действию поверхностно-активных веществ снижается по мере уменьшения его молекулярного веса и повышения температуры испытания.

Газо- и паропроницаемость полиэтилена ВД характеризуется следующими показателями (для пленки толщиной 25 *мк*):

Вещество	Газопроницаемость (в $см^3$/645 $см^2$/24 *ч*) при плотности полиэтилена	
	0,920 *г*/$см^3$	0,935 *г*/$см^3$
Азот	180	—
Водяной пар *	1,4	0,7
Двуокись углерода	2 900	990
Кислород	550	280
Метилбромид	79 100	—
Окись этилена	29 300	—
Сернистый газ	6 200	—

* Проницаемость водяного пара измеряется в *г*/645 $см^2$/24 *ч*.

Водопоглощение полиэтилена ВД за 30 суток при 20° С составляет 0,04%. Требования, предъявляемые к физико-механическим свойствам полиэтилена ВД (по МРТУ 6-05-889—65), приведены на стр. 18—19.

Физико-механические свойства различных марок полиэтилена ВД

Показатели	П-2003-К	П-2006-Т	П-2006-В	П-2008-К	П-2010-В	П-2015-К	П-2020-А	П-2020-К	П-2030-К	П-2035-Т	П-2055-К	П-2070-П	П-2115-П
Индекс расплава, *г*/10 *мин* .	0,2—0,5	0,4—0,8	0,4—0,8	0,5—1,0	0.8—1,5	1,0—2,0	1,8—2,2	1,2—3,0	2,0—4,0	2,0—5,0	4,0—7,0	5,0—9,0	8,0—15,0
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее . .	140	140	140	125	125	120	130	110	110	100	100	90	70
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее . .	600	600	600	600	600	600	600	600	600	550	550	500	400
Предел текучести при растяжении, *кГ/см²*, не менее . .	100	100	100	100	100	95	100	95	95	90	—	—	—
Морозостойкость *, °С, не выше	—70	—70	—70	—70	—70	—70	—70	—70	—65	—60	—50	—40	—
Стойкость * к растрескиванию, *ч*, не менее	500	10	10	10	4	2,5	2	2	1,5	1,5	—	—	—
Светостойкость **, *ч*, не менее	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	—	—
Насыпная масса, *г/л*, не менее	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

* Показатель не обязателен к проверке для каждой партии, но должен гарантироваться заводом-поставщиком.

** Светостойкость определяется только для светостабилизированного полиэтилена. Норма 240 *ч* указана для полиэтилена, стабилизированного 2% газовой канальной сажи.

Электрические свойства полиэтилена ВД **(по МРТУ 6-05-889—65)** должны отвечать следующим требованиям.

Показатели	Полиэтилен чистый	Полиэтилен с 0,5% сажи *
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,3	2,5
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0003	0,001
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	40	40

* Сажа применяется в качестве стабилизатора. При введении в полиэтилен сажи в количестве, превышающем 0,5%, показатели электрических свойств не регламентируются.

Переработка полиэтилена ВД

Полиэтилен ВД является типичным термопластом. Он перерабатывается литьем под давлением, экструзией, прессованием и т. д.

Оптимальные условия переработки зависят от молекулярного веса полиэтилена, от вида изделий, их размеров и толщины.

Литье под давлением производится на литьевых машинах при давлении порядка 1000 *кГ/см²* и температуре 150—200° С.

Продолжительность цикла литья в среднем составляет 20—50 *сек.* Температуру формы целесообразно поддерживать около 50—70° С. Рекомендуемая продолжительность выдержки отлитых деталей под давлением 10—30 *сек.* Усадка изделий достигает 3%. Повышение температуры литья и удельного давления на материал способствует уменьшению усадки.

Прессование различных изделий осуществляют при давлении от 40 до 100 *кГ/см²* и 130—150° С. По окончании прессования изделия медленно охлаждают (под давлением) до 30—40° С. Продолжительность прогрева, давление и температура зависят от формы и толщины прессуемого изделия.

Изделия из полиэтилена ВД могут формоваться штамповкой или изгибанием полиэтиленовых листов по шаблону. Оптимальная температура формования 120—135° С. Продолжительность прогрева листовой заготовки перед формованием составляет 3 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Нагретая заготовка после придания ей формы охлаждается до 40—50° С.

При экструзии полиэтилена ВД рекомендуется использовать машины с длиной червяка 15—16 *D* и зазором между гребнями нарезки червяка и внутренней поверхностью цилиндра 0,125—0,375 *мм.* Давление в головке экструдера достигает 80—100 *кГ/см²*.

Гранулы из полиэтилена обычно получают путем разрезания прутков или лент, изготовленных методом экструзии.

Оптимальные температуры экструзии для некоторых видов изделий приведены ниже:

Место замера температуры	Температура (в °С) при изготовлении		
	труб	пленки	кабельной изоляции
Цилиндр	120—130	110—120	110—130
Головка	120—150	130—170	140—180

Для сохранения точных размеров стержней или толстостенных труб, изготовленных из полиэтилена, их по выходе из головки экструдера медленно охлаждают.

Для изготовления труб применяется также метод центробежного литья. В этом случае полиэтилен расплавляется во вращающейся металлической трубе при температуре до 250° С.

Полые изделия из полиэтилена ВД получают в разъемных формах методом раздува сжатым воздухом горячих трубок. Выходящая из экструдера трубка должна иметь температуру 115—140° С. Давление сжатого воздуха при этом составляет 2—2,5 *кГ/см²*. Полые изделия могут быть получены также из заготовок, отливаемых на литьевых машинах и имеющих форму, близкую к форме будущего изделия. Горячие заготовки помещают в форму для раздува, который производится также сжатым воздухом.

Полиэтилен ВД при 250° С легко и прочно сваривается при помощи расплавления горячим воздухом. Материал в виде пластин, блоков, листов, стержней, труб и т. д. легко поддается механической обработке путем резания, сверления, фрезерования и т. д. на обычных станках, применяемых в металлообработке.

На чистоту и точность обработки детали очень существенно влияет режим резания и правильная заточка режущего инструмента.

ПОЛИЭТИЛЕН НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Полиэтилен НД выпускается в виде гранул с насыпной массой 0,5—0,55 *г/см³* или в виде порошка белого цвета с насыпной массой 0,11—0,38 *г/см³*.

Особенностями структуры полиэтилена НД по сравнению с полиэтиленом ВД объясняются значительные различия в механических свойствах этих полимеров. Больший молекулярный вес и более высокая степень кристалличности полиэтилена НД обусловливают увеличение плотности, механической прочности, модуля упругости при изгибе и теплостойкости.

Средневесовой молекулярный вес полиэтилена НД может достигать 3 000 000. Наиболее широкое применение получил полиэтилен с молекулярным весом 80 000—400 000. Полиэтилен НД имеет сравнительно широкое молекулярно-весовое распределение. Отношение средневесового молекулярного веса к среднечисловому, определяющее полидисперсность полимера, колеблется (в зависимости от условий ведения процесса и катализатора) от 9 до 30.

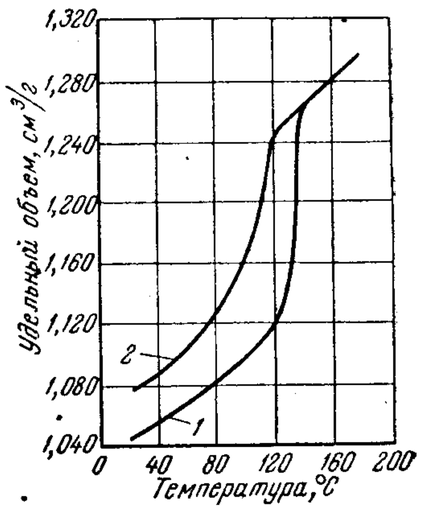


Рис. 7. Зависимость удельного объема от температуры:

1 — полиэтилен НД; *2* — полиэтилен ВД.

Полиэтилен НД имеет высокие степень кристалличности (75—85%) и плотность (0,94—0,96 *г/см³*). Степень кристалличности при повышении температуры уменьшается, и при температуре ⩾130° С полиэтилен НД становится аморфным. Соответственно происходит изменение удельного объема. Данные, характеризующие изменение удельного объема полиэтилена НД в зависимости от температуры, представлены на рис. 7 (для

сравнения дается кривая аналогичной зависимости и для полиэтилена ВД).

Полиэтилен НД выпускается стабилизированным или нестабилизированным, неокрашенным и окрашенным.

Для стабилизации и окрашивания полиэтилена НД используются те же стабилизаторы и красители, что и для полиэтилена ВД. Однако стабилизацию полиэтилена НД бесцветными стабилизаторами рекомендуется проводить при зольности не выше 0,03%. Такое ограничение связано с возможностью появления окраски изделия из полиэтилена, получающейся вследствие образования продуктов взаимодействия остатков катализатора (в случае, если зольность полимера выше 0,03%) с бесцветными стабилизаторами.

Полиэтилен НД выпускается по **МРТУ 405-890—65** нескольких марок. Маркирование партий полиэтилена осуществляется по индексу расплава при нагрузке 5 *кГ*. В наименованиях марок буква и цифра (П-4) обозначают полиэтилен высокой плотности (0,94 *г/см*³). Последующие три цифры указывают десятикратное значение текучести расплава. Буква после цифр обозначает основной метод переработки или назначение, например П-4003-П—полиэтилен высокой плотности с индексом расплава 0,3 *г*/10 *мин*, перерабатывается методом прессования.

Основное назначение марок полиэтилена НД с указанием рекомендуемых способов переработки приведено ниже:

Марки полиэтилена НД

Марки	Основные области применения и способы переработки
П-4001-П	Изделия, изготовляемые методом прессования
П-4003-П	Плиты, фитинги и другие детали, изготовляемые методом прессования
П-4004-Т	Трубы, листы и другие профили повышенной прочности, изготовляемые методом экструзии
П-4007-Т	Различные изделия, получаемые методом экструзии
П-4007-Э	Листы, кабельные изделия и другие профили повышенной прочности, получаемые методом экструзии
П-4009-Э	Листы, кабельные изделия и другие профили, получаемые методом экструзии
П-4015-Э	Экструзионные кабельные и выдувные изделия
П-4017-В	Крупногабаритные выдувные изделия с глубокой вытяжкой
П-4020-Э	Экструзионные и кабельные изделия
П-4040-Л	Литьевые изделия, тонкостенные экструзионные изделия и фитинги
П-4070-Л	Литьевые изделия различного назначения, для нанесения на бумагу и другие материалы

Физико-механические свойства полиэтилена НД*

Основные показатели физико-механических свойств полиэтилена НД приведены ниже:

Плотность, *г/см*³	0,945—0,955
Предел прочности, *кГ/см*²	
при растяжении	220—320
» изгибе	200—350
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*²	5 500—8 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см*²	Не ломается
Относительное удлинение при разрыве, %	400—800
Предел текучести при растяжении, *кГ/см*²	220—260
Удлинение при достижении предела текучести, %	15—30
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм*²	4,5—5,8

Полиэтилен НД более жесткий материал, чем полиэтилен ВД. Его модуль упругости при изгибе при 20° С в 2,6 раза превышает модуль упругости полиэтилена ВД.

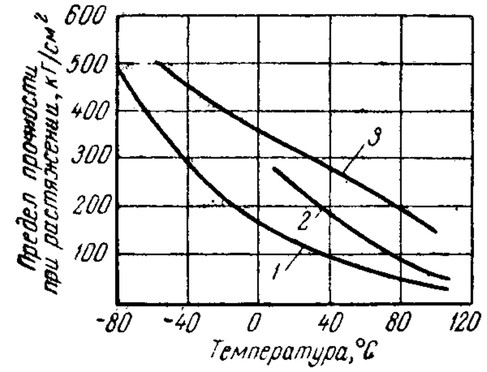


Рис. 8. Зависимость предела прочности при растяжении от температуры:

1 — полиэтилен ВД; *2* — полиэтилен НД с мол. весом 30 000; *3* — полиэтилен НД с мол. весом 350 000.

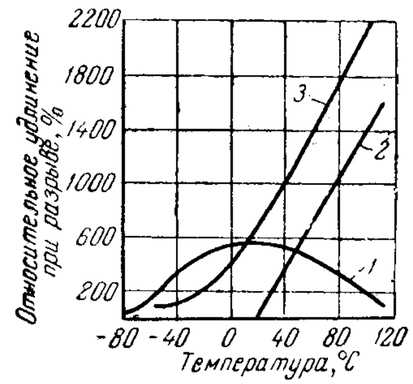


Рис. 9. Зависимость относительного удлинения при разрыве от температуры:

1 — полиэтилен ВД; *2* — полиэтилен НД с мол. весом 30 000; *3* — полиэтилен НД с мол. весом 350 000.

Зависимость модуля упругости при изгибе полиэтилена НД от температуры приведена ниже:

Температура, °С	—120	—100	—80	—60	—40	—20	0	20	50	70
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*²	31 800	27 500	24 300	23 100	21 080	16 800	10 100	5 700	1 660	1 040

Изменение предела прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве полиэтиленов НД и ВД от температуры показано на рис. 8 и 9. Приведенные данные получены на пластинах толщиной 1 *мм* при скорости деформации 100 *мм/мин*.

* См. также стр. 27.

На практике наряду с определением предела прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве большое значение имеет определение предела текучести при растяжении и удлинения в начале течения.

При переходе через предел текучести происходят недопустимо большие деформации материала. Предел текучести определяет то напряжение, до которого возможна работа полимера в конструкциях. Для полиэтилена НД оно составляет 220—260 *кГ/см²*. Относительное удлинение, наблюдаемое при достижении предела текучести, не превышает 15—30%.

Электрические свойства полиэтилена НД*

Показатели электрических свойств полиэтилена НД отвечают требованиям, предъявляемым к высокочастотным диэлектрикам. Основные показатели электрических свойств полиэтилена НД приведены ниже:

Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	10^{17}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,1—2,4
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$5 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность, *кв/мм*	
при толщине образца 1 *мм*	45—60
» » » 2 *мм*	28—36

Значение тангенса угла диэлектрических потерь мало изменяется в широком диапазоне частот (рис. 10). При зольности полиэтилена НД не выше

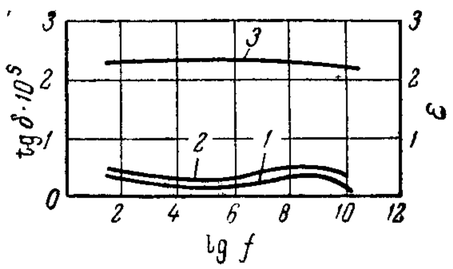


Рис. 10. Зависимость ε (кривая *3*) и tg δ (кривые *2*, *1*) полиэтиленов от частоты *f* при 20° С:

1,3 — полиэтилен НД; *2* — полиэтилен ВД.

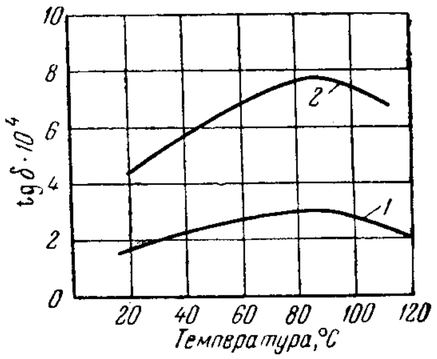


Рис. 11. Зависимость tg δ полиэтиленов НД и ВД от температуры при $3 \cdot 10^9$ *гц*:

1 — полиэтилен НД; *2* — полиэтилен ВД.

0,06% тангенс угла диэлектрических потерь в диапазоне частот 10^3—10^{10} *гц* колеблется в пределах от $2 \cdot 10^{-4}$ до $4{,}5 \cdot 10^{-4}$. Зависимость tg δ от температуры при частоте $3 \cdot 10^9$ *гц* показана на рис. 11.

Примеси в полиэтилене НД (например, остатки катализатора) ухудшают тангенс угла диэлектрических потерь.

Диэлектрическая проницаемость полиэтилена НД практически не изменяется с увеличением частоты. Лишь при частотах 10^8—10^{10} *гц* диэлектрическая проницаемость уменьшается на 4—5% по сравнению со значениями, полученными при более низких частотах.

* См. также стр. 28.

Удельное и объемное электрическое сопротивление полиэтилена НД такое же, как и полиэтилена ВД.

Теплофизические свойства полиэтилена НД

Полиэтилен НД обладает более высокой теплостойкостью по сравнению с полиэтиленом ВД, что подтверждается температурной зависимостью деформации полиэтилена НД, представленной на рис. 12. Основные показатели теплофизических свойств полиэтилена НД приведены ниже:

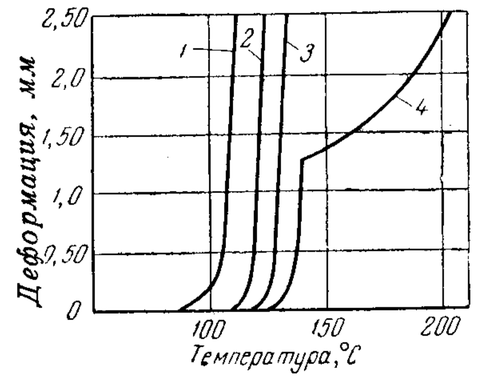


Рис. 12. Зависимость деформации полиэтилена (в *мм*) от температуры:

1 — полиэтилен ВД с [η] 1; *2* — полиэтилен НД с [η] < 1; *3* — полиэтилен НД с [η] = 2,5; *4* — полиэтилен НД с [η] > 2,5.

Температура плавления, °С	120—125
Теплостойкость по методу НИИПП, °С	120—128
Удельная теплоемкость при 25° С, *кал/г · град*	0,55
Коэффициент термического объемного расширения при 20° С, *град*$^{-1}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Морозостойкость (температура хрупкости), °С	Ниже —70

Химические свойства полиэтилена НД

Ниже приведены данные о химической стойкости полиэтилена НД к действию различных реагентов при 20—25° С.

Химическая стойкость полиэтилена НД

Обозначения: С — стойкий, О — относительно стойкий; Н — нестойкий.

Среда	Продолжительность воздействия сутки	Изменение массы, %	Оценка стойкости
Ацетон	10	+0,64	С
	30	+0,84	С

Продолжение

Среда	Продолжительность воздействия сутки	Изменение массы, %	Оценка стойкости
Бензин «Галоша»	10	+3,03	О
	30	+3,08	О
Бензол	10	+1,84	О
	30	+2,20	О
Ксилол	10	+2,72	О
	30	+2,80	О
Натр едкий 1%-ный	10	0,0	С
	30	0,0	С
40%-ный	10	—0,008	С
	30	—0,017	С
Серная кислота 30%-ная	10	—0,009	С
	30	—0,027	С
Соляная кислота 36%-ная	10	+0,048	С
	30	+0,061	С
Трансформаторное масло	10	+0,84	О
	30	+2,14	О
Уксусная кислота	10	+0,55	О
	30	+0,59	О
Формалин технич. 40%-ный	10	+0,014	С
	30	+0,020	С
Хлороформ технич.	10	+3,74	О
	30	+4,09	О
Четыреххлористый углерод	10	+7,65	Н
	30	+7,3	Н
Этиловый спирт 96%-ный	10	+0,23	С
	30	+0,26	С

Концентрированная серная и соляная кислоты на полиэтилен практически не действуют. Концентрированная азотная кислота и другие сильные окислители ухудшают его механические свойства после 15-суточного контакта при комнатной температуре и разрушают материал при температуре выше 50° С. Органические растворители (ароматические и предельные углеводороды) при комнатной температуре не растворяют полиэтилен. При повышении температуры полиэтилен набухает и при 120° С и выше он полностью растворяется в органических растворителях.

Полиэтилен НД значительно более стоек к действию спиртов, мыл, жирных масел и т. д., чем полиэтилен ВД. При этом стойкость материала к растрескиванию понижается с уменьшением молекулярного веса полимера и повышением температуры испытания. Так, у напряженных образцов, помещенных в 20%-ный водный раствор эмульгатора ОП-7 при 50° С, наблюдается появление трещин для полиэтилена с индексом расплава 0,1—0,4, 0,5—1,0 и 1,2—2,5 *г*/10 *мин* через 500—1000, 100—500 и 40—100 *ч* соответственно.

К прочим свойствам полиэтилена НД относятся:

Водопоглощение за 30 суток при 20° С, %	0,03—0,004
Коэффициент преломления	1,52

Физико-механические свойства различных марок полиэтилена НД

Показатели	П4001-П	П-4003-П	П-4004-Т	П-4007-Т	П-4007-Э	П-4009-Э	П-4015-Э	П-4017-В	П-4020-Э	П-4040-Л	П-4070-Л
Индекс расплава, *г*/10 *мин*	до 0,1	0,1—0,4	0,3—0,6	0,4—0,9	0,4—0,9	0,6—1,2	0,9—2,0	1,0—2,5	1,2—3,0	2,5—5,0	4—10
Предел прочности при растяжении, *кГ*/*см*², не менее	230	230	230	220	220	220	230	230	230	210	200
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	250	250	250	250	250	250	240	350	240	210	200
Зольность, %, не более	0,04	0,05	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,07
Насыпная масса *, *г*/*л*, не менее	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Содержание летучих, %, не более	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Морозостойкость *, °С, не выше	—60	—60	—60	—60	—60	—60	—60	—60	—60	—60	—60
Стойкость к растрескиванию, *ч*, не менее	500	500	200	100	100	50	24	24	24	—	—
Теплостойкость *, *ч*, не менее	—	—	—	4	4	4	4	4	4	—	—
Светостойкость,* *ч*, не менее	240	240	240	240	240	240	240	240	240	—	—

* Гарантийные показатели.

Требования, предъявляемые к различным маркам полиэтилена НД (**по МРТУ 405-890—65**), приведены на стр. 27.

Электрические свойства полиэтилена НД должны отвечать следующим требованиям:

Показатели	Полиэтилен чистый	Полиэтилен с 0,5% сажи *
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,4	3,0
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0005	0,001
Электрическая прочность при переменном токе, *кв/мм*, не менее	40	35

* Сажа применяется в качестве стабилизатора. При введении в полиэтилен сажи в количестве, превышающем 0,5%, показатели электрических свойств не регламентируются.

Переработка полиэтилена НД

Полиэтилен НД перерабатывается при несколько более высоких температурах, чем полиэтилен ВД. Температура, до которой требуется нагреть материал, зависит от метода переработки и от молекулярного веса полимера.

Наибольшая температура нагревания требуется при переработке полиэтилена НД методом литья под давлением, а также при нанесении защитных покрытий наплавлением, наименьшие температуры — при переработке его методом пневматического или вакуумного формования из листов и при штамповании.

Литье под давлением полиэтилена НД производится при давлении 900—1200 *кГ/см²* и температуре 200—270° С. Продолжительность цикла литья в среднем составляет 40—90 *сек*. В этом случае целесообразно поддерживать температуру формы в пределах 50—70° С. Усадка изделий, получаемых литьем, колеблется в пределах 2—3%.

Метод экструзии используется для гранулирования полиэтилена, для получения труб, шлангов, стержней, жгутов, пленок, различных профилей, а также для нанесения изоляции или защитных покрытий на провода, кабели. В зависимости от вязкостных характеристик материала температура, при которой ведется экструзия, колеблется в пределах от 180—200 до 250—260° С. Форма изделия при охлаждении на воздухе может искажаться. Это явление наблюдается у низковязкого материала с характеристической вязкостью до 2,6. Переработка полиэтилена НД методом прессования проводится при 145—180° С и давлении 60—100 *кГ/см²*.

Порошкообразный полиэтилен с успехом используется для создания защитных покрытий на металлических поверхностях путем газопламенного напыления или окунания нагретых деталей в порошкообразный полиэтилен (поддерживаемый во взвешенном состоянии с помощью циркулирующего азота). Прилипший к поверхности деталей порошок расплавляется за счет тепла металла.

Полиэтилен НД легко сваривается с помощью сварочных прутков или стыковым методом. В последнем случае подлежащие сварке участки предварительно расплавляются металлическими нагретыми линейками и затем соединяются под небольшой нагрузкой. Этим методом широко пользуются для сварки листов и плит, труб и приварки к ним фланцев, изготовления тройников.

ПОЛИЭТИЛЕН СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

Полиэтилен СД (среднечисловой молекулярный вес 70 000—400 000) по свойствам несколько отличается от полиэтиленов ВД и НД. Он является самым жестким материалом по сравнению с полиэтиленами других типов, обладает низкий газо- и паропроницаемостью, является хорошим диэлектриком.

Полиэтилен СД не должен содержать остатков катализатора, особенно токсичных соединений хрома. Содержание остатков катализатора в материале, предназначенном для технических изделий, не должно превышать сотых долей процента.

Ниже приведены физико-механические, электрические и теплофизические свойства полиэтилена СД:

Плотность, *г/см³*	0,96—0,97
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	270—330
» изгибе	250—400
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	8 000—10 500
Предел текучести при растяжении, *кГ/см²*	250—300
Относительное удлинение при разрыве, %	
при скорости растяжения 100 *мм/мин*	20—400
» » » 50 *мм/мин*	400—900
Удлинение при достижении предела текучести, %	5—10
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	Не ломается
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	5,6—6,5
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	10^{17}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,3
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность, *кв/мм*	
при толщине образца 1 *мм*	45—60
» » » 2 *мм*	29—31
Температура плавления, °С	127—130
Теплостойкость по методу НИИПП, °С	128—133
Удельная теплоемкость при 25° С, *кал/(г · град)*	0,53—0,58
Коэффициент термического расширения, *град*$^{-1}$	
линейного в интервале от 0 до 100° С	$2{,}2 \cdot 10^{-4}$—$5{,}5 \cdot 10^{-4}$
объемного в интервале от 50 до 100° С	$6{,}7 \cdot 10^{-4}$—$16{,}5 \cdot 10^{-4}$
Морозостойкость, °С	—70
Водопоглощение за 30 суток при 20° С, %	0,01
Коэффициент преломления	1,51

ПОЛИПРОПИЛЕН

Полипропилен представляет собой высокомолекулярный продукт, получающийся методом стереоспецифической полимеризации пропилена при низком давлении на катализаторах Циглера — Натта.

Стереорегулярный полимер может иметь изотактическую структуру (все метильные группы расположены по одну сторону от условной плоскости) или синдиотактическую (метильные группы чередуются в строгой последовательности по обе стороны от условной плоскости).

Наряду со стереорегулярной структурой в полипропилене имеется атактическая часть (полипропилен с беспорядочным расположением боковых метильных групп) и стереоблочный полимер, цепь которого содержит как изотактические, так и атактические участки.

Полимер, выпускаемый в промышленности, представляет собой смесь различных структур, соотношение которых зависит от условий проведения процесса.

Наиболее ценным материалом является полимер с низким содержанием примесей атактических и стереоблочных структур.

В зависимости от молекулярного веса и содержания изотактической части свойства полипропилена могут изменяться в широких пределах. Наибольший промышленный интерес представляет полипропилен с молекулярным весом 80 000—200 000* и содержанием изотактической части 80—95%.

Полипропилен выпускается в виде порошка белого цвета или гранул с насыпной массой 0,4—0,5 *г/см*³. Полипропилен выпускается стабилизированным или нестабилизированным, окрашенным или неокрашенным.

Физико-механические свойства полипропилена

Полипропилен значительно более жесткий материал, чем полиэтилен. Кроме того, его поведение при растяжении еще в большей степени, чем полиэтилена, зависит от скорости приложения нагрузки и от температуры. Чем ниже скорость растяжения полипропилена, тем выше значение показателей механических свойств. При высоких скоростях растяжения предел прочности при растяжении полипропилена значительно ниже его предела текучести при растяжении. Показатели основных физико-механических свойств полипропилена приведены ниже:

Плотность, *г/см*³	0,90—0,91
Предел прочности при растяжении, *кГ/см*²	250—400
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*²	6 700—11 900
Предел текучести при растяжении, *кГ/см*²	250—350
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см*²	33—80
Относительное удлинение при разрыве, %	200—800
Удлинение при достижении предела текучести, %	10—20
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм*²	6,3

Электрические свойства полипропилена

Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	10^{16}—10^{17}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,2
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$5 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность (при толщине образца 1 *мм*), *кв/мм*	28—40

Теплофизические свойства полипропилена

Полипропилен имеет более высокую температуру плавления, чем полиэтилен, и соответственно более высокую температуру размягчения. Чистый изотактический полипропилен плавится при 176° С. Максимальная температура, при которой полипропилен может применяться, достигает 120—140° С. Все изделия из полипропилена не только выдерживают кипячение, но могут подвергаться стерилизации паром без какого-либо изменения их формы или механических свойств.

* Средневесовой молекулярный вес полипропилена может достигать нескольких миллионов. О величине молекулярного веса можно судить по индексу расплава.

Превосходя полиэтилен по теплостойкости, полипропилен уступает ему по морозостойкости. Его температура хрупкости (морозостойкость) лежит в пределах от —5 до —15° С. Показатели основных теплофизических свойств полипропилена приведены ниже:

Температура плавления, °С	160—170
Теплостойкость по методу НИИПП, °С	160
Удельная теплоемкость (от 20 до 60° С), *кал/(г · град)*	0,46
Коэффициент термического линейного расширения (в интервале от 0 до 100° С), *град*$^{-1}$	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$
Морозостойкость, °С	—(5—15)

Химические свойства полипропилена

Полипропилен — химически стойкий материал. Заметное воздействие оказывают на него только сильные окислители — хлорсульфоновая кислота, дымящая азотная кислота, галоиды, олеум.

Концентрированная 58%-ная серная кислота и 30%-ная перекись водорода при комнатной температуре оказывают незначительное действие. Продолжительный контакт с этими реагентами при 60° С и выше приводит к деструкции полипропилена.

В органических растворителях полипропилен при комнатной температуре незначительно набухает. Выше 100° С он начинает растворяться в ароматических углеводородах, таких, как бензол, толуол.

Ниже приводятся данные о стойкости полипропилена к воздействию некоторых химических реагентов:

Среда	Температура, °С	Изменение массы, %	Примечание
Продолжительность пребывания — 7 суток			
Азотная кислота 50%-ная	70	—0,1	Образец растрескивается; жидкость желтая
Натр едкий 40%-ный	70	Незначительное	
	90	То же	
Соляная кислота конц.	70	+0,3	
	90	+0,5	
Продолжительность пребывания — 30 суток			
Азотная кислота 94%-ная	20	— 0,2	Образец хрупкий
Ацетон	20	+ 2,0	
Бензин	20	+13,2	
Бензол	20	+12,5	
Минеральное масло	20	+ 0,3	
Оливковое масло	20	+ 0,1	
Натр едкий 40%-ный	20	Незначительное	
Серная кислота 80%-ная	20	То же	Слабое окрашивание
98%-ная	20	»	То же
Соляная кислота конц.	20	+0,2	
Трансформаторное масло	20	+0,2	

Вследствие наличия третичных углеродных атомов полипропилен более чувствителен к действию кислорода, особенно при повышенных температурах. Этим и объясняется значительно бо́льшая склонность полипропилена к старению по сравнению с полиэтиленом или сополимерами. Старение полипропилена протекает с более высокими скоростями и сопровождается резким ухудшением его механических свойств. Поэтому в процессе переработки полипропилена обязательно добавление стабилизаторов. Стабилизаторы предохраняют полипропилен от разрушения как в процессе переработки, так и во время эксплуатации. Полипропилен меньше, чем полиэтилен, подвержен растрескиванию под воздействием агрессивных сред. Он успешно выдерживает стандартные испытания на растрескивание под напряжением, проводимые в самых разнообразных средах. Стойкость к растрескиванию в 20%-ном водном растворе эмульгатора ОП-7 при 50° С для полипропилена с индексом расплава 0,5—2,0 *г*/10 *мин*, находящегося в напряженном состоянии, — более 2000 *ч*.

Полипропилен — водостойкий материал. Даже после длительного контакта с водой в течение 6 месяцев (при комнатной температуре) водопоглощение полипропилена менее 0,5%, а при 60° С — менее 2%.

Полипропилен выпускается по СТУ 36-13-126—65 следующих марок:

ПП-1 — для переработки литьем под давлением для изготовления конструкционных изделий;
ПП-2 — для переработки литьем под давлением для изготовления предметов широкого потребления;
ПП-3 — для переработки литьем под давлением и экструзией;
ПП-4 — для переработки экструзией;
ПП-5 — для переработки экструзией и прессованием.

Полипропилен должен отвечать следующим требованиям:

Показатели	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5
Внешний вид	Белый порошок или гранулы (не более 5 *мм*) натурального цвета или окрашенные без загрязнений				
Насыпная масса, *г*/*л*, не менее					
порошка	150	150	150	150	150
гранул	450	450	450	450	450
Содержание низкомолекулярной фракции, %	0—5	0—5	0—5	5—12	5—12
Индекс расплава (при 190° С и 10 *кГ*), *г*/10 *мин*	10—30	5—10	2—5	1,5—5	0,1—1,5
Влажность, %, не более	0,1	0.1	0,1	0,1	0,1
Зольность, %, не более	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Предел прочности при растяжении, *кГ*/*см*², не менее	250	250	250	250	250
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	100	300	300	400	400
Температура плавления, °С, не ниже	160	160	160	160	160
Морозостойкость, °С, не выше	—5	—10	—10	—15	—15

Переработка полипропилена

Полипропилен перерабатывается в изделия всеми теми же способами, что и полиэтилен.

Литье под давлением осуществляется в большинстве случаев на литьевых машинах с предварительной пластикацией при давлении 1200—1700 *кГ*/*см*² и температуре 200—300° С (температура формы 30—90° С).

Усадка изделий из полипропилена в форме составляет 1%, т. е. примерно в 2 раза меньше усадки полиэтилена.

Экструзия полипропилена осуществляется на экструдерах того же типа, что и полиэтилена. Пригодны как одночервячные, так и двухчервячные экструдеры. Лучшие результаты получаются при использовании длинных червяков.

Рекомендуются червяки с отношением длины к диаметру в пределах от 16 : 1 до 24 : 1, относительно высокой степенью сжатия (4 : 1) и относительно длинной дозирующей зоной (четыре витка и более).

Вследствие большой склонности полипропилена к окислению раздувку пленки целесообразно проводить инертным газом.

Ниже приведены температурные режимы экструзии для некоторых видов изделий:

Место замера температуры	Температура (в °С) при изготовлении		
	труб	пленки	кабельной изоляции
Цилиндр	170—180	180	180—190
Мундштук	190—250	190—220	200—230

Для экструзии полипропиленового моноволокна применяются те же экструдеры, что и для других видов изделий. При этом используется головка с распределительным каналом. Число отверстий в головке и их размеры определяют число и размер получаемых моноволокон.

Моноволокна, выходящие из головки, подвергаются закалке в водяной бане, затем поступают на первые вытяжные валки, в камеру для ориентации и после нее на вторые вытяжные валки. Чем больше степень вытяжки, тем выше прочность и жесткость волокна. Затем моноволокна охлаждаются и подаются на намоточные устройства. Наиболее прочные волокна получаются из полипропилена с высоким молекулярным весом и высокой степенью изотактичности. При этом переработка должна вестись при относительно низких температурах расплава (204—218° С) и высоких температурах ориентации (149—176° С).

Температура закалочной ванны должна быть около 49° С. При вакуумном формовании температура листа или трубы поддерживается в пределах 170—180° С, температура формы 80—85° С.

Для отливки труб большого диаметра можно использовать метод центробежного литья. В этом случае порошок полипропилена расплавляется в ротационной форме (трубе) при 200—260° С. Покрытие металлических поверхностей осуществляется методом окунания нагретого изделия в порошок полимера с последующим оплавлением полимерных частичек. Температура прогретого изделия и сплавления порошка 250—260° С.

Сварка полипропилена производится при помощи тонкого сварочного полипропиленового прутка в струе инертного газа, нагретого до 220—250° С.

СОПОЛИМЕР ЭТИЛЕНА С ПРОПИЛЕНОМ

Сополимер этилена с пропиленом (СЭП) является высокомолекулярным соединением, получаемым совместной полимеризацией этилена с пропиленом.

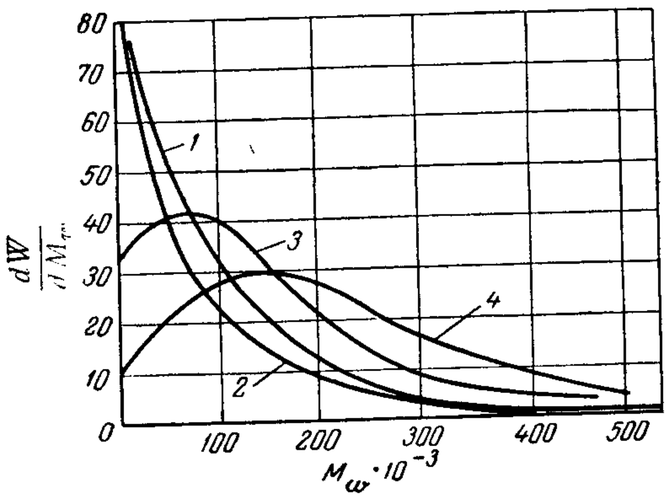


Рис. 13. Дифференциальные кривые молекулярно-весового распределения двух образцов СЭП (*1*, *4*) и двух образцов полиэтилена НД (*2*, *3*).

Свойства сополимера в основном определяются соотношением между этиленом и пропиленом, входящими в его состав. По мере увеличения содержания пропилена в сополимере наблюдается уменьшение степени кристалличности, увеличение гибкости и эластичности материала. При содержании пропилена выше 20 мол. % сополимер из кристаллического твердого продукта превращается в мягкий аморфный. (Ниже приводятся данные о сополимерах с содержанием пропилена менее 20 мол. %.)

Известны два метода получения кристаллического сополимера этилена с пропиленом:

1. Сополимеризация этилена и пропилена при низком давлении (до 10 *ат*) с применением катализаторов Циглера — Натта. Такой сополимер называют СЭП низкого давления.

2. Сополимеризация этилена с пропиленом при давлении 35—40 *ат* с применением катализаторов — окислов металлов. Такой сополимер называют СЭП среднего давления.

СЭП НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

СЭП низкого давления выпускается в виде порошка белого цвета или гранул, окрашенных или неокрашенных, стабилизированных или нестабилизированных. Насыпная масса гранул 0,40—0,45 *г/см*³.

Средневесовой молекулярный вес СЭП низкого давления 80 000—500 000. Молекулярно-весовое распределение СЭП близко к молекулярно-весовому распределению полиэтилена НД (рис. 13). Текучесть расплава СЭП определяют по методу, принятому для полиэтилена НД.

Физико-механические свойства СЭП низкого давления

Механические свойства СЭП зависят от молекулярного веса и степени кристалличности. Степень кристалличности СЭП низкого давления при 20° С (в зависимости от содержания пропилена) равна 58—75%. На рис. 14 показана зависимость между степенью кристалличности и плотностью для сополимеров с различным содержанием пропилена.

Основные показатели физико-механических свойств СЭП низкого давления приведены ниже:

Плотность, *г/см*³	0,925—0,937
Предел прочности, *кГ/см*²	
при растяжении	220—320
» изгибе	200—220
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*²	2000—3300
Предел текучести при растяжении, *кГ/см*²	120—180
Относительное удлинение при разрыве, %	500—900
Удлинение при достижении предела текучести, %	20—35

По мере уменьшения содержания пропилена ниже 20% наблюдается увеличение предела прочности при растяжении, предела текучести при растяжении, предела прочности при изгибе, модуля упругости.

На рис. 15 показана зависимость между степенью кристалличности и модулем упругости при изгибе для СЭП с различным содержанием пропилена. Гибкость СЭП с уменьшением содержания пропилена понижается.

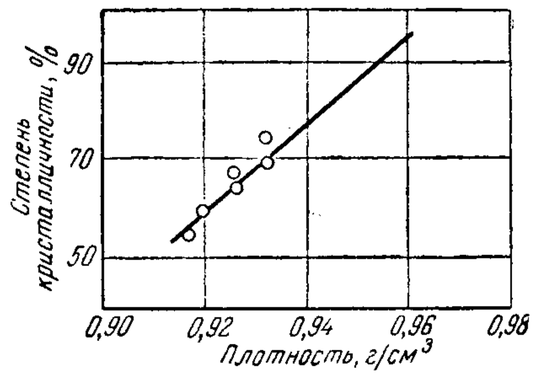


Рис. 14. Зависимость между плотностью и степенью кристалличности СЭП.

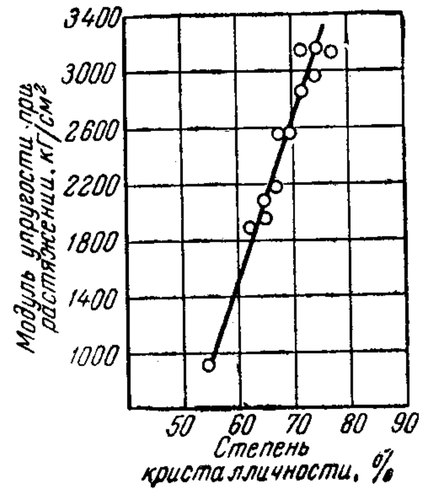


Рис. 15. Зависимость модуля упругости при растяжении от степени кристалличности СЭП.

Как и в случае других полиолефинов, абсолютные значения указанных выше величин зависят от условий проведения испытания. Предел текучести при растяжении возрастает с увеличением скорости растяжения испытуемого образца и при уменьшении толщины испытуемого образца (при одинаковой скорости растяжения). Предел прочности при растяжении заметно уменьшается с увеличением скорости деформации образца.

Изменение предела прочности, предела текучести и относительного удлинения СЭП в зависимости от температуры показано на рис. 16 и 17. Определение указанных характеристик производилось на образцах толщиной 1 *мм* при скорости движения зажима 100 *мм/мин*. Кривые охватывают область материалов с характеристической вязкостью 2,5—4,2 (молекулярный вес от 100 000 до 500 000) и степенью кристалличности 65% при 20° С.

Из приведенных данных следует, что СЭП при сравнительно небольшом содержании пропилена выгодно отличается от полиэтилена ВД более высокой механической прочностью, а от полиэтилена НД — мягкостью и гибкостью, сохраняя близкие ему показатели механической прочности.

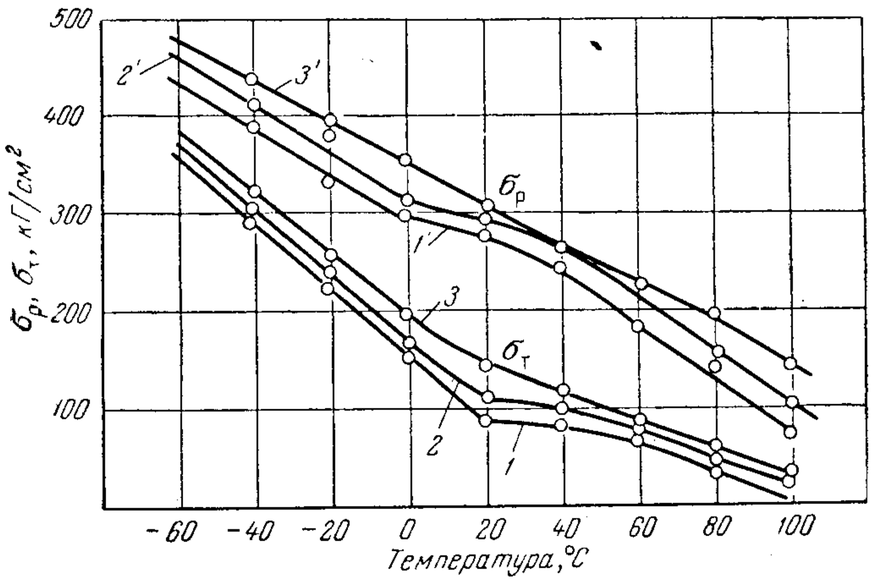


Рис. 16. Зависимость предела прочности при растяжении $\sigma_р$ и предела текучести при растяжении $\sigma_т$ СЭП от температуры:

1, *1'* — при $[\eta]=2{,}6$; *2*, *2'* — при $[\eta]=3$, 3; *3*, *3'* — при $[\eta]=4{,}2$.

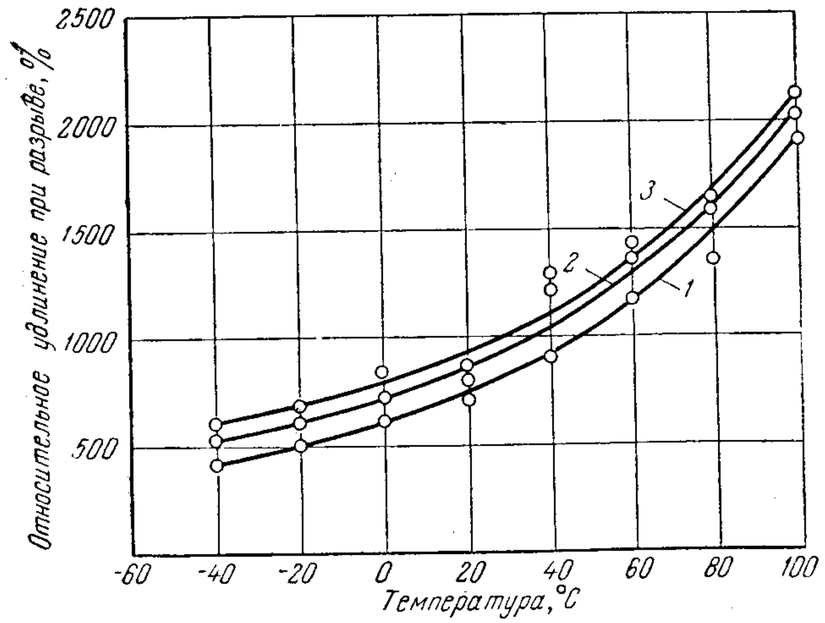


Рис. 17. Зависимость относительного удлинения при разрыве СЭП от температуры:

1 — при $[\eta]=4{,}2$; *2* — при $[\eta]=3{,}3$; *3* — при $[\eta]=2{,}5$.

Электрические свойства СЭП низкого давления

По электрическим свойствам СЭП не уступает полиэтилену. На рис. 18 и 19 показана зависимость диэлектрической проницаемости и tg δ от температуры и частоты. Показатели электрических свойств СЭП низкого давления приведены ниже:

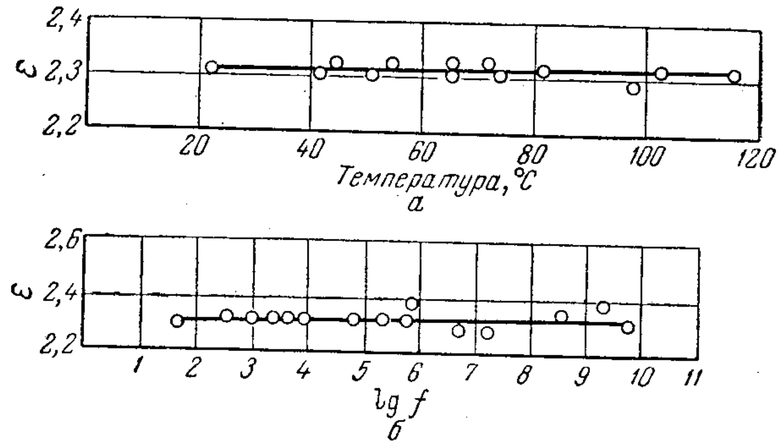


Рис. 18. Зависимость диэлектрической проницаемости СЭП от температуры (*а*) и частоты (*б*).

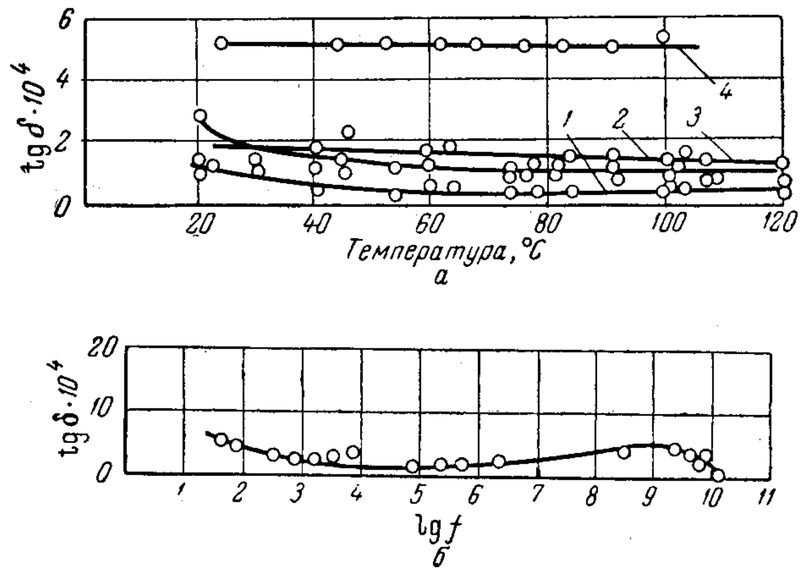


Рис. 19. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь СЭП:

а — от температуры: *1* — 400 *гц*; *2* — 10^3 *гц*; *3* — $5 \cdot 10^3$ *гц*; *4* — $5 \cdot 10^8$ *гц*; *б* — от частоты.

Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	10^{17}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,2—2,3
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность (при толщине образца 2 *мм*), *кв/мм*	30—36

Теплофизические свойства СЭП низкого давления

Показатели основных теплофизических свойств СЭП низкого давления приведены ниже:

Теплостойкость по методу НИИПП, °С	120—126
Удельная теплоемкость при 20° С, *кал/(г · град)*	0,54—0,55
Коэффициент теплопроводности при 40° С, *кал/(сек · см · град)* · 10^4	6,2—6,8
Морозостойкость, °С	Ниже —70

Теплостойкость СЭП увеличивается по мере уменьшения содержания в нем пропилена. Теплостойкость СЭП со степенью кристалличности 65—75% составляет 122—126° С, т. е. на 10—15° С выше, чем полиэтилена ВД. Это позволяет значительно расширить области применения СЭП.

Таким образом, изделия из СЭП могут работать в широком диапазоне температур: от температуры ниже —70 до +100° С. Необходимо отметить, однако, что верхний предел очень существенно зависит от характера и длительности воздействия нагрузки и потому при практическом использовании изделий из СЭП следует учитывать конкретные условия их эксплуатации.

Химические свойства СЭП низкого давления

По химической стойкости СЭП занимает промежуточное положение между полиэтиленом НД и полиэтиленом ВД. Он, так же как полиэтилен, обладает низкой паро- и газопроницаемостью и высокой влагостойкостью.

Однако в отличие от полиэтилена НД и полиэтилена ВД сополимер этилена и пропилена имеет значительно большую стойкость к растрескиванию в агрессивных средах. После выдерживания образцов СЭП в напряженном состоянии около 2000 *ч* в 20%-ном растворе ОП-7 при температуре 50° С не наблюдается никаких признаков разрушения.

СЭП СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

СЭП среднего давления — высокомолекулярный продукт белого цвета. При одинаковом содержании пропилена СЭП среднего давления является более жестким материалом, имеет более высокую плотность и степень кристалличности (70—80%) по сравнению с СЭП низкого давления.

Величина средневесового молекулярного веса находится в пределах 60 000—200 000.

СЭП среднего давления обладает высокой механической прочностью, низкой влаго- и газопроницаемостью, хорошей химической стойкостью, высокой морозостойкостью и является хорошим диэлектриком.

СЭП среднего давления, так же как и СЭП низкого давления, отличается от полиэтилена повышенным сопротивлением растрескиванию под действием длительных нагрузок и поверхностно-активных веществ.

Показатели основных свойств СЭП среднего давления приведены ниже:

Плотность, *г/см*^{3}	0,94—0,95
Предел прочности при растяжении, *кГ/см*^{2}	140—220
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*^{2}	3000—6000
Относительное удлинение при разрыве, %	150—800
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	10^{17}

Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,2—2,3
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность, *кв/мм* (при толщине образцов 2 *мм*)	28—30
Теплостойкость по методу НИИПП, °С	115—128
Температура плавления, °С	114—125
Морозостойкость, °С	Ниже—70

Режимы переработки сополимеров этилена с пропиленом близки к режимам переработки полиэтилена НД.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ

Полиолефины применяются в самых различных областях народного хозяйства.

Наиболее широкое применение получил в настоящее время полиэтилен ВД. Он используется для изготовления пленки, листов, бутылей, бочек, ведер, флаконов, плащей и других самых разнообразных изделий.

Крупным потребителем полиэтилена является кабельная промышленность, радиотехника, телевидение, аккумуляторная промышленность, химическая промышленность.

В кабельной промышленности полиэтилен (вместе с поливинилхлоридом) высвобождает большое количество свинца, меди, шелка, хлопчатобумажной пряжи и других дорогостоящих материалов. Помимо экономии в сырье переход на производство кабелей и проводов с пластмассовой изоляцией сокращает трудоемкости процесса наложения изоляции, упрощает технологию и ведет к значительному снижению капитальных затрат. Весьма перспективно использование в кабельной промышленности сополимеров этилена с пропиленом.

Полиэтилен ВД и другие полиолефины в виде пленки применяются в сельском хозяйстве.

Высокий экономический эффект достигается от применения полиэтиленовой пленки в овощеводстве — при сооружении теплиц, парников. Стоимость пленочных теплиц и парников за счет упрощения конструкций в 2—3 раза ниже стеклянных. Прозрачность полиолефиновых пленок для ультрафиолетовых лучей обусловливает сокращение сроков вызревания овощей в теплицах.

Весьма эффективно применение полиэтиленовой пленки для облицовки оросительных каналов вместо монолитного или сборного бетона. Пленочная облицовка в 2—3 раза дешевле бетонной. Из полиэтилена высокого и низкого давления и сополимеров изготавливают гибкие шланги для полива полей и мешки для транспортировки и хранения минеральных удобрений.

Полиэтилен и сополимеры находят применение в строительной технике, машиностроении, автомобилестроении и других областях.

Весьма эффективно применение полиолефинов (полиэтилена НД, полиэтилена СД, полипропилена) в строительстве — для изготовления труб и санитарно-технических изделий. Полиолефиновые трубы легче и дешевле металлических.

Для изготовления труб, арматуры и других жестких изделий конструктивного характера преимущественно используется полиэтилен НД, полиэтилен СД и полипропилен.

На основе полиэтилена любой марки можно получать многочисленные композиции путем введения в него различных добавок и наполнителей. Так, например, получают композицию полиэтилена ВД с 0,5% канальной сажи, отличающуюся стойкостью к воздействию атмосферы и используемую для

покрытия кабелей, производства труб и т. д. В производстве кабелей широкое применение находит композиция полиэтилена с 10% бутилового каучука и 2% канальной сажи, отличающаяся высокой стойкостью к растрескиванию.

Благодаря более высокой прочности полиэтилена НД (по сравнению с полиэтиленом ВД) трубы из полиэтилена НД имеют при той же прочности меньшую толщину стенок.

Трубы и емкости из полиэтилена используют для водоснабжения, транспортировки и хранения агрессивных жидкостей (кислот, щелочей). Если температура транспортируемой жидкости не превышает 30—40° С, трубы, особенно из полиэтилена НД, могут выдерживать довольно значительные давления.

Перспективным является применение полиолефинов при сооружении магистральных трубопроводов больших диаметров, в частности нанесение полиэтиленового непроницаемого слоя на внутреннюю поверхность железобетонных труб диаметром 100—3000 *мм* и наружную поверхность стальных труб для защиты их от коррозии в почве.

Из полиэтилена НД и СД изготовляют вентиляционные установки, гальванические ванны, моечные и распределительные ванны, скрубберы, струйные насосы, кессоны, отстойники, оросительные колонны, центробежные насосы для кислот, щелочей, солевых растворов.

Весьма разнообразны также области применения полипропилена. Из полипропилена могут быть изготовлены предметы домашнего обихода, предметы санитарии и ухода за больными, требующие стерилизации, игрушки, каблуки дамских туфель, ручки ножей, вилок, щеток, сосуды с двойными стенками для горячих и холодных напитков, различная кухонная утварь — тазы, ведра, кувшины, корзины для белья и овощей и др.

Из полипропилена можно изготовлять упаковочную тару для пищевой, парфюмерной и фармацевтической промышленности: бутыли, флаконы, тюбики, контейнеры.

Так же как и полиэтилен НД, полипропилен пригоден для изготовления труб, фитингов и другой арматуры. Сочетание красивого внешнего вида, прочности и легкости делает полипропилен весьма перспективным для изготовления мебели — секционных универсальных полок, книжных шкафов, цельноформованных стульев, кресел.

Полипропилен находит применение в текстильном машиностроении (бобины, шпули, нитеразделители, веретена).

Из полипропилена могут быть изготовлены отдельные узлы вентиляционных систем, стиральных машин и различных электроприборов.

Полипропилен широко используется для изготовления пленки и волокна. Ориентированная полипропиленовая пленка может применяться для упаковки хлебобулочных изделий, мясных полуфабрикатов, птицы, грампластинок, текстильных товаров, игрушек. Такая полипропиленовая пленка дает усадку при нагревании, в результате которой она плотно прилегает к упакованному предмету, точно повторяя его форму.

Волокно из полипропилена так же прочно и стойко к действию агрессивных сред, как и волокно из полиэтилена, но рабочие температуры полипропиленового волокна выше почти на 30° С. По морозостойкости полипропиленовое волокно незначительно уступает полиэтиленовому.

Основным недостатком полипропиленового волокна и других изделий из него является недостаточная стойкость к воздействию солнечного света (ультрафиолетовых лучей). Для устранения этого недостатка полипропилен нуждается в особо эффективных стабилизаторах.

Из полипропиленового волокна изготавливают прочные, стойкие к истиранию ткани. Они удобны в эксплуатации, приятны на ощупь, стойки к выцветанию, отличаются хорошими теплоизоляционными свойствами. Широкое

применение могут получить отделочные, декоративные ткани для обивки мебели, фильтровальные и др.

Канатно-веревочные изделия из полипропилена характеризуются высокой прочностью, легкостью, плавучестью и стойкостью к гниению.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

В процессе транспортировки полиолефинов и особенно при накапливании их пыли создаются опасные условия работы из-за взрывоопасности воздушных смесей с пылью и возможности образования статического электричества.

В связи с этим все работы по транспортировке полиолефинов в трубопроводах должны производиться в атмосфере инертного газа (азота). Общая организация работ должна исключать пылеобразование и скопление пыли. Необходимо также соблюдение общих правил техники безопасности, принятых для производств переработки полимеров в изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Динцес А. И., Лосев И. П., Усп. хим. **20**, № 4, 430 (1951).
2. Шифрина В. С., Самосатский Н. Н. Полиэтилен, Госхимиздат, 1961.
3. Полиэтилен низкого давления, под ред. Н. М. Егорова, Госхимиздат, 1960.
4. Егоров Н. М. Хим. наука и пром., № 1, № 3 (1956).
5. Полиэтилен среднего давления, под ред. С. В. Шуцкого, Изд. «Химия», 1965.
6. Сополимер этилена с пропиленом низкого давления, под ред. С. В. Шуцкого, Изд. «Химия», 1965.
7. Зарубежные промышленные материалы и их компоненты, Изд. АН СССР, 1963.
8. Сажин Б. И., Скурихина В. С. Высокомол. соед., **2**, № 10 (1960).
9. Fox T. I., Lochack S., J. Appl. Phys., **26**, 1080 (1955).
10. Croppel I., Brit. Plast., **32**, № 5, 207 (1959).
11. Wesslau H., Macromol. Chem., **20**, 111 (1956); **26**, 102 (1958).
12. Михайлов Г. П., Кабин С. П., Крылова Т. А., ЖТФ, **27**, № 9, 2050 (1957).
13. Dyer B. S., Campbell G., Plastics, **26**, 107 (1961).
14. Myers A. W., Rogers C. E., Stannet V., Szwarc M., Modern Plastics, № 5, 157 (1957).
15. Крессер Т., Полипропилен, Издатинлит, 1963.

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД

Поливинилхлорид (ПВХ) представляет собой термопластичный материал, получаемый полимеризацией винилхлорида.

В промышленном масштабе полимеризацию винилхлорида осуществляют в водной эмульсии в присутствии эмульгаторов и инициаторов.

В качестве эмульгаторов применяют натриевые соли мепазинсульфокислоты (эмульгатор МК), желатин, поливиниловый спирт, натриевые мыла, некаль (калиевая соль изобутилнафталинсульфокислоты), метилцеллюлозу, стиромаль и т. д.

В качестве инициаторов полимеризации винилхлорида применяют перекись водорода, перекись бензоила, перекись ацетила, гидроперекись кумола, персульфаты калия или аммония, динитрил азо-бис-изомасляной кислоты и т. д.

При применении водорастворимых инициаторов и эмульгаторов типа синтетических мыл поливинилхлорид получается в водной фазе в виде устойчивой тонкодисперсной взвеси, подобно каучуковому латексу (латексная полимеризация).

При применении инициаторов, растворимых в мономере, и эмульгаторов коллоидного типа образуются более крупные частички полимера, взвешенные в жидкой фазе (суспензионная полимеризация). Эта суспензия является неустойчивой, и полимер легко может быть выделен простым фильтрованием или центрифугированием.

Другие способы полимеризации винилхлорида (блочная полимеризация или эмульсионная полимеризация в растворе) не получили пока промышленного применения.

В зависимости от условий полимеризации, т. е. температуры, давления, концентрации и чистоты мономера, природы инициатора и его количества, природы эмульгатора и т. п., меняются свойства получаемого полимера.

Полимеризацию винилхлорида проводят в освинцованных эмалированных автоклавах или автоклавах из нержавеющей стали при 40—80° С и давлении 5—12 *атм*. Продолжительность процесса полимеризации составляет 40—75 *ч*.

Технологические схемы производства поливинилхлорида суспензионным и латексным способами показаны на рис. 1 и 2.

Поливинилхлорид представляет собой белый, мелкодисперсный порошок, растворимый в дихлорэтане, циклогексаноне, тетрагидрофуране, диоксане, метиленхлориде и т. д., набухающий в ацетоне, бензоле и нерастворимый в воде, спирте, бензине. Средний молекулярный вес полимера в зависимости от условий полимеризации колеблется от 30 000 до 150 000. Теоретическое содержание хлора в поливинилхлориде составляет 56,8%, практическое же содержание хлора всегда несколько меньше. Это объясняется деструкцией полимера, приводящей к потере хлора (в виде хлористого водорода), а также загрязненностью исходного мономера.

За характеристику среднего молекулярного веса ПВХ принимается величина K (константа Фикентчера), которая является основной характеристикой той или иной марки поливинилхлорида и по значению которой они различаются и стандартизуются.

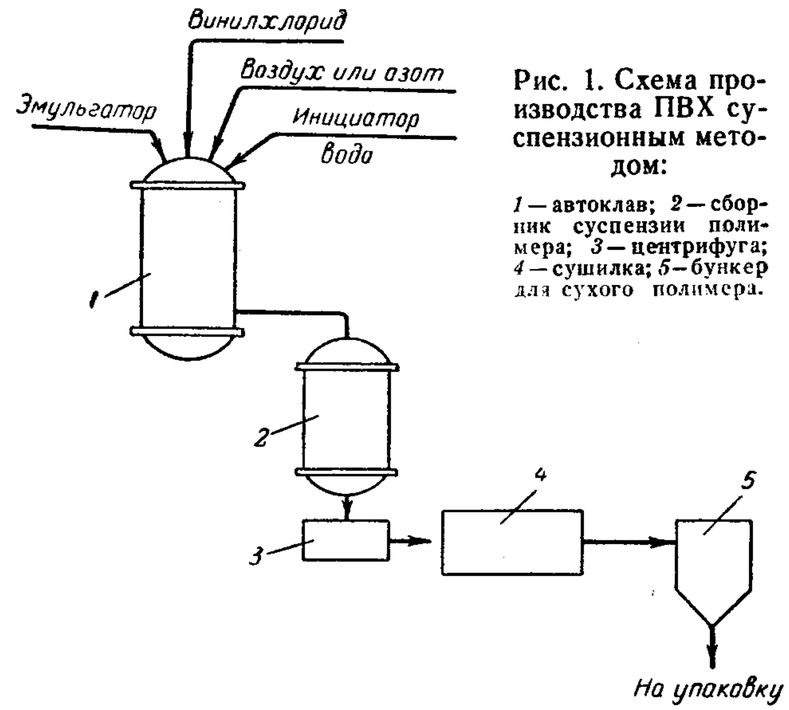


Рис. 1. Схема производства ПВХ суспензионным методом:

1 — автоклав; *2* — сборник суспензии полимера; *3* — центрифуга; *4* — сушилка; *5* — бункер для сухого полимера.

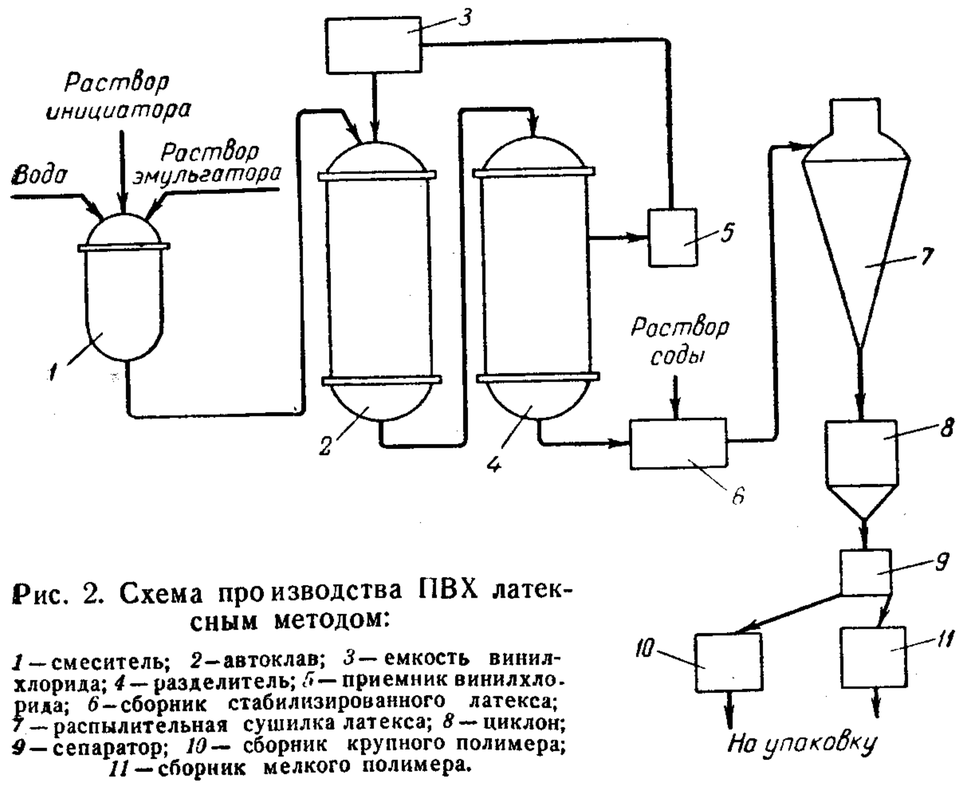


Рис. 2. Схема производства ПВХ латексным методом:

1 — смеситель; *2* — автоклав; *3* — емкость винилхлорида; *4* — разделитель; *5* — приемник винилхлорида; *6* — сборник стабилизированного латекса; *7* — распылительная сушилка латекса; *8* — циклон; *9* — сепаратор; *10* — сборник крупного полимера; *11* — сборник мелкого полимера.

Ниже приведено соотношение между относительной вязкостью 0,5%-ного раствора поливинилхлорида в циклогексаноне и величиной K:

$\eta_{отн.}$	K	$\eta_{отн.}$	K	$\eta_{отн.}$	K
1,20	40,2	1,44	59,8	1,68	72,8
1,21	41,2	1,45	60,4	1,69	73,2
1,22	42,2	1,46	61,0	1,70	73,7
1,23	43,1	1,47	61,6	1,71	74,1
1,24	44,1	1,48	62,3	1,72	74,6
1,25	45,1	1,49	62,9	1,73	75,0
1,26	46,1	1,50	63,5	1,74	75,5
1,27	47,1	1,51	64,0	1,75	75,9
1,28	48,0	1,52	64,6	1,76	76,4
1,29	49,0	1,53	65,1	1,77	76,8
1,30	50,0	1,54	65,7	1,78	77,3
1,31	50,7	1,55	66,5	1,79	77,8
1,32	51,5	1,56	66,8	1,80	78,2
1,33	52,2	1,57	67,3	1,81	78,6
1,34	52,9	1,58	67,8	1,82	79,0
1,35	53,6	1,59	68,4	1,83	79,4
1,36	54,4	1,60	69,0	1,84	79,8
1,37	55,1	1,61	69,5	1,85	80,1
1,38	55,8	1,62	69,9	1,86	80,5
1,39	56,6	1,63	70,4	1,87	80,9
1,40	57,2	1,64	70,9	1,88	81,3
1,41	57,9	1,65	71,3	1,89	81,7
1,42	58,5	1,66	71,8	1,90	82,1
1,43	59,2	1,67	72,3		

Пластмассы на основе ПВХ находят применение почти во всех областях народного хозяйства. Свойства поливинилхлорида можно изменять в широких пределах путем введения различных добавок. Поливинилхлоридные композиции легко окрашиваются в различные цвета.

ПВХ поддается обработке самыми разнообразными способами: вакуумформованию, штамповке, сверлению, фрезерованию, строганию, полировке, гравированию, склеиванию, сварке и т. п.

Перерабатывается ПВХ в изделия всеми известными для термопластов методами. В зависимости от способа переработки поливинилхлорида из него можно получить жесткие пластические массы (непластифицированный поливинилхлорид), мягкие пластические массы (пластифицированный поливинилхлорид), пористые пластические массы, очень мягкие пластические массы (формопласт и гидропласт), поливинилхлоридные пасты, лаковые и эмалевые растворы.

С физиологической точки зрения ПВХ совершенно безвреден; физиологическая безвредность различных пластмасс на основе ПВХ зависит от характера вводимых добавок.

При нагревании выше 140° С происходит термодеструкция ПВХ, сопровождающаяся выделением газообразного хлористого водорода. ПВХ разлагается также при действии света.

Физико-механические свойства ПВХ, подвергнувшегося термо- или светодеструкции, резко ухудшаются: изменяется прочность, уменьшается величина относительного удлинения при разрыве, возрастает хрупкость, меняется цвет полимера. Выделяющийся хлористый водород вредно действует на обслуживающий персонал и корродирует аппаратуру. Для предотвращения деструкции в полимер перед его переработкой вводят стабилизаторы.

Поливинилхлорид относят по пожарной опасности к «самогасящемуся» материалу. Однако это не всегда справедливо. В определенных условиях (при повышенной температуре) поливинилхлорид является горючим материалом. При горении ПВХ выделяется большое количество тепла (4000—7000 *ккал/кг*), образуется густой и плотный дым. При неполном сгорании ПВХ (недостаточное количество кислорода) выделяются едкие и ядовитые газы: хлористый водород, окись углерода, хлор, фосген и др. Ядовитые газы, плотный дым и сажа сильно затрудняют тушение пожаров.

Для того, чтобы обеспечить пожарную безопасность, необходимо следить за тем, чтобы количество ПВХ при его хранении в помещении не превышало определенной величины.

Суспензионный поливинилхлорид (МРТУ 6-01-9 — 65) выпускается следующих марок:

ПВХ-С70 — для кабельного светотермостойкого изоляционного материала, пленочных материалов, искусственной кожи, медицинского пластиката.

ПВХ-С65 — для кабельного пластиката, винипласта, искусственной кожи, пленок, лакового перхлорвинила, галантерейных изделий.

ПВХ-С62 — для винипласта, грампластинок.

ПВХ-С60 — для винипласта.

ПВХ-С50 — для низкомолекулярного перхлорвинила.

ПВХ-СО — для кордолент, пленок, искусственных подошв, линолеума.

Латексный поливинилхлорид (МРТУ 6-01-1 — 62) выпускается следующих марок:

ПВХ-Л1 — для изготовления прочных пластикатов и мягкой пленки.

ПВХ-Л2 — для изготовления изоляционных изделий, мягкой пленки, фольги, искусственной кожи.

ПВХ-Л3 — для изготовления изоляционных изделий, искусственной кожи, фольги, щетины и жестких щеток.

ПВХ-Л4 — для изготовления технической пасты.

ПВХ-Л5 — для изготовления жесткой пленки; микропористых сепараторов и винипласта.

ПВХ-Л6 — для изготовления труб и стержней.

ПВХ-Л7 — для изготовления пенопластов и твердых формовочных изделий.

ПВХ-Л8 — для изготовления формопласта и пенопласта.

ПВХ-Л9 — для изготовления пенопластов и лаков.

ПВХ упаковывается, хранится и транспортируется в многослойных бумажных мешках, мешках из шпредированной ткани или мешках из полиэтиленовой пленки, а также в специальных железнодорожных цистернах.

Требования, предъявляемые к суспензионному ПВХ различных марок, приведены на стр. 46, к латексному — на стр. 47.

Свойства суспензионного ПВХ

Показатели	Марки					
	ПВХ-С70	ПВХ-С65	ПВХ-С62	ПВХ-С60	ПВХ-С50	ПВХ-СО
Внешний вид	Однородный порошок белого цвета без видимых посторонних включений					
Величина K	70—74	62—65	60—62	58—60	47—50	70—74
Плотность, $г/см^3$, не менее	1,39	1,39	1,39	1,39	Не определяют	
Содержание влаги и летучих, %, не более	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Зольность, %, не более	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Содержание железа, %, не более	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Электропроводность водной вытяжки, $ом^{-1} \cdot см^{-1}$, не более	$4 \cdot 10^{-5}$	Не определяют				
Насыпная масса, $г/см^3$, в пределах	0,40—0,60	0,40—0,60	0,55—0,75	0,55—0,75	Не определяют	
Насыпная масса после утряски, $г/см^3$, в пределах	0,50—0,70	0,50—0,70	0,65—0,85	0,65—0,90	Не определяют	
Дисперсность, %, не более остаток на сите с сеткой из ткани (по ГОСТ 4403—56)						
№ 9	Не определяют			0,0	Не определяют	
№ 15	Не определяют				0,05	Не определяют
№ 23	Не определяют	0,5	0,5	Не определяют		0,5
№ 35	0,5	Не определяют				
Гемогенность пленки при вальцевании (количество прозрачных точек в 0,1 $см^3$), не более	20	20	Не определяют			

Свойства латексного ПВХ

Показатели	Марки								
	ПВХ-Л1	ПВХ-Л2	ПВХ-Л3	ПВХ-Л4	ПВХ-Л5	ПВХ-Л6	ПВХ-Л7	ПВХ-Л8	ПВХ-Л9
Внешний вид	Однородный порошок белого цвета без механических загрязнений								
Величина K, не менее	75	70—75	65—70	65	60—65	60—65	55—60	50—55	45—50
Содержание влаги и летучих, %, не более	1	1	1	1	0,8	0,8	1	0,8	1
Содержание сульфатной золы, %, не более	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	1,7	2,5	2,5	2,5
Содержание щелочи в пересчете на NaOH, %, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5
Дисперсность (остаток на сите с сеткой из ткани № 23 по ГОСТ 4403—56), %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Термостабильность при 165° С, *мин*, не менее	55	55	55	55	55	37	55	60	55
Способность к пастообразованию	—	—	—	Проба должна выдерживать испытания на пастообразование	—	—	—	—	—

ЖЕСТКИЕ ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ НА ОСНОВЕ НЕПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Жесткие материалы на основе ПВХ не содержат в своем составе пластификаторов и получаются смешением порошка ПВХ со стабилизаторами и наполнителями. Они обладают большой прочностью, твердостью, хорошими диэлектрическими свойствами, химической стойкостью, перерабатываются в изделия всеми известными методами переработки термопластов.

Физико-механические свойства жестких пластмасс на основе непластифицированного ПВХ

Предел прочности, *кГ/см²*	
при сжатии	800—1000
» статическом изгибе	1000—1200
» кручении	470
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*	до 40 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	
без надреза	до 150
с надрезом	7—10
то же для ударопрочного ПВХ	80—90
Относительное удлинение при разрыве, %	10—50
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	15—16

Электрические свойства жестких пластмасс на основе непластифицированного ПВХ

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	10^{13}—10^{14}
объемное, *ом · см*	10^{14}—10^{16}
Диэлектрическая проницаемость	
при 50 *гц*	4
» 800 *гц*	3,5
» 10^6 *гц*	3,1—3,4
Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 50 *гц*	0,02
» 10^6 *гц*	0,015—0,018
Электрическая прочность, *кв/мм*	45

Теплофизические свойства жестких пластмасс на основе непластифицированного ПВХ

Теплостойкость, °С	70—90
Удельная теплоемкость, *кал/(г · град)*	0,2—0,63
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,13—0,14
Коэффициент термического расширения, *град*$^{-1}$	
линейного	$6 \cdot 10^{-5}$—$10 \cdot 10^{-5}$
объемного	$3 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-4}$
Морозостойкость, °С	до —10
То же для ударопрочного ПВХ	до —50

ВИНИПЛАСТ

Типичным представителем жесткого материала на основе непластифицированного ПВХ является винипласт.

Винипласт получается из непластифицированного ПВХ, в который добавляют стабилизаторы и смазывающие вещества; композицию тщательно перемешивают, а затем подвергают пластикации на вальцах, каландре или экструдере при 160—180° С.

Винипласт выпускается в виде пленки, листов, труб, стержней и других профилей и сварочного прутка для сварки винипласта.

Непластифицированный, хорошо стабилизированный ПВХ тропикостоек, при длительном контакте с водой изменяется его цвет и уменьшается относительное удлинение при разрыве. При действии воды, нагретой до 40° С, в течение 2500 *ч* относительное удлинение при разрыве винипласта сокращается до 2,5% (первоначальное 18%). После прекращения действия воды винипласт постепенно восстанавливает свой цвет. Водопоглощение винипласта за 24 *ч* при 20° С составляет 0,4—0,6%. Степень набухания в бензине за 14 *ч* равна 0,15%.

Прочностные свойства винипласта меняются со временем и в еще большей степени с изменением температуры. При длительно действующих нагрузках прочность винипласта уменьшается, приближаясь по истечении 3000 *ч* к предельному значению 190 *кГ/см²* (долговременная прочность).

Зависимость физико-механических свойств винипласта от температуры

Показатели	Температура, °С										
	—196	—75	—20	0	20	40	60	75	100	130	150
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	1380	1220	900	720	500	400	320	200	40	20	10
Относительное удлинение при разрыве, %	0	0	0	8	20	30	60	200	350	80	50
Долговременная прочность при растяжении, *кГ/см²*	—	—	—	260	190	110	40	13	—	—	—

Винипласт очень чувствителен к надрезу. При наличии надрезов его удельная ударная вязкость уменьшается (до 10% от исходной величины).

Для повышения удельной ударной вязкости и уменьшения хрупкости винипласта, ПВХ совмещают на вальцах с некоторыми видами каучуков (бутадиеновым, пиридиновым, бутадиен-нитрильным) или с хлорированными полиолефинами. При этом получают так называемый «ударопрочный» винипласт. Удельная ударная вязкость таких материалов (с надрезом) увеличивается в 8—10 раз.

Химические свойства винипласта

Винипласт обладает высокой химической стойкостью.

Ниже приведены данные о химической стойкости винипласта к действию наиболее распространенных агрессивных сред при различных концентрациях и температурах.

Химическая стойкость винипласта

Обозначения: С — стойкий (в данной среде при указанных концентрациях и температуре не происходит химического разрушения твердого поливинилхлорида); О — относительно стойкий (в указанных условиях применение твердого поливинилхлорида допустимо, т. е. материал может быть применен для изготовления малоответственных сосудов и трубопроводов, а также для изготовления изделий, временно подвергающихся воздействию данной среды); Н — нестойкий (в данной среде твердый поливинилхлорид разрушается и его применение недопустимо)

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
Адипиновая кислота (насыщ. раствор)	С	—	О
Азота окислы			
10—15%-ные	С	С	—
20—40%-ные	С	—	—
Азотистая кислота	С	С	—
Азотная кислота			
до 50%-ной	С	С	—
50—60%-ная	С	—	—
98%-ная	Н	Н	Н
Аллиловый спирт 96%-ный	О	—	Н
Алюминия гидроокись (взвесь в воде)	С	С	—
Алюминия сульфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	О
Алюминия хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	О
Амиловый спирт 96%-ный	С	—	Н
Аммиак			
водный (насыщ. раствор)	С	С	О
газообразный	С	С	—
жидкий	О	—	—
Аммония			
гидроокись	С	—	—
карбонат	С	С	О
нитрат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	О
сульфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	О
фосфат	С	С	О
фторид (до 20%-ного)	С	—	—
хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	О

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
Анилин чистый	Н	Н	Н
Анилина хлоргидрат (насыщ. раствор)	О	—	Н
Антрахинонсульфокислота (суспензия)	С	—	—
Ацетальдегид			
40%-ный	О	О	—
100%-ный	Н	Н	Н
Ацетальдегид и уксусная кислота (90 : 10)	О	—	—
Ацетон водный	Н	Н	Н
Аш-кислота	С	С	С
Бария гидроокись 10%-ная	С	С	С
Бензальдегид 0,1%-ный	О	С	Н
Бензидин	С	—	—
Бензин	С	С	С
Бензин и бензол (80 : 20)	Н	Н	Н
Бензойная кислота	С	С	О
Бензол	Н	Н	Н
Борная кислота			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Бром			
жидкий	Н	Н	Н
пары	О	—	—
Бромистоводородная кислота			
до 10%-ной	С	С	О
48%-ная	С	С	С
Бромноватая кислота			
100%-ная	С	С	—
разб. раствор	С	—	—
Бутадиен	С	С	С
Бутан газообразный			
до 10%-ного	С	О	—
50%-ный	С	—	—
Бутандиол водный			
до 10%-ного	С	О	Н
10—100%-ный	Н	Н	Н
Бутилацетат	Н	Н	Н
Бутилен жидкий			
50%-ный	С	—	—
100%-ный	С	—	—
Бутиловый спирт	С	С	О
Бутилфенол	О	—	—
Винилацетат	Н	Н	Н
Винная кислота			
до 10%-ной	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	—

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
Винный уксус	С	С	—
Вино красное и белое	С	—	—
Вискозно-прядильный раствор	С	С	С
Вода			
газированная	С	О	—
обычная	С	С	О
морская	С	С	О
сточная без органических растворителей	С	С	—
сточная со следами фенола и бутанола	С	С	—
хлорная (насыщ. раствор)	О	—	—
Водка всех видов	С	—	—
Водяной газ	—	О	—
Водород			
фосфористый	С	—	—
хлористый	С	С	—
Водорода перекись			
до 20%-ной	С	С	—
» 30%-ной	С	—	—
Газы			
отходящие			
содержащие двуокись углерода	С	С	С
содержащие окись азота	С	С	—
содержащие окись углерода	С	С	С
содержащие олеум	С	—	—
содержащие сернистый ангидрид	С	С	С
содержащие серную кислоту	С	С	С
содержащие серный ангидрид	О	—	—
содержащие хлористый водород	С	С	С
содержащие фтористый водород (следы)	С	С	С
Гидроксиламина сульфат до 10%-ного	С	С	—
Гидрохинон	С	—	—
Гликолевая кислота 37%-ная	С	—	—
Глицерин 10%-ный	С	С	—
Глюкоза водная (насыщ. раствор)	С	—	О
Глюконовая кислота 37%-ная	С	—	О
Декстрин водный (насыщ. раствор)	С	—	О
Дигликолевая кислота			
30%-ная	—	—	О
насыщ. раствор	С	—	—
Диметиламин жидкий	О	—	—
Диоксан	Н	Н	Н

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
Дихлорэтан	Н	Н	Н
Дихлорэтилен	Н	Н	Н
Диэтиленгликоль 92%-ный	С	С	С
Дрожжи	С	С	С
Дубильный экстракт			
растительный	С	—	—
целлюлозный	С	—	—
Желатин	С	С	—
Железа			
ацетат	О	Н	—
сульфат	С	С	С
хлорид			
до 10%-ного	С	О	Н
насыщ. раствор	С	С	С
Жирные кислоты	С	С	С
Жиры и масла технические	С	С	С
Известь хлорная (12,5% активного хлора)	С	С	О
Иод, растворенный в щелочи	Н	Н	Н
Казеин	С	—	—
Калия			
бихромат 40%-ный	С	—	—
борат 1%-ный	С	С	О
бромат до 10%-ного	С	С	О
бромид			
разб. раствор	С	С	Н
насыщ. на холоду раствор	С	С	С
гидроокись			
до 40%-ной	С	С	О
40—50%-ная	С	С	С
иодит	С	С	С
карбонат	С	С	С
нитрат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
перманганат			
до 6%-ного	С	С	С
» 18%-ного	С	С	С
персульфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
перхлорат 1%-ный	С	С	О
сульфат	С	—	—
ферроцианид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
фторид	С	С	С
хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
цианид			
до 10%-ного	С	С	О
насыщ. на холоду раствор	С	С	С
Кальция			
бисульфат	С	—	—
гипохлорит 35%-ный	С	С	С
нитрат	С	—	—
хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. на холоду раствор	С	С	С
Квасцы алюмокалиевые			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Керосин	С	—	—
Кислород	С	С	С
Коньяк	С	—	—
Крахмал водный	С	С	С
Крезол водный до 90%-ного	С	О	—
Кремневая кислота	С	С	С
Кремнефтористоводородная кислота			
до 32%-ной	С	С	С
Кротоновый альдегид	Н	Н	Н
Ксилол	Н	Н	Н
Лигроин	С	—	—
Ликеры	С	С	—
Лимонная кислота			
до 10%-ной	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
90%-ная	—	О	—
Магния			
нитрат	С	С	С
сульфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. на холоду раствор	С	С	С
хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Малеиновая кислота			
насыщ. на холоду раствор	С	С	О
35%-ная	С	С	—
Масла растительные и минеральные	С	С	—
Масляная кислота			
20%-ная	С	—	—
конц.	Н	Н	Н
Меди			
сульфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
фторид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
хлорид	С	—	—
Метиламин 32%-ный	О	—	—
Метилацетат	О	—	—
Метиленхлорид	Н	Н	Н
Метилметакрилат	Н	Н	Н
Метиловый спирт	С	С	О
Метилсульфат 50%-ный	С	—	—
Метиленхлорид	Н	Н	Н
Молоко	С	—	—
Молочная кислота			
до 10%-ной	С	С	О
90%-ная	—	—	Н
Монохлоруксусная кислота			
100%-ная	С	С	О
Моча	С	С	О
Мочевина (водный раствор)			
до 10%-ного	С	С	О
33%-ный	С	С	С
Муравьиная кислота			
до 50%-ной	С	С	О
100%-ная	С	О	Н
Мыльные растворы	С	С	О
Мышьяковая кислота			
разб. раствор	С	С	О
80%-ная	С	С	О
Натрия			
бензоат			
до 10%-ного	С	С	О
36%-ный	С	С	О
бисульфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
бисульфит			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
гидроокись			
до 40%-ной	С	С	О
40—60%-ная	С	С	С
карбонат	С	С	С
нитрат	С	С	С
сульфат			
разб. раствор	С	С	С
насыщ. раствор	С	С	О
сульфит			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
тетраборат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
тиосульфат (разб. раствор)	С	С	О
фосфат (разб. раствор)	С	С	С
хлорат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
хлорит (разб. раствор)	О	—	—
Никеля фосфат			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Никотин водный	С	—	—
Нитробензол	Н	Н	Н
Нитрогликоль	Н	Н	Н
Нитроглицерин (разб. раствор)	О	—	—
Озон	С	—	—
Олеиновая кислота	С	С	С
Олеум	Н	Н	Н
Олова хлорид			
разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Пальмитиновая кислота	С	С	С
Парафин (расплав)	С	С	С
Парафиновые эмульсии	С	С	—
Пиво	С	С	С
Пикриновая кислота 1%-ная	С	—	—
Пиридин	С	—	—
Плавиковая кислота			
до 40%-ной	С	С	О
60—70%-ная	О	—	—
98%-ная	Н	Н	Н
Пропан жидкий и газообразный	С	—	—
Пропаргиловый спирт 7%-ный	С	—	—
Ртуть	С	С	С
Свинца ацетат (разб. раствор)	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Серебра нитрат			
до 8%-ного	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Серная кислота			
до 40%-ной	С	С	О
40—80%-ная	С	С	С
80—90%-ная	С	С	—
96%-ная	С	—	О

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
Сернистый ангидрид			
сухой	—	О	—
жидкий	О	—	—
влажный	О	—	—
Сероводород			
сухой	С	С	С
влажный	С	С	О
Сероуглерод	О	—	—
Скипидар	С	—	—
Смесь кислот			
азотной и серной кислот и воды			
30, 50 и 17%	С	—	—
20, 15 и 65%	С	С	—
50, 50 и 0%	С	Н	—
49, 49 и 2%	С	О	—
20, 10 и 70%	С	С	—
87, 10 и 3%	О	—	—
азотной кислоты, бихромата натрия и воды (13, 16 и 71%)	С	—	—
хромовой и серной кислот и воды (50, 15 и 35%)	С	С	О
Соляная кислота			
до 30%-ной	С	С	О
свыше 30%-ной	С	С	С
Спермацетовый спирт	С	С	С
Стеариновая кислота	С	С	С
Сурьмы хлорид (насыщ. раствор)	С	—	—
Тетрахлорэтан	Н	Н	Н
Тетраэтилсвинец	С	—	—
Толуол	С	—	—
Триметилпропан (до 10%-ного)	С	С	О
Трихлорэтан	Н	Н	Н
Трихлорэтилен	Н	Н	Н
Триэтаноламин	Н	Н	Н
Углерода двуокись			
влажная	С	С	О
сухая	С	С	С
Углерод четыреххлористый	О	—	Н
Уксусная кислота			
до 25%-ной	С	С	О
25—60%-ная	С	С	С
80%-ная	С	О	—
80—100%-ная	О	Н	Н
Уксусноэтиловый эфир	Н	Н	Н
Уксусный ангидрид	Н	Н	Н
Фенол			
1%-ный	С	—	—
до 90%-ного	С	Н	Н

Продолжение

Среда	Температура, °С		
	20	40	60
Фенилгидразин	Н	—	—
Формальдегид водный разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Фосген газообразный	С	—	—
жидкий	Н	—	—
Фосфор белый и желтый	С	—	—
Фосфора пятиокись	С	—	—
Фосфорная кислота до 30%-ной	С	С	О
свыше 30%-ной	С	С	С
Фотографические проявители, фиксажи и эмульсии	С	С	—
Фруктовые напитки и соки	С	С	С
Хлор газообразный (влажный)	С	—	—
0,5%-ный	О	—	—
1%-ный	О	—	—
5%-ный	О	—	—
97%-ный	О	О	О
Хлор газообразный (сухой)	С	—	—
Хлорамин (разб. раствор)	Н	—	—
Хлорбензол	С	С	О
Хлорноватая кислота до 20%-ной	С	—	—
Хлорноватистая кислота (насыщ. раствор)	Н	Н	Н
Хлороформ	С	—	—
Хлорпарафин	О	—	—
Хлорсульфоновая кислота	С	С	О
Хлоруксусная кислота	С	С	О
Хромовая кислота до 50%-ной	О	—	—
Царская водка	Н	Н	Н
Циклогексанол	Н	Н	Н
Циклогексанон	С	С	О
Цинка сульфат разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	О
Цинка хлорид (разб. раствор)	С	С	О
Щавелевая кислота разб. раствор	С	С	О
насыщ. раствор	С	С	С
Этилацетат	С	—	—
Этилена окись	Н	Н	Н
Этилакрилат	Н	Н	Н
Этиленгликоль	С	С	С
Этиленхлорид	Н	—	—
Этиловый спирт	С	О	—

Переработка винипласта

Винипласт легко поддается различной механической обработке, его можно резать, обтачивать, сверлить, шлифовать, полировать, строгать, фрезеровать и т. п.

При нагревании винипласту можно придать любую форму.

Из винипласта методом ударного прессования изготавливают такие изделия, как гайки, клапаны, маховички, соединительные муфты, вставки к аккумуляторным бачкам и т. д. Сначала на таблеточной машине прессуют таблетку из порошкообразной композиции, представляющей собой смесь порошка поливинилхлорида со стабилизатором — композиция УПИ-2 (ВТУ МХП 209—52). Затем таблетку разогревают в течение 10—15 *мин* до температуры не менее 165° С (при обогреве токами высокой частоты это время сводится к нескольким секундам) и в нагретом состоянии загружают в прессформу, в которой производится быстрое ударное прессование при небольшой выдержке. Давление при таблетировании 400—1000 *кГ/см²*.

Давление при ударном прессовании изделий в зависимости от начальной температуры прессформы 500—1200 *кГ/см²*.

Винипласт хорошо сваривается и склеивается. Сварка и склеивание являются основными способами соединения листов или элементов конструкций из винипласта.

Прочность сварного шва достигает 80—85% от прочности материала.

Сварка винипласта осуществляется двумя способами: с применением сварочного прутка — прутковая сварка и беспрутковой сваркой. В последнем случае свариваемые поверхности разогреваются тем или иным способом (контактом с теплоносителем, токами высокой частоты, ультразвуком) до вязко-текучего состояния и стыкуются с последующим сжатием и охлаждением под давлением.

Прутковая сварка осуществляется горячим воздухом, нагретым до 230—270° С, подаваемым через сварочный пистолет с применением присадочного материала — сварочного прутка.

Пленки и тонкие листы из винипласта сваривают токами высокой частоты. Процесс сварки может быть автоматизирован. Ультразвуковая сварка дает возможность производить соединение деталей из винипласта толщиной 0,1—10 *мм* в труднодоступных местах. Беспрутковая сварка обеспечивает наибольшую прочность сварного шва.

Винипласт можно склеивать между собой и приклеивать к другим материалам: бетону, металлу, дереву и т. п. Для склеивания применяется перхлорвиниловый клей (10—20%-ный раствор перхлорвиниловой смолы в дихлорэтане, метиленхлориде, ацетоне или другом растворителе) или другие клеи на основе перхлорвиниловой и глифталевой смол. Прочность склеивания зависит от размера и состояния склеиваемых поверхностей, от состава клея, условий склеивания, а также от точности соблюдения технологии. Прочность склеенных соединений обычно больше прочности сварных соединений.

Для склеивания винипласта и поливинилхлоридного пластиката применяют перхлорвиниловый клей (ВТУ М-164—52), представляющий собой 10—12%-ный раствор перхлорвиниловой смолы в метиленхлориде. Вязкость клея по вискозиметру ФЭ-36 с соплом № 2 составляет 15—30 *сек*. Сухой остаток 10—13%. Для приклеивания винипласта или поливинилхлоридного пластиката к металлу, дереву, бетону и другим основаниям применяют клей ПЭД-Б (ВТУ НИИПМ П-283—62), представляющий собой композицию на основе перхлорвиниловой и эпоксидной смол в смеси растворителей — метиленхлорида и циклогексанона. Клей ПЭД-Б отверждается на холоду при добавлении в него отвердителя — полиэтиленполиамина. Вязкость клея ПЭД-Б при температуре 20° С по воронке ВЗ-4 должна быть не менее 70 *сек*. Сухой остаток — 22%. Прочность склеивания (на сдвиг, на отрыв) в зависимости

от характера склеиваемых материалов — порядка 2—40 *кГ/см²*. Клей стоек при температурах от —40 до +60° С. Прочностные характеристики склеенных материалов заметно не изменяются от воздействия воды (в том числе и морской) и дизельного топлива.

Для обеспечения прочного склеивания клеем ПЭД-Б максимальное количество пластификатора в пластифицированном поливинилхлориде не должно превышать 40 вес. ч. на 100 вес. ч. поливинилхлорида.

Рецептуры клеев на основе перхлорвиниловой и эпоксидной смол

Компоненты клея	Рецептура клея, вес. ч.					
	I	II	III	IV	ПЭД	ПЭД-Б
Перхлорвиниловая смола	10	20	9,7	10	20	15
Дихлорэтан	90	—	87,9	—	—	—
Ацетон	—	80	—	—	—	—
Метиленхлорид	—	—	—	90	90	90
Циклогексанон	—	—	—	—	10	10
Поливинилбутираль	—	—	2,4	—	—	—
Эпоксидная смола ЭД-5	—	—	—	—	100	13
Полиэтиленполиамин (отвердитель)	—	—	—	—	15	15

Методы переработки винипласта в пленки, трубы и т. п. рассмотрены ниже.

Пленки (ориентированные и неориентированные) из винипласта толщиной 0,02—0,7 *мм* получают каландрованием или экструзией с применением щелевых головок различных конструкций.

Физико-механические свойства пленок из непластифицированного ПВХ

Показатели	Неориентированные пленки				Ориентированные пленки		
	50 *мк*	90 *мк*	150 *мк*	250 *мк*	40 *мк*	50 *мк*	80 *мк*
Вес одного квадратного метра, *Г*	70	112	210	350	56	70	116
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	530—620	650—700	600—650	500—550	1000—1100	900—1000	1000—1100
Относительное удлинение при разрыве, %	50	90	90	90	40—50	40—50	40—50
Усадка при 100° С, %							
в продольном направлении	—5	—5	—5	—5	—45	—45	—45
в поперечном направлении	+2	+2	+2	+2	—	—	—
Верхний предел рабочей температуры, °С	+80	+80	+80	+80	+60	+60	+60
Морозостойкость, °С (отсутствие хрупкого разрушения при изгибе на 180°)	—60	—60	—40	—	—60	—60	—40

Пленка из винипласта каландрованная (СТУ 30-12281—62). Является полуфабрикатом для производства листового винипласта, а также для изготовления гофрированных и перфорированных винипластовых сепараторов. Пленочный винипласт применяется для футеровки различной аппаратуры и для других технических целей, а также для изготовления некоторых изделий широкого потребления.

Размеры пленки:

Длина *м*, не менее	1
Толщина, *мм*	от 0,4±0,05 до 0,9±0,10
Ширина, *мм*	
при толщине до 0,5 *мм*	600—800
при толщине свыше 0,5 *мм*	600—700

Ниже приводятся некоторые показатели физико-механических свойств пленки:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	400
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	10
Рабочие температуры °С	от —20 до +60

Пленка должна выдерживать однократный изгиб на 180°.

Винипластовая каландрованная пленка является анизотропной. При нагревании такой пленки происходит ее усадка: в направлении каландрования пленка сокращается, в поперечном направлении — удлиняется, толщина пленки увеличивается.

При прогреве в течение 8 *мин* при 180° С удается снять значительную часть каландрового эффекта.

Средняя величина усадки

	Усадка, % при 150° С 30 *мин*	Усадка, % при 180° С 30 *мин*
В продольном направлении	—4,1	—13,7
В поперечном направлении	+3,2	+6,8

Установлены следующие предельные значения усадки каландрованной винипластовой пленки при температуре 180° С: по длине от —28 до —35%, по ширине от +11 до +13%.

Пленка из винипласта перфорированная и гофрированная (ТУ МХП 2023—49). Изготавливается из каландрованной пленки на специальных перфорационных и гофрировальных станках.

Пленка выпускается двух видов: перфорированная; перфорированная и гофрированная.

Диаметр отверстий перфорированной пленки 2,8±0,1 *мм*, расстояние между центрами отверстий по длине 3,1±0,2 *мм*, по ширине 3,6±0,2 *мм*. Шаг гофра у перфорированной и гофрированной плёнки 5 *мм*, высота гофра 1—2,5 *мм*. Пленка должна иметь одинаковую высоту гофра.

Исходная пленка до перфорации должна отвечать следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	400
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	10
Кислотостойкость (изменение массы после пребывания в течение 6 *ч* в 42%-ной серной кислоте при 80±5° С), %	от —0,35 до +1,0
Щелочестойкость (изменение массы после пребывания в течение 48 *ч* в щелочи плотностью 1,3 *г/см³* при 50±2° С), %	от —0,35 до +1,0

Размеры пленки:

Длина, *м*	1—20
Ширина, *мм*	
перфорированной	400—500
перфорированной и гофрированной	300—400
Толщина, *мм*	0,4—0,6

Полиграфическая пленка из винипласта (ВТУ МХП 371—54). Получается из поливинилхлорида, частично пластифицированного диоктилфталатом.

Размеры пленки:

Длина, *мм*, не менее	1400
Ширина, *мм*, не менее	640
Толщина, *мм*	0,6—0,8

Пленка должна выдерживать четырехкратный изгиб, предел прочности при растяжении не менее 350 *кГ/см²*.

Винипласт листовой экструзионный (МРТУ 6-11-2—64). Изготовляется из непластифицированного или частично пластифицированного поливинилхлорида методом экструзии через щелевую головку. Листы должны удовлетворять следующим требованиям:

Размеры листов	
длина, *мм*	1400—1500
ширина, *мм*	500—800
толщина, *мм*	2,0—5,0
Допуск по толщине в пределах от номинала	±20%
Усадка при 135° С вдоль направления экструзии, % не более	8
Плотность, *г/см³*	1,3—1,6
Предел прочности, *кГ/см²*, не менее	
при растяжении	450
» статическом изгибе	900
Теплостойкость по Вика, °С, не ниже	75

Винипласт листовой экструзионный применяется в конструкциях в качестве антикоррозионного материала, работающего при температурах от 0 до 60° С.

Винипласт листовой (ГОСТ 9639—61). Изготовляется прессованием на многоэтажных гидравлических прессах набора листов (пакета) из винипластовой каландрованной пленки при температуре 170—180° С и удельном давлении до 80 *кГ/см²*.

Винипластовый лист должен иметь следующие размеры:

Длина, *мм*	1300—1500
Ширина, *мм*	500—650
Толщина, *мм*	2—20
Допуск	
по длине и ширине, *мм*	±5
по толщине, *мм*	± (0,1+0,05 *S* *)

* *S* — толщина листа.

В зависимости от назначения выпускаются следующие марки винипласта:
ВН — непрозрачный, натурального цвета и окрашенный.
ВП — прозрачный, бесцветный или окрашенный.
ВНТ — нетоксичный, предназначенный для использования при контакте с продовольственными продуктами.

Винипласт листовой должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	ВН	ВП	ВНТ
Предел прочности, *кГ/см²*, не менее			
при растяжении	550	500	450
» статическом изгибе	1000	900	900
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	80	70	50
Теплостойкость по Вика, °С, не менее	75	70	70
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	$5 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$

Листовой винипласт обладает резко выраженной анизотропией физико-механических свойств.

Винипласт должен храниться в крытом помещении при температуре не выше 40° С на расстоянии не менее 1 *м* от нагревательных приборов.

При транспортировании и хранении винипласта при температуре ниже 0° С его нельзя бросать и подвергать ударам. Винипласт, транспортировавшийся или хранившийся при температуре ниже 0° С, должен быть выдержан при комнатной температуре не менее суток перед применением.

Трубы, стержни и профильные изделия из винипласта (ТУ МХП 4251—54). Изготовляются на экструдерах или на гидравлических прессах.

Трубы выпускаются с условным проходом $Д_у$ 6—150 *мм*, наружным диаметром 10—166 *мм*, на давления 2,5 и 6 *кГ/см²*. Толщина стенок 2—8 *мм*. Диаметр стержней от 5 до 45 *мм*, длина труб, стержней и профильных изделий 1—3 *м*. Материал, применяемый при изготовлении труб, стержней и других профильных изделий, должен удовлетворять следующим требованиям:

Плотность, *г/см³*	1,38—1,45
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	400
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	65

Трубы, стержни и профильные изделия из винипласта предназначены для работы в агрессивных средах при температуре от 0 до 40° С.

По нормали машиностроения МН 1427—61 винипластовые трубы выпускаются следующих типов: легкого «Л», среднего «С» и тяжелого «Т» с условным давлением 2,5; 6 и 10 *кГ/см²* — соответственно расход материала при производстве труб согласно этой нормали значительно сокращается. Трубы выпускаются длиной 5; 6 и 8 *м*.

Сортамент труб по нормали МН 1427—61

Условное давление *кГ/см²*	Условный проход *мм*	Наружный диаметр, *мм*		Толщина стенки, *мм*		Вес 1 *пог. м кГ*
		номинальный	допустимые отклонения	номинальная	допустимые отклонения	
10	6	10	+0,5	1,6	+0,4	0,067
6	8	12		1,6	+0,4	0,083
10	8	12		1,8	+0,4	0,090
6	10	16	+0,6	1,6	+0,4	0,115
10	10	16		1,8	+0,4	0,126
2,5	15	20		1,6	+0,4	0,146
6	15	20		1,8	+0,4	0,160
10	15	20		2,0	+0,4	0,175
2,5	20	25	+0,7	1,6	+0,4	0,186
6	20	25		1,8	+0,4	0,205
10	20	25		2,0	+0,4	0,224
2,5	25	32	+0,8	1,8	+0,4	0,267
6	25	32		2,0	+0,4	0,292
10	25	32		2,5	+0,5	0,359
2,5	32	40	+0,9	1,8	+0,4	0,339
6	32	40		2,0	+0,4	0,370
10	32	40		3,1	+0,5	0,546
2,5	40	50	+1,1	2,0	+0,4	0,468
6	40	50		2,4	+0,5	0,557
10	40	50		3,9	+0,6	0,856
2,5	50	63	+1,3	2,2	+0,4	0,647
6	50	63		3,0	+0,5	0,863
10	50	63		4,9	+0,7	1,350
2,5	70	75	+1,5	2,5	+0,5	0,883
6	70	75		3,6	+0,6	1,230
10	70	75		5,8	+0,8	1,900
2,5	80	90	+1,7	2,8	+0,5	1,180
6	80	90		4,3	+0,7	1,760
10	80	90		7,0	+0,9	2,730
2,5	100	110	+2,0	3,2	+0,5	1,630
6	100	110		5,3	+0,8	2,640
10	100	110		8,5	+1,1	4,060
2,5	125	140	+2,4	4,0	+0,6	2,590
6	125	140		6,7	+0,9	4,210
10	125	140		10,8	+1,3	6,540
2,5	150	160	+2,7	4,0	+0,6	2,960
6	150	160		7,7	+1,0	5,540
10	150	160		12,4	+1,5	8,570

Трубы винипластовые для высоковольтных трубчатых разрядников (ТУ МХП 4406—55). Изготовляются выдавливанием на гидравлических прессах или экструзией.

Размеры труб:

Наружный диаметр, *мм* 47 ± 2; $57\pm2{,}5$

Внутренний диаметр, *мм* $11\pm^{0{,}5}_{1{,}0}$; $14\pm^{0{,}5}_{1{,}5}$

Длина труб . . . . . по согласованию с заказчиком

Трубы должны удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	900
Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*, не менее	100
Стрела прогиба, %, не более	1,0
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	20
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	65
Морозостойкость, °С	—40
Водопоглощение, %, не более	0,05
Градиент сухоразрядного напряжения *, $кв_{эфф.}/см$, не менее	4

* Градиент сухоразрядного напряжения определяют на отрезках труб между двумя кольцевыми электродами из станиоля, расположенными на расстоянии 100 *мм* друг от друга. Скорость повышения напряжения — 1 *кв/сек*.

Сварочный пруток для сварки винипласта (СТУ 30-12307—62). Представляет собой частично пластифицированный поливинилхлорид, выпускается следующих размеров:

Длина, *мм*, не менее	500
Диаметр, *мм*	$3\pm0{,}5$
Ширина (сдвоенный профиль), *мм*	$6\pm1{,}0$
Высота (сдвоенный профиль), *мм*	$3\pm0{,}5$

При однократном изгибе на 180° пруток не должен ломаться.

Применение винипласта

Винипласт нашел широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Винипласт применяется в текстильной, нефтяной, угольной, металлургической, газовой промышленности, в продовольственном машиностроении, станкостроении, в сельском хозяйстве.

В химической промышленности винипласт применяется для хранения и транспортировки агрессивных жидкостей и газов, для футеровки металлической аппаратуры, в том числе и электролизных ванн, для изготовления вентиляторов, воздуховодов, химической и лабораторной аппаратуры и т. д.

В фото-кинотехнике винипласт оказался исключительно подходящим материалом для изготовления фотокювет и других приспособлений.

Пленки из непластифицированного ПВХ применяют для упаковки пищевых продуктов, лекарств, различных жидкостей, для изготовления обложек книг, канцелярских и архивных папок, в качестве подложки для липких пленок, для электротехнических целей и т. д.

Пленки толщиной от 100 до 200 *мк* нашли применение для изготовления (методом штамповки) долгоиграющих небьющихся грампластинок.

Винипластовая каландрованная пленка применяется для разделения анодных и катодных пластин в аккумуляторных батареях и для других технических целей. Полиграфическая пленка из винипласта предназначена для изготовления типографских матриц.

МЯГКИЕ ПЛАСТМАССЫ НА ОСНОВЕ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА (ПЛАСТИКАТЫ)

Пластикаты — мягкие (эластичные) при обычных температурах пластмассы на основе ПВХ получаются при введении в ПВХ специальных органических высококипящих жидкостей — пластификаторов.

Поливинилхлоридные пластикаты получаются путем смешения поливинилхлоридной смолы с пластификаторами, стабилизаторами, наполнителями и красителями в лопастных смесителях типа Вернер — Пфляйдерер или быстроходных двухстадийных смесителях типа Хеншель при 80—120° С и последующей переработки композиции на вальцах и каландре или в экструдере при 150—170° С.

С увеличением содержания пластификатора в композиции прочность пластиката уменьшается, а относительное удлинение при разрыве возрастает. Диэлектрические свойства ПВХ с увеличением содержания пластификатора ухудшаются.

Ниже перечислены некоторые основные виды поливинилхлоридных пластикатов, вырабатываемых химической промышленностью.

Пластикат листовой прокладочный (ВТУ МХП 2024—49). Представляет собой вальцованную композицию на основе ПВХ с пластификатором, стабилизатором и наполнителем. Выпускается натурального цвета или окрашенным.

Применяется при температурах от —15 до +40° С в качестве химически стойкого прокладочного или герметизирующего материала.

Пластикат листовой прокладочный рецептур 38 и Э (СТУ 30-12421—62). Изготовляется каландрованием из пластифицированного ПВХ и предназначается для изготовления прокладок, работающих в агрессивных средах.

Пластикат листовой для газовой аппаратуры (ТУ МХП 3702—53). Применяется для изготовления прокладок для газовой аппаратуры. Выпускается окрашенным в ярко-красный и другие цвета.

Пленка изоляционная ДБИ-45 (ВТУ МХП 3685—53). Получается каландрованием композиции ПВХ с дибутилфталатом. Применяется для изоляции стен кузовов специальных автомашин.

Пленка * упаковочная В-118 (ТУ МХП 786—57). Изготовляется каландрованием из пластифицированного ПВХ и предназначается для изготовления чехлов при консервации станков, оборудования, авиационных двигателей и т. п. Влагопроницаемость пленки за 24 *ч* должна быть не более 1,1 *мг/см*². При испытании на маслостойкость (после пребывания образца в авиационном масле в течение 5 *ч* при 60±3° С) пленка не должна давать трещин при изгибе образца на 180°.

Пластикат упаковочный (ВТУ МХП 550—54). Получается на основе ПВХ с пластификаторами эфиром триэтиленгликоля и смесью жирных кислот и стабилизатором. Применяется для изготовления различной тары.

Пленка рецептуры 990 (ВТУ ВМ-2—57). Получается каландрованием композиции из ПВХ, пластификатора и стабилизатора, в отсутствие красителей. Водопоглощение пленки должно быть не более 1,5%.

Клеенка медицинская компрессная (ВТУ МХП 1368—46). Получается каландрованием композиции на основе ПВХ с пластификатором и стеаратом кальция в качестве стабилизатора, без красителя. Клеенка предназначается для использования в медицине и в быту. Водопоглощение клеенки не более 0,5%. Цвет — натуральный.

---

* Пленочные материалы получаются из вальцованной массы переработкой ее на 3- или 4-валковом каландре, максимальная температура валков которого на 5—10° С выше температуры вальцевания, а также экструзией через щелевую головку при 160—190° С.

Пленка поливинилхлоридная ММ (ТУ МХП 2319—53). Получается каландрованием. Выпускается двух марок: ММП (мягкая) и ММВ (жесткая). Теплостойкость пленки ММП при 80° С не менее 100 *ч*. Стойкость пленки к старению при испытании в везерометре при 70° С должна быть не менее 100 *ч*.

Пластикат пленочный для газовой аппаратуры (ТУ МХП 3703—53). Предназначается для изготовления диафрагм, мембран и других деталей газовой аппаратуры.

Пластикат рецептуры 80 (СТУ ЛСНХ 30-12306—62). Представляет собой термопластичный материал различного назначения, изготовленный из пластифицированного ПВХ.

Пластикат рецептур 1017 и 1048 (СТУ 9-222—62). Применяется для изготовления профильных изделий. Пластикат рецептуры 1017 выпускается синего, зеленого, светло-серого, голубого, кремового и черного цвета, а пластикат рецептуры 1048 — красного, коричневого и цвета слоновой кости.

Пластикат рецептуры 57-40, рулонный (СТУ ЛСНХ 30-12016—61). Обладает хорошими сорбционно-десорбционными свойствами — хорошо очищается от радиоактивных загрязнений и используется в помещениях, в которых проводятся работы с радиоактивными веществами. Остаточная загрязненность радиоактивными веществами (от первоначальной загрязненности) не более 3%.

Пленки ПВХ пластифицированные для галантерейных изделий (ГОСТ 9998—62). Получаются каландрованием; выпускаются следующих четырех видов:

I — для верха (гладкие и тисненные);
II — для верха и подкладки (с печатным рисунком);
III — для подкладки;
IV — для верха.

Пленки должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	I	II	III	IV
Ширина, *мм*	650—1000	550—1000	650—1000	—
Толщина, *мм*	0,5—0,7	0,3—0,7	0,2—0,5	0,3—0,6
Предел прочности при растяжении, *кГ/мм*², не менее	0,7	0,6	0,5	—
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	110	100	80	60
Морозостойкость, °С, не выше	—25	—25	—25	—20

Поливинилхлоридные пленки должны быть не липкими, водостойкими, не иметь неприятного запаха. Срок хранения пленок не более 6 месяцев.

Пленка эластичная (ТУ МХП 2544—51). Светло-голубого цвета, получается каландрованием ПВХ композиции. Применяется для эластичных покрытий валиков вытяжных аппаратов прядильных машин.

Свойства пластифицированных поливинилхлоридных пластикатов

Пластикат	Длина, *мм* не менее	Ширина, *мм* не менее	Толщина, *мм* не менее	Предел прочности при растяжении *кГ/см²* не менее	Относительное удлинение при разрыве, % не менее	Морозостойкость, °С не выше
Пластикат листовой прокладочный (ВТУ МХП 2024—49)	1000	600	1—3, 3—5	100	150	—15
Пластикат листовой прокладочный (СТУ 30-12421—62)						
рецептура 38	—	—	2—2,5±0,4	100	100	—15
» Э	—	—	(2—2,5)+0,35 —0,20	100	—	
		600	0,6	60	60	—
Пластикат листовой для газовой аппаратуры (ТУ МХП 3702—53)	1000	1200	0,12—0,17	100	180	—50
Пленка изоляционная ДБИ-45 (ВТУ МХП 3685—53)	2000	700	0,19—0,27	110	140	—
Пленка упаковочная В-118 (ТУ МХП 786—57)	5000	550—650	0,22—0,32	100	130	—25
		950—1000				
Пластикат упаковочный (ВТУ МХП 550—54)	2000	1200	0,19—0,27	100	200	—50
		450±10	—	80	60	—
		500±10				
Пленка рецептуры 990 (ВТУ ВМ-2—57)	5000	1000	0,15—0,20	50	—	—20
Клеенка медицинская компрессная (ВТУ МХП 1368—46)	—	200	0,20—0,30	100	—	—20
		950	0,15±0,5	80	270	—
		1000	0,2—0,55±0,05			
		1100	0,6—0,80±0,06	120	130	—
		1200				
Пленка поливинилхлоридная ММ (ТУ МХП 2319—53)	1500—5000	40±1	0,7—1,0	150—140	250—200	—40
марка ММП (мягкая)	4000					—30
» ММВ (жесткая)	4000					
Пластикат пленочный для газовой аппаратуры (ТУ МХП 3703—53)	1025	1200±10	2±0,4	140	170	—
Пластикат рецептуры 80 (СТУ ЛСНХ 30-12306—62)	1500—5000	800±10	0,7±0,1	140	160	—
		800±10	0,5±0,06	140	140	—
Пластикат рецептур 1017 и 1048 (СТУ 9-222—62)	—					
рецептура 1017	12 *м*					
» 1048	30 *м*					
Пластикат рецептуры 57-40, рулонный (СТУ ЛСНХ 30-12016—61)	30 *м*					

Электроизоляционные поливинилхлоридные пластикаты

Из общего числа различных видов поливинилхлоридных пластикатов, выпускаемых промышленностью, наибольшая часть (в тоннаже) приходится на пластикаты, идущие для электроизоляции проводов и кабелей.

Для производства кабельной электроизоляции изготавливают следующие поливинилхлоридные пластикаты:

Пластикат специальный светотермостойкий (ВТУ МХП 1535—47).

Пластикат светотермостойкий изоляционный 489 (ВТУ 2909—51).

Пластикат шланговый светотермостойкий для кабельной промышленности (ВТУ 3865—53).

Пластикат изоляционный светотермостойкий повышенной гибкости (ВТУ М-571—54).

Пластикат кабельный (ТУ МХП 393—48).

Пластикат кабельный в гранулах (ВТУ ЛСНХ 33067—60).

Пластикат светотермостойкий (ГОСТ 5960—51).

Различают два основных вида светотермостойкого поливинилхлоридного кабельного пластиката в зависимости от применения: изоляционный кабельный пластикат для непосредственной изоляции токопроводящих жил проводов и кабелей и шланговый пластикат для наружных защитных оболочек уже изолированного кабеля. Существуют свыше десятка различных рецептур кабельного пластиката, отличающихся друг от друга физико-механическими и диэлектрическими свойствами и предназначенных для различных условий эксплуатации проводов и кабелей.

Кабельный пластикат выпускается в виде гранул или в виде лент (свернутых в «бухты») толщиной 0,8—1,3 *мм* и шириной 40 *мм*.

Шланговый пластикат выпускается двух цветов — черного и синего, изоляционный — неокрашенным (натурального цвета) и окрашенным в серый, голубой, светло-синий, фиолетовый, красный, розовый, оранжевый, коричневый, желтый, зеленый, черный и белый цвета.

Физико-механические и диэлектрические свойства некоторых рецептур шлангового и изоляционного светотермостойкого кабельного пластиката приведены на стр. 70.

Трубки и липкие ленты из пластифицированного ПВХ

Липкая лента для изоляции газонефтепроводов (СТУ 38-678—65). Представляет собой поливинилхлоридный пленочный пластикат, покрытый слоем перхлорвинилового клея (100 *г* на 1 $м^2$). Предназначается для защиты магистральных газотрубопроводов от подземной коррозии. Липкость ленты * должна быть не менее 10 *сек*. Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С не менее $1 \cdot 10^{11}$ *ом · см*.

* Липкость характеризуется временем (в *сек*), в течение которого расклеится образец ленты длиной 100 *мм*, на который действует груз (в *Г*), равный 20-кратной ширине ленты (в *мм*).

Свойства электроизоляционных поливинилхлоридных пластикатов

Показатели	Пластикат																							
	Специальный термостойкий (ВТУ МХП 1535—47)		Светотермостойкий (ГОСТ 5960—51)																					
	шлан-говый	изоля-ционный II	шлан-говый	изоля-ционный I	изоля-ционный А	изоля-ционный Б	Светотермо-стойкий изо-ляционный 489 (ВТУ 2909—51)	Шланговый светотермо-стойкий (ВТУ МХП 3865—53)	Изоляционный светотермо-стойкий (ВТУ М-571—54)	Кабельный (ТУ МХП 393—48). Ка-бельный в ре-зиновой оболочке (ВТУ ЛСНХ 33067—60)	Светотермо-стойкий изо-ляционный 489 (ВТУ 2909—51)	Шланговый светотермо-стойкий (ВТУ МХП 3865—53)	Изоляционный светотермо-стойкий (ВТУ М-571—54)	Кабельный (ТУ МХП 393—48). Ка-бельный в ре-зиновой оболочке (ВТУ ЛСНХ 33067—60)	Светотермо-стойкий изо-ляционный 489 (ВТУ 2909—51)	Шланговый светотермо-стойкий (ВТУ МХП 3865—53)	Изоляционный светотермо-стойкий (ВТУ М-571—54)	Кабельный (ТУ МХП 393—48). Ка-бельный в ре-зиновой оболочке (ВТУ ЛСНХ 33067—60)	Светотермо-стойкий изо-ляционный 489 (ВТУ 2909—51)	Шланговый светотермо-стойкий (ВТУ МХП 3865—53)	Изоляционный светотермо-стойкий (ВТУ М-571—54)	Кабельный (ТУ МХП 393—48). Ка-бельный в ре-зиновой оболочке (ВТУ ЛСНХ 33067—60)
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	140	190	160	180	180	180	200	160	110	100	200	160	110	100	200	160	110	100	200	160	110	100
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	280	180	280	200	200	200	200	280	350	100	200	280	350	100	200	280	350	100	200	280	350	100
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее																						
при 20° С	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{13}$
» 70° С	—	$1 \cdot 10^{11}$	—	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{10}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Температура разложения, °С, не менее	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Морозостойкость, °С, не выше	—40	—40	—40	—40	—50	—40	—50	—50	—	—15	—50	—50	—	—15	—50	—50	—	—15	—50	—50	—	—15
Твердость по Джонсу, *кГ/см²*, не менее																						
при 20° С	—	—	—	—	—	—	60	—	11	—	60	—	11	—	60	—	11	—	60	—	11	—
» 70° С	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	15	—	—	—	15	—	—	—	15	—	—	—
Водопоглощение за 24 *ч*, %, не более	—	—	—	—	—	—	—	0,35	—	—	—	0,35	—	—	—	0,35	—	—	—	0,35	—	—
Стойкость к старению в везерометре при 70° С, *ч*, не менее	400	400	400	400	400	400	800	2000	400	—	800	2000	400	—	800	2000	400	—	800	2000	400	—
Цветостойкость в везерометре при 70° С, *ч*, не менее	96	96	96	96	96	96	—	96	96	—	—	96	96	—	—	96	96	—	—	96	96	—
Потери массы при нагревании, %, не более																						
в течение 6 *ч* при 160° С	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3		3	3	3		3	3	3	
» 96 *ч* при 105° С	8	10	10	10	10	—	—	—	—		—	—	—		—	—	—		—	—	—	

Липкая изоляционная лента (ТУ МХП 2898—55). Применяется для ремонта и сращивания кабельных оболочек. Ленту производят четырех марок: ПХЛ-020, ПХЛ-030, ПХЛ-040, ПХЛ-045.

Лента выпускается шириной от 15±2 до 50±3,5 *мм* и толщиной от 0,20±0,03 до 0,45±0,05 *мм*. Лента намотана в рулон. Ниже приведены показатели физико-механических свойств ленты:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	80
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	100
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом·см*, не менее	$1 \cdot 10^{13}$
Липкость ленты ПХЛ-030; ПХЛ-040 и ПХЛ-045, *сек*, не менее	30
Морозостойкость, °С, не выше	—40

Ленты выпускают белого, серого, черного, светло-синего, голубого, фиолетового, красного, розового, оранжевого, коричневого, желтого, зеленого и натурального цветов.

Ленты липкие маркировочные (ВТУ М-833—60). Изготовляются из специального светотермостойкого поливинилхлоридного пластиката и применяются для маркировки и заделки концов монтажных проводов и жил кабелей в электро- и радиотехнической аппаратуре.

Ленты наматываются на бобину: ширина ленты 12±1 *мм*, толщина 0,12+0,05 *мм*, длина ленты на бобине от 3 до 10 *м*. Липкость ленты не менее 10 *сек*.

Трубки гибкие (ТУ МХП М-599—55). Изготовляются из ПВХ композиции и предназначаются для транспортирования воды, масел, воздуха, газов при температурах от —10 до +60° С, а также для изоляции провода. Трубки должны удовлетворять следующим требованиям:

Внутренний диаметр, *мм*	4—50
Толщина стенок, *мм*	1—6
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	100
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	120
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом·см*, не менее	$1 \cdot 10^{12}$
Морозостойкость, °С, не выше	—15

Размеры поливинилхлоридных трубок и лент (по МРТУ 6-05-919—63)

Трубки						Ленты		
внутренний диаметр *мм*	толщина стенок *мм*	длина *м* не менее	внутренний диаметр *мм*	толщина стенок *мм*	длина *м* не менее	ширина *мм*	толщина *мм*	длина *м* не менее
1,0±0,5	0,3—0,5	5	8,0±0,5	0,5—0,7	5	10±1,0	0,5—0,8	5
1,5±0,25	0,3—0,5	5	9,0±0,5	0,5—0,7	5	13±1,0	0,4—0,7	5
2,0±0,25	0,3—0,5	5	10±0,5	0,6—0,8	2	15±1,0	0,5—0,8	5
2,0±0,3	0,9—1,1	5	12±0,5	0,6—0,8	2	15±1,0	1,35—1,65	5
2,5±0,25	0,3—0,5	5	14±0,5	0,6—0,8	2	18±1,0	0,4—0,7	5
3,0±0,25	0,9—1,1	5				20±1,0	0,8—1,0	5

Продолжение

Трубки						Ленты		
внутренний диаметр *мм*	толщина стенок *мм*	длина *м* не менее	внутренний диаметр *мм*	толщина стенок *мм*	длина *м* не менее	ширина *мм*	толщина *мм*	длина *м* не менее
3,0±0,25	0,3—0,5	5	16±0,8	0,8—1,0	2	20±1,0	0,4—0,7	5
3,5±0,25	0,3—0,5	5	18±0,8	0,8—1,0	2	20±1,0	1,35—1,65	5
4,0±0,25	0,5—0,7	5	20±1,0	1,0—1,3	2	40±1,0	0,4—0,7	5
4,0±0,25	1,0—1,4	5	25±1,0	1,0—1,3	2	40±1,0	0,8—1,0	5
4 5±0,25	0,5—0,7	5	30±1,3	1,3—1,5	2	40±1,0	1,1—1,6	5
5,0±0,25	0,5—0,7	5	34±1,3	1,3—1,5	2	50±1,0	0,8—1,0	5
6,0±0,3	0,5—0,7	5	36±1,3	1,3—1,5	2	105±5,0	1,25—1,75	5
7,0±0,5	0,5—0,7	5	40±2,0	1,5—2,0	2			

Трубки и ленты изготовляются по двум рецептурам: рецептура 230 для эксплуатации в обычных климатических условиях; рецептура 230Т для эксплуатации в тропических условиях.

Трубки и ленты выпускаются неокрашенными или окрашенными в белый, желтый, оранжевый, розовый, голубой, черный, красный, зеленый, светло-синий, коричневый, фиолетовый и серый цвета.

Пластикат, применяемый для изготовления трубок и ленты, должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	150
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	180
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	$5 \cdot 10^{11}$
Водопоглощение, %, не более	1
Морозостойкость, °С, не выше	—40
Пенетрация *, *дцмм*, не выше	15

* Пенетрация — глубина проникновения в испытуемый образец иглы определенного диаметра в течение 30 *мин* при 70° С и давлении 5 *кГ/см²*.

Трубки и ленты пластикатные М-50 (СТУ-9-249—62). Выпускаются натурального и черного цветов и имеют следующие размеры:

Трубки	
длина, *м*, не менее	2—5
внутренний диаметр, *мм*	от 1±0,2 до 40±2
толщина стенок, *мм*	0,3—2
Ленты	
длина, *м*, не менее	5
ширина, *мм*	от 20±1 до 50±2
толщина, *мм*	0,3—0,8

Пластикат, из которого изготовляются трубки, должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	90
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	200

Морозостойкость, °С, не выше	—50
Теплостойкость (образцы трубок, выдержанные в течение 30 *мин* при 60° С при сжатии пальцами не должны слипаться) °С, не ниже	60

Трубки ТВГ-70 для галетных батарей (ТУ МХП 348—54). Изготовляются из ПВХ кабельных пластикатов и предназначаются для сборки элементов батарей галетного типа.

Трубки масло-бензостойкие (СТУ 14-726—64). Изготовляются из ПВХ масло-бензостойкого пластиката. Предназначаются для подачи под давлением бензина и дизельного топлива в автомобилях и тракторах, а также для подачи масляной эмульсии к металлорежущим станкам.

Трубки должны отвечать следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	180
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	160
Сопротивление изгибу	Трубка длиной 200 *мм* при 20° С не должна давать при изгибе сквозных трещин
Сопротивление удару	Трубка, заполненная жидкостью, при 20° С должна противостоять удару груза массой 0,4 *кг*, падающего с высоты 400 *мм*
Топливостойкость (потеря массы при 50° С в дизельном топливе за 24 *ч*), %, не более	1

Линолеумы и профили из поливинилхлорида

На основе пластифицированного ПВХ с минеральными наполнителями (тальк, каолин, барит и т. п.), стабилизаторами, красителями и другими добавками изготовляются различные сорта линолеума, которые применяют для отделки полов в общественных и жилых зданиях, железнодорожных вагонах, пароходах, метро и т. д.

Линолеум может быть однослойным и многослойным, безосновным и на тканевой основе.

Линолеум выпускается в виде плиток или в рулонах.

Многослойный линолеум обладает большой стойкостью к истиранию, так как верхний слой, содержащий меньшее количество наполнителя, имеет повышенные показатели механических свойств.

Линолеум на тканевой основе (ГОСТ 7251—54). Изготовляется в виде полотнищ, дорожек, ковров и выпускается одноцветным, узорчатым с нанесенным на лицевой стороне рисунком и мраморовидным. Размеры линолеума:

Длина полотнища или дорожки, *м*, не менее	12
Ширина, *м*	
полотнища	1,6
дорожки	0,75 и 1,6
Толщина, *мм*	2 и 2,5

Цвет линолеума не должен изменяться под влиянием воздуха, света и воды. Водопоглощение не должно превышать 5%, потеря массы при истирании линолеума не должна превышать 0,06 *г/см²*.

Линолеум хранят в сухом помещении с температурой не ниже +10° С. Рулоны линолеума должны находиться в вертикальном положении.

Линолеум двухслойный (ТУ 230—63). Изготавливается из ПВХ с наполнителями, пластификаторами и пигментами методом дублирования под давлением нагретых поливинилхлоридных пленок. Лицевой слой линолеума — цветная, высококачественная, малонаполненная износостойкая пленка; подстилающий слой — наполненная пленка.

Линолеум предназначается для покрытия полов. Выпускается в виде полотнищ, дорожек и ковриков различных цветов. Размеры линолеума:

Длина, *м*, не менее	
полотнища	12
дорожки	1
Ширина, *м*	
полотнища	1,3
дорожки	0,7
Толщина, *мм*	2; 2,5; 3

Упругость линолеума, найденная по деформации, остающейся через 1 *мин* после снятия нагрузки в 1 *кГ*, должна быть не менее 40%. Водопоглощение линолеума за 24 *ч* не должно превышать 5%. Потеря массы при истирании линолеума не должна превышать 0,05 *г/см²*.

Перед наклеиванием линолеум должен быть предварительно раскатан и выдержан в течение 48 *ч* при 18° С.

Профили поливинилхлоридные (ВТУ МХП 673—57). Получают из пластиката методом экструзии. Размеры и форма — по согласованию с заказчиком. Применяются в качестве декоративных элементов (кантов) и уплотняющих материалов в автомобильной и других отраслях промышленности.

Поливинилхлоридные пластикаты в виде гранул, пленки, листа, труб, лент, жгутов и других профилей различного сечения можно получить на двух- или многочервячных экструзионных машинах.

СИЛЬНО ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫЙ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД

Сильно пластифицированные мягкие поливинилхлоридные массы, выпускаемые по **ТУ МХП-2742—53**, содержат от 70 до 90% пластификатора (обычно в поливинилхлоридном пластикате содержится 30—40% пластификатора).

Мягкие поливинилхлоридные массы изготавливаются трех марок: формопласт СМ, гидропласт СМ и гидропласт ДМ.

Формопласт СМ, содержащий 71—75% пластификатора, предназначается для изготовления форм для отливок гипсовых и цементных архитектурных лепных деталей, отливки восковых моделей для художественного и точного литья, объемных скульптур, рельефных гальванопластических копий и т. д.

Гидропласт СМ, содержащий 71—75% пластификатора, применяется для заполнения полостей приспособлений в металлорежущих станках.

Гидропласт ДМ, содержащий 86—89% пластификатора, предназначается для заполнения полостей различных зажимов (эта масса способна перемещаться под давлением по узким каналам).

По внешнему виду гидропласт и формопласт представляют собой студнеобразную массу от желтого до коричневого цвета.

Мягкие поливинилхлоридные массы приготовляются путем смешения поливинилхлорида, пластификатора и стабилизатора при 140—150° С. Готовую однородную массу выливают затем на противни, где она и застывает.

Физико-механические свойства гидропласта и формопласта

Показатели	Формопласт СМ	Гидропласт	
		СМ	ДМ
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее . .	2	1,5	Не нормируется
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее . .	150	120	Не нормируется
Рабочие температуры, °С . .	0—80	5—60	от —20 до +40
Температура плавления, °С .	135—140	140—150	120—130

В расплавленном состоянии формопласт и гидропласт могут быть залиты в формы или зажимные приспособления. Применение гидропласта в зажимных приспособлениях токарных, фрезерных и других станков упрощает конструкцию зажимных приспособлений, повышает точность центровки обрабатываемых деталей и надежность их крепления.

Поливинилхлоридные пасты

Поливинилхлоридные пасты готовят из латексного поливинилхлорида путем смешения порошка ПВХ при обычной температуре с соответствующими пластификаторами (диоктилфталатом, трикрезилфосфатом, диоктилсебацинатом и др.), стабилизаторами и другими компонентами.

Пасты представляют собой достаточно подвижные высококонцентрированные малорастворимые при комнатной температуре взвеси ПВХ в пластификаторе. Различают несколько разновидностей паст — пластизоли, органозоли, ригизоли и т. п.

Пластизоли — это дисперсии поливинилхлорида и различных твердых добавок (красителей, стабилизаторов и т. п.) в пластификаторе.

Органозоли — это дисперсии поливинилхлорида и твердых добавок в смеси пластификатора и растворителя или разбавителя, понижающего вязкость органозоля.

Ригизоли — это поливинилхлоридные пасты, обладающие хорошей текучестью при небольшом содержании пластификатора (не превышающем 23 вес. ч. на 100 вес. ч. ПВХ) за счет введения в композицию специальных веществ, понижающих вязкость паст.

Технологический процесс производства поливинилхлоридных паст состоит из следующих основных стадий:

1) смешение компонентов (в смесителях типа Петцольда);
2) вызревание пасты (при комнатной температуре в течение 24 *ч*);
3) гомогенизация пасты на валковых краскотерках;
4) вакуумирование пасты (для удаления пузырьков воздуха).

С повышением температуры растворимость ПВХ в пластификаторе резко возрастает — наступает процесс желатинизации пасты. Полностью желатинизированная при повышенных температурах паста образует резиноподобный мягкий пластикат.

Из пасты, нанесенной на ткань через фильеру или при помощи ракли (ножа) и последующей желатинизации при повышенной температуре (160° С), можно получать рулонные водонепроницаемые ткани, клеенки, ПВХ линолеум или материалы, имитирующие кожу.

Текстовинит (ГОСТ 6603—53). Представляет собой искусственную кожу на основе поливинилхлоридной пасты, нанесенной на ткань. Текстовинит обладает следующими свойствами:

Вес 1 $м^2$ текстовинита, *Г*	400—1000
Предел прочности при растяжении полоски 20 × 100 *мм*, $кГ/мм^2$	
по основе	10—36
по утку	10—32
Истираемость после 10 000 оборотов, $г/м^2$	50—130

Поливинилхлоридная паста (ВТУ МХП 2102—49). Применяется для герметизации жил специальных кабелей, работающих в условиях повышенной температуры (75° С) и повышенной влажности. Паста должна отвечать следующим требованиям:

Водопоглощение, $мг/см^2$, не менее	1
Вязкость по воронке НИИЛК, *мин*	
тип А	30—40
тип Б	41—50
тип В	51—60
Температура разложения, °С, не ниже	200

Паста должна храниться при температуре 15—25° С. Срок хранения — полтора месяца. Перед употреблением пасту следует перемешать.

Из поливинилхлоридных паст можно получать литые изделия путем заливки пасты в металлические формы соответствующей конфигурации и последующей желатинизации в нагревательном шкафу при температуре около 160° С.

Методом литья из паст получают типографские валики, пробки, манжеты и другие изделия. Изделия сложной формы — перчатки, сапоги, шапочки для купания, детские игрушки и т. д. получаются методом многократного макания соответствующей формы в ПВХ пасту с последующей желатинизацией при 180° С в течение 30—60 *мин.*

Из пластизолей изготавливаются подлокотники для автомобильных сидений, манекены для магазинов готового платья, подошвы для обуви и другие изделия.

ПВХ пасты, нанесенные на металл, предохраняют металлы от коррозии и применяются для изготовления плакированного металлического листа. Поливинилхлоридные пасты применяют для изготовления уплотняющих прокладок для укупорки бутылок вместо прокладок из натуральной пробки.

Лаковые и эмалевые растворы

Из растворов ПВХ могут быть получены лаки и эмали, которые используются в качестве грунтовок и огнестойких пропиточных покрытий.

Ниже приведены рецептуры некоторых лаков на основе поливинилхлорида:

Компонент	Содержание, %					
Поливинилхлорид	5	5	5	4	5	10,5
Глифталевая смола	—	14	7	22	14,8	—
Феноло-альдегидная смола	—	—	7	—	—	—
Рицинолеат кальция (стабилизатор)	0,2	1	1	1	0,2	—
Бутилацетат	22	10	10	39	40	—
Ацетон	25	30	30	—	—	—
Бензол	25	25	25	34	40	—
Бензин	22,8	15	15	—	—	—
Дибутилфталат	—	—	—	—	—	5,2
Дихлорэтан	—	—	—	—	—	84,3

Вследствие малой растворимости ПВХ при комнатной температуре наибольшее распространение получили лаковые растворы на основе перхлорвиниловой смолы (продукт хлорирования поливинилхлорида).

В результате дополнительного хлорирования содержание хлора в перхлорвиниловой смоле достигает 64% и выше, растворимость смолы в большинстве растворителей сильно возрастает.

Перхлорвиниловая смола (ГОСТ 10004—62). Выпускается двух марок: ПСХ-Н (низковязкая) и ПСХ-С (средневязкая); должна удовлетворять следующим требованиям:

	ПСХ-Н	ПСХ-С
Зольность, %, не более	0,2	0,2
Содержание железа, %, не более	0,02	0,02
Влажность, %, не более	0,5	0,5
Кислотность	Отсутствие	
Вязкость 10%-ного раствора по ВЗ-4, *сек*	11—14	14,1—21
Температура разложения, °С	130	140
Растворимость при 18—20° С в ксилоле	Полная за 2 *ч*	—
в смеси — 35 вес. ч. бутилацетата, 35 вес. ч. ацетона и 30 вес ч. толуола	—	Полная за 2 *ч*

На основе перхлорвиниловой смолы в лакокрасочной промышленности изготавливают различного рода атмосферостойкие, антикоррозийные лаки и эмали, образующие хорошие эластичные защитные пленочные покрытия.

Перхлорвиниловая смола применяется также для изготовления синтетического волокна «хлорин».

Перхлорвиниловый лак ХВЛ-18 (ТУ МХП-3454—52). Представляет собой раствор перхлорвиниловой смолы в смеси органических растворителей с добавлением талька. Применяется для закрепления рисунков, нанесенных специальной тушью на поверхность поливинилхлоридных трубок.

Перхлорвиниловый лак ПХВ-50 (ТУ МХП 1860—48). Представляет собой раствор перхлорвиниловой и алкидной смол и пластификатора в органических растворителях. Применяется для пропитки деревянных деталей.

Перхлорвиниловый лак ОНИЛХ-3 (ТУ МХП 1250—48). Представляет собой раствор перхлорвиниловой смолы и хлорпарафина в хлорбензоле и

дихлорэтане. Применяется для внешнего антикоррозионного покрытия аппаратуры и коммуникаций.

Перхлорвиниловые лаки должны отвечать следующим требованиям:

Показатели	ХВЛ-18	ПХВ-50	ОНИЛХ-3
Вязкость лака по ФЭ-36 (сопло № 2) при 20° С, *сек*	3—15	5—15	6—25
Содержание сухого вещества, %, не менее	10	15	14

Перхлорвиниловые эмали (ГОСТ 6993—54 и ВТУ МХП 4383—55). Представляют собой растворы перхлорвиниловой смолы в смеси летучих органических растворителей с добавкой других смол, пластификаторов и пигментов. Эмали выпускаются следующих марок и цветов:

Марки	Цвет	Укрывистость, *г/м²* (на сухую пленку)	Марки	Цвет	Укрывистость, *г/м²* (на сухую пленку)
ПХВ-3 *	Кремовый	200	ПХВ-15	Голубой	60
ПХВ-4	Бежевый	130	ПХВ-21	Красный	50
ПХВ-6	Желтый	130	ПХВ-23	Серый	60
ПХВ-10	Защитный	80	ПХВ-24	Темно-серый	50
ПХВ-13 *	Кремовый	80	ПХВ-26	Красно-коричневый	50
ПХВ-14	Зеленый	60			

* Выпускаются по ВТУ МХП 4383—55.

Эмали должны удовлетворять следующим требованиям:

Вязкость по ВЗ-4 при 18—20° С, *сек*, не менее	30
Содержание сухого вещества, %, не менее	26
Время высыхания при 18—22° С, *ч*, не более	1

Эмали применяются для окраски деревянных или предварительно загрунтованных металлических изделий, эксплуатируемых в жестких атмосферных условиях.

Химически стойкие перхлорвиниловые эмали ХСЭ (ГОСТ 7313—55). Представляют собой растворы перхлорвиниловой и алкидной смол в смеси органических растворителей с добавлением пигментов и пластификаторов.

Эмали выпускаются следующих марок и цветов:

Марки	Цвет	Укрывистость, *г/м²* (на сухую пленку)	Марки	Цвет	Укрывистость, *г/м²* (на сухую пленку)
ХСЭ-1	Белый	100	ХСЭ-14	Зеленый	50
ХСЭ-3	Кремовый	80	ХСЭ-23	Серый	90
ХСЭ-6	Желтый	150	ХСЭ-26	Коричнево-красный	65

К эмалям предъявляются следующие требования:

Вязкость по ВЗ-4 при 18—20° С, *сек*, не менее	20—75
Содержание сухого вещества, %, не менее	26
Время высыхания при 18—22° С, *ч*, не более	1

Эмали применяются для защиты наружных поверхностей оборудования и металлических конструкций от воздействия агрессивных газов, кислот (серной, фосфорной и соляной) и слабых растворов солей и щелочей при температуре от —40 до +60° С.

Эмали наносятся на предварительно очищенную и загрунтованную поверхность кистью или краскораспылителем.

ПОРИСТЫЕ И ПЕНИСТЫЕ ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Пенистые пластические массы (пенопласты) состоят из ячеек, не сообщающихся друг с другом, заполненных газом. Пористые пластические массы (поропласты) состоят из ячеек, сообщающихся друг с другом, и образуют поры.

Основное достоинство пенопластов и поропластов на основе ПВХ — малая объемная масса и низкая теплопроводность.

Пенистые жесткие и мягкие пластические массы на основе ПВХ получаются в результате нагревания смеси ПВХ с газообразователем и другими компонентами. При определенной температуре газообразователь разлагается с выделением пузырьков газа, в результате чего образуется замкнутая ячеистая структура.

Пористые пластмассы на основе ПВХ получаются путем введения в композицию водорастворимых солей. После желатинизации водорастворимые соли вымываются, и в пластмассе образуются сквозные поры. По другому способу получения поропластов (мипластов) порошок ПВХ нагревают при высоких температурах, в результате чего частички поливинилхлорида спекаются между собой, образуя в промежутках сквозные поры.

Поропласты используются в качестве полупроницаемых мембран и пластин.

Пенопласт плиточный ПВХ-1 (ТУ ВСНХ и ГКАТ 9-90—61). Получается из смеси ПВХ, газообразователя и других добавок путем нагревания в герметической прессформе до 160—170° С при давлении 250—300 *кГ/см²*. Продолжительность нагревания — примерно 1 *мин* на каждый миллиметр толщины плиты. По охлаждении прессформы до 15—20° С из нее извлекают готовый плиточный пенопласт.

Пенопласт плиточный должен удовлетворять следующим требованиям:

Объемная масса, *г/см³*	0,07—0,10	0,10—0,13
Предел прочности при сжатии перпендикулярно плоскости плиты, *кГ/см²*, не менее	4	7
Стрела прогиба, *мм*, не более	3,5	3,5
Усадка линейная при 60° С за 24 *ч*, %, не более	1	1
Водопоглощение, *кг/м²*, не более	0,25	0,2
Размер плиты, *мм*	500 × 500	500 × 500
Толщина плиты, *мм*	(50—70) ±5	(45—65) ±5

Плиты пенопласты могут эксплуатироваться при температурах от —60 до +60° С.

Пенопласт применяется в качестве легкого заполнителя и теплоизоляционного материала в различных конструкциях.

Коэффициент теплопроводности пенопласта ПВХ-1 равен 0,036 *ккал/(м · ч · град)*.

Пенопласт ПВХ-2 (ТУ МХП 411—56). Должен удовлетворять следующим требованиям:

Объемная масса, *г/см³*	0,13—0,17	0,17—0,22
Стрела прогиба, *мм*, не более	4	4
Усадка линейная при 60° С за 24 *ч*, %, не более	1	1
Водопоглощение, *кг/м²*, не более	0,3	0,3
Размер плиты, *мм*	400 × 400	400 × 400
Толщина плиты, *мм*	35	35

Пенопласт ПВХ-2 используется в качестве теплоизоляционного и трудносгопляемого материала при температурах от —60 до +60° С.

Пенопласт плиточный для поплавков рыболовных сетей (ТУ МХП 679—56). Получается на основе поливинилхлорида и полистирола. Выпускается трех марок: ПВХ-1, ПС-1, ПС-4. Пенопласт должен удовлетворять следующим требованиям:

	ПВХ-1	ПС-1	ПС-4
Объемная масса, *г/см³*, не более	0,22	0,25	0,08
Усадка линейная при 60° С за 24 *ч*, %, не более	3	3	3
Водопоглощение, *кг/м²*, не более	0,3	0,3	0,3
Размер плиты, *мм*	200 × 200	200 × 200	200 × 200
Толщина плиты, *мм*	30	30	30

Пенопласт ПВХ-Э (СТУ 1407-41—64). Получается из поливинилхлорида, пластификатора и газообразователя. Пенопласт ПВХ-Э должен удовлетворять следующим требованиям:

Объемная масса, *г/см³*	0,1—0,15	0,18—0,21
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	—	4,0—4,5
Усадка за 24 *ч*, %		
линейная при 60° С	—	5
объемная при 50° С	25	15
Водопоглощение за 24 *ч*, %	—	0,5
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	—	0,057
Размер плит, *мм*	500 × 500 × 40	

Пенопласт ПВХ-Э применяют в качестве легкого амортизационного и теплоизоляционного материала в авто-, самолето- и судостроении.

Мипластовые сепараторы (СТУ 30-12273—62). Представляют собой жесткие микропористые листы, полученные методом спекания порошка поливинилхлорида при 220—380° С.

Мипластовые сепараторы используются в качестве разделителей анодных и катодных пластин в аккумуляторных батареях.

СОПОЛИМЕРЫ ВИНИЛХЛОРИДА

Из отдельных представителей сополимеров винилхлорида наибольшее промышленное значение получили следующие: сополимер винилхлорида с винилацетатом (винилит), сополимер винилхлорида с метилакрилатом (хловинит), сополимер винилхлорида с метилметакрилатом (винипроз), сополимеры винилхлорида с винилиденхлоридом с различным содержанием винилиденхлорида (саран).

Сополимер винилхлорида с винилацетатом (винилит) (ТУ МХП 4232А—54). Соотношение винилхлорида и винилацетата в сополимере 80 : 20. Винилит применяется для изготовления долгоиграющих грампластинок, плиток для полов и т. п.

Сополимер винилхлорида с метилакрилатом МА-20 (хловинит) (ВТУ МХП 3636—52). Представляет собой негорючий белый порошок, растворимый в дихлорэтане, диоксане, хлорбензоле. Соотношение винилхлорида и метилакрилата 80 : 20.

Хловинит МА-20 применяется для изготовления листового материала или прокладочных жгутов.

Ниже приведены требования, которым должны удовлетворять винилит и хловинит:

Показатели	Винилит (ТУ МХП 4232А—54)	Хловинит (ВТУ МХП 3636—52)
Вязкость 1%-ного раствора в дихлорэтане, *спз*	1,25—1,35	1,8—2,5
Содержание хлора, %	45,5—49	45,5 ± 1
Зольность, %, не более	0,2	0,6
Содержание железа, %, не более	0,005	—
Температура разложения, °С, не ниже	145	160

Винипроз (СТУ 30-14347—65). Получается из сополимера винилхлорида с метилметакрилатом. Винипроз выпускают в листах двух видов: винипроз матированный и винипроз прозрачный.

Винипроз матированный предназначается для снятия копий с планов и вычерчивания на нем чертежей несмываемой тушью.

Винипроз прозрачный предназначается для защиты фотосхем, светокопировальных работ, картографии и других целей.

Винипроз выпускается следующих размеров:

	Матированный	Прозрачный
Длина, *мм*, не менее	1300	1300
Ширина, *мм*, не менее	600	600
Толщина, *мм*	0,25—0,45	0,25—0,60
Разнотолщинность в пределах листа, *мм*	0,1	0,1

Винипроз должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Винипроз	
	матированный	прозрачный
Поверхность винипроза	Матовая с одной стороны и полированная с другой	Полированная с двух сторон
Внешний вид	Прямоугольные прозрачные листы с желтоватым оттенком, с обрезанными или необрезанными краями должны иметь ровную поверхность, обеспечивающую хорошее прилегание их к плоскости. Вздутия, хлопуны и рябь по краям листа не допускаются	

Продолжение

Показатели	Винипроз	
	матированный	прозрачный
Гибкость при однократном изгибе на 180°	Не должно быть трещин. Допускается побеление в местах изгиба	
Плотность, *г/см³*	1,35	1,40
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	500	500
Водопоглощение за 24 *ч*, %, не более	1,0	1,0
Прозрачность *, %, не менее	25	75
Морозостойкость, °С, не выше	—35	—35
Коэффициент однократной усадки ** при 50° С, в течение 2 *ч*	$120 \cdot 10^{-5}$	Не определяется
Твердость (испытание при помощи маятника НИИЛК), не менее	0,7 гарантируется	Не определяется
Теплостойкость, °С	Не определяется	40
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*, не более	$8 \cdot 10^{-5}$	
Гарантийный срок хранения в условиях, предусмотренных СТУ	1 год	1 год

* Прозрачность винипроза определяют на светофотометре типа НФТ-15.

** Коэффициент однократной усадки K определяют по формуле:

$$K = \frac{\Delta l}{lt}$$

где l — первоначальная длина образца;
Δl — разность размеров образца до и после нагревания;
t — время нагревания образца.

Винипроз необходимо хранить в сухих складских помещениях при температуре не выше 30° С. Не допускается хранение листов винипроза, свернутых в рулоны.

Винипроз при хранении не должен подвергаться действию прямых солнечных лучей и должен находиться на расстоянии не менее 1 *м* от нагревательных приборов.

Сополимеры винилхлорида с винилиденхлоридом с высоким (более 70%), средним (30—60%) и малым (до 20%) содержанием винилиденхлорида широко применяются в виде порошков или латексов для изготовления волокна, пленок, лаковых и эмалевых покрытий, малогорючих пропиточных составов, грампластинок, антикоррозионных покрытий.

Ниже приведены показатели некоторых физико-механических свойств сополимеров винилхлорида с винилиденхлоридом при различном содержании винилиденхлорида.

Показатели	20% винилиденхлорида	90% винилиденхлорида
Плотность, *г/см³*	1,40	1,60—1,75
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	400—500	250—500
Относительное удлинение при разрыве, %	4	15—25

Продолжение

Показатели	20% винилиденхлорида	90% винилиденхлорида
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*	2100	5 000—14 000
Тангенс угла диэлектрических потерь при 800 *гц*	0,016	—
» 10^3 *гц*	—	0,06—0,075

Ниже приводятся данные о проницаемости сополимеров винилхлорида с винилиденхлоридом с различным содержанием винилиденхлорида для водяных паров:

Соотношение винилиденхлорида и винилхлорида	92 : 8	60 : 40	10 : 90
Паропроницамость, *г/(100 · м² · ч)*	13	30	127

По ГОСТ 10005—62 выпускаются две марки сополимера винилхлорида с винилиденхлоридом, содержащего 60% винилхлорида и 40% винилиденхлорида: ВХВД-40 — нестабилизированный; ВХВД-40(С) — стабилизированный.

Сополимеры используются для изготовления лаков и эмалей и должны удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Порошок белого или кремового цвета. Допускается наличие частиц сополимера светло-коричневого цвета
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора сополимера в дихлорэтане	0,2—0,3
Растворимость в смеси растворителей (26% ацетона, 12% бутилацетата и 62% толуола)	Раствор и полученная из него пленка должны быть прозрачными, без гелеобразных включений и механических примесей
Вязкость 20%-ного раствора сополимера в смеси растворителей по ВЗ-1 (сопло «2,5»), *сек*	5—10
Содержание хлора, %	62—63
Содержание влаги, %, не более	0,8
Содержание золы, %, не более	0,2
Содержание железа, %, не более	0,02
Содержание водорастворимых примесей, %, не более	0,1
Температура разложения, °С, не менее	
для марки ВХВД-40	120
» » ВХВД-40(С)	145

Торговые названия поливинилхлорида, его сополимеров и пластических масс на основе поливинилхлорида

Торговая марка	Фирма	Страна	Торговая марка	Фирма	Страна
ПВХ	—	СССР	Виннол	Ваккер Хеми	ФРГ
Юговинил	—	Югославия			
Корвик	Ай-Си-Ай	Англия	Хосталит	Хехст	»
Бреон	Бритиш Джеон	»	Лютофан	БАСФ	»
			Карина	Шелл	Голландия
Випла	Монтекатини	Италия	Певикон	Стокгольм-суперфосфат	Швеция
Сикрон	Сикедисон	»			
Сольвик	Сольвик	Бельгия	Марвинол	Ногатак	США
Хальвик	Хальвик	Австрия	Эксон	Файерстоун	»
Экавил	Кульман	Франция			
Родопас	Рон-Пулен	»	Опалон	Монсанто	»
Гобинил	Сент-Гобен	»	Плиовик	Гудьяр	»
Вестолит	Хемише Верке	ФРГ	Никавинил	—	Япония
			Нипеон	—	»

Непластифицированный поливинилхлорид

Винипласт	СССР
Децелит «Н»	ГДР
Экадур	»
Протодур «Н»	ФРГ

Пластифицированный поливинилхлорид

Пластикат	СССР
Децелит «W»	ГДР
Экалит	»
Велвик	Англия

Пористый поливинилхлорид

Экацель «Н» (твердый)	ГДР
Экацель «W» (мягкий)	»

Прозрачный поливинилхлорид

Экалон «Н» (твердый)	ГДР
Экалон «W» (мягкий)	»

Сополимеры на основе винилхлорида

СХВ (сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом)	СССР
СХБ (сополимер винилхлорида с бутилакрилатом)	»
Астралон (сополимер винилхлорида с диметилмалеинатом или акрилатом)	ГДР
Саран (сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом)	США
Винилит (сополимер винилхлорида с винилацетатом)	США, СССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев И. П., Петров Г. С., Химия искусственных смол, Госхимиздат, 1951.
2. Каргин В. А., Смирнов В. К., Рохлин М. И., Два пути развития химии полимеров, газета «Правда» от 15 марта 1960 г.
3. Fikentscher, Cellulose Chemie, **13**, 58 (1932).
4. Ship en Werf (голл.), 1963, № 26, стр. 789—796.
5. Гордон Г. Я., Хлористый винилиден и его сополимеры, Госхимиздат, 1957.
6. Щуцкий С. В., Пуркин В. С., Винипласт, Госхимиздат, 1953.
7. Каган Д. Ф., Трубопроводы из твердого поливинилхлорида, Изд. «Химия», 1964.
8. Юнгникель Х., Виппенхон Х., Поливинилхлорид в промышленности, 1961.
9. Шрадер В., Обработка и сварка пластических масс, Профиздат, 1960.
10. Горяинова А. В., Исследование длительного влияния нагрузки, температуры и агрессивных сред на механические показатели винипласта, Канд. диссертация, 1953.
11. Бакланов Н. А., Вашин Г. З., Химическое оборудование из винипласта. Конструирование, изготовление и эксплуатация, Госхимиздат, 1956.
12. Берлин А. А., Кронман А. Г., Яновский Д. М., Каргин В. А., Ударопрочный поливинилхлорид, Пластические массы, № 12, (1960).
13. Каргин В. А., Слонимский Г. Л., Краткие очерки по физикохимии полимеров, Изд. МГУ, 1960.
14. Данцин М. И., Коншин Н. П., Лебедев Г. А., Розен О. Б., Линолеум. Производство и применение, изд. Госсанинспекции, 1960.
15. Переработка полимеров, Сборник статей, Изд. «Химия», 1964.
16. Левин А. Н., Арбитман С. М., Производство полихлорвинила и продуктов его переработки в Германии, Госхимиздат, 1951.
17. Лазарев А. И., Сорокин М. Ф., Синтетические смолы для лаков, Госхимиздат, 1953.
18. Берлин А. А., Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров, Госхимиздат, 1954.
19. Лосев И. П., Тростянская Е. Б., Химия синтетических полимеров, Изд. «Химия», 1964.
20. Хрулёв М. В., Поливинилхлорид, Изд. «Химия», 1964.

ПОЛИСТИРОЛ

Полистирол получают полимеризацией мономерного стирола по свободнорадикальному или ионному механизму. Более широко применяется метод радикальной полимеризации в присутствии различных инициаторов (перекисей, гидроперекисей и азосоединений).

Полистирольные пластики выпускаются следующих основных видов:

1) полистирол общего назначения;
2) пенополистирол;
3) сополимеры стирола;
4) полимеры производных стирола;
5) ударопрочные полистиролы.

ПОЛИСТИРОЛ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Полистирол общего назначения в зависимости от способа получения выпускается под названием блочный, суспензионный и эмульсионный.

1. Блочную полимеризацию стирола проводят в присутствии инициаторов (растворимых в мономере перекисей, гидроперекисей, азосоединений и др.) или без них под действием тепла или света, причем скорость полимеризации резко зависит от температуры.

Процесс полимеризации проводится непрерывно и протекает в две стадии: предварительная полимеризация стирола (форполимеризация) при 75—85° С до 28—30%-ной степени превращения и окончательная полимеризация в обогреваемой полимеризационной колонне, состоящей из нескольких секций, имеющих температуру от 100 до 235° С. Схема получения блочного полистирола непрерывным методом показана на рис. 1.

Блочный полистирол выпускается по ГОСТ 9440—60 в виде гранул двух марок:

Марка Д — для электроизоляционных изделий.

Марка Т — для технических изделий и изделий широкого потребления.

2. Суспензионную полимеризацию стирола проводят в водном растворе стабилизатора при 80—120° С. В качестве стабилизаторов суспензии используются органические и неорганические соединения, такие, как поливиниловый спирт, полиметакрилат натрия, натриевая соль сополимера метилметакрилата и метакриловой кислоты, гидроокись магния, трехзамещенный фосфорнокислый кальций и др. При суспензионном методе полимеризации стирола применяются инициаторы, растворимые в мономере, как и при блочной полимеризации.

Технологическая схема суспензионной полимеризации стирола показана на рис. 2.

Суспензионный полистирол выпускается по МРТУ 6-05-928—64 двух марок в виде гранул размером 4×5 *мм*:

ПС-С — полистирол суспензионный (обыкновенный);

ПС-СП — полистирол суспензионный (пластифицированный).

3. Эмульсионную полимеризацию стирола осуществляют в водном растворе эмульгатора. При этом применяются водорастворимые инициаторы (перекись водорода, персульфаты калия и аммония, гидроперекись кумола и другие). Для ускорения процесса полимеризации и снижения температуры реакции иногда используются окислительно-восстановительные системы, состоящие из инициатора (окислителя) и восстановителей (солей металлов переменной валентности, сернистых соединений и др.).

В качестве эмульгаторов применяются соли жирных кислот (мыла), сульфированные высшие спирты жирного ряда, соли сульфокислот и др. Получаемый полимер имеет размер частиц от 1 до 10 *мк*.

Схема получения эмульсионного полистирола периодическим методом показана на рис. 3.

Эмульсионный полистирол выпускается по ГОСТ 9440—60 в виде высокодисперсного порошка или гранул двух марок:

Марка А — для технических изделий и изделий широкого потребления.

Марка Б — для получения пенопластов.

Полистирол получают также полимеризацией стирола в среде растворителя (бензола, циклогексана, толуола и др.), растворяющего и мономер и образующийся полимер. Получение полимеров в растворе удобно для изготовления лаков. При выделении полимера из раствора вводят осадитель, в котором растворяется мономер, но не растворяется полимер. В качестве осадителя могут быть использованы метиловый и этиловый спирты и др.

Для выделения полимера может быть применен метод отгонки растворителя в вакууме или отгонки его с водяным паром.

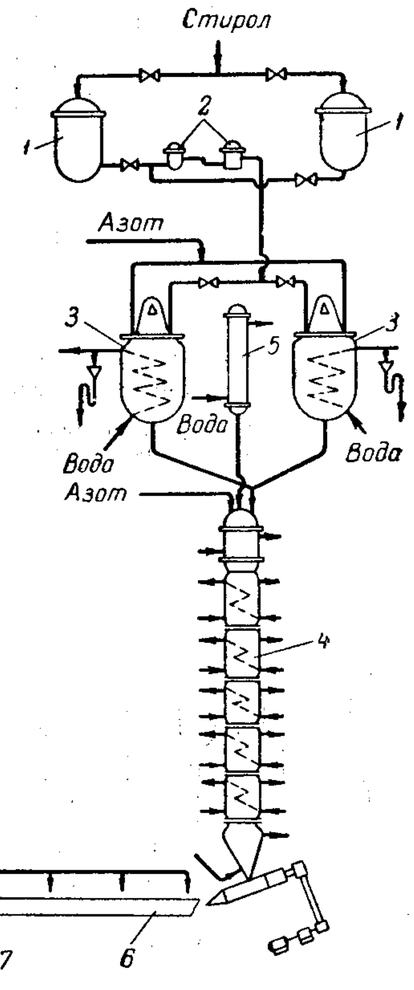


Рис. 1. Схема установки для непрерывной блочной полимеризации стирола:

1 — мерники стирола; *2* — фильтры; *3* — реакторы; *4* — полимеризационная колонна; *5* — обратный холодильник; *6* — ванна; *7* — дробилка.

Полимеризацию стирола можно также проводить в среде растворителя, в котором растворяется только мономер (петролейный эфир, метиловый и этиловый спирты). Полимер осаждается в виде порошка, который затем отделяют фильтрованием или центрифугированием.

Недостатком обычного полистирола является его хрупкость. При эксплуатации изделий из полистирола на их поверхности могут появляться мелкие трещины, которые под действием нагрузки значительно углубляются.

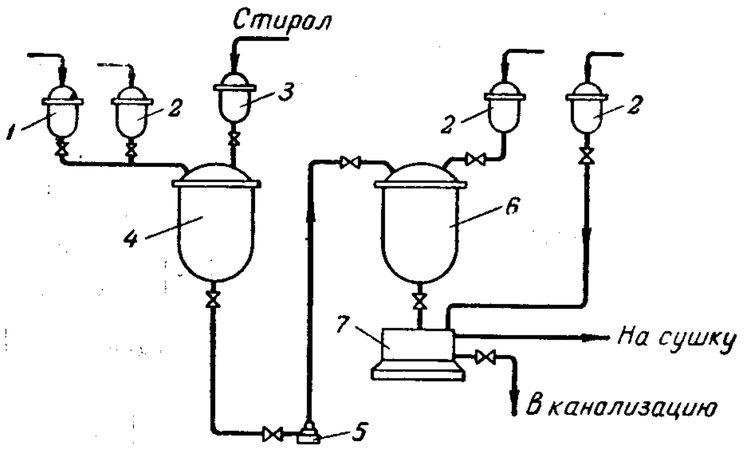


Рис. 2. Схема установки для получения суспензионного полистирола периодическим методом:

1 — мерник раствора суспенгатора; *2* — мерники воды; *3* — мерник стирола; *4* — реактор; *5* — насос; *6* — разбавитель; *7* — центрифуга.

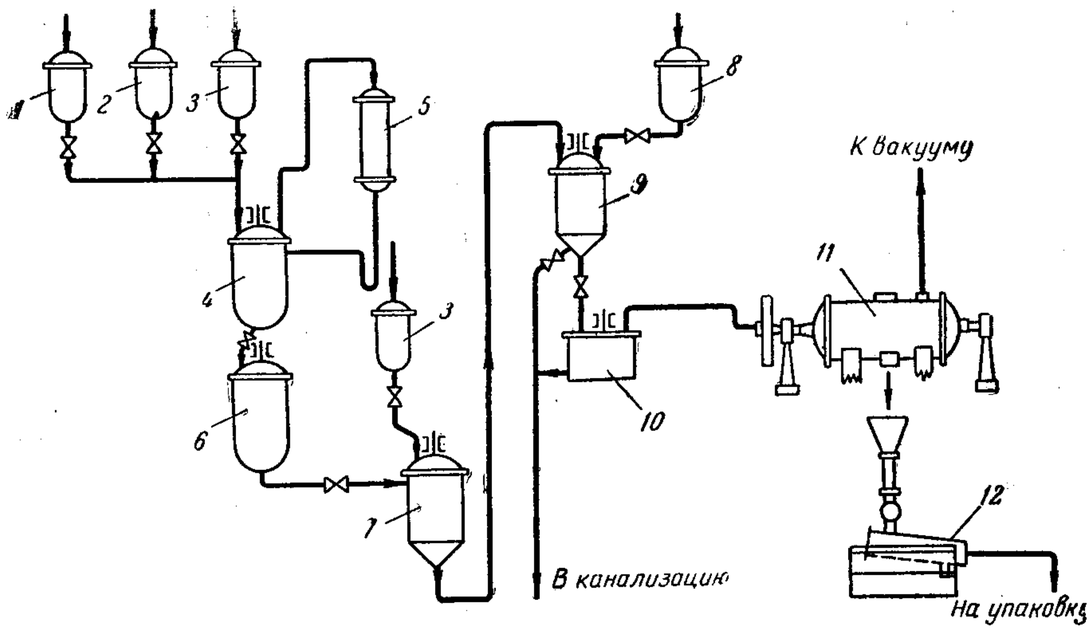


Рис. 3. Схема установки для получения эмульсионного полистирола периодическим методом:

1 — мерник стирола; *2, 8* — мерники воды; *3* — мерник раствора мыла; *4* — реактор-полимеризатор; *5* — обратный холодильник; *6* — промежуточная емкость; *7* — осадитель; *9* — промыватель; *10* — центрифуга; *11* — вакуум-гребковая сушилка барабанного типа; *12* — сито «Ротекс».

Физико-механические свойства полистирола *

Ниже приведены показатели основных физико-механических свойств полистирола:

Показатели	Блочный	Суспензионный	Эмульсионный
Плотность, *г/см³*	1,05—1,08	1,05—1,06	1,05—1,08
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	350	300	350—400
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	27 000	31 000	26 000
Относительное удлинение при разрыве, %	1,5	1,5	1,5
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	14—15	15	14—15

Электрические свойства полистирола *

Зависимость электрических свойств полистирола от температуры и частоты тока показана на рис. 4 и 5.

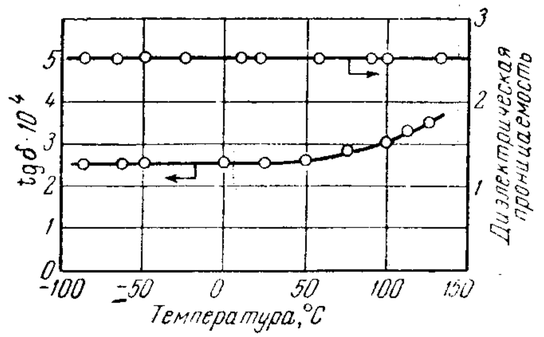


Рис. 4. Зависимость tg δ и ε полистирола от температуры при частоте 10^6 *гц*.

Рис. 5. Зависимость tg δ и ε полистирола от lg *f* при комнатной температуре.

Ниже приведены показатели электрических свойств полистирола:

Показатели	Блочный	Суспензионный	Эмульсионный
Удельное электрическое сопротивление			
поверхностное, *ом*	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом·см*	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{17}$
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц*	2,5—2,6	2,5—2,6	2,5—2,7

* См. также стр. 92—93.

Продолжение

Показатели	Блочный	Суспензионный	Эмульсионный
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^3 *гц*	$2 \cdot 10^{-4}$—$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность, *кв/мм*	25	20—22	20—22

Теплофизические свойства полистирола

Показатели	Блочный	Суспензионный	Эмульсионный
Теплостойкость по Вика, °С	100—105	105—108	110
Удельная теплоемкость, *кал/(г·град)*	0,32	0,32	0,32
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м·ч·град)*	0,08—0,12	0,08—0,12	0,08—0,12
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$
Верхний предел рабочих температур, °С	60—65	60	65—70

Химические свойства полистирола

Полистирол стоек к щелочам, многим галоидоводородным и другим минеральным, а также к некоторым органическим кислотам, трансформаторному маслу, глицерину и др. Исключение составляют 65%-ная азотная кислота и ледяная уксусная кислота, в которых изделия из полистирола набухают и несколько изменяют свой внешний вид.

Полистирол не растворяется в алифатических углеводородах, низших спиртах, эфирах, феноле, уксусной кислоте и воде. Полистирол растворим в ароматических и хлорированных углеводородах, сложных эфирах, кетонах, сероуглероде и пиридине. Значительно набухает в бензине и керосине.

При высоких температурах (выше 200° С) полистирол разлагается с образованием стирола и других низкомолекулярных соединений (димеров, тримеров и др.).

Прочие свойства полистирола:

	Блочный	Суспензионный	Эмульсионный
Водопоглощение за 24 *ч* при 20° С, %	0,2	0,2	0,3
Коэффициент преломления	1,59—1,60	1,59—1,60	1,59—1,60

Химическая стойкость полистирола

Условные обозначения: С — стойкий; О — относительно стойкий; Н — нестойкий.

Среда	Продолжительность воздействия	Температура, °С	
		25	50
Кислоты			
Муравьиная 90%-ная	6 месяцев	С	Н
Серная			
10%-ная	2 года	С	—
98%-ная	2 года	О	—
Соляная			
10%-ная	1 год	С	О
36%-ная	1 месяц	С	—
Уксусная			
5%-ная	1 год	С	С
25%-ная	1,5 года	С	—
ледяная	1 год	Н	—
Фосфорная			
10%-ная	1 год	С	С
50%-ная	1 год	С	С
Щелочи			
Аммиак 98%-ный	1 год	С	С
Кали едкое			
10%-ный	1 год	С	С
30%-ный	1 год		С
Натр едкий			
10%-ный	1 год	С	С
35%-ный	1 год	С	С
Спирты			
Бутиловый	1 год	С	О
Глицерин	8 мес.	С	—
Этиловый 95%-ный	1 год	С	О
Альдегиды, эфиры			
Дибутилфталат	7 суток	Н	Н
Диметилфталат	2 суток	Н	Н
Этилбензоат	1 сутки	Н	Н
Формальдегид	7 суток	Н	Н
Масла			
Машинное	1 год	О	Н
Минеральное	1 год	С	С
Парафин	1 год	С	С
Подсолнечное	1 год	С	С

По ГОСТ 9440—60 блочный полистирол должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Д	Т
Внешний вид	Гранулы размером не более 10 × 6 *мм* или крупнозернистый порошок *	
	бесцветный	различных цветов
Потери массы при сушке, %, не более	0,8	0,8
Относительная вязкость раствора полимера в бензоле, не менее	2,0	2,0
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	950	1000
Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*, не менее	16	20
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,6	2,6
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0003	0,0004
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	78	78

Примечания: 1. Цвет полистирола должен быть указан потребителем при заказе.

2. Показатели диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь являются браковочными только в том случае, когда полистирол марки Т используется для электротехнических целей.

По МРТУ 6-05-928—64 суспензионный полистирол должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	ПС-С	ПС-СП
Внешний вид	Гранулы размером 4 × 5 *мм* без посторонних включений *	
Предел прочности, *кГ/см²*, не менее при растяжении	400	400
» статическом изгибе	500	550
Удельная ударная вязкость по Изоду, *кГ·см/см*, не менее	1,2	1,3

* По согласованию с потребителем гранулы могут быть окрашенными и неокрашенными.

Продолжение

Показатели	ПС-С	ПС-СП
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	2,0	2,0
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,8	2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0006	0,0009
Температура размягчения, °С, не ниже	93	90
Содержание остаточного мономера, %, не более	0,1	0,5

По ГОСТ 9440—60 эмульсионный полистирол должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	А	Б
Внешний вид	Порошок белого цвета или гранулы размером не более 10 × 6 *мм* различных цветов	Порошок белого цвета
Потери массы при сушке, %, не более	0,6	0,6
Относительная вязкость раствора полимера в бензоле, не менее	3,0	3,0—6,0
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	1000	Не определяется
Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*, не менее	22	Не определяется
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,6	2,7
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0003	0,0003
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	80	80

Переработка полистирола

Полистирол легко перерабатывается в изделия обычными методами, применяемыми для термопластов.

Ниже приводятся основные режимы переработки полистирола литьем под давлением, экструзией и прессованием.

Продолжительность выдержки под давлением и охлаждения в форме зависит от величины и конфигурации изделия и устанавливается для каждого

Режим литья под давлением

Полистирол	Температура цилиндра литьевой машины, °С	Температура формы °С
Блочный	170—220	40—50
Суспензионный	170—220	50—60
Эмульсионный	190—230	65—70

Режим экструзии

Полистирол	Температура по основным зонам, °С		
	I	II	III
Блочный	70	120	145—150
Суспензионный	70	120	145—150
Эмульсионный	70	120—130	150

Режим прессования

Полистирол	Удельное давление *кГ/см²*	Температура формы °С	Температура распрессовки °С
Блочный	200	145—150	40—50
Суспензионный	250—300	150—160	40—50
Эмульсионный	250—300	155—160	40—50

случая отдельно. Продолжительность выдержки под давлением при литье составляет 8—35 *сек*, при прессовании — приблизительно 5 *мин* на 1 *мм* толщины изделия.

При изготовлении изделий из полистирола их целесообразно подвергать прогреву при 70—78° С и медленному охлаждению с целью снятия внутренних напряжений. Это необходимо для увеличения стабильности размеров изделий при эксплуатации и уменьшения склонности к образованию трещин.

Применение полистирола

Полистирол нашел широкое применение в народном хозяйстве. Из него изготовляют изделия радиоаппаратуры и высокочастотных приборов, предметы домашнего обихода, детские игрушки, школьно-канцелярские принадлежности, тару для упаковки фармацевтических препаратов и других товаров мелкой расфасовки, фотокассеты, катушки для фото-, кино- и магнитофонной пленки, облицовочную плитку для отделки помещений санитарных узлов и т. д.

Блочный полистирол применяется для получения электроизоляционных пленок и нитей, а также упаковочной пленки.

Образцы изделий из полистирола приведены на рис. 6—9.

Полистирольная пленка для радиодеталей (ТУ М-422—53). Пленка должна быть прозрачной и неокрашенной, не допускается наличие дыр, поверх-

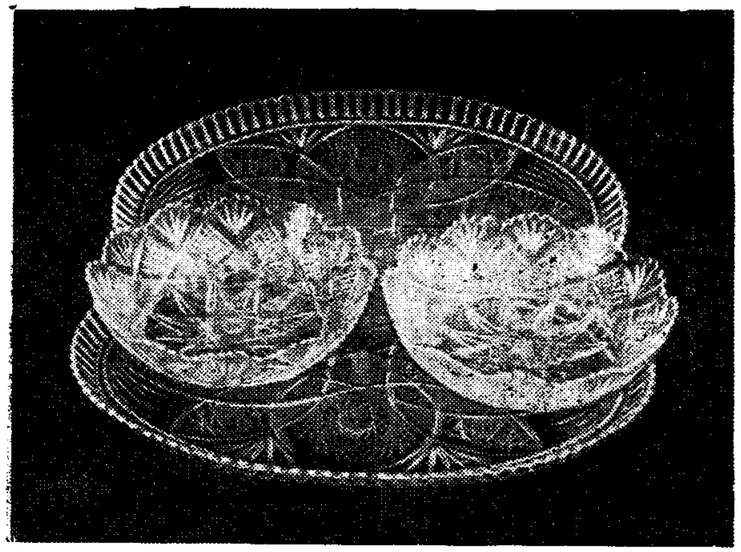


Рис. 6. Посуда из полистирола, имитирующая хрусталь (блюда, вазочки).

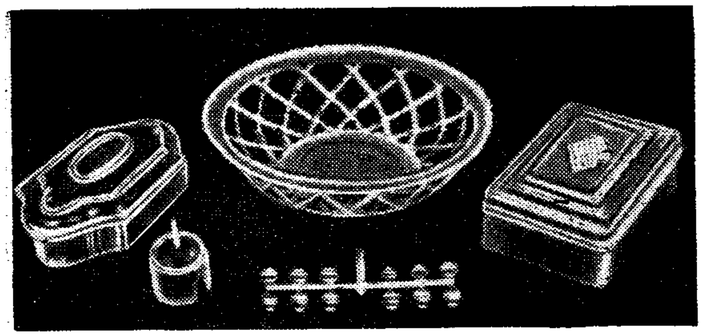


Рис. 7. Изделия широкого потребления из полистирола.

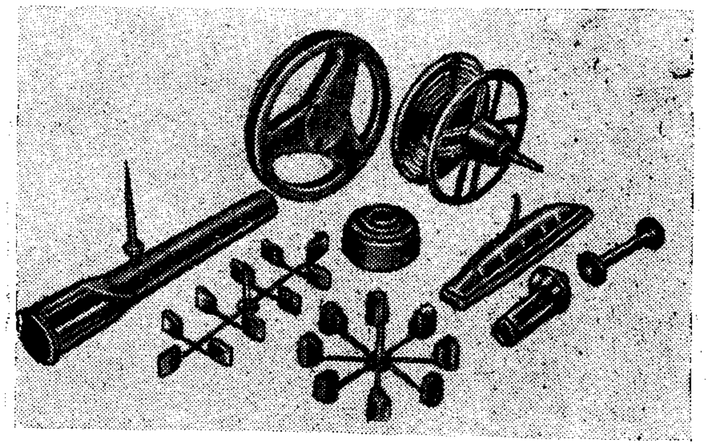


Рис. 8. Технические детали из полистирола.

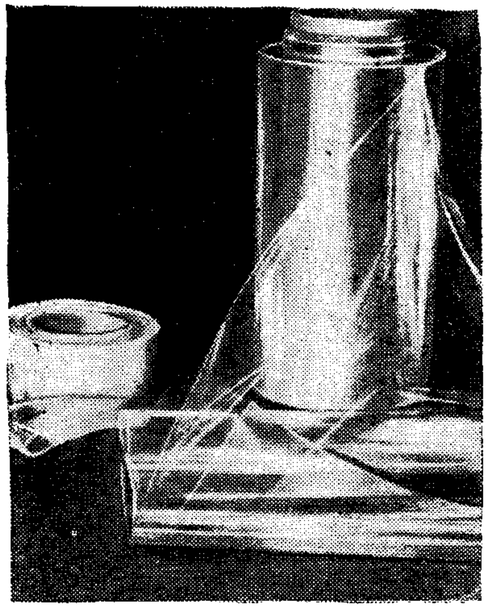


Рис. 9. Электроизоляционная полистирольная пленка.

нестных загрязнений, пор, изломов и механических повреждений (царапин и трещин). Пленка не должна содержать посторонних включений, особенно металлов.

Размеры пленки:

Ширина, *мм*	20, 25, 30, 35 и 40±0,3; 50, 60 и 72±0,5; 100±1,0
Толщина, *мм*	от 0,02±0,002 до 0,10±0,02
Длина отдельных кусков, *м*	150—400

Пленка должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении при 20±5° С, *кГ/мм²*, не менее	5
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20±5° С, *ом·см*, не менее	10^{17}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц* . .	2,3—2,75
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20±±5° С и частоте от 1 *кгц* до 1 *Мгц*, не более	$4 \cdot 10^{-4}$
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее . . .	110
Зольность, %, не более	0,01

Полистирольная пленка упаковочная (ТУ ХП 35-749—65). Пленка должна быть прозрачной, не допускается наличие дыр, поверхностных загрязнений, изломов, механических повреждений поверхности (царапин, трещин). Пленка не должна содержать посторонних включений, особенно металлов.

Размеры пленки:

Длина отдельных кусков, *м*	250—300
Ширина, *мм*	50 ± 5
Толщина, *мк*	30±10

Пленка должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении при 20±5° С, *кГ/мм²*, не менее	5
Зольность, %, не более	0,01

Полистирольные пленки и нити из блочного полистирола (ТУ МХП-М-439—54). Пленка должна быть прозрачной и неокрашенной. Нити выпускаются четырех цветов: красные, желтые, зеленые и фиолетовые.

Пленка выпускается толщиной 0,045 *мм* и шириной 12±0,2 *мм* или 10±±0,2 *мм* двух сортов: «пленка» и «специальная пленка», которые различаются только допуском на толщину: ±0,010 *мм* для «пленки» и ±0,005 *мм* — для «специальной пленки».

Нити также выпускают двух сортов: «нити» диаметром 0,40±0,02; 0,65±±0,03; 0,8±0,04 и 1,1±0,07 *мм* и «специальные нити» диаметром 0,8±±0,02 *мм*.

Длина отдельных кусков нити на катушках и пленки на роликах не менее 300 *м*. На одном ролике или катушке должно быть не более 5 кусков. Отдельные концы пленки на ролике склеивают так, чтобы соседние пленки не повреждались и не склеивались между собой.

Пленки и нити должны удовлетворять следующим требованиям:

Свойства пленок и нитей из полистирола

Показатели	Пленка	Специальная пленка	Нити	Специальные нити
Разрывная прочность при 20±5° С, *кГ/мм²*, не менее, при диаметре нити				
0,40 *мм*	—	—	6,5	—
0,65 *мм*	—	—	7,0	7,5
0,80 *мм*	—	—	7,5	7,0
1,1 *мм*	—	—	7,0	—
Предел прочности при растяжении при 20±±5° С, *кГ/см²*, не менее	7,4	7,4	—	—
Относительное удлинение при разрыве при 20±5° С, %, не менее при диаметре нити	3,1	3,1	—	—
0,40 *мм*	—	—	3,0	—
0,65 *мм*	—	—	3,1	—
0,80 *мм*	—	—	3,1	3,1
1,1 *мм*	—	—	3,0	—

Продолжение

Показатели	Пленка	Специальная пленка	Нити	Специальные нити
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,75	2,75	2,75	2,75
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$
Число двойных перегибов, не менее	50	50	—	—

Нити должны выдерживать «пробу на гибкость»: нить не должна ломаться при ее намотке на стержень диаметром, равным полутора диаметрам нити. Длина намотанной нити должна быть не менее 15 *см*. Испытанию на гибкость подвергаются нити диаметром 0,4; 0,65 и 0,8 *мм*.

ПЕНОПОЛИСТИРОЛ

В настоящее время полистирол широко применяется для производства пенопласта. Пенопласты на основе полистирола с порообразующими компонентами обладают небольшой объемной массой (0,01—0,1 *г/см*^{3}), высокими показателями тепло- и звукоизоляционных и электрических свойств, плавучестью, химической стойкостью, водостойкостью. Могут быть также получены (со специальными добавками) пенополистиролы с пониженной горючестью.

Пенополистирол выпускается следующих марок: ПС-1 (СТУ 9-91—61), ПС-2, ПС-4 (СТУ 9-92—61), ПСБ и ПСБ-С.

ПСБ — суспензионный полистирол для вспенивания, выпускается по МРТУ 6-05-959—66 четырех марок: $А_1$, $А_2$, Б и В, которые различаются по величине насыпной массы после вспенивания.

ПСБ-С — суспензионный полистирол для вспенивания, самозатухающий, выпускается по МРТУ 6-05-1019—66 также четырех марок: $А_1$, $А_2$, Б и В.

Физико-механические свойства пенополистирола

Показатели	ПС-1		ПС-2	ПС-4		ПСБ		ПСБ-С	
Объемная масса, *г/см*^{3}	0,06	0,1	0,2	0,03	0,06	0,02	0,03	0,02	0,03
Предел прочности при сжатии, *кГ/см*^{2}	3	10,0	30,0	2,0	4,3	1,3—1,5	2—2,5	1,2—1,4	1,5—2,0

Продолжение

Показатели	ПС-1		ПС-2	ПС 4		ПСБ		ПСБ-С	
Модуль упругости при сжатии, *кГ/см*^{2}	—	550	1200	—	335	40—60	70—90	30—40	50—70
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см*^{2}	0,6	1,1	1,8	0,4	0,94	0,1—0,3	0,3	0,1—0,15	0,2

Электрические свойства пенополистирола

Показатели	ПС-1	ПС-2	ПС-4	ПСБ	ПСБ-С
Удельное электрическое сопротивление					
поверхностное, *ом*	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$	—	$> 10^{14}$	$> 10^{14}$
объемное, *ом · см*	$> 10^{13}$	$> 10^{13}$	—	$> 10^{14}$	$> 10^{14}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,002	0,001—0,003	—	0,0004	0,0004
Электрическая прочность, *кв/мм*	3—4	5—6	3—4	—	—

Прочие свойства пенополистирола

Показатели	ПС-1	ПС-2	ПС-4	ПСБ	ПСБ-С
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,03—0,033	0,025—0,035	0,03—0,035	0,03—0,038	0,03—0,035
Верхний предел рабочих температур, °С	65	65	60	70	70
Усадка при 60° С за 24 *ч*, %, не более	0,5	0,5	0,5	0	0,1
Водопоглощение за 30 суток, *кг/м*^{2}	0,05	0,07	0,075	0,07	0,075

Зависимость физико-механических свойств пенополистирола ПСБ и ПСБ-С от объемной массы

Показатели	ПСБ					ПСБ-С							
	Объемная масса, *г/см³*												
	0,02	0,03	0,04—0,05	0,06—0,07	0,1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1
Предел прочности, *кГ/см²*													
при растяжении . .	1,8—2,0	2,5	2,5—3,5	4,0—4,5	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—
» статическом изгибе	1,3—1,5	2,0—2,5	3,0—5,0	5,0—9,0	13,0—14,0	1,0—1,5	1,5—2,5	2,5—3,0	3,0—4,0	4,0—4,2	4,7—5,0	5,5	5,5—6,5
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²* . . .	0,1—0,3	0,3	0,3—0,5	0,4—0,5	0,4—0,5	0,09—0,1	0,1—0,2	0,15—0,2	0,2—0,25	0,3	—	—	—
Водопоглощение, %													
за 24 *ч*	от 0,5 до 1,25					1,2	1,0	0,5	0,1	0,08	0,06	0,04	0,03
за 7 суток	от 0,24 до 2,35					4,0	2,5	2,7	1,5	1,0	0,6	0,5	0,35
Гигроскопичность при 100%-ной влажности за 48 *ч*, %	от 0,2 до 0,5					—	—	—	—	—	—	—	—
Формоустойчивость . . .	Устойчив					Устойчив							
Потеря массы за 24 *ч*, %													
при 60° С	от 0,5 до 1,0					от 0,5 до 1,0							
» 90° С	от 2,0 до 2,5					от 2,0 до 2,5							
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	от 0,035 до 0,04					—	—	—	—	—	—	—	—
Морозостойкость, °С . .	от —60 до —65					от —60 до —65							

По МРТУ 6-05-595—66 суспензионный полистирол для вспенивания ПСБ должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	$А_1$	$А_2$	Б	В
Внешний вид	Бесцветные гранулы			
Влажность, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0
Содержание мономера, %, не более	0,25	0,40	0,40	0,50
Содержание порообразователя, %, не менее	4,5	4,5	4,0	4,0
Относительная вязкость, не менее	1,6	1,6	1,6	1,6
Дисперсность (остаток после просева на сите по ГОСТ 3584—53), %, не менее				
с сеткой № 1	60	60	45	10
с сеткой № 0,5	Факультативно			
Насыпная масса *, *г/л*, не более	20	20	35	50
Слипаемость гранул по классам 0, 1, 2, 3	0	0	1	2—3

* Навеску полистирола (4 *г*) помещают в капроновый ковш, который выдерживают в течение 10 *мин* при 97—98° С в водяной бане. Затем вспененные гранулы подсушивают на воздухе, помещают в мерный цилиндр и определяют насыпную массу.

По МРТУ 6-05-1019—66 полистирол суспензионный для вспенивания самозатухающий ПСБ-С должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	$А_1$	$А_2$	Б	В
Внешний вид	Мутноватые гранулы			
Влажность, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0
Содержание мономера, %, не более	0,25	0,40	0,40	0,50
Содержание порообразователя, %, не менее	4,0	4,0	4,0	3,5
Относительная вязкость, не менее	1,5	1,5	1,5	1,5
Дисперсность (остаток после просева на сите по ГОСТ 3584—53), %, не менее				
с сеткой № 1	50	50	30	10
с сеткой № 0,5	Факультативно			
Насыпная масса, *г/л*, не более	25	25	35	50
Слипаемость гранул по классам 0, 1, 2, 3	0—1	8—1	2	3
Время самозатухания *, *сек*, не более	5	5	5	5
Потеря массы, %, не более	20	20	15	10

* Время самозатухания ПСБ-С определяют на образце размером 120×44×30. Образец вносят в пламя и выдерживают в течение 5 *сек*, а затем фиксируют время, в течение которого на образце сохраняется пламя после удаления огня.

По СТУ 9-91—61 и 9-92—62 пенополистирол марок ПС-1 и ПС-4 должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Объемная масса, *г/см³*				
	ПС-1				ПС-4
	0,07±0,02	0,10±0,02	0,15±0,02	0,20±0,02	0,05—0,08
Внешний вид	Прямоугольные плиты с замкнутоячеистой структурой. Допускается наличие вздутий, вмятин и раковин				
	в количестве до 25 шт. площадью до 4 *см²* при глубине или высоте до 4 *мм* и не более 2 шт. глубиной до 6 *мм*				в количестве до 25 шт. глубиной или высотой до 6 *мм*; утяжка углов в радиусе не более 70 *мм*; неравномерная пористость
Предел прочности при сжатии, *кГ/см²*, не менее	3	8	15	30	4
Усадка линейная за 24 *ч* при 60° С, %, не более	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8
Стрела прогиба, *мм*, не более	2	3	3	2	4
Водопоглощение за 24 *ч*, *кг/м²*, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Размеры плит, *мм*, не менее					
длина	1000	1200	1200	1000	800
ширина	500	500	500	500	500
толщина	50—70	45—65	45—60	40—55	55—70

Получение пенополистирола

Изделия из пенополистирола изготовляются двумя способами (в зависимости от исходного продукта): прессовым и беспрессовым.

По первому способу высокодисперсный порошкообразный полистирол тщательно смешивают с твердым, также мелкодисперсным порообразующим компонентом и затем прессуют в жестких массивных формах при 120—160° С и давлении в пределах 100—150 *кГ/см²*. По охлаждении форм давление уменьшается, и заготовки в специальных камерах подвергаются прогреву, где происходит вспенивание до конечного состояния и формы. Такой процесс требует специального прессового оборудования.

По этому способу выпускают изделия из пенополистирола марок ПС-1, ПС-2, ПС-4 и др.

По второму более совершенному способу используют бисерный полистирол, содержащий порообразователь; при этом стирол полимеризуется в при-

сутствии порообразующего компонента, либо полимер насыщается им после окончания полимеризации. В качестве порообразующих компонентов применяются легколетучие органические жидкости (изопентан, петролейный эфир, метиленхлорид и др.).

Формование изделий из пенополистирола по этому способу состоит из следующих стадий:

а) предварительное вспенивание гранул полистирола, содержащих порообразователь, которое осуществляется в специальном механическом вспенивателе горячей водой (при температуре около 95° С) или паром при непрерывном перемешивании; продолжительность процесса зависит от заданной объемной массы изделий и обычно составляет 2—5 *мин*;

б) сушка предварительно вспененных гранул (в случае необходимости) осуществляется при 30—35° С в течение 24 *ч*;

в) окончательное вспенивание предварительно вспененных гранул и оформление изделий может производиться в легких металлических формах; загрузка формы зависит от заданной объемной массы изделия; температура пара при вспенивании 102—110° С; продолжительность выдержки зависит от толщины изделия и составляет примерно 10 *сек* на каждый миллиметр толщины плюс продолжительность подогрева формы;

г) охлаждение изделия в форме до температуры не выше 50—60° С и подсушка при температуре 35—40° С.

Таким путем возможно получение изделий различных размеров и конфигураций, в том числе и сложного профиля. Этот метод не требует сложного оборудования, и процесс может осуществляться непосредственно на месте потребления изделий.

По беспрессовому методу выпускаются пеноизделия из суспензионного полистирола для вспенивания марок ПСБ и ПСБ-С.

Применение пенополистирола

Пенополистирол широко применяется для производства различных изделий, которые должны обладать низкой теплопроводностью, высокими электрическими показателями (в первую очередь диэлектрическая проницаемость должна быть близка к единице), малой звукопроводностью, плавучестью,

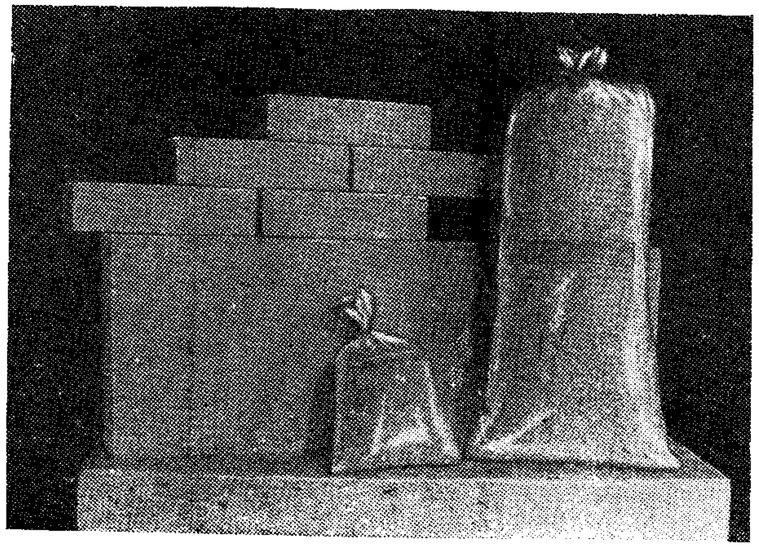


Рис. 10. Пенополистирол ПС-Б (бисер, вспененные гранулы, готовые изделия — плитки).

малой объемной массой и т. д. Он применяется для изготовления промышленных, судовых и домашних холодильников (в качестве теплоизоляционного материала), различного плавучего инвентаря (поплавки рыболовных сетей, спасательные средства, заполнение отсеков лодок и катеров), в строительстве жилых домов, промышленных и других сооружений, в качестве промежуточного слоя в жестких конструкциях, плит для облицовки стен, для изготовления всевозможных декораций, макетов, для изготовления игрушек и др.

Образцы изделий из пенополистирола ПСБ приведены на рис. 10, 11.

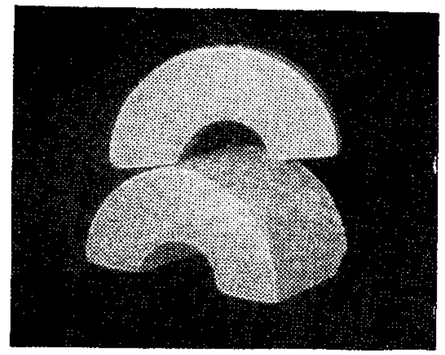


Рис. 11. Скорлупы для трубопроводов из пенополистирола ПС-Б.

СОПОЛИМЕРЫ СТИРОЛА

Низкая теплостойкость и небольшая механическая прочность полистирола могут быть устранены путем сополимеризации стирола с другими мономерами или совмещением его с каучуками различными методами. Для получения сополимеров с повышенной теплостойкостью и хорошими электрическими свойствами применяют многоядерные виниловые соединения (винилнафталин, аценафтилен и др.).

В тех случаях, когда не требуются высокие электрические свойства, для сополимеризации со стиролом применяют полярные мономеры (например, акрилонитрил), благодаря чему увеличивается взаимное притяжение цепей полимеров. Полимеризация галоид- и алкилпроизводных стирола также приводит к получению полимеров с повышенной теплостойкостью (полимонохлорстирол, полидихлорстирол, поливинилтолуол, полидиметилстирол и др.).

Сополимер стирола с β-винилнафталином получают сополимеризацией мономеров различными способами, в том числе водоэмульсионным. Сополимер представляет собой белый порошок с желтоватым оттенком.

Сополимер стирола с аценафтиленом получают аналогичными методами. По внешнему виду это белый порошок с желтоватым оттенком.

Сополимер стирола с α-метилстиролом САМ — порошок слабо-желтого цвета или гранулы. Выпускается двух марок: САМ и САМН.

Сополимеры стирола с акрилонитрилом СН получают различными методами, преимущественно суспензионным.

Сополимеры СН марок СН-10, СН-15, СН-20, СН-28 и СН-28В выпускают в виде гранул, которые могут быть окрашенными и неокрашенными.

Неокрашенные сополимеры прозрачны, но имеют желтоватый оттенок, который усиливается при увеличении содержания акрилонитрила, а также при повышении температуры переработки.

Сополимер стирола с метилметакрилатом МС также получают суспензионной полимеризацией.

В неокрашенном виде сополимер МС по прозрачности и бесцветности аналогичен литьевому полиметилметакрилату. Сополимер МС легко окрашивается в различные цвета от светлых до темных тонов.

Сополимер МСН представляет собой трехкомпонентный сополимер стирола, метилметакрилата и акрилонитрила; выпускается в виде гранул и имеет две марки: А и Б.

Физико-механические

Показатели	Сополимер стирола с β-винилнафталином	Сополимер стирола с аценафтиленом	САМ
Плотность, *г/см³*	1,08	1,09	1,06—1,07
Предел прочности, *кГ/см²* при растяжении	300	230	265
» статическом изгибе	900—1000	700—800	1200
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	30 000	32 000	31 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	15—17	8	20—22
Относительное удлинение при разрыве, %	~1	~1	~1
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	17—18	18	16—17

Электрические свойства

Показатели	Сополимер стирола с β-винилнафталином	Сополимер стирола с аценафтиленом	САМ	СН-10
Удельное электрическое сопротивление				
поверхностное, *ом*	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом · см*	$1 \cdot 10^{17}$	$4 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{17}$	$1{,}3 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость				
при 10^3 *гц*	2,5—2,6	2,5—2,6	2,5—2,6	2,6—2,7
» 10^6 *гц*	2,5—2,7	2,5—2,7	2,5—2,6	2,6—2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь				
при 10^3 *гц*	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$
» 10^6 *гц*	$4 \cdot 10^{-4}$—$6 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$—$6 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$—$4 \cdot 10^{-3}$
Электрическая прочность, *кв/мм*	25	30	30	27

свойства сополимеров стирола

Сополимеры СН					МС	МСН
СН-10	СН-15	СН-20	СН-28	СН-28П		
1,06	1,05	1,04	1,04	1,04	1,14	1,12
360	440	490	520	500	—	—
800	900	1000	1000—1100	1000	950—1000	1200
26 000	26 000	27 000	34 000	32 000	22 000	23 000
15	16—17	18—20	20—22	25	15	22
~1	1,2	1,7	2,2	2,5	2,0	2,5
16,5	16,9	17	18	19	16—17	16—18

сополимеров стирола

Сополимеры СН				МС	МСН
СН 15	СН-20	СН-28	СН-28П		
$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{14}$—$1 \cdot 10^{15}$
$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$
2,6—2,7	2,8	2,8—2,6	2,9	2,7	2,9—3,0
2,6—2,8	2,8	2,8—2,9	2,9	2,7—3,0	2,9—3,2
$4 \cdot 10^{-3}$—$6 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$—$6 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$—$8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
$4 \cdot 10^{-3}$—$6 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$—$7 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$—$9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
26	25	24	24	24	22

Зависимость электрических свойств некоторых сополимеров стирола от температуры и частоты тока приведена на рис. 12—18.

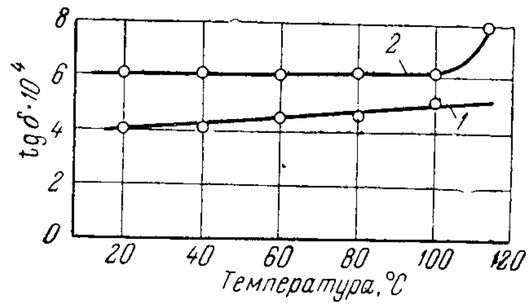


Рис. 12. Зависимость tg δ сополимера стирола с β-винилнафталином от температуры:

1 — при 10^3 *гц*; *2* — при 10^6 *гц*.

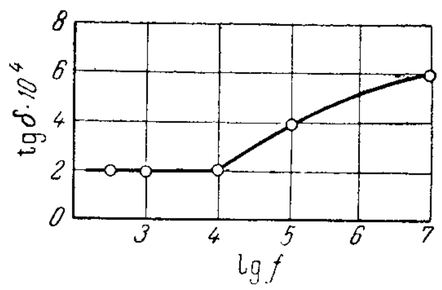


Рис. 13. Зависимость tg δ сополимера стирола с β-винилнафталином от частоты при 20° С.

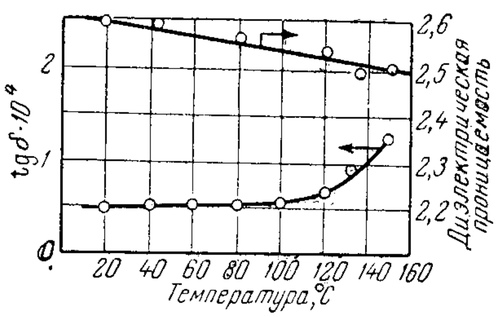


Рис. 14. Зависимость tg δ и ε сополимера стирола с аценафтиленом от температуры при 10^6 *гц*.

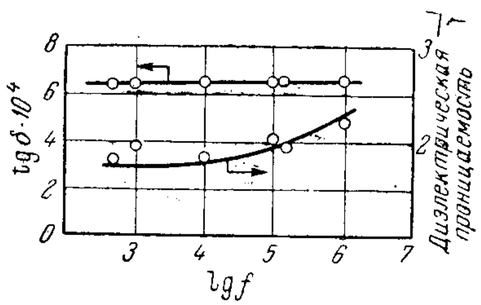


Рис. 15. Зависимость tg δ и ε сополимера стирола с аценафтиленом от частоты при 20° С.

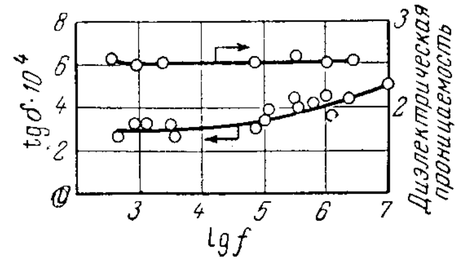


Рис. 16. Зависимость tg δ и ε сополимера стирола с α-метилстиролом от частоты при 20° С.

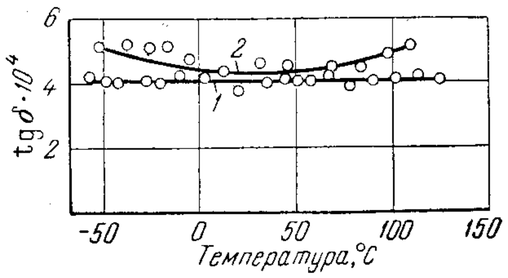


Рис. 17. Зависимость tg δ сополимера стирола с α-метилстиролом от температуры:

1 — при 10^5 *гц*; *2* — при 10^6 *гц*.

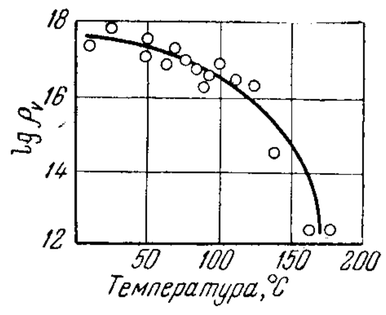


Рис. 18. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления сополимера стирола с α-метилстиролом от температуры.

Теплофизические свойства сополимеров стирола

Показатели	Сополимер стирола с β-винилнафталином	Сополимер стирола с аценафтиленом	САМ	СН-10	Сополимеры СН: СН-15	Сополимеры СН: СН-20	Сополимеры СН: СН-28	Сополимеры СН: СН 28П	МС	МСН
Теплостойкость, °С										
по Вика	128—130	140—142	128—130	102	108	113	116	100	102	103—106
» Мартенсу	100—102	108—110	100—105	80	80	85	90—95	75	75	76
Коэффициент термического линейного расширения, $град^{-1}$	$8{,}5 \cdot 10^{-5}$	$7{,}4 \cdot 10^{-5}$	$7{,}5 \cdot 10^{-5}$	$8{,}6 \cdot 10^{-5}$	$8{,}8 \cdot 10^{-5}$	$9{,}5 \cdot 10^{-5}$	$9{,}5 \cdot 10^{-5}$	$9{,}5 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$—$8 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$—$8 \cdot 10^{-5}$
Верхний предел рабочих температур, °С	95—100	100—105	100	65	65—70	70—75	80	60	60	60

Химические свойства сополимеров стирола

Сополимеры стирола стойки ко многим агрессивным средам. Так, сополимер стирола с β-винилнафталином, так же как и полистирол, стоек к минеральным и органическим кислотам, щелочам, трансформаторному маслу и глицерину. Растворим в ароматических и хлорированных углеводородах и нерастворим в низших спиртах, эфирах и алифатических углеводородах.

Сополимеры стирола с акрилонитрилом, за исключением СН-28, растворимы в ароматических и хлорированных углеводородах. Сополимер СН-28 растворим только в дихлорэтане, диметилформамиде и метилэтилкетоне. Сополимеры СН стойки к трансформаторному маслу, глицерину и щелочам. Изделия деформируются и изменяют свой цвет в ледяной уксусной кислоте и набухают в концентрированной муравьиной кислоте. Эти сополимеры более устойчивы к бензину, керосину и четыреххлористому углероду, чем полистирол.

Сополимер САМ, а также сополимер стирола с аценафтиленом растворимы в ароматических и хлорированных углеводородах и нерастворимы в низших спиртах, эфирах и алифатических углеводородах. САМ значительно набухает в бензине и керосине. Эти сополимеры стойки к трансформаторному маслу, глицерину, щелочам и органическим и минеральным кислотам, за исключением 65%-ной азотной кислоты и ледяной уксусной кислоты, в которых изделия незначительно изменяют внешний вид.

Сополимер МС растворяется в метиленхлориде, дихлорэтане бензоле, обладает стойкостью к бензину и смазочным маслам.

Отличительными свойствами изделий из сополимера МСН является хорошая погодостойкость, низкое водопоглощение, стойкость к бензину и смазочным маслам.

Ниже приводятся требования, предъявляемые к некоторым сополимерам стирола в соответствии с техническими условиями.

Сополимер стирола с α-метилстиролом по МРТУ 6М-828—61 должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	САМ	САМН
Внешний вид	Порошок слабо-желтого цвета или гранулы. Допускаются отдельные точечные включения	
Влажность, %, не более	0,5	0,5
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	900	900
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	15	15
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом · см*, не менее	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20° С и 10^6 *гц*, не более	0,0005	0,0005
Диэлектрическая проницаемость при 20° С и 10^6 *гц*, не более	2,6	2,6
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	100	100

Сополимер стирола с акрилонитрилом (СН-20) по СТУ 30-12493—62 и СТУ 30-12427—62 должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Гранулы бесцветные или желтого оттенка размером не более 5 *мм* с незначительным количеством порошка и крошки
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	900
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	20
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	75
Влажность, %, не более	1,0

Сополимер МС по ТУ МХП 240—60 должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Бесцветные или слегка голубовато-зеленоватые гранулы, не должны содержать посторонних примесей и включений
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	950
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	10
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	75
Водопоглощение за 24 *ч*, *г/дм²*, не более	0,07

Сополимер МСН по МРТУ 6-05-960—65 должен удовлетворять следующим требованиям:

	Марка А	Марка Б
Внешний вид	Гранулы диаметром от 3 до 5 *мм*. Пыль и мелкие фракции не допускаются	
Влажность, %, не более	0,5	0,8
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	22	16
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	1200	1100
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	74	72
Индекс расплава при 190° С и нагрузке 10 *кГ*, *г*/10 *мин*, не менее	0,5	0,3

Переработка сополимеров стирола

Сополимеры стирола легко перерабатываются в изделия обычными методами.

Сополимер МСН имеет хорошую текучесть, поэтому его можно перерабатывать на литьевых машинах любого типа, обеспечивающих удельное

давление от 1000 до 1500 *кГ/см²*. Перед переработкой гранулы сополимера подсушивают до остаточной влажности не более 0,1%. Наличие влаги в сополимере приводит к получению изделий с пониженной механической прочностью и дефектами поверхности: расслоение, «серебро», раковины, пузыри.

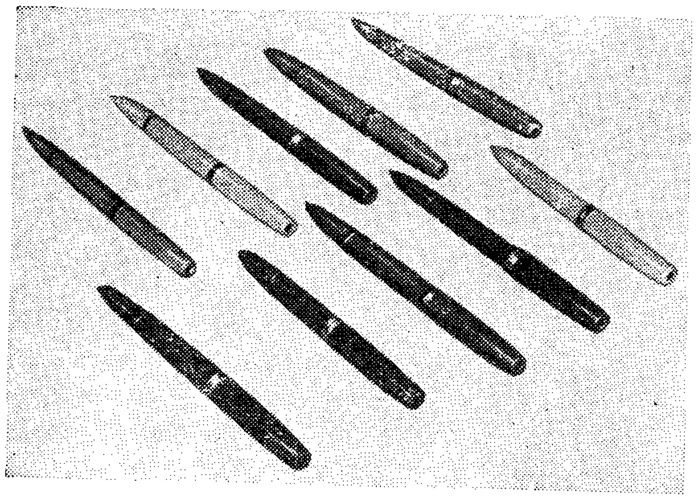


Рис 19. Авторучки из сополимера МСН.

Сополимер МСН перерабатывается литьем под давлением при 190—220° С и температуре формы 40—45° С. Продолжительность выдержки под давлением зависит от конфигурации и величины изделия и колеблется в пределах 8—35 *сек*.

Продолжительность охлаждения устанавливается для каждого изделия экспериментально.

Сополимер МСН перерабатывается методом прессования при давлении 250—300 *кГ/см²* и температуре формы 160—165° С, продолжительность выдержки под давлением составляет 3 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Раскрытие формы производится при 40—45° С.

Цикл прессования и литья под давлением может быть ускорен путем предварительного подогрева материала в термостате при 90—100° С.

Такой прием особенно рекомендуется при изготовлении крупногабаритных изделий.

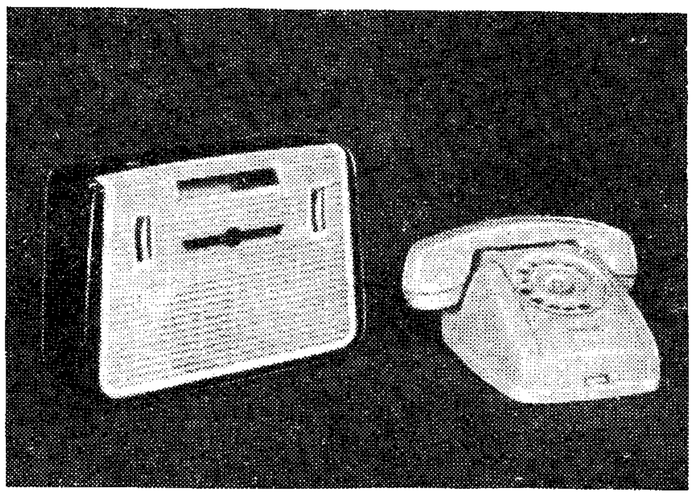


Рис. 20. Радиоприемник и телефонный аппарат из сополимера МСН.

Из сополимера МСН изготовляются корпуса приборов, телефонные аппараты, корпуса радиоприемников, электродетали, детали автопромышленности, авторучки, автокарандаши. Он применяется для изготовления бытовых изделий, а также всевозможных канцелярских принадлежностей.

Образцы изделий из сополимера МСН приведены на рис. 19, 20.

Литье под давлением сополимера СН-28 осуществляется при 210—240° С в форму, нагретую до 60—70° С, продолжительность выдержки колеблется от 8 до 35 *сек* в зависимости от конфигурации и размера формуемого изделия.

Экструзия сополимера СН-28 производится при 120—130° С в загрузочной зоне, 150—160° С — в остальных зонах цилиндра и 170—180° С — в головке.

Прессование изделий производится при давлении 250—300 *кГ/см²* и температуре формы 155—165° С. Продолжительность выдержки под давлением составляет приблизительно 5 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Распрессовка производится при температуре формы 70° С.

Остальные сополимеры СН перерабатываются при более низких температурах, приближающихся по мере снижения содержания акрилонитрила к температурам переработки чистого полистирола.

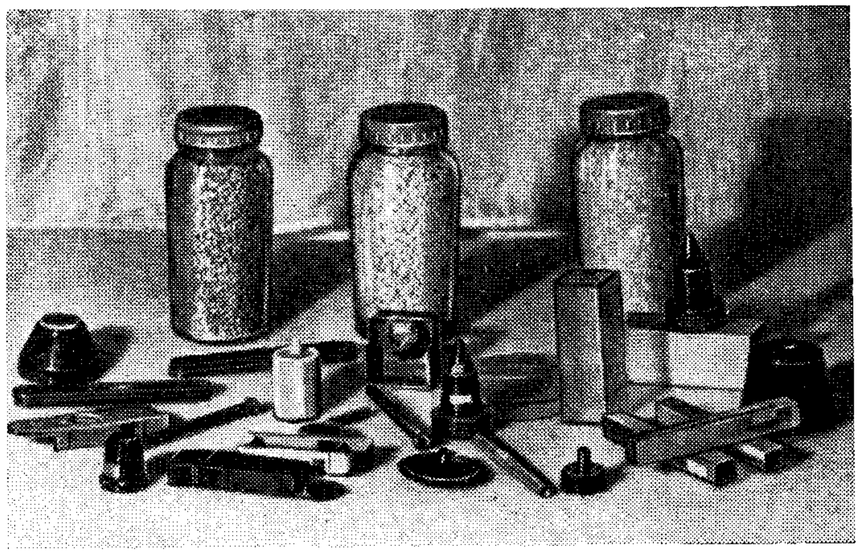


Рис. 21. Различные технические детали из сополимера СН.

Сополимеры СН применяются для производства тех же изделий, которые изготовляются из чистого полистирола (кроме изоляционных изделий, работающих при высоких частотах). Изделия из сополимеров имеют лучшие показатели механической прочности и теплостойкости, а также обладают меньшей склонностью к растрескиванию по сравнению с полистиролом.

Сополимеры СН могут также применяться для изготовления смотровых стекол в химических аппаратах, работающих в щелочных средах, для изготовления деталей автомобилей, подвергающихся действию паров бензина и масла, для корпусов и отдельных конструкционных деталей и частей радиоприемников, магнитофонов, телефонных аппаратов, фотоаппаратов, различных канцелярских принадлежностей и т. д. (рис. 21).

Сополимер МС перерабатывается литьем под давлением при 200—220° С и температуре формы 40—45° С. Продолжительность выдержки колеблется от 8 до 35 *сек* в зависимости от размеров и конфигурации изделия.

Экструзия производится при 130° С в загрузочной зоне машины, 180—190° С в остальных зонах цилиндра и 200—210° С в головке.

Прессование изделий производится при давлении 200—300 *кГ/см²* и температуре формы 170—175° С. Продолжительность выдержки под давлением составляет около 3 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Раскрытие формы производится при температуре 40—45° С.

Сополимер МС применяется для изготовления изделий автомобилестроения (деталей спидометра, стрелок шкал, фирменных знаков, подфарников, козырьков и др.). Благодаря высокой прозрачности сополимер МС применяется для изготовления приборных щитков, а также часовых стекол. Сополимер МС широко используется для изготовления галантерейных товаров и канцелярских принадлежностей (лекала, линейки и др.).

Образцы изделий из сополимера МС приведены на рис. 22.

Сополимер САМ легко перерабатывается в изделия литьем под давлением, экструзией, прессованием.

Литье под давлением производится при 200—230° С в формы, нагретые до 65—70° С. Продолжительность выдержки под давлением колеблется в пределах от 8 до 35 *сек* в зависимости от конфигурации и размера изделия.

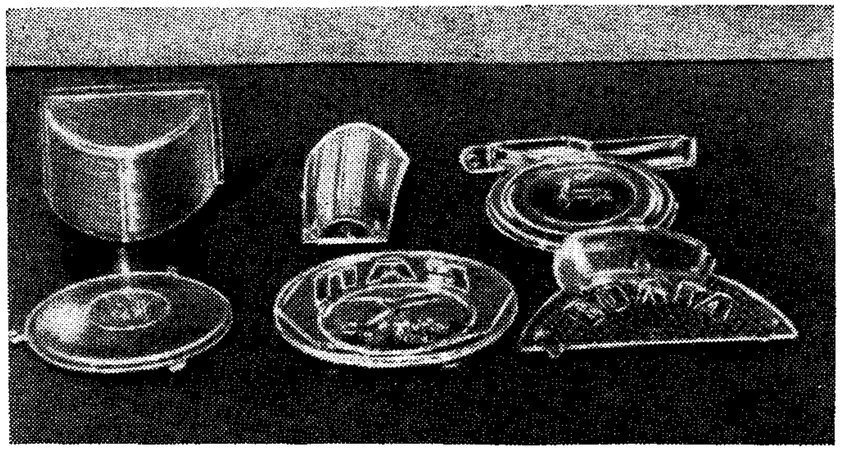


Рис. 22. Автодетали из сополимера МС.

При переработке сополимера САМ методом литья под давлением материал рекомендуется предварительно подсушивать при 90—100° С в течение 2 *ч* и прогревать изделия сразу же после отливки с последующим медленным охлаждением (для снятия внутренних напряжений), как и для полистирольных изделий.

Экструзия сополимера производится при 130° С в загрузочной зоне, 160—170° С в остальных зонах и 200° С в головке.

Прессование изделий производится при давлении 250—300 *кГ/см²* и температуре формы 175—180° С, продолжительность выдержки под давлением составляет 3 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Распрессовка должна производиться при температуре формы 75—80° С.

Сополимер САМ применяется как теплостойкий диэлектрик для изготовления различных изделий.

Аналогично перерабатываются и сополимеры стирола с β-винилнафталином и аценафтиленом.

Литье под давлением производится при 220—240° С и температуре формы 65—75° С (для сополимера с β-винилнафталином) и 60—70° С (для сополимера с аценафтиленом). Непосредственно после литья изделия рекомендуется подвергать отжигу при 85—90° С в течение 2—2,5 *ч* для снятия внутренних напряжений.

Экструзия сополимеров производится при 150° С в зоне загрузки, 180—190° С в остальных зонах цилиндра, 210° С в головке.

Прессование сополимера с β-винилнафталином производится при давлении 250—300 *кГ/см²* и температуре формы 165—170° С. Распрессовка производится при температуре формы 75—80° С.

Прессование изделий из сополимера стирола с аценафтиленом производится при давлении 300 *кГ/см²* и температуре формы 175—180° С. Продолжительность выдержки под давлением составляет примерно 3 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Раскрытие форм производится при температуре около 90° С.

Сополимер стирола с аценафтиленом применяется как высокочастотный диэлектрик для изготовления деталей радиоаппаратуры и высокочастотных приборов.

ПОЛИМЕРЫ ПРОИЗВОДНЫХ СТИРОЛА

К полимерам производных стирола относятся:

1. Поли-*п*-хлорстирол — выпускается по ТУ ГХК М-585—59 и М-529—59 в виде порошка светло-желтого цвета.
2. Полидихлорстирол — выпускается по ТУ МХП М-254—59 либо в виде мелкодисперсного порошка белого или светло-желтого цвета, либо в уплотненном виде.
3. Поливинилтолуол (полиметилстирол).
4. Полидиметилстирол.

Физико-механические свойства полимеров производных стирола

Показатели	Поли-*п*-хлорстирол	Полидихлорстирол	Поливинилтолуол	Полидиметилстирол
Плотность, *г/см³*	1,28	1,39	1,02	1,07
Предел прочности, *кГ/см²*				
при растяжении	265	225	280	230
» статическом изгибе	900	600	1000—1100	700—800
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	32 000	41 000	29 000	27 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	12	6	20	12—14
Относительное удлинение при разрыве, %	~1	~1	~2	~1
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	19	24	14,5—15	17—18

Электрические свойства полимеров производных стирола

Показатели	Поли-*п*-хлорстирол	Полидихлорстирол	Поливинилтолуол	Полидиметилстирол
Удельное электрическое сопротивление				
поверхностное, *ом*	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$—$2 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом см*	$5 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{17}$

Продолжение

Показатели	Поли-*n*-хлорстирол	Полидихлорстирол	Поливинилтолуол	Полидиметилстирол
Диэлектрическая проницаемость				
при 10^3 *гц* . . .	2,6—2,8	2,5—2,7	2,4	2,4—2,5
» 10^6 *гц* . . .	2,6—2,7	2,6—2,7	2,5	2,4—2,5
Тангенс угла диэлектрических потерь				
при 10^3 *гц* . . .	0,0006	0,0003	0,0003	0,0003—0,0004
» 10^6 *гц* . . .	0,0007	0,0003	0,0004	0,0004—0,0005
Электрическая прочность, *кв/мм* . . .	23—25	25	30—35	30

На рис. 23—28 приведены зависимости электрических свойств полимеров производных стирола от температуры и частоты.

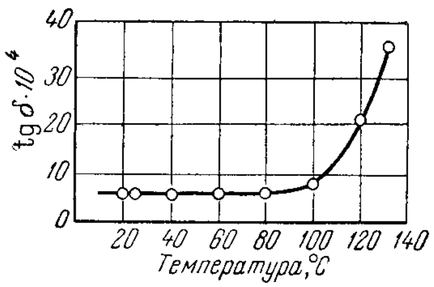


Рис. 23. Зависимость tg δ поли-*n*-хлорстирола от температуры при 10^6 *гц*.

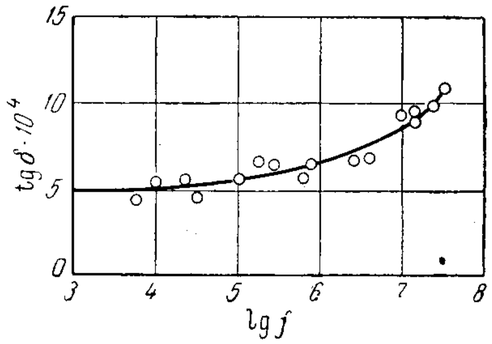


Рис. 24. Зависимость tg δ поли-*n*-хлорстирола от lg *f* при 20° С.

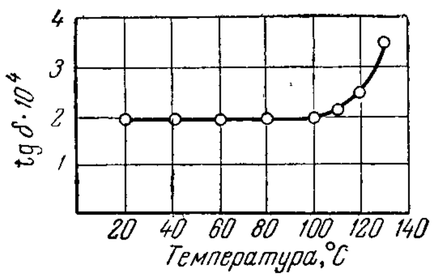


Рис. 25. Зависимость tg δ полидихлорстирола от температуры при 10^3 *гц*.

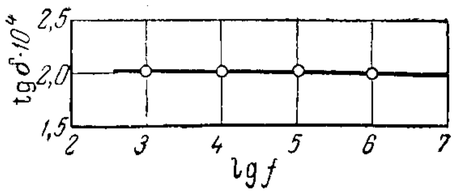


Рис. 26. Зависимость tg δ полидихлорстирола от частоты при 20° С.

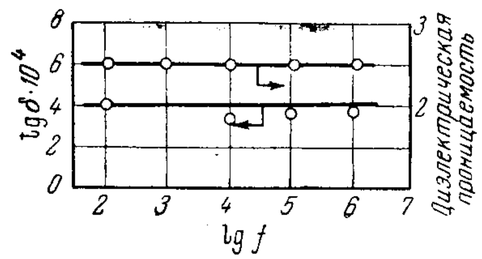


Рис. 27. Зависимость tg δ и ε полидиметилстирола от частоты при 20° С.

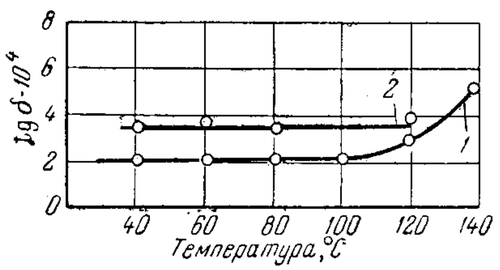


Рис. 28. Зависимость tg δ полидиметилстирола от температуры:
1 — при 10^3 *гц*; *2* — при 10^6 *гц*.

Теплофизические свойства полимеров производных стирола

Показатели	Поли-*n*-хлорстирол	Полидихлорстирол	Поливинилтолуол	Полидиметилстирол
Теплостойкость, °С				
по Мартенсу	110—113	115—117	105—107	110—112
» Вика	140—142	148—150	126—130	140—143
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$7{,}4 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7{,}5 \cdot 10^{-5}$	$7{,}9 \cdot 10^{-5}$
Верхний предел рабочих температур, °С	105	105—108	100	100—105

Химические свойства полимеров производных стирола

Полимеры производных стирола растворимы в ароматических и хлорированных углеводородах, нерастворимы в низших спиртах, эфирах и алифатических углеводородах.

Полимеры стойки к действию органических и минеральных кислот (за исключением 65%-ной азотной кислоты, в которой изделия набухают и изменяют внешний вид), щелочей, трансформаторного масла и глицерина.

Водопоглощение производных стирола за 24 *ч* при 20° С составляет (в %):

Поли-*n*-хлорстирол	0,04
Полидихлорстирол	0,02
Поливинилтолуол	0,05
Полидиметилстирол	0,03

Ниже приводятся требования, предъявляемые к некоторым полимерам производных стирола в соответствии с техническими условиями.

По ТУ ГХК М-585—59 (для ненаполненного) и М-529—59 (для наполненного) поли-*n*-хлорстирол должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Порошок или гранулы белого или светло-желтого цвета
Влажность, %, не более	0,5

Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	400 *
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	3,5—4,5 *
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом · см*, не менее	10^{15}
Диэлектрическая проницаемость при 20° С и 10^6 *гц*, не более	2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20° С и 10^6 *гц*, не более	0,001
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	110

* Для прессованных образцов.

Полидихлорстирол по ТУ МХП М-254—59 должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Белый порошок с желтоватым оттенком или гранулы
Влажность, %, не более	0,5
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	350 *
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	2,5 *
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом · см*, не менее	10^{15}
Диэлектрическая проницаемость при 20° С и 10^6 *гц*, не более	2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20° С и 10^6 *гц*, не более	0,0004
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	19
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	110

* Для прессованных образцов.

Переработка полимеров производных стирола

Полимеры производных стирола перерабатываются в изделия литьем под давлением, экструзией и прессованием при несколько более высоких температурах, чем полистирол.

Литье под давлением поли-*п*-хлорстирола, полидихлорстирола и полидиметилстирола производится при 240—260° С и температуре формы 70—75° С. Продолжительность выдержки под давлением зависит от конфигурации и величины изделия и колеблется в пределах от 8 до 35 *сек*.

Литье под давлением поливинилтолуола осуществляется при 190—210° С и температуре формы 70° С. Для снятия внутренних напряжений непосредственно после литья целесообразно подвергать изделия отжигу при 85—90° С в течение 1,5—2 *ч*.

Экструзия поли-*п*-хлорстирола и полидиметилстирола производится при 150° С в загрузочной зоне, 160—170° С в остальных зонах цилиндра, 200—205° С в головке.

Экструзия поливинилтолуола производится при температуре 110° С в загрузочной зоне, 150—160° С в остальных зонах цилиндра и 175—185° С в головке.

Прессование изделий из полимеров производных стирола производится при давлении 250—300 *кГ/см²* и температуре формы 170—180° С. Продолжительность выдержки под давлением зависит от толщины изделия и составляет 3 *мин* на 1 *мм* толщины. Раскрытие формы производится при 80—90° С.

Полимеры производных стирола применяются в радио- и электротехнике для изготовления изоляционных изделий, в особенности работающих при высоких частотах и повышенных температурах.

УДАРОПРОЧНЫЙ ПОЛИСТИРОЛ

Полистирол обладает хрупкостью и недостаточной механической прочностью, в связи с чем он не может перерабатываться в листы для изготовления из них крупногабаритных изделий.

Для получения таких изделий в технике применяют ударопрочный полистирол.

Ударопрочный полистирол представляет собой смесь полистирола с бутадиеновым или бутадиен-стирольным каучуками или блок- и привитых сополимеров стирола и других мономеров (например, акрилонитрила) с каучуками.

Блок- и привитые сополимеры стирола получаются в промышленности химическим и механохимическим методами. Ударопрочный полистирол обладает более высокой удельной ударной вязкостью и способен выдерживать значительные ударные нагрузки без разрушения.

Зависимость удельной ударной вязкости от температуры обычного и ударопрочного полистирола приведена на рис. 29.

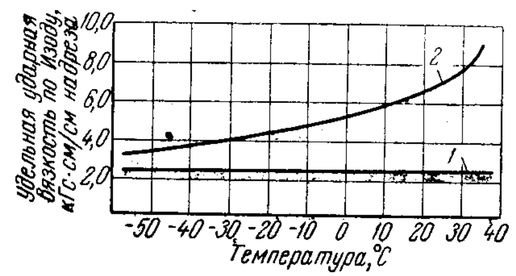


Рис. 29. Зависимость удельной ударной вязкости от температуры для полистирола немодифицированного (*1*) и модифицированного синтетическим каучуком (*2*).

Ударопрочный полистирол выпускается различных марок в зависимости от состава и способа получения полимера: УП-1Э, УП-1Л, УПП-1, УПП-2, ПС-СУ$_2$, ПС-СУ$_3$, СНП (СНП-0, СНП-1, СНП-2, СНП-3, СНП-4, СНП-5).

Физико-механические свойства ударопрочного полистирола

Показатели	СНП-0	СНП-1	СНП-2	СНП-3	СНП-4	СНП-5	УП-1Э	УП-1Л	ПС-СУ$_2$	ПС-СУ$_3$
Плотность, *г/см*^{3}	1,15	1,15	1,14	1,13	1,12	1,10	1,07	1,05	1,05	1,05
Предел прочности, *кГ/см*^{2}										
при растяжении	440	425	400	325	300	300	270	270	270	300
» статическом изгибе	1000	950	900	800	650	600	300—350	300	450	450
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см*^{2}	23 500	21 000	21 000	20 000	20 000	19 000	20 000	20 000	25 000	25 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см*^{2}	22—25	24—30	40—50	50—55	70—75	80—100	50	50	35	25
Относительное удлинение при разрыве, %	3	5—8	12—15	20—30	30—50	50—70	25	26	25	10
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм*^{2}	15	13	12	10	9	8,5	11—12	11—12	11—12	12

Электрические свойства ударопрочного полистирола

Показатели	СНП-0	СНП-1	СНП-2	СНП-3	СНП-4	СНП-5	УП-1Э	УП-1Л	ПС-СУ$_2$	ПС-СУ$_3$
Удельное электрическое сопротивление										
поверхностное, *ом*	$6 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{14}$
объемное, *ом · см*	$2 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{15}$
Диэлектрическая проницаемость										
при 10^3 *гц*	3,1	3,1	3,3	3,6	3,9	3,9	2,6	2,6	2,7	2,7
» 10^6 *гц*	3—3,1	3,1—3,3	3,3—3,5	3,8	4,1	4.1	2,7	2,7	2,8	2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь										
при 10^3 *гц*	0,006	0,006	0,01	0,02	0,02	0,02	0,001	0,001	0,002	0,002
» 10^6 *гц*	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,002	0,002	0,003	0,003
Электрическая прочность, *кв/мм*	24	23,5	23	23	20	20	25	25	25	23

Теплофизические свойства ударопрочного полистирола

Показатели	СНП-0	СНП-1	СНП-2	СНП-3	СНП-4	СНП-5	УП-1Э	УП-1Л	ПС-СУ$_2$	ПС-СУ$_3$
Теплостойкость, °С										
по Вика	90—95	90—95	90—95	90—95	90—95	90	85—90	90	85—90	85—90
» Мартенсу	74	74	74	73	72	70	70	70	65	65
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$8{,}3 \cdot 10^{-5}$	$8{,}3 \cdot 10^{-5}$	$8{,}6 \cdot 10^{-5}$	$9{,}5 \cdot 10^{-5}$	$10{,}8 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7{,}5 \cdot 10^{-5}$
Верхний предел рабочих температур, °С	65—68	65—68	65—70	65—70	65—70	60—65	60—65	60	60	60

Химические свойства ударопрочного полистирола

Ударопрочный полистирол марок УП-1, ПС-СУ$_2$, ПС-СУ$_3$ и УПП растворим в ароматических и хлорированных углеводородах. Он устойчив к действию растворов солей, а минеральные и растительные масла оказывают на него слабое действие.

Ухудшение физических свойств происходит при действии бензина, керосина, кетонов, высших спиртов, этилового спирта, эфирных масел. Особенно вредно действуют окислители.

Свойства ударопрочного полистирола

	УП-1Э	УП-1Л	УП	УПП-1 литьевой: неокрашенный	УПП-1 литьевой: окрашенный	УПП-2 экструзионный: неокрашенный	УПП-2 экструзионный: окрашенный	ПС-СУ$_2$	ПС-СУ$_3$	СНП-2
	МРТУ 6-05-927—64			СТУ 36-13-153—65				МРТУ 6-05-928—64		СТУ 30-12-154—63
Внешний вид . .	Гранулы размером не более 4 × 5 *мм* без посторонних включений									Гранулы размером не более 5 *мм*
Предел прочности, *кГ/см*^{2}, не менее при растяжении	270	250	280	—	—	—	—	250	300	
» статическом изгибе	—	—	—	550	550	650	600	400	400	850
Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см*^{2}, не менее	—	—	—	50	50	50	45	—	—	40
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	24	26	10	—	—	—	—	20	10	
Теплостойкость, °С, не менее по Мартенсу	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70
» Вика . . .	—	—	—	75	75	80	80	—	—	—
Температура размягчения, °С . .	75	72	78	—	—	—	—	76	85	—
Индекс расплава, *г*/10 *мин* . . .	—	—	—	2,6	2,6	2,5	2,5	—	—	—
Содержание остаточного мономера, %, не более	0,8	1,4	Не нормируется	—	—	—	—	0,5	0,5	—

Ударопрочный полистирол СНП различных марок растворим в кетонах (ацетоне, метилэтилкетоне, циклогексаноне и т. п.), в хлорированных углеводородах. Он обладает стойкостью к щелочам, галоидоводородным кислотам, к обычной и морской воде, а также к смазочным маслам, нефтепродуктам и бензину. Он нестоек к концентрированным серной и азотной кислотам. Изделия из СНП также набухают в концентрированной муравьиной кислоте и изменяют свой цвет в ледяной уксусной кислоте. Водопоглощение ударопрочного полистирола марки СНП за 24 *ч* составляет 0,07—0,10%.

Требования, предъявляемые к различным маркам полистирола по МРТУ и СТУ, приведены на стр. 122.

Переработка ударопрочного полистирола

Ударопрочный полистирол перерабатывается в изделия обычными для термопластов методами и в первую очередь экструзией и литьем под давлением. СНП марок 0, 1 и 2 перерабатывается всеми методами, а СНП марок 3, 4 и 5 предназначен для переработки главным образом экструзией, а также прессованием.

Из ударопрочного полистирола можно получать листы, которые перерабатываются затем в крупногабаритные изделия методом вакуум- и пневмоформования. Листовые материалы могут перерабатываться и горячей штамповкой.

Литье под давлением ударопрочного полистирола производится при 200—220° С и температуре формы 50—55° С. Продолжительность выдержки под давлением колеблется в пределах от 8 до 35 *сек* в зависимости от конфигурации и величины изделия, длительность охлаждения в форме подбирается экспериментально для каждого вида изделия.

Экструзия производится при температуре в зоне загрузки 90° С, в остальных зонах цилиндра 130° С, в головке 170—180° С.

Прессование производится при давлении 200—300 *кГ/см*^{2} и температуре формы 160—170° С. Выдержка под давлением составляет 3 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Раскрытие формы производится при температуре 30—40° С.

При вакуумном формовании листы нагревают до 140—160° С, остаточное давление в форме не должно превышать 50—60 *мм рт. ст.*, длительность формования составляет 2—3 *мин* и зависит от толщины формуемого материала.

При пневмоформовании листы нагревают до 140—150° С, давление воздуха или инертного газа (азота) обычно 2—3 *кГ/см*^{2}.

Материал при штамповании нагревают до 140—150° С, требуемое при этом давление составляет примерно 25—50 *кГ/м*^{2}. Штампование менее распространено для переработки листового ударопрочного полистирола.

Для склеивания ударопрочного полистирола может применяться 5—10%-ный раствор его в бензоле, толуоле, дихлорэтане (в зависимости от состава).

Ударопрочный полистирол поддается механической обработке (обточке, распиловке и т. п.). Условия обработки должны подбираться в зависимости от размеров и конфигурации изделий. В качестве охлаждающего агента можно применять воду.

Применение ударопрочного полистирола

Ударопрочный полистирол применяется для изготовления тех изделий, которые нельзя получить из чистого полистирола общего назначения. К ним относятся крупногабаритные изделия: двери и внутренние части бытовых холодильников, корпуса телевизоров, радиоприемников, телефонных аппаратов,

магнитофонов, контейнеров, ящиков и коробок для транспортировки различных товаров и продуктов, для сантехнических приборов и деталей внутренней отделки и облицовки самолетов, пассажирских вагонов, как облицовочный материал в жилищном строительстве и т. д.

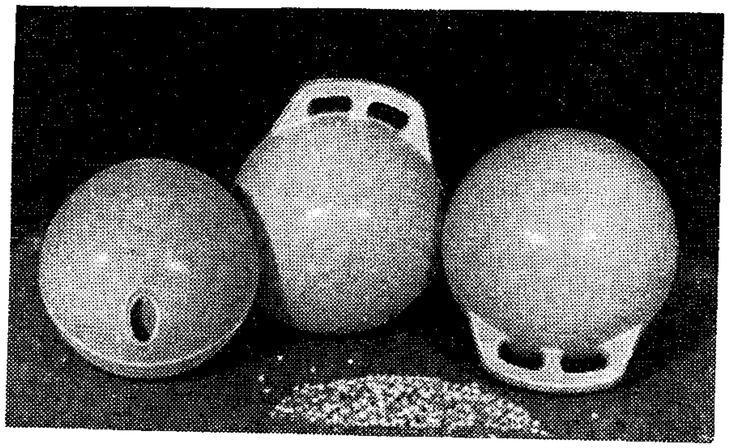


Рис. 30. Кухтыли (поплавки для глубинного лова рыбы) из ударопрочного полистирола СНП.

Ударопрочный полистирол СНП может использоваться для производства труб, имеющих ряд преимуществ по сравнению с металлическими: они легче, имеют бо́льшую долговечность и хорошую стойкость к действию некоторых кислот, щелочей и масел.

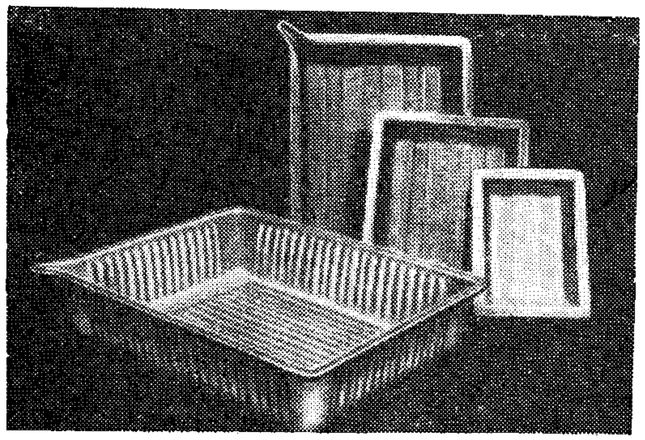


Рис. 31. Фотокюветы из ударопрочного полистирола СНП.

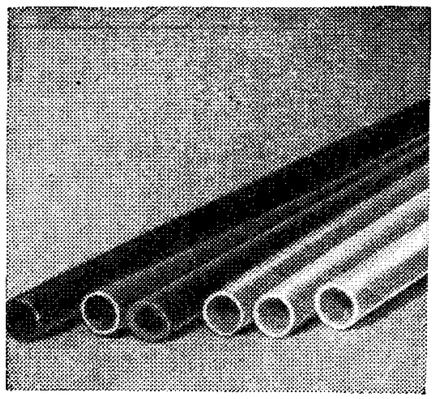


Рис. 32. Трубы из СНП.

Ударопрочный полистирол применяется для изготовления детских игрушек, фотопринадлежностей, авторучек и т. д.

Образцы изделий из ударопрочного полистирола представлены на рис. 30—36.

Листовой материал из ударопрочного полистирола УП-1Э (МРТУ 6-11-32—65) выпускается двух марок — **ПВФ и ПО:**

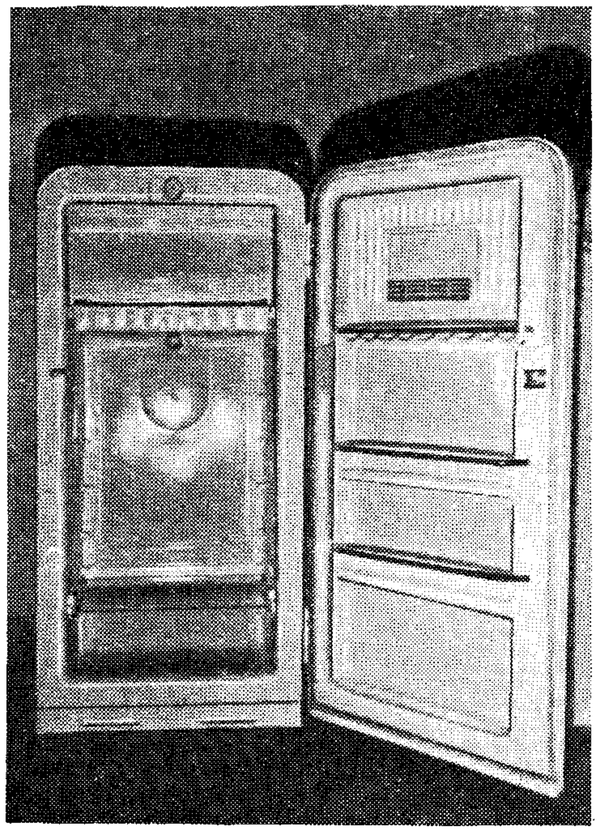


Рис. 33. Дверца и внутренняя часть холодильника из ударопрочного полистирола.

ПВФ — для изготовления деталей технического и бытового назначения методом вакуум- и пневмоформования.

ПО — для использования в качестве отделочного, облицовочного материала, а также для изготовления деталей методом вакуум- и пневмоформования.

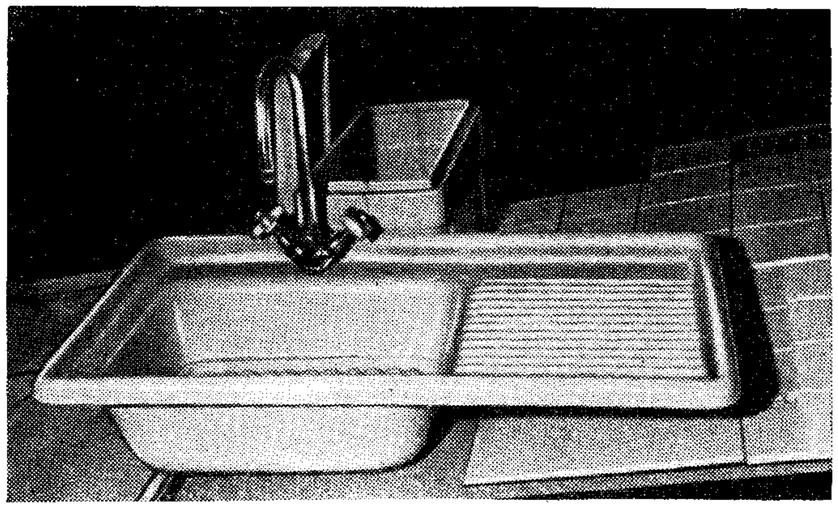


Рис. 34. Раковина-посудомойка из ударопрочного полистирола СНП.

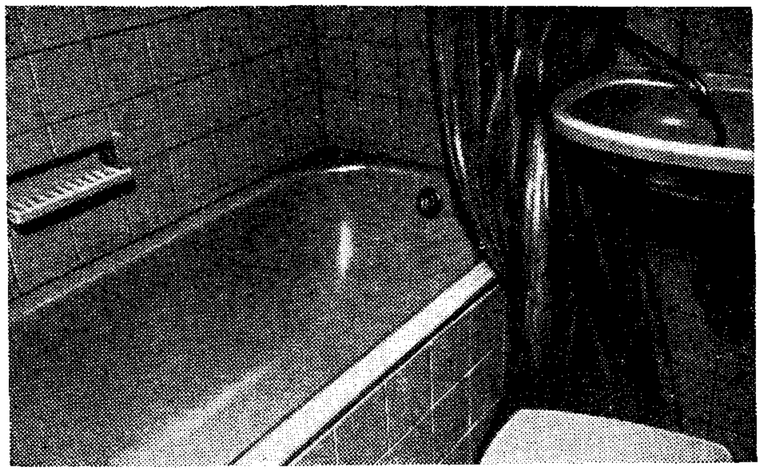


Рис. 35. Интерьер ванной комнаты (облицовочные плитки, ванна и раковина изготовлены из ударопрочного полистирола СНП).

Листы выпускаются следующих размеров:

	ПВФ	ПО
Толщина, *мм*	2±0,1	2±0,2
	2,5±0,10	2,5±0,25
	3±0,15	3±0,3
	4±0,20	4±0,35
	5±0,25	5±0,4
	6±0,25	6±0,5
Ширина, *мм*	1450±10	1450±20
	1460±20	1460±20
	1460±30	1460±30
Длина	По согласованию с потребителем с допуском по длине	
	±3 *мм*	±5 *мм*

Листы выпускаются светло-голубого или белого цвета. Не допускается наличие на поверхности масляных пятен, раковин. Для марки ПВФ недопустимо присутствие инородных включений диаметром более 1,5 *мм*. Допускается наличие бугорков (высотой не более 0,3 *мм* для марки ПВФ), рисок, точечных включений, не выходящих на поверхность листа, и т. д.

Листы должны удовлетворять следующим требованиям:

	ПВФ	ПО
Предел прочности при растяжении, $кГ/см^2$, не менее		
в направлении экструзии	240	200
в поперечном направлении	220	180
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее		
в направлении экструзии	28	20
в поперечном направлении	23	18
Относительное удлинение при разрыве, %	Факультативно	

Усадка линейная в направлении экструзии (при 150° С за 30 *мин*), %, не более		
при толщине листа 2 *мм*	20	25
» » » 2,5 *мм*	20	25
» » » 3 *мм*	18	24
» » » 4 *мм*	18	23
» » » 5 *мм*	15	18
» » » 6 *мм*	15	18

Материал СНП листовой (СТУ 30-14-146—63). Предназначается для изготовления деталей холодильников, а также других изделий технического назначения методом вакуумформования или штампования.

Листы могут быть с односторонней полировкой или с матовой поверхностью (неполированные). Выпускаются следующих размеров *:

Длина, *мм*	1500±5
Ширина, *мм*	720±20
Толщина, *мм*	1,7—2,3

Цвет листов согласовывается с потребителем. Внешний вид — поверхность полированная или неполированная.

На одной стороне полированного листа СНП допускаются: рельеф, легкая волнистость, раковины в количестве 8 шт., диаметром не более 2 *мм*, неглубокие риски, матовые пятна, мелкие впадины, царапины, бугристые выступы в количестве 5 шт., диаметром не более 2 *мм*

На одной стороне неполированного листа допускаются: глянцевые полосы, легкая шероховатость, рельеф, неглубокие риски, раковины в количестве 8 шт., диаметром не более 2 *мм*, бугристые выступы в количестве 5 шт., диаметром не более 2 *мм*.

На полированных и неполированных листах допускаются несосредоточенные включения до 0,5 *мм*, а также до 10 шт. размером не более 1,0 *мм*.

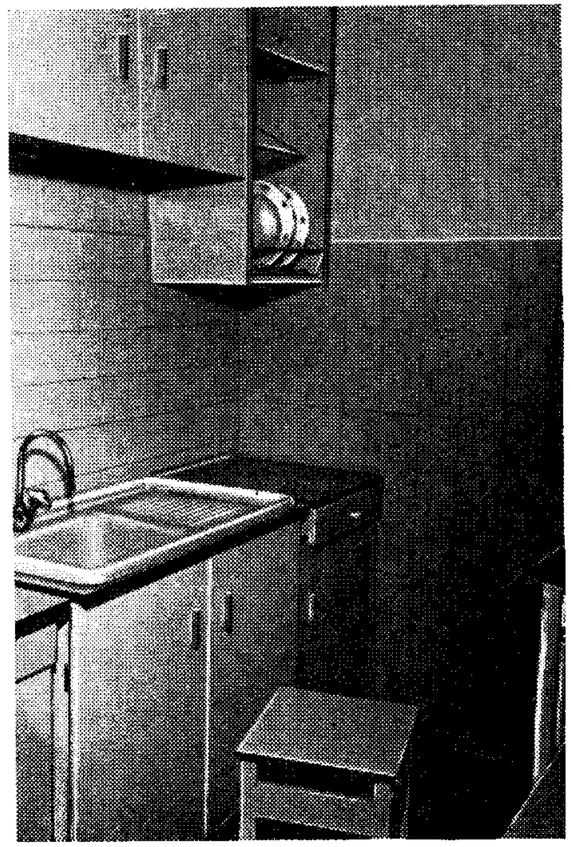


Рис. 36. Интерьер кухни из ударопрочного полистирола СНП.

Допускаются оттенки в пределах одного цвета листов одной партии, но каждый лист не должен иметь разных оттенков.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Переработка полистирольных пластмасс в изделия осуществляется при повышенной температуре (от 150 до 240° С). При нагревании и при механическом воздействии может происходить частичная термомеханическая и тер-

* Листы СНП могут быть изготовлены других размеров по согласованию с потребителем.

моокислительная деструкция полимеров с выделением вредных веществ, таких, как стирол, бензальдегид, ацетофенон, двуокись углерода и др.

В соответствии с условиями техники безопасности помещение должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию, а оборудование для переработки полимеров (экструдеры, литьевые машины и др.) должно иметь местные отсосы для улавливания продуктов, выделяющихся в процессе переработки.

Все работы по переработке полистирола должны проводиться с соблюдением специальных инструкций по технике безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шорыгина Н. В., Стирол, его полимеры и сополимеры, Госхимиздат, 1950.
2. Лосев И. П., Тростянская Е. Б., Химия синтетических полимеров, Изд. «Химия», 1964.
3. Николаев А. Ф., Синтетические полимеры и пластические массы на их основе, Изд. «Химия», 1966.
4. Коршак В. В., Методы высокомолекулярной органической химии, Изд. АН СССР, 1953.
5. Вацулик П., Химия полимеров, т. 1, Издатинлит, 1960.
6. Boundy R. H., Boyer R. F., Stoesser S. M., Styrene, its polymers, copolymers and derivatives, N. Y., 1952.
7. Барг Э. И., Технология синтетических пластических масс, Госхимиздат, 1954.
8. Тагер А. А., Физико-химия полимеров, Госхимиздат, 1963.
9. Сажин Б. И., Электропроводность полимеров, Изд. «Химия», 1965.
10. Старение и стабилизация полимеров, Изд. «Наука», 1964.
11. Гейлорд Н., Марк Г., Линейные и стереорегулярные полимеры, Издатинлит, 1962.
12. Натта Г., Химия и технология полимеров, № 7—8, 112 (1960).
13. Каргин В. А., Соголова Т. И. и др., Высокомол. соед., **7**, № 4, 576 (1965).
14. Кронгауз Е. С., Супрун А. П., Успехи химии, **27**, № 9, 1056 (1958).
15. Шевляков А. С., Этлис В. С. и др., ДАН СССР, **122**, № 6, 1076 (1958).
16. Стилл Д. К., Успехи химии, **27**, № 12, 1437 (1958).
17. Уткин В. В., Левин А. Н., Пласт. массы, № 11, 7 (1962).
18. Голубева А. В., Носаев Г. А., Усманова Н. Ф., Еремина Е. Н., Сивоградова К. А., Пласт. массы, № 1, 3 (1961).
19. Берлин А. А., Гильман И. М., Хим. пром., № 8, 1 (1957).
20. Носаев Г. А., Степанова Р. Н., Самарина О. П., Пласт. массы, № 7, 8 (1961).
21. Хавкинс Дж. Э., Органические перекиси, Изд. «Химия», 1964.
22. Берлин А. А., Основы производства газонаполненных пластмасс и эластомеров, Госхимиздат, 1954.
23. Моисеев А. А., Дурасова Г. Ф., в сб. «Пенопластмассы», Оборонгиз, 1960.
24. Воробьев В. А., Андрианов Р. А., Пласт. массы, № 9, 6 (1962).
30. Chem. Week, **87**, № 12, 88 (1960).
25. Моисеев А. А., Дурасова Г. Ф., Хим. пром., № 3, 13 (1957).
26. Непышневский Б. М., Синайский Г. М., Хим. пром., № 8, 26 (1959).

27. Кержковская Е. М., Кон А. В., Ляндзберг Г. Я., Сивоградова К. А., Соловьев М. И., Печенкин А. Л., Щербина М. К., Свойства и применение пенопласта ПСБ, изд. Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1960.
28. Никифоров Ю. Е., Соловьев М. И., Зуховицкий М. Е., Опыт применения пенополистирола в качестве утеплителя наружных стеновых панелей, изд. Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1961.
28а. Коршак В. В., Кронгауз Е. С., Успехи химии, **33**, № 12, 1409 (1964).
29. Усманова Н. Ф., Голубева А. В., Ваншейдт А. А., Сивоградова К. А., Пласт. массы, № 4, 6 (1961); Пласт. массы, № 5, 3 (1961).
30. Price C. C., Halpern B. D., Voong S. T., J. Polymer Sci., **11**, № 6, 575 (1953).
31. Golubeva A. V., Usmanova N. F., Vansheid A. A., J. Polymer Sci., **52**, 63 (1961).
32. Голубева А. В., Неймарк О. М., Усманова Н. Ф., Сивоградова К. А., Безбородко Г. Л., Меерзон А. А., Пласт. массы, № 8, 3 (1960).
33. Лазарев А. И., Сорокин М. Ф., Хим. пром., № 5, 21 (1947).
34. Jones C. D., Friedrich R. E., Zimmerman R. L., Werkema T. E., Ind. Eng. Chem., **48**, 2123 (1956).
35. Worsfold D. J., Bywater S., J. Am. Chem. Soc., **79**, 4917 (1956).
36. Андреева И. В., Котон М. М., Изв. АН СССР, ОХН, № 3, 552 (1959).
37. Smets G., De Haes L., Bull. Soc. chim. Belg., **59**, 13 (1950).
38. Lowry G., J. Polymer Sci., **31**, 187 (1958).
39. Голубева А. В., Усманова Н. Ф., Сивоградова К. А., Пласт. массы, № 12, 4 (1960).
40. Hirota Kozo, Bull. Chem. Soc. Japan, **33**, 251 (1960).
41. Усманова Н. Ф., Голубева А. В., Булатова В. М., Сивоградова К. А., Пласт. массы, № 2, 7 (1964).
42. Безуглый В. Д., Пономарев Ю. П., Дмигриева В. Н., ЖАХ, **19**, 881 (1964).
43. Голубева А. В., Городецкая Р. А., Сивоградова К. А., Усманова Н. Ф., Пласт. массы, № 1, 21 (1959).
44. Ляндзберг Г. Я., Сивоградова К. А., Ленинградская промышленность, № 3, 67 (1958).
45. Бильмейер Ф., Введение в химию и технологию полимеров, Издатинлит, 1958, стр. 314.
46. Сажин Б. И., Эйдельнант М. П., Высокомол. соед., **3**, № 5, 761 (1961).
47. Кириллова Э. И., Матвеева Е. Н. и др., Пласт. массы, № 8, 10 (1962); Пласт. массы, № 11, 3 (1962).
48. Yuko Shimura, Itaru Mita, Surotaro Kambe, J. Polymer Sci., **2**, № 4, 403 (1964).
49. Harumi Assai, J. Polymer Sci., **2**, № 5, 553 (1964).
50. Милицкова Е. А., Пласт. массы, № 5, 63 (1963).
51. Maggi B., Materie Plastiche ed elastomeri, № 2, 145 (1964).
52. Марек О., Томка М., Акриловые полимеры, Изд. «Химия», 1966.
53. Craham R. K. et al., J. Am. Chem. Soc., **82**, № 2, 400 (1960).
54. Лосев И. П., Петров Г. С., Химия искусственных смол, Госхимиздат, 1951.
55. Котон М. М., Москвина Е. П., Флоринский Ф. С., ЖОХ, **21**, 1847 (1951).
56. Котон М. М., Хим. пром., № 6, 1 (1961).

57. Ушаков С. Н., Матузов П. А., ЖПХ, **17**, 435 (1944); ЖОХ, **14**, 120 (1944).
58. Фаттахов К. З., Ж. техн. физ., **22**, 313 (1952); **24**, 1401 (1954).
59. Варденбург А. К., Пластические массы в электротехнической промышленности, Госэнергоиздат, 1957, стр. 175.
60. Голубева А. В., Безбородко Г. Л., Кон А. В., Усманова Н. Ф., Дойникова С. Н., Пласт. массы, № 2, 3 (1963).
61. Гольдинг Б., Химия и технология полимерных материалов, 1963.
62. Котон М. М., Москвина Е. П., Флоринский Ф. С., ЖОХ, 22, № 5, 789 (1952).
63. Малкевич С. Г., Черешкевич Л. В., Пласт. массы, № 5, 3 (1960).
64. Melchore J. A., Mod. Plast., **33**, № 7, 163 (1956).
65. Hennessy B. J., Trans. a. J. Plast. Inst., **27**, 70, 126 (1959).
66. Barb W. G., J. Polymer Sci., **37**, № 132, 515 (1959).
67. Davies T. E., Brit. Plast., **34**, № 6, 283 (1959).
68. Шорыгин П. П., Шорыгина Н. В., ЖОХ, **9**, 845 (1939).
69. Докукина А. Ф., Котон М. М., Крюкова К. Н., Минеева О. К., Парибок В. А., Ж. физ. хим., **30**, 190 (1956).
70. Котон М. М., Смолюк Г. С., ДАН СССР, **102**, № 2, 305 (1955).
71. Голубева А. В., Толстикова З. Д., Сивогракова К. А., Безбородко Г. Л., Пласт. массы, № 7, 8 (1963).
72. Берлин А. А., Успехи химии, **27**, № 1, 94 (1958).
73. Берлин А. А., Ханукаева И. А., Каучук и резина, № 6, 20 (1960).
74. Берлин А. А., Гильман И. М., Каучук и резина, № 12, 1 (1960).
75. Каргин В. А., Коварская Б. М., Голубенкова Л. И., Акутин М. С., Слонимский Г. Л., ДАН СССР, **112**, 485 (1957); Хим. пром., № 2, 13 (1957).
76. Акутин М. С., Хим. наука и пром., **11**, № 5, 585 (1957).
77. Баромбойм Н. К., Механохимия полимеров, Изд. научно-технической литературы РСФСР, 1961.
78. Левин А. Н., Хим. наука и пром., **3**, № 5, 673 (1958).
79. Череза, Блок- и привитые сополимеры, Изд. «Мир», 1964.
80. Берлент У., Хофман А., Привитые и блок-сополимеры, Издатинлит, 1963.
81. Chem. a. Eng. News, **42**, № 35, 24 (1964).
82. Баландина В. А., Гурвич Д. Б. и др., Анализ полимеризационных пластмасс, Изд. «Химия», 1965.
83. Бернхардт Э., Переработка термопластических материалов, Госхимиздат, 1965.
84. Канавец И. Ф., Баталов Л. Г., Пласт. массы, № 3, 18 (1962); Пласт. массы, № 6, 23 (1962).
85. Наумов В. Ф., Наумова Г. З., Производство изделий из пластмасс литьем под давлением, Госхимиздат, 1958.
86. Козулин Н. А., Шапиро А. Я., Гаврурина Р. К., Оборудование для производства и переработки пластмасс, Госхимиздат, 1962.
87. Енальев В. Д., Задонцев Б. Г., Полистирольные пластики, Изд. «Техника», 1966.
88. Вопросы экструзии термопластов, Сборник переводов, Госхимиздат, 1963.
89. Правила и нормы по технике безопасности и промышленной санитарии для проектирования, строительства и эксплуатации производств полистирола и сополимеров стирола, Госхимиздат, 1963.
90. Лазарев Н. В., Химически вредные вещества в промышленности, Госхимиздат, 1965.

91. Указатель Государственных стандартов 1965 года. Изд. Гос. комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР, 1965.
92. ASTM Standards on Plastics (with Related information), Philadelphia, 1962.
93. Пик И. Ш., Прессовочные, литьевые и поделочные пластические массы, Изд. «Химия», 1965.
94. Кочеров Н. П., Федоренко Н. П., Аничкина Н. А., Пласт. массы, № 10, 43 (1963).
95. Кочеров Н. П., Федоренко Н. П., Маркосова Н. М., Пласт. массы, № 4, 1 (1965).
96. Кочеров Н. П., Гришина Т. М., Экономическая эффективность применения полиолефинов и полистирольных пластиков в машиностроении, изд. Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1965.

ФТОРОПЛАСТЫ

Фторопласты * представляют собой полимеры фторпроизводных этилена. Это в основном кристаллические полимеры, что и определяет практически важные особенности их физико-механических свойств.

Фторопласты по сравнению с другими кристаллическими полимерами кристаллизуются относительно медленно, особенно при температурах эксплуатации. Поэтому путем термообработки можно изменять их степень кристалличности и влиять таким образом на физико-механические свойства изделий.

Фторопласты получают путем полимеризации газообразных низкокипящих мономеров при повышенном давлении в автоклавах. Реакция проводится в большинстве случаев в присутствии воды, поглощающей и отводящей тепло реакции, и катализаторов, обычно соединений перекисного типа.

В Советском Союзе выпускается большой ассортимент фторсодержащих полимеров как в виде порошков, предназначенных для дальнейшей переработки в изделия, так и в виде различных полуфабрикатов, композиций и готовых изделий.

ФТОРОПЛАСТ-4

Фторопласт-4 — полимер тетрафторэтилена; представляет собой рыхлый волокнистый порошок, образующий при прессовании плотные таблетки, спекающиеся при 360—380° С в сплошную беспористую массу белого или сероватого цвета, слегка просвечивающую, со скользкой поверхностью.

Фторопласт-4 (фторлон-4) выпускается по ГОСТ 10007—62 с изменением № 1 информационный указатель стандартов, № 2, 1965, стр. 71) трех марок:

Марка А — для изготовления конденсаторной и электроизоляционной пленок.

---

* «Фторопласты», согласно ГОСТ 5752—51 и справочного материала «Пластические массы органического происхождения. Классификация, технические наименования, основные свойства» (Стандартгиз, Москва, 1959), является техническим наименованием, относящимся ко всему классу фторорганических полимеров. В отличие от многочисленных марок фторсодержащих полимеров (фторопластов), имеющихся в продаже на мировом рынке, отечественные фторопласты выпускаются под названием (словесный товарный знак) «фторлон». Для различия марок фторлона остались в силе те же условные индексы, какие приняты в технической литературе для различных типов фторопластов. Таким образом, наименования «фторлон-4» и «фторопласт-4», «фторлон-42» и «фторопласт-42» и т. д. равнозначны; однако первые из этих наименований предпочтительнее.

Фторопласт политетрафторэтилен в США называется тефлоном, в Англии — флюоном, в Италии — алгофлоном, в ФРГ — хостафлоном TF, во Франции — сорефлоном. Политрифторхлорэтилен называется: в США — кель F, флюоретен, генетрон, в ФРГ — хостафлон, в Чехословакии — тефлекс.

Марка Б — для изготовления крупных изделий.

Марка В — для изготовления мелких изделий.

Фторопласт-4 — кристаллический полимер с температурой плавления 327° С и температурой стеклования около —120° С.

При нагревании даже выше температуры разложения (415° С) фторопласт-4 не переходит в вязко-текучее состояние. Поэтому он не может перерабатываться обычными для термопластов способами — литьем под давлением и экструзией. Переработка фторопласта-4 производится методом спекания предварительно отпрессованных таблеток при 360—380° С.

В зависимости от скорости охлаждения (до температуры ниже 250° С) после спекания можно получить закаленные изделия со степенью кристалличности около 50% и плотностью около 2,15 *г/см³* или же незакаленные со степенью кристалличности более 65% и плотностью выше 2,20 *г/см³*. При обычной температуре эксплуатации степень кристалличности равна 50—70%. О степени кристалличности фторопласта-4 можно судить по плотности образца:

Степень кристалличности, %	Плотность при 23° С *г/см³*	Степень кристалличности, %	Плотность при 23° С *г/см³*
40,0	2,12	66,5	2,20
43,2	2,13	69,4	2,21
46,5	2,14	72,3	2,22
49,7	2,15	75,2	2,23
53,0	2,16	78,0	2,24
56,3	2,17	80,7	2,25
59,7	2,18	82,5	2,26
63,1	2,19	85,2	2,27
		89,0	2,28

Зависимость плотности и удельного объема от температуры для образца со степенью кристалличности 68% приведена ниже:

Температура °С	Удельный объем, *см³/г*	Плотность *г/см³*	Температура °С	Удельный объем, *см³/г*	Плотность *г/см³*
—50	0,440	2,27	175	0,476	2,10
—25	0,443	2,26	200	0,482	2,08
0	0,447	2,24	225	0,488	2,05
25	0,453 *	2,21 *	250	0,495	2,02
50	0,456	2,19	275	0,503	1,99
75	0,459	2,18	300	0,514	1,95
100	0,463	2,16	325	0,534	1,88
125	0,467	2,14	327	0,64 **	1,57 **
150	0,471	2,12	350	0,655	1,53

* При нагревании от 19,6 до 22° С удельный объем увеличивается на 0,74%.

** При температуре 327° С удельный объем увеличивается на 20%.

Физико-механические свойства фторопласта-4

Ниже приводятся основные показатели физико-механических свойств фторопласта-4:

Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	
незакаленного образца	140—250
закаленного образца	160—315
при статическом изгибе	110—140
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	
при —60° С	13 200—27 800
» +20° С	4 700—8 500
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	100
Относительное удлинение при разрыве, %	250—500
Остаточное удлинение, %	250—350
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	3—4

Зависимость физико-механических свойств фторопласта-4 от температуры

Показатели	Температура, °С									
	—60	—40	—20	0	20	40	60	80	100	120
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*										
незакаленного образца	—	350	325	300	200	180	—	135	115	—
закаленного образца	—	500	440	330	250	240	—	200	190	—
Модуль упругости, *кГ/см²*										
при сжатии										
незакаленного образца	18 000	17 000	15 000	11 000	7 000	4 500	3 300	2 400	1 700	—
при изгибе										
незакаленного образца	27 800	23 900	23 300	18 100	8 500	5 100	4 800	3 800	—	2 450
закаленного образца	13 200	11 300	9 800	7 400	4 700	4 000	2 900	2 180	—	1 100
Относительное удлинение при разрыве, %										
незакаленного образца	—	70	100	150	470	650	—	600	540	—
закаленного образца	—	100	160	190	400	500	—	500	480	—

Физико-механические свойства фторопласта-4 при низких температурах

Показатели	Температура, °С					
	—93	—123	—153	—193	—233	—269
Сопротивление сжатию *, *кГ/см²*	350	—	980	1 260	1 554	1750—1960
Модуль упругости при сжатии, *кГ/см²*	—	52 500	—	—	—	70 000

* Сопротивление сжатию равно напряжению, при котором деформация составляет 0,2%.

Зависимость деформации фторопласта-4 при сжатии от температуры

Деформация %	Нагрузка (в *кГ/см²*), вызывающая деформацию при температурах, °С						
	—50	0	25	50	100	150	200
1	203	157	62	49	31	17,5	11
2	304	210	92	66	39	27	20
3	350	236	105	77	48	33	27
4	374	251	120	85	59	39	31
5	390	262	127	92	62	44	35

Одним из наиболее важных показателей при расчетах изделий из фторопласта-4 на прочность является предел текучести.

Предел текучести, т. е. то напряжение, при котором возникают значительные остаточные деформации, зависит от степени кристалличности, скорости растяжения и в особенности от температуры. При средней степени кристалличности 65% и скорости растяжения 100 *мм/мин* зависимость предела текучести $\sigma_т$ от абсолютной температуры T (в °К) выражается следующей эмпирической формулой:

$$\lg \sigma_т = 0{,}53166 + \frac{483{,}64}{T}$$

Эта формула справедлива для температур от 19 до 300° С.

Поскольку при длительном воздействии нагрузок остаточные деформации возникают при значительно меньших напряжениях растяжения и сжатия, практически не следует допускать нагрузки, превышающие 40—50% от рассчитанных по формуле.

При конструировании изделий, в которых детали из фторопласта-4 должны выдерживать длительно большие нагрузки, следует учитывать явление ползучести. Деформацию при длительном действии нагрузки можно подсчитать по формуле:

$$\lg \gamma_t = \lg \gamma_1 + a \lg t$$

где γ_t — деформация за t суток, %;
γ_1 — деформация за 1 сутки, %;
t — время, сутки;
a — коэффициент, зависящий в основном от температуры и в меньшей степени от нагрузки, если она не превышает 40—50% предела текучести.

Значения коэффициента a для разных температур и некоторые данные по ползучести фторопласта-4 приведены ниже. Величина деформации за 1 сутки (γ_1) для других нагрузок и температур должна быть определена опытным путем. Данные приведены для образцов со степенью кристалличности около 50%, при большей степени кристалличности (65—68%) ползучесть меньше.

Ползучесть фторопласта-4

Вид деформации	Температура, °С	Нагрузка *кГ/см²*	Деформация, %		Коэффициент a
			1 сутки (γ_1)	4 суток (γ_t)	
Сжатие	20	33	6,00	6,25	0,03
»	20	21	3,05	3,19	0,032
Растяжение	40	28	2,72	2,87	0,038
»	100	28	5,58	5,90	0,040
»	140	21	4,67	4,94	0,042
»	200	14	4,08	4,50	0,048
»	250	14	5,17	5,58	0,055

Антифрикционные свойства фторопласта-4

Коэффициент трения фторопласта-4 по стали и по фторопласту-4 без смазки зависит от нагрузки и температуры. Зависимость коэффициента трения μ от нагрузки выражается формулой

$$\mu = 0{,}178W^{-0{,}5}$$

где W — нагрузка (в $Г$).

Практически при удельных нагрузках 20—30 *кГ/см²* μ составляет величину порядка 0,1; при 150—300 *кГ/см²* около 0,02. При наличии смазки коэффициент трения уменьшается примерно вдвое.

При 327° С коэффициент трения увеличивается вдвое вследствие интенсивного нагрева тонкого поверхностного слоя при недостаточном отводе тепла. Такой перегрев вызывает необратимое изменение поверхности трения, и коэффициент трения остается высоким даже при понижении температуры.

Электрические свойства фторопласта-4

Ниже приводятся показатели электрических свойств фторопласта-4:

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	10^{17}
объемное, *ом · см*	10^{17}—10^{20}
Диэлектрическая проницаемость	
при 60 *гц*	1,9—2,2
» 10^3 *гц*	1,9—2,2
» 10^6 *гц*	1,9—2,2
» 10^8 *гц*	2,0
» 10^{10} *гц*	2,0

Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 60 *гц*	0,0002—0,00025
» 10^3 *гц*	0,0002—0,00025
» 10^6 *гц*	0,0002—0,00025
» 10^8 *гц*	0,0002
» 10^{10} *гц*	0,0002
Электрическая прочность, *кв/мм*, при толщине образца	
4 *мм*	25—27
5—20 *мк*	200—300
Дугостойкость, *сек*	250 *

* Сплошного токопроводящего слоя не образуется.

Фторопласт-4 является лучшим из всех известных диэлектриков.

Диэлектрическая проницаемость фторопласта-4 зависит от плотности и степени кристалличности образца, а также от температуры, но только в той степени, в какой от температуры зависит плотность. Зависимость диэлектрической проницаемости от плотности полимера может быть подсчитана по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1+2kd}{1-kd}$$

где $k=0{,}119$; d — плотность.

Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь фторопласта-4 не изменяются в широком интервале частот (вплоть до 10^{10} *гц*). Величина тангенса угла диэлектрических потерь остается постоянной при температурах от —60 до +250° С.

Теплофизические свойства фторопласта-4

Ниже приводятся основные теплофизические свойства фторопласта-4:

Температура, °С	
плавления	327
стеклования	—120
разложения	> 415
наибольшей скорости кристаллизации	310—315
Удельная теплоемкость, *кал/(г · град)*	0,25
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,21
Рабочая температура, °С	
минимальная	—269
максимальная	260

Зависимость коэффициента термического линейного расширения фторопласта-4 от температуры

Температура, °С	Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	Температура, °С	Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$
От —60 до —10	$8 \cdot 10^{-5}$	110—120	$11 \cdot 10^{-5}$—$15 \cdot 10^{-5}$
От —10 до +20	$8 \cdot 10^{-5}$—$25 \cdot 10^{-5}$	120—200	$15 \cdot 10^{-5}$
20—50	$25 \cdot 10^{-5}$—$11 \cdot 10^{-5}$	200—210	$15 \cdot 10^{-5}$—$21 \cdot 10^{-5}$
50—110	$11 \cdot 10^{-5}$	210—280	$21 \cdot 10^{-5}$

В некоторых случаях удобнее пользоваться средними значениями коэффициентов термического линейного расширения в определенных интервалах

температур, приведенными ниже. Там же показано относительное изменение линейных размеров изделий из фторопласта-4. В образцах из фторопласта-4 часто возникают внутренние напряжения, которые при нагревании изделия вызывают необратимые изменения его размеров. Иногда вместо ожидаемого при нагреве удлинения образца он сокращается. Данные о зависимости коэффициента термического линейного расширения от температуры относятся к образцам, в которых полностью отсутствуют внутренние напряжения.

Зависимость среднего коэффициента термического линейного расширения и размеров изделий от температуры

Интервал температур °С	Средний коэффициент термического линейного расширения $град^{-1} \cdot 10^5$	Изменение размеров изделия, % от размера при 25° С	Интервал температур °С	Средний коэффициент термического линейного расширения $град^{-1} \cdot 10^5$	Изменение размеров изделия, % от размера при 25° С
От —190 до +25	8,6	—1,85	25—100	12,4	+0,93
От —150 до +25	9,6	—1,68	25—150	13,5	+1,69
От —100 до +25	11,2	—1,40	25—200	15,1	+2,64
От — 50 до +25	13,5	—1,01	25—250	17,4	+3,92
0—25	20,0	—0,50	25—300	21,8	+5,99
25—50	12,4	+0,31			

Химические и оптические свойства фторопласта-4

Фторопласт-4 является самым стойким из всех известных материалов — пластмасс, металлов, стекол, эмалей, сплавов и т. п. На него совершенно не действуют кислоты, окислители, щелочи, растворители. На фторопласт-4 действуют только расплавленные щелочные металлы и их комплексные соединения с аммиаком, нафталином, пиридином, а также трехфтористый хлор и элементарный фтор при повышенных температурах. При температуре выше 327° С фторопласт-4 слабо набухает в жидких фторуглеродных соединениях.

Фторопласт-4 не смачивается водой при кратковременном погружении (угол смачивания 126°), но смачивается при длительном пребывании в дистиллированной воде (15—20 суток). В соленой воде (например, морской) на поверхности фторопласта-4 через 15—20 суток отлагается пленка солей, смываемая дистиллированной водой.

Фторопласт-4 абсолютно стоек в тропических условиях и не подвержен действию грибков.

Фторопласт-4 прозрачен для видимого света только при толщине, измеряемой десятками микрон. Для ультрафиолетовых лучей он прозрачен в пределах длин волн 2000—4000 Å, а для инфракрасных лучей — в пределах от 2 до 7,5 *мк*.

Прочие свойства фторопласта-4:

Водопоглощение за 24 *ч*, %	0
Горючесть	Не горит
Паропроницаемость * при 20° С, $г \cdot см/(см^2 \cdot ч \cdot мм\ рт.\ ст.)$	$0{,}6 \cdot 10^{-9}$—$1{,}2 \cdot 10^{-9}$
Водопроницаемость при 20° С, $г \cdot см/(см^2 \cdot ч \cdot мм\ рт.\ ст.)$	$3 \cdot 10^{-9}$—$6 \cdot 10^{-9}$

* Для водяных паров.

По ГОСТ 10007—62 к фторопласту-4 предъявляются следующие требования:

Показатели	Марка А	Марка Б	Марка В
Внешний вид	Легко комкующийся порошок белого цвета без металлических и других посторонних включений		
Внешний вид поверхности пластины	Поверхность пластины должна быть чистой, белого цвета, однородной по окраске	Цвет поверхности пластины должен быть от белого до серого	
Плотность образца, $г/см^3$, не более	2,19	Не определяется	
Предел прочности при растяжении, $кГ/см^2$, не менее			
незакаленного образца	225	220	Не определяется
закаленного образца	Не определяется		250
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее			
незакаленного образца	350	350	Не определяется
закаленного образца	Не определяется		300
Термостабильность, *ч*, не менее	100	15	10
Удельное объемное электрическое сопротивление, $ом \cdot см$, не менее	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{16}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,00025	0,00025	0,0003
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	2,0—2,1	2,0—2,1	2,0—2,1
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	40	Не определяется	
Влажность	Отсутствует		
Дисперсность (остаток после просева на сите с сеткой № 1К по ГОСТ 3584—53), %, не более	10	10	10
Внешний вид строганой ленты	Не должна иметь металлических включений, отверстий и трещин	Не определяется	
Относительное удлинение при разрыве строганой ленты в поперечном направлении, %, не менее	150	Не определяется	

Переработка фторопласта-4 *

Изготовление изделий и заготовок для дальнейшей механической обработки производится прессованием порошка фторопласта-4 при 20—25° С в таблетки, которые затем извлекают из прессформы и спекают в специальных печах при 370±10° С.

Важно, чтобы полученные таблетки были равномерны по плотности. Волокнистая форма частиц фторопласта-4 делает его несыпучим и мешает скольжению частиц, даже при приложении давления. Поэтому необходимо тщательно разравнивать порошок, загруженный в прессформу.

Насыпная масса порошка фторопласта-4 составляет 0,4—0,45 *г/см*³, спрессованная таблетка должна иметь плотность не менее 1,83 *г/см*³. Поэтому объем загрузочной камеры прессформы должен в пять раз превышать объем готовой таблетки. Подпрессовка и добавление порошка не допускаются.

Давление при прессовании таблеток не должно быть ниже 250 *кГ/см*², оптимальное давление 300—350 *кГ/см*². Давление следует увеличивать медленно и равномерно. Скорость движения пуансона при прессовании — не более 6—7 *см/мин*. После достижения оптимального давления таблетка выдерживается не менее 2—3 *мин* (при большой высоте таблетки 5—6 *мин*). При высоте таблетки более 2—3 *см* необходимо применять прессформы с двусторонним сжатием, так как иначе получаются таблетки с неравномерной плотностью.

Спекание таблеток производят в печах с рециркуляцией воздуха и вращающимся подом. Воздух нагревается электронагревателями, расположенными вне печи, так как внутри печи излучение от нагревателей может вызвать местные перегревы изделий. Продолжительность спекания составляет примерно 1 *ч* на каждые 3 *мм* толщины таблетки. Окончание спекания определяется визуально по достижению таблеткой полной прозрачности, поэтому печь должна быть внутри освещена и иметь смотровое окно.

От скорости охлаждения таблеток зависят свойства готовых изделий. Закаливать в воде можно только изделия с толщиной стенки не более 5—6 *мм*. Более толстые изделия (а также изделия, для которых важна стабильность размеров) должны охлаждаться медленно. Для этого нагрев печи выключают и дают ей охладиться в течение 4—5 *ч* до 250° С. После этого изделия извлекают из печи, завертывают в асбестовое одеяло и охлаждают в нем до комнатной температуры.

Если охлаждать таблетки от 380 до 300° С с различной скоростью, то степень кристалличности (в %) оказывается равной:

При закалке погружением в ледяную воду . . .	44—45
При закалке погружением в воду с температурой 20° С	50
При охлаждении со скоростью	
5° С/*мин*	54
1° С/*мин*	56
0,5° С/*мин*	58
0,1° С/*мин*	62

* Следует иметь в виду, что по технологическим свойствам фторлон-4 (советская марка фторопласта-4) несколько отличается от других марок политетрафторэтилена, поэтому методы переработки, опубликованные в зарубежной и переводной литературе, следует использовать осторожно. Изложенные в данном разделе рекомендации по методам переработки относятся только к фторлону-4 и не всегда пригодны для других марок политетрафторэтилена.

При спекании таблетки претерпевают значительную усадку (плотность таблетки 1,83 *г/см*³, готового изделия — закаленного 2,15 *г/см*³, незакаленного 2,2 *г/см*³). Допуски на линейные размеры прессованных изделий из фторопласта-4 должны составлять не менее 3% от номинала.

Размеры таблетки (или гнезда прессформы) определяются на основе нормальных усадок при спекании:

	Усадка, %	
	закаленные изделия	незакаленные изделия
Наружный диаметр колец, втулок и т. п. . . .	5	7
То же, внутренний диаметр	4	4
Диаметр стержней, цилиндров и т. п.	6	7—8
Увеличение высоты изделий	+6	(+7)—(+8)

Изделия после спекания и охлаждения, особенно те, которые подвергались закалке, нельзя немедленно подвергать механической обработке. Все изделия после охлаждения оставляют при комнатной температуре на 2—4 суток и только после этого производят замеры для изделий, которые применяются без обработки, или передают заготовки на дальнейшую механическую обработку. Изготовленные по описанной выше технологии изделия можно применять при температурах до 260° С.

Таким методом прессуют заготовки простой формы — пластины, диски, цилиндры, втулки, кольца и т. п., предназначенные в большинстве случаев для дальнейшей механической обработки с целью придания изделиям более сложной формы и точных размеров. Однако существуют методы прессования из порошка фторопласта-4 изделий таких сложных очертаний, как, например, сильфоны, втулки с фланцами, стаканы с днищами.

Штампование изделий из фторопласта-4. Если изделия эксплуатируют при низких температурах и если к точности и стабильности размеров не предъявляют очень строгих требований, можно применить штампование изделий из фторопласта-4, разогретого до 380° С (в виде заготовок, по форме более или менее близких к форме готового изделия, в том числе заготовок в форме цилиндра), что очень экономично.

Существует два метода штампования: в горячей форме и в холодной. По первому методу заготовку из фторопласта-4, нагретую до 380° С, помещают в прессформу, нагретую до 320° С, и штампуют изделие при давлении 100—350 *кГ/см*². Под этим же давлением охлаждают изделия в прессформе до 30—40° С, причем, чем медленнее происходит остывание, тем выше стабильность размеров получаемого изделия. Полученные таким методом изделия можно эксплуатировать при температуре не выше 200° С, так как уже при 230° С наблюдаются значительные деформации.

По второму методу заготовку из фторопласта-4, нагретую до 380° С, штампуют в холодной прессформе при давлении 350—700 *кГ/см*². Этот процесс можно осуществить только в стационарной прессформе, установленной на быстроходном прессе. Давление в форме поддерживают и при охлаждении изделия до 35—40° С.

Для повышения производительности пресса форму можно снабдить водяной рубашкой или каналами. Чем больше деформируется заготовка при штамповке, тем ниже допустимая рабочая температура изделия; поэтому следует применять заготовки, как можно ближе соответствующие форме изделия. Допустимая рабочая температура изделия зависит от требований,

предъявляемых к стабильности размеров. Изделия, полученные штамповкой в холодной форме, нельзя применять при температуре выше 150° С.

Сварка фторопласта-4 производится при 370° С при тесном контакте между свариваемыми поверхностями, что осуществить довольно трудно (особенно если толщина свариваемых деталей значительна).

Рекомендуется при сварке применять флюс, состоящий из 65 вес. ч. фторуглеродной смазки марки УПИ и 35 вес. ч. порошка фторопласта-4Д. Компоненты смешивают при 70° С (для разжижения высоковязкой смазки УПИ) и затем наносят на обе свариваемые поверхности. Детали соединяют при помощи струбцины (давление не должно превышать 2,5—3,5 *кГ/см²*) и помещают в термостат с температурой 370±10° С. Можно также применять накладные электронагреватели, устанавливаемые с обеих сторон шва с прокладками из меди или алюминия толщиной 4—6 *мм* (для равномерного нагрева шва). После достижения температуры 370° С детали выдерживают 5—10 *мин* и затем, не снимая давления, охлаждают шов до 100° С.

Детали, подвергаемые сварке, должны быть полностью освобождены от внутренних напряжений еще до подгонки шва и сварки, иначе они могут деформироваться во время сварки.

Плунжерная экструзия фторопласта-4 может производиться на специальных плунжерных прессах с пневматическим приводом или на червячных прессах специального типа. Применяется фторопласт-4, предварительно подвергнутый термообработке и размолотый. Этим методом можно изготавливать стержни, толстостенные трубы и профили.

Применяются пресса вертикальные (для труб) и горизонтальные (для стержней и профилей). Пресс состоит из загрузочной части, в которую входит плунжер, точно соответствующий по профилю изготовляемому изделию, и головки, в которой происходит спекание изделия и затем его охлаждение (на выходе из головки). Пневматический привод работает от сжатого воздуха с давлением 5—6 *кГ/см²*. Мощность привода должна обеспечить преодоление силы трения нагретого материала о стенки головки (для этого необходимо усилие около 3 *кГ* на каждый миллиметр периметра сечения изделия) и получение плотного, беспористого изделия при спекании (для этого необходимо давление не ниже 45 *кГ/см²*). Если второе условие не выполняется, необходимо искусственно создавать сопротивление у выхода из головки.

Сечение головки по всей ее длине постоянно, его размеры должны быть в 1,14 раза больше, чем готового изделия. Головку следует изготовлять из нержавеющей стали, для увеличения поверхности нагрева на головку надевается толстая алюминиевая рубашка и поверх нее — нагревательные элементы.

На плунжерных и червячных прессах можно изготавливать изделия неограниченной длины сечением до 50—60 *мм*. Производительность прессов зависит от размеров изделия и может колебаться от 0,6 до 7 *м* изделия в час, при малых сечениях производительность можно повысить путем применения многоручьевых головок.

Склеивание фторопласта-4 возможно только при предварительной специальной обработке склеиваемых поверхностей.

Обработка поверхности фторопласта-4 производится щелочными металлами (чаще всего натрием) в виде таких активных комплексов, как натрий — аммиак или натрий—нафталин. Для обработки 1 *м²* поверхности фторопласта-4 затрачивается около 8 *г* натрия в растворе.

Для приготовления раствора берут 1000 *г* сухого жидкого аммиака, охлажденного до —(40—45)° С, в котором растворяют 10 *г* металлического натрия. Получается раствор темно-синего цвета, в который опускают на 1—5 *сек* изделия из фторопласта-4. После этого изделия промывают водой. Поверхность изделия становится коричневой и хорошо склеивается любыми клеями, например эпоксидными или типа БФ. В последнем случае предел прочности при сдвиге достигает 100—120 *кГ/см²*.

Аммиачный раствор натрия весьма опасен (самовозгорание и взрывы при попадании воды или воздействии влаги воздуха) и очень чувствителен к кислороду воздуха. Поэтому во время работы с ним над раствором надо поддерживать непрерывный ток сухого холодного (—45° С) азота, не содержащего кислород. Раствор можно наливать только в сосуды из стекла (сосуды Дьюара) или нержавеющей стали; абсолютно непригодны сосуды из алюминия, меди, конструкционной стали. При загорании раствор нельзя тушить водой, пенными и сухими углекислотными огнетушителями, а только сухой порошкообразной содой.

Для уничтожения остатков раствора в него понемногу вливают абсолютный нормальный бутиловый спирт, до полного исчезновения синей окраски. После этого раствор можно вылить в воду.

Раствор натрий-нафталинового комплекса готовят следующим образом: 128 *г* нафталина растворяют в 1 *л* тетрагидрофурана, затем при комнатной температуре в колбу с раствором, закрываемую пробкой с хлоркальциевой трубкой (или под током сухого азота), вносят 23 *г* натрия. При этом нельзя допускать сильного разогрева (больше чем на 10—15° С). Раствор может длительно сохраняться (до 2 месяцев в герметичной таре) при комнатной температуре. Обработанные детали промывают сначала спиртом, потом — водой.

Применение фторопласта-4

Пленки из фторопласта-4

Из фторопласта-4 марки А изготовляют тонкие конденсаторные и электроизоляционные пленки толщиной от 5 до 200 *мк*. Для изготовления таких пленок прессуют и спекают большие цилиндрические болванки, с которых затем на точных токарных станках снимают непрерывную стружку-ленту. Эта лента представляет собой неориентированную пленку, физико-механические свойства которой не отличаются от свойств фторопласта-4 в монолитных изделиях. Пленка применяется для различных электроизоляционных целей.

Неориентированная пленка может быть прокатана на специальных точных прокатных станах. При этом ее толщина уменьшается, а длина соответственно увеличивается (при неизменной ширине), т. е. пленка при прокатке подвергается односторонней ориентации. Прокаткой можно уменьшить толщину пленки в различной степени (т. е. придать ей различную степень ориентации). Максимальная степень ориентации — около 2,7, но в некоторых случаях может быть изготовлена пленка и с меньшей степенью ориентации (1,2—1,3).

Ориентированная пленка сохраняет все свойства фторопласта-4, а некоторые даже улучшаются. Так, электрическая прочность значительно увеличивается, предел прочности при растяжении в продольном направлении повышается до 1000 *кГ/см²* при снижении относительного удлинения при разрыве до 30—40%.

При нагревании ориентированная пленка дает усадку по длине, которая тем больше, чем выше температура. Это свойство используется для уплотнения обмотки из пленки фторопласта-4 на проводах.

Пленка электроизоляционная (ВТУ М-461—55). Используется для изолирования проводов, эксплуатируемых при температурах от —60 до +250° С.

Пленка изоляционная (ТУ М-549—56). Применяется для междуслойной изоляции, эксплуатируемой при температурах от —60 до +250° С. Пленки должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Пленка электроизоляционная		Пленка изоляционная	
	ориентированная	неориентированная	ориентированная	неориентированная
Ширина, *мм*	12—90	12—90	40—90	40—120
допуск по ширине, *мм*	±0,2	±0,2	±0,3	±0,3
Толщина, *мк*	20—200	20—200	20—100	60—200
допуск по толщине, *мм*	±0,005	±0,005	±0,01	±0,01
Минимальная длина в куске, *м*	250	250	40	40
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	300	100	300	100
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	30	100	—	—
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	—	—	10^{15}	10^{15}
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц* и 20° С, не более	—	—	2,2	—
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более				
при 20° С	—	—	0,00025	—
» 150° С	—	—	0,0006	
Электрическая прочность при постоянном токе (2 слоя), *кв/мм*, не менее	100	40	30	30

Пленка конденсаторная (ГОСТ 10536—63). Ориентированная пленка применяется в конденсаторах, может эксплуатироваться при температурах от —60 до +200° С. Выпускается следующих размеров:

Толщина, *мк*	5; 6; 8 (допуск ± 20%) 10; 12; 15; 20; 25 (допуск ± ± 15%) 30; 35; 40 (допуск ±10%)
Ширина, *мм*	
при толщине 5; 6 и 8 *мк*	10—60
» » 10; 12 и 15 *мк*	10—90
» » >20 *мк*	10—120
Допуски по ширине, *мм*	
при ширине ⩽50 *мм*	±0,3
» » 50—90 *мм*	+0,7 −0,3
>90 *мм*	+1,0 −0,3
Длина одного куска, *м*, не менее	
при толщине ⩽8 *мк*	50
» » 10 *мк* и более	100

Пленка должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении в продольном направлении, *кГ/см²*, не менее	300
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	30
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	
до кондиционирования	$1 \cdot 10^{17}$
после кондиционирования	$1 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц*, не более	
при толщине пленки 5—12 *мк*	Не определяется
» » » 15—40 *мк*	1,8—2,2
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	
при толщине пленки 5—10 *мк*	0,0003
» » 12—40 *мк*	0,00025
Электрическая прочность при постоянном токе, *кв/мм*, не менее	200

Лента из фторопласта-4 (ВТУ М-784—57). Выпускается шириной 50—90 *мм* (допуск по ширине ±2 *мм*) и толщиной 200, 400, 600, 800 и 1000 *мк* (допуск по толщине ±10%)

Лента должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	100
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	150
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	10^{14}
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	20

Применение фторопласта-4 в подшипниках

При использовании фторопласта-4 в подшипниках, работающих без смазки, редко пользуются чистым фторопластом-4 вследствие его больших относительных и остаточных деформаций под нагрузкой и быстрого износа.

Одной из основных характеристик подшипникового материала является фактор *PV*, т. е произведение нагрузки *P* (в *кГ/см²*) на скорость скольжения *V* (в *см/сек*). Обычно считают допустимым такое значение фактора *PV*, при котором износ подшипника при 20° С за 1000 *ч* равен 0,13 *мм* при трении о полированную сталь. Применение вместо полировки вала шлифовки или тонкой токарной обработки увеличивает износ в 4—6 раз. Увеличение фактора *PV* в 2 раза ускоряет износ в 10 раз.

Введение наполнителей во фторопласт-4 существенно снижает износ подшипников (примерно в 600 раз). Это позволяет или увеличить долговечность подшипника при том же значении фактора *PV*, или, наоборот, повысить значение фактора *PV* (в 7 раз), не снижая долговечности.

Ввиду очень малой адгезии фторопласта-4 к частицам наполнителя механическая прочность фторопласта-4 при наполнении всегда снижается, и особенно заметно, если наполнитель вводят в количестве, превышающем оптимальное значение, равное 20 объемн.%.

Лучшими наполнителями для фторопласта-4 служат молотый графитированный уголь и коксовая мука (помол не крупнее 20—30 *мк*). Композиции, содержащие 20% графитированного угля или коксовой муки, дают наименьшую деформацию под нагрузкой, обладают большой износостойкостью и позволяют значительно повысить значение фактора *PV*.

Хорошим наполнителем является рубленое стеклянное волокно (диаметром 5—7 *мк*).

В качестве наполнителей для фторопласта-4 часто применяют порошкообразные металлы, которые улучшают, хотя и незначительно, теплопроводность композиции и увеличивают износостойкость.

Известно большое число различных наполнителей, обладающих антифрикционными свойствами (чешуйчатый природный графит, дисульфиды молибдена и других металлов, диселениды, дителлуриды, нитрид бора). Однако такие наполнители очень мало улучшают свойства композиций, а коэффициент трения увеличивается в такой же степени, как и при введении наполнителей, не имеющих антифрикционных свойств.

Физико-механические свойства композиций фторопласта-4 с наполнителями

Наполнитель	Количество объемн. %	Коэффициент трения	*PV* при износе 0,13 *мм* за 1000 *ч*	Относительная износостойкость	Деформация под нагрузкой 140 *кГ/см²* при 50° С %
Без наполнителя	—	0,04	36	1	25
Чешуйчатый графит	20	0,06	94	20	16
Медь	20	0,12	97	22	15
Дисульфид молибдена	20	0,06	101	25	16
Стеклянное волокно	15	0,06	107	30	10
	25	0,06	179	174	8
Никель + MoS_2 *	22	0,05	204	260	10
Бронза	20	0,06	238	450	6
Графитированный уголь	20	0,05	245	500	2
Коксовая мука	20	0,055	256	600	1,5

* Материал разработан НИИПМ.

Для подшипников, работающих при очень больших нагрузках или больших скоростях скольжения, особенно важен хороший отвод тепла. В таких случаях применяют композиции из металла и фторопласта-4, в которых несущий каркас материала изготовляется из металла, а фторопласт-4 выполняет только роль смазки. (В этих композициях количество фторопласта-4 составляет около 10% по весу и до 30% по объему.) Обычно в качестве основы применяют металлокерамику из бронзы, которая затем пропитывается суспензией фторопласта-4Д, или готовится специальная металло-фторопластовая композиция по методу А. Н. Филиппова (НАМИ).

Такие металло-фторопластовые композиции позволяют увеличивать нагрузки до 2000—3000 *кГ/см²* или доводить скорость скольжения до 500 *см/сек* и выше. Фактор *PV* у таких композиций может быть повышен до 2000—3000.

ФТОРОПЛАСТ-4Д

Фторопласт-4Д (фторлон-4Д) представляет собой разновидность фторопласта-4 и отличается от последнего формой и размерами частиц, а также несколько меньшим молекулярным весом. Физико-механические свойства фторопластов-4Д и 4 практически одинаковы.

Преимуществом фторопласта-4Д является возможность переработки его в изделия способами, которые невозможно осуществить, пользуясь обычными марками фторопласта-4. Путем смешения порошка фторопласта-4Д со смазывающими веществами получают «смазанные пасты», из которых методом экструзии на плунжерных прессах можно получать профильные изделия

неограниченной длины — трубки, стержни, ленту, оболочку провода и т. п. Из фторопласта-4Д можно изготавливать водную суспензию, которая пригодна для получения покрытий, пропиток, свободных пленок и специальных лаков.

Фторопласт-4Д выпускается по МРТУ 6-05-942—64 трех марок:

Марка А — для изготовления шлангов специального назначения.

Марка Б — для изготовления изделий специального и общего назначения.

Марка В — для изготовления изделий общего назначения, в основном для уплотнительного материала ФУМ.

Фторопласт-4Д должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Марка А	Марка Б	Марка В
Внешний вид	Мелкий рассыпчатый порошок белого цвета		Мелкий рассыпчатый порошок от белого до кремового цвета
Внешний вид поверхности пластины	Пластина, отпрессованная из порошка и выпеченная при 370 ± ±5° С в течение 13 *ч* должна быть белого цвета. Допускается наличие отдельных темных точек		Пластина, изготовленная как для марок А и Б, от белого до серого цвета. Допускается наличие точек от кремового до темного цвета
Влажность	Отсутствует		
Плотность, *г/см³*	2,22	—	—
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	200	140	120
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	300	250	80
Термостабильность, *ч*, не менее	15	10	—
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	10^{16}	10^{16}	—
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0003	—	—
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,2	—	—

Переработка фторопласта-4Д

Из фторопласта-4Д можно изготавливать только тонкостенные профильные изделия: трубки, стержни, ленту и т. п. Максимальная толщина стенок трубок 3—4 *мм*, диаметр стержней — до 6 *мм*.

Переработка фторопласта-4Д в профильные изделия производится на специальном оборудовании. Также на специальном оборудовании производится наложение непрерывной изоляции на провода (толщина изоляции — от 0,5 до 3 *мм*).

Фторопласт-4Д перерабатывается в профильные изделия в виде «смазанных паст». Для приготовления пасты в просеянный порошок фторопласта-4Д заливается смазка — бензин (сорт «Галоша») или 6%-ный раствор

полиизобутилена (мол. вес 30 000—40 000) в бензине. Паста приготовляется в герметичном контейнере, который для распределения смазки вращается (перпендикулярно оси контейнера) со скоростью 15—20 *об/мин* в течение 15—20 *мин*, затем пасту выдерживают для созревания не менее 16 *ч*.

Количество смазки зависит от коэффициента сжатия при продавливании пасты через мундштук, т. е. от отношения площади сечения матрицы пресса к площади сечения мундштука. Оптимальные значения коэффициента сжатия при выдавливании тонкостенных изделий 100—625. При коэффициенте меньше 50 получаются недоброкачественные изделия, при коэффициенте больше 1500 происходит выдавливание смазки и порча изделия.

Для экструзии смазанной пасты применяют специальные пресса с постоянной скоростью движения рабочего плунжера, лучше с винтовым приводом. Смазанная паста в виде таблетки, отпрессованной при давлении 20—30 *кГ/см²*, помещается в матрицу пресса, представляющую собой цилиндр с коническим дном (угол конуса 60—30°), переходящим в цилиндрический оформляющий канал мундштука. Рабочий плунжер имеет по оси отверстие, он скользит по дорну, неподвижно закрепленному и проходящему в канал мундштука.

При экструзии, которая производится при температуре 25—30° С (не ниже), развивается давление, достигающее при высоком коэффициенте сжатия 700 *кГ/см²*. Скорость экструзии достигает 15 *м/мин*.

Сушку изделий и спекание можно производить в непрерывно действующей печи, встроенной в агрегат, но можно, а иногда и выгодно, производить сушку и спекание профильных изделий в виде бухт, свободно уложенных на противне, в периодически действующей печи. В этом случае спекание продолжается 1—6 *ч* при 370° С, в зависимости от толщины стенки изделия.

Применение фторопласта-4Д

Суспензия фторопласта-4Д (ТУ П-27—59). Применяется для получения покрытий, пропиток и свободных пленок. Суспензия выпускается двух марок.

Марка 4Д — для покрытий, пропиток и свободных пленок в основном электроизоляционного и антиадгезионного назначения.

Марка 4ДП — для покрытий и пропиток (но не свободных пленок) в основном антифрикционного назначения.

Смешение суспензий марок 4Д и 4ДП не допускается.

Технология получения фторопласта-4ДП несколько отличается от технологии получения фторопласта-4Д. В результате изменения технологии возникает особая структура частиц фторопласта, которая, с одной стороны, делает его непригодным для переработки в виде смазанных паст, а с другой — придает высокую стабильность коэффициенту трения, что позволяет использовать суспензию фторопласта-4ДП для получения антифрикционных покрытий и пропиток.

Суспензия фторопласта-4Д представляет собою взвесь частиц полимера размером 0,06—0,4 *мк* в воде, в которую для стабилизации и улучшения смачивания введены поверхностно-активные вещества в количестве 9—12% от веса сухого полимера. По внешнему виду — это жидкость от белого до светло-желтого цвета, допускается образование осадка, для устранения которого суспензия встряхивается вручную или на качалке. Перемешивать суспензии механическими мешалками нельзя, так как это приводит к необратимой коагуляции.

Концентрация суспензии 55—65%, при концентрации 60% плотность суспензии около 1,5 *г/см³*; 1 *см³* суспензии содержит около 0,9 *г* полимера.

Из суспензии можно получать покрытия на металлах и других материалах, способные выдержать нагревание до 370° С. Эти покрытия могут применяться как антифрикционные, антиадгезионные, антикоррозионные (для защиты от атмосферной коррозии, но не от действия агрессивных сред), электроизоляционные. Покрывать можно все металлы (сталь, никель, хром, кадмий, серебро, алюминий), кроме меди и медных сплавов. Если снять покрытие с металла, можно получить свободные пленки фторопласта-4Д с хорошими диэлектрическими свойствами. Свободные пленки должны удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее . . .	250
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее . . .	250

Антифрикционные покрытия из суспензии фторопласта-4Д имеют тот существенный недостаток, что при износе покрытия, вследствие невысокой адгезии к металлу, происходит отслоение покрытия, отрыв его от металла на значительных площадях. Кроме того, для нанесения покрытия требуется спекание при 370° С, а такую температуру могут выдержать не все материалы.

Покрытие наносится окунанием, пульверизацией или поливом, толщина его (после сплавления) не должна превышать 10—15 *мк*, так как иначе оно растрескивается при высыхании суспензии. Сушка производится на воздухе, в термостате или под инфракрасной лампой при температуре не выше 100° С.

Сплавление или спекание покрытия производится при 370±10° С (температура должна поддерживаться в этих пределах очень точно) в течение 5—10 *мин*.

Для получения сплошного, бездефектного покрытия следует нанести, высушить и сплавить последовательно до 10 слоев суспензии, общей толщиной до 100 *мк*. Во многих случаях (антиадгезионные и антифрикционные покрытия) достаточно нанести 2—3 слоя суспензии. Вид пленочного покрытия после сплавления — прозрачный или мутный, ровный, без трещин, белого или светло-желтого цвета.

Адгезия покрытия к металлу невысока, она может быть значительно повышена введением в суспензию некоторых добавок. При нанесении на алюминий к 90 вес. ч. 60%-ной суспензии добавляется 10 вес. ч. хромовой кислоты и 100 вес. ч. воды, адгезия увеличивается примерно в 6 раз; при нанесении на сталь к 70—80 вес. ч. 60%-ной суспензии добавляется 10—15 вес. ч. хромовой кислоты и 10—15 вес. ч. фосфорной кислоты, адгезия увеличивается в 30—40 раз.

Суспензия может применяться для пропитки стеклоткани. После многократной пропитки (6—10 раз) со спеканием каждого слоя получается лакоткань с высокой механической прочностью и хорошими диэлектрическими свойствами, мало уступающими свойствам чистого фторопласта-4.

Электроизоляционные материалы из суспензии фторопласта-4Д

Путем многократного нанесения, высушивания и спекания слоев суспензии на металлической подложке можно изготовить свободную пленку из фторопласта-4Д, механические и диэлектрические свойства которой аналогичны свойствам неориентированной пленки из фторопласта-4, но электрическая прочность ее (при испытании в один слой) значительно выше и достигает 100—180 *кв/мм*. Пленка, изготовленная из суспензии, не может быть ориентирована прокаткой.

Суспензия может быть применена для пропитки стеклоткани. При этом получается изоляционный материал, не проявляющий ползучести. По сравнению с чистым фторопластом-4 показатели механических свойств пропитанной стеклоткани сильно повышены, а диэлектрических, вследствие влияния стекла, несколько понижены. Из пропитанной стеклоткани может быть изготовлен многослойный материал — текстолит с теми же свойствами. Ниже приводятся показатели физико-механических и электрических свойств

материалов на основе стеклоткани и фторопласта-4Д (однослойного и многослойного):

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	600—800
Относительное удлинение при разрыве, %	0
Ползучесть при приложении нагрузки 500 *кГ/см²* в течение 2 *мин*, %	0
Максимальная рабочая температура, °С	250
Морозостойкость, °С	—100
Удельное электрическое сопротивление при 20° С	
поверхностное, *ом*	10^{13}
объемное, *ом · см*	10^{15}
Диэлектрическая проницаемость	
при 10^6 *гц*	2,3
» 10^{10} *гц*	2,6
Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 10^6 *гц*	0,0008
» 10^{10} *гц*	0,0016

Сырая каландрованная лента из фторопласта-4Д (ТУ П-116—64). Предназначена для изоляции проводов и кабелей с термообработкой после наложения на изделие; при этом образуется сплошная оболочка. После термообработки эксплуатируется при температурах от —60 до +250° С. Без термообработки может применяться для уплотнения резьбовых соединений, работающих в среде кислорода и сильных окислителей.

Размеры ленты:

Толщина, *мк*	70; 85 (допуск ±15%) 100; 125 (допуск ±10%) 150 (допуск ±7%)
Ширина, *мм*	3—50 (допуск ±10%)
Длина одного куска, *м*	
при толщине 70—125 *мк* и ширине до 10 *мм*	50
То же при ширине > 10 *мм*	100
при толщине 150 *мк*	40 и 75

Сырая лента

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	
в продольном направлении	90
в поперечном направлении	8
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	
в продольном направлении	80
в поперечном направлении	400
Усадка (при выпечке, в продольном направлении), %, не более	40

Та же лента после спекания (в свободном состоянии)

Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом · см*, не менее	10^{16}
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц* и 20° С	2,0—2,2
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц* и 20° С, не более	0,0003
Электрическая прочность при постоянном токе при 20° С, *кв/мм*, не менее	150

Трубки из фторопласта-4Д (МРТУ 6-05-822—64). Предназначены для изготовления электроизоляции и для работы в различных агрессивных средах при температурах от —196 до +250° С.

Трубки изготовляют с внутренним диаметром от 0,3 до 10 *мм* и с толщиной стенки, указанной ниже:

Внутренний диаметр *мм*	Допуск по внутреннему диаметру *мм*	Толщина стенки *мм*	Допуск по толщине стенки %	Внутренний диаметр *мм*	Допуск по внутреннему диаметру *мм*	Толщина стенки *мм*	Допуск по толщине стенки %
До 1	±0,15	0,2	+30 —10	3—5	±0,3	0,6	+15 — 5
1—2	±0,15	0,3	+30 —10	5—7	±0,3	1,0	+15 — 5
2—3	±0,15	0,4	+30 —10	Выше 7	±0,3	1,5	+15 — 5

По соглашению с заказчиком допускается увеличение номинальной толщины стенок с сохранением всех допусков и других требований МРТУ. При изготовлении трубок с номинальной толщиной стенок меньшей, чем указано в таблице, согласовываются допуски по размерам и другие требования МРТУ. При изготовлении трубок на оснастке (мундштуки и дорны), изготовленной заказчиком, номинальные размеры и допуски устанавливаются в соответствии с точностью выполнения оснастки по соглашению сторон.

Лакоткань из фторопласта-4Д-Э01 (ТУ П-128—65). Представляет собой стеклянную ткань, пропитанную фторопластом-4Д и подвергнуто термообработке. Индекс Э01 указывает марку примененной стеклоткани. Применяется в качестве электроизоляции, межслоевых и междуобмоточных прокладок в дросселях, трансформаторах, для изготовления материала ФАФ-4, мембран и других изделий, эксплуатируемых при температурах от —60 до +250° С.

Ширина лакоткани — в зависимости от ширины стеклоткани, длина одного куска не менее 1 *м*. Толщина $0{,}2\ ^{+0{,}02}_{-0{,}01}$ *мм*, разнотолщинность — в пределах допусков по толщине.

Лакоткань должна удовлетворять следующим требованиям:

Содержание фторопласта-4Д, %, не менее	74
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	700
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	10^{15}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,7
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0008
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	50

Фольгированный армированный фторопласт-4 ФАФ-4 (ТУ П-129—64). Представляет собою слоистую прессованную пластину из лакоткани Ф-4Д-Э01, облицованную с обеих сторон красно-медной хромированной электролитической фольгой. Предназначен для изготовления оснований печатных схем, эксплуатируемых при температуре от —60 до +250° С.

Габаритные размеры: 170×280 и 220×550 *мм*. Допускается по соглашению с заказчиком изготовление пластин других размеров. Толщина пластин — 1,5; 2,0; 2.5; 3,0 *мм*, допуск по толщине ±0,2 *мм*, разнотолщинность в пределах допуска.

Прочность сцепления фольги на полоску шириной 10 *мм*, *кГ*, не менее	0,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,0008
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	2,7

Фторопластовый уплотнительный материал ФУМ

ФУМ представляет собой уплотнительный материал из неспеченного фторопласта-4Д, содержащий смазку. Применяется для уплотнения неподвижных соединений — фланцев типа «шип — паз» и «замок» и сальниковых уплотнений при температурах от —60 до +150° С и давлениях до 64 *кГ/см²*.

ФУМ изготовляется трех профилей: круглый — диаметром от 1 до 22 *мм*; квадратный — размером от 3×3 до 8×8 *мм*; прямоугольный — размером от 2×4 до 2×8 *мм* (допускаемое отклонение ±10%). Длина куска — не менее 1 *м*.

При применении ФУМ в виде стержня круглого сечения (диаметром 2 *мм* для ширины «шипа» 4—7 *мм* или 3 *мм* для большей ширины «шипа») из этого стержня свертывается кольцо (концы скручиваются), которое укладывается в паз фланца и раздавливается между уплотнительными поверхностями шипа и паза под давлением 300 *кГ/см²* до толщины менее 0,1 *мм*. Такое уплотнение сохраняется при колебаниях температур от —50 до +200° С. Уплотнения могут работать при давлении уплотняемой среды до 400 *кГ/см²*.

Материалы ФУМ круглого и квадратного сечения применяют также в виде сальниковой набивки, в основном для уплотнения шпинделей вентилей, клапанов и штоков поршневых и плунжерных машин. Для вращающихся валов он менее пригоден вследствие малой теплопроводности.

ФУМ укладывается в сальник в виде отдельных колец с разнесением стыков. Зазор между грундбуксой или втулкой и штоком должен быть во всех случаях менее 0,1 *мм*, иначе ФУМ будет выдавливаться.

ФУМ в виде полоски от 2×4 до 2×8 *мм* применяется для уплотнения стеклянной, фарфоровой или эмалированной аппаратуры при меньших усилиях обжима, однако такое уплотнение чувствительно к колебаниям температуры.

По МРТУ М-870—62 ФУМ выпускается трех марок:

Марка В — применяется для всех сред, кроме сильных окислителей (кислорода, азотной кислоты и т. п.).

Марки Ф и К применяются для специальных сред.

Материал должен отвечать следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	20
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	50
Содержание смазки, %	
марки В и К	13—14
марка Ф	20—25

Лента ФУМ (ТУ П-113—63). Выпускается шириной 10, 15 и 20 *мм* (допуск по ширине ±1 *мм*), толщиной от 80 до 120 *мк*, кусками длиной не менее 1 *м*. Применяется для уплотнения резьбовых соединений, работающих в любых агрессивных средах, кроме сильных окислителей. (По химической стойкости соответствует ФУМ марки В.) Выдерживает любые колебания температуры и большие давления, обеспечивает легкое соединение (например, труб резьбовыми муфтами) и легкую разборку. Это позволяет применять муфтовые соединения на трубах из любых металлов, в том числе из нержавеющей стали, алюминия и т. п.

Лента должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	50
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	100
Содержание смазки, %	17—20

Антифрикционные лаки ФБФ

Лак ФБФ-74Д (МРТУ 6-М-862—61) приготовляется на основе органического связующего (типа клея БФ), наполненного тонкодисперсным фторопластом-4Д. Покрытие из такого лака держится на любой поверхности очень прочно, при износе не отслаивается; кроме того, износ происходит во много раз медленнее, чем в случае покрытия из суспензий.

Пленка лака отверждается при 150—200° С, поэтому его можно наносить на дерево, пластмассы, хлопчатобумажные ткани и другие материалы, так же как и на металлы. Коэффициент трения без смазки пленки лака ФБФ такой же, как и у чистого фторопласта-4.

Лак ФБФ-74Д наносится любым способом (кистью, пульверизацией, окунанием), просушивается при 20—60° С. После нанесения нужного количества слоев (обычно 2 слоя, общей толщиной 15 *мк*) покрытие отверждается при 150° С в течение 2 *ч* или при 200° С в течение 30 *мин*.

Лак ФБФ-74Д предназначен для получения на металлических изделиях антифрикционных покрытий (сухой смазки), которые также защищают и от атмосферной коррозии.

Покрытие из лака ФБФ-74Д может длительно эксплуатироваться при температуре не выше 125° С и кратковременно при более высоких температурах, но не выше 300° С.

Лаком ФБФ-48Д можно пропитывать ткани и получать из них антифрикционные текстолиты, из которых можно изготавливать подшипники, работающие при высоких удельных нагрузках.

Концентрация лака 13,5—16,0% (сухой остаток); вязкость по ВЗ-4 при 20° С составляет 14—50 *сек*. Покрытия устойчивы к действию воды, бензина, масла (в течение 24 *ч* не происходит никаких изменений).

ФТОРОПЛАСТЫ 40 И 42

Фторопласты 40 и 42, хотя и уступают по ряду свойств фторопласту-4, но имеют в то же время некоторые весьма существенные преимущества.

Фторопласт-40 (фторлон-40) (ВТУ М-817—59) выпускается трех марок:

Марка 40П — для прессования.

Марка 40Ш — для переработки экструзией.

Марка 40Д — выпускается в виде суспензии.

Фторопласт-40 менее кристалличен, чем фторопласт-4. Он обладает большей твердостью и почти не склонен к ползучести.

Преимуществом фторопласта-40 является его способность перерабатываться в изделия обычными методами.

Переработка фторопласта-40 может производиться прямым прессованием (температура 265—280° С, давление 300 *кГ/см²*), литьем (температура 280—330° С, давление 500 *кГ/см²* и выше) и экструзией (температура по зонам: 240, 270, 290° С). При прессовании и литье прессформу необходимо до извлечения изделия охлаждать до 40—60° С.

Фторопласт-42 (фторлон-42) (ВТУ 208—62) выпускается трех марок:

Марка 42В — для производства волокна.

Марка 42Л — для изготовления лаковых изделий.

Марка 42П — для изготовления прессованных и экструзионных изделий.

В отличие от других ранее описанных марок фторопластов, он легко растворим в обычных растворителях, таких, как кетоны и сложные эфиры. Это позволяет применять фторопласт-42 для получения волокна, лаков, пленок.

Фторопласт-42 также легко перерабатывается прямым прессованием (температура 260—280° С, давление 300 *кГ/см²*) и литьем под давлением (температура материального цилиндра до 330° С).

Физико-механические свойства фторопластов 40 и 42

Ниже приводятся основные показатели физико-механических свойств фторопластов 40 и 42:

	Фторопласт-40	Фторопласт-42
Плотность, *г/см³*	1,65	1,98
Предел прочности, *кГ/см²*		
при растяжении	300—450	300—500
» изгибе	330—340	250—330 *
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*		
при —60° С	15 400	20 500
» +20° С	9500	4050
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	125	137—196 *
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	5,8—6,3	4,5
Относительное удлинение при разрыве, %	100—300	300—500
Остаточное удлинение при разрыве, %	80—160	270—310

* Образцы не разрушаются, а только прогибаются.

Зависимость механических свойств фторопласта-40 от температуры

Температура, °С	Модуль упругости при изгибе *кГ/см²*	Фторопласт-40П		Фторопласт-40Ш		Фторопласт-40Д	
		$\sigma_р^*$, *кГ/см²*	ε, %	$\sigma_р$, *кГ/см²*	ε, %	$\sigma_р$, *кГ/см²*	ε, %
—100	21 200	—	—	—	—	—	—
—60	15 400	—	—	—	—	—	—
—50	—	680	158	514	123	540	221
—40	—	655	180	508	136	505	228
—20	—	523	203	435	150	440	290

Продолжение

Температура, °С	Модуль упругости *кГ/см²*		Фторопласт-40П		Фторопласт 40Ш		Фторопласт-40Д	
	при изгибе	при сжатии	$\sigma_р^*$, *кГ/см²*	ε, %	$\sigma_р$, *кГ/см²*	ε, %	$\sigma_р$, *кГ/см²*	ε, %
0	—	—	480	230	363	165	375	345
20	9 500	7 000	449	276	305	201	304	422
40	—	5 500	414	379	—	—	—	—
60	5 800	—	400	400	250	382	208	445
80	—	4 000	325	460	—	—	—	—
100	2 100	2 750	273	535	174	537	142	577

* Предел прочности при растяжении.

Зависимость механических свойств фторопласта-42 от температуры

Температура °С	Модуль упругости при изгибе *кГ/см²*	Фторопласт-42В		Фторопласт-42Л	
		$\sigma_р$, *кГ/см²*	ε, %	$\sigma_р$, *кГ/см²*	ε, %
—60	20 000 *	—	—	—	—
—50	—	731	196	649	36
—40	—	726	192	539	197
—20	—	699	337	407	483
0	6 600	638	440	384	608
20	4 100	637	604	367	794
40	—	631	768	358	1 133
60	2 100	576	1 100	347	1 700
80	—	230	1 300	258	1 796
100	—	202	—	46	58

* Модуль упругости при —140° С равен 30 000 *кГ/см²*, при —196° С — 38 000 *кГ/см²*.

Электрические свойства фторопластов 40 и 42

Ниже приводятся основные показатели электрических свойств фторопластов 40 и 42:

	Фторопласт-40	Фторопласт-42
Удельное электрическое сопротивление		
поверхностное, *ом*	10^{13}	$7 \cdot 10^{10}$
объемное, *ом · см*	10^{17}	$2 \cdot 10^{11}$
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц*	2,5	11,3
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,0065	Не замеряется

У фторопласта-42 показатели диэлектрических свойств настолько низки, что он не может применяться в качестве диэлектрика.

Высокое значение удельного объемного электрического сопротивления фторопласта-40 сохраняется до 120—130° С, при 150° С оно понижается до 10^{14} *ом · см*.

Теплофизические свойства фторопластов 40 и 42

Ниже приводятся основные показатели теплофизических свойств фторопластов 40 и 42:

	Фторопласт-40	Фторопласт-42
Температура стеклования, °С	—100	—
Теплостойкость, °С		
по методу НИИПП	265—270	158
» Вика	140—143	97—105
» Мартенсу	46	32
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$		
от —50 до +20° С	—	$9{,}7 \cdot 10^{-5}$
от 20 до 90° С	$6{,}2 \cdot 10^{-5}$—$9 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$
от 90 до 120° С	—	$26 \cdot 10^{-5}$

Фторопласт-40 выдерживает длительное нагревание до 200° С без изменения свойств, для фторопласта-42 предельная рабочая температура не превышает 120° С, при более высокой температуре он сильно размягчается.

Химические свойства фторопластов 40 и 42

Фторопласты 40 и 42 стойки к действию кислот, щелочей, окислителей. Однако тонкие покрытия из этих фторопластов могут рекомендоваться для антикоррозионной защиты с большими ограничениями ввиду легкой проницаемости для многих агрессивных сред, в частности для азотной кислоты. В химической промышленности с успехом испытаны и применяются трубы, детали, арматура, например стальная, футерованная фторопластом-42, и насосы из этих марок фторопластов. Фторопласты 40 и 42 вполне стойки в тропических условиях. Фторопласты 40 и 42, особенно последний, отличаются стойкостью к действию ультрафиолетового облучения. Облучение лампой ПРК-4 в течение 100 *ч* фторопласта-40 и 200 *ч* фторопласта-42 не вызывает никаких изменений их механических свойств.

Прочие свойства фторопластов 40 и 42:

	Фторопласт-40	Фторопласт-42
Водопоглощение за 24 *ч*, %	0	0
Влагопроницаемость, *г · см/(см*^{2} *· ч · мм рт. ст.)*	—	$2{,}5 \cdot 10^{-9}$
Гермостабильность, %	0,2—2,5	0,2—0,4

Фторопласт-40 должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Марка 40П	Марка 40Ш
Влажность, %, не более	0,05	0,05
Предел прочности при растяжении, *кГ/см*^{2}, не менее	300	270
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	100	100
Термостабильность, %, не более	2,2	1,5
Температура потери прочности*, °С	Не нормируется	270—295

* См. стр. 163.

Фторопласт-42 должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Марка 42В	Марка 42П	Марка 42Л
Внешний вид	Порошок белого цвета		
Влажность, %, не более	0,05	0,05	0,05
Растворимость в ацетоне			
1%-ный раствор полимера	Не нормируется	Допускается наличие мути	Полная
14%-ный раствор полимера	По эталону	Не нормируется	
Удельная вязкость 0,25%-ного раствора в ацетоне	0,65—0,85	Не нормируется	
Относительная вязкость 1%-ного раствора в ацетоне	Не нормируется	Не ниже 2,5	2,5—3,7
Вязкость 14%-ного раствора в ацетоне, *сек*	30—150	Не нормируется	
Термостабильность, %, не более	0,8	0,8	0,8
Предел прочности при растяжении, *кГ/см*^{2}, не менее	300	250	250
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	300	250	250

Применение фторопластов 40 и 42

Фторопласты 40 и 42 могут применяться в подшипниках и других узлах трения, так как имеют невысокие коэффициенты сухого трения. Для фторопласта-40 коэффициенты трения по стали: статический — 0,09, динамический — 0,054, для фторопласта-42 — около 0,04. Однако температурные пределы применения этих марок фторопластов значительно ниже, чем фторопласта-4, поэтому они применяются в узлах трения редко.

Суспензия фторопласта-40Д (МРТУ 6-05-894—63). Из фторопласта-40Д приготовляют спиртовую суспензию, применяемую для эмалирования проводов. Эта суспензия специально разработана для получения электроизоляционных покрытий, применение ее в антикоррозионных целях не рекомендуется, так как проницаемость покрытий из фторопласта-40Д значительно больше, чем покрытий из фторопластов 3 и 3М. Методика нанесения суспензии такая же, как и для суспензии фторопласта-3М (см. стр. 166).

Суспензия фторопласта-40Д должна удовлетворять следующим требованиям:

Концентрация, %	18—25
Предел прочности при растяжении пленки, *кГ/см*^{2}, не менее	200
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	90
Термостабильность, %, не более	0,8
Температура потери прочности, °С	260—300
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20° С, *ом · см*, не менее	$1 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц*, не менее	2,4
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^3 *гц*, не более	0,005

Лаки на основе фторопластов 42Л и 32Л

Кроме растворимого фторопласта-42Л (лакового), для получения влагозащитных покрытий разработана специальная марка растворимого фторопласта-32Л.

По ТУ П-74—61 фторопласт-32Л выпускается двух марок:

В — высоковязкий.

Н — низковязкий.

Фторопласт-32Л должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Марка В	Марка Н
Растворимость в специальной смеси растворителей	Растворяются. Допускается небольшая мутность раствора	
Относительная вязкость 1%-ного раствора в метилэтилкетоне	1,46—1,75	1,25—1,45
Реакция водной вытяжки	Нейтральная	
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	175	100
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	180	180
Термостабильность, %, не более	0,8	0,8

Влагопроницаемость покрытия из фторопласта-32Л равна $0{,}08 \times 10^{-9}$ *г · см/(см² · ч · мм рт. ст.)*, т. е. в 30 раз меньше, чем у полиэтилена и фторопласта-42, в 40—60 раз меньше, чем у эпоксидных лаков, и в 80—120 раз меньше, чем у пленок масляных лаков. Лак из фторопласта-32Л является одним из лучших влагозащитных лаков.

Лаки из фторопластов 42Л и 32Л готовятся по следующим рецептурам:

Растворители	Рецептура, %				
	42Л		32Л		
	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 3
Ацетон (марка А)	18	15	25	20	25
Амилацетат	35	30	50	50	40
Этилацетат	35	30	—	15	—
Циклогексанон	12	10	—	—	10
Этилцеллозольв *	—	15	—	—	—
Толуол *	—	—	25	15	25

* Разбавители.

Рецептуры 42Л № 1 и 32Л № 2 предназначены для нанесения пульверизатором, рецептуры 42Л № 2 и 32Л № 3 — для нанесения кистью. Рецептура 32Л № 1 — универсальная.

Содержание полимера в лаках: 42Л № 1 5—6%, 42Л № 2 7—9%, в лаках 32Л при нанесении пульверизатором 6—7% марки В или 10—12% марки Н, при нанесении кистью 9—11% марки В или 20—24% марки Н.

Для приготовления лака полимеры растворяют в смеси растворителей при 40—50° С, после чего добавляют разбавители. Для лака 42Л рекомендуется бутираль-фосфатный грунт ВЛ-02 (ВТУ КУ-510—57). Сушка каждого слоя лака производится при 15—25° С в течение 1—2 *ч*, после нанесения всех слоев рекомендуется прогреть покрытие: для лака 32Л при 80° С 6 *ч*, или при 120° С 3 *ч*, или при 140° С 1 *ч*. Прогревание при более высокой температуре (150—200° С) в течение 1 *ч* существенно улучшает адгезию. Покрытие из лака 42Л следует прогревать при 150—160° С не менее 1 *ч* и медленно охлаждать для перекристаллизации пленки и снятия внутренних напряжений.

ФТОРОПЛАСТЫ 3 И 3М

Фторопласт-3 (фторлон-3) (МРТУ 6-05-946—65). Представляет собою полимер трифторхлорэтилена; выпускается в виде тонкого легкосыпучего порошка белого цвета. Это кристаллический полимер с температурой плавления кристаллитов 208—210° С. Степень кристалличности образцов фторопласта-3 зависит от скорости их охлаждения после прессования или сплавления. При быстром охлаждении (закалке) можно получить образцы со степенью кристалличности 35—40% (этому соответствует плотность образцов 2,08—2,09 *г/см³*). Медленное охлаждение или длительное прогревание при 170—195° С приводят к получению сильно закристаллизованных образцов, вплоть до 85—90%-ной степени кристалличности (плотность 2,15—2,16 *г/см³*). Закаленные образцы могут иметь удельную ударную вязкость порядка 120—160 *кГ · см/см²*, у медленно охлажденных образцов удельная ударная вязкость уменьшается до 4—6 *кГ · см/см²*. Кристаллизация протекает с максимальной скоростью при 195—200° С, ниже 150° С скорость кристаллизации резко уменьшается, а при 100° С и ниже степень кристалличности практически остается стабильной неограниченно долго. Температура стеклования аморфных областей фторопласта-3 равна 50° С.

Поскольку теплопроводность фторопласта-3 очень мала, закаливать можно только тонкостенные детали (не толще 3—4 *мм*).

Фторопласт-3 выпускается трех марок:

Марка I — для пиролиза (для получения смазок).
Марка II — для суспензий, экструзии, прессования изделий.
Марка III — для прессования изделий различного назначения.

Фторопласт-3М (фторлон-3М) (МРТУ 6-05-905—63). Выпускается двух марок:

Марка А — оптический.
Марка Б — общего назначения.

Фторопласт-3М (модифицированный фторопласт-3) имеет разветвленное строение, вследствие чего он кристаллизуется очень медленно. Поэтому при изготовлении изделий из фторопласта-3М их свойства практически не зависят от скорости охлаждения. Это является большим достоинством фторопласта-3М, который можно применять при температурах до 150° С без изменения каких-либо свойств полимера.

Физико-механические свойства фторопластов 3 и 3М

Как видно из приводимой ниже таблицы, физико-механические свойства фторопласта-3М очень мало отличаются от свойств фторопласта-3 в закаленном состоянии.

Показатели	Фторопласт-3	Фторопласт-3М
Плотность, *г/см³*	2,09—2,16	2,02
Предел прочности, *кГ/см²*		
при растяжении		
незакаленные образцы	350—400	230—300
закаленные образцы	300—350	—
при сжатии	200—570	—
» статическом изгибе	600—800	350
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*		
при —60° С	26 000	21 000—23 000
» +20° С	11 600—14 500	9 600—11 500
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	20—160	Не ломается
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	10—13	8
Относительное удлинение при разрыве, %		
незакаленные образцы	20—40	150—250
закаленные образцы	70—200	—
Остаточное удлинение, %		
закаленные образцы	60—180	150—170

Зависимость механических свойств фторопласта-3 от температуры

Показатели	Температура, °С											
	—60	—40	—20	0	20	40	60	80	100	120	140	160
Предел прочности при растяжении закаленного образца, *кГ/см²*	950	835	730	550	390	290	200	140	80	—	—	—
Модуль упругости, *кГ/см²*												
при сжатии незакаленного образца	18 100	17 800	17 100	16 300	15 000	12 700	8 800	5 500	2 800	2 000	1 700	1 300
при изгибе												
незакаленные образцы	26 600	22 700	19 700	17 000	14 500	10 800	8 100	2 780	1 750	—	—	—
закаленные образцы	25 100	21 200	17 300	15 500	11 600	8 200	4 800	1 350	710	—	—	—
Относительное удлинение при разрыве закаленного образца, %	21	28	28	21	70	65	430	830	840	—	—	—

Зависимость модуля упругости при изгибе фторопласта-3 от температуры

Температура, °С	—80	—100	—120	—140	—150	—170	—196
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	26 500	30 300	32 200	34 500	36 600	40 800	42 200

Зависимость механических свойств фторопласта-3М от температуры

Показатели	Температура, °С								
	—50	—40	—20	0	20	40	60	80	100
Предел прочности при растяжении *, *кГ/см²*	971	846	833	483	325	305	241	158	85
Относительное удлинение при разрыве, %	23	27	73	132	266	350	500	817	1050

* Расчет прочности произведен по отношению к сечению образца при 20° С.

Электрические свойства фторопластов 3 и 3М

Ниже приводятся основные показатели электрических свойств фторопластов 3 и 3М:

	Фторопласт-3	Фторопласт-3М
Удельное электрическое сопротивление		
поверхностное, *ом*	10^{17}	10^{17}
объемное, *ом · см*	$1{,}2 \cdot 10^{18}$	$2 \cdot 10^{17}$
Диэлектрическая проницаемость		
при 60 *гц*	3,0	3,0
» 10^3 *гц*	2,8	3,0
» 10^6 *гц*	2,5—2,7	2,5
Тангенс угла диэлектрических потерь		
при 60 *гц*	0,015	0,012
» 10^3 *гц*	0,024	0,024
» 10^6 *гц*	0,010	0,010
Электрическая прочность при толщине 2 *мм*, *кв/мм*	13—15	23—25
Дугостойкость, *сек*	360	—

Несимметричность основного звена в молекуле фторопласта-3 приводит к ухудшению некоторых диэлектрических свойств и к большим диэлектрическим потерям, что ограничивает применение его при высоких частотах. Наоборот, при низких частотах фторопласт-3 является весьма ценным диэлектриком, так как его объемное сопротивление, электрическая прочность и дугостойкость очень высоки.

Диэлектрические свойства фторопласта-3 в условиях повышенной влажности вследствие исключительной его водостойкости и несмачиваемости поверхности водой весьма стабильны. Тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрическая проницаемость фторопласта-3 зависят от частоты и температуры. При частоте 10^3 *гц* тангенс угла диэлектрических потерь при повышении температуры понижается сначала медленно, затем при 60° С более резко и при 110—120° С достигает минимума (0,004—0,0045). При более высоких температурах тангенс угла диэлектрических потерь снова медленно увеличивается.

При частоте 10^6 *гц*, наоборот, при повышении температуры значение тангенса угла диэлектрических потерь растет и при 110—120° С имеется максимум (0,03—0,04); при более высоких температурах наблюдается уменьшение этого показателя.

Удельное объемное электрическое сопротивление с повышением температуры сохраняет свое значение примерно до 110—120° С, а затем снижается (при 160° С до 10^{15} *ом · см*).

Диэлектрическая проницаемость при повышении температуры плавно увеличивается: при 100° С — на 0,2—0,3, а при 160° С — на 0,4—0,5 по сравнению с показателем при 20° С.

Длительное прогревание в течение 100 *ч* при 165° С не влияет на диэлектрические свойства.

Фторопласт-3М имеет высокие показатели диэлектрических свойств, что делает его хорошим диэлектриком для токов низкой частоты. Хорошие диэлектрические свойства фторопласта-3М сохраняются и в условиях высокой влажности.

Тангенс угла диэлектрических потерь фторопласта-3М при 10^3 *гц* имеет максимальное значение (0,024) при температуре около 20° С. При снижении температуры до —40° С и при повышении ее до +80° С значение этого показателя уменьшается вдвое. При дальнейшем повышении температуры в области 130° С появляется второй максимум тангенса угла диэлектрических потерь (около 0,02).

Повышение температуры от 20 до 150° С вызывает увеличение диэлектрической проницаемости от 3,0 до 3,4 (при 10^3 *гц*) и понижение удельного объемного электрического сопротивления от $3{,}7 \cdot 10^{17}$ до $7{,}9 \cdot 10^{13}$ *ом · см*.

Теплофизические свойства фторопластов 3 и 3М

	Фторопласт-3	Фторопласт-3М
Температура, °С		
плавления	208—210	—
стеклования	50	—
разложения	> 315	> 315
Теплостойкость, °С		
по Мартенсу	70	65
» Вика	130	—
Удельная теплоемкость, *кал/(г · град)*	0,22	—
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,2	—
Рабочая температура, °С		
минимальная	—195	—195
максимальная	+125 *	+150

* В отдельных случаях, когда отсутствует необходимость в длительном сохранении эластичности, изделия из фторопласта-3 можно применять и при более высоких температурах (до 170—190° С).

Зависимость коэффициента термического линейного расширения фторопласта-3 от температуры

Температура, °С	Коэффициент термического линейного расширения
От —60 до +50	$6 \cdot 10^{-5}$
50 — 80	$6 \cdot 10^{-5}$—$10 \cdot 10^{-5}$
80 — 120	$10 \cdot 10^{-5}$
120 — 130	$10 \cdot 10^{-5}$—$12 \cdot 10^{-5}$
130 — 160	$12 \cdot 10^{-5}$

Прямое определение молекулярного веса фторопластов 3 и 3М затруднено вследствие их нерастворимости. Об относительной величине молекулярного веса можно судить по температуре, при которой образец полимера разрывается под действием малой нагрузки. Условная величина нагрузки 0,242 *Г/мм*². Температура, при которой образец разрывается под действием такой нагрузки, называется температурой потери прочности, или ТПП.

Фторопласты 3 и 3М имеют ТПП, равную 240—330° С.

Чем выше ТПП, тем выше и температура, при которой производится переработка фторопластов 3 и 3М. Кроме того, чем выше ТПП, тем меньше скорость кристаллизации фторопласта-3. Еще сильнее влияет ТПП на скорость кристаллизации фторопласта-3М. Так, скорость кристаллизации фторопласта-3М с ТПП, равной 245—250° С, мало отличается от скорости кристаллизации фторопласта-3. Только при ТПП выше 260° С скорость кристаллизации заметно уменьшается и фторопласт-3М приобретает свое основное преимущество — возможность получения из него изделий с высокими показателями удельной ударной вязкости без закалки.

Химические свойства фторопластов 3 и 3М

По химической стойкости фторопласт-3 несколько уступает фторопласту-4.

Фторопласт-3, как и фторопласт-4, разрушается при действии расплавленных щелочных металлов или их паров при высокой температуре. Он не стоек к действию хлорсульфоновой кислоты при 140° С, высококонцентрированного олеума (степень набухания 20%), элементарного фтора в момент выделения, жидкого хлора (степень набухания 9—12%), расплавов едких щелочей.

Фторопласт-3 стоек (не изменяется совсем или набухает меньше, чем на 1%) к действию многих агрессивных сред: кислот (азотной, плавиковой, серной, олеума (до 50%-ного), соляной, фосфорной, хлорной, хромовой, царской водки), растворов щелочей, солей, окислителей (перекись водорода, хромовая смесь, перманганат калия, персульфат калия), брома, газообразного фтора и хлора, озона.

Фторопласт-3 растворяется только при повышенной температуре (120—200° С) в бензоле, толуоле, *п*-ксилоле, мезитилене, четыреххлористом углероде, метихлороформе и некоторых других растворителях. При температурах ниже 100° С в этих же растворителях он только слабо набухает.

Степень набухания фторопласта-3 в различных растворителях при 25° С за 7 суток составляет (в %):

Диэтиламин	2	Трифторхлорэтилен	9,2
Метиловый эфир	6,4	Трихлорэтилен	2,3
Метилпропионат	1,5	Фуран	2,4
Муравьиная кислота	Сильно набухает	Хлорбензол	3
		Этилацетат	1,2
Тетрагидрофуран	То же	Этиловый эфир	3,8

По стойкости к агрессивным средам фторопласт-3М не отличается существенно от фторопласта-3. При воздействии в течение 7 суток при 20° С таких агрессивных сред, как дымящая азотная кислота, олеум, концентрированная соляная кислота, не наблюдается значительного изменения массы и механических свойств фторопласта-3М. Действие дымящей азотной кислоты при температуре кипения в течение 3 *ч* вызывает набухание всего на 0,4% без существенного изменения механических свойств.

По стойкости к растворителям фторопласт-3М отличается от фторопласта-3 большей величиной набухания в сложных эфирах, кетонах, ароматических углеводородах, хлорированных растворителях. Так, в течение 7 суток

Набухание фторопласта-3М в агрессивных средах при 20° С

Среда	Увеличение массы, %				
	1 сутки	2 суток	5 суток	7 суток	10 суток
Азотная кислота 98%-ная	0,0	0,03	0,07	0,09	0,09
Олеум 15%-ный	0,0	0,02	0,06	0,11	0,11
Соляная кислота 37%-ная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

при 20° С набухание в этилацетате составляет 10,8%, в ацетоне 7,7%, в четыреххлористом углероде 5,1% и в бензоле 2,5%.

Фторопласты-3 и 3М не смачиваются водой и не набухают в ней (после погружения в воду на 100 суток увеличения массы не обнаруживается). Коэффициент диффузии паров воды через пленку [в $г \cdot см/(см^2 \cdot ч \cdot мм\ рт.\ ст.)$] равен: для фторопласта-3 $0{,}86 \cdot 10^{-10}$—$1{,}43 \cdot 10^{-10}$; для фторопласта-3М $9{,}47 \cdot 10^{-10}$.

Прочие свойства фторопластов 3 и 3М:

	Фторопласт-3	Фторопласт-3М
Показатель преломления	1,43	—
Горючесть	Не горит	Не горит

Для видимого света фторопласт-3 прозрачен в хорошо закаленном состоянии. Чем больше степень кристалличности образца, тем он более мутный. Для инфракрасных лучей фторопласт-3 прозрачен в пределах длины волны от 2 до 7,5 *мк*.

Изделия из фторопласта-3М, кристаллизация которого затруднена, всегда получаются более прозрачными, чем изделия из фторопласта-3.

Фторопласт-3 по МРТУ 6-05-946—65 должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Марка II	Марка III
Дисперсность (остаток после просева на сите с сеткой № 05К по ГОСТ 3584-63), %, не более	3	1
Насыпная масса, *г/мл*, не менее	—	0,5
Влажность, %, не более	0,05	0,05
Термостабильность (потеря массы при 270° С в течение 5 *ч*), %, не более	0,12	0,08
Температура потери прочности (ТПП), °С . . .	240—265	265 и выше
Предел прочности при растяжении, $кГ/см^2$, не менее	350	375
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	45	60
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	10^{16}	10^{16}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц* и 20° С	2,5—3,0	2,5—3,0
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц* и 20° С, не более	0,01	0,01
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее . .	15	15

Фторопласт-3М по МРТУ 6-05-905—63 должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	Марка А	Марка Б
Внешний вид	Порошок белого цвета без видимых посторонних включений, проходящий через сито с диаметром ячейки 1 *мм* без остатка	
Минимальное интегральное светопропускание диска диаметром 100 *мм* и толщиной 1,0±0,10 *мм* в интервале длин волн 1,6—3,3 *мк*, проверяемое через щель площадью 3,14—3,15 $см^2$, %, не ниже . . .	75	—
Влажность, %, не более	0,1	0,1
Термостабильность, %, не более	0,3	0,3
Температура потери прочности (ТПП), °С	250—280	250—275 и выше
Предел прочности при растяжении, $кГ/см^2$, не менее	230	230
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	150	150

Переработка фторопластов 3 и 3М

Фторопласты 3 и 3М перерабатывают обычными методами, принятыми для переработки других термопластов, переработка должна производиться в более строго контролируемых условиях по температуре, давлению и времени.

Прессование производится при 240—260° С и давлении 300—500 $кГ/см^2$, с охлаждением изделий под давлением до 40—100° С. При прессовании фторопласта-3 с увеличением скорости охлаждения прессформы с изделием повышается удельная ударная вязкость изделий.

Прессование тонких листов (толщиной 2—3 *мм*) производится в этих же условиях, но для устранения пузырей следует нагреть загрузку в незамкнутой прессформе до полного расплавления (пуансон нагревать отдельно) и только после этого закрыть прессформу, приложить давление и быстро охладить.

При ударном прессовании проплавляют таблетку (на подложке из фторопласта-4) в термостате при 250° С, затем помещают ее в горячую прессформу и прикладывают высокое давление (не менее 2000 $кГ/см^2$). После этого включают охлаждение, при этом давление снижается до 1500 $кГ/см^2$. Таким способом можно получать более толстые изделия с хорошими механическими свойствами.

Трансферное прессование. Камеру нагревают до 260—300° С, т. е. до температуры потери прочности полимера. Температура формы 150° С, давление при заливке — не менее 2000 $кГ/см^2$, извлечение изделия из прессформы производится при 70—100° С. Для ускорения работы следует подогревать таблетки в термостате до 200° С.

Литье под давлением фторопластов 3 и 3М можно производить только в литьевой машине с материальным цилиндром, торпедой и формой, изготовленными из специальной нержавеющей стали. Ниже приводятся условия литья под давлением.

Температура, °С	
материала в цилиндре	ТПП + 20
формы	130—150
Давление литья, *кГ/см²*	1500—3000
Продолжительность, *сек*	
заливки	10—15
выдержки	10—30
цикла	30—90

Экструзия фторопластов 3 и 3М может производиться на экструдерах, рабочие органы которых изготовлены из специальной нержавеющей стали. Длина червяка — не менее 20 диаметров, степень сжатия 1,5 : 1, скорость вращения 10—25 *об/мин*. Желательно, чтобы червяк обогревался. Ниже приводятся температурные условия экструзии:

Температура зоны загрузки	120—150° С
» переходной зоны	На 40° С ниже ТПП
» дозирующей зоны	ТПП
» калибрующего зазора канала головки	На 60° С выше ТПП
Температура червяка	175—200° С

Чем меньше температура экструзии, тем лучшего качества получаются изделия. При экструзии изделий из фторопласта-3 обязательна закалка.

Применение фторопластов 3 и 3М

Фторопласты 3 и 3М применяются главным образом в виде суспензий, предназначенных для нанесения антикоррозионных покрытий. Суспензии представляют собой взвеси тонкоизмельченного порошка полимера в спирте, иногда с добавлением ксилола или воды.

Суспензия должна иметь строго определенные тонину помола и фракционный (по размерам частиц) состав. Поэтому рекомендуется применять только суспензии заводского изготовления, качество которых строго контролируется.

По защитному действию покрытия из фторопластов 3 и 3М превосходят все известные в настоящее время антикоррозионные покрытия на основе органических связующих.

Покрытия наносятся на чистую, обезжиренную поверхность металла. Можно покрывать изделия из конструкционной и нержавеющей стали, никеля, хрома, кадмия, цинка, алюминия и т. д., но не из меди и медных сплавов.

Покрытие из фторопласта-3 должно быть хорошо закалено, оно может применяться только при температуре не выше 100° С. Покрытие из фторопласта-3М может применяться при температуре до 150° С, но его химическая стойкость и защитное действие ниже.

Концентрация суспензий должна составлять 22—33% сухого вещества, вязкость по воронке ВЗ-4 с соплом диаметром 2 *мм* — около 65—70 *сек*. Вязкость должна быть такой, чтобы при нанесении, высыхании и оплавлении одного слоя толщина покрытия была равна 8—12 *мк*.

Суспензия наносится окунанием, поливом или пульверизацией на чистую, лучше — отпескоструенную, поверхность металла, избыток стекает, и натеки снимаются кисточкой. Покрытие сушится на воздухе или в термостате при 60—70° С до полного побеления, после чего спекается в термостате при температуре, равной температуре потери прочности (ТПП) данной партии полимера или на 5—10° С выше ТПП. Продолжительность сплавления зависит от толщины и теплоемкости изделия (для тонкого металла достаточно 10—15 *мин*), окончание сплавления определяется по достижению покрытием полной прозрачности.

Для получения надежного антикоррозионного покрытия нужно нанести не менее 10 слоев общей толщиной 0,1 *мм* (еще лучше, если толщина покрытия будет 0,2 *мм*).

После сплавления последнего слоя покрытие из фторопласта-3 закаливают погружением в холодную воду (чем быстрее это будет сделано, тем надежнее покрытие). Покрытие из фторопласта-3М можно не закаливать, а просто охладить на воздухе.

Покрываемое изделие должно целиком помещаться в печь для одновременного сплавления всего покрытия. Сплавлять покрытие по частям нельзя.

На острые внешние углы суспензия не ложится, а в острых внутренних углах образуются затеки, которые при высыхании трескаются, и трещины не заплавляются. То же получается на щелях, сочленениях деталей, узких отверстиях и т. д. Поэтому все углы должны быть закруглены, щели проварены и зачищены со стороны, покрываемой суспензией.

Существуют также упрощенные способы нанесения покрытий, дающие возможность наносить слои толщиной до 60 *мк* каждый. Для получения надежного покрытия толщиной до 0,2 *мм* требуется нанести всего 3—4 слоя.

Суспензия фторопласта-3 выпускается по ТУ-323—57; суспензия фторопласта-3М — по ТУ П-108—63.

Суспензии выпускаются следующих марок:

Марка СК — с добавкой ксилола.

Марка С — спиртовая.

Марка СВ — спиртовая с добавкой стабилизирующего вещества и воды.

Смешение суспензий марок СК и СВ не допускается.

Внешний вид: жидкость от белого до светло-серого цвета. Допускается образование осадка, для устранения которого применяется 5-кратное пропускание суспензии через коллоидную мельницу.

Концентрация суспензий марок СК и СВ — в пределах 22—33% (для фторопласта-3) и 26—36% (для фторопласта-3М); суспензий марки С 40—50%. Пленки, полученные из суспензии фторопласта-3М, должны иметь предел прочности при растяжении не менее 250 *кГ/см²*, относительное удлинение при разрыве не менее 75%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чегодаев Д. Д., Наумова З. К., Дунаевская Ц. С., Фторопласты, под ред. Л. В. Черешкевича, Госхимиздат, 1960.
2. Swenson C. A., Rev. Sci. Instr., **25**, 834 (1954).
3. Doban R. C., Sperati C. A., Sandt B. W., SPE J., **11**, № 9 (1955).
4. Allans A. J., Lubrication Eng., **14**, 211 (1958).
5. Черешкевич Л. В., Чегодаев Д. Д., Явзина Н. Е., Беленькая С. В., Фторопластовые подшипники, работающие без смазки, изд. Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1959.
6. Du Pont de Nemour a. Co., Engineering facts about Teflon, № 6.
7. Чегодаев Д. Д., Явзина Н. Е., Применение суспензий фторопласта-4, под ред. Л. В. Черешкевича, изд. Ленинградского дома научно-технической пропаганды, 1960.
8. Merrit A. Rudner, Fluorocarbons, Reinhold. N. Y., 1958.
9. Nelson E. R., Kilduff T. J., Benderly A. A., Ind. Eng. Chem., **50**, № 3 (1958).
10. Николаева Т. Н., Курятникова В. Г., Пласт. массы, № 1, 44 (1960).
11. Лазар М., Радо Р., Климан Н., Фторопласты, перев. со словацкого, Изд. «Энергия», 1965.
12. The Character of Fluon PTFE, Second Edition, ICI Ltd., 1963.

ПОЛИАКРИЛАТЫ

Полиакрилаты представляют собой полимеры на основе акриловой и метакриловой кислот и их производных. Полиакрилаты и полиметакрилаты получают путем полимеризации при нагревании соответствующих мономерных эфиров в присутствии катализаторов и инициаторов.

Выпускаются различные виды материалов на основе полиакрилатов — заготовки в виде труб и стержней, порошки для прессования или литья под давлением, листы.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СТЕКЛА

Из всех видов акриловых материалов листовой (органические стекла) имеет наибольшее значение. Листы получают полимеризацией мономеров в формах из силикатного стекла или металла.

Органические стекла выпускают следующих марок.

Стекло органическое листовое марок СО-95 (ГОСТ 10667—65), СОЛ-90 (МРТУ 6-01-51—66) и СОЛ (МРТУ 6-01-47—65). Представляет собой полиметилметакрилат, пластифицированный дибутилфталатом. Предназначается для остекления, для приборостроения, для изготовления изделий технического назначения в машиностроении и в других отраслях промышленности.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	650
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	12
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	2,5
Температура размягчения, °С, не ниже	90—95
Светопрозрачность, %	91

Стекло органическое листовое марок СО-120 (ГОСТ 10667—63), СТ-1-110 (МРТУ 6-01-51—66) и СТ-1 (МРТУ 0-01-47—65). Представляет собой непластифицированный полиметилметакрилат с добавкой фенилсалицилата. Предназначается для остекления, для изготовления изделий технического назначения в приборостроении, машиностроении и других отраслях промышленности.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	780
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	12
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	3
Температура размягчения, °С, не ниже	110—120
Светопрозрачность, %	91

Стекло органическое листовое марок СО-140 (ГОСТ 10667—63), 2-55-133 (МРТУ 6-01-51—66) и 2-55 (МРТУ 6-01-47—65). Представляет собой сополимер на основе метилметакрилата. Выпускается в виде листов прямоугольной формы следующих размеров:

Ширина, *мм*	400	500	700	1000	1100	1150	1400
Длина, *мм*	500	650	800	1100	1100	1250	1600
Толщина, *мм*	от 1 до 30						

Области применения те же, что и для марок, указанных выше.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	850
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	12
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	2,5
Температура размягчения, °С, не ниже	133—140
Светопрозрачность, %	90

Стекло органическое листовое марки Т-2-35 (СТУ12-10-86—60). Представляет собой сополимер на основе метилметакрилата с добавкой термостабилизирующего компонента. Выпускается в виде листов размерами 500×400, 650×550, 800×700, 850×850, 950×850, 1100×1000, 1250×1150, 1600×1400 *мм* при толщине 4, 8, 10, 12, 14 и 16 *мм*.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	850
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*, не менее	35 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	12
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	2,5
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	25
Температура размягчения, °С, не ниже	133

Стекло органическое часовое (ТУ МХП 2673—53). Представляет собой пластифицированный полиметилметакрилат. Выпускается в виде прозрачных бесцветных прямоугольных форматок. Длина форматок 180 *мм* и больше (кратная 30 и 36), допускаемые отклонения ±5 *мм*; ширина 27, 28, 30, 36, 40, 56 и 60 *мм*, допускаемые отклонения ±1 *мм*; разнотолщинность не более 0,15 в пределах допуска по толщине.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	8,5
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	7
Усадка, линейная, %, не более	2,5

Стекло органическое светотехническое опаловое (ТУ МХП 2974—51; ТУ МХП Бу-88—54). Представляет собой пластифицированный полиметилметакрилат, замутненный полистиролом, вводимым в мономер перед полимери-

зацией. Выпускается в виде блоков (ТУ МХП 2974—51) и листов (ТУ МХП Бу-88—54).

По ТУ МХП 2974—51 стекло выпускается размерами от 1000×700 до 500×400 и толщиной 4±0,7 *мм*; по ТУ МХП Бу-88—54 — размерами 1200×1000, 1200×1200×1400×1000 *мм* и толщиной 4±0,6 *мм*.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	8,5
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее . .	7
Теплостойкость по Вика, °С, не ниже	80
Коэффициент суммарного светопропускания .	0,52—0,70

Стекло предназначается для изготовления различных светильников (например, с люминесцентными лампами).

Стекло органическое светотехническое (ГОСТ 9784—61). Представляет собой непластифицированный полиметилметакрилат или его сополимеры, замутненные специальными добавками. Предназначается для изготовления рассеивателей, светильников с люминесцентными лампами и лампами накаливания.

Светотехническое стекло выпускается следующих марок, различающихся по наполнителям и окраске:

СН — неокрашенное;
СО — окрашенное;
САН — армированное стеклотканью, неокрашенное;
САО — армированное стеклотканью, окрашенное;
СВН — армированное стекловолокном, неокрашенное;
СВО — армированное стекловолокном, окрашенное;
СНПТ — неокрашенное, повышенной теплостойкости;
СОПТ — окрашенное, повышенной теплостойкости;
САНПТ — армированное стеклотканью, неокрашенное, повышенной теплостойкости;
САОПТ — армированное стеклотканью, окрашенное, повышенной теплостойкости;
СВНПТ — армированное стекловолокном, неокрашенное, повышенной теплостойкости;
СВОПТ — армированное стекловолокном, окрашенное, повышенной теплостойкости;
СНТ — неокрашенное теплостойкое;
СОТ — окрашенное теплостойкое;
САНТ — армированное стеклотканью, неокрашенное, теплостойкое;
САОТ — армированное стеклотканью, окрашенное, теплостойкое;
СВНТ — армированное стекловолокном, неокрашенное, теплостойкое.

Стекло марок СА, САО, СВО, САОПТ, СВОПТ, СОТ, САОТ, СВОТ должно выпускаться различных цветов.

Окраска стекла согласовывается между потребителем и изготовителем. Чистота цвета определяется светотехническими характеристиками.

По светотехническим характеристикам стекло органическое светотехническое делится на группы:

Показатели	Группы I	II	III	IV	V
Степень рассеяния, γ . .	0,02—0,15	0,16—0,40	0,41—0,60	0,61—0,80	0,65—0,80
Коэффициент суммарного пропускания τ	0,90—0,70	0,80—0,60	0,70—0,50	0,65—0,40	0,39—0,20

Стекла различных марок должны соответствовать следующим группам:

Марки	(τ + ρ*), не менее: группы I—IV	группа V
СН, САН, СВН, СНПТ, САНПТ, СНТ, САНТ, СВНПТ	0,95	0,90
СО, САО, СВО, СОПТ, САОПТ, СВОПТ, СОТ, САОТ, СВОТ	0,90	0,85

* ρ — коэффициент отражения.

Пример условного обозначения стекла марки САОТ: САОТ желтое, III, 3, 1100×100, ГОСТ 9784—61. Обозначает стекло желтого цвета, группа III, толщина 3 *мм*, размер 1100×1000 *мм*, выпускается по ГОСТ 9784—61.

Стекло всех марок выпускается в виде прямоугольных листов с обрезанными краями. По соглашению сторон допускается выпуск листов других размеров. Ниже приводятся размеры стекол:

Длина *мм*	Ширина *мм*	Допуск *мм*	Толщина *мм*	Допуск *мм*
500	400	+50	1, 2, 3, 4	От ±0,4 до ±0,5
650	550			
800	700			
950	850			
1100	1000	+100	3 и 4	±0,5
1250	1150			
1400	1000			
1600	600			
1800	1000			
2000	600	+100	6	±0,65
2000	1000			

Требования, предъявляемые к различным маркам светотехнического стекла, приведены на стр. 172.

Свойства органических светотехнических стекол

Показатели	СН	СО	САН	САО	СВН	СВО	СНТ	СОТ	САНТ	САОТ	СВНТ	СВОТ	САНПТ	САОПТ	СВНПТ	СВОПТ	СНТ	САОТ	СВНТ
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее	8,5	8,5	12	12	8,5	8,5	8,5	8,5	12	12	8,5	8,5	12	12	8,5	8,5	8,5	12	8,5
Твердость по Бринеллю, $кГ/мм^2$, не менее	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Теплостойкость по Вика, °С, не ниже	90	90	90	90	90	90	150	150	150	150	115	115	115	115	115	115	150	150	150

Стекло органическое светотехническое теплостойкое (ВТУ УХП 79—58). Представляет собой полиметилметакрилат, пластифицированный диметилэтиленгликолем и замутненный полистиролом. Выпускается в виде листов размером от 650×850 до 100×100 *мм*, толщиной 3±0,6 и 4±0,7 *мм*.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее	8
Твердость по Бринеллю, $кГ/мм^2$, не менее	13
Теплостойкость по Вика, °С, не ниже	115
Коэффициент суммарного светопропускания	0,6—0,75

Стекло применяется для изготовления защитных рассеивающих колпаков осветительных установок.

Стекло органическое с перламутровым эффектом (ТУ УХП 174—60). Представляет собой пластифицированный полиметилметакрилат, наполненный патом и эмульсионным полистиролом.

Выпускается в виде прозрачных, окрашенных и неокрашенных листов. Предназначается для производства художественных изделий народного потребления.

Листы выпускаются размером от 700×1000 до 100×100 *мм*, толщиной 3±0,6; 4±0,7 и 5±0,8 *мм*.

Стекло должно удовлетворять следующим требованиям:

Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее	4
Твердость по Бринеллю, $кГ/мм^2$, не менее	7

Физико-механические свойства органических стекол

Показатели основных физико-механических свойств ориентированных (со степенью вытяжки 50%) и неориентированных органических стекол при разных температурах приведены на стр. 174—175.

Повышение температуры испытания стекол сопровождается снижением показателей прочностных свойств — пределов прочности при растяжении и статическом изгибе, модуля упругости при растяжении. Значение удельной ударной вязкости остается практически постоянным. При температурах, близких к точкам размягчения стекол, величина удельной ударной вязкости и удлинения резко возрастают, а все другие показатели уменьшаются.

Из сопоставления показателей физико-механических свойств стекол в ориентированном и неориентированном состояниях следует, что показатели таких свойств, как удельная ударная вязкость, относительное удлинение при разрыве и т. д., выше для ориентированных стекол во всем исследованном диапазоне температур.

Физико-механические свойства органических стекол

Показатели	Марки органических стекол										
	СОЛ				СТ-1				2-55		
	Температура, °С										
	−60	20	60	80	−60	20	60	80	100	120	20
Предел прочности, $кГ/см^2$											
при растяжении	1 410 / 1 120	775 / 710	430 / 410	205 / 150	1 440 / 1 135	830 / 780	500 / 510	340 / 380	185 / 120	160 / 175	1 055 / 1 000
при статическом изгибе	1 540 / 1 945	1 195 / 990	690 / 735	395 / 530	1 835 / —	1 010 / 1 180	565 / 885	425 / 610	235 / 365	350 / 210	1 760 / 1 200
Модуль упругости при растяжении, $кГ/см^2$	55 000 / —	30 600 / 29 000	19 200 / 18 000	11 400 / 14 000	—	30 900 / 32 100	20 800 / 23 750	16 200 / 21 750	7 300 / 12 900	8 300 / 10 900	39 200 / 40 800
Относительное удлинение при разрыве, %	3,3 / 2,0	23,2 / 3,6	31,0 / 21,0	43,7 / > 60	3,9 / 2,2	20,0 / 4,0	27,0 / 6,0	> 60 / 30,7	> 60 / > 60	> 60 / 12,0	10,4 / 3,3
Стрела прогиба, *мм*	7,5 / 5,0	23,0 / 6,1	23,0 / 16,3	23,0 / 23,0	8,5 / —	23,0 / 10,8	23,0 / 23,0	23,0 / 23,0	23,0 / 23,0	23,0 / 23,0	> 22,0 / 6,3
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$	25,8 / 30,5	25,5 / 13,0	29,8 / 14,2	36,8 / 15,4	31,4 / 14,9	33,3 / 13,8	39,9 / 14,9	49,9 / 15,5	> 200 / 18,2	> 200 / 16,4	28,9 / 15,0
Твердость по Бринеллю, $кГ/мм^2$	—	21,1 / 21,5	—	—	—	23,7 / 23,7	—	—	—	—	— / 27,4

Показатели	Марки органических стекол								
	Т-2-55								
	Температура, °С								
	60	80	100	120	20	60	80	100	120
Предел прочности, $кГ/см^2$									
при растяжении	730	580	305 / 370	215	1 415 / 1 225	1 080 / 925	700 / 635	535 / 520	335 / 365
при статическом изгибе	1 100	980	465 / 720	315	1 945	1 550 / 1 210	1 075 / 975	745 / 810	555 / 560
Модуль упругости при растяжении, $кГ/см^2$	30 100	25 200	14 800 / 19 100	12 200	—	39 800 / 41 600	28 250 / 29 300	23 900 / 25 300	18 300 / 20 500
Относительное удлинение при разрыве, %	4,2	4,5	> 50 / 21,2	> 7,5	3,4 / 2,0	12,9 / 2,8	13,3 / 4,0	17,6 / 4,8	51,0 / 11,0
Стрела прогиба, *мм*	11,2	14,5	18,8	> 22,0	5,0	19,0 / 8,1	23,0 / 10,5	23,0 / 12,1	23,0 / 23,0
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$	16,5	16,2	23,8 / 17,1	17,4	30,5 / 15,7	32,0 / 14,8	33,1 / 15,3	36,2 / 15,6	38,7 / 15,9
Твердость по Бринеллю, $кГ/мм^2$	—	—	—	—	—	23,7 / 29,9	—	—	—

Примечание. В числителе даны показатели свойств для ориентированного стекла, а в знаменателе — для неориентированного стекла.

На рис. 1 показана зависимость некоторых физико-механических свойств органических стекол от степени вытяжки. С повышением степени вытяжки (>50—70%) дальнейшего увеличения показателей физико-механических свойств не происходит (за исключением удельной ударной вязкости).

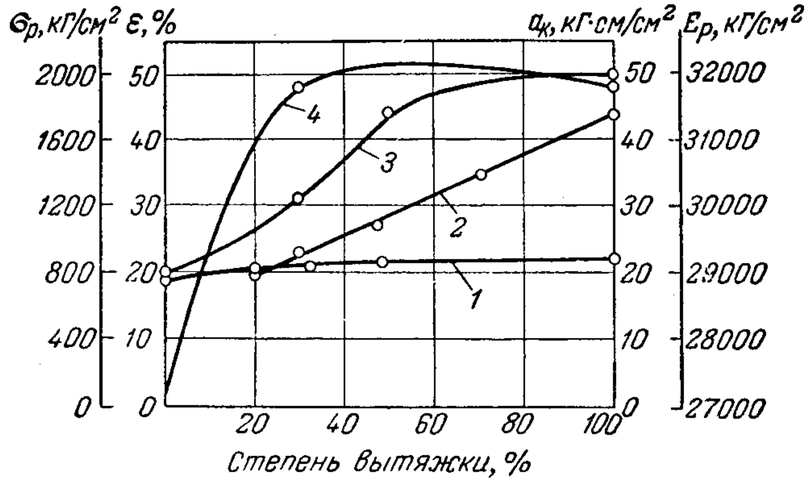


Рис. 1. Зависимость физико-механических свойств органических стекол от степени ориентации.

1 — предел прочности при растяжении; *2* — удельная ударная вязкость; *3* — модуль упругости при растяжении; *4* — относительное удлинение при разрыве.

Ниже приведены сравнительные данные о чувствительности к концентраторам напряжений (отверстиям) ориентированных и неориентированных органических стекол.

Марка стекла	Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*		Снижение прочности %	Коэффициент чувствительности к концентраторам напряжения
	стекла без отверстий	стекла с отверстиями		
СОЛ				
неориентированное . . .	772	433	44	0,50
ориентированное . . .	890	779	13	0,09
СТ-1				
неориентированное . . .	797	450	44	0,51
ориентированное . . .	843	865	0	0
2-55				
неориентированное . . .	863	533	39	0,40
ориентированное . . .	1152	1054	9	0,06
Т-2-55				
неориентированное . . .	875	455	48	0,62
ориентированное . . .	960	674	30	0,28

Статическая прочность изделий, изготовленных из ориентированного органического стекла, в два и более раза выше, чем из неориентированного. Это объясняется высокой пластичностью этого материала, его большой сопротивляемостью растрескиванию, малой чувствительностью к концентраторам напряжений и, что особенно важно, способностью выдерживать значительные деформации без каких-либо признаков разрушения.

Отличительной особенностью ориентированных органических стекол, а также деталей на их основе является их поведение при ударных нагрузках. При такого рода испытаниях в широком диапазоне температур происходят локальные разрушения, в то время как неориентированный материал в аналогичных условиях претерпевает полное разрушение.

Длительная эксплуатация органического стекла СОЛ показала, что оно надежно работает в интервале температур от —60 до +60° С. Предел прочности при растяжении при этом изменяется от 1400 *кГ/см²* при —60° С до 400 *кГ/см²* при +60° С. Та температура, при которой предел прочности при растяжении стекла снижается до 400 *кГ/см²*, является верхним пределом рабочей температуры в условиях полного прогрева стекла по сечению.

На основании аналогичных соображений устанавливаются температуры и для работы органических стекол в условиях установившегося и неустановившегося перепада температур. Такой подход к определению рабочих температур стекол подтверждается данными их долговечности при допустимых в эксплуатации напряжениях, равных 100 *кГ/см²*.

Ниже приведены данные о долговечности теплостойких органических стекол для наибольших значений рабочих температур при напряжении 100 *кГ/см²*:

Показатели	Марка стекла			
	СОЛ	СТ-1	2-55	Т-2-55
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²* .	~ 400	~ 380	~ 360	~ 370
Средняя долговечность при напряжении 100 *кГ/см², ч* . . .	> 3000	> 1000	> 1000	> 1000
Температура испытания, °С	60	80	100	100

Выбор допустимых рабочих температур в условиях неоднородного температурного поля определяется величинами предела прочности стекол при растяжении. Допустимый перепад температур соответствует пределу кратковременной статической прочности порядка 400 *кГ/см²*.

Одинаковые значения пределов статической прочности при полном прогреве стекол и при перепаде температур не обеспечивают одинаковых значений долговечности. Как правило, установленное соответствие между пределами кратковременной и долговременной статической прочности для случая полного прогрева не подтверждается при перепаде температур. Долговечность стекол при перепаде температур значительно меньше, чем при полном прогреве, при приблизительно одинаковых значениях кратковременной статической прочности. Это обусловлено тем, что в случае перепада температур происходит неравномерное распределение нагрузки вследствие различной способности к удлинению разных слоев стекла.

При испытании на долговечность образцов стекол в условиях перепада температур основную нагрузку принимают на себя холодные слои образца.

Долговечность ориентированного органического стекла СТ-1 (со степенью вытяжки порядка 50%) при 80° С составляет более 1000 *ч* при напряжении 150 *кГ/см²*, а не при 100 *кГ/см²*, как в случае неориентированного органического стекла.

Высокие показатели долговечности, усталостной прочности, стойкости к образованию «серебра», удельной ударной вязкости, относительного удлинения при разрыве, малая чувствительность к концентраторам напряжений, а также высокие эксплуатационные показатели позволяют повысить величину допустимых напряжений для ориентированного материала до 150 *кГ/см²* вместо 100 *кГ/см²*, установленных для неориентированного органического стекла.

При эксплуатации ориентированных органических стекол СТ-1 и 2-55 в условиях неоднородного температурного поля температура наружной поверхности ориентированного материала может быть выше температуры размягчения стекла.

Рабочие температуры ориентированных термостабильных стекол Т-2-55 совпадают с рабочими температурами неориентированных материалов только для случая полного прогрева и не совпадают при перепаде температур. В последнем случае температура поверхностного слоя может лишь незначительно превышать температуру размягчения. При температурах, значительно превышающих температуру размягчения термостабильных ориентированных стекол, происходит самопроизвольное растрескивание наружного поверхностного слоя на некоторую глубину.

Теплофизические свойства органических стекол

Органические стекла при переработке и эксплуатации подвергаются воздействию высоких температур, значительно превышающих температуры их размягчения.

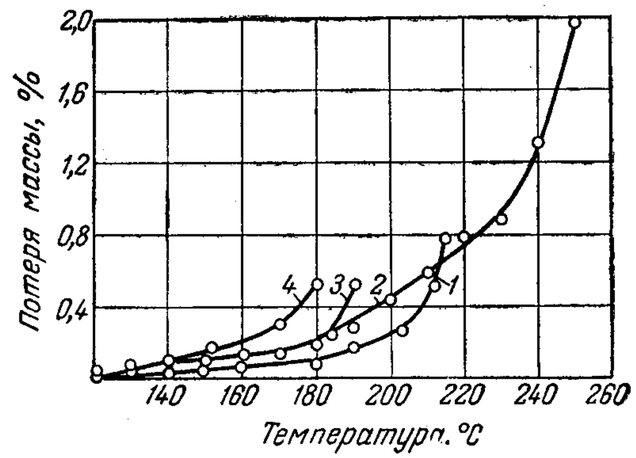
Для характеристики теплостойкости органических стекол определяют температуру размягчения, термомеханические свойства, позволяющие установить температурные области различных состояний полимера, теплостойкость, стойкость к тепловому старению, а также теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость и коэффициенты термического линейного расширения.

Результаты определения температур размягчения, интервалов температур стеклования ($T_с$) и текучести ($T_т$), определенных по термомеханическим кривым, а также интервалов температур резкого увеличения потери летучих ($T_п$) и появления видимых дефектов вследствие деструкции ($T_д$) органических стекол приведены ниже:

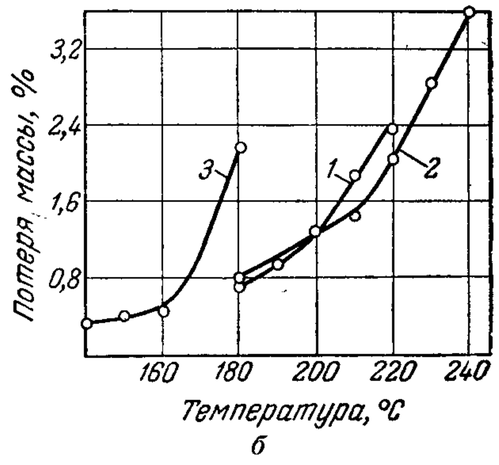
Марка стекла	Температура размягчения по методу ИФП, °С	$T_с$, °С	$T_т$, °С	Время термообработки *ч*	$T_п$, °С	$T_д$, °С	Характер дефектов
СОЛ	90—95	90—105	> 155	1	150—160	170—180	Пузыри
СТ-I	110—120	110—125	> 175	1	> 180	180—190	»
				5	> 160	170	»

Продолжение

Марка стекла	Температура размягчения по методу ИФП, °С	$T_с$, °С	$T_т$, °С	Время термообработки *ч*	$T_п$, °С	$T_д$, °С	Характер дефектов
2-55	133—138	130—145	> 190	1	180—190	200—220	Пузыри
				5	190—200	200—210	»
Т-2-55	133—138	130—145	> 300 (деструкция)	1	> 230	230—250	Желтое окрашивание
				5	> 210	220—240	То же



а



б

Рис. 2. Кривые термостабильности органических стекол при термообработке в течение 1 *ч* (*а*) и 5 *ч* (*б*):

1 — 2-55; *2* — Т-2-55; *3* — СТ-1; *4* — СОЛ.

Для сравнительной оценки термостабильности полимерных стекол и определения верхних температурных пределов их переработки, а в некоторых случаях и эксплуатации, снимаются кривые потери массы образцами размером 20×20×10 *мм* при продолжительности термообработки 1—5 *ч* (рис. 2). Для всех исследуемых стекол (СОЛ, СТ-1, 2-55) вблизи температуры перехода в вязкотекучее состояние наблюдается увеличение потери летучих веществ и на стеклах появляются дефекты в виде пузырей, что свидетельствует о начале деструкции полимеров. Поэтому температуры перехода в вязкотекучее состояние принимаются за верхние температурные пределы переработки и применения указанных органических стекол.

Для термостабилизированных стекол верхний температурный предел использования определяется по термостабильности и стойкости к тепловому старению с учетом временного фактора. Стойкость к тепловому старению

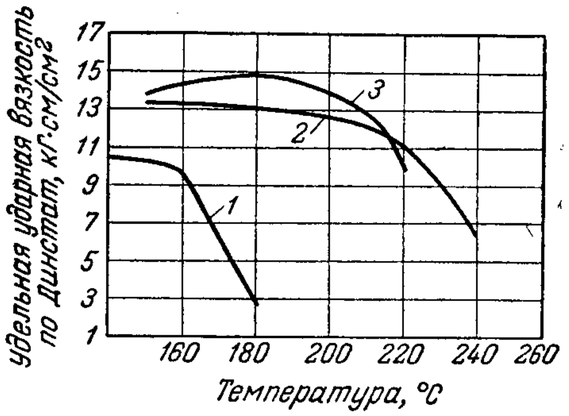


Рис. 3. Зависимость удельной ударной вязкости органических стекол от температуры термообработки:

1 — СТ-1; *2* — Т-2-55; *3* — 2-55.

полимерных стекол оценивается по изменению предела прочности при растяжении, удельной ударной вязкости при различной продолжительности термообработки.

Предел прочности при растяжении стекла СТ-1 после 5-часовой термообработки при 160° С снижается на 11%, после термообработки при 170° С на стекле появляются пузыри.

Предел прочности при растяжении стекла 2-55 начинает уменьшаться при 200—210° С, при этой же температуре наблюдается появление пузырей.

Существенное снижение прочности стекол Т-2-55 наблюдается после термообработки при 240° С.

На рис. 3 приведены данные о зависимости удельной ударной вязкости от температуры термообработки.

Для стекол Т-2-55 после термообработки при 230° С наблюдается снижение удельной ударной вязкости приблизительно на 30%, а при 240° С на 60%.

Показатели некоторых теплофизических свойств органических стекол различных марок, а также результаты измерения коэффициентов линейного термического расширения, приведены на стр. 181.

Теплофизические свойства органических стекол

Марка стекла	Плотность *кг/м³*	Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м·ч·град)*						Коэффициент температуропроводности, *м²/ч*						Удельная теплоемкость *кал/(г·град)*					
		Температура испытаний, °С																	
		20	50	100	20	50	100	200	20	50	100	200	20	50	100	120	20	50	100	120
СОЛ	1206	0,158	0,164	0,174	4,36	3,81	3,10	2,92	0,300	0,356	0,464	0,506	0,178	0,168	0,174	0,166	0,155	0,158	0,167	0,190
СТ-1	1189	0,156	0,160	0,166	3,17	2,92	2,59	2,50	0,413	0,460	0,537	0,565	0,168	0,182	0,178	0,190	0,158	0,166	0,172	0,187
СТ-1 (после прогрева при 145° С в течение 100 *ч*)	1100	0,146	0,150	0,155	3,90	3,63	3,23	3,12	0,340	0,375	0,436	0,460	0,158	0,182	0,178	0,190	0,155	0,166	0,167	0,187
2-55	1200	0,160	0,166	0,178	3,30	3,14	2,90	2,81	0,404	0,440	0,512	0,540	0,182	0,187	0,190	0,187	0,178	0,187	0,190	0,187
2-55 (после нагрева при 175° С в течение 100 *ч*)	1180	0,150	0,157	0,167	3,56	3,37	3,10	3,02	0,357	0,395	0,456	0,483	0,172	0,187	0,167	0,190	0,167	0,190	0,190	0,187
Т-2-55	1204	0,155	0,164	0,178	3,44	3,24	2,93	2,85	0,375	0,421	0,510	0,545	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187

Зависимость коэффициентов линейного термического расширения органических стекол от температуры

Марка стекла	Коэффициент термического линейного расширения×10⁶, *град*⁻¹											
	Температура, °С											
	—80	—60	—40	—20	0	20	40	60	80	100	120	
СОЛ	—	—	64	63	66	71	86	96	125	—	—	
СТ-1	—	—	—	—	—	77	82	86	90	111	—	
2-55	32	40	40	40	60	69	73	83	84	118	—	
Т-2-55	—	—	—	—	—	75,6	75,6	75,6	75,6	94,5	98,7	

«Серебро», причины его образования и способы предупреждения

Поверхностное растрескивание (образование «серебра») полиметилметакрилатного органического стекла в начальный период проявляется как синева или помутнение, затем трещины развиваются до значительной глубины, достигающей 1—2 *мм* и более.

Размеры трещин изменяются в широких пределах. Как правило, они возникают на поверхности и распространяются в направлении, перпендикулярном направлению действия максимального напряжения.

Все виды «серебра» можно подразделить на две группы — ориентированное и неориентированное, в зависимости от растягивающих напряжений (направленных и хаотически действующих). При одноосном растяжении всегда образуется ориентированное «серебро», при двухосном — неориентированное «серебро». В условиях искусственного и естественного старения, испарения низкомолекулярных веществ, действия органических растворителей и некоторые другие факторы приводят к образованию неориентированного «серебра».

Появление «серебра» вызывает значительные изменения физико-механических, оптических и других свойств органических стекол.

Ниже приводятся показатели некоторых свойств пластифицированного полиметилметакрилатного органического стекла СОЛ при образовании «серебра»:

Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	
без «серебра»	13,1
с «серебром»	6,1
Прозрачность, %	
без «серебра»	92
с «серебром»	76

Некоторые показатели механических свойств образцов органического стекла марки СОЛ различной толщины, пораженных «серебром», приведены ниже:

Толщина стекла *мм*	Глубина «серебра» *мм*	Предел прочности, *кГ/см²*				Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*	
		при растяжении		при статическом изгибе			
		без «серебра»	с «серебром»	без «серебра»	с «серебром»	без «серебра»	с «серебром»
8	0,04	657	454	932	544	12,2	4,1
	0,20	657	380	932	438	12,2	3,8
10	0,04	673	549	1228	1002	14,0	11,2
	0,20	673	524	1228	807	14,0	10,3

Обычно появление «серебра» уменьшает прочность материала. Наряду с этим возможна длительная эксплуатация деталей из органического стекла с незначительным «серебром» на их поверхности. Статические испытания таких деталей не обнаружили значительного снижения прочности: разрушение при испытании почти во всех случаях происходило не по месту расположения «серебра».

При возникновении «серебра» под действием исходных и эксплуатационных растягивающих напряжений чрезвычайно важную роль играют факторы, снижающие прочность поверхностного слоя стекла: действие растворителей и их паров, влаги, УФ-света, температурные перепады на поверхности образца и т. п.

На рис. 4 представлена зависимость времени появления «серебра» от величины растягивающих напряжений при действии дибутилфталата при 40° С.

Стойкость образца к появлению «серебра» t зависит от величины растягивающего напряжения σ следующим образом:

$$t = \theta\sigma^{-\gamma}$$

где θ и γ — постоянные, характерные для данного растворителя.

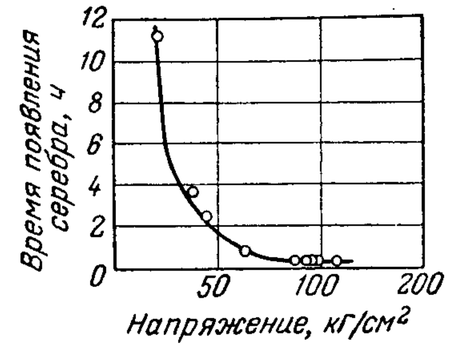


Рис. 4. Зависимость времени появления «серебра» от величины растягивающих напряжений.

Для оценки исходных внутренних напряжений органического стекла введено испытание на серебростойкость по дибутилфталату. В настоящее время органическое стекло выпускается с серебростойкостью по дибутилфталату $\geqslant 50$ *ч*, т. е. с исходными напряжениями не более 12 *кГ/см²*.

Данные о стойкости образцов из органического стекла марки СОЛ к образованию «серебра» при различных растягивающих напряжениях приведены ниже:

Напряжение, *кГ/см²*	100	200	300	400	500	600
Стойкость, *мин*						
при 20° С	60 2700	120 000	50	10	0	0
» 60° С	240	10	1	0	0	0

Установлено, что «серебро» возникает при 60° С и напряжениях 125 *кГ/см²* через 2 *ч*, а полное разрушение образцов наступает через 1700 *ч*. Таким образом, время с момента нагружения до появления видимых трещин составляет менее 1%, т. е. долговечность образца определяется в основном скоростью распространения трещин.

Образование «серебра» наблюдается главным образом в области вынужденной эластичности. Если слои органического стекла в вынужденно-эластическом состоянии находятся внутри образца, а поверхностные слои находятся в стеклообразном и высокоэластическом состоянии, то явления «серебрения» не наблюдается ни при малых, ни при больших значениях растягивающих напряжений:

Напряжение *кГ/см²*	Температура поверхности, °С		Долговечность *мин*	Появление «серебра»
	наружной	внутренней		
100	100	22	> 465	При нагружении
200	100	22	> 8658	То же
300	60	22	> 2160	»
300	100	—50	> 208	Серебро не появилось

Продолжение

Напряжение *кГ/см²*	Температура поверхности, °С		Долговечность *мин*	Появление «серебра»
	наружной	внутренней		
400	100	—50	> 30	Серебро не появилось
400	60	22	> 11	При нагружении

Из приведенных данных следует, что только в том случае, когда температура одной поверхности +100, а другой —50° С, «серебро» не возникает. Во всех случаях «серебро» возникает только с холодной стороны в поверхностном слое с температурой 22° С.

Появление «серебра» вызывается действием почти всех органических растворителей.

По своей активности в отношении образования «серебра» растворители могут быть расположены в следующий ряд (активность бензина «Галоша» принята за единицу):

Бензин «Галоша»	1
Бензин авиационный Б-70	1,5
Четыреххлористый углерод	2,1
Этиловый спирт	25,2
Бензиловый спирт	39,7
Этилацетат	54,9
Ацетон	76,6
Хлороформ	126,6
Дихлорэтан	195,8

Для каждого растворителя существуют предельные значения напряжений, ниже которых «серебро» не образуется.

Выдержка на воздухе с относительной влажностью 60% и более приводит к значительному увеличению внутренних растягивающих напряжений и, как следствие, к понижению серебростойкости. Серебростойкость по дибутилфталату уменьшается, например, с 70 до 1—5 *ч*. Длительная выдержка стекла в воде по своему действию на его серебростойкость аналогична выдержке стекла на воздухе с высокой относительной влажностью.

Снижение серебростойкости стекла под влиянием влаги зависит от содержания в нем низкомолекулярных веществ. Чем больше содержание таких веществ, тем более резко происходит снижение серебростойкости стекла. Даже весьма длительное действие воды или среды с высокой относительной влажностью на органическое стекло (4—6 и более месяцев) не приводит к возникновению серебра на стекле со сравнительно невысоким содержанием низкомолекулярных веществ (1—2%).

При облучении стекла ультрафиолетовыми лучами в течение 600 *ч*, «серебро» на органическом стекле СОЛ серийного производства также не образуется. Сочетание же действия высокой относительной влажности (90%) и УФ-излучения вызывает появление серебра через 50 *ч*. Совместное действие среды с высокой относительной влажностью и УФ-лучей в атмосфере озона приводит к образованию «серебра» на стекле СТ-1 через 70 *ч*, а на стекле 2-55 через 36 *ч*.

Оптические свойства органических стекол

Оптические свойства органических стекол марок СТ-1, 2-55, СОЛ и Т-2-55 характеризуются следующими показателями: коэффициентом преломления, коэффициентом оптического напряжения, общей прозрачностью, спектральной прозрачностью в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра, светостойкостью, угловым смещением, игрой изображения.

Показатели оптических свойств органических стекол приведены ниже:

Оптические свойства органических стекол

Показатели	Марки стекла			
	СОЛ	СТ-1	2-55	Т-2-55
Коэффициент преломления при 21° С	1,4930	1,4895	1,4961	1,4960
» 45° С	1,4892	1,4870	1,4933	1,4945
» 60° С	1,4873	1,4848	1,4919	1,4930
» 75° С	1,4850	1,4830	1,4900	1,4910**
» 90° С	1,4825	1,4820	1,4890	1,4900
Игра изображения, *мин*	2—3	2—3	2—3	2—3
Угловое смещение, *мин*	3—9	3—9	3—9	3—9
Светостойкость *, %, не более	2	2	2	2
Оптический коэффициент напряжения при 18—20° С, брюстеры	2,2—2,4	4,6—4,8	2,0	1,2—1,5

* Снижение прозрачности при облучении стекла лампой ПРК-2 в течение 200 *ч*.
** Испытания проводились при 80° С.

Коэффициент пропускания в ультрафиолетовой части спектра для всех марок органических стекол повышается с увеличением длины волны.

Спектральное светопропускание* органических стекол

Марка стекла	Интегральная светопрозрачность, %	Коэффициент спектрального пропускания, %																		
		ультрафиолетовая область, *ммк*					видимая область *ммк*		инфракрасная область, *ммк*											
		300	320	340	360	380	400	750	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
СОЛ	90—92	11	53	76	86	88	89	92	90	90	61	60	70	45	49	7	0	2	12	0
СТ-1	90—92	0	0	11	85	89	90	90	92	92	90	60	69	42	49	5	1	8	20	0
2-55	90—92	0	0	0	67	85	88	90	88	88	82	50	49	25	20	2	0	3	9	0
Т-2-55	90—92	0	0	0	45	74	80	90	89	90	80	60	49	33	21	3	3	4	9	2

* Спектральное светопропускание измерялось на образцах стекол толщиной 5 *мм* спектрофотометрами СФ-4, СФ-2М, ИКС-14 и СФ-10.

В видимой части спектра светопропускание органических стекол мало зависит от длины волны, а в области от 5,0 до 7,5 *мк* колеблется в пределах 85—92%. В инфракрасной области спектра светопропускание носит избира-

тельный характер. Область наибольшего пропускания лежит в диапазоне длин волн примерно от 0,76 до 20 *мк*. В интервале длин волн от 2,2 до 3,0 *мк* светопропускание для всех рассматриваемых марок органического стекла колеблется от 0 до 20%, в интервале длин волн от 3,0 до 5,5 *мк* стекла практически непрозрачны.

Стойкость органических стекол к искусственному старению

Испытание органических стекол на стойкость к старению в естественных условиях является длительным процессом, достаточно надежные данные в этом случае можно получать только минимум через 1—2 года. На практике применяется метод ускоренного (искусственного) старения органического стекла, при котором образцы помещают в специальную камеру с температурой 20° С и влажностью воздуха 93±3% и облучают в течение 400 *ч* ртутно-кварцевыми лампами ПРК-2, после чего производят механические испытания образцов.

Данные о влиянии искусственного старения на физико-механические свойства органических стекол приведены ниже:

Марка стекла	Время появления «серебра» в процессе старения *ч*	Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*		
		до старения	после старения	снижение прочности, %
СОЛ	50	15,2	11,5	24
СТ-1	72	14,3	9,9	31
2-55	34	14,8	9,1	38
Т-2-55	168	15,0	5,7	62

Испытания органического стекла СОЛ на стойкость к искусственному старению показали, что существенное ухудшение механических свойств происходит за первые 50 *ч* (при 20 и 60° С); при более длительных выдержках снижение показателей механических свойств замедляется.

Наибольшее влияние на физико-механические свойства стекла оказывает совместное действие влаги, УФ-света и озона.

Ниже приводятся показатели некоторых физико-механических свойств органических стекол до и после старения в воде при комнатной температуре в течение 10 суток:

Показатели	СТ-1	2-55	Т-2-55
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*			
до старения	835	1055	1065
после старения	745	800	800
Относительное удлинение при разрыве, %			
до старения	4,6	4,3	4,3
после старения	4,5	5,8	4,6
Водопоглощение, %	1,6	2,4	2,3

Данные о водопоглощении стекол СТ-1 и 2-55 приведены на рис. 5.

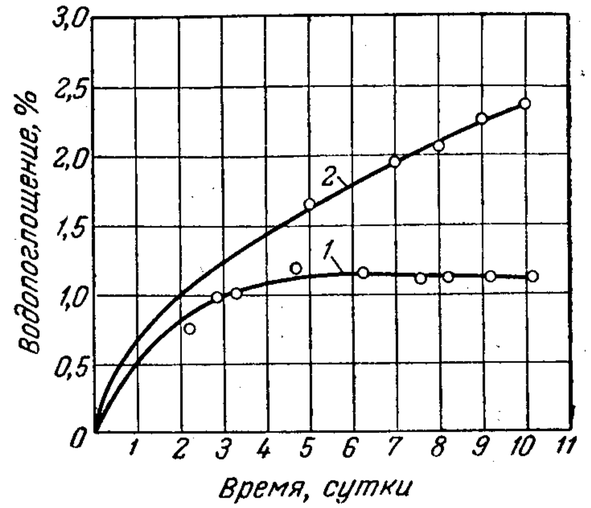


Рис. 5. Водопоглощение стекол СТ-1 (*1*) и 2-55 (*2*).

Переработка органических стекол

Формование органических стекол часто связано со значительной вытяжкой материала (до 100%).

Ориентацию, т. е. равномерную вытяжку разогретого органического стекла в нескольких направлениях производят на машинах различных конструкций. Способность органического стекла к вытягиванию характеризуется величиной максимальных удлинений при разных температурах (рис. 6). Наряду с вытяжкой стекол применяется также и сжатие, которое производится с помощью прессов (таким способом получают плиты из непластифицированного полиметилметакрилата).

Мерой ориентации является степень растяжения или сжатия, определяемая по формуле:

$$E_n = \left(\sqrt{\frac{h_1}{h_2}} - 1\right) \cdot 100$$

где h_1 — исходная толщина листа;

h_2 — конечная толщина листа.

В зависимости от размеров деталей и их конфигурации можно выделить два основных метода формования:

1. Метод свободной вытяжки — формование без соприкосновения рабочих поверхностей стекла с поверхностью формовочного приспособления.

2. Метод формования с помощью матриц и пуансонов — оптические поверхности стекла соприкасаются с оформляющими поверхностями формовочного приспособления.

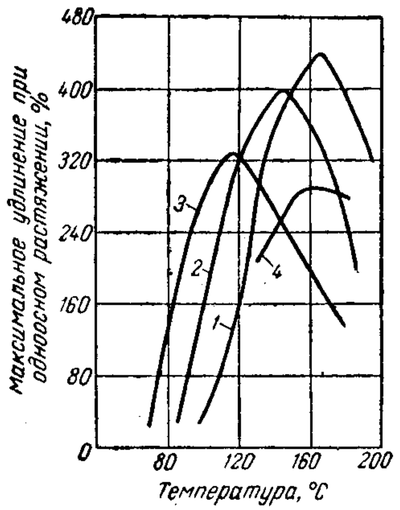


Рис. 6. Зависимость максимальных удлинений органических стекол при одноосном растяжении от температуры:
1 — 2-55; *2* — СТ-1; *3* — СОЛ *4* — Т-2-55.

Формование методом свободной вытяжки осуществляется двумя способами: пневматическим и вакуумным (рис. 7, 8). Пневматическое формование применяют для получения деталей, формование которых требует более высокого давления (избыточное давление при вакуумном формовании не превышает 0,8—0,9 *кГ/см²*).

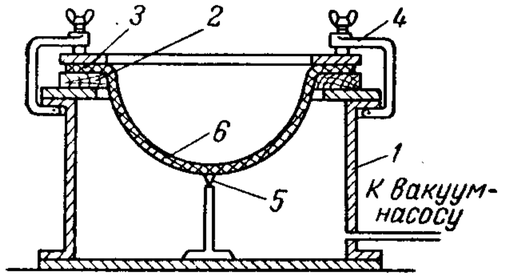


Рис. 7. Схема установки вакуумного формования при помощи протяжных формообразующих колец:

1 — вакуум-камера; *2* — формообразующее кольцо; *3* — прижимное кольцо; *4* — винтовые зажимы; *5* — указатель глубины вытяжки; *6* — органическое стекло.

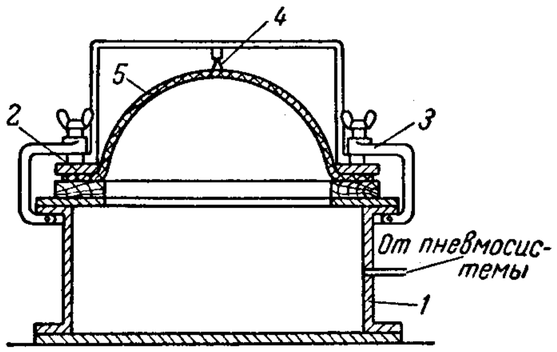


Рис. 8. Схема установки пневматического формования при помощи протяжных формообразующих колец:

1 — пневмокамера; *2* — прижимное кольцо; *3* — винтовые зажимы; *4* — указатель высоты вытяжки; *5* — органическое стекло.

Методом свободной вытяжки из неориентированного и ориентированного стекла всегда получают детали замкнутой формы.

К формованию с помощью матриц и пуансонов относится формование в закрытых штампах, формование на пуансоне окантовочной прижимной рамкой по контуру заготовки, вакуумное формование в матрицу со свободным скольжением, формование на пуансоне способом обтяжки, пневматическое формование в матрицу и др.

Для получения деталей с высокими показателями оптических свойств с помощью матриц и пуансонов на формообразующие поверхности наносят специальные смазки. Применение смазок дает возможность начинать процесс формования непосредственно после извлечения разогретой заготовки из термошкафа без предварительного охлаждения ее поверхности. При формовании стекла СОЛ и СТ-1 применяется смазка АМС-30, для стекла 2-55— смазка АК-15.

Температура поверхности органического стекла в конце формования для стекол СОЛ, СТ-1 и 2-55 должна быть соответственно 105, 115, 130° С. Снятие деталей с формовочного приспособления рекомендуется производить при температуре стекла не выше 45° С.

Ориентированное органическое стекло обладает высокой пластичностью, поэтому детали из него можно изготовлять изгибанием холодных или слегка подогретых листов в контурных рамах с последующей фиксацией формы путем термообработки (метод холодного формования).

Сварка. Зависимость прочности сварного шва стекол СОЛ и СТ-1 от температуры сварки, проводившейся в течение 15 *мин* при давлении 20 *кГ/см²*, представлена на рис. 9.

При сварке материал становится монолитным и при испытании на разрыв разрушение образца часто происходит не по сварному шву.

Механическая обработка органических стекол производится, главным образом, методами сверления и фрезерования.

Метод оценки качества механической обработки, принятой для металлов (по износу режущего инструмента), неприменим, так как не износ является определяющим критерием при механической обработке органического стекла.

Основным критерием оценки качества органического стекла является величина внутренних напряжений, которые возникают в стекле в процессе механической обработки. Наиболее простым методом оценки напряжений в поверхностных слоях стекла является метод действия органических растворителей и пластификаторов. Допустимая величина напряжений (порядка

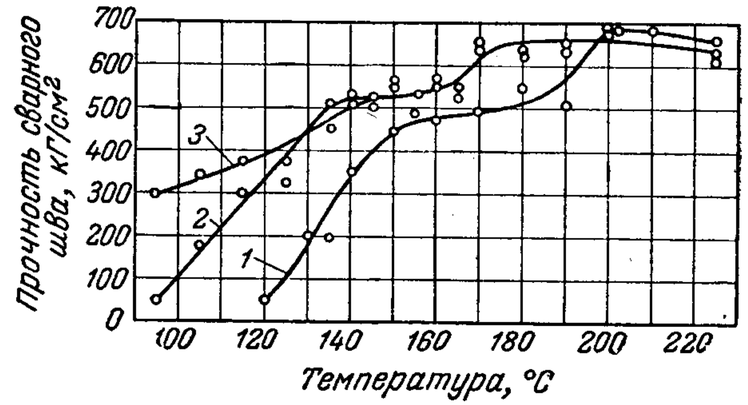


Рис. 9. Зависимость прочности сварного шва органических стекол от температуры сварки:

1 — СТ-1; *2* — СОЛ; *3* — СОЛ, подвергнутое дополнительной термообработке при 130° С.

10—15 *кГ/см²*) фиксируется по отсутствию «серебра» при действии на стекло СТ-1 дибутилфталата в течение 24 *ч*, а на стекло 2-55 — ацетона в течение 10 *мин*.

При сверлении рекомендуется применять сверла с углом при вершине, равным 120°. С увеличением скорости резания стойкость стекла к образованию «серебра» уменьшается. Так, при сверлении стекла СТ-1 со скоростью резания 3,14 *м/мин*, даже без охлаждения, серебростойкость по дибутилфталату составляет более 24 *ч*.

При фрезеровании стекол СТ-1 и 2-55 высокую серебростойкость обеспечивает применение фрез с передним углом 20° и задним углом 15—20°. Наилучшие результаты по серебростойкости дают фрезы с 7 зубьями на диаметре 30 *мм*.

Значительное повышение серебростойкости органических стекол при сверлении и фрезеровании наблюдается при применении смазочно-охлаждающих жидкостей.

Монтаж деталей из органического стекла производят методами болтового, безболтового и мягкого крепления.

При болтовом креплении стекло прижимается к каркасу болтами, винтами или заклепками через отверстия в стекле или специальные вырезы (фестоны).

Возможность перемещения стекла в заделке и выход его из-под болтов при эксплуатационной нагрузке в значительной степени приводит к рассасыванию местных напряжений и позволяет проводить отжиг изделия в собранном виде.

Безболтовое крепление органических стекол обеспечивает более равномерное распределение напряжений в местах заделки стекол в каркас. Стекло к каркасу прижимается металлическими накладками, которые крепятся к каркасу болтами или винтами.

Иногда применяют комбинированный метод крепления — болтовой и безболтовой. В этом случае по продольным профилям стекло крепится при помощи металлических накладок, а по передней и задней дугам — болтами через отверстия.

При комбинированном мягко-жестком креплении по переднему ободу стекло крепится болтами через отверстия, по продольным профилям — на капроновой ленте, которая приклеивается к кромке стекла. По заднему ободу стекло сопрягается с каркасом без какого-либо закрепления. При мягком креплении стекло крепится на капроновой ленте по всему периметру.

Кроме капроновой ленты, в настоящее время применяют лавсановую ленту ЛЛ, стойкую к действию высоких температур.

Для мягкого крепления стекол применяют клеи В31-Ф9 и ПУ-2 с рабочей температурой до 150° С и клеи ВС-10-Т (М) — до 210° С. Разработаны также герметики У-30М и УЗО-МЭС-10, применяемые до температуры 150° С, и «Виксинт» У-2-28 — до 200° С.

ПРЕССОВОЧНЫЕ И ЛИТЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Полиметилметакрилатный порошок для изделий широкого потребления и скульптур (ТУ МОСНХ 35-XII-299—61). Представляет собой зернистый порошок, полученный эмульсионной полимеризацией метилметакрилата с добавками пластификаторов. Применяется для изготовления различных предметов народного потребления и скульптур методом горячего прессования под давлением с последующим охлаждением.

Полиметилметакрилатный порошок выпускается четырех марок:
Л-1 и Л-2 — для предметов народного потребления;
Л-1 и № 3 — для скульптур.

Полиметилметакрилатный порошок должен удовлетворять следующим требованиям:

	Для изделий		Для скульптур	
	Л-1	Л-2	Л-1	№ 3
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	13	12	13	—
Содержание влаги и летучих, %, не более	3	3	3	3
Дисперсность				
остаток на сите со 100 *отв/см²*	0	0	—	—
» » » » 10 *отв/см²*	—	—	0	0

Полиметилметакрилатный порошок специального назначения (ТУ УХП МОСНХ 258—60). Представляет собой мелкозернистый продукт, полученный суспензионной полимеризацией метилметакрилата с добавкой пластификатора.

Отпрессованные из порошка диски должны быть прозрачными и иметь гладкую поверхность. На образце, представляющем собой диск площадью 80 *см²*, допускается не более пяти посторонних включений размером до 0,5 *мм²*.

Литьевой материал ЛП (СТУ 12-10-13-63). Представляет собой сополимер на основе низкомолекулярного полиметилметакрилата, полученного гранульной полимеризацией. Выпускается трех марок: ЛП-1, ЛП-4 — пластифицированный сополимер метилметакрилата с метилакрилатом, ЛП-9 — сополимер метилметакрилата с винилацетатом.

Применяется для изготовления различных технических изделий сложной конфигурации, радиодеталей, деталей, соприкасающихся с бензином и маслами.

ЛП перерабатывается в изделия литьем под давлением экструзией, прессованием, хорошо вальцуется и смешивается с наполнителями.

Физико-механические свойства ЛП аналогичны свойствам органического стекла марки СОЛ.

Литьевой материал ЛПТ. Представляет собой композицию на основе полиметилметакрилата с наполнителями и стабилизатором. Выпускается двух марок — ЛПТ-1 и ЛПТ-2, различающихся значениями теплостойкости по Мартенсу, которая для ЛПТ-1 составляет 80—85° С и 90—95° С для ЛПТ-2.

Литьевой полиметилметакрилат ЛПТ хорошо перерабатывается литьем под давлением при 190—235° С и удельном давлении 1200 *кГ/см²*, экструзией при 170—200° С и прессованием при температуре формы 180—200° С и удельном давлении 200—300 *кГ/см²* (выдержка в форме 5—10 *мин* в зависимости от размеров изделия).

Материал должен удовлетворять следующим требованиям:

Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	13
Содержание влаги и летучих, %, не более	2,5
Дисперсность (сито 045)	Проходит без остатка
Относительная вязкость	1,5—5,0

Полибутилметакрилат бисерный (МРТУ 6-05-911—63). Представляет собой мелкозернистый продукт, полученный суспензионной полимеризацией бутилметакрилата. Предназначается для изготовления полимеризующейся мастики.

Удельная вязкость 1%-ного раствора полимера в дихлорэтане равна 0,5—1,5. Содержание влаги и летучих обычно не превышает 1,5%. Перед употреблением продукт подсушивают в воздушной или вакуумной сушилке при 40—50° С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудимов М. М., Каргин В. А., Перов Б. В., Думнов М. В., ДАН СССР, 128, № 4, 715 (1959).
2. Конструкционные материалы, изд. «Советская энциклопедия», 1964.
3. Перов Б. В., Гудимов М. М., Ориентированное органическое стекло, Оборонгиз, 1961.
4. Трусова К. И., Гудимов М. М., Пласт. массы, № 2 (1962).
5. Пластические массы в машиностроении, изд. АН СССР, 1955.
6. Новые материалы в технике, Изд. «Химия», 1964.
7. Перов Б. В., Каргин В. А., Гудимов М. М., Вестник машиностроения, 1, 70 (1960).
8. Гришин Н. А., Воюцкий С. С., Гудимов М. М., ДАН СССР, 116, № 4 (1957).
9. Гудимов М. М., Барышников О. А., Пласт. массы, № 2 (1965).
10. Лазуркин Ю. С., Фогельсон Р. Л., ЖТФ, 21, № 3, 267 (1951).
11. Бессонов М. И., Кувшинский Е. В. в сб. «Физика твердого тела», изд. АН СССР, 1959, стр. 265.
12. Финогенов Г. Н. Заводская лаборатория, № 2, 1497 (1958).
13. Лебедев Г. А., Кувшинский Е. В., ДАН СССР, 108, № 6, 1096 (1956).
14. Регель В. Р., ЖТФ, 26, вып. 2, 359 (1956).
15. Бессонов М. И., Кувшинский Е. В., ЖФТТ, 1, вып. 9, 441 (1959).
16. Пик И. Ш., Прессовочные, литьевые и поделочные пластические массы, Изд. «Химия», 1964.

ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТ, ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ, ПОЛИВИНИЛАЦЕТАЛИ

Поливинилацетат (ПВА) получается радикальной полимеризацией винилацетата. В зависимости от способа проведения полимеризации образуются полимеры с разными физико-механическими свойствами, различным молекулярным весом и полидисперсностью.

Особенностью ПВА является высокая реакционная способность, позволяющая осуществлять различные полимераналогичные превращения, в результате которых получаются производные поливинилацетата с новыми свойствами. Кислотным или щелочным омылением поливинилацетата получают поливиниловый спирт, а при действии на него соответствующих альдегидов или кетонов — различные поливинилацетали и кетали.

Схема получения поливинилацетата, поливинилового спирта и поливинилацеталей приведена на стр. 193.

Получаемые полимеры характеризуются прозрачностью (в ряде случаев они бесцветны), высокой механической прочностью (в особенности в ориентированном состоянии), высокой адгезией к различным поверхностям, светостойкостью, способностью совмещаться с различными пластификаторами, смолами и наполнителями, образовывать растворы в органических растворителях. Они являются термопластами, имеют аморфную структуру * и могут перерабатываться в изделия обычными методами, применяемыми для переработки термопластов (вальцеванием, экструзией, литьем под давлением и др.).

Полимеры на основе сложных виниловых эфиров широко применяются в различных областях народного хозяйства как непосредственно, так и в производстве лаков, красок, клеев и т. д.

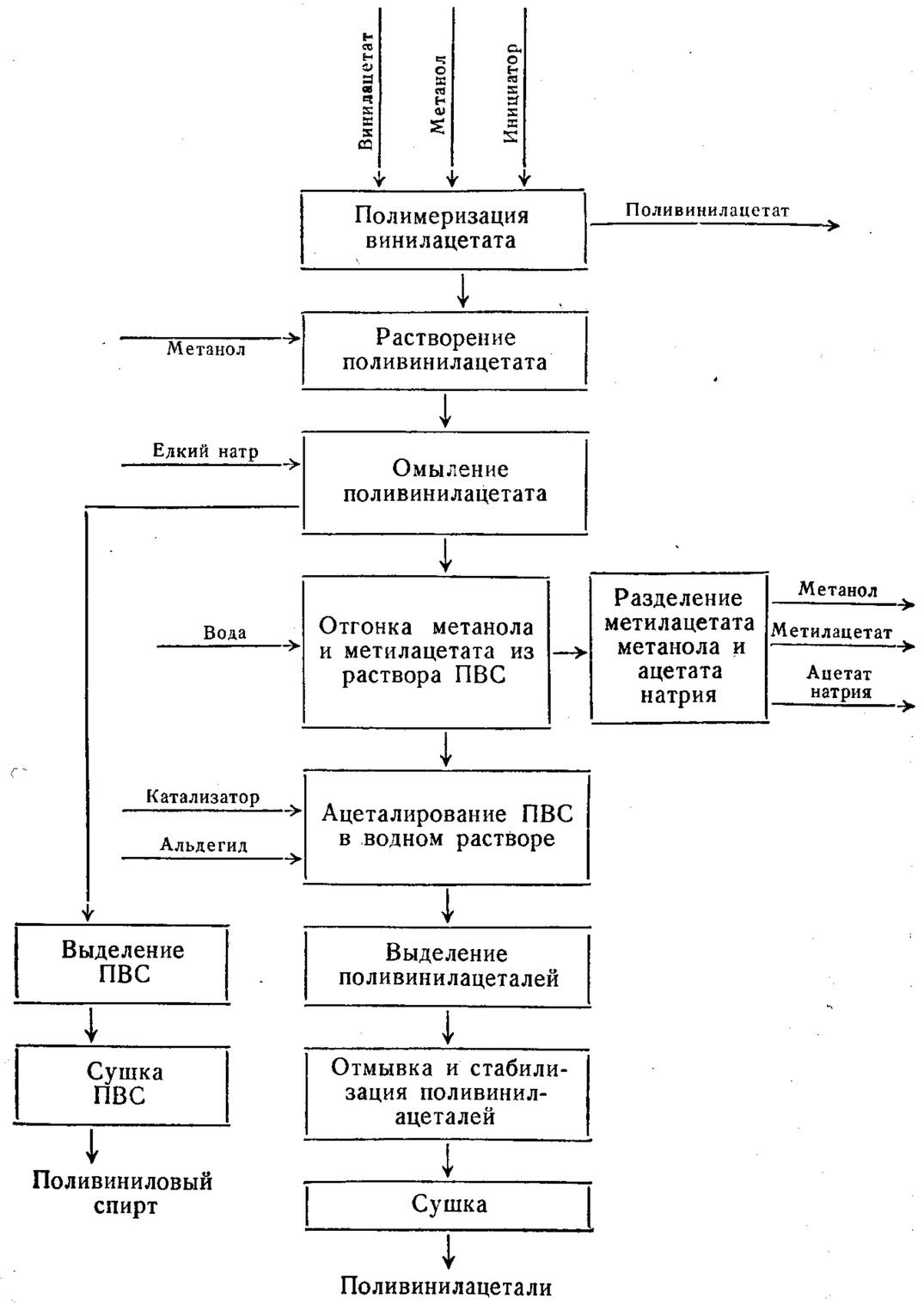
Наиболее распространенными представителями полимеров этого класса являются поливинилацетат и поливиниловый спирт, а также поливинилацетали — поливинилформаль, поливинилэтилаль, поливинилформальэтилаль, поливинилбутираль, поливинилбутиральфурфураль, поливинилкеталь.

ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТ [ПВА]

Поливинилацетат является продуктом полимеризации сложного винилового эфира уксусной кислоты — винилацетата, образующегося обычно при взаимодействии безводной уксусной кислоты и ацетилена. В качестве инициаторов полимеризации винилацетата применяют органические и неорганические перекиси, а также вещества неперекисного характера, способные образовывать свободные радикалы.

В зависимости от назначения полимера полимеризацию винилацетата осуществляют различными способами.

* В ориентированных пленках и волокнах поливинилового спирта имеются кристаллические области.



Получение поливинилацетата, поливинилового спирта и поливинилацеталей.

1. Блочная полимеризация (в массе) проводится в аппаратах небольшой емкости, снабженных якорными тихоходными мешалками и обратными холодильниками с большой поверхностью охлаждения. Мономер и инициатор загружают постепенно пятью-шестью порциями. Полимеризацию первой порции винилацетата проводят при 80—90° С. Реакция сопровождается выделением большого количества тепла (21,3 *ккал/моль*). По окончании экзотермической стадии реакционную массу нагревают до 110—120° С. Полученную горячую массу поливинилацетата направляют на грануляцию.

Блочный ПВА выпускается в гранулированном или измельченном виде. Удобен для транспортировки, не слеживается при 30—40° С.

2. Лаковая полимеризация винилацетата проводится в растворителях, которые растворяют мономер и полимер, — спиртах, сложных эфирах, ароматических углеводородах. В промышленности применяют главным образом бензол, этилацетат, метилацетат, метиловый и этиловый спирты (полимеризацию винилацетата в метиловом спирте, метилацетате и бензоле проводят в тех случаях, когда поливинилацетат предназначается для переработки в поливиниловый спирт).

В качестве инициаторов полимеризации винилацетата в растворителях применяют органические перекиси, азодинитрилы и др.

Поливинилацетат в виде спиртового раствора (ТУ МХП 1376—50) выпускается пяти марок, различающихся по вязкости молярных растворов:

	Вязкость *спз*
С-4	3—6
С-8	6—10
С-12	10—14
С-18	14—22
С-26	22—30

К спиртовому лаку предъявляются следующие требования: концентрация полимера в спирте должна составлять 40—60%, содержание свободного мономера не более 1,5% от веса полимера.

Если поливинилацетат применяется для склеивания и лакировки бумаги, ткани, янтаря, металла или стекла, полимеризацию винилацетата проводят в среде этилового спирта. При применении поливинилацетата для склеивания и лакировки кожи полимеризацию проводят в этилацетате или в спиртовый лак добавляют этилацетат.

Лучшими свойствами обладают лаки, изготовленные на основе сополимеров винилацетата с эфирами малеиновой или фумаровой кислоты (например, диметил- и диэтилмалеинатом). При содержании в сополимере 15—25% малеинатов снижается вязкость лаков, повышаются твердость и теплостойкость покрытий, стойкость к истиранию и водостойкость.

3. Бисерная или гранульная полимеризация проводится в водной среде в присутствии инициаторов, растворимых в мономере (динитрил азо-бисизомасляной кислоты или перекись бензоила), и стабилизаторов — поверхностно-активных веществ.

Обычно полимеризация винилацетата протекает в водном растворе поливинилового спирта, содержащего 10—15% неомыленных ацетатных групп при pH среды, равном 3—4. Реакцию проводят при перемешивании и постепенном нагревании до 65—95° С. Поливинилацетат получается в виде шариков диаметром 0,1—2 *мм*.

Отличительной особенностью бисерной полимеризации является возможность получения полимера с более высоким молекулярным весом по сравнению с блочным и лаковым поливинилацетатом.

Бисерный поливинилацетат (МРТУ 6М-880—62) выпускается пяти марок.

Показатели	Марки				
	№ 15	№ 25	№ 50	№ 75	№ 100
Вязкость молярного раствора, *спз*	10—15	16—25	26—50	51—75	76—100
Растворимость в бензоле	Полная				
Растворимость в этиловом спирте	Полная		Не регламентируется		

Бисерный поливинилацетат растворим в смеси спиртов и сложных эфиров. В спиртах растворяется хуже и образует мутные растворы (марки № 50, 75 и 100).

4. Эмульсионная полимеризация винилацетата проводится в водном растворе поливинилового спирта при pH=2,5—3,5 (или с добавкой других эмульгаторов и стабилизаторов) с перекисными и гидроперекисными инициаторами и активаторами при 65—85° С.

В зависимости от назначения поливинилацетатные дисперсии изготовляются с величиной частиц 0,1—3 *мк*. При размере частиц 1—3 *мк* обеспечивается кинетическая устойчивость дисперсии при хранении и агрегатная устойчивость при замораживании до —40° С и оттаивании. Поливинилацетатные дисперсии с меньшей величиной частиц (в особенности до 0,5 *мк*) не обладают морозостойкостью*. По внешнему виду дисперсия представляет собой сметанообразную жидкость.

Для придания поливинилацетатным дисперсиям необходимой консистенции в их состав вводят неионогенные загустители. В качестве загустителей применяют высоковязкий поливиниловый спирт, водорастворимые эфиры целлюлозы, например метилцеллюлозу и др.

В связи с несовместимостью поливинилацетата с поливиниловым спиртом поливинилацетатная дисперсия образует при высыхании мутную или слегка опалесцирующую пленку. Для придания пленкам и покрытиям сплошности и эластичности в состав поливинилацетатных дисперсий вводят пластификаторы в количестве до 35% (обычно дибутилфталат).

Для достижения более равномерного распределения пластификатора и предотвращения отслаивания его вводят в дисперсию в виде эмульсии. Для эмульгирования пластификатора применяют поверхностно-активные вещества ОП-10 или сольвар (поливиниловый спирт, содержащий 10—15% ацетатных групп). При введении более 7% дибутилфталата устойчивость дисперсий и красок на их основе к низким температурам уменьшается. В холодное время года поливинилацетатную дисперсию необходимо транспортировать в непластифицированном виде. Пластификатор в этом случае добавляют в дисперсию на месте применения при комнатной температуре.

Пластифицированные дисперсии хранят в закрытой таре при температуре не ниже 1 и не выше 40° С.

В ряде случаев при длительной транспортировке и хранении или при добавлении дисперсий в состав цементных растворов (в строительной промышленности), а также при изготовлении сухих красок целесообразно получать поливинилацетатную дисперсию в виде порошков. Это достигается сушкой водных дисперсий в распылительных сушилках.

Поливинилацетатные дисперсии (ГОСТ 10002—62) выпускаются трех марок: НВ, СВ, ВВ, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

* Морозостойкость полимера (а также клеящая способность) зависит от количества введенных при реакции добавок — малеинового ангидрида или эфиров малеиновой кислоты.

Показатели	НВ	СВ	ВВ
Внешний вид	Вязкая жидкость белого цвета однородная, без комков		
Содержание мономера, %, не более	0,8	0,8	0,8
Содержание сухого остатка, %, не менее	50	50	50
Вязкость дисперсии * по цилиндрической кружке («Стандартная кружка ВМС»), *сек*	10—15	15—40	Не менее 40
Количество пластификатора (дибутилфталата), %	5—15	5—15	5—35
Концентрация водородных ионов (pH)	4,5—6,0	4,5—6,0	4,5—6,0

* ГОСТ 10002—62.

Пленки из поливинилацетатных дисперсий обладают хорошей адгезией к различным поверхностям и стойки к световому старению. Пленки должны удовлетворять следующим требованиям:

	Пленка с 15% дибутилфталата	Пленка с 33% дибутилфталата
Предел прочности при растяжении, $кГ/см^2$	25—60	15—25
Относительное удлинение при разрыве, %	400	200—300
Морозостойкость (при перегибе на 180°), °С	—5	—30

Технические марки ПВА различаются по молекулярному весу или по вязкости молярного раствора полимера (86 *г/л*) в бензоле.

Обычно получают низковязкие (6—15 *спз*), средневязкие (15—40 *спз*) и высоковязкие (40—60 *спз* и выше) растворы полимеров.

Физико-механические свойства поливинилацетата

Плотность, $г/см^3$	1,18—1,19
Предел прочности, $кГ/см^2$	
при растяжении	150—250
» статическом изгибе	300—400
Модуль упругости при изгибе, $кГ/см^2$	17 000—20 000
Относительное удлинение при разрыве, %	80—100
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$	5—8

Теплофизические свойства поливинилацетата

Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	30—32
» Вика	44—50
Коэффициент термического линейного расширения, $град^{-1}$	$8{,}6 \cdot 10^{-5}$
Морозостойкость, °С	—5
Температура, °С	
стеклования	~ 28
текучести	> 120

Поливинилацетат обладает ползучестью. При охлаждении до (—5)—(—10)° С он становится хрупким, а при нагревании выше 160° С полимер деструктируется с отщеплением уксусной кислоты.

Химические свойства поливинилацетата

Поливинилацетат легко омыляется щелочью и сильными кислотами в поливиниловый спирт. ПВА растворим во многих растворителях — спиртах, сложных эфирах, хлорированных и ароматических углеводородах и их смесях. Нерастворим в бензине, керосине и маслах. Бензин (небольшие добавки) является разбавителем поливинилацетатных лаков, а при добавлении больших количеств бензина полимер из лакового раствора высаждается.

Прочие свойства ПВА:

Водопоглощение при 20° С за 24 *ч*, %	1—2
Влагопроницаемость, $г \cdot см/(см^2 \cdot ч \cdot мм\ рт.\ ст.)$	$1{,}2 \cdot 10^{-7}$—$2{,}8 \cdot 10^{-7}$
Коэффициент преломления	1,46

Применение поливинилацетата

В зависимости от значения вязкости ПВА находит различное применение. Полимеры с низкой вязкостью (7—15 *спз*) используются в основном в лаковых композициях. Низковязкий поливинилацетат в расплавленном состоянии применяется в качестве клея для металлов, стекла, кожи, тканей, дерева, бумаги, для приклеивания линолеума и т. д., а в виде спиртовых или толуольных лаков — в качестве бесцветного светостойкого пленкообразующего, обладающего хорошим блеском, пригодного для лакировки художественных открыток, игральных карт. Применяется также в лаковых композициях со смолами и нитратом целлюлозы.

Средневязкие полимеры находят применение в качестве связующих, лаковых покрытий и компонентов клеящих составов.

Средневязкие и высоковязкие полимеры используются в виде поливинилацетатных дисперсий, которые применяются:

1) В качестве связующего и пленкообразующего в малярных (а иногда и художественных) красках.

Краски изготовляют перетиранием пигментов с окрашивающими веществами (ультрамарином, хромовыми солями, сажей и др.) на краскотерочной машине до образования однородной вязкой пасты, которую затем смешивают с нейтрализованной поливинилацетатной дисперсией и дибутилфталатом в смесителе.

Для увеличения водостойкости и прочности к истиранию покрытий в ряде случаев в краску вместе с пластификатором добавляют алкидные смолы (модифицированные глифталевые или пентафталевые).

Краски пригодны для окраски по штукатурке и дереву. Высыхают за 2—3 *ч* и образуют прочные покрытия с матовым оттенком. Пленки из тонкой дисперсии (частицы<0,5 *мк*) с малым количеством пигмента дают покрытия с некоторым блеском.

Покрытия после трехдневной сушки стойки к действию теплой мыльной воды (при периодическом их протирании) и к влажной атмосфере, не образуют пузырей и трещин, светостойки и менее подвержены старению, чем цинковые белила и краски на натуральной олифе.

Поливинилацетатные краски широко применяются для внутренней окраски жилых помещений, заменяя обои, чем достигается экономия бумаги и значительное улучшение санитарно-гигиенических условий: покрытия пропускают воздух и пары влаги. Водоэмульсионные поливинилацетатные краски выпускаются по ГОСТ 11000—64.

2) В качестве связующего в строительной промышленности.

При введении поливинилацетатных дисперсий в цементные растворы они заполняют пустоты, предотвращая образование микропор, ухудшение свойств и разрушение структуры цементов. Поливинилацетатные дисперсии (грубодисперные) применяют для склеивания строительных блоков, наружной окраски зданий и производства наливных бесшовных покрытий полов.

3) В качестве клея в производстве искусственной кожи (для внутренних деталей обуви). Эмульсионный поливинилацетат придает изделиям из искусственной кожи бо́льшую воздухопроницаемость и влагопоглощаемость по сравнению с другими связующими, что обеспечивает прочность и санитарно-гигиенические условия, требуемые при носке обуви.

4) В качестве клеев в полиграфической промышленности.

Поливинилацетатные дисперсии, пластифицированные 15% дибутилфталата, применяются в переплетных работах, для склеивания бумаги и ткани с картоном и т. д. Потеря липкости на марле наблюдается через 25—30 *мин.*

Кроме того, поливинилацетатные дисперсии используются для склеивания кожи с другими материалами, для производства ворсистой (велюровой) бумаги, как вспомогательное средство (аппретура) в текстильной промышленности и т. п. Порошки из поливинилацетатных дисперсий применяются для изготовления сухих красок с различными пигментами.

Бисерный поливинилацетат применяется в качестве связующего для получения высоконаполненных пластмасс, для склеивания янтаря, янтаря с металлом, лакировки целлофана, а также для получения поливинилового спирта.

Сополимерные дисперсии

Для улучшения ряда свойств поливинилацетатных дисперсий применяют внутримолекулярную пластификацию. Для этой цели проводят эмульсионную сополимеризацию винилацетата с другими мономерными соединениями и в первую очередь с его гомологами — винилпропионатом и винилбутиратом.

Сополимер винилацетата с 30—50% винилпропионата образует эластичные пленки при введении в их состав лишь 5% дибутилфталата вместо 15%, необходимых для получения таких же пленок из чистой поливинилацетатной дисперсии.

Сополимеры винилацетата с 30—50% винилбутирата образуют эластичные пленки без добавки пластификатора. Эластичные пленки образуют также сополимеры винилацетата с 30—40% дибутилмалеината. При изготовлении эмульсионных красок в них вводят коалесцирующие добавки (2—5%). Благодаря уменьшению и даже полному исключению добавок жидких пластификаторов пленки из сополимерных дисперсий обладают большей стойкостью к старению. Сополимерные дисперсии имеют преимущества перед чистыми поливинилацетатными дисперсиями также по водостойкости и адгезионным свойствам.

Дисперсии сополимера винилацетата с дибутилмалеинатом (ТУ П-106—63) должны удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Однородная вязкая жидкость белого цвета
Содержание мономеров, %, не более	
винилацетат	1,0
дибутилмалеат	0,05
Содержание сухого остатка, %, не менее . . .	50
Концентрация водородных ионов (pH)	4,0—6,0

Сополимерные дисперсии винилацетата и винилпропионата используют для получения высококачественных малярных и художественных красок, образующих прочные не стареющие эластичные покрытия, пригодные для окраски стен. Эти краски могут быть также использованы при изготовлении театральных декораций. (Минеральные добавки, увеличивающие негорючесть, вводятся в количествах, не превышающих порога коагуляции дисперсии.)

Сополимерные дисперсии винилацетата и винилбутирата используются в качестве эластичных клеев в полиграфической промышленности. Они способны склеивать картон и бумагу с поливинилхлоридным пластикатом, применяемым для изготовления книжных переплетов. Сополимерные дисперсии винилацетата и дибутилмалеината морозостойки и пригодны для получения водоразбавляемых красок, образующих эластичные погодоустойчивые покрытия, которые могут быть использованы для внутренней и наружной окраски пассажирских судов (выше ватерлинии). Для этой же цели пригодны краски на основе водных дисперсий сополимеров винилацетата с винилбутиловым эфиром и винилстеаратом, образующие эластичные водоотталкивающие покрытия.

Сополимерные дисперсии могут быть использованы для склеивания алюминиевой фольги с бумагой, а также в качестве клеящего компонента в составе замасливателя при изготовлении стекловолокна.

ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ (ПВС)

Поливиниловый спирт получается в результате химических превращений поливинилацетата. Он может быть получен и из гомологов поливинилацетата — поливинилформиата, поливинилпропионата и поливинилбутирата.

Поливиниловый спирт получают преимущественно кислотным или щелочным алкоголизом поливинилацетата в спиртовых растворах. В присутствии серной кислоты образуется поливиниловый спирт, который содержит некоторое количество кислого сернокислого эфира. Такой ПВС обладает пониженной термостойкостью и при нагревании желтеет.

В промышленности реакцию алкоголиза поливинилацетата проводят в среде метилового спирта с применением небольших количеств щелочи в качестве катализатора.

Для получения неполностью омыленного поливинилового спирта («сольвара») реакцию алкоголиза проводят в присутствии меньшего количества едкого натра и процесс прекращают введением в реакционную среду кислот, например ортофосфорной, муравьиной и др., что позволяет получать поливиниловый спирт с заданным содержанием ацетатных групп.

Поливиниловый спирт получают также кислотным гидролизом поливинилацетатной дисперсии (при этом образуется водный раствор) и алкоголизом бисерного поливинилацетата в метаноле (образуется твердый продукт).

Поливиниловый спирт из бисерного и эмульсионного поливинилацетата отличается от ПВС, получаемого из лакового полимера, большей полидисперсностью.

Степень полимеризации ПВС (по основной цепи полимера) соответствует степени полимеризации исходного поливинилацетата.

Свойства ПВС зависят от его молекулярного веса и содержания ацетатных групп. Прочность и теплостойкость ПВС возрастают с увеличением молекулярного веса и уменьшением содержания ацетатных групп. В ориентированных вытянутых пленках предел прочности при растяжении увеличивается с 1000 до 4000 *кГ/см*^{2}. Уменьшение содержания ацетатных групп в ПВС (ниже 1%) значительно снижает его гигроскопичность.

Физико-механические свойства поливинилового спирта

Плотность, *г/см³*	1,21—1,32
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	1 000—1 400
» статическом изгибе	600—650
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	54 000
Относительное удлинение при разрыве, %	3—5

Теплофизические свойства поливинилового спирта

Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	135—145
» Вика	150—160
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*	$7 \cdot 10^{-5}$—$12 \cdot 10^{-5}$

Химические свойства поливинилового спирта

Поливиниловый спирт благодаря наличию в молекуле гидроксильных групп обладает высокой полярностью и поэтому растворим в воде и нерастворим в органических растворителях. Растворимость его в воде зависит от содержания неомыленных ацетатных групп. Так, поливиниловый спирт, содержащий до 2% ацетатных групп, набухает в холодной и растворяется в нагретой до 90—95° С воде. ПВС с 5% ацетатных групп легко растворяется в воде, нагретой до 65—70° С, с 20% ацетатных групп — частично растворяется в воде при комнатной температуре, полностью переходит в раствор при нагревании и не выпадает из раствора при охлаждении. Поливиниловый спирт с 35%-ным содержанием ацетатных групп растворяется в воде при комнатной температуре, но выделяется из раствора при нагревании. При 50%-ном содержании ацетатных групп ПВС теряет способность растворяться в воде, но растворяется в водном метиловом спирте.

Поливиниловый спирт растворим также в концентрированных водных растворах многоатомных спиртов (глицерине, этиленгликоле), в муравьиной, уксусной и фосфорной кислотах, этилендиамине и др.

Свежеприготовленные водные растворы ПВС бесцветны и прозрачны. При хранении растворы, особенно концентрированные, желатинизируются — образуют студни, которые при нагревании возвращаются в исходное состояние. Стабильность растворов повышается с уменьшением концентрации ПВС до 5%, увеличением содержания в нем ацетатных групп (5—20%), а также при добавлении роданистых солей (1—3%).

Прочие свойства ПВС:

Водопоглощение при 20° С за 24 *ч*, %	4,5
Коэффициент преломления	1,49—1,53

Поливиниловый спирт (ГОСТ 10779—64), получаемый щелочным алкоголизом поливинилацетата, выпускается следующих марок: ПВС-1, ПВС-2, ПВС-3, ПВС-4 и ПВС-5. Эти марки должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	ПВС-1	ПВС-2	ПВС-3	ПВС-4	ПВС-5
Внешний вид	Порошок белого или слегка желтого цвета				Порошок белого цвета
Содержание летучих, %, не более	4	4	4	4	4
Вязкость 4%-ного раствора, *спз*	6—9	9,1—12	12,1—17	17,1—25	17,1—25

Продолжение

Показатели	ПВС-1	ПВС-2	ПВС-3	ПВС-4	ПВС-5
Дисперсность, %, не менее					
остаток после просева на сите с сеткой № 7 (ГОСТ 4403—56)	Не определяется				Отсутствие
с сеткой № 32 (ГОСТ 4403—56)	Не определяется				90
Содержание ацетатных групп, %	Не более 3	Не более 3	0,8—2,0	0,8—2,0	Не более 1,7
Содержание ацетата натрия, %	Не определяется		0,7—1,5	0,7—1,5	Не более 0,8
Растворимость в горячей воде, %, не менее	99	99	99	99	99

Кроме того, выпускается ПВС «сольвар» и ПВС для синтетического волокна.

Поливиниловый спирт «сольвар» (ТУ П-119—64) должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Порошок белого или слегка желтоватого цвета
Содержание ацетатных групп, %	10—15
Содержание летучих, %, не более	4
Вязкость молярного раствора исходного поливинилацетата, *спз*	28—36

Поливиниловый спирт для синтетического волокна (ТУ П-91—62) должен удовлетворять следующим требованиям:

Содержание ацетатных групп, %, не более	0,7
Содержание влаги и летучих, %, не более	4
Содержание ацетата натрия, % не более	0,4
Содержание золы, %, не более	0,25
Растворимость, %, не менее	98,5
Вязкость 15%-ного раствора (по шариковому вискозиметру), *сек*	15—50

Применение поливинилового спирта

Поливиниловый спирт находит широкое применение для синтеза поливинилацеталей, в качестве эмульгатора и стабилизатора при эмульсионной, суспензионной и бисерной полимеризации винилацетата, винилхлорида, стирола; для производства синтетического волокна, обладающего высокой стойкостью к истиранию, прочностью, химической стойкостью, низкой теплопроводностью, гигроскопичностью, стойкостью к морской воде, воздействию микроорганизмов и др. Волокно из поливинилового спирта применяется как в чистом виде, так и в смеси с хлопком, шерстью, вискозой. Из него изготовляют рыболовные снасти, брезенты, химически стойкие фильтровальные ткани и спецодежду. Из модифицированного ПВС получают волокно с ионообменными и бактерицидными свойствами.

Поливиниловый спирт является хорошим материалом для шлихтования пряжи из натуральных и искусственных синтетических волокон. Шлихта

из поливинилового спирта (или его смеси с крахмалом) образует прочную клеевую пленку на пряже, снижая таким образом ее обрывность. Расход ПВС на шлихтование в 2—2,5 раза ниже расхода крахмала. Не требуется применения специальных расшлихтовочных препаратов — шлихта смывается горячей водой.

ПВС используется также в качестве связующего для изготовления стержневых смесей в литейном производстве. Стержневые смеси с применением ПВС малогазотворны, обладают высокой прочностью, легко выбиваются из отливок, повышают качество литья. Цикл сушки таких стержней в 3—4 раза ниже по сравнению со стержнями с натуральной или искусственной олифой, применяемой для этих целей.

В виде водного раствора ПВС применяется в качестве клеев как в чистом виде, так и в смеси с наполнителями (каолином, карбонатом кальция).

ПВС применяется в бумажной промышленности для повышения прочности бумаги и придания ей стойкости к маслам. Для этого ПВС в виде водного раствора наносят на бумагу или добавляют к бумажной массе. Возможно также дублирование бумаги с пленкой ПВС.

Поливиниловый спирт в виде водорастворимой пленки (получаемой методом полива из водного раствора) может применяться для упаковки моющих средств, сельскохозяйственных химикатов и красителей. Для этих целей используется ПВС, растворимый в холодной воде. Пленка из ПВС, растворимого в горячей воде, может применяться для упаковки и дезинфекции одежды, загрязненной бактериями.

Пленки из ПВС склеивают при 120—165° С токами высокой частоты.

Поливиниловый спирт может применяться для частичной замены желатина в фотоэмульсиях и при фотомеханической печати (литография, офсетная печать), а также для изготовления окрашенных пленок — светофильтров и поляроидов.

Ввиду высокой стойкости к действию органических растворителей поливиниловый спирт используется в композициях для уплотнительных прокладок, шлангов, мембран и др.

ПВС применяется для получения высокопрочной искусственной губки путем вспенивания его вязкого раствора воздухом, азотом или путем выделения газа из специально вводимых в раствор вспенивающих веществ при одновременной обработке формальдегидом. Пенистая масса выливается в форму, отверждается при нагревании, а затем отмывается. Полученный поропласт стоек к горячей мыльной воде и при увлажнении становится таким же мягким, как натуральная губка.

ПОЛИВИНИЛАЦЕТАЛИ

Ацетали поливинилового спирта представляют собой продукты конденсации поливинилового спирта и различных альдегидов. Поливинилацетали по существу являются сополимерами, содержащими три (или даже более) вида функциональных групп: ацетальные, гидроксильные и ацетатные.

Для характеристики степени полимеризации поливинилацеталей используется показатель вязкости молярного раствора исходного поливинилацетата (86 *г* ПВА в 1000 *мл* бензола).

Свойства поливинилацеталей могут существенно изменяться в зависимости от степени полимеризации и молекулярно-весового распределения полимера, химического состава альдегида, количества катализатора в реакции и температуры ацеталирования, соотношения функциональных групп в полученном поливинилацетале.

Различное сочетание указанных факторов позволяет модифицировать свойства поливинилацеталей. Так, например, теплостойкость поливинилацеталей понижается с увеличением количества углеродных атомов в молекуле алифатического альдегида от 120° С для поливинилформаля до 20° С для

поливинилноналя, соответственно уменьшается предел прочности при растяжении и увеличивается относительное удлинение при разрыве. Теплостойкость поливинилацеталей тем выше, чем меньше ацетальных групп в полимере. Повышение степени ацеталирования приводит к улучшению диэлектрических свойств поливинилацеталей и т. д.

ПОЛИВИНИЛФОРМАЛЬ (ПВФ)

ПВФ является продуктом конденсации поливинилового спирта с формальдегидом.

Поливинилформаль выпускается по ГОСТ 10758—64 и должен содержать в своем составе 68—72% поливинилформаля, 26—29% поливинилового спирта и до 2—3% поливинилацетата.

Физико-механические свойства поливинилформаля

Плотность, *г/см³*	1,24
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	600—700
» статическом изгибе	1 000—1 300
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	40 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	15—30
Относительное удлинение при разрыве, %	5—11

Электрические свойства поливинилформаля

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$4 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом · см*	$3 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость	
при 10^3 *гц*	4,5
» 10^6 *гц*	3,3
Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 10^3 *гц*	0,031
» 10^6 *гц*	0,029
Электрическая прочность, *кв/мм*	26

Теплофизические свойства поливинилформаля

Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	90—95
» Вика	115—120
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*	$5{,}4 \cdot 10^{-5}$
Верхний предел рабочих температур, °С	
при кратковременной эксплуатации	120
» длительной эксплуатации	60—80

Химические свойства поливинилформаля

Поливинилформаль характеризуется ограниченной растворимостью в доступных растворителях. Нерастворим в спиртах жирного ряда и углеводородах; растворяется в бензиловом спирте, феноле, крезоле, смеси спиртов и хлорированных углеводородов и частично в смеси этилового спирта с толуолом. Способен при совмещении с резольными смолами реагировать с ними с образованием при нагревании нерастворимых полимеров трехмерной структуры.

Прочие свойства поливинилформаля:

Водопоглощение при 20° С за 24 *ч*, %	16—20
Влагопроницаемость, *г · см/(см² · ч · мм рт. ст.)*	$1{,}3 \cdot 10^{-7}$
Вязкость 10%-ного раствора в смеси спирта и дихлорэтана (1 : 1) по ВЗ-1, *сек*	50—90

Применение поливинилформаля

Из поливинилформаля получают пленки, обладающие большой прочностью и твердостью. Пленки из ПВФ, модифицированные резольными смолами, обладают хорошими диэлектрическими свойствами, повышенной химической стойкостью и термостойкостью. Поэтому поливинилформаль широко применяется для производства лаков, для изоляции медной проволоки, используемой в моторо- и приборостроении. После нанесения лака отпадает необходимость в дополнительной изоляции пряжей (хлопковой, шелковой и др.), что упрощает технологию изготовления проволоки, уменьшает объем намоток и вследствие этого габариты приборов и моторов. Длительная эксплуатация таких приборов и моторов допускается при 105° С, кратковременная — при 125—135° С.

Для совмещения с поливинилформалем применяют феноло-формальдегидную смолу «резол 300» (ГОСТ 10759—64).

Из поливинилформаля и смолы резол 300 изготовляют электроизоляционный лак ВЛ-941 («Метальвин»). В качестве растворителя применяют дикрезол с содержанием *мета*-изомера не менее 50%, влаги — не более 0,8%, с температурой кипения 195—203° С. В качестве разбавителя применяют сольвент каменноугольный технический (ГОСТ 1928—50).

Электроизоляционный лак ВЛ-941 (ГОСТ 10760—64) должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Прозрачная вязкая жидкость от светло-желтого до темно-коричневого цвета, не содержащая гелеобразных частиц и посторонних включений
Вязкость при 20° С по ВЗ-1 (сопло «5,4»), *сек*, не более	800
Содержание сухого остатка, %, не менее	15,8
Содержание золы, %, не более	0,05
Внешний вид пленки лака	Поверхность пленки после высыхания должна быть гладкой, без шероховатостей от светло-коричневого до коричневого цвета без следов зелени
Адгезия пленки лака к меди	Медную пластину 100×10×0,1 *мм* покрывают лаком окунанием и сушат при 200° С 10—15 *мин*, затем образец изгибают многократно на 180° до разрушения пластины — пленка не должна отслаиваться
Стойкость пленки лака к действию растворителей	Те же образцы, прогретые в течение 1 *ч*, опускают в кипящую смесь растворителей (7 ч. этилового спирта и 3 ч. толуола) и выдерживают в течение 5 *мин* — пленка не должна иметь побелений, вздуваться, набухать и вспучиваться

Лак ВЛ-941 и покрытия на его основе при замораживании и оттаивании не меняют своих свойств.

Для повышения термостойкости электроизоляционных покрытий в раствор поливинилформаля и резольной смолы добавляют эпоксидную смолу марки ЭД-6 (ГОСТ 10587—63) и триэтаноламин. В качестве растворителей применяют *п*-, *м*-крезол или бензиловый спирт, а в качестве разбавителей — сольвент или этилцеллозольв. Получаемые электроизоляционные покрытия выдерживают нагревание при 150° С в течение 24 *ч* и при 135° С в течение 228 *ч* без изменения эластичности, прочности и электроизоляционных свойств. Термообработанная пленка обладает большой стойкостью к кипящей спирто-толуольной смеси.

Поливинилформаль в виде композиций с резольными смолами используется в качестве связующего для абразивных кругов и др.

ПОЛИВИНИЛЭТИЛАЛЬ (ПВЭ)

ПВЭ является продуктом конденсации поливинилового спирта с ацетальдегидом. Его макромолекулы содержат в своем составе 78—83% звеньев поливинилэтилаля, 14—19% звеньев ПВС и до 3% поливинилацетата.

Физико-механические и теплофизические свойства поливинилэтилаля

Плотность, *г/см³*	1,24
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	600—700
» статическом изгибе	1 000—1 300
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	33 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	15—30
Относительное удлинение при разрыве, %	5—10
Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	95—100
» Вика	118—120

Электрические свойства поливинилэтилаля

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$1 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом · см*	$8 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость	
при 10^3 *гц*	3,1
» 10^6 *гц*	2,6
Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 10^3 *гц*	0,006
» 10^6 *гц*	0,016
Электрическая прочность, *кв/мм*	27

Поливинилэтилаль хорошо растворим во всех обычных растворителях — в спиртах, сложных эфирах, хлорированных углеводородах, в смеси спирта с бензолом и др. Водопоглощение ПВЭ при 20° С за 24 *ч* составляет 1,2%, влагопроницаемость — $2{,}8 \cdot 10^{-7}$ *г/(см² · ч · мм рт. ст.)*.

Поливинилэтилаль выпускается по ТУ П-88—62 в виде белого порошка и должен удовлетворять следующим требованиям:

Содержание этилальных групп, %	40—44
Содержание ацетатных групп, %, не более	3
Кислотное число, не более	0,18
Влажность, %, не более	3
Растворимость	10%-ный раствор в этиловом спирте должен быть прозрачным
Вязкость исходного поливинилацетата, *спз*	6—9

Применение поливинилэтилаля

ПВЭ образует высокопрочные твердые блестящие и бесцветные пленки, не обладающие ползучестью.

Применяется в качестве связующего в производстве грампластинок и в лаковых композициях для покрытий по дереву. Учитывая способность низкомолекулярного поливинилэтилаля набухать и даже растворяться в ледяной воде *, для лаков следует использовать модифицированный поливинилэтилаль.

Поливинилэтилаль, совмещенный с пластификаторами, наполнителями и другими компонентами, перерабатывается в изделия методом литья под давлением, экструзией и пневмоформованием.

ПОЛИВИНИЛФОРМАЛЬЭТИЛАЛЬ (ПВФЭ)

ПВФЭ (винифлекс) представляет собой продукт конденсации поливинилового спирта с формальдегидом и ацетальдегидом. Макромолекула винифлекса содержит 41,5—43,5% поливинилметилаля, 37—38% поливинилэтилаля, 16,5—17,5% поливинилового спирта и до 3% поливинилацетата.

Физико-механические свойства поливинилформальэтилаля

Плотность, *г/см³*	1,2
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	600—700
» статическом изгибе	1 200
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	32 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	15—30
Относительное удлинение при разрыве, %	5—11

Электрические свойства поливинилформальэтилаля

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$1 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом · см*	$5 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость	
при 10^3 *гц*	3,4
» 10^6 *гц*	3,1
Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 10^3 *гц*	0,010
» 10^6 *гц*	0,027
Электрическая прочность, *кв/мм*	28

Теплофизические свойства поливинилформальэтилаля

Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	95
» Вика	120
Верхний предел рабочих температур, °С	
при кратковременной эксплуатации, °С	180
» длительной эксплуатации	60—80

Винифлекс растворим в смеси этилового спирта с бензолом, спирта с хлорированными углеводородами, в бензиловом спирте и других растворителях. Водопоглощение ПВФЭ при 20° С за 24 *ч* составляет 8%.

Поливинилформальэтилаль выпускается по ГОСТ 10400—63 и должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Куски размером до 10 *мм* от белого до светло-желтого цвета крупинчатого или волокнистого строения, не остекловавшиеся. Допускается наличие рассыпающихся в руке агрегированных кусков размером до 40 *мм*
Растворимость в смеси растворителей, %, не менее	99,5 (в смеси этилцеллозольва и хлорбензола в соотношении 1 : 1). Раствор должен быть прозрачным без механических примесей
Содержание формальных (метилальных) групп, %, не менее	20
Соотношение между формальными и этилальными группами, не менее	1 : 1
Вязкость 10%-ного раствора в смеси этилцеллозольва и хлорбензола по ВЗ-1, *сек*	20—60
Стабильность 10%-ного раствора смолы в смеси растворителей	После выдержки в стеклянной банке с притертой пробкой при 15—25° С в течение 24 *ч* раствор должен быть прозрачным, не содержать осадка и не изменять вязкость
Содержание золы, %, не более	0,2
Содержание влаги, %, не более	3,0

* Устойчивость поливинилэтилаля к ледяной воде достигается введением в его состав небольших количеств ацетальных групп других более гидрофобных альдегидов (масляного, бензойного и т. д.).

Применение поливинилформальэтилаля

Поливинилформальэтилаль, совмещенный с феноло-формальдегидной смолой (ГОСТ 10401—63) применяется для изготовления электроизоляционного лака ВЛ-931. В качестве растворителей применяют этилцеллозольв и хлорбензол.

Лак ВЛ-931 (ГОСТ 10402—63) должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Однородная жидкость от желтого до светло-коричневого цвета без механических примесей. Допускается легкая опалесценция
Содержание сухого остатка, %	20—25
Содержание золы в сухом остатке, %, не более	0,2
Вязкость лака по ВЗ-1 (сопло «5,4»), *сек*	300—600
Технологическая проба в эмалировании	Эмалированный провод после испытания в кипящей спирто-толуольной смеси в течение 5 *мин* не должен иметь видимых изменений лаковой пленки

ПОЛИВИНИЛБУТИРАЛЬ (ПВБ)

ПВБ представляет собой продукт конденсации поливинилового спирта с масляным альдегидом. Макромолекула поливинилбутираля в своем составе содержит 65—78% поливинилбутираля, 32—19% поливинилового спирта и не более 3% поливинилацетата.

Физико-механические свойства поливинилбутираля

Плотность, *г/см³*	1,1
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	450—500
» статическом изгибе	800—1 000
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	20 000—22 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	60—100
Относительное удлинение при разрыве, %	15—25

Электрические свойства ПВБ

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$4 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом · см*	$3 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость	
при 10^3 *гц*	3,4
» 10^6 *гц*	2,9
Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 10^3 *гц*	0,007
» 10^6 *гц*	0,024
Электрическая прочность, *кв/мм*	28,0

Теплофизические свойства поливинилбутираля

Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	50—55
» Вика	72—76
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*	$9{,}2 \cdot 10^{-5}$

Химические свойства поливинилбутираля

Поливинилбутираль растворим в спиртах, хлорированных углеводородах, смесях спирта с бензолом и т. д. Нерастворим в бензине, керосине, жирах, этиловом эфире. Высокозамещенный поливинилбутираль растворяется в горячем ацетоне, а при охлаждении выпадает из раствора.

ПВБ хорошо совмещается с пластификаторами (дибутилфталатом, дибутилсебацинатом, триэтиленгликольдибутиратом, бутилрицинолеатом и др.). Максимальное количество пластификатора, совмещающееся с высокомолекулярным поливинилбутиралем, составляет 28%; поливинилбутираль среднего молекулярного веса обычно совмещают с 16—18% пластификатора.

Поливинилбутираль совмещается с природными смолами (шеллаком, копалом, дамаром) и синтетическими смолами (фенольными, алкидными).

Прочие свойства ПВБ:

Водопоглощение при 20° С за 24 *ч*, %	
брусков	0,35—0,40
дисков	0,5—0,6
Влагопроницаемость, *г · см/(см² · ч · мм рт. ст.)*	$1{,}2 \cdot 10^{-7}$
Коэффициент преломления	1,485

Поливинилбутираль выпускается по ГОСТ 9439—60 следующих марок:

ПП (пленочный поливочный) — для изготовления клеящей триплексной пленки методом полива из раствора;

ПШ (пленочный шлицевый) — для изготовления клеящей триплексной пленки методом экструзии;

ЛА и ЛБ (лаковые) — для изготовления грунтов и лаков;

КА и КБ (клеевые) — для изготовления клеев и порошков для горячего напыления.

Для изготовления поливинилбутираля в соответствии с ГОСТ 9439—60 применяется поливинилацетат со следующими значениями вязкости молярного раствора (в спз):

ЛА и ЛБ	7—16	ПП	18—26
КА и КБ	18—36	ПШ	28—36

Поливинилбутираль должен удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	ПП	ПШ	ЛА	ЛБ	КА	КБ
Внешний вид	Порошок белого цвета без посторонних включений					
Содержание ацетатных групп, %, не более	3	3	3	3	3	3
Содержание бутиральных групп, %	44—48	44—48	40—45	43—48	43—48	43—48
Содержание влаги, %, не более	3—10	2	3	3	3	3
Содержание золы, %, не более	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1
Кислотное число, не более	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Растворимость в этиловом спирте	Полная					
Вязкость по ВЗ-1 (сопло «5,4»), *сек*	8—17	20—35	8—18	19—30	31—48	49—105
Предел прочности при растяжении (с 16—18% дибутилсебацината), *кГ/см²*, не менее	240	240	Не определяется			
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	155	150	Не определяется			
Дисперсность						
остаток после просева на сите с сеткой № 0355 (ГОСТ 3584—53)	Не определяется	Отсутствует	Не определяется			
№ 2К (ГОСТ 3584—53)	Не определяется		Отсутствует			
Коэффициент светопоглощения на 1 *мм* толщины, %, не более	1,4	1,4	Не определяется			
Коэффициент светорассеяния на 1 *мм* толщины, %, не более	0,5		Не определяется			
Насыщенность цвета после прогрева на 1 *мм* толщины, *сатроны*, не более	0,7	0,7	Не определяется			

Применение поливинилбутираля

Благодаря высоким оптическим показателям — прозрачности, бесцветности и светостойкости, хорошим адгезионным свойствам, морозостойкости, высокой механической прочности, поливинилбутираль в виде пластифициро-

ванных пленок применяется для изготовления безосколочных стекол «триплекс», используемых в автомобиле- и самолетостроении.

Поливинилбутиральные пленки получаются:

1) Поливом из раствора поливинилбутираля с пластификатором в соответствующем растворителе или в смеси растворителей.

Растворитель удаляется теплым воздухом. Окончательную сушку пленки производят в сушильных шкафах при определенной температуре. Для устранения слипания пленки ее предварительно опудривают содой.

2) Формованием смеси поливинилбутираля и пластификатора на экструзионной машине. Температурный режим экструзии по зонам машины устанавливается в зависимости от содержания пластификатора в смеси.

3) Вальцеванием смеси поливинилбутираля с пластификатором на бесфрикционных вальцах с последующим каландрованием пластифицированной массы до образования пленки требуемой толщины.

Поливинилбутиральная клеящая пленка (ГОСТ 9438—60), изготовленная из поливинилбутираля, пластифицированного 16—18% дибутилсебацината, применяется в триплексах для остекления средств транспорта. В зависимости от способа изготовления выпускаются пленки двух марок: А — поливочная, Б — шлицевая. Плёнка должна удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	А	Б
Внешний вид	Пленка должна быть гладкой, блестящей или матовой, с полосами мелкой шагрени, не оставляющими видимых следов при триплексовании. Не допускаются дыры и пятна, полосы любого вида и происхождения, не исчезающие при триплексовании	
Размеры пленки:		
средняя толщина, *мм*	0,35±0,05 0,5 ±0,05 1,0 ±0,10	
разнотолщинность к средней толщине, *мм*		
0,35 *мм*	0,06	0,1
0,50 *мм*	0,06	0,1
1,0 *мм*	0,2	0,2
длина, *мм*, не менее	2000	
ширина, *мм*	от 440±20 до 1100±20	
Содержание летучих, %, не более	2,0	2,0
Твердость пленки по ГОСТ 253—53	0,30—0,65	Не определяется
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	250	240
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	160	160
Коэффициент светопоглощения на 1 *мм* толщины клеящего слоя в триплексе, %, не более	1,5	2,0
Коэффициент светорассеяния на 1 *мм* толщины клеящего слоя в триплексе, %, не более	0,7	Не определяется

Продолжение

Показатели	А	Б
Насыщенность цвета на 1 *мм* толщины клеящего слоя в триплексе, сатроны, не более		
до прогрева	0,4	0,8
после прогрева в течение 15 *ч* при 133—137° С	0,8	1,5
Светостойкость на 1 *мм* толщины клеящего слоя в триплексе, *сатроны*, не более	Не определяется	1,2
Морозостойкость при —60° С, *ч*, не менее	6	6
Теплостойкость	В клеящем слое триплекса, прогретого при 60±2° С в течение 100 *ч* не должно быть желтых пятен и воздушных пузырей	
Адгезия к силикатному стеклу, *кГ/см²*, не менее	80	80

Прочие свойства поливинилбутиральной клеящей пленки:

Плотность, *г/см³*	1,05
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	
при 20° С	18 000
» —60° С	28 000
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*	$6 \cdot 10^{-5}$

Ниже приводится зависимость некоторых физико-механических свойств пластифицированной поливинилбутиральной пленки марки А от температуры:

Показатели	Температура, °С									
	—50	—40	—20	—10	0	20	30	40	50	60
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	880	750	590	550	460	330	250	130	30	20
Относительное удлинение при разрыве, %	30	50	100	140	160	220	350	450	700	950

Непластифицированный поливинилбутираль в смеси с феноло-формальдегидными и другими термореактивными смолами применяется для производства клеев БФ для склеивания металлов, дерева, стекла, фарфора и др.

В смеси с другими смолами поливинилбутираль применяется для покрытия металлических поверхностей методом пламенного напыления.

Низковязкий поливинилбутираль применяется в грунтах и лаковых композициях в качестве пленкообразующего компонента.

Поливинилбутираль в виде 5%-ного раствора в смеси спирта и этилацетата применяется для приготовления противогарных литейных покрытий для скоростной технологии изготовления форм и стержней из химически твердеющих смесей на основе жидкого стекла, применяемых для чугунного, стального и цветного литья.

Поливинилбутиральный лак (ТУ П-3—61) должен удовлетворять следующим требованиям:

Внешний вид	Однородная бесцветная или слегка желтоватая жидкость
Содержание этилацетата в растворе, %, не более . . .	20
Содержание сухого остатка, %	5±0,2
Содержание влаги	Прибавление 50 *мл* бензола к 25 *мл* лака не должно вызывать его помутнения

Поливинилбутираль лаковый и клеевой применяются для производства лаков и водостойких антикоррозионных фосфотирующих грунтов, имеющих хорошую адгезию к стали, цинку, кадмию, олову, алюминию, оцинкованной стали и магнию и используемых в судостроительной, авиационной промышленности и тракторостроении; применяется в швейной промышленности для клеевого крепления деталей взамен ниточного.

В виде наполненных композиций или в смеси с некоторыми другими полимерами ПВБ можно использовать для получения литьевых материалов, пригодных, в частности, для производства деталей автомашин.

ПОЛИВИНИЛБУТИРАЛЬФУРФУРАЛЬ (ПВБФ)

ПВБФ представляет собой продукт конденсации поливинилового спирта с двумя альдегидами — масляным и фурфуролом.

Физико-механические свойства поливинилбутиральфурфураля

Плотность, *г/см³*	1,05
Предел прочности, *кГ/см²* при растяжении	450
» статическом изгибе	1 060
Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	23 900
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	100
Относительное удлинение при разрыве, %	4—15

Электрические свойства поливинилбутиральфурфураля

Удельное электрическое сопротивление поверхностное, *ом*	$5 \cdot 10^{14}$
объемное, *ом · см*	$5 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц*	3,3
» 10^6 *гц*	2,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^3 *гц*	0,006
» 10^6 *гц*	0,022
Электрическая прочность, *кв/мм*	25

Теплофизические свойства поливинилбутиральфурфураля

Теплостойкость, °С по Мартенсу	55—60
» Вика	75—85
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*	$13 \cdot 10^{-5}$

Водопоглощение ПВБФ при 20° С за 24 *ч* составляет 0,4%. Он растворим в спирте и смеси спирта с бензолом. При нагревании ПВБФ образует трехмерный нерастворимый полимер.

Поливинилбутиральфурфураль выпускается по ВТУ П-53—60 двух марок А и Б, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	А	Б
Внешний вид	Зернистая смола желтоватого цвета	
Величина частиц	Должны проходить через сито № 3 (ГОСТ 5336—50)	
Содержание ацетатных групп, %, не более	3	3
Содержание фурфуральных групп, %	6—7,5	8—10
Содержание бутиральных групп, %, не менее	30	30
Содержание влаги, %, не более . .	3	3
Растворимость в этиловом спирте	10-ный раствор ПВБФ должен быть прозрачным или слегка мутным и не содержать видимых нерастворимых или набухших частиц	—
в смеси этилового спирта и ацетона в соотношении 1 : 1	—	10%-ный раствор ПВБФ должен быть прозрачным или слегка мутным и не должен содержать видимых нерастворимых или набухших частиц
Вязкость 10%-ного раствора смеси этилового спирта и ацетона по ВЗ-1, *сек*, не более	20—70	40—70
Зольность, %, не более	0,1	0,1
Кислотное число, не более	0,12	0,12

Применение поливинилбутиральфурфураля

Поливинилбутиральфурфураль применяется в качестве связующего при изготовлении высокопрочных, теплостойких, термореактивных слоистых пластиков и клеев. Он может быть также использован в качестве связующего при изготовлении прессованных изделий.

ПОЛИВИНИЛКЕТАЛЬ (ПВК)

ПВК представляет собой продукт конденсации поливинилового спирта с циклогексаноном. Молекула поливинилкеталя содержит 44—70% поливинилкеталя, 54—27% — поливинилового спирта, 2—3% — поливинилацетата.

Физико-механические свойства поливинилкеталя

Плотность, *г/см³*	1,18
Предел прочности, *кГ/см²* при растяжении	750—800
» статическом изгибе	1000—1400

Модуль упругости при изгибе, *кГ/см²*	33 000
Относительное удлинение при разрыве, %	4—8
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	17,0

Электрические свойства поливинилкеталя

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$1 \cdot 10^{14}$
объемное, *ом · см*	$1{,}5 \cdot 10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц*	4
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^3 *гц*	0,03

Прочие свойства ПВК:

Теплостойкость, °С	
по Мартенсу	90
» Вика	115
Водопоглощение при 20° С за 24 *ч*, %	1,2
Коэффициент преломления	1,511

Поливинилкеталь растворяется в смеси спирта с водой (при соотношении 70 : 30). Он совмещается с резольными и другими термореактивными смолами.

Применение поливинилкеталя

ПВК применяется для получения прочных, твердых и теплостойких пленок. В композициях со смолами он может применяться для изготовления термостойких клеев и высокопрочных термостойких эмалевых покрытий для изоляции проводов и деталей электротехнических приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барг Э. И., Мельтева Н., ДАН СССР, **92**, 307, 1953.
2. Ушаков С. Н., Поливиниловый спирт и его производные, Изд. АН СССР, 1960.
3. Фингауз И. М., Свердлова Х. Н., Бройтман И. А., Пласт. массы, № 4, 6 (1959).
4. Фингауз И. М., Звягильская Б. Я., Пласт. массы, № 2, 14 (1959).
5. Авт. свид. СССР № 143552, Бюлл. изобр., № 24 (1961).
6. Коршак В. В., Методы высокомолекулярной органической химии, Изд. АН СССР, 1953.
7. Фингауз И. М., Болотовская Р. М., Сборник аннотаций № 3, Институт научной и технической информации Госхимкомитета и АН СССР, 1961.
8. Воюцкий С. С., Курс коллоидной химии, Изд. «Химия», 1964.
9. Николаев А. Ф., Синтетические полимеры и пластические массы на их основе, Изд. «Химия», 1964.
10. Голанд Т., Дубицкий А., Синтетические краски в жилищном строительстве, Госстройиздат, 1961.
11. Авт. свид. СССР № 142366, Бюлл. изобр., № 21 (1961).
12. Андрианов К. А. и др., Винифлекс — новая электрическая изоляция, Госэнергоиздат, 1946.
13. Авт. свид. СССР № 159501, Бюлл. изобр., № 1 (1964).
14. Петров Г. С., Успехи химии и технологии полимеров, № 1, Госхимиздат, 1955, стр. 300.
15. Авт. свид. СССР № 110685 и № 124047, Бюлл. изобр., № 22 (1959).
16. Тиниус К., Пластификаторы, изд. «Химия», 1964, стр. 859.
17. Майгельдинов И. А., Цюр К. И., Пласт. массы, № 5, 7 (1961).

ПОЛИАМИДЫ

Полиамиды представляют собой гетероцепные полимеры линейного строения, содержащие в основной цепи амидные группы.

По внешнему виду — это твердые рогоподобные продукты от белого до светло-кремового цвета, просвечивающие в тонком слое. Некоторые полиамиды, преимущественно смешанные, являются почти прозрачными материалами.

Как можно видеть из приведенной ниже таблицы, в зависимости от строения исходных веществ (от соотношения метиленовых и амидных групп в полимере) полиамиды различаются по температуре плавления, водопоглощению. Чем больше метиленовых групп содержится в полиамиде, тем ниже температура плавления полимера, меньше водопоглощение, ниже твердость, меньше модуль упругости при растяжении, выше химическая стойкость и лучше электроизоляционные свойства.

Название полимера	Строение полимера	Содержание амидных групп (по отношению к метиленовым) %	Температура плавления полимера °С	Максимальное водопоглощение %
Полиэтилен	$[-CH_2-]_n$	0	110	0
Полиундеканамид (рилсан *, П-10)	$[-NH(CH_2)_{10}CO-]_n$	10,0	185	1,8
Полипеларгонамид	$[-NH(CH_2)_8CO-]_n$	12,5	204—210	2,7
Полиэнантоамид (энант *, П-6)	$[-NH(CH_2)_6CO-]_n$	16,6	220—229	5,0
Поликапроамид (капрон)	$[-NH(CH_2)_5CO-]_n$	20,0	215—220	11,0

* В литературе рилсан и энант часто называют соответственно «полиамид 11» (П-11) и «полиамид 7» (П-7).

Однородные полиамиды являются кристаллическими. Соотношение кристаллической и аморфной областей в полиамидах зависит от условий переработки, режима дополнительной термообработки, от содержания влаги и наличия специальных добавок, являющихся центрами кристаллизации.

Физико-механические свойства смешанных полиамидов (полиамидов, полученных поликонденсацией двух или более компонентов) отличаются от свойств однородных полимеров. Смешанные полимеры плавятся при более

низкой температуре, обладают большей эластичностью, менее прочны, имеют более низкую степень кристалличности.

Растворимость в низших спиртах, температура плавления и ряд других свойств смешанных полиамидов зависят от молярного соотношения компонентов (рис. 1).

Полиамиды получают методом равновесной и неравновесной поликонденсации (на границе раздела двух фаз), а также методом гидролитической и ионной полимеризации лактамов.

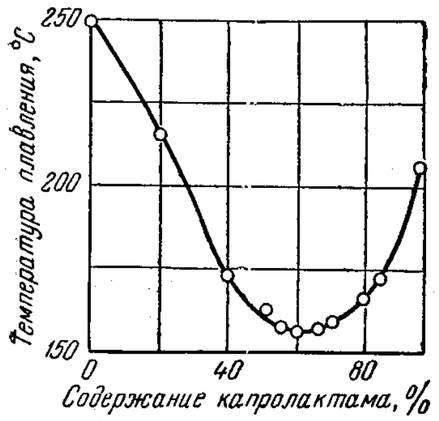


Рис. 1. Зависимость температуры плавления полиамида от содержания в нем ε-капролактама и соли АГ.

Исходными продуктами для синтеза полиамидов могут служить различного рода алифатические, ароматические, жирно-ароматические дикарбоновые кислоты и диамины, ω-аминокарбоновые кислоты и их лактамы.

В промышленности в качестве сырья для получения полиамидов обычно используют ε-капролактам, гексаметилендиамин, адипиновую, себациновую, аминоундекановую и другие кислоты.

Процесс получения полиамидов из лактамов ω-аминокислот (например, из ε-капролактама) методом гидролитической полимеризации протекает при высокой температуре в присутствии воды через стадию образования аминокапроновой кислоты.

В полученном полимере содержится от 8 до 14% мономера, при этом, чем выше температура реакции, тем больше мономера и олигомеров присутствует в полимере. Из такого полимера трудно получить изделия с хорошими свойствами, поэтому при производстве поликапроамида низкомолекулярные соединения и ε-капролактам экстрагируют. Однако при длительном нагревании полимера при высокой температуре в нем снова образуется некоторое количество мономера.

Анионная полимеризация ε-капролактама проводится в присутствии щелочных катализаторов — металлического натрия, калия, лития, окиси натрия, едкого натра и др. Для понижения температуры реакции используют сокатализаторы типа алкиламидов, ангидридов, хлорангидридов. На практике в качестве сокатализаторов чаще всего применяют ацетилкапролактам и изоцианаты.

Этот метод применяют в настоящее время для изготовления крупногабаритных толстостенных изделий (рис. 2). Процесс полимеризации проходит непосредственно в форме. Возможность изготовления крупногабаритных изделий, монолитных, без пор и раковин обусловлена тем, что полимеризация протекает при температуре ниже температуры плавления полимера. Полученный полимер имеет более высокий молекулярный вес и кристалличность, чем полиамид, полученный методом гидролитической полимеризации. Описанный метод позволяет получать также армированные и наполненные изделия. По этому методу выпускают полимер «капролон В» и полимер, армированный стеклотканью «капролон СН».

Полиамиды из дикарбоновых кислот и диаминов или из аминокислот получают методом поликонденсации. Для получения полимера с высоким молекулярным весом необходимо тщательно удалять воду, образующуюся в процессе реакции. На величину молекулярного веса полимера большое влияние оказывает также соотношение исходных компонентов. Избыток одного из компонентов (даже 1%) значительно снижает молекулярный вес

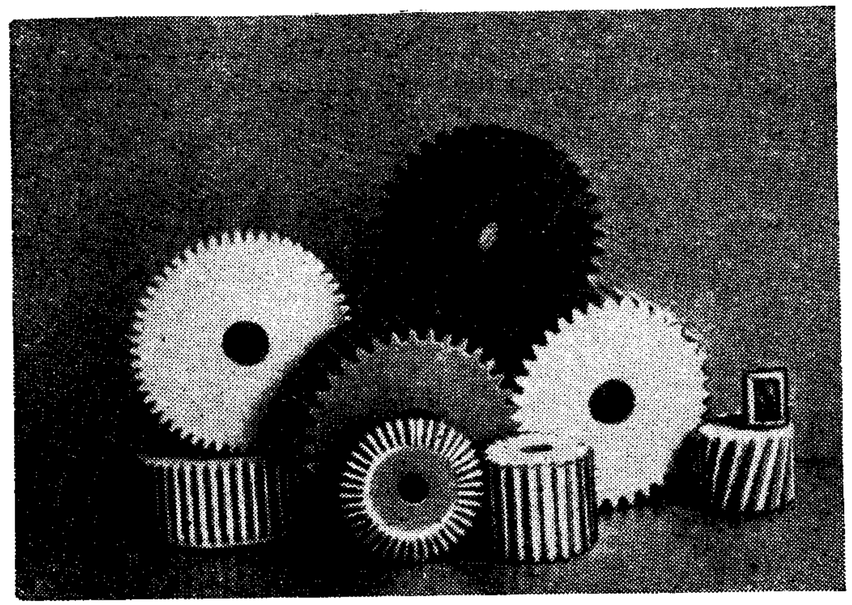


Рис. 2. Шестерни из капролона.

полиамидов. Полиамид с наиболее высоким молекулярным весом (15 000—40 000) получается при эквимолекулярном соотношении компонентов.

Процесс получения полиамидов из дикарбоновых кислот и диаминов, как правило, протекает в две стадии:

1. Получение солей из соответствующих диаминов и дикарбоновых кислот.

2. Поликонденсация солей.

Соли образуются при смешении растворов кислот и диаминов в низших спиртах, спиртоводных смесях или в воде при интенсивном перемешивании при повышенной температуре и последующем охлаждении полученных растворов.

Применение исходных веществ в виде солей имеет ряд преимуществ: соли нетоксичны, легко кристаллизуются, практически не изменяют своих свойств при длительном хранении (в то время как диамины токсичны, легко окисляются и жадно поглощают двуокись углерода) и, следовательно, не требуют специальных условий для хранения.

Синтез полиамидов из солей, аминокислот или ε-капролактама проводят в инертной среде (азот или аргон) по периодическому или непрерывному способу в реакторах из специальных сортов нержавеющей стали при атмосферном или повышенном давлении на первой стадии процесса, а для более полного удаления воды и не вошедших в реакцию поликонденсации исходных компонентов — под вакуумом на второй стадии.

Для регулирования величины молекулярного веса вводят стабилизаторы, чаще всего уксусную и адипиновую кислоты или их соли. Температура реакции должна быть на 30—40° С выше температуры плавления полимера. Важным условием, определяющим свойства полиамидов, является чистота исходных продуктов.

Полиамиды выпускаются следующих марок.

Полиамид П-68 (ГОСТ 10589—63). Представляет собой продукт поликонденсации себациновой кислоты и гексаметилендиамина. По внешнему виду — это твердые роговидные гранулы от белого до светло-желтого цвета размером 3—10 *мм*.

Полиамид выпускается двух марок: П-68Н (низковязкий) и П-68С (средневязкий).

Полиамид П-68 должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	700
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	100
Удельное объемное электрическое сопротивление *, *ом · см*, не менее	10^{14}
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,03
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	20
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле	
П-68Н	0,63—1,0
П-68С	1,01—1,3
Влажность, %, не более	0,4
Температура плавления, °С	213—221

Полиамид П-68 применяется для изготовления методом литья под давлением изделий с хорошими механическими, антифрикционными и электроизоляционными свойствами (для машиностроения, приборостроения, авиационной, электротехнической и других отраслей промышленности), а также изделий, стойких к действию щелочей, масел, жиров и углеводородов.

П-68 хранят в полиэтиленовых мешках, уложенных в крафтцеллюлозные мешки или мешки из прорезиненной ткани **, в сухом закрытом складском помещении.

Полиамид П-АК7 (ВТУ П-328—63). Представляет собой сополимер соли АГ (93%) и ε-капролактама (7%). По внешнему виду — это роговидный продукт; выпускается в виде гранул размером 3—12 *мм* от белого до кремового цвета.

П-АК7 должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности, *кГ/см²*, не менее	
при растяжении	550
» статическом изгибе	700
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	100
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	10^{11}
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,08
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	15
Температура плавления, °С, не ниже	237
Влажность, %, не более	0,4
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,65

Полиамид П-АК7—водо-, масло-, бензоло- и бензостойкий материал, обладает стойкостью к истиранию, абразивостойкостью, низким коэффициентом трения.

---

* Электрические свойства полиамидов определяют после выдерживания в воде в течение 24 *ч*.

** Условия хранения других полиамидов аналогичны условиям хранения П-68.

П-АК7 применяется для изготовления методом литья под давлением различных изделий, используемых в машиностроении и электротехнической промышленности.

Полиамид П-АК80/20 (СТУ 49-2573—63). Представляет собой продукт поликонденсации соли АГ (80%) с ε-капролактамом (20%). Выпускается в виде твердых гранул (3—12 *мм*) или крошки (до 12 *мм*) от белого до светло-серого цвета.

П-АК 80/20 должен отвечать следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	500
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	100
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,09
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	18
Температура плавления, °С, не ниже	210
Влажность, %, не более	0,5
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,65

Полиамид П-АК 80/20 применяют для изготовления методом литья под давлением различных технических деталей: вкладышей подшипников, шестерен для зубчатых и ременных передач, втулок, фитингов, крепежных деталей с резьбой, прокладок турбин центробежных насосов и изделий широкого потребления.

Полиамид П-6 (ВТУ П-225—61). Продукт поликонденсации аминоэнантовой кислоты, представляет собой твердый роговидный продукт от белого до светло-серого цвета.

Выпускается в виде крошки размером 10—12 *мм*. Крошка не должна содержать посторонних включений в виде кусочков окисленной смолы.

П-6 должен удовлетворять следующим требованиям:

Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	110
Температура плавления, °С, не ниже	220
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68

Полиамид П-6 хранится в полиэтиленовых мешках, упакованных в крафтцеллюлозные мешки или мешки из прорезиненной ткани в сухом закрытом помещении при температуре не ниже —5° С.

П-6 применяется в машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности.

Капрон (капроновая смола) (ВТУ УХП 69—58). Представляет собой продукт полимеризации ε-капролактама (химическое название поликапроамид); выпускается в виде блестящих гранул от белого до светло-желтого цвета

Размеры гранул:

Толщина, *мм*	1,5—3,5
Ширина, *мм*	1—4
Длина, *мм*	1—5; 7—10

Капроновую смолу выпускают трех марок: А, Б и В.

Для изготовления изделий методом литья под давлением рекомендуется марка Б, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

Плотность, *г/см³*	1,1—1,13
Относительная вязкость 1%-ного раствора в серной кислоте	2,38—2,55
Содержание низкомолекулярных соединений, %, не более	1,5
Влажность, %, не более	0,25
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,65

Капроновая смола применяется для получения синтетического волокна, в производстве пластмасс, а также для изготовления ряда технических деталей.

Капролон В (МРТУ 6-05-988—66). Представляет собой продукт полимеризации ε-капролактама в присутствии щелочных катализаторов; выпускается в виде блоков или заготовок от белого до кремового цвета двух марок B_1 и B_2.

Капролон В должен удовлетворять следующим требованиям:

	Марка B_1	Марка B_2
Монолитность блоков высотой до 90 *мм*	Отсутствие пор размером более 1 *мм*	Допускается наличие пор размером более 1 *мм* на отдельных участках блока (не более 10 на 1 *дм³*)
высотой от 90 до 100 *мм*	Отсутствие пор размером более 2 *мм*	Допускается наличие пор размером более 2 *мм* на отдельных участках блока (не более 10 на 1 *дм³*)
высотой от 100 до 150 *мм*	Отсутствие пор размером более 5 *мм*	Допускается наличие пор размером более 5 *мм* на отдельных участках блока (не более 10 на 1 *дм³*)
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	1,4	1,2
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	1200	1100
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	19	18

Капролон В применяется как конструкционный и антифрикционный материал для изготовления крупногабаритных изделий, получаемых путем механической обработки блоков или заготовок.

Блоки капролона хранят в закрытом сухом помещении. Срок хранения 4 года.

На основе ε-капролактама получен капролон, армированный стеклотканью, который выпускается под маркой «капролон СН».

Полиамиды П-548 и П-548/27 (МРТУ 6-05-1032—66). Сополимеры, полученные поликонденсацией соли АГ, соли СГ и ε-капролактама. П-548 и П-548/27 выпускаются в виде гранул цилиндрической или пластинчатой формы от белого до светло-желтого цвета.

Сополимеры должны удовлетворять следующим требованиям:

	П-548	П-548/27
Плотность, *г/см³*, не менее	1,12	—
Предел прочности при растяжении *, *кГ/см²*, не менее	300	300
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	250	250
Температура плавления, °С, не ниже	155	150
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68	0,68
Морозостойкость, °С, не выше	—45	—
Бензостойкость (за 24 *ч* при 20±±5° С), %, не более	± 1,5	—

* Для пленки толщиной 0,1 ± 0,02 *мм*

П-548 и П-548/27 применяют для изготовления полиамидных клеев, лаков, пленок, покрытий, прокладочного материала в авиационной, пищевой, нефтяной и других отраслях промышленности.

Полиамид П-54 (МРТУ 6-05-1032—66). Представляет собой сополимер соли АГ и ε-капролактама. По внешнему виду — это твердый продукт от белого до светло-желтого цвета. Выпускается в виде гранул цилиндрической или пластинчатой формы двух марок А и Б.

П-54 должен удовлетворять следующим требованиям:

	Марка А	Марка Б
Плотность, *г/см³*, не менее	1,10	1,10
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	300	250
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	250	200
Температура плавления, °С, не ниже	160	160
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68	0,60
Бензостойкость (за 24 *ч* при 20±±5° С), %, не более	±1,5	±1,5

Полиамид П-54 применяется для получения лаков, прокладочных материалов и изделий, получаемых литьем под давлением, используемых в кабельной, химической и авиационной промышленности.

Полиамиды П-54/10 и П-54/21 (МРТУ 6-05-1032—66). Представляют собой сополимеры соли АГ и ε-капролактама, выпускаются в виде гранул цилиндрической или пластинчатой формы от белого до светло-желтого цвета.

Полиамиды должны удовлетворять следующим требованиям:

	П-54/10	П-54/21
Предел прочности при растяжении *, *кГ/см²*, не менее	300	300
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	250	250
Температура плавления, °С, не ниже	165	155
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68	0,68

* Для пленки толщиной 0,1 ± 0,02 *мм*.

Полиамиды П-54/10 и П-54/21 предназначены для получения покрытий, клеев, пленок, прокладочных материалов, применяются в химической, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Полиамиды хранятся в бумажных мешках в сухом помещении при температуре не ниже −5 и не выше +30° С.

Полиамид П-АК 60/40 (МРТУ 6-05-1032—66). Представляет собой сополимер соли АГ и ε-капролактама; выпускается в виде белых или слабо окрашенных гранул или лент и должен удовлетворять следующим требованиям:

Температура размягчения, °С, не выше	185
Относительная вязкость 1%-ного раствора в 95,6%-ной серной кислоте	2,1—2,7
Растворимость в 90%-ном этиловом спирте	Полная
Влажность, %, не более	5

Полиамид П-АК 60/40 предназначен для получения спиртовых лаков и различных технических деталей.

Полиамид П-10 (ТУ НИИПМ П-419—65). Продукт поликонденсации аминоундекановой кислоты, выпускается в виде твердых роговидных гранул белого цвета размером 3—8 *мм*.

Полиамид П-10 должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	550
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	65
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	$1 \cdot 10^{14}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более	0,02
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	21
Температура плавления, °С, не ниже	185
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68
Влажность, %, не более	0,4

Полиамид П-10 предназначен для изготовления методом литья под давлением различных изделий, применяемых в электротехнической, радиотехнической, машиностроительной, пищевой и кабельной отраслях промышленности.

Пластифицированный и стабилизированный полиамид ПКРТ-3 (ВТУ П-188—60). Представляет собой полиамид П-548, совмещенный с пластификатором КПТ и стабилизатором ПР-3. Выпускается в виде гранул размером 5—10 *мм* от розового до темно-бордового цвета.

Полиамид должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	200
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	300
Температура плавления, °С, не ниже	125
Удельная вязкость 0,5-%ного раствора в трикрезоле, не менее	0,5

ПКРТ-3 применяется для изготовления литьем под давлением или прессованием прокладочных материалов, стойких к действию углеводородов и применяемых вместо резин и кожи в узлах уплотнения, вкладышей шарниров, а также пленок. Используется в машиностроении, автомобильной, полиграфической и обувной промышленности.

Порошкообразные полиамиды (ВТУ П-198—60). Представляют собой мелкодисперсные полиамиды: капрон, П-68 и П-АК-7. Порошки не должны содержать посторонних включений. Выпускаются двух марок: А и Б, различающихся размером частиц.

Порошкообразные полиамиды должны удовлетворять следующим требованиям:

	Капрон	П-68	П-АК-7
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,6	0,6	0,6
Температура плавления, °С, не ниже	205	205	235
Величина частиц, *мк*, не более			
марка А	250	250	250
марка Б	400	400	400

Порошки применяются для нанесения тонкого слоя полиамида на металлическую поверхность в качестве антифрикционного износостойкого покрытия (взамен цветных металлов). Нанесение покрытия осуществляется методом вихревого спекания и газопламенного напыления. Рекомендуемая толщина покрытия 0,1– 0,2 *мм*. Изделия с полиамидными покрытиями не рекомендуется применять во влажной среде.

Порошкообразные полиамиды упаковывают в герметичную тару (полиэтиленовые мешки, уложенные в крафтцеллюлозные мешки, или бидоны из нержавеющей стали). Хранят порошки при температуре не ниже —5° С. Срок хранения 12 месяцев, после чего порошкообразные полиамиды подвергаются проверке.

НАПОЛНЕННЫЕ ПОЛИАМИДЫ

Для повышения эксплуатационных свойств полиамидов в них вводят различные антифрикционные добавки, например графит, тальк, сульфат бария, дисульфид молибдена.

Наполнители в небольшом количестве (до 10%) можно ввести в полиамид путем опудривания его в шаровых мельницах с последующей экструзией. Наполнители в количестве до 60% (в зависимости от их объемной массы) рекомендуется вводить при синтезе полиамидов. Антифрикционные

добавки не нарушают скорость процесса образования полиамидов и не вызывают нежелательных побочных реакций.

Для высокого наполнения (до 90% и выше) используется метод спекания порошкообразных полиамидов с наполнителями в инертной среде.

Для получения материала с хорошими антифрикционными свойствами большое значение имеет дисперсность наполнителей. Рекомендуется использовать тонкодисперсные наполнители размером от нескольких долей до десяти микрон.

Наполненные полиамиды выпускаются следующих марок:

Полиамид П-68, наполненный тальком, — П-68Т10, П-68Т20 (МРТУ 6-05-1034—66); высоконаполненный — П-68Т (ТУ НИИПМ П-450—65). Они представляют собой продукты поликонденсации соли СГ, к которой добавлены различные количества талька *.

Наполненные полиамиды выпускаются в виде твердых роговидных гранул и должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатель	Марка полиамида				
	П-68Т10	П-68Т20	П-68Т30	П-68Т40	П-68Т60
Внешний вид	Гранулы от желтовато-серого до коричневого цвета без посторонних включений				
Температура плавления, °С, не ниже	210	210	210	210	210
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,65	0,65	0,64	0,64	0,64
Влажность, %, не более	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Предел прочности, *кГ/см²*, не менее					
при растяжении	—	500	—	—	—
» изгибе	800	850	—	1000	—
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	—	25	20	15	10
Теплостойкость по Вика, °С, не менее	—	180	—	—	—
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*, не менее	10^{13}	10^{13}	10^{14}	10^{14}	10^{14}
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6, *гц*, не более	0,035	0,035	0,030	0,030	0,030
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не менее	—	—	3,0	3,0	3,5
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	20	20	25	25	25

Полиамиды, наполненные тальком, обладают хорошими антифрикционными и электроизоляционными свойствами, устойчивы к действию щелочей, масел, углеводородов и применяются в качестве конструкционного материала

* Для всех наполненных полиамидов цифры, входящие в название марки, означают процент наполнителя.

для изготовления деталей в электро- и радиотехнической промышленности и в машиностроении с повышенной деформационной стойкостью. Изделия из наполненного тальком полиамида работают при температуре до 120° С.

Наполненный полиамид упаковывают в полиэтиленовые, вложенные в крафтцеллюлозные или шпредированные мешки. Полиэтиленовые мешки после засыпки полиамида заваривают. Хранят в сухом закрытом складском помещении при температуре не ниже —5° С. Гарантийный срок хранения 12 месяцев. Наполненный полиамид транспортируют в крытых машинах, контейнерах или железнодорожных вагонах.

Полиамид наполненный графитом П-68Г (ТУ НИИПМ П-422—65). Представляет собой продукт поликонденсации соли СГ, к которой добавлен мелкодисперсный графит. Выпускается в виде гранул черного цвета размером 3—10 *мм* двух марок П-68Г5, П-68Г10, различающихся содержанием наполнителя.

Материал должен удовлетворять следующим требованиям:

Температура плавления, °С, не ниже	210
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68

Наполненный полиамид П-68Г — масло-, щелоче-, бензоло-, бензиностойкий продукт с хорошими антифрикционными свойствами. Применяется в качестве конструкционного материала, преимущественно в узлах трения с затрудненной смазкой. Перерабатывается в изделия методом литья под давлением.

Условия хранения и транспортировки полиамида П-68Г аналогичны условиям хранения и транспортировки полиамидов, наполненных тальком.

Полиамид наполненный П-68ДМ1,5 (ТУ НИИПМ П-472—66). Представляет собой продукт поликонденсации соли СГ с наполнителем дисульфидом молибдена. Выпускается в виде твердых роговидных гранул размером 3—12 *мм* черного цвета с серым или зеленоватым оттенком.

Полиамид должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при изгибе, *кГ/см²*, не менее	850
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	70
Температура плавления, °С, не ниже	210
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,65

П-68ДМ1,5 применяется преимущественно в узлах трения с затрудненной смазкой в качестве конструкционного и антифрикционного материала. Перерабатывается в изделия методом литья под давлением.

Условия упаковки, транспортировки и хранения аналогичны условиям для других наполненных полиамидов.

Капрон наполненный К-Г10 (ТУ НИИПМ П-455—65). Представляет собой капроновую смолу, содержащую в качестве наполнителя 10% коллоидального графита. Выпускается в виде роговидных гранул серовато-черного цвета диаметром 2,5—3,5 *мм* и длиной 2,5—4 *мм*.

К-Г10 должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при изгибе, *кГ/см²*, не менее	1000
Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*, не менее	18
Температура плавления, °С, не ниже	210
Удельная вязкость 0,5%-ного раствора в трикрезоле, не менее	0,68

Капрон наполненный К-Г10 применяется для изготовления методом литья под давлением деталей антифрикционного и конструкционного назначения, работающих в узлах трения с затрудненной смазкой или без смазки.

Кроме перечисленных марок выпускаются также следующие наполненные полиамиды:

П-68Ba5 — полиамид П-68 с $BaSO_4$;
К-Т5 и К-Т10 — капрон с тальком;
К-ДМ1,5 — капрон с MoS_2;
К-Ba10 — капрон с $BaSO_4$;
П-АК7Т10, П-АК7Т20, П-АК7Т40 — полиамид П-АК7 с различным содержанием талька;
П-АК7Г5, П-АК7Г10 — полиамид П-АК7 с графитом;
П-АК7ДМ5 — полиамид П-АК7 с MoS_2.

Физико-механические свойства полиамидов

Показатели основных физико-механических свойств конструкционных полиамидов приведены на стр. 228—229.

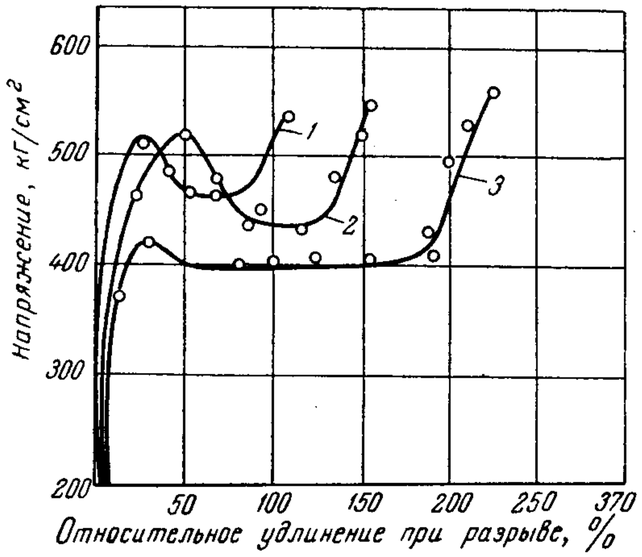


Рис. 3. Диаграмма растяжения полиамидов:
1 — П-68; *2* — П-АК7; *3* — капрон.

На рис. 3 показана диаграмма растяжения некоторых марок полиамидов при комнатной температуре. Нагрузка, при которой возникают необратимые деформации, значительно меньше разрушающей нагрузки.

При рассмотрении и оценке физико-механических свойств полиамидов необходимо также принимать во внимание характер их изменения в зависи-

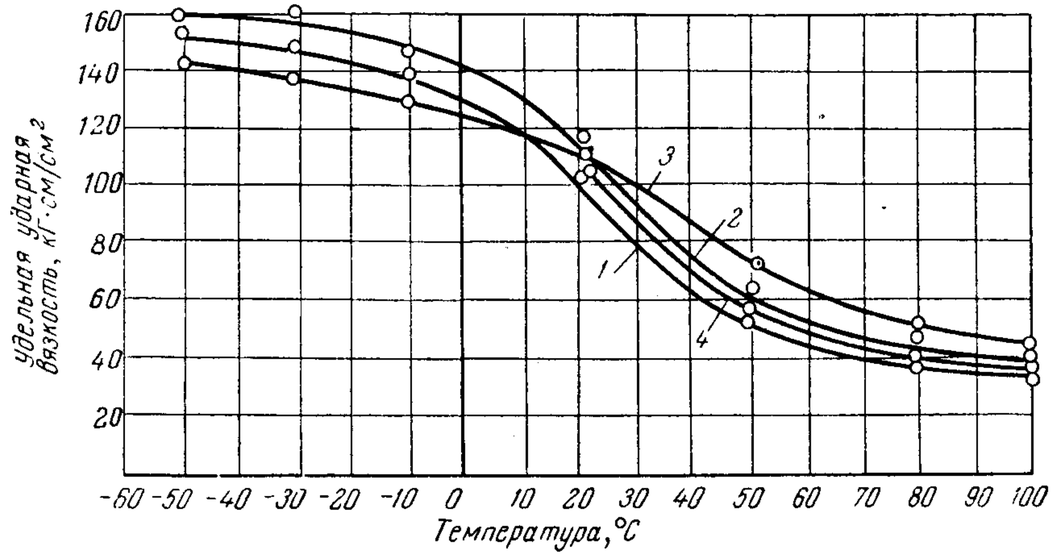


Рис. 4. Зависимость удельной ударной вязкости полиамидов от температуры.
1 — П-68; *2* — капрон; *3* — П-6; *4* — П-АК7.

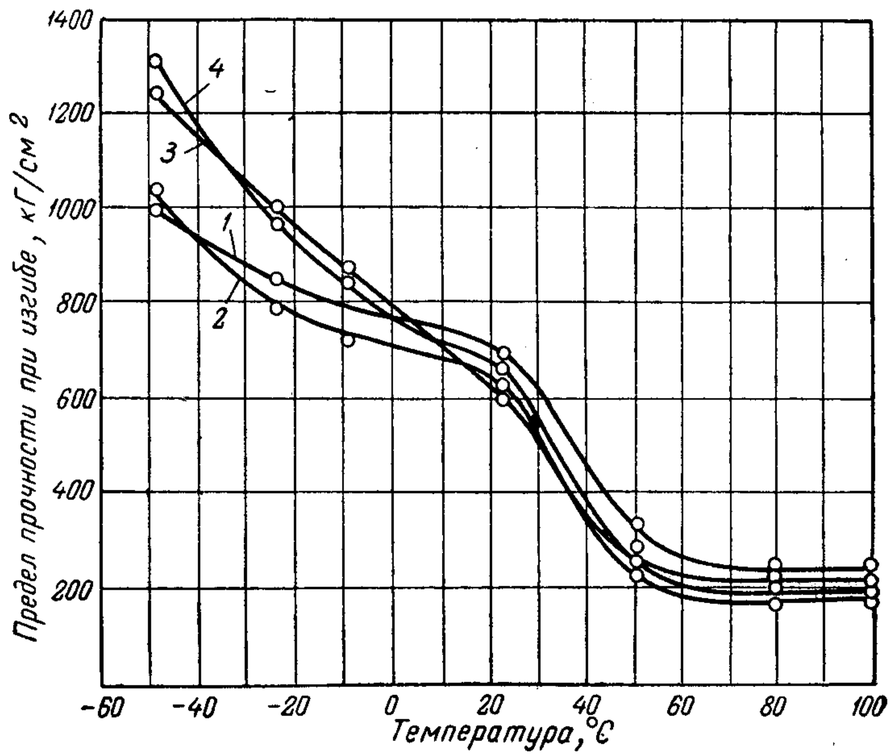


Рис. 5. Зависимость предела прочности при изгибе полимеров от температуры:
1 — П-68; *2* — капрон; *3* — П-6; *4* — П-АК7.

Физико-механические свойства полиамидов

Показатель	П-68	П-АК7	Капрон	Капролон В	Капролон СН	П-АК 80/20	П-548	П-54	П-6	П-10
Плотность, *г/см³* . . .	1,10	1,14	1,13	1,16	1,5—1,6	1,13	1,12	1,12	1,10	1,04
Предел прочности, *кГ/см²*										
при растяжении .	450—500	700—730	550—700	900—950	3 500—4 500	600—700	350—400	450—500	550—600	420—500
» сжатии . . .	700—900	900—1100	850—1000	1 200—1 250	2 500—3 500	830—860	—	—	750—900	750—800
» статическом изгибе *	800—900	1000—1200	900—1000	1 200—1 500	4 000—5 000	850—900	180—190	280—300	950—1000	570—630
» срезе	550	550—600	600	—	—	—	—	—	600	—
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²* .	11 000—12 000	15 000—16 000	8 000—10 000	20 600—23 100	25 000—30 000	—	3400	5600	—	—
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²* * . .	100—120	130—150	100—130	100—160	250—350	110—130	—	—	100—120	75—80
Относительное удлинение при разрыве, %	100	100	100—150	20	—	150—200	350—400	300—350	100—200	200—250
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	10—15	15—18	10—12	20—25	25—30	15—17	3,8—4,2	4,5—5,0	14—15	8,5—11,0

* При указанной нагрузке образцы прогибаются без разрушения. Образцы испытывались через сутки после изготовления в соответствии с существующими ГОСТ или методиками.

мости от различных факторов, преимущественно от температуры и содержания влаги.

На рис. 4 и 5 показано изменение физико-механических свойств полиамидов в зависимости от температуры. При низких температурах повышается жесткость полимера и происходит хрупкое разрушение образцов. Заметное ухудшение механических свойств наблюдается при температуре около 50° С,

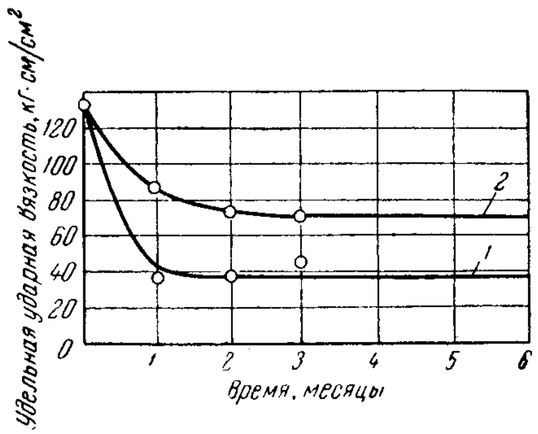


Рис. 6. Зависимость удельной ударной вязкости полиамидов от времени пребывания в воде:
1 — капрон; *2* — П-68.

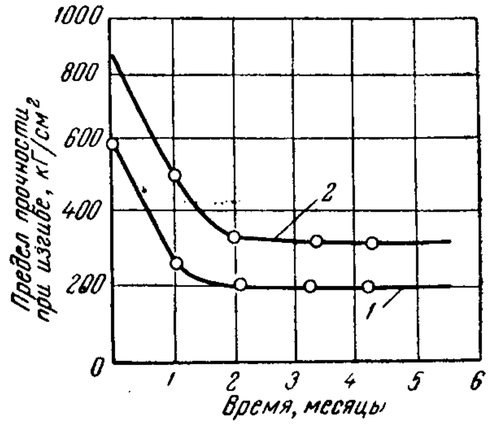


Рис. 7. Зависимость предела прочности при изгибе полиамидов от времени пребывания в воде:
1 — капрон; *2* — П-68.

причем при испытании материала на удар и изгиб наблюдается прогиб образцов без их разрушения. Дальнейшее уменьшение прочности при нагревании до 100° С незначительно.

На рис. 6—9 показано влияние влажности среды и времени пребывания в воде на предел прочности при изгибе и растяжении, удельную

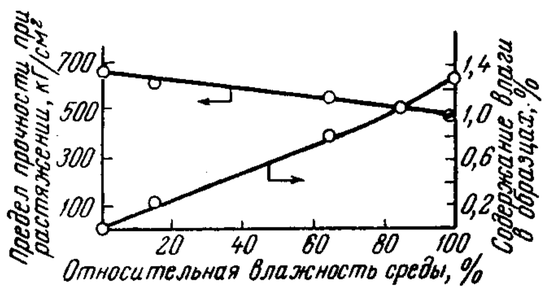


Рис. 8. Зависимость предела прочности при растяжении полиамида П-68 от относительной влажности среды.

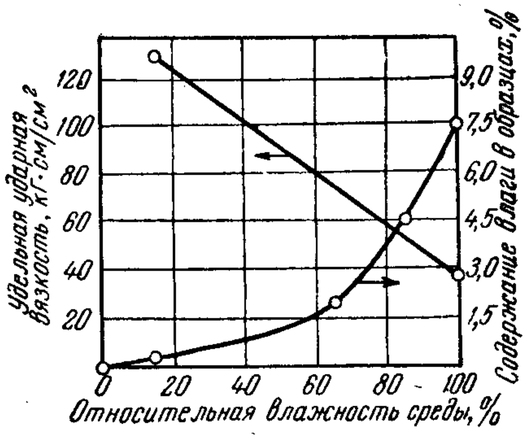


Рис. 9. Зависимость удельной ударной вязкости капрона от относительной влажности среды.

ударную вязкость капрона и полиамида П-68. Вследствие большей гидрофобности полиамида П-68 влияние воды на его свойства сказывается в меньшей степени. Линейные размеры изделий изменяются в соответствии с количеством абсорбированной влаги приблизительно на 0,15%—0,27% на каждый процент поглощенной влаги. При испарении воды исходные показатели восстанавливаются.

Исследование антифрикционных свойств полиамидов в зависимости от нагрузки, скорости скольжения, рода смазки (и при отсутствии смазки) показало, что по величине коэффициента трения полиамиды занимают второе место после фторопластов. Однако износостойкость (рис. 10) и несущая способность полиамидов значительно выше, чем у фторопластов, полиформальдегида и поликарбонатов. При этом, чем выше давление, тем меньше коэффициент трения полиамидов. Зависимость коэффициентов трения от величины удельной нагрузки и состояния поверхности трения (полиамид — сталь, скорость 1,17 *см/сек*) приведена ниже.

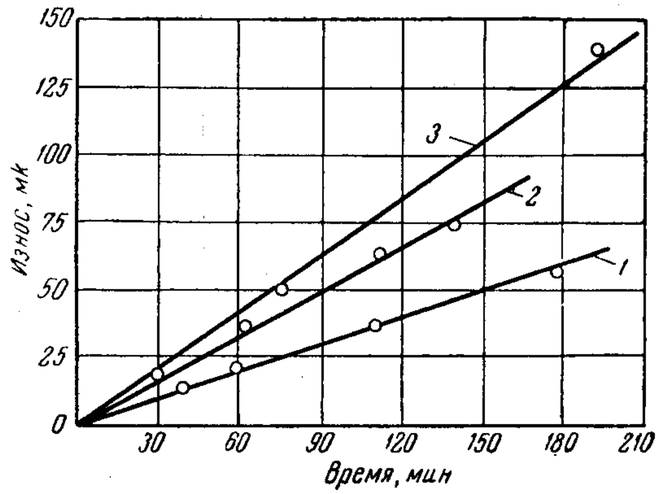


Рис. 10. Износостойкость полиамида П-АК7 при работе без смазки при нагрузке 13 *кГ/см²* и скорости скольжения 38 *м/мин*:
1—П-АК7Г10; *2*—П-АК7Г5; *3*—П-АК7.

Коэффициенты трения полиамидов

Удельная нагрузка *кГ/см²*	Капрон			П-68			П-6	П-АК7	П-АК7Т10	П-АК7Г10
	Состояние поверхности трения									
	сухая	смазка водой	смазка маслом	сухая	смазка водой	смазка маслом	сухая	сухая	сухая	сухая
60	0,124	0,134	0,100	0,117	0,113	0,094	0,103	0,127	0,099	0,114
100	0,115	0,120	0,097	0,108	0,104	0,093	0,093	0,122	0,091	0,101
150	0,106	0,106	0,092	0,098	0,095	0,091	0,087	0,112	0,085	0,092
200	0,100	0,096	0,088	0,094	0,091	0,089	0,082	0,103	0,081	0,085
250	0,095	0,084	0,084	0,091	0,090	0,087	0,077	0,097	0,077	0,080
300	0,092	0,082	0,080	0,088	0,088	0,085	0,074	0,092	0,073	0,076
350	0,092	0,077	0,075	0,085	0,085	0,083	0,072	0,087	0,070	0,073
400	—	—	—	0,082	0,084	0,080	0,070	0,083	0,067	0,070

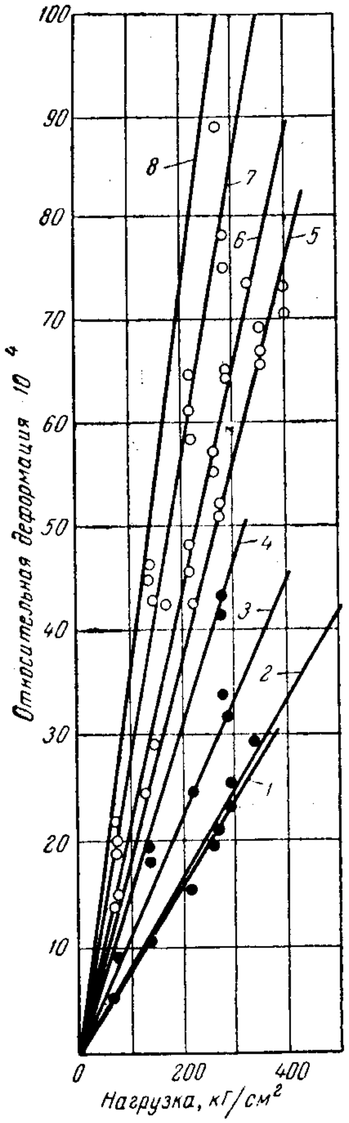


Рис. 11. Зависимость относительной деформации полиамида П-68, наполненного тальком, от нагрузки:

1 — П-68Т30; *2* — П-68Т40; *3* — П-68Т10; *4* — П-68; *5* — П 68Т40; *6* — П-68Т30; *7* — П-68Т10; *8* — П-68.

○ — деформация в продольном направлении;
● — деформация в поперечном направлении.

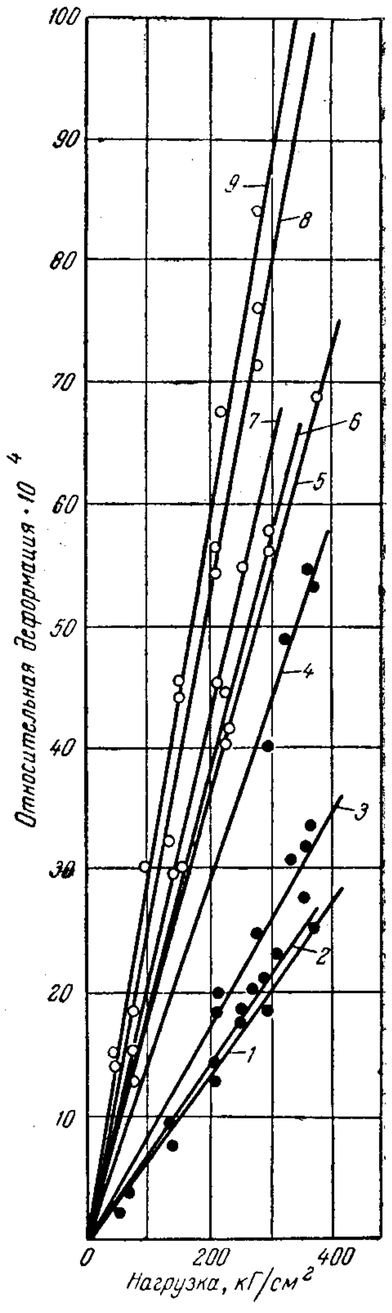


Рис. 12. Зависимость относительной деформации полиамида П-АК7, наполненного тальком, от нагрузки:

1 — П-АК7Т40; *2* — П-АК7Т20; *3* — П-АК7Т5; *4* — П-АК7; *5* — П-АК7Т40; *6* — П-АК7Т20; *7* — П-АК-7Т10; *8* — П-АК7Т5; *9* — АК-7

○ — деформация в продольном направлении
● — деформация в поперечном направлении.

Наполнители несколько снижают удельную ударную вязкость, эластичность материала, но увеличивают предел прочности при растяжении, сжатии и изгибе, модуль упругости при сжатии, уменьшают водопоглощение, коэффициент линейного термического расширения и коэффициент трения. Введение наполнителей улучшает стабильность физико-механических свойств и размеров изделий из полиамидов при действии температуры и влаги, повышает их деформационную стойкость (рис. 11, 12), особенно при содержании большого количества наполнителя (20—60%). Это позволяет использовать высоконаполненные полиамиды в радиоэлектронике и приборостроении для изготовления деталей конструкционного назначения с жесткими размерными допусками, работающих в интервале температур от —60 до +120° С.

Введение антифрикционных наполнителей (например, графита и дисульфида молибдена) улучшает износостойкость и снижает коэффициент трения полиамидов примерно в 1,5 раза (в зависимости от количества наполнителя).

Введение в полиамиды волокнистых наполнителей (стекловолокна и асбеста) в значительной степени улучшает физико-механические свойства полиамидов, теплостойкость, стабильность размеров изделий, уменьшает коэффициент термического линейного расширения, снижает усадку. Ниже приведены показатели физико-механических и теплофизических свойств П-68 и стеклонаполненного полиамида П-68ВС:

	П 68	П-68ВС
Плотность, *г/см³*	1,10	1,35
Предел прочности, *кГ/см²*		
при растяжении	450—500	1 000—1 400
» сжатии	700—900	1 000—1 200
» изгибе	800—900	1 500—2 500
» срезе	550	800
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	100—120	30—50
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	10—15	21—25
Коэффициент термического линейного расширения, *град⁻¹*	$11—10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Теплостойкость по Мартенсу, °С	55—60	170—190
Коэффициент трения по стали (без смазки)	0,14—0,17	0,18

Показатели основных физико-механических свойств наполненных полиамидов приведены ниже.

Физико-механические свойства наполненных полиамидов

Марки	Плотность *г/см³*	Предел прочности, *кГ/см²*			Удельная ударная вязкость *кГ·см/см²*	Модуль упругости при сжатии (мгновенный) *кГ/см²*	Коэффициент Пуассона
		при растяжении	при сжатии	при статическом изгибе			
П-68 с тальком							
П-68Т10	1,16	500—600	800—1000	1000—1100	50—80	36 000	0,38
П-68Т20	1,25	500—600	800—1000	1000—1100	25—40	40 000	0,37
П-68Т30	1,31	550—630	800—1000	1000—1100	20—30	47 000	—
П-68Т40	1,33	550—630	—	1000—1100	15—20	53 000	0,38

Продолжение

Марки	Плотность г/см³	Предел прочности, кГ/см²: при растяжении	при сжатии	при статическом изгибе	Удельная ударная вязкость кГ·см/см²	Модуль упругости при сжатии (мгновенный) кГ/см²	Коэффициент Пуассона
П-68 с графитом							
П-68Г5	1,14	500—600	900	800—1 000	90—100	21 000	0,39
П-68Г10	1,15	500—600	800—900	900—1 000	50—80	—	—
П-68 с MoS_2							
П-68ДМ1,5	—	500—600	800—1 000	850—900	50—100	—	—
П-68 с $BaSO_4$							
П-68 Ba5	1,15	500—600	800—1 000	800—850	90—100	—	—
Капрон с тальком							
К-Т5	1,14	500—600	—	1 000—1 100	90—100	—	—
К-Т10	1,16	700—800	—	1 000—1 100	60—80	—	—
Капрон с MoS_2							
К-ДМ1,5	1,14	500—550	—	—	90—100	—	—
Капрон с $BaSO_4$							
К-Ba10	—	450—500	850—900	850—900	80—100	—	—
Капрон с графитом К-Г10	1,14	650—800	800—1 000	980—1 000	60—80	34 000	0,37
П-АК7 с тальком							
П-АК7Т10	—	700—800	1 000—1 100	1 100—1 400	50—60	47 000	0,28
П-АК7Т20	—	—	—	—	30—45	53 000	0,30
П-АК7Т40	—	—	—		20—30	64 000	0,36
П-АК7 с графитом							
П-АК7Г5	—	700—800	900—1 000	1 100—1 250	60—80	41 000	0,36
П-АК7Г10	—	700—800	900—1 050	1 180—1 250	50—80	48 000	0,35
П-АК7 с MoS_2							
П-АК7ДМ5	—	700—800	1 000—1 100	1 000—1 200	50—70	—	—

Электрические свойства полиамидов

Электрические свойства полиамидов, применяемых в качестве электроизоляционных материалов, приведены ниже.

Электроизоляционные свойства полиамидов изменяются с повышением температуры (рис. 13, 14).

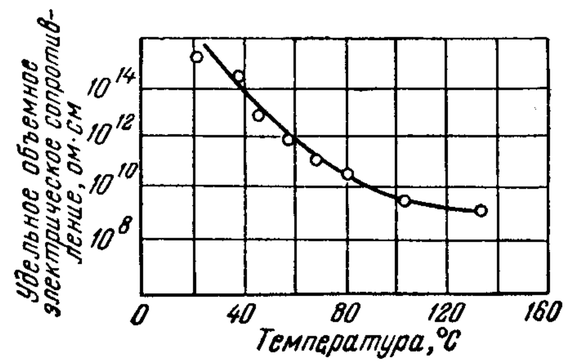


Рис. 13. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления полиамидов от температуры.

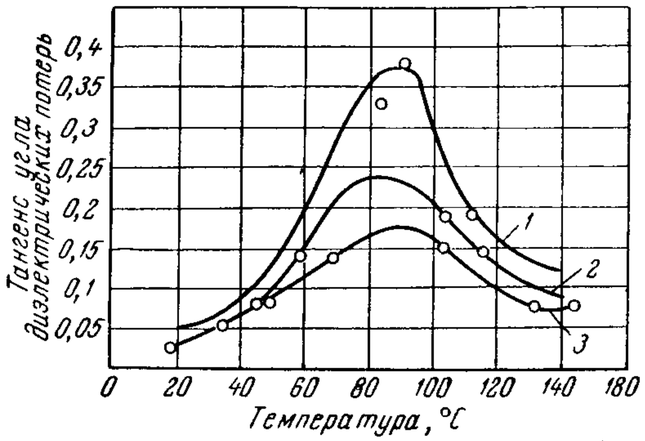


Рис. 14. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь полиамида П-68 от температуры:

1 — П-68; *2* — П-68Т40; *3* — П-68Т60.

Электрические свойства полиамидов

Показатели	П-68	П-АК7	Капрон	П-6	П-АК 80/20	П-10
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, *ом*						
в исходном состоянии	$4 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{15}$	$3{,}5 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{15}$
после 24 *ч* пребывания в дистиллированной воде	$3 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{14}$
после 7 суток пребывания в дистиллированной воде	$3 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{9}$	$5 \cdot 10^{11}$	—	$2 \cdot 10^{14}$
Удельное электрическое объемное сопротивление, *ом · см*						
в исходном состоянии	$4 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{14}$	$1{,}5 \cdot 10^{15}$	$1{,}5 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{15}$
после 24 *ч* пребывания в дистиллированной воде	$2{,}5 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{13}$	$2{,}5 \cdot 10^{12}$	$2{,}5 \cdot 10^{14}$	—	$2 \cdot 10^{14}$
после 7 суток пребывания в дистиллированной воде	$1{,}0 \cdot 10^{14}$	$2{,}5 \cdot 10^{12}$	$4{,}5 \cdot 10^{9}$	$8 \cdot 10^{13}$	—	$2 \cdot 10^{14}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*						
в исходном состоянии	0,03	0,033	0,032	0,02	0,065	0,016
после 24 *ч* пребывания в дистиллированной воде	0,037	0,04	0,09	0,025	0,124	—
после 7 суток пребывания в дистиллированной воде	0,05	0,1	0,2	0,04	—	0,026

Продолжение

Показатели	П-68	П-АК7	Капрон	П-6	П-АК 80/20	П-10
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*						
в исходном состоянии	4,2	4,6	3,6	4,4	3,6	3,2
после 24 *ч* пребывания в дистиллированной воде	4,5	5,4	4,3	4,7	4,1	—
после 7 суток пребывания в дистиллированной воде	5,2	9,0	6,4	5,5	—	3,4
Электрическая прочность, *кв/мм*						
в исходном состоянии	22	22	22	22	—	22
после 24 *ч* пребывания в дистиллированной воде	21	20	21	19,0	—	—
после 7 суток пребывания в дистиллированной воде	20	19	18	19,0	—	20,5

Теплофизические свойства полиамидов

Коэффициент термического линейного расширения полиамидов приблизительно в 10 раз больше, чем металлов. При введении наполнителей его величина несколько снижается (рис. 15). В интервале температур от —60 до

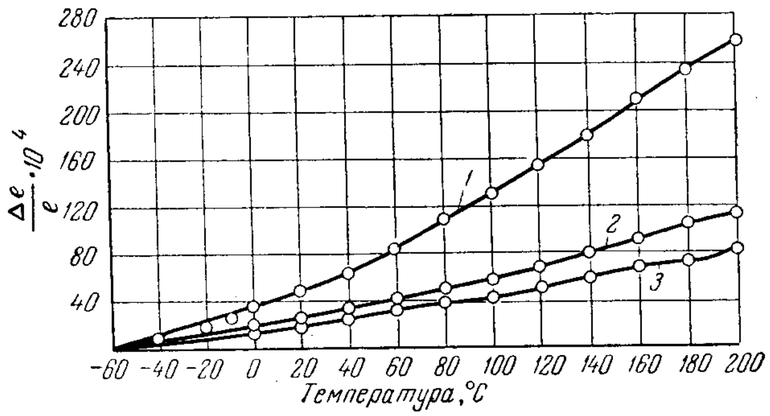


Рис. 15. Зависимость относительной деформации полиамида П-68 и полиамида П-68, наполненного тальком, от температуры:

1 — П-68; *2* — П-68Т40; *3* — П-68Т60.

+20° С и от +20 до +200° С коэффициент термического линейного расширения полиамидов изменяется следующим образом:

	От —60 до +20° С	От +20 до +200° С
П-68	$6{,}0 \cdot 10^{-5}$	$11{,}4 \cdot 10^{-5}$
П-68Т40	$3{,}3 \cdot 10^{-5}$	$4{,}8 \cdot 10^{-5}$
П-68Т60	$2{,}3 \cdot 10^{-5}$	$3{,}5 \cdot 10^{-5}$

Показатели теплофизических свойств полиамидов приведены на стр. 237.

Теплофизические свойства полиамидов

Показатель	П-68	П-АК7	Капрон	П-6	П-548	П-54	П-АК 80/20	П-10
Температура плавления, °С	213—220	240—243	210—218	220—226	150—160	168—175	218—224	185—187
Теплостойкость, °С								
по Вика	195—205	205	190—200	200	85—87	115	200—216	—
» Мартенсу . .	55—60	55—60	55—60	55—60	—	—	50—60	—
Коэффициент теплопроводности *ккал (м · ч · град)*	0,2—0,18	0,2—0,22	—	0,23—0,25	—	—	—	—
Удельная теплоемкость *ккал/(кг · град)* . .	0,4—0,5	0,4—0,5	—	0,4—0,6	—	—	—	—
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$11 \cdot 10^{-5}$ — $-12 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$ — $-12 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$ — $-10 \cdot 10^{-5}$	—	—	—	—	—

Химические свойства полиамидов

Полиамиды — материалы, стойкие к действию углеводородов (керосина, бензина, бензола), минеральных и органических масел, жиров, альдегидов, кетонов, эфиров, концентрированных и слабых щелочей, слабых кислот. Полиамиды растворяются лишь в сильно полярных веществах, таких, как концентрированные серная, соляная, муравьиная, уксусная, хлоруксусная кислоты, фенолы, фторированные спирты. При нагревании полиамидов в концентрированных кислотах они гидролизуются до исходных мономеров. В высококипящих спиртах, гликолях и глицерине при температуре около 180° С полиамиды растворяются, причем процесс растворения сопровождается частичной деструкцией полимера.

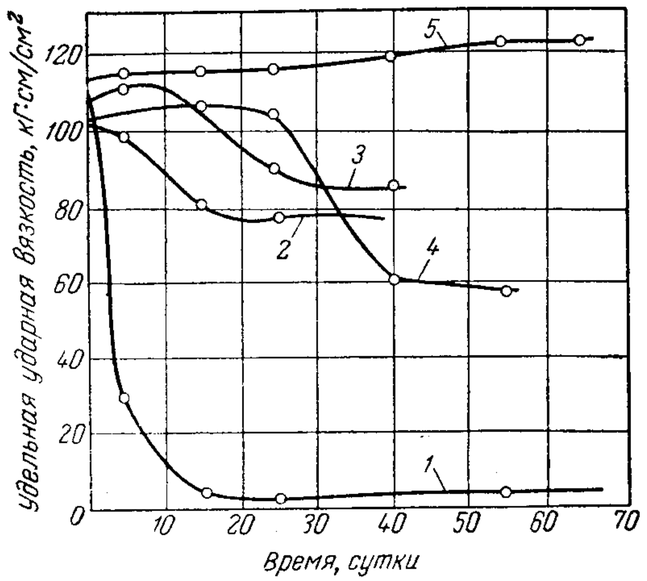


Рис. 16. Зависимость удельной ударной вязкости термостабилизированного полиамида П-68 от продолжительности выдержки при 100 °С.

1 — нестабилизированный П-68; *2* — П-68, термостабилизированный β-нафтиловым эфиром пирокатехинфосфористой кислоты; *3* — П-68, термостабилизированный ионолпирокатехинфосфитом; *4* — П-68, термостабилизированный неозоном Д; *5* — П-68, термостабилизированный ди-β-нафтил-*n*-фенилендиамином.

Смешанные полиамиды при определенном соотношении компонентов легко растворяются в низших спиртах. Добавление воды к спирту в количестве 20—25% способствует увеличению стабильности растворов. Бóльшее количество воды приводит к высаждению полимера из раствора.

При взаимодействии формальдегида и полиамидов получаются N-метилольные производные. На основе этой реакции разработан промышленный способ получения метилолполиамидных клеев, выпускаемых под маркой ПФЭ 2/10 и МПФ-1 (см. стр. 252). Привитые полимеры типа ПЭМ-2 используются в качестве связующих для стеклопластиков и слоистых пластиков. При нагревании полиамидов с окисью этилена получены оксиэтилированные полиамиды. Эти продукты отличаются повышенной растворимостью, гидрофильностью и паропроницаемостью.

Полиамиды легко окисляются при нагревании. Чем выше температура нагревания полимера, тем интенсивнее идет процесс окисления. В расплавленном состоянии при контакте с воздухом окисление идет настолько быстро, что при выдерживании расплава в течение нескольких минут наблюдается его потемнение, снижение молекулярного веса и уменьшение прочности полимера.

Окисление полиамидов сопровождается резким ухудшением физико-механических свойств. Для предотвращения термоокислительной деструкции в полиамиды вводят различные антиоксиданты — ароматические амины, фенолы и их производные, органические соли комплексообразующих металлов (Cu, Cr, Mn), щелочные соли фосфористой и арилфосфористой кислот, α- и β-нафтиловые эфиры пирокатехинфосфористой кислоты и др.

На рис. 16 и 17 представлены результаты физико-механических испытаний полиамида П-68, содержащего различные термостабилизаторы, после длительного старения при 100 и 135° С.

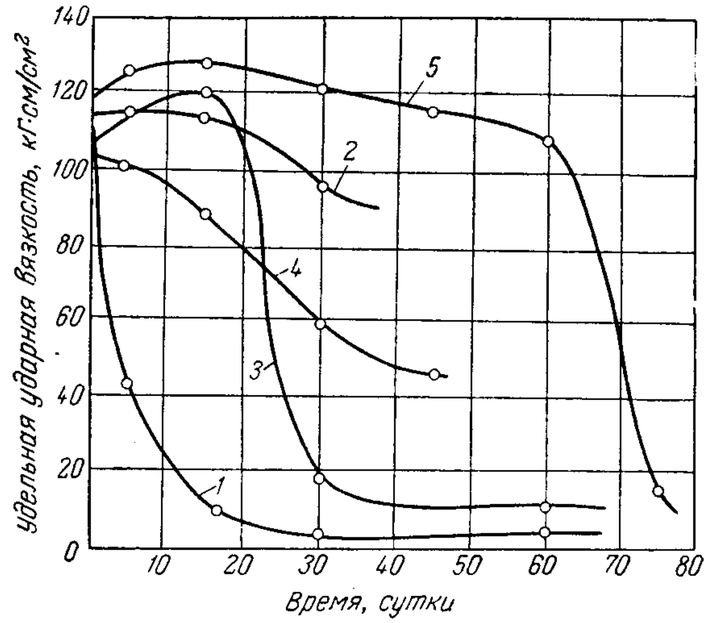


Рис. 17. Зависимость удельной ударной вязкости термостабилизированного полиамида П-68 от продолжительности выдержки при 135° С.

Обозначения те же, что и на рис. 16.

Величина и скорость абсорбции влаги полиамидами зависит как от содержания полярных амидных групп, так и от структуры полимера. Если полимер имеет более плотную упаковку цепей, содержит большее количество кристаллической фазы, водопоглощение его будет меньше и абсорбция воды происходит медленнее. Данные о водопоглощении полиамидов приведены ниже (см. также рис. 18 и 19):

	Водопоглощение при кипячении в воде в течение 1 *ч*, %	Водопоглощение максимальное, %
П-68	1,1	3,3
П-АК7	3,1	8,9
П-АК 80/20	4,15	10—11
Капрон	3,5	10—11
Капролон В	—	6,5—7,0
П-548	—	12
П-54	—	12
П-6	1,65	5,0
П-10	0,72	1,8

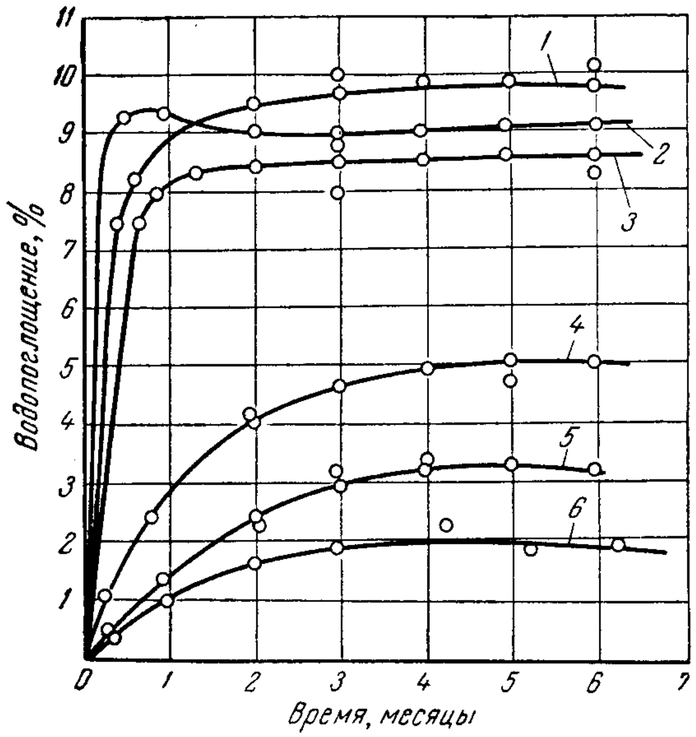


Рис. 18. Водопоглощение полиамидов:

1 — П-54; *2* — П-АК7; *3* — капрон; *4* — П-6; *5* — П-68; *6* — П-10.

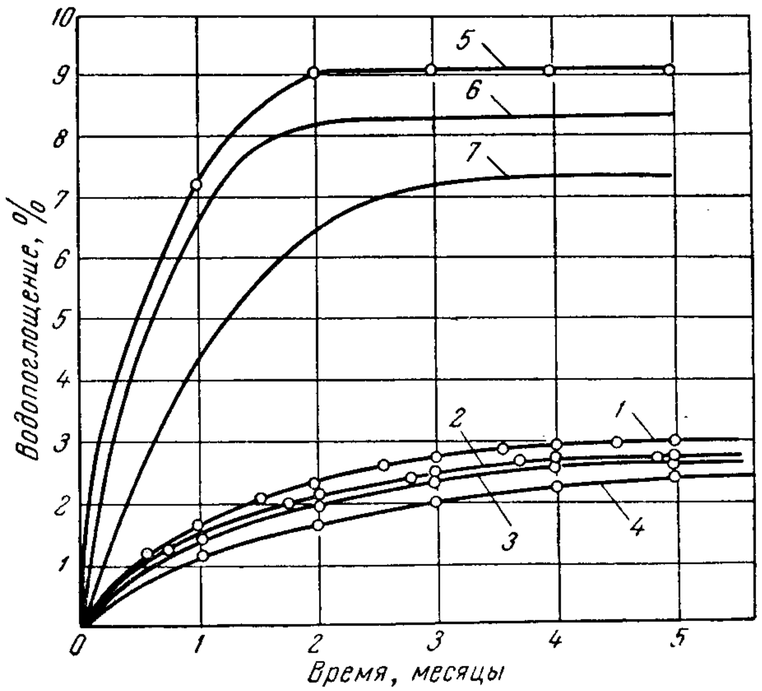


Рис. 19. Водопоглощение наполненных полиамидов:

1 — П-68; *2* — П-68Т5; *3* — П-68Т10; *4* — П-68Т30; *5* — П-АК7; *6* — П-АК7Т10; *7* — П-АК7Т20.

Переработка полиамидов

Полиамиды плавятся в узком диапазоне температур (7—10° С) и обычно имеют низкую вязкость расплава (в среднем $2 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^3$ *пз*), поэтому они не перерабатываются методом компрессионного прессования. Исключение составляют смешанные полиамиды типа П-54, ПКРТ-3, П-548. Из них можно прессовать детали несложной конфигурации, а также получать изделия методом вакуумного формования.

Полиамиды перерабатываются литьем под давлением, экструзией, центробежным литьем.

Переработка влажных полиамидов вызывает деструкцию полимера, приводит к вспениванию массы, образованию поверхностных микротрещин и ухудшению физико-механических свойств изделий. Поэтому перед переработкой полиамиды следует подсушивать в вакуум-сушилках при 80—100° С в тонком слое до содержания влаги не более 0,1% (лучше 0,03—0,05%).

Для переработки полиамидов в большинстве случаев применяют литьевые машины с предварительной пластикацией. Необходимость применения предварительной пластикации диктуется специфичностью свойств полиамидов: низкой теплопроводностью, высокой температурой плавления, узким интервалом температур плавления и разложения. В предпластикаторе происходит гомогенизация материала, и в литьевую форму впрыскивается расплав полимера с одинаковой в любой точке литьевой массы температурой, вязкостью и заданным молекулярным весом. Вследствие этого отливаемые изделия имеют более высокую степень кристалличности, меньшие внутренние напряжения, повышенную механическую прочность.

В Советском Союзе для переработки полиамидов наибольшее распространение получили литьевые машины ЛМ-50, ТП-32, ТП-63 с применением специальных запорных устройств. Температура в цилиндре литьевой машины поддерживается на 20—40° С выше температуры плавления полимера, но в каждом отдельном случае она подбирается опытным путем — в зависимости от величины и формы отливаемого изделия. Из-за небольшой термостойкости полиамидов при литье той или иной детали рекомендуется использовать машины с объемом материального цилиндра, не превышающим пятикратного объема отливки.

Поскольку полиамиды затвердевают в узком температурном интервале, необходимо применять высокие скорости литья, в противном случае материал может затвердеть, не заполнив форму. Большое значение при этом имеет также правильная конструкция формы и расположение литников.

При конструировании форм необходимо учитывать усадку полиамидов, колеблющуюся от 1 до 2,5% и зависящую от величины удельного давления, температуры расплава, формы конструкции и толщины изделия, склонности полимеров к кристаллизации, армировки, конструкции литниковой системы. Для уменьшения усадки полиамиды должны находиться в форме под давлением до полного отверждения.

Важнейшим фактором, определяющим физико-механические свойства изделий из полиамидов, является структура полимера. Структура полиамидов в готовом изделии определяется главным образом условиями переработки. Для получения изделий с равномерной кристаллической структурой необходимо впрыскивать расплав в нагретую форму.

При быстром охлаждении тонкостенных деталей получаются изделия с преобладанием аморфной структуры, которая обусловливает их повышенную гибкость и эластичность.

При изготовлении толстостенных деталей или деталей сложной конфигурации трудно получить однородную кристаллическую структуру. Вследствие низкой теплопроводности полиамидов и небольшого интервала температур перехода полимера из расплава в твердое состояние верхний затвердевший

слой является как бы изоляцией для внутренних слоев материала и по толщине изделия наряду с аморфной структурой образуются сферолиты различной величины. В результате этого возникают внутренние напряжения, приводящие к растрескиванию изделий.

Для получения изделий с равномерной мелкокристаллической структурой в полиамиды вводят различные добавки, проводят дополнительную термическую обработку деталей в инертных жидкостных средах. В качестве инертных жидкостей рекомендуется применять минеральные масла, парафин, церезин, кремнийорганические жидкости.

Термообработку следует проводить при температуре, при которой кристаллизация происходит с наибольшей скоростью. Для полиамидов она лежит в пределах 180—195° С. Продолжительность обработки составляет приблизительно 10—15 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. После прогрева изделие следует медленно охлаждать (целесообразно в жидкости, в которой проводилась термообработка). Обработанные таким образом детали из полиамидов почти не имеют внутренних напряжений, отличаются большей твердостью, жесткостью, износостойкостью.

При термообработке происходит дополнительная усадка материалов: для П-АК7 она составляет около 0,4%, для полиамида П-68 — около 0,08% и для капрона — около 1%.

В некоторых случаях для увеличения прочности конструкции и точности выдерживания заданных размеров изделий, применяют армирование. Конструкция арматуры должна предусматривать надежное сцепление полиамида с металлом и удобную фиксацию ее в форме. Это достигается накаткой поверхностного слоя арматуры, применением профилированных пазов и фиксирующих отверстий в арматуре. Армирование полиамидных деталей дает возможность изготовлять узлы с повышенным классом точности.

Наполненные полиамиды перерабатываются в изделия теми же методами, что и ненаполненные. Наполнители снижают усадку изделий.

Профильные изделия из полиамидов (ленты, листы, трубы, шланги, профили, кабельная изоляция, а также пленки) изготовляют на экструзионных машинах со специальной конструкцией червяка.

Методом экструзии перерабатывают полиамиды с более высоким молекулярным весом, чем литьем под давлением. Если при переработке полиамидов литьем под давлением используют полимеры с удельной вязкостью 0,5%-ного раствора в трикрезоле от 0,65 до 1, то при экструзии следует использовать полиамиды с удельной вязкостью не менее 1,2. Отношение диаметра червяка к его длине должно быть не менее 1 : 16—1 : 20. Готовое изделие поступает в ванну с охлаждающей водой. Зеркало воды должно быть расположено возможно ближе к головке экструдера.

Полиамидные пленки помимо экструзии изготавливают также из расплава. В этом случае расплав полимера (например, поликапроамида) из полимеризационной колонны непрерывно поступает через фильеру с шириной щели 0,3 *мм* в виде полотна на охлаждающий барабан и ширительную машину, где происходит растяжение пленки приблизительно в 4 раза, ее ориентация и упрочнение.

Крупногабаритные изделия из полиамидов изготавливают центробежным литьем. Расплав полиамида поступает во вращающуюся со скоростью 1200—5000 *об/мин* камеру, имеющую форму изделия. Таким методом можно получать, например, зубчатые колеса, поршневые кольца, вкладыши подшипников и др.

Полиамиды хорошо обрабатываются фрезерованием, точением, сверлением. На рис. 20, 21 показаны изделия из полиамидов, подвергнутые механической обработке.

Инструменты для обработки изготовляют из быстрорежущей стали и снабжают шлифованными лезвиями. При механической обработке поверх-

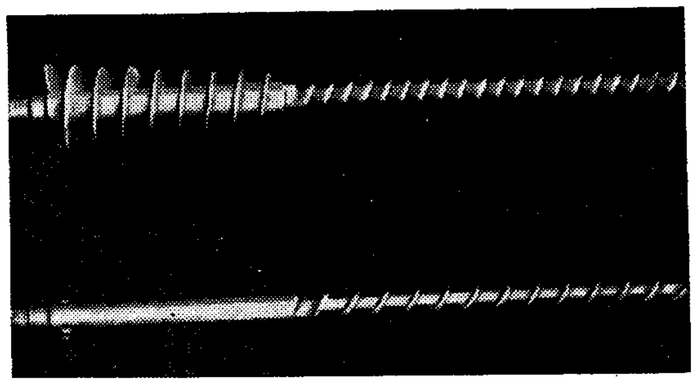


Рис. 20. Шнек-винт, полученный механической обработкой заготовки капрона с последующей полировкой.

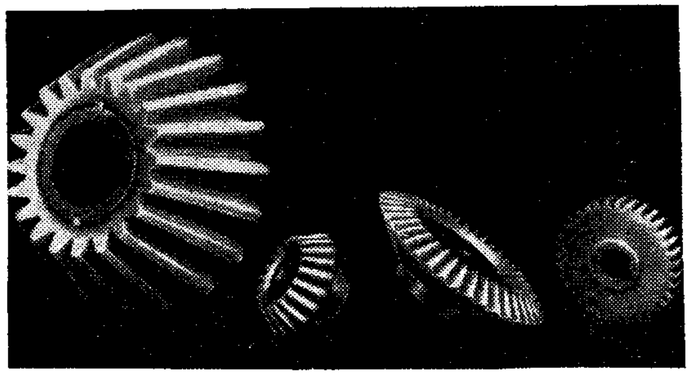


Рис. 21. Шестерни из капрона с механически обработанными зубьями.

ность полиамида во избежание разогрева необходимо охлаждать сжатым воздухом, эмульсиями. Токарные резцы для обработки должны быть заточены так, чтобы получались гладкие стружки.

Для сверления лучше всего применять спиральные сверла с большими ходами. Свободный угол должен быть больше обычного. При получении глубоких отверстий сверло рекомендуется несколько раз вынимать для охлаждения и смазывать маслом.

Шлифуют и полируют полиамиды с небольшим усилием надавливания. Хорошим шлифующим материалом является мел.

Применение полиамидов

Высокая прочность и эластичность, стойкость к износу позволили использовать полиамиды для производства тончайших тканей, меха, ковров, искусственной кожи, кордных тканей. Удачное сочетание высокой механической прочности, малой плотности с хорошими антифрикционными и электроизоляционными свойствами, коррозионной и химической стойкостью (особенно по отношению к эфирам, маслам и различного вида горючим), способностью поглощать и гасить вибрации сделало полиамиды одним из

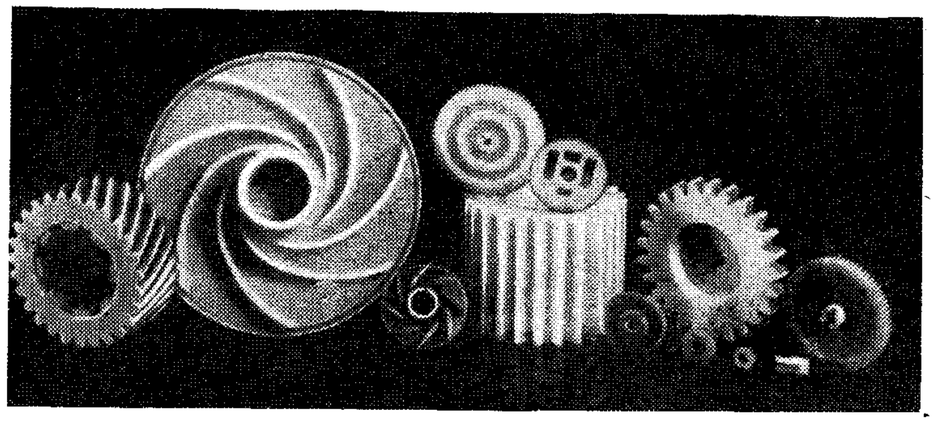


Рис. 22. Детали антифрикционного назначения из полиамидов.

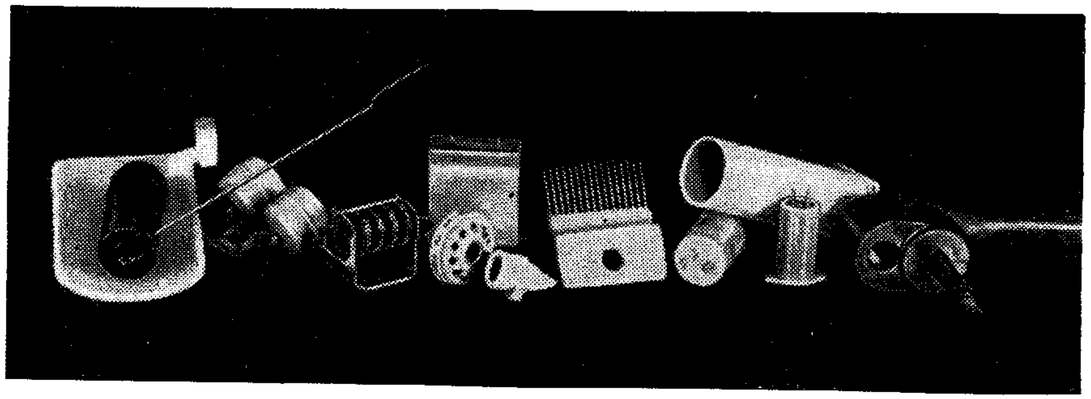


Рис. 23. Детали из полиамидов, применяющихся в приборостроении.

важнейших конструкционных материалов для машино- и приборостроения, автомобильной и авиационной промышленности (рис. 22, 23). Из полиамидов изготовляют шестерни, вкладыши подшипников, различные детали крепежа, лопасти судовых гребных винтов, вентиляторов, рукоятки, втулки, детали электроизоляционного назначения, медицинские инструменты, пленочные материалы, покрытия, обладающие химической стойкостью, пропиточные составы, клеи, отвердители и пластификаторы эпоксидных смол.

Полиамидные подшипники и другие трущиеся детали могут работать без смазки или с небольшой смазкой. В связи с этим применение трущихся деталей из полиамидов особенно рационально в текстильной и пищевой промышленности, где по условиям работы смазка нежелательна, а также в узлах, смазка которых затруднена. Детали из полиамидов выдерживают нагрузки, близкие к нагрузкам, допустимым для цветных металлов и их сплавов. Достоинством полиамидов является высокое сопротивление износу: в 6—10 раз большее, чем у металлов. В узлах трения лучше всего зарекомендовали себя полиамиды в паре с закаленной сталью или с полиамидом. В паре с алюминием или цветными металлами их применять не следует, так как алюминий, окисляясь, работает как абразивный материал.

Шестерни из полиамидов можно использовать при давлении до 25 *кГ* на 1 *см* ширины зуба. Шестерни из капролона выдерживают нагрузки в 1,5 раза большие.

Полиамид П-68 с успехом применяется для изготовления зубчатых передач в приборостроении (в электросчетчиках, осциллографах, электронных машинах и др.), вместо бериллиевой бронзы, оловянисто-сурмянистомедного сплава и др. Применение полиамидов исключает влияние фретитинг-коррозии (коррозионного истирания), удлиняет срок службы, уменьшает шум и снижает стоимость приборов.

Покрытия из полиамидов

Полиамиды имеют низкую теплопроводность [0,18—0,29 *ккал/(м · ч · град)*], поэтому отвод тепла из зоны трения затруднен. Для нормальной работы рекомендуется использовать детали из полиамидов с небольшой толщиной стенок. Практически это осуществляется нанесением на металлические поверхности тонкослойных покрытий из порошкообразных полиамидов. (При этом наряду с улучшением отвода тепла повышается стабильность размеров деталей.)

Порошкообразные полиамиды получают путем механического измельчения монолитных твердых гранул. Измельчение производят при глубоком охлаждении в агрегатах специальной конструкции. Эта операция является довольно трудоемкой, так как вследствие высокой упругости и большой ударной прочности полиамиды плохо поддаются измельчению. Второй способ получения порошков состоит в высаждении полиамидов из растворов. Наиболее подходящим растворителем для этих целей служит ε-капролактам: он не вызывает коррозии аппаратуры и деструкции полимера, приблизительно на 90% регенерируется и позволяет получать растворы высокой концентрации.

Покрытия из полиамидных порошков наносят в основном двумя методами: газопламенным напылением — на крупногабаритные детали и вихревым спеканием — на детали небольшого размера. Преимуществом метода вихревого спекания является то, что порошок не находится непосредственно в пламени и, следовательно, не подвергается окислению. Полиамидные порошки хорошо наносятся на различные сорта стали, алюминий и его сплавы, чугун (рис. 24).

Адгезия полиамида к стали составляет около 350—500 *кГ/см²*. К цветным металлам и их сплавам — меди, бронзе, латуни, свинцу — полиамиды имеют меньшую адгезию. Перед нанесением покрытий металлические детали тщательно очищают от загрязнения, пескоструят и обезжиривают. В полиамидные порошки перед напылением можно вводить антифрикционные

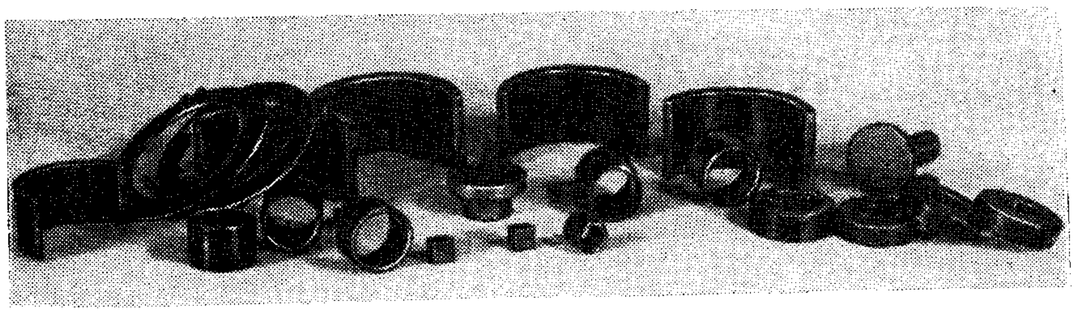


Рис. 24. Металлические детали с антифрикционным слоем полиамида, полученные методом вихревого спекания.

наполнители при условии, что размер частиц наполнителя не превысит размер частиц порошка. Наполнители уменьшают адгезию полиамида к металлу, поэтому рекомендуется первый слой наносить из ненаполненного полиамида.

Для получения окрашенных покрытий в порошки вводят пигменты или красители, выдерживающие без разложения высокие температуры. Наибольшее распространение получили неорганические пигменты, такие, как двуокись титана (белый цвет), сульфид кадмия (желтый цвет), смесь сульфида и селенида кадмия (красный цвет), фталоцианиновые красители (зеленый, синий и др.).

Полиамидные покрытия наносят на детали различной конфигурации — втулки, вкладыши, подшипники, фланцы, лопасти вентиляторов, крыльчатки насосов и т. д. Покрытия устойчивы к органическим растворителям (бензин, керосин, ацетон и т. д.), жирам, маслам.

Детали с тонкослойными покрытиями из полиамидов не рекомендуется эксплуатировать в средах с повышенной влажностью, так как вследствие набухания покрытия и его водопроницаемости с течением времени покрытие отслаивается от металла. Преимуществом применения тонкослойных покрытий на металлах является возможность многократного их нанесения после износа на одну и ту же деталь.

Пленки и лаки на основе полиамидов

Полиамидные пленки и лаки выпускаются следующих марок.

Пленка полиамидная ПК-4 (ТУ УХП 17—58). Изготовляется из поликапроамида. Представляет собой прозрачный или матовый материал без посторонних включений и пятен. Выпускается трех марок: А, Б, В.

Пленка должна отвечать следующим требованиям:

	А	Б	В
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее			
в продольном направлении	250	150	150
» поперечном »	800	600	600
Вес 1 *м²* пленки, *Г*	50—70	50—90	90—120
Ширина, *мм*	1200—1300	1200—1300	1200—1300
Толщина, *мм*	0,05—0,07	0,05—0,09	0,09—0,12

Пленка применяется в различных отраслях промышленности.

Пленка полиамидная стабилизированная для сельского хозяйства (ВТУ 35-ХП-578—63). Представляет собой продукт полимеризации ε-капролактама с добавками в качестве стабилизаторов KI, KBr, NaI, NaBr (пленка ПК-4С) или анилино-феноло-формальдегидной смолы (пленка ПК-4ФФ).

Пленка выпускается прозрачной (окраска обусловлена введением стабилизатора) следующих размеров:

Ширина, *мм*	1200—1300
Толщина, *мм*	0,05—0,09

Пленка должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	
в продольном направлении	150
» поперечном »	600

Пленка применяется в качестве светопрозрачного покрытия при выращивании ранних овощных культур.

Пленка МПФ-1 (ТУ М-799—58). Пленку получают на поливочных машинах из клея МПФ-1 концентрации 25—30%. Пленка должна быть прозрачной, от желтого до светло-коричневого цвета.

Пленка МПФ-1 должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности клеевых соединений при сдвиге, *кГ/см²*, не менее	
при 20° С	150
» 60° С	75
Предел прочности клеевых соединений при испытании на неравномерный отрыв при 20° С, *кГ/см²*, не менее	50
Содержание летучих, %, не более . . .	6
Толщина, *мм*	$0{,}2^{+0{,}04}_{-0{,}02}$
	$0{,}1 \pm 0{,}05$

Пленка МПФ-1 применяется для склеивания металлов между собой и с неметаллическими материалами в конструкциях, работающих под нагрузкой в интервале температур ±60° С, а также как герметизирующий изоляционный материал для производства искусственной кожи.

Пленка МПФ-1 выпускается в рулонах; в рулоне допускаются отрезки длиной не менее 3 *м* при ширине не менее 50 *см*. При наматывании в рулоны пленка обязательно прокладывается пергаментом или калькой. Рулоны пленки помещают в мешки из поливинилхлоридного пластиката и затем в плотнозакрывающиеся деревянные ящики. Рулоны хранят в сухом складском неотапливаемом помещении. Не допускается попадание на пленку воды, масел и различных растворителей.

Полиамидный пленочный материал 10Л-2 (МРТУ М-841—62). Представляет собой пленку ПК-4, с двух сторон защищенную покрытием из пластифицированного полиамида П-548, на подслое из метилолполиамидной смолы ПФЭ 2/10.

Материал 10Л-2 — полупрозрачная бесцветная или светло-коричневая пленка, поверхность ее может быть гладкой, матовой, местами гофрированной.

Размеры пленки:

Длина, *см*	2500—5000
Ширина, *см*	90±10
Толщина, *мк*	130±10
Вес 1 *м²* пленки, *Г* . . .	140±20

Пленка 10Л-2 должна удовлетворять следующим требованиям:

	Исходные показатели	После пребывания в течение 5 суток в агрессивной среде
Разрывная прочность на 1 *пог. м*, *кГ*, не менее		
в продольном направлении . .	300	225
» поперечном » . .	800	600
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее		
в продольном направлении . .	250	200
» поперечном » . .	70	60
То же после выдержки 15—20 *мин* при —20° С, %, не менее	25	—
Содержание летучих, %, не более	5—9	—

Полиамидный пленочный материал АР-27Т (ТУ НИИПМ П-362—63). Представляет собой пленку ПК-4, армированную капроновой тканью, с покрытием из полиамида П-548.

По внешнему виду — непрозрачная пленка белого цвета с оттенком от серого до розового. Поверхность с одной стороны глянцевая, с другой — шероховатая. Допускаются складки и отдельные вкрапления размером не более 1 *мм*.

Размеры пленки:

Длина, *см*	1000—5000
Ширина, *см*	80±10
Толщина, *мк*	190±20
Вес 1 *м*² пленки, *Г*	160±20

Материал АР-27Т должен удовлетворять следующим требованиям:

Разрывная прочность на 1 пог. *м*, *кГ*, не менее	
в продольном направлении	1000
» поперечном »	1400
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	
в продольном направлении	20
» поперечном »	30
Степень набухания в агрессивной среде, %, не более	10

Полиамидный пленочный материал АР10Л-2К (ТУ НИИПМ П-486—66). Представляет собой пленку ПК-4, армированную капроновой тканью с покрытием из пластифицированного полиамида П-548, на подслое из метилолполиамидного лака ПФЭ-2/10.

Пленка выпускается белого цвета с желтоватым оттенком, поверхность с одной стороны глянцевая, с другой — шероховатая.

Размеры пленки:

Длина, *см*	1000—5000
Ширина, *см*	80±10
Толщина, *мк*	210±20
Вес 1 *м*² пленки, *Г*	160±20

Ширина материала определяется шириной капроновой ткани, армирующей пленку.

К пленке Ар10Л-2К предъявляются следующие требования:

Разрывная прочность на 1 *пог. м*, *кГ*, не менее	
в продольном направлении	1200
» поперечном »	1400
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	
в продольном направлении	30
» поперечном »	40
Содержание летучих, %, не менее	3

Полиамидный пленочный материал Р-27 (ТУ НИИПМ П-488—66). Представляет собой пленку ПК-4, с обеих сторон защищенную покрытием из полиамида П-548. Выпускается в виде полупрозрачной пленки от бесцветной до светло-коричневой. Поверхность может быть гладкой, матовой, местами гофрированной. На поверхности допускается наличие воздушных пузырьков размером не более 0,2 *мм*, посторонние включения размером не более 0,5 *мм* и отдельные ворсинки.

Размеры пленки:

Длина, *см*	2500—5000
Ширина, *см*	90±10
Толщина, *мк*	100±10
Вес 1 *м*² пленки, *Г*	110±20

Материал Р-27 должен удовлетворять следующим требованиям:

	Исходные показатели	После пребывания в течение 5 суток в агрессивной среде
Разрывная прочность на 1 пог. *м*, *кГ*, не менее		
в продольном направлении	300	225
» поперечном »	800	600
Относительное удлинение при разрыве %, не менее		
в продольном направлении	250	200
» поперечном »	50	50
То же после выдержки 15—20 *мин* при —20° С, %, не менее	25	—
Содержание летучих, %	5—9	—

Полиамидные пленочные материалы 10Л-2, АР-27Т, АР10Л-2К и Р-27 предназначены для изготовления эластичных емкостей, работающих в агрессивных средах.

Пленки хранятся в сухом помещении при температуре от —20 до +30° С. Пленку наматывают на картонные бобины, обертывают упаковочной бумагой, укладывают в полиэтиленовые мешки и помещают в мешки из прорезиненной ткани. Мешки упаковывают в деревянные ящики.

Полиамидные лаки 548 и 54 (МРТУ 6-05-1033—66). Представляют собой прозрачные растворы полиамидов в спирто-водной смеси, не содержащие посторонних включений и нерастворившихся частиц смолы.

Пленки, отлитые из лаков 548 и 54, должны удовлетворять следующим требованиям:

	Лак 548	Лак 54
Предел прочности при растяжении пленки толщиной 0,1±0,02 *мм*, *кГ*/*см*², не менее	300	300
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	250	250
Содержание смолы, %	20±2	20±2
Стабильность растворов, не менее	1 месяца	5 суток

Лаки применяются для изготовления пленок, склеивания, пропитки тканей, а также для бензостойких защитных покрытий.

Хранение и транспортировка лаков производятся согласно правилам перевозки и хранения огнеопасных веществ. Лаки хранят в закрытой таре при 20—35° С (в закрытом помещении или на площадке, защищенной от непосредственного воздействия солнечных лучей в летнее время). Срок хранения лака 548 при температуре 20—35° С (включая время транспортировки) не должен превышать одного месяца, а лака 54 — не более 5 суток.

По истечении этого срока лак (в случае коагуляции смолы) следует разогреть при 40—50° С и перемешать до получения прозрачного раствора.

Стабилизированный и пластифицированный лак ПКРТ-3 (ТУ 35-ХП-429—62). Представляет собой спирто-водный раствор полиамидной смолы 54, 548 или 548/27 с пластификатором КПТ и стабилизатором ПР-3. По внешнему виду — вязкая прозрачная жидкость коричневого цвета.

Применяется для изготовления масло-, бензо- и бензолостойких герметизирующих материалов.

Плёнки, отлитые из лака ПКРТ-3, должны удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении пленки толщиной 0,1±0,02 *мм*, *кГ/см²*, не менее	200
Относительное удлинение при разрыве пленки толщиной 0,1±0,02 *мм*, %, не менее	250
Сухой остаток, %	29±2

Готовый лак ПКРТ-3 хранится в плотно закрытой таре в закрытом помещении с температурой воздуха не ниже +5° С. В процессе хранения лак может коагулировать (загустеть), и перед применением такого лака его следует разогреть при 40—60° С, после чего лак снова приобретает подвижность при полном сохранении свойств.

Полиамидные пленочные материалы обладают высокими показателями физико-механических свойств, эластичностью, повышенной газонепроницаемостью, способностью пропускать ультрафиолетовые лучи, низкой теплопроводностью, стойкостью к жирам, маслам и ароматическим углеводородам, слабым и концентрированным щелочам. Растворяются они в фенолах, в концентрированных минеральных кислотах, уксусной и муравьиной кислотах. Пленки не имеют запаха, вкуса, устойчивы против плесневых грибков и бактерий.

Пленки могут быть получены из расплава или из растворов. Пленки из однокомпонентных полиамидов, например поликапроамида (пленка ПК-4), получают из расплава методом полива его на барабан с последующей вытяжкой в одном или двух направлениях или экструзией.

Для увеличения прочности пленки армируются различными синтетическими тканями.

Полиамиды, перерабатываемые экструзией, должны иметь стабильную вязкость расплава. Выходящий из сопла экструдера шланг (рукав) при помощи инертного газа (азота или двуокиси углерода), вводимого внутрь сопла, раздувается в пленку. Для уменьшения разнотолщинности пленки ее дополнительно вытягивают в одном или двух направлениях.

Пленки из смешанных полиамидов получают методом отлива из спиртовых или спирто-водных растворов на поливочных машинах.

Недостатком полиамидных пленок является ухудшение механических свойств при совместном воздействии на них света, воздуха, тепла и влаги. При этом пленки становятся более жесткими; уменьшается относительное удлинение при разрыве и морозостойкость, появляется хрупкость. Для продления срока службы полиамидных пленок рекомендуется применять различные стабилизаторы.

Стабилизированная и пластифицированная пленка ПКРТ-3 в 4—7 раз меньше подвержена старению, чем пленка из П-548. Морозостойкость ее выше на 15—20° С.

Полиамидные пленки сваривают токами высокой частоты или склеивают клеем ПК-5.

Физико-механические свойства полиамидных пленок приведены на стр. 251.

Физико-механические свойства полиамидных пленочных материалов

Пленка	Температура испытания, °С	Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*		Относительное удлинение при разрыве, %		Предел текучести *кГ/пог.м*		Морозостойкость (на приборе ЦАГИ), °С	Степень набухания за 24 ч, %		Газопроницаемость *г/м.м* за 24 *ч* с 1 *м²*	Атмосферостойкость сутки	Модуль эластичности при изгибе *кГ/см²* (на приборе ЦАГИ)
		в продольном направлении	в поперечном направлении	в продольном направлении	в поперечном направлении	в продольном направлении	в поперечном направлении		в воде	в керосине			
Пленка 548 (100—130 *мк*)	+20	350—425		350—400				—	10—11	0,2	0,3—1,5		120
	—10	550—600		25— 30				—	—	—	—		80
	—30	800—840		10— 12				—	—	—	—		50
Пленка 54 (100—130 *мк*)	+20	400—450		300—350				—	10—12	0,2	0,3—1,5		100
	—10	450		—				—	—	—	—		80
	—30	900		16				—	—	—	—		50
Пленка ПКРТ-3 (150—180 *мк*)	+20	200—250		400—450				—	10—12	2,9	0,3—1,5	150—200	120
	—10	300—325		350—400				—	—	—	—	—	80
	—30	350		250—300				—	—	—	—	—	50
Пленка ПК-4 серийного производства (70—80 *мк*)	+20	200—250	1000—1400	400—500	80—200	100—125	400—450	35	10—11	0,8	0,0	30—40	120
	—10	700—900	1500—2000	45—50	50—60	—	—	25	—	—	—	—	80
	—30	800—1000	2000—2500	16—30	16—30	—	—	—	—	—	—	—	50
Пленочный материал 10Л-2 (120—130 *мк*)	+20	300—500	1000—1500	400—500	70—120	—	—	—	10—11	—	—	—	100
	—20	470—600	1200—1600	60—100	60—80	—	—	35	—	—	0,0	150	80
	—35	600—700	1400	30—80	30—80	—	—	—	—	—	—	200	50
Пленочный материал Р-27 (100—120 *мк*)	+20	250—480	1000—1500	350—480	70—100	200	400	25	10—11	0,80	0,0	30—40	120
	—20	480—680	1200—1400	45—50	45—50	220	450	—	—	—	—	—	80
	—35	600—700	1400—1700	16—20	16—20	200	400	—	—	—	—	—	50
Пленочный материал АР10Л-2К (160—180 *мк*)	+20	1000—1200	1000—1200	15—20	15—20	220	450	35	10—11	—	—	150—200	120
						1000—1200	1000—1200	—	—	—	—	—	80
Пленка ПФЭ 2/10	+20	200—250		500—600		—	—	25	2—2,5	—	0,05	—	50
	—30	500—600		100—125									30

Клеи на основе полиамидов

Полиамидные клеи выпускают следующих марок:

Полиамидный клей ПК-5 (ТУ УХП 101—59). Представляет собой раствор поликапроамида в смеси резорцина и этилового спирта. По внешнему виду — это прозрачная жидкость коричневато-красного цвета. Применяется для склеивания изделий из пленки ПК-4.

Клей ПК-5 должен удовлетворять следующим требованиям:

Прочность склеивания пленки с пленкой, *кГ/см*, не менее	5
Сухой остаток, % не менее	40
Вязкость по ВЗ-4, *сек*, не менее	16

В случае повышения вязкости лака допускается разведение его этиловым спиртом.

Клей ПК-5 хранят в стеклянной или оцинкованной плотно закрытой таре в темном прохладном помещении при температуре не ниже +5° С. Срок хранения 3 месяца, после чего клей подвергают повторным испытаниям.

Клей ПФЭ 2/10 (ТУ УХП-268—60). Представляет собой полупрозрачный спиртовой раствор метилолполиамидной смолы с отвердителем или без него. Отвердитель — спиртовой раствор (1 : 1) малеиновой кислоты 35%-ной концентрации — изготовляется отдельно и вводится в массу непосредственно перед склеиванием в количестве 10% (в пересчете на сухие вещества).

Плёнка из клея ПФЭ 2/10 должна удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	100
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	150
Содержание сухого остатка, %	20—30

Клей ПФЭ 2/10 применяют для склеивания при комнатной и повышенной температуре алюминия и дуралюмина, силикатного стекла, органического стекла марки 1-53, дерева, кожи, бумаги, химически обработанной пористой и сплошной резины, кожи с резиной, полиамидных пленок, тканей. Клей может применяться для нанесения защитных покрытий на указанные материалы, а также на керамику и бетон. Покрытия устойчивы к углеводородам, маслам, жирам, концентрированным щелочам.

Ниже приводятся данные о прочности склеивания различных материалов клеем ПФЭ 2/10:

	Предел прочности при сдвиге *кГ/см²*
Сталь со сталью	100
Латунь с латунью	190
Медь с медью	100
Дуралюмин с дуралюмином	90
Дерево с деревом	60—70
Полиакрилат марки 1-53 с алюминием	50
Серебро с серебром	100
Текстолит с текстолитом	90
Полиакрилат с полиакрилатом марки 1-53	100
Аминопласт с аминопластом	100

Клей хранится при температуре 10—30° С (в закрытом помещении или на площадке, защищенной от непосредственного воздействия солнечных лучей в летнее время). Срок хранения 6 месяцев.

Клей МПФ-1 (МРТУ 6-800—61). Представляет собой спиртовой раствор метилолполиамидной смолы ПФЭ 2/10 и бакелитового лака марок А и Б.

Клей МПФ-1 в зависимости от применения выпускается двух видов: А — для применения в жидком виде, Б — для изготовления пленки.

По своим свойствам клей должен удовлетворять следующим требованиям:

	А	Б
Внешний вид	Прозрачная вязкая однородная жидкость, не содержащая посторонних включений и нерастворимых частиц	Прозрачная или полупрозрачная вязкая однородная жидкость, не содержащая посторонних включений и нерастворимых частиц
Цвет	От желтого до темно-коричневого	
Содержание сухого остатка, %	20—27	25—30
Вязкость по ВЗ-1, *сек*	30—70	62—160
Предел прочности клеевых соединений при сдвиге, *кГ/см²*, не менее		
при 20° С	150	150
» 60° С	75	75

Клей МПФ-1 применяется для склеивания металлов между собой и с неметаллическими материалами в изделиях с температурой эксплуатации от +60° С до — 60° С, а также для изготовления клеевой пленки МПФ-1.

Склеиваемые поверхности изделий должны быть ровными и хорошо пригнанными. Поверхность изделий, подлежащих склеиванию, промывают (обезжиривают) бензином «Галоша» или Б-70, выдерживают на воздухе в течение 15 *мин*, после чего промывают ацетоном и выдерживают 5 *мин*.

Склеивание изделий производят в рычажном прессе. Клеевой раствор наносят на обе склеиваемые поверхности образца в два слоя движением кисти в одну сторону (во избежание вспенивания), при этом необходимо следить, чтобы все склеиваемые поверхности были покрыты равномерным сплошным слоем клея. Расход клея на каждый слой устанавливают из расчета 150—200 *г/м²* склеиваемой поверхности.

После нанесения первого слоя клея образец выдерживают на воздухе при 15—30° С в течение 30 *мин*, затем в термостате при 50—60° С в течение 15 *мин*.

После охлаждения образцов (до комнатной температуры) наносят второй слой клея и выдерживают в течение 20 *мин* на воздухе при 15—30° С, в течение 15 *мин* в термостате при 50—60° С и в течение 15 *мин* в термостате при 80—90° С. После охлаждения изделий склеиваемые поверхности соединяют в кассете рычажного пресса. При запрессовке необходимо обеспечить равномерность распределения давления по всей склеиваемой площади и не допускать перекоса склеиваемых изделий; удельное давление при этом должно поддерживаться в пределах 2—3 *кГ/см²*. После этого образцы охлаждают под давлением до 50—60° С и распрессовывают.

Показатели прочности клея МПФ-1 при склеивании дуралюмина с дуралюмином приведены ниже:

	Температура, °С		
	−60	+20	+60
Предел прочности, *кГ/см²*			
при отрыве . . .	480	320	140
» неравномерном отрыве	36	65	42
» сдвиге . . .	130	175	95
после пребывания в воде в течение 30 суток .	—	40	20
после нагревания при 60° С в течение:			
100 *ч*	—	170	—
200 *ч*	—	170	—
500 *ч*	120	170	—

Клей МПФ-1 поставляют в чистых сухих бидонах из оцинкованного или луженого железа, дуралюмина или белой жести, а также в стеклянных бутылях.

Тара должна герметически закрываться. Бутыли помещают в корзины или деревянные обрешетки, выложенные внутри соломой или древесной стружкой.

Хранение и транспортировку клея МПФ-1 производят в соответствии с правилами перевозки и хранения огнеопасных веществ. Клей хранят в герметичной таре в закрытом сухом помещении. Срок хранения 6 месяцев.

Метилолполиамиды наряду с ценными свойствами, характерными для всех полиамидов (высокой механической прочностью, стойкостью к действию ароматических и хлорированных углеводородов, концентрированных щелочей, масел, плесени и бактериям) обладают хорошими адгезионными свойствами и используются в качестве клеев. Адгезионные свойства метилолполиамидов обусловлены наличием в цепи метилольных групп. Введение боковых метилольных групп в макромолекулу повышает эластичность и стабильность растворов. Раствор клеевой смолы остается стабильным неограниченно долго. Покрытия и пленки могут работать длительное время при температурах от −25 до +150° С.

При варьировании соотношения исходных компонентов, величины и природы углеводородного радикала, используемого в реакции спирта, а также в результате модификации метилолполиамидных смол другими высокомолекулярными соединениями получаются полимеры с различными физико-механическими и химическими свойствами. Они применяются в качестве клеев, защитных покрытий, связующих и пропиточных материалов. Метилолполиамиды в отличие от полиамидов являются термореактивными материалами, т. е. способны отверждаться и переходить в неплавкое и нерастворимое состояние при нагревании или при действии таких катализаторов, как щавелевая, малеиновая и другие кислоты.

Отвержденные метилолполиамиды обладают повышенной термостойкостью, не растворяются в спиртах и спиртоводных смесях. Метилолполиамиды склеивают металлы (цветные и черные), стекло силикатное и органическое, кожу, ткани, керамику, бетон, дерево, некоторые пластмассы.

Связующие и стеклопластики на основе полиамидов

Полиамиды обладают незначительной адгезией к стеклу, недостаточно тверды и водостойки. Однако при совмещении их с дифенилолпропаном и эпихлоргидрином можно получать термореактивные полиамидоэпоксидные полимеры с улучшенными адгезионными свойствами и незначительным водопоглощением. Эти полимеры используются в качестве связующих для стеклопластиков.

Полиамидоэпоксидная смола марки ПЭМ-2 выпускается в виде 25—30%-ного спиртового раствора (ВТУ П170—59). Она отверждается при 160° С в течение 40—50 *сек.* ПЭМ-2 применяют в качестве связующего для слоистых пластиков, а также для склеивания стали, алюминия, стекла и других материалов.

Для изготовления стеклопластика на основе смолы ПЭМ-2 (20—28%) и ткани из бесщелочного стекла полотняного переплетения марки Т рекомендуется следующий режим прессования:

Выдержка при прессовании, *мин*	15
Давление прессования, *кГ/см²*	50—60

Показатели физико-механических свойств стеклопластика приведены ниже:

Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	3000—4200
» сжатии	4700—6500
» изгибе	3400—4000
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*	$23{,}4 \cdot 10^4$—$35 \cdot 10^4$
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	265—350
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²* . . .	38—45
Удельное электрическое сопротивление:	
поверхностное, *ом*	10^{13}
объемное, *ом · см*	10^{14}—10^{15}
Теплостойкость по Мартенсу, °С . . .	160—180
Водопоглощение, %	
за 1 сутки	0,48
» 7 суток	1,235

Физико-механические свойства стеклопластиков не изменяются при длительной эксплуатации до 200° С и при кратковременной до 300° С.

НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПОЛИАМИДЫ

Промышленность выпускает несколько марок низкомолекулярных полиамидов под общим названием олигоамиды. Низкомолекулярные полиамиды получают из димеризованных кислот растительных масел и различных полиэтиленполиаминов, таких как этилендиамин, диэтилентриамин, триэтилентетрамин, тетраэтиленпентамин и др.

Низкомолекулярные полиамиды марок Л-18, Л-19, Л-20 (ТУ НИИПМ П-299—64) и марок С-18, С-19, С-20 (ТУ НИИПМ П-372—64). Полиамиды Л-18, Л-19, Л-20 представляют собой продукты конденсации димеризованных метиловых эфиров жирных кислот льняного масла и различных фракций полиэтиленполиамина.

Полиамиды С-18, С-19, С-20 — продукты конденсации димеризованных метиловых эфиров жирных кислот соевого масла и различных фракций поли-

этиленполиамина. По внешнему виду — это прозрачные вязкие жидкости от желтого до бурого цвета.

Низкомолекулярные полиамиды являются нетоксичными отвердителями эпоксидных смол и соединений, содержащих эпоксидные группы, и вместе с ними применяются для изготовления заливочных компаундов, клеев и связующих для стеклопластиков. Применяются для горячего и холодного отверждения эпоксидных смол.

По своим свойствам низкомолекулярные полиамиды должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	С-18	С-19	С-20	Л-18	Л-19	Л-20
Аминное число	95—120	130—150	175—210	90—120	120—160	175—220
Вязкость по вискозиметру Хепплера при 20° С, *сп*	5000—30 000	3000—15 000	3000—15 000	10000—50 000	10 000—35 000	5000—25 000
Плотность при 20° С, *г/см*³	0,95	0,95	0,96	0,97	1,02	1,03

Низкомолекулярные полиамиды хранятся в герметичных алюминиевых или жестяных бидонах в сухом закрытом складском помещении при температуре не ниже —5° С.

Низкомолекулярный полиамид ЛТ-13 (ТУ НИИПМ П-452—65). Представляет собой продукт поликонденсации полимеризованных эфиров жирных кислот льняного масла и этилендиамина. По внешнему виду — твердые, зеркальные в изломе куски или плитки коричневого цвета без обнаруживаемых невооруженным глазом включений.

По своим показателям полиамид ЛТ-13 должен удовлетворять следующим требованиям:

Температура плавления, °С	95—105
Аминное число	4—16
Число омыления	15—32
Температура каплепадения по Убеллоде, °С	93—117
Стабильность расплава при 140° С, *ч*, не менее	1

Применяется как термопластичный клеящий материал, обладающий адгезией к коже, ткани, металлам, бумаге и т. д.

ЛТ-13, упакованный в четырехслойные бумажные мешки, хранят в сухом закрытом складском помещении при температуре не ниже —5 и не выше +30° С.

Олигоамиды легко совмещаются с эпоксидными смолами, являясь их отвердителями и пластификаторами. Благодаря наличию полярных амино-, имино- и амидогрупп олигоамиды улучшают адгезионные свойства эпоксидов, которые применяются для склеивания различных материалов.

Физико-механические свойства полиамидно-эпоксидных композиций приведены ниже:

	Эпоксидная смола ЭД-5, отвержденная: Л-19	С-19
Предел прочности, *кГ/см²* при сжатии	900—1300	750—800
» статическом изгибе	700—1000	800—900
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	13—20	15—25
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	15—20	12—15
Удельное электрическое сопротивление поверхностное, *ом*	10^{15}—10^{16}	10^{15}—10^{16}
объемное, *ом · см*	10^{14}—10^{16}	10^{15}—10^{16}
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	3—4	3,2—3,8
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,008—0,010	0,009—0,010
Электрическая прочность, *кв/мм*	15—25	18—25
Теплостойкость по Вика, °С	100—120	95—105
Водопоглощение после выдержки в воде в течение 7 суток, %	0,30	0,40

Прочность склеивания различных материалов

Состав клея	Склеиваемый материал	Предел прочности, *кГ/см²*: через 1 сутки	через 3 суток	через 7 суток	через 15 суток	после нагревания при 80° С в течение 6 *ч*
		при отрыве				
ЭД-5 / Л-19	Дуралюмин — дуралюмин	120	240	230	310	420
	Сталь — сталь	120	290	—	340	350
ЭД-5 / Л-20	Дуралюмин — дуралюмин	140	285	290	270	375
	Сталь — сталь	185	360	350	350	340
		при сдвиге				
ЭД-5 / Л-19	Дуралюмин — дуралюмин	70	50	—	50	85
	Сталь — сталь	70	—	50	75	130
ЭД-5 / Л-20	Дуралюмин — дуралюмин	60	65	70	70	95
	Сталь — сталь	55	55	65	75	160
	Пенополистирол — пенополистирол	60	65	90	75	—

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак В. В., Фрунзе Т. М., Синтетические гетерополимеры, Изд. АН СССР, 1960.
2. Holms D. R., Buhn G. W., Smith D. J., J. Polymer Sci., **17**, 159 (1955).
3. Fuller C. S., Baker W. O., Pape N. R., J. Am. Soc., **62**, 3276 (1940).
4. Флойд Д., Полиамиды, Госхимиздат, 1960.
5. Власова К. Н., Хим. пром., № 8 (1954).
6. Кларе Г., Фрицше Э., Грёбе Ф., Синтетические полиамидные волокна, Изд. «Мир», 1966.

7. Роговин З. А., Основы химии и технологии искусственных волокон, Изд. «Химия», 1964.
8. Wichterle O., Makromol. Chem., **35**, 174 (1960).
9. Kraliček G., Sebenda G., J. Polymer Sci., 30, 493 (1958).
10. Hanford W. E., Gogce R. M., J. Polymer Sci., **3**, 167 (1948).
11. Кржанович, Химия и технология полимеров, № 1, 96 (1960).
12. Антропова Н. И., Власова К. Н. и др., Пласт. массы, № 7, (1961).
13. Власова К. Н., Доброхотова М. Л., Пласт. массы, № 3 (1964).
14. Власова К. Н., Антропова Н. И. и др., Пласт. массы, № 1 (1963).
15. Авт. свид. 138036; Бюлл. изобр. № 9 (1961).
16. Авт. свид. 140201; Бюлл. изобр., № 15 (1961).
17. Хопфф Г., Мюллер А., Венгер Ф., Полиамиды, Госхимиздат, 1958.
18. Фрейдлина Р. Х., Карапетян Ш. А., Теломеризация и новые синтетические материалы, Изд. АН СССР, 1959.
19. Сборник «Новые виды полиамидов», вып. 2, 3, изд. Ленинградского Дома научно-технической пропаганды, 1963.
20. Власова К. Н., Рудык М. А., Пласт. массы, № 4 (1964).
21. Власова К. Н., Доброхотова М. К., в сб. «Изоляция электрических машин», ЦБТИ НИИ электропромышленности, 1958.
22. Коршак В. В., Фрунзе Т. М., Синтетические гетероцепные полиамиды, Изд. АН СССР, 1962, стр. 260.
23. Власова К. Н., Родивилова Л. А., Пласт. массы, № 2, 19 (1960).
24. Власова К. Н., Акутин М. С., Доброхотова М. Л., Емельянова Л. Н., Пласт. массы, № 2, 17 (1961).
25. Рафиков С. Р., Челнокова Г. Н., Грибнова Н. Г., Высокомол. соед., 1, 378 (1959).
26. Haas U. S., Cohcn S. J., J. Polymer Sci., **15**, 427 (1955).
27. Токарева Л. Г., Михайлов Н В., Потемкина З. И., Ковалева М. В., Высокомол. соед., 2, № 11, 1728 (1960).
28. Левантовская И. И., Язвикова М. Л., Доброхотова М. К., Коварская Б. М., Власова К. Н., Пласт. массы, № 3, 19 (1963).
29. Михайлов Н. В., Токарева Л. Г. и др., Тезисы докладов на совещании по деструкции и стабилизации полимеров, Изд. АН СССР, 1961, стр. 48.
30. Власова К. Н., Доброхотова М. К., Свойства, методы переработки и применения полиамидов, изд. Ленинградского Дома научно-технической пропаганды, 1959.
31. Лапшин В. В., Гринблат В. Н., Пластические массы в машиностроении, Госхимиздат, 1960.
32. Ермолина А. В., Игонин Л. А. и др., ДАН СССР, **138**, № 3 (1961).
33. Копнова Е. И. и др., Пласт. массы, № 6, 62 (1963).
34. Власова К. Н., Носова Л. А., Вестник машиностроения, № 4 (1960).
35. Власова К. Н., Носова Л. А., Козлов Д. В., Платонов В. Ф., Пласт. массы, № 1 (1961).
36. Майорова и др., Станки и инструменты, № 9, 15 (1962).
37. Ермаков, Вестник машиностроения, № 5 (1962).
38. Власова К. Н., Морозов Н. А. и др., Пласт. массы, № 1, (1964).

39. Березников В. В., Макушин А. Н., Вестник машиностроения, **4**, № 6 (1963).
40. Доброхотова М. Л., Полимерные пленки в сельском хозяйстве, Сельхозгиз, 1961.
41. Доброхотова М. Л., Чесненков Г. Н., Ермолина А. В., Пласт. массы, № 8, 16—19 (1963).
42. Антропова Н. И., Власова К. Н., Доброхотова М. Л., Пласт. массы, № 8, 16—19 (1963).
43. Антропова Н. И., Кузнецова И. Б., Татевосьян Г. О., Шарова А. В., Пласт. массы, № 9, 61—64 (1962).
44. Власова К. Н., Чудина Л. И., Зачесов Ю. Н., Пласт. массы, № 2 (1960).

ПОЛИФОРМАЛЬДЕГИД

Полиформальдегид (полиоксиметилен) представляет собой продукт полимеризации формальдегида или его тримера — триоксана. По внешнему виду — это белый порошок, который после переработки имеет цвет слоновой кости с перламутровым отливом, легко окрашивается.

Полиформальдегид — термопластичный материал с высокой степенью кристалличности.

Полимеризация формальдегида протекает по ионному механизму и легко инициируется различными соединениями (аминами, солями щелочных и щелочно-земельных металлов и др.).

В промышленном масштабе полиформальдегид получают путем полимеризации газообразного формальдегида в инертном растворителе.

Наибольший практический интерес представляют полимеры с молекулярным весом 30 000 — 100 000.

Полиформальдегид получается также полимеризацией триоксана (твердого циклического тримера формальдегида) в присутствии инициаторов ионного (катионного) типа. Триоксан нетоксичен, устойчив при хранении и может быть очищен обычными методами. Однако в промышленности полимеризация триоксана затруднена вследствие необходимости блокирования концевых полуацетальных групп. Поэтому триоксан применяется главным образом для получения сополимеров с некоторыми ненасыщенными или циклическими соединениями, содержащими карбоцепные звенья (окись этилена, диоксалан и др.).

В настоящее время в СССР выпускают полиформальдегид двух марок А и В, которые, обладая различным молекулярным весом, имеют различное применение *.

Марка А — литьевой материал с индексом расплава ** 1,8 и характеристической вязкостью в *п*-хлорфеноле 1,0—2,0.

Марка В — экструзионный материал с индексом расплава 1, 2 и характеристической вязкостью 1,5.

Физико-механические свойства полиформальдегида

Ниже приводятся показатели основных физико-механических свойств полиформальдегида:

Плотность, *г/см³*	1,4
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	650—700
» сжатии	1300
» статическом изгибе	800—1100
Модуль упругости, *кГ/см²*	
при растяжении	42 000
» изгибе	35 000

* В США полиформальдегид также выпускается двух марок: «Делрин 150», перерабатываемый экструзией и прессованием, и «Делрин 500», перерабатываемый литьем под давлением. В ФРГ и США в промышленном масштабе получают сополимеры триоксана с 2% окиси этилена — «Селкон» и «Хостаформ».

** Индекс расплава определен на приборе Цвика при 190° С.

Коэффициент Пуассона	0,35
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	75—130
Стрела прогиба, *мм*	15—20
Относительное удлинение при разрыве, %	20—40
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	20—25

При повышенных температурах прочность полиформальдегида уменьшается, а относительное удлинение при разрыве возрастает. На рис. 1 и 2 показана зависимость предела прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве от температуры для полиформальдегида. Предел прочности при растяжении при 20° С достигает 700 *кГ/см²*, относительное удлинение при разрыве при этом составляет 16%, причем при указанной нагрузке не наблюдается ползучести испытываемого материала. Повышение температуры до 50° С снижает прочность до 610 *кГ/см²*, а относительное удлинение при разрыве становится равным примерно 15%. При более высоких температурах и особенно при температуре около 100° С предел прочности при растяжении уменьшается до 350 *кГ/см²*, отчетливо наблюдается текучесть.

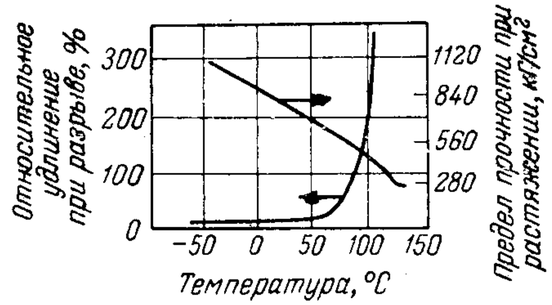


Рис. 1. Зависимость механических свойств полиформальдегида от температуры.

По сопротивлению ползучести полиформальдегид превосходит найлон, полиэтилен и другие термопластичные материалы. Полиформальдегид является одним из наиболее жестких материалов. Большие значения модуля упругости сохраняются при высокой температуре и влажности.

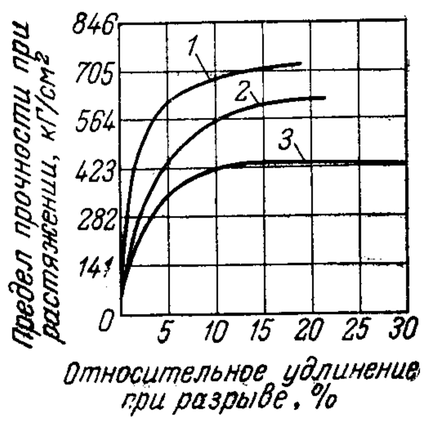


Рис. 2. Кривые предел прочности — удлинение при температурах:

1 — 23° С; *2* — 44° С; *3* — 100° С.

Изменение температуры не оказывает существенного влияния на удельную ударную вязкость полиформальдегида. Снижение температуры даже до —40° С не вызывает ее существенного уменьшения, что свидетельствует о высокой морозостойкости материала.

Влажность также почти не влияет на ударную прочность полиформальдегида, повышение ее до 100% вызывает лишь незначительное увеличение удельной ударной вязкости. Образцы полиформальдегида хорошо выдерживают сжатие, не деформируясь при нагрузке до 700 *кГ/см²*.

Полиформальдегид обладает высокой стойкостью к истиранию, занимая второе место после полиамида, и низким коэффициентом трения (рис. 3).

Введение в полиформальдегид теплопроводных добавок (сернистого молибдена и серебристого графита) в количестве 3—15% способствует существенному улучшению антифрикционных свойств (рис. 4, 5) и теплопроводности полимера.

На рис. 6 представлен график зависимости твердости полиформальдегида от температуры. Предельно допустимой является температура 125° С.

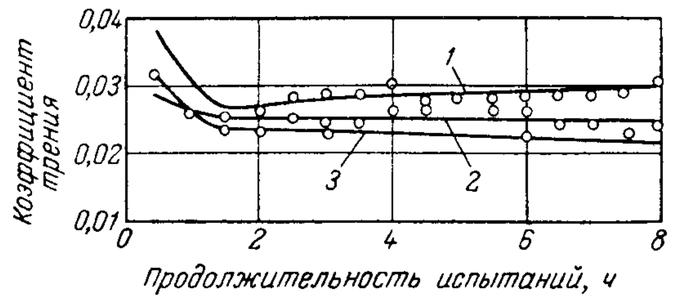


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения полиформальдегида от нагрузки:

1 — 150 *кГ/см²*; *2* — 100 *кГ/см²*; *3* — 75 *кГ/см²*.

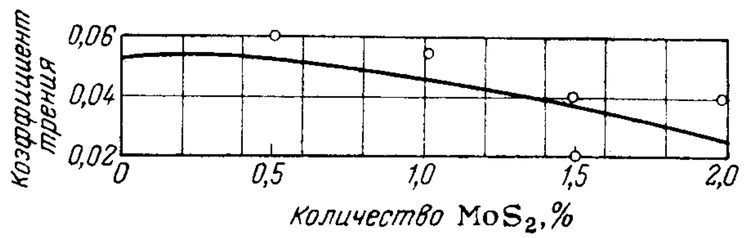


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения полиформальдегида от содержания двусернистого молибдена.

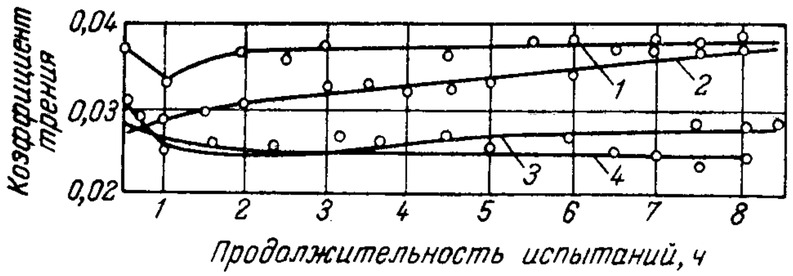


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения полиформальдегида от длительности испытания при различном содержании серебристого графита:

1 — 5%; *2* — 10%; *3* — 15%; *4* — без добавок.

При дальнейшем повышении температуры наблюдается резкое снижение твердости и увеличение ползучести материала.

Полиформальдегид по усталостным свойствам значительно превосходит остальные термопластичные материалы. На усталостную прочность полиформальдегида почти не влияют влага и смазочные материалы. Максимальное водопоглощение полимера (0,1%) устанавливается через 6—7 суток (рис. 7).

Благодаря малой гидрофильности детали из полиформальдегида обладают стабильными размерами.

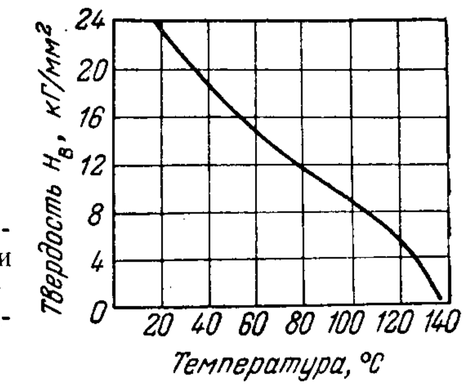


Рис. 6. Зависимость твердости полиформальдегида от температуры.

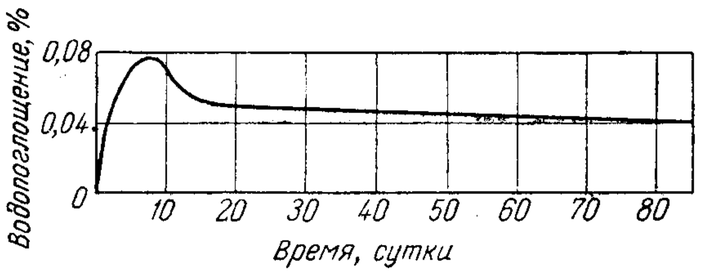


Рис. 7. Зависимость водопоглощения полиформальдегида от времени.

Электрические свойства полиформальдегида

Полиформальдегид хороший диэлектрик. Тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрическая проницаемость его очень малы и остаются постоянными в широком интервале частот и температур (от —260 до +150° С).

Достоинством полиформальдегида является сочетание хороших электроизоляционных и механических свойств, что позволяет применять его для изготовления различных электротехнических и радиотехнических деталей. Ниже приведены основные показатели электрических свойств полиформальдегида:

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$2 \cdot 10^{13}$
объемное, *ом · см*	$6 \cdot 10^{14}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,0045
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	3,3
Электрическая прочность, *кв/мм*	20—23

Теплофизические свойства полиформальдегида

Температура, °С	
размягчения	150
плавления	170—180
Теплостойкость по Вика, °С	160—170
Удельная теплоемкость, *ккал/(кг · град)*	0,35
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,2
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$8{,}1 \cdot 10^{-5}$
Рабочие температуры, °С	
при длительном воздействии	от —60 до +100
» кратковременном воздействии	до 120

Химические свойства полиформальдегида

Полиформальдегид обладает высокой химической стойкостью.

Данные о влиянии наиболее распространенных растворителей и неорганических соединений на физико-механические свойства и размеры образцов из полиформальдегида приведены ниже.

При испытании 406 веществ, относящихся к 27 различным классам, оказалось, что ни одно из них не растворяет полимер при температурах ниже 50° С. Повышение температуры вызывает в одних случаях набухание, в других — разложение полимера. В интервале температур от 100 до 150° С многие растворители растворяют полиформальдегид или вызывают его набухание. Сильные кислоты и основания растворяют полимер даже при комнатной температуре.

Пребывание образцов из полиформальдегида в смазочных материалах в течение 2000 *ч* при температуре 100° С не приводит к значительным изменениям физико-механических свойств полимера.

Полиформальдегид обладает малой, по сравнению с полиэтиленом, проницаемостью по отношению к спиртам, эфирам, алифатическим и ароматическим углеводородам, галоидоуглеводородам. Однако проницаемость его по отношению к водяному пару почти в 10 раз больше, чем у полиэтилена.

Химическая стойкость полиформальдегида

Среда	Продолжительность действия сутки	Температура °С	Изменения физико-механических свойств, % от исходного			
			предел прочности при растяжении	модуль упругости при растяжении	длина	масса
Азотная кислота 10%-ная	275	23	Растворяется			
Аммоний хлористый 10%-ный	275	63	+2	—16	+0,1	+0,3
Анилин	275	60	—12	—67	+0,3	+8,3
Ацетон	365	23	—5	—32	+0,9	+4,9
Бензин	90	25	От —5 до +1	От —10 до +2	От +1 до +1,5	От +0,2 до +0,4
Бензол	275	60	—11	—49	+2,2	+4
Вода дистиллированная	275	60	+2	—18	+0,5	+1,5
Воздух	275	25	0	0	0	—0,14
Гексан	275	60	—4	—9	+6	+0,74
Диметилформамид	275	60	+0,6	—73	+2,9	+5,9
Диоксан	275	60	—13	—59	+2,7	+0,6
Изоамиловый спирт	275	60	—4	—32	+1,2	+2,0
Калия перманганат 10%-ный	275	60	0	—14	+0,3	—7
Кальция гидроокись 10%-ная	275	60	+1	—6	+0,4	+0,7
Керосин	275	60	0	—4	+0,1	0
Литий хлористый 43%-ный	275	60	+0,2	—2	+0,3	—2,6
Масляный альдегид	275	60	—12	—49	+1,8	+3,0
Метиловый спирт	275	60	—10	—41	—1,4	+2,3
Натр едкий	365	23	+2	—40	—0,1	—0,7
Натрий гипосульфит 26%-ный	275	60	—18	—31	+0,3	—3
Натрий гипохлорит 9%-ный	275	60	0	+5	0	—4,7
Натрий хлористый 10%-ный	365	23	+3	+20	0	—0,1

Продолжение

Среда	Продолжительность действия сутки	Температура °С	Изменения физико-механических свойств, % от исходного			
			предел прочности при растяжении	модуль упругости при растяжении	длина	масса
Пиридин	275	60	—57	—9	+2,7	6+
Серная кислота 1%-ная	316	35	Растворяется			
Серная кислота 30%-ная	182	23	»			
Соляная кислота 10%-ная	90	23	»			
Толуол	90	23	—7	—45	+1,2	+2,6
Уксусная кислота 5%-ная	365	23	0	—12	+0,2	+0,8
Фенол	90	60	Растворяется			
Фосфорная кислота 10%-ная	90	60	»			
Четыреххлористый углерод	365	27	—3	—14	—0,3	+1,3
Этилацетат	365	23	—7	—40	+1,4	+2,7
Этиловый спирт	365	23	—5	—33	+0,8	+2,2

Полиформальдегид обладает небольшой термостойкостью. При температуре выше 100° С происходит термическая и окислительная деструкция полиформальдегида, а температура переработки полимера намного выше этой температуры. Основным продуктом термической деструкции полиформальдегида является мономер — формальдегид. Для повышения стабильности полимер подвергают дополнительной обработке уксусным ангидридом.

Для предотвращения окислительной деструкции в полиформальдегид вводят антиоксиданты и акцепторы формальдегида. Наиболее активными антиоксидантами в смеси с полиамидной смолой 548/27 является *п*-оксинеозон, сантовар О, антиоксидант 2246.

Прочие свойства полиформальдегида:

Водопоглощение за 24 *ч* при 20° С, % . . . 0,2
Индекс расплава, *г*/10 *мин* . . . . . 1,5—1,8

Полиформальдегид выпускается по СТУ 36-13-8-64 двух марок:

Марка А — для изготовления изделий простого и сложного профиля литьем под давлением.

Марка Б — для изготовления изделий простого и сложного профиля литьем под давлением или экструзией.

Полиформальдегид должен отвечать следующим требованиям:

Предел прочности при статическом изгибе, $кГ/см^2$, не менее	800
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее	75
Индекс расплава (на приборе Цвика при 190° С), *г*/10 *мин*, не менее	
марка А	1,8
марка Б	1,2
Теплостойкость по Вика, °С, не ниже	160
Термостабильность *, *мин*, не менее	20
Влажность, %, не более	0,2

* Определяется время разложения на воздухе 1% навески полиформальдегида при 222 °С.

Переработка полиформальдегида

Полиформальдегид перерабатывается в изделия литьём под давлением и экструзией.

Трубы (малого диаметра) изготовляют экструзией с охлаждением в водяной бане; в экструдере применяют как угловые, так и прямоточные головки с кольцевым зазором.

Профилированные материалы получают экструдированием в водяную ванну.

Кабельная изоляция для проводов небольшого диаметра изготовляется с помощью головок трубчатого типа.

При переработке полиформальдегида в экструдере или литьевой машине цилиндр нагревают примерно до 205° С, т. е. только на 30° С выше температуры плавления. Вязкость расплава полиформальдегида с ростом температуры почти не изменяется, в связи с этим дальнейшее повышение температуры расплава выше 205° С нецелесообразно и может вызвать разложение полимера.

Способность полимера быстро затвердевать является очень ценным свойством полиформальдегида при его переработке. При литье под давлением полимер выдерживают в форме очень короткое время. При экструзии часто охлаждение в ванне ведут даже подогретой водой для того, чтобы замедлить процесс затвердевания (получаются детали с минимальными внутренними напряжениями).

Ограниченная термостойкость расплава вызывает необходимость строгого соблюдения технологического режима литья: точного регулирования температуры, быстрого впрыска и непрерывного полного обновления материала в цилиндре. Поэтому литье полиформальдегида лучше всего производить на машинах, обеспечивающих плавный и мягкий подогрев материала и высокое давление литья. Такой режим литья обеспечивается на литьевых машинах с предварительной пластикацией.

Хорошие результаты при литье полиформальдегида получены также на машинах с вертикальным цилиндром.

Для переработки полиформальдегида обычно используют экструдеры с отношением длины к диаметру 20 : 1 и более. Охлаждение червяка водой не требуется.

Фильтры обычно не употребляют, но при необходимости следует непосредственно на решетку устанавливать сетку 20 меш.

Перед работой цилиндр, червяк и другие детали должны быть тщательно очищены.

В случае невозможности полной очистки экструдера обычными способами температуру нагрева оставляют ту же, что и при работе с полиформальдегидом, и вытесняют его из машины полиэтиленом.

Отходы полиформальдегида могут быть возвращены в производство после предварительной подсушки при температуре 85° С в течение 4 *ч*.

Сополимеры триоксана или формальдегида *

Сополимеры триоксана (или формальдегида), получаемые при совместной полимеризации триоксана (или формальдегида) с некоторыми ненасыщенными или циклическими соединениями — 1,3-диоксаланом, полидиоксаланом и др., представляют собой термопластичные материалы с высокой степенью кристалличности. Однако вследствие некоторого нарушения упорядоченности молекулярной структуры по сравнению с гомополимером несколько понижается температура плавления сополимеров, уменьшаются показатели их прочностных свойств, но в 1,5—2 раза увеличивается термостойкость в условиях переработки, улучшается формуемость.

* По данным ИХФ АН СССР.

Основные показатели физико-механических свойств сополимеров приведены ниже:

Плотность, *г/см³*	1,40—1,41
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	580—620
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*	25 000—30 000
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	80
Относительное удлинение при разрыве, %	12—30
Температура плавления, °С	165—170
Теплостойкость по Вика, °С	150—155
Характеристическая вязкость в диметилформамиде при 150° С	0,45—0,60
Условный показатель стабильности *, *мин*	90

* Время разложения 1% полимера (от массы исходного материала) на воздухе при 220° С.

Сополимеры отличаются стойкостью к действию концентрированных щелочей и растворов солей при 100° С. При температурах не выше 60° С они стойки к действию практически всех растворителей. Минеральные кислоты разрушают сополимеры.

Применение полиформальдегида

Полиформальдегид благодаря ценному сочетанию высокой механической прочности, высокого сопротивления сжатию и истиранию, усталости и течению, сохранению свойств в условиях высокой влажности, а также стойкости к действию жидкого топлива и смазочных материалов, пригоден для использования в качестве заменителя стали, цветных металлов, цемента, дерева и других материалов.

Полиформальдегид хорошо обрабатывается на станках. Его можно пилить, сверлить, нарезать резьбу, забивать в него гвозди, сваривать, клепать, штамповать, обрабатывать напильником, подвергать пескоструйной обработке.

Применение различных видов переработки и обработки позволяет изготовлять из полиформальдегида детали сложного профиля. Легкость нанесения рисунка способом печати и окрашиваемость позволяют значительно расширить область применения полиформальдегида.

Из полиформальдегида изготавливают такие ответственные детали, как втулки и вкладыши подшипников скольжения (рис. 8), сепараторы и кольца подшипников качения, тела качения.

Детали из полиформальдегида можно применять на машинах, используемых в пищевой промышленности (закаточные ролики, звено транспортной цепи конвейерных лент в цехах консервирования овощей). Полиформальдегид обладает свойством самосмазывания, что позволяет применять его при изготовлении втулок роликовой стальной цепи в цехах упаковки мяса, которая быстро изнашивалась в связи с замерзанием смазки.

Полиформальдегид благодаря своей прочности и твердости используется для изготовления шестерен, работающих бесшумно при более высоких окружных скоростях, чем передачи из металла (в стиральных машинах, кинопроекторах, спидометрах). Вода и масло, применяемые в качестве смазки для шестерен, не вызывают снижения прочности. Полиформальдегид применяется также для изготовления зубчатых роликов для регистрирующих счетных устройств, которые обеспечивают бесшумность в работе седел обратных клапа-

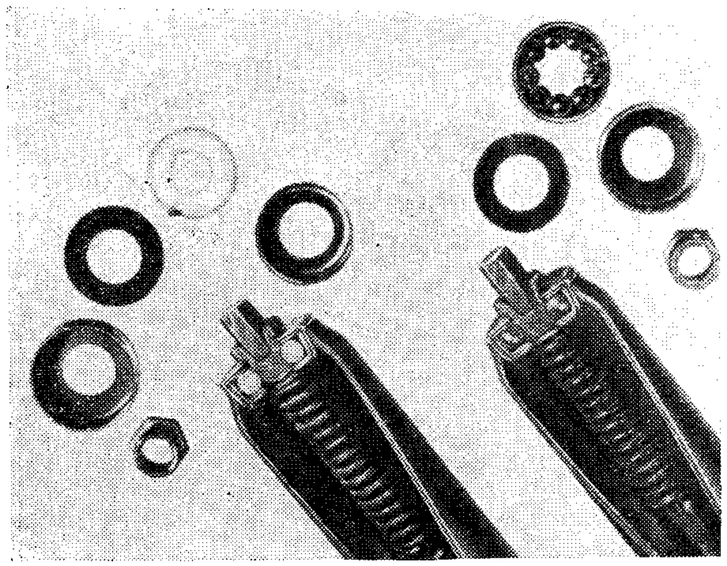


Рис. 8. Подшипник скольжения и стальной шарикоподшипник.

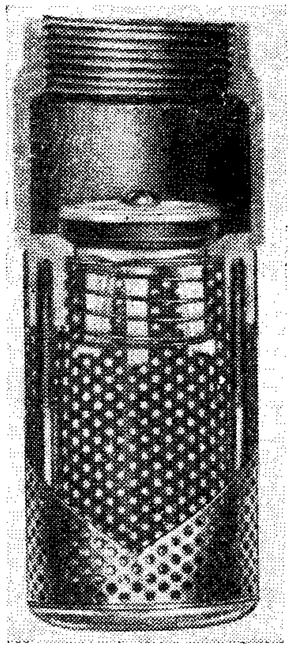


Рис. 9. Седло обратного клапана.

нов (рис. 9), корпусов и деталей насосов (рис. 10), шарниров рулевой тяги (рис. 11).

Из полиформальдегида изготавливают вентили, предназначенные для соединения труб, подающих горячую воду и горячие смазочные материалы.

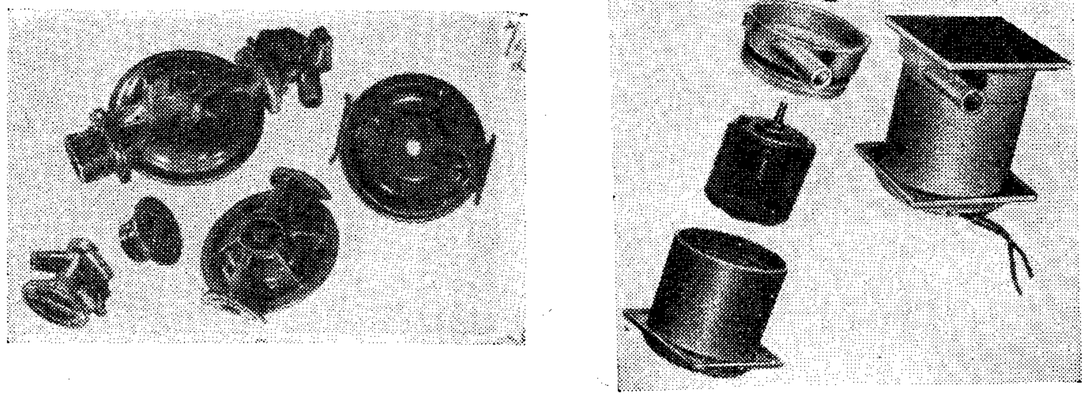


Рис. 10. Корпус (слева) и детали насоса (справа).

Полиформальдегид можно применять для изготовления дверных ручек, подвесок в холодильниках кулачковых механизмов электрической бритвы, колец для занавесок, ручек чертежных приборов, деталей водопроводной арматуры, а также для изготовления хозяйственных сумок, расчесок, мыльниц, вешалок для одежды, авторучек, бутылей, телефонных трубок и других изделий широкого потребления.

Из окрашенного полиформальдегида можно изготовлять корпуса электробритв и фотоаппаратов, оправы для солнцезащитных очков, части пылесоса, ручки для ножей и дверцы холодильника, ручные пульверизаторы (рис. 12), замки (рис. 13), нажимные выключатели, игрушки и т. д.

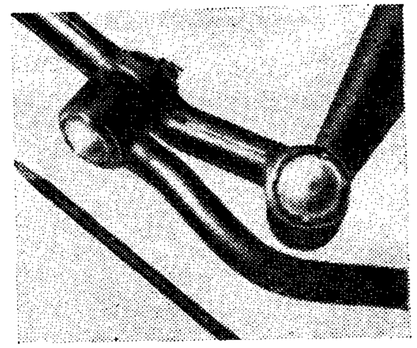


Рис. 11. Шарнир рулевой тяги.

Благодаря хорошим диэлектрическим свойствам полиформальдегид можно использовать как диэлектрик.

Высокая износостойкость полимера позволяет применять его в текстильной промышленности (шпульки и катушки), в рыболовных снастях, для изготовления волокна. Волокно из полиформальдегида характеризуется высокой прочностью и малой гидрофильностью.

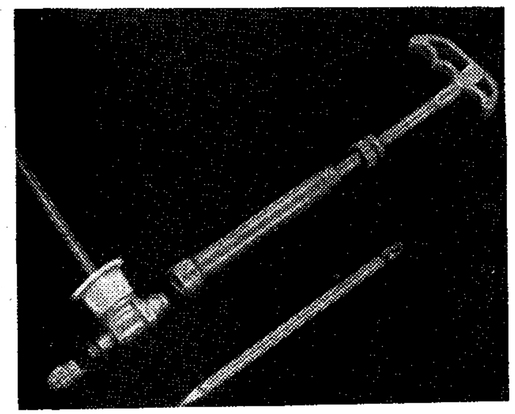


Рис. 12. Ручной пульверизатор.

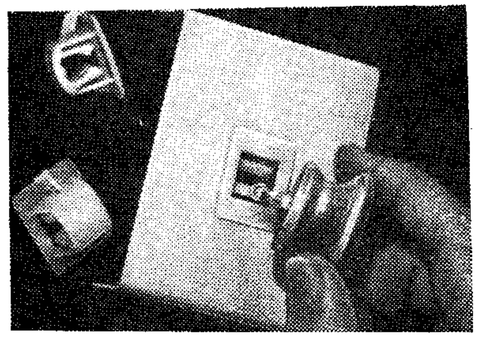


Рис. 13. Пружинный замок.

Техника безопасности

Полиформальдегид при переработке (в случае плохой стабилизации) может частично разлагаться с образованием формальдегида, о выделении которого можно судить по резкому и раздражающему действию на слизистые оболочки глаз и носа.

При появлении запаха формальдегида следует прежде всего осмотреть уплотнения в головке и приспособлениях. Полимер в расплавленном состоянии, проникая через неплотности и попадая на обогревательный элемент, может быть причиной появления запаха.

Полиформальдегид разлагается при слишком высокой температуре или при наличии в машине мертвых зон. Повышение температуры является следствием неправильной работы контрольного прибора или дефектов в системе

обогрева. Мертвые зоны обычно образуются у решеток, в местах неплавных переходов и неточно подогнанных деталей. Места мертвых зон можно установить, разобрав основные узлы машины в нагретом состоянии и обнаружив полимер с изменившейся окраской.

При усиливающемся разложении полиформальдегида необходимо прекратить обогрев машины, полностью очистить экструдер полиэтиленом, установить и устранить неисправности. Распространение запаха формальдегида в рабочем помещении ограничивают, помещая разложившуюся смолу в емкость с водой.

ЛИТЕРАТУРА

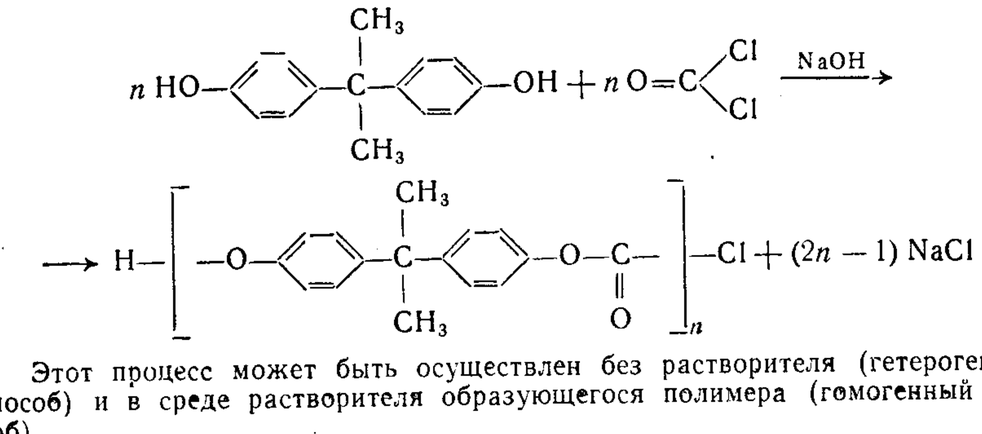
1. Akin R. B., Acetal Resins, New York, 1962.
2. Фурукава Дж., Саегуса Т., Полимеризация альдегидов и окисей, Изд. «Мир», 1965, стр. 9—167, 375—398.
3. Химия и технология полимеров, № 12, 50 (1961).
4. Ениколопян Н. С., Варданян М. С., Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева, 7, № 2, 194 (1962).
5. Акутин М. С., Тихомирова Н. С., Ермолаев А. Д., Пластмассы, № 10 (1963).
6. Окамура С., Хаяси, Мори К. и др., Химия и технология полимеров, № 7, 107 (1963).
7. Кохно Ю. А., Лебединская Э. А. и др., Полиформальдегид, Изд. «Техника», Киев, 1964.

ПОЛИКАРБОНАТЫ

Поликарбонаты представляют собой термопластичные полимеры, получаемые поликонденсацией эфиров или хлорангидрида угольной кислоты и диоксисоединений. В промышленности исходным сырьем для синтеза поликарбонатов являются дифенилолпропан и фосген.

Основные способы получения поликарбонатов следующие:

1. Метод прямого фосгенирования диоксисоединений в присутствии веществ, связывающих выделяющуюся при реакции кислоту:



Этот процесс может быть осуществлен без растворителя (гетерогенный способ) и в среде растворителя образующегося полимера (гомогенный способ).

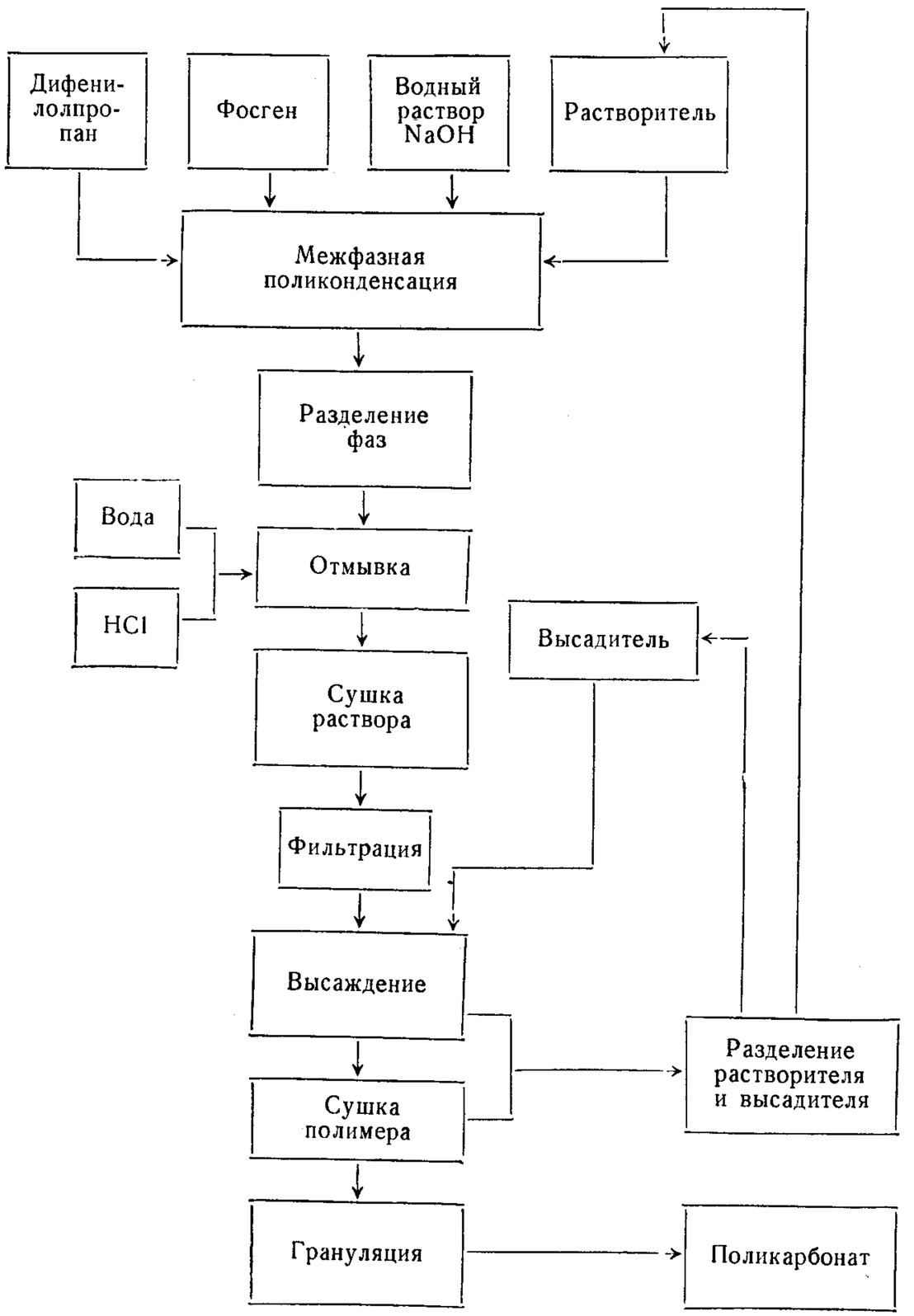
При прямом фосгенировании через водный щелочной раствор дифенилолпропана в присутствии метиленхлорида (в случае гомогенного способа поликонденсации) или в отсутствие метиленхлорида (в случае гетерогенного) при 27—30° С пропускают газообразный фосген. Сначала образуется низкомолекулярный продукт. Дальнейший рост полимерной цепи протекает под действием катализаторов, в качестве которых применяют четвертичные аммониевые соли, например хлористый триэтилбензиламмоний или триэтиламин. При этом образуется вязкий раствор поликарбоната в метиленхлориде (гомогенный способ) или выпадает твердый зернистый осадок (гетерогенный способ). Полимер отмывается водой от побочных продуктов реакции — натриевой соли, двуглекислого натрия и избытка щелочи, затем отгоняется растворитель (при гомогенном способе), полимер сушится при 100—110° С и гранулируется.

Получение поликарбоната фосгенированием дифенилолпропана в присутствии водного раствора щелочи происходит на границе раздела двух фаз: водный щелочной раствор дифенилолпропана — метиленхлорид. Схема получения поликарбоната методом межфазной поликонденсации приводится на стр. 272.

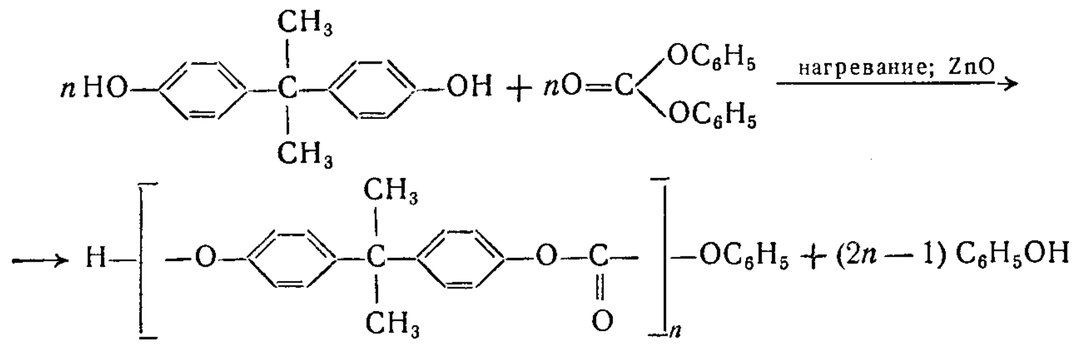
Методом прямого фосгенирования в среде растворителя получают малодисперсный полимер с большим выходом и лучшими физико-механическими свойствами, чем в отсутствие растворителя.

Величину молекулярного веса образующегося полимера можно регулировать с помощью фенола или *трет*-бутилфенола.

Получение поликарбоната методом межфазной поликонденсации



2. Переэтерификация диэфиров угольной кислоты диоксисоединениями:



Эквимолекулярные количества диоксисоединения и диэфира (главным образом дифенилкарбоната) сплавляют в среде инертного газа при 200—210° С и постепенном увеличении вакуума (остаточное давление достигает 1 *мм рт. ст.*), при этом отгоняется фенол.

Скорость переэтерификации повышается с помощью щелочных катализаторов (LiOH, ZnO). Готовый продукт представляет собой вязкий расплав, который удаляется из аппарата под давлением инертного газа.

Важным условием получения поликарбоната с высокими показателями физико-механических свойств является особая чистота исходного сырья и герметичность аппаратуры, так как проникание воздуха в горячий расплав может привести к образованию неплавкого и нерастворимого сшитого полимера.

Преимуществом этого способа является отсутствие в процессе растворителя, недостатком — небольшой молекулярный вес образующегося полимера, высокая температура процесса, вакуум и, следовательно, сложное оборудование.

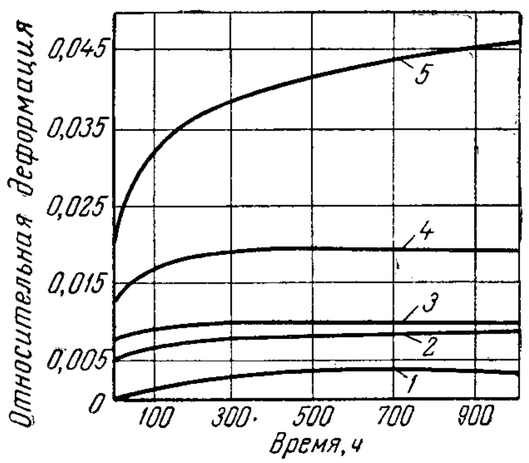


Рис. 1. Деформация поликарбоната при различных напряжениях:

1 — 39 *кГ/см²* при 100° С; *2* — 78 *кГ/см²* при 100° С; *3* — 228 *кГ/см²* при 25° С; *4* — 156 *кГ/см²* при 100° С; *5* — 195 *кГ/см²* при 100° С.

В настоящее время в промышленности получают поликарбонат дифлон методом прямого фосгенирования дифенилолпропана *.

Физико-механические свойства поликарбонатов

Поликарбонат — это аморфный с частично кристаллической структурой полимер, сочетающий высокую удельную ударную вязкость, высокую теплостойкость, морозостойкость, низкое водопоглощение.

Изделия из поликарбоната могут длительное время работать при температуре, близкой к температуре размягчения, и не изменяют размеров после

* За рубежом в промышленном масштабе выпускают поликарбонаты: макролон (ФРГ), лексан (США), пенлайт (Япония).

охлаждения. Эти свойства полимера дают возможность широко использовать его в качестве конструкционного материала.

Детали из поликарбонатов, изготовленные литьем под давлением или формованием, имеют совершенно равномерную усадку 0,5—0,7%.

При комнатной температуре и 5%-ной относительной влажности полимер при растяжении начинает течь только при напряжениях порядка 560—630 *кГ/см²*. На рис. 1 показано как меняется полная деформация поликарбоната в зависимости от нагрузки.

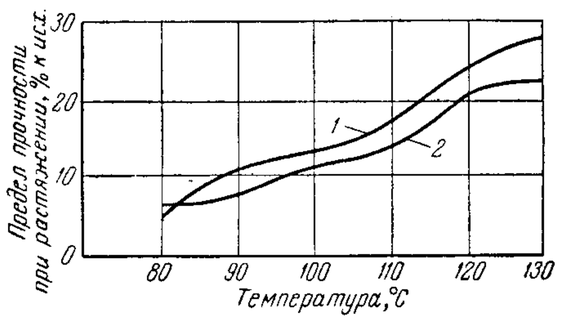


Рис. 2. Зависимость предела прочности при растяжении поликарбоната от температуры:

1 — 11 суток; *2* — 22 суток.

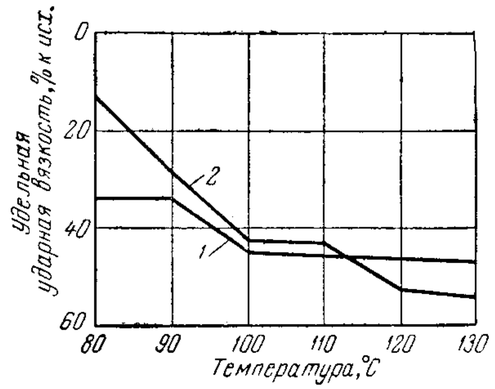


Рис. 3. Зависимость удельной ударной вязкости (с надрезом) поликарбоната от температуры

1 — 11 суток; *2* — 22 суток.

Ниже приводятся показатели основных физико-механических свойств поликарбоната дифлон:

Плотность, *г/см³*	1,2
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	600—700
» сжатии	800—900
» изгибе	1000—1100
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*	22 000—24 000
Удельная ударная вязкость без надреза, *кГ · см/см²*	120—140
Относительное удлинение при разрыве, %	20—100
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	15—16
Коэффициент трения	0,4

Зависимость предела прочности при растяжении и удельной ударной вязкости (с надрезом) поликарбоната от температуры показана на рис. 2 и 3.

Ниже приведены данные об изменении некоторых физико-механических свойств поликарбоната при повышении температуры:

Температура, °С	—54	—30	24	50	70	100	135
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*	980	868	662	553	476	390	280
Модуль упругости при растяжении, *кГ/см²*	28 000	26 250	24 500	21 000	—	—	—

Растяжение брусков из поликарбоната при 100° С

Напряжение растяжения, *кГ/см²*	39	78	156	195
Исходная деформация, *мк/мм*	0,298	3,059	7,267	11,620
Деформация ползучести за 1000 *ч*, *мк/мм*	2,797	6,941	13,0	35,0
Полная деформация, *мк/мм*	3,095	10,0	20,267	46,62
Обратимая часть деформации *мк/мм*	1,191	3,235	7,266	9,79
%	38,5	32,2	35,8	21,0

Сжатие шариков из поликарбоната при 24° С и нагрузке 112,5 *кГ*:

Первоначальный диаметр, *мм*	10,15
Прогиб (смятие) под нагрузкой, *мм*	1,42
Остаточный прогиб (смятие), *мм*	0,043
Обратимая часть деформации, %	97

Изделия, полученные из поликарбоната, не склонны к ползучести. Образец под нагрузкой 120 *кГ/см²* при 20° С в течение 6 месяцев не обнаружил необратимых деформаций.

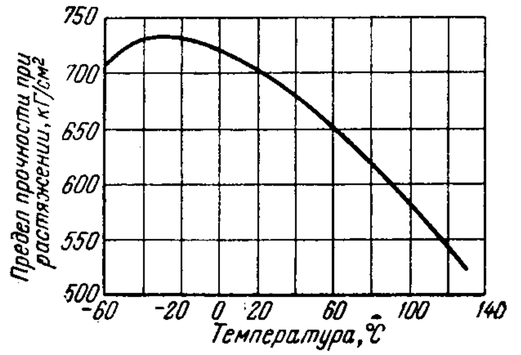


Рис. 4. Зависимость предела прочности при растяжении поликарбоната от температуры.

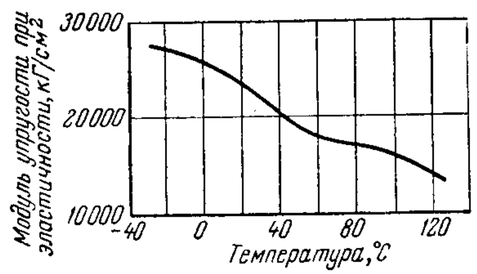


Рис. 5. Зависимость модуля эластичности поликарбоната от температуры.

На рис. 4 и 5 показана зависимость предела прочности при растяжении и модуля эластичности от температуры.

Физико-механические свойства поликарбоната значительно улучшаются при введении в него стекловолокна (до 30%). Предел прочности при растяжении возрастает до 1000 *кГ/см²*, модуль упругости при растяжении — до 60 000 *кГ/см²*, а средний коэффициент термического линейного расширения уменьшается почти вдвое, т. е. практически он становится равным аналогичному коэффициенту для легких металлических сплавов. Выносливость стеклонаполненного поликарбоната при этом возрастает примерно в 6 раз.

Стеклонаполненный поликарбонат выдерживает более высокие статические и динамические нагрузки при повышенных температурах; это позволяет эксплуатировать его в более жестких условиях (по сравнению с ненаполненным полимером). При введении некоторых добавок, например нитрида бора, двуокиси титана, повышается износостойкость поликарбоната.

Электрические свойства поликарбонатов

Поликарбонат обладает высокими показателями электрических свойств, которые сохраняются в широком интервале температур и частот. Ниже приведены показатели электрических свойств поликарбоната дифлон (литого):

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	$2{,}1 \cdot 10^{16}$
объемное, *ом · см*	$1{,}5 \cdot 10^{16}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,0035
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	3,0
Электрическая прочность, *кв/мм*	34,8

На рис. 6 приведены кривые зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь поликарбоната от частоты. Из рисунка

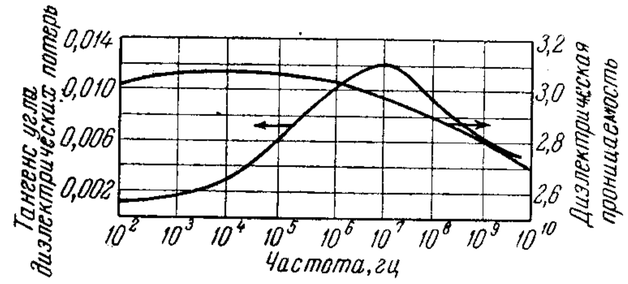


Рис. 6. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости поликарбоната от частоты.

видно, что диэлектрическая проницамость почти не меняется при частоте до 10^6 *гц*. При дальнейшем увеличении частоты проявляется тенденция к ее незначительному уменьшению. Максимальное значение tg δ наблюдается при 10^7 *гц*.

Теплофизические свойства поликарбонатов

Температура, °С	
плавления	235—275
размягчения	132—138
текучести	215—225
Теплостойкость, °С	
по Вика	150—160
» Мартенсу	120—130
Удельная теплоемкость, *ккал/(кг · град)*	0,28
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,17
Коэффициент термического линейного расширения *, *град*$^{-1}$	$6 \cdot 10^{-6}$
Температура воспламенения, °С	> 500
Морозостойкость, °С	< —100
Максимальная рабочая температура, °С	135—137

* Коэффициент термического линейного расширения поликарбоната при повышении температуры от —70 до +140° С меняется незначительно.

Поликарбонат горит, но не поддерживает горения; он относится к «самозатухающим» полимерным материалам.

Химические свойства поликарбонатов

Поликарбонат устойчив к водным растворам минеральных и органических кислот, к растворам минеральных солей и окисляющим агентам. На поликарбонат не действуют углеводороды жирного ряда и масла.

Такие растворители, как бензол, ацетон, толуол, этилацетат, нитробензол и тетрагидрофуран, вызывают заметное набухание поликарбоната и следующую за этим повышенную кристаллизацию.

Метиленхлорид и некоторые другие хлорсодержащие органические соединения, а также диоксан, пиридин, *м*-крезол и диметилформамид растворяют поликарбонат. Сильные основания разрушают поликарбонат, в то время как водные растворы слабощелочного характера, такие как Na_2CO_3 и $NaHCO_3$, не оказывают на него никакого действия. Ниже приведены данные о химической стойкости поликарбоната к различным средам.

Химическая стойкость поликарбонатов

Обозначения: С — стойкие; О — относительно стойкие; Н — нестойкие

Среда	Стойкость	Среда	Стойкость
Азотная кислота		Калий	
10%-ная	С	азотнокислый	С
20%-ная	С	бромистый	С
конц.	Н	бромноватокислый	С
Акрилонитрил	Н	двухромовокислый	С
Алюминий		марганцевокислый	С
сернокислый	С	роданистый	Н
хлористый	С	сернокислый	С
Аммоний		хлористый	С
сернистый	С	хлорнокислый	С
сернокислый	С	Калийалюминиевые квасцы	С
хлористый	С	Силиконовое масло	С
фтористый	Н	Соляная кислота	
Ацетальдегид	Н	10%-ная	С
Ацетон	Н	20%-ная	С
Бензиловый спирт	Н	конц.	О
Бензин	С	Смазка из фторированных углеводородов	С
Бензойная кислота	Н	Стирол	Н
Бензол	Н	Сурьма треххлористая	Н
Бромбензол	Н	Тетрагидрофуран	С
Бура	С	Тетрахлорэтан	С
Бутиловый спирт	С	Тиофен	Н
Вода аммиачная	Н	Толуол	Н
Гликоль	С	Трихлоруксусная кислота 20%-ная	С
Глицерин	С	Трихлорэтан	Н
Декалин	С	Кальций	
Дизельное масло	С	азотнокислый	С
Диметилформамид	Н	хлористый	С
Диоксон	Н	Касторовое масло	С
Железо хлористое	С	Компрессорное масло	С
Известковое молоко	О	Крезол	Н
Изоамиловый спирт	С	Лимонная кислота	С

Продолжение

Среда	Стойкость	Среда	Стойкость
Магний сернокислый	С	Перекись водорода	
Марганец сернокислый	С	30%-ная	С
Масляная кислота	С	90%-ная	С
Медь		Петролейный эфир	Н
сернокислая	С	Фенол	Н
хлористая	С	Формалин 30%-ный	С
хлорная	С	Фреоны	Н
Метанол	О	Фтористоводородная кислота	
Метиленхлорид	С	25%-ная	С
Муравьиная кислота		Хлор газообразный	С
10%-ная	С	Хлорбензол	Н
конц.	Н	Хлористый сульфурил	Н
Натрий		Хлороформ	Н
бикарбонат	С	Хромовая кислота	С
бисульфат	С	Хромовокалиевые квасцы	С
бисульфит	С	Цинк сернистый	Н
сернистый	С	Этиленгликоль	С
Никель сернокислый	Н		
Олово четыреххлористое	С		

Поликарбонат является атмосферостойким полимером. Он пригоден для использования в тропических условиях. В процессе искусственного старения его свойства не изменяются в следующих условиях:

после 26 *ч* пребывания на воздухе при 150° С;
» 72 *ч* облучения УФ-лучами;
» 8 недель пребывания в инертной атмосфере при 170° С;
» кипячения пленки в воде в течение 1 недели.

После облучения пленок из поликарбоната УФ-светом интенсивностью 22 *кал/см²·ч* в течение 250 *ч* при повышенных температурах (70—130° С) в вакууме (10^{-4} *мм рт. ст.*) предел прочности пленок при растяжении увеличивается на 10—17%, а относительное удлинение при разрыве уменьшается на 80—94%. Образцы пленок не имеют расслаиваний, вздутий или шероховатостей. Вес образцов не меняется; окраска пленок становится интенсивнее.

После облучения пленок из поликарбоната УФ-светом интенсивностью 22 *кал/см²·ч* в течение 120 *ч* при 70° С на воздухе предел прочности при растяжении образцов уменьшается на 65—70%, относительное удлинение при разрыве — на 80—94%. Пленка становится желтой, появляются трещины и хрупкость. Наиболее интенсивно разрушение пленки происходит в течение первых 30 *ч*, при этом предел прочности пленки при растяжении уменьшается на 55—62%. При дальнейшей выдержке образцов в везерометре предел прочности при растяжении снижается на 20—26%. Относительное удлинение при разрыве через 10 *ч* облучения сначала резко падает (на 75%), затем уменьшается менее интенсивно.

Зависимость физико-механических свойств пленки из поликарбоната от продолжительности облучения УФ-светом в вакууме приведена ниже.

Продолжительность облучения *ч*	σ *кГ/см²*	$k_\sigma = \frac{\sigma_\tau}{\sigma_0}$	ε %	$k_\varepsilon = \frac{\varepsilon_\tau}{\varepsilon_0}$	σ *кГ/см²*	$k_\sigma = \frac{\sigma_\tau}{\sigma_0}$	ε %	$k_\varepsilon = \frac{\varepsilon_\tau}{\varepsilon_0}$
	При температуре 130 °С				При температуре 70°С			
0	560	1	87	1	560	1	87	1
4	648	1,15	30	0,344				
10	696	1,24	10	0,115	615	1,1	52	0,6
30	719	1,28	7,5	0,086	654	1,17	32	0,37
50	710	1,27	7,5	0,086	740	1,32	25	0,29
100	731	1,27	5	0,058	720	1,28	20	0,23
150	630	1,28	5	0,058	726	1,3	17,5	0,215
200	606	1,12	5	0,058	640	1,14	15	0,158
250					672	1,2	15	0,158

Зависимость механических свойств поликарбонатной пленки от продолжительности облучения УФ-светом на воздухе при 70° С приведена ниже:

Продолжительность облучения *ч*	σ *кГ/см²*	$k_\sigma = \frac{\sigma_\tau}{\sigma_0}$	ε, %	$k_\varepsilon = \frac{\varepsilon_\tau}{\varepsilon_0}$
0	560	1	87	1
10	467	0,835	20	0,23
30	250	0,446	17	0,195
50	230	0,41	15	0,172
75	215	0,384	10	0,115
100	220	0,393	7,5	0,086
120	200	0,357	5	0,057
150	Образцы разрушились			

Зависимость оптических свойств поликарбонатной пленки (бесцветной) от продолжительности облучения УФ-светом в вакууме

Длина волны Å	В исходном состоянии			После 30 *ч* облучения			После 100 *ч* облучения		
	пропускание %	оптическая плотность	коэффициент поглощения	пропускание %	оптическая плотность	коэффициент поглощения	пропускание %	оптическая плотность	коэффициент поглощения
2300—2800	0	∞	∞	0	∞	∞	0	∞	—
2900	13	0,890	141	0	∞	∞	0	∞	—
3050	68,5	0,165	26	0,5	2,3	396	0,5	2,3	396
3150	71	0,149	24	0,5	2,3	396	0,5	2,3	396
3250	74,5	0,129	20	0,5	2,3	396	0,5	2,3	396
3450	77,5	0,111	18	1,75	1,760	303	1	2	345
3650	79,8	0,099	16	3,45	1,46	252	2,25	1,650	285
3900	79,5	0,100	15	9,85	1,007	174	4,9	1,310	226

Прочие свойства поликарбоната:

Водопоглощение, %	
за 24 *ч*	0,2
» 7 суток	0,3
максимальное	0,4
Паропроницаемость, *г/(см² · ч · мм рт. ст.)*	$3 \cdot 10^{-8}$
Коэффициент преломления при 25° С	1,585

При облучении на воздухе дозой до 100 *Мрад* предел прочности при растяжении поликарбонатов возрастает с одновременным уменьшением удельной ударной вязкости.

При 25° С и 40%-ной относительной влажности поликарбонат поглощает только 0,01% воды, при 95%-ной относительной влажности — 0,16%. При погружении поликарбоната в холодную воду абсорбция воды за 10 суток не превышает 0,33%, а в горячей воде 0,58%. Водопоглощение поликарбоната почти не влияет на его механические, теплофизические и электрические свойства.

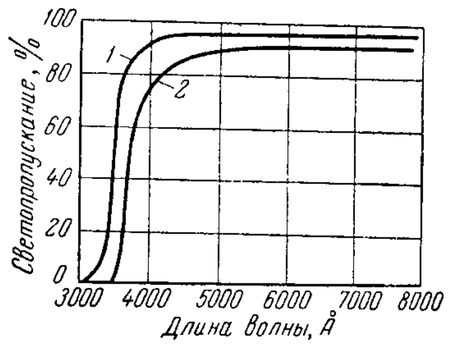


Рис. 7. Кривая светопропускания поликарбоната:

1 — пленка толщиной 0,1 *мм*; *2* — пластина толщиной 2 *мм*.

Поликарбонат, изготовленный из чистого исходного сырья, является, особенно в тонких слоях, прозрачным материалом. Незначительное поглощение волн от 340 *ммк* до 500 *ммк* в видимой части спектра обусловливает наличие оттенка янтарного цвета. Поликарбонат поглощает ультрафиолетовую часть спектра и в то же время прозрачен (пропускание 90%) для инфракрасной части спектра. Прозрачность поликарбоната зависит от чистоты исходного сырья и технологии переработки. Наибольшую прозрачность имеют пленки, полученные из раствора. На рис. 7 показана кривая светопропускания поликарбоната.

Поликарбонат дифлон выпускается по ТУ П-7—66 двух марок:

Марка К — для изготовления деталей конструкционного назначения.
Марка Э — для изготовления электроизоляционных изделий.
Поликарбонат должен удовлетворять следующим требованиям:

	Марка К	Марка Э
Предел прочности при изгибе, *кГ/см²*, не менее	800	800
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	90	90
Удельное электрическое сопротивление		
поверхностное, *ом*	—	$1 \cdot 10^{15}$
объемное, *ом · см*	—	$1 \cdot 10^{16}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6, не более	—	0,008
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	—	18
Зольность, %, не более	0,03	0,05

Переработка поликарбонатов

Поликарбонат обладает частично кристаллической структурой. Процессы кристаллизации затруднены и протекают в субмикроскопических областях. При длительной тепловой обработке материала возможна и последующая кристаллизация, однако она не оказывает влияния на внешний вид, плотность полимера и стабильность размеров деталей, если термообработка проводится ниже температуры стеклования. Такое явление необычно, так как для других материалов, например полиэтилена или полиамидов, также наблюдается последующая кристаллизация при термообработке, которая приводит к усадке деталей.

Переработка поликарбонатов может производиться обычными методами: литьем под давлением, экструзией, прессованием и т. д.

Перед переработкой поликарбонат должен быть тщательно высушен. Температура сушки 110—120° С, продолжительность (в зависимости от влажности материала) 10—20 *ч*. Переработка невысушенного материала приводит к появлению пузырей и «разводов» в изделиях и к их хрупкости.

Следует отметить, что поликарбонат характеризуется высокой вязкостью расплава. Ниже приводятся значения вязкости расплава поликарбонатов с различным молекулярным весом при 280° С:

Молекулярный вес	Вязкость расплава *пз*
25 000	5 800
27 000	9 400
30 000	14 500
33 000	30 000

При переработке поликарбоната на машинах, в которых производится гомогенизация расплава, можно применять вторичный материал. Однако рекомендуется добавлять его к свежему грануляту в количестве, не превышающем 10%.

Поликарбонат можно перерабатывать в трубы, шланги, профили, пленки, выдувные полые изделия, различные литые детали и т. д. Оптимальные температуры переработки:

Температура размягчения, °С	135—140
Температура вакуумформования, °С	165—215
Температура плавления, °С	210—230
Температура, при которой производят сварку, °С	218—250
Температура, при которой производят экструзию, °С	245—305
Температура, при которой осуществляют литье под давлением, °С	270—310

При температуре выше 330° С наступает заметная деструкция поликарбоната, обусловленная наличием примесей, повышенной влажностью или длительным пребыванием полимера в нагретом (до 260—330° С) состоянии. При деструкции наблюдается значительное уменьшение вязкости расплава, потемнение материала, появление запаха фенола.

Литье под давлением

Поликарбонат может перерабатываться на всех современных машинах, применяемых в промышленности для литья под давлением. Поршневые литьевые машины без предварительной пластикации можно применять для изготовления изделий весом не выше 100 *Г*.

Загрузочный бункер литьевой машины должен обогреваться (до 110—120° С). Сопло должно быть открытого типа, но в особых случаях можно применять и самозапирающиеся сопла. При изготовлении тонкостенных изделий рационально применять игольчатое самозапирающееся сопло. Цилиндр и сопло также должны обогреваться. Регулирование температуры следует производить с помощью терморегуляторов со шкалой до 350° С.

Литье поликарбоната ведут при повышенном давлении: для поршневых машин не меньше 1300 *кГ/см²*, а для машин с червячной пластикацией — не

меньше 900 *кГ/см²*. В некоторых случаях давление может достигать 2000 *кГ/см²*. Температура переработки 270—310° С.

Рекомендуется применять короткие литники большого диаметра. Если разводящие каналы не слишком длинные, то может быть применен точечный литник. Диаметр его канала должен составлять лишь 60—70% от толщины стенок отливаемого изделия. Наименьший диаметр 1,2 *мм*. При применении конического литника эта величина является наименьшим диаметром конуса литника.

Толщина стенок изделий должна быть не менее 0,7—1,0 *мм*. При сложной конфигурации распределительных каналов диаметр вводного канала следует соответственно увеличивать.

При конструировании литьевых форм величину усадки следует принимать равной 0,7—0,8%. Форма должна быть закаленной и хорошо отполированной; хромирование не обязательно. Необходимо предусматривать каналы для обогрева формы.

На рис. 8 показана зависимость максимальной длины спирали от температуры переработки для поликарбоната. Форму целесообразно нагревать до 80—120° С. Обычно повышение температуры выше 80° С требуется для форм большой площади со сложной конфигурацией или тонкими сечениями, а также для многогнездных форм с разветвленной литниковой системой.

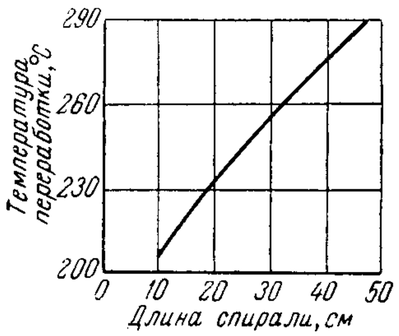


Рис. 8. Зависимость максимальной длины спирали от температуры переработки поликарбоната.

Температура формы оказывает заметное влияние на напряжения, возникающие в поверхностном слое, которые в дальнейшем вызывают поверхностное растрескивание изделия. Температура формы влияет также на ориентацию полимера, а следовательно, и на его механические свойства.

Бóльшая ориентация и бóльшие поверхностные напряжения возникают при литье в холодную форму. При этом требуется повышенное давление впрыска и повышенная температура в материальном цилиндре. При высокой температуре формы увеличивается усадка, возможно коробление изделия из-за прилипания поликарбоната к металлу.

При переработке поликарбоната литьем под давлением в некоторых случаях (в результате нарушения того или иного технологического параметра) получаются изделия со значительными остаточными напряжениями. Простым методом определения напряжений является погружение детали в четыреххлористый углерод, при этом в местах наличия высоких напряжений появляется поверхностное растрескивание.

Напряжения в изделиях могут быть сняты путем дополнительного прогрева в термошкафу при 120—135° С в течение 12 *ч* (для изделий с сечением до 3 *мм*) или в течение 24 *ч* (для изделий с сечением 3 *мм* и более). Хорошие результаты в некоторых случаях дает кратковременный (1—4 *мин*) прогрев изделий в ванне с гликолями при 160—175° С.

Методом литья под давлением из поликарбоната могут быть изготовлены изделия с очень большим сечением. Для этого, в частности, можно использовать поликарбонатный вкладыш. Впрыск расплавленного полимера производится в полость литьевой формы вокруг этого вкладыша. Вкладыши из поликарбоната должны быть обязательно высушены (при 120° С в течение 24 *ч* и более) и предварительно нагреты до 135° С. После изготовления толстостенного изделия рекомендуется его отжиг при 120—135° С в течение 24 *ч*.

Если для литья поликарбоната нет специального цилиндра или в процессе работы необходима замена материала, следует воспользоваться очисткой цилиндра в электрическом шкафу в течение нескольких часов при температуре около 400° С. При этом поликарбонат разрушается и цилиндр может быть демонтирован и механически очищен. При механической очистке цилиндр разбирается и при температуре переработки расплав удаляется медным резцом. При 200° С оставшийся материал можно легко удалить при помощи щетки из латунной проволоки. Нельзя пытаться механически отделять охлажденный и застывший поликарбонат от стенок цилиндра во избежание повреждений поверхности цилиндра.

Тонкие слои поликарбоната могут быть сняты растворением в метиленхлориде.

При окончании литья поликарбоната рекомендуется сразу после отключения обогрева выдавить из цилиндра большую его часть с помощью другого высоковязкого термопласта, например полиэтилена. Этим устраняется опасность деформации стенок цилиндра, вызываемая наступающей при охлаждении усадкой материала.

Экструзия

Поликарбонат можно перерабатывать на всех современных экструдерах (корпус экструдера должен быть изготовлен из закаленной стали).

Цилиндр в месте перехода в воронку и в зоне загрузки во время работы охлаждается водой, зона перехода обогревается электрическими обогревателями или жидкими теплоносителями, загрузочный бункер также обогревается.

Червяк не нуждается ни в нагревании, ни в охлаждении. Длина его должна составлять 15*D*. Хорошо зарекомендовали себя однозаходные червяки из закаленной стали с постоянным шагом и максимальным коэффициентом сжатия 2,4 : 1.

Между червяком и головкой рекомендуется ставить многослойный фильтр, который улучшает однородность продукта и удаляет воздушные пузыри. Температура должна повышаться от бункера к головке, причем температура головки должна быть ниже, чем передней зоны корпуса.

При необходимости остановки процесса температуру цилиндра снижают до 160° С. Этим устраняется опасность полного застывания массы в цилиндре и повреждения стенок цилиндра. Регулирование температуры лучше всего осуществлять при помощи терморегуляторов с падающей дужкой со шкалой до 350° С.

По окончании работы следует вытеснить основную массу поликарбоната, подавая другой высоковязкий материал, и затем подвергнуть машину механической очистке.

Из поликарбоната можно получать экструзией различные профили, шланги, трубы, которые легко раздуваются до тонких пленок. Более толстые пленки можно получать с помощью широкощелевой головки с последующей калибровкой пленки на вальцах.

Экструдируемые заготовки можно формовать в изделия пневматическим способом.

Области применения

Широкие возможности применения поликарбонатов во многих областях промышленности основаны на ценном сочетании их свойств, наиболее важными из которых являются относительно высокая температура плавления, малая кристаллизация при температурах ниже температуры плавления, прозрачность, превосходные механические свойства в широком интервале температур (особенно удельная ударная вязкость), хорошие электрические свойства, способность к вытяжке и сохранению ориентированного состояния за

счет кристаллизации, малое водопоглощение, атмосферостойкость и влагостойкость даже при повышенных температурах, относительная химическая стойкость, сопротивление воздействию смазок, нефтепродуктов и алифатических углеводородов, высокая температура горения и самопогашаемость, способность к окраске, наполнению и металлизации в вакууме.

Благодаря этим свойствам изделия из поликарбонатов находят широкое применение в радио- и электропромышленности как изоляционный и конструкционный материал, т. е. для изготовления корпусов катушек и конденсаторов штепсельных разъемов, переключателей, защитных экранов для телевизоров, деталей и корпусов измерительных приборов, панелей и частей для автоматического телефона и множества других изделий.

В машиностроении и приборостроении из поликарбоната можно изготавливать различные типы корпусов и кронштейнов, шестерни и кулачковые механизмы, болты, гайки и заклепки, детали воздуходувок и холодильных машин, трубы и вентили, защитные шлемы и т. д.

Благодаря сравнительно высокой теплостойкости и хорошим оптическим свойствам поликарбонат можно применять для производства светильников, светящихся трубок и указательных ламп, рефлекторов и т. д. Следует указать на возможность использования поликарбоната для изготовления граммофонных пластинок, магнитофонных дисков, игрушек и изделий широкого потребления.

Изделия из поликарбоната, предназначенные для медицины (например, емкости, чаши, шприцы и др. предметы), можно стерилизовать и обмывать горячими дезинфицирующими растворами.

Поликарбонатную пленку можно использовать для изоляции в трансформаторах и катушках, для изготовления электрических конденсаторов, для картографических работ, для специальной упаковки и т. д.

Поликарбонатные изделия найдут широкое применение в макетном проектировании, так как из листов и других простых заготовок легко можно изготовить макеты различных изделий.

Детали из поликарбоната можно обтачивать, сверлить, фрезеровать, строгать, пилить, резать, штамповать и полировать.

Поликарбонат можно окрашивать, металлизировать и наполнять другими веществами, такими, как двуокись титана, асбест, стекловолокно и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shnell H., Angew Chem., **68**, 633.
2. Prietzchk A., Koll.-Z., **156**, 8 (1958).
3. Hechelhammer W., Peilstocker G., Kunststoffe, **49**, 8 (1959).
4. Лосев И. П., Смирнова О. В., Смурова Е. В., Высокомол. соед., **2**, № 11 (1960).
5. Авт. свид. 138029 (1960).
6. Авт. свид. 138030 (1960).
7. Макарук Л., Козлов П. В., Каргин В. А., Высокомол. соед., **2**, № 5 (1960).
8. Backofen W., Plastverarbeiter, **12**, № 1, 1—4 (1961).
9. Авт. свид. 159648 (1962).
10. Акутин М. С., Котрелев В. П. и др., Пласт. массы, № 6, 26 (1963).
11. Голденберг Н., Пласт. массы, № 6, 29 (1963).
12. Snell H., Chemistry and physics of polycarbonates, New Jork, 1964.
13. Пластические массы в машиностроении и приборостроении (материалы семинара), сб. 1, Московский Дом научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского, 1965.

ФЕНОПЛАСТЫ

Фенопласты — термореактивные пластические материалы на основе фенол-альдегидных смол.

Смолы образуются при поликонденсации фенолов с альдегидами в присутствии щелочных или кислых катализаторов.

Для получения технических продуктов применяют низшие фенолы — кристаллический фенол, крезолы, ксиленолы или их смеси. Из альдегидов применяют в основном формальдегид в виде формалина (40%-ного водного раствора) и фурфурол.

В зависимости от соотношения фенола и альдегида, а также рода катализатора образуются либо термореактивные, либо термопластичные смолы. Так, при избытке формальдегида в присутствии щелочного катализатора (едкого натра, гидроокиси бария, аммиачной воды) образуется смесь фенолоспиртов, которые затем реагируют между собой, выделяя воду и образуя термореактивную вязкую, жидкую или твердую хрупкую смолу, выпускаемую химической промышленностью и подлежащую дальнейшей переработке. Полученные смолы способны растворяться в органических растворителях (спирте, ацетоне и др.); хрупкие смолы способны также плавиться.

При дальнейшем нагревании или даже при длительном хранении смола переходит в студенистую массу (гель). Твердая смола перестает плавиться, но может еще размягчаться; она не растворяется в органических растворителях, но набухает в них.

При последующем нагревании образуется смола с жесткой трехмерной пространственной сетчатой структурой, которая полностью теряет способность набухать в органических растворителях и размягчаться.

Таким образом, для феноло-альдегидных смол различают три характерных состояния: а) жидкая или твердая, плавкая и растворимая в органических растворителях смола — *резол,* или смола на стадии «А»; б) гель или твердая смола, неплавкая и нерастворимая в органических растворителях, но способная набухать в них и размягчаться под действием тепла — *резитол,* или смола на стадии «В»; в) твердая, неплавкая и не набухающая смола — *резит,* или смола на стадии «С».

Только резит обладает необходимыми эксплуатационными свойствами (механической прочностью, электроизоляционными свойствами, химической стойкостью, стойкостью к температурным воздействиям и др.). Ниже приведены некоторые свойства резитов на основе фенола или крезола:

Плотность, *г/см*^{3}	1,14—1,30
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см*^{2}	2,5—10
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм*^{2} .	30
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, *ом* . . .	$1 \cdot 10^8$—$1 \cdot 10^{11}$

Резиты стойки к водным и слабокислым средам, бензину, маслам, органическим растворителям. В щелочных средах резит деструктируется. При

температурах около 300° С происходит термическая деструкция резита, сопровождающаяся выделением воды и фенола. При более высоких температурах образуется механически прочный кокс. Коксовое число фенольных резитов около 50, что резко отличает феноло-формальдегидные смолы от других синтетических смол и делает их незаменимыми в ряде отраслей новой техники.

При избытке фенола в присутствии кислых катализаторов (соляная, щавелевая и др. кислоты) образуются диоксидифенилметаны, которые, соединяясь с фенолом и альдегидом, образуют твердую, хрупкую, прозрачную смолу — новолак. Новолаки термопластичны. Они плавятся при температурах около 100—120° С, растворяются в спирте, ацетоне и других органических растворителях. Для получения технических продуктов новолак с помощью гексаметилентетрамина (уротропина) в количестве 10—15% переводят в резит.

Увеличение количества уротропина свыше 15% от веса новолака не только не снижает время отверждения, но и отрицательно сказывается на физико-механических свойствах отвержденных новолаков, в частности повышается водопоглощение, уменьшается прочность.

При применении в качестве катализаторов хлористого цинка, уксуснокислого цинка и некоторых окисей металлов можно получить новолаки регулярной структуры. Такие новолаки отверждаются на 30—40% быстрее, чем обычные, и показатели их прочностных свойств несколько выше.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕЗОЛЬНЫЕ И НОВОЛАЧНЫЕ СМОЛЫ

Резольные смолы, выпускаемые в СССР, можно разделить на 3 группы— водноэмульсионные и водорастворимые, лаковые и твердые резолы.

Твердые резолы, содержащие в своем составе анилин (смолы 211, 214), обладают более высокими (по сравнению с новолаками) показателями электроизоляционных свойств из-за отсутствия полярной гидроксильной группы в анилине.

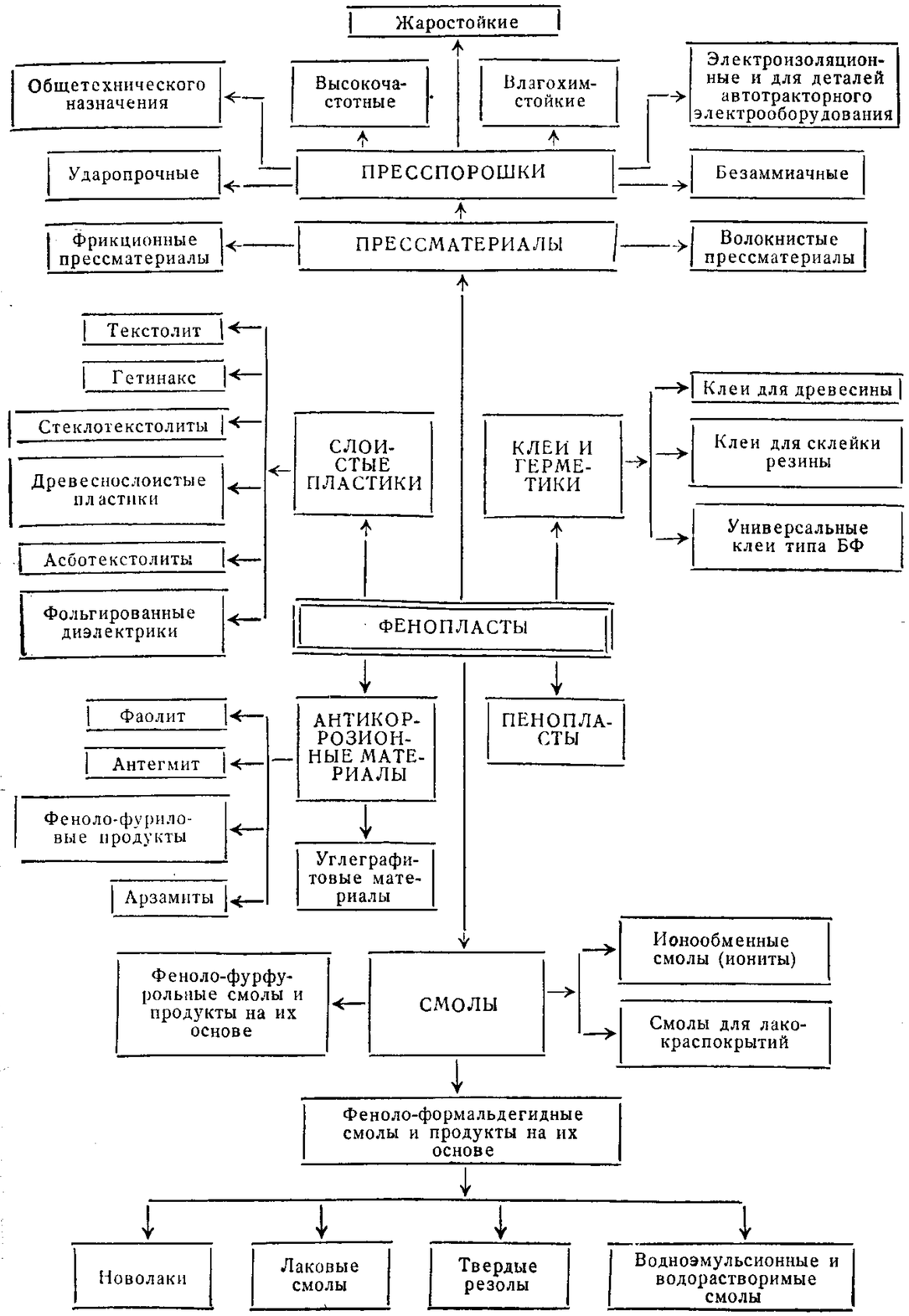
Области применения резольных смол и соответственно методы их переработки различны. Общим в процессе переработки является отверждение резольных смол, т. е. переход их в неплавкое и нерастворимое состояние (резит) под воздействием высоких температур или кислых катализаторов.

В СССР выпускается 11 марок новолачных смол. Эти смолы отличаются друг от друга исходным сырьем (фенольные, крезольные, феноло-ксиленольные и т. д.), температурой каплепадения (95—140° С), содержанием свободного фенола (2—9%) и скоростью отверждения.

Важнейшей особенностью феноло-формальдегидных смол является их способность в сочетании с различными наполнителями образовывать фенопласты с широким диапазоном прочностных показателей, в отдельных случаях приближающихся к прочности металлов. Удельная ударная вязкость древеснослоистых пластиков достигает 100 $кГ \cdot см/см^2$, этот же показатель для феноло-альдегидных смол, наполненных стеклотканью, достигает 150 $кГ \cdot см/см^2$. Фенопласты с минеральными сыпучими наполнителями обладают хорошими диэлектрическими свойствами и широко используются в электротехнике. Фенопласты, наполненные различными сортами асбеста, служат в качестве фрикционных материалов, а также для прессования и формования из них различных изделий антикоррозионного назначения. Наиболее распространенным видом фенопластов являются фенопласты, наполненные древесной мукой.

Классификация фенопластов приведена на схеме на стр. 287.

Классификация фенопластов



В СССР выпускается свыше 200 различных марок фенопластов.

Фенопласты перерабатываются в изделия методом горячего прессования при температурах 160—200° С и удельном давлении 150—1200 *кГ/см²*. Изделия могут армироваться черными или цветными металлами. В процессе прессования происходит переход новолака или резола в резит под влиянием высоких температур. По окончании прессования из горячей прессформы извлекается готовое изделие, не нуждающееся в механической обработке. В некоторых случаях отверждение фенопластов проводится в термокамерах при температуре около 200° С (процесс бакелизации).

Изделия из фенопластов обладают хорошими диэлектрическими свойствами, довольно высокой механической прочностью, высокой теплостойкостью и морозостойкостью.

Феноло-формальдегидные смолы способны совмещаться со многими полимерами, в том числе с каучуками, а также с рядом мономеров, например с фуриловым спиртом и др. При совмещении сохраняется основное свойство фенопластов — их термореактивность и приобретаются все положительные свойства второго компонента. На основе совмещенных смол создан ряд новых прессматериалов, клеев, герметиков, термостойких покрытий и других материалов.

Высокие показатели механических и диэлектрических свойств, термостойкость и термореактивность, способность работать длительное время при повышенных температурах и в различных климатических условиях, включая полярную и тропическую зоны (малая подверженность старению), обеспечили фенопластам широкое применение в радиоэлектронике, авиационной, автомобильной промышленности и в других отраслях народного хозяйства.

СМОЛЫ ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ

ЛАКОВЫЕ СМОЛЫ

Лак бакелитовый (ГОСТ 901—56). Спиртовый раствор резольной (фенольной или крезольной) смолы. Применяется для покрытий и пропитки различных материалов. Покрытия из бакелитового лака стойки к действию растворов кислот, солей и ряда органических растворителей, нестойки к действию щелочей и окислителей. Применяются до 120° С. Прочность сцепления лака с металлом увеличивается с введением наполнителей (графит, андезитовая мука, каолин и др.). Выпускается двух марок — А и Б.

Сухой остаток, %	
марка А	50—60
марка Б	60—70
Содержание свободного фенола или крезола (в пересчете на фенол), %, не более	14
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	50—115

Хранить в закрытой стеклянной или железной таре при температуре не выше 25° С. Срок хранения 6 месяцев.

Лак бакелитовый марки А (ТУ ЛСНХ 3027—59). Спиртовый раствор резольной смолы, полученной на основе фенольной фракции. Свойства соответствуют лаку бакелитовому марки А по ГОСТ 901—56.

Лак СБС-1 (ГОСТ 901—56). Спиртовый раствор резольной смолы на основе фенола или фенольной фракции. Применяется для склеивания фанеры и пропитки различных материалов.

Сухой остаток, %, не менее	50—55
Содержание свободного фенола или крезола (в пересчете на фенол), %, не более	
в лаке на феноле	14
в лаке на фенольной фракции	15
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	55—90
Вязкость 50%-ного раствора по ВУ при 20° С, *сек*	
для пропитки шпона	15—40
для намазки шпона	40—100
Влажность смолы по Дину и Старку, %, не более	7
Предел прочности при скалывании лака вязкостью 40—100 *сек*, *кГ/см²*, не менее	30

Хранить в закрытой стеклянной или железной таре при температуре не выше 25° С. Срок хранения 6 месяцев.

Лак СКС-1 (ГОСТ 901—56). Спиртовый раствор резольной феноло-формальдегидной смолы. Применяется в производстве древеснослоистых пластиков.

Сухой остаток, %	50—55
Содержание свободного фенола или крезола (в пересчете на фенол), %, не более	14—15
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	55—90
Влажность смолы по Дину и Старку, %, не более	7

Хранить в закрытой стеклянной или железной таре при температуре не выше 35° С.

Зеркальная эмаль (лак 1П) ТУ МХП 2314—51. Спиртовый раствор резольной феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилбутиралем. Эмаль предназначается для покрытия серебряной амальгамы зеркал.

Сухой остаток, %, не менее	20—24
Вязкость по Форду — Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*	6—10

Хранить в герметично закрывающейся таре при температуре не выше 25° С. Срок хранения 6 месяцев.

Электроизоляционный лак ВЛ-941 (старое название — лак метальвин), ГОСТ 10760—64. Раствор резольной феноло-формальдегидной смолы, поливинилформаля и стабилизатора в дикрезоле (смеси *м*- и *п*-крезолов) с добавкой сольвент-нафты. Применяется для электроизоляционного покрытия медной проволоки. Отверждение лака происходит при нагревании.

Сухой остаток, %, не менее	15,8
Вязкость по ВЗ-1 при 20° С, *сек*, не более	800

Хранить в железной луженой или оцинкованной таре при температуре не выше 25° С.

Лак 217 марок А и Б (ТУ П-105—55). Спиртовый раствор резольной смолы 217, полученной поликонденсацией смеси фенола и трикрезола с формальдегидом в присутствии аммиака и едкого натра в качестве катализаторов. Марка А применяется в качестве связующего при изготовлении высокопрочных прессовочных композиций и различных покрытий. Марка Б используется для пропитки многослойной ткани.

	А	Б
Содержание бромирующихся веществ, %, не более	14	14
Сухой остаток, %, не менее	75	85
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	70—100	75—100
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	400—700	4000—7000

Лак Р-232 (ТУ П-5—50). Спиртовый раствор резольной феноло-формальдегидной смолы, полученной в присутствии аммиака в качестве катализатора. Применяется для пропитки тканей при изготовлении текстолита.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	14
Сухой остаток, %	70—80
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*, не более	100
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	2000—4000

Хранить в герметичной таре при температуре не выше 25° С. Гарантийный срок хранения 6 месяцев.

Лак ФЦ (ГОСТ 10401—63). Раствор в этилцеллозольве резольной феноло-формальдегидной смолы, полученной в присутствии аммиака в качестве катализатора. Предназначается для изготовления электроизоляционного лака горячей сушки марки ВЛ-931.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	14
Содержание смолы, %	45—55

Хранить в герметичной таре при температуре не выше 25° С.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ И ВОДНОЭМУЛЬСИОННЫЕ СМОЛЫ

Фенолоспирты (ВТУ МХП 2309—51). Растворимые в воде первичные продукты поликонденсации фенола с формальдегидом, полученные при избытке формальдегида и щелочном катализаторе. Применяются как связующее для получения стекловаты, шлаковаты, для пропитки древесной муки и т. д.

Сухой остаток, %, не менее	50
Содержание свободного фенола, %, не более	9
Смешиваемость с дистиллированной водой, не менее	1:2

Хранить в стеклянной или железной таре при температуре не выше 25° С. Срок хранения 2 месяца.

Смола ВР-1 (ВТУ 35 ХП-707—64). Резольная феноло-формальдегидная смола. Предназначается для изготовления теплоизоляционных материалов с основой из ультратонкого стекловолокна, а также в качестве крепителя в литейной промышленности.

Сухой остаток, %, не менее	40
Содержание свободного фенола, %, не более	6
Смешиваемость с водой, не менее	1:1
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	20—40

Хранить в железной или стеклянной таре при температуре не выше 20° С. Срок хранения 6 месяцев.

Смола БП (ТУ 35-ХП-559—63). Водорастворимая резольная феноло-формальдегидная смола, полученная в присутствии поташа в качестве катализатора. Применяется как связующее при изготовлении асбофрикционных изделий.

Сухой остаток, %	55—65
Содержание бромирующихся веществ, %, не более	10
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	110—160

Хранить в металлической таре.

Смола Б (ТУ МХП 4158—54). Водноэмульсионная резольная феноло-формальдегидная смола. Применяется как связующее для получения стекловаты и шлаковаты, древесностружечных и древесноволокнистых плит, для горячего склеивания фанеры, асбоцемента и других неметаллических материалов при температуре выше 100° С, а также для получения клея холодного отверждения.

Сухой остаток, %, не менее	70
Содержание свободного фенола, %, не более	5
Содержание ацетона (стабилизатора), %	7—12
Содержание щелочи (в пересчете на едкий натр), %, не более	1
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	150—450

Смола не должна содержать надсмольной воды.

Хранить в железной или стеклянной таре при температуре не выше 25° С. Срок хранения 6 месяцев.

Смола СП-2 (ВТУ М-806—60). Водноэмульсионная резольная смола. Применяется для склеивания фанеры и получения клея горячего или холодного отверждения для склеивания древесины. Смола СП-2 выпускается двух марок — А и Б.

	А	Б
Сухой остаток, %, не менее	50	50
Содержание свободного фенола, %, не более	4	3,5
Содержание щелочи (в пересчете на едкий натр), %, не более	1,6	1,6
Смешиваемость с водой, не менее	1:0,7	—
Вязкость по Форду—Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*	6—15	15—40

Стабилизатор — этиловый спирт.

Хранить в железной или стеклянной таре. Срок хранения марки А — 3 месяца, марки Б — 6 месяцев.

Смола ЦНИИМОД (ВТУ 4438—55). Водноэмульсионная резольная феноло-формальдегидная смола с добавкой пластификатора — этиленгликоля. Применяется для получения клея холодного или горячего отверждения для склеивания древесины.

Сухой остаток, %, не менее	50
Содержание свободного фенола, %, не более	3
Содержание свободного формальдегида, %, не более	2
Содержание щелочи (в пересчете на едкий натр), %, не более	2
Плотность при 20° С, *г/см*³, не более	1,2
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	250—800

Хранить в стеклянной или железной таре при температуре воздуха от 0 до 20° С. Срок хранения 6 месяцев.

Жидкий бакелит (ГОСТ 4559—49). Жидкая резольная феноло-формальдегидная смола, полученная в присутствии едкого натра в качестве катализатора. Применяется в качестве связующего при изготовлении абразивных изделий. В зависимости от вязкости жидкий бакелит выпускается трех марок — А, Б и В.

	А	Б	В
Содержание свободного фенола, %, не более	10—16	10—16	15—20
Вязкость по методу падающего шарика при 20° С, *сек*	50—150	150—300	2—10
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*, не более	60—180	60—180	240
Потери массы при поликонденсации, %, не более	22	22	30

Хранить в металлической таре при температуре не выше 20° С.

Смола ВИАМ-Б (ТУ МХП 4158—54); смола ВИАМ-Ф-9 (ТУ М-375—58). Водноэмульсионные резольные феноло-формальдегидные смолы, полученные в присутствии гидроокиси бария или едкого натра в качестве катализаторов.

Предназначаются для изготовления клеев холодного отверждения для склеивания древесины.

	ВИАМ-Б	ВИАМ-Ф-9
Сухой остаток, %, не менее	80	62—68
Содержание свободного фенола, %, не более	21	2,5
Содержание свободного формальдегида, %, не более	—	3,0
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	500—1000	500—1000
Вязкость по Форду—Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*	—	30—60
pH смолы	7,5	5,0—7,2

Стабилизатор — этиловый спирт. Хранить в металлической или стеклянной таре при температуре не выше 20° С. Срок хранения 4 месяца.

Смола С-1 (ТУ 59—49). Водноэмульсионная резольная феноло-формальдегидная смола. Предназначается для склеивания фанеры.

Сухой остаток, %	45—50
Содержание свободного фенола, %, не менее	12
Содержание щелочи (в пересчете на едкий натр) %, не более	3,5
Вязкость при 20° С, ° Е	100—300
Предел прочности при скалывании, *кГ/см*²	16

Хранить в железной таре при температуре не выше 20° С до повышения вязкости до 350° Е.

Смола НИИФ С-35 (ТУ 335—53). Водорастворимая резольная смола на основе фенола, крезола или фенольной фракции. Предназначается для склеивания фанеры.

	На феноле	На фенольной фракции	На крезоле
Сухой остаток, %	35—37	35—37	35—37
Содержание свободного фенола или крезола (в пересчете на фенол), %, не более	11	11	11
Содержание щелочи (в пересчете на едкий натр), %, не более	2,5	3	4,5
Вязкость при 20° С, ° Е	150—300	150—300	150—300

Смолы 21-Э и 22-Э (ТУ МХП М1—53). Водноэмульсионные резольные смолы, полученные поликонденсацией фенола с формальдегидом в присутствии аммиачной воды (смола 21-Э) и трикрезола с формальдегидом в присутствии гидроокиси бария (смола 22-Э). Предназначаются для изготовления эмульсионным способом электроизоляционного пресспорошка К-21-22.

Сухой остаток, %, не менее	70
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	1500—2000

Смола К-6 (ТУ П-150—56); смола 228а (ТУ П-250—59). Водноэмульсионные резольные феноло-формальдегидные смолы, полученные в присутствии едкого натра как катализатора. Применяются в качестве связующих при производстве волокнита и асбестовых фрикционных и электроизоляционных прессматериалов (прессматериалы КФ-3, К-6 и др.).

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	9
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	500—2500
Влажность, %, не более	35

Смолы 26-Э и 28-Э (ТУ П-22—54). Водноэмульсионные резольные смолы, полученные поликонденсацией фенола или трикрезола с формальдегидом

в присутствии аммиачной воды в качестве катализатора. Применяются для пропитки хлопчатобумажных тканей в производстве текстолита.

Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	1500—2500
Влажность, %, не более	30

Смолы 239, 240, 244, 250 (ТУ 298—64). Водноэмульсионные резольные смолы, полученные поликонденсацией фенола, трикрезола, фенольной фракции, смеси фенола и трикрезола с формальдегидом в присутствии аммиака в качестве катализатора. Применяются для пропитки хлопчатобумажных тканей в производстве текстолита.

Сухой остаток, %, не менее	55
Содержание бромирующихся веществ, %, не более	18
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	100—350
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	1000—7500

Смолы СР-270, СР-300 (ВТУ ЭСНХ 173—59). Водноэмульсионные резольные смолы на основе суммарных сланцевых фенолов и формальдегида. Смола СР-270 изготовляется из суммарных фенолов, выкипающих при температуре 180—270° С; смола СР-300 — при температуре соответственно 180—300° С. Применяются в производстве древесноволокнистых плит и других строительных материалов на основе древесины и ее отходов.

Содержание свободного фенола, %, не более	5
Содержание ацетона (стабилизатора), %, не более	10
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*	100—500
Влажность, %, не более	25
Смешиваемость с 5%-ным раствором едкого натра в соотношении 1 : 1	полная

Хранить в железной таре при температуре не выше 20° С.
Срок хранения 6 месяцев.

Смола 30 для модельной инструментальной оснастки (опытная НИИПМ). Водноэмульсионная резольная феноло-формальдегидная смола, модифицированная полиамидом. Предназначается для изготовления мелких и средних штампов и модельной оснастки методом отливки в открытых формах с последующей термообработкой.

Содержание свободного фенола, %	17—18
Влажность, %	8—10
Содержание пластификатора (олеиновой кислоты), %	1—3

Смола отверждается в присутствии кислого отвердителя (контакт Петрова с кислотным числом 100 в количестве 5,5—7,5%). Температура отверждения 30—60° С. Усадка при отверждении 0,3%.
Ниже приведены свойства отвержденной смолы (резита):

Предел прочности, *кГ/см²*	
при сжатии	1050—1100
» статическом изгибе	800—900
Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²*	9—12
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	21—25
Верхний предел рабочих температур, °С	~ 200

Хранить в металлической или стеклянной таре при температуре не выше 25° С. Срок хранения 6 месяцев.

ТВЕРДЫЕ РЕЗОЛЫ

Смолы 211 и 211б (ТУ 35-ХП-538—63). Твердые резольные смолы, полученные поликонденсацией фенола и анилина с формальдегидом в присутствии аммиачной воды или аммиачной воды и гидроокиси бария в качестве катализаторов. Применяются для получения электроизоляционных пресспорошков.

	Смола 211	Смола 211б
Содержание бромирующихся веществ, %, не более	11	11
Время желатинизации на плитке при 180° С, *сек*	60—130	50—80
Вязкость по Оствальду 50%-ного спиртового раствора при 20° С, *спз*	10	12
Температура каплепадения по Уббелоде, °С, не ниже	80	85
Влажность по Дину и Старку, %, не более	7	3

Смола 214 (ТУ 35—ХП-538—63). Твердая резольная феноло-формальдегидная смола, полученная в присутствии окиси магния в качестве катализатора. Применяется для получения безаммиачного пресспорошка К-214-2.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	16
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	50—120
Температура каплепадения по Уббелоде, °С, не ниже	75
Влажность по Дину и Старку, %, не более	4

Смола 235 (1001) (ТУ МХП 3493—52). Резольная смола, полученная поликонденсацией крезола с формальдегидом в присутствии аммиака в качестве катализатора. Применяется для изготовления резино-асбестовых изделий в качестве связующего.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	12
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	60—120
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	80—110
Влажность по Дину и Старку, %, не более	3

Смола 220 (ВТУ 35-ХП-538—63). Твердая резольная смола, полученная поликонденсацией крезола с формальдегидом в присутствии аммиака в качестве катализатора. Предназначается для изготовления электроизоляционного пресспорошка К-220-2.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	14
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*, не менее	50
Температура каплепадения по Уббелоде, °С, не ниже	70
Влажность по Дину и Старку, %, не более	5

Смола 236 (ВТУ 35-ХП-538—63). Твердая резольная феноло-формальдегидная смола, полученная в присутствии аммиака в качестве катализатора и модифицированная канифолью. Предназначается для изготовления фрикционных материалов.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	12
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	60—150
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	60—110
Влажность по Дину и Старку, %, не более	4

Смола 29 (ТУ П-14—58). Твердая резольная смола, полученная поликонденсацией фенола, феноло-крезольной фракции и анилина с формальдегидом в присутствии гидроокиси бария в качестве катализатора. Предназначается для изготовления безаммиачного пресспорошка К-29-2.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	12
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	65—95
Температура каплепадения по Уббелоде, °С, не ниже	85
Влажность по Дину и Старку, %, не более	4

Смола 2 (ТУ П-73—62). Твердая резольная смола, полученная поликонденсацией смеси фенола, крезола и анилина с формальдегидом в присутствии гидроокиси бария и аммиака в качестве катализаторов. Предназначается для изготовления электроизоляционного пресспорошка К-2-43.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	12
Время желатинизации на плитке при 150° С, *сек*	60—100
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	85—110
Влажность по Дину и Старку, %, не более	4

НОВОЛАЧНЫЕ СМОЛЫ

Смолы 15, 17, 18 (ТУ МХП М1—53 и ТУ 35—ХП-537—63); смолы 119, 20, 113 (ТУ МХП М1—53). Твердые новолачные смолы 15, 17, 18 получаются поликонденсацией соответственно фенольной фракции, смеси фенола и ксиленола и фенола с формальдегидом в присутствии соляной или щавелевой кислот в качестве катализаторов. Смолы 113 и 20 получаются поликонденсацией соответственно фенола и смеси фенола и трикрезола с формальдегидом в присутствии соляной кислоты. Смола 119 получается поликонденсацией смеси фенола и фенольной фракции с формальдегидом в присутствии щавелевой кислоты. Цвет смол — от светло-желтого до темно-коричневого. Смолы растворимы в спирте, ацетоне, диоксане, спиртобензольной смеси (1 : 1), не растворимы в бензоле, бензине. Используются в качестве связующего при производстве пресспорошков общего назначения вальцовым методом.

Содержание бромирующихся веществ, %, не более	9
Вязкость * по Оствальду 50%-ного спиртового раствора при 20° С, *спз*	70—160
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	90—105

* Вязкость смол 18 и 20 равна соответственно 80—200 *спз* и 80—130 *спз*

Смола 104 (ТУ МХП М-1—53); смола 121 (ТУ П-267—62). Твердые новолачные феноло-формальдегидные смолы, полученные в присутствии соляной кислоты в качестве катализатора. Из смолы 104 изготовляется связующее ПК-104 (пульвербакелит) для песчаносмоляных оболочковых форм при литье металлов. Из смолы 121 изготовляется связующее ПБ (пульвербакелит) для производства абразивных кругов.

	Смола 104	Смола 121
Содержание бромирующихся веществ, %, не более	5,5	5,5
Кислотность смолы, *мг* КОН/*г* смолы, не более	—	0,6
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	105—125 не ниже 115	

Идитол (ГОСТ 2230—43). Твердая феноло-формальдегидная новолачная смола, предназначенная для производства лаков, мастик, цементов и т. п. Идитол выпускают трех марок — экстра, светостойкий, обыкновенный.

	Экстра	Светостойкий	Обыкновенный
Содержание бромирующихся веществ, %, не более	0,1	2,0	3,0
Содержание веществ, нерастворимых в этиловом спирте, %, не более	0,2	0,2	0,2
Температура размягчения по Кремер-Сарнову, °С, не менее	97	90	90
Цвет 30%-ного раствора в этиловом спирте (по иодометрической шкале), *мг*, не более *	45	27	45

* Цифры указывают количество *мг* иода в 100 *мл* эталонного водного раствора иодистого калия, совпадающего по цвету с раствором идитола.

Раствор идитола в этиловом спирте должен быть прозрачным. Пленка, образующаяся при нанесении на стеклянную пластинку 30%-ного раствора идитола в этиловом спирте, должна быть блестящей, не должна опалесцировать и иметь посторонние включения.

Хранить в деревянных бочках, в тканевых или крафт-целлюлозных мешках.

ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Связующее ПБ (пульвербакелит) (ГОСТ 3552—63). Тонко измельченная смесь новолачной смолы марки 121 с уротропином (7,4%). Применяется в качестве связующего при производстве абразивных изделий.

Остаток при просеве на сите с размером сторон ячейки в свету 0,095 *мм*, %, не более	2
Предел прочности при растяжении стандартных образцов, изготовленных на электрокорунде № 80 (наполнитель), *кГ/см²*, не менее	130
Предел прочности при растяжении стандартных образцов, изготовленных на электрокорунде № 16 после выдержки в 2%-ном содовом растворе в течение 24 *ч*, *кГ/см²*, не менее	65

Хранить в герметически закрытой таре. Гарантийный срок хранения 3 месяца.

Связующее ПК-104 (пульвербакелит) (МРТУ-6-05-937—65). Тонко измельченная смесь новолачной смолы марки 104 с уротропином (7,4%). Применяется в качестве связующего при изготовлении оболочковых форм для литья металлов.

Остаток при просеве на сите с размером сторон ячейки в свету 0,095 *мм*, %, не более	2
Подвижность расплава *, *мм*	40—100
Предел прочности при статическом изгибе стандартных образцов, изготовленных на песке люберецкого карьера (наполнитель), *кГ/см²*, не менее	48

* Определяется длиной отвержденного стержня, образующегося при течении связующего по каналу диаметром 5 *мм* под действием груза весом 260 *Г* при 140° С.

Хранить в герметически закрытой таре. Гарантийный срок хранения 3 месяца.

Масса для горячего напыления ПФН-12 (ТУ 35-ХП-592—63). Представляет собой пылевидный поливинилбутираль, модифицированный феноло-формальдегидной смолой с минеральным наполнителем. Предназначается для выравнивания швов и заглаживания поверхностей кузовов и кабин автомобилей методом горячего напыления взамен свинцово-оловянистого припоя. Рекомендуется в качестве покрытия по металлу для последующего склеивания древесины с металлом клеями холодного отверждения.

Прочность сцепления, *кГ/см²*, не менее	100
Содержание летучих, %, не более	3,5
Дисперсность, %	
остаток на сите № 05	0
остаток на сите № 01	50—60

Термостойкая масса для газопламенного напыления марки ТПФ-37 (СТУ-12-10212—62). Термостойкая пластмасса ТПФ-37 представляет собой порошкообразную композицию из поливинилбутираля, полиэтилена, феноло-формальдегидной смолы, наполнителей и стабилизаторов. Используется для выравнивания сварных швов и неровностей на поверхности автомобильных кузовов и кабин путем газопламенного напыления после процесса бондеризации и перед окраской синтетическими нитроэмалями. Порошок не должен содержать посторонних включений.

Содержание летучих, %, не более	3,5
Предел прочности при сдвиге, *кГ/см²*, не менее	100
Дисперсность, %	
остаток на сите № 05	0,3
остаток на сите № 01	60—75

Смола ФР-12 (ТУ МХП М-758—57). Представляет собой водный раствор эмульсионной смолы, полученной поликонденсацией резорцина с формальдегидом. Содержит пластификатор. Предназначается для изготовления клея холодного отверждения марки ФР-12 для древесины. Клей стоек к керосину, машинному маслу, воде.

Вязкость смолы по Форду—Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*	18—50
Предел прочности при скалывании по клеевому шву, *кГ/см²*, не менее	130

Хранить в герметически закрытых бутылях или бочках. Срок хранения 6 месяцев.

ФУРФУРОЛЬНЫЕ СМОЛЫ

Мономер ФА (МРТУ 6-05-945—64). Жидкая смола, полученная поликонденсацией фурфурола с ацетоном в присутствии щелочного катализатора. Мономер отверждается на холоду или при нагревании в присутствии кислых катализаторов — бензолсульфокислоты, *п*-толуолсульфохлорида и т. п. Применяется при получении бесцементного органо-минерального прочного, водо-, масло- и кислотостойкого бетона, а также для пропиточных составов, придающих негорючесть и огнестойкость.

Плотность, *г/см³*, не менее	1,082
Кислотность (в пересчете на серную кислоту), %, не более	0,1
Растворимость в ацетоне	полная
Вязкость по Оствальду при 20° С, *спз*, не более	30
Влажность по Дину и Старку, %, не более	2,5
Время желатинизации на плитке при 170—180° С в присутствии 3% бензолсульфокислоты, *сек*	30—110

Хранить в стеклянной или металлической таре.

Смола ФА-15 (ВТУ П-261—61). Твердая смола, полученная поликонденсацией фурфурола с ацетоном в присутствии гидроокиси бария в качестве катализатора. Применяется как один из компонентов при производстве теплоизоляционного материала ФС-7-2.

Вязкость по Оствальду 50%-ного раствора в ацетоне при 20° С, *спз*	20—40
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	80—120
Влажность по Дину и Старку, %, не более	10

Смолы ФМ-3 и ФМ-4 (ВТУ П-352—63). Жидкие продукты поликонденсации фурфурола с фенолоспиртами в присутствии малеинового ангидрида в качестве катализатора и диэтиленгликоля в качестве стабилизатора. Смола ФМ-4 модифицирована поливинилбутиралем. Смолы отверждаются при нагревании и применяются как связующее при производстве шлифовальных шкурок.

Сухой остаток, %, не менее	
ФМ-3	70
ФМ-4	75
Время желатинизации на плитке при 150°С, *сек*	250
Вязкость по ВЗ-4 при 20° С, *сек*	50—150

Смола 118 (ТУ 35-ХП-537—63). Твердая новолачная смола. Получается поликонденсацией фенола или смеси фенола и крезола с фурфуролом в присутствии едкого натра и гидроокиси бария в качестве катализаторов. Смола растворима в спирте, ацетоне, диоксане. Используется как связующее при производстве пресспорошка К-118—2 общего назначения вальцовым методом.

Время желатинизации на плитке при 150° С, в присутствии 10% уротропина, *сек*	200—400
Вязкость по Оствальду 50%-ного спиртового раствора при 20° С, *спз*, не менее	40
Температура каплепадения по Уббелоде, °С	85—105

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ФАОЛИТ (ТУ ГХП 36—44)

Фаолит — кислотоупорная пластическая масса, получаемая на основе жидкой резольной феноло-формальдегидной смолы и кислотостойкого наполнителя.

Фаолит выпускается трех марок: А, Т и П. Марка А содержит в качестве основного наполнителя асбест, Т — графит, П — кварцевый песок.

Фаолит производится как в виде готовых изделий из отвержденного фаолита, так и в виде полуфабрикатов — сырых листов, прессовой массы и замазок.

Изделия из сырого фаолита можно формовать при обычных температурах без применения высокого давления с последующим их отверждением (бакелизацией). Это позволяет изготавливать из него крупногабаритную аппаратуру, не пользуясь прессами.

Технологическая схема производства сырых листов и изделий из фаолита

Составление композиции, смешение компонентов → Вальцевание при 70—90° С → Каландрование → Формование изделий и листов → Обрезка кромок и упаковка сырых листов → Отверждение изделий → Лакирование и отверждение лаковой пленки → Упаковка

Свойства отвержденного фаолита

Плотность, *г/см³*	1,5—1,6
Предел прочности, *кГ/см²*	
при растяжении	120—385
» сжатии	580—900
» изгибе	260—600
» срезе	240—250
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не ниже	2
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*	20
Коэффициент термического линейного расширения при температурах 20—200° С, *град⁻¹*	$2 \cdot 10^{-5}$—$3 \cdot 10^{-5}$
Коэффициент теплопроводности, *ккал/м · ч × × град)*	
марка А	0,25
марка Т	0,90
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	100
Верхний предел рабочих температур, °С, не выше	~130
Кислотостойкость*, %	1,25—1,5
Усадка сырого фаолита при отверждении, %, не более	
для листов	2
» труб	2—3

Примечание. Удельная ударная вязкость, теплостойкость по Мартенсу, кислотостойкость и усадка при отверждении даны по ТУ ГХП 36—44.

* Изменение массы стандартного бруска, находящегося в течение суток в 22%-ной соляной кислоте при температуре кипящей водяной бани.

Сырые листы фаолита хранят в горизонтальном положении при температуре не выше 20° С. Гарантийный срок хранения 2 месяца.

Химическая стойкость фаолита

Фаолит стоек к серной (до 70%), соляной (до 37%), фосфорной, уксусной (до 50%), муравьиной, щавелевой, молочной кислотам, некоторым растворителям, хлорированным углеводородам, минеральным маслам, растворам медного купороса, сернокислого алюминия и др. Фаолит марки Т стоек также к плавиковой кислоте.

Фаолит нестоек к азотной и хромовой кислотам, иоду, брому, пиридину, щелочам, ацетону и спирту.

Длительность работы фаолитовой аппаратуры в различных средах

Среда	Температура °С	Давление *ат*	Учтенный срок службы годы
Лимонная кислота (80—85%-ная)	15—70	—	Более 2
Серная кислота (до 70%-ной) . .	До 50	—	3
Соляная кислота и хлор (газ) . .	До 100	До 1,2	3
Соляная кислота (плотностью до 1,19 *г/см*³)	До 100	До 3,5	4
Хлористый водород	До 50	До 1,4	7
Хлорная вода	До 50	—	2

Изделия из фаолита

Листы сырые из фаолита марок А и Т (ТУ НКХП 322—45). Размер до 2000×1000 *мм*, толщина 5—20 *мм*.

Листы отвержденные (ТУ ГХП 35—44). Размер 1000×1400 *мм*, толщина 8—20 *мм*.

Емкости, ванны, колонки, адсорберы, холодильники, эжекторы (по согласованию с заказчиком). Емкость до 1400 *л*, давление до 9 *ат*.

Трубы и фасонные части к ним из фаолита выпускаются согласно машиностроительной нормали МН 1808—61.

Внешняя и внутренняя поверхность труб и деталей покрыта бакелитовым лаком. Соединение труб производится либо на металлических фланцах с прокладкой, либо склеиванием фаолитовой замазкой марки А. Соединение труб на резьбовых муфтах не рекомендуется, так как нарезка заготовок для муфт затруднительна вследствие хрупкости материала. Трубы и детали должны быть испытаны на внутреннее гидростатическое давление в течение 3 *мин*. Основные размеры фаолитовых труб даны ниже.

Трубы фаолитовые

Условный проход $d_у$ *мм*	Толщина стенки *мм*	Диаметр бурта *мм*	Длина трубы *мм*	Вес 1 пог. *м* *кГ*	Внутреннее гидростатическое давление при испытании *ат*
32	9	67	2000	2,1	6
50	13	98	2000	4,15	5
80	11	126	2000	6,25	5
100	12,5	150	2000	8,4	5
150	12,5	210	1000	12,5	3
200	12,5	265	1000	16,8	3
250	12,5	330	1000	21,5	2
300	15	390	1000	30,5	2

Отверждение (бакелизация) сырого фаолита

Для придания прочности, кислотостойкости и термостойкости изделиям из сырого фаолита последние подвергают отверждению (бакелизации). Отверждение проводится в сушильных камерах по следующему режиму:

Температура °С	Время нагревания *ч*
60— 70	6
70— 80	5
80— 90	4
90—100	3
100—110	4
110—120	5
120—130	3
Всего . . .	30

При отверждении усадка сырых листов фаолита составляет около 2%, усадка труб 2—3%.

Лакирование

Отвержденные листы, трубы и другие изделия из фаолита лакируют. Лакировать рекомендуется не только новые изделия, но и изделия, находящиеся в эксплуатации, по мере износа лаковой пленки. Для лакирования применяют лак бакелитовый (ГОСТ 901—56). Изделие окунают в лак или покрывают им при помощи кисти. После 2—3-часовой выдержки на воздухе лаковая пленка отверждается в сушильной камере.

Ниже приводится режим отверждения лаковой пленки:

Температура °С	Время нагревания *ч*
60— 70	2
70— 80	1
80—100	1
100—110	1
110—120	1
120—125	2
125—130	2
Всего . . .	10

Фаолитирование металлических поверхностей

Перед фаолитированием необходимо подготовить поверхность металла: зачистить и обезжирить ее. Подготовленную поверхность, подлежащую футеровке, покрывают слоем бакелитового лака (ГОСТ 901—56), на который накладывают нагретую до 60° С заготовку, вырезанную из сырого фаолита, или ровный слой фаолитовой замазки. Заготовку или замазку выравнивают вручную, места стыков заливают бакелитовым лаком и заделывают зазоры фаолитовой замазкой. Затем в течение 30 *ч* происходит отверждение фаолита, после чего изделия покрывают бакелитовым лаком и отверждают лаковую пленку.

Сборка изделий из отвержденного фаолита

Фаолитовые листы и изделия соединяются между собой фаолитовой замазкой или замазками арзамит. Трубы и фасонные части выпускаются с буртами и соединяются при помощи металлических фланцев с прокладками. Резьбовые муфты применять не рекомендуется, так как нанесение резьбы на фаолитовые изделия затруднено вследствие их хрупкости.

Механическая обработка фаолита

Фаолит поддается следующим видам механической обработки: строганию на строгальном станке резцами из твердых сплавов; сверлению на сверлильных станках и электродрелью; точению на токарном станке резцами из твердых сплавов (нарезка канавок, заторцовка труб, обточка буртов и цилиндрических деталей); шлифованию наждаком, молотым стеклом, фетровым кругом; резанию дисковой пилой (скорость подачи фаолита 5—6 *мм/сек*, скорость вращения пилы 1800 *об/мин*).

ТЕКСТОФАОЛИТ

Представляет собой фаолит, армированный хлопчатобумажной тканью, пропитанной резольной смолой, и бакелизованный. Текстофаолит должен отвечать следующим требованиям:

Плотность, *г/см*³	1,5—1,55
Предел прочности, *кГ/см*²	
при растяжении	300
» сжатии	900
Коэффициент термического линейного расширения, *град*⁻¹	$2 \cdot 10^{-5}$—$5 \cdot 10^{-5}$
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · сек × × град)*	$6 \cdot 10^{-4}$
Верхний предел рабочих температур, °С	~150

Текстофаолит стоек к кислым средам (аналогично фаолиту), нестоек к щелочным и окислительным средам.

Из текстофаолита изготавливают трубы, кресты переходные, тройники, тройники переходные, отводы, отводы с углом в 60, 45 и 30°, переходы, фланцевые соединения с прокладкой из резины.

Трубы выпускаются с буртами, соединение труб из текстофаолита аналогично соединению труб из фаолита.

Трубы текстофаолитовые

Условный проход $d_у$ *мм*	Наружный диаметр *мм*	Диаметр бурта *мм*	Длина трубы *мм*	Вес 1 пог. *м* *кГ*	Условное давление $p_у$ *кГ/см*²
25	41	78	1500	1,4	6
34	50	88	2000	1,71	6
42	60	98	2000	2,44	6
76	96	134	2000	4,3	6
94	116	154	2000	5,87	6
118	140	184	2000	7,65	6
138	162	209	2000	9,05	6
192	216	264	2000	13,2	6
240	266	319	2000	18,8	4
290	316	375	2000	20,9	4

АНТЕГМИТ

Представляет собой химически стойкий, теплопроводный антифрикционный неметаллический пресспорошок, полученный на основе графитированных продуктов и феноло-формальдегидной смолы. Изделия из антегмита прессуют в горячих формах прошивного и глухого типа. Прессование малогабаритных изделий из антегмита почти не отличается от прессования фенолоформальдегидных пресспорошков; крупногабаритные изделия можно формовать в открытых формах с использованием виброуплотнения. После формования не требуется дополнительной пропитки или механической обработки изделий. Для повышения химической стойкости и теплостойкости изделие подвергают термической обработке, в результате которой несколько снижается его механическая прочность.

От неметаллических материалов антегмит отличается высокой теплопроводностью и электропроводностью, а от металлических — высокой стойкостью к действию различных агрессивных сред и теплостойкостью.

Антегмит — антифрикционный самосмазывающийся материал. Основными недостатками его являются низкая механическая прочность и хрупкость. Он легко обрабатывается режущими и абразивными инструментами.

В зависимости от предъявляемых требований свойства антегмита можно изменять в широких пределах.

Физико-механические свойства антегмита

Показатели	Марка		
	АТМ-1 *	АТМ-10 (ТАТЭМ-О)	АТМ-1Г (ТАТЭМ-Г)
Плотность, *г/см*³	1,8	1,74	1,74
Предел прочности (при 18—20° С), *кГ/см*²			
при растяжении	180—220	90—120	60—80
» сжатии	1000—1200	550	450
» статическом изгибе	400—500	260	200
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см*²	2,75—3,5	1,7	1,6
Теплостойкость, °С			
на воздухе	170	400	600
в инертном газе	170	2000	2000
Стойкость к температурным колебаниям	До температуры теплостойкости		
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	30—35	80—85	90—120
Удельная теплоемкость, *ккал/(кг × × град)*	0,18	—	—
Коэффициент термического линейного расширения, *град*⁻¹	$0{,}85 \cdot 10^{-5}$	$0{,}25 \cdot 10^{-5}$	$0{,}22 \cdot 10^{-5}$
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	$5 \cdot 10^{-3}$—$6 \cdot 10^{-3}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$
Воздухопроницаемость при толщине 5 *мм*	Непроницаем до 6 *ат*	Непроницаем до 4 *ат*	Непроницаем до 3 *ат*
Коэффициент трения без смазки	0,12	—	—

* Выпускается по ТУ 35-ХП-715—64.

Антегмит марки АТМ-10 (ТАТЭМ-О) стоек во всех кислых и щелочных, а также во многих окислительных средах. Нестоек в атмосфере активного хлора, брома и фтора, а также в среде сильных окислителей.

Антегмит марки АТМ-1Г (ТАТЭМ-Г) стоек в тех же средах, что и антегмит марки АТМ-10, но отличается от него большей стойкостью к активному хлору и к окислительным средам.

Антегмиты применяются для изготовления теплообменников, футеровальных плиток, трубопроводов и арматуры, колонн и насадок, насосов, фильтров и уплотнений, сернокислотных башен, сальниковых устройств, поршневых колец, подвесных подшипников шнековых транспортеров, подшипников рольгангов термических печей, электродов электрофильтров, барботеров и т. д.

Химическая стойкость антегмита АТМ-1 в различных средах

С — материал стоек, О — относительно стоек, Н — нестоек.

Среда	Температура °С	Стойкость
Азотная кислота		
5%-ная	20	С
30%-ная	50	Н
Альдегид уксусный 100%-ный	20	С
Алюминий		
сернокислый	До температуры кипения	С
хлористый	То же	С
Алюмокалиевые квасцы	»	С
Антиоксидант ДСА	20	С
Амиловый спирт	20	С
Аммиак	20	С
Аммоний		
роданистый	20	С
фосфорнокислый	20	С
хлористый	20	С
Ацетон	20	С
Бензин	До температуры кипения	С
Бензол	—	С
Бром	—	Н
Бромистоводородная кислота	До температуры кипения	Н
Винная кислота	То же	С
Вода сероводородная насыщенная	»	С
Дивинил 100%-ный	—15	С
Дихлорэтан	До температуры кипения	С
Железо		
сернокислое	То же	С
хлористое	»	С
хлорное	»	С
Жирные кислоты	»	С
Калий		
двухромовокислый 10%-ный	60	С
	100	О
надсернокислый 5%-ный	20	С
пирофосфорнокислый 10%-ный	60	С
Малеиновая кислота 20—45%-ная	90	С

Продолжение

Среда	Температура °С	Стойкость
Медь		
сернокислая	20	С
»	100	О
хлористая	До температуры кипения	С
хлорная	То же	С
Монохлоруксусная кислота	»	С
Муравьиная кислота	»	С
Натр едкий		
50%-ный	»	Н
1%-ный	До температуры кипения	С
40%-ный	20	О
40%-ный	60	Н
Натрий		
кислый сернокислый	До температуры кипения	С
сернистый	То же	С
серноватистокислый	»	С
углекислый	»	С
хлористый	»	С
Нитрил акриловой кислоты	20—60	С
Паральдегид	20	С
Парафин	60	С
Серная кислота		
75%-ная	До 120	С
80%-ная	100	С
80%-ная	120	Н
Сернистая кислота	До температуры кипения	С
Сернистый ангидрид	До 160	С
Соляная кислота	До температуры кипения	С
Спирт		
бутиловый	20	С
изопропиловый 100%-ный	До температуры кипения	С
метиловый	То же	С
этиловый	»	С
Стирол	20	С
Уксусная кислота до 50%-ной	100	С
Уксусная кислота 100%-ная	20	С
Фосфорная кислота до 85%-ной	До температуры кипения	С
Фтор	—	Н
Фтористоводородная кислота до 48%-ной	До температуры кипения	С
Хлорбензол до 100%-ного	До температуры кипения	С

Продолжение

Среда	Температура °С	Стойкость
Хлорекс	20—100	С
Хлористый водород	105	С
Цинк сернокислый насыщенный на холоду	60	С
	100	О
Щавелевая кислота	100	С
Этилбензол	20	С
Производственная вода и смеси		
вода фузельная (производство СК)	20	С
вода эфирная (производство СК)	20	С
дихлорбензол+дихлорэтан+полихлориды	100	С
ДДТ с кислотностью 0,06% расплавленный	100	С
конденсат спиртовый (производство СК)	60	С
	До температуры кипения	О
конденсат эфироальдегидный (производство СК)	20	С
	До температуры кипения	С
контактная кислота (производство СК)	20—60	С
латекс СКС-30А (дезодорированный) 30%-ный	20	С
лейканоль (производство СК)	20—60	С
некаль 20%-ный (производство СК)	20	С
	100	Н
пенореагент (производство СК)	20	С
полидиены	20	С
полисульфиды натрия (производство СК)	20	С
серная кислота 76%-ная+нитроза до 1,2%-ной	100	С
	130	Н
спирт-регенерат (производство СК)	20—60	С

Учтенный срок службы изделий из антегмита

Среда	Температура °С	Срок службы месяцы
Этерификационные колонны		
Бутилацетат, бутилформиат, бутиловый спирт, вода	89—116	7
Футеровочная плитка		
Терпингидрат, скипидар, смесь H_2SO_4 с 33—34%-ной толуолсульфокислотой и промывка H_2O и 20%-ной Na_2CO_3 (щелочность 1—1,5%)	25	20
H_2SO_4 до 0,3%-ной, $CuSO_4$ — до 1%-ной	102—103	12

Среда	Температура °С	Срок службы месяцы
Технический бензилацетат и 20%-ный раствор Na_2SO_3	20	12
Купоросное масло, феноляты, фенол, соли (Na_2SO_4, K_2SO_4)	100—105	12
Хлористый бензил, Na_2CO_3 9%-ный, бензиловый спирт	100	5
Пары хлороформа, фенола, салициловый альдегид, муравьиная кислота; кислотность 3—5%, затем щелочность 5—6%	85	1,5
Метанол, салициловая кислота, метилсалицилат, H_2SO_4 30—92%-ная	72	12

Футеровка плитками из антегмита

Производится при помощи замазок арзамит-4 и арзамит-5.

Подготовка поверхности. Футеруемая поверхность не должна иметь выступов, сварные швы должны быть зачищены. Металл необходимо очистить и обезжирить; очистку поверхности можно провести механическим путем (пескоструйная очистка) или химическим (ингибированной соляной кислотой). На очищенную поверхность должен сразу же наноситься подслой, в противном случае поверхность вновь окисляется и загрязняется.

Нанесение подслоя. Имеет целью предохранить металл аппарата от воздействия кислых замазок арзамит. Подслой наносится в три приема. В качестве подслоя применяют резорциновую смолу или бакелитовый лак, наполненный графитом (6—12%) или алюминиевой пылью (4—10%).

Смесь бакелитового лака с наполнителем вязкостью не менее 20 *сек* по ВЗ-4 наносится кистью или распыляется по футеруемой поверхности. Первый и второй слой отверждают по следующему режиму:

	Время, *ч*
Выдержка при 18—25° С	6
Нагревание до 80° С	2
Выдержка при 80° С	2
Медленное охлаждение до 20° С	2

Третий слой отверждают по режиму:

	Время, *ч*
Выдержка при 18—25 °С	6
Нагревание до 50° С	1
Выдержка при 50° С	1
Нагревание и выдержка	
при 70° С	1
» 90° С	1
» 120° С	2
» 150° С	1
Медленное охлаждение до 20° С	

Отверждение слоев можно вести в печах. Если же аппараты, на которые наносятся теплопроводные футеровки, имеют паровые рубашки, то этим можно воспользоваться для полимеризации подслоя.

Футеровка. Для лучшего сцепления плитки с подслоем следует замазку арзамит наносить ровным тонким слоем по подслою и полностью заполнять ею пазы. Особенно тщательно надо промазывать торцы плиток. Количество наносимой замазки должно быть достаточным для того, чтобы при полном прижатии плиток избыток ее выдавливался тонкой ровной полоской по всей длине шва.

Тонкий, хорошо заполненный шов обеспечивает непроницаемость футеровки, так как в тонком шве почти не происходит усадки после отверждения замазки. В местах соединения рядов плитки, а также в местах переходов у штуцеров, где требуется применять фасонные плитки, применяют обычные плитки, обрезанные фрезой или пилой.

Работать с замазкой арзамит-4 следует в хорошо вентилируемом помещении, а в футеруемых аппаратах должен осуществляться воздухообмен. Перед началом работы рабочий должен смазать лицо и руки вазелином и работать в резиновых перчатках.

УГЛЕГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Углеграфитовые материалы — конструкционные теплопроводные, антикоррозионные, антифрикционные и электропроводные материалы, изготовленные на основе графита или угля, пропитанного или не пропитанного синтетическими смолами.

По химической стойкости графит не уступает благородным металлам. Природный графит содержит большое количество различных включений в виде окислов металлов и минеральных солей и поэтому не может быть использован как конструкционный материал без специальной обработки. Как антикоррозионный и антифрикционный материал используется искусственный графит. Сырьем для его получения является нефтяной, пековый или каменноугольный кокс, каменноугольный пек и антрацит. Коксы и антрацит предварительно прокаливают для удаления влаги и летучих и измельчают.

Смесь измельченного кокса и каменноугольного пека (шихту) прессуют в стержни, блоки и т. п., прокаливают без доступа воздуха в специальных печах при температуре 1200° С и затем используют для изготовления угольных электродов и других изделий. Графитированные электроды и изделия получаются из угольных путем длительной обработки (примерно 50 *ч*) без доступа воздуха при 2400—2800°С.

Угольные и графитированные изделия пористы, так как в процессе термообработки из них выделяется большое количество летучих. Графитированные изделия обладают большей теплопроводностью, прочностью и меньшим электрическим сопротивлением, чем угольные.

Высокая термостойкость, теплопроводность, электропроводность, стойкость к действию кислот и щелочей, низкие значения коэффициентов термического линейного расширения и трения обеспечили применение углеграфитовых материалов как теплопроводных антикоррозионных материалов для химической аппаратуры, антифрикционных материалов, а также как электропроводных материалов (угольные электроды). Ниже приведены некоторые свойства углеграфитовых материалов:

Термостойкость, °С	
в вакууме (остаточное давление 10^{-4} *мм рт. ст.*)	2300
в восстановительной и нейтральной средах	2800—3000
на воздухе	600—650

Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	80—180
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом · см*	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$—$6 \cdot 10^{-3}$
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$2 \cdot 10^{-6}$—$3 \cdot 10^{-6}$

Антикоррозионные теплопроводные графитированные материалы

Угольные материалы менее теплопроводны, чем графитированные. Они применяются в тех случаях, когда требуется только защита металла от коррозии и не требуется передача тепла. Вследствие высокой пористости (до 30%) графитированный материал обладает большой проницаемостью для газов и паров.

Для получения непроницаемого материала графит пропитывают чаще всего феноло-формальдегидными синтетическими смолами. Пропитка производится в автоклавах при избыточном давлении до 4 *ат*; при этом все поры и трещины графитированных изделий заполняются смолой. Затем изделия подвергаются дополнительной термообработке для отверждения смолы, после чего пористость и проницаемость практически становятся равными нулю. При этом прочность их возрастает в 2—3 раза, увеличивается химическая стойкость, уменьшается влияние температуры на величину прочности. Так, предел прочности при растяжении в интервале температур от —50 до +20° С остается постоянным, слегка уменьшаясь при 150° С; предел прочности при сжатии в интервале от —50 до +150° С почти не меняется. Ниже приведены некоторые свойства графита, пропитанного феноло-альдегидными смолами:

Плотность, *г/см*^{3}	1,8—2,3
Предел прочности, *кГ/см*^{2}	
при растяжении	120—180
» сжатии	800—1800
Модуль упругости, *кГ/см*^{2}	130 000
Удельная теплоемкость, *ккал/(кг · град)* .	0,3—0,4
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$3 \cdot 10^{-6}$—$4 \cdot 10^{-6}$
Верхний предел рабочих температур, °С . .	150—170

Механическая обработка графитированных изделий

Механическая обработка графитированных заготовок ведется на обычных токарных, фрезерных и сверлильных станках по 3-му классу точности. Для резки применяются ленточные пилы с крупными зубьями. Для сверления отверстий диаметром менее 10 *мм* применяются обычные сверла, для больших диаметров — полые сверла с вакуумным отсосом пыли. При черновой токарной обработке скорость подачи равна 3 *мм/об* при глубине резания до 20 *мм*, для получистовой обработки скорость подачи до 0,5 *мм/об* и чистовой — 0,1 *мм/об*. Изделия можно полировать. Нарезание резьб производится при помощи фрез. Следует избегать мелких метрических резьб, так как они могут выкрашиваться. Графитированные материалы хорошо шлифуются мелкозернистыми абразивами.

Соединение деталей и футеровка аппаратов

Соединение деталей. Графитовые детали склеиваются либо синтетическими клеями, либо замазкой арзамит.

Соединение труб производится при помощи муфт из углеграфитовых материалов или на резьбовых соединениях, или при помощи графитовых ниппелей и фланцев. Герметичность достигается промазкой соединений арзамитом.

Перед склеиванием сухие и очищенные от пыли изделия устанавливают в таком месте, которое имеет приточную и вытяжную вентиляцию. Места стыков два раза промывают лаком, приготовленным из смолы ВИАМ-Б (60%) и этилового спирта (40%). Клей состоит из смеси смолы ВИАМ-Б и загустителя (графита). Перед склеиванием в него добавляют 2% соляной кислоты плотностью 1,1 *г/см*³ и тщательно перемешивают. На склеиваемые плоскости наносят шпателем слой клея толщиной 1—1,5 *мм*. Затем изделия соединяют и скрепляют до полного затвердевания клея, после чего полимеризуют при 130—150° С в течение 10—15 *ч*.

Изделия склеивают также теплопроводными замазками арзамит, состоящими из двух компонентов: фенольной смолы (арзамит-смола) и порошка (арзамит-порошок), в состав которого входит отвердитель, графит и другие наполнители. Порошок и смолу тщательно смешивают до тестообразного состояния. Замазку наносят на склеиваемые поверхности, детали соединяют и выдерживают до полного отверждения замазки. Арзамит отверждается на холоду и не требует термической обработки.

Футеровка аппаратов. Перед футеровкой поверхность металла должна быть очищена от следов коррозии и других загрязнений (лучше всего пескоструйным методом). На подготовленную поверхность наносится подслой из бакелитового лака или феноло-резорцино-формальдегидной смолы, смешанных с графитом (нанесение и отверждение подслоя — см. стр. 309).

Затем поверхность футеруют в 1—2 слоя плиткой из пропитанного графита на теплопроводной замазке арзамит. Правила футеровки такие же, как для плитки антегмит. После нанесения каждого слоя аппарат выдерживают при комнатной температуре 1—2 суток, а после нанесения последнего 8 суток.

Химическая стойкость углеграфитовых материалов

Ниже приведены данные о химческой стойкости угля (У), графита (Г) и графита, пропитанного феноло-формальдегидной смолой (Г+С):

Воздух

У — стоек до 350° С, при более высокой температуре окисляется.
Г — стоек до 400° С, при более высокой температуре окисляется.
Г+С — стоек до 180° С.

Кислоты

У — стоек к действию всех кислот любых концентраций при любых температурах вплоть до кипения. Нестоек к окислительным кислотам — олеуму, царской водке и др.
Г — стоек к действию тех же кислот, что и уголь, за исключением серной кислоты концентрации 60% и выше.
Г+С — стоек к соляной, уксусной, лимонной, муравьиной, масляной, молочной, олеиновой, щавелевой, виннокаменной кислотам всех концентраций ниже температур их кипения; к 48%-ной фтористоводородной кислоте до температуры кипения и к 60%-ной до 85° С; к 85%-ной фосфорной кислоте до температуры кипения; к 75%-ной серной кислоте до температуры кипения и к 75—96%-ной до 171°С; в 96%-ной и выше серной кислоте применять не рекомендуется.

Основания

У — стоек к действию оснований любых концентраций до температур кипения.
Г — так же, как уголь.
Г+С — стоек к аммиачной воде и моноэтаноламину всех концентраций ниже температуры кипения.

Галоиды

У — стоек при любых концентрациях при температуре кипения, за исключением водных растворов с окислительными свойствами.
Г — стоек к 100%-ному иоду и хлору; в хлорной воде медленно корродирует; в 100%-ном фторе и броме корродирует.
Г+С — стоек к действию сухого хлора, насыщенной хлорной и бромной воды при комнатной температуре. В среде иода, фтора и брома применять не рекомендуется.

Растворы солей

У — стоек при всех концентрациях до температур кипения, за исключением окислительных растворов.
Г — так же, как уголь.
Г+С — стоек к действию растворов роданистого аммония, хлористой меди, хлористого железа, сернокислого железа, сернокислого никеля, хлористого натрия, хлорного олова, хлорного железа всех концентраций до температур кипения; к раствору треххлористого мышьяка до 110°С и хлорноватистокислого натрия 25%-ного ниже температуры кипения.

Органические соединения

У — стоек к действию всех органических соединений.
Г — так же, как уголь.
Г+С — стоек к действию амилового спирта, анилина, бензола, бутилового спирта, четыреххлористого углерода, хлороформа, диоксана, дихлорэтана, бензина, изопропилацетата, изопропилового спирта, эфира, керосина, метилизобутилкетона, этилового спирта, метилового спирта, монохлорбензола, *п*-дихлорбензола, параальдегида, тетрахлорэтана, трихлорэтана ниже температур кипения; к хлорэтилбензолу ниже 125° С; к даутерму (эвтектическая смесь дифенила и окиси дифенила) при концентрации ниже 100% до 171° С; к фреону при комнатной температуре; к глицерину ниже 171° С.

Учтенный срок службы изделий из пропитанного графита

Изделие	Учтенный срок службы	Условия работы
Поверхностный конденсатор с трубками Фильда из		Охлаждение смеси паров бензола и воды, содержащих HCl и свободный хлор
а) свинца	6—8 мес.	
б) пропитанного графита	свыше 6 лет	
Оросительный холодильник с трубками из		Синтетический хлористый водород. Температура входящих газов 250—300° С, выходящих 25—30° С.
а) ферросилида	1—2 мес.	
б) пропитанного графита	свыше 4 лет	

Продолжение

Изделие	Учтенный срок службы	Условия работы
Реактор, футерованный плиткой из пропитанного графита (футеровка на теплопроводной замазке арзамит)	Свыше 2 лет	Кислая среда, HCl в растворе и в газовой фазе, органические растворители при температуре 45—50° С
Чугунный реактор емкостью 3000 *л*, футерованный плиткой из пропитанного графита	2,5 года	Агрессивная среда с резкими колебаниями температуры теплоносителей
Мешалка, футерованная графитовой плиткой на замазке арзамит-4	2 года	Производство меркаптофоса; среда — абсолютный спирт, тиотреххлористый фосфор, хлористый водород, этилдихлортиофосфат; температура 25—30° С
Аппарат емкостью 3000 *л*, футерованный плиткой из пропитанного графита	2000 *ч*	Производство красителя серого мехового; среда — вода, купоросное масло, паста полупродукта, абразивные частицы; температура 130—135° С, давление 2,8 *ат*
Торцовое уплотнение фреонового компрессора (скорость вращения вала 7500 *об/мин*)	10 000 *ч*	Избыточное давление масла до 1 *ат* и фреона до 5—8 *ат* (исключает взаимное проникновение сред)

Изделия из пропитанного графита

Теплообменники блочные графитовые. Представляют собой пропитанные фенольными смолами графитовые блоки, в которых в двух взаимноперпендикулярных направлениях просверлены непересекающиеся каналы; по ним

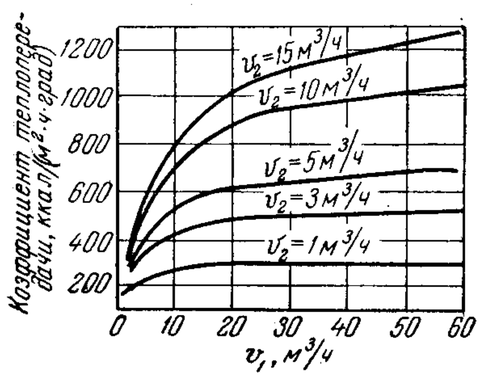


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопередачи от расходов потоков в камерном углеграфитовом холодильнике с поверхностью теплообмена 11 *м²*.

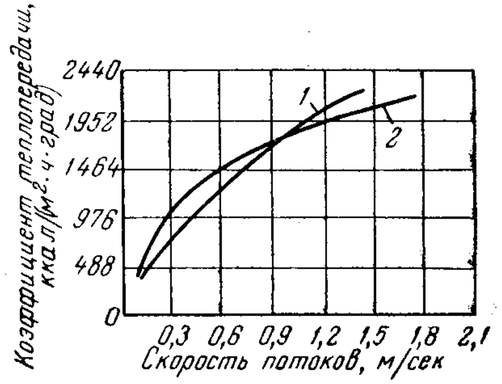


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопередачи от скоростей потоков в прямоугольном теплообменнике:

1 — вода — вода; *2* — пар — вода.

в одном направлении проходит агрессивная среда, а в другом — теплоноситель. Графитовые блоки соединены между собой замазкой арзамит. Графитовые и чугунные крышки присоединены на прокладках из материалов, устойчивых к действию агрессивных сред.

Размер блоков 350×350×350 *мм*. Диаметр каналов 12 *мм*. Рабочее давление среды и теплоносителя 3 *кГ/см²*, рабочая температура 150° С, предельная температура эксплуатации 170° С. Теплообменники выпускаются с поверхностью обогрева 3,7; 5; 6,6; 7,5 и 10 *м²*. Кривые зависимости коэффициентов теплопередачи от скорости потока представлены на рис. 1 и 2.

Теплообменник круглоблочный. Высота блоков 330 *мм*, диаметр 420 *мм*. Поверхность теплообмена по агрессивной среде 13,44 *м²*, по теплоносителю 13,58 *м²*. Рабочая температура 150° С, рабочее давление 5 *кГ/см²*. Габаритные размеры: диаметр 900 *мм*, длина 3500 *мм*.

Элемент теплообменный погружного типа. Уплотнение мест соединений производится замазкой арзамит. Рабочее давление 5 *кГ/см²*, рабочая температура 170° С. Выпускаются с поверхностью теплообмена 0,57; 0,85; 1,20; 1,60; 1,70 и 2,36 *м²*.

Гидрохлоратор блочный. Представляет собой пропитанные феноло-альдегидными смолами графитовые блоки с взаимноперпендикулярными непересекающимися каналами. В нижней части аппарата имеется камера, в которой происходит абсорбция. Рабочее избыточное давление среды 10 *ат*, поверхность теплообмена 3,7 *м²*, рабочее избыточное давление воды 2—3 *ат*, поверхность теплообмена 5,2 *м²*. Рабочая температура 150° С. Габаритные размеры: 548×474×1925 *мм*.

Кипятильник блочный графитовый. Среда — кипящая 20—35%-ная соляная кислота с температурой кипения ~130° С. Рабочее избыточное давление среды 10 *ат*, греющего пара — 5 *ат*; поверхность нагрева по среде 5,7 *м²*, по пару — 5,2 *м²*. Габаритные размеры: 1396×548×474 *мм*.

Испаритель графитовый блочный. Среда — смесь изопрена, хлористого метилена и гидрохлоридов при температуре 80—90° С и атмосферном давлении. Поверхность теплообмена по среде 4,2 *м²*, по пару — 5,2 *м²*; избыточное давление пара 2 *ат*. Габаритные размеры: 548×474×1930 *мм*.

Подогреватель водо-водяной графитовый, блочный. Рабочее давление 3 *ат*; температура на входе 95° С, на выходе 40° С; температура воды на входе 28° С; на выходе 57° С; поверхность теплообмена 10 *м²*. Габаритные размеры: 540×474×1760 *мм*.

Нагреватель паро-водяной графитовый, блочный. Рабочее избыточное давление среды 3 *ат*; пара 1 *ат*; поверхность нагрева по среде 6,6 *м²*, по пару — 7,08 *м²*. Габаритные размеры 548×474×1760 *мм*.

Теплообменник блочный для двух агрессивных сред. Ниже приводятся габаритные размеры теплообменников с различными поверхностями теплообмена:

Поверхность теплообмена *м²*	Габариты, *мм*		
	длина	ширина	высота
10	474	636	1761
13,24	1170	690	1225
18,1	1170	690	2140

Абсорбер кожухотрубный. Поверхность теплообмена 24 *м²*. Давление в трубном и межтрубном пространствах атмосферное. Среда: в межтрубном пространстве — вода, в трубном HCl-газ и соляная кислота. Температура

газа на входе 150° С, кислоты 45° С; температура в межтрубном пространстве 20—70° С. Габаритные размеры: диаметр 720 *мм*, длина 3710 *мм*.

Аппараты колонного типа. Реакционная колонна с общей высотой насадки 5,5 *м*. Температура среды 20—70° С.

Футеровочная плитка размерами 240×100×15 и 120×100×15 *мм*.

Детали трубопроводов. Муфты, угольники, тройники, крестовины из графита, пропитанного феноло-формальдегидными смолами для неразъемных соединений труб из антегмита марки АТМ-1.

Антифрикционные углеграфитовые материалы

Применяются для изготовления подшипников, поршневых и уплотнительных колец, торцовых уплотнений, работающих при температурах от —80 до +400° С в условиях сухого трения и когда недопустимо использование масла или какой-нибудь иной смазки.

Графитовые подшипники работают в газовых и жидких коррозионных средах при различных скоростях скольжения. Они имеют ряд преимуществ перед металлическими: не нужны дополнительные уплотнения, изолирующие среду от масляной смазки и подшипников; отпадает необходимость выноса подшипников из зоны высоких температур, узлы трения можно располагать непосредственно в рабочей среде. В паре углеграфитовый материал — металл всегда изнашивается углеграфитовый материал.

Антифрикционные угольные материалы (АО-1500 и АО-600) применяют в паре с чугуном, графитированные (АГ-1500 и АГ-600) — в паре со сталью. В паре с медью углеграфитовые материалы работают плохо. Допустимая удельная нагрузка для угольных материалов до 20 *кГ/см²*, для графитовых до 15 *кГ/см²*; допустимая скорость для обоих материалов до 10 *м/сек*, коэффициент трения после приработки 0,05.

Для работы в тяжелых условиях (высокое удельное давление и большие скорости) углеграфитовые материалы пропитываются феноло-формальдегидными и другими синтетическими смолами, а также свинцом, баббитом или другими металлами и сплавами. Подшипники из пропитанных графитированных материалов могут работать при удельном давлении 70—100 *кГ/см²*.

Графитированные материалы, пропитанные смолами и металлами, успешно применяются в среде с 100%-ной влажностью. В жидких средах (при отсутствии реакции между пропитывающими веществами и жидкостью) создаются условия, подобные гидродинамическому трению, благодаря чему обеспечивается длительная работоспособность практически без износа и коэффициент трения порядка 0,001—0,005.

Графитированные антифрикционные материалы, пропитанные металлами, хорошо работают в паре со сталью и чугуном, пропитанные синтетическими смолами лучше работают в паре с чугуном.

Конструктивно графитированные подшипники изготовляют подобно металлическим: в виде втулок и вкладышей с отношением длины к диаметру, равным 1 : 2.

Углеграфитовые подшипники плохо воспринимают ударные и переменные нагрузки, а также имеют низкий коэффициент термического линейного расширения.

Подшипники широко применяют в машинах и аппаратах химического машиностроения, шахтных, формовочных и печных конвейерах, транспортерах сушилок для фанеры, в бумагоделательных, деревообрабатывающих, текстильных машинах, машинах пищевой промышленности и т. д.

Жесткие уплотнения с кольцами из графитированных материалов, обеспечивающие надежную работу при высоких скоростях и температуре без смазки, широко применяют в паровых и газовых турбинах, поршневых и турбинных компрессорах, паровых машинах, насосах, химической аппаратуре и т. д.

Характеристика выпускаемых антифрикционных материалов

АО-600 и АО-1500 — угольные антифрикционные материалы, обожженные, отпрессованные при давлении 600 и 1500 *кГ/см²*, графитации не подвергаются.

АО-1500-Ф — то же, пропитанный феноло-формальдегидной смолой.

АО-1500-С05 — то же, пропитанный свинцом с добавкой 5% олова.

АО-1500-Б83 — то же, пропитанный баббитом.

АГ-600 и АГ-1500 — графитированные антифрикционные материалы.

АГ-1500-С05 — то же, пропитанный свинцом с добавкой 5% олова.

АГ-1500-Б83 — то же, пропитанный баббитом.

АГ-1500-БРС30 — то же, пропитанный свинцовой бронзой.

АГ-1500-Ф — то же, пропитанный феноло-формальдегидной смолой.

Размеры заготовок, выпускаемых из этих материалов:

АО-600 непропитанный и пропитанный: диаметр 162, 215, 235 и 312 *мм*; длина 150 *мм*.

АО-1500 непропитанный и пропитанный — диаметр 55, 115 и 135 *мм*; длина 150—200 *мм*.

АГ-600 — диаметр 162, 215, 235 и 310 *мм*; длина 150 *мм*.

АГ-1500 — непропитанный и пропитанный диаметр 55, 115 и 135 *мм*; длина 150—200 *мм*.

Физико-механические свойства углеграфитовых антифрикционных материалов

Марка	Плотность, *г/см³*	Предел прочности *кГ/см²*		Модуль упругости $\times 10^{-3}$, *кГ/см²*	Твердость по Шору	Коэффициент термического линейного расширения $\times 10^{6}$, *град*$^{-1}$	Теплопроводность *ккал/(м·ч·град)*
		при сжатии	при статическом изгибе				
АО-600	1,5 —1,6	1100—1500	500— 700	140	55—60	2,6	75
АО-1500	1,65—1,70	1500—1800	600— 800	160	60—65	2,5	80
АО-1500-Ф	1,75—1,80	3000—3500	1400—1700	165	70—75	2,5	80
АО-1500-С05	2,7 —3,0	2600—2800	1000—1200	170	70—75	3,7	90
АО-1500-Б83	2,6 —2,9	2500—2700	900—1000	170	70—75	3,7	90
АГ-600	1,7 —1,8	600—800	350—400	100	43—45	2,7	160
АГ-1500	1,6 —1,7	800—1000	400—500	130	45—50	2,7	160
АГ-1500-Ф	1,75—1,80	1500—1800	700—800	135	55—60	2,7	160
АГ-1500-С05	2,5 —3,1	1500—1600	600—750	135	65—70	3,8	180
АГ-1500-Б83	2,4 —2,8	1400—1500	500—600	135	70—72	3,8	180
АГ-1500-БРС30	2,2 —2,5	1500—1600	600—700	132	70—75	3,7	175

Ниже приводятся рекомендуемые размеры графитовых уплотнений штоков:

Диаметр штока *мм*	Наружный диаметр кольца *мм*	Высота кольца *мм*
20—30	45—60	10—12
40—50	65—85	12—15
60—80	95—120	18—20
80—100	120—140	20—30
100—120	140—160	30—35
120—150	160—200	35—40

Рекомендуемое число уплотнительных колец зависит от давления:

Избыточное давление перед уплотнением, *ат*	4—5	7—10	10—15
Число колец	2	3—4	5—6

Ниже приведены рекомендуемые толщины стенок графитовых подшипников (по данным Института машиноведения АН СССР):

Диаметр вала *мм*	Толщина стенки подшипника *мм*
До 10	Не ниже 2
10—25	3—5
25—50	5—8
50—75	8—10
75—100	10—12
100—150	12—18
Свыше 150	20—25

Другие графитированные материалы

Графитированный пористый материал ПГ-50. Открытая пористость 47—58%, плотность 0,9—1,1 *г/см*^{3}, предел прочности при сжатии 60—110 *кГ/см*^{2}.

Размеры заготовок: диаметр 98—300 *мм*, длина 160—260 *мм*. Может применяться в качестве фильтров для очистки расплавленной серы от посторонних включений, сернистого газа от серного ангидрида и т. д.

Материалы ППГ, ПГГ, ПГ-2. Применяются для изготовления тиглей для плавки металлов, форм и фасонных изделий небольших размеров.

Материал ГЭ (графитированный электродный). Длина заготовок до 1700 *мм*. Применяется для изготовления фасонных изделий, главным образом труб, мешалок, стояков и т. д.

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ КЛЕЕВЫЕ ЛАКИ НА ОСНОВЕ ФУРИЛОВЫХ СМОЛ

Фуриловые смолы получают поликонденсацией фурилового спирта или поликонденсацией его с различными фенольными смолами и эпоксидами.

Фуриловые смолы совмещаются с поливинилацеталями, образуя эластичные клеевые пленки. Отверждение модифицированных и немодифицированных смол проводится либо при нагревании, либо на холоду в присутствии кислых катализаторов (контакта Петрова, солянокислого анилина и т. п.).

Отвержденные смолы отличаются высокой коррозионной стойкостью в кислых и щелочных средах, теплостойкостью, способностью работать в воде, хорошей адгезией к металлам и неметаллическим материалам.

Спирто-ацетоновые растворы фуриловых и феноло-фуриловых смол используются в качестве антикоррозионных клеев и для покрытия металлов, керамики, бетона и других материалов. Марки антикоррозионных клеевых лаков и их свойства приводятся ниже.

Антикоррозионные клеевые лаки ФЛ-1 и ФЛ-4 (ВТУ НИИПМ П-35-58). Клеевые лаки марок ФЛ-1 и ФЛ-4 представляют собой спирто-ацетоновые растворы феноло-фуриловой смолы, модифицированной поливинилацеталями.

Лаки ФЛ-1 и ФЛ-4 обладают химической стойкостью к действию кислот, щелочей, хорошей адгезией к металлам, а также к керамике, бетону, пластмассам и другим неметаллическим материалам.

Лак ФЛ-1 стоек к действию кислот концентрации до 50% и разбавленных щелочей, лак ФЛ-4 — к действию разбавленных кислот и щелочей концентрации до 35%; лаки обеих марок нестойки к окислительным средам и азотной кислоте.

Горячее отверждение клеевых пленок производится послойно: каждый слой выдерживается на воздухе до отлипа и прогревается при 80° С в течение 1 *ч*, после чего наносится следующий слой; последний слой прогревается: 1 *ч* при 80° С, 1 *ч* при 100° С, 2 *ч* при 120° С и 3 *ч* при 150—160° С.

В зависимости от условий работы и назначения покрытия и клея в качестве наполнителя могут применяться графит, кварцевый песок, каолин, микроасбест, слюда, алюминиевая пудра.

Клеевые лаки марок ФЛ-1 и ФЛ-4 предназначаются для антикоррозионных лаковых покрытий черных металлов, бетона и др., а также для приготовления химически стойких мастик и полимер-растворов (для полов и стен в цехах с агрессивными средами); они применяются также для склеивания металлов (дуралюмина, стали и др.) и неметаллических материалов.

Возможность использования лаков и мастик показана на рис. 3 и 4.

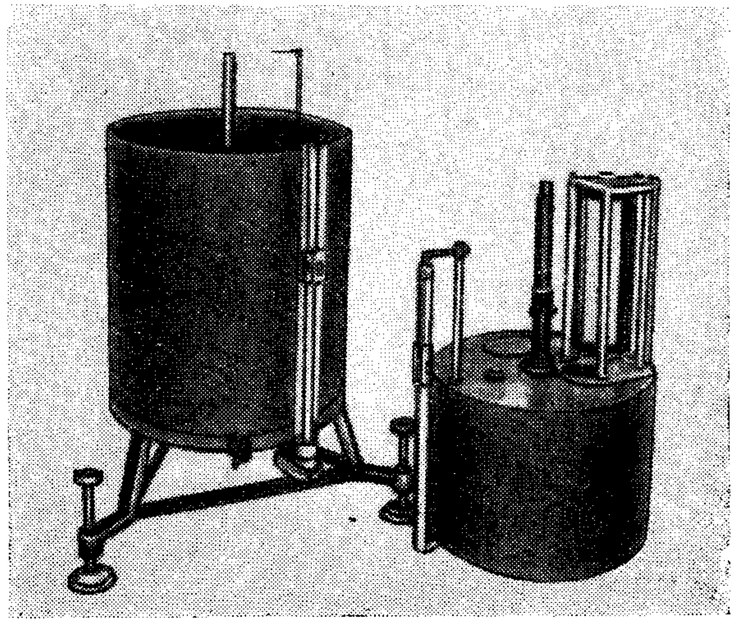


Рис. 3. Прибор, покрытый лаком ФЛ-4 для работы в воде.

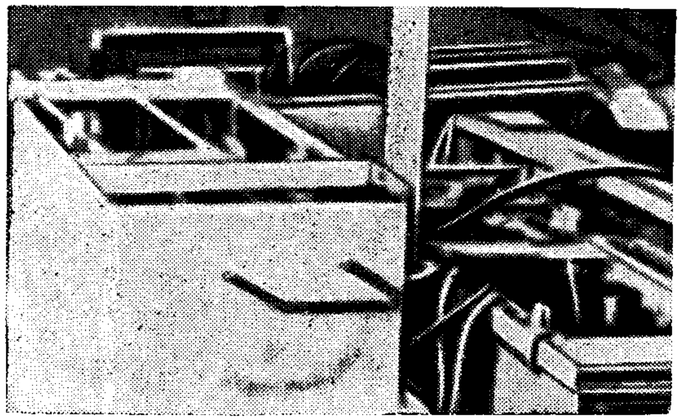


Рис. 4. Гальваническая ванна для цинкования, защищенная мастикой на основе лака ФЛ-4.

Физико-механические свойства лаков ФЛ-1 и ФЛ-4

	ФЛ-1	ФЛ-4
Внешний вид	Прозрачная или слегка мутная жидкость вишневого или темно-вишневого цвета	
Вязкость по Форду — Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*, не менее	20	20
Сухой остаток, %, не менее	35	25
Предел прочности при сдвиге клеевого шва (дуралюмин с дуралюмином), при 20° С, *кГ/см²*, не менее	100	100
Эластичность по шкале НИИЛК, *мм*, не более	15	5
Морозостойкость, °С	—50	—50

Примечание. Все показатели, кроме морозостойкости, даны по ТУ НИИПМ П-35—58.

Электрические свойства лаков ФЛ-1 и ФЛ-4

Удельное электрическое сопротивление	
поверхностное, *ом*	
при 20° С	$1{,}1 \cdot 10^{14}$—$2{,}5 \cdot 10^{14}$
» 90° С	$4 \cdot 10^{13}$—$5 \cdot 10^{13}$
» 105° С	$8{,}1 \cdot 10^{12}$—$8{,}2 \cdot 10^{12}$
» 115° С	$4{,}6 \cdot 10^{12}$—$4{,}9 \cdot 10^{12}$
после 24 *ч* выдержки в воде	$1{,}5 \cdot 10^{14}$—$3{,}4 \cdot 10^{14}$
объемное, *ом · см*	
при 20° С	$5{,}5 \cdot 10^{14}$—$4 \cdot 10^{16}$
» 90° С	$2 \cdot 10^{14}$
» 105° С	$3{,}1 \cdot 10^{13}$
» 115° С	$1{,}1 \cdot 10^{11}$—$2 \cdot 10^{13}$
после 24 *ч* выдержки в воде	$5{,}3 \cdot 10^{13}$—$1{,}6 \cdot 10^{14}$

Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 50 *гц* и 20° С	0,01 —0,022
после 24 *ч* выдержки в воде	0,012—0,015
Диэлектрическая проницаемость при 50 *гц*	10,7
после 24 *ч* выдержки в воде	7,2
Электрическая прочность пленки толщиной 50 *мк*, *кв/мм*	
при 20° С	123,8—141
» 90° С	98,7—162
» 105° С	164
» 115° С	176
после 24 *ч* выдержки в воде	41—74,3

Ниже приведены данные о химической стойкости покрытий и мастик на основе лаков ФЛ-1 и ФЛ-4 в различных средах.

Химическая стойкость покрытий на основе клеевых лаков ФЛ-1 и ФЛ-4

С — материал стоек, О — относительно стоек, Н — нестоек.

Среда	Температура °С	Продолжительность испытания *ч*	Стойкость ФЛ-1	Стойкость ФЛ-4
Азотная кислота 30%-ная	20	До 1000	Н	Н
Бензин	20	Свыше 1000	С	С
	—50	Свыше 1000	С	С
Керосин	20	Свыше 1000	С	С
	—50	Свыше 1000	С	С
Кальций				
персульфат 5%-ный	20	1000	С	С
	60	100	С	С
хлористый (насыщенный на холоду)	—100	До 100	С	С
Конденсат спиртового производства	20	До 1000	С	Н
	100	До 100	Н	Н
Латекс марки СКС-30А	20	До 1000	С	С
	60	До 100	Н	Н
Медь хлористая (насыщенный раствор)	20	До 100	С	С
	100		Н	Н
Натр едкий				
40%-ный	20	1000	С	С
40%-ный	100	100	Н	Н
25%-ный	50	100	О	С
Паральдегид 96%-ный	20	До 100	С	С
	100	До 100	Н	Н
Полисульфиды (1,55 *моль/л*)	100	До 100	С	С
Серная кислота 40%-ная	20	1500	С	С
	50	1500	С	С
	100	100	О	—
Соляная кислота 35%-ная	20	До 1000	Н	Н
	100	До 100	Н	Н
Спирт этиловый 96%-ный	78	До 100	С	Н
Стирол 100%-ный	20	До 100	С	С

Продолжение

Среда	Температура °С	Продолжительность испытания *ч*	Стойкость ФЛ-1	Стойкость ФЛ-4
Уксусная кислота 25%-ная	20	До 1000	Н	Н
Формалин 33%-ный	20	До 1000	С	С
	100	До 100	Н	Н
Фосфорная кислота 30%-ная	20	9000	С	С
	50	4000	С	С
Хлорекс 100%-ный	20	До 1000	С	С
	100	До 100	Н	Н

Химическая стойкость мастик на основе лаков ФЛ-1 и ФЛ-4

С — материал стоек, О — относительно стоек.

Среда	Температура °С	Мастики ФЛГ-4	Мастики ФЛМ-1	Мастики ФЛМ-4	Продолжительность испытания *ч*
Бензин	+20	С	С	С	Свыше 1000
	—50	С	С	С	Свыше 1000
Натр едкий					
25%-ный	50	С	С	С	500
40%-ный	20	С	С	С	1000
	100	С	О	С	500
	100	—	С	С	До 100
Полисульфиды (1,55 *моль/л*)	20	С	С	С	1500
Серная кислота 40%-ная	50	С	С	—	1500
	100	С	С	О	100
Спирт этиловый 96%-ный	78	—	С	С	До 100
Стирол 100%-ный	20	—	С	С	До 1000
Фосфорная кислота 30%-ная	20	С	С	С	9000
	50	С	С	С	4000

Примечание. ФЛГ-4 — мастика на основе лака ФЛ-4 и графита, ФЛМ-1 — мастика на основе лака ФЛ-1 и микроасбеста, ФЛМ-4 — мастика на основе лака ФЛ-4 и микроасбеста.

Антикоррозионный клеевой лак Ф-10 (ВТУ НИИПМ П-186—60). Представляет собой спирто-ацетоновый раствор фурилово-феноло-формальдегидоацетальной смолы. Применяется для антикоррозионных лаковых покрытий; в качестве связующего для футеровочных мастик горячей сушки (по металлу и другим материалам), устойчивых к кислотам и слабым щелочам, минеральным маслам, бензину и ряду других растворителей; для получения растворов, применяющихся в изготовлении химически стойких бесшовных полов; для крепления химически стойких изделий (керамической плитки, каменного литья и др.) в полах; при футеровке аппаратуры и различных емкостей из металла, бетона и железобетона, работающих в агрессивных средах; для крепления штучных изделий в панелях, стенах, колоннах и т. д. в целях

защиты строительных конструкций от коррозии; для приготовления химически стойкой штукатурки; при защите строительных конструкций, аппаратуры и различных емкостей из бетона, железобетона и металла; в качестве клея для склеивания металлов между собой, металлов с пластмассами, керамикой и другими неметаллическими материалами, а также склеивания неметаллических материалов между собой.

Клеевой лак Ф-10 отверждается при нагревании. Отверждение лака проводится послойно, каждый слой выдерживается на воздухе до отлипа и прогревается при 80° С в течение 1 *ч*, после чего наносится следующий слой. Последний слой прогревается по режиму: 1 *ч* при 80° С, 1 *ч* при 100° С, 2 *ч* при 120° С и 3 *ч* при 150—160° С. В присутствии кислых отвердителей отверждение лака происходит на холоду.

Ниже приведены физико-механические свойства клеевого лака Ф-10:

Вязкость по Форду — Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*, не менее	30
Сухой остаток, %, не менее	40
Предел прочности при растяжении клеевой пленки при 20° С, *кГ/см²*	300—350
Предел прочности при сдвиге клеевого шва, *кГ/см²*	
при 20° С	140—145
» 100° С	100—110
» 120° С	99
» 150° С	65—85
Верхний предел рабочих температур, °С	~150—160

Примечание. Вязкость по Форду — Энглеру и сухой остаток даны по ВТУ НИИПМ П-186—60.

По водостойкости и температуре эксплуатации лак Ф-10 превосходит лаки ФЛ-1 и ФЛ-4, а по эластичности уступает им. Пленка лака выдерживает кратковременное воздействие температуры 200° С.

Ниже приводятся электрические свойства лака:

Удельное электрическое сопротивление объемное, *ом · см*	
при 20° С	$1{,}2 \cdot 10^{15}$
» 250° С	$8 \cdot 10^{9}$
после 48 *ч* выдержки во влажной атмосфере	$2{,}3 \cdot 10^{14}$
поверхностное, *ом*	
при 20° С	$1{,}7 \cdot 10^{14}$
» 250° С	$7{,}8 \cdot 10^{8}$
после 48 *ч* выдержки во влажной атмосфере	$9{,}1 \cdot 10^{14}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	
при 20° С	0,024
» 60° С	0,015
» 250° С	0,016
после 48 *ч* выдержки во влажной атмосфере	0,033
Электрическая прочность, *кв/мм*	
при 20° С	91
после 48 *ч* выдержки во влажной атмосфере	85

Клеевая пленка стойка к действию 5%-ного раствора едкого натра при 20° С, к 10—25%-ным растворам углекислого натрия при 50° С, к 3%-ному раствору хлористого натрия при 100° С и к бензину при 50° С.

Химическая стойкость покрытий на основе лака Ф-10

Среда	Температура °С	Объект испытания	Срок службы
Серная кислота		Защитное покрытие, футеровка аппаратуры нефтяной и нефтехимической промышленности (емкости на катализаторных фабриках, сульфонатные мешалки, нейтрализаторы на нефтемаслозаводах и на нефтеперерабатывающих заводах, внутренняя поверхность трубопроводов, коллекторов)	3 года
5%-ная	5		
10%-ная	50		
10%-ная	80		
5—60%-ная	20		
85%-ная	40		
Борная кислота 15%-ная	80		
Уксусная кислота 0,5—5%-ная	40		
Раствор карбоната натрия 10—25%-ный	50		
Раствор сульфата натрия 15%-ный	95—98		
Бутиловый спирт	40		
Водный раствор метилэтилкетона 12%-ный	30; 50		
Бензин Б-70	80		
Толуол	5		
Серная кислота		Полимер-растворы для бесшовных химически стойких полов; для антикоррозионных штукатурок и прослоек; для крепления химических штучных изделий при облицовке полов, стен и других строительных конструкций	2 года
10%-ная			
20%-ная			
Соляная кислота			
2%-ная			
10%-ная			
Коксовый газ азотнотукового завода		Шестислойное лаковое покрытие с отвердителем — контактом Петрова. Внутренняя поверхность скруббера промывки коксового газа	3 года

Фуриловая смола ФЛ-2 (ВТУ НИИПМ П-191—60). Получается путем поликонденсации фурилового спирта. Обладает хорошими пропитывающими свойствами, высокой адгезией к различным материалам и повышенной теплостойкостью, а также стойкостью к кислотам и щелочам.

Ниже приведены некоторые свойства смолы ФЛ-2:

Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого
Сухой остаток, %, не менее	65
Время желатинизации на плитке при 250° С, *сек*	до 350
Вязкость по ВЗ-4 при 20° С, *сек*, не более	350

Смола предназначена для производства антикоррозионных мастик и замазок с соответствующими наполнителями (графит, микроасбест, диабазовая мука, кварцевый песок и др.); для производства растворов, применяющихся для изготовления бесшовных химически стойких полов, антикоррозионных штукатурок и прослоек, а также для облицовки полов, стен и других строительных конструкций и крепления к ним, химически стойких штучных изделий; в качестве связующего при производстве осветительных углей, в качестве связующего в литьевой композиции при производстве электроугольных изделий (рис. 5 и 6).

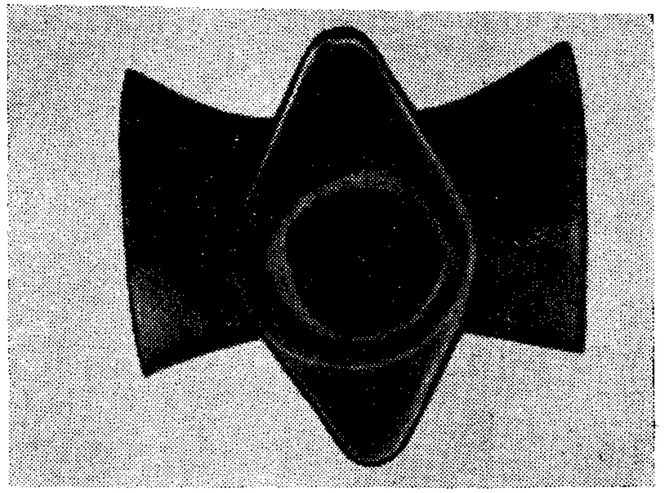


Рис. 5. Тройник, покрытый смолой ФЛ-2.

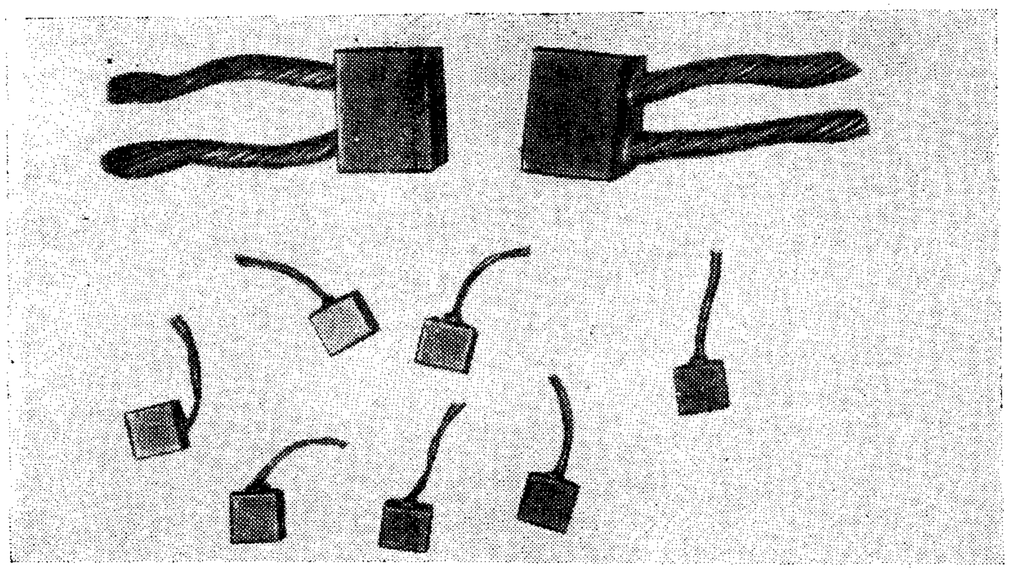


Рис. 6. Угольные электрощетки со смолой ФЛ-2 в качестве связующего.

При комнатной температуре смола отверждается в присутствии кислых отвердителей (*п*-хлорбензолсульфокислоты, солянокислого анилина, безводного хлорного железа и ряда других). Отвердитель вводится в количестве 7—9 вес. %.

При 150—160° С смола отверждается в присутствии 10 вес. % малеиновой кислоты. Отверждение производится при нагревании по режиму: 1 *ч* при 80° С, 1 *ч* при 100° С, 2 *ч* при 120° С и 3 *ч* при 150—160° С.

Химическая стойкость замазок * на основе смолы ФЛ-2

	Масса, % от исходной		Масса, % от исходной
Азотная кислота		Муравьиная кислота	
5%-ная	Разрушение	5%-ная	98,7
20%-ная	Разрушение	80%-ная	98,5
Соляная кислота		Уксусный ангидрид	99,5
10%-ная	100,7	Дихлорэтан	97,2
28%-ная	99,9	Едкий натр	
Серная кислота		5%-ный	101,6
10%-ная	101,0	30%-ный	101,7
50%-ная	99,7	Бензол	99,7
70%-ная	101,2	Этиловый спирт 96%-ный	99,7
Уксусная кислота		Формалин 40%-ный	99,2
5%-ная	99,5		
98%-ная	90,0		

Примечание. Испытания проводились при температуре кипения в течение 100 *ч*.

* В качестве наполнителя используется порошкообразный графит с тонкостью помола 20—30 *мк*, являющийся отходом производства электродов.

Антикоррозионный клей ФЛ-4С (ВТУ П-153—64). Представляет собой спирто-ацетоновый раствор пластифицированной фурило-феноло-формальдегидной смолы, совмещенной с эпоксидной смолой. Отвердитель добавляется непосредственно перед употреблением.

Применяется в качестве герметика в клеесварных (при точечной электросварке) соединениях из стали, алюминиевых и других сплавов, подлежащих последующему анодированию. Предназначается также для склеивания металлов (дуралюмина, стали и др.) и неметаллических материалов. Стоек в кислых и щелочных средах ванн анодирования. Рабочая температура от —60 до +60° С.

Особым свойством клея ФЛ-4С является его хорошая растекаемость и заполнение всех неплотностей шва.

Ниже приведены физико-механические свойства клея ФЛ-4С:

Внешний вид	Прозрачная или слегка мутная жидкость вишневого цвета
Вязкость по Форду — Энглеру (сопло № 2) при 20° С, *сек*, не менее	20
Сухой остаток, %, не менее	45
Эластичность по шкале НИИЛК, *мм*, не более	1
Предел прочности при сдвиге при 20° С (склейка производится внахлестку), *кГ/см²*	100—130

Примечание. Все показатели, кроме предела прочности при сдвиге, даны по ВТУ П-153-64.

Полимер-бетон на основе фурилового спирта. Представляет собой обычный бетон, в процессе затворения которого вводится 2—3% фурилового спирта и 0,2—0,3% солянокислого анилина. В процессе отвердения бетона происходит кальматация (заполнение) пор образующейся фурило-анилиновой смолой.

Полимер-бетон водонепроницаем при избыточных давлениях до 50 *ат*, бензонепроницаем до 15 *ат*; прочность его на 40% выше, чем обычного бетона. Он может быть использован для строительства хранилищ светлых нефтепродуктов, для цементации нефтяных и газовых скважин и т. п.

Пластбетон на основе мономера ФА. Органоминеральный бесцементный бетон, связующим в котором вместо цемента служит мономер ФА, отвержденный бензолсульфокислотой. Пластбетон обладает высокими прочностными показателями свойств, водо- и газонепроницаемостью, стойкостью к действию кислот и щелочей, огне- и термостойкостью. Пластбетон используется для изготовления хранилищ агрессивных жидкостей, шахтных крепей, химически стойких полов и т. п.

КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ ЗАМАЗКИ АРЗАМИТ

Арзамит — коррозионностойкие, водонепроницаемые, твердеющие на холоду замазки на основе феноло-формальдегидной резольной смолы с порошкообразным наполнителем и кислым отвердителем. Применяются для футеровки аппаратуры, приклеивания футеровочных плиток, склеивания отдельных деталей из пластмасс (например, деталей из пропитанного графита); имеют хорошую адгезию к керамике, пластмассам и металлам, однако, во избежание коррозии металла кислыми отвердителями, на металл перед футеровкой наносят подслой из бакелитового лака, клеев БФ, полиизобутилена и т. п. Замазки состоят из двух частей: арзамита-смолы и арзамита-порошка (компоненты хранят отдельно). Перед применением замазок компоненты смешивают. Время отверждения зависит от температуры. Так, при 20—25° С замазки схватываются через 2—2,5 *ч*, становятся твердыми через 5—6 *ч* и полностью отверждаются через 24 *ч*; при 70° С они схватываются через несколько минут. Для увеличения прочности готовых замазок их желательно прогреть при 100° С в течение 6 *ч*.

Арзамит выпускают четырех марок — арзамит-1, арзамит-4, арзамит-5 и арзамит универсальный. Гарантийный срок хранения арзамита-1 — 3 месяца, арзамита-4, арзамита-5 и арзамита универсального — 6 месяцев.

Арзамит-1. Кислотостойкая замазка арзамит-1 получается смешением двух компонентов: раствора (100 вес. ч.) резольной феноло-формальдегидной смолы, стабилизованной и пластифицированной бензиловым спиртом, и порошка (25—65 вес. ч.), содержащего в своем составе наполнитель (кварцевая мука и кремнезем) и отвердитель (*п*-толуолсульфохлорид). Замазка устойчива к действию растворов неорганических кислот и солей, к салициловой, β-оксинафтеновой, малеиновой, бензойной кислотам, бензину, воде, водяному пару (до 180° С), хлорбензолу; нестойка к азотной, монохлоруксусной и плавиковой кислотам, растворам щелочей, фенолам, анилину, окислительным средам.

Арзамит-4 и арзамит-5. Коррозионностойкие теплопроводные замазки арзамит-4 и арзамит-5 получаются смешением двух компонентов: раствора резольной феноло-формальдегидной стабилизованной и пластифицированной смолы (100 вес. ч.) и порошка (100—200 вес. ч.), содержащего наполнитель (молотый графит) и отвердитель (*п*-толуолсульфохлорид).

Замазки стойки к тем же средам, что и арзамит-1; арзамит-5, кроме того, стоек к растворам слабых щелочей.

Арзамит универсальный. Кислотощелочестойкая теплопроводная замазка арзамит универсальный получается смешением двух компонентов: раствора резольной феноло-формальдегидной смолы, модифицированной мономером ФА, и порошка, содержащего в своем составе наполнитель (молотый графит) и отвердитель (*п*-толуолсульфохлорид). Замазка стойка к азотной кислоте (при 20—25° С), к серной, соляной, уксусной кислотам, к растворам едкого натра, фенола, формальдегида, к переменным средам (кислота — щелочь), к бензолу, толуолу, бензину, ацетону, бутилацетату и к кипящей воде.

Ниже приводятся свойства замазок арзамит и их компонентов (раствора и порошка):

	Арзамит-1	Арзамит-4	Арзамит-5	Арзамит универсальный
Раствор				
Внешний вид	Жидкость коричневого цвета			
Вязкость при 20° С				
по Оствальду, *спз*	150—1200	—	—	—
по воронке НИИЛК (сопло 2,4 *мм*), *сек*	—	150—450	100—300	150—350
Плотность при 20° С, *г/см³*, не менее	1,15	1,15	1,20	1,20
Порошок				
Влажность, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0
Дисперсность, %, не более				
остаток на сите 0,84 *мм*	0,6	0,6	—	—
остаток на сите 0,42 *мм*	5	5	5	5
Замазка				
Предел прочности, *кГ/см²*, не менее				
при растяжении	30	50	40	80
при сжатии	300	400	250	450
при сжатии после обработки образца кипящей 22%-ной соляной кислотой	300	—	—	—
Влагопроницаемость образцов толщиной 10 *мм* при давлении 3 *ат* в течение 1 *ч*	—	Непроницаем	Непроницаем	Непроницаем

Продолжение

	Арзамит-1	Арзамит-4	Арзамит-5	Арзамит универсальный
Кислотостойкость, %, не менее	—	98	96	96
Щелочестойкость, %, не менее	—	—	98	98
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м·ч·град)*	—	18—20	—	—
Адгезия, *кГ/см²*				
к стали	15	—	—	—
к свинцу	15	—	—	—
к полиизобутилену	15	—	—	—
к диабазовой плитке	17	—	—	—
к пропитанному графиту	39	35—40	44—51	—
Усадка, %	—	0,1—0,37	0,3—1,42	—

Примечание. Все показатели, кроме коэффициента теплопроводности, адгезии и усадки, даны по ТУ на соответствующие марки.

ПРЕССМАТЕРИАЛЫ ФЕНОЛЬНЫЕ

Фенольные прессматериалы — термомеханически обработанные композиции, состоящие из фенольных смол или их модификаций, наполнителей и различных добавок — отвердителей, красителей, смазывающих веществ. По характеру смолы они делятся на прессматериалы новолачного и резольного типа; по виду наполнителя — на материалы с порошкообразным минеральным или органическим наполнителем и на материалы с волокнистым минеральным или органическим, а также со смесью органических и минеральных наполнителей. В качестве органического порошкообразного наполнителя применяется древесная мука, молотый кокс, графит. В отдельных случаях с целью повышения водостойкости применяют древесную муку, пропитанную фенолоспиртами. К минеральным наполнителям относят кварцевую муку, каолин, молотые слюду, плавиковый шпат, микроасбест. В качестве волокнистых наполнителей применяют хлопковый линт, волокнистый асбест, тканевую крошку, стекловолокно. Отвердителями служат гексаметилентетрамин (уротропин), известь и др.; смазывающими веществами — стеарин, стеараты, олеиновая кислота; красителями — нигрозин и различные пигменты. Некоторые прессматериалы выпускаются натурального цвета, без красителей, но изделия из них темнеют в процессе эксплуатации.

В процессе производства пресспорошков предварительно измельченная смола, порошкообразные наполнители и добавки смешиваются в определенной пропорции согласно рецептуре в специальных смесителях, вальцуются на двухвалковых вальцах при температуре 90—120° С или обрабатываются на одно- или двухчервячных машинах при тех же температурах.

При вальцевании или обработке на червячных машинах композиция гомогенизируется, а входящая в ее состав смола, частично полимеризуясь и переходя в резитол, пропитывает или обволакивает наполнитель. Одновременно происходит равномерное окрашивание прессматериала. В результате воздействия повышенных температур и давлений удаляется большая часть летучих веществ (пары воды и фенола, аммиак, формальдегид) и композиция приобретает вид плотных жестких листов или полос. Охлажденные листы или полосы измельчаются в гранулы величиной 1—3 *мм* и упаковываются в крафт-целлюлозные или текстовинитовые мешки.

Волокнистый наполнитель пропитывается или обволакивается жидкими резольными смолами, смешивается со смазывающими веществами и другими добавками и высушивается; полученный прессматериал упаковывается в мешки.

Хранить прессматериалы следует в сухом помещении при температуре не выше 25° С. Гарантийный срок хранения 6—8 месяцев.

Прессматериалы перерабатываются в изделия весом от десятых долей грамма до нескольких килограммов методом горячего прямого или литьевого прессования при температуре 160—200° С и удельном давлении 200—1200 *кГ/см²*.

Некоторые пресспорошки для получения профильных изделий (труб, стержней, уголков и т. п.) перерабатываются методом горячего профильного прессования. Имеются новые прессматериалы, перерабатывающиеся литьем под давлением на специальных литьевых машинах.

В процессе прессования изделия легко армируются металлической арматурой, изготовленной как из черных, так и из цветных металлов.

Изделия из прессматериалов, как и все фенопласты, не подвержены коррозии и не вызывают коррозии запрессованной в них арматуры. В случае необходимости внешняя или внутренняя резьба или рельефная маркировка (надписи, цифры) оформляются в процессе прессования изделий. Готовые изделия из прессматериалов имеют блестящую гладкую поверхность.

Прочностные и электрические свойства прессматериалов изменяются в зависимости от условий эксплуатации. При повышенных температурах и влажности уменьшается прочность и ухудшаются электрические свойства, при понижении температуры несколько улучшаются прочностные свойства.

Промышленностью выпускаются прессматериалы как общетехнического назначения, так и со специфическими свойствами.

Изготовление посуды из фенопластов для горячей пищи, а также для хранения пищевых продуктов не рекомендуется.

Особой группой прессматериалов на основе фенольных смол является группа фрикционных материалов.

В состав этих прессматериалов входят асбест (обычно хризотиловый) жесткой или полужесткой структуры, барит, железный сурик, кварцевая мука, электрокорунд, а также металлические нити или стружка (латунные или красномедные). Величина коэффициента трения материала зависит от удельного давления, скорости скольжения, температуры. Для каждого фрикционного материала существует критическая температура, выше которой резко падает коэффициент трения. Для большинства материалов на основе фенольных смол эта температура лежит в пределах 260—280° С; материал К-217-57П выдерживает температуру до 300° С.

Коэффициент трения материала «ретинакс» резко снижается при 180° С; при 200—350° С он стабилизуется, а при длительном воздействии высоких температур повышается без заметного снижения износостойкости. Ретинакс работает при температурах, достигающих 1100° С, и удельных давлениях 15—30 *кГ/см²*; не рекомендуется применять его при температурах 0—300° С, скорости скольжения 0—5 *м/сек* и удельном давлении 0—8 *кГ/см²*, так как при этих условиях его износостойкость очень мала.

Фрикционные материалы К-15-6, ТФ-2 и К-15-13 обладают стабильным коэффициентом трения, несколько более высоким, чем у ретинакса, и почти не меняющимся при скоростях скольжения до 30 *м/сек* и нагрузках до 10 *кГ/см²*.

Изделия из фенольных прессматериалов почти не подвержены старению. После нескольких лет эксплуатации тускнеет поверхность, но прочностные и электрические свойства не ухудшаются.

Пресспорошки марок К-18-22, К-18-53, К-114-35, К-123-45Т, К-211-3, К-211-34, ФКПМ-15Т, К-18-36, К-214-43Т, К-18-81, АГ-4, ТФ-2, КФ-3 являются

тропикостойкими, т. е. они устойчивы к комплексному действию высокой влажности и тропических температур, к грибковым и плесневым зарастаниям, не разрушаются термитами и другими тропическими насекомыми.

А. Пресспорошки общетехнического назначения

Марки К-15-2, К-17-2, К-20-2, К-118-2, К-119-2, К-15-2ЦО, К-15-2ЦС, К-17-2ЦО, К-17-2ЦС, К-20-2ЦО, К-20-2ЦС, К-18-2, К-18-2М, К-18-2ЦО, К-18-2ЦС (ГОСТ 5689—66); монолиты 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10 (МРТУ 6-05-992—65). Представляют собой композиции из новолачных феноло-альдегидных смол (на основе фенола, фенольной фракции, смеси фенола и крезола, фенола и ксилепола), органического наполнителя (древесная мука), отвердителя (гексаметилентетрамин), красителя и смазывающих веществ. Прессматериал марки К-118-2 представляет собой композицию на основе новолачной феноло-фурфурольной смолы и органического наполнителя. Порошок К-18-2М — черный. Монолиты 1, 2, 3, 5 — черные и цветные. Остальные порошки выпускаются однотонные (черные, коричневые, красные, табачного цвета), и в смесях друг с другом — темно- и светло-коричневые, красные и черные. Электрические свойства пресспорошков общетехнического назначения ухудшаются во влажной атмосфере. Порошки рекомендуются для изготовления ненагруженных армированных и неармированных деталей общего технического назначения, декоративных деталей и изделий широкого потребления (рукоятки, корпуса проигрывателей, бытовая электроарматура и т. д.), работающих в атмосферных условиях. Не рекомендуется применять эти материалы для деталей сла-

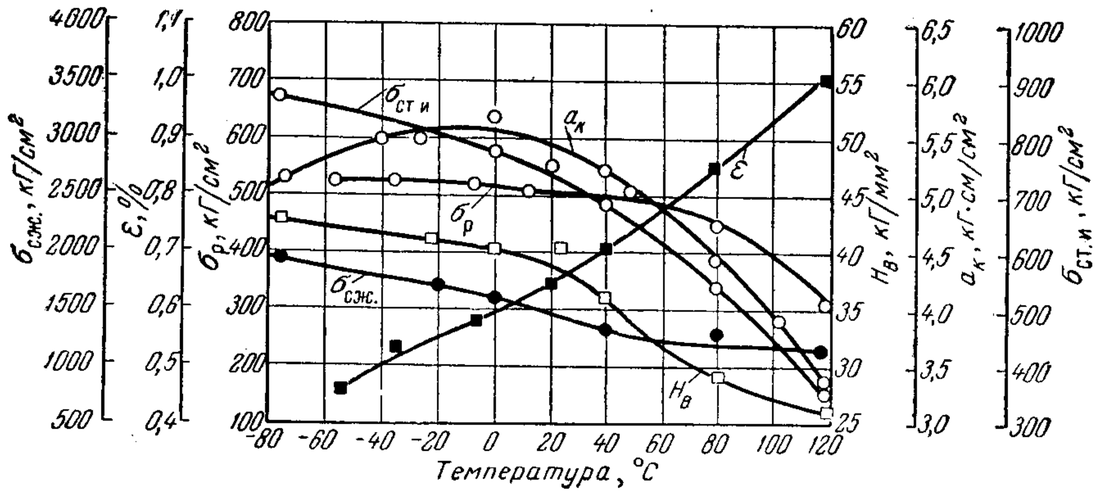


Рис. 7. Зависимость физико-механических свойств прессматериала К-18-2 от температуры:

$\sigma_{сж.}$ — предел прочности при сжатии;
$\sigma_р$ — предел прочности при растяжении;
$\sigma_{ст.и}$ — предел прочности при статическом изгибе;
a_k — удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*;
$H_В$ — твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*;
ε — относительное удлинение при разрыве.

боточной и радиотехнической аппаратуры, находящихся рядом или соприкасающихся с контактами из серебра.

Пресспорошок К-18-2 и монолиты 1, 2, 3, 5 имеют несколько более высокие, чем другие порошки этой группы, показатели механических свойств и меньшее время отверждения. Пресспорошок К-18-2М отличается наибольшей стабильностью электрических свойств во влажной атмосфере и меньшим

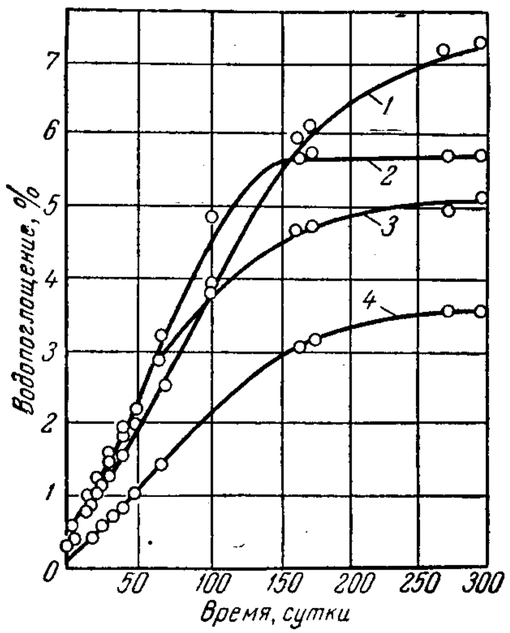


Рис. 8. Зависимость водопоглощения прессовочных изделий (стандартных брусков) от времени нахождения их в воде при комнатной температуре:

1 — пресспорошок К-18-2; *2* — монолит-1; *3* — аминопласт с наполнителем целлюлозой; *4* — пресспорошок К-21-22.

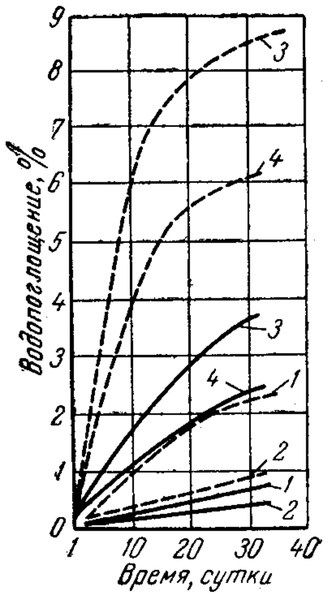


Рис. 9. Водопоглощение стандартных образцов (диск диаметром 100 *мм*) из пресспорошков различных марок (сплошная линия 20° С, пунктирная 65° С):

1 — пресспорошок К-18-23 (фенолит 1); *2* — пресспорошок К-18-36 (фенолит-4); *3* — пресспорошок К-18-2; *4* — пресспорошок К-21-22.

водопоглощением. Температура эксплуатации пресспорошков лежит в интервале от —60 до +60° С. Изменения свойств пресспорошков в зависимости от температуры показаны на рис. 7. На рис. 8, 9 показаны зависимости водопоглощения от времени.

Б. Электроизоляционные пресспорошки

Марки К-21-22, К-211-2, К-220-21, К-214-22 (ГОСТ 5689—66). Представляют собой композиции коричневого или черного цвета из резольных феноло-формальдегидных смол (на основе фенола и смеси фенола с анилином), органического наполнителя, отвердителя (гексаметилентетрамин), красителя и смазывающих веществ. Предназначены для изготовления армированных и не-

армированных деталей электротехнического назначения, автотракторных деталей электрооборудования, эксплуатация которых допустима в среде бензина и масла, цоколей радиоламп и т. д.

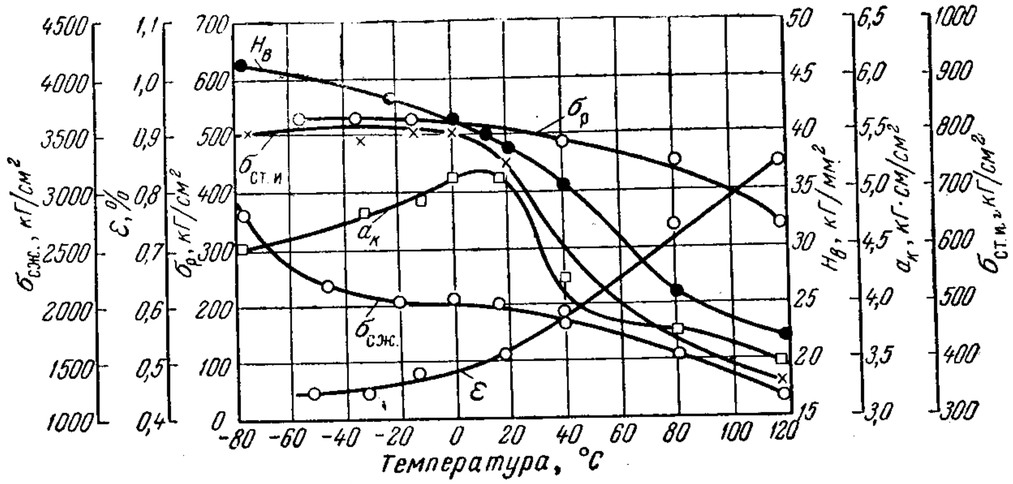


Рис. 10. Зависимость механических свойств прессматериала К-21-22 от температуры.

Обозначения — см. подпись к рис. 7, стр. 331.

Пресспорошок К-214-22 безаммиачный рекомендуется для деталей слаботочной или радиотехнической аппаратуры, соприкасающихся или находящих-

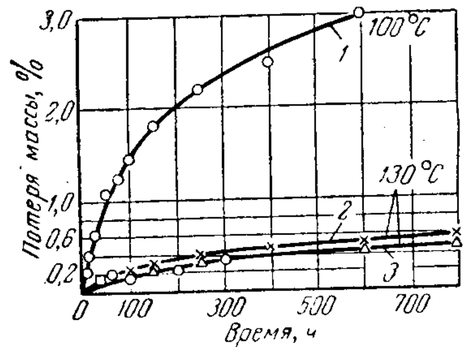


Рис. 11. Изменение массы прессматериалов в зависимости от длительности нагревания при температурах эксплуатации:

1 — К-21-22; *2* — К-211-3; *3* — К-114-35.

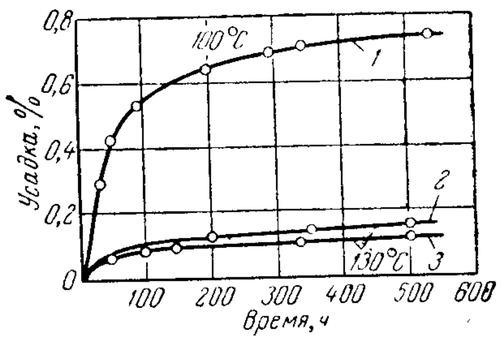


Рис. 12. Изменение размеров образцов прессматериалов в зависимости от длительности нагревания при температурах эксплуатации:

1 — К-21-22; *2* — К-211-3; *3* — К-114-35.

ся рядом с серебряными контактами. Температура эксплуатации пресспорошков от —60 до +100° С. Изменение свойств пресспорошков в зависимости от температуры показано на рис. 8—12 и 15—17.

В. Высокочастотные пресспорошки

Марка К-114-35 (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композицию натурального зеленого цвета на основе модифицированной полиамидом феноло-формальдегидной новолачной смолы, минерального наполнителя (кварцевая мука), отвердителя и смазывающих веществ. Предназначается для изготовления электроизоляционных деталей, работающих в условиях повышенной влажности, токов высокой частоты и напряжения; тропикостоек. Температура эксплуатации — до 100° С. Изменение свойств пресспорошка в зависимости от температуры показано на рис. 11—16.

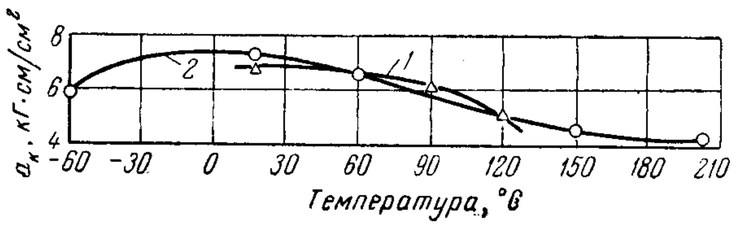


Рис. 13. Зависимость удельной ударной вязкости $a_к$ прессматериалов от температуры:

1 — К-114-35; *2* — ФКПМ-15.

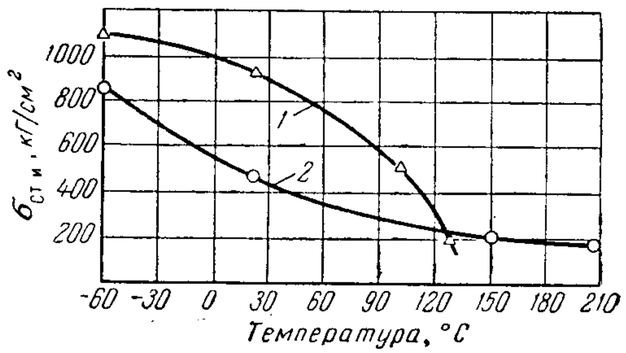


Рис. 14. Зависимость предела прочности при статическом изгибе $\sigma_{ст.и}$ прессматериалов от температуры:

1 — К-114-35; *2* — ФКПМ-15.

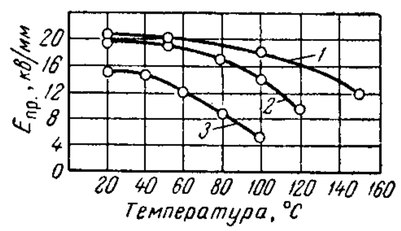


Рис. 15. Зависимость электрической прочности $E_{пр.}$ прессовочных материалов от температуры:

1 — К-114-35; *2* — К-21-22; *3* — В-4-70.

Марки К-211-3, К-211-4, К-211-34 (ГОСТ 5689—66). Представляют собой композиции на основе резольной феноло-формальдегидной смолы с минеральным наполнителем (слюда молотая, кварцевая мука, плавиковый шпат), отвердителем и смазывающими веществами. Предназначены для изготовления ненагруженных и слабо армированных деталей радиотехнического назначения, работающих на воздухе в условиях повышенной влажности. Пресспорошок

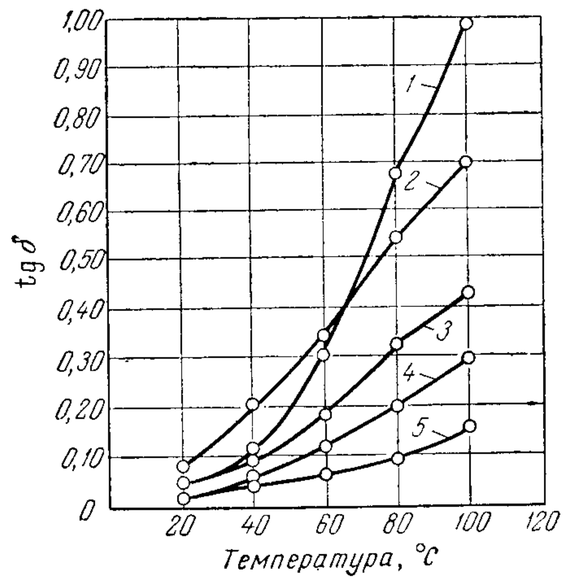


Рис. 16. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь tg δ различных прессматериалов от температуры:

1 — ФКПМ-15; *2* — К-220-21; *3* — К-214-48; *4* — К-114-35; *5* — ОФПМ-296.

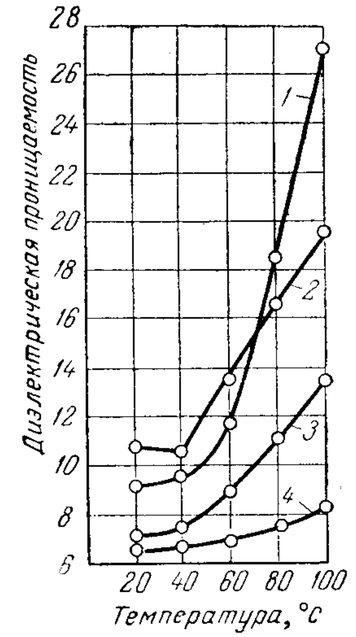


Рис. 17. Зависимость диэлектрической проницаемости ε различных пресспорошков от температуры:

1 — К-220-21; *2* — ФКПМ-15; *3* — К-214-48; *4* — ОФПМ-296.

К-211-34, в частности, применяется для опрессовки слюдяных конденсаторов и изготовления изоляционных радиодеталей. Прессматериалы тропикостойки. Температура эксплуатации от —60 до +100° С. Изменение массы и размеров образцов из К-211-3 при длительном нагревании показано на рис. 11, 12.

Марки К-123-45 (ОФПМ-296) (ВТУ П-289—63), К-123-45Т (ВТУ П-300—64 или ГОСТ 5689—66). Представляют собой композиции коричневого цвета на основе феноло-оксазолидиновых смол с наполнителем (древесная мука и каолин), отвердителем и смазывающими веществами. Предназначены для изготовления высокоармированных электроизоляционных деталей, к которым предъявляются повышенные требования в отношении водостойкости и стабильности диэлектрических свойств. Могут применяться также вместо материалов К-21-22, К-211-2, К-214-2 и др. В результате термообработки готовых изделий при 140—150° С в течение 5—6 *ч* их теплостойкость значительно повышается.

К-123-45Т тропикостоек. Изменение электрических свойств пресспорошков в зависимости от температуры и времени пребывания в дистиллированной воде показано на рис. 16, 17, 18.

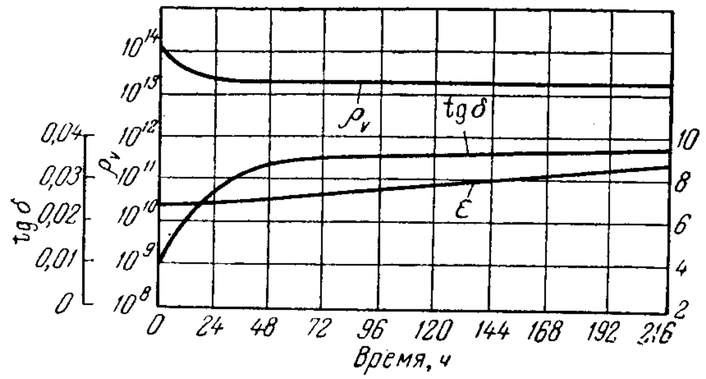


Рис. 18. Зависимость электрических свойств пресспорошка К-123-45 (ОФПМ-296) от продолжительности пребывания в дистиллированной воде:

ε — диэлектрическая проницаемость;
tg δ — тангенс угла диэлектрических потерь;
ρ_v — удельное объемное электрическое сопротивление.

Марка В-4-70 (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композицию натурального зеленого цвета на основе феноло-формальдегидных смол, модифицированных полиамидом, с минеральным наполнителем и смазывающим веществом. Предназначается для изготовления деталей электрической автоматики, работающих в условиях повышенной влажности и токов высокой частоты, а также деталей повышенного класса точности. Пресспорошок тропикостоек. Температура эксплуатации не выше 175—200° С. Изменение электрических свойств пресспорошка в зависимости от температуры и времени выдержки при 150° С показано на рис. 15, 19.

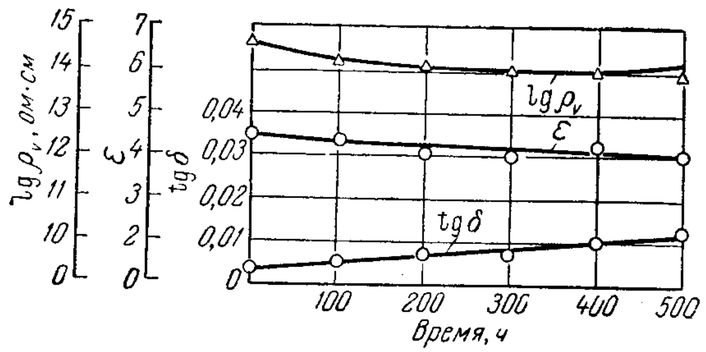


Рис. 19. Зависимость электрических свойств пресспорошка В-4-70 от времени нагрева при 150° С:

ε — диэлектрическая проницаемость;
tg δ — тангенс угла диэлектрических потерь;
ρ_v — удельное объемное электрическое сопротивление.

Марка К-124-38 (ВТУ-35-ХП-606—63 или ГОСТ 5689—66). Композиция на основе новолачной смолы с минеральным наполнителем, отвердителем (гексаметилентетрамин) и смазывающим веществом. Предназначается для электроизоляционных деталей повышенного класса точности, работающих в условиях высоких частот и высоких температур, а также для герметичных деталей с проходной арматурой, работающих при температуре до 250° С.

Г. Жаростойкие пресспорошки

Марка К-18-22 (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композицию черного цвета на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы, минерального наполнителя (асбест, слюда), отвердителя (гексаметилентетрамин) и смазывающего вещества. Предназначается для изготовления радиодеталей методом литьевого прессования; тропикостоек.

Марки К-18-53, К-18-54, К-17-56, К-18-56, К-119-56, К-15-56 (ГОСТ 5689—66). Представляют собой композиции темно-фиолетового (К-18-53 и К-18-54) или черного цвета (К-17-56, К-18-56, К-119-56 и К-15-56) на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы с минеральным наполнителем (асбест), красителем, отвердителем (гексаметилентетрамин) и смазывающим веществом. Предназначаются для изготовления электроустановочных изделий (патроны, выключатели), обладающих повышенной жаростойкостью; К-18-53 тропикостоек.

Д. Пресспорошки для деталей автотракторного электрооборудования

Марка К-18-37 (ВТУ 35-ХП-587—65). Композиция на основе новолачной смолы с минеральным наполнителем, отвердителем (гексаметилентетрамин) и смазывающим веществом. Предназначается для изготовления корпусной изоляции коллекторов электрических машин постоянного тока автотракторного оборудования нормального (обычного) и тропического исполнения вместо К-6 и волокнита. Электрические свойства пресспорошка относительно стабильны при повышенной влажности.

Марки К-214-43, К-214-43Т (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композиции черного или натурального зеленого цвета на основе резольной феноло-анилино-формальдегидной смолы с органическим (древесная мука) и минеральным наполнителем, отвердителем (гексаметилентетрамин) и смазывающим веществом. Предназначены для изготовления деталей автотракторного электрооборудования и др. К-214-43Т тропикостоек.

Марки К-2-43 (ВТУ П70—61); К-2-43Т (ВТУ П70—62). Представляют собой композиции темно-вишневого цвета на основе резольной феноло-крезоло-анилиновой смолы с минеральным и органическим наполнителем, с добавкой смазывающего вещества и красителя. Предназначены для изготовления деталей автотракторного электрооборудования.

Е. Безаммиачные пресспорошки

Марка К-214-2 (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композицию коричневого цвета на основе резольной анилино-феноло-формальдегидной смолы с органическим наполнителем (древесная мука) и смазывающим веществом. Используется для изготовления деталей технического назначения. Температура эксплуатации от —60 до +60° С. Рекомендуется для деталей слаботочной и радиотехнической аппаратуры, соприкасающихся или находящихся рядом с поверхностью серебряных контактов.

Марка К-29-3 (ТУ П-15—57). Представляет собой композицию черного или коричневого цвета на основе резольной феноло-формальдегидной смолы

с минеральным и органическим наполнителем, красителем и смазывающим веществом. Предназначен для изготовления вставок к чернильницам (не обесцвечивает чернил).

К безаммиачным относится также марка К-214-22.

Ж. Ударопрочные пресспорошки

Марка ФКП-1 (ГОСТ 5689—60). Представляет собой композицию черного цвета на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы, модифицированной каучуком, с органическим (древесная мука) или минеральным наполнителем, с добавкой красителя, отвердителя и смазывающего вещества. Рекомендуется для деталей общетехнического назначения, обладающих повышенной стойкостью к ударным нагрузкам.

Марки ФКПМ-15 (СТУ 30-14211—64); ФКПМ-15Т, ФКПМ-10 (ГОСТ 5689—66). Представляют собой композиции на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы, модифицированной каучуком, с минеральным наполнителем, красителем, отверждающими и смазывающими добавками. Предназначаются для изготовления деталей электротехнического назначения, требующих водостойкости и повышенной стойкости к ударным нагрузкам. Пригодны для прессования высокоармированных изделий сложной конфигурации. Пресспорошок ФКПМ-15 может армироваться серебряной арматурой. Пресспорошок ФКПМ-15Т тропикостоек. Температура эксплуатации до 200° С.

Зависимость свойств этих порошков от температуры и времени показана на рис. 13, 14, 16, 17.

З. Влагохимстойкие пресспорошки

Фенолит-1 (марки К-17-23, К-18-23, К-20-23) (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композиции черного цвета на основе феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилхлоридом, с органическим наполнителем (древесная мука, пропитанная фенолоспиртами), отвердителем (гексаметилентетрамин), красителем и смазывающими веществами. Стоек к воде и кислым средам. Предназначается для изготовления изделий с повышенной кислотостойкостью (крышек и пробок аккумуляторных баков и др.). Данные о химической стойкости фенолита приведены на стр. 350, о водопоглощении при различных температурах — на рис. 9.

Фенолит-4 (марки К-17-36 и К-18-36) (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композиции черного или натурального желтого цвета на основе феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилхлоридом, с минеральным наполнителем (каолин), отвердителем (гексаметилентетрамин) и красителем. Стоек к воде и кислым средам; тропикостоек. Предназначается для изготовления деталей с повышенной водо- и кислотостойкостью. Изменение водопоглощения пресспорошка в зависимости от времени показано на рис. 9.

Декоррозит (марки К-17-81 и К-18-81) (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композиции черного цвета из феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилхлоридом, наполнителя (измельченный кокс), отвердителя (гексаметилентетрамин) и смазывающих веществ. Предназначается для изготовления изделий с повышенной водо- и кислотостойкостью, а также щелочестойкостью (детали стиральных машин); тропикостоек.

Фенолит РСТ (марка К-214-52) (ВТУ П-294—64 или ГОСТ 5689—66). Представляет собой композицию коричневого цвета на основе феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилхлоридом, с наполнителем (рубленое стекловолокно), смазывающими и отверждающими веществами и

красителем. Предназначен для изготовления радиотехнических и других деталей, обладающих стойкостью к водной и кислой средам; тропикостоек.

Антифрик (марки К-17-82, К-18-82) (ВТУ П-225—59). Представляет собой композиции черного цвета на основе феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилхлоридом, с наполнителем (графит), отвердителем и смазывающими веществами. Предназначается для изготовления водо- и кислотостойких и антифрикционных изделий (обладает малым коэффициентом трения).

Марка К-18-41 (ГОСТ 5689—66). Композиция черного цвета на основе новолачной смолы, модифицированной поливинилхлоридом, с органическим и минеральным наполнителем, красителем и смазывающими веществами. Предназначается для изготовления кислото- и водостойких изделий.

Марка К-18-48 (ГОСТ 5689—66). Представляет собой композицию черного цвета на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы с минеральным наполнителем, отвердителем (гексаметилентетрамин) и смазывающим веществом.

И. Фрикционные прессматериалы

Марки КФ-3 (ТУ МХП М-37—57); КФ-3М (ТУ МХП 4155—54); КФ-3Г (ТУ 35-ХП-502—62); К-236-58 (ТУ УХП 263—60). Представляют собой композиции серо-коричневого цвета на основе феноло-формальдегидных смол с наполнителем (асбест); прессматериал КФ-3Г, кроме асбеста, содержит графит. Рекомедуются для изготовления изделий с высокой механической прочностью и фрикционных изделий (тормозные колодки метро, подъемных кранов, вагонов и т. п.). КФ-3 тропикостоек. КФ-3Г применяется для деталей, обеспечивающих фрикционное демпфрирование при вибрациях в условиях сухого трения по нержавеющей стали. Коэффициент трения уменьшается в процессе эксплуатации деталей. Зависимость механических свойств КФ-3 от температуры показана на рис. 20.

Марка К-217-57П (МРТУ 6-М-868—62). Представляет собой композицию серо-коричневого цвета на основе асбеста, пропитанного резольными смолами,

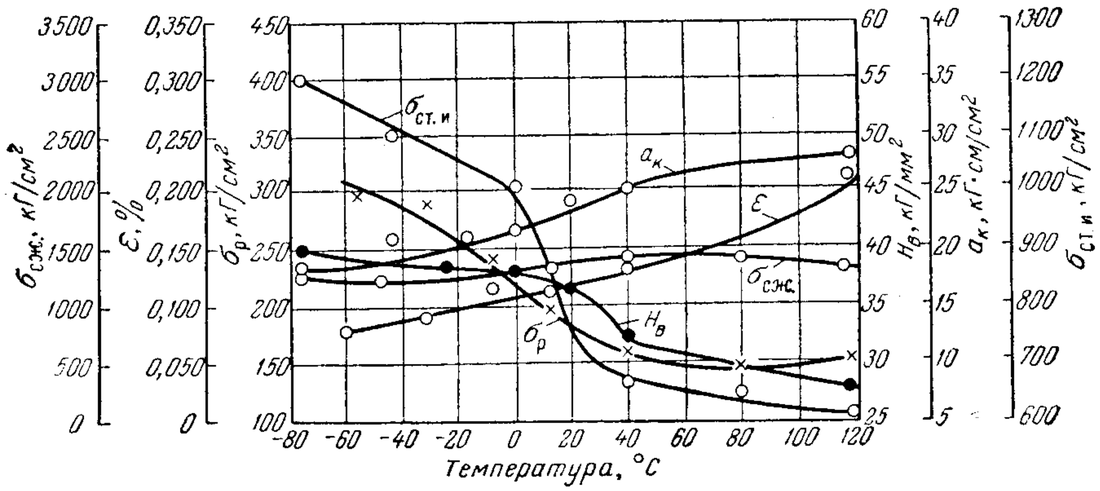


Рис. 20. Зависимость механических свойств прессматериала КФ-3 от температуры.

Обозначения — см. подпись к рис. 7, стр. 331.

с добавками латунной стружки. Предназначается для изготовления тормозных колодок экскаваторов и т. п.

Марки К-15-6 (СТУ 49-89—62); К-15-13 (ВТУ П-310—62); ТФ-2 (ТУ П-158—59). Представляют собой фрикционные материалы на основе асбеста, пропитанного резольной феноло-формальдегидной смолой и минеральных наполнителей (барита, латунной стружки, электрокорунда). Применяются для получения деталей с высоким и стабильным коэффициентом трения. ТФ-2 тропикостоек.

Ретинакс (ГОСТ 10851—64). Композиция на основе феноло-формальдегидной смолы с минеральным наполнителем (асбест, барит и др.) и смазывающими веществами. Ретинакс выпускается двух марок: А и Б. Предназначается для изготовления армированных и неармированных фрикционных изделий (тормозные колодки, вкладыши, сектора, кольца и т. п.). Изделия из ретинакса марки А применяются в фрикционных узлах при поверхностной температуре трения до 1100° С, скорости скольжения до 50 *м/сек* и удельном давлении до 25 *кГ/см²* в паре с чугуном. Изделия из ретинакса марки Б используются при поверхностной температуре трения до 700° С, скорости скольжения до 10 *м/сек* и удельном давлении до 15 *кГ/см²* в паре с серым чугуном и легированной сталью. Допускается применение изделий из ретинакса марки Б при удельном давлении до 30 *кГ/см²* и скорости скольжения до 50 *м/сек.* Однако при этом поверхностная температура трения не должна превышать 700° С.

Марка К-228-501 (ВТУ 35-ХП-705—64). Композиция на основе резольной феноло-формальдегидной смолы, асбеста и других минеральных наполнителей и смазывающих веществ. Применяется для изготовления методом горячего прессования тормозных колодок для экскаваторов, работающих при удельных нагрузках до 15 *кГ/см²* и температуре трения до 600° С.

К. Волокнистые прессматериалы

Волокнит натуральный (ГОСТ 5689—66). Прессматериал серо-коричневого цвета на основе целлюлозного волокна (хлопкового), пропитанного резольной феноло-формальдегидной смолой с добавкой смазывающего вещества, талька, извести или жженой магнезии. Рекомендуется для изготовления де-

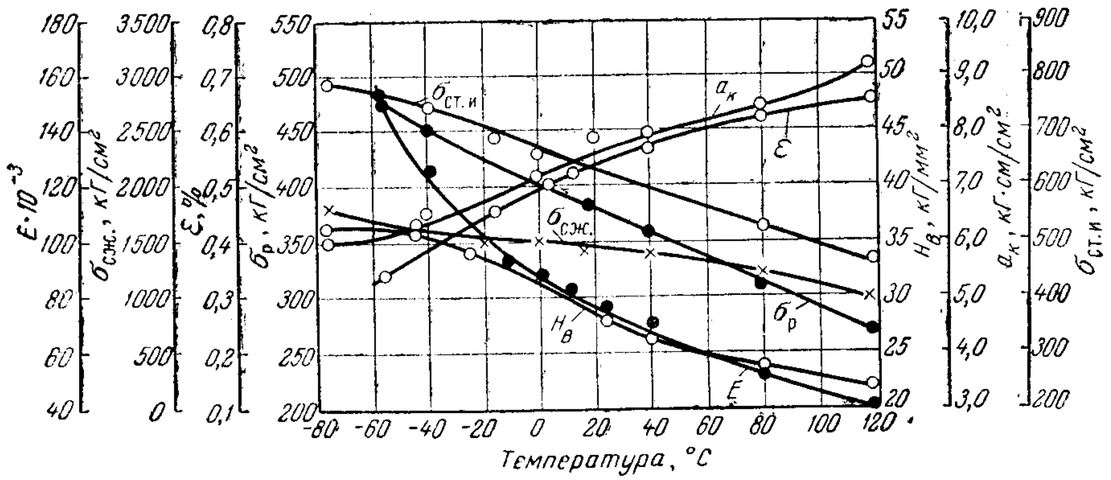


Рис. 21. Зависимость механических свойств волокнита от температуры.

Обозначения — см. подпись к рис. 7, стр. 331.

талей, которые должны обладать повышенной прочностью при изгибе и кручении (переключатели, фланцы, рукоятки, стойки, кулачки, шестерни, направляющие втулки и т. п.). Материал обладает высокой механической прочностью и хорошими антифрикционными свойствами. Температура эксплуатации — до 100° С. Зависимость механических свойств волокнита от температуры показана на рис. 21.

Марки К-6, К-6У (ГОСТ 5689—66). Прессматериалы натурального или серо-коричневого цвета на основе асбеста, пропитанного резольной феноло-формальдегидной смолой, с добавкой талька и смазывающего вещества. К-6У изготавливается на основе асбеста, частично очищенного от магнитных примесей. Применяется для изготовления деталей с высокой механической прочностью и теплостойкостью (коллекторы электромоторов, фрикционные ролики, электрические панели, требующие пайки проводов и т. п.). К-6У обладает лучшими диэлектрическими свойствами, чем К-6.

Марка АГ-4 (ГОСТ 10087—62). Композиция натурального желтого цвета на основе стекловолокна, пропитанного модифицированной феноло-формальдегидной смолой. Материал обладает высокими механической прочностью и теплостойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами и химической стойкостью к щелочам и кислотам; водопоглощение его незначительно и не влияет на механические и электроизоляционные свойства. АГ-4 выпускается двух марок: марки В — в виде пропитанного и спутанного волокна и марки С — в виде ленты заданной ширины, которая может быть также нарезана в виде крошки. Незначительная усадка в процессе компрессионного или литьевого прессования позволяет получать детали высокого класса точности. Материал легко армируется. Отпрессованные детали выдерживают инерционные перегрузки и кратковременное действие высоких температур. Температура эксплуатации материала от —60 до +200° С. Тропикостоек.

Текстолит-крошка (ТУ МХП М-670—55). Представляет собой кусочки хлопчатобумажной ткани, пропитанные резольной феноло-формальдегидной смолой. Цвет — натуральный желтый. Предназначается для изготовления деталей, работающих на изгиб и кручение и требующих хороших механических и антифрикционных свойств (скобяные изделия, сальники, ролики, рукоятки, шестерни, втулки, вкладыши подшипников и др.).

Л. Пресспорошки специальных марок

Монолиты 4, 6 (ТУ М-208—52). Прессматериалы черного цвета на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы и минерального наполнителя (барит). Предназначаются для изготовления деталей рентгеновской аппаратуры.

Марка К-104—205 (ВТУ М-590—55). Композиция черного цвета на основе новолачной феноло-формальдегидной смолы и наполнителя (графит и древесная мука); обладает полупроводниковыми свойствами.

Марка СП-4 (ТУ П-101—64). Прессматериал коричневого цвета на основе резольной феноло-формальдегидной смолы с минеральным наполнителем, с добавками минеральных солей, ускорителя отверждения и смазывающих веществ. Предназначается для изготовления предохранительных оболочек малогабаритных посадочных патронов, применяемых для разрушения крепежных стоек при посадке кровли очистных забоев в шахтах, опасных по газу и угольной пыли.

Марка ПМ-18 (опытная НИИПМ). Ферромагнитный пресспорошок; предназначается для пазовых магнитных клиньев электродвигателей,

Физико-механические свойства прессматериалов

Марка	Плотность г/см³ не более	Удельная ударная вязкость кГ·см/см² не менее	Предел прочности при статическом изгибе кГ/см² не менее	Предел прочности при сжатии кГ/см²	Твердость по Бринеллю кГ/мм²	Теплостойкость по Мартенсу, °С не менее	Водопоглощение за 24 ч мг не более	Маслостойкость за 24 ч %	Бензостойкость за 24 ч %
А. Пресспорошки общетехнического назначения									
К-18(17, 15, 20)-2ЦО и -ЦС К-17(15, 20, 119, 118)-2 Монолиты 7, 8, 9, 10	1,45	5,0	600	1600	30—40	125	60	0,03	0,05
К-18-2 Монолиты 1, 2, 3, 5	1,4	6,0	700	1600	30—40	125	55	0,03	0,05
К-18-2М	1,4	6,0	700	—	—	135	35	—	—
Б. Электроизоляционные пресспорошки									
К-21-22	1,4	4,5	650	1500	30—40	120	45	0,03	0,05
К-211-2	1,4	4,5	600	1500	20	120	55	0,03	0,05
К-220-21	1,4	4,5	550	1500	—	120	55	0.03	0,05
К-214-22	1,4	5,0	600	—	—	130	55	—	—
В. Высокочастотные пресспорошки									
К-114-35	1,9	5,0	850	1800—2000	45	120	—	0,012	0,015
К-211-3	1,95	3,5	550	1100	20	150	10	0,15	0,03
К-211-4	1,95	3,5	550	1100	20	150	10	0,15	0,03
К-211-34	1,95	3,5	550	1400—1600	40—43	150	10	0,007	0,001
К-123-45 (ОФПМ-296)	1,5	4,2	600	1500	34—41	110	70	—	—
К-123-45Т	1,5	4,5	600	1500	34—41	120	40	—	—
В-4-70	2,0	5,0	950	1700—2700	50—65	140	—	0,01	0,02
К-124-38	1,85	5,5	950	—	—	250	20	—	—
Г. Жаростойкие пресспорошки									
К-18-22	1,85	3,5	500	1000—1100	30—50	140	10	0,007	0,01
К-18-53	1,90	3,0	400	1600—1700	36—40	145	20	0,01	0,01
К-18-54	1,90	3,5	500	—	—	150	20	—	—
К-18(15, 17, 119)-56	1,75	3,5	450	—	40	140	40	—	—
Д. Пресспорошки для деталей автотракторного электрооборудования									
К-18-37	1,94—1,96	4,3—7,1	700—870	1200—1250	54	197—216	—	—	—
К-214-43	1,85	4,5	550	1500	37—40	130	35	0,03	0,04
К-214-43Т	1,85	4,5	550	1500	37—40	130	20	0,03	0,04
К-2-43	1,65—1,80	4,5	600	1500	—	135	0,05 *	—	—
К-2-43Т	1,65—1,80	4,5	600	1500	—	135	—	—	—
Е. Безаммиачные пресспорошки									
К-214-2	1,4	4,5	600	1400	33—34	125	60	0,03	0,05
К-29-3	1,4	4,0	550	1600	—	110			
Ж. Ударопрочные пресспорошки									
ФКП-1	1,5	9	500	1200—1500	20—45	125	65	—	—
ФКПМ-15	1,6	7	450	1200—1500	24—25	140	0,06 *	0,012	0,05
ФКПМ-15Т	1,7	8	450	1200—1500	—	125	20	0,012	0,05
ФКПМ-10	1,5	9	500	1200—1500	—	125	65	—	—
З. Влагохимстойкие пресспорошки									
К-17(18, 20)-23 (фенолит-1)	1,6	4,5	550	1500—1700	30—40	125	20	0,02	0,03
К-17(18)-36 (фенолит-4)	1,6	4,5	550	1500—1700	30—40	125	15	0,016	0,016
К-17(18)-81 (декоррозит)	1,5	6,0	600	1100—1700	27—31	125	15	Стоек	Стоек
К-214-52 (фенолит РСТ)	1,65	6,0	600	1400—1600	30—32	110	15	0,04	Стоек
К-17(18)-82 (антифрик)	1,5	4,0	500	1200—1500	24—32	110	0,05 *	0,005	0,06
К-18-41	1,4	5,5	600	—	—	110	15	—	—
К-18-48	1,75	4,5	550	1500	35—40	140	30	0,03	0,05
И. Фрикционные прессматериалы**									
КФ-3	1,7—1,95	21	700	1000	30	200	0,7 *	0,1	0,1—0,3
КФ-3М	1,95	10	600	800	30	200	0,7 *	0,1	0,1—0,25
КФ-3Г	1,75—2,1	12	—	—	—	200	0,7 *	—	—
К-236-58	2,70	12	550	850	30	—	0,2 *	0,1	0,15
К-217-57П	2,12—2,13	9	550	800	25	200	0,6 *	0,2	0,6—0,8
К-15-6	3,0	12	700	1000	25	200	1,0 *	0,5	—

Продолжение

Марка	Плотность *г/см³* не более	Удельная ударная вязкость *кГ·см/см²* не менее	Предел прочности при статическом изгибе *кГ/см²* не менее	Предел прочности при сжатии *кГ/см²*	Твердость по Бриннелю *кГ/мм²*	Теплостойкость по Мартенсу, °С не менее	Водопоглощение за 24 *ч* *мг* не более	Маслостойкость за 24 *ч* %	Бензостойкость за 24 *ч* %
К-15-13	—	—	—	600	—	—	1,0 *	—	—
ТФ-2	2,1—2,2	21	1000	1000	30	200	1,0 *	0,4	—
Ретинакс									
марка А	2,4—2,7	—	—	550	35—60	—	—	—	—
марка Б	2,4—2,7	—	—	575	25—50	—	—	—	—
К-228-501	—	—		600	—	—	0,5 *	0,5	—
К. Волокнистые прессматериалы									
Волокнит	1,45	9	800	1200	25	140	90	0,11	0,025
К-6	1,95	20	800	800	30	200	200	—	—
К-6У	1,95	20	700	—	—	200	200	—	—
АГ-4									
марка В	1,7—1,9	30	1200	1300	40—45	280	0,02—0,1 *	0,05	—
марка С	1,7—1,9	150	2500	1000—2000	40—45	280	0,02—0,1 *	0,05	—
Текстолит-крошка	1,3—1,4	12	750	2000	26	115	—	—	—
Л. Пресспорошки специальных марок									
Монолит 4	2,25—2,26	3,5	—	—	—	105	0,05 *	—	—
Монолит 6									
К-104-205	1,4	3,5	500	1450—1600	36—37	120	0,06 *	—	—
СП-4	—	1,5	190	—	—	—	—	—	—
ПМ-18	3,5	6—8	600—700	—	—	—	0,02 ***	—	—

Примечание. Плотность, удельная ударная вязкость, предел прочности при статическом изгибе, теплостойкость по Мартенсу и водопоглощение даны по ГОСТ и ТУ на соответствующие марки.

* Водопоглощение в *г/дм²*.
** Значения коэффициентов трения приведены на стр. 345.
*** Водопоглощение в %.

Предел прочности при растяжении (в *кГ/см²*) некоторых прессматериалов

К-15(17, 18, 20, 118, 119)-2	300—450
Монолиты 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10	300—450
К-21-22	300—530
К-211-2	300—530
К-220-21	280
К-114-35	400—450
К-211-3	200—300
К-211-4	
К-211-34	260—340
В-4-70	400—500
К-18-22	250—350
К-18-53	230—300
К-18-56	300—400
К-18-37	250—300
К-214-43	360—430
К-214-2	250—500
ФКПМ-15	200—250
ФКПМ-15Т	
КФ-3	270
Волокнит	300—600
К-6	200—250
АГ-4	
марка В	800
марка С	5000
Текстолит-крошка	400
К-104-205	400—430

Коэффициент трения некоторых прессматериалов

К-18-81	0,15—0,31
К-18-82	0,06—0,15
КФ-3	не менее 0,33
КФ-3М	не менее 0,3
КФ-3Г	0,25
К-236-58	не менее 0,3
К-217-57П	не менее 0,33
К-15-6	0,35—0,38
К-15-13	
ТФ-2	0,25—0,28
Волокнит	0,33
Ретинакс марок А и Б	0,32
К-228-501	0,3

Модуль упругости и относительное удлинение при разрыве некоторых прессматериалов

Марки	Модуль упругости *кГ/см²*	Относительное удлинение при разрыве, %
К-17(18)-2 Монолиты	$70 \cdot 10^3$—$90 \cdot 10^3$	0,6—0,8
К-21-22 К-211-22 К-220-21	$63 \cdot 10^3$—$88 \cdot 10^3$	0,67—0,7
К-18-37	$150 \cdot 10^3$—$250 \cdot 10^3$	0,1—0,13
КФ-3	$160 \cdot 10^3$	0,18
Волокнит	$85 \cdot 10^3$	0,38
К-6	$150 \cdot 10^3$—$250 \cdot 10^3$	0,1—0,13
АГ-4С, АГ-4В	$350 \cdot 10^3$	—

Теплофизические свойства некоторых прессматериалов

Марки	Коэффициент термического линейного расширения $\times 10^5$ *град*$^{-1}$	Коэффициент теплопроводности *ккал/(м·ч·град)*	Теплоемкость *ккал/(кг·град)*	Коэффициент температуропроводности $\times 10^5$ *м²/ч*
К-15-2	4,3—5,3	0,11—0,2	0,6—0,5	13,4—30
К-20-2	4,3—5,3	0,11—0,2	—	21,5
К-18-2	4,3—5,3	0,18—0,20	0,32—0,33	34,7
Таблетки из К-18-2	—	0,185	0,485	35,4
Таблетки из К-214-2	—	0,138	0,56	22,9
Монолиты 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10	5—7	—	—	—
К-21-22	4,3—5,3	—	—	—
К-211-2	4,3—5,3	—	—	—
К-220-21	4,3—5,3	0,18—0,4	0,35	48—55
К-114-35	0,18—0,2	0,272	0,22	75
К-211-3	2,5	—	—	—
К-211-4	2,5	—	—	—
К-18-37	0,8—1,5	0,327	0,187	92
К-214-43	—	0,361	0,307	70
ФКП-1	3,3	—	—	—
ФКПМ-10	4,2	—	—	—
ФКПМ-15		—	—	—
ФКПМ-15Т	1,7—1,4	—	—	—
Фенолиты 1 и 4	3,1—3,6	0,246	—	—
Декоррозит	1,7	—	—	—
Фенолит РСТ	2,5	—	—	—
КФ-3	0,94—2,5	0,45	0,45	45,8
КФ-3М				
Ретинакс	—	0,16—0,21	0,22—0,31	26,5—51
марка А	—	0,32	0,25	—
марка Б	—	0,40	0,209	—
Волокнит	3—3,5	0,18—0,20	0,3—0,34	—
К-6	2,5—2,8	0,45—0,5	0,28—0,3	120
АГ-4				
марка В	1,0—1,5	—	—	—
марка С	0,2—2,5	0,271	0,278	—

Электрические свойства прессматериалов

Марки	Удельное электрическое сопротивление: поверхностное *ом* не менее	Удельное электрическое сопротивление: объемное *ом·см* не менее	Электрическая прочность *кв/мм* не менее	Тангенс угла диэлектрических потерь: при 50 *гц*	Тангенс угла диэлектрических потерь: при 10^6 *гц*	Диэлектрическая проницаемость: при 50 *гц*	Диэлектрическая проницаемость: при 10^6 *гц*
А. Пресспорошки общетехнического назначения							
К-15(17, 20, 118, 119)-2	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{11}$	11	0,1—0,7	—	6—9	—
К-15(17, 18, 20)-2ЦО и -ЦС			11	0,06—1,0	0,04	7—10	6—7
Монолит 7, 8, 9, 10	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{11}$					
К-18-2	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{11}$	12	0,1—0,7	—	6—9	—
Монолит 1, 2, 3, 5							
К-18-2М	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{11}$	14	—	—	—	—
Б. Электроизоляционные пресспорошки							
К-21-22	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	15	0,08	0,03	7,5—9,5	4,5—5,5
К-211-2	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	13	0,08	—	7,5—9,5	4,5—5,5
К-220-21	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	13	0,08	0,03—0,04	7,5—9,5	4,5—5,0
К-214-22	$5 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	13	0,08	—	—	—
В. Высокочастотные пресспорошки							
К-114-35	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	16	0,03	0,01	6—8	5,0
К-211-3	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	15	0,015	0,01	7,0	6,0
К-211-4	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	15	0,015	0,01	6—7	6,0
К-211-34	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	15	0,009—0,01	0,010	7,5—8,0	6,0
К-123-45 (ОФПМ 296)	$5 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	14	0,07	0,01—0,056	5,5—7,2	—
К-123-45Т							
исходный	$5 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	14	0,04	0,01—0,056	5,5—7,2	—
после 48 *ч* выдержки в воде	—	$5 \cdot 10^{12}$	14	—	—	—	—

Продолжение

Марки	Удельное электрическое сопротивление		Электрическая прочность *кв/мм* не менее	Тангенс угла диэлектрических потерь		Диэлектрическая проницаемость	
	поверхностное *ом* не менее	объемное *ом·см* не менее		при 50 *гц*	при 10^6 *гц*	при 50 *гц*	при 10^6 *гц*
В-4-70	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	16	0,02	0,01	6—7	5,0
К-124-38	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{13}$	18	—	0,015	—	5,0
Г. Жаростойкие пресспорошки							
К-18-22	$1 \cdot 10^{11}$	$2{,}5 \cdot 10^{11}$—$3{,}0 \cdot 10^{11}$	11	0,20—0,25	0,05	22,5—23,0	5,7—5,9
К-18-53	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{9}$	12,0—13,5	0,31	0,08—0,085	50—80	6,0—6,5
К-18-54	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{10}$	—	—	—	—	—
К-15(17, 18, 119)-56	$1 \cdot 10^{11}$	$1{,}0 \cdot 10^{11}$—$8{,}5 \cdot 10^{11}$	10	0,24—0,26	0,08—0,1	35—50	6,2—6,3
Д. Пресспорошки для деталей автотракторного электрооборудования							
К-18-37	$1 \cdot 10^{13}$—$6{,}4 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{12}$—$1{,}7 \cdot 10^{13}$	20	0,012—0,08	0,013—0,016	4,8—6,2	4,9—5,8
К-214-43	$1 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	14	0,08	0,02—0,03	8,2—8,9	5,4—5,5
К-214-43Т	$1 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	14	0,08	—	—	—
К-2-43	$1 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	14	—	0,08	—	—
К-2-43Т							
исходный	—	—	—	—	—	—	—
после 48 *ч* выдержки в воде	—	$5 \cdot 10^{11}$	—	—	—	—	—
при температуре 80° С	—	$1 \cdot 10^{11}$	—	—	—	—	—
Е. Безаммиачные пресспорошки							
К-214-2	$1 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	13,5	0,028—0,016	0,04—0,06	10,2—10,8	5—6
Ж. Ударопрочные пресспорошки							
ФКП-1	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{11}$	10	0,02—0,03	—	7,5—9	—
ФКПМ-15	$8 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13	0,05—0,07	0,08—0,09	6—7,5	—
ФКПМ-15Т	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13	0,05—0,07	—	6—7,5	—
ФКПМ-10	$1 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{11}$	10	0,02—0,03	—	7,5—9	—
З. Влагохимстойкие пресспорошки							
К-17-23	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13—17	—	0,026—0,041	4,9—6,9	—
К-18-23	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13—17	—	0,026—0,041	4,9—6,9	—
К-17-36	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13	—	0,01—0,03	4,5—8	—
К-18-36	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13	—	0,01—0,03	4,5—8	—
Фенолит РСТ							
исходный	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	12—20	—	0,06	6	—
после 48 *ч* выдержки в воде	$1{,}5 \cdot 10^{14}$—$2{,}1 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{13}$—$13 \cdot 10^{13}$	12,5—19,9	—	—	—	—
К-18-41	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	12,0	—	0,018	—	4,8—60
К-18-48	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{11}$	15,0	0,04—0,06	0,018—0,02	8,4—8,9	5,2
К. Волокнистые прессматериалы							
Волокнит	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{9}$	4,0	0,4—0,9	—	8—10	—
К-6 *	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	1,5	0,8—1,0	—	~90	—
К-6У *	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	2,0	—	—	—	—
АГ-4 (марки В и С)	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	13	0,10	0,05	10	8,0
Текстолит-крошка	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	8—12	—	0,02—0,04	5—7	—
Л. Пресспорошки специальных марок							
Монолит 4	—	—	8	—	—	—	—
Монолит 6	—	—	8	—	—	—	—
К-104-205	Удельное общее электрическое сопротивление не более $1 \cdot 10^5$ *ом*						
ПМ-18	Электропроводность $1{,}7 \cdot 10^{-2}$ *ом*$^{-1}$ *см*$^{-1}$; магнитная проницаемость 10—11 *гс/э*						

Примечание. Удельное поверхностное электрическое сопротивление, удельное объемное электрическое сопротивление и электрическая прочность даны по ГОСТ и ТУ на соответствующие марки.

* Показатели определялись после прогрева образцов при температуре 120±5° С в течение 6 *ч*.

Электрические свойства

(Средние фактические данные из десяти партий)

Марки	Исходное состояние при 65±5%-ной относительной влажности и температуре (20±5) °С		После 48 ч выдержки при 96—98%-ной относительной влажности и температуре 20±5 °С		
	удельное объемное электрическое сопротивление *ом·см*	удельное поверхностное электрическое сопротивление *ом*	электрическая прочность *кв/мм*	удельное объемное электрическое сопротивление *ом·см*	удельное поверхностное электрическое сопротивление *ом*
К-21-22	$9{,}2 \cdot 10^{12}$	$3{,}6 \cdot 10^{13}$	16,6	$1{,}7 \cdot 10^{12}$	$9{,}2 \cdot 10^{12}$
К-220-21	$2{,}7 \cdot 10^{13}$	$1{,}8 \cdot 10^{14}$	17,2	$4{,}4 \cdot 10^{13}$	$8{,}3 \cdot 10^{12}$
К-211-2	$2{,}3 \cdot 10^{14}$	$5{,}5 \cdot 10^{14}$	17,3	$1{,}3 \cdot 10^{14}$	$1{,}2 \cdot 10^{12}$
К-214-43	$1{,}0 \cdot 10^{14}$	$4{,}6 \cdot 10^{14}$	17,4	$2{,}1 \cdot 10^{13}$	$1{,}3 \cdot 10^{13}$
К-211-34	$2{,}3 \cdot 10^{14}$	$6{,}4 \cdot 10^{14}$	17,3	$1{,}3 \cdot 10^{14}$	$3{,}5 \cdot 10^{14}$
К-114-35	$3{,}6 \cdot 10^{14}$	$4{,}7 \cdot 10^{14}$	18,0	$2{,}3 \cdot 10^{14}$	$2{,}3 \cdot 10^{14}$
В-4-70	$9{,}5 \cdot 10^{13}$	$5{,}2 \cdot 10^{14}$	18,3—18,5	$9{,}5 \cdot 10^{13}$	$3{,}3 \cdot 10^{14}$
К-214-2	$1{,}6 \cdot 10^{13}$	$1{,}9 \cdot 10^{14}$	16,3	$9{,}4 \cdot 10^{12}$	$1{,}3 \cdot 10^{12}$
К-18-53	$2{,}9 \cdot 10^{11}$	$1{,}8 \cdot 10^{12}$	13,1	$9{,}6 \cdot 10^{10}$	$5{,}2 \cdot 10^{11}$
К-18-56	$1{,}8 \cdot 10^{12}$	$2{,}7 \cdot 10^{13}$	15,9	$6{,}4 \cdot 10^{11}$	$2{,}7 \cdot 10^{11}$

Химическая стойкость фенолитов

Фенолиты стойки к действию следующих сред:

	Температура, °С
Азотная кислота 20%-ная	25
Аммонийная селитра с влажностью 20%	25
ДДТ 3%-ный	35
Железный купорос 5%-ный	35
Жирные кислоты 5 *г/л*	50
Зеленое мыло 5%-ное	35
Кремнефтористый натрий 1%-ный	35
Минеральные масла	25
Мыльный раствор 2%-ный	при кипячении

	Температура, °С
Плавиковая кислота	25
Сода 5—10 *г/л*	50—60
Растворители (этиловый спирт, бензин, уайт-спирит, скипидар)	25
Ртуть и пары ртути	25
Салициловая кислота	25
Сернистый аммоний 5—6 *г/л*	50
Серная кислота 75%-ная	70
Соляная кислота 35%-ная	70
Сульфат натрия 2 *г/л*	45
Сульфат цинка	25
Суперфосфат с влажностью 24%	100
Уксусная кислота 50%-ная	35
Хлорная известь 5%-ная	25

Переработка феноло-альдегидных прессовочных материалов

Феноло-альдегидные прессовочные материалы перерабатываются в изделия методом горячего прессования. Предварительное таблетирование прессовочных порошков производится в таблеточных машинах эксцентрикового или ротационного типа при комнатной температуре и удельном давлении 500—2000 *кГ/см²*, таблетирование волокнистых материалов — на гидравлических прессах.

Перед загрузкой в прессформу материал рекомендуется подогревать токами высокой частоты (или в термошкафах и других устройствах). В результате предварительного подогрева сокращается цикл прессования (см. стр. 353), значительно улучшаются диэлектрические и механические свойства и внешний вид изделий, а также создается возможность понизить удельное давление прессования и увеличить за счет этого гнездность прессформ. Чаще всего для предварительного подогрева применяются генераторы высокой частоты, причем подогрев проводится при частоте переменного тока 19 *Мгц* и более. Время подогрева колеблется в пределах 30—80 *сек* и зависит от массы таблеток и типа генератора; подогрев ведется до размягчения таблеток.

В зависимости от конфигурации изделия осуществляется компрессионное или литьевое прессование.

Из фенольных пресспорошков марок К-18-2 и фенолит 4 производят профильные изделия (трубки, стержни, уголки и т. п.) на специальных прессах (штрангпрессование).

Ниже приведены примерные режимы прессования некоторых прессматериалов.

Примерные технологические

(по данным Орехово-Зуевского завода

Марки	Удельный объем $см^3/г$	Текучесть по Рашингу *мм*	Усадка %	Удельное давление прессования: компрессионного $кГ/см^2$	Удельное давление прессования: литьевого $кГ/см^2$
К-15(17, 20, 118, 119)-2	2,2	90—190	0,4—0,8	150—450	500—800
К-15(17, 18, 20)-2ЦО и -ЦС	2,2	90—190	0,4—0,8	150—450	500—800
К-18-2, К-18-2М	2,2	90—190	0,4—0,8	150—450	500—800
Монолиты 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10	2,6	90—160	0,6—1	300±50	500—800
К-21-22	2,8	90—180	0,6—1	150—400	600—1500
К-211-2	2,2	90—180	0,5—0,9	150—400	600—1500
К-220-21	2,2	90—180	0,5—0,9	150—400	600—1500
К-114-35	2,2	100—190	0,4—0,7	300—400	1000—1300
К-211-3	2,2	90—190	0,4—0,7	150—400	600—1500
К-211-4					
К-211-34					
К-18-22	—	90—200	0,7	150—450	500—800
К-18(15, 119)-56	1,35	90—200	0,7	200—400	—
К-18-37	1,1—1,2	100—200	0,2—0,4	300±50	500—700
К-214-43	2,2	90—180	0,4—0,8	150—400	800—1300
К-214-43Т					
К-214-2	2,2	90—190	0,5—0,9	150—400	600—1500
К-214-22					
ФКП-1	—	80—180	0,5—1	—	—
ФКПМ-15Т	—	90—190	0,6—1	—	—
ФКПМ-10	—	80—180	0,6—1	300—400	—
К-17(18, 20)-23	2,2	90—180	0,4—0,8	300±50	—
К-17(18)-36	2,2	90—180	0,4—0,8	300—500	До 800
Фенолит РСТ	—	100—180	0,4—0,8	350—750	—
КФ-3	—	—	—	300—500	—
КФ-3М					
КФ-3Г					
К-236-58	—	110—180	0,2	300—500	—
Волокнит	—	40—140	0,3—0,6	300—600	1400—1450
Текстолит-крошка	—	5	—	600—1200	—
Монолиты 4, 6	2,5	120—200	0,8	300±50	—
ПМ-18	—	—	—	300±50	—

Примечания: 1. Удельный объем, текучесть по Рашигу и усадка даны по ГОСТ и ТУ на соответствующие марки.
2. Подогрев материалов типа ФКП и ФКПМ в виде порошка рекомендуется производить в термостате, в виде таблеток — в поле т. в. ч. до появления слабого дымка.

режимы прессования

«Карболит» и завода «Комсомольская правда»)

Предварительный подогрев: в термостате, температура °С	Предварительный подогрев: в термостате, время *мин*	Предварительный подогрев: т. в. ч., время, *мин*	Температура прессования °С	Выдержка при прессовании *мин/мм* толщины изделия: без предварительного подогрева	Выдержка при прессовании *мин/мм* толщины изделия: с предварительным подогревом, в термостате	Выдержка при прессовании *мин/мм* толщины изделия: с предварительным подогревом, т. в. ч.
180±10	3—6	Рекомендуется	175—200	0,3—0,4	0,2—0,7	0,06—0,4
180±10	3—6	То же	170—180	0,3—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4
180±10	3—6	»	175—200	0,3—0,4	0,2—0,7	0,06—0,4
—	—	1—3,3	175—190	—	—	0,2—0,3
90±10	10—20	Рекомендуется	180—200	0,25—0,8	0,3—0,7	0,1—0,7
150	6—12	То же	180—200	0,25—0,8	0,3—0,7	0,1—0,7
160±10	4—6	»	180—200	0,25—0,8	0,3—0,7	0,1—0,7
—	—	»	155—165	—	—	1,2—1,6
150—160	3—9	»	180—200	0,25—0,8	0,3—0,8	0,1—0,7
—	—	»	175—200	0,3—0,4	0,2—0,7	0,06—0,4
—	—	»	175—200	0,3	—	0,15—0,4
—	—	»	150—180	—	—	—
160±10	4—6	»	180—210	1,6	—	0,3—0,7
—	—	»	180—200	0,25—0,8	0,3—0,7	0,1—0,7
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	160—170	—	—	0,3—0,8
—	—	—	165—175	—	—	0,6—0,7
—	—	1,5—2	160—170	—	—	0,7—0,8
150—160	8—9	2—3	150—170	0,7—0,8	0,5—0,6	0,35—0,47
—	—	0,5—1,25	160—170	—	—	1,5—4
Не применяется		—	160—185	0,47	—	—
Не применяется		—	160—185	0,47	—	—
—	—	—	165—180	0,25—1,5	0,3	0,3—0,5
—	—	—	160—170	1,5—2,5	—	—
100—120	10—12	Рекомендуется	170—180	—	1,6—2,0	—
—	—	—	150—160	—	—	0,5

При нарушении оптимального режима изделия получаются с дефектами. Некоторые дефекты прессования и их возможные причины указаны ниже:

Дефект	Причина
Изделие серое или плохо оформленное	Недостаточно пресспорошка
То же при тонких заусенцах	Не обеспечено удаление воздуха из прессформы
То же при толстых заусенцах	Низкие удельное давление и температура или слишком высокая температура (преждевременное отверждение); слишком узкие каналы для перетекания материала, низкая текучесть пресспорошка; чрезмерный предварительный подогрев
Трещины, вздутия при блестящей поверхности изделия	Перегрев прессформы
Матовые пятна на поверхности изделия	Низкая температура прессформы, недостаточная выдержка при прессовании
Изделия остаются мягкими или прилипают к прессформе	Недостаточная выдержка при прессовании, низкая температура прессформы, порошок недовальцован
Изделие пятнистое	Неудачно выбрано смазывающее вещество или оно применяется в избыточном количестве
Прессформа чернеет, сходит хромовое покрытие	Сталь прессформы непригодна для данной массы; перегрев материала в форме; прессформа длительное время находится в нагретом состоянии до начала прессования
Неравномерная окраска, полосы	Слишком высокая температура прессования или местные перегревы в прессформе
Выгибы или утяжки (на многоцветных изделиях)	Смешанные массы неодинаково отверждаются или имеют разную усадку
Изделие ломается при выталкивании из формы	Прессформа имеет выбоины, местами снято хромовое покрытие, плохо полирована (рекомендуется полировать прессформу в направлении прессования) или имеет недостаточную конусность; изделие недостаточно отверждено (мала выдержка); повышенная адгезия материала к форме

Готовые изделия имеют блестящую гладкую поверхность и не нуждаются в механической обработке, за исключением снятия грата и некоторых незначительных дополнительных операций.

Ниже приведены режимы обработки готовых изделий и перечень необходимых инструментов.

Обработка изделий из феноло-формальдегидных прессматериалов

Операция	Инструмент	Режим обработки	Примечание
Галтовка	Железный барабан, вращающийся со скоростью 50 *об/мин*. Коэффициент заполнения — не более 0,63. Продолжительность галтовки 3—10 *мин*		
Обдирка заусенцев (грата) грубая	Шкурка № 46 (на бязи)	Скорость обдирки 30 *м/сек*	Волокнит обдирают на электрокорундовом или корундовом круге на керамической связке
тонкая	Шкурка № 80—100 (на бязи)	Скорость обдирки 20 *м/сек*	
Сверление	Сверла перовые из углеродистой стали марок У 10А, У 12А или сверла перовые с напайкой твердого сплава ВК-6 или ВК-8 Угол при вершине 35—90°; передний угол 0—20°; задний угол 15—20°	Ручная подача, скорость вращения шпинделя 3000—5000 *об/мин*	Пресспорошки с асбестовым наполнителем обрабатываются только сверлом с напайкой твердого сплава. Волокнит можно обрабатывать спиральным сверлом
Точение	Резец с напайкой твердого сплава ВК-6 или ВК-8. Передний угол 0—20°; задний угол 15—30°; угол заострения 30—60°	Скорость резания 4,5 *м/сек*, скорость подачи 0,3 *мм/об.*	
Фрезерование	Материал фрезы ст. 3 с напайкой твердого сплава ВК-6 или ВК-8. Заточка резца и режимы резания как при точении		
Полирование	Полирование и шлифование производят на круге из бязи или фланели. Примерный состав пасты (в *г*): Наждачная пыль . 300 Парафин или стеарин . . . . . 300 Керосин . . . . 200 Сажа или мумия . 200	Скорость шлифования 22 *м/сек*	

СЛОИСТЫЕ ПЛАСТИКИ

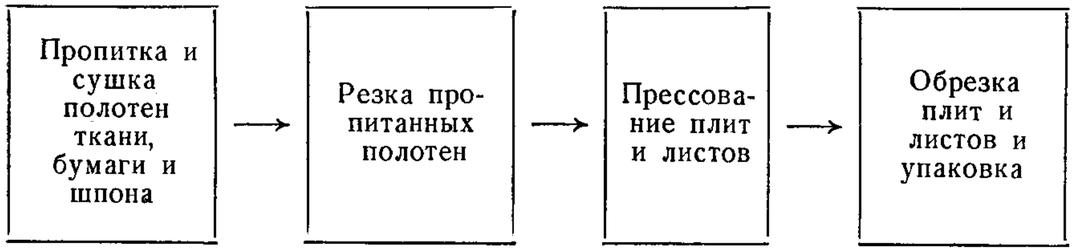
Слоистые пластики — это материалы, изготовленные методом горячего прессования предварительно пропитанных синтетическими смолами и уложенных правильными слоями полотен ткани, бумаги или шпона. Предназначаются для изготовления изделий методом механической обработки и выпускаются в виде листов толщиной до 8 *мм* и плит толщиной от 8 *мм* и выше.

Для получения фенольных слоистых пластиков используют следующее сырье:

1. Синтетические фенольные смолы: жидкие смолы резольного типа на основе фенола и крезола; жидкие смолы резольного типа, модифицированные поливинилбутиралем, кремнийорганическими и другими смолами, а также с графитом и другими добавками.

2. Слоистый наполнитель: для текстолита — хлопчатобумажные ткани (миткаль, шифон, бельтинг и др.); для стеклотекстолита — стеклоткани и стеклошпон; для асботекстолита — ткани из асбеста; для гетинакса — бумага из целлюлозы или из тряпья; для древеснослоистых пластиков — шпон древесный.

Схема технологического процесса производства слоистых пластиков



Пропитка и сушка полотен ткани или бумаги производится в пропиточных машинах вертикального или горизонтального типа, состоящих из пропиточной ванны с отжимными валками и шахты с обогревом для сушки пропитанного полотна.

Содержание смолы в полотнах регулируется изменением величины зазора между отжимными валками. В случае высокой вязкости связующего разрешается подогревать смолу в ванне до 30—40° С. Сушка полотен производится при температуре около 90° С до заданного содержания летучих, которое колеблется в зависимости от марки и назначения полотен в пределах 0,5—7%.

Пропитанные полотна разрезаются на листы заданных размеров и укладываются в пакеты. Количество листов в пакете (наборный коэффициент) зависит от заданной толщины листа или плиты слоистого пластика. Прессование ведется на этажных гидравлических прессах нижнего давления.

В каждой паре обогревающих плит размещается несколько пакетов, разделенных между собой хорошо полированными прокладками из нержавеющей стали. Загрузка пакетов в пресс производится при температуре 40—60° С. Затем плиты пресса смыкают и начинают вести прогрев при удельном давлении 40—60 *кГ/см²* сначала быстро (до 100—120° С), а затем медленно в течение 30—40 *мин* (до температуры выдержки). Температура, удельное давление и время выдержки равны 150—200° С, 40—120 *кГ/см²* и 5—10 *мин* на 1 *мм* толщины в зависимости от марки слоистого пластика.

Плавный, двухступенчатый подъем удельного давления дается для того, чтобы избежать значительного отжима связующего. По окончании выдержки производится охлаждение до 40—70° С, после чего изделия выгружаются из пресса. В процессе прессования для удаления летучих разрешается производить подпрессовку.

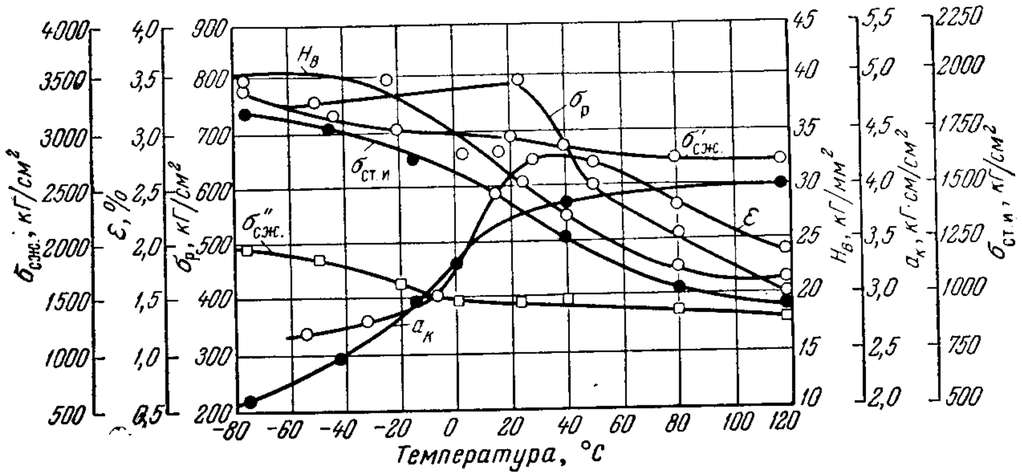


Рис. 22. Зависимость механических свойств текстолита от температуры: $\sigma'_{сж.}$ — предел прочности при сжатии поперек слоев; $\sigma''_{сж.}$ — вдоль слоев; другие обозначения — см. подпись к рис. 7, стр. 331.

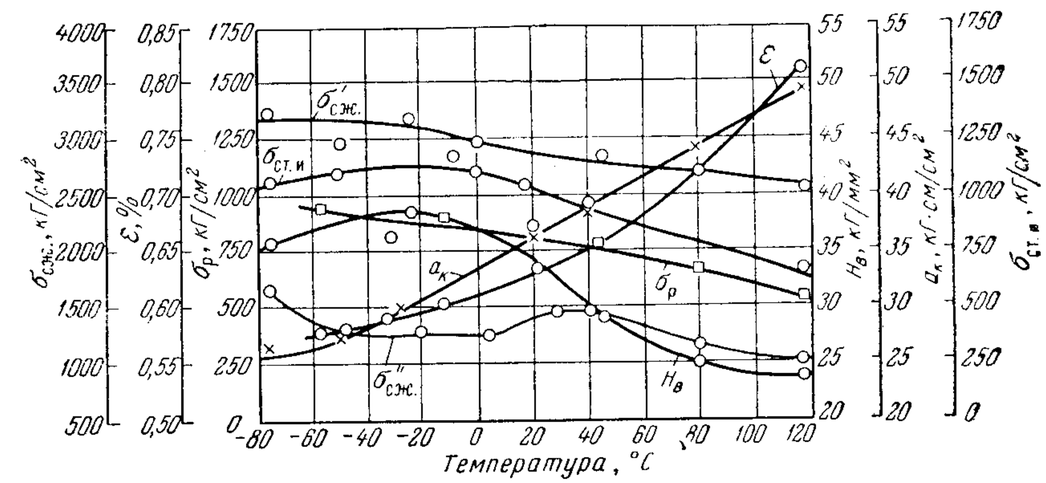


Рис. 23. Зависимость механических свойств гетинакса от температуры: $\sigma'_{сж.}$ — предел прочности при сжатии поперек слоев; $\sigma''_{сж.}$ — вдоль слоев; другие обозначения — см. подпись к рис. 7, стр. 331.

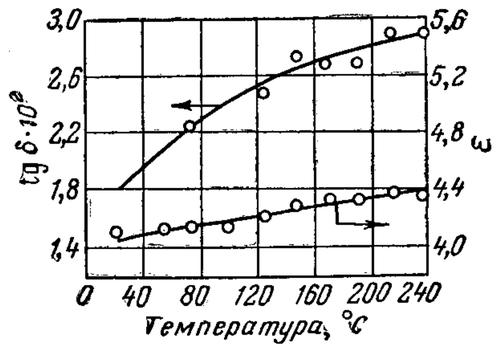


Рис. 24. Зависимость электрических свойств стеклотекстолита ВФТ-С от температуры:

ε — диэлектрическая проницаемость; tg δ — тангенс угла диэлектрических потерь.

У готовых листов и плит в случае необходимости обрезаются кромки на циркульной пиле или гильотинных ножницах, затем их упаковывают в сплошные или решетчатые деревянные ящики. При хранении и транспортировке слоистые пластики следует предохранять от увлажнения и повышения температуры, так как это ухудшает их прочностные и диэлектрические свойства. Так, при 120° С предел прочности при растяжении составляет 73—75%, при изгибе 53—65% и при сжатии 66—82% от соответствующих показателей при 20° С; снижение прочности этих материалов при 50° С не превышает 10%. На рис. 22, 23, 24 приведены зависимости показателей механических и электрических свойств текстолита, стеклотекстолита и гетинакса от температуры.

Текстолит подвержен плесневению, что ухудшает его электрические свойства, поэтому в тропическом климате он должен применяться со специальными защитными покрытиями. Текстолит стоек к соляной кислоте, к растворам фосфорной и уксусной кислот.

Трубы и фитинги из текстолита, полученные намоткой пропитанных тканей на дорн с последующей бакелизацией или прессованием, применяются в производстве соляной кислоты и в других химических производствах. Низкий коэффициент трения и высокая износостойкость, превышающая износостойкость свинцовистой бронзы, позволяют применять подшипники из текстолита в тяжелом машиностроении (например, в прокатных станах). Срок службы подшипников из графитированного текстолита в 10—30 раз больше, чем из бронзы.

Стеклотекстолит СТ является тропикостойким.

ПРОПИТАННЫЕ ТКАНИ

Ткань хлопчатобумажная пропитанная (нанка, арт. 4190, 4193) для прессования изделий

	ВТУ П191—58	ТУ П181—57
Содержание смолы, %	58—61	50—57
Содержание летучих, %	1,3—3	1,3—3

Свойства текстолита

Плотность, *г/см³*	1,3—1,4
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	500
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	35

Ткань хлопчатобумажная пропитанная (миткаль, арт. 6, 7, 10, 12, 72, 73, 74, 75, 77) для прессования изделий (ТУ П27—51)

	Марка А	Марка Б
Содержание смолы, %	48—52	52—56
Содержание летучих, %	1,5—2,0	2—4

Свойства текстолита

Предел прочности при статическом изгибе перпендикулярно слоям текстолита, *кГ/см²*	1600
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	35

Ткань пропитанная (бязь суровая, арт. 591, 592, 593, 594, 595, 597, 598, 42, 54, 1911, 1912) для прессования силовых роликов (ТУ П32—51)

Содержание смолы, %	42—47
Содержание летучих, %	0,8—1,3

Свойства текстолита

Плотность, *г/см³*	1,4
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее	800
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	27

Ткань хлопчатобумажная пропитанная (бязь суровая, гринсбон суровый, нанка, миткали суровые расшлихтованные и нерасшлихтованные, шифон, суровый шифон, полудвунитка, бельтинг, башмачная ткань) и асбестовая ткань (АТ-1) для изготовления текстолита, асботекстолита, намоточных изделий, заготовок шестерен, вырубных изделий (ТУ М-8—55)

Содержание смолы, %	43—58
Содержание летучих, %	0,4—7

Содержание смолы и летучих зависит от назначения ткани. Свойства текстолита не нормируются.

Стеклоткань марки Т (ГОСТ 8481—57), пропитанная клеем БФ-2 (ТУ М-793—58). Используется для изготовления прессовочных и намоточных изделий. Содержание смолы 20—30%.

Стеклоткань бесщелочная АСТТ (б)-C_2 (ВТУ МЛП 1381—56), пропитанная модифицированной феноло-формальдегидной смолой (ВТУ УХП 78—58). Предназначается для изготовления стеклотекстолита ВФТ-С и прессования различных изделий. Изделия сложной кривизны изготовляются методом компрессионного, вакуумного или автоклавного формования (давление 0,7—10 *кГ/см²*, температура 150—160° С с последующей термообработкой).

Содержание смолы, %	26—33
Содержание летучих, %	1,5—3,5

Ткань бельтинг (ГОСТ 2924—65), пропитанная феноло-формальдегидной смолой с графитом или без него и высушенная (ВТУ П-308—65)

	Без графита	С графитом
Содержание смолы, %	54—59	56—62
Содержание летучих, %	0,8—1,5	0,8—1,5

Свойства текстолита

Плотность, *г/см³*	1,3—1,4
Твердость, *кГ/мм²*	28
Предел прочности при сжатии (параллельно слоям), *кГ/см²*, не менее	1100
Износ, *мг*, не более	11

	Без графита	С графитом
Предел прочности при раскалывании по слоям, *кГ*, не ниже	300	250

Текстолиты

Текстолит поделочный марок ПТК, ПТ-1, ПТ (ГОСТ 5—62). Слоистый материал, полученный путем прессования уложенной правильными слоями хлопчатобумажной ткани, пропитанной резольной феноло-, крезоло- или ксиленоло-формальдегидной смолой или смесью этих смол. Выпускается в виде листов толщиной 0,5—8 *мм* и плит толщиной 8—70 *мм;* длина и ширина листов и плит устанавливается по согласованию с заказчиком. Предназначается для прокладок, панелей, шестерен подшипников, амортизационных деталей и т. д. Температура эксплуатации до 125—155° С.

Текстолит конструкционный, электротехнический марок А, Б, ВЧ, Г (ГОСТ 2910—54). Слоистый пластик из хлопчатобумажных тканей (для марок А, Б и Г — бязь и миткаль, для марки ВЧ — шифон), пропитанных резольной феноло-формальдегидной смолой. Изготовляется в виде листов или плит размером не менее 450×600 *мм.*

Марка А. Толщина листов и плит 0,5—50 *мм.* Предназначается для изготовления деталей электроизоляционного и конструкционного назначения методом механической обработки листов и плит. Детали работают в трансформаторном масле и на воздухе. Температура эксплуатации от —60 до +60° С.

Марка Б. Толщина листов и плит 0,5—50 *мм.* Предназначается для изготовления электроизоляционных деталей, работающих на воздухе. Температура эксплуатации от —60 до +60° С.

Марка ВЧ. Толщина листов 0,5—8 *мм.* Предназначается для электроизоляционных деталей радиоаппаратуры. Температура эксплуатации от —60 до +70° С.

Марка Г. Толщина листов и плит 0,5—50 *мм.* Предназначается для изготовления панелей.

Текстолит марки 2 (ТУ МХП 398—41). Слоистый пластик из хлопчатобумажной ткани, пропитанной резольной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде плит толщиной 20—70 *мм,* шириной 400—900 *мм* и длиной 900—1450 *мм.* Предназначается для изготовления вкладышей подшипников прокатных станов.

Текстолит металлургический марки Б (ТУ М-827—60). Слоистый пластик из хлопчатобумажной ткани бельтинг, пропитанной резольной смолой (содержание смолы 52—58%). Выпускается в виде плит толщиной 20—70 *мм.* Предназначается для изготовления вкладышей подшипников прокатных станов.

Текстолит поделочный толщиной выше 70 *мм* (ТУ ГХП 774—57). Слоистый пластик из хлопчатобумажной ткани, пропитанной резольной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается трех марок: ПТ, ПТК и ПТ-1. Применяется как поделочный материал в промышленности общего машиностроения и приборостроения.

Текстолит графитированный (ВТУ 35-ХП-369—61). Слоистый пластик из хлопчатобумажной ткани, пропитанной феноло-формальдегидной смолой с добавкой графита. Выпускается в виде листов и плит толщиной 1—50 *мм,* шириной 700—1000 *мм* и длиной 800—1400 *мм.* Применяется для изготовления антифрикционных деталей.

Текстолит марки МА (гибкий, прокладочный) (ТУ № 488—50). Слоистый пластик из хлопчатобумажной ткани (шифон), пропитанной смолой на основе полиметилметакрилата. Выпускается в виде листов размером не менее 250×250 *мм* толщиной 0,2—3,5 *мм.* Предназначается для изготовления прокладок, обеспечивающих герметичность в минеральном масле МК при температуре 90—110° С и удельном давлении 3 *ат.* Температура эксплуатации до 100—110° С.

Асботекстолиты

Асботекстолит (МРТУ 6-05-898—63). Слоистый пластик на основе асбестовой ткани, пропитанной резольной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается двух марок: марка А (на асботкани АТ-1) и марка Б (на асботканях АТ-1 и АТ-7) в виде плит толщиной 6—30 *мм,* шириной 400—800 *мм* и длиной 600—1400 *мм.* Предназначается для изготовления методом механической обработки плит таких деталей, как лопатки ротационных насосов, фрикционные диски гидравлических передач, детали механизмов сцепления и тормозных устройств, панелей низких напряжений и др. Используется также как термоизоляционный материал.

Плиты асботекстолитовые (ВТУ УХП 183—60). Слоистый пластик из асбестовых тканей марок КВ-6, КВ-30, АТ-1, пропитанных резольной феноло-формальдегидной смолой. Изготовляется в виде плит толщиной не менее 100 *мм,* шириной 1400±50 *мм* и длиной 2400±50 *мм.* Предназначается для изготовления деталей с повышенной теплостойкостью.

Асботекстолит (ТУ 35-ЭП-157—63). Листовой слоистый материал, изготовленный горячим прессованием асбестовой ткани, пропитанной резольной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде листов и плит размером не менее 450×600 *мм* толщиной 6—60 *мм.* Предназначается для изготовления клиньев и распорок в роторах турбогенераторов.

Стеклотекстолиты

Стеклотекстолит (ГОСТ 10292—62). Слоистый пластик на основе стеклоткани марки Т и упрочненных стеклотканей, пропитанных модифицированной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается трех марок: КАСТ, КАСТ-Р и КАСТ-В в виде листов толщиной: КАСТ—0,5; 0,8; 1,2 *мм;* КАСТ-Р — 1,5 *мм;* КАСТ-В — от 0,5 до 8 *мм;* КАСТ-В выпускается также в виде плит толщиной от 9 до 35 *мм.* Обрезанные и необрезанные листы и плиты выпускаются шириной от 600 до 1200 *мм* в зависимости от ширины ткани и длиной 2400±30 *мм.* Стеклотекстолиты поддаются всем основным видам механической обработки и склеиванию.

КАСТ, КАСТ-Р и КАСТ-В применяются как конструкционные материалы в самолетостроении, судостроении и радиотехнике, а также в качестве термоизоляционных прокладок в различных узлах (для снижения коэффициента теплопередачи). Температура эксплуатации до 200° С.

Стеклотекстолит марки КАСТ-В-ТЭ (ВТУ 35-ХП-561—63). Слоистый пластик из бесщелочной стеклоткани марки Т или АСТТ (б)-$С_2$, пропитанной модифицированной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде листов толщиной 0,5—3,0 *мм,* шириной 500±90 *мм* в зависимости от ширины ткани и длиной 800—2400 *мм.* Применяется для изготовления деталей, работающих в низковольтных электромашинах. Температура эксплуатации до 180° С.

Стеклотекстолит ВФТ-С (ВТУ 35-ХП-376—61). Слоистый пластик из стеклоткани марки АСТТ (б)-$С_2$, пропитанной модифицированной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде листов и плит толщиной

0,8—35 *мм*, шириной 700—1000 *мм* в зависимости от ширины ткани и длиной 2400±50 *мм*. Листовой стеклотекстолит поддается всем видам механической обработки, а также склеиванию. Применяется для изготовления нагруженных деталей конструкционного и радиотехнического назначения, способных работать кратковременно при температуре 300° С и длительно при температуре 200° С.

Стеклотекстолит СТ (ГОСТ 2910—54). Слоистый пластик из стеклоткани марок ЭСТБ и АСТМ, пропитанной модифицированной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде листов и плит толщиной 0,5—30 *мм* и размерами не менее 450×600 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала в приборостроении и электроагрегатостроении; тропикостоек. Температура эксплуатации от —60 до +125° С.

Стеклотекстолит СВФЭ-2 (ТУ 35-ЭП-211—63). Листовой слоистый материал, изготовленный горячим прессованием бесщелочной стеклоткани марки Э толщиной 0,08—0,1 *мм*, пропитанной феноло-формальдегидной смолой и этиловым эфиром ортокремневой кислоты. Выпускается в виде листов размером не менее 450×600 *мм*, толщиной 0,5—3,5 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала. СВФЭ-2 поддается распиловке, сверлению, шлифованию, точению и фрезерованию. Температура эксплуатации до 150—180° С.

Стеклотекстолит марки СТЭФ (ТУ 35-ЭП-71—62). Листовой материал, изготовленный горячим прессованием бесщелочной стеклоткани, пропитанной эпоксидно-фенольной смолой, с последующей термообработкой отпрессованных листов. Размеры листов устанавливаются по согласованию с заказчиком, толщина листов 0,5—30 *мм*. СТЭФ применяется в тех случаях, когда требуются повышенные физико-механические показатели, теплостойкость и влагостойкость. СТЭФ поддается распиловке, сверлению, шлифованию и точению.

Стеклотекстолит СТВЭ (ВТУ ОАИ 503—061). Листовой слоистый материал, изготовленный горячим прессованием кремнеземной ткани марки КТ-П-Э, пропитанной эпоксидно-феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде листов размером не менее 450×600 *мм* и толщиной 0,4—50 *мм*. Применяется в качестве влагостойкого электроизоляционного материала; тропикостоек. СТВЭ поддается распиловке, сверлению, точению и шлифованию.

Стеклотекстолит турбороторный марки СТЭФ-Р (ВТУ 35-ЭП-204—63). Листовой слоистый материал, полученный горячим прессованием стеклоткани марки Э толщиной 0,08—0,1 *мм*, пропитанной эпоксидно-фенольной смолой. Выпускается в виде листов размером не менее 600×200 *мм* и толщиной 0,35 и 0,5 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала в обмотках роторов турбогенераторов для межвитковых и подклиновых прокладок.

Панельный электронит (асбобумалит) марки ПЭ-1 (ВТУ 6—62). Листовой материал, изготовленный горячим прессованием листового электронита (ТУ МХП 3485—53) толщиной 2—3 *мм* и сульфатной бумаги, пропитанной резольной феноло-формальдегидной смолой. Выпускается в виде листов и плит размерами не менее 550×750 *мм* и толщиной 6—20 *мм*. Используется в качестве низковольтного электроизоляционного материала для работы на воздухе при относительной влажности до 80% и температуре до 130° С. Панельный электронит поддается механической обработке: распиловке, сверлению, точению и фрезерованию.

ГЕТИНАКСЫ

Гетинакс листовой, электротехнический (ГОСТ 2718—54). Слоистый пластик из сульфатной бумаги, пропитанной феноло-, крезоло- или ксиленоло-формальдегидной смолой или их смесями. Производится в виде листов и плит размером 400×400 *мм* и толщиной 0,4—50 *мм*. Гетинакс листовой электротехнический выпускается следующих марок: А, Б, В, Вс, Г и Д — для обычных частот и Ав, Бв, Гв, Дв — для высоких частот. Материал обладает высокой электрической прочностью и стабильностью диэлектрических свойств. Марка А применяется для работы в трансформаторном масле. Марка Б аналогична марке А, но обладает повышенной электрической прочностью вдоль слоев. Марка В — рекомендуется для деталей, работающих на воздухе и в трансформаторном масле и не имеющих контакта с токоведущими частями. Гетинакс марки Вс светопроницаем; по свойствам аналогичен марке В. Гетинакс марки Г предназначен для работы в условиях повышенной влажности, марки Д — для работы на воздухе (в качестве материала для панелей). Гетинакс марки Ав используется в радиоустановках общего назначения, марки Бв — в телефонных установках, Вв — для работы в высокочастотных и телефонных установках, Гв — для работы в высокочастотных установках и для получения фольгированного гетинакса (печатные платы), Дв — для работы в высокочастотных установках (панели и т. д.). Температура эксплуатации от —60 до +105° С.

Гетинакс марки ЭТ (СТУ 36-41-01—62). Гетинакс марки ЭТ представляет собой слоистый материал, изготовленный путем горячего прессования сульфатной бумаги марки ИП-63, пропитанной резольным феноло-анилино-формальдегидным лаком, модифицированным эпоксидной смолой. Гетинакс выпускается в виде листов и плит толщиной 16—50 *мм*, длиной 1500±50 *мм*, шириной 1000±50 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала для высоковольтных изоляторов. Гетинакс поддается механической обработке: распиловке, сверлению, точению, фрезерованию.

Гетинакс марки ЭВ (СТУ 36-14-04—62). Гетинакс марки ЭВ представляет собой слоистый материал, изготовленный путем горячего прессования бумаги (ГОСТ 3441—63), пропитанной эпоксидно-феноло-формальдегидными или эпоксидно-феноло-анилино-формальдегидными смолами. Гетинакс ЭВ выпускается в виде листов размером не менее 450×600 *мм* и толщиной 0,4—6,0 *мм*. Используется как электроизоляционный материал для печатных схем, получаемых гальвано-химическим способом. Гетинакс поддается механической обработке: распиловке, сверлению, точению, фрезерованию.

Гетинакс марки ГЭФ (ТУ 35-ЭП-305—64). Слоистый листовой материал, изготовленный путем горячего прессования листов сульфатной бумаги (ГОСТ 3441—63), пропитанной эпоксидно-феноло-формальдегидной смолой. Гетинакс выпускается в виде листов и плит размером не менее 900×1400 *мм* и толщиной 5—40 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала. Гетинакс поддается механической обработке: распиловке, обточке, сверлению, фрезерованию. Температура эксплуатации от —60 до +105° С.

Гетинакс с металлической сеткой для магнитных клиньев (СТУ 36-14-21—62). Листовой слоистый материал, изготовленный путем горячего прессования пропитанных резольной феноло-формальдегидной смолой слоев бумаги и тканой сетки, основой которой служит стальная проволока диаметром 0,25—0,30 *мм*, а утком — хлопчатобумажная пряжа. Толщина отпрессованного слоя бумаги над металлической сеткой не менее 0,4 *мм* с каждой стороны. Гетинакс выпускается в виде листов и плит толщиной 2—5 *мм*, длиной не менее 450 *мм*. Предназначается для изготовления магнитных клиньев. Ширина листа не менее требуемой длины клина.

Гетинакс марки ПГТ, облицованный тканью (ТУ ИЖ-23—62). Слоистый листовой материал, изготовленный горячим прессованием бумаги и хлопчатобумажной ткани (арт. 1115, 1103, 1118 и 1124), пропитанных резольной феноло-альдегидной смолой. Выпускается в виде листов размером не менее 450×600 *мм* и толщиной 3—8 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала для деталей электрооборудования в автотракторной промышленности. Гетинакс поддается резке на гильотинных ножницах и штамповке (вырубке).

Асбогетинакс марки А-1 (ВТУ 4—62). Листовой слоистый материал, изготовленный горячим прессованием асбестовой бумаги, содержащей небеленую сульфатную целлюлозу (не более 20%), пропитанной резольной эпоксидно-феноло-формальдегидной смолой. Асбогетинакс выпускается в виде листов и плит, размером не менее 700×400 *мм* и толщиной 1—10 *мм*. Применяется в качестве электроизоляционного материала для работы на воздухе в низковольтных машинах и аппаратах. Асбогетинакс может обрабатываться на строгальном, фрезерном и сверлильном станках. Температура эксплуатации до 130° С.

НАМОТОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Текстолитовые втулки и кольца (ТУ МХП М-613—55, ТУ МХП М-1514—51, ТУ МХП 2101—49). Втулки и кольца, отпрессованные из ткани (миткаль, бязь, шифон и т. п.), пропитанной резольной феноло-формальдегидной смолой. Размеры устанавливаются по согласованию с заказчиком. Поверхность втулок и колец лакируется. Для лакировки применяется бакелитовый лак марок А и Б (ГОСТ 901—56).

Трубки текстолитовые (ТУ МЭП 105—46); цилиндры текстолитовые (ВТУ ОИИ 503 049—54); цилиндры бакелитовые для высоковольтных маслонаполненных вводов, диаметром до 80 *мм* (ТУ ОЭПП 503101—59). Изделия круглого сечения, изготовленные методом намотки хлопчатобумажной ткани, пропитанной феноло-альдегидными смолами, с последующей бакелизацией. Предназначены для работы на воздухе и в трансформаторном масле. Изделия поддаются сверлению, распиловке, нарезанию резьбы, точению; размеры изделий — согласно чертежам потребителей.

Цилиндры и трубки радиоконтурные (ТУ 35-ЭП-240—63). Изделия круглого сечения, изготовленные методом намотки бумаги, пропитанной феноло-формальдегидными смолами. Размеры цилиндров и трубок: длина 300 *мм*, внутренний диаметр трубок 10—80 *мм*, цилиндров 82—150 *мм*, толщина 2—2,5 *мм*. Предназначаются для каркасов высоковольтных контуров.

Цилиндры из стеклоткани, пропитанной эпоксидно-фенольной смолой, для малообъемных масляных выключателей тропического исполнения (ТУ ОЭПП 503-168—60). Изделия круглого сечения, изготовленные путем намотки ткани с последующей бакелизацией. Размеры цилиндров: длина 300 *мм*, внутренний диаметр 105 *мм*, внешний диаметр 140 *мм*.

Цилиндры и трубки из стеклоткани, пропитанной эпоксидно-фенольной смолой (ТУ 35-ЭП-74—62). Изделия круглого сечения, изготовленные путем намотки пропитанной стеклоткани с последующей бакелизацией. Выпускаются длиной от 200 до 600 *мм* и внутренним диаметром трубок от 10 до 80 *мм*, цилиндров от 80 до 100 *мм*. Предназначаются для сухих трансформаторов, работающих в условиях влажного тропического климата; применяются также для работы в воздушной среде при температурах до 150° С.

Физико-механические свойства текстолита и асботекстолита
(по ГОСТ и ТУ)

Марки	Плотность *г/см³*	Предел прочности при растяжении по основе *кГ/см²*, не менее	Предел прочности при растяжении по утку *кГ/см²*, не менее	Предел прочности при сжатии вдоль слоев *кГ/см²*, не менее	Предел прочности при сжатии поперек слоев *кГ/см²*, не менее	Предел прочности при статическом изгибе *кГ/см²*	Предел прочности при раскалывании по слоям *кГ*	Удельная ударная вязкость *кГ·см/см²*	Теплостойкость по Мартенсу °С	Водопоглощение за 24 *ч*, %
Текстолит поделочный ПТК	1,3—1,4	1000	—	1500	2500	1600	—	35	125	0,8
ПТ	1,3—1,4	850	—	1300	2300	1450	—	35	125	1,2
ПТ-1	1,3—1,4	650	—	1200	2000	1200	—	25	120	1,4
Текстолит конструкционный электротехнический марка А	1,3—1,45	600	450	—	—	900	300	20	135	0,3—0,6 *
марка Б	1,3—1,45	650	550	—	—	1200	300	25	125	0,3—0,6 *
марка ВЧ	1,3—1,45	500	400	—	—	—	—	—	125	0,28—0,55 *
марка Г	1,3—1,45	650	450	—	—	1200	300	27	125	0,3—0,6 *
Текстолит марки 2	1,3—1,4	—	—	1500	—	1200	—	25	—	1,5
Текстолит металлургический марки Б	—	—	—	—	—	1200	2000	320	120	0,7
Текстолит поделочный, толщиной выше 70 *мм*	1,3—1,4	1000	—	1500	2500	1600	—	35	125	0,8
Текстолит графитированный ***	1,3—1,4	900	—	1000	2000	1300	—	30	120	200 **
Текстолит марки МА	—	500	—	—	—	—	—	—	—	—
Асботекстолит марка А	1,7	—	—	—	—	1100	35	35	—	2
марка Б	1,7	—	—	—	—	900	25	25	—	2
Плиты асботекстолитовые	1,3	—	—	—	—	700	20	20	—	1,6 *
Асботекстолит	1,5—1,7	2500	2000	2750	—	900	—	20	—	0,8

* Водопоглощение в *г/дм²*.
** Водопоглощение в *мг/дм²*.
*** Коэффициент трения — см. стр. 368.

Физико-механические свойства стеклотекстолита и гетинакса (по ГОСТ и ТУ)

Марки	Плотность *г/см³*	Пределы прочности, *кГ/см²*				Предел прочности при раскалывании по слоям *кГ*	Удельная ударная вязкость *кГ·см/см²*		Теплостойкость по Мартенсу °С	Водопоглощение за 24 *ч* *г/дм²*
		при растяжении		при сжатии вдоль слоев	при статическом изгибе по основе					
		по основе	по утку				по основе	по утку		
Стеклотекстолит марок										
КАСТ	1,9	2700—3000	1600—1700	—	—	—	75 [а]	55 [а]	—	100—150 *
КАСТ-В	1,85	2100[г]—2800	1100[г]—1600	400 [в]	1400 [в]	—	60[б]—115	50[б]—85	—	100—850 *
КАСТ-Р	1,85	2800	1700	—	—	—	70	60	—	100 *
Стеклотекстолит марки КАСТ-В-ТЭ	2,0	2000—2300	1000—1100	—	—	—	50—70 [д]	35—50 [д]	180	2—3 **
Стеклотекстолит ВФТ-С	1,84—1,85	3200[з]	1600	785 [ж]	2500	—	75[е]—115	60[е]—100	—	0,6—2,5**
Стеклотекстолит СТ	1,6—1,85	900	700	—	1100	130	50	50	185	0,3—0,55
Стеклотекстолит СВФЭ-2	1,6	—	—	—	1300	—	—	—	—	—
Стеклотекстолит СТЭФ	1,6	3000	1500	—	2500	250	150		180	0,8—1 **
Стеклотекстолит СТВЭ	1,6—1,7	—	—	—	1500	250	50		180	—
Стеклотекстолит турбороторный СТЭФ-Р	1,6	2500	2000	2750	—	—	—	—	—	0,8 **
Панельный электронит (асбобумалит) марки ПЭ-1	1,7	—	—	—	800	—	30		200	—
Гетинакс листовой электротехнический марок										
А	1,3—1,4	800	—	—	1000	200	13	13	150	0,5
Б	1,25—1,4	700	—	—	800	150	—	—	150	0,5
В	1,3—1,4	1000	—	—	1300	170	15	20	150	0,6
Вс	1,3—1,4	800	—	—	—	—	—	—	150	0,7
Г	1,3—1,4	900	—	—	1300	200	—	15	150	0,5
Д	1,3—1,4	900	—	—	1400	180	15	20	—	0,6
Ав, Гв, Вв и Дв	1,3—1,4	800	—	—	—	—	—	—	—	0,5
Бв	1,3—1,4	800	—	—	—	—	—	—	—	0,45
Гетинакс марок										
ЭТ	1,25—1,4	700	—	—	800	150	—	—	150	0,3
ЭВ	—	1000	—	—	—	—	—	—	—	0,25
ГЭФ	—	700	—	—	800	150	—	—	150	0,8—1,2
ПГТ	—	600	—	—	—	—	—	—	—	0,6
Асбогетинакс марки А-1	—	800	—	—	1000	130	15		185	—

Примечание. Показатели определены для толщин: а) 1,2 *мм*; б) 1,2—4,0 *мм*; в) 15—35 *мм*; г) 0,5—14 *мм*; д) 1,2—3,0 *мм*; е) 1,1—5,0 *мм*; ж) 10,1—35,0 *мм*; з) 0,8—10 *мм*.

* Водопоглощение в *мг/дм²*.
** Водопоглощение в %.

Дополнительные физико-механические показатели некоторых слоистых пластиков

Модуль упругости при растяжении, кГ/см²

Текстолит поделочный ПТК и ПТ-1	$40 \cdot 10^3$—$65 \cdot 10^3$
Стеклотекстолит (листы и плиты)	$160 \cdot 10^3$—$200 \cdot 10^3$
Стеклотекстолит ВФТ-1	$180 \cdot 10^3$—$217 \cdot 10^3$
Асботекстолит	$140 \cdot 10^3$—$200 \cdot 10^3$
Гетинакс	$100 \cdot 10^3$

Твердость по Бринеллю, кГ/мм²

Текстолит поделочный ПТК, ПТ	25—35
Текстолит поделочный ПТ-1	28—32
Текстолит конструкционный электротехнический	30
Асботекстолит	
марка А	30—45
марка В	28—45
Текстолит металлургический марка Б	30
Стеклотекстолит СТ	30
Гетинакс листовой электротехнический	25
Гетинакс ЭТ и ГЭФ	25
Стеклотекстолит ВФТ-С	32
Стеклотекстолит (листы и плиты)	
марка КАСТ	24—35

Относительное удлинение при разрыве, %

Текстолит ПТ и ПТК	~1
Текстолит конструкционный электротехнический	~1
Стеклотекстолит (листы и плиты) марок КАСТ	0,5—1,0
Гетинакс листовой электротехнический	~1

Коэффициент трения

Текстолит поделочный	
а) без смазки	0,32
б) смазка маслом	0,02
Асботекстолит марки А	
а) без смазки при $P=10$ кГ/см² и $v=0{,}4$ м/сек	0,3—0,38
б) смазка маслом	0,05—0,07
Текстолит графитированный (износ составляет 0,3%)	0,3

Теплофизические показатели некоторых слоистых пластиков

Коэффициент термического линейного расширения $\times 10^5$, град$^{-1}$
(при 20—100° С)

Текстолит поделочный	2,0—4,1
Текстолит конструкционный электротехнический	2,4
Гетинакс листовой электротехнический	2—3,5
Стеклотекстолит КАСТ-В	8,3

Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·град)

Текстолит поделочный	0,2—0,29
Гетинакс листовой электротехнический	0,23—0,29

Нагревостойкость * °С
(По ГОСТ и ТУ)

Гетинакс листовой электротехнический:	
Марка А	125
Марка Б	125
Марка В и Вс	115
Марка Г, Д и Ав	125
Марка Бв	150
Марка Гв	125
Марка Вв	125
Марка Дв	130
Гетинакс с металлической сеткой	120±5
Гетинакс	
Марка ЭТ	125
Марка ЭВ	125
Марка ГЭФ	125
Марка ПГТ	115
Асбогетинакс	150
Стеклотекстолит марки СТЭФ-Р	180

* После выдержки в воздушном термостате в течение 2 ч при указанной температуре материал не должен иметь вздутий, трещин, пузырьков.

Удельная теплоемкость, ккал/(кг·град)

Текстолит поделочный	0,35—0,36
Текстолит конструкционный электротехнический	0,3—0,4
Гетинакс листовой электротехнический	0,35—0,36
Асботекстолит	0,4

Маслостойкость
(По ГОСТ и ТУ)

Слоистые пластики не должны иметь вспучиваний, пузырьков и трещин после пребывания в горячем минеральном масле при следующих температурах и времени выдержки:

Марки	Температура масла, °С	Время выдержки ч	Потеря массы, %
Асботекстолит марки А и Б . . .	125	6	3
Стеклотекстолит СТ	130	0,5	—
Стеклотекстолит СТЭФ-Р	180	4	—
Гетинакс ЭТ	130	4	—

При выдержке в минеральном масле при температуре 20° С в течение 24 *ч* увеличение массы не должно превышать (в %):

Текстолит	
марка ПТК	0,06—0,08
марка ПТ	0,08—0,1
марка ПТ-1	0,12—0,18
Асботекстолит	1

Электрические свойства текстолита поделочного и стеклотекстолитов ВФТ-С и КАСТ-В

Показатели	Текстолит поделочный марок ПТК и ПТ	Стеклотекстолит	
		КАСТ-В	ВФТ-С
Удельное электрическое сопротивление			
поверхностное, *ом*	10^{10}—10^{12}	$3 \cdot 10^{12}$	10^{12}—10^{13}
объемное, *ом·см*	10^{10}—10^{12}	$2 \cdot 10^{12}$	10^{12}—10^{13}
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,02—0,08	0,018	0,014—0,018
Электрическая прочность, *кв/мм* . .	2—5	23	20
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	5,7	5,3	4,25—4,5

Электрические свойства стеклотекстолита марок СВФЭ-2, СТЭФ, СТЭФ-Р и СТВЭ, асботекстолита и панельного электронита (асбобумалита) марки ПЭ-1
(По ГОСТ и ТУ)

Показатели	Стеклотекстолит			Асботекстолит
	СВФЭ-2	СТЭФ	СТЭФ-Р	
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, *ом*, не менее				
при 20±5° С	10^{12}*	10^{13}*; 10^{11}**	10^{13}	—
» 150±5° С	10^{10}	—		—
» 130±5° С	—	—	10^{11}	—
после выдержки в среде с 95±3%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение 24 *ч*	10^{10}	10^{12}	10^{11}	—

Продолжение

Показатели	Стеклотекстолит			Асботекстолит
	СВФЭ-2	СТЭФ	СТЭФ Р	
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее				
при 20±5° С	10^{10}*	10^{13}	—	10^{8}*
» 150±5° С	10^{9}	—	—	—
после выдержки в среде с 95±3%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение				
24 *ч*	10^{11}	10^{12}	—	10^{11}
48 *ч*	—	—	10^{7} (для ПЭ-1)	—
Электрическая прочность при 50 *гц* перпендикулярно слоям, *кв/мм*, не менее на воздухе				
при 20±5° С	—	—	10	—
» 130±5° С	—	—	12	—
после выдержки в среде с 95±3%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение 24 *ч*	—	—	10	
под трансформаторным маслом при 20±5° С	12*	—	—	1,5*
» 90±2° С	12*	20	—	8
Электрическая прочность под трансформаторным маслом при 50 *гц* и 90±2° С параллельно слоям (для плит толщиной более 8 *мм*), *кв/мм*, не менее	—	30	—	—
Сопротивление изоляции после выдержки в среде с 95±2%-ной относительной влажностью при 40° С в течение 10 суток, *ом·см*, не менее	—	10^{9} (для СТВЭ)	—	—
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 *гц* после выдержки в среде 95±2%-ной относительной влажностью при 40° С в течение 10 суток, не более	—	0,09 (для СТВЭ)	—	—

* После выдержки при 70±2° С в течение 4 *ч* с последующей выдержкой в среде с 65%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение не менее 6 *ч*.

** После выдержки в дистиллированной воде при 20 ± 5° С в течение 24 *ч*.

Электрические свойства текстолита конструкционного электротехнического, стеклотекстолита СТ и гетинакса листового электротехнического

(По ГОСТ и ТУ)

Показатели	Марки текстолита				Стеклотекстолит	Марки гетинакса										
	А	Б	ВЧ	Г	СТ	А	Б	В	Вс	Г	Д	Ав	Бв	Вв	Гв	Дв
Удельное поверхностное электрическое сопротивление *, *ом*, не менее для листов толщиной																
до 3 *мм*	10^{11}	10^{10}	10^{11}	—	10^{11}	10^{11}	—	10^{10}	10^{10}	—	10^{10}	10^{11}	—	10^{10}	10^{11}	10^{11}
более 3 *мм*	10^{10}	10^{10}	10^{11}	—	10^{9}	10^{11}	—	10^{10}	10^{10}	—	10^{10}	10^{11}	—	10^{11}	10^{11}	10^{11}
Удельное объемное электрическое сопротивление *, *ом · см*, не менее для листов толщиной																
до 3 *мм*	10^{10}	10^{9}	10^{10}	—	10^{10}	10^{11}	—	10^{10}	10^{11}	—	10^{10}	10^{11}	—	10^{10}	10^{12}	10^{11}
более 3 *мм*	10^{10}	10^{9}	10^{10}													
Удельное внутреннее электрическое сопротивление * для листов толщиной 8 *мм* и более, *ом · см*, не менее	10^{10}	10^{9}	—	10^{9}	—	10^{10}	—	10^{9}	—	—	10^{9}	—	—	—	—	—
Электрическая прочность перпендикулярно слоям * при испытании под трансформаторным маслом при 90±2° С и 50 *гц*, *кв/мм*, не менее																
для листов толщиной до 0,8 *мм*	6	3,5	6	3,5	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» » » » 0,8—1,0 *мм*	8	4	8	4	12	—	—	—	33	—	—	33	33	33	33	33
» » » » 1—2 *мм*	6	3,5	6	3,5	12	—	—	—	27	—	—	27	27	27	27	27
» » » » 2—3 *мм*	5	2	5	2	10	—	—	—	25	—	—	25	25	25	25	25
Электрическая прочность параллельно слоям * для листов толщиной 8 *мм* и более при испытании под трансформаторным маслом при 90±2° С и 50 *гц*, *кв/мм*, не менее	6,5	4,5	6,5	4,5	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Тангенс угла диэлектрических потерь *, не более																
при 50 *гц*	—	—	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	—	0,06	0,038	0,05
» 10^6 *гц*	—	—	—	—	—	0,1	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Диэлектрическая проницаемость *, не более																
при 50 *гц*	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	7	7	7	7	7
» 10^6 *гц*	—	—	—	—	—	8	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Удельное поверхностное электрическое сопротивление **, *ом*, не менее для листов толщиной																
до 3 *мм*	—	—	10^{9}	—	—	—	—	—	—	10^{8}	—	—	10^{9}	10^{8}	10^{9}	—
более 3 *мм*	—	—	10^{8}	—	—	—	—	—	—	10^{8}			10^{9}	10^{8}	10^{9}	—
Удельное объемное электрическое сопротивление **, *ом · см*, не менее, для листов толщиной																
до 3 *мм*	—	—	10^{9}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
более 3 *мм*	—	—	10^{8}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Удельное внутреннее электрическое сопротивление ** для листов толщиной 8 *мм* и более, *ом · см*, не менее	—	—	—	—	10^{7}	—	—	—	—	—	10^{7}	—	—	—	—	—
Удельное поверхностное электрическое сопротивление ***, *ом*, не менее																
для листов толщиной до 3 *мм*	10^{8}	10^{8}	10^{8}		10^{10}	—	—	—	—	—	10^{9}	—	—	—	10^{9}	—
» » » более 3 *мм*	10^{8}	10^{8}	10^{8}		10^{9}	—	—	—	—	—	10^{9}	—	—	—	10^{9}	—
Удельное объемное электрическое сопротивление ***, *ом · см*, не менее																
для листов толщиной до 3 *мм*	10^{8}	10^{8}	—	—	10^{10}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» » » более 3 *мм*	10^{8}	10^{8}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Удельное внутреннее электрическое сопротивление *** для листов толщиной 8 *мм* и более, *ом · см*, не менее	10^{7}	10^{7}	—	10^{7}	10^{8}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* После выдержки при 70° С в течение 4 *ч* с последующей выдержкой в среде с 65%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение не менее 6 *ч*.

** После выдержки в дистиллированной воде при 20±5° С в течение 24 *ч* (гетинакс марки Г выдерживался в 3%-ном растворе хлористого натрия).

*** После выдержки в среде с 95%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение 24 *ч*.

Электрические свойства гетинакса марок ЭВ, ЭТ, ГЭФ, ПГТ и А-1
(По ГОСТ и ТУ)

Показатели	ЭВ	ЭТ	ГЭФ	ПГТ	А-1
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, *ом*, не менее	10^{12}*	—	—	10^{10}*	—
	10^{10}**	—	—	—	—
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	10^{12}*	—	—	10^{10}*	10^{12}
	10^{10}**	—	—	—	10^{10}**
Удельное внутреннее электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	—	—	—	—	10^{8}; 10^{7}**
Тангенс угла диэлектрических потерь, не более при 50 *гц*	—	0,04 *	0,02 *	—	—
» 10^6 *гц*	0,035 *	—	—	—	—
Диэлектрическая проницаемость, не более при 50 *гц*	—	8 *	—	—	—
» 10^6 *гц*	6 *	—	—	—	—
Электрическая прочность в трансформаторном масле перпендикулярно слоям при 20±5° С, *кв/мм*, не менее для листов толщиной 1,5 *мм*	30 *	—	—	10 *	10
для листов толщиной 2 *мм*	27 *	—	—	—	—
для листов толщиной 3 *мм*	25 *	—	—	—	—
Испытание напряжением вдоль слоев для листов толщиной 16 *мм* и более при 90±2° С и расстоянии между центрами электродов 58 *мм*, *кв*	—	70—80 *	80 *	—	—

* После выдержки при 70±2° С в течение 4 *ч* с последующей выдержкой в среде с 65%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение не менее 6 *ч*.
** После выдержки в среде с 95%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение 24 *ч*.

ФОЛЬГИРОВАННЫЕ ДИЭЛЕКТРИКИ

Фольгированный гетинакс марок ГФ-1, ГФ-1-П, ГФ-2-П, ГФ-1-Н, ГФ-2-Н (МРТУ 16-509-101—64). Слоистый прессованный пластик, изготовленный из изоляционной бумаги (ГОСТ 3441—55), пропитанной фенольной смолой и облицованный с одной или двух сторон красно-медной электролитической оксидированной фольгой. Размер листов фольгированного гетинакса не менее 400×600 *мм*. ГФ-1 — гетинакс тонкий, фольгированный с одной стороны, толщина листов 0,8—1,0 *мм;* ГФ-1-П и ГФ-2-П — гетинакс, фольгированный с одной и двух сторон, с повышенной прочностью и нагревостойкостью; ГФ-1-Н и ГФ-2-Н — гетинаксы, фольгированные с одной и двух сторон с обычной прочностью и нагревостойкостью, толщина листов 1,5—3,0 *мм*. Температура эксплуатации от —60 до +80° С. Материал штампуется и поддается механической обработке: распиловке, сверлению, точению, фрезерованию, а также пайке при монтаже.

Фольгированный стеклотекстолит марок СФ-1 и СФ-2 (МРТУ 16-509-001—64). Слоистый прессованный пластик, изготовленный из стеклоткани марки Э (ГОСТ 8481—61), пропитанной модифицированной феноло-альдегидной смолой, и облицованный с одной (СФ-1) или двух (СФ-2) сторон красно-медной оксидированной электролитической фольгой. Выпускается в виде листов толщиной 0,8—3 *мм* и размером не менее 400×600 *мм*. Предназначается для изготовления печатных плат. Температура эксплуатации от —60 до +80° С. Материал штампуется и поддается механической обработке: распиловке, сверлению, точению, фрезерованию, а также пайке при монтаже.

Низкочастотный фольгированный диэлектрик формующийся марки НФДФ-80—1 (ТУ ИЖ-45—63). Слоистый прессованный пластик, изготовленный на основе ткани из капрона (арт. 1516 по МАПТУ-335—49), пропитанной модифицированной феноло-формальдегидной смолой (клей БФ-2). Пластик облицован с одной стороны медной электрической оксидированной фольгой. Выпускается размером не менее 400×600 *мм,* толщиной 1; 1,5 и 2 *мм*. Предназначается для изготовления печатных плат, работающих в интервале температур от —60 до +80° С. Материал формуется при температуре 70—80° С и поддается механической обработке: сверлению, штампованию, фрезерованию, а также пайке при монтаже.

Низкочастотный фольгированный диэлектрик марки НФД-180 (ТУ ИЖ-44—65). Слоистый прессованный материал, изготовленный из стеклоткани марки Э (ГОСТ 8481—61), пропитанной модифицированной феноло-эпоксидной смолой, и облицованный с одной (НФД-180-1) или с двух (НФД-180-2) сторон медной оксидированной шероховатой фольгой. Выпускается в виде листов, размером не менее 400×600 *мм* и толщиной 0,8—3 *мм*. Предназначается для изготовления печатных плат, работающих в интервале температур от —60 до +180° С. Допускается непрерывная работа печатных плат при температуре 180° С не более 100 *ч*. Материал поддается механической обработке: распиловке, точению, фрезерованию, штамповке и т. п., а также пайке при монтаже.

Физико-механические и электрические свойства фольгированных диэлектриков
(По ГОСТ и ТУ)

Показатели	ГФ-1	ГФ-1-П ГФ-2-П	ГФ-1-Н ГФ-2-Н	СФ-1 СФ-2	НФДФ-80-1	НФД-180
Плотность, *г/см*^{3} с фольгой	1,8—2,0	1,5—1,85	1,5—1,85	1,9—2,9	—	—
без фольги	1,3—1,4	1,3—1,4	1,3—1,4	1,6—1,85	—	—
Предел прочности при растяжении, *кГ/см*^{2}, не менее	800	800	800	2000	—	—
Водопоглощение, %, не более	5	4	4	3	—	—
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, *ом*, не менее	10^{11}*	10^{11}*	10^{11}*	10^{12}*	10^{11}*	10^{12}*
	10^{8}**	10^{9}**	10^{9}**	10^{10}**	10^{10}**	10^{11}**
						10^{9}***
						10^{10}****

Продолжение

Показатели	ГФ-1	ГФ-1-П ГФ-2-П	ГФ-1-Н ГФ-2-Н	СФ-1 СФ-2	НФДФ-80-1	НФД-180
Удельное объемное электрическое сопротивление, *ом·см*, не менее	10^{12}* 10^{9}**	10^{12}* 10^{9}**	10^{11}* 10^{9}**	10^{13}* 10^{11}**	10^{11}* 10^{10}**	10^{13}* 10^{12}** 10^{11}*** 10^{9}****
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*, не более . .	0,038 * 0,07 **	0,038 * 0,07 **	0,038 * 0,07 **	0,045 * 0,07 **	0,045 * 0,15 **	0,025 —
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*, не более	7 *	7 *	7 *	6 *	6 *	6 *

* После выдержки при 70±2° С в течение 4 *ч* с последующей выдержкой в среде с 65%-ной относительной влажностью при 20 ± 5° С в течение не менее 6 *ч*.

** После выдержки в среде с 95%-ной относительной влажностью при 40±2° С в течение 24 *ч*.

*** После выдержки в среде с 95%-ной относительной влажностью при 30 ± 2° С в течение 30 суток.

**** После выдержки при 180 ± 2° С в течение 1 *ч*.

Прочность сцепления фольги с диэлектриком (в *Г*, не менее)

(По ГОСТ и ТУ)

	ГФ-1	ГФ-1-П ГФ-2-П	ГФ-1-Н ГФ-2-Н	СФ-1 СФ-2	НФДФ-80-1	НФД-180
В состоянии поставки . . .	900	1000	800	1000	700	1300—1500
После выдержки при —60±5° С в течение 6 *ч*	700	900	700	800	700	1000
После выдержки в среде с 95±3%-ной относительной влажностью при 40±2° С в течение 48 *ч*	700	800	700	700	700	800
После выдержки в среде с 95±3%-ной относительной влажностью при 30±2° С в течение 30 суток	—	—	—	700	—	700
После выдержки в течение 15 *ч* при 120±3° С . . .	—	800	—	800	—	—
15 *ч* при 100±3° С . . .	—	—	700	—	—	—
10 *ч* при 100±3° С . . .	700	—	—	—	—	—
100 *ч* при 80° С	—	—	—	—	700	—
100 *ч* при 180° С	—	—	—	—	—	700
После выдержки в течение 5—10 *сек* в расплавленном припое	800	900	800	800	—	1000

Способы переработки слоистых пластиков в изделия

Изготовление труб, втулок и стержней прессованием или бакелизацией пропитанных полотен

Пропитанная ткань или бумага наматывается на металлическую оправку (в случае производства труб) и вместе с оправкой либо бакелизуется в камерных печах при 120—130° С, либо прессуется на гидравлическом прессе при 150—160° С.

Поверхность готовых труб покрывается бакелитовым лаком (ГОСТ 901—56), который затем отверждается в камерных печах.

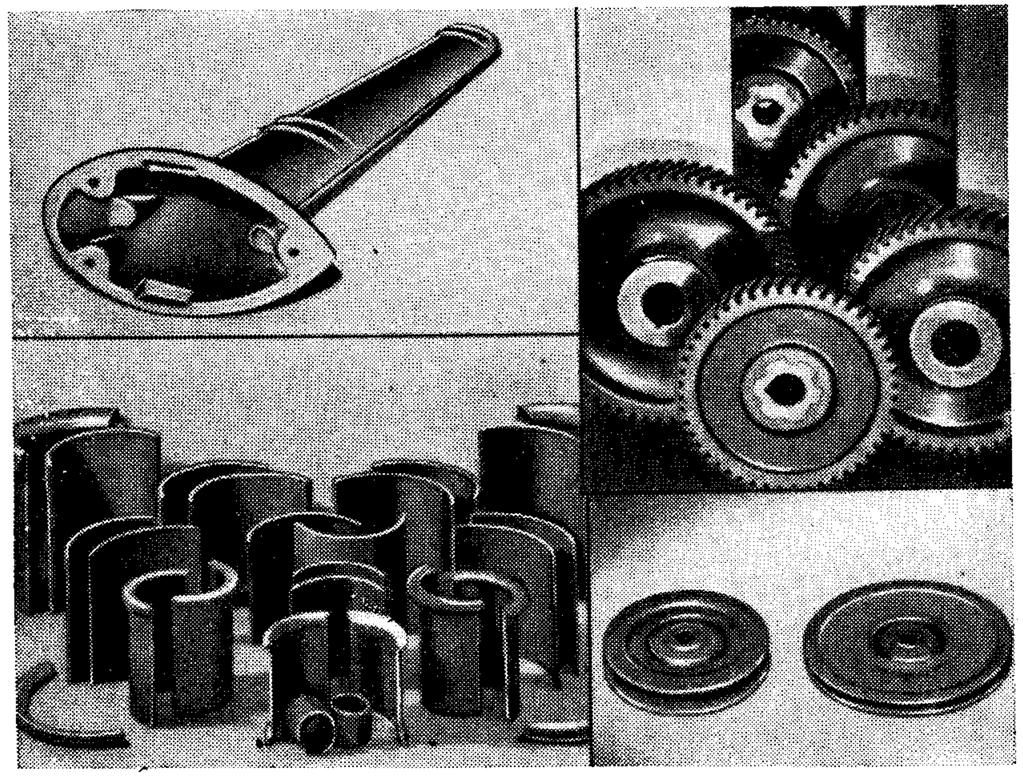


Рис. 25. Образцы изделий, полученных прессованием фигурных заготовок пропитанной ткани.

Для изготовления шестерен, втулок, стержней, вкладышей подшипников и изделий прямоугольного сечения из пропитанной ткани вырубают заготовки, по форме и размерам соответствующие изготовляемому изделию. Заготовки собирают в пакет, который затем прессуют при температуре и давлении, используемых для прессования листов и плит данной марки слоистых пластиков (150—160° С, 100—300 *кГ/см*²). Образцы изделий показаны на рис. 25.

Производство изделий из готового пластика (листов и плит) в зависимости от формы изделия и толщины листа или плиты возможно методом механической обработки, гнутья, вытяжки и штамповки. Образцы изделий, изготовляемых механической обработкой, показаны на рис. 26.

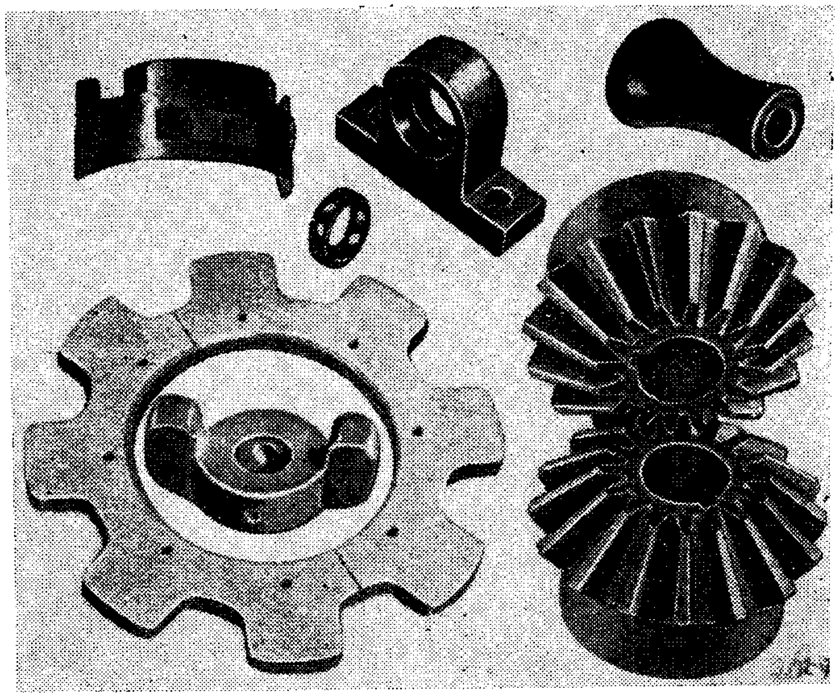


Рис. 26. Изделия, изготовляемые механической обработкой слоистых пластиков.

Характеристика инструментов, применяемых для различных видов механической обработки листов и плит, а также режимы обработки приведены ниже:

Инструменты, рекомендуемые для механической обработки слоистых пластмасс на основе феноло-альдегидных смол, и режимы обработки

Операция	Инструмент	Режим обработки
	Текстолит, гетинакс	
Точение	Резец, материал Р18; задний угол 20°, передний 12°	Скорость резания 180 *м/мин*
	Стеклотекстолит	
Точение	Резец с пластинками из твердого сплава; задний угол 12—20°, передний угол 0—30°	Скорость резания 240—300 *м/мин*
Фрезерование	Фреза трехсторонняя (ГОСТ 5648—60) со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава марки ВК-8. Наружный диаметр ~125 *мм*, ширина 16 *мм*, число зубьев 20, углы заточки 4°, 5°, 15°. Угол установки ножа 10°	

Продолжение

Операция	Инструмент	Режим обработки
Резка фрезой	Фреза отрезная (ГОСТ 2679—54), порядковый номер 10927, диаметр 110 *мм*, ширина 2,5 *мм*, число зубьев 40	Скорость вращения фрезы 475 *об/мин*
Резка на листовых ножницах	Угол заточки ножей 3°, зазор между верхним и нижним ножом 0,08 *мм*, угол наклона ствола верхнего ножа по отношению к нижнему ножу 1°56′	Допускаемое усилие резания 15 Т
Шлифование и полирование	Карборундовый или электрокорундовый (средний или среднемягкий) круг на керамической связке (зернистость от 30 до 60)	Окружная скорость 25—32 *м/сек*
Распиловка	Ножовки и пилы для резки металла. Толщина полотна порядка 1 *мм*, шаг между зубьями 4—5 *мм*	
	Карборундовый абразивный круг (при толщине плиты 25 *мм*); диаметр круга 300 *мм*, толщина 2—3 *мм*	При окружной скорости 50—60 *м/сек* скорость подачи плиты: вдоль основы до 0,25 *м/мин*, поперек основы — 0,15 *м/мин*
Строгание	Поперечно-строгальный станок; резец токарный проходной прямой; угол при вершине 60° по нормам МН 582—60, обозначение 2100—0150, исполнения II (с пластиной из твердого сплава марки ВК-8)	Направление строжки вдоль слоев, скорость резания 60—90 *м/мин*, скорость подачи 0,3—0,5 *мм* на двойной ход
	Древесно-слоистый пластик ДСП	
Сверление	Сверло из быстрорежущей стали или с пластинками из металлокерамического сплава, угол при вершине 110—120°; заточка «под шпору» (с подрезателем)	Скорость резания 25—30 *м/мин*, скорость подачи 0,05—0,1 *мм/об*
Фрезерование	Дисковая фреза из стали марок У7 или У8; толщина диска 2,5 *мм*. Фреза из листовой стали подвергается цементации и закалке. Рекомендуется применять фрезы с винтовым зубом (наклон винтовой линии 30—60°). Угол заострения 60—70°. Задний угол 5—10°, передний 0—10°	Скорость резания 300 *м/мин*, скорость подачи 200—250 *мм/мин*

Изготовление изделий методом вытяжки и гнутья

Перед гнутьем и вытяжкой материал должен быть прогрет до 150—180° С; прогрев осуществляется в масляной бане, между горячими плитами, токами высокой частоты или в термостате.

Ниже приведены радиусы закругления, которые удается получить на образцах материала (допустимый радиус кривизны) и в изделиях (практически выполняемый):

Толщина материала (h), *мм*	до 3	от 3 до 4,5	от 4,5 до 6
Допустимый радиус кривизны	$2h$	$3h$	$4h$
Практически выполняемый радиус кривизны	$3h$	$4h$	$5h$

Формы и приспособления для гнутья и вытяжки изготовляются из металла или твердых пород древесины.

Кривизна и угол изгиба в форме должны быть несколько более крутыми, чем это требуется в изделии, так как при извлечении из формы происходит частичное распрямление материала (угол увеличивается примерно на 2°). Давление формования (при толщине листа 1,5—3 *мм*) должно составлять 0,3—3,5 *кГ/см²*. При вытяжке используют давление 3,5—5 *кГ/см²*. Приспособления для вытяжки и гнутья, а также образцы изделий показаны на рис. 27, 28, 29 и 30.

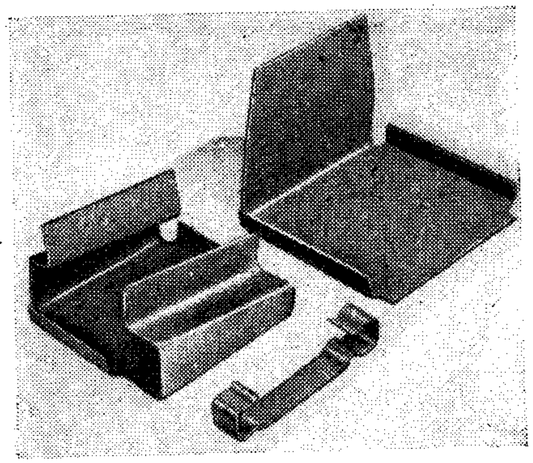


Рис. 27. Изделия из слоистых пластиков, изготовляемые методом гнутья.

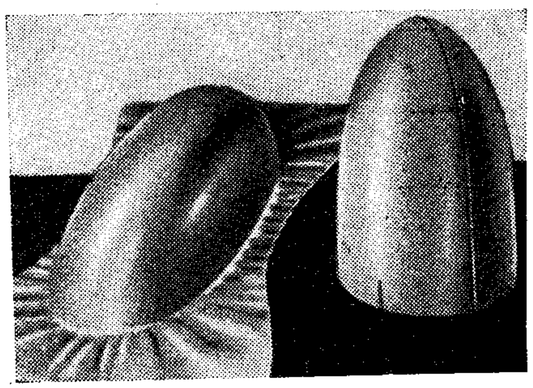
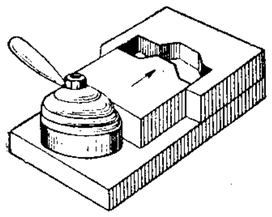


Рис. 28. Изделия из слоистых пластиков, изготовляемые вытяжкой.



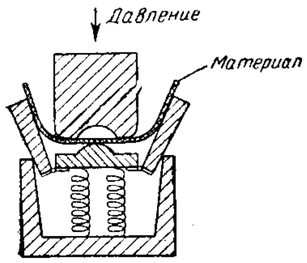


Рис. 29. Формы для изготовления изделий методом гнутья.

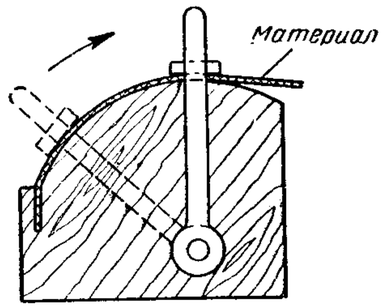


Рис. 30. Приспособление для формования текстолита.

Изготовление изделий методом штампования

Штампы аналогичны штампам для металлов.

Предварительный подогрев пластика улучшает качество изделия (температура 120—130° С, время прогрева 5—30 *мин* при толщине листа 1,5—6,5 *мм*). При штамповке происходит некоторое уплотнение и усадка материала с последующим некоторым расширением его. Эти явления должны учитываться при конструировании штампов. Детали, изготавливаемые штампованием, показаны на рис. 31.

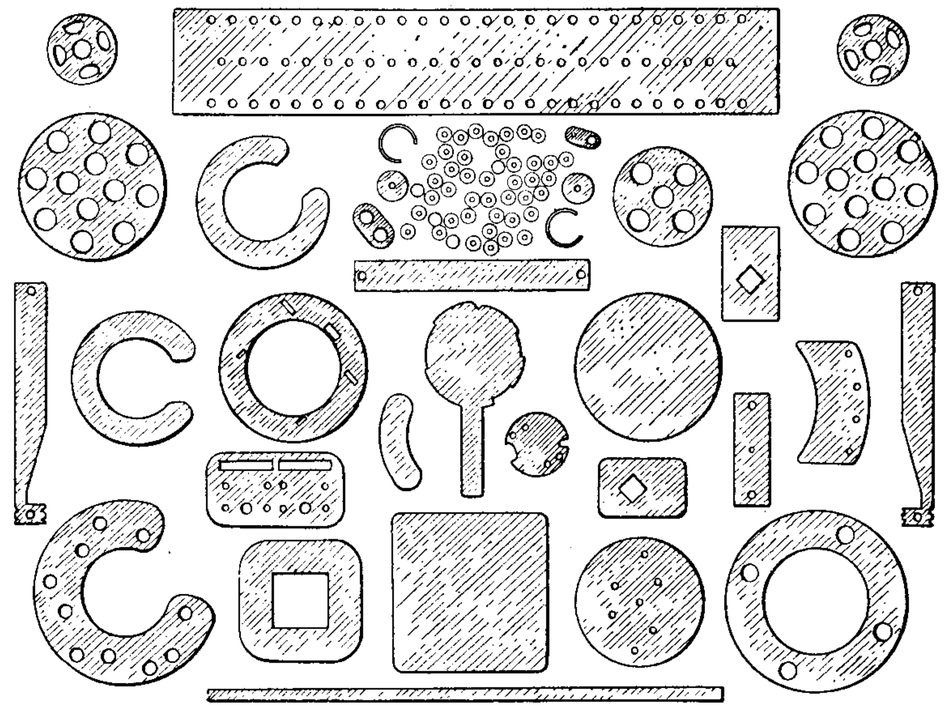


Рис. 31. Детали из слоистых пластиков, изготовляемые штампованием.

Ниже приведены значения максимально допустимых толщин слоистых пластиков, предназначенных для штампования:

	Максимально допустимая толщина, *мм*	
	для холодного штампования	для горячего штампования
Текстолит	3,0	6,5
Асботекстолит	2,5	5,0
Гетинакс		
марки Бв и Вв	1,5	3,0
марка В	1,2	3,0

Точность штампования отверстий в изделиях из гетинакса и текстолита

Диаметр отверстия *мм*	Допуски на диаметр (в *мм*) при толщине материала	
	1,5 *мм*	2,5 *мм*
До 6,5	±0,08	±0,10
6,5—12,5	±0,10	±0,13
12,5—25,0	±0,13	±0,18
25,0—50,0	±0,15	±0,20

ДРЕВЕСНО-СЛОИСТЫЕ ПЛАСТИКИ

(ГОСТ 8697—58)

Представляют собой материал, изготовленный из тонких листов лущеной древесины (шпона), пропитанных и склеенных между собой резольной феноло-формальдегидной смолой при температуре около 150° С и давлении порядка 50 *кГ/см*². Древеснослоистые пластики выпускаются следующих марок: ДСП-А; ДСП-Б; ДСП-Б-а; ДСП-Б-э; ДСП-Б-м; ДСП-Б-т; ДСП-В; ДСП-В-э; ДСП-В-м; ДСП-Г и ДСП-Г-м.

Прописные буквы после ДСП (А, Б и др.) указывают порядок укладки шпона в пластике, а именно:

А — волокна древесины во всех слоях имеют параллельное направление или каждые четыре слоя с параллельным направлением чередуются с одним слоем, имеющим направление волокон под углом 20—25° к смежным слоям;

Б — каждые 5—20 слоев с параллельным направлением волокон чередуются с одним слоем, в котором направление волокон перпендикулярно направлению их в смежных слоях;

В — волокна всех смежных слоев взаимно перпендикулярны;

Г — волокна в смежных слоях последовательно смещены на угол 25—30°.

Строчные буквы (а, э, м, т) определяют назначение материала.

ДСП-А обладает максимальной прочностью при растяжении и сжатии в продольном направлении волокон. Применяется в качестве конструкционного и антифрикционного материала преимущественно в судостроении (дейдвудные подшипники), на железнодорожном транспорте (вкладыши подшипников и накладки изолированного стыка).

ДСП-Б применяется в самолетостроении, судостроении, текстильной промышленности и для изготовления матриц для вытяжки и штамповки; он применяется также подобно ДСП-В (см. ниже).

ДСП-В характеризуется равнопрочностью в двух осевых направлениях и применяется в тех случаях, когда требуются одинаково высокие показатели прочности при растяжении, сжатии и изгибе. Используется в качестве конструкционного и антифрикционного материала в машиностроении, в электропромышленности и железнодорожном транспорте.

ДСП-В-э и ДСП-Б-э применяются в качестве конструктивного электроизоляционного материала для изготовления деталей аппаратуры высокого напряжения, силовых трансформаторов, ртутных выпрямителей. Детали из этих пластиков работают в трансформаторном масле при напряжении до 220 *кв* и колебаниях температур от —45 до +90° С.

ДСП-Б-а применяется для изготовления деталей авиационных конструкций.

Пластики ДСП-Б-м, ДСП-В-м, ДСП-Г-м применяются как самосмазывающийся антифрикционный материал (для ползунов лесопильных рам и других аналогичных конструкций). Пластики пропитаны минеральными маслами.

ДСП-Б-т применяется для изготовления деталей текстильных машин.

ДСП-Г применяется для изготовления крупных деталей, в которых необходима равномерная структура материала по окружности (зубчатые колеса, фрикционные шкивы, ступицы и т. п.). Древеснослоистые пластики применяются также в качестве силовых обшивок и для различных изделий несилового назначения. При изготовлении древеснослоистых пластиков используется березовый шпон, а для марок ДСП-Б, ДСП-Б-м, ДСП-В, ДСП-В-м, ДСП-Г и ДСП-Г-м, кроме березового шпона, может применяться шпон из липы и бука.

Древеснослоистые пластики стойки к действию 40%-ной серной кислоты при 20° С, к 20%-ной соляной кислоте при 20° С, к минеральному маслу до 80—90° С, сложным эфирам, муравьиной кислоте, уксусной кислоте (ледяной и технической), подсмольной воде (жижке) и используются для изготовления деталей химически стойкой аппаратуры. Образцы деталей показаны на

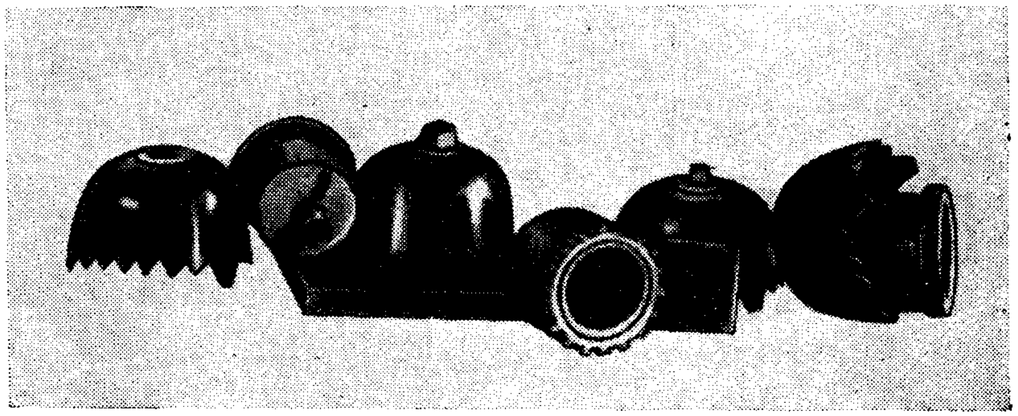


Рис. 32. Детали ректификационных колонн (колпачки со стаканчиками) из древесных пластиков.

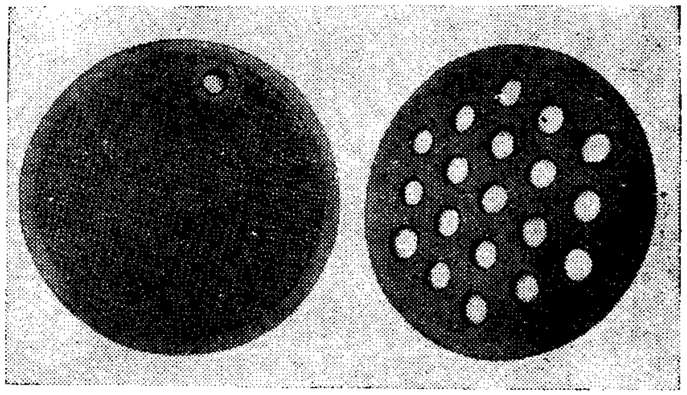


Рис. 33. Тарелки ректификационных колонн из древеснослоистых пластиков:
а — ситчатая; *б* — колпачковая.

рис. 32 и 33. Номинальные размеры выпускаемых листов древеснослоистых пластиков приведены ниже:

Марки	Номинальные размеры, *мм*	
	длина	толщина
ДСП-А ДСП-Б-м ДСП-В-м	700; 1100; 1500	15—60
ДСБ-Б; ДСП-Б-а; ДСБ-Э; ДСП-Б-т; ДСП-В; ДСП-В-э	700; 1100; 1500; 2300; 4800; 5600	15—60
ДСП-В; ДСП-В-э	700; 1100; 1500	1,0; 1,5; 2,0; 2,5
ДСП-В; ДСП-В-э	700; 1100; 1500; 2300; 4800; 5600	3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 10,0; 12,0
ДСП-Г; ДСП-Г-м	Многогранники диаметром вписанной окружности от 600 до 1000	15—60

Примечания: 1. Ширина плит ДСП для всех марок, кроме ДСП-Г и ДСП-Г-м: 800, 900, 1000, 1100 и 1200 *мм*.

2. Пластики толщиной менее 15 *мм* называются тонколистовыми, а толщиной 15 *мм* и более — толстолистовыми. Пластики длиной более 1500 *мм* называются длинными, а 1500 *мм* и менее — короткими.

3. Пластики толщиной 15—60 *мм* изготовляются по толщине с градацией через 5 *мм*. Пластики толщиной более 60 *мм* изготовляются по специальному заказу.

Зависимость механических свойств древеснослоистых пластиков от температуры показана на рис. 34.

Перечень инструментов для механической обработки древеснослоистых пластиков и режимы обработки приведены на стр. 379.

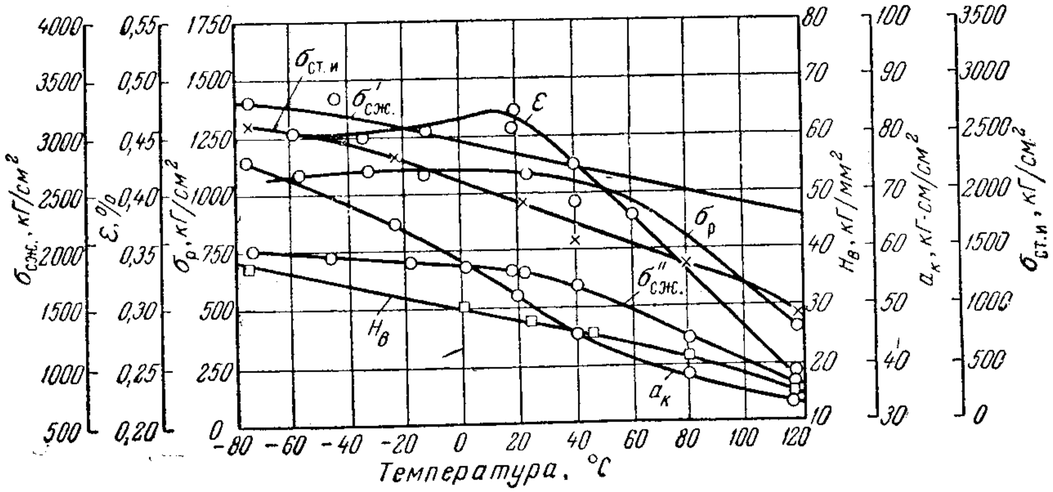


Рис. 34. Зависимость механических свойств древеснослоистого пластика от температуры:

$\sigma'_{сж.}$ — предел прочности при сжатии поперек слоев; $\sigma''_{сж.}$ — вдоль слоев; другие обозначения — см. подпись к рис. 7, стр. 331.

Физико-механические свойства древеснослоистых пластиков при толщине листов от 15 до 60 *мм*
(По ГОСТ)

Марки	Объемная масса *г/см³*, не менее	Влага+летучие, % не более	Удельная ударная вязкость, *кГ·см/см²* не менее	Предел прочности, *кГ/см²* не менее				Твердость торцевой поверхности по Бринеллю, *кГ/мм²* не менее
				при растяжении вдоль волокон	при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе	при скалывании по клеевому шву	
ДСП-А								
короткие листы . .	1,33	6	—	—	1800	—	150	25
ДСП-Б								
короткие листы . .	1,3	7	80	2600	1600	2800	150	25
длинные листы . .	1,3	7	70	2200	1550	2600	140	25
ДСП-Б-а								
короткие листы . .	1,25	В пределах 4—6	80	3000	1850	—	160	—
длинные листы . .			80	2700	1750	—	160	—
длинные листы 2-го сорта			80	2500	1650	—	140	—
ДСП-Б-э								
короткие листы . .	1,3	6	80	2600	1600	2800	150	25
длинные листы . .	1,3	6	80	2200	1550	2600	140	25
ДСП-Б-м								
короткие листы . .	1,23	7	60	2000	1300	2000	125	—
ДСП-Б-т								
короткие листы . .	1,28	10	70	—	—	—	110	
длинные листы . .	1,28	10	70	—	—	—	110	
ДСП-В								
короткие листы . .	1,3	7	30	1400	1250	1800	140	25
длинные листы . .	1,3	7	30	1100	1200	1500	130	25
ДСП-В-э								
короткие листы . .	1,3	6	30	1400	1250	1800	140	25
длинные листы . .	1,3	6	30	1100	1200	1500	130	25
ДСП-В-м								
короткие листы . .	1,23	7	25	1300	1000	1400	125	—
ДСП-Г								
многогранник . .	1,3	7	30	—	1250	1500	140	—
ДСП-Г-м								
многогранник . .	1,23	7	17	—	1000	840	125	—

Физико-механические свойства тонколистовых ДСП-В и ДСП-В-э
(По ГОСТ)

Показатели	ДСП-В и ДСП-В-э						
	Толщина листов, *мм*						
	1—2,5	3—5	6—7	8—12	3—5	6—7	7—12
	короткие листы				длинные листы		
Объемная масса, *г/см³*, не менее	1,28				1,25		
Влага+летучие, %	3—8				3—8		

Продолжение

Показатели	ДСП-В и ДСП В-э						
	Толщина листов, *мм*						
	1—2,5	3—5	6—7	8—12	3—5	6—7	8—12
	короткие листы				длинные листы		
Водопоглощение за 24 *ч*, %, не более	15	10	7	5	10	7	5
Предел прочности при растяжении, *кГ/см²*, не менее							
вдоль волокон	1600	1500	1500	1500	1400	1400	1400
поперек волокон	—	1350	1350	1350	1100	1100	1100
под углом 45°	—	800	800	800	700	700	700

Некоторые физико-механические свойства древеснослоистых пластиков

Показатели	Марка		
	ДСП-Б	ДСП-Б-а	ДСП-В
Предел прочности* при скалывании по древесине, *кГ/см²*	—	350	—
Модуль упругости при растяжении, сжатии и статическом изгибе, *кГ/см²*	$30 \cdot 10^3$	—	$180 \cdot 10^3$
Коэффициент Пуассона при сжатии вдоль волокон	0,45—0,52	—	0,45—0,52
» » поперек волокон	0,45—0,52	—	0,065
Коэффициент трения при нагрузке 10 *кГ/см²* при смазке водой	0,057	—	0,099
» » машинным маслом	0,087	—	0,076
Водопоглощение* за 24 *ч*, %	5	5 (для ДСП-Б-э)	5 (для ДСП-В, ДСП-В-э и ДСП-Г)
Предельное водопоглощение*, %	20	20 (для ДСП-А)	
Предельная степень набухания в воде*, %	22	22 (для ДСП-А)	—
Стойкость в трансформаторном масле при 105° С, *ч*	—	6 (для ДСП-Б-э)	6 (для ДСП-В-э)

* Показатели даны для листов и плит толщиной более 15 *мм*.

Электрические свойства древеснослоистых пластиков ДСП-А, ДСП-Б и ДСП-В

Марки	Удельное объемное электрическое сопротивление *ом·см*		Удельное поверхностное электрическое сопротивление *ом*		Диэлектрическая проницаемость при $3 \cdot 10^6$ *гц*		Тангенс угла диэлектрических потерь при $3 \cdot 10^6$ *гц*		Электрическая прочность *кв/мм*	
	65%	100%	65%	100%	65%	100%	65%	100%	65%	100%
После выдержки образцов в атмосфере с относительной влажностью										
Перпендикулярно плоскости прессования (поперек слоев)										
ДСП-А	$1{,}75 \cdot 10^{12}$	$0{,}35 \cdot 10^{12}$	$8{,}2 \cdot 10^{11}$	$1{,}3 \cdot 10^{11}$	7,8	7,85	0,046	0,051	32,4	30,6
ДСП-Б	$0{,}71 \cdot 10^{12}$	$0{,}42 \cdot 10^{12}$	$5{,}1 \cdot 10^{11}$	$1{,}7 \cdot 10^{11}$	7,7	7,8	0,043	0,058	—	—
ДСП-В	$5{,}6 \cdot 10^{12}$	$3{,}9 \cdot 10^{12}$	$2{,}9 \cdot 10^{12}$	$2{,}6 \cdot 10^{11}$	7,8	7,8	0,054	0,054	—	—
Поперек волокон древесины (вдоль слоев)										
ДСП-А	$7{,}3 \cdot 10^{10}$	$3{,}9 \cdot 10^{10}$	—	—	6,7	6,9	0,045	0,045	12,5	11,5
ДСП-Б	$7{,}3 \cdot 10^{9}$	$5{,}1 \cdot 10^{9}$	—	—	7,3	8,4	0,038	0,055	2,8	3,4
ДСП-В	$4{,}3 \cdot 10^{11}$	$3{,}2 \cdot 10^{11}$	—	—	7,9	7,9	0,068	0,075	3,1	3,8
Вдоль волокон древесины (вдоль слоев)										
ДСП-А	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}4 \cdot 10^{9}$	—	—	7,8	8,0	0,050	0,052	3,0	3,1
ДСП-Б	$6{,}0 \cdot 10^{9}$	$1{,}5 \cdot 10^{9}$	—	—	7,3	8,6	0,042	0,079	2,2	2,4

Электрические свойства древеснослоистых пластиков марок ДСП-Б-э и ДСП-В-э

(По ГОСТ)

Удельное поверхностное электрическое сопротивление, *ом*, удельное объемное сопротивление, *ом · см* и удельное внутреннее сопротивление, *ом · см*, не менее	
после выдержки при 60±2° С в течение 4 *ч* с последующей выдержкой в среде с 65±3%-ной относительной влажностью при 20±5° С в течение не менее 6 *ч*	10^{11}
после выдержки в дистиллированной воде при 20±5° С в течение 24 *ч*	10^{8}
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 *гц* и напряжении 1 *кв* на 3 *мм*, не более	0,1
Диэлектрическая проницаемость при 50 *гц*, не более	8 *
Испытание напряжением в трансформаторном масле в течение 5 *мин* при 50 *гц*	
поперек слоев при расстоянии между электродами 3 *мм*, *кв*, не менее	
при 20±5° С	25
» 90±2° С	10
вдоль слоев при расстоянии между электродами 15 *мм*, *кв*, не менее	
при 20±5° С	16
» 90±2° С	8
Испытание напряжением по поверхности вдоль слоев при расстоянии между кольцевыми электродами 420 *мм* при 60° С в течение 60 *мин* без нагрева, перекрытия и пробоя, *кв*, не менее	140
То же при расстоянии между кольцевыми электродами 100 *мм*, при 20±5° С, в течение 5 *мин* без нагрева, перекрытия и пробоя, *кв*, не менее	40

* Для ДСП-В-э.

Некоторые теплофизические показатели древеснослоистых пластиков

Теплостойкость по Мартенсу, °С	120—150
Удельная теплоемкость, *ккал/(кг · град)*	0,37—0,57
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,15—0,25
Температуропроводность, $м^2/ч$	$3{,}3 \cdot 10^{-4}$—$5{,}15 \cdot 10^{-4}$
Коэффициент термического линейного расширения $\times 10^5$, $град^{-1}$	0,4—3
Нагревостойкость при температуре воздуха 105° С, *ч* *	24

* Для ДСП-Б-э и ДСП-В-э.

ПЕНОПЛАСТЫ ФЕНОЛО-АЛЬДЕГИДНЫЕ

Пенопласт термореактивный марок ФК-20, ФК-40 и ФК-20-А20 (полуфабрикат вальцованный и шприцованный) (СТУ 9-463—62). Пенопласты на основе феноло-формальдегидной смолы, модифицированной каучуком, выпускаются в виде плит и полуфабрикатов вальцованных и шприцованных. Полуфабрикаты способны вспениваться в замкнутых объемах. Вспенивание производится при плавном повышении температуры до 150—200° С. При этом развивается давление до 3—5 $кГ/см^2$.

Плиты из пенопластов поддаются всем видам механической обработки, склеиваются между собой и с другими материалами.

Пенопласты используются как теплоизоляционный материал и как материал силового, электро- и теплоизоляционного назначения для заполнения внутренних полостей различных конструкций. Рабочая температура длительной эксплуатации пенопласта ФК-20 до 120° С, ФК-40—до 100° С; в условиях, исключающих контакт с воздухом, для ФК-20 и ФК-40—до 150° С; кратковременно пенопласты работают при температурах до 200° С. При повышении температуры ухудшаются прочностные свойства пенопластов. ФК-20 является тропикостойким материалом.

Режимы вспенивания

ФК-20 и ФК-40 шприцованные вальцованные	Время *мин*	ФК-20 шприцованный и вальцованный	Время *мин*
Повышение температуры до 100° С	60	Повышение температуры до 100° С	45—60
Выдержка при температуре до 100° С	120	Выдержка при температуре 100° С	120
Повышение температуры до 150° С	60	Повышение температуры до 200° С	60
Выдержка при температуре 150° С	150	Выдержка при 200° С	90
Всего	390	Всего	315—330

Свойства полуфабрикатов вальцованных и шприцованных
(По СТУ 9-463—62)

Показатели	Шприцованный полуфабрикат			Вальцованный полуфабрикат		
	ФК-20	ФК-40	ФК-20-А20	ФК-20	ФК-40	ФК-20-А20
Цвет	От светло-коричневого до коричневого		Серебристый	От светлого до коричневого		Серебристый
Наполнитель	Отсутствует		Неорганический	Отсутствует		Неорганический
Внешний вид	Шнуры пустотелые и сплошные			Пленки неправильной формы		
Толщина пленки, *мм*	—	—	—	До 5	До 7	До 5
Диаметр шнура, *мм*						
пустотелого						
наружный	4—12	3—9	5—12	—	—	—
внутренний	2—8	2—6	2—5	—	—	—
сплошного						
наружный	3—8	2—6	—	—	—	—
Насыпная масса шнура, *г/см³*						
пустотелый	0,1—0,2	0,2—0,3	0,18—0,30	—	—	—
сплошной	0,2—0,3	0,3—0,4	—	—	—	—
Объемная масса вспененного пропласта, *г/см³*	0,18—0,30	0,18—0,30	0,13—0,7	0,18—0,30	0,18—0,30	0,13—0,7

Способность к вспениванию вальцованных и шприцованных полуфабрикатов определяется по качеству заполнения контрольной формы при вспенивании по режимам, приведенным выше.

Физико-механические свойства пенопластов ФК-20 и ФК-40

Показатели	ФК-20	ФК-40
Объемная масса вспененных плит, *г/см³*	0,18—0,30	0,18—0,30
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*		
при —90° С	0,037	0,037
» +25° С	0,052	0,052
» +135° С	0,065	—
Коэффициент термического линейного расширения × 10^5, *град*$^{-1}$	7—8	7—8
Усадка линейная за 24 *ч*, %		
при 80° С	—	⩽1,0
» 120° С	⩽1,3	—
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	1,1	2,2
Предел прочности, *кГ/см²*		
при растяжении	17,5	7,8
» сжатии	⩽10	—
» статическом изгибе	—	7
Водопоглощение за 24 *ч*, *кг/м²*	0,3	—
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 *гц*	0,01	0,06
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 *гц*	1,3	1,34
Горючесть	Горят, быстро гаснут при удалении источников пламени	

Теплоизоляционные плиты ФФ (СТУ 14/07-419—63). Теплоизоляционные плиты ФФ на основе феноло-формальдегидной смолы применяются для тепло- и звукоизоляции, а также в качестве заполнителя в легких и армированных конструкциях. Плиты поддаются всем видам механической обработки, склеиваются между собой и с другими материалами. Плиты, оклеенные бумагой, выпускаются размером 500×500 и 500×1000 *мм* и толщиной 45—50 *мм*. Способность исходной композиции вспениваться при температуре 150—200° С в замкнутых объемах позволяет получать кроме плит изделия различных форм и габаритов.

Температура эксплуатации от —60 до+150° С. При повышении температуры прочностные свойства ухудшаются. Плиты не горят и не поддерживают горения. Ниже приведены свойства плит ФФ:

Объемная масса плит, *г/см³*	0,18—0,23
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	
при —90° С	0,036
» +25° С	0,052
Коэффициент термического линейного расширения, *град*$^{-1}$	$3{,}5 \cdot 10^{-5}$
Коэффициент звукопоглощения	
при 100— 700 *гц*	0,02—0,10
» 800—1200 *гц*	0,12—0,15

Усадка линейная за 24 *ч* при 150° С, %, не более	1,3
Водопоглощение за 24 *ч*, *кг/м²*, не более	0,2
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*	0,12
Предел прочности, *кГ/см²*	
при сжатии	8—10
при статическом изгибе	12

Примечание. Усадка линейная, водопоглощение и предел прочности при сжатии даны по СТУ 14/07-419—63.

Пенопласт заливочный марки ФРП-1 (ВТУ 38—64). Представляет собой жесткий мелкопористый газонаполненный пластик на основе резольной фенол-формальдегидной смолы. ФРП-1 получается на месте применения путем заливки смешанных в заданных пропорциях двух жидких компонентов — резольной жидкой смолы марки ФРП-1 и кислого отвердителя (продукт ВАГ-1). Вспенивание и отверждение пластика ФРП-1 происходит при 15—25° С без подвода тепла извне. ФРП-1 применяется в качестве заливочного теплоизоляционного и конструкционного материала в различных трехслойных конструкциях, а также для отливки в формах изделий разнообразных размеров и конфигураций. Температура эксплуатации от —50 до +100° С. В закрытых объемах при отсутствии контакта с воздухом пенопласт ФРП-1 может выдерживать без разрушения многократное воздействие температур 400—450° С в течение 10 *мин* и воздействие вибрационных нагрузок с ускорением до 4 *g* при частотах до 500 *гц* в течение 3 *мин*. Пенопласт заливочный должен удовлетворять следующим требованиям:

Объемная масса, *г/см³*	0,04—0,06
Коэффициент теплопроводности при 20° С, *ккал/(м · ч · град)*, не более	0,04
Водопоглощение при 96%-ной относительной влажности за 24 *ч*, %, не более	25
Предел прочности при сжатии, *кГ/см²*, не менее	0,5

Пенопласт ФС-7-2 (МРТУ 6-05-958—65). Пенопласт ФС-7-2 представляет собой жесткий газонаполненный пластик на основе модифицированной новолачной смолы марки 18 с наполнителем (рубленое стекловолокно, вспученный перлит или вермикулит). Пенопласт выпускается двух марок: ФС-7-2-100 (с объемной массой 100 *кг/м³*) и ФС-7-2-70 (с объемной массой 70 *кг/м³*) — в виде плит размером 1200×1900 и 500×1000 *мм*, толщиной 25, 30, 35, 40, 45, 50 и 60 *мм* с оболочкой из конденсаторной бумаги или без оболочки, а также в виде фасонных изделий (скорлупы, полусобульбы и т. п.) без оболочек. Однако на действующем оборудовании можно выпускать плиты и фасонные изделия с объемной массой от 50 до 700 *кг/м³* в оболочках из ткани, бумаги, стеклоткани, стеклопластика, гетинакса и т. п., а также без оболочки. Пенопласт ФС-7-2 имеет мелкопористую равномерную структуру, не горит, не тлеет и не поддерживает горения. Он обладает малой гигроскопичностью, стоек к действию воды, масла, бензина, имеет нейтральную реакцию, т. е. не вызывает коррозии соприкасающихся с ним металлов, не имеет запаха, не поедается насекомыми и грызунами. Санитарными органами разрешено применять пенопласт ФС-7-2 для теплоизоляции жилых помещений и пищеблоков. Температура эксплуатации пенопласта от —55 до +100° С при любой относительной влажности.

Многолетняя (свыше 10 лет) эксплуатация пенопласта не вызывает изменения его теплоизоляционных свойств. Испытания, проведенные при —183 и 400—500° С показали способность ФС-7-2 работать при этих температурах.

В отличие от пенопластов ФК, пенопласт ФС-7-2 не подвержен термической усадке до 100° С.

Плиты ФС-7-2 легко обрабатываются обычными инструментами (пила, фреза и т. д.) и склеиваются между собой и с другими материалами клеями холодного отверждения.

Физико-механические свойства ФС-7-2

Показатели	ФС-7-2-100		ФС-7-2-70	
	по МРТУ	практические данные	по МРТУ	практические данные
Объемная масса, *кг/м³*, не более	100	90—100	70	65—70
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*	4	6—12	3	5—10
Стрела прогиба, *мм* (размеры образца 250 × 30 *мм*, толщина 20—60 *мм*; расстояние между опорами 200 *мм*)	—	8—15	—	—
Коэффициент теплопроводности, *ккал/(м · ч · град)*	0,045	0,04	0,045	0,04
Водопоглощение за 24 *ч*, вес. %	85	До 50	100	До 50
Гигроскопичность, %	2	0,5—1,5	2	0,1—1,5

Электрические свойства пенопласта ФС-7-2 изменяются в интервале температур 20—150° С при частоте 30 *Мгц* следующим образом:

Тангенс угла диэлектрических потерь	
при 20° С	$1{,}85 \cdot 10^{-2}$
» 150° С	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$
Диэлектрическая проницаемость	
при 20° С	1,24
» 150° С	2,15

ЛИТЕРАТУРА

1. Каргин В. А., Слонимский Г. С., Краткие очерки по физикохимии полимеров, Изд. «Химия», 1967.

2. Лосев И. П., Петров Г. С., Химия искусственных смол, Госхимиздат, 1951.

3. Барг Э. И., Технология синтетических пластических масс, Госхимиздат, 1954.

4. Лосев И. П., Тростянская Е. Б., Химия синтетических полимеров, Изд. «Химия», 1964.

5. Бродский Г. Ш., Феноло-формальдегидно-поливинилбутиральные смолы, Автореферат диссертации на соискание звания кандидата техн. наук, Москва, 1955.

Феноло-формальдегидные смолы и продукты на их основе

6. Справочник фанерщика, Гослесбумиздат, 1953.

7. Романов Н. Т., Клеи и замазки в деревообработке, Гослесбытиздат, 1957.

8. Шорыгина Н. В., Курочкина Г. И., ЖПХ, **31**, 81 (1958).

9. Шорыгина Л. В., Курочкина Г. И., Козельцев Л. И., Строительные материалы, № 12, 22 (1959).
10. Цыганкова Н. Я., Кадушина В. А., Применение фенольных смол для изготовления моделей и штампов, Пласт. массы, № 3, 49 (1960).
11. Шейдин И. А., Смирнов А. В., Демидова Л. А., Технология древесных пластиков, Гослесбумиздат, 1956.
12. Просяник Г. В., Данилевская Р. Г., Кроль М. С., Смолы, клеи и разделительные составы для литья в оболочковые формы, изд. МДТП им. Дзержинского, Москва, 1958.
13. Итинский В. И., Каменский И. В., Остер-Волков Н. Н., Органо-минеральный бесцементный бетон, Пласт. массы, № 6, 19 (1960).

Антикоррозионные материалы

14. Егоров И. А., Фаолит и его применение в промышленности, Госхимиздат, 1959.
15. Фаолитовые изделия, Каталог, Госхимиздат, 1951.
16. Сагалаев Г. В., Антегмит и его применение, Госхимиздат, 1956.
17. Лабутин А. А., Коррозия и способы защиты оборудования в производстве органических кислот и их производных, Госхимиздат, 1959.
18. Коррозионная и химическая стойкость материалов, Справочник под ред. Н. А. Долежаля, Машгиз, 1954.
19. Смирнов В. К., Вовшина Е. С., Пропитанный графит и его применение в химической промышленности, Госхимиздат, 1959.
20. Графитовые антифрикционные материалы, Обзор, составленный Л. А. Плуталовой, Центр. институт научно-технической информации, Москва, 1963.
21. Афанасьев П. А., Теплообменные аппараты из графита, Хим. пром., № 3, 36 (1954).
22. Лещина и Балашов, Опыт применения графалевой аппаратуры, Хим. пром., № 2, 52 (1954).
23. Бородина Н. А. и др. Практические характеристики теплообменной аппаратуры, Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева, **10**, № 1, 58 (1965).

Прессовочные материалы

24. Пик И. Ш. Прессовочные, литьевые и поделочные пластические материалы, Изд. «Химия», 1964.
25. Исследования в области термореактивных пластмасс, Госхимиздат, 1959.
26. Пластмассы в машиностроении, Машгиз, 1959.
27. Пластмассы в машиностроении, Сборник трудов Уральского совещания по пластмассам, Изд. АН СССР, 1955.
28. Михеев И. П., Прессматериалы на основе феноло-формальдегидных смол, Госхимиздат, 1955.
29. Ламба К. Д., Применение пластмасс в угольной промышленности, Госгортехиздат, 1960.
30. Варденбург А. К., Пластические массы в электротехнической промышленности, Госэнергоиздат, 1957.
31. Бранденбургер К., Основы прессования пластических масс, Госхимиздат, 1956.
32. Лосев И. П., Тростянская Е. Б., Неметаллические материалы и их применение в авиастроении, Оборонгиз, 1958.
33. Петров К. Д., Николаев М. Д. и др., О применении фенолоксазолидиновых материалов в приборостроении, Пласт. массы, № 2, 56 (1956).

34. Захаров В. А., Надежина Г. Н. и др., Зависимость физико-механических и электроизоляционных свойств некоторых прессматериалов от температуры. Сообщение I, Пласт. массы, № 2, 29 (1959). Сообщение II, Пласт. массы, № 3, 18 (1959).
35. Пик И. Ш., Производство изделий из пластмасс, Госхимиздат, 1964.
36. Ноткин Б. М., Беляев Г. Г., Пик И. Ш., Передовой опыт прессования изделий из пластических масс, Госхимиздат, 1958.
37. Ципес Л. Я., Соколов А. Д. и др., О прессовании изделий из новолачных прессматериалов, Пласт. массы, № 5, 67 (1960).
38. Пик И. Ш., Интенсификация процессов прессования изделий из термореактивных пластмасс, Пласт. массы, № 6, 75 (1960).
39. Дворецкий Ф. Г., Пластмассы в машиностроении, Машгиз, 1956.
40. Переработка пластических масс, Об-во по распространению полит. и научн. знаний, Ленинград, 1960.
41. Веселов В. А., Оборудование для переработки пластических масс в изделия, Машгиз, 1961.
42. Певзнер Л. В., Новые прессматериалы, Производство и переработка пластмасс и синтетических волокон, № 3, 33 (1965).

Слоистые пластики

43. Шугал Я. Л., Барановский В. В., Слоистые пластики, Госхимиздат, 1953.
44. Стеклотекстолиты и другие конструкционные пластики, Оборонгиз, 1960.
45. Генель С. В., Древесные пластики в технике, Изд. АН СССР, 1959.
46. Киселев Б. А., Бруевич В. Н., Термостойкие стеклотекстолиты ВФТ и ВФТС, Пласт. массы, № 1, 12 (1961).
47. Шейдин И. А., Смирнов А. В., Демидова Л. А., Технология древесных пластиков, Гослесбумиздат, 1956.

АМИНОПЛАСТЫ

Аминопластами называются прессовочные материалы на основе мочевино- или меламино-формальдегидных смол, а также мочевино- меламино-формальдегидных смол (в некоторых случаях модифицированных многоатомными спиртами, кремнийорганическими соединениями и др.).

Основным сырьем для производства аминопластов являются карбамид (мочевина), меламин (амид циануровой кислоты) и формалин. В качестве наполнителей для прессованных композиций на основе аминопластов применяют сульфитную целлюлозу, хлопковую целлюлозу (очесы, линт), асбест, древесную муку.

Необходимыми компонентами прессовочных композиций являются смазывающие и красящие добавки — стеараты кальция и цинка, стеарин, литопон и различные красители.

Мочевино-формальдегидные или меламино-формальдегидные смолы получают поликонденсацией мочевины или меламина с формальдегидом. При получении модифицированных смол модификатор вводят в реакционную смесь в процессе поликонденсации. Полученная смола смешивается с наполнителем, красителем и смазывающими компонентами и сушится. Окрашивание смолы может производиться не только во время смешения смолы с различными компонентами (мокрый метод), но и при измельчении сухой массы (сухой метод).

Аминопласты обладают рядом преимуществ по сравнению с феноло-формальдегидными прессовочными материалами: они не имеют запаха, светостойки, могут быть окрашены в любые светлые тона и абсолютно нетоксичны.

Основным недостатком изделий из прессматериалов на основе мочевино-формальдегидных смол является их склонность к растрескиванию при эксплуатации. Растрескивание является результатом химических реакций, продолжающих протекать в уже готовом отпрессованном изделии, и выделения летучих (паров воды и свободного формальдегида). Другой недостаток — высокое водопоглощение — объясняется небольшим молекулярным весом и высокой полидисперсностью.

Аминопласты нашли широкое применение в различных областях народного хозяйства в виде:

1) прессовочных материалов (порошков и волокнистых материалов);
2) клеев горячего и холодного отверждения;
3) слоистых пластиков;
4) пористых материалов.

ПРЕССОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Аминопласт (ГОСТ 9359—60). Представляет собой прессматериал на основе мочевино-формальдегидной смолы и сульфитной целлюлозы. Выпускается двух марок:

Марка А — для просвечивающих изделий.

Марка Б — для непрозрачных изделий.

По внешнему виду — это тонкодисперсный порошок, окрашенный в светлые тона, без посторонних включений. Образцы, отпрессованные из аминопластов, должны иметь блестящую, гладкую, равномерно окрашенную поверхность.

Аминопласт должен удовлетворять следующим требованиям:

Удельный объем, $см^3/г$	2,5—3,0
Предел прочности при статическом изгибе, $кГ/см^2$, не менее	
марка А	600
марка Б	800
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее	
марка А	5
марка Б	6
Удельное объемное электрическое сопротивление, $ом \cdot см$, не менее	$1 \cdot 10^{11}$
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	100
Усадка расчетная, %, не более	0,8
Текучесть по Рашигу, *мм*	60—160
Содержание влаги, %, не более	3
Содержание летучих, %	2,8—3,0
Время отверждения по конусному стаканчику, *сек*	60—80
Дисперсность (ГОСТ 3584—53), %, не более	
остаток на сите 018К	5
» » » 0355К	0

Аминопласты светостойки и стойки в кипящей воде.

Аминопласты хранят в крафтцеллюлозных мешках, помещенных в мешки из шпредированной ткани, в сухом помещении при температуре не выше 28° С.

Мелалит К-79—79 (ВТУ МХП М-733—56). Представляет собой композицию на основе меламино-формальдегидной смолы, сульфитной целлюлозы, смазывающих веществ (стеаратов цинка или кальция) и пигментов.

Подобно аминопласту мелалит представляет собой тонкий порошок, окрашивающийся в различные светлые, приглушенные или яркие тона.

Мелалит должен удовлетворять следующим требованиям:

Удельный объем, $см^3/г$, не более	3,5
Предел прочности при статическом изгибе, $кГ/см^2$, не менее	600
Удельная ударная вязкость, $кГ \cdot см/см^2$, не менее	5
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	120
Усадка расчетная, %, не более	0,8
Текучесть по Рашигу, *мм*	80—180
Содержание влаги и летучих, %, не более	4,5
Дисперсность (остаток на сите с ячейками 0,182 × ×0,182 *мм*), %, не более	5
Время отверждения по конусному стаканчику, *сек*	60—80
Стойкость к выщелачиванию формальдегида*, *мг/л*, не более	5

* Отпрессованное изделие на три четверти своего объема заливается 1%-ным раствором кипящей уксусной кислоты. Через 2 *ч* 50 *мл* этого раствора смешивают с 20 *мл* 0,1N раствора иода в иодистом калии и 10 *мл* 1н. раствора едкого натра и оставляют стоять 10 *мин* в темноте, после чего добавляют 15 *мл* 1N раствора серной кислоты и сразу же титруют 0,1 н. раствором тиосульфата натрия.

Мелаволокнит (ВТУ П-214—59). Представляет собой прессматериал на основе модифицированной меламино-формальдегидной смолы и наполнителя — хлопковых очесов (линта) — с добавкой смазывающих и красящих веществ.

Мелаволокнит имеет вид спутанных жестких волокон и должен отвечать следующим требованиям:

Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	500
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	6
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	25
Текучесть по Рашигу, *мм*	80—120
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	120
Водопоглощение, %, не более	0,5
Содержание летучих, %, не более	7

Мелаволокнит обладает хорошей водостойкостью и стойкостью к действию острого пара, при этом изделие не растрескивается, из него не экстрагируются ни краситель, ни смола.

Прессовочные материалы ВЭИ-11 горячего прессования (ВТУ 4107—53) и ВЭИ-11 холодного прессования (ТУ МХП М-692—56). Представляют собой композиции, состоящие из модифицированной меламино-мочевино-формальдегидной смолы с минеральными наполнителями — асбестом и тальком — с добавкой красителей и смазывающих веществ. В незапрессованном состоянии материал не должен иметь посторонних включений и загрязнений.

Материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

	ВЭИ-11 горячего прессования	ВЭИ-11 холодного прессования
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	250	200
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	3,0	1,7
Удельное электрическое сопротивление, не менее		
поверхностное, *ом*	10^9	10^{10}
объемное, *ом · см*	10^{11}	10^{11}
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	4	2
Дугостойкость при 10 *ма*, *сек*, не менее	60	60
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не менее	150	150
Текучесть по Рашигу, *мм*, не менее	120	100
Усадка расчетная, %, не более	1,0	—
Влажность, %	4—6	—
Содержание влаги и летучих по Дину и Старку, %	—	2—7
Дисперсность (остаток на сите с 25 отверстиями на 1 *см²*), %, не более	Не измельчается	15

Прессовочный материал ВЭИ-12 (ТУ МХП 3701—53). Представляет собой композицию, состоящую из модифицированной меламино-мочевино-формальдегидной смолы, волокнистого асбеста и смазывающего вещества (олеиновой кислоты).

В незапрессованном состоянии масса не должна иметь посторонних примесей и загрязнений. Отпрессованные изделия имеют гладкую блестящую поверхность без вздутий и трещин. Поверхность изделий серая, неоднотонная, с волокнистой структурой.

ВЭИ-12 должен удовлетворять следующим требованиям:

Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	450
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	10
Удельное электрическое сопротивление, не менее	
поверхностное, *ом*	10^8
объемное, *ом · см*	10^{10}
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	2
Дугостойкость при 10 *ма*, *сек*, не менее	40
Теплостойкость по Мартенсу, °С, не ниже	50
Текучесть по Рашигу, *мм*, не менее	90
Содержание влаги и летучих по Дину и Старку, %	3—6

ВЭИ-12 предназначается для изготовления методом горячего прессования под давлением изделий технического назначения, к которым предъявляют повышенные требования в отношении механических и диэлектрических свойств.

Прессовочные материалы марок К-77—51 (ТУ МХП 3883—53) К-78—51 (ТУ МХП М-559—54) и МФК-20 (ТУ П-82—57). Представляют собой композиции на основе модифицированной меламино-формальдегидной смолы с минеральными наполнителями и смазывающими веществами.

Эти материалы обладают хорошими электрическими свойствами, водостойкостью, высокой дугостойкостью, сочетающейся с дугогасительными свойствами, т. е. способностью при действии электрической дуги выделять азот, являющийся дугогасителем. Кроме того, эти материалы отличаются тропикостойкостью. Они должны удовлетворять следующим требованиям:

	К-77—51 и К-78—51	МФК-20
Плотность, *г/см³*	1,6—1,8	—
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	500	400
Удельная ударная вязкость *кГ · см/см²*, не менее	4	7
Удельное электрическое сопротивление, не менее		
поверхностное, *ом*	—	10^{10}
объемное, *ом · см*	—	10^{10}
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	12	3,5
Дугостойкость, *сек*, не менее		
при 6—6,5 *ма*	60	—
при 10 *ма*	—	130
Теплостойкость по Мартенсу, °С	130—150	150—180
Водопоглощение, *г/дм²*, не более	0,1	0,1—0,2
Маслостойкость (за 24 *ч* при 20±5° С), %, не более	0,03	—
Бензостойкость (за 24 *ч* при 20±±5° С), %, не более	0,03	—

Прессовочные материалы марок КМК-9 (ВТУ МХП 1П39—55), КМК-218 (ТУ МХП 63—57), К-41-5 (ВТУ МХП 4386—55) и КМС-9 (ТУ МХП П-98—57). Представляют собой композиции на основе модифицированной меламино-формальдегидной смолы с наполнителями: асбестом — для КМК-9 и КМХ-218 и стекловолокном — для К-41-5 и КМС-9.

Материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

Показатели	КМК-9	КМК-218	К-41-5	КМС-9
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см²*, не менее	300	300	500	400
Удельная ударная вязкость, *кГ · см/см²*, не менее	3	4,5	18	17
Твердость по Бринеллю, *кГ/мм²*, не менее	21	21	30	—
Удельное электрическое сопротивление, не менее				
поверхностное, *ом*	—	10^9—10^{10}	10^9	10^{13}
объемное, *ом · см*	10^{14}	10^{12}	10^{10}	10^{13}
Диэлектрическая проницаемость при 10 *гц*, не менее	7	—	—	4,7
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 *гц*, не менее	0,06	—	0,1—0,4	0,01 *
Электрическая прочность, *кв/мм*, не менее	13	5	2	4
Теплостойкость по Мартенсу, °С	130—150	130—150	130—150	140—150
Водопоглощение, %	0,1—0,2	0,1—0,2	0,1—0,2	0,1—0,2
Усадка, %	1,5	—	—	—

* При 10^6 *гц*.

Переработка аминопластов

Аминопласты перерабатываются в изделия методами холодного или горячего прессования с применением различных режимов переработки.

Ниже приведены режимы прессования аминопласта и мелалита, перерабатываемых методом горячего прессования:

	Аминопласт	Мелалит
Температура прессования, °С	135—145	150—165
Оптимальное удельное давление прессования, *кГ/см²*	105—420	105—420
Время выдержки (на 1 *мм* толщины), *мин*, не более	1	1

При прессовании рекомендуется применять таблетирование пресспорошка и подогрев таблеток токами высокой частоты.

При переработке мелаволокнита таблетирование не применяется, рекомендуется высокочастотный подогрев. Прессование производится при 150—160° С и удельном давлении 300—600 *кГ/см²*. Продолжительность выдержки в прессе составляет 1 *мин* на 1 *мм* толщины изделия.

Ниже приводятся режимы прессования аминопластов других марок.

Показатели	ВЭИ-11 холодного прессования	ВЭИ-12	К-77—51 и К-78-51	КМК-9, КМК-218, К-41-54 и КМС-9
Высокочастотный подогрев	—	Да	Да	Да
	—	—	100—110	—
Время подогрева, *мин*, не менее	—	—	5	—
Температура прессования, °С	10—30	130—140	160—175	130—180
Оптимальное удельное давление прессования, *кГ/см²*	600—1200	300—400	250—600	250—600
Время выдержки (на 1 *мм* толщины), *мин*, не более	0,5	1—1,5 *	5	1—10

* Отпрессованные образцы подвергаются дополнительной термической обработке в течение 2—3 *ч* при 125—135° С.

Применение аминопластов

Аминопласты нашли широкое применение в различных областях народного хозяйства. Мелалит и аминопласт марок А и Б используются главным образом для изготовления изделий народного потребления — детских игрушек, галантерейных и канцелярских товаров, посуды, причем посуда из мелалита может применяться для хранения горячей пищи. Посуда из мелалита отличается легкостью, гигиеничностью, прочностью. Аминопласт марки Б предназначается для изготовления бритвенных приборов, корпусов электробритв.

Аминопласт, окрашенный фосфоресцирующими красителями, используют для изготовления электроарматуры, сигнальных кнопок и т. п. Меловолокнит применяется для изготовления катушек в текстильной промышленности для запарки на них высококачественных сортов шелка, а также для других технических целей.

Меламино-формальдегидные смолы с минеральными наполнителями предназначены для производства дугостойких материалов с высокими электроизоляционными показателями, различных электродвигателей, сухих выключателей высокого напряжения, дугогасильных камер (МФК-20), шахтного оборудования (К-78-51).

КЛЕИ НА ОСНОВЕ АМИНОСМОЛ

В виде водных растворов аминосмолы применяются в качестве клеев горячего и холодного отверждения в деревообрабатывающей и мебельной промышленности.

Достоинством клеев на основе аминосмол является их способность клеить древесину с большой влажностью (8—15%), негорючесть, стойкость к воде, маслам и бензину, а также к воздействию микроорганизмов. Недостатком клеев является то, что они содержат 2—3% свободного формальдегида, который загазовывает помещения.

Выпускаются клеи следующих марок.

Клей К-17. Готовится на основе мочевино-формальдегидной смолы МФ-17 (ТУ МХП 2538—55). В качестве катализаторов отверждения используют 10%-ный водный раствор щавелевой кислоты. Жизнеспособность клея (время, в течение которого клей не желатинизируется) составляет 3—5 *ч*. Применяется для холодного и горячего склеивания, устойчив к действию высоких температур.

Ниже приводятся данные о прочности клеевого шва клея К-17 на различных породах древесины:

Порода древесины	Прочность клеевого шва при сдвиге, *кГ/см²*	
	непосредственно после склеивания	через 6 лет при комнатной температуре
Граб	180—190	184—188
Бук	156—165	142—160
Дуб	147—154	150—154
Сосна	68—72	66—72

Для склеивания дерева клеем К-17 наносят с одной или двух сторон 1 слой клея (при расходе 240—400 *г/м²*) и выдерживают изделие 4—5 *ч* при 20—35° С или 12—15 *мин* при 80—100° С (при давлении 1—5 *кГ/см²*).

Клей МФСМ. Готовится на основе мочевино-формальдегидной смолы МФСМ, характерной особенностью которой является то, что процесс ее отверждения при склеивании древесины сопровождается значительно меньшим выделением формальдегида по сравнению с другими видами карбамидных смол. Отвердителем для смолы МФСМ служит порошкообразный хлористый аммоний (1 вес. ч. на 100 вес. ч. смолы).

Клей применяется в производстве фанеры, древесно-стружечных плит и т. д. Расход клея в производстве фанеры 100—110 *г/м²*.

Клей ММС. Готовится на основе мочевино-меламино-формальдегидной смолы ММС с отвердителем хлористым аммонием. Жизнеспособность клея не менее 6 *ч*.

Клей предназначается для склеивания методом горячего прессования фанеры, деталей и узлов мебели, музыкальных инструментов, а также для склеивания строительных конструкций из древесины при нагревании в поле токов высокой частоты. Расход клея 100—120 *г/м²*.

Ниже приводятся данные о прочности склеивания древесины клеем ММС при нагревании в поле тока высокой частоты:

Порода древесины	Удельное давление *кГ/см²*	Время склеивания *сек*	Предел прочности при скалывании *кГ/см²*		
			в сухом виде	после выдержки в воде в течение 24 *ч*	после кипячения в воде в течение 1 *ч*
Сосна	5	10	85	60	50
Дуб	15—19	15	135	130	100
Бук	10	15	120	80	60
Береза	5	10	110	65	45

Клей ММФ. Готовится на основе мочевино-меламино-формальдегидной смолы ММФ с использованием в качестве отвердителя 20%-ного раствора фосфорной кислоты. Жизнеспособность клея 3,5—4 *ч*.

Клей применяется для склеивания деревянных конструкций, работающих в условиях повышенной влажности.

Клей М-70. Готовится на основе мочевино-формальдегидной смолы М-70 с отвердителем хлористым аммонием. Время отверждения с 1% NH_4Cl 30—50 *сек*, жизнеспособность клея 0,5—2 *ч*.

Клей применяется для горячего и холодного склеивания фанеры, деталей мебели и т. п. Срок хранения клея 3—4 месяца.

Ниже приводятся данные о влиянии времени введения отвердителя на длительность отверждения клея К-17 и М-70.

Время от начала введения NH_4Cl *мин*	Продолжительность отверждения, *сек*	
	Марка смолы	
	МФ-17	М 70
5	129	37
25	125	35
60	119	31
120	115	—

СЛОИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АМИНОСМОЛ

Смолы для изготовления слоистых пластиков получают конденсацией меламина или меламина и мочевины с формальдегидом до образования сиропообразного раствора. Далее на специальных пропиточных машинах бумажные листы пропитывают этим раствором с последующей их сушкой. Высушенные листы режутся по заданному размеру и набираются в пакет для прессования.

Раствором смолы пропитывается специальная наполненная литопоном или двуокисью титана бумага, иногда с рисунком или просто окрашенная, которая идет на лицевой (наружный) слой пакета. Внутренние слои пакета набираются из крафтцеллюлозной бумаги, пропитанной феноло-формальдегидными смолами.

Слоистые пластики были получены на основе мочевино-меламино-формальдегидной смолы ММ-54-У, содержащей в качестве катализатора отверждения моноуреид фталевой кислоты.

Бумага, пропитанная мочевино-меламино-формальдегидной смолой ММ-54-4, должна отвечать следующим требованиям:

Содержание смолы, % . . . . . 50—55
Содержание летучих, % . . . . . 2—3

Набранные пакеты (верхние листы из бумаги, наполненной и окрашенной, пропитанной смолой ММ-54-У, а внутренние — из крафтцеллюлозной бумаги, пропитанной феноло-формальдегидными смолами) прессуются между полированными стальными обогреваемыми плитами этажного пресса при температурах 125—140° С.

Окрашенный лицевой слой бумаги при прессовании не изменяет своего рисунка, поэтому часто этот верхний слой имитируют под различные породы древесины, камня. Однотонный или покрытый каким-либо узором слоистый пластик применяется для облицовки столов кафе, закусочных, стен газетных киосков, метро. Им отделывают стены кают морских и речных судов, так как он очень красив и гигиеничен, его можно мыть теплой водой с мыслом так же, как стены, выкрашенные масляной краской. Он

стоек к действию растворителей, температуры и даже к кратковременному воздействию очень горячих предметов. Из слоистого пластика изготавливают несмывающиеся стрелки указателей, различные дорожные знаки.

Слоистый пластик выпускается по ГОСТ 9590—61 и должен удовлетворять следующим требованиям:

Плотность, *г/см*³	1,4
Предел прочности при статическом изгибе, *кГ/см*²	1000
Твердость по Бринеллю (для листов толщиной 5 *мм*), *кГ/мм*²	25
Теплостойкость по Мартенсу, °С	140—150
Водопоглощение, %	4
Стойкость к кипячению	Должен выдерживать кипячение в горячей воде без расслоения, набухания и вздутий

ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АМИНОСМОЛ

На основе мочевино-формальдегидных смол получают пористый материал — мипору, представляющую собой затвердевшую пену белого цвета с микроячеистой структурой.

Мипора получается при смешении мочевино-формальдегидной смолы с пенообразователем (контактом Петрова) и катализатором отверждения с последующим отверждением в формах и сушкой при 30—50° С в течение трех суток. Изготавливается она в виде блоков размером 0,025 *м*³, толщиной 100 и 200 *мм*.

Выпускаются следующие марки мипор.

Мипора-Н (ВТУ 2967—51) — огнестойкая (благодаря введению в композицию ортофосфорной кислоты).

Мипора (ТУ 3258—52).

Мипора должна удовлетворять следующим требованиям:

Объемная масса, *кг/м*³, не более	20
Коэффициент теплопроводности *ккал/(м · ч · град)*, не более	0,026*
Влажность, %, не более	12
Эластичность	При сжатии на 20% материал не должен разрушаться

* При средней температуре 91,5° С.

Мипора-Н должна выдерживать пробу на воспламеняемость в среде кислорода, мипора — пробу на горючесть (обугливаться, но не загораться открытым пламенем при 500° С).

Мипора применяется, как теплоизоляционный материал в строительной промышленности, а также в кислородных установках, стационарных и транспортных сосудах для хранения и перевозки жидкого кислорода. Кроме того, мипора применяется как тепло- и звукоизоляционный материал для пассажирских вагонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барг Э. И., Технология синтетических пластических масс, Изд. «Химия», 1964.

2. Лосев И. П., Тростянская Е. Б., Химия синтетических полимеров, Госхимиздат, 1951.

3. Горбунов В. Н., в сб. «Пластмассы в машиностроении», Машгиз, 1959.

4. Потиевская С. А., Исследования в области синтеза смол на основе мочевины и производных фурана, Автореферат диссертации на соискание степени кандидата технических наук, Днепропетровский химико-технологический ин-т им. Ф. Э. Дзержинского, Днепропетровск, 1964.

5. Николаев А. Ф., Синтетические полимеры и пластмассы на их основе. Изд. «Химия», 1965.

6. Лосев И. П., Тростянская Е. Б., Химия синтетических полимеров, Изд. «Химия», 1964.

7. Темкина Р. З., Технология синтетических смол и клеев. Изд. «Лесная промышленность», 1965.

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТМАСС

В СССР использование синтетических полимеров и пластических масс для изготовления изделий, находящихся в постоянном контакте с человеком, для производства пищевой посуды, тары и упаковочного материала, труб водоснабжения, игрушек и т. п. допускается только с разрешения органов Государственного санитарного надзора. В ряде гигиенических и токсикологических лабораторий системы здравоохранения и промышленности проводится систематическое изучение и гигиеническая оценка различных синтетических полимеров и пластических масс, так как известны отдельные случаи заболеваний, вызванные синтетическими смолами и пластмассами при их использовании[1—6].

Вне зависимости от назначения пластической массы работу по ее гигиенической оценке следует начинать с санитарно-гигиенического анализа, позволяющего иногда даже без специальных токсикологических исследований, лишь на основании уже имеющихся данных о токсичности входящих в полимер компонентов, решить вопрос о степени ее вредности. Санитарно-гигиенические исследования включают органолептические и химико-гигиенические исследования. Первые имеют своей целью определение органолептических свойств самих пластических масс или изделий из них, а также сред, контактирующих с ними (воздуха, воды, продуктов питания, лекарств и т. д.). Вторые позволяют выявить характер и интенсивность выделения из пластмасс в окружающий воздух или другие контактирующие среды незаполимеризовавшихся мономеров, добавок и других низкомолекулярных веществ.

Методика санитарно-химического анализа пластических масс пищевого назначения описана в специальной инструкции[7], разработанной Московским научно-исследовательским институтом гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана и утвержденной Главной госсанинспекцией СССР 29 мая 1962 г. за № 401—62.

Наряду с определением веществ, входящих в полимерные композиции, рекомендуется определять суммарное количество[8] водорастворимых органических веществ в водных вытяжках.

В ряде случаев гигиеническая оценка пластических масс не может даваться только на основании органолептических и химико-гигиенических исследований. Так, при использовании пластмасс в строительстве, для изготовления одежды, обуви и т. д. необходимо определять некоторые показатели физических свойств пластмасс, имеющих гигиеническое значение (теплопроводность, воздухо- и паропроницаемость, гигроскопичность, электропроводность и др.), а также проводить наблюдения с целью выяснения физиологического влияния пластмасс на организм людей.

При использовании пластмасс для производства водопроводных труб необходимо проводить микробиологические исследования для выяснения влияния материала труб на бактериальный состав воды.

Особое значение имеет изучение химического состава продуктов термоокислительной деструкции пластмасс и их биологического действия, так как

процессы переработки пластмасс в изделия (литье, экструзия, формование, каландрование, прессование и т. д.) связаны с нагревом материала до высоких температур.

В продуктах термоокислительной деструкции пластических масс, как правило, содержатся окись углерода, вещества, использованные при синтезе (например, мономеры), а также вещества, образовавшиеся в процессе разложения. Большую опасность представляет окись углерода, а у полимеров, содержащих азот и галоиды — также цианистый водород, фосген и галоидоводороды.

Для гигиенической оценки пластических масс решающее значение имеют данные об их токсичности.

Биологическая активность пластических масс определяется наличием в них незаполимеризовавшихся мономеров, а также характером добавок (пластификаторов, стабилизаторов, красителей, наполнителей, антистатических веществ, порофоров, эмульгаторов, инициаторов, катализаторов и регуляторов полимеризации), используемых при их синтезе.

Незаполимеризовавшиеся мономеры, а также различные добавки могут постепенно выделяться из пластмасс и загрязнять воздух или другие контактирующие с ними среды. Процессы выделения веществ из пластмасс и миграции их в какие-либо экстрагенты (воду, жиры и т. д.) происходят уже при обычной температуре; при повышенной же температуре, а также при действии кислорода и других факторов скорость этих процессов резко возрастает.

Судить о безвредности пластмассы только на основании токсикологической оценки отдельных ее компонентов нельзя; необходимо главным образом оценивать токсичность готовых изделий, так как при переработке могут появиться свойства, которыми ранее материал не обладал.

Наличие в полимере компонентов определенного химического строения указывает на необходимость проведения соответствующих исследований на канцерогенность. В отдельных случаях необходимы исследования по выявлению среди использованных химических веществ тератогенов и мутагенов[10].

В настоящей главе приводятся сведения о токсичности пластмасс и их компонентов.

ПОЛИОЛЕФИНЫ

Полиэтилен высокого давления (низкой плотности)

Различные вытяжки (растворы пищевых кислот, солей, спирта, сахара и т. д.) из полиэтилена высокого давления при скармливании их животным оказываются практически нетоксичными, хотя в них и переходит некоторое количество органических и бромирующихся веществ. Продукты, содержащиеся в емкостях из полиэтилена, приобретают посторонний запах и привкус. При затаривании в пакеты из полиэтиленовой пленки такого явления не наблюдается[11]. Не обнаруживается также вымывания вредных веществ из полиэтилена в вина и имитирующие их модельные среды[12]. Практически нетоксичными являются и сухие остатки водных, спиртовых и уксуснокислых вытяжек[13].

Не выявлено какого-либо влияния полиэтиленовых труб на физико-химические и органолептические свойства питьевой воды[14]. Хранение воды и этилового спирта в полиэтиленовой фляге в течение нескольких недель также не вызывает ухудшения их свойств[15].

При обработке полиэтилена высокого давления горячим жиром (80° С) наблюдается миграция в жир частиц полимера[16]. Из полиэтилена в жиры

могут мигрировать олигомеры. Это вызывает ухудшение качества пищевых продуктов, богатых липидами [17].

Полиэтилен высокого давления при нагревании до 150° С выделяет кислоты, эфиры, непредельные углеводороды, перекисные и карбонильные соединения (формальдегид и ацетальдегид), двуокись углерода и окись углерода [18].

Полиэтилен среднего давления

Из полиэтилена среднего давления в воду могут выщелачиваться восстановители, ионы алюминия и в некоторых случаях — хрома. Водные вытяжки из этого полимера имеют чрезвычайно низкую токсичность [19].

Полиэтилен низкого давления (высокой плотности)

Полиэтилен низкого давления при введении его через рот является практически нетоксичным [20, 21]. Из полимера в воду переходят восстановители, ионы алюминия, титана и хлора, из стабилизированных образцов — также и стабилизаторы. Водные вытяжки из полиэтилена при длительном скармливании их животным оказываются почти нетоксичными [20]. На основании полученных данных [20] Министерство здравоохранения СССР разрешило использовать для изготовления труб для холодного хозяйственно-питьевого водоснабжения ряд марок полиэтилена низкого давления (см. «Список материалов, разрешенных Министерством здравоохранения СССР и РСФСР для применения в контакте с пищевыми продуктами, водой и для производства игрушек и других предметов быта», а также МРТУ № 6-05-890—65 на полиэтилен низкого давления).

Сухие остатки водных, спиртовых и уксуснокислых вытяжек из полимера практически нетоксичны [13]; также не обнаружено перехода вредных веществ из полиэтилена в вина и имитирующие их модельные растворы [12].

Иногда полиэтиленовые изделия приобретают своеобразный запах. Этот запах возникает вследствие изменения строения полимера в результате термоокислительной деструкции при его переработке и связан с продуктами его окисления. Появления запаха у полиэтилена можно избежать, перерабатывая полимер при не очень высоких температурах или используя антиоксиданты [22].

При нагревании полиэтилена низкого давления до 150° С выделяется сложная смесь летучих продуктов, содержащая кислоты, эфиры, непредельные углеводороды, перекисные и карбонильные соединения (формальдегид и ацетальдегид), двуокись углерода и окись углерода [18].

В парогазовоздушной смеси, образующейся при нагревании полиэтилена до 210—250° С, также обнаруживают альдегиды (в том числе формальдегид), непредельные углеводороды, органические кислоты, хлорорганические соединения и окись углерода. Продукты термоокислительной деструкции полиэтилена низкого давления обладают способностью вызывать как острые, так и хронические отравления [23,24].

Полипропилен

Однократное внутрижелудочное введение белым мышам нестабилизированного полипропилена в дозе 5 *г/кг* не вызывает гибели животных. Однако у мышей, убитых через 2 недели после введения, при патогистологическом исследовании находят нерезко выраженные изменения в некоторых внутренних органах (белковая дистрофия печени, почек, сердца) [21].

Продукты термоокислительной деструкции полипропилена при 150—220° С содержат в своем составе кислоты, эфиры, непредельные углеводороды, перекисные и карбонильные соединения (формальдегид и ацетальдегид), двуокись углерода, окись углерода [18, 24].

Вдыхание продуктов термоокислительной деструкции полипропилена вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, нарушение ритма дыхания, расстройство координации движений и понижение возбудимости нервной системы. Кроме того, наблюдается снижение температуры тела. При патологоанатомическом исследовании было обнаружено полнокровие внутренних органов, явления бронхита, очаговая эмфизема легких и белковая дистрофия печени (по экспериментальным данным) [21].

Сополимер этилена с пропиленом (СЭП)

Продукты термоокислительной деструкции сополимера этилена с пропиленом (при 150—240° С) содержат кислоты, эфиры, непредельные углеводороды, перекисные и карбонильные соединения (формальдегид и ацетальдегид), двуокись углерода и окись углерода [18, 25].

Они обладают раздражающим действием на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. Образующаяся парогазовоздушная смесь вызывает острые и хронические отравления (по экспериментальным данным) [25].

ПОЛИСТИРОЛ

Токсичность полистирола в основном определяется количеством незаполимеризовавшегося мономера. Стирол обладает неспецифическим (наркотическим) и специфическим действием на организм, оказывая влияние на нервную систему, печень и кровотворение. Пары стирола раздражают слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз [26-28]. Предельно допустимая концентрация стирола в воздухе производственных помещений [29] составляет 5 *мг/м*^{3}.

Интенсивность выделения стирола из пластмассы зависит от ее физических свойств, температуры окружающей среды и времени хранения. При нагревании навески пенистого полистирола до 60° С в течение длительного времени (около месяца) происходило выделение в воздух стирола в концентрации, снижающейся от 0,017 до 0,001 *мг/л;* других продуктов не обнаруживается [30].

При воздействии на организм эмульсионного полистирола обнаруживались изменения в печени и селезенке, обусловленные действием остаточного мономера (стирола) в количестве 0,2—0,4% (по экспериментальным данным).

Изделия из блочного и эмульсионного полистирола выделяют органические вещества в воду. При обработке их растворами, имитирующими пищевые продукты, в последних обнаруживается стирол в концентрациях от 0,02 до 0,3 *мг/л*. Изделия из эмульсионного полистирола выделяют стирол в модельные среды в количестве от 0,1 до 0,26 *мг/л*. Длительное введение животным водных вытяжек из блочного и эмульсионного полистирола вызывает в организме ряд функциональных изменений [32].

Установлено, что при контакте с водой из гранул полистирола марок СНП-2, УП-1Э и ПС-СУ$_2$ мигрируют вещества восстановительного характера, непредельные соединения, стирол и пластификаторы (диоктил- и дибутилфталат). При повышении температуры миграция протекает более активно. Интенсивность и характер вымывания стирола различны для разных марок

полистирола и зависят от содержания остаточного мономера, способа получения материала и его физико-механических свойств.

Стирол обнаруживается в наименьших количествах в вытяжках из СНП-2. Максимальная концентрация его при 60° С составляет 1,3 *мг/л*, а при 20° С — 0,2 *мг/л*. Из ПС-СУ$_2$ стирол вымывается при 20° С до концентрации 0,74 *мг/л*, а при 60° С — до 3,7 *мг/л*. Наиболее интенсивно стирол переходит в воду из полистирола марки УП-1Э: его концентрация в вытяжках достигает 7,4—8,9 *мг/л* при 60° С и 2,3 *мг/л* при 20° С. В процессе настаивания СНП-2 и ПС-СУ$_2$ концентрация стирола в повторных вытяжках со временем уменьшается, тогда как из УП-1Э стирол вымывается в больших концентрациях даже при выдерживании его в воде в течение года .Водные вытяжки из ударопрочного полистирола указанных марок вызывают небольшие обратимые изменения в крови (по экспериментальным данным). Ударопрочный полистирол марки СНП-2 рекомендован для изготовления санитарно-технических изделий и изделий широкого потребления, не подвергающихся нагреванию.

Сополимер стирола САМ при попадании в желудочно-кишечный тракт не оказывает вредного влияния на организм. Однако пыль этого же полимера при хроническом вдыхании не индифферентна, так как может вызвать пневмокониотический * процесс [33].

Предельно допустимая концентрация аэрозоля сополимера САМ в воздухе производственных помещений составляет 5 *мг/м*^{3}.

Продукты термоокислительного распада СНП при нагревании до 160—240° С содержат стирол, цианистый водород и окись углерода. Картина острого отравления у животных характеризуется резким возбуждением, учащением дыхания, появлением судорог; в крови появляется карбоксигемоглобин. Парогазовоздушная смесь, содержащая стирол (0,03—0,18 *мг/л*), цианистый водород (0,0018—0,0028 *мг/л*) и окись углерода (0,03—0,04 *мг/л*), вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Продукты термоокислительного распада полистирола марки СНП могут вызвать также хроническое отравление. В производственных условиях должны быть приняты все меры, исключающие возможность попадания этих продуктов в зону дыхания работающих [34].

Продукты термоокислительной деструкции сополимера стирола с нитрилом акриловой кислоты (СН-28) при температуре 160—230° С содержат стирол, нитрил акриловой кислоты, цианистый водород и окись углерода. При остром отравлении продуктами распада сополимера СН-28 отмечается незначительное возбуждение, учащение дыхания, судороги, наличие карбоксигемоглобина в крови, снижение температуры тела [35, 36].

Продукты термоокислительной деструкции СН-28П при 160—230° С содержат в своем составе стирол, нитрил акриловой кислоты, дибутилфталат, цианистый водород и окись углерода. При остром отравлении этими продуктами наблюдаются резкое возбуждение, учащение дыхания, снижение температуры тела, судороги; в крови обнаруживается карбоксигемоглобин. Комбинированное действие следов стирола, нитрила акриловой кислоты (0,388 *мг/л*), дибутилфталата (0,02 *мг/л*), цианистого водорода (0,01 *мг/л*) и окиси углерода (0,17—0,24 *мг/л*) вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Возможно также хроническое отравление продуктами термоокислительного распада СН-28П [35, 36]. На предприятиях должны быть приняты меры, исключающие возможность попадания продуктов деструкции в воздух производственных помещений.

---

* Пневмокониоз — вызываемое пылью общее заболевание с преимущественным поражением легких.

ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТ

Поливинилацетат обладает очень слабой биологической активностью; даже многократное введение его в кровеносное русло кроликов вызывает только незначительную анемию, уменьшение удельного веса крови и весьма слабо выраженное снижение осмотической стойкости эритроцитов [37]. Токсические свойства поливинилацетата определяются наличием остаточного мономера (винилацетата), а также характером входящих в его состав пластификаторов, например эфиров фталевой и ортофосфорной кислот.

Винилацетат обладает наркотическим и общетоксическим действием, а также резко раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. При концентрации в воздухе порядка 0,01 *мг/л* уже через минуту человек ощущает слабый запах, к которому при концентрации винилацетата 0,1 *мг/л* присоединяются явления раздражения [38]. Пары винилацетата могут вызвать химический ожог роговой оболочки глаз при концентрации в воздухе [39] 4 *мг/л*. Непосредственное попадание на кожу вызывает сильное раздражение и даже омертвение ее [38]. Предельно допустимая концентрация винилацетата в воздухе производственных помещений — 10 *мг/м*^{3}. Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе, а также максимально разовая и среднесуточная концентрация [29] составляют 0,2 *мг/м*^{3}.

Токсические свойства клеев, лаков и красок, изготовленных из поливинилацетата, определяются также добавками растворителей, пластификаторов, красок и аппретур.

Некоторые виды клеев разрешены для склеивания папирос, а также пакетов при условии затаривания в них сыпучих продуктов с влажностью не более 15% и при отсутствии контакта клея с пищевыми продуктами.

ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ (ПВС)

Многочисленные исследования позволили применять 2—3%-ные растворы ПВС (поливинол) как эффективное кровозамещающее средство [40, 41]. В последнее время в СССР и за рубежом появились сообщения о наличии некоторых марок ПВС, обладающих токсическим действием. Многократные подкожные введения белым крысам 5%-ного раствора ПВС вызывают у животных сосудистые расстройства, множественные поражения внутренних органов, омертвение печени и поджелудочной железы. Авторы считают, что токсичность поливинилового спирта определяется его физико-химическими свойствами [42].

Однократные и многократные введения поливинилового спирта в желудок и подкожно не вызывают у животных заметных патологических изменений. При вдыхании высокодиспергированного порошкообразного поливинилового спирта в концентрации 20—50 *мг/м*^{3} в течение 9 месяцев пневмокониотических изменений в легких подопытных животных не обнаруживается.

Продукты термоокислительной деструкции поливинилового спирта при 170° С содержат непредельные углеводороды, альдегиды, органические кислоты и окись углерода. Парогазовоздушная смесь, содержащая непредельные углеводороды (0,02 *мг/л*), органические кислоты (0,0007 *мг/л*) и окись углерода (0,05—0,2 *мг/л*), вызывает у подопытных животных раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. При длительном вдыхании продуктов термоокислительной деструкции отмечается повышение возбудимости нервной системы и снижение иммунобиологических свойств организма; кроме того, обнаруживаются явления бронхита, хронической интерстициальной пневмонии и дистрофические изменения в печени [21].

ПОЛИВИНИЛАЦЕТАЛИ

При однократном введении максимально возможных доз в желудок или легкие поливинилбутираль не вызывает у животных заметных сдвигов в организме [33].

Токсичность поливинилацеталей может проявляться при наличии в них незаполимеризовавшихся мономеров (ацетальдегида, паральдегида, формальдегида), мигрирующих стабилизаторов (этаноламина) и пластификаторов, в качестве которых применяются высокотоксичные три-*о*-крезилфосфат и хлорированный дифенил. Не исключена возможность воздействия и гидроперекиси, образующейся [43, 44] при контакте поливинилацеталей с кислородом воздуха.

При использовании поливинилацеталей для изготовления изделий токсическое действие могут оказывать также применяемые растворители. Так, например, при получении поливинилбутиральной (бутварной) пленки основную опасность представляет возможность выделения в производственные помещения бензола [45].

Поливинилбутиральная эмульсия разрешена для склеивания тары под пищевые продукты (см. Приложение).

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД

Токсичность композиций из поливинилхлорида обусловливается главным образом содержанием в них незаполимеризовавшегося мономера и добавок, вводимых в полимер для придания ему необходимых свойств.

Из поливинилхлорида и изготовленных из него изделий происходит миграция мономера — хлористого винила [48–49].

У рабочих, занятых в производстве поливинилхлорида, наблюдаются различные нервные, ангионевротические, желудочно-кишечные и кожные изменения, вызванные действием хлористого винила [46, 47].

Порошкообразный поливинилхлорид в эксперименте на животных вызывает поражения легких [48]; на кожу людей оказывает несильное раздражающее действие [50, 51].

Для стабилизации поливинилхлорида используются неорганические, металлоорганические и органические соединения. В качестве неорганических и металлоорганических стабилизаторов обычно применяются соединения свинца, олова, цинка, кадмия и других металлов. Стабилизаторы могут мигрировать из поливинилхлорида в контактирующие с ними среды [52–56]. Вследствие этого поливинилхлоридные трубы, стабилизированные соединениями свинца, непригодны для хозяйственно-питьевых водопроводов [14, 52, 53, 57].

Пластификаторы, вводимые в поливинилхлорид, также способны относительно легко мигрировать из полимера [58]. Зарегистрирован ряд отравлений пищевыми продуктами, которые были упакованы в пластифицированную трикрезилфосфатом пленку, а также при прямом контакте кожных покровов с пластиком, содержащим трикрезилфосфат [59–67]. Поэтому для пластификации изделий, с которыми может соприкасаться человек, должны использоваться только нетоксичные пластификаторы.

В результате термоокислительной деструкции поливинилхлорида в воздух может попадать смесь различных ядовитых веществ: окиси углерода, хлорированных углеводородов, хлористого водорода, альдегидов и др. [68–70]. Такие парогазовоздушные смеси вызывают отравления в эксперименте на животных [68] и являются причиной ряда заболеваний у работающих на производстве [69].

Перхлорвиниловые полимеры

При скармливании или введении в желудок животным перхлорвиниловой смолы в дозах 0,1—1,0 *г/кг* в течение 10—20 дней видимых признаков токсического действия не обнаруживается. Нанесение в течение 9—10 дней концентрата смолы в хлорбензоле на кожу живота кролика также не вызывает видимых изменений [71].

Ткани, изготовленные из хлориновых и ацетохлориновых волокон, выделяют в воздух хлористый водород, хлорорганические вещества и ацетон. Хлорорганические соединения мигрируют в воздух из всех тканей уже при комнатной температуре; миграция прогрессирует с повышением температуры и особенно усиливается при 50° С. При 20° С выделение хлористого водорода и ацетона наблюдается лишь из ткани, содержащей 85,7% хлориновых волокон и 14,3% капрона. Из остальных тканей хлористый водород и ацетон поступают в воздух лишь при более высоких температурах (30—50° С) [72].

ФТОРОПЛАСТЫ

Продукты термоокислительной деструкции фторопластов могут содержать в своем составе мономеры (например, тетрафторэтилен, трифторхлорэтилен и др.), окись углерода, фторфосген, фтористый водород, перфторизобутилен и другие летучие фторорганические вещества. При термоокислительной деструкции фторопласта-3 выделение хлористого водорода и фтористого водорода наблюдается при 260° С, а фторхлорфосгена — при 360° С (по экспериментальным данным) [73]. При термоокислительной деструкции фторопласта-4 фторфосген обнаруживается [74] при 500—550° С.

Наиболее токсичны фторфосген, фтористый водород и перфторизобутилен. Летучие вещества, выделяющиеся при нагревании фторопластов выше 300° С, вызывали синдром, напоминающий «металлическую лихорадку» (озноб, высокая температура, раздражение верхних дыхательных путей, кашель, одышка и т. д.) [75].

У животных, павших в результате вдыхания продуктов термоокислительной деструкции фторопластов, наблюдаются явления отека легких и дистрофические изменения в почках, а также воспаление легких. Смерть наступает при явлениях асфиксических судорог, что связано с наличием в продуктах термоокислительной деструкции окиси углерода [76].

ПОЛИАКРИЛАТЫ

Полиметилметакрилат

Полиметилметакрилат широко применяется в различных областях пластической хирургии, в частности для пластики роговицы, так как он легко совмещается с тканями глаза [77]. Вместе с тем в блочном полиметилметакрилате содержится до 3,4% остаточного мономера (метилметакрилата) [43]. Мономеры, а также входящие в состав пластмассы пластификаторы и красители, могут вызывать воспалительные изменения слизистых оболочек. Влиянием остаточного мономера, а возможно, и указанных добавок объясняются различные патологические изменения слизистой оболочки полости рта у людей пользующихся съемными зубными протезами из полиакрилатов [13].

Метилметакрилат обладает выраженным наркотическим и общетоксическим действием, поражает печень [78]. Жидкий метилметакрилат и его пары

оказывают раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз [79-80]. Пары метилметакрилата выделяются в воздух рабочих помещений при изготовлении изделий из пресспорошка марки Л-1; у многих рабочих этого производства обнаружены воспалительные заболевания верхних дыхательных путей и глаз, падение артериального давления [81].

Пары метилакрилата также обладают резким раздражающим действием на слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Жидкий метилакрилат вызывает ожог кожи, а при попадании в глаза — воспаление слизистой оболочки [82]. Предельно допустимая концентрация паров метилакрилата в воздухе производственных помещений [29] составляет 20 *мг/м*³.

Полиакрилонитрил

При однократном воздействии больших доз (3 *г/кг*), вводимых животным через рот, или при вдыхании в виде паров высоких концентраций (16—25 *мг/л*) полиакрилонитрил не оказывает видимого влияния на организм. Однако он способен кумулироваться в организме, вызывая изменения со стороны печени, щитовидной железы и почек [83].

Акрилонитрил-мономер обладает высокой токсичностью и напоминает по своему действию неорганические цианиды. Опасность его усугубляется способностью проникать через неповрежденную кожу. Он оказывает также раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз. При длительном контакте с кожей акрилонитрил вызывает ожоги [84-87]. Предельно допустимая концентрация нитрила акриловой кислоты в воздухе производственных помещений [29] составляет 0,5 *мг/м*³.

При термическом разложении орлона (синтетического волокна из полиакрилонитрила) в присутствии воздуха обнаружено [88] выделение цианистого водорода, окислов азота, аммиака, окиси углерода и двуокиси углерода. При термическом разложении орлона в атмосфере азота (при полном отсутствии кислорода) выделяются цианистый водород, аммиак, водород, метан, ненасыщенные углеводороды. Возможной причиной отравления при нагревании полиакрилонитрила является выделение цианистого водорода [89].

Полиакриламид

Синтетический флокулянт полиакриламида ПАА с содержанием остаточного мономера 2,8% и следами гипса при однократном введении животным оказывается малотоксичным. В хроническом опыте на белых крысах он вызывает лишь незначительные изменения [90]. Добавление ПАА к водопроводной воде в концентрации 2 *мг/л* не вызывает изменений ее органолептических свойств. Предельно допустимая концентрация полимера марки ПАА в питьевой воде составляет 2 *мг/л*.

У рабочих, занятых в производстве искусственного волокна из полиакриламида, отмечаются выраженные вегетативные, сосудистые и эндокринные расстройства, а также заболевания органов пищеварения, почек, периферической и центральной нервной системы. Эти заболевания отчасти объясняются влиянием диметилформамида, используемого в этом производстве в качестве растворителя [91, 92].

Диметилформамид оказывает местное раздражающее действие на кожу, на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз. При остром отравлении большими концентрациями диметилформамида возникают нарушения дыхания и кровообращения, а затем и смерть. При хроническом отравлении отмечаются нарушения со стороны центральной нервной системы (по экспериментальным данным) [93]. Предельно допустимая концентрация паров диметилформамида в воздухе производственных помещений составляет [29] 10 *мг/м*³.

АМИНО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И ПЛАСТМАССЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Токсические свойства амино-формальдегидных смол определяются наличием в них свободных мономеров (формальдегид и анилин), способных выделяться в окружающую среду, а также специальных веществ, вводимых в пластическую массу для придания определенных свойств (катализаторы отверждения, например фталевая кислота; стабилизаторы, например гексаметилентетрамин, и пигменты).

Формальдегид — раздражающий газ, обладающий также общей ядовитостью. Особенно сильно действует на центральную нервную систему. Обладает способностью угнетать ряд ферментов в организме. Острые отравления формальдегидом сопровождаются раздражением слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз, а также кожи при прямом контакте. Хроническое отравление характеризуется заболеванием нервной системы.

Легкое раздражающее действие на слизистые оболочки формальдегид оказывает уже при концентрации 9,5 *мг/м*³.

Предельно допустимые концентрации формальдегида составляют: в воздухе производственных помещений — 1 *мг/м*³; в атмосферном воздухе — 0,035 *мг/м*³ (максимально разовая) и 0,012 *мг/м*³ (среднесуточная); в воде водоемов — 0,5 *мг/л*.

Анилин — сильный яд, особенно опасный при непосредственном контакте с кожей. Не исключена возможность отравления и при вдыхании его паров. Отравление характеризуется переводом оксигемоглобина в метагемоглобин и проявляется в кислородном голодании (синюха, головная боль и головокружение, сердечно-сосудистая недостаточность, иногда потеря сознания, а в более тяжелых случаях психические нарушения). Хроническое отравление вызывает повышение артериального давления, замедление пульса, анемию, расстройства пищеварения, желтушность, заболевание печени и почек, иногда психические нарушения.

Предельно допустимая концентрация анилина в воздухе производственных помещений [29] составляет 3 *мг/м*³.

Сами амино-формальдегидные смолы малотоксичны [94]. У рабочих, занятых в их производстве, часто наблюдаются поражения кожи типа дерматитов, а также конъюнктивиты, причиной появления которых является формальдегид, выделяемый в воздух при отверждении смол. Эти явления наблюдались у 30% рабочих [95].

Производство амино-формальдегидных пресспорошков также связано с выделением в воздух формальдегида, анилина, аммиака, метанола и пыли смол; последняя может вызвать изменения со стороны верхних дыхательных путей типа ринитов и изъязвления слизистой оболочки носа, вплоть до прободения носовой перегородки.

В опытах на кроликах установлено, что пыль аминопластов способна вызывать функциональные изменения со стороны нервной системы, а также развитие в легких процесса разрастания соединительной ткани (замещающей легочную ткань), отличного, однако, от процесса, вызываемого некоторыми видами минеральной и металлической пыли [96].

У рабочих, занятых в производстве пресспорошков из аминопластов, наблюдаются частые заболевания дыхательных путей. С увеличением стажа возрастает число рабочих, страдающих этими заболеваниями [96, 97], вызываемыми механическим раздражением слизистой оболочки носа и дыхательных путей пылью пресспорошков и одновременно формальдегидом, выделяющимся из нее [98]

Предельно допустимая концентрация пыли амино-формальдегидных пресспорошков в воздухе производственных помещений составляет 6 *мг/м*³.

Нагревание амино-формальдегидных смол до 45—65° С не усиливает выделения ингредиентов из них. Нагревание же пресспорошков аминопластов до 200° С и выше приводит к выделению в воздух альдегидов, аммиака, окиси углерода и других веществ. Продукты термоокислительной деструкции аминопластов вызывают раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей и обладают значительно большей общей токсичностью, чем каждая из составных частей при изолированном действии [99].

При пиролизе меламино-формальдегидных смол в воздух выделяется окись углерода и цианистый водород [100].

Клеи и лаки, полученные из амино-формальдегидных смол, выделяют в окружающую среду летучие и растворимые компоненты. Так, клей К-17, изготовленный на основе мочевино-формальдегидной смолы с добавкой каустической соды и этиленгликоля, вызывает у рабочих мебельных фабрик дерматиты, конъюнктивиты, головные боли и снижение аппетита [101].

Из посуды, изготовленной на основе мочевино-формальдегидных смол, выделяется формальдегид [102].

При использовании амино-формальдегидных полимеров для коммунального строительства воздух помещений может загрязняться компонентами этих полимеров. Изучение мастичных полов, изготовленных из поливинилацетата и содержащих в качестве составной части меламино-мочевино-формальдегидную смолу, показало, что в течение года в воздух помещений выделялся формальдегид; нарушение режима проветривания приводило к тому, что содержание в воздухе формальдегида превышало предельно допустимую среднесуточную концентрацию этого вещества, принятую для атмосферного воздуха, а в отдельных случаях даже максимально разовую допустимую концентрацию [103].

ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И ПЛАСТМАССЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Токсические свойства феноло-формальдегидных новолачных и резольных полимеров определяются, в первую очередь, наличием в них остаточных мономеров. Так, резольные феноло-формальдегидные полимеры могут содержать до 14% свободного крезола, до 9—10% фенола и значительное количество формальдегида [43]. Не исключена также возможность специфического действия смолы [104, 105].

Фенолы — сильные яды, которые могут вызывать поражения нервной системы как в результате вдыхания их или их пыли, так и при попадании на кожу, на которую кроме того, действуют прижигающе. Наиболее тяжелые поражения наблюдаются при попадании фенола на кожу, особенно в в виде 70—80%-ных растворов. Смачивание 25—50% поверхности кожи такими растворами может привести к смертельному отравлению. Отравление парами возможно при концентрации порядка 8,8—12,2 *мг/м*³.

Многоатомные фенолы в производственных условиях лишь изредка бывают причиной кожных заболеваний; общих отравлений ими не наблюдается.

Предельно допустимые концентрации фенола составляют: в воздухе производственных помещений — 5 *мг/м*³; в атмосферном воздухе — 0,01 *мг/м*³ (максимально разовая и среднесуточная) [29]; в воде водоемов — 0,001 *мг/л*.

Наиболее характерным для феноло-формальдегидных полимеров является их действие на кожу, вызывающее появление дерматитов и экзем; так, например, у 32 из 116 рабочих, соприкасавшихся с полимерами, наблюдались различные заболевания кожи [106].

Первые признаки кожного заболевания при контакте с полимерами появляются через 2—5 недель после начала работы. Дерматиты и экземы наблюдаются у 20—30% рабочих. Специальными методами диагностики (капельными тестами) можно установить наличие у людей повышенной чувствительности к феноло-формальдегидным полимерам [105].

В процессе производства полимеров токсическое действие зависит в основном от характера применяемых добавок и растворителей. На отдельных участках возможно загрязнение воздуха фенолом, формальдегидом, метанолом, аммиаком, фурфуролом, крезолом, а также пылью полимеров и компонентов, входящих в их состав [97].

Метанол — сильный, преимущественно нервный и сосудистый яд, с резко выраженной способностью к кумуляции. Токсическое действие его основано на окислении в организме до токсичных муравьиной кислоты и формальдегида. Пары метанола сильно раздражают слизистые оболочки дыхательных путей и глаз. При попадании в организм любым путем (через легкие, кожу и желудок) он вызывает поражения зрительного нерва и сетчатки глаз, приводящие и при острых, и при хронических отравлениях к слепоте. При отравлении через желудок метанол вызывает паралич периферических кровеносных сосудов, а также кислородное голодание.

Предельно допустимые концентрации составляют: в воздухе производственных помещений — 50 *мг/м*³; в атмосферном воздухе — 1,5 *мг/м*³ (максимально разовая) и 0,5 *мг/м*³ (среднесуточная) [29]; в воде водоемов — в пределах общесанитарных норм содержания органических веществ [107].

Аммиак оказывает сильное раздражающее действие преимущественно на слизистые оболочки верхних дыхательных путей; высокие концентрации в воздухе вызывают возбуждение центральной нервной системы вплоть до судорог, резкие расстройства кровообращения и дыхания; возможен отек гортани и легких. Попадание концентрированных водных растворов в глаза может привести к полной слепоте.

Предельно допустимая концентрация в воздухе производственных помещений [29] составляет 20 *мг/м*³.

Нагревание феноло-формальдегидных смол до 30—40° С мало влияет на выделение в воздух их компонентов. При нагревании до 55—65° С фенол и формальдегид начинают выделяться в значительно больших количествах, чем при комнатной температуре [94].

При производстве пресспорошков из фенопластов возможно загрязнение воздуха пылью пресспорошков, фенолом и формальдегидом [97].

Таблетирование пресспорошков и изготовление изделий из них сопровождается загрязнением воздуха пылью пресспорошков, концентрация которой достигает 150—240 *мг/м*³, а также выделением в воздух рабочих помещений фенола, формальдегида и аммиака [96, 97].

Пыль пресспорошков фенопластов способна вызывать функциональные изменения со стороны нервной системы, а также выраженный процесс развития в легких соединительной ткани, отличный от изменений, вызываемых некоторыми видами минеральной и металлической пыли. Рабочие, занятые на этих производствах, жалуются на головную боль, раздражительность, слабость, плохой аппетит. При обследовании найдено значительное количество больных ларингитами, бронхитами и эмфиземой легких. У работающих с пресспорошками наблюдаются и заболевания кожи типа дерматитов [96, 97].

Предельно допустимая концентрация пыли пресспорошков фенопластов в воздухе производственных помещений [29] составляет 6 *мг/м*³.

Изготовление изделий из фенольных пресспорошков методом горячего прессования сопровождается выделением в воздух фенола, аммиака, окиси углерода и некоторых других неидентифицированных веществ. При этом продукты термоокислительной деструкции фенопластов, составляющие

газовую смесь, действуют значительно сильнее, чем каждая из составных частей смеси при изолированном действии. Так, смесь продуктов, образующихся при нагревании фенопластов, оказалась более чем в шесть раз токсичнее фенола [99].

Токсические свойства стеклопластиков на основе феноло-формальдегидных полимеров определяются применением ряда вредных веществ для их производства. При подготовке связующего для стеклопластиков также могут применяться различные токсичные добавки. Например, при производстве связующего марки АГ-4 добавляется некоторое количество анилина и этанола. При получении СВАМ феноло-формальдегидный полимер используется в комбинации с эпоксидной смолой марки ЭД-6, а в качестве растворителя применяется ацетон. Кроме того, производство стеклопластиков характеризуется постоянным контактом рабочих со стекловолокном и пылью стекловолокна [108, 109]. В связи с высоким содержанием свободной двуокиси кремния пыль стекловолокна может вызывать пневмокониоз — общее заболевание, выражающееся в замещении легочной ткани соединительной. Обломки стекловолокна, легко проникающие в кожу, часто служат причиной травматических дерматитов.

Предельно допустимая концентрация пыли стекловолокна в воздухе производственных помещений [29] составляет 3 *мг/м*^{3}.

При производстве теплоизоляционных плит на основе феноло-формальдегидных полимеров основным неблагоприятным фактором является возможность загрязнения воздуха пылью, содержащей феноло-формальдегидный полимер и добавки. Так, при получении плит марки ФС-7, кроме пыли полимера, в воздухе находится пыль порофора 57 (динитрила азо-бис-изомасляной кислоты) и технический уротропин. В воздухе цехов содержится также фенол, аммиак, цианистый водород и формальдегид [110].

Динитрил азо-бис-изомасляной кислоты (порофор 57) — яд, токсическое действие которого обусловлено отщеплением в организме цианогруппы с развитием характерных для действия этой группы симптомов.

Уротропин (гексаметилентетрамин) способен вызывать дерматиты и экземы, начинающиеся на коже рук и распространяющиеся на предплечье, шею и лицо.

У рабочих, занятых в производстве пористых материалов на основе феноло-формальдегидных полимеров, отмечаются хронические заболевания верхних отделов дыхательных путей (рино-фарингиты и трахеиты), изменения со стороны крови (патологические изменения эритроцитов и лейкоцитов), заболевания почек (белок и кровь в моче). Характерны также поражения кожи типа экзем и дерматитов, которые вызываются развившейся повышенной чувствительностью к самому полимеру и к уротропину, а также травматизацией стекловолокном [110].

При использовании древесно-стружечных плит на основе феноло-формальдегидных полимеров возможно выделение фенола и формальдегида в воздух помещений [103]. Недопустимо изготовление посуды из феноло-формальдегидных полимеров, так как из такой посуды будет выделяться формальдегид [102].

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ И ПЛАСТМАССЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Исходные вещества, используемые для синтеза кремнийорганических полимеров — алкил(или арил)галоидсиланы и эфиры ортокремневой кислоты — обладают высокой степенью токсичности.

Для алкил(арил)хлорсиланов характерен быстрый гидролиз с выделением соляной кислоты при контакте с влагой воздуха. При непосредственном

контакте этих жидкостей с кожей и слизистой оболочкой глаз наблюдается резкое раздражение с последующим омертвением тканей; даже быстрое промывание водой не спасает глаза от повреждения.

Пары всех алкил(арил)хлорсиланов также обладают выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Степень токсичности кремнийорганических эфиров и характер их действия на организм определяются скоростью гидролиза. Легко гидролизующиеся монофункциональные алкил(арил)хлорсиланы (метилтрихлорсилан, этилтрихлорсилан, хлорметилтрихлорсилан) вызывают преимущественно поражение верхних дыхательных путей с быстрым нарастанием симптомов раздражения и исчезновением их после прекращения воздействия [111–114]. При этом длительный контакт с влагой воздуха уменьшает раздражающие свойства продуктов [113], что объясняется более слабым раздражающим действием соляной кислоты, образовавшейся в воздухе, по сравнению с соляной кислотой, которая образуется непосредственно на тканях [115].

Ди- и трифункциональные алкил(арил)хлорсиланы, обладающие меньшей способностью к гидролизу, имеют скрытый период действия (фенилтрихлорсилан, дихлорфенилтрихлорсилан, метилфенилдихлорсилан, этилфенилдихлорсилан), поражают более глубокие отделы дыхательных путей и характеризуются вялым, затяжным течением отравления [111, 116–118]. Интенсивность раздражающего действия алкил(арил)хлорсиланов повышается с увеличением числа атомов хлора в молекуле.

Фторированные силаны обладают более сильным раздражающим действием, чем хлорированные [113].

Все эти продукты при попадании в организм через дыхательные пути, кожу (многие из них легко проникают через неповрежденную кожу) и рот вызывают резкие сосудистые расстройства, вплоть до кровоизлияний и отека легких, а также повреждают паренхиматозные органы (печень и почки). При многократных повторных отравлениях малыми концентрациями паров алкил(арил)хлорсиланов могут появляться хронические фарингиты, трахеиты и бронхиты.

Эфиры ортокремневой кислоты не подвергаются гидролизу, но тем не менее они оказывают раздражающее действие на ткани. Наибольшей токсичностью отличаются соединения с большим количеством оксигрупп. Из тетраэтоксисилана, метилтриэтоксисилана, диметилэтоксисилана и этокситриметилсилана наиболее токсичным является тетраэтоксисилан [119]. Однако триэтоксисилан значительно токсичней, чем тетраэтоксисилан [120].

Все этоксисиланы обладают скрытым периодом действия и способны накапливаться в организме (сами или продукты их превращения). Кроме резкого раздражающего действия, они оказывают общетоксическое действие с преимущественным поражением печени, почек и сердечно-сосудистой системы [120, 121].

Токсические свойства аминозамещенных эфиров ортокремниевой кислоты определяются свойствами самого эфира; введение амина лишь усиливает раздражающее действие. Диаминозамещенные эфиры более токсичны, чем моноаминозамещенные. Так, гексаметилендиаминотриэтоксисилан (АГМ-3) оказался значительно более токсичным, чем γ-аминопропилтриэтоксисилан (АГМ-9). АГМ-3 обладает умеренно выраженным местным раздражающим действием и способностью проникать через кожу; АГМ-3 и продукты его превращения могут накапливаться в организме; при повторных контактах чувствительность к нему восприимчивых особей повышается.

Технический АГМ-3 менее токсичен, чем чистый, но сильнее раздражает кожу в связи с наличием примеси непрореагировавшего гексаметилендиамина. При нагревании до 100—150° С технический АГМ-3 также более

токсичен, чем чистый, так как при этом из него выделяется гексаметилендиамин.

Гексаметилендиамин — продукт, оказывающий резкое раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки глаз и вызывающий изменения со стороны крови, а также сосудистые нарушения в легких, почках и сердце.

Предельно допустимая концентрация в воздухе производственных помещений [29] составляет 1 *мг/м*³.

Пары АГМ-9 в обычных условиях не вызывают острого отравления, но способны накапливаться в организме[122].

Предельно допустимая концентрация дихлорфенилтрихлорсилана, фенилметилдихлорсилана, метилфторфенилдихлорсилана, трихлорсилана и триэтоксисилана в воздухе производственных помещений [29] составляет 1 *мг/м*³.

Полимерные кремнийорганические соединения в подавляющем большинстве случаев нетоксичны; например, метилфенилсилоксановый полимер при нормальных условиях не оказывает токсического действия [123]. Некоторые полимерные кремнийорганические соединения применяются даже в виде защитных гидрофобных кремов, предохраняющих кожу от раздражающего действия других химических соединений. Установлено, что 10%-ный полиметилсилоксановый и 10%-ный полиэтилсилоксановый кремы совершенно не раздражают и хорошо защищают кожу [124]. Полисилоксановая жидкость, представляющая собой продукт гидролитической полимеризации в основном тетраэтоксисилана, при комнатной температуре также не оказывает токсического действия на организм [121].

При нагревании полиметилфенилсилоксанового полимера до 200—250° С выделяются летучие продукты, представляющие собой непрореагировавшие кремнийорганические эфиры, обладающие выраженным общетоксическим и раздражающим действием, характерным для алкил(арил)хлорсиланов [121, 123].

В производстве кремнийорганических полимеров и силоксанового каучука опасность представляют летучие мономеры, их примеси, растворители и продукты деструкции полимеров.

На некоторых предприятиях, производящих кремнийорганические соединения и силоксановый каучук, наблюдается загрязнение воздуха цехов анилином, гексаметилендиамином, соляной кислотой, окисью углерода, формальдегидом, бензолом, бензойной кислотой, акрилонитрилом, бензоилом, диметилхлорсиланом, а при работе с фторированными кремнийорганическими эфирами, кроме того, и фтористыми соединениями [125].

Производство резиновых изделий из силиконового каучука также сопровождается выделением значительных количеств летучих кремнийорганических соединений, формальдегида, окиси углерода [125].

На токсичность полимерных кремнийорганических соединений могут оказывать влияние добавки, использованные при синтезе. Так, например, летучие вещества, выделяющиеся при 200° С из пенопласта К-40, изготовленного с применением порофора 57, вызывают в эксперименте на животных картину отравления, характерную для отравления цианидами (резкое полнокровие внутренних органов, кровоизлияния и отек легких, а также раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей). Продукты, выделяющиеся при нагревании до 200° С из пенопласта К-40А-18, для вспенивания которого применяется порофор 18 (динитрозопентаметилендиамин), не оказывают подобного действия [123].

Бензол — сильный яд, который в высоких концентрациях действует главным образом на центральную нервную систему, вызывая наркоз и судороги. При многократном воздействии низких концентраций развивается поражение кроветворных органов (аплазия костного мозга и лейкопения), в тяжелых случаях приводящее к смерти. Жидкий бензол довольно сильно раздражает кожу.

Предельно допустимые концентрации бензола составляют: в воздухе производственных помещений — 20 *мг/м*³; в атмосферном воздухе — 2,4 *мг/м*³ (максимально разовая) и 0,8 *мг/м*³ (среднесуточная) [29]; в воде водоемов — 0,5 *мг/л*.

Пары нагретой бензойной кислоты вызывают тошноту, рвоту и резкое раздражение дыхательных путей, проявляющееся в виде кашля и насморка. При многократных непосредственных контактах кислоты с кожей возможны дерматиты.

ФУРАНОВЫЕ ПОЛИМЕРЫ

Токсичность фурановых полимеров определяется свойствами незаполимеризовавшихся мономеров (фурфурола, фурфурилового спирта, ацетона) и низкомолекулярных продуктов их конденсации.

Фурфурол-ацетоновый мономер ФА является токсичным продуктом. При отравлении им развиваются изменения со стороны крови и функционального состояния центральной нервной системы; при патогистологическом исследовании животных обнаружено поражение печени, почек и легких. Мономер ФА способен всасываться через неповрежденную кожу. Токсические эффекты мономера ФА и фурфурола аналогичны и отличаются лишь по степени выраженности. Фурфурол и ацетон представляют основную опасность для людей при производстве и применении мономера ФА [126].

Из пластбетона на основе фурфурол-ацетонового мономера в воздушную среду выделяется фурфурол и ацетон [103].

Фурфурол — нервный яд, отравление которым сопровождается судорогами и параличами; сравнительно слабо раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Порог восприятия запаха 1—1,5 *мг/м*³. Десятиминутное вдыхание фурфурола в концентрации 500 *мг/м*³ вызывает раздражение слизистой оболочки носа и легкую тошноту. При продолжительном действии его в концентрации 7—53 *мг/м*³ наблюдаются конъюнктивиты, поражение слизистых оболочек дыхательных путей с ослаблением обоняния, заболевания органов пищеварения. Возможны также экземы и дерматиты [127–129].

Предельно допустимые концентрации составляют: в воздухе производственных помещений — 10 *мг/м*³; в атмосферном воздухе (максимально разовая и среднесуточная) [29] — 0,05 *мг/м*³.

Ацетон — наркотик. Внезапных острых отравлений ацетоном почти не происходит, так как для этого требуются очень высокие трудно достижимые концентрации ацетона в крови. При длительном вдыхании ацетон медленно выводится из организма, накапливается в нем; вследствие этого создается возможность хронического отравления [130, 131].

Предельно допустимая концентрация ацетона в воздухе рабочих помещений составляет 200 *мг/м*³, в атмосферном воздухе (максимально разовая и среднесуточная) — 0,35 *мг/м*³ [29].

Неотвержденные фурановые полимеры могут вызывать дерматиты, в том числе и аллергического характера [132].

ПОЛИАМИДЫ

Изделия из волокна найлон, полученного поликонденсацией гексаметилендиамина с адипиновой кислотой, могут вызывать раздражение кожи из-за присутствия в них добавок (красителей). При повторном нанесении одного из образцов найлона на кожу людей отмечалась воспалительная реакция [133].

Под влиянием полиамидных пылей (поликапроамида и полигексаметилендиамида) в легких возникают незначительные изменения [134].

Поликапроамид всегда содержит некоторое количество остаточного мономера — капролактама, который может оказывать вредное воздействие на организм. Содержание остаточного мономера [135] в готовом продукте обычно не превышает 1%, но иногда достигает [136] 8—12%.

ε-Капролактам может вымываться из пластмассы в воду и среды, имитирующие пищевые продукты. Количество вымываемого капролактама зависит от его содержания в испытуемом образце пластмассы, от температуры и размеров смачиваемой поверхности и не зависит от экстрагирующего раствора [136].

ε-Капролактам хорошо растворяется в воде, имеет выраженный неприятный горький вкус и запах. При остром отравлении капролактамом наблюдаются одышка, судороги и смерть от остановки дыхания (по экспериментальным данным) [137]. При повторном вдыхании пыли капролактама отмечаются дистрофические изменения в печени и почках. Нанесение на кожу насыщенного водного раствора приводит к гиперемии и шелушению кожи (по экспериментальным данным) [138].

Рабочие, занятые на производстве капронового волокна, при концентрации капролактама 0,003—0,009 *мг/л* и динила 0,06 *мг/л* жалуются на тошноту, плохой аппетит, изжогу, утомляемость, потерю веса, головные боли; у них отмечается ряд вегетативных нарушений [139]. Даже при более низких концентрациях капролактама и динила (соответственно 0,0004—0,0009 *мг/л* и 0,0008—0,04 *мг/л*) у рабочих капронового производства наблюдаются сосудистые неврозы и изменения функционального состояния печени [140, 141].

Предельно допустимая концентрация капролактама в воздухе производственных помещений [29] составляет 10 *мг/м*³.

Динил представляет собой эвтектическую смесь ароматического углеводорода дифенила и дифенилоксида, взятых в соотношении 26,5 : 73,5. При длительном круглосуточном воздействии он может вызывать хроническое отравление, сопровождающееся рядом функциональных сдвигов и изменением морфологического состава крови [142].

Предельно допустимая концентрация динила [29] в воздухе производственных помещений составляет 10 *мг/м*³.

Из пластинок, приготовленных из полиамидных смол 54 и 548, состоящих из 50% капролактама и 50% соли АГ (смола 54) или из 44% капролактама, 37% соли АГ и 19% соли СГ (смола 548), при контакте их с модельными растворами, имитирующими пищевые продукты, выделялись капролактам (555—1440 *мг/л*) и гексаметилендиамин (2,5 *мг/л*). Миграция достигала максимума на 14-е сутки экспозиции [143]. Соль АГ — продукт взаимодействия адипиновой кислоты и гексаметилендиамина, соль СГ — себациновой кислоты и гексаметилендиамина. У людей, соприкасающихся на производстве с гексаметилендиамином, отмечаются нарушения сосудисто-вегетативной реакции и изменения со стороны крови.

Полиамид 68 признан пригодным для использования в молочной промышленности [144].

ПОЛИУРЕТАНЫ

Полиуретаны оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, что объясняется воздействием входящих в их состав диизоцианатов [145]. Имеют место острые отравления у рабочих, занятых пропиткой тканей полиуретанами; при этом были обнаружены раздражение дыхательных путей, набухание и гиперемия слизистых оболочек, нарушение дыхания [146]. У маляров-пульверизаторщиков, работавших с полиуретановыми

лаками, наблюдаются аллергические заболевания (бронхиальная астма, экземы).

Наиболее неблагоприятным в гигиеническом отношении является синтез полиуретановых лаков, нанесение их на готовые изделия и хранение полиуретановых изделий в рабочих помещениях [147].

В производстве пенополиуретанов воздушная среда может быть загрязнена толуилендиизоцианатом. Наиболее высокие концентрации наблюдаются при напылении пенополиуретанов [148]. При изготовлении пенополиуретановых плит и различных других формованных изделий основным токсичным веществом являются пары толуилендиизоцианата [149]. На этом производстве отмечаются острые воспалительные заболевания верхних дыхательных путей, трахеиты, бронхиты, бронхиальная астма.

Применяемый при синтезе полиуретанов толуилендиизоцианат обладает выраженным раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки дыхательных путей и глаз. У многих людей наблюдается повышенная чувствительность к этому веществу, из-за которой они не переносят повторного контакта с ним. Толуилендиизоцианат является аллергеном и может вызывать бронхиальную астму и экземы. Алифатические диизоцианаты обладают преимущественно раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки; ароматические оказывают меньшее раздражающее действие, но более склонны вызывать сенсибилизацию. Имели место случаи отравления толуилендиизоцианатом при распылении и нанесении его в составе лака на поверхность мебели на мебельной фабрике. Симптомы отравления развиваются от 1,5 *ч* до 3 недель после контакта и выражаются в кашле, одышке и загрудинных болях, хрипах в легких, кровохарканье, пневмонии [150].

Пороговая концентрация толуилендиизоцианата по запаху [151] составляет 0,2 *мг/м*³. Предельно допустимая концентрация толуилендиизоцианата в воздухе производственных помещений [29] — 0,5 *мг/м*³; среднесуточная предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе населенных мест [151] — 0,02 *мг/м*³.

Используемый при синтезе полиуретанов бутандиол-1,4 является малотоксичным веществом. Предельно допустимая концентрация его в воздухе производственных помещений [152] составляет 500 *мг/м*³.

ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ

Токсичность эпоксидных смол обусловливается как действием самих смол, так и влиянием содержащихся в них незаполимеризовавшихся мономеров, промежуточных продуктов реакции поликонденсации, низкомолекулярных разбавителей и отвердителей. Под влиянием эпоксидных смол возникают различные формы дерматитов и экзем, часто аллергического характера [153–161].

Причиной раздражающего и сенсибилизирующего действия могут быть сами эпоксидные смолы [159, 162–166], мономеры (эпихлоргидрин, дифенилолпропан) [167–172], отвердители [157, 160, 162, 173–179].

Общая токсичность эпоксидных смол, особенно отвержденных, невысока [94, 157, 163, 166, 180, 181].

Раздражающие и сенсибилизирующие свойства эпоксидных смол ограничивают возможность использования этих смол для изготовления тех изделий, с которыми человек вступает в прямой контакт (игрушки, одежда, обувь, тара и упаковка для пищевых продуктов и т. д.).

При работе с эпоксидными смолами требуется тщательно соблюдать необходимые меры предосторожности (см. «Санитарные правила при работе с эпоксидными смолами», утвержденные ГСИ СССР 27 декабря 1960 г. за № 348—60). При наблюдении в течение более 10 лет за 250 лицами,

работающими с эпоксидными смолами в исследовательском институте, не было обнаружено никаких симптомов резорбтивного действия. Лишь у 24 человек были отмечены не резко выраженные признаки раздражения кожи, глаз и верхних дыхательных путей. В этом учреждении при работе соблюдались строгие меры предосторожности [181].

При нагревании эпоксидных смол в воздух выделяются эпихлоргидрин, толуол и другие вещества. Летучие продукты термоокислительной деструкции эпоксидных смол способны вызывать острые, подострые и хронические отравления [163, 165, 166].

НЕНАСЫЩЕННЫЕ ПОЛИЭФИРЫ

Токсические свойства ненасыщенных полиэфиров обусловливаются ядовитостью их составных частей: полиэфиров линейного строения, низкомолекулярных непредельных соединений (мономеров), инициаторов и ускорителей, ингибиторов, наполнителей, красителей.

Особую опасность может представлять выделение в окружающую среду «сшивающих» агентов (например, стирола), так как их содержание в композиции иногда бывает значительным (до 50%).

Используемые в качестве инициаторов органические перекиси и гидроперекиси (перекись бензоила, гидроперекись изопропилбензола и др.) обладают раздражающим и общетоксическим действием [182–184].

Существенным источником загрязнения воздуха вредными веществами являются процессы получения изделий из стеклопластиков на основе ненасыщенных полиэфирных смол. В рабочих помещениях даже при изготовлении малогабаритных изделий из стеклопластиков и несмотря на хороший воздухообмен концентрация стирола в воздухе может достигать значительной величины. При изготовлении связующего (смесь ненасыщенного полиэфира с мономером, инициатором, ускорителем и т. д.), мойке тары и изготовлении изделий путем напыления смолы, стирол в воздухе обнаруживается в концентрациях [109] 0,1—0,6 *мг/л*. У лиц, занятых изготовлением опытных изделий из стеклопластиков холодного отверждения с использованием в качестве связующего полиэфирмалеинатов, были обнаружены изменения в состоянии здоровья, связанные с действием паров стирола [185].

Из стеклопластиков холодного отверждения, изготовленных на основе ненасыщенных полиэфирмалеинатов марок ПН-1, ПН-3 и НПС-609-23, в воздух может выделяться стирол и гидроперекись изопропилбензола, способные вызвать отравление [186, 187]. Количество выделяющихся летучих веществ зависит от степени отверждения смолы (полноты полимеризации).

При производстве армированных пластиков вредное воздействие на рабочих оказывают стирол, инициаторы, ускорители и стекловолокно [188–192].

У лиц, изготовляющих стеклопластики на основе полиэфирмалеинатов контактным способом и методом напыления, отмечаются дерматиты. Наблюдаются случаи локального раздражения кожи и слизистых оболочек при попадании на них брызг или капель связующего [109].

Ненасыщенные полиэфиры могут вызывать сенсибилизацию организма [193, 194].

Для оздоровления условий труда в производстве изделий из стеклопластиков на основе ненасыщенных полиэфирных смол рекомендуется применять ненасыщенные полиэфиры [195], отверждение которых происходит не в результате добавления низкомолекулярных отвердителей (стирол и др.), а из-за наличия в них концевых групп, представляющих собой остатки одноосновных ненасыщенных кислот (метакриловой, акриловой и т. д.). Благодаря этому в воздухе рабочих помещений значительно уменьшается концентрация вредных веществ.

АЛКИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ

Описан случай развития дерматита при использовании алкидных полимеров в качестве покрытий [196].

ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ (ЛАВСАН)

При настаивании в течение двух суток ткани из волокна лавсан в 0,3- и 3%-ных растворах молочной кислоты при температуре 37° С в вытяжках не обнаруживается свободных мономеров (этиленгликоля и диметилтерефталата) и метилового спирта. При органолептическом испытании этих вытяжек не отмечается изменения вкуса и появления запахов [197].

Волокно лавсан не оказывает видимого влияния на состояние и характер роста тканевой культуры, а также на рост микроорганизмов. Имплантация лавсана белым крысам и собакам не вызывает воспалительной реакции в окружающих тканях и изменений белковых фракций сыворотки крови [198].

ПЕНТАПЛАСТ

При нагревании нестабилизированного пентапласта выше 30° С наблюдается выделение продуктов перекисного характера. При 200—220° С продукты термоокислительной деструкции содержат хлорангидриды низших кислот, в том числе фосген (последний обнаруживается и при нагревании полимера до 180° С), окись углерода, альдегиды, в том числе формальдегид, а также хлористый водород. Продукты распада пентапласта обладают выраженным раздражающим и специфическим действием.

Наличие в газовоздушной смеси хлорангидридов и альдегидов в концентрациях соответственно 0,0006 и 0,0002 *мг/л* вызывает у кошек отчетливое раздражение слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей. Раздражающий эффект обусловливается присутствием альдегидов в продуктах деструкции.

У животных, павших в результате острого отравления продуктами термоокислительной деструкции пентапласта, наблюдается полнокровие внутренних органов с кровоизлиянием преимущественно в легкие. Кроме того, отмечается белковая дистрофия почек. При хроническом отравлении у животных отмечается изменение реактивности организма, замедленный прирост веса тела и нарушение антитоксической функции печени [199].

ПОЛИФОРМАЛЬДЕГИД

При повышенной температуре полиформальдегид подвергается термоокислительной деструкции с деполимеризацией и выделением в окружающую среду мономера — газообразного формальдегида. Вследствие токсичности этого вещества при переработке следует осуществлять мероприятия, устраняющие выделение формальдегида в воздух рабочих помещений.

При получении полиформальдегида в воздух рабочих помещений выделяются пыль полиформальдегида, пары формальдегида и толуола [200].

У рабочих, занятых в производстве полиформальдегида, отмечаются заболевания верхних дыхательных путей и специфические поражения кожи в виде раздражения и утолщения. Эти поражения вызываются отщепившимся от параформа формальдегидом [201].

Значительную опасность для работающих представляют стабилизаторы, среди которых наиболее токсичны вторичные и третичные ароматические амины (фенил-α-нафтиламин, фенил-β-нафтиламин, дифенилбензидин) и некоторые замещенные фенолы (β-нафтол, ди-β-нафтол, фенилсалицилат).

СТАБИЛИЗАТОРЫ

Производные аминов. Большинство алкил- и ариламинов, используемых в качестве стабилизаторов, является сравнительно малотоксичными веществами [202], что объясняется их малой реакционной способностью и низкой растворимостью в жирах и воде. Наибольшей биологической активностью обладает наиболее растворимый в жирах фенил-α-нафтиламин (неозон А).

Среди производных нафтиламинов самыми токсичными являются фенил-α-нафтиламин и фенил-β-нафтиламин. Наименее токсичными из ароматических аминов можно считать некоторые производные *п*-фенилендиамина (N, N′-ди-β-нафтил-*п*-фенилендиамин, дифенил-*п*-фенилендиамин), а также высокотемпературный продукт конденсации ацетона с дифениламином (BLE-25). Оксипроизводные нафтиламинов также высокотоксичны (в первую очередь, они оказывают влияние на печень) [203]. Среди производных хинолина встречаются вещества, повышающие чувствительность организма к проникающему излучению [204].

Производные аминов могут содержать примеси, обладающие канцерогенной активностью: β-нафтиламин, технический α-нафтиламин, *п*-фенилендиамин, α-нафтолы и др. [205].

Многие исходные продукты синтеза ариламинов являются активными сенсибилизаторами [206, 207].

В процессе переработки пластических масс, стабилизированных ариламинами, в воздух могут выделяться продукты их разложения, что вызывает у работающих раздражение дыхательных путей и общую интоксикацию. В связи с этим необходимо принимать меры, полностью исключающие возможность контакта работающих с самими веществами и продуктами их разложения.

Алкил- и ариламины могут быть использованы для стабилизации пластмасс только технического назначения.

Производные фенолов. Используемые в качестве стабилизаторов алкил(арил)фенолы большей частью не обладают выраженной токсичностью. Однако некоторые из этих соединений вызывают резкое раздражение кожи, слизистых оболочек глаз и пищеварительного тракта даже при однократном контакте с ними. Раздражающее действие производных фенола зависит от числа гидроксильных групп. Соединения, содержащие две ОН-группы (производные пирокатехина), обладают значительно более выраженным раздражающим действием, чем монофункциональные фенолы. Кроме местного действия многие производные фенола (продукты конденсации стирола с фенолом) оказывают на кожу сенсибилизирующее действие [202].

Среди производных фенола имеются вещества, глубоко вмешивающиеся в окислительно-восстановительные процессы обмена, ингибирующие активность участвующих в них ферментов [208], а некоторые влияют на процессы окислительного фосфорилирования не только у подопытных животных, но и у их потомства, вызывая нарушения со стороны органов зрения и приводя к слепоте и нежизнеспособности потомства. Такого рода активность характерна для моно- и дистирольных производных фенола [209] и для некоторых образцов 2,6-ди-*трет*-бутил-*п*-крезола [210].

Наибольшей биологической активностью обладают монозамещенные фенола в 2- или 4-положениях, менее активны соединения с двумя заместителями в 2- и 6-положениях, а наименьшей биологической активностью обладают тризамещенные фенолы в 2-, 4- и 6-положениях. Конденсация *п*-крезольных производных, имеющих два заместителя в орто-положениях, значительно снижает их биологическую активность, а конденсация этих продуктов с серой делает их практически нетоксичными.

Из фенольных стабилизаторов наименьшей биологической активностью обладают три-(*п*-нонилфенил)-фосфит, или полигард; 2,6-бис-(2′-окси-3′-*трет*-бутил-5′-метилбензил)-4-метилфенол; 2,2′-тио-бис-(4-метил-6-α-фенилэтилфенол); 2,2′-метилен-бис-(4-метил-6-*трет*-бутилфенол), или антиоксидант 2246; 2,2′-тио-бис-(4-метил-6-*трет*-бутилфенол), или САО-6; 2,5-ди-*трет*-бутилгидрохинон, или дибуг [211]; 2,5-ди-*трет*-амилгидрохинон, или дитаг [211]; 2,6-диизоборнил-4-метил-фенол.

Эфиры салициловой кислоты. Эти соединения характеризуются, в первую очередь, способностью раздражать кожу, слизистые оболочки глаз, дыхательных путей и пищеварительного тракта при непосредственном контакте. При остром и хроническом отравлениях даже сравнительно малыми дозами, а также при использовании в лечебных целях эти соединения вызывают раздражение слизистой оболочки желудка, поражение почек, системы свертывания крови, а иногда и нарушение функций слухового аппарата [212–215]. Эфиры галоидированной салициловой кислоты, например фенил-3,5-дихлорсалицилат, обладают еще более выраженным раздражающим действием.

При нагревании выше температуры плавления из салициловой кислоты и ее эфиров может выделяться фенол. В связи с этим при переработке пластических масс, стабилизированных эфирами салициловой кислоты, необходимо принимать меры предосторожности, исключающие возможность контакта работающих с этими соединениями и продуктами их разложения.

Эфиры салициловой кислоты могут быть использованы для стабилизации пластических масс только технического назначения.

Эфиры бензойной кислоты — вещества, обладающие сравнительно слабой токсичностью. Особенностью этих соединений является способность вызывать местную анестезию, а также оказывать раздражающее действие на кожу. Пары бензойной кислоты и ее эфиров при нагревании вызывают резкое раздражение слизистых оболочек дыхательных путей.

При переработке пластических масс, стабилизированных эфирами бензойной кислоты, необходимо принимать меры, исключающие возможность контакта работающих с самими соединениями и продуктами их разложения.

Эфиры бензойной кислоты могут быть использованы для стабилизации пластмасс, предназначенных для изготовления изделий широкого потребления и технического назначения, за исключением изделий, применяемых в контакте с пищевыми продуктами, для водоснабжения и изготовления детских игрушек.

Эфиры галловой кислоты — малотоксичные вещества, не оказывающие заметного специфического влияния на какие-либо функции организма. В ряде стран применение пропил-, октил- и додецилгаллатов разрешено для стабилизации пищевых жиров. Додецилгаллат может быть использован в качестве антиокислителя пищевых жиров, так как это соединение не оказывает токсического действия на животных [216]. Галлаты даже в сравнительно небольших дозах активно вмешиваются в обменные процессы организма, угнетая окислительно-восстановительные ферменты [217, 218].

Эфиры галловой кислоты во многих странах используются для стабилизации пластических масс, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами. В СССР не разрешено применение галлатов для стабилизации пластических масс пищевого назначения.

Эфиры фосфористой и пирокатехинфосфористой кислот характеризуются, в первую очередь, раздражающим действием, оказываемым ими на кожу и слизистые оболочки глаз и дыхательных путей [202, 219]. Для этих соединений характерно также специфическое действие на нервную систему.

При переработке пластических масс, стабилизированных эфирами фосфористой и пирокатехинфосфористой кислот, необходимо принимать меры, исключающие возможность контакта работающих с этими продуктами.

Эфиры фосфористой и пирокатехинфосфористой кислот могут быть использованы для стабилизации пластмасс только технического назначения.

Тиоэфиры — вещества, обладающие выраженной токсичностью. Некоторые из них (например, тетраметилтиурамдисульфид) при повторных отравлениях вызывают лейкопению, аплазию костного мозга, атрофию фолликулов селезенки и лимфатических узлов [220]. Пыль тетраметилтиурамдисульфида при попадании в легкие ингибирует действие ферментов, участвующих в переносе электронов (например, дегидрогеназ). Опасен и продукт превращения тетраметилтиурамдисульфида в организме — диметиламин [221, 222].

С точки зрения гигиены труда безопаснее использование диморфолилтиурамдисульфида, циклогексил-2-бензтиазолилсульфенамида и изопропил-2-бензтиазолилсульфенамида.

При работе с пластическими массами, стабилизированными тиоэфирами, необходимо принимать меры, исключающие контакт работающих с этими продуктами.

Тиоэфиры могут быть использованы для стабилизации пластических масс только технического назначения, за исключением тио-бис-β,β′-лаурилпропионата, который является практически нетоксичным веществом и разрешен в качестве стабилизатора пластических масс, употребляемых для контакта с пищевыми продуктами.

Бензофеноны. 2-Окси-4-алкоксибензофеноны и 2,2′-диокси-4-алкоксибензофеноны являются сравнительно малотоксичными веществами. Наиболее выражено их возбуждающее влияние на центральную нервную систему, а также местноанестезирующее действие; кроме того, независимо от пути поступления в организм, при отравлении сравнительно большими дозами отмечаются поражения кишечника и почек. Наиболее токсичны первые члены гомологических рядов производных алкоксибензофенонов; с удлинением цепи алкоксильной группы до некоторого предела степень токсичности этих соединений возрастает, а затем, по достижении определенной длины цепи (семь—восемь атомов углерода), резко падает в связи с уменьшением растворимости. Так, 2-окси-4-октоксибензофенон уже является малотоксичным продуктом.

Наименее биологически активными являются 2-окси-4-алкоксибензофеноны на основе спиртов C_7—C_9 и 2,2′-диокси-4-октоксибензофенон [202, 223], которые разрешены Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР для стабилизации пластических масс, предназначенных для использования в пищевой промышленности, водоснабжении, для изготовления детских игрушек и т. д.

Элементоорганические стабилизаторы. Подавляющее большинство этих соединений, используемых в качестве стабилизаторов, отличается высокой токсичностью. Они обладают выраженным раздражающим действием, а также некротизируют ткани. Наиболее токсичными являются соли свинца, олова, кадмия, стронция, селена, магния, марганца, никеля и хрома. Наименее токсичны из оловоорганических соединений дималеат диоктилолова и дилаурат диоктилолова [224]. Совершенно нетоксичны оловоорганические стабилизаторы на основе моноалкилов олова [225].

По различным источникам, за рубежом в качестве нетоксичных стабилизаторов, предназначенных для пластических масс, используемых в контакте с пищевыми продуктами, допущены: стеарат, рицинолеат, лактат, силикат и карбонат кальция; фосфат, лактат, ацетат и карбонат натрия; стеарат и глицерофосфат магния, а также моно-, ди- и тримагнийфосфаты [197, 226].

Элементоорганические стабилизаторы могут быть использованы для пластических масс только технического назначения.

Производные мочевины и тиомочевины. Некоторые из соединений обладают выраженной токсичностью. Наиболее ядовита α-нафтилтиомочевина [227]. Высокой токсичностью обладают 2,5-диметилфенилтиомочевина и 3,4-диметилфенилтиомочевина [228]. Монофенилмочевина сравнительно малотоксична [227]. Токсичность арилтиомочевин объясняется выделением из этих соединений в организме сероводорода [224]. Из стабилизаторов — производных мочевины — 4-этоксифенилмочевина обладает канцерогенностью [225].

При производстве и переработке пластических масс, стабилизированных производными мочевины, необходимо принимать меры, исключающие контакт работающих с этими продуктами.

Производные мочевины и тиомочевины могут быть использованы для стабилизации пластмасс только технического назначения.

Ксантогенаты. Соли ксантогеновой кислоты характеризуются чрезвычайно резким неприятным запахом, связанным с выделением из них, особенно при нагревании, меркаптосоединений. На характер токсического действия этих соединений влияет и природа катиона (никеля или хрома), который может оказывать канцерогенное действие [224]. Диизопропилксантогенатдисульфид сам по себе сравнительно малотоксичное вещество. Продукты же его термоокислительной деструкции (окись углерода, сернистый газ и др.) обладают выраженной токсичностью [229].

Ксантогенаты могут быть использованы для стабилизации пластических масс только технического назначения.

Триазолы. Наиболее широко применяемый из этих соединений 2-(2′-окси-5′-метилфенил)-бензотриазол, или тинувин Р, является веществом, сравнительно малотоксичным [202]. Из триазолов высокой степенью канцерогенности обладает 3-амино-1, 2, 4-триазол [230].

Главное санитарно-эпидемиологическое управление Министерства здравоохранения СССР дало разрешение на использование тинувина Р для стабилизации пластических масс, предназначенных для облицовки домашних холодильников.

Комплексообразующие соединения в последнее время широко применяются при лечении отравлений металлами, так как образуют с ними соединения, растворимые в средах организма. Частое и длительное поступление этих веществ в организм может привести к нарушению солевого баланса. В связи с этим пластические массы, стабилизированные солями этилендиаминотетрауксусной и этилендиаминотриуксусной кислот, не могут использоваться в контакте с пищевыми продуктами.

Комплексообразующие соединения могут применяться для стабилизации пластмасс, предназначенных для изготовления изделий широкого потребления и пластмасс технического назначения.

ПЛАСТИФИКАТОРЫ

Антраценовые масла. Антраценовые масла, представляющие собой смеси углеводородов, обладают канцерогенными свойствами [231, 232], вследствие чего их нельзя применять для пластификации пластмассовых изделий, применяемых в непосредственном контакте с человеком.

ГАЛОИДСОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Хлорированные нафталины. Попадание хлорированных нафталинов в желудок, вдыхание их паров и пыли и всасывание через кожу вызывает тяжелые поражения печени (токсический гепатит).

При контакте кожных покровов с этими продуктами возникают поражения кожи узелково-гнойничкового типа (хлоракне) и фотодерматиты.

Токсичность хлорированных нафталинов тем выше, чем больше в них содержание хлора. При равном количестве атомов хлора в молекуле изомеры несимметричного строения более токсичны, чем симметричного [231, 233].

Предельно допустимая концентрация [29] паров высших хлорнафталинов в воздухе рабочих помещений составляет 0,5 *мг/м*³.

Хлорированные дифенилы. По характеру действия на организм хлорированные дифенилы напоминают хлорированные нафталины: при резорбтивном влиянии возникают поражения печени, при контакте с кожей появляются хлоракне [236–241]. Хлорированные дифенилы способны вызывать поражения в малых концентрациях [242, 243]. С увеличением содержания хлора токсичность хлорированных дифенилов возрастает [244].

Предельно допустимая концентрация паров хлорированных дифенилов в воздухе рабочих помещений [29] составляет 1 *мг/м*³. Однако известен случай, когда концентрация хлорированного дифенила в воздухе, равная 0,1 *мг/м*³, вызвала у людей поражения кожи (хлоракне) без иных токсических явлений [240].

Хлорированные парафины. При длительном вдыхании аэрозоля хлорированного парафина, содержащего 40% хлора, у животных наблюдалось отставание в приросте веса.

Вдыхание летучих продуктов, образующихся при нагревании хлорированного парафина до 100—150° С (хлористый водород и хлорорганические соединения) вызывает у животных резко выраженную жировую дистрофию печени и дистрофические изменения в селезенке. Хлорированный парафин не оказывает раздражающего действия на кожу [245].

ЭФИРЫ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Эфиры фталевой кислоты

Диметилфталат. При введении через рот и нанесении на кожу диметилфталат сравнительно мало токсичен. Раздражающего кожу и сенсибилизирующего действия не обнаружено [246, 247].

Выделяясь в виде тумана, при концентрации 2 *мг/л*, он оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей [248]. В организме диметилфталат может расщепляться с образованием метилового спирта [243]. У людей при случайных отравлениях наблюдаются симптомы раздражения желудочно-кишечного тракта, гипотония, кома [243].

Диэтилфталат. Туман диэтилфталата при концентрации 10 *мг/л* вызывает раздражение слизистых оболочек. Признаков наркотического действия не обнаруживается, но отмечается длительное последействие. При повторных отравлениях диэтилфталатом в концентрациях 3,7 *мг/л* наблюдается раздражение слизистых оболочек, рвота, симптомы наркотического действия. После прекращения затравок у животных отмечается вялость, жажда, отсутствие аппетита, конъюнктивит, снижение веса. Выздоровление происходит медленно. В крови сначала наблюдается увеличение числа эритроцитов, затем их уменьшение с одновременным появлением молодых форм; отмечается небольшой лейкоцитоз. Патогистологически были обнаружены изменения в печени и почках [250].

Дибутилфталат. Дибутилфталат может всасываться в небольших количествах через неповрежденную кожу; обладает кумулятивным действием. При однократном контакте дибутилфталата с кожей и слизистой оболочкой глаз кроликов раздражения не обнаруживается, при повторном действии наблюдаются слабо выраженные признаки раздражения [251, 252]. Экспериментальные данные говорят о сравнительно малой токсичности дибутилфталата при введении его через рот [39, 251, 253].

У рабочего, случайно проглотившего примерно 10 *г* дибутилфталата, возникла тошнота, головокружение, развился двусторонний эрозивный кератит, сопровождавшийся слезоточением и светобоязнью, и токсический нефрит (в моче были обнаружены белок и эритроциты). Полное выздоровление наступило через две недели. Поражение глаз явилось результатом действия сравнительно больших количеств бутанола, образовавшегося в организме при гидролизе дибутилфталата [254].

У крыс, получавших в течение одного года дибутилфталат, отмечались случаи появления сарком [255].

Диоктилфталат и ди-2-этилгексилфталат. Эти соединения вызывают умеренное раздражение кожных покровов и слизистых оболочек [252, 256]. У рабочих, занятых в течение двух лет в производстве бутил- и октилфталатов, наблюдались явления раздражения глаз и верхних дыхательных путей [257]. Диоктилфталат оказывает также слабое сенсибилизирующее действие [256]. Ди-2-этилгексилфталат не оказывает раздражающего и сенсибилизирующего действия на кожу человека [258, 259].

По данным острых и хронических опытов на животных, при введении через рот эти пластификаторы являются практически нетоксичными. Они плохо всасываются через кожу. Летучие продукты, образующиеся при пропускании воздуха через нагретый до 170° С диоктилфталат, вызывают острые отравления [259–262].

У двух человек, принявших диоктилфталат однократно внутрь в дозах 5 и 10 *г*, только доза 10 *г* вызвала незначительные расстройства со стороны желудочно-кишечного тракта. При дозе 5 *г* никаких видимых признаков отравления не отмечалось [261].

Эфиры себациновой кислоты

Дибутилсебацинат. Длительное скармливание дибутилсебацината животным показывает, что он практически нетоксичен [253]. Аэрозоль дибутилсебацината вызывает хроническое отравление [245].

Дибутилсебацинат не оказывает раздражающего действия на кожу животных и человека [256].

Диоктилсебацинат и ди-2-этилгексилсебацинат. Ди-2-этилгексилсебацинат имеет такую же низкую токсичность, как и дибутилсебацинат, не раздражает кожу и не всасывается через нее. При вдыхании воздуха, пропущенного через нагретый до 100° С диоктилсебацинат, не наблюдается гибели и видимых признаков отравления животных [253].

Длительная ингаляция аэрозоля диоктилсебацината вызывает хроническое отравление животных [245].

У животных, подвергающихся ингаляционному отравлению диэтилгексилсебацинатом в концентрации от 0,4 до 1,14 *мг/л*, не наблюдается видимых признаков отравления. Однако при вдыхании паров, образовавшихся из продуктов распада диэтилгексилсебацината, нагретого до 350° С, смерть наступает через 7 *ч* [244].

Диоктилсебацинат не оказывает раздражающего и сенсибилизирующего действия на кожу животных и человека [256].

Эфиры адипиновой кислоты

Ди-2-этилгексиладипат не оказывает раздражающего и сенсибилизирующего действия на кожу животных и человека [256], а также практически нетоксичен при скармливании животным [263, 264].

Эфиры ортофосфорной кислоты

Трикрезилфосфат. Технический трикрезилфосфат представляет собой смесь, орто-, мета- и пара-изомеров; может содержать примеси моно- и ди-*о*-крезольных эфиров фосфорной кислоты, а также трифенил-, трикрезил-, триксиленил- и триалкилфенилфосфатов.

Трикрезилфосфат является сильным нервным ядом, оказывающим на элементы нервной ткани специфическое димиелинизирующее действие. Поражения носят характер миелорадикулополиневрита или энцефаломиелорадикулополиневрита с преимущественным поражением двигательного периферического волокна [265, 266]; в результате возникают вялые парезы и параличи. Наблюдаются также вегетативно-трофические изменения кожи, недержание мочи [267], атрофия мышц, иннервируемых пораженными отделами нервной системы [62, 268], психические расстройства [269, 270]. Выздоровление происходит очень медленно; нарушенные функции часто восстанавливаются не полностью.

Из орто-, мета- и пара-изомеров трикрезилфосфата токсичен только три-*о*-крезилфосфат; три-*м*- и три-*п*-крезиловые эфиры мало ядовиты [271]. Токсичность орто-изомера в значительной степени определяется содержащимися в нем примесями моно- и ди-*о*-крезольных эфиров фосфорной кислоты, которые токсичнее самого три-*о*-крезилового эфира [272–274].

Три-*о*-крезилфосфат очень быстро всасывается из желудочно-кишечного тракта; большая часть введенного через рот вещества уже через несколько часов обнаруживается в стенках желудочно-кишечного тракта. Три-*о*-крезиловый эфир всасывается и через неповрежденную кожу [271, 275]. Выделяется он довольно медленно (в течение нескольких дней после однократного введения), главным образом через почки.

Трикрезилфосфат обладает кумулятивным действием [275].

Минимальная доза три-*о*-крезилфосфата, вызывающая параличи у взрослых людей, находится между 10 и 30 *мг/кг* [276, 277].

Пластические массы, пластифицированные трикрезилфосфатом, могут быть причиной отравления людей и животных [59–67, 278].

Вследствие высокой токсичности трикрезилфосфата и возможности миграции его из пластмасс в контактирующие с ними среды недопустимо использовать пластмассы, пластифицированные этим веществом, для изделий, которые могут вступать в непосредственный контакт с человеком (одежда, обувь, игрушки, тара и упаковка для пищевых продуктов, косметических и медицинских товаров и т. д.).

Димиелинизирующее и специфическое ядовитое действия на нервную систему присущи не только орто-изомерам крезилфосфатов, но в той или иной степени и ряду других производных фосфорной кислоты. Так, например, трикрезилфосфат, не содержащий в своем составе орто-изомера, все же оказывает специфическое действие на нервную систему [279]. Длительное вдыхание паров трибутилфосфата вызывает вначале поражение слизистых оболочек, а затем может привести к параличу [280]. Трифенилфосфат вызывает параличи в эксперименте на животных [281]. При отравлении три-*п*-этилфенилфосфатом у кур развиваются явления атаксии. Токсичность этого пара-изомера лишь несколько ниже токсичности орто-замещенных метилфенилфосфатов [282].

СПИСОК

материалов, разрешенных Министерством здравоохранения СССР и РСФСР для применения в контакте с пищевыми продуктами, водой и для производства игрушек и других предметов быта

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Нестабилизированный полиэтилен (МРТУ 6-05-890-64)	Игрушки, песочницы, «Юный инженер»	Минздрав РСФСР	25/VI 1964 г. 08 с/Б-7-1545
Полиэтилен нестабилизированный марки П-2070-П, индекс расплава 5,4 *г*/10 *мин*, (МРТУ 6-05-889—64)	Фляги, полученные методом спекания полиэтиленового порошка при 160—190° С в среде азота	Минздрав СССР	30/IX 1964 г. 123-9/145
Полиэтилен низкой плотности (МРТУ 6-05-889—64)	Детали к продовольственным машинам	Минздрав СССР	5/XI 1952 г. 113-17/35
Полиэтилен низкой плотности нестабилизированный марок П-2020-Т и П-2035-Т (МРТУ 6-05-889—64)	Крышки к стеклянным банкам	Минздрав РСФСР	15/VIII 1964 г. 08 с/Б-7-1933
Полиэтилен низкой плотности нестабилизированный марки ПЭ-500 (ВТУ 4138—55)	Крышки для укупорки консервных банок	Минздрав РСФСР	5/II 1964 г. 08 с/Б-7-291
Полиэтилен низкой плотности марки П-2020-Т (МРТУ 6-05-889—64)	Банки для рыбных пресервов (опытная партия из 10 000 банок)	Минздрав СССР	20/XI 1964 г. 123-9/169
Полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354—63 взамен ВТУ 4430—55)	Изделия для пищевой промышленности	Минздрав РСФСР	22/V 1964 г. 08 с/Б-7-1069
Полиэтиленовая пленка низкой плотности (ГОСТ 10354—63)	Для замораживания и хранения мяса	Минздрав СССР	28/II 1964 г. 123-9/20
Полиэтилен низкой плотности марки ПЭ-500	Банки для рыбных пресервов	Минздрав СССР	7/IV 1964 г. 123-9/58
Полиэтилен низкой плотности стабилизированный (ВТУ МХП 4138—55)	Тара (мешочки) для упаковки замороженных ягод, плодов и овощей	Минздрав СССР	20/I 1964 г. 2-64
Полиэтилен низкой плотности	Детали молокопровода DУ-150	Минздрав СССР	6/V 1964 г. 123—9/73
Полиэтилен низкой плотности нестабилизированный	Молокопроводы	Минздрав РСФСР	25/V 1964 г. 08 с/Б-7-920/1149

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Полиэтиленовая пленка низкой плотности марки П-2070-П (СТУ 36-10-09—63)	Покрытие бумажных пакетов, используемых для расфасовки сливок 10- и 20%-ной жирности и сметаны 30%-ной жирности	Минздрав	3/III 1964 г. 08 с/Б-7-366
Полиэтилен низкой плотности марки П-2070-П (МРТУ 6-05-889—64)	Покрытие бумажных пакетов, используемых для розлива молока по методу тетра-пак	Минздрав РСФСР	7/I 1963 г. 08 с/Б-7-24
Полиэтилен низкой плотности нестабилизированный	Тубы для расфасовки и хранения плавленых сыров со сроком реализации до двух недель	Минздрав СССР	21/VIII 1964 г. 126-Н/8-2/17
Полиэтилен-целлофановая пленка П-2070-П (СТУ 102-1414—64)	Для упаковки бескоркового сыра	Минздрав РСФСР	12/VII 1963 г. 08 с/Б-7-1510
Полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354—63)	Для обертки плавленых сыров	Минздрав СССР	31/III 1954 г. 123—17/166
	Для упаковки сухого молока в трехслойные крафтмешки с внутренним вкладышем из полиэтилена	То же	24/IV 1960 123-10/9
	Для предохранения от усушки хлеба и плодов; для упаковки нежирных мясных и рыбных продуктов	»	20/IV 1960 г. 123-10/13
Полиэтилен высокой плотности нестабилизированный марок П-4040-Л и П-4070-Л (МРТУ-6-05-890—64)	Игрушка «Яхта парусная»	Минздрав РСФСР	10/X 1964 г. 08 с/11-180
Полиэтилен высокой плотности (МРТУ 6-05-890—64)	Подносы для предприятий общественного питания, совки для сыпучих товаров, ящики для перевозки расфасованного и завернутого мороженого и полуфабрикатов (изделия должны применяться строго по назначению)	Минздрав РСФСР	22/X 1964 г. 08 с/Б-7-2662
Полиэтилен высокой плотности (МРТУ 6-05-890—64)	Фруктомойки, ведра, бидоны, канистры для холодной воды с обязательной отметкой «только для холодной воды»	Минздрав РСФСР	25/V 1964 г. 08 с/Б-7-1198

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Полиэтилен высокой плотности (МРТУ 6-05-890—64)	Ковши элеватора, подающего свежую рыбу	Минздрав СССР	7/IV 1964 г. 123-9/46
Полиэтилен высокой плотности (МРТУ 6-05-890—64)	Ведра, бидоны, канистры для холодной воды с обязательной отметкой «только для холодной воды»	Минздрав СССР	1/X 1963 г. 126-4/34
	Соединительные части к трубопроводам холодного хозяйственно-питьевого водоснабжения, емкости для хранения сыпучих продуктов	То же	29/VI 1963 г. 123-9/44
Полиэтилен высокой плотности с содержанием: а) 0,05% стеарата кальция, 0,3% фосфита П-24, 0,65% 2-окси-4-октооксибензофенона; б) 0,05% стеарата кальция, 1,5% газовой канальной сажи	Трубы для холодного хозяйственно-питьевого водоснабжения сельскохозяйственных ферм, в том числе молочно-товарных	Минздрав СССР	27/V 1963 г. 126-1/10
Полиэтилен высокой плотности с содержанием: а) 0,05% стеарата кальция, 0,03% стабилизатора Н-365-Д(Н-116), б) 0,05% стеарата кальция, 0,03% стабилизатора Н-365-Д(Н-116), 1,5% газовой канальной сажи	Трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения	Минздрав СССР	16/IV 1964 г. 126-2/13
Полиэтилен высокой плотности с содержанием: 0,05% стеарата цинка, 1,5% газовой канальной сажи	Трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения	Минздрав СССР	15/IV 1964 г. 126-2/12
Полиэтилен высокой плотности (МРТУ 6-05-890—64)	Трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения	Минздрав СССР	23/IV 1963 г. 126-1/7
Полиэтилен низкой плотности марки ПЭ-500 (ВТУ МХП 4138—55)	Секционные рамки для пчеловодства	Минздрав РСФСР	17/VI 1964 г. 08 С/Б-7-174/1428

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Полиэтилен высокой плотности марки П-4040-П (МРТУ 6-05-890—64)	Секционные рамки для пчеловодства	Минздрав РСФСР	17/VI 1964 г. 08 с/Б-7-174/1428
Полипропилен (СТУ 36-13925—63)			
Лавсан (в виде ткани)	Для фильтрации молока	Минздрав РСФСР	18/IV 1961 г. 08 с/Б-7-632
	Для отжима сыворотки в производстве творога	То же	19/VII 1961 г. 08 с/Б-7-1453
Полипропилен нестабилизированный ППП	Мешочки для упаковки кулинарных изделий из мяса, рыбы, творога, овощей	Минздрав СССР	20/I 1964 г. 2-64
Полипропилен (СТУ 36-13925—63)	Тара для расфасовки продуктов	Минздрав СССР	20/IV 1960 г. 123-10/13
	Детали оборудования молокозаводов, имеющие контакт с молоком при температуре не выше 60° С	Минздрав РСФСР	18/XI 1961 г. 08 с/Б-7-2385
Полиизобутилен П-200 (ТУ МХП 1655—54р)	Детали продовольственных машин	Минздрав СССР	6/II 1952 г. 113-17/34
	Наружные покрытия сыров	То же	15/IX 1961 г. 123-7/97
Полистирол блочный марки Д, прозрачный, неокрашенный (ГОСТ 9440—60)	Крышки ручных картофелечисток	Минздрав РСФСР	25/II 1964 г. 08 с/Б-7-416
Полистирол блочный (ГОСТ 9440—60)	Крышки для горчичных банок с картонной или пергаментной прокладкой; терки для фруктов	Минздрав РСФСР	22/I 1964 г. 08 с/Б-7-116 26/VIII 1964 г. 08 с/Б-7-1735
	Разливные ложки для холодных блюд с обязательным оттиском на ручке «для холодных блюд»	То же	21/XI 1964 г. 08 с/Б-7-3014
	Блюда с указанием «сухарница»	»	8/IV 1964 г. 08 с/Б-7-830
Полистирол блочный и эмульсионный (ГОСТ 9440—60)	Сухарницы, подносы, конфетницы, зубные щетки, вазы, хлебницы, розетки, пробки для бутылок, коробки для чая, кухонные мерницы	Минздрав СССР	3/III 1964 г. 123-9/12

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Полистирол суспензионный и блочный (ГОСТ 9440—60, МРТУ 6-05-928—64)	Розетки для варенья, кухонные мерницы, конфетницы, сухарницы, подносы, зубные щетки, вазы, хлебницы и т. п.	Минздрав РСФСР	18/III 1964 г. 08 с/Б-7-437
Полистирол блочный и эмульсионный (ГОСТ 9440—60) и полистирол ударопрочный марки ПС-СУ$_2$ (МРТУ 6-05-928—64)	Сухарницы, подносы, сахарницы, конфетницы, вазы, хлебницы, розетки, коробки для сыпучих продуктов и чая, кухонные мерницы	Минздрав РСФСР	21/III 1964 г. 08 с/Б-7-609
	Для внутренней облицовки домашних холодильников и изготовления емкостей, предназначенных для хранения пищевых продуктов и предметов широкого потребления. Емкости для холодильников	То же	23/III 1964 г. 08 с/Б-2-538
		»	23/III 1964 г. 08 с/Б-7-663
Полистирол ударопрочный марки ПС-СУ$_2$ (МРТУ 6-05-928—64)	Поплавки, контактирующие с водопроводной водой	Минздрав СССР	2/VII 1964 г. 126-Н/8-10-9
	Для внутренней облицовки домашних холодильников и изготовления емкостей для хранения пищевых продуктов	То же	15/I 1964 г. 123-9/3
	Ручки зубных щеток	»	6/II 1964 г. 123-9/20
	Тара для перевозки и хранения рыбы и рыбных полуфабрикатов	»	30/III 1964 г. 123—9/52
Полистирол ударопрочный марок ПС-СУ$_2$ и УП-1	Лотки и подносы	Минздрав РСФСР	23/III 1964 г. 08 с/Б-7-561
Полистирол марки ПС-СУ	Лукорезки	Минздрав СССР	5/IX 1964 г. 123-9/122
Полистирол ударопрочный марок ПС-СУ$_2$, УП-1, УПП	Изделия, соприкасающиеся с пищевыми продуктами	Минздрав РСФСР	3/X 1964 г. 08 с/Б-7-2293
Полистирол ударопрочный марки УП-1 (ВТУ 77-4)	Подносы	Минздрав РСФСР	21/I 1964 г. 08 с/Б-7-118

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Полистирол ударопрочный марки УП-1 (ВТУ 77—4)	Лотки под мясные и рыбные изделия при условии хранения продукта не более 12 *ч* при низкой температуре	Минздрав РСФСР	14/VIII 1964 г. 08 с/Б-7-2015
Полистирол ударопрочный марок СНП-2, УП-1, УПП (СТУ 77-4-94—62, СТУ 36-13-858—62)	Для внутренней облицовки холодильников и изготовления емкостей для фруктов, поддонов	Минздрав СССР	27/VIII 1964 г. 126-Н, 8-10-33
Полистирол марки УПП-1 (СТУ 36-13-858—62)	Мундштуки для сигарет	Минздрав РСФСР	3/IX 1964 г. 08 с/Б-7-1906
Полистирол ударопрочный марки СНП (СТУ 30-12514—63)	Лотки для банок со специями, ящики для кастрюль, скобы для крышек, лотки для сервирования столов, лотки для сыпучих продуктов, бункер для овощей	Минздрав РСФСР	3/X 1964 г. 08 с/Б-7-2293
	Рога для вина	Минздрав СССР	26/II 1964 г. 123-9/32
Поливинилацетатная водная эмульсия (ГОСТ 10002—62)	Для склеивания папирос	Минздрав СССР	13/II 1958 г. 123-11/12
	В качестве клея при изготовлении бумажной тары (стаканчики, коробки), для упаковки пищевых продуктов при условии, что последние не будут соприкасаться с клеем	То же	30/V 1961 г. 123-7/41
Поливинилацетатная водная эмульсия	Изготовление каширированной фольги для упаковки только сухих пищевых продуктов (содержащих не более 15% влаги)	Минздрав РСФСР	11/VIII 1964 г. 08 с/Б-7-1263

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Поливинилацетатная эмульсия	В качестве клея при изготовлении бумажных пакетов для упаковки пищевых продуктов при условии, что эмульсия, нанесенная на пакеты, не будет соприкасаться с пищевыми продуктами	Минздрав РСФСР	4/IX 1964 г. 08 с/Б-7-1998
Поливинилацетатная эмульсия	Защитные покрытия стен и полов складов, предназначенных для бестарного хранения тростникового сахара-сырца	Минздрав СССР	26/IX 1964 г. 123-9/139
Поливинилбутиралевый лак (ГОСТ 9439—60)	Защитные покрытия бочек, предназначенных для хранения джема, варенья, повидла и томата-пасты	Минздрав СССР	12/XII 1957 г. 123-8/105
Поливинилбутираль	Защитные покрытия поверхностей емкостей, соприкасающихся с пищевыми продуктами	Минздрав РСФСР	5/II 1964 г. 08 с/Б-7-266
Поливинилхлорид (исходный материал — поливинилхлоридная смола марок ПВХ-С1, С2, С4) по МРТУ 333—63	Банки для рыбных пресервов (опытная партия)	Минздрав СССР	10/II 1964 г. 123-9/15
Винипласт марки ВНТ (ГОСТ 9639—61)	Детали сепараторов	Минздрав СССР	16/II 1952 г. 113-17/34
Винипласт марки А (ТУ МХП 3823—53)	Детали молочных сепараторов	Минздрав СССР	16/II 1952 г. 113-17/34
	Ящики, внутрицеховая тара под кетовую икру	То же	15/VII 1958 г. 123-10/55
Винипласт (поливинилхлоридная смола, парафин, свинцовый глет)	Детали машин, применяемых в пищевой промышленности	Минздрав СССР	21/III 1953 г. 113-17/226
Поливинилхлоридная паста состава: поливинилхлорид латексный ПВХ-Л4 (100 вес. ч.) (МРТУ 6-01-1—62); диоктилфталат (50 вес. ч.) (ГОСТ 8728—58); дибутилфталат (30 вес. ч.) (ГОСТ 8728—58)	Мячи	Минздрав РСФСР	7/IX 1964 г. 08 с/11-41

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
пигмент голубой фталоцианиновый (0,05 вес. ч.) (ГОСТ 6220—52); двуокись титана (0,25 вес. ч.) (ТУ 410—57); олеиновая кислота (0,25 вес. ч.) (ГОСТ 7580—55)			
Пленка В-118 на основе смол ПВХ-С4 и ПВХ-С5	В рыбной промышленности в качестве вкладышей в сухотарные бочки под продукты с содержанием влаги 40—50%	Минздрав СССР	15/IX 1964 г. 123-9/136
Поливинилхлоридная упаковочная пленка марки В-118 (ТУ МХП М 786—57)	Вкладыши в сухотарные бочки для рыбы	Минздрав СССР	11/III 1958 г. 123-10/16
	Упаковка для хранения сухих продуктов, а также продуктов с содержанием влаги 45—50% (хлеб, рыба и др.)	То же	2/VI 1964 г. 123-9/83
Поливинилхлоридная смола «игелит» марки Г	Уплотнительные прокладки к кроненпробкам	Минздрав РСФСР	10/III 1964 г. 08 с/Б-7-443
Сополимер марки СВХ-1 или ОПМ-2 (40% винилиденхлорида и 60% хлористого винила)	Покрытие бумажной тары для упаковки молочных продуктов	Минздрав СССР	2/XI 1964 г. 123-9/165
Фторопласт-4 (ГОСТ 1007—62)	Транспортеры в хлебопекарной промышленности	Минздрав СССР	17/I 1957 г. 123-8/12
	Тесторазделочные линии в хлебопекарной промышленности	То же	10/III 1960 г. 123-10/31
Фторопласт-4Д, суспензия (ВТУ П-27—59)	Для покрытия алюминиевых хлебных форм	Минздрав СССР	7/X 1960 г. 123-10/142
Полиметилметакрилат литьевой марки ЛПТ-1 (98 вес. ч. метилметакрилата и 2 вес. ч. этилакрилата) по ТУ ТХП 63—47	Доильные стаканы к доильному аппарату «Стимул»	Минздрав СССР	7/V 1963 г. 123-9/52
Сополимер МС., литьевой (ТУ УХП № 240—60)	Рога для вина	Минздрав СССР	26/II 1964 г. 123-9/32
Сополимер марки МСН, литьевой (ВТУ МХП М-435—57)			

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Оргстекло поделочное марки ПА (ТУ МХП 26—54)	Молокопроводы и детали, соприкасающиеся с молоком; внутрицеховая тара под кетовую икру	Минздрав СССР	15/VII 1958 г. 123-10/55
	Смотровые лючки норийных труб и мучных норий на элеваторах	Минздрав СССР	28/VII 1964 г. 126-Н/8-10-31
Оргстекло (ТУ МХП 26—54) с использованием для склеивания стенок бачков растворителя дихлорэтана	Смесительные бачки холодной и горячей воды и жидких заквасок для передвижного хлебозавода	Минздрав СССР	15/IX 1964 г. 123-9/138
Аминопласт (ГОСТ 9359—60)	Ручки к хозяйственным ножам	Минздрав СССР	22/VI 1959 г. 123-10/49
	Крышки к молокомерам	Минздрав РСФСР	30/VII 1965 г. 08 с/Б-7-1865
	Кружки мерные и воронки для молока, мутовки для перемешивания молока, салатницы, вазочки для мороженого	Минздрав СССР	26/III 1964 г. 123-9/50
Смола ММФ (ТУ П-77—56)	Для склеивания дубовых дощечек, предназначенных для изготовления заклепок для бочек под пиво	Минздрав СССР	29/VIII 1959 г. 123-10/59
Мипора (ТУ МХП 2967—51)	Изоляционный материал в холодильниках, предназначенных для хранения пищевых продуктов	Минздрав РСФСР	14/VI 1962 г. 08 с/Б-7-849
Пластмасса «мелалит» (меламино-формальдегидный прессматериал К-79-79) по ВТУ МХП М-733—56	Пищевая посуда	Минздрав СССР	22/II 1957 г. 123-8/44
Пластмасса «декоррозит» (ГОСТ 5689—66)	Для изготовления лопаток насоса автомата АГ-26 для продажи газированной воды	Минздрав СССР	28/IV 1958 г. 123-10/29
Лак № 18378 марок В и С (ксиленоло-фенолоформальдегидная смола)	Лакирование алюминия, применяемого в консервной промышленности	Минздрав СССР	31/I 1964 г. 123-9/13

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Синтетические материалы на основе кумароновой кислоты, фурфурола полимерцемента и его соединений	Внутренняя отделка предприятий пищевой промышленности	Минздрав СССР	7/X 1964 г. 123-9/109
Лак полиамидный 54 (ТУ М-319—53)	Для покрытия тары, предназначенной для упаковки рыбной продукции	Минздрав СССР	25/X 1955 г. 123-10/646
Полиамидная пленка ПК-4 (ТУ УХП 17—58)	Для упаковки хлеба третьим наружным слоем после пергамента и влагостойкой бумаги	Минздрав СССР	22/IV 1959 г. 123-10/38
Полиамид 68 (смола) по ГОСТ 10589—63	Детали доильных аппаратов	Минздрав РСФСР	5/VI 1961 г. 08 с/Б-8-964
Энант (ткань)	Для фильтрации молока и отжима сыворотки при производстве творога	Минздрав РСФСР	16/III 1961 г. 08 с/Б-7-439
Капролон; рецептура: ε-капролактам (ГОСТ 7850—63), натрий металлический (ГОСТ 3273—63), натрий едкий (ГОСТ 4328—48), уксусный ангидрид (ГОСТ 787—55)	Детали машин, контактирующие с молоком и мясом	Минздрав СССР	26/XI 1964 г. 123-9/168
Эпоксидные смолы марок ЭД-5 и ЭД-6	Покрытие емкостей, предназначенных для хранения соков и безалкогольных напитков, а также применяемых в молочной промышленности	Минздрав СССР	22/III 1962 г. 123-15/22
Эпоксидные смолы марок ЭД-5 и ЭД-6	В качестве трехслойного покрытия емкостей: 1-й слой — грунт ЭС, 2-й слой — грунт ЭК, 3-й слой — эмаль ЭТК	Минздрав РСФСР	26/X 1964 г. 08 с/Б-7-2658
Эпоксидные смолы марок ЭД-5 и ЭД-6	Для соединения металлических частей поилок для кур-несушек	Минздрав РСФСР	9/XI 1964 г. 08 с/Б-7-1765
Эпоксидные смолы марок ЭД-5 и ЭД-6	Внутреннее покрытие железнодорожных цистерн для перевозки молока	Минздрав РСФСР	16/IX 1964 г. 08 с/Б-7-1763
Эпоксидная смола марки ЭД-5 и поливинилхлорид	Внутреннее покрытие емкостей	Минздрав РСФСР	9/VI 1964 г. 08 с/Б-1296

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Грунтовая шпаклевка ЭП-00-2 и эпоксидная эмаль ЭП-73	Покрытие емкостей для хранения вин и плодоягодных соков	Минздрав СССР	30/X 1964 г. 123-9/156
Полиэфирные стеклопластики на основе полиэфирной смолы ПН-1 (ВТУ П 122—54) и эпоксидной смолы ЭД-5 (ВТУ 33029—59)	Санитарно-технические изделия (ванны, умывальники, кухонные мойки, душевые поддоны, бидэ, ножные ванны)	Минздрав СССР	9/II 1963 г. 121-5/8-7
Стеклопластик на основе полиэфирных и феноло-формальдегидных смол	Наружные детали прилавков-витрин, жарочных и пекарских шкафов (если он обладает огнеупорными свойствами)	Минздрав РСФСР	18/III 1964 г. 08 с/Б-7-587
Бутилокситолуол (ионол)	Стабилизатор для полиэтилена (0,02%)	Минздрав СССР	1/X 1964 г. 123-9/137
		Минздрав РСФСР	3/III 1964 г. 08 с/Б-7-497
Дибуг (2, 5-ди-*трет*-бутилгидрохинон) и дитаг (2, 5-ди-*трет*-амилгидрохинон)	Антиоксиданты (стабилизаторы) в рецептурах резин и пластмасс, соприкасающихся с пищевыми продуктами. Те резины, которые будут соприкасаться с жирами и алкогольными напитками (поскольку дибуг и дитаг растворимы в них), должны подвергаться специальному исследованию для установления отсутствия перехода антиоксидантов в модельные среды	Минздрав РСФСР	30/XII 1964 г. 08 с/Б-7-1918
2-Окси-4-алк (C_7—C_9) оксибензофенон	Стабилизатор пластмасс, используемых в пищевой промышленности, водоснабжении, для изготовления детских игрушек	Минздрав СССР	18/IX 1964 г. 123-9/135
2, 2′-Окси-4-октоксибензофенон	То же	Минздрав СССР	18/IX 1964 г. 123-9/135

Продолжение

Наименование материала	Область применения	Кем выдано разрешение	Дата и номер разрешения
Антиоксидант 2246 2, 2′-метилен-бис-(4-метил-6-*трет*-бутилфенол)	То же	Минздрав СССР	18/IX 1964 г. 123-9/135
Антиоксидант САО-6 [2,2′-тио-бис-(4-метил-6-*трет*-бутилфенол)]	Стабилизатор пластмасс, используемых в пищевой промышленности, водоснабжении, для изготовления детских игрушек	Минздрав СССР	18/IX 1964 г. 123-9/135
2, 6-Диизоборнил-4-метилфенол	То же	Минздрав СССР	18/IX 1964 г. 123-9/135
Пигмент оранжевый 2Ж, лак рубиновый СК, пигмент голубой фталоцианиновый, пигмент красный 2Ж (пигмент красный Р)	Для окрашивания пластмассовых изделий	Минздрав РСФСР	25/V 1964 г. 08 с/Б-7-1143
Красители: пигмент оранжевый 2Ж (ГОСТ 7468—55) и голубой фталоцианиновый (ГОСТ 6220—52)	Для окрашивания полиэтилена	Минздрав РСФСР	3/II 1964 г. 08 с/Б-7-241
Двуокись титана и литопон (ГОСТ 9440—60)	Краситель пластмасс при условии отсутствия растворимых солей бария и цинка, а также солей тяжелых металлов	Минздрав СССР	28/II 1964 г. 123-17/18
Дилаурил-β, β′-тиодипропионат	Стабилизатор пластмасс, используемых в пищевой промышленности, водоснабжении, для изготовления детских игрушек	Минздрав СССР	23/I 1966 г. 123-14/183-3
Бис-(2-α-метилбензил-4-метилфенол)-моносульфид	То же	Минздрав СССР	23/I 1966 г. 123-14/183-3

ЛИТЕРАТУРА

1. Fregert S., Rorsman H., Acta derm.-venereol., **43**, № 1, 10 (1963).
2. Berrens L., Young E., Jansen L. H., Brit. J. Dermatol., **76**, № 3, 110 (1964).
3. Stysiak-Danilewicz Z., Czasop. stomatol., **17**, 3, 245 (1964).
4. Truffert M. L., Arch. malad. profess., **20**, 43 (1959).
5. Gronin E., Brit. J. Dermatol, **75**, № 7, 267 (1963).
6. Macivor J., Refrig. Zbl. ges. Ophtol, **53**, 345 (1950).
7. Инструкция по санитарно-химическому исследованию новых видов пищевой посуды, тары и других изделий, изготовленных с применением синтетических лаков, эмалей, клея, резины, шпаклевки и пластмассы, Изд. «Медицина», 1964.
8. Крылова М. И., Гигиена и санитария, № 6, 68 (1965).
9. Coleman E. H., Prod. Eng., **38**, № 31 (1960).
10. Рапопорт И. А., в сб. «Вопросы общей промышленной токсикологии», 1963, стр. 67.
11. Юрин В. В., Гигиена и санитария, № 5, 46 (1965).
12. Базанова А. И., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», стр. 98.
13. Шпорн А., Шебешь О., Николау К., Румынское медицинское обозрение, № 4, 26 (1963).
14. Шефтель В. О., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 114.
15. Штанников Е. В., Военно-медицинский журнал, № 9, 48 (1959).
16. Pfab W., Z. Lebensmittel-Untersuch., **115**, № 5, 428 (1961).
17. Larrick G. P., Fed. Reg., **26**, pt. 121, 5226 (1961).
18. Матвеева Е. Н., Хинькис С. С., Цветкова А. И., Баландина В. А., Пласт. массы, № 1, 2 (1963).
19. Калинин Б. Ю., Зимницкая Л. П., Залесская В. М., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 107.
20. Калинин Б. Ю., Зимницкая Л. П., Залесская В. М., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 110.
21. Заева Г. Н., Бабина М. Д., Федорова В. И., Ширская В. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 136.
22. Menini A., Poliplasti e plastici rinforzati, № 57, 5 (1962).
23. Калинин Б. Ю., в сб. «Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений», 1961, стр. 40.
24. Заева Г. Н., Федорова В. И., Бабина М. Д., Ширская В. А., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 34.
25. Комарова Е. Н., Робачевская Е. Г., Степаненко Э. М., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 32.
26. Блинова Т. А., Рылова М. Л., в сб. «Материалы по токсикологии веществ, применяемых в производстве пластических масс и синтетических каучуков», 1957, стр. 6.
27. Покровский В. А., Гигиена труда и профзаболевания, № 5, 3 (1961).
28. Злобина Н. С., Гигиена и санитария № 5, 29 (1963).
29. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, СН 245—63, Госстройиздат, 1963.

30. Крынская И. Л., Робачевская Е. Г., Степаненко Э. М., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 28.
31. Злобина Н. С., Стирол как основная профессиональная вредность в производстве полистиролов и материалы к обоснованию его предельно допустимой концентрации, Автореферат диссертации, 1964.
32. Лаппо В. Г., Манусаджева Ф. И., Пушкина Н. Н., Тамбовцева А. М., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 91.
33. Бройтман А. Я., Гаврилова В. Е., Робачевская Е. Г., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 42.
34. Комарова Е. Н., в сб. «Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений», 1961, стр. 37.
35. Комарова Е. Н., в сб. «Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии», Медгиз, 1962, стр. 144.
36. Комарова Е. Н., Степаненко Э. М., Пласт. массы, № 12, 39 (1963).
37. Miyasaki K. et al., Bull. Kobe. Med. Coll., **13**, № 2, 323 (1963).
38. Бартенев В. Д., Токсиколого-гигиеническая характеристика винилацетата и условий его производства. Автореферат диссертации, 1955.
39. Нусельман Э. И., в сб. «Экспериментальные исследования по промышленным ядам», изд. Ленинградского ин-та гигиены труда и профзаболеваний, 1936, стр. 63.
40. Богомолова Л. Г., Андрианова И. Г., Актуальные вопросы гематологии и переливания крови, Сб. научных трудов Ленинградского НИИ переливания крови, вып. 14, 1963, стр. 563.
41. Чаплыгина З. А., Актуальные вопросы гематологии и переливания крови, Сб. научных трудов Ленинградского НИИ переливания крови, вып. 14, 1963, стр. 584.
42. Hall C. E., Hall O., Lab. Investig., **12**, № 7, 721 (1963). Texas Rep. Biol. and. Med., **21**, № 1, 16 (1963).
43. Николаев А. Ф., Синтетические полимеры и пластические массы на их основе, Изд. «Химия», 1964.
44. Камчатнов В. П., Голубовский И. Е., Фатеева Н. И., Гигиена и санитария, № 12, 25 (1961).
45. Гаврусейко О. М., Филатова В. С., Гигиена труда и профзаболевания, № 1, 32 (1959).
46. Филатова В. С., Гронсберг Е. Ш., Гигиена и санитария, № 1 28 (1957).
47. Sucin J., Drejman J., Valaskai M., Med. internă, **15**, № 8, 967 (1963).
48. Головатюк А. П., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 44.
49. Станкевич К. И., Гигиена и санитария, № 12, 81 (1961).
50. Parmeggiani L., Sassi C., Med. lavoro, **46**, 14 (1955).
51. Pokorny F., z. knihy «Kapitoly z průmyslové toxikologie», SZdN, Praha, 1960, s. 147.
52. Рублева М. Н., Водоснабжение и санитарная техника, № 1, 22 (1956).
53. Черкинский С. Н., Акулов К. И., Рублева М. Н., Гигиена и санитария, № 7, 69 (1959).
54. Авдиевич Н. М., Круглова З. Г., Крошкина Т. В., Лобачев П. В., Сб. трудов научно-исследовательского института санитарной техники, № 5, 1960, стр. 27.

55. Chancellor S. F., Nature, **185**, № 4716, 841 (1960).
56. Bernt O., Plaste und Kautschuk, **6**, № 7, 347 (1959).
57. Шефтель В. О., Гигиена и санитария, № 5, 83 (1963).
58. Тиниус К., Пластификаторы, Изд. «Химия», 1964.
59. Staub M., Mitt. Geb. Lebensmitteluntersuch. und Hyg., **41**, 37 (1950).
60. Högl O., Mitt. Geb. Lebensmitteluntersuch. und Hyg., **41**, 15 (1950).
61. Грацианская Л. Н., Гигиена и санитария, № 4—5, 37 (1945).
62. Дрогичина Э. А., Невропатология и психиатрия, № 4, 68 (1947).
63. Цомая К. В., Клинические и экспериментальные материалы по изучению отравления трикрезилфосфатом, Тбилиси, 1957.
64. Мшихин Н. М., «Экспериментальная и клиническая неврология», Минск, 1953, стр. 130.
65. Parnitzke H., Aertzl. Wschr., **1/2**, 1102 (1947).
66. Parnitzke H., Aertzl. Wschr., **3**, 684 (1948).
67. Knolle A., München, med. Wochenschr., **93**, 2297 (1951).
68. Петропавловский Н. М., Гигиена и здоровье, № 10, 14 (1942).
69. Трибух С. Л., Тихомирова Н. П., Левина С. В., Козлов А. А., Гигиена и санитария, № 10, 38 (1949).
70. Деянова Е. В., Соловьева Т. В., Гигиена труда и проф. заболевания, № 7, 57 (1964).
71. Гадаскина И. Д., Данишевский С. Л., Крепс-Ауна-пу И. Ф., Рефераты научных работ токсикологической лаборатории Ленинградского ин-та гигиены труда и профзаболеваний, 1950, стр. 36.
72. Слепак Н. И., Гигиена и санитария, № 2, 29 (1962).
73. Кочанов М. М., Труды ЛСГМИ, т. 62, 1960, стр. 39.
74. Перегуд Е. А., Бойкина Б. С., Труды научной сессии Ленинградского научно-исследовательского института гигиены труда и проф. заболеваний, посвященной итогам работы за 1956 г., 1958, стр. 243.
75. Harris D. K., Lancet, **2**, 1008 (1951).
76. Жемердей А. И., Труды юбилейной научной сессии ЛМГМИ, т. 44, 1958, стр. 164.
77. Водовозов А. М., Бюлл. эксперим. биол. и мед., № 7, 116 (1964).
78. Цолов Хр., Гигиена труда и профзаболевания, № 3, 48 (1959).
79. Райнес Л. А., Гигиена труда и профзаболевания, № 1, 56 (1957).
80. Карпов Б. Д. К токсикологии метиловых эфиров акриловой и метакриловой кислот, Автореферат диссертации, 1952.
81. Сандрацкая С. Э., Гигиена и санитария, № 7, 74 (1960).
82. Карпов Б. Д., Фармакол. и токсикология, № 1, 49 (1954).
83. Ломонова Г. В., в сб. «Материалы научн. сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений», 1961, стр. 45.
84. Левина Э. Н., Гигиена и санитария, № 2, 34 (1951).
85. Комиссаров И. В., Гигиена труда и профзаболевания, № 1, 36 (1960).
86. Бабанов Г. П., Врачебное дело, № 5, 511 (1957).
87. Бабанов Г. П., Ключиков В. Н., Караваева Н. И., Лилеева З. В., Врачебное дело, № 8, 833 (1959).
88. Zapp J. A., Arch. environment Health, **4**, № 3, 335 (1962).
89. Lohs V., Zbl. Arbeitsmed., **14**, № 12, 287 (1964).
90. Рахманина Н. А., Гигиена и санитария, № 12, 20 (1964).
91. Лобанова К. П., Гигиена труда и профзаболевания, № 6, 8 (1959).
92. Казакевич М. А., Врачебное дело, № 6, 103 (1964).
93. Стасенкова К. П., Гигиена труда и профзаболеваний, № 5, 31 (1958).
94. Галибин Г. П., Токсикология новых промышленных химических веществ, вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 45.

95. Кристанов Цв., Грозданов А., Карабахчиев П., Изв. ин-та клинич. и обществ. мед. Бьяг. АН, № 3, 143 (1959).
96. Архангельская Г. В., Гигиена труда и профзаболевания, № 4, 29 (1957).
97. Эрман М. И., Данилов В. И., Проценко Г. А., Малинина-Пуценко В. П., Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений, 11, 1961.
98. Hanslian L., Rous V., Ceskoslov hyg., **3**, № 1, 22 (1958).
99. Станкевич В. В., Иванова З. В., в сб. «Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений», 1961, стр. 36.
100. Wilson R. H., McCormick W. E., Arch. Ind. Health, **21**, № 6, 536 (1960).
101. Шамардин Н. А., Марипуд И. П., Гигиена труда и профзаболеваний, № 9, 54 (1963).
102. Хрусталев А. А., Гигиена и санитария, № 10, 30 (1946).
103. Боков А. Н., Неласова Л. И., Федорчук С. Ч., Проко-пенко В. А., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 117.
104. Бабанов Г. П., Агафонов Н. Г., Гигиена труда и профзаболевания, № 6, 6 (1963).
105. Sirasek L., Schwank R., Pracov., lék., № 5, 217 (1961).
106. Wrzegorczyk L., Dotegowska-Potoczna D., Kowal S., Polski tugod. lekar, **17**, № 50, 1942 (1962).
107. В кн. «Сборник важнейших официальных материалов по вопросам гигиены труда и производственной санитарии», вып. 1, Медгиз, 1962, стр. 141.
108. Матыцкая В. С., Кравчинский Я. Д., Васильева В. А., Еремеева Л. А., Гигиена и санитария, № 2, 15 (1962).
109. Тученко М. М., Сидяков П. В., Гигиена труда и профзаболевания, № 10, 20 (1961).
110. Ратнер О. М., Буданова Л. Ф., Заржевский М. Я., Еремеева Л. А., Котон Е. А., Ростовцева Л. А., Материалы научной сессии, посвященной 40-летию Ленинградского ин-та гигиены труда и профзаболеваний, 24—26 ноября 1964, стр. 16.
111. Корлякова Е. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 3, Медгиз, 1961, стр. 23.
112. Кулагина Н. К., Корбакова А. И., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 3, Медгиз, 1964, стр. 33.
113. Голубев А. А., Люблина Е. И., Материалы научной сессии, посвященной итогам работы Ленинградского НИИ гигиены труда и профзаболеваний за 1959—1960 годы, 27 февраля — 3 марта 1961 г., стр. 107.
114. Голубев А. А., Материалы научной сессии, посвященной итогам работы Ленинградского НИИ гигиены труда и профзаболеваний за 1961—1962 годы, 1963, стр. 16.
115. Кулагина Н. К., Корбакова А. И., Корлякова Е. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 3, Медгиз, 1961, стр. 10.
116. Кулагина Н. К., Корбакова А. И., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 3, Медгиз, 1961, стр. 48.
117. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А. в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 149.
118. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А. в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 173.
119. Rowe V. K., Spencer U. S., Bass S. L., J. Ind. Hyg. a. Toxicol., **30**, № 6, 332 (1948).
120. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 192.

121. Кремнева С. Н., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 3, Медгиз, 1961, стр. 18.
122. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 6, Медгиз, 1964, стр. 109.
123. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 214.
124. Бруевич Т. С., Гигиена труда и профзаболеваний, № 8, 45 (1964).
125. Розина Г. Ю., Материалы научной сессии, посвященной 40-летию Ленинградского ин-та гигиены труда и профзаболеваний, 24—26 ноября 1964 года, стр. 14.
126. Слюсарь М. П., Киричек Л. Т., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 49.
127. Левина Э. Н., Фармакол. и токсикология, **13**, № 3, 18 (1950).
128. Коренман И. М., Резник Я. Б., Гигиена безопасности и пат. труда, № 2, 46 (1930).
129. Убайдуллаев Р., Гигиена и санитария, № 7, 3 (1961).
130. Данишевский С. Л., В кн. «Вредные вещества в промышленности», под ред. Н. В. Лазарева, ч. 1, Госхимиздат, 1963, стр. 389.
131. Фельдман Ю. Г., Гигиена и санитария, № 5, 3 (1960).
132. Key M. M., Perone V. B., Birmingham D. J., J. Occupat. Med., № 3, 361 (1961).
133. Tachan P. et al., Jllinois Med. J., **114**, № 1, 18 (1958).
134. Massmann W., Pilgrim K., Arch. Gewerbepathol., **15**, 110 (1956).
135. Брацыхин Е. А., Технология пластических масс, Госхимиздат, 1963, стр. 320.
136. Horáček J., Malkus L., Ж. гиг. эпидемиол. и иммунолог., № 3, 342 (1961).
137. Полушкин Б. В., Фармакол. и токсикология, № 2, **27**, 234 (1964).
138. Ломонова Г. В., Преображенская А. А., Труды Горьковского НИИ гигиены труда и профзаболеваний, сб. 9, 1962, стр. 34.
139. Антонова Л. Т., Мартынова А. П., Мельникова М. М., Гигиена труда и профзаболевания, **12**, 39 (1960).
140. Баширов А. А., Гигиена и санитария, № 4, 42 (1964).
141. Баширов А. А., Врачебное дело, № 4, 89 (1964).
142. Соломин Г. И., Гигиена и санитария № 5, 3 (1961).
143. Бабаев Д. А., В сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 92.
144. Знаменский Н. Н., Пескова А. В., Морозова Е. В., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 88.
145. Roubal L., Pracov. lék., 138/9, 444 (1961).
146. Kopečny J., Sevčik M., Pracov. lék., **16**, № 4, 167 (1964).
147. Lesiak T., Ochrana Pracy, № 1, 1 (1963).
148. Бойцов А. Н., Материалы Республиканской итоговой научной конференции по гигиене, 11—14 июня 1963 г., 1963, стр. 30.
149. Walworth H. T., Virchow W. E., Am. Ind. Hyg. Assoc. J., **20**, № 3, 205 (1959).
150. Maxon F. C., Arch. environm. Health., **8**, № 5, 755 (1964).
151. Чижиков В. А., Труды Центрального ин-та усовершенствования врачей, т. 76, 1964, стр. 324.
152. Стасенкова К. П., Токсикология новых промышленных химических веществ, вып. 7, Изд. «Медицина» 1965.
153. Pletscher A., Schüppli R., Reifert R., Z. Unfallmed. Berufskrankh., **47**, № 3, 163 (1954).

154. Siboulet A., Arch. malad. profess., 4 bis, 108 (1955).
155. Welcker A., Dermatol. Wochschr., **33**, 871 (1955).
156. Grandjean E., Brit. J. Ind. Med., **14**, № 1, 1 (1957).
157. Bourne L. B., Milner F. J. M., Alberman K. B., Brit. J. Ind. Med., **16**, № 2, 81 (1959).
158. Багнова М Д., Заболевание кожи от воздействия эпоксидных смол, Изд. Гос. санитарно-гигиенического ин-та им. Ф. Ф. Эрисмана, 1960.
159. Долгов А. П., Соловьева П. В., Гигиена труда и проф. заболевания, № 1, 23 (1961).
160. Bourne L. B., Lancet, **272**, 997 (1957).
161. Malten K. E., Beroepsekzeem bij het verwerken van kunststoffen, Thesis, Amsterdam, 1956.
162. Цыркунов Л. П., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 40.
163. Шумская Н. И., Гигиена труда и профессиональные заболевания, № 12, 34 (1961).
164. Шумская Н. И., в сб. «Промышленная токсикология и клиника профес. заболеваний химической этиологии», 1962, стр. 150.
165. Шумская Н. И., Толгская М. С., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 37.
166. Шумская Н. И., Толгская М. С., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 7, Медгиз, 1965, стр. 76.
167. Кремнева С. Н. в сб. «Промышленная токсикология», 1960, стр. 123.
168. Кремнева С. Н., Толгская М. С., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 2, Медгиз, 1961, стр. 28.
169. Gage J. C., Brit. J. Ind. Med., **16**, № 1, 11 (1959).
170. Fregert S., Rorsman H., Acta Dermato-Venereol., **40**, 206 (1960).
171. Gaul E., Arch. Dermatol., **82**, 1003 (1960).
172. Gaul E., J. Invest. Dermatol., **29**, 311 (1957).
173. Цыркунов Л. П., Гигиена и санитария, № 11, 28 (1962).
174. Шумская Н. И., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 5, Медгиз, 1963, стр. 35.
175. Кулагина Н. К., Кочеткова Т. А., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 7, изд. Медицина, 1965, стр. 56.
176. Троп Ф. С., Белобрагина Г. В., Клюшина И. В., Ельничных Л. Н., В кн. «Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии», Медгиз 1962, стр. 78.
177. Кремнева С. Н., Толгская М. С., в сб. «Токсикология новых промышленных химических веществ», вып. 2, Медгиз, 1961, стр. 59.
178. Baader E. W., Arch. Gewerbepathol. Gewerbehyg., **13**, 419 (1955).
179. Menschick H., Arch. Gewerbepathol. Gewerbehyg., **13**, 454 (1955).
180. Hine C. H., Anderson H. H., Toxicological evaluation of epoxy resins, Proc. 12th Intern. Congress Occupational Health, III, Helsinki, 1957, p. 268.
181. Hine C. H., Kodama J. K., Anderson H. H., Simonson D. W., Wellington J. S., Arch. Ind. Health, **17**, № 2, 129 (1958).
182. Тиунов Л. А., Грохольская Н. В., Качурина Н. А., Медведев Ю. А., Мимохина Л. В., Рапопорт И. А., Смирнова О. И., в сб. «Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии», Медгиз, 1962, стр. 84.
183. Овчаров В. Г., в кн. «Вредные вещества в промышленности», под ред. Н. В. Лазарева, ч. 1, 4-е изд., Госхимиздат, 1963, стр. 364.

184. Овчаров В. Г., Лойт А. О., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 74.
185. Вольфовская Р. Н., Щеглова А. В., Успенская Н. В., в кн. «Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии», Медгиз, 1962, стр. 249.
186. Сонькин М. Е., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 103.
187. Толоконцев Н. А., Наумова О. А., Сонькин М. Е., Михайлова И. А., в кн. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза», 1964, стр. 105.
188. Jongh J., Tijdschr. Sóc. Geneesk., **40**, 219 (1962).
189. Hartogensis F., Tijdschr. Soc. Geneesk., **40**, 223 (1962).
190. Zielhuis R. L., Veiligheid, **38**, 25 (1962).
191. Zielhuis R. L., Tijdschr. Soc. Geneesk., **40**, 225 (1962).
192. Winsemius W., Tijdschr. Soc. Geneesk., **40**, 229 (1962).
193. Lieber E. E., Brit. Plastics, **28**, 428 (1955).
194. Klauder J. V., Arch. Dermatol. Syphilol. (Chicago), **57**, 414 (1948).
195. Штрайхман Г. А. и др., ЖПХ, **34**, 888 (1961).
196. Schwartz L., Tulipan L., Birmingham D. J., Occupational Diseases of the Skin, Philadelphia, 1957.
197. Знаменский Н. Н., Полимерные материалы в молочной промышленности, Пищепромиздат, 1963.
198. Чухриенко Д. П., Вестник хирургии им. И. И. Грекова, **89**, № 10, 53 (1962).
199. Кочанов М. М., Степаненко Э. М., в сб. «Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для синтеза», 1964, стр. 30.
200. Дмитриева Н. В., Гигиена труда и профзаболевания, № 7, 51 (1964).
201. Weber G., Barniske K., Zbl. Arbeitsmed. und Arbeitschutz, **12**, № 11, 283 (1962).
202. Бройтман А. Я., в сб. «Синтез и исследование эффективности стабилизаторов для полимерных материалов», Центрально-Черноземное книжное изд., Воронеж, 1964, стр. 228.
203. Кельман Г. Я., Материалы XX Московской научно-практической конференции по проблемам промышленной гигиены, 1964, стр. 61.
204. Davis M. L., Cosgrove G. E., Gude W. D., Asane M. D., Lab. Investing., **12**, № 10, 99 (1963).
205. Плисс Г. Б., Вредные вещества в промышленности, под ред. Н. В. Лазарева, ч. 1, 4-е изд., Госхимиздат, 1963, стр. 606, 645.
206. Pirila V., Jgiena, № 3, 199 (1958).
207. Hegyi E., Diagnostika profesionalneho ekzemu. Vydavatel'stvo osveta, 1960.
208. Эмануэль Н. М., Липчина Л. П., АН СССР, **121**, № 1, 141 (1958).
209. Бройтман А. Я., Лазарева Н. П., Обольянинова Н. А., Попова Г. С., Пластмассы, № 4, 19 (1963).
210. Brown W. D., Johnson A. R., O'Halloran M. W., Austral. J. Experim. Biol. and Med. Sci., **37**, № 6, 533 (1959).
211. Кельман Г. Я., Материалы XX Московской научно-практической конференции по проблемам промышленной гигиены, 1964, стр. 40.
212. Douthwaite A. H., Lintott G. A., Lancet, **2**, 1222 (1938).
213. Paisseau G., Friedman E., Vaille C., Bull. Soc. méd. hŏp., **24**, 1201 (1934).

214. Strauss N., Rosenthal J., Nocero M. A., N. Y. St. J. Med., **34**, 97 (1934).
215. Falbe-Hansen J., Acta oto-laryng. (Stockh.), **44**, 216 (1941).
216. Кариплюк И. А., Гигиена и санитария, № 12, 34 (1962).
217. Эмануэль Н. М., Вартанян Л. С., Пелевина И. И., Первый Всесоюзный биохимический съезд, январь 1964 г., Тезисы докладов, вып. 1, 1963, стр. 70.
218. Tappel A. L., Marr A. G., J. Agric. Food Chem., **2**, № 10, 554 (1954).
219. Joffe M. H., A. M. A. Arch. Ind. Hyg., **18**, 464 (1958).
220. Кораблев М. В., Фармакол. и токсикология, № 2, 199 (1964).
221. Merlevede E., Pottier F., Arch. belges méd. sociale, № 2, 101 (1962).
222. Bartonicek V., Teisinger J., Brit. J. Ind. Med., **19**, № 3, 216 (1962).
223. Бройтман А. Я., Гигиена труда и профзаболевания, № 3, 20 (1962).
224. Thinius K., Plaste und Kautschuk, № 6, 324 (1964).
225. Smith H. V., Brit. Plastics, № 8, 445 (1964).
226. Wilson R. H., Poley G. W., Ind. Plast. Mod. Ind., **7**, 57 (1959).
227. Paskow D., Известия на института по Физиология, Болгарска Академия на Науките, **4**, 175 (1960).
228. Jaques R., Helv. chim. acta, **33**, 650 (1950).
229. Крынская И. Л., в сб. «Материалы научной сессии по токсикологии высокомолекулярных соединений», 1961, стр. 58.
230. Сб. аннотаций научно-исслед. работ «Охрана труда и техники безопасности в химической промышленности», вып. 5, НИИТЭХИМ, 1963, стр. 86.
231. Левина Э. Н., в кн. «Вредные вещества в промышленности», под ред. Н. В. Лазарева, 1, 4 изд., Госхимиздат, 1963, стр. 149, 256.
232. Дикун П. П., в кн. «Вредные вещества в промышленности», под ред. Н. В. Лазарева, 1, 4- изд., Госхимиздат, 1963, стр. 129.
233. Patty F. A., Industrial hygiene and toxicology, vol. II, New York — London, 1962.
234. Olafson P., Cornell Vet., **37**, 195 (1947).
235. Bell W. B., Vet. Med., **48**, 135 (1953).
236. Jones J. W., Alden H. S., Arch. Dermatol. Syphilol., **33**, 1022 (1936).
237. Розанова Л. С., Фармакология и токсикол., **6**, № 6, 48 (1943).
238. Miller J. W., Public. Health Rep. U. S., **59**, 1085 (1944).
239. Block W. D., Cornish H. H., Biochem. J., **234**, № 12, 3301 (1959).
240. Meigs J. W., Albom J. J., Kartin B. L., J. Am. Med. Assoc., **154**, № 17, 1417 (1954).
241. Парибок В. П., Фармакология и токсикол., **17**, № 5, 51 (1954).
242. Drinker C. K., Warren M. F., Bennett G. A., J. Ind. Hyg. Toxicol., **19**, 283 (1937).
243. Lefaux R., Toxicologie des matières plastiques et des composes macromoléculaires, Masson, Paris, 1952.
244. Treon J. F. et al., Am. Ind. Hyg. Assoc. Quart., **16**, 187 (1955).
245. Чекунова М. П., в кн. «Материалы по токсикологии веществ, применяемых в производстве пластических масс и синтетических каучуков (мономеры и пластификаторы)», 1957, стр. 92.
246. Draize J., Alvarez E., Whitesell M. F., J. Pharmacol. Experim. Therap., **93**, 26 (1948).
247. Lehman A. J., Assoc. Food and Drug Offic., U. S. Quart. Bull., **19**, 87 (1955).
248. Hodge H. C., Goldstein M. R., Wrightigton M., Proc. Soc. Experim. Biol. a. Med., **49**, 471 (1942).

249. Sollmann T., Manual of Pharmacology, Phyladelphia, 1957.
250. Закусов В. В., Ларионов Л. Ф., в сб. «Экспериментальные исследования по токсикологии вновь вводимых в промышленность веществ», изд. Ленинградского ин-та гигиены труда и профзаболеваний, 1938, стр. 118.
251. Елизарова О. Н., Ученые записки Московского НИИ гигиены им. Эрисмана, № 9, 105 (1961).
252. Wilson R. H., McCormick W. E., Ind. Med. Surg., **23**, 479 (1954).
253. Smith C. C., Arch. Ind. Hyg. Occupat. Med., **7**, 310 (1953).
254. Cagianut B., Schweiz. med. Wochenschr., **84**, 1243 (1954).
255. Bornmann G. et al., Lebensmittel-Untersuch. u. Forsch., **103**, 413 (1956).
256. Mallette F. S., Haam E., Arch. Ind. Hyg. Occupat. Med., **6**, № 3, 231 (1952).
257. Pisani F., Med. lavoro, **51**, 107 (1960).
258. Harris D. K., Brit, J. Ind. Med., **10**, 267 (1953).
259. Harris R. S., et al., Arch. Ind. Health, **13**, 259 (1956).
260. Hodge H. C., Proc. Soc. Experim. Biol. Med., **53**, 20 (1943).
261. Shaffer C. B., Carpenter C. P., Smith H. F., J. Ind. Toxiçol., **27**, 130 (1945).
262. Carpenter C. P., Weil C. S., Smith H. F., Arch. Ind. Health, **8**, 219 (1953).
263. Patty F. A., Ind. Hyg. Toxicol., v. II, New York — London, 1962, p. 1891.
264. Smith H. F., Carpenter C. P., Weil C. S., Arch. Ind. Health. Occupat. Med., **4**, 119 (1951).
265. Дрогичина Э. А., Токсические энцефаломиэлополиневриты. Автореферат докторской диссертации, 1953.
266. Дрогичина Э. А., Толгская М. С., Труды АМН СССР, т. 31, 1954, стр. 189.
267. Белугин А. А., в «Сб. рефератов Свердловской областной конференции невропатологов, психиаторов и нейрохирургов», Свердловск, 1950, стр. 53.
268. Дрогичина Э. А., в сб. «Вопросы гигиены труда и профзаболеваний», Рефераты научных работ, Изд. АМН СССР, 1948, стр. 56.
269. Волошин Г. И., Невропатология и психиатрия, **18**, № 6, 37 (1949).
270. Саранчова К. А., Поражение нервной системы при отравлении триортокрезилфосфатом, Автореферат кандидатской диссертации, Иваново, 1954.
271. Grob E., Grosse A., Arch. Experim., Pathol. u. Pharmakol., **168**, 473 (1932).
272. Henschler D., Arch. Experim. Pathol. u. Pharmakol., **232**, № 1, 223 (1957).
273. Henschler D., Zbl. Arbeitsmed., **8**, № 11, 265 (1958).
274. Henschler D., Arch Experim. Pathol. u. Pharmakol., **236**, 503 (1959).
275. Borgmann W., Hunold G. A., Z. Hug. Infektionskrankh., **133**, № 1, 26 (1951).
276. Smith M. J., Elvove E., Frazier W. H., Public Health Rep. U. S. (2nd Rep.), **45**, 2509 (1930).
277. Smith M. J., Engel E. W., Stohlman E. F., Nat. Inst. Health Bull., № 160, 1932.
278. Hartwigk Mh., Veterinärmed., **5**, 53 (1950).
279. Зильбер Ю. Д., в сб. «Промышленная токсикология и клиника профессиональных заболеваний химической этиологии», 1962, стр. 140.
280. Krause K. H., Kunststoff-Rundschau, **6**, 337 (1959).
281. Henschler D., Bayer H. H., Naunyn-Schmiedebergs Arch. Experim. Pathol. Pharmakol., **233**, 512 (1958).
282. Silver A., Nature (London), **185**, 247 (1960).

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Ниже перечисляются основные гостированные методы определения показателей свойств полимерных материалов, содержащихся в справочнике. Данные о методах определения показателей, нормируемых для отдельных материалов, приведены в тексте.

Физико-механические свойства

Плотность — ГОСТ 5689—60.
Предел прочности при растяжении — ГОСТ 11262—65.
Предел прочности при сжатии — ГОСТ 4651—63.
Предел прочности при статическом изгибе — ГОСТ 4648—63.
Предел текучести при растяжении — ГОСТ 11262—65.
Индекс расплава — ГОСТ 11645—65.
Удельная ударная вязкость — ГОСТ 4647—62.
Модуль упругости — ГОСТ 11262—65.
Относительное удлинение при разрыве — ГОСТ 4646—49.
Твердость (по Бринеллю) — ГОСТ 4670—62
Временное сопротивление раскалыванию — ОСТ 10110—39.

Теплофизические свойства

Теплостойкость по Мартенсу и по Вика — ГОСТ 9551—60.
Температура потери прочности — нормаль МИ-П-68—59.
Температура текучести — нормаль МИ-12—56.
Температура размягчения — нормаль МИ-П-56—56.
Температура размягчения по Кремер-Сарнову — ГОСТ 2230—43.
Температура хрупкости (морозостойкость) — ГОСТ 10995—64.

Электрические свойства

Удельное электрическое сопротивление (поверхностное и объемное), тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическая проницаемость и электрическая прочность при 50 *гц* — ГОСТ 6433—65.

Тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрическая проницаемость при 10^3 *гц* — ОСТ 40071; при 10^6 — ОСТ НКТП 3073.

Технологические свойства

Текучесть по Рашигу — ГОСТ 5689—66.
Усадка — ГОСТ 5689—66.
Водопоглощение — ГОСТ 4650—60.

Прочие свойства

Вязкость по вискозиметру ВУ—ГОСТ 901—56.
Температура каплепадения по Уббелоде — ГОСТ 3552—47.
Атмосферостойкость и светотеплостойкость — ГОСТ 10226—62.
Скорость желатинизации на плитке — ГОСТ 901—56.

Примечание. Форма и размер образцов, а также способы изготовления их для соответствующих испытаний указаны в тех же ГОСТ.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Адипиновой кислоты эфиры, токсичность 431
Алкидные полимеры, токсичность 425
Аминопласты 396 сл.
  клеи 401—403
  переработка 400
  получение 396
  пористые 404
  прессовочные 396—400
  применение 401
  слоистые 403
  токсичность 415, 416
Антегмит 305—310
Арзамит 327—329
Асботекстолиты 361

Бакелитовые лаки 288

Винилит 80, 81
Винипласт 49 сл.
  водопоглощение 49
  листовой 62, 63
  механическая обработка 59
  набухание 49
  относительное удлинение при разрыве 49
  переработка 59—62, 65
  пленочный — см. Пленки поливинилхлоридные
  плотность 62, 63
  получение 49
  предел прочности при изгибе 62, 63
— — — растяжении 49, 62, 63
  применение 61, 62, 65, 439
  сварочный пруток 65
  склеивание 59, 60
  совмещение с каучуками 49
  теплостойкость 62, 63
  трубы, стержни, профильные изделия 63—65
  удельная ударная вязкость 49, 63
  удельное объемное электрическое сопротивление 63
  усадка 62
  химические свойства 49 сл.
Винипроз 80—82
Волокнит 340

Галоидсодержащие углеводороды, токсичность 429, 430
Гетинаксы 363, 364
Гидропласт 74, 75

Декорроэит 338
Дифлон 273, 274, 276, 277

Идитол 297

Капролон В 216, 220, 228, 239
Капролон СН 216, 220, 229
Капрон
  армированный 216, 220, 229
  влажность 220
  водопоглощение 215, 239, 240
  вязкость 220
  диэлектрическая проницаемость 236
  коэффициент термического расширения 237
  модуль упругости при растяжении 228
  наполненный 225
  относительное удлинение при разрыве 226, 228
  плотность 220, 228
  предел прочности при изгибе 227, 228, 230
  — — — растяжении 228
  — — — сжатии 228
  — — — срезе 228
  применение 220, 223
  содержание низкомолекулярных соединений 220
  тангенс угла диэлектрических потерь 235
  твердость по Бринеллю 228
  температура плавления 215, 226, 237
  теплопроводность 237
  теплостойкость 237
  удельная ударная вязкость 227, 228, 230

Капрон
— теплоемкость 237
удельное электрическое сопротивление 235
электрическая прочность 236
Кремнийорганические соединения и пластмассы на их основе, токсичность 418—421

Лаки перхлорвиниловые 77, 78

Мелаволокнит 398
Мелалит 397

Наполненные полиамиды 223 сл.
влажность 224
водопоглощение 240
вязкость 224, 225, 226
графитом 225, 226, 234
дисульфидом молибдена 225, 226, 233, 234
диэлектрическая проницаемость 224
коэффициент Пуассона 233, 234
— термического расширения 233, 236
— трения 231, 233
модуль упругости при сжатии 233, 234
относительная деформация 232, 236
плотность 233, 234
предел прочности при изгибе 224, 225, 226, 233, 234
— — — растяжении 224, 233, 234
— — — сжатии 233, 234
— — — срезе 233
применение 225, 226, 233
рабочие температуры 233
стекловолокном 233
тальком 224, 225, 226, 232, 233, 235, 236, 240
тангенс угла диэлектрических потерь 224, 235
твердость по Бринеллю 233
температура плавления 224, 225, 226
теплостойкость 224, 233
удельная ударная вязкость 224, 225, 226, 233, 234
удельное электрическое сопротивление 224
электрическая прочность 224
Ненасыщенные полиэфиры, токсичность 424
Органозоли 75
Ортофосфорной кислоты эфиры, токсичность 432

Пенополистирол 98 сл.
влажность 102
водопоглощение 99, 100, 101, 103
гигроскопичность 100, 101
дисперсность 102
коэффициент теплопроводности 99, 100, 101
марки 98
модуль упругости при сжатии 99
морозостойкость 101, 102
насыпная масса 98, 102
объемная масса 98, 100, 101, 103
относительная вязкость 102
получение 103, 104
предел прочности при изгибе 100, 101
— — — растяжении 100, 101
— — — сжатии 98, 100, 103
применение 104
рабочие температуры 99
содержание мономера 102
— порообразователя 102
стрела прогиба 103
тангенс угла диэлектрических потерь 99
удельная ударная вязкость 99, 100, 101
удельное электрическое сопротивление 99
усадка 99, 103
электрическая прочность 99
Пентапласт, токсичность, 425
Перхлорвиниловая смола 59, 60, 77, 78
Перхлорвиниловые полимеры, токсичность 412
Пластизоли 75, 76
Пластикаты поливинилхлоридные 66, 67, 68, 69, 70, 72
водопоглощение 70, 72
морозостойкость 68, 70, 72, 73
относительное удлинение при разрыве 68, 70, 72
пенетрация 72
получение 66
предел прочности при растяжении 68, 70, 72
стойкость к старению 70
твердость 70
температура разложения 70
теплостойкость 72
удельное электрическое сопротивление 70, 72
цветостойкость 70
электроизоляционные 69, 70
Пластификаторы, токсичность 429

Пленки поливинилхлоридные 60, 61, 62, 65, 66, 67, 68
влагопроницаемость 66
водопоглощение 66
кислотостойкость 61
морозостойкость 60, 67, 68
относительное удлинение при разрыве 60, 61, 67, 68
предел прочности при растяжении 60, 61, 67, 68
рабочая температура 60
теплостойкость 67
усадка 60, 61
щелочестойкость 61
Полиакрилаты 168 сл.
органические стекла — см. Стекла органические
прессовочные и литьевые 190, 191
токсичность 413, 414
Полиамиды 215 сл.
бензостойкость 221
влажность 218, 219, 222
водопоглощение 239, 240
вязкость 218, 219, 221, 222, 223, 224, 225, 226
диэлектрическая проницаемость 224, 236
клеи 238, 252, 253, 254
коэффициент термического расширения 233, 236, 237
— трения 231, 233
лаки 249, 250
модуль упругости при растяжении 228, 233
морозостойкость 221
наполненные — см. Наполненные полиамиды
низкомолекулярные 255 сл.
относительная деформация 232, 236
относительное удлинение при разрыве 221, 222, 223, 226, 228
П-6 219, 229, 231, 235, 237, 239, 240
П-7 215
П-10 222, 229, 235, 237, 239, 240
П-11 215
П-54 221, 229, 237, 239, 240, 241
П-68 217, 226, 227, 228, 230, 231, 232, 233, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 245
П-54/10 221
П-548 221, 229, 237, 239, 241, 247, 248, 249, 250
П-548/27 221
П-АК7 218, 226, 227, 228, 231, 232, 237, 239, 240, 242
П-АК 60/40 222
П-АК 80/20 219, 229, 235, 237, 239
переработка 241 сл.
ПКРТ-3 223, 241
пленки 246, 247, 248, 249, 251
плотность 221, 228, 233
покрытия 245
получение 216,
порошкообразные 223, 245
предел прочности при изгибе 218, 220, 222, 224—228, 230, 233
— — — растяжении 218, 219, 221—224, 228, 230, 233
— — — сжатии 228, 233
— — — срезе 228, 233
применение 218, 219—221, 222, 223, 225, 226, 233, 238, 243 сл.
связующие и стеклопластики 255
стабилизация 238, 239
тангенс угла диэлектрических потерь 218, 219, 222, 224, 235
твердость по Бринеллю 228, 233
температура плавления 215, 218, 219, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 237
— размягчения 222
теплопроводность 237
теплостойкость 224, 233, 237
токсичность 421, 422
удельная теплоемкость 237
— ударная вязкость 218, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 230, 233, 238, 239
удельное электрическое сопротивление 218, 222, 224, 234, 235
химические свойства 238
электрическая прочность 218, 219, 222, 224, 236
Поливинилацетали 192, 193, 202 сл.
токсичность 412
Поливинилацетат 199 сл.
бисерный 194, 195, 198
вязкость 194, 195
дисперсии 195, 196, 197, 198, 199
получение 193, 194, 195
применение 197
свойства 196, 197
спиртовые лаки 194
токсичность 411
Поливинилбутираль 208 сл.
Поливинилбутиральфурфураль 212 сл.
Поливинилкеталь 214
Поливиниловый спирт 192, 193, 199 сл.
марки 200
получение 199

Поливиниловый спирт
применение 201
свойства 199, 200, 201
токсичность 411
Поливинилтолуол 115, 116, 117, 118
Поливинилформаль 203 сл.
Поливинилформальэтилаль 206 сл.
Поливинилхлорид 42 сл.
горючесть 45
деструкция 45
лаки 76, 77
латексный 45, 47
линолеумы 73, 74
липкие ленты 69, 71
марки 45
непластифицированный 48 сл.
относительная вязкость 44
пасты 75, 76
пенопласты и поропласты 79, 80
переработка 44
пластикаты — см. Пластикаты поливинилхлоридные
пластифицированный 66 сл.
пленки — см. Пленки поливинилхлоридные
получение 42
применение 44, 45, 61, 62, 65, 66, 67, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 439, 440
сильнопластифицированный 74 сл.
содержание хлора 42
суспензионный 45, 46
токсичность 412
торговые названия 84
трубки 71, 72, 73
Поливинилэтилаль 205
Полидиметилстирол 115—118
Полидихлорстирол 115—118
Поликапроамид см. Капрон
Поликарбонаты 271 сл.
атмосферостойкость 278
водопоглощение 280
вязкость расплава 280, 281
деструкция 281
диэлектрическая проницаемость 276
коэффициент поглощения 279
— преломления 280
— термического линейного расширения 276
модуль упругости при изгибе 275
— — — растяжении 274, 275, 276
морозостойкость 276
наполненные 276
оптическая плотность 279
Поликарбонаты
относительное удлинение при разрыве 274, 278, 279
паропроницаемость 280
переработка 280, 281, 282, 283
плотность 274
получение 271
предел прочности при изгибе 274
— — — растяжении 274, 276, 278, 279
— — — сжатии 274
применение 283
рабочие температуры 276
светопропускание 280
тангенс угла диэлектрических потерь 276
твердость по Бринеллю 274
температура воспламенения 276
— плавления 276, 281
— размягчения 276, 281
— текучести 276
теплопроводность 276
теплостойкость 276
удельная теплоемкость 276
— ударная вязкость 274
удельное электрическое сопротивление 276
химическая стойкость 277
электрическая прочность 276
Полиоксиметилен — см. Полиформальдегид
Полиолефины 9 сл.
Полипеларгонамид 215
Полипропилен 29 сл.
свойства 30, 31, 32
стабилизация 32
переработка 32
применение 39, 40
токсичность 408
Полистирол 86 сл.
блочный 86, 87, 89, 90, 92, 94, 97
водопоглощение 90
диэлектрическая проницаемость 89, 92, 93
коэффициент преломления 90
— теплопроводности 90
— термического расширения 90
марки 86, 87
нити 97, 98
относительная вязкость 92, 93
относительное удлинение при разрыве 89, 93
пленки 96, 97, 98
переработка 93, 94
плотность 89
получение 86—88

Полистирол
предел прочности при изгибе 92, 93
— — — растяжении 89, 92
применение 94, 436, 437
рабочие температуры 90
растворимость 90
суспензионный 86, 88, 89, 90, 92, 94
тангенс угла диэлектрических потерь 90, 92, 93
твердость по Бринеллю 89
температура размягчения 93
теплостойкость 90, 92, 93
техника безопасности 127
токсичность 409, 410
ударопрочный — см. Ударопрочный полистирол
удельная теплоемкость 90
— ударная вязкость 92, 93
удельное электрическое сопротивление 89
химическая стойкость 91
электрическая прочность 90
эмульсионный 87, 88, 89, 90, 93, 94
Полиундеканамид — см. П-10
Полиуретаны, токсичность 422, 423
Полиформальдегид 260 сл.
деструкция 265
марки 260
переработка 265
получение 260
применение 267 сл.
свойства 260, 261, 262, 263, 264
техника безопасности 270
токсичность 425, 426
химическая стойкость 264
Поли-*п*-хлорстирол 115, 116, 117, 118, 119
Полиэнантоамид — см. П-6
Полиэтилен 9 сл.
водопоглощение 17, 26, 29, 215
высокого давления (ВД) 9, 10 сл., 21, 23, 24, 25
газопроницаемость 17
деформация 25
диэлектрическая проницаемость 14, 20, 24, 28, 29
зольность 27
индекс расплава 11, 12, 18, 22, 27
коэффициент преломления 26, 29
— термического расширения 15, 25, 29
крашение 11, 22
литье под давлением 20, 28
Полиэтилен
марки 11, 12, 22
модуль упругости при изгибе 12, 23, 29
морозостойкость 15, 18, 25, 27, 29
насыпная масса 11, 18, 21, 27
низкого давления (НД) 9, 10, 21 сл., 33, 39
относительное удлинение при разрыве 2, 18, 23, 27, 29
паропроницаемость 17
плотность 10, 11, 12, 21, 23, 29
покрытия 28
предел прочности при изгибе 13, 23, 29
— — — растяжении 13, 18, 23, 27, 29
— — — сжатии 13
— текучести при растяжении 12, 18, 23, 29
прессование 20, 28
применение 38, 39
сварка 21, 28
светостойкость 18, 27
синтез 9
содержание летучих 27
среднего давления (СД) 9, 10, 29
стабилизаторы 22, 28
степень кристалличности 9, 10, 11, 21
стойкость к растрескиванию 17, 18, 26, 27, 39
тангенс угла диэлектрических потерь 14, 20, 24, 28, 29
твердость по Бринеллю 13, 23, 29
температура плавления 14, 25, 29, 215
теплостойкость 15, 25, 27, 29
токсичность 407, 408
формование 20, 28
химическая стойкость 15, 16, 17, 25
центробежное литье 21
удельная теплоемкость 14, 25, 29
— ударная вязкость 23, 29
удельное электрическое сопротивление 14, 24, 25, 29
удельный объем 21
удлинение при достижении предела текучести 23, 29
усадка 15, 20, 28
экструзия 20, 28
электрическая прочность 14, 20, 24, 28, 29
Полиэтилентерефталат, токсичность 425

Пульвербакелит 298

Ретинакс 340
Ригизоли 75
Рилсан — см. П-10

Саран 80
Себациновой кислоты эфиры, токсичность 431
Сополимер этилена с пропиленом (СЭП) 33 сл.
  диэлектрическая проницаемость 36, 37, 38
  модуль упругости при изгибе 34, 35, 38
  морозостойкость 37, 38
  насыпная масса 34
  низкого давления 33, 34 сл.
  относительное удлинение при разрыве 34, 35, 36, 38
  переработка 38
  плотность 34, 38
  предел прочности при изгибе 34
  — — — растяжении 34, 35, 38
  — текучести при растяжении 34, 35
  рабочие температуры 37
  синтез 33, 34
  среднего давления 34, 38
  стойкость к растрескиванию 38
  тангенс угла диэлектрических потерь 36, 37, 38
  температура плавления 38
  теплопроводность 37
  теплостойкость 37, 38
  токсичность 409
  степень кристалличности 34, 35, 37, 38
  удельная теплоемкость 37
  удельное электрическое сопротивление 37, 38
  удлинение при достижении предела текучести 34
  химическая стойкость 38
  электрическая прочность 37, 38
Сополимеры
  винилацетата 198, 199
  винилхлорида 80 сл.
  стирола — см. Стирола сополимеры
  формальдегида 266
  этилена с пропиленом 33 сл.
Стабилизаторы, токсичность 426, 427, 428, 429
Стекла органические 168 сл.
  водопоглощение 186, 187
  долговечность 177, 178, 183
Стекла органические
  коэффициент температуропроводности 181
  — теплопроводности 181
  — термического расширения 181
  модуль упругости при растяжении 169, 174, 176
  механическая обработка 189
  монтаж деталей 189, 190
  образование «серебра» 182, 183, 184
  оптические свойства 171, 185
  относительное удлинение при разрыве 168, 169, 174, 176, 186
  плотность 181
  поверхностное растрескивание см. Образование «серебра»
  предел прочности при изгибе 174
  — — — растяжении 168, 169, 174, 176, 177, 180, 182, 186
  рабочие температуры 177, 178
  сварка 188
  светопрозрачность 168, 169
  светотехнические 170, 171, 172
  светотехническое опаловое 169
  — теплостойкое 173
  серебростойкость по дибутилфталату 183, 184
  СОЛ, СТ-1, Т-2-55, 2-55 168, 174, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186
  с перламутровым эффектом 173
  степень вытяжки 176, 178, 187
  стойкость к старению 186
  — — тепловому старению 180
  стрела прогиба 174
  твердость по Бринеллю 169, 172, 173, 174
  температура размягчения 168, 169, 178, 179
  теплостойкость 170, 172, 173
  термостабильность 179
  удельная теплоемкость 181
  — ударная вязкость 168, 169, 172, 173, 174, 176, 180, 182, 186
  усадка 169
  формование 187
  часовое 169
  чувствительность к концентраторам напряжения 176
Стеклотекстолиты 361, 362
Стирола сополимеры 105 сл.
  влажность 110, 111
  водопоглощение 111
  диэлектрическая проницаемость 106, 107, 108, 109, 110

Стирола сополимеры
  индекс расплава 111
  коэффициент термического расширения 108, 109
  литье под давлением 112, 113, 114
  модуль упругости при изгибе 106, 107
  относительное удлинение при разрыве 106, 107
  плотность 106, 107
  предел прочности при изгибе 106, 107, 110, 111
  — — — растяжении 106, 107
  прессование 112, 113, 114, 115
  применение 112, 113, 114, 115
  рабочие температуры 108, 109
  растворимость 110
  тангенс угла диэлектрических потерь 106, 107, 108, 109, 110
  твердость по Бринеллю 106, 107
  теплостойкость 108, 109, 110, 111
  удельная ударная вязкость 106, 107, 110, 111
  удельное электрическое сопротивление 106, 107, 109, 110
  электрическая прочность 106, 107
  экструзия 113, 114

Текстовинит 76
Текстолиты 357, 358, 359, 360
Текстофаолит 304
Триоксан 260, 266

Ударопрочный полистирол 119 сл.
  листовой 123, 124, 126, 127
  марки 119
  переработка 123
  применение 123, 124, 125, 127, 437, 438
  свойства 120, 121, 122
  химическая стойкость 122, 123

Фаолит 300—304
Фенолит 338
Фенолоспирты 290
Фенопласты 285 сл.
  антикоррозионные материалы 300 сл.
  древеснослоистые пластики 382 сл.
  замазки коррозионностойкие 327 сл.
  пенопласты 389 сл.
  прессматериалы 329 сл.
  — безаммиачные 337
  — влагохимстойкие 338
  — волокнистые 340
  — высокочастотные 334
Фенопласты
  прессматериала для деталей автотракторного электрооборудования 337
  — жаростойкие 337
  — общетехнического назначения 331
  — переработка 351—355
  — свойства 342—351
  — специальных марок 341
  — ударопрочные 338
  — фрикционные 339
  — электроизоляционные 332
  слоистые пластики 356 сл.
  — гетинаксы 363, 364
  — намоточные изделия 364
  — переработка 377—382
  — пропитанные ткани 358—362
  — свойства 365—374, 375, 376
  — фольгированные диэлектрики 374—376
  токсичность 416, 417, 418
  углеграфитовые материалы 310 сл.
  — антикоррозионные теплопроводные 311—314
  — антифрикционные 316—318
  — пропитанные 314—316
  феноло-формальдегидные смолы 288 сл.
  — водорастворимые и водноэмульсионные 290—295
  — лаковые 288—290
  — новолачные 297, 298
  — твердые резолы 295, 296
  фуриловые смолы 318, 324, 325, 326
  — антикоррозионные клеевые лаки 318 сл.
  — замазки 326
  — покрытия 321, 324
  фурфурольные смолы 299, 300
Фикентчера константа 42, 44, 46, 47
Формопласт 74, 75
Фталевой кислоты эфиры, токсичность 430
Фторопласты 132 сл.
  токсичность 413
Фторопласты 3 и 3М 159 сл.
  влажность 164, 165
  диэлектрическая проницаемость 161, 162, 164
  дугостойкость 161
  коэффициент теплопроводности 159, 162
  термического расширения 162
  марки 159

Фторопласты
набухание 163, 164
остаточное удлинение 160
относительное удлинение при разрыве 160, 161, 164, 165
переработка 165, 166
плотность 160
покрытия 166, 167
предел прочности при изгибе 160
— — — растяжении 160, 161, 164, 165
— — — сжатии 160
рабочая температура 159, 162
степень кристалличности 159
суспензии 166, 167
тангенс угла диэлектрических потерь 161, 162, 164
твердость по Бринеллю 160
температура плавления 159, 162
— потери прочности (ТПП) 163, 164, 165, 166
— разложения 162
— стеклования 159, 162
теплостойкость 162
термостабильность 164, 165
удельная теплоемкость 162
— ударная вязкость 159, 160
удельное электрическое сопротивление 161, 162, 164
химическая стойкость 163
электрическая прочность 161, 164
Фторопласт-4 132 сл., 146
водопоглощение 138
водопроницаемость 138
деформация 135, 136
дисперсность 139
диэлектрическая проницаемость 136, 137, 139
дугостойкость 137
коэффициент теплопроводности 137
— термического расширения 137, 138
— трения 136
марки 132, 139
модуль упругости при изгибе 134
— — — сжатии 134, 135
наполнители 145, 146
остаточное удлинение 134
относительное удлинение при разрыве 134, 139
паропроницаемость 138
переработка 133, 140 сл.
пленки 143, 144, 145
плотность 133, 137, 139, 140, 141
ползучесть 136
Фторопласт
предел текучести 135
предел прочности при изгибе 134
— — — растяжении 134, 139
применение в подшипниках 145
прозрачность 138
рабочая температура 137
склеивание 142
содержание влаги 139
степень кристалличности 133, 136, 140
тангенс угла диэлектрических потерь 137, 139
твердость по Бринеллю 134
температура плавления 133, 137
— разложения 133, 137
— стеклования 133, 137
термостабильность 139
удельная теплоемкость 137
— ударная вязкость 134
удельное электрическое сопротивление 136, 139
удельный объем 133
усадка 141
химическая стойкость 138
электрическая прочность 137, 139
Фторопласт-4Д 146 сл.
лаки антифрикционные 153
ленты 150, 153
марки 147
пленка 149
переработка 147, 148
покрытия 148, 149
пропитка стеклоткани 149, 150, 151
свойства 147
суспензии 148, 149
трубки 151
уплотнительный материал (ФУМ) 152
фольгированный 151
Фторопласт-32Л 158
Фторопласты 40 и 42 153 сл.
коэффициент трения 157
лаки 158
марки 153, 154
переработка 154
свойства 154—157
суспензия 157
Фурановые полимеры, токсичность 421

Хлорвинит 80, 81
Хлорин 77

Эмали перхлорвиниловые 78, 79
Энтан — см. П-6
Эпоксидные смолы, токсичность 423

Справочник по пластическим массам

Под редакцией *М. И. Гарбара, М. С. Акутина, Н. М. Егорова*

М., Издательство „Химия", 1967 г.
462 с. УДК. 678.5/8 (083)

Редакторы *Г. М. Медникова, Л. И. Галицкая*
Техн. редактор *Л. А. Пантелеева*
Художник *Б. С. Цымбал*
Корректоры *С. Л. Федотова, А. А. Малкина*

Т-00292. Подписано к печати 4/III 1967 г.
Бумага 60×90¹/₁₆ 14,5 бум. л. 29 печ. л., уч.-изд. л. 35,64.
Тираж 33000 экз. Кн. инд. 3-14-9. Зак. № 330.
Тем. план 1967 г., № 152. Типогр. бум. № 2. Цена 1 р. 97 к.

Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР. Измайловский проспект, 29.