

Бергштейн Л. А.

**Лабораторный
практикум
по технологии
резины**

ББК 6П7.54
Б48
УДК 678.074 (076.5)

Рецензенты — преподаватели техникумов: Нижнекамского нефтехимического — Л. Г. Титова и Омского химико-технологического С. М. Сотникова

Бергштейн Л. А.

Б48 Лабораторный практикум по технологии резины: Учеб. пособие для техникумов. — 2-е изд., перераб. — Л.: Химия, 1989. — 248 с.: ил.

ISBN 5—7245—0250—X.

Второе издание (1-е изд. — 1978 г.) переработано и дополнено новыми практическими работами, методиками контроля и испытаний материалов и резин, применяемых на предприятиях резиновой промышленности.

Для учащихся средних специальных учебных заведений.

Б $\frac{2804080000-172}{050 (01)-89}$ Св. пл. для сред. спец. 162—89
учеб. заведений

ББК 6П7.54

ISBN 5—7245—0250—X

© Издательство «Химия», 1978
© Издательство «Химия», 1989,
с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ К ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В народном хозяйстве страны широко используются резиновые изделия, свойства которых зависят от назначения и условий их эксплуатации. Резины, применяемые для изготовления этих изделий, должны обеспечивать их высокое качество, долговечность и надежность.

В поставленной XXVII съездом партии на двенадцатую пятилетку задаче всемерного ускорения научно-технического прогресса для укрепления экономики страны большое значение отводится развитию химической промышленности, в том числе интенсификации резинотехнической отрасли, а также подготовке квалифицированных кадров.

Целью настоящего практикума является закрепление теоретического курса «Технология резины», ознакомление с теоретическими основами физико-механических испытаний и приобретение учащимися практических навыков работы на оборудовании и с приборами.

Второе издание учебника (1-е издание — 1978 г.) переработано в соответствии с существующей учебной программой. Особое внимание уделено новым методам контроля качества резины и технике безопасности при проведении лабораторных работ. Введена методика подготовки ингредиентов к смешению. Методики физико-механических испытаний приведены в соответствии с новыми ГОСТами.

Автор приносит глубокую благодарность за помощь и ценные советы канд. техн. наук Л. А. Мейлахс, С. М. Сотниковой, Л. Г. Титовой и Л. Н. Беляевой.

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум складывается из проведения технологических работ, позволяющих изучать поведение каучуков, ингредиентов и резиновых смесей в процессе их обработки, и физико-механических испытаний, включающих контроль качества каучуков, резиновых смесей, вулканизатов и технических тканей.

Перед началом каждой работы учащийся должен усвоить теоретическую часть работы, детально изучить конструкцию машины или прибора, методику проведения работы и расчетов, инструкцию по технике безопасности.

По окончании работы оформляется лабораторный журнал по следующей схеме:

- 1) номер практической работы и ее название;
- 2) сущность работы;
- 3) технологическая схема процесса (для технологических работ);
- 4) кинематическая схема оборудования или схема прибора;
- 5) предварительные расчеты, необходимые для проведения работы;
- 6) порядок выполнения работы;
- 7) режимная карта технологического процесса (для технологических работ), рецептура смеси;
- 8) характеристика резиновых смесей для работы по испытанию резин по следующей форме:

Марка резиновой смеси
Температура вулканизации
Продолжительность вулканизации
Назначение резиновой смеси
Рецептура резиновой смеси

№ по пор.	Ингредиент	Массовая доля, %

- 9) протокол испытаний (для испытательных работ);
- 10) наблюдения в процессе работы и оценка полученных результатов.

Результаты испытаний сравнивают с нормами действующих ТУ или ГОСТов, или с нормами, приведенными в Приложениях.

Работа завершается уборкой рабочего места, оборудования, инструмента.

Основные правила техники безопасности при работе на лабораторном технологическом оборудовании. Применяемые для проведения лабораторных работ машины в связи с их конструктивными особенностями относятся к группе оборудования повышенной опасности и при эксплуатации требуют особых мер предосторожности.

Опасными зонами машин являются приводы, открытые зазоры между валками вальцов и каландров, вращающиеся червяк в червячном прессе и лопасти в пастомешалке, режущие детали ножей для резки каучука, дробящие элементы мельниц для измельчения ингредиентов, смыкающиеся под повышенным давлением плиты гидравлических прессов и др. Приспособления, инструмент и оснастка (подъемные столы, ломтики, ключи, ножи, вулканизационные формы) при неаккуратном обращении тоже могут вызвать повреждения.

Ряд технологических работ проводится при повышенных температурах, достигающих при вулканизации 200 °С, при этом используются в качестве теплоносителей пар, горячая вода и электрическая энергия.

В целях предотвращения травм, ожогов, воздействия электрического тока лабораторное оборудование заземляют, оснащают блокирующими системами, аварийными тормозными выключателями, ограничителями и ограждениями.

Предохранительные блокирующие устройства используются для автоматической остановки оборудования при возникновении опасности для работающих. На ножах для резки каучука блокировка автоматически останавливает движение ножа при открывании дверцы в зону резания или попадании в нее рук.

Используется световая и звуковая сигнализация, оповещающая о включении приводов и электронагревательных элементов.

На червячных машинах при повышении давления резиновой смеси в цилиндре и головке (по контактному манометрам) выключается электродвигатель и подается звуковой сигнал. Питающий валик, заблокированный с пусковым устройством двигателя через конечный выключатель, предохраняет руки от попадания в опасную зону.

В помещении лаборатории предусматриваются приточно-вытяжная вентиляция с отбором у рабочих мест, стенд с противопожарным инвентарем, инструкции по противопожарной технике,

охране труда, аптечка для оказания первой помощи и инструкции и плакаты по технике безопасности у каждой машины.

Учащиеся должны работать в спецодежде и головных уборах и пользоваться защитными средствами — очками, рукавицами, диэлектрическими перчатками и ковриками. Приступая к работе, учащийся должен знать конструкцию оборудования и безопасные приемы работы на нем, правила оказания первой помощи; в присутствии преподавателя или лаборанта проверить исправность машины, защитных устройств до включения, на холостом ходу и под нагрузкой, убедиться в отсутствии посторонних предметов в рабочей зоне и приводе, исправности приспособлений, оснастки и инструмента.

Работать на оборудовании разрешается только под наблюдением преподавателя или лаборанта и на исправных машинах, соблюдая инструкции по технике безопасности (Приложение I), в которых указаны приемы безопасной работы.

Учащиеся должны быть предельно внимательны; при возникновении опасной ситуации немедленно воспользоваться аварийной системой моментального останова машины, помочь напарнику освободиться от источника повреждения, оказать первую помощь, используя лабораторную аптечку, и затем доставить его в медпункт.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИН

Глава 1

ПОДГОТОВКА КАУЧУКОВ И ИНГРЕДИЕНТОВ К СМЕШЕНИЮ

Поступающие на предприятия резиновой промышленности каучуки и ингредиенты по качеству должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации на определенную марку сырья.

При нарушении условий их транспортировки и хранения возможны загрязнение, увлажнение и слеживание. Ряд ингредиентов поступает в твердом (пластины, куски) и вязкотекучем состоянии.

Некоторые каучуки кристаллизуются и имеют низкую первоначальную пластичность. Использование указанных материалов без предварительной подготовки приводит к неравномерному смешению при приготовлении резиновых смесей, образованию в них пор и пузырей, появлению механических включений. В связи с этим после проведения входного контроля поступающего сырья каучуки и ингредиенты, требующие предварительной доработки, направляются в отделение подготовки сырья.

В лабораторных условиях подготовка ведется на малогабаритном оборудовании, конструктивно не отличающемся от производственного, оснащенного необходимыми контрольно-измерительными приборами (см. ниже).

1.1. Подготовка каучуков

Для приготовления резиновых смесей используют натуральный каучук и большой ассортимент синтетических каучуков. Их поведение при переработке зависит от реологических свойств, которые определяются химической природой каучука и регулярностью строения.

Правильный выбор типа каучука позволяет получить резиновые смеси с необходимыми технологическими свойствами и обеспечивает выпуск изделий высокого качества.

В лаборатории, как и на предприятиях резиновой промышленности, процессу смешения предшествует подготовка каучуков, включающая следующие технологические операции:

снятие упаковки с куска каучука;

8 ТАБЛИЦА 1.1. Подготовка каучуков к смешению
(+ операция проводится, — операция не проводится)

Каучук	Марка *	Упаковка	Кристаллизация	Пластичность первоначальная	Подготовительные операции		
					снятие упаковок	резка	декристаллизация **
Натуральный	НК	Рубашка из листов НК	Кристаллизуется	Низкая	+	+	+
Изопреновый	СКИ-3	Полиэтиленовая пленка 3*	То же	Высокая	—	+	—
Бутадиеновый	СКД	То же	»	»	—	+	—
Натрийбутадиеновый	СКБ	Мешок х/б	Не кристаллизуется	»	+	+	—
Бутадиенстирольный	СКС-10, СКС-30 СКС-50, СКС-10А СКС-30А, СКС-50А СКС-30АРК, СКС-30АРКМ, СКС-30АРМ	Полиэтиленовая пленка 3*	»	Высокая	—	+	—
Бутадиеннитрильный	СКН-18, СКН-26, СКН-40 СКН-18М, 26М, 40М	Мешок х/б	»	Низкая	+	+	+
Хлоропреновый	Наирит СР-50, СР-100, СТС, КР-50, КР-100 БК, ББК	Полиэтиленовая пленка 3*	»	Высокая	—	+	—
Бутилкаучук		Мешок х/б, пленка	Кристаллизуется	Низкая	+	+	+
Карбоксилатный	СКД-1, СКС-30-1	Полиэтиленовая пленка 3*	То же	Высокая	—	+	—
Кремнийорганический	СКТ	Металлический ящик	»	Средняя	—	+	—
				Высокая	+	—	—

* Каучуки марок СКС-30АРК, СКС-30АРКМ, СКС-30РП, СКС-30АРМ проходят такую же подготовку, как каучуки СКС-30АРК, СКС-30АРКМ, СКС-30АРМ.
 ** Кристаллизующиеся каучуки СКИ-3, СКД, БК, СКТ и карбоксилатный декристаллизацию не подвергают, поскольку этот процесс проходит в начале смешения; хлоропреновый каучук декристаллизуют в осенне-зимний период.
 3* Кроме полиэтиленовой пленки для упаковки каучуков применяют бумажные мешки.

резка каучука на куски;
декристаллизация кристаллизующихся каучуков;
пластикация каучуков, обладающих низкой первоначальной пластичностью;

фильтрование (стрейнирование) засоренных каучуков.

В зависимости от типа и марки каучук проходит определенные подготовительные операции (табл. 1.1).

Все каучуки после подготовки взвешивают по рецептам.

Снятие упаковки. Упаковку снимают вручную при помощи ножа, подрезая им «рубашку» на кипах натурального каучука и разрезая нити, стягивающие мешки. Мешки сдают лаборанту. Полиэтиленовую пленку с брикетов каучука СКД, СКИ-3, СКС (БСК) новых марок не снимают в том случае, если процесс смешения ведут при температурах выше 110 °С (с учетом температуры размягчения полиэтилена).

Резка. В лабораторных условиях резку каучука производят на ножах горизонтального или вертикального типа, работающих от механического, гидравлического или пневматического привода.

Применяют малогабаритные машины гильотинные, лезвийные, ленточные и дисковые. Ниже приведена техническая характеристика ножей для резки натурального (I) и синтетических (II) каучуков:

	I	II
Название	Однолезвийный	Дисковый
Марка	547-5	548-6
Длина режущей части, мм	570	—
Диаметр ножей, мм	—	750
Давление воздуха, МПа	0,35—0,60	—
Частота вращения, об/мин	—	4,05
Габаритные размеры, мм		
длина	1310	2300
ширина	1090	1820
высота	1498	1535

До работы проверяют исправность машины в присутствии преподавателя. Для резки каучук укладывают на питающий роликовый транспортер, который подает его в зону резания, и нажатием кнопки «пуск» приводят в движение нож. Для облегчения резки каучук смачивают водой или мыльным раствором. Полученные куски снимают с отборочного транспортера.

Работа на ноже с открытыми режущими поверхностями требует соблюдения мер предосторожности. На неисправной машине производить резку каучука запрещается. Особенно тщательно надо проверять исправность аварийного выключения. После включения ножа не разрешается поправлять каучук, прикасаться руками к движущимся частям машины и к лезвию ножа. Во время работы с ножом выполняют инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I).

1.2. Декристаллизация каучуков

Сущность декристаллизации заключается в переводе кристаллической фазы каучука в аморфную для повышения мягкости каучука и облегчения его дальнейшей переработки.

Процесс ведут в среде горячего воздуха при 70 °С для НК и 80 °С для наиритов или в поле токов высокой частоты. Продолжительность декристаллизации зависит от степени закристаллизованности каучука.

В лабораторных условиях декристаллизацию проводят в электрических термощафах с регистрирующей и регулирующей контрольно-измерительной аппаратурой. Каучук взвешивают на циферблатных весах и укладывают на перфорированные полки рабочей камеры термощафа. Декристаллизацию ведут по режимной карте 1. Продолжительность процесса зависит от степени кристаллизации каучука.

РЕЖИМНАЯ КАРТА 1

для работы с термощафом, на вальцах и пастомешалке

Дата	Фрикция*
Частота вращения валков (роторов, лопастей)	Марка каучука (резиновой смеси)
	Назначение смеси

Выполняемая операция

Каучук (ингредиенты, смесь)	Навеска, г	Последовательность операций	Продолжительность операции, мин	Температура, °С			Зазор*, мм	Приемы работы и наблюдения
				в термощафу	переднего вала*	заднего вала*		

Итого

* Заполняется при работе на вальцах.

Практическая работа 1

Резка и декристаллизация каучуков

Оборудование и материалы

Термощаф с обогревом не ниже 80 °С	Микроскоп 300 X
Весы циферблатные	Часы режимные
Нож для резки каучука	Каучуки
Нож ручной	Мыльный раствор

Подготовка к работе. Разрабатывают режимную карту процесса и изучают инструкцию по технике безопасности.

Убедившись в полной исправности ножа и термошкафа, их чистоте и отсутствии посторонних предметов в зоне резания ножа и в рабочей камере термошкафа, устанавливают заданную температуру декристаллизации при помощи контактного термометра или автоматического самопишущего потенциометра ПРС-08 и включают термошкаф в электросеть. Прогревают термошкаф до достижения заданной температуры. При прогревании полки из термошкафа удаляют. Работу ведут в соответствии с инструкцией по технике безопасности (см. Приложение I), не прикасаясь к обогреваемым поверхностям.

Для контроля процесса из партии каучука до проведения декристаллизации отбирают кусок и вручную делают тонкий срез (0,5—1,0 мм), укладывают его на столик микроскопа с увеличением 300× и зарисовывают в лабораторном журнале видимое изображение.

Проведение работы. Каучук, подлежащий декристаллизации, подают по роликовому транспортеру на стол ножа строго по центру и смачивают водой или мыльным раствором. Размер кусков каучука после резки должен быть примерно 20 × 60 × 80 мм. Куски взвешивают на циферблатных весах с погрешностью 0,5 % от массы навески. До заданной массы навеску доводят добавлением маленьких кусков, нарезанных ручным ножом.

Полученную навеску раскладывают на полке термошкафа так, чтобы куски не соприкасались со стенками термошкафа и друг с другом. Полки устанавливают в прогретый термошкаф, закрывают крышку и фиксируют время начала процесса по режимным часам. Работу ведут в рукавицах.

По истечении установленного времени декристаллизации термошкаф выключают, полки с каучуком выгружают, делают такой же тонкий срез (0,5—1,0 мм), кладут под микроскоп и зарисовывают изображение.

Декристаллизованный каучук направляют на пластикацию. В режимную карту I вносят необходимые данные и оформляют лабораторный журнал.

Расчеты. Производительность термошкафа $Q_{\text{час}}$ (в кг/ч) рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{час}} = 60qa/(\tau_1 + \tau_2), \quad (1.1)$$

где q — навеска каучука, загружаемая в термошкаф, кг; a — коэффициент использования машинного времени (0,8—0,95); τ_1 — время декристаллизации, мин; τ_2 — время перезарядки термошкафа, мин.

1.3. Методика и режимы механической пластикации каучуков

Сущность процесса пластикации — повышение пластических свойств каучуков для облегчения процессов приготовления резиновых смесей и клеев и улучшения их качества. При пласти-

ТАБЛИЦА 1.2. Зависимость пластичности пластика НК от продолжительности пластикации на вальцах при 30—50 °С

Марка пластика	Пластичность по ПСМ-2	Время пластикации, мин
П-1	0,25—0,35	15—17
П-2	0,36—0,45	30—34
П-3	0,46—0,50	42—45
П-4	0,51—0,55	53—55

кации наблюдается возрастание пластичности, растворимости и адгезионных свойств каучуков и падение их вязкости, прочности и модуля эластичности вулканизатов.

В основе механической пластикации лежит деструкция цепных молекул каучука вследствие многократных деформаций растяжения, сдвига и кручения при обработке на оборудовании и действия кислорода воздуха активность которого возрастает с повышением температуры процесса.

Озонирование воздуха в результате разрядов статического электричества при вращении металлических поверхностей валков и роторов оборудования, применяемого при пластикации, увеличивает скорость деструкции каучука. При пластикации натурального каучука, кроме того, происходит механическое разрушение глобул вследствие многократных деформаций сжатия и сдвига.

Важнейшими технологическими факторами пластикации являются температура в рабочей зоне, скорость процесса, трение и зазор между вращающимися рабочими элементами (валками, роторами), метод гомогенизации каучука.

Механическое воздействие на каучук наиболее эффективно при низких температурах (30—50 °С), так как при этом подвижность молекул каучука незначительна. При повышении температуры ускоряется окислительная деструкция молекул, снижающая когезионную прочность каучука до 30—40 %.

Продолжительность пластикации зависит от свойств каучука, его первоначальной и конечной заданной пластичности, выбора оборудования, температуры процесса.

В присутствии химических ускорителей пластикации (2-меркаптобензтиазола, тиазола 2МБС, ренацита IV, пептона 22 и 65, бистри) время пластикации сокращается в 1,5—2 раза. Активность ренацита IV и пептона 22 максимальна при 130 °С и дозировках (по массе) 0,3—0,5 ч. на 100 ч. каучука. Наиболее активна смесь, состоящая из 0,06 ч. ренацита IV и 0,04 ч. пептона 22. Выбор метода и режима пластикации зависит от свойств и первоначальной пластичности каучука. Каучуки СКД, СКИ-3, БСК регулируемой пластичности, мягкие СКН и БК предварительной пластикации не подвергают (см. табл. 1.1). Их пластичность быстро возрастает в начале процесса смешения.

Пластикаты могут иметь различную пластичность в зависимости от конструкции применяемого оборудования, температуры и продолжительности процесса (табл. 1.2).

Пластикаты П-2, П-3 и П-4 получают в несколько приемов, давая им после очередной пластикации отдых в течение 20—30 мин. При пластикации НК на вальцах вначале устанавливают зазор 0,2—0,3 мм, а затем увеличивают его до 3—5 мм. Навеска каучука на лабораторные вальцы размером 160×320 мм должна составлять 700—800 г. Каучук пластицируют после проведения его декристаллизации.

Бутадиеннитрильные каучуки с малой первоначальной пластичностью пластируют при низких температурах. На лабораторных вальцах температуру переднего вальца поддерживают в пределах 30—40 °С, заднего вальца 40—50 °С. Навеска каучука для вальцов 160×320 равна 200—300 г. Каучук пропускают несколько раз через зазор 0,2—0,3 мм, а затем пластицируют при зазоре между вальцами 1 мм. Общее время пластикации до 90 мин, оно зависит от первоначальной пластичности каучука. Дробная пластикация с отдыхом в течение 10—15 мин улучшает качество пластика. Каучук СКН-26 можно пластицировать термоокислительным методом в котлах в присутствии химических ускорителей пластикации, так же как и стирольные каучуки нерегулированной пластичности. Хлоропеновый каучук пластицируют 10 мин при температуре переднего вальца 30—40 °С и заднего 40—50 °С.

При пластикации каучуков на переднем вальце вальцов температурный режим устанавливают с учетом адгезионного взаимодействия между каучуком и металлической поверхностью вальца. У НК и СКН-3 адгезия возрастает с повышением температуры, поэтому температура переднего рабочего вальца должна быть на 5—10 °С выше температуры заднего вальца. У остальных СК адгезионное взаимодействие возрастает с понижением температуры, передний валок имеет температуру на 3—5 °С ниже заднего.

Поскольку при переработке температура каучука возрастает, процесс механической пластикации завершается охлаждением пластика в воде или на воздухе. При использовании химических ускорителей пластикации пластикат должен быть быстро охлажден для предотвращения его осмоления.

Механическую пластикацию в лабораторных условиях ведут на лабораторных вальцах и резиносмесителях. На лабораторных вальцах пластикация более интенсивна, поскольку зазор между вальцами меньше и регулирование температуры лучше.

1.4. Механическая пластикация на вальцах

Для механической пластикации каучука применяют лабораторные вальцы (табл. 1.3).

Контроль технологических режимов процесса, осуществляемых на вальцах, проводят при помощи: лучковой термопары или

ТАБЛИЦА 1.3. Техническая характеристика лабораторных валцов

Марка валцов	Диаметр валков, мм		Длина рабочей части валков, мм	Частота вращения валков, мин ⁻¹	
	переднего	заднего		переднего	заднего
Л6100-50/50	50	50	100	—	—
Л6160-80/80	80	80	160	—	—
Л6175-80/80	80	80	175	—	—
Л6200-100/100	100	100	200	—	—
Л6320-160/160	160	160	320	23,6	30,0
Л6450-225/225	225	225	450	14,3	20,0

термопар, связанных с электронными потенциометрами (регистрация и регулирование температуры валков), игольчатой термопары (измерение температуры пластика), режимных часов со световой сигнализацией (контроль продолжительности процесса по стадиям и в целом), силоизмерительных датчиков ДСТБ-С-016 и электронных автоматических потенциометров (измерение распорных усилий между валками), ручного толщиномера (измерение зазора между валками), манометров и ртутных термометров на линии подачи охлаждающей воды (измерение ее давления и температуры).

Лабораторные валцы крайне опасны в эксплуатации, и при работе на них необходимо строго соблюдать инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I). Опасные узлы — движущиеся детали привода машины, зазор между валками. Работу ведут только в присутствии преподавателя или лаборанта.

Практическая работа 2

Пластикация каучуков на лабораторных валцах

Оборудование и материалы

Валцы лабораторные
Ванна охлаждательная
Весы технические с разновесами
Весы циферблатные
Нож вальцовочный
Нож для резки каучука
Совок
Тара для развески
Термопара лучковая
Термопара игольчатая

Толщиномер ручной
Часы режимные
Щетка
Каучук
Карандаш восковой
Пластины свинцовые или паста
Суспензия каолина или мела
Химические ускорители пластикации

Подготовка к работе. Составляют режимную карту процесса (1) и изучают инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I). Включив кнопочный пускатель, проверяют работу машины без загрузки и с загрузкой. Для этого на валки наносят мелом четыре черты, разделяющие его окружность на равные

Окружная скорость валков, м/мин	Фрикция	Мощность электро- двигателя, кВт	Общие габариты, м		
			длина	ширина	высота
3,48—4,71	1 : 1,06—1 : 1,35	0,8	0,91	0,66	1,565
2—8	1 : 1—1 : 4	2,3	1,588	0,69	1,26
2,18—7,54	1 : 1—1 : 1,23	2,2	1,168	0,552	1,31
2—8	1 : 1—1 : 4	2,5	2,18	0,875	1,515
1,66—5,12	1 : 1,07—1 : 1,5	7,1—10,5	2,23	0,965	1,51
6,03—24,19	1 : 1,07—1 : 2,0	17,9—25	3,2	1,25	1,74

части. При ударе по коромыслу аварийного выключателя незагруженные валки должны проворачиваться не более чем на $\frac{1}{4}$ оборота, под загрузкой валки должны остановиться моментально. Убедившись в полной исправности вальцов, включают пусковое устройство и устанавливают заданную температуру валков, плавно и постепенно открывая вентиль на трубопроводе, подающем пар. В дальнейшем регулируют температуру подачей пара или охлаждающей воды во вращающиеся валки. Температуру валков проверяют лучковой термопарой при остановке вальцов. Зазор между валками в начале пластикации устанавливают минимальный (0,2—0,3 мм), сдвигая валки при помощи регулировочных винтов, одновременно поворачивая их по часовой стрелке. Размер зазора определяют пропуская между валками пластинок свинца или пасты и измерением их толщины ручным толщиномером. Зазор между валками контролируют с левой и правой сторон. Применяют пластины массой около 25 г, размером $4 \times 10 \times 50$ мм каждая. Их подают одновременно с двух сторон в зазор между валками на расстоянии около 5 см от краев и пропускают один раз, полученные полосы нижними концами возвращают в зазор и пропускают еще раз. Толщину развальцованных пластин — размер зазора — определяют в трех точках средней части с погрешностью не более 0,01 мм. Результаты замеров не должны различаться более чем на 0,05 мм. При несоответствии результатов измерения заданному размеру зазора и при наличии перекоса валков зазора корректируют и контролируют вновь.

Каучук перед пластикацией взвешивают на циферблатных весах и нарезают на куски размером $20 \times 30 \times 80$ мм. Химический ускоритель пластикации взвешивают на технических весах в соответствующей таре с точностью до 0,5 % (по массе). Навески ставят на рабочий стол у вальцов.

В охлаждающую ванну наливают суспензию мела или каолина.

Проведение работы. Работу проводят строго по инструкции (см. Приложение I). Пластикацию ведут по режимным часам, которые устанавливают на заданный режим и включают в момент

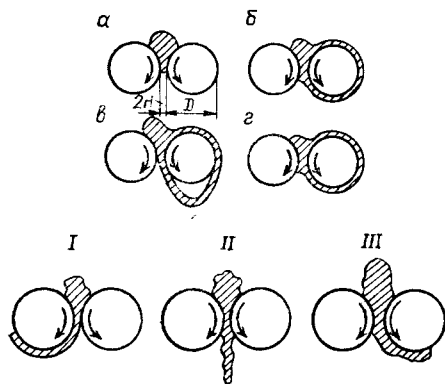


Рис. 1.1. Поведение каучука (резиновой смеси) на вальцах:

а — упругопластическое состояние;
 б — вязкопластическое состояние;
 в — состояние перехода к вязкотекучему;
 г — вязкое состояние; I — смесь на заднем валке; II — смесь не садится на валок; III — смесь на переднем валке

начала пластикации. Каучук загружают в зазор вальцов со стороны большой шестерни, отдельными кусками и постепенно. Опустившийся на противень вальцов каучук вновь возвращают в зазор, и повторяют эту операцию 5—6 раз. Затем увеличивают зазор до 1—2 мм, дают каучуку обернуть передний валок и пластицируют каучук на переднем валке. В зависимости от режимов пластикации при вальцевании каучук может вести себя неодинаково (рис. 1.1). При сползании его с валька или прилипанию к металлической поверхности надо менять температуру валков или зазор между ними. В первом случае уменьшают зазор между валками, во втором — увеличивают. При переходе каучука на задний валок, связанном с его адгезией с металлом, можно распустить на переднем валке небольшое количество канифоли.

Если пластикацию ведут в присутствии химического ускорителя пластикации, то его вводят в начале процесса при зазоре между валками 1—2 мм, постепенно ссылая из тары перед вращающимся запасом каучука на переднем валке по всей его длине. Ссыпавшиеся в противень ускоритель и кусочки каучука подбирают на совок щеткой и возвращают в зазор. Через 5 мин зазор доводят до 3—5 мм и продолжают пластикацию по заданному режиму, поддерживая небольшой вращающийся запас каучука между валками.

Однородности пластика достигают многократным перемешиванием, заключающимся в подрезании каучука ножом с левой и правой сторон валка и заворачивании подрезанных кусков каучука на противоположную сторону валка. За время пластикации делают 10—15 подрезов. Перемешивание обеспечивается также сворачиванием на переднем валке полностью подрезанного листа каучука в рулон и подачей рулона в зазор вальцов его торцевой стороной.

В процессе пластикации температуру валков контролируют лучковой термпарой 2—3 раза, предварительно срезав каучук с валков, опустив его в корыто и остановив вальцы. Температуру пластика проверяют в последней стадии пластикации игольчатой термпарой. По окончании пластикации каучук срезают в виде листа и укладывают на рабочий стол. Перекрывают вентили на трубопроводах и выключают вальцы. При помощи воскового

карандаша на пластике указывают марку каучука и пластика, дату и время пластикации. Из листа вырезают образец для определения пластичности пластика НК, для СКН — жесткости или вязкости и наносят на нем те же данные. Пластикат охлаждают в ванне с суспензией мела или каолина и укладывают на стеллаж.

Расчеты. Производительность вальцов $Q_{\text{час}}$ (в кг/ч) при пластикации каучуков рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{час}} = 60V\rho a/(\tau_1 + \tau_2), \quad (1.2)$$

где V — полезный объем вальцов, м^3 ; ρ — плотность каучука, кг/м^3 ; a — коэффициент использования машинного времени (0,85—0,95); τ_1 — время пластикации, мин; τ_2 — время перезарядки вальцов, мин.

1.5. Подготовка ингредиентов

В зависимости от вида и качества, поступающих ингредиентов подготовка их перед приготовлением резиновой смеси включает следующие операции:

- сушку порошкообразных ингредиентов с повышенной влажностью;

- дробление кусковых и пластинчатых ингредиентов и комкующихся при хранении и после сушки материалов;

- просев порошкообразных ингредиентов, содержащих посторонние механические примеси;

- разогрев и фильтрование вязкотекучих ингредиентов;

- фильтрование жидких загрязненных ингредиентов.

Сушка. Сущность процесса заключается в удалении избыточной по сравнению с нормативной влаги, содержащейся в порошкообразных ингредиентах. Их допустимая влажность, не приводящая к комкованию и образованию пор и пузырей в резиновых смесях, зависит от природы вещества и лежит в пределах от 0,2 до 2,5 %. Температурный режим сушки зависит от температуры плавления ингредиентов. В большинстве случаев она проводится при 105—110 °С, для органических ускорителей 60—70 °С, для серы 35—45 °С. Повышение температуры сушки может привести к спеканию ингредиентов. Продолжительность сушки зависит от первоначальной и заданной влажности материала, давления в рабочей зоне сушилки и толщины слоя материала. Заданная нормативная влажность не должна превышать равновесную влажность, присущую природе данного вещества, поскольку при соприкосновении с окружающей средой после сушки за счет гигроскопичности влажность быстро возрастает до равновесной. Так, оксид магния, гашеная известь и другие ингредиенты за счет гигроскопичности и взаимодействия с диоксидом углерода комкуются и меняют свойства, поэтому после сушки их хранят в плотно закрытой таре и непродолжительное время.

В лабораторных условиях сушка проводится в малогабаритных камерных или вакуумных сушилках периодического действия или в термощафах. Сушка осуществляется циркулирующим

ТАБЛИЦА 1.4. Техническая характеристика мельниц

Показатели	Шаровые		Вибро-мельница ЯМО-728
	МКШ-8	МКШ-12	
Вместимость, л	8	12	—
Объем корпуса, л	—	—	200
Число барабанов, шт.	2	2	—
Диаметр барабанов наружный, мм	275	365	—
Частота вращения, об/мин	67,5	61,0	—
Частота колебаний, мин	—	—	1500
Диаметр шаров, мм	—	—	10—12
Мощность электродвигателя, кВт	1	1	14
Габаритные размеры, мм	1455×620× ×620	1455×620× ×620	1980×980× ×1360

в рабочей зоне сушилки горячим воздухом. Температура устанавливается и поддерживается постоянной регулятором температуры. Продолжительность процесса контролируют по режимным часам со световой или звуковой сигнализацией.

Дробление. Сущность процесса заключается в уменьшении размеров кусков и пластин ингредиентов в целях обеспечения их равномерного распределения в каучуках при смешении.

Измельчению подлежат не только кусковые и пластинчатые материалы, но и скомковавшиеся при хранении или сушке порошкообразные ингредиенты.

В условиях лаборатории тугоплавкие пластификаторы — канифоль, рубракс, парафин, стеарин технический, озокерит, синтетические жирные кислоты, противостарители — защитные воски ЗВ-1, ЭВ-2 — и другие кусковые и пластинчатые ингредиенты после очистки их поверхности от загрязнений измельчают на малогабаритных дезинтеграторах и мельницах (канифоль, рубракс), гильотинных ножах (рубракс), ножевых устройствах парафин, стеарин, воски). Скомкованные ингредиенты обрабатывают на шаровых мельницах табл. 1.4). При отсутствии оборудования дробление проводят вручную.

После измельчения куски ингредиентов должны иметь следующие размеры:

Канифоль	2—4 мм в поперечнике
Рубракс	20—22 » » »
Стеарин, парафин, воски	До 5 мм в виде стружки

Измельченные ингредиенты при хранении слеживаются, поэтому их нагружают на противни слоем не более 20 мм.

Шаровые мельницы состоят из вращающихся от электродвигателя барабанов, в которых находятся стальные шары. Оптимальное дробление достигается при загрузке барабанов на $\frac{1}{3}$ их объема. Продолжительность цикла от 6 до 40 ч в зависимости от свойств материала и заданной степени измельчения.

Вибромельница представляет собой барабан на упругой опоре, заполненный мелющими элементами и получающий вибрацию от электродвигателя на вал дисбаланса. Измельчение происходит в результате трения частиц материала друг о друга и перетирания их шарами при вибрации, возникающей при вращении вала дисбаланса. Интенсивность дробления в несколько раз больше, чем в шаровых мельницах, продолжительность 1—8 ч, степень измельчения также выше.

Просев и фильтрование. Сущность процессов заключается в удалении из ингредиентов частиц заниженной дисперсности (по сравнению с нормативной) и посторонних механических включений и примесей — песка, шлака, волоса, щепы и др.

При изготовлении ответственных и тонкостенных резин просеву и фильтрованию подвергают все ингредиенты, входящие в состав резиновой смеси. В лабораторных условиях порошкообразные ингредиенты просеивают через сита на малогабаритных вибрационных сеялках или вручную.

Вибросеялка состоит из наклонного корпуса с двумя сетками, натянутыми на деревянную раму, разделенную рейками для равномерного распределения по ней резиновых шаров, предохраняющих отверстия сеток от забивания. Рамы приводятся в колебательное движение от электродвигателя через фрикционный эксцентриковый механизм. Ниже приведена техническая характеристика вибросеялки М485×1215:

Поверхность сетки, м ²	0,6
Угол наклона рамы, °	6
Число двойных колебаний сита в 1 мин	340
Мощность электродвигателя, кВт	0,6
Габаритные размеры, мм	2288×700×550

Рабочая поверхность сит представляет собой латунные или медные сетки, сетки из нержавеющей стали или ткани.

Тонкодисперсные ингредиенты просеивают через шелковые сита. Сетки различают по номерам и подбирают для просева в зависимости от природы ингредиента и заданной после просева дисперсности (размер частиц указан в ГОСТ или ТУ на ингредиент). Продолжительность процесса зависит от природы ингредиента, формы его частиц, первоначальной и заданной нормативной дисперсности материала, его влажности, выбранного метода просева, частоты вибрации сита, номера сетки, адгезии ингредиента к материалу сетки и толщины насыпного слоя ингредиента на сетке.

Ингредиенты с повышенной влажностью забивают отверстия сетки, поэтому до просева они должны быть высушены.

Фильтрованию подвергают жидкие и легкоплавкие (до 70 °С) загрязненные ингредиенты. Последние предварительно разогревают до 75—80 °С в бачках с обогревом, снабженных термометром.

Вещества фильтруют через металлические сетки в обогреваемые емкости.

При работе на оборудовании, применяемом для подготовки ингредиентов, строго соблюдают правила техники безопасности (см. Приложение I). Опасные узлы — дробящие и режущие детали машин, электрооборудование и обогреваемые камеры, движущиеся узлы машин.

Подготовку ингредиентов ведут по режимной карте 2.

РЕЖИМНАЯ КАРТА 2

по подготовке ингредиентов к смешению

Дата	Исходные параметры ингредиента:
Тип оборудования	влажность, %
Операции	засоренность, %
	размер кусков, мм
	Заданные параметры ингредиента:
	влажность, %
	засоренность, %
	размер кусков, мм

Ингредиент	Навеска, г	Последовательность операций	Частота вращения, мин ⁻¹	Температура, °С	Давление, Па *	Продолжительность, ч	№ сетки **	Приемы работы и наблюдения

* Заполняется при применении вакуум-сушилки.
 ** Заполняется при просеве и фильтровании.

Практическая работа 3

Подготовка ингредиентов к смешению

Оборудование и материалы

Мельница шаровая	Бачки с обогревом
Вибромельница	Бачки с крышками
Нож гильотинный	Эксикатор
Нож механический	Молоток
Сушилка камерная (вакуумная)	Противни с бортами не менее 60 мм
Термошкаф	Щетки металлические
Вибросеялка	Совки
Сита с сетками разных номеров (сита ручные с сетками разных номеров)	Бюксы
Весы аналитические с разновесами	Термометры ртутные до 120 °С
Весы циферблатные	Часы режимные
	Ингредиенты

Подготовка к работе. Составляют режимную карту процессов и изучают инструкцию по технике безопасности (См. Приложение I). Убедившись в исправности оборудования и отсутствии

посторонних предметов в его рабочих зонах, в присутствии преподавателя или лаборанта включают электрообогрев сушилки и термошкафа и при помощи регулятора температуры устанавливают заданный температурный режим. Время нагрева сушилки используют для взвешивания бачка с крышкой (для приема просеянных ингредиентов) и взятия навесок для определения первоначальной влажности и засоренности ингредиентов. Бачок взвешивают на циферблатных весах с погрешностью до 0,5 % (по массе), для определения первоначальной влажности ингредиента в тарированный бюкс с крышкой отбирают навеску около 2 г и взвешивают на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г. Для определения начальной засоренности ингредиента в тарированный бюкс отбирают навеску около 30 г и взвешивают с погрешностью до 0,001 г.

Ингредиенты в кусках, подлежащие измельчению, очищают с поверхности от загрязнений ручным ножом и отвешивают на циферблатных весах заданную навеску с погрешностью до 0,5 % (по массе).

В подогретый до заданной температуры термошкаф ставят бюкс с навеской, снимают крышку и кладут рядом на полку. Сушку ведут до постоянной массы ингредиента, периодически вынимая бюкс, предварительно закрытый крышкой, охлаждая его в эксикаторе до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и взвешивая с погрешностью до 0,001 г. Расчет первоначальной влажности ингредиента ведут по формуле (1.4).

Начальную засоренность определяют, просеивая взятую навеску на круглом сите с заданным номером сетки. Взвешивают просеянный ингредиент в предварительно тарированном бюксе и рассчитывают засоренность по формуле (1.7). По полученным результатам устанавливают продолжительность сушки и номер сетки для просева, сито ставят в сеялку.

Проведение работы. *Работу с сушилкой ведут в перчатках!*

На циферблатных весах взвешивают навески ингредиентов, подлежащих сушке и просеву. Для сушки ингредиент рассыпают на противне слоем толщиной 15—20 мм, разравнивают его, загружают в сушилку и фиксируют время начала процесса на режимных часах. Вторую навеску высыпают на сито сеялки и включают ее нажатием кнопки «пуск». Следят за режимами сушки и работой сеялки через смотровое окно. По окончании сушки быстро отбирают навеску просушенного ингредиента около 2 г в бюкс с крышкой, остальное количество ссыпают в бачок с крышкой. Бюкс с навеской взвешивают на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г, загружают в термошкаф, открывают крышку и сушат до постоянной массы ингредиента. Затем бюкс с закрытой крышкой помещают в эксикатор и охлаждают до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и взвешивают с погрешностью до 0,001 г. Конечную влажность рассчитывают по формуле (1.5). По окончании просева сеялку выключают нажатием кнопки «стоп», бачок с просеянным ингредиентом взвешивают

на циферблатных весах с погрешностью до 0,5 % (по массе), а сетку освобождают от отсева щеткой. При отсутствии механической сеялки ингредиенты просеивают под вытяжкой на ручных ситах с заданным номером сетки, над противнем. Содержание посторонних механических примесей определяют по первоначальной и конечной навескам ингредиентов по формуле (1.6).

Дробление кусковых ингредиентов в мельницах и на механических ножах ведут в строгом соответствии с инструкцией по технике безопасности.

Включают оборудование нажатием кнопки «пуск», в мельницу загружают материал через загрузочное устройство, а под нож с рабочего стола направляют по роликовому транспортеру (не поправлять руками!).

Нож опускают, нажав на пусковое устройство одновременно двумя руками. По окончании измельчения материалов выключают машины нажатием на кнопку «стоп» и выгружают ингредиенты на противни. Размер кусков канифоли после дробления 2—5 мм в поперечнике, слой на противне не более 20 мм; рубракса 20—22 мм и слой в один ряд с небольшим расстоянием между кусками.

При измельчении пластин ингредиентов на механических ножах получают стружку, которую хранят на противнях слоем 10—12 мм.

Расчеты. Производительность оборудования $Q_{\text{час}}$ (кг/ч) рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{час}} = ma/(\tau_1 + \tau_2), \quad (1.3)$$

где m — масса ингредиента, загруженная в оборудование, кг; a — коэффициент использования машинного времени (0,8—0,9); τ_1 — продолжительность процесса, ч; τ_2 — продолжительность перезарядки оборудования, ч.

Первоначальную влажность ингредиентов $B_{\text{п}}$ (%) рассчитывают по формуле:

$$B_{\text{п}} = [(m_0 - m_1)/m_0] \cdot 100, \quad (1.4)$$

где m_0 , m_1 — масса бокса с крышкой и ингредиентом до и после сушки в термощафу, г.

Конечную влажность $B_{\text{к}}$ (%) рассчитывают по формуле

$$B_{\text{к}} = (m_2 - m_3)/m_2, \quad (1.5)$$

где m_2 , m_3 — масса бокса с крышкой и навеской ингредиента после сушки в сушилке и термощафу, г.

Первоначальную засоренность ингредиентов $O_{\text{п}}$ (%) рассчитывают по формуле:

$$O_{\text{п}} = (q_0 - q_1)/q_0, \quad (1.6)$$

где q_0 , q_1 — масса бокса с навеской ингредиента до и после просева, г.

Содержание посторонних примесей в ингредиентах $O_{\text{к}}$ (%) после просева (отсев) рассчитывают по формуле:

$$O_{\text{к}} = [P_0 - (P_1 - P_2)]/P_0, \quad (1.7)$$

где P_0 — навеска ингредиента до просева, кг; P_1 — масса бачка с просеянным ингредиентом, кг; P_2 — масса бачка, кг.

Контрольные вопросы

1. Декристаллизация каучуков: физический смысл процесса, факторы, влияющие на режим.
2. Кристаллизующиеся каучуки (температуры их кристаллизации) и каучуки, подвергающиеся декристаллизации.
3. Пластикация каучуков: сущность и режимы процесса.
4. Методы подготовки ингредиентов к смешению.
5. Оборудование и КИП, применяемые при подготовительных процессах.
6. Расчеты при проведении практических работ.

Глава 2

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

2.1. Сущность процесса смешения

Приготовление резиновых смесей — один из основных и ответственных технологических процессов производства резиновых изделий. Сущность процесса заключается в равномерном распределении порошкообразных, твердых и жидких ингредиентов в каучуке и получении резиновой смеси, однородной по составу, технологическим свойствам и физико-механическим показателям в результате многократных деформаций растяжения, сжатия, сдвига и кручения многокомпонентной системы, возникающих в процессе смешения.

При этом происходит измельчение ингредиентов и случайное неупорядоченное их распределение. Качество резиновой смеси зависит от равномерности распределения в ней ингредиентов и ее способности перерабатываться без преждевременной подвулканизации, т. е. от свойств каучука, его вязкости и термопластичности, прочности, смачиваемости ингредиентов каучуком и склонности их к комкованию, сдвиговых деформаций, их напряжения и крутящего момента при смешении.

При механическом воздействии каучуки подвергаются деструкции (НК, изопреновые) или структурированию (бутадиеновые, стирольные). Технологическое поведение резиновых смесей при переработке зависит от когезионных, аутогезионных и адгезионных свойств. Первые особенно сильно проявляются при переходе каучука из упругопластического состояния в высокоэластическое, а затем вязкотекучее. При этом может затрудняться процесс смешения из-за свисания резиновой смеси с валька вальцов («шуба»), перехода смеси с валька на валок, обрыва смеси. Прилипание смеси к металлическим поверхностям валков связано с адгезионными свойствами каучуков (см. рис. 1.1). При смешении происходит ряд физико-механических и химических явлений: превращение больших блоков каучука и агломератов ингредиентов в более мелкие, облегчающие смешение; снижение вязкости каучуковой фазы за счет механической или химической пластикации (в про-

цессе смешения) каучука; введение порошкообразных и жидких ингредиентов в каучук при преодолении его когезионной прочности; образование общей массы смеси за счет аутогезии; диспергирование наполнителя; гомогенизация смеси (перемешивание с одной точки смеси к другой; взаимодействие каучука и активного наполнителя с образованием усиленной структуры смеси).

Подготовка каучука и ингредиентов к смешению, точность их взвешивания, определенная последовательность введения ингредиентов в каучук, температура и скорость смешения, давление на смесь в резиносмесителе, тип смесительного оборудования существенно влияют на свойства полученных смесей.

В лаборатории резиновые смеси готовят на лабораторных вальцах или резиносмесителях.

Режим смешения устанавливают в зависимости от свойств (состава) резиновой смеси, вида смесительного оборудования, его объема, скорости вращения валков или роторов, трения между валками. При одностадийном смешении в резиносмесителе листование смеси, введение вулканизирующего агента, а иногда и ускорителя вулканизации ведут на лабораторных вальцах. В резиносмесителе смешение может проводиться и в две стадии. Смешению предшествует взвешивание каучуков и ингредиентов согласно рецепту, рассчитанному в единицах массы. Взвешивать следует очень тщательно, замена одного ингредиента другим не допускается. Общее количество каучука и ингредиентов должно соответствовать полезному объему смесительного оборудования.

2.2. Расчет навесок каучуков и ингредиентов

Расчет общей загрузки на смесительное оборудование $M_{\text{пол}}$ (г) ведут по формулам:

$$M_{\text{пол}} = V_{\text{пол}} \rho_{\text{теор}}; \quad V_{\text{пол}} = (0,0065 \div 0,0085) DL \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

где $V_{\text{пол}}$ — полезный объем смесительного оборудования, м³; $\rho_{\text{теор}}$ — теоретическая плотность резиновой смеси, кг/м³; D и L — диаметр и длина рабочей части переднего валка, см.

Полезный объем оборудования указан в технических характеристиках, теоретическая плотность $\rho_{\text{теор}}$ (кг/м³) резиновой смеси рассчитывается по формуле:

$$\rho_{\text{теор}} = \Sigma M_{\text{ч}} / \Sigma V_{\text{ч}}, \quad (2.2)$$

где $\Sigma M_{\text{ч}}$ — суммарная массовая доля всех ингредиентов, ч.; $\Sigma V_{\text{ч}}$ — суммарная объемная доля всех ингредиентов, ч.

Содержание каждого ингредиента $M_{\text{ингр}}$ определяется по формуле:

$$M_{\text{ингр}} = M_{\text{пол}} a / 100 = K_1 a, \quad (2.3)$$

где K_1 — коэффициент пересчета, равный $M_{\text{пол}}/100$; a — массовая доля данного ингредиента в рецепте, %.

Расчет содержания ингредиентов можно проводить и по формуле:

$$M_{\text{ингр}} = M_{\text{пол}} b / \sum M_{\text{ч}} = K_2 b, \quad (2.4)$$

где $\sum M_{\text{ч}}$ — суммарная массовая доля всех ингредиентов, ч.; b — массовая доля данного ингредиента в рецепте, ч.; $K_2 = M_{\text{пол}} / \sum M_{\text{ч}}$ — коэффициент пересчета.

Каучуки и ингредиенты в лаборатории взвешивают в специальном помещении с вытяжной вентиляцией на технических и циферблатных весах. Для каждого ингредиента имеется специальная тара. Погрешность при взвешивании не должна превышать 0,5 % от массы ингредиента.

2.3. Приготовление паст и композиций

При приготовлении резиновых смесей могут применяться маточные смеси, пасты и композиции. В этом случае в рецепте основной резиновой смеси указывают их содержание и приводят рецептуру.

Маточные смеси готовят на лабораторных вальцах или в резиносмесителях с последующим листованием на вальцах, пасты и композиции — в лабораторной пастомешалке по разработанным рецептурам и режимам. Их применение сокращает время смешения, повышает качество смесей, улучшает условия труда.

Пасты и композиции состоят из двух или более ингредиентов, порошкообразных или жидких. Их широко используют в производстве, особенно ускорительные и серные пасты и композиции пластификаторов.

Сущность процесса изготовления паст и композиций заключается в получении однородной по составу и свойствам массы путем тщательного перемешивания ее составляющих в пастомешалках.

Ингредиенты, входящие в пасты и композиции, взвешивают на циферблатных и технических весах по рецепту. Перемешивание ведут по режимной карте 1. Обычно сначала вводят сыпучие ингредиенты, а затем пластификаторы; время перемешивания, в зависимости от состава пасты или композиций, от 20 до 40 мин.

Техническая характеристика лабораторной пастомешалки:

Вместимость, л	
общая	3,0
полезная	1,65
Частота вращения лопастей, об/мин	
передней	70
задней	79
Общие габариты, мм	
высота	1332
длина	750
ширина	652
Мощность электродвигателя, кВт	0,8—1,0

Приготовление паст и композиций

Оборудование и материалы

Пастомешалка лабораторная	Тара для паст
Весы циферблатные	Тара для ингредиентов
Весы технические с разновесами	Термометр ртутный
	Часы режимные
Лопатка деревянная для выгрузки паст	Ингредиенты

Подготовка к работе. Составляют режимную карту процесса (1).

По заданному рецепту взвешивают ингредиенты в соответствующую тару с погрешностью до 0,5 % (по массе) и ставят их на стол у пастомешалки. Убедившись в ее исправности, чистоте и отсутствии посторонних предметов в рабочей камере, включают кнопочный пускатель.

В процессе работы соблюдают инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I).

Проведение работы. Установив заданный режим на режимных часах и включив их, загружают пастомешалку ингредиентами, придерживаясь последовательности, указанной в режимной карте. После загрузки крышку мешалки плотно закрывают. При перемешивании в пастомешалке развивается температура в пределах 30—60 °С, которая регистрируется ртутным термометром. По окончании процесса мешалку останавливают, откидывают крышку при помощи контргруза, рабочую камеру опрокидывают ручкой и выгружают содержимое в специальную тару. Рабочую камеру мешалки и лопасти очищают лопаткой. К таре приклеивают ярлык с указанием марки пасты (композиции), даты и режима изготовления.

Расчеты. Производительность пастомешалки $Q_{\text{час}}$ (кг/ч) рассчитывают по формулам:

$$Q_{\text{час}} = 60V_{\text{пол}}\rho a/(\tau_1 + \tau_2), \quad (2.5)$$

$$\rho = \rho_1 M_1 + \rho_2 M_2 + \dots / (M_1 + M_2 + \dots), \quad (2.6)$$

где $V_{\text{пол}}$ — полезный объем пастомешалки, м³ (0,75—0,80 от общего объема мешалки); ρ — плотность пасты (композиции), кг/м³; $\rho_1, \rho_2, \dots$ — плотность ингредиентов пасты (композиции), кг/м³ (см. Приложение II); M_1 и M_2 — массовая доля ингредиентов, ч; a — коэффициент использования машинного времени (0,8—0,95); τ_1 — время перемешивания мин; τ_2 — время перезарядки пастомешалки, мин.

2.4. Приготовление маточных и резиновых смесей на лабораторных вальцах

Техническая характеристика лабораторных вальцов приведена в разделе 1.3. Работу ведут по режимной карте 1.

Обычно придерживаются следующего порядка введения ингредиентов в каучук: диспергаторы, ускорители вулканизации, активаторы ускорителей, противостарители, замедлители вулканизации, наполнители и пластификаторы, красители, ингредиенты специального назначения, вулканизирующие агенты.

Для резиновых смесей, содержащих большое количество наполнителей, используется такая последовательность смешения: вальцевание каучука, введение $1/2$ наполнителя, перемешивание, введение $1/2$ наполнителя, введение диспергаторов и мягчителей, перемешивание, введение активаторов и ускорителей, перемешивание, введение противостарителей, красителей, ингредиентов специального назначения, перемешивание, введение вулканизирующего агента.

Практическая работа 5

Приготовление маточных и резиновых смесей на лабораторных вальцах

Оборудование и материалы

Вальцы лабораторные	Термопара лучковая
Ванна охладительная	Толщиномер ручной
Весы технические с разновесами	Часы режимные
Весы циферблатные	Щетка
Нож вальцовочный	Каучуки
Нож для резки каучука	Ингредиенты
Совок	Карандаш восковой
Тара для ингредиентов	Суспензия мела или каолина
Термопара игольчатая	Пластины свинцовые или паста

Подготовка к работе. Рассчитывают рецепт резиновой смеси по установленной форме и взвешивают каучуки и ингредиенты с погрешностью до 0,5 % (по массе).

Составляют режимную карту смешения (1). Навески ставят на рабочий стол.

При работе особенно строго соблюдают инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), следя за безопасностью рук — своих и напарника.

Подготовку вальцов к работе выполняют способом, указанным в работе 2. В охладительную ванну наливают суспензию мела или каолина.

Проведение работы. Устанавливают время смешения на режимных часах и включают их. В первой стадии смешения развальцовывают каучуки и регенерат (если он есть в рецепте), загружая их в зазор вальцов небольшими кусками со стороны большой

шестерни при зазоре между валками не более 0,2—0,3 мм. Затем зазор увеличивают до 1—2 мм и вальцуют каучуки (регенерат) до образования на переднем валке однородной шкурки. Ингредиенты вводят в каучуки в последовательности, указанной в режимной карте. Их медленно подают в зазор перед вращающимся запасом на шкурку каучука в направлении слева направо и справа налево по длине переднего валка. Каждый последующий ингредиент вводят по режимным часам и после того, как предыдущий ингредиент полностью распределился в каучуке.

В процессе смешения поддерживают небольшой вращающийся, запас смеси в зазоре, увеличивая зазор к концу смешения до 3—5 мм. Кусочки каучука, регенерата и смеси, а также ингредиенты, упавшие при смешении на противень вальцов, тут же собирают в совок при помощи щетки и возвращают в зазор. Температуру валков контролируют 2—3 раза при изменении зазоров, поскольку при этом каучук или смесь срезают с вальцов вальцовочным ножом. Контроль температуры осуществляют лучковой термопарой.

Однородности резиновой смеси достигают ее перемешиванием (см. раздел 2.1). Качество смешения определяют, срезая небольшой кусок смеси. Если в срезе нет неразмешанных частиц, пор и пузырей, приготовление смеси заканчивают, ее снимают в виде листа толщиной 3—5 мм, кладут на рабочий стол и измеряют температуру игольчатой термопарой. Вальцы выключают и перекрывают вентили. Из листа смеси вырезают образец для анализа, а затем лист и образец маркируют восковым карандашом. На них указывают дату смешения, марку смеси, режим смешения. После маркировки смесь охлаждают в ванне и укладывают на стеллаж.

Применение маточных смесей, паст и композиций в резиновых смесях принципиально не меняет порядка смешения. Маточную смесь разрабатывают в начале процесса на минимальном зазоре, затем зазор увеличивают и вводят в нее ингредиенты. Пасты и композиции вводят в той же последовательности, что и ингредиенты, являющиеся их основной частью.

Расчеты. Производительность вальцов рассчитывают по формуле (1.2), приведенной в разделе 1.4.

Контрольные вопросы

1. Сущность и механизм процессов приготовления резиновых и маточных смесей, паст и композиций.
2. Технологические схемы процессов.
3. Факторы, влияющие на процессы, их параметры, возможные дефекты.
4. Свойства каучуков и ингредиентов приготавливаемых смесей, паст, композиций. Метод расчета рецептур.
5. Методы проведения процессов, порядок смешения.
6. Конструкция применяемого оборудования, КИП; расчет часовой производительности.
7. Контроль качества резиновых и маточных смесей.
8. Возможные дефекты при смешении и способы их предотвращения.

ПРОЦЕССЫ КАЛАНДРОВАНИЯ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

3.1. Сущность процессов, проводимых на каландрах

Каландрование является одним из методов формования (придания формы) резиновых смесей. К процессам каландрования относятся листование и профилирование резиновых смесей, промазка и обкладка тканей резиновыми смесями, дублирование листованных смесей и обрезиненных тканей. Цель каландрования — получение резиновой смеси в виде листов или профилей бесконечной длины, заданной конфигурации и размеров или нанесение слоя резиновой смеси на технические ткани с высокой степенью точности (1—2 %) и гладкой поверхностью.

При *листовании* разогретой резиновой смеси происходит ее формование и получают листы заданной толщины и ширины. При *профилировании* листу придается заданный профиль. *Промазка* тканей заключается во втирании резиновой смеси в плетение ткани и обволакивании ее нитей тонким слоем смеси. При *обкладке* на ткань наносят слой смеси заданной толщины. *Дублирование* заключается в сдвигании слоев путем пропуска их в зазор между валками каландра или валком каландра и дублирующим валком.

Процессы каландрования основаны на реологических свойствах резиновых смесей; смеси приобретают заданные форму и размеры в результате механических воздействий — деформаций сжатия, растяжения, сдвига и кручения при определенных температурных режимах. При этом повышается пластичность смесей и снижается их вязкость, вплоть до перехода смеси в вязкотекучее состояние. При каландровании оформление смеси происходит в зазорах между валками каландра. Температурные режимы процесса устанавливают в зависимости от свойств исходных каучуков, состава резиновой смеси и ее склонности к подвулканизации. Скорость процессов регулируют в соответствии с особенностями проводимой операции, свойствами резиновой смеси, размерами и конфигурацией получаемого полуфабриката.

Получение полуфабриката заданной конфигурации и размеров затрудняется усадкой резиновых смесей, выражающейся в самопроизвольном изменении их формы и размеров вследствие эластического восстановления резиновых смесей, которое наблюдается при их выходе из зазора каландра и последующем хранении заготовок. Изменение формы заготовки и усадку по размерам учитывают при наладке машин, т. е. при регулировании зазоров между валками каландра. Усадка смесей приводит к увеличению сечения заготовок и уменьшению их длины и зависит от релаксации смеси, а последняя — от состава, пластичности и вязкости

смеси, скорости и температурных режимов процесса. Подбор каучуков с небольшим эластическим восстановлением, уменьшение содержания каучука в смеси, снижение ее вязкости, повышение пластичности, снижение скорости процесса и увеличение температуры уменьшают усадку резиновых смесей.

Обрезинивание хлопчатобумажных тканей сопровождается их вытяжкой по длине и усадкой по ширине, вязкозных и синтетических — усадкой по длине и ширине.

Каландрование предшествует разогреванию резиновых смесей на лабораторных вальцах для повышения их пластичности. В целях обеспечения необходимой прочности связи системы ткань—резина ткани, используемые для обрезинивания, сушат до влажности 2—4 %.

3.2. Оборудование и контрольно-измерительные приборы

Каландрование в лабораторных условиях проводят на трех-четырех- и пятивалковых лабораторных каландрах, технические характеристики которых указаны в табл. 3.1.

Контроль технологических режимов осуществляют терморегулятором или термометром сопротивления (могут быть использованы лучковые термодатчики, контактные датчики ДТС-061), манометрами, определяющими давление пара и воды на линиях их подачи. Толщину выпускаемого полуфабриката контролируют при помощи толщиномеров ручных, механических или электромагнитных.

В каландрах новой конструкции учтены недостатки, касающиеся равномерности обогрева валков и получения точно калиброванного листа резиновой смеси. В них используется периферийно-сверленные валки с обогревом горячей водой из теплообменника. При этом регулирование температуры воды осуществляется терморегулятором, и замерение — при помощи термодатчика. Тер-

ТАБЛИЦА 3.1. Техническая характеристика лабораторных каландров

Марка модели	Число валков	Размеры валков, мм		Рабочая скорость валков, м/мин	Мощность электродвигателя, кВт
		диаметр	длина		
ЗК160×320ГЛМ	3	160	320	8,54—11,6	4,5
ЗК160×320ГЛ	3	160	320	5—7	5,2
ЗК150×300ГЛ	3	150	300	—	—
ЗК200×400Л	3	200	400	—	—
4КР225×450ГЛ	4	225	450	—	—
4КР264×400Л	4	264	400	—	—
5К200-600Л	5	200	600	5,13	11,0

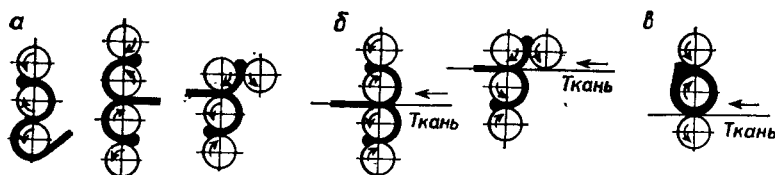


Рис. 3.1. Схемы процессов каландрования:

а — листование резиновых смесей; б — обкладка ткани; в — промазка ткани

морегулятор управляет мембранными клапанами, регулируя подачу горячей или холодной воды в валки каландра.

Лабораторные каландры, имеющие в рабочей части вращающиеся валки, крайне опасны при обслуживании. В связи с этим при работе нужно строго соблюдать инструкции по технике безопасности (см. Приложение I), не допускать попадания рук в зазоры между валками.

3.3. Методика и режимы каландрования

Каландрование ведут по схемам, приведенным на рис. 3.1. Выпуск качественного полуфабриката с каландра зависит от состава резиновой смеси, правильного подбора температурных режимов разогревания и каландрования смеси, скорости процесса, регулировки зазоров, равномерности питания каландра по всей длине зазора. Применение каучуков с высокими технологическими свойствами (НК, СКИ, СКС-ЗОАРКМ), регенерата, введение в резиновую смесь ингредиентов, снижающих усадку (ПН-61П, полиэтилен, фактис, высокоструктурный теухглерод), предотвращающих прилипание к валкам каландра и придающих ей гладкую ровную поверхность (олеиновая кислота, стеарин, парафин, воски), облегчает проведение каландрования.

В зависимости от свойств каучука, входящего в смесь, на трех-валковом лабораторном каландре могут быть применены следу-

Частота вращения, об/мин	Зазор между валками, мм	Общие габариты, мм			Масса, кг
		длина	ширина	высота	
950	0—5	2600	1840	1330	1750
1000	0—5	—	—	—	—
—	0—5	—	—	—	—
—	0—6	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	0—6	—	—	—	—
1500	0—10	2055	1040	1730	3990

ющие температурные режимы (в °С) с учетом адгезии каучуков к металлической поверхности валков (см. раздел 1.3):

	Смеси на основе					хлоропрено- вого каучука
	НК	СКИ-3	СКС	СҚН	БК	
Верхний валок	75—80	65—70	75—85	50—55	85—90	75—80
Средний валок	80—85	70—75	65—75	60—65	80—85	65—70
Нижний валок	85—95	75—80	55—65	65—70	75—80	55—60

Зазоры между валками устанавливают в соответствии с заданной толщиной резиновой смеси и с учетом толщины обрезаемой ткани. Зазор между верхним и средним валками обеспечивает предварительное формование смеси, его размер на 1,0—1,5 мм больше заданной толщины выпускаемого материала. Зазор между средним и нижним валками устанавливают точно; его размер меньше заданной толщины на величину усадки резиновой смеси, которая определяется до проведения листования и обкладки.

Каландрование ведут по режимной карте 3.

Практическая работа 6

Листование резиновых смесей, промазка и обкладка тканей

Оборудование и материалы

Каландр лабораторный	Часы режимные
Вальцы лабораторные	Щетка
Ванна охлаждательная	Штамп круглый для определения усадки
Весы циферблатные	Ткань техническая
Линейка металлическая	Резиновая смесь
Нож вальцовочный	Каолин или мел
Нож для резки смеси	Краситель
Совок	Карандаш восковой
Термопара лучковая	Пластины свинцовые или паста
Толщиномер ручной	Холст прокладочный

Подготовка к работе. Работа складывается из определения усадки резиновой смеси и проведения каландрования.

Составляют режимную карту разогрева резиновой смеси (1) и каландрования (3).

В присутствии преподавателя или лаборанта проверяют работу каландра на холостом ходу и под нагрузкой. При этом аварийный выключатель должен обеспечить остановку машины не более чем через $\frac{1}{4}$ оборота валков при холостом ходе и моментальную под нагрузкой.

Включают электродвигатель каландра и регулируют температуру его валков.

Во время работы строго выполняют инструкцию по технике безопасности (Приложение I).

Прогревание валков и регулирование температуры занимают 20—30 мин. Контроль температуры осуществляют соответству-

РЕЖИМНАЯ КАРТА 3

Дата	Процесс
Число валков каландра	Марка резиновой смеси
Размер валков	Ткань
Скорость процесса, м/мин	Заданный расход резиновой смеси на 1 м ² , г

[illegible]

ющими приборами или лучковой термопарой при остановке машин.

Проведение работы. Определение усадки резиновой смеси. На циферблатных весах отвешивают 500—600 г смеси (с погрешностью до 1 г), разогревают ее на вальцах (см. раздел 2.4) и пропускают через нижний зазор между вальцами каландра, который предварительно при помощи регулировочных устройств устанавливают в 1,0 мм. Размер зазора проверяют, пропуская с левой и правой стороны валька свинцовые пластинки или пасту (см. раздел 1.4) и измеряя их толщину ручным толщиномером с погрешностью до 0,1 мм. Расстояние между ножами устанавливают 200 мм по линейке и фиксируют их положение зажимными винтами. Круглый штамп, имеющий внутренний диаметр 50 мм, окрашивают по рабочему периметру красителем (лак оранжевый или др.).

При выходе листа смеси из каландра на него окрашенным штампом по центру наносят 5—6 окружностей по длине листа и измеряют их толщину толщиномером с точностью до 0,1 мм. Охладив смесь в ванне с холодной водой, линейкой измеряют большие и малые оси образовавшихся эллипсов и их толщину (толщиномером).

Расчет усадки. Находят средние значения осей эллипсов и их толщины до и после охлаждения и рассчитывают усадку (%) по ширине U_1 , длине U_2 и толщине листа U_3 по формулам:

$$U_1 = [(b - d)/d] \cdot 100, \quad (3.1)$$

$$U_2 = [(d - l)/d] \cdot 100, \quad (3.2)$$

$$U_3 = [(h_1 - h_0)/h_0] \cdot 100, \quad (3.3)$$

где d — диаметр круглого штампа, мм (50 мм); b — среднее значение большой оси эллипса, мм; l — среднее значение малых осей эллипсов, мм; h_0 — среднее значение первоначальной толщины листа, мм; h_1 — среднее значение толщины эллипсов после усадки, мм.

Каландрование. Определив усадку смеси, приступают к регулированию зазоров по заданной толщине смеси. Для увеличения зазора штурвал регулирующего устройства вращают против часовой стрелки, для уменьшения — по ходу часовой стрелки. Размеры зазоров контролируют свинцовыми пластинками и ручным толщиномером в трех точках по ширине листа. Перекос валков, вызывающий неравномерность толщины листа, устраняют, разъединяя кулачковую муфту с нерегулируемой стороны.

Ширину листа регулируют, перемещая ограничительные стрелки и ножи по их направляющим и проверяя расстояние между ними металлической линейкой. Положение стрелок и ножей фиксируют при помощи зажимных винтов.

Питание каландра осуществляют смесями, разогретыми на лабораторных вальцах по разработанным режимам. Смесь снимают с вальцов в виде листа или рулона. Питание каландра ведут равномерно, без пропусков и по всей длине валька.

Резиновую смесь направляют по валкам согласно схеме процесса (см. рис. 3.2). Если при листовании и обкладке тканей смесь обволакивает один из валков (садится на вал), ее подрезают ножом и придают ей необходимое направление. Обволакивание среднего валка резиновой смесью необходимо только при промазке тканей. При этом процесс ведут с фрикцией, которую устанавливают, переключая работу каландра на фрикционный комплект шестерен.

Просушенные технические ткани, предназначенные для промазки или обкладки на лабораторном каландре, промеряют линейкой по длине и ширине, накатывают на деревянный или металлический ролик, не допуская перекосов по кромке, образования складок и морщин. Ткань, направляемая на промазку, взвешивается на циферблатных весах с погрешностью до 1 г для определения расхода резиновой смеси при промазке. Ролик с тканью подвешивают на раскаточную стойку у каландра и конец ткани заправляют в нижний зазор каландра без перекосов, складок и морщин.

Настройку работы каландра (регулирование зазоров, заправку ткани в зазор, выпуск пробного куса полуфабриката и контроль его толщины, ширины и качества поверхности) производят на малой скорости. Полностью отрегулировав работу машины, включают рабочую скорость каландра.

В процессе листования и обкладки толщину полуфабриката проверяют ручным толщиномером, ширину — металлической линейкой. При выходе из каландра промазанной ткани измеряют ее длину и ширину. Линейную скорость каландрования W (м/мин) определяют, измеряя длину полуфабриката, выходящего из зазора каландра в течение 1 мин по режимным часам. Выходящий с каландра материал принимают на закаточное устройство или рабочий стол и опудривают мелом или каолином. Полуфабрикат можно принимать и через прокладочный холст. Рулон промазанной ткани взвешивают на циферблатных весах. Хранят полуфабрикаты на стойках в подвешенном состоянии или на стеллаже.

По окончании работы останавливают каландр, перекрывают вентили на трубопроводах и производят уборку машины, инструмента, рабочего места.

Расчеты. Производительность каландра $Q_{\text{час}}$ (м/ч) рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{час}} = 60W\alpha, \quad (3.4)$$

где W — линейная скорость каландрования, м/мин; α — коэффициент использования машинного времени (0,85—0,95).

Для процесса листования $Q_{\text{час}}$ (кг/ч) равно:

$$Q_{\text{час}} = 60Wqa, \quad (3.5)$$

где q — масса 1 м полуфабриката, кг (определяется взвешиванием).

Расход резиновой смеси при промазке ткани M (г/м³) вычисляют по формуле:

$$M = (m_1 - m_0)/S = (m_1 - m_0)/bl, \quad (3.6)$$

где m_1 — масса промазочной ткани, г; m_0 — масса суровья, г; S — площадь ткани, м²; b — ширина ткани, м; l — длина ткани, м;

Вытяжку ткани по длине L (%) и усадку по ширине U (%) рассчитывают по формулам:

$$L = [(l_1 - l_0)/l_0] \cdot 100 \quad (3.7); \quad U = [(b_0 - b_1)/b_0] \cdot 100, \quad (3.8)$$

где l_0 и b_0 — длина и ширина суровья, м; l_1 и b_1 — длина и ширина ткани после обрэзинивания, м.

Контрольные вопросы

1. Схемы процессов каландрования, их различия.
2. Адгезия, аутогезия и когезия смесей.
3. Требования, предъявляемые к резиновым смесям и тканям.
4. Конструкция каландров, КИП.
5. Усадка и каландровый эффект, расчет усадки.
6. Расчет часовой производительности каландра, усадки и вытяжки ткани.
7. Дефекты при каландровании.

Глава 4

ЭКСТРУЗИЯ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

4.1. Сущность процессов профилирования и фильтрования резиновых смесей

Профили круглого, квадратного, прямоугольного и сложных сечений получают методом экструзии (шприцевания). Экструзия относится к методам формования смесей, позволяющим получать изделия разнообразной формы.

Сущность процесса экструзии заключается в продавливании резиновой смеси под давлением в отверстие профилирующего устройства экструдера (червячной машины) в целях получения заготовок бесконечной длины, заданного профиля и размеров.

Процесс экструзии каучуков и резиновых смесей основан на их реологических свойствах и зависит от их пластичности и вязкости. Механическое и тепловое воздействия, которое они переживают в системе цилиндр—червяк машины, переводят обрабатываемый материал в высокопластичное вязкотекучее состояние, обеспечивающее получение заданной заготовки по выходе из головки машины. На экструзию существенно влияют также адгезионно-фрикционные свойства материала, определяющие его движение от зоны загрузки к зоне формования и головке червячной машины. Качество профилированных заготовок зависит от состава резиновой смеси, ее вязкости и пластичности, когезионной проч-

ности, температурных режимов и скорости экструзии, режима питания машины, конструкции червяка и профилирующих деталей и размеров заготовки.

Подбор каучуков, обладающих высокими технологическими свойствами (НК, СКИ-3, БСК типа СКС-30АРКМ-15), применение поперечно сшитых каучуков (СКМС-30ПС, СКН-26СШ, наирита ВС), введение в смеси регенерата, технического углерода типа П514 и П324 и небольшого количества таких пластификаторов, как стеарин, парафин, олеиновая кислота, воски и фактисы, облегчают процесс экструзии смесей.

Пластичность и вязкость смеси должны находиться в определенных пределах, соответственно выше и ниже которых смеси плохо экструдированы и профили имеют неровную поверхность, а ниже и выше — затрудняется подбор профилирующих деталей и заготовки по выходе из головки пресса могут растекаться. Ниже приведены значения пластичности по ПСМ-2 резиновых смесей для экструзии на основе различных каучуков:

НК	0,36
НК + БСК	0,36—0,40
БСК	0,45—0,50
СКД + СКИ-3	0,40—0,45
БК	0,40—0,45

Для облегчения профилирования резиновые смеси подогревают на вальцах. Температура при разогреве смесей и температурные режимы экструзии влияют не только на качество профилей, но и на возможность поддувки канализации смеси. В связи с этим целесообразно пользоваться режимами, приведенными в табл. 4.1.

Питание машины должно вестись непрерывно, обеспечивая постоянное давление в головке машины, без захвата воздуха.

ТАБЛИЦА 4.1. Температурные режимы разогревания и экструзии смесей

Резиновая смесь на основе каучука	Температура разогревания смеси, °С	Температура червячного пресса *, °С		
		хвостовая часть цилиндра	лобовая часть цилиндра	головка
НК	70—80	30—50	60—80	90—100
СКИ-3	60—70	30—40	55—65	70—75
СКС	40—50	30—40	55—65	70—75
НК + СКС	50—60	30—45	60—70	70—80
НК + СКД	50—60	30—40	65—75	80—85
СКИ-3 + СКД	60—70	30—40	55—65	70—75
БК	60—70	30—40	60—70	100—110
СКН	40—50	30—40	50—60	90—95
Хлоропреновый	50—60	25—30	40—50	50—60
СКФ	70—80	40—50	75—80	180—220
СКЭПТ	50—60	40—50	65—70	95—100

* Червяк пресса непрерывно охлаждается.

для работы на червячном прессе

Дата	Каучук (марка резиновой смеси)
Модель червячного пресса	Операция
Рабочая скорость пресса	Конфигурация и размер сечения профиля

[illegible]

* Заполняется при фильтровании резиновых смесей

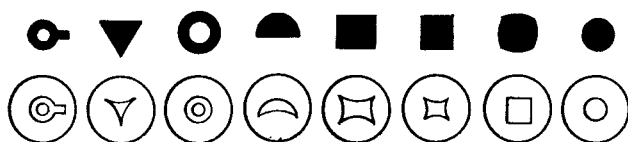


Рис. 4.1. Профилирующие детали и сечения получаемых профилей

Чем больше площадь поперечного сечения заготовки, тем интенсивнее должно быть питание пресса.

Подбор профилирующих деталей (рис. 4.1) связан с релаксацией, которая влияет на усадку резиновых смесей. Она зависит от состава смеси, ее пластичности, скорости экструзии, и температуры процесса. Чем больше скорость, тем меньше смесь находится в профилирующем приспособлении и тем больше ее эластическое восстановление. Усадка возрастает с понижением пластичности смеси и уменьшением температуры процесса. Она наблюдается при выходе профиля из головки машины и последующем хранении. При этом уменьшается длина профиля, ширина и высота профиля увеличиваются.

Скорость экструзии зависит от размеров и конструкций питающего валика, профилирующих деталей, выпускаемого профиля и состава резиновой смеси. Чем больше площадь поперечного сечения заготовки и степень наполнения смеси, тем большей должна быть скорость процесса. Разогревание и экструзию ведут по режимным картам 1 и 4.

Применяемые для изготовления резиновых изделий и образцов каучуки и резиновые смеси не должны содержать посторонних механических примесей (песка, частиц угля и шлака, волос, щепы и пр.). Их удаляют методом **ф и л ь т р о в а н и я** (с т р е й н и р о в а н и я) на машинах червячного типа. Сущность процесса заключается в одно- и многократном пропускании засоренных каучуков или резиновых смесей через фильтрующие устройства машины.

4.2. Оборудование и контрольно-измерительные приборы

В лабораторных условиях процессы экструзии и фильтрации осуществляют на червячных прессах. В качестве профилирующих деталей используют набор шайб, мундштуков и дорнов (см. на рис. 4.1).

Для фильтрации каучуков и смесей в головке пресса устанавливают два перфорированных диска, диаметр которых составляет 1,6—1,8 наружного диаметра червяка, с диаметром отверстий 6—8 мм. Один из дисков имеет бортики для закрепления сеток. Площадь отверстий составляет 0,4—0,5 площади дисков.

ТАБЛИЦА 4.2. Техническая характеристика червячных прессов

Марка модели	Размеры червяка, мм		Отношение длины к диаметру червяка	Частота вращения червяка, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Производительность, кг/ч	Угол подъема винтовой линии червяка, °	Шаг червяка, мм
	диаметр	длина рабочей части						
МЧТ 32Х5	32	160	5	20—100	2—4,5	До 25	—	—
МЧТ 38Х5	38	190	5	20—40	2—3	До 30	12—20	—
МЧТ 50Х5	50	250	5	20—50	3,5—5	30—50	12—20	—
МЧТ 52Х5	52	260	5	42,4—61,2— 76,2	4,5	40—60	—	55
МЧТ 63Х5	63	315	5	12—80	6—14	40—140	—	—

Между дисками закладывают две металлические сетки заданного номера.

Процесс экструзии контролируют термopаpами с гальванометром, электропневматическими потенциометрами, манометрами, мездозами.

Червячные прессы, имеющие червяки с переменным шагом и двухзаходные, обеспечивают выпуск монолитных профилей. Техническая характеристика машин дана в табл. 4.2.

Червячные прессы могут быть оснащены системой автоматического регулирования, измерения и регистрации температурного режима работы. Температура головки в пределах 30—134 °С автоматически регулируется клапанами типа ПКР-2-6-В0 и ПКР-2-6-В3, работающими во взаимодействии с автоматическим электронным мостом ЭМИ-120 и термометром сопротивления ТСП-753. При отклонении температуры головки от заданной через указанные приборы клапаны открывают подачу пара для подогрева или воды для охлаждения. Приборы: мост электронный ЭМИ-120 самопишущий с регулирующим устройством, термометр ТСП-753, лагометр показывающий ЛПР-53 для измерения температуры в первой зоне цилиндра, амперметр М-362, указатель скорости и ее регулятор — собраны в шкафу управления машины. Раздельное терморегулирование головки и зон рабочего цилиндра осуществляется термopаpами, встроенными в соответствующую зону, и терморегулирующими приборами. Кнопка управления находится на станине прессы.

4.3. Методика проведения экструзии

Работа складывается из фильтрования и последующего профилирования резиновых смесей.

Червячные прессы опасны в обслуживании. Опасные узлы — загрузочная воронка с вращающимся внутри нее червяком, головка с профилирующими и фильтрующими деталями при неправильном

их фиксации упорной гайкой, привод. При работе на оборудовании следует строго соблюдать все правила техники безопасности (см. Приложение П).

При наладке машины устанавливают наименьшую частоту вращения червяка. Рабочая скорость зависит от свойств каучука и состава резиновой смеси. Обычно фильтруют на малой или средней скорости, переключая скорости на незагруженной машине. Температуру процесса регулируют следующим образом: для натурального каучука и его смесей температуру головки поддерживают в пределах 80—90 °С, для синтетических каучуков и их смесей 65—75 °С. Температура корпуса пресса должна быть на 20—30 °С ниже температуры головки, в загрузочной части корпуса она должна составить 30—40 °С. В ходе фильтрования температура смеси возрастает. Для поддержания заданных режимов и предотвращения подвулканизации смесей ведут интенсивное охлаждение.

Фильтруют резиновые смеси до введения в них вулканизирующих агентов. Сильно загрязненные каучуки и смеси фильтруют два раза. Каучуки и смеси, подлежащие фильтрованию, разогревают на лабораторных вальцах с первоначальным зазором 0,2—0,3 мм. К концу разогревания его увеличивают до 3—5 мм. Температуру валков поддерживают в пределах (в °С):

	НК и смеси на его основе	СК и смеси на его основе
Передний валок	60—70	40—50
Задний валок	50—60	55—65

Время разогревания 6—8 мин. Каучук или смесь срезают с вальцов в виде полосы шириной 20—30 мм. Фильтрование можно вести и непосредственно после пластикации каучуков и приготовления смесей. В этом случае материал сразу срезают с вальцов в виде полос. Питание червячного пресса ведут непрерывно и равномерно. Выходящий из головки машины материал собирают на противне, а затем листуют на лабораторных вальцах в течение 3—4 мин при зазоре 3—5 мм. В случае отсутствия в смеси вулканизирующего агента его вводят при листовании. Фильтрование и последующее листование ведут по режимным картам 4 и 1.

Практическая работа 7

Фильтрование и профилирование резиновых смесей

Оборудование и материалы

Пресс червячный
Вальцы лабораторные
Ванна охлаждающая
Весы технические с разновесами
Весы циферблатные
Диски перфорированные

Противень к машине
Сетки металлические
Совок
Термопара игольчатая
Термопара лучковая
Часы режимные

Детали профилирующие
 Ключи к головке машины
 Лопатка деревянная
 Нож вальцовочный
 Ножи для резки каучука и смеси
 Приспособление для чистки машины
 Линейка
 Штангенциркуль

Щетка волосаяная
 Щетка металлическая
 Каучук или резиновая смесь
 Карандаш восковой
 Каолин или мел
 Пластины свинцовые
 Ткань техническая
 Пленка полиэтиленовая

Подготовка к работе. Составляют режимную карту разогрева, фильтрования (4) и листования на вальцах (1) каучука или резиновой смеси.

Червячный пресс должен быть очищен от материалов, ранее в нем обрабатывавшихся, в рабочей камере не должно быть посторонних предметов. Проверяют исправность машины.

Отворачивают откидную гайку и вставляют в головку фильтрующую деталь: перфорированный диск с бортиком, металлическую сетку с меньшим номером, сетку с большим номером (сетки укрепляют в бортике диска), второй диск. Отверстия дисков совмещают. Завинчивают упорную гайку до отказа при помощи ключа (рис. 4.2).

Плавнo открывая вентили на линии подачи пара или холодной воды, регулируют температуру процесса, не допуская толчков в трубопроводах. Температуру фильтрования контролируют при помощи термopары по гальванометру или электропневматическим потенциометром. Устанавливают минимальную частоту вращения червяка, перемещая регулятор скорости в крайнее левое положение. На рабочий стол ставят противень, опудренный мелом или каолином. Отвешивают по рецепту вулканизирующий агент с точностью до 0,5 % (по массе).

Проведение работы. Фильтрование. Каучук или смесь взвешивают на циферблатных весах с погрешностью до 1 г и разогревают на лабораторных вальцах, отрегулировав предварительно температуру валков и зазор между ними, как указано в работе 2, по установленному режиму. С вальцов материал срезают в виде полосы шириной 20—30 мм, подают к червячному прессу и укрывают тканью или полиэтиленовой пленкой. Включают машину нажатием кнопки «Пуск». В загрузочную воронку пресса загружают небольшое количество каучука или смеси и проверяют работу машины под нагрузкой. Убедившись в правильности хода про-

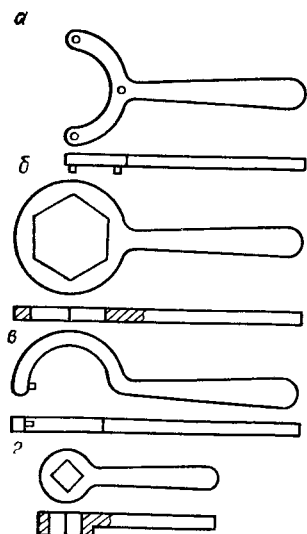


Рис. 4.2. Набор ключей к головкам червячных прессов: а — торцевой; б — шестигранный; в — радиальный; г — четырехгранный

цесса фильтрации, продолжают работу, непрерывно питая пресс каучуком или смесью при помощи деревянной лопатки. Следят за температурным режимом процесса и его скоростью (по амперметру). Профильтрованную смесь собирают на противень, периодически подрезая ее поток ножом.

При работе на машинах с автоматическим регулированием процесса на кнопочную станцию подают напряжение, включив рубильник. Нажатием на кнопку «Включено» подают напряжение на привод пресса. Регулятором скорости устанавливают заданную частоту вращения червяка по указателю скорости на электрошкафу (градуировочная шкала амперметра). На термографе устанавливают заданную температуру цилиндра и медленно открывают вентиль на линии подачи теплоносителя. Регулируют температуру головки и червяка подачей теплоносителя или воды. Нажатием кнопки «Вперед» включают машину.

Окончив фильтрацию, отвинчивают упорную гайку и вытаскивают каучуком или смесью фильтрующие детали. Вентили на трубопроводах перекрывают и останавливают машину, нажимая на кнопку «Стоп». Чистку машины и фильтрующих деталей ведут при помощи металлических щеток и приспособлений.

Очищенный материал отвешивают на циферблатных весах в соответствии с полезной загрузкой вальцов и проводят его листование по режиму. В конце листования в резиновую смесь вводят вулканизирующий агент приемом, указанным в работе 2.

После листования материал снимают с вальцов в виде листа и укладывают на стол у вальцов. На листе указывают марку каучука или резиновой смеси и дату фильтрации. Затем материал охлаждают в ванне с суспензией мела или каолина. Охлажденный материал переносят на стеллаж. Сетки меняют по мере их прорыва и загрязнения.

Профилирование. Работа по профилированию резиновых смесей складывается из определения их усадки и экструдированию заготовок заданного профиля. В процессе работы надо строго соблюдать инструкцию по технике безопасности (см. Приложение 1) и следить за руками своими и напарника (держат выше верхней кромки загрузочной воронки).

Убедившись в исправности пресса и отсутствии посторонних предметов в рабочей камере, в головку вставляют шайбу с отверстием для выпуска шнура квадратного сечения, имеющего размер стороны 10 мм. Шайбу закрепляют упорной гайкой, которую закручивают ключом до отказа. Заданную температуру в отдельных частях машины устанавливают плавно и постепенно, открывая вентили на трубопроводах паровой линии. Регулятор частоты вращения червяка переводят в крайнее левое положение и включают кнопочный пускатель. Прогрев машины ведут 20—25 мин. За это время разогревают резиновую смесь по установленному режиму. На рабочий стол ставят противень, опудренный по дну мелом или каолином.

Смесь снимают с вальцов в виде полосы шириной 20—30 мм, укладывают на рабочий стол около пресса и укрывают тканью или полиэтиленовой пленкой. В загрузочное отверстие подают 500—600 г смеси и профилируют шнур, принимая его на противень прямоугольной формы. Отрезав от шнура отрезок длиной 200 мм по линейке, его охлаждают в холодной воде и измеряют длину и размеры сторон при помощи линейки и штангенциркуля.

Усадку смеси (%) по толщине U_1 , ширине U_2 и длине профиля U_3 рассчитывают по формулам:

$$U_1, U_2 = [(b_1 - b_0)/b_0] \cdot 100,$$

$$U_3 = [(l_0 - l_1)/l_0] \cdot 100, \quad (4.1)$$

где b_0 и b_1 — толщина или ширина профиля до и после усадки, мм; l_0 и l_1 — длина заготовки до и после усадки, мм.

Рассчитав усадку смеси, подбирают профилирующие детали в соответствии с заданным профилем. Размеры профилирующих поверхностей по ширине и толщине профиля должны быть меньше заданных на величину усадки. Форма отверстий детали должна учитывать искажение формы профиля при экструзии. Выбранные детали вставляют в головку машины и закрепляют упорной гайкой. При выпуске трубок в головке укрепляют дорнодержатель, на котором находится дорн, и мундштук. Центрируют мундштук относительно дорна регулировочными болтами при помощи ключа. Наладку машины ведут на малой скорости.

Качество получаемого профиля контролируют путем загрузки небольшого количества разогретой резиновой смеси в пресс, проверки полученных размеров линейкой и штангенциркулем и осмотра его поверхности. Убедившись в надлежащем качестве заготовки, машину освобождают от смеси и переводят регулятор скорости в положение, обеспечивающее заданную рабочую скорость машины. Соблюдая режимы питания и температурные режимы, проводят экструзию, полученный профиль принимают на круглый или прямоугольный противень и опудривают мелом или каолином. Дно противня предварительно покрывают опудривающим средством. На прямоугольных противнях заготовку подрезают по мере их заполнения ножом или ножницами. Линейную скорость экструзии W (м/мин) определяют, измерив длину заготовки, вышедшей из головки червячного пресса в течение 1 мин (по режимным часам). По окончании работы отвинчивают упорную гайку и на ходу машины выталкивают из головки профилирующие детали резиновой смесью. Дорн вывинчивают из дорнодержателя. Затем останавливают машину и перекрывают вентили на трубопроводах. Чистку пресса и профилирующих деталей производят специальным приспособлением, лопаткой и металлической щеткой.

Расчеты. Производительность машины $Q_{\text{час}}$ (кг/ч) рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{час}} = 60Wqa, \quad (4.2)$$

где q — масса 1 м заготовки, кг (определяют взвешиванием); a — коэффициент использования машинного времени (0,8—0,9).

Контрольные вопросы

1. Технологические схемы фильтрования и профилирования.
2. Усадка при шприцевании, ее расчет.
3. Требования, предъявляемые к резиновым смесям.
4. Конструкция червячных машин, КИП; расчет часовой производительности.
5. Фильтрующие и профилирующие детали.
6. Дефекты при профилировании.

Глава 5

ВУЛКАНИЗАЦИЯ ОБРАЗЦОВ И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

5.1. Сущность процессов формования и вулканизации

Вулканизация резиновых смесей является заключительной технологической операцией, в результате которой образуются вулканизаты, обладающие повышенными прочностными свойствами, высокой эластичностью, твердостью, износостойкостью и другими эксплуатационными свойствами. Пластичность, клейкость и растворимость в растворителях — свойства, присущие сырым резиновым смесям, — в вулканизатах практически не проявляются. При этом, как правило, изделию придаются заданные конфигурация и размеры.

Вулканизацией называется процесс перехода пленкообразующего вещества каучука из пластического или вязкотекучего состояния, обусловленного малой прочностью сил межмолекулярного взаимодействия, в эластическое в результате соединения отдельных макромолекул каучука в единую пространственную структуру, обладающую связями повышенной прочности.

Сущность процесса вулканизации заключается в сложных физико-химических процессах, протекающих при определенных температурных режимах за счет присутствия в смесях вулканизующей группы, влияния радиации, токов СВЧ и других факторов, в результате которых макромолекулы каучука соединяются (сшиваются) силами главных валентностей с образованием единой трехмерной пространственной структуры, определяющей комплекс физико-механических показателей вулканизата. В вулканизате образуются химические поперечные связи — ковалентные, ионные или координационные — и увеличиваются силы межмолекулярного взаимодействия. Наряду со структурированием при

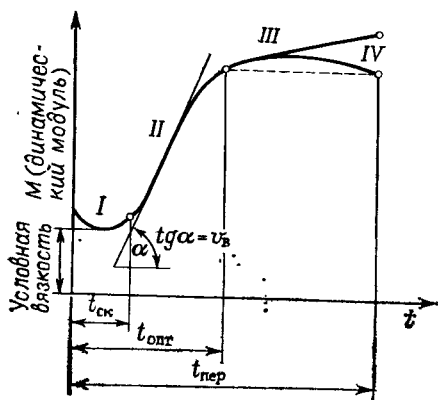


Рис. 5.1. Кинетика вулканизации резиновой смеси:

I — индукционный период; II — вулканизация; III — плато вулканизации; IV — реверсия;
 $t_{ск}$ — время до начала вулканизации;
 $t_{опт}$ — оптимальное время вулканизации;
 $t_{пер}$ — время до начала реверсии

вулканизации могут проходить процессы деструкции, окисления, циклизации.

Вулканизация проходит в три стадии: I — индукционный период, в течение которого идет соединение отдельных молекул каучу-

ка, II — собственно вулканизация, характеризующаяся образованием сетчатой структуры, III — в зависимости от состава резиновой смеси концентрация поперечных связей после достижения максимального значения может падать. Это явление называется реверсией. Кинетика вулканизации показана на рис. 5.1. Индукционный период — период сохранения при заданной температуре вулканизации вязкотекучего состояния, обеспечивающего оформление заготовок без подвулканизации; вулканизация — период сшивания макромолекул каучука с образованием пространственной сетки с заданным комплексом технических свойств; достижение оптимума и плато вулканизации, обеспечивающее постепенное образование вулканизата по всей толщине изделия без перевулканизации. За плато при продолжении вулканизации может наблюдаться реверсия (перевулканизация), приводящая к ухудшению свойств вулканизата.

Вулканизацию резиновых изделий проводят двумя методами: неформовым, при котором форма придается изделиям до вулканизации и должна быть зафиксирована в вулканизационном оборудовании без изменения, и формовым, обеспечивающим в первой стадии процесса придание изделиям, находящимся в формах, заданных конфигурации и размеров, закрепляющихся в период собственно вулканизации. Второй метод обеспечивает повышенную монолитность вулканизата и точность размеров. По способу заполнения форм различают компрессионное формование, при котором заранее выпущенную заготовку укладывают в гнездо формы, и литье, при котором резиновая смесь заполняет гнездо в разогретом состоянии под большим давлением в первой стадии процесса. Формование основано на способности резиновых смесей при нагревании переходить в вязкотекучее состояние и заполнять гнезда форм и затем за счет химических реакций переходить в эластическое состояние путем сшивания макромолекул каучука в пространственную трехмерную структуру и сохранять приданную ей форму.

При формировании каучук постепенно переходит в вязкотекучее состояние — несшитый полимер, а затем в эластическое — сшитый полимер. До образования пространственной структуры (в индукционный период) резиновая смесь заполняет гнезда вулканизационной формы (в первой стадии процесса).

Из неформовых методов наиболее распространенным является вулканизация в котлах. Придание формы изделиям производится до загрузки в котел и фиксируется в стадии собственно вулканизации. Сшивание макромолекул каучука в этом случае должно происходить максимально быстро для предотвращения размягчения и деформации резиновой смеси.

Параметры вулканизации и ее режимы определяются конструкцией вулканизационного оборудования, вулканизационной средой, составом и свойствами резиновых смесей, конфигурацией и размерами образцов или изделий (преимущественно их толщиной). Параметрами, определяющими процесс вулканизации, являются температуры, давление, продолжительность.

Вулканизация в котлах ведется в интервалах температур 135—180 °С, что соответствует давлению насыщенного пара 0,2—0,9 МПа (см. Приложение V). Котел обогревается насыщенным паром, подаваемым непосредственно в котле или через калориферы или рубашку котла.

На гидравлических прессах с паровым обогревом температура вулканизации составляет 143—180 °С, с электрообогревом 180—200 °С. Давление в рабочей зоне котла колеблется в пределах от 0,25 до 0,9 МПа. Удельное давление на плиту при вулканизации в гидропрессах для мягких смесей равно 2—5 МПа, для жестких 7—10 МПа.

Продолжительность вулканизации при заданной температуре процесса должна соответствовать оптимуму, который определяют на серии образцов, вырубленных из пластин резиновой смеси, вулканизированной в разных режимах времени (например, 10, 20, 30, 40, 50 мин и т. д.) при одной заданной температуре, после испытания их на разрывной машине. Кинетика вулканизации определяется также на вулканометрах и реометрах, ротационных и вибровискозиметрах (см. раздел 7.3).

Окончание вулканизации определяют несколькими методами, простейший из них — контроль твердости вулканизатов, значение ее должно соответствовать оптимальному для данной резины.

5.2. Оборудование для вулканизации

В лабораториях вулканизацию ведут в малогабаритных вулканизационных котлах и рамных или колонных гидравлических прессах. Обогрев оборудования осуществляют насыщенным паром или электронагревательными элементами.

Применяемое для вулканизации оборудование, работающее под повышенным давлением и состоящее из ряда движущихся узлов,

ТАБЛИЦА 5.1. Техническая характеристика гидравлических прессов

Марка модели	Тип пресса	Этажность пресса	Размер плит, мм	Максимальный ход плунжера, мм	Расход жидкости за один ход, л	Общая масса пресса, кг	Размеры пресса, мм					Максимальное усилие пресса, МН	Рабочее давление, МПа	Давление стола, МПа	Обогрев
							общая высота	длина	общая ширина	расстояние между плитами	диаметр плунжера				
ВН-0916	Рамный полуавтоматический	2	400×400×50	—	—	2300	2100	1900	950	150	—	1,06	25	0,5	Электрический
ВН-9030М	То же	1	600×600×50	500	45,5	4580	2340	1350	1000	—	340	1,80	12	7,5	Паровой»
		2	400×400×50	—	—	2000	2000	1500	900	170	—	1,00	20	5,0	
ВП-9025	»	2	600×600×50	258	23,5	4100	2390	2400	1816	245	340	1,60	20	5,0	Электрический
ВП-9024	»	4	600×600×50	480	40,0	4100	2315	1480	1300	120	340	1,60	20	5,0	Электрический или паровой
ВП-9011М	Колонный	4	600×600×50	500	45,3	4100	2390	1570	1820	120	340	1,60	20	5,0	Паровой»
		4	600×600×50	280	25,4	2900	1782	472	70	340	1,00	12	2,78		
ВП-09122	Рамный	4	600×600×50	500	—	4340	2440	2000	1820	125	320	1,60	20	5,0	Электрический

должно использоваться при строгом соблюдении правил техники безопасности (см. Приложение I).

Техническая характеристика гидравлических прессов приведена в табл. 5.1.

Гидравлические прессы полуавтоматического действия приводятся в движение от агрегата с насосами низкого и высокого давления (например, масляным и шестеренчатым). Переключение подачи жидкости низкого давления для подъема плит пресса или высокого давления для формования заготовок в цилиндр пресса обеспечивается автоматически реле движения РД, которое поочередно подключает один из двух насосов. Электроконтактный регулятор РД получает команду от регулятора цикличности — командного электропневматического прибора КЭП-12У, который через реле времени РВ автоматически осуществляет заданную на нем программу процесса в определенной последовательности и во времени.

Операции проводятся через распределительное устройство золотникового или клапанного типа (дистрибуторы).

Контроль, регистрация и автоматическое регулирование заданного температурного режима обеспечиваются термopарами, введенными в плиты пресса, и вторичными приборами-терморегуляторами, термографами или автоматическими самопишущими потенциометрами ПСР1-01, выведенными на пульт управления. Исправность системы обогрева контролируется сигнальными лампами ЛС.

Давление в гидросистеме определяется по манометрам.

Обслуживание прессов осуществляется через окна щитовых термоизоляционных ограждений, снабженных заслонками. Вулканизационные формы подаются к плитам пресса подъемными столиками, движение которых обеспечивается сжатым воздухом или жидкостью под давлением 1,5—2,0 МПа.

5.3. Методика вулканизации резины в гидравлических прессах

Работа заключается в изготовлении заготовок и их формировании с последующей вулканизацией в гидравлических прессах с целью получения образцов или изделий с заданными формой и размерами, степенью вулканизации и комплексом физико-механических свойств.

Формование и вулканизацию ведут в стальных или алюминиевых формах, очищенных от загрязнений.

Резиновые смеси, вулканизуемые в прессах компрессионным методом, разогреваются на вальцах.

В смеси, не содержащие вулканизирующих веществ (в целях предотвращения подвулканизации при хранении), их вводят при разогреве. В зависимости от необходимой конфигурации заго-

готовки выпускают на лабораторных вальцах, каландрах, червячных машинах.

Заготовки по конфигурации должны быть близки к готовому изделию, иметь большую (на 3—5 %) массу для создания необходимого давления в форме, меньшие поперечные размеры и большую высоту по сравнению с изделием для удобства закладки заготовки в гнездо формы.

Полученные листы или профили смеси закраивают по шаблонам или вырубают на вырубных прессах штанцевыми ножами. Заготовки контролируют по массе с погрешностью до 1 г (см. Приложение IV). Плиты пресса и вулканизационные формы до начала работы прогревают в течение 20—30 мин до заданной температуры, которая лежит в интервале от 140 до 200 °С. Продолжительность вулканизации зависит от оптимума и плато вулканизации смеси.

Вулканизация в прессах складывается из следующих операций:

загрузка заготовки в форму;

подъем плит пресса рабочей жидкостью под низким давлением;

подпрессовка заготовок под низким давлением;

формование и вулканизация изделий под высоким давлением; опускание плит пресса;

разгрузка плит пресса и форм;

охлаждение изделий и обрезка выпрессовок;

чистка формы.

Изделие охлаждают в воде или на воздухе.

Формы подбирают по заданной конфигурации и параметрам изделия с учетом их усадки после вулканизации, составляющей 1,5—2 %. Формы, устанавливаемые на одну плиту пресса, должны иметь строго одинаковую высоту. Использование разновысоких форм приводит к перекосу и прогибу плит пресса. Работу ведут по режимной карте 5.

Практическая работа 8

Вулканизация образцов и изделий в гидравлических прессах

Оборудование и материалы

Пресс гидравлический

Вальцы лабораторные

Пресс червячный

Пресс вырубной

Машина для обрезки выпрессовок

Весы циферблатные

Ванна охладительная

Ключ для открывания форм (разъемник)

Крюк для выгрузки форм

Приспособление для выемки изделий (выталкиватель)

Нож для закроя заготовок

Ножи штанцевые

Ножницы для обрезки выпрессовок

Толщиномер ручной

Часы режимные

Формы вулканизационные

Шаблоны для закроя

Штангенциркуль

Резиновая смесь

Бумага для этикеток

Для работы на гидравлическом прессе

[illegible]

Подготовка к работе. Составляют режимную карту разогревания смеси (1), профилирования (4), закроя заготовок и их вулканизации (5).

Во время работы строго выполняют инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I).

Подъем и смыкание плит пресса происходят под повышенным давлением, поэтому перезарядку вулканизационных форм производят только после опускания плит до крайнего нижнего положения при показании давления на манометре, равном нулю.

Для прогрева плит пресса плавно открывают вентиль на паровой линии или включают пусковую кнопку электрообогрева. При обогреве плит паром производят сквозную продувку каналов плит для удаления конденсата. С этой целью открывают вентиль на линии сброса пара и в течение 3—5 мин пропускают через плиты пар. Продувку ведут и в процессе вулканизации один раз в 3—4 ч. После продувки вентиль на линии спуска пара плотно перекрывают. Прогрев плит, продолжающийся 20—30 мин, сочетают с прогревом форм, которые предварительно устанавливают на плиты пресса. На каждую плиту устанавливают формы строго одинаковой высоты. Использование разновысоких форм приводит к перекосу и прогибу плит пресса. Высоту форм определяют штангенциркулем.

Формы подают к плитам при помощи подъемных столов, движение которых регулируют поворотом рукоятки распределительной коробки. Формы располагают на плите по всей ее площади, пользуясь металлическим крюком. Если форм недостаточно для заполнения всей площади плиты, их устанавливают в центре плиты, над плунжером. При формировании жестких резиновых смесей число форм сокращается.

Убедившись в том, что крышки форм плотно сомкнулись с основаниями, включают КЭП или кнопочные пускатели насоса и компрессора. Подъем плит ведут при давлении рабочей жидкости 1,5—2,0 МПа, затем насос отключают. При ручном управлении плиты поднимают, закрывая краном спускное отверстие и открывая кран подачи рабочей жидкости низкого давления в цилиндр пресса.

Время, затрачиваемое на прогрев плит, используется для изготовления резиновых заготовок. Резиновые смеси разогревают и листуют или экструдировывают заготовки заданного профиля и размеров по режимной карте, а затем их раскраивают вручную на рабочем столе по шаблону при помощи ножа, ножниц или на вырубном прессе штанцевым ножом, пользуясь таблицей размеров заготовок, приведенной в Приложении IV.

При раскрое шаблон или штанцевый нож укладывают на смесь в направлении листования или экструдирования, учитывая, таким образом, каландровый эффект смеси. При ручном раскрое шаблон обводят по контуру ножом, на прессе вырезают заготовку поворотом маховика.

Выкроенные заготовки раскладывают на столе и на каждую их них наклеивают этикетку, вырезанную из бумаги в виде квадрата с размером стороны 10 мм. Этикетку приклеивают в правом нижнем углу заготовки. На этикетке чернилами указывают марку резиновой смеси, температуру и продолжительность вулканизации. Заготовки дают «отдых», продолжительность которого (в мин) зависит от свойств исходного каучука:

НК	60	СКС	40
СКИ	45	СКН	50
СКИ + СКД	50	СКФ	Без «отдыха»
СКБ	40	СКУ	» »

Обрезки, полученные при раскросе, возвращают к подогревательным вальцам. Размеры заготовки проверяют толщиномером, линейкой и штангенциркулем, контролируют их массу на циферблатных весах с погрешностью до 1 г и отбирают те, которые соответствуют нормам, установленным для вулканизуемых изделий (см. Приложение IV). Заготовки, имеющие отклонения по массе и размерам, доводят до нормы путем добавления или срезания резиновой смеси.

По окончании прогревания плит при заданной температуре, которая регистрируется термографом, их опускают от КЭП-12У или отключением компрессора, подающего сжатый воздух к головке дистрибутора, а при наличии ручного дистрибутора — закрыв кран подачи рабочей жидкости низкого давления и открыв кран, перекрывающий отверстие для сброса жидкости. Режим вулканизации задается на КЭП-12У при помощи пальцев на барабане, положение которых определяет длительность операций.

Проведение работы. Прогретые формы загружают на подъемном столе, который поднимают до уровня верхней плиты, а затем опускают на уровень следующей при помощи рукоятки распределительной коробки стола. Формы поочередно выгружают крюком на стол, открывают их крышки разъемником и закладывают в гнезда форм заготовки из резиновой смеси. Крышки аккуратно закрывают, центрируя их относительно основания форм. Затем устанавливают формы на плиту пресса, сохраняя их расположение при прогревании. По окончании загрузки нижней плиты подъемный стол плавно опускают в крайнее нижнее положение. Загружать плиты можно, начиная с нижней, соблюдая обратную последовательность.

После загрузки плит на прессах, снабженных КЭП-12У, полуавтоматическим дистрибутором, включают пусковое устройство прибора. При этом отверстие для сброса рабочей жидкости перекрывается и происходит подъем плит, по окончании которого в рабочий цилиндр пресса поступает жидкость высокого давления. По достижении заданного давления жидкости насос отключается.

Вулканизацию ведут по режимной карте 5, пользуясь режимными часами и контролируя температуру и давление процесса.

При изменении заданных параметров вулканизации регулируют обогрев плит и давление рабочей жидкости.

Применяя дистрибутор ручного управления, производят подъем плит, затем перекрывают кран подачи жидкости низкого давления и открывают кран подачи жидкости высокого давления. По достижении заданного давления жидкости кран плотно перекрывают.

Излишки (выпрессовки) резиновой смеси, вытекающие при формовании, снимают с формы крючком и возвращают на подогревательные вальцы.

Выдержав установленное время процесса, прекращают подачу жидкости высокого давления и открывают плиты пресса.

Выгружая поочередно формы на подъемный стол, открывают их крышки при помощи разъемников и вынимают вулканизованные изделия. В освободившиеся гнезда форм закладывают новые заготовки. Перезагрузку форм осуществляют в том же порядке, в котором они заполнялись первоначально.

Если выемка изделий затруднена, пользуются выталкивателем из мягкого металла. После выгрузки изделия охлаждают на воздухе или в ванне с холодной водой, а затем обрезают выпрессовки при помощи обрезающей машины или ножниц и взвешивают их на технических весах с погрешностью до 0,1 г. Размеры готового изделия измеряют линейкой, штангенциркулем и толщиномером, твердость по Шору А — твердомером.

По окончании последнего цикла вулканизации перекрывают вентиль на линии подачи пара (или выключают электрообогрев плит) и спускают пар через конденсационный горшок в исходящую линию. Отключают КЭП-12У, насос и компрессор, оставляя открытым отверстие сброса рабочей жидкости из цилиндра пресса.

Пресс-формы очищают и протирают мягкой тряпкой, закрывают крышкой и укладывают на стеллаж.

Расчеты. Производительность гидравлического пресса $Q_{\text{час}}$ (шт/ч) рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{час}} = 60nmka/(\tau_1 + \tau_2), \quad (5.1)$$

где n — число этажей пресса; m — число форм на этаже пресса; k — число гнезд в форме; a — коэффициент использования машинного времени (0,85—0,95); τ_1 — продолжительность вулканизации, мин; τ_2 — время перезарядки пресса, мин.

Усилие пресса $P_{\text{пр}}$ (Н) вычисляют по формуле:

$$P_{\text{пр}} = \pi D^2 p / 4, \quad (5.2)$$

где D — диаметр плунжера, см (из технической характеристики пресса); p — давление рабочей жидкости в цилиндре, Па.

Удельное давление на вулканизационную форму $p_{\text{уд}}$ (Па) рассчитывают по формуле:

$$p_{\text{уд}} = \pi D^2 / 4S, \quad (5.3)$$

где S — площадь стыка полуформ, см² (вычисляют по измерениям поверхностей стыка).

Количество выпрессовок γ (%) определяют по формуле:

$$\gamma = (\Delta M/M) \cdot 100 = [(M_1 - M)/M] \cdot 100, \quad (5.4)$$

где M_1 — средняя масса заготовок, г; M — средняя масса изделий, г; ΔM — средняя масса выпрессовок, г.

Усадку смеси (%) при формовании по ширине U_1 , длине U_2 и толщине U_3 рассчитывают по формулам:

$$U_1 = \frac{b_1 - b_0}{b_0} \cdot 100; \quad U_2 = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100; \quad U_3 = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \cdot 100, \quad (5.5)$$

где b_0 , l_0 , h_0 — ширина, длина и высота гнезда формы, мм; b_1 , l_1 , h_1 — соответствующие размеры изделия, мм.

Контрольные вопросы

1. Сущность и назначение процесса вулканизации.
2. Кинетическая кривая вулканизации.
3. Формовой метод проведения вулканизации и выпуска заготовок.
4. Конструкция оборудования, КИП.
5. Усадка резиновых смесей, ее расчет.
6. Требования к резиновым смесям.
7. Расчеты усилия прессы и удельного давления.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ КАУЧУКОВ, РЕЗИН И ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Глава 6

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ, РЕЗИН И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Одним из основных направлений развития народного хозяйства является повышение качества выпускаемых изделий. XXVII съезд КПСС поставил перед отечественной промышленностью задачу радикально улучшить качество выпускаемой продукции, ее надежность и долговечность. Успешное решение этой задачи зависит не только от механизации и автоматизации производства, совершенствования технологии и использования новых видов сырья, но и повышения уровня контроля производства, начиная с входного контроля сырья и кончая испытаниями готовых изделий. В связи с этим наряду с утвержденными государственными стандартами и стандартами СЭВ в резиновой промышленности ведутся разработки новых видов приборов и методик испытаний, позволяющих более точно и всесторонне определять и изучать качество выпускаемых изделий.

Резиновые изделия, выпускаемые промышленностью, имеют различную конструкцию, могут содержать текстильные и металлические элементы и используются в разных условиях. В процессе эксплуатации под действием внешних механических и немеханических факторов свойства резин значительно изменяются, даже при кратковременных деформациях. В зависимости от вида и длительности воздействия изменения могут быть обратимыми и необратимыми.

Изделия, используемые в жестких условиях статических и динамических деформаций, при атмосферных воздействиях (кислород, озон, свет, изменения погоды), в агрессивных средах (масла, топлива, смазки, растворители, кислоты и др.), при высоких и низких температурах, должны обладать комплексом свойств, обеспечивающих их надежность и высокое качество при эксплуатации.

Качество резиновых изделий зависит от ряда факторов: состава резиновой смеси, который определяется в основном условиями эксплуатации изделий, свойств и качества сырья и материалов, из которых они изготовлены, размеров и конструкций изделий, технологии изготовления полуфабрикатов и изделий.

Резина является сложным многокомпонентным высокоэластичным материалом, имеет прочную пространственную структуру и отличается по свойствам от упругих тел и вязких жидкостей. Поэтому для обеспечения стандартности выпуска изделий необходим всесторонний контроль сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Вследствие неоднородности резин данные контроля имеют большой разброс показателей, поэтому проводят значительное число испытаний и в строго определенных условиях. Сравнимые результаты достигаются при использовании стандартизованных методов контроля. Проводимые при контроле испытания по назначению делятся на общие, специальные и контрольные.

6.1. Контроль качества сырья и полуфабрикатов

Поступающие на предприятия каучуки подвергают химическому анализу, определяют массовые доли входящих мономеров, золы, меди, железа, органических кислот, масел и их пластозластические свойства. Прочностные, эластические свойства и твердость каучуков определяют на стандартных резинах, изготовленных на их основе. Для испытаний готовят образцы в соответствии с ГОСТами или ТУ по определенным технологическим режимам.

Ингредиенты резиновых смесей направляют на химический и физико-химический анализ и изучают их поведение на технологическом оборудовании в стандартных смесях.

В зависимости от свойств вещества анализом определяют: для порошкообразных ингредиентов — химический состав, содержание основного вещества и примесей, дисперсность (размер частиц, удельная геометрическая поверхность), содержание влаги, плотность, температуру плавления, критическую температуру действия ускорителей, наличие посторонних механических включений, содержание летучих и др.

Для жидких ингредиентов, легко- и тугоплавких материалов определяют плотность, содержание летучих и механических примесей, температуру размягчения, плавления, каплепадения, кипения, вспышки, застывания.

Текстильные материалы и металлическую арматуру контролируют в соответствии с действующими ГОСТами. У тканей определяют ширину, массу 1 м^2 , влажность, плотность по основе и утку и разрывные характеристики.

Контроль качества резиновых смесей направлен на определение технологических и технических свойств резиновых смесей, равномерности смешения, соответствия состава полученной смеси рецептурному, а ее свойств — установленным нормам. Все смеси подвергают ускоренному контролю (экспресс-контролю) их качества путем определения плотности, пластозластических свойств,

жесткости, вязкости, склонности к подвулканизации, степени вулканизации и твердости на стандартных образцах в соответствии с ГОСТами. Определение твердости, степени вулканизации и плотности ведут на вулканизованных образцах, остальные — на «сырых».

Полученные результаты сравнивают с нормами, разработанными для данной резиновой смеси.

Пластоэластические свойства и склонность к подвулканизации определяют поведение смесей в процессе обработки (технологические свойства), показатели твердости и степени вулканизации — поведение в процессе вулканизации и при эксплуатации (технические свойства). Все названные показатели характеризуют соответствие состава смеси рецептурному. Смесей для ответственных изделий контролируют по физико-механическим показателям, характеризующим технические свойства резин.

Соблюдение технологических режимов в процессе производства полуфабрикатов и готовых изделий (последовательность операций, температурные режимы, скорость, продолжительность процессов и «отдыха», условия хранения) контролируют при помощи контрольно-измерительной аппаратуры — электронных потенциометров, термографов, режимографов, манометров и других приборов.

6.2. Контроль готовых изделий

Оценка качества и надежности резиновых изделий должна базироваться на всестороннем анализе их свойств. Применяемые методы контроля должны быть предельно близки к условиям эксплуатации.

Контроль готовой продукции осуществляют тремя способами:

1) определение физико-механических показателей образцов, вырезанных из изделий или изготовленных из той же резиновой смеси при тех же технологических режимах, при которых выпускается изделие;

2) лабораторные испытания готовых изделий на универсальных или специализированных машинах (стендах);

3) эксплуатационные испытания готовых изделий.

Определение физико-механических показателей готовых изделий позволяет характеризовать их поведение в процессе эксплуатации. Полученные результаты сравнивают с нормами, приведенными в ГОСТах и ТУ на изделие.

Физико-механические испытания можно классифицировать по характеру прилагаемых к образцам нагрузок и по назначению. По первой классификации они делятся на две группы: статические и динамические. Статические испытания проводят при постоянном напряжении или деформации и при постоянной или малой скорости деформации или малой скорости возрастания

напряжения. Динамические испытания ведут при ударных и переменных циклических деформациях и относительно высоких скоростях. Эти испытания в свою очередь могут различаться по виду деформации (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сдвиг), температуре, при которой ведут испытание (низкая, комнатная, высокая), среде (воздух, кислород, озон, инертный газ, агрессивная).

Основными группами механических свойств, подлежащих испытаниям, являются:

- пластоэластические свойства каучуков и резиновых смесей;
- прочностные и эластические свойства вулканизатов;
- износостойкость вулканизатов;
- выносливость к многократным деформациям вулканизатов;
- стойкость при повышенных и пониженных температурах каучуков и резин;
- сопротивление старению каучуков и резин.

Кроме того, определяют твердость вулканизатов, плотность резин, степень набухания резин в различных средах, прочность связи между резиной и резиной, а также между резиной и другими материалами.

Большинство испытаний относятся к группе общих. Они позволяют получить количественные характеристики механических свойств материала, имеющие определенный физический смысл, а также сравнительные характеристики. К ним относятся определения прочностных и эластических свойств.

Специальные испытания проводят для изучения поведения материалов при переработке и свойств резин в специфических условиях эксплуатации. Получаемые результаты условны и используются только для сравнения поведения образцов в определенных условиях переработки и эксплуатации. Условия испытания при этом стараются приблизить к условиям, при которых изделия эксплуатируют (например, испытание на истираемость резин на машине МИР-1).

Контрольные испытания применяются для определения качества сырья, материалов и полуфабрикатов и должны проводиться с минимальной затратой времени (например, экспресс-контроль резиновых смесей).

Проведение стендовых испытаний и испытаний изделий в условиях эксплуатации дает наиболее точную характеристику качества резиновых изделий. Недостатки этих испытаний — длительность и большая стоимость. Стендовые испытания проводят на нескольких изделиях, отобранных от выпускаемой партии продукции. Количество отбираемых изделий оговаривается в ГОСТе или ТУ. Испытания в условиях эксплуатации и ведут при разработке новых конструкций изделий или внедрении новых видов сырья. При этом параллельно изучают поведение разрабатываемых изделий и серийной продукции.

6.3. Общие требования к физико-механическим испытаниям

Физико-механические испытания — основное средство оценки качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Они должны обладать достаточной чувствительностью, проводиться быстро, условия испытания должны приближаться к эксплуатационным условиям работы изделий. Испытания должны вестись на стандартных образцах, на приборах, соответствующих своему назначению. Ход испытаний, указанный в соответствующем ГОСТе, должен строго соблюдаться, вычисления результатов испытаний проводят по приведенным в ГОСТе формулам. Результаты зависят от ряда причин, связанных с особенностями испытуемых материалов и точностью методов испытаний.

Резина является многокомпонентной системой и не обладает микрооднородной структурой из-за различной длины макромолекул каучука и разветвленности его цепей, неравномерности распределения в каучуке ингредиентов с разной степенью дисперсности. В режимах приготовления полуфабрикатов и готовых изделий возможны отклонения. В связи с этим получить сходящиеся результаты крайне затруднительно. Получение точных показателей физико-механических испытаний зависит от следующих условий:

- соблюдения установленных приемов изготовления, «отдыха» и вырубки образцов;

- соблюдения времени выдержки образцов до испытания;

- использования прибора надлежащей конструкции и точности испытания;

- обеспечения постоянной температуры и влажности в помещении, где проводится испытание;

- строгого соблюдения методики испытания.

Увеличение числа образцов при испытании повышает точность получаемых результатов. С учетом возможностей каждого метода испытания в ГОСТ 269—66 приведена таблица, в которой указаны минимальное число испытуемых образцов и допустимые отклонения результатов испытаний от средних значений (см. Приложение VI). Применяемые в производстве резины делятся в зависимости от физико-механических показателей на несколько групп (см. Приложение XI).

6.4. Требования к испытуемым образцам

Образцы для физико-механических испытаний имеют разнообразную форму и размеры и используются как в сыром, так и в вулканизованном виде. К ним предъявляют следующие требования.

1. Сырье, применяемое для изготовления образцов, должно быть стандартным.

2. Образцы изготавливаются способами, принятыми в производстве резиновых изделий, и могут вулканизоваться в гидравлических прессах, вулканизационных котлах и другом оборудовании со строгим соблюдением установленных ГОСТом технологических режимов процессов.

3. После вулканизации образцы должны выдерживаться от 16 ч до 28 сут или в течение времени, указанного в ГОСТе или ТУ на изделия. Цеховой контроль допускает охлаждение образцов после вулканизации выдержкой в воде с температурой 15—20 °С в течение 10—15 мин.

4. Вырубка образцов производится с учетом каландрового эффекта резин. Большая ось образца должна соответствовать направлению каландрования. При вырубке используются штанцевые ножи, смачиваемые водой или мыльным раствором. Образцы вырубают на вырубном прессе.

5. Края образцов после вырубки не должны иметь повреждений, неровностей, скосов и надрывов. Все образцы должны быть монолитными, не иметь пор, пузырей, посторонних включений, впадин, язв, недопрессовок.

6. Форма и размеры вулканизованных образцов должны соответствовать нормам, указанным в соответствующем ГОСТе. Так, для пластин, применяемых при определении прочностных свойств вулканизатов, толщина должна лежать в пределах $(1 \pm 0,2)$ или $(2 \pm 0,2)$ мм.

7. Образцы из готовых изделий вырезаются в соответствии с ГОСТом или ТУ на изделия.

8. До испытания образцы кондиционируют не менее 1 ч при температуре (23 ± 2) °С.

9. Перед испытанием образцы должны быть пронумерованы специальной краской или чернилами на нерабочей части и снабжены паспортом или протоколом с указанием даты изготовления, марки или номера смеси, способа изготовления, режимов вулканизации и метода испытания, для которого заготовлены образцы.

6.5. Правила техники безопасности при проведении физико-механических испытаний резин и тканей

В зависимости от назначения приборов и машин, применяемых в лаборатории, их конструктивными рабочими элементами могут быть режущие, сжимающие, истирающие и ударные детали. Их приводы от электродвигателей обеспечивают движение через редукторы, ременные и цепные передачи. Используются пневмоприводы и ручное управление.

Ряд работ осуществляется при температурах, достигающих 180—200 °С, определение морозостойкости резин ведут при пониженных температурах, стойкости резин в жидких агрессивных средах — в маслах, растворителях, растворах кислот и щелочей.

При этом используют термо- или криокамеры, специальные приборы и емкости.

От учащихся, работающих с приборами, машинами и реактивами, требуется строгое соблюдение правил техники безопасности и противопожарных правил. Согласно инструкциям, вывешенным на каждом рабочем месте (см. Приложение I), работать разрешается только на заземленном, проверенном исправном оборудовании, имеющем ограждение опасных движущихся узлов, систему блокирования и аварийного останова привода, приточно-вытяжную вентиляцию, световую и звуковую сигнализацию. Работу разрешается вести только в присутствии преподавателя или лаборанта, в спецодежде и головном уборе и с применением средств индивидуальной защиты. В зависимости от выполняемой работы это — защитные очки; рукавицы; перчатки тканевые, резиновые — диэлектрические, маслостойкие, кислото- или щелочестойкие; диэлектрические коврики. До начала работы учащиеся должны изучить конструкцию оборудования и знать его опасные узлы: на вырубном прессе — выдвижная плита, режущие кромки штанцевых ножей и сжимающие плиты; на разрывных машинах — маятник с грузом, цепная и ременная передача, термокамера, на машине УР-500 (МРС-2) — шатунно-кривошипный механизм, ползун с зажимами; на МИ-2 и МИР-2 — вращающиеся абразивные поверхности, ременная передача; у вырезных машин — привод и режущие кромки патронов; для ряда работ — термошкафы с электрообогревом.

Безопасность обеспечивается строгим соблюдением инструкций при предельной внимательности учащихся. В исключительных случаях, при попадании рук напарника в опасную зону или получении им травмы, ожога, попадании капель реактива на кожу рук, учащийся должен использовать аварийный останов машины, освободить руку, оказать первую помощь, пользуясь аптечкой, и проводить товарища в медпункт.

6.6. Правила проведения испытаний и обработка результатов

Согласно действующему ГОСТ 269—66 при проведении испытаний необходимо соблюдать следующие правила.

1. Температуру помещения следует поддерживать в пределах $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Если температура превышает указанные пределы, образцы надо охладить в воде с температурой $(15-20)^\circ\text{C}$: образцы толщиной до 2 мм — не менее 5 мин, толщиной более 2 мм — в течение 1 ч. Исключение составляют испытания при пониженных и повышенных температурах, которые проводят по специальным методикам на приборах, заключенных в термодкриокамеру. Влажность воздуха в помещении должна составлять $(65 \pm 5)\%$.

2. Машины и приборы для испытаний, при которых определяются нагрузки, подбирают таким образом, чтобы измеряемая

нагрузка составляла от 20 до 90 % номинального значения шкалы прибора.

3. Погрешность прибора при проведении измерений учитывают с точностью, соответствующей цене деления шкалы.

Обработку результатов испытания ведут в такой последовательности:

показатели испытания, полученные в нерабочих участках образца и на образце с дефектами рабочего участка, отбрасывают;

расчет результатов испытания проводят по формулам, приведенным в методиках, с соблюдением размерностей показателей;

подсчитывают средние арифметические значения результатов испытания по формуле

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i/n, \quad (6.1)$$

(где X_i — отдельное значение определенного показателя; n — число образцов);

отбрасывают значения, отклоняющиеся от среднего на значение выше допустимого для данного испытания (см. Приложение VI);

из оставшихся показателей (которых должно быть не менее, чем указано в Приложении VI) выводят средние арифметические значения, являющиеся окончательными показателями испытания;

полученные результаты сравнивают с нормами, приведенными в ГОСТах или ТУ на каучуки, группы резин, резиновые изделия (см. Приложение XI);

при отклонении результатов испытания от установленных норм выявляют причины дефекта.

Контрольные вопросы

1. Контроль поступающего сырья и полуфабрикатов.
2. Основные виды деформации и внешние воздействия, прилагаемые к резиновым изделиям в процессе эксплуатации.
3. Группы механических свойств каучуков и резин. Что они характеризуют?
4. Классификация физико-механических испытаний.
5. Виды контроля в производстве резиновых изделий.
6. Требования, предъявляемые к испытываемым образцам и физико-механическим испытаниям.
7. Правила проведения физико-механических испытаний.
8. Техника безопасности и противопожарная техника при проведении испытаний.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КАУЧУКОВ И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

7.1. Основные показатели, характеризующие качество каучуков и резиновых смесей

Поведение каучуков и резиновых смесей в производстве резиновых изделий зависит от их реологических свойств и способности к вулканизации.

Процессы пластикации каучуков, приготовления резиновых смесей, их каландрования, экструзии и формования основаны на пластических и вязкотекучих свойствах каучуков, обеспечивающих определенную легкость их обработки. От эластических свойств каучуков и резиновых смесей зависит устойчивость формы невулканизованных полуфабрикатов при хранении. Наблюдавшаяся при проведении ряда технологических процессов усадка заготовок и изделий по форме и размерам объясняется эластическим восстановлением каучуков после прекращения их деформации. Кроме того, пластоэластические свойства каучуков (резиновых смесей) влияют на физико-механические показатели готовых изделий.

Способностью каучуков и резиновых смесей к вулканизации обусловлены завершающий технологический процесс производства и качество получаемого вулканизата. При разработке рецептур резиновых смесей определяют их оптимум и плато вулканизации.

В подготовительных цехах предприятий резиновой промышленности приготавливают большое количество резиновых смесей различного состава и назначения. Дальнейшее движение резиновых смесей на участки выпуска полуфабрикатов осуществляется после их контроля. Оценка качества смешения резиновой смеси с точки зрения ее реологических свойств должна проводиться по степени ее однородности (степени диспергирования), пластоэластическим и вязкотекучим свойствам. Простейший способ качественного определения степени диспергирования резиновой смеси — визуальная оценка ее поверхности (гладкая или неровная) и среза (зернистый, с наличием неразмешанных ингредиентов, цвет блестящий или матовый). Количественное определение проводится по результатам физико-механических испытаний вулканизованных образцов, предварительно вырезанных из разных участков резиновой смеси.

Контроль качества смесей должен быть достаточно чувствительным и производиться быстро. Он заключается в определении вязкотекучих и пластоэластических свойств смесей, степени их вулканизации, соответствия состава смеси рецептурному и ка-

чества смешения. В зависимости от хода технологического процесса применяют соответствующие методы испытаний смесей.

На предприятиях, работающих прерывным методом, предусмотрено хранение смесей на промежуточных складах в течение нескольких часов или суток. В этом случае образцы резиновых смесей поступают в цеховую контрольную лабораторию, где проводится их межоперационный ускоренный контроль (экспресс-контроль). При этом определяют пластические свойства смеси и ее эластическое восстановление, плотность вулканизата или резиновой смеси и кольцевой модуль упругости. Для ряда смесей определяют твердость вулканизата.

Вулканизацию образцов осуществляют в гидравлических прессах при определенных температуре и давлении в течение строго определенного времени. Режимы вулканизации смесей указываются в технических условиях или разработанных нормах для каждой резиновой смеси. После вулканизации образцы охлаждают в проточной воде при 15—25 °С. Испытания проводят не ранее чем через 10 мин после вулканизации. На изготовление образцов и их испытание затрачивается 60—90 мин.

При поточном методе производства резиновые смеси после смешения сразу направляют на участки выпуска полуфабрикатов. При этом их качество (вязкость, кинетика и степень вулканизации или кольцевой модуль, твердость вулканизата) должно быть определено непосредственно после приготовления в течение 2—4 мин. Для этого применяют образцы меньшей толщины, которые вулканизуют при повышенных температурах за 1—1,5 мин.

Результаты контроля резиновых смесей сравнивают с установленными нормами и допусками. Если показатели выходят за пределы установленных норм, испытания повторяют на увеличенном количестве образцов, вырезанных из разных участков смеси. При подтверждении первоначальных результатов смеси бракуют.

Причины брака выявляются при анализе полученных результатов:

отклонение пластичности резиновых смесей от норм свидетельствует о несоблюдении режимов смешения, преждевременной вулканизации смеси или неточности взвешивания каучуков, наполнителей и пластификаторов;

нестандартность сырья, неточность взвешивания, замена одного ингредиента другим и потери ингредиентов при смешении определяют по отклонению плотности резин от установленных норм;

отклонение кольцевого модуля, характеризующего степень вулканизации смеси, от нормы свидетельствует о несоблюдении дозировок вулканизирующей группы (вулканизирующего агента, ускорителя вулканизации, активатора ускорителя);

завышенный показатель кольцевого модуля соответствует заниженным навескам вулканизирующей группы (при нормальной плотности); это подтверждается определением твердости вулканизата,

которая в данном случае будет меньше установленной нормы; твердость характеризует соблюдение дозировок наполнителей и пластификаторов.

При экспресс-контроле нескольких образцов, вырезанных из разных участков одного куска резиновой смеси, можно определить равномерность смешения. Неравномерное распределение ингредиентов в каучуке отражается на результатах всех проведенных испытаний и дает значительный разброс показателей.

Разработаны методы контроля качества резиновых смесей при помощи электронных, световых микроскопов и рефрактометров, позволяющих определять содержание и размер частиц не диспергированных в каучуке ингредиентов и их взаимодействие.

Степень диспергирования тегулерода в каучуке определяют микроскопическим исследованием тонкого среза резиновой смеси при увеличении 75—80 раз, изучая вид образцов, т. е. число и размер агломератов.

Целесообразнее проводить сравнение микроструктур контролируемой смеси с микрофотографиями — эталонами четырех участков по краям и одного в центре образца. Этот метод менее трудоемок.

Ответственные резиновые смеси подвергаются не только экспресс-контролю, но и физико-механическим испытаниям. При этом определяют прочность при растяжении, относительное и остаточное удлинения, сопротивление раздиру, модуль растяжения, истираемость и др. Эти испытания занимают несколько часов.

По результатам экспресс-контроля исправляют забракованные резиновые смеси. При заниженной пластичности смесь дополнительно вальцуют, смеси с завышенной пластичностью частями добавляют к более жестким смесям того же шифра. Метод усреднения показателей твердости, пластичности, кольцевого модуля см. в разделе 7.12.

7.2. Определение пластоэластических свойств каучуков и резиновых смесей

Каучуки и резиновые смеси относятся к группе полимерных материалов и по механическим свойствам отличаются от вязких жидкостей и упругих тел.

Простейшими реологическими уравнениями состояния идеальных упругих тел и вязких жидкостей являются законы Гука и Ньютона. Линейные соотношения в них принимаются только при малых напряжениях и скоростях деформаций. Реальные эластомеры обладают и упругими, и вязкими свойствами в разных сочетаниях, которые зависят не только от деформации, но и от времени. Временная зависимость модуля упругости проявляется в релаксации напряжения. Обратимое изменение вязкости во

времени (уменьшение при механическом воздействии и увеличение при «отдыхе») называется т и к с о т р о п и е й.

Каучукам свойственны высокоэластические деформации, характеризующиеся зависимостью напряжения в материале не только от величины, но и от скорости деформации, следовательно, в них сочетаются свойства вязких и упругих тел. Наряду с обратимыми деформациями в каучуках развиваются необратимые остаточные деформации, связанные с перемещением отдельных макромолекул и их агрегатов относительно друг друга, которые являются преобладающими. Резиновые смеси характеризуются повышенной вязкостью и меньшей обратимой высокоэластической деформацией.

При воздействии на образец каучука или резиновой смеси внешней силы возникает деформация, которая складывается из трех видов деформаций: упругой ϵ_y , высокоэластической ϵ_B и пластической ϵ_{II} :

$$\epsilon = \epsilon_y + \epsilon_B + \epsilon_{II}.$$

Характерная для твердых тел у п р у г а я д е ф о р м а ц и я у каучуков и резиновых смесей связана с изменением валентных углов в пределах действия валентных сил и с изменением расстояний между атомами в макромолекулах. После снятия внешней силы упругая деформация полностью исчезает, поскольку частицы мгновенно занимают первоначальное положение. Упругая деформация мала и мгновенно обратима; практически можно считать, что

$$\epsilon = \epsilon_B + \epsilon_{II}. \quad (7.1)$$

В результате изменения конформации молекул при перемещении лишь малых участков длинных цепных молекул, а макромолекулы в целом не перемещаются, проявляется в ы с о к о - э л а с т и ч е с к а я обратимая д е ф о р м а ц и я, свойственная высокоэластичным материалам (каучукам, резинам, в известной мере поливинилхлориду и полиэтилену). Благодаря тепловому движению после снятия внешней силы молекулярные цепи постепенно переходят к исходным конформациям, определяющим наиболее вероятное равновесное состояние материала.

При переходе из одного состояния в другое, сопровождающемся исчезновением или развитием высокоэластической деформации во времени, наблюдается явление релаксации.

П л а с т и ч е с к а я д е ф о р м а ц и я связана с взаимным перемещением (течением) макромолекул и их агрегатов относительно друг друга и с установлением нового порядка расположения определенной части макромолекул в образце материала. Пластическая деформация необратима.

В каучуках и резиновых смесях пластическая и эластическая деформации развиваются одновременно, поэтому чисто пластическую деформацию удобно наблюдать в стационарном режиме те-

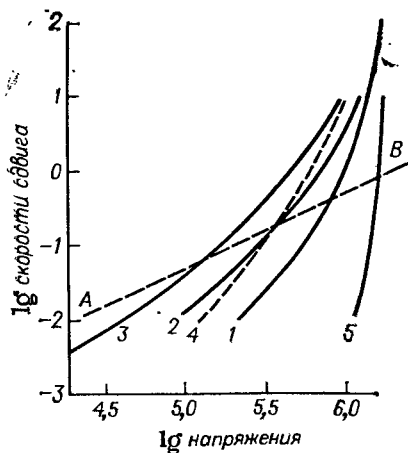


Рис. 7.1. Кривые течения каучука:

1 — пластикация на вальцах 5 мин; 2 — пластикация на вальцах 20 мин; 3 — пластикация на вальцах 40 мин; 4 — пропуск на холодных вальцах 150 раз; 5 — непластицированный каучук; АВ — ньютоновское течение

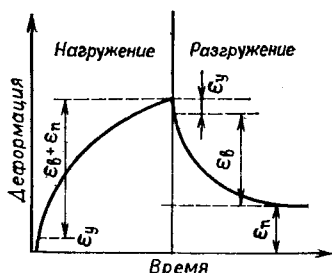


Рис. 7.2. Виды деформации и их зависимость от времени:

($\epsilon_y + \epsilon_v + \epsilon_n$) — общая деформация; ϵ_y — упругая деформация; ϵ_v — высокоэластическая деформация; ϵ_n — пластическая деформация

чения, который наступает после достижения равновесного значения эластической деформации при данном напряжении. Повышение температуры снижает время достижения стационарного режима. Температура, выше которой наблюдается только вязкотекучая пластическая деформация, называется температурой текучести.

Сопротивление течению материала под действием внешних сил (свойство, не разрушаясь, поглощать механическую энергию в необратимой форме) называется вязкостью.

При убывании зависимости вязкости от мгновенного значения напряжения или скорости сдвига наблюдается псевдовязкость (псевдопластичность).

Вязкоупругость — комбинация элементарных реологических свойств эластомеров — упругости и вязкости.

Поведение каучуков как вязких жидкостей характеризуется реологическими свойствами, их способностью к течению. Течение каучуков значительно отличается от обычного вязкого течения материалов и не подчиняется закону Ньютона (рис. 7.1).

В процессе переработки каучуков скорость течения (сдвиговых деформаций) достигает высоких значений, превышающих 40—50 с^{-1} в зазоре вальцов, 1000 с^{-1} в зазоре каландра. При этом частично разрушаются структуры каучук — наполнитель, образовавшиеся при хранении резиновых смесей.

Для разделения пластической и эластической деформации задаются определенным промежутком времени после разгрузки

образца — временем «отдыха», в течение которого высокоэластическая деформация в основном исчезает.

Виды деформаций и зависимость их от времени в процессе нагружения и разгрузки показаны на рис. 7.2. При переходе от каучуков и резиновых смесей к вулканизованным материалам соотношение трех составляющих деформаций резко меняется. У вулканизованных резин обычно ϵ_n является наименьшей составляющей, так как при снятии внешнего напряжения вулканизованный образец практически полностью восстанавливает форму, поскольку макромолекулы, связанные в пространственную сетку, не могут перемещаться в новое положение. Перемещение возможно только при определенных условиях нагружения в результате разрушения структур и называется химическим течением.

Из-за различия структуры и длины молекул у разных видов каучуков и резиновых смесей пластическая деформация при одних и тех же условиях имеет разные значения. В процессе переработки (пластикации, каландрования, экструзии и т. д.), поскольку при этом обычно происходит частичный разрыв макромолекул и, следовательно, облегчается их взаимное перемещение, для одного и того же каучука (резиновой смеси) значение ϵ_n меняется.

Пластичность — отсутствие заметных деформаций в материале при напряжениях меньше некоторого критического значения и развитие течения при больших напряжениях, т. е. способность материала к развитию необратимых деформаций при напряжениях, превышающих предел текучести. Пластичность для одного и того же каучука зависит от технологического режима пластикации и применяемого оборудования; для резиновой смеси — от типа, пластичности и количества каучука, вида и содержания наполнителя, мягчителя, а также от технологического режима изготовления, применяемого оборудования, времени «отдыха» и температуры.

Введение в смеси активного дисперсного техуглерода (П-234, П-324, К-354) в больших дозировках резко снижает их пластичность. Высокоароматические пластификаторы (масло ПН-61П, гудроны, эмульфин К, мазуты и др.), облегчая взаимное перемещение макромолекул каучука, повышают их пластичность. Прочностные свойства вулканизатов, их модули, твердость, износостойкость и выносливость к многократным деформациям понижаются с увеличением пластичности каучуков и резиновых смесей.

Высокое качество резиновых изделий может быть достигнуто, если каучук и резиновая смесь на всех стадиях технологического процесса обладают оптимальной пластичностью, обуславливающей легкость обработки материала и сравнительно устойчивую форму сырых полуфабрикатов. Поэтому контроль пластичности каучуков и резиновых смесей имеет первостепенное значение. Измеряя изменения пластичности, вязкости и эластического

восстановления смесей после их прогрева в заданных температурных условиях в течение определенного времени, определяющий их склонность к подвулканизации — показатель, характеризующий поведение резиновых смесей на технологическом оборудовании, работающем при повышенных температурах.

Известные методы определения реологических свойств каучуков и резиновых смесей обеспечивают скорости сдвига, которые значительно меньше практически возникающих при их переработке ($0,0025—1 \text{ с}^{-1}$), поэтому точных определений поведения каучуков и смесей в производстве практически не существует. Испытания сводятся к определению показателей получаемых партий каучуков и выпускаемых резиновых смесей и сравнения получаемых результатов с установленными нормами.

В зависимости от способа испытаний, температуры и скорости деформации при испытании меняется общая деформация, соотношение обратимой и необратимой ее составляющих.

Естественно, что чем ближе режим выбранного метода испытания к условиям переработки смеси на технологическом оборудовании, тем совершеннее способ определения, так как полученные показатели позволяют точнее оценить пластозластические свойства, проявляющиеся в основных технологических процессах переработки каучуков и резиновых смесей.

7.3. Приборы и оборудование

Методы испытаний делятся на четыре группы:

капиллярная вискозиметрия — продавливание испытуемого материала через калиброванное отверстие малого диаметра при постоянном перепаде давления и измерение скорости течения материала;

ротационная вискозиметрия — круговое сдвиговое течение материала с постоянной скоростью в тонком кольцевом слое и измерение крутящего момента;

пластометрия — сжатие образцов стандартного объема при постоянной деформации, скорости деформации или нагрузке и измерение возникающих напряжений или деформаций;

динамические методы — материал подвергается циклическим сдвиговым деформациям при малых амплитудах в широком интервале изменения частоты колебаний.

Первый метод моделирует условия переработки при экструзии (шприцевании) полимеров, второй — условия в закрытом резиносмесителе (в рабочей зоне) и корпусе червячной машины. Третий метод частично моделирует «обжатие» материала в зазоре при его обработке на валковом оборудовании. Динамические методы наиболее близко моделируют условия переработки резиновых смесей.

Для определения пластозластических показателей применяют несколько основных групп приборов: экструзионные (выдавливаю-

щие) пластометры, сдвиговые ротационные вискозиметры, сжимающие пластометры, приборы для динамических испытаний.

Экструзионные (выдавливающие) пластометры. Принцип работы приборов заключается в продавливании материала через цилиндрические отверстия в определенный отрезок времени и определении объема прошедшего материала или давления, необходимого для создания заданной скорости выдавливания. Может определяться время начала подвулканизации резиновых смесей при выдавливании. Точность определения невысока, однако возможность воспроизведения технологического процесса экструзии, отсутствие необходимости в специальной подготовке образцов и другие преимущества позволяют иногда применять выдавливающие пластометры для грубой оценки технологических свойств материала.

Сдвиговые ротационные вискозиметры. Принцип действия — вращение ротора в образце испытуемого материала и определение крутящего момента, необходимого для поддержания постоянной частоты вращения ротора. При этом наблюдается сдвиговое течение материала с постоянной скоростью. Пропорционально крутящему моменту отвлеченным числом выражается вязкость по Муни.

Преимущества сдвиговых вискозиметров:

установление и неограниченно долгое поддержание стационарного течения испытуемого материала;

легкость регулирования скоростей сдвига и температуры испытания в довольно широких пределах;

близость испытательных режимов к технологическим;

простота подготовки образцов.

Эти приборы используют также для определения способности резин к преждевременной вулканизации (скорчингу), наблюдающейся иногда в процессе обработки смеси на технологическом оборудовании при высоких температурах. При испытании определяют резерв времени для обработки смеси в условиях заданной скорости деформации и температуры до постоянного увеличения момента сопротивления сдвигу, характеризующего начало скорчинга.

Сжимающие пластометры. Эти приборы используются для определения стандартных показателей пластозластических свойств каучуков и резиновых смесей. Результаты испытаний являются их сравнительной характеристикой. Принцип действия — сжатие стандартного образца между параллельными плитами при заданной постоянной силе сжатия (нагрузке) и определение деформации или при заданной деформации определение силы, вызывающей эту деформацию. Деформация определяется изменением высоты образца при сжатии. Второй способ позволяет сравнивать нагрузки для разных материалов, деформированных в одинаковой степени, однако он более сложен.

Сжимающие пластометры дают малые скорости сдвига (около $0,1 \text{ с}^{-1}$), незначительно разрушающие в смесях структуру каучук—

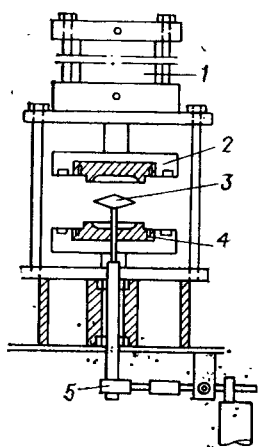


Рис. 7.3. Схема виброреометра «Монсанто-100»:

1 — пневмоцилиндр; 2 — верхняя полуформа; 3 — биконический ротор (диск); 4 — нижняя полуформа; 5 — эксцентрик

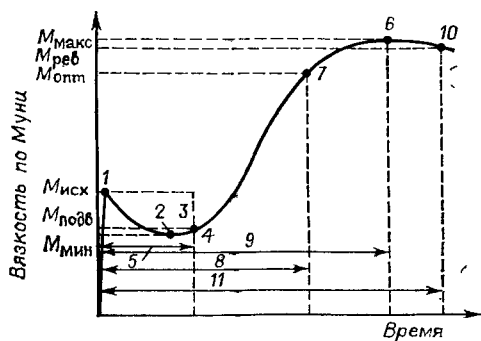


Рис. 7.4. Реограмма:

1 — исходная вязкость; 2 — минимальная вязкость; 3 — термопластичность; 4 — начало подвулканизации; 5 — время подвулканизации; 6 — момент при максимальной степени вулканизации; 7 — момент в оптимуме вулканизации; 8 — время достижения оптимума; 9 — время достижения максимальной степени вулканизации; 10 — момент при реверсии; 11 — время реверсии

наполнитель; получаемые показатели мало сопоставимы с производственными и являются условными. Однако эти приборы широко применяются для контроля каучуков и смесей благодаря надежности и простоте конструкции и сравнительной скорости испытания.

Поскольку проявление пластических свойств зависит от продолжительности действия деформирующей силы и «отдыха», размеров и формы образца, температуры, эти факторы строго регламентируются при испытании.

Необходима также специальная подготовка образцов, заключающаяся в уплотнении материала путем прессования в специальных прессах или вальцевания, так как наличие в образцах воздушных включений искажает результаты испытаний.

Приборы для динамических испытаний. К ним относятся кюрометры, вулкаметры, реометры (вибрационные пластометры). Приборы различаются по режиму деформирования (плоскопараллельный и крутильный знакопеременный сдвиг), по конструкции рабочего узла и силоизмерительного устройства, систем регулирования температуры испытания.

Широкое применение находят виброреометры «Монсанто» с биконическим ротором. Они дают наиболее полную характеристику качества резиновых смесей. Виброреометры классифицируются по режиму деформирования образца (задается амплитуда деформации или амплитуда напряжения), по частоте (низкочастотные —

до 10 цикл/мин, средне- и высокочастотные — до 102—103 цикл/мин), по характеру динамической жесткости, регистрируемой на диаграмме.

Виброреометр «Монсанто-100» с биконическим ротором (рис. 7.3) позволяет получить показатели, оценивающие технологические свойства каучуков и резиновых смесей — вязкость, термопластичность, и вулканизационные свойства смесей и вулканизата, т. е. технические свойства. Момент сопротивления вибродеформациям, измеряемый в приборе, пропорционален сдвиговым напряжениям в испытуемом материале. Поскольку амплитуда деформации задана, максимальный момент за цикл является амплитудным значением напряжения.

Реометры «Монсанто-100» находят применение в лабораториях НИИ и заводов. Для ускоренного контроля резиновых смесей используют экспресс-виброреометры «Монсанто», обеспечивающие проведение испытания за 1—3 мин.

Получаемая при помощи регистрирующего устройства реограмма (рис. 7.4) в виде непрерывной кривой фиксирует изменение момента M сопротивления деформированию в процессе нагрева и вулканизации образца, пропорционального модулю сдвига, в зависимости от продолжительности испытания. Значение M принимается за единицу вязкости.

Условными показателями являются (см. рис. 7.4):

$M_{исх}$ — характеризует исходную вязкость смеси, помещенной в камеру прибора;

$M_{мин}$ — соответствует минимальному значению вязкости при температуре испытания и зависит от степени падения вязкости с повышением температуры;

$M_{исх}/M_{мин}$ — показатель термопластичности смеси;

$M_{макс}$ — момент сопротивления деформированию, соответствующий максимальной степени вулканизации;

$M_{мин} + 0,9 (M_{макс} - M_{мин})$ — момент сопротивления деформированию, соответствующий оптимальной степени вулканизации;

$M_{опт}$ — момент в оптимуме вулканизации;

$M_{подв} - M_{мин} + 2$ — момент подвулканизации;

$M_{рев} (0,98/M_{макс})$ — момент реверсии;

$\tau_{макс}$ — время достижения максимальной степени вулканизации;

$\tau_{подв}$ — время от начала испытания до достижения $M_{подв} (M_{мин} + 2)$, характеризует сопротивление резины подвулканизации;

$\tau_{опт}$ — оптимальное время вулканизации, соответствующее $M_{опт}$;

$\tau_{опт} - \tau_{подв}$ — характеризует скорость вулканизации;

$\tau_{рев}$ — время, за которое $M_{макс}$ уменьшится до $0,98 M_{макс}$.

Виброреометры наиболее чувствительны к изменению состава резиновой смеси и режимов смешения. Они дают возможность

контролировать однородность смешения по всему объему смеси. Если полученные реограммы нескольких образцов, отобранных из разных участков смеси, практически совпадают, смесь считают однородной.

7.4. Методики испытаний на пластометрах, дефометрах и вискозиметрах

7.4.1. ИСПЫТАНИЯ НА СЖИМАЮЩЕМ ПЛАСТОМЕТРЕ

По ГОСТ 415—75 пластоэластические свойства характеризуются мягкостью, пластичностью, восстанавливаемостью, эластическим восстановлением и относительным эластическим восстановлением.

Мягкость S — отношение общей деформации к средней высоте образца под грузом.

Пластичность P — отношение пластической деформации к средней высоте образца под грузом.

Определение пластичности характеризует пластоэластические свойства материала от абсолютно пластичного, при $h_2 = h_1$ и $P = 1$, до абсолютно упругого, при $h_2 = h_0$ и $P = 0$. Пластичность может изменяться в пределах от 1 до 0 (h_0 — первоначальная высота образца, h_1 — его высота после деформации, h_2 — высота после отдыха).

Восстанавливаемость R — отношение пластической деформации к общей деформации сжатия.

Эластическое восстановление R_1 (мм) — разность высот образца после восстановления и под действием постоянной нагрузки.

Относительное эластическое восстановление R_2 — отношение эластического восстановления к общей деформации сжатия образца.

Образцы для испытания имеют форму цилиндра диаметром $16 \pm 0,5$ и высотой $10_{-0,5}^{+0}$ мм и вырезаются на вырезной машине. Время вылежки образцов 2—24 ч.

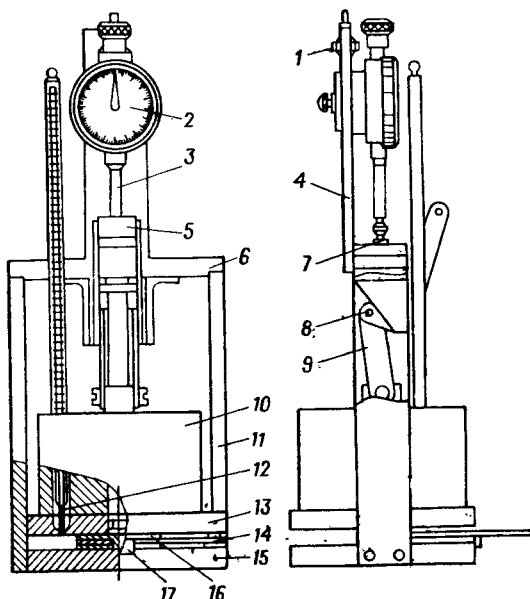
Испытание ведут при $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$, поместив пластометр в термостат, контактный термометр которого предназначен для установки и автоматического регулирования температуры испытания (70°C). Время разогрева термостата 45—60 мин.

Испытания проводятся по ГОСТ 415—75 на сжимающем пластометре ПСМ (рис. 7.5). Сущность метода заключается в сжатии стандартного образца между двумя плоскопараллельными плитами при постоянном грузе и заданной температуре и измерении высоты образца до, во время и после приложения груза и «отдыха» образца.

В процессе испытания определяются три величины: h_0 — высота стандартного образца до испытания, мм; h_1 — высота об-

Рис. 7.5. Сжимающий пластометр ПСМ-2:

1 — гайка; 2 — циферблатный индикатор; 3 — шток; 4 — кронштейн; 5 — рукоятка; 6 — верхняя поперечная; 7 — стержень; 8, 9 — рычаги; 10 — груз; 11 — стойки; 12 — термометр; 13 — подвижная плита; 14 — рычаг; 15 — плита; 16 — выдвижная площадка; 17 — выступ



разца, деформированного постоянным грузом ($50 \pm 0,1$) Н в течение 3 мин, мм; h_2 — высота образца после снятия груза и восстановления при комнатной температуре (23 ± 2) °С в течение 3 мин, мм.

Высоту образцов до нагружения и после восстановления измеряют с помощью толщиномеров индикаторного типа с погрешностью не более 0,01 мм при (23 ± 2) °С (рис. 7.6). Образец помещают между мерительными площадками 3 и 4, верхняя из которых соединена со штоком 7. Штоку может быть сообщено возвратно-поступательное движение с помощью рычага 1, причем

поступательное движение штока передаточным механизмом преобразуется во вращательное движение стрелки 6: подъем штока на 0,01 мм вызывает перемещение стрелки на одно деление шкалы 2. Под действием усилия пружины 1,5—3,5 Н шток опускается вниз. Полный оборот стрелки соответствует расстоянию между площадками в 1 мм. Число полных оборотов фиксируется на индикаторе прибора по шкале 5.

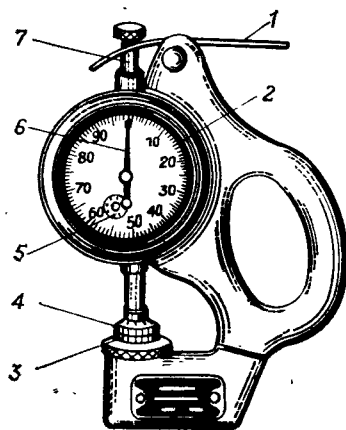


Рис. 7.6. Толщиномер:

1 — рычаг; 2, 5 — шкалы; 3, 4 — площадки; 6 — стрелка; 7 — шток

Определение пластоэластических свойств каучуков и резиновых смесей на сжимающем пластометре

Оборудование и материалы

Машина для вырезки образцов

Пластометр ПСМ

Термостат

Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм) с мерительными площадками диаметром 10 мм и мерительным давлением 15—30 кПа

Секундомер, режимные или песочные часы

Пинцет

Перчатки

Заготовка каучука или резиновой смеси толщиной не менее 14 мм

Металлические пластинки, целлофан, калька, полиэтилен

Тальк

Подкладочная пластина

Мыльный раствор

Подготовка к работе. Соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), проверяют исправность прибора, термостата и вырезной машины. При работе пользуются перчатками, защищающими руки от возможных ожогов. Особое внимание уделяют вырезке образцов вращающимися патронами и ножом.

На контактном термометре вращением его магнитной головки устанавливают температуру $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$. На пульте управления термостата поворачивают ручку в положение «Включено» и по загоранию красной лампочки убеждаются в исправности электронагревательной системы. Нагревание до 70°C продолжается в течение 45—60 мин. Открывают дверцу термостата, поворачивают выдвижную площадку 16 (см. рис. 7.5) пластометра до упора выступа 17 и поворотом рукоятки 5 плавно опускают верхнюю подвижную плиту 13, масса которой вместе с грузом 10 и стержнем 7 составляет (50 ± 1) Н. С помощью гайки 1 устанавливают стрелку индикатора 2 на нуль. Толщиномером измеряют толщину металлических пластинок (целлофана или кальки) с погрешностью до 0,01 мм и помещают их в термостат.

Перед включением машины для вырезки образцов убеждаются в том, что рукоятка находится в центре прорези. Нажав кнопку «Пуск», включают электродвигатель и проверяют работу системы, подающей к ножу мыльный раствор. Нажав кнопку «Стоп», выключают электродвигатель и кладут заготовку каучука или резиновой смеси на специальную подкладку, подводят ее под вырезной нож, закрепленный в коническом гнезде шпинделя с помощью гайки, не подставляя пальцы под предохранительный стакан. Придерживая левой рукой край заготовки, правой нажимают на кнопку «Пуск» и выводят рукоятку вниз до отказа, а затем отводят ее вверх. Выключают электродвигатель кнопкой «Стоп». Вырезают из заготовки еще не менее 12 образцов, каждый раз подводя под нож новый участок заготовки. Вынимают заготовку и отделяют вырезанные цилиндры.

Рукоятку поворачивают вниз до упора и устанавливают цилиндр на площадку правого патрона для подрезки торцов образца.

Поворачивают рукоятку вверх, при этом цанга автоматически втягивается в стакан патрона, укрепленного в шпинделе, плотно зажав образец. Включают электродвигатель нажатием кнопки «Пуск» и поворачивают рукоятку вправо до отказа. Повернув рукоятку ножа, смоченного мыльным раствором, срезают часть образца, выступающего из цанги. Затем поворачивают рукоятку влево до центра прорези, а потом вниз до упора, поднимая стаканы вверх и раскрывая цанги для выемки образца из первой цанги и установления его подрезанным торцом на площадку левого патрона. Положение площадки левого патрона должно быть отрегулировано стопорным винтом так, чтобы высота готового образца была равна $10_{-0,5}^{+0}$ мм.

Смачивают нож в левой оправке. Рукоятку поднимают вверх до центра прорези и влево до отказа. Поворотом рукоятки левого ножа срезают выступающую из цанги часть образца. Рукоятку поворачивают вправо до центра прорези и вниз до щелчка стопора. Снимают с площадки левой цанги готовый образец, рукоятку выводят в центр прорези и выключают машину, нажав на кнопку «Стоп».

Отбраковывают образцы с непараллельными торцами и дефектами, оставляя не менее пяти годных для испытания.

Проведение работы. При $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ толщиномером измеряют высоту образца h_0 с погрешностью до 0,01 мм.

Припудрив образец тальком и установив его на верхнюю плиту пластометра (*работать в перчатках!*), прогревают в течение 3 мин. Затем образец помещают между двумя слоями целлофана или двумя пластинками, предотвращая прилипание к плитам прибора, поднимают верхнюю плиту, выдвигают площадку и устанавливают на нее образец в целлофане. Площадку задвигают по центру пластометра и плавно опускают верхнюю плиту с грузом. По секундомеру или песочным часам выдерживают образец 3 мин и фиксируют его высоту по индикатору с погрешностью до 0,01 мм. Образец вынимают и дают «отдых» 3 мин при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Измеряют его высоту толщиномером с погрешностью до 0,01 мм. Результаты испытания заносят в протокол 1, вычтя толщину изолирующего материала.

Расчеты. По приведенным ниже формулам рассчитывают: мягкость

$$S = \frac{h_0 - h_1}{0,5(h_0 + h_1)}; \quad (7.2)$$

при расчетах 0,5 не учитывают, и формула приобретает вид:

$$S = \frac{h_0 - h_1}{h_0 + h_1}; \quad (7.3)$$

восстанавливаемость

$$R = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1}; \quad (7.4)$$

ПРОТОКОЛ 1

работы на приборах ПСМ и ДМ

Дата Температура испытания
 Тип прибора Марка каучука (резиновой смеси) . .

Показатели	Образцы					Среднее значение	Отклонение, %
	1	2	3	4	5		

Высота образца, мм

первоначальная h_0

под нагрузкой h_1

после «отдыха» h_2

Показатели испытания на ПСМ

мягкость S

восстанавливаемость R

пластичность P

эластическое восстановление R_1

относительное эластическое восстановление R_2

Показатели испытания на ДМ

жесткость, N

восстанавливаемость R , мм

остаточная деформация R_1 , %

пластичность

$$P = SR = \frac{h_0 - h_2}{h_0 + h_1}; \quad (7.5)$$

эластическое восстановление (мм)

$$R_1 = h_2 - h_1; \quad (7.6)$$

относительное эластическое восстановление

$$R_2 = \frac{h_2 - h_1}{h_0 - h_1}, \quad (7.7)$$

где h_0 — высота образца до испытания, мм; h_1 — высота образца под постоянным грузом, в течение 3 мин, мм; h_2 — высота образца после восстановления, в течение 3 мин, мм.

Находят отклонения от среднего арифметического значения пластичности и отбрасывают показатели, не уложившиеся в норму (см. Приложение VI).

Пластичность каучуков сравнивают с нормами (см. Приложение VII).

Результатами испытания являются средние арифметические значения показателей двух образцов, расхождение между которыми не превышает: для пластичности 0,03; мягкости — 0,04; эластического восстановления — 0,05; восстанавливаемости — 0,06 и относительного эластического восстановления — 0,06.

Отклонения пластичности резиновых смесей от нормы возможны из-за неточности взвешивания каучуков, наполнителей, пластификаторов, замены указанных материалов другими или их потерь при смешении, а также при несоблюдении температуры и продолжительности при приготовлении резиновой смеси или возникновении ее преждевременной вулканизации.

7.4.2. ИСПЫТАНИЯ НА ДЕФОМЕТРЕ

Сущность метода заключается в осевом сжатии стандартного образца, имеющего форму цилиндра диаметром 10 мм и высотой 10 мм, между параллельными плитами стационарной нагрузкой до заданной высоты (4 мм). Пластоэластические свойства характеризуются следующими показателями.

Жесткость по дефо — сопротивление образца осевому сжатию, выражается нагрузкой (в Н), необходимой для сжатия стандартного образца высотой 10 мм до высоты $(4 \pm 0,1)$ мм [деформация составляет $(60 \pm 1) \%$] в течение 30 с при 80°C .

Восстанавливаемость — разность высот образца (в мм) после восстановления в течение 30 с и под нагрузкой.

Остаточная деформация — разность высот образца (в мм) до испытания и после восстановления. По ГОСТ 10201—75 определение проводится на дефометре (рис. 7.7) —

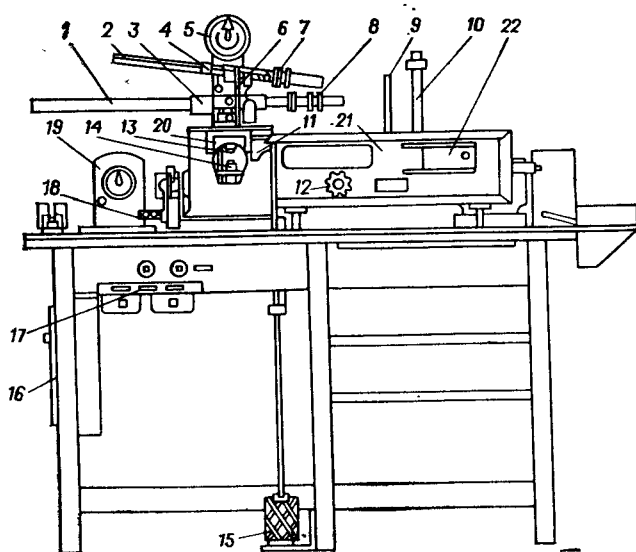


Рис. 7.7. Дефометр ДМ-2:

1, 2 — большой и малый рычаги; 3, 4 — грузы; 5 — индикаторный микрометр; 6, 9 — термометры; 7, 8 — протнвовесы; 10 — контактный термометр; 11 — заслонки; 12 — маховик; 13, 14 — площадки; 15 — педаль; 16 — реостат; 17 — пульт управления; 18 — рукоятка; 17 — сигнальные часы; 20 — смотровое окно; 21 — термостат; 22 — дверцы термостата

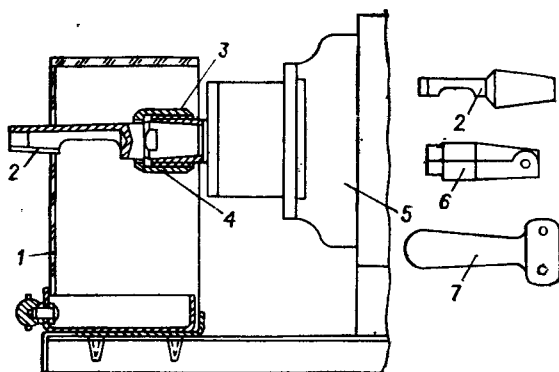


Рис. 7.8. Вырезная машина деформетра:

1 — кожух; 2 — вырезной нож; 3 — шпиндель; 4 — гайка; 5 — электромотор; 6 — трубчатый патрон; 7 — плоский нож

установке, состоящей из машины для вырезки образцов (рис. 7.8), термокамеры с транспортером для прогревания и транспортировки образцов, термоизмерительной камеры и сигнальных часов. В момент опускания большого рычага с помощью арретира подается кратковременное напряжение на пусковое реле, которое подключает синхронный двигатель сигнального устройства. Вал мотора приводит в движение специальную подвижную систему, с помощью которой при повороте стрелки часов на каждые пол оборота (30 с) к напряжению подключается сигнальное реле, издающее звуковой сигнал. Цикл работы сигнального устройства составляет 1 мин, причем каждые 30 с (2 раза) подается звуковой сигнал.

Камера обогревается нагретым воздухом, поступающим из термостата, и нагревательным элементом, расположенным в самой камере. Для контроля за температурой в передней части камеры установлен термометр 6 (см. рис. 7.7). Регулирование температуры осуществляется с помощью реостатов и кольцевой задвижки.

В камере находятся сжимающие площадки диаметром $10 \pm 0,1$ мм. При помощи рычагов и съемных грузов рабочая нагрузка на образец может меняться в пределах 0—200 Н.

Термокамера разделена вертикальной перегородкой на две камеры, в одной из которых расположена обогревательная-вентиляционная система, в другой — транспортная лента.

Практическая работа 10

Определение жесткости каучуков и резиновых смесей на деформетре

Оборудование и материалы

Деформетр
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм) с мерительными пло-

Заготовка каучука или резиновой смеси толщиной не менее 12 мм
Мыльный раствор

щадками диаметром 10 мм и мерительным давлением 15—30 кПа
Щипцы

Губка
Подкладочная пластина
Тальк
Перчатки

Подготовка к работе. Исправность электрической системы проверяют, соблюдая правила техники безопасности (см. Приложение I), включением общего выключателя прибора, мотора вырезной машины, обогрева и вентилятора термокамеры, а также нагревательного элемента камеры. Исправность работы индикаторного микрометра 5 (см. рис. 7.7) проверяют поочередно, устанавливая между площадками 13 и 14 стальные цилиндры высотой 10 и 4 мм. При этом под действием груза 4 (в 1 Н) малого рычага 2 стрелка индикатора 5 должна показывать на шкале соответственно 10 и 4 мм, а без цилиндров в прижатом положении площадок — 0. При отклонениях положение стрелки регулируется специальным винтом.

Температуру в термокамере и испытательной камере доводят до $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Исправность работы весовых рычагов проверяют установкой их в горизонтальное положение с помощью противовесов 7 и 8. Для этого с большого рычага необходимо снять движок, а с малого — груз. Малый рычаг снабжен двумя шкалами: одной в пределах от 0,5 до 1,5 Н и другой — от 1 до 3 Н. Для каждой шкалы установлен соответствующий груз 4. Большой рычаг имеет три шкалы с пределами измерения 3—14, 15—55 и 50—200 Н и соответственно три сменных груза 3.

Для испытания применяется не менее пяти образцов высотой и диаметром $10^{+0}_{-0,2}$ мм. Из каучука или резиновой смеси вырезают заготовку толщиной 14—16 мм. Вырезной нож 2 (см. рис. 7.8) диаметром $10 \pm 0,1$ мм смачивают мыльным раствором, вставляют шпиндель 3 и закрепляют накидной гайкой 4. Строго соблюдая инструкцию по технике безопасности, заготовку кладут на жесткую подкладку, включают электродвигатель и равномерным движением прижимают заготовку с подкладкой к ножу, вращающемуся с частотой 900 об/мин, а затем отводят ее назад. При помощи ножной педали 15 (см. рис. 7.7) выталкивают образец из ножа.

Вырезают 10 образцов, останавливают электродвигатель, снимают гайку и вынимают вырезной нож.

Далее образец устанавливают в патрон 6 до упора в головку винта, отрегулированного на глубину 11—12 мм. Патрон конусной частью вставляют в шпиндель и включают электродвигатель. С помощью ножа 7, смоченного в мыльном растворе, подрезают образец с торца со скоростью 5 мм/с. Выключив электродвигатель, вынимают образец из патрона и подрезают торцы остальных образцов. Образцы вкладывают в другой патрон обрезанным торцом до упора в головку винта (винт в патроне устанавливают на глубину 10 мм). Подрезав второй торец, выключают электромотор и вынимают готовый образец из патрона.

Отбраковывают не менее 6 образцов с параллельными торцами и без дефектов.

Проведение работы. Высоту образцов контролируют толщиномером с погрешностью измерения до 0,01 мм, опудривают тальком и размещают в гнездах кассеты. Кассету с образцами через дверцу термостата 22 (см. рис. 7.7), пользуясь перчатками, устанавливают на транспортную ленту. Выдерживают образцы в термостате для прогревания в течение 20—25 мин при температуре $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$. Вращением маховика 12 передвигают транспортную ленту в направлении измерительной камеры. Большой и малый рычаги 1 и 2 соответствующими рукоятками поднимают в крайнее верхнее положение. Заслонку 11 открывают нажатием на педаль 15, прогретый образец щипцами вынимают из кассеты и направляют по центру на нижнюю площадку 14. Удаляют пинцет и снимают ногу с педали, закрывая заслонку действием пружины. Деформированные при прогревании образцы заменяют. Первоначальную высоту образца проверяют по индикатору прибора, приводя в действие малый весовой рычаг и установив контакт между образцом и верхней сжимающей площадкой. При этом контрольная нагрузка не должна быть более 0,3 Н. Если при нагреве h_0 стала больше $10_{-0,2}^{+0}$ мм, ее уменьшают нажимом пальца на малый весовой рычаг. При невозможности получения заданной первоначальной высоты образца последний бракуют.

Нагружение образцов производится поворотом рукоятки 18. Подбирают груз, под действием которого образец в течение 30 с сжимается до высоты $(4 \pm 0,1)$ мм, определяя ее по индикатору с погрешностью 0,1 мм. Включают сигнальное устройство с электрическими часами 19, по которым отсчитывается время от начала испытания. (При подборе груза на малом весовом рычаге устанавливают предварительную нагрузку в 0,005 Н и произвольную, при которой происходит деформация образца на $60 \pm 1\%$.)

На втором образце корректируют нагрузку более точно, увеличивая или уменьшая ее в зависимости от предыдущего результата (иногда для подбора нагрузки требуется больше двух образцов). Жесткость определяют на оставшихся трех образцах при подобранной нагрузке как сумму грузов большого и малого (0,005 Н) рычагов.

После первого сигнала (по истечении первых 30 с) снимают показание высоты образца по индикаторному микрометру. Одновременно производят арретирование большого рычага. После второго сигнала (по истечении вторых 30 с) измеряют высоту образца после восстановления под нагрузкой малого рычага (0,005 Н). Если груз на большом рычаге равен 3 Н и меньше, восстановление образца проводят без груза (0,005 Н). Результаты испытаний заносят в протокол 1 (см. работу 9).

Расчеты. Жесткость (ЖД) — нагрузка, обеспечивающая деформацию образца на $(60 \pm 1)\%$.

Эластическое восстановление ЭД (мм):

$$\Delta D = h_2 - h_1. \quad (7.8)$$

Остаточная деформация R_1 (мм):

$$R_1 = h_0 - h_2, \quad (7.9)$$

где h_0 — первоначальная высота образца, мм; h_1 — высота образца под грузом, соответствующим его деформации на 60 %, в течение 30 с, мм; h_2 — высота образца после восстановления в течение 30 с, мм.

Подсчитывают среднее арифметическое значение показателей. Жесткость каучуков сравнивают с нормами (см. Приложение VII).

Причины отклонения показателей от установленных норм см. раздел 7.12.

7.4.3. ИСПЫТАНИЯ НА СДВИГОВОМ ВИСКОЗИМЕТРЕ

Показатель вязкости каучуков и резиновых смесей, определяемый при заданной температуре испытаний, является одной из основных характеристик их реологических свойств. За единицу вязкости принимают значение крутящего момента по истечении установленного времени вращения ротора прибора в испытуемом образце при установленном температурном режиме. Время испытания по ГОСТ 10722—76 указывается в нормативно-технической документации на испытуемый материал, при ее отсутствии — по истечении 4 мин от начала вращения ротора прибора. Полученный показатель вязкости по Муни M_t — наименьшее показание индикатора прибора, полученное в течение 30 с до истечения времени испытания. Перепад вязкости J определяется как относительное уменьшение вязкости в течение заданного времени от начала вращения ротора.

Способность резиновых смесей к преждевременной вулканизации, определяемая на том же приборе, характеризуется началом и скоростью подвулканизации (t_5 и t_{35}), т. е. временем (мин) от начала испытания, при котором вязкость образца превышает свое минимальное значение $M_{\min}$ соответственно на 5 и 35 условных единиц (M_5 и M_{35}).

Испытание ведут до вязкости, превышающей $M_{\min}$ на 40 ед., но не более 45 мин, и экстраполируют полученную кривую (рис. 7.9) до значения вязкости, равного $M_{\min} + 35$ ед.

Если прибор не имеет автоматической записи вязкости, ее следует регистрировать не реже чем через каждую минуту.

За результаты испытания принимают среднее арифметическое значение результатов испытания не менее двух образцов, расхождение между которыми не превышает:

по показателю вязкости по Муни M_t до 90 ед.	$\pm 2 \%$
свыше 90 ед.	± 2 ед.
по перепаду вязкости J	$\pm 10 \%$
по времени начала подвулканизации t_5	$\pm 10 \%$
по скорости подвулканизации Δt	$\pm 10 \%$
по эластическому восстановлению Δ	$\pm 10 \%$

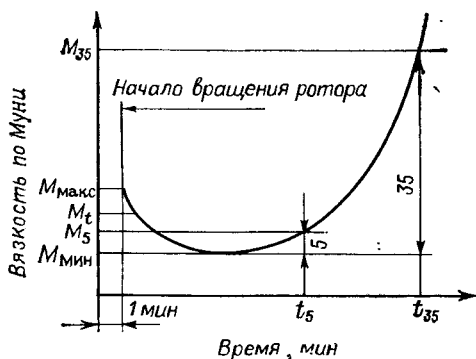


Рис. 7.9. Кинетическая кривая подвулканизации резиновых смесей

Наиболее распространенными сдвиговыми ротационными вискозиметрами являются вискозиметры Муни. Они предназначены для оценки сопротивления деформации сдвига испытуемого образца, находящегося между подвижной поверхностью ротора и неподвижной поверхностью камеры прибора.

При испытании определяют момент сопротивления вращению ротора в материале M_t в зависимости от продолжительности испытания при частоте вращения 2 об/мин и постоянной температуре.

Модернизированный вискозиметр Муни выпускается под марками ВР-2 и ВР-3.

Вискозиметр ВР-2 (рис. 7.10) состоит из испытательной камеры, привода, узла силоизмерителя и узла указателя эластического восстановления.

Вертикальный вал 5 (рис. 7.11), в который входит хвостовик ротора 2, соединен с помощью червячной передачи 11 с горизонтальным валом 7, получающим вращение через червячную передачу 8 от мотора 9. Вращающий момент, возникающий на оси ротора и равный моменту сопротивления испытуемого материала, передает усилие на вал 7, способный перемещаться пропорционально этому усилию в горизонтальном направлении. При этом деформируется пружина 10, а значение ее деформации фиксируется индикаторным микрометром 6, штифт которого переме-

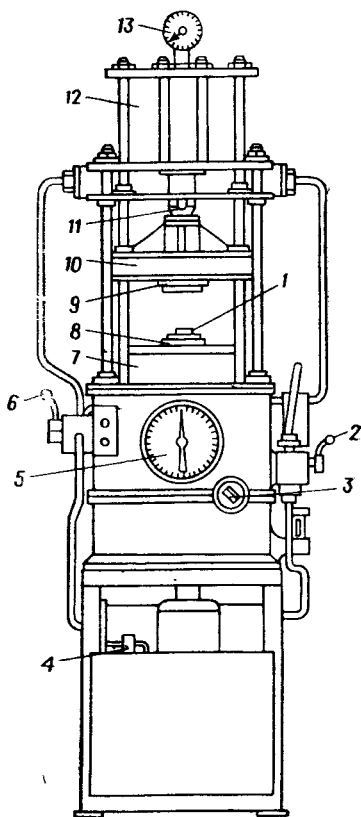
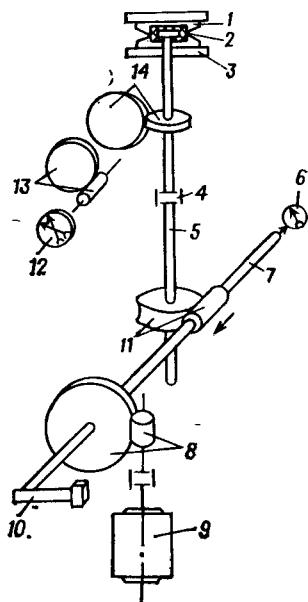


Рис. 7.10. Вискозиметр ВР-2:

1 — ротор; 2 — рукоятка; 3 — индикаторный микрометр; 4 — редукционный клапан; 5 — цифербол т; 6 — рукоятка распределительного крана; 7, 10 — плиты; 8, 9 — полуформы; 11 — хвостовик штока поршня; 12 — пневмоцилиндр; 13 — манометр

Рис. 7.11. Кинематическая схема вискозиметра ВР-2:
 1, 3 — полуформы; 2 — ротор; 4 — зубчатая муфта; 5 — вертикальный вал; 6 — индикаторный микрометр; 7 — горизонтальный вал; 8, 11 — червячные передачи; 9 — мотор; 10 — пружина; 12 — циферблат; 13, 14 — зубчатая передача



щается на величину прогиба пружины. Пружина подобрана таким образом, что прогиб в 1 мм соответствует 100 делениям индикаторного микрометра, отградуированного в единицах вязкости по Муни (единица по Муни равна 0,083 Н/м). Если в камере нет испытуемого материала, стрелка индикатора находится в нулевом положении. При расцеплении зубчатой муфты 4 вертикального вала 5 ротор 2 вследствие эластического восстановления испытуемого образца поворачивается в сторону, противоположную принудительному вращению, на величину угла, пропорциональную эластическому восстановлению испытуемого образца.

Величина угла поворота ротора через зубчатую передачу 13 с передаточным числом 1 : 10 фиксируется на циферблате прибора. При принудительном вращении ротора от мотора на циферблате 12 вращаются ведущая и ведомая стрелки. При обратном вращении ротора до его остановки вращается лишь ведущая стрелка в обратном направлении. Разность показаний ведущей и ведомой стрелок дает удесятеренный угол поворота ротора в угловых градусах. Одна десятая этого показания характеризует эластическое восстановление испытуемого материала.

При вращении ротора с заданной скоростью в испытуемом материале возникает деформация сдвига, включающая пластическую и эластическую составляющие.

По мере развития эластической деформации напряжение в материале увеличивается, а следовательно, растут эффективная вязкость и сопротивление вращению ротора.

При поддержании постоянной скорости вращения ротора крутящий момент возрастает до максимального значения, соответствующего наибольшей в данных условиях (температура и скорость) эластической деформации (рис. 7.12). Затем происходит некоторый спад вязкости за счет разрушения непрочных структур (например, каучук — наполнитель) и наступает стационарный период течения.

По ГОСТ 10722—76 шкала прибора должна иметь градуировку от 0 до $(200 \pm 0,5)$ единиц по Муни и обеспечивать проведение испытаний при температурах $(25 \div 180 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.

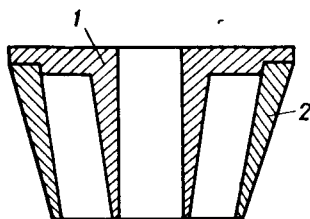
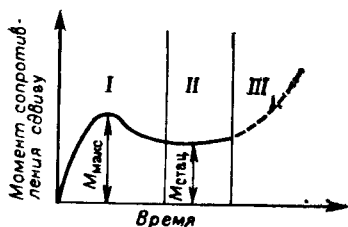


Рис. 7.12. Изменение момента сопротивления сдвигу во времени:

I — нестационарный период; *II* — стационарный период; *III* — область вулканизации

Рис. 7.13. Вырубной нож, состоящий из ножей, оформляющих внутренний (1) и наружный (2) диаметры

Принципиальное отличие вискозиметра ВР-3 состоит в использовании силоизмерителя электронного типа. Перемещение горизонтального вала вызывает деформацию чувствительного элемента тензодатчика, которая преобразуется в электрический сигнал и регистрируется потенциометром. Шкала потенциометра проградуирована в единицах вязкости по Муни. В узле измерения эластического восстановления угол поворота ротора с помощью потенциометрического датчика также преобразуется в электрический сигнал, регистрируемый потенциометром. Цикл работы вискозиметра устанавливается по реле времени, которое автоматически включает и выключает электродвигатель и запись диаграммы измеряемых показателей.

В комплект вискозиметров ВР-2 и ВР-3 входят два ротора: большой — диаметром $(38,1 \pm 0,03)$ мм и малый — диаметром $(30,5 \pm 0,03)$ мм, который применяется для материалов с высокой вязкостью (выше 180—200 единиц по Муни при испытании на большом роторе).

Кроме вискозиметров ВР-2 и ВР-3 для снятия характеристик пластичности каучуков и резиновых смесей можно использовать ротационный вискозиметр РВ-2, а также вискозиметр Канавца.

Образцы для испытаний на вискозиметре, вырубаемые из вальцованных или каландрованных каучуков и резиновых смесей после выдержки (для каучука 2—24 ч, для смесей 2—72 ч) вырубными ножами (рис. 7.13), должны состоять из двух дисков (или более — для высоковязких полимеров). Диаметр дисков 45—50 мм, общая толщина их 6—8 мм, толщина каждого диска 2—3 мм. Один из дисков должен иметь отверстие для стержня ротора диаметром 10—12 мм. Сплошной диск вырубается ножом 2, кольцеобразный — сочетанием ножей 1 и 2.

Необходимо отобрать не менее двух годных для проведения испытания образцов.

Испытание каучуков и резиновых смесей на сдвиговом вискозиметре

Оборудование и материалы

Вискозиметр ВР
Пресс вырубной
Нож штанцевый круглый
Секундомер

Пластины из вальцованной или
каландрованной резиновой смеси
Мыльный раствор
Подкладочная пластина
Перчатки

Подготовка к работе. Соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), прибор включают в сеть поворотом выключателя на пульте управления в положение «Включено». Ротор 1 вставляют в паз вертикального вала (см. рис. 7.10) через отверстие в нижней части камеры. Испытательная камера образуется при смыкании верхней 9 и нижней 8 рифленых полуформ, закрепленных соответственно в верхней подвижной 10 и нижней неподвижной 7 плитах. Камеру закрывают переводом рукоятки 6 в положение «Закрото», опуская верхнюю плиту.

Максимальная температура нагрева 180 °С. Температуру испытания устанавливают поворотом верхней шкалы потенциометра до заданного деления (по указателю). По показаниям второго потенциометра и двум сигнальным лампочкам контролируют температуру полуформ.

Проведение работ. По достижении заданной температуры открывают испытательную камеру поворотом рукоятки 6 вниз в положение «Открыто». Надевают перчатки и быстро вынимают горячий ротор. На дно испытательной камеры кладут диск испытуемого материала с отверстием, вставляют ротор и кладут на него второй диск без отверстия. При последующем закрывании камеры из нее выпрессовывается лишний материал.

Необходимое давление при испытании устанавливают по манометру 13 с помощью редукционного клапана 4 через 50 с после смыкания полуформ (по секундомеру).

Определение вязкости и эластического восстановления. После прогревания материала в закрытой испытательной камере включают электродвигатель и следят за автоматической записью значений вязкости. Снимают кривую вязкость — время. При отсутствии автоматики записывают показания индикаторного микрометра 3 (см. рис. 7.10) на пятой секунде вращения ротора ($M_{\text{макс}}$), а затем не реже чем через каждые 60 с. За шкалой следят в интервале ± 15 с от заданного времени испытания и фиксируют наименьшее показание вязкости, полученное в течение 30 с до истечения времени испытания (M_t). При отсутствии заданного времени отсчет вязкости заканчивают через 4 мин. Затем поворотом рукоятки 2 отключают ротор от привода и по углу отклонения ведущей стрелки от ведомой на

ПРОТОКОЛ 2

работы на приборе ВР

Дата	Температура испытания
Вискозиметр	Продолжительность прогрева
Тип ротора (Б или М)	Частота вращения ротора
Марка каучука (резиновой смеси)	

№ образца	Показания индикатора			Максимальная вязкость $M_{\text{макс}}$ усл. ед.	Минимальная вязкость $M_{\text{мин}}$ усл. ед.	Вязкость по Муни M_t усл. ед.	Перепад вязкости J , усл. ед.	Время, мин			Эластическое восстановление, °
	1	2	3					t_5	t_{35}	Δt	

Среднее значение

Примеры краткой записи результатов, Вязкость по Муни:

80МБ1 + (120 °С),

где 80М — число единиц вязкости по Муни Б — большой ротор; 1 — время прогрева, мин; 4 — время вращения ротора, мин; 120 — температура испытания, °С.

Эластическое восстановление (в °);

15ЭБ1 + 4 + 30 (120 °С),

где 15Э — угол обратного поворота ротора; 30 — время обратного поворота ротора, с.

циферблате 5 определяют эластическое восстановление через 30 с после прекращения вращения ротора.

Выключают двигатель, поворачивают рукоятку 6 вниз и открывают камеру, вынимают ротор и очищают его и камеру от испытуемого материала. Рукояткой 2 приводят вертикальный вал в сцепление с приводом. Проводят испытание второго образца.

По результатам измерения вязкости двух образцов строят две кривые в координатах вязкость по Муни — время (в с) и определяют вязкость каждого образца, соответствующую заданному времени испытания. Результаты испытаний заносят в протокол 2.

Перепад вязкости J определяют по шкале прибора как уменьшение вязкости в течение заданного времени от начала вращения ротора.

Определение способности к преждевременной вулканизации. Процесс подвулканизации резиновых смесей характеризуется началом изменения их вязкости и скоростью, с которой он протекает. Показателями подвулканизации считают время t_5 и t_{35} (в мин) от начала, при котором вязкость образца превышает минимальное значение вязкости ($M_{\text{мин}}$) на 5 и 35 единиц (M_5 и M_{35}).

Через 60 с прогрева образца включают мотор и через каждые 30—60 с записывают показания вязкости до значения, пре-

Рис. 7.14. Корреляция между показаниями пластометра ПСМ и вискозиметра ВР

вышающего минимальное показание на 40 ед., но не более 45 мин. При наличии на вискозиметре самозаписывающего прибора записывают кривую вязкости — время и экстраполируют ее до значения вязкости, равного $M_{\min} + 35$ ед.

Процесс подвулканизации характеризуется следующими показателями: t_b — временем начала подвулканизации, которое отвечает вязкости, превышающей минимальную на 5 ед., и Δt — скоростью вулканизации.

Расчеты. Перепад вязкости рассчитывают по формуле:

$$J = (M_{\max} - M_t) / M_t, \quad (7.10)$$

где $M_{\max}$ — значение вязкости на пятой секунде вращения ротора; M_t — наименьшее значение вязкости, полученное в течение 30 с до истечения времени испытания.

Скорость подвулканизации Δt (в мин) рассчитывают по формуле:

$$\Delta t = t_{35} - t_b, \quad (7.11)$$

где t_b — время начала подвулканизации, отвечающее вязкости, превышающей минимальную на 5 ед., мин; t_{35} — время, при котором вязкость превышает минимальную на 40 ед.

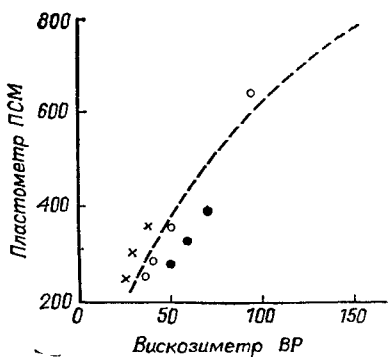
Строят кинетическую кривую подвулканизации (рис. 7.9).

Рассчитывают средние арифметические значения результатов испытаний не менее двух образцов, расхождения между которыми не должны превышать допусков, указанных на стр. 83. Результаты сравнивают с нормами и Приложением VII.

ТАБЛИЦА 7.1. Зависимость показателей резиновых смесей на основе СК от степени наполнения теуглеродом

Массовая доля теуглерода, ч. на 100 ч. каучука	Пластичность *	Жесткость **, Н	Вязкость ** по Муни при 100 °С
20	0,50	6	40
40	0,35	10	50
60	0,16	25	94,5
80	0,034	56	156,5

* По ГОСТ 415—75. ** По ГОСТ 10201—75. *** По ГОСТ 10722—76.



Между показателями пластичности P , жесткости по дефо и вязкости по Муни можно установить взаимосвязь. Чем ниже пластичность P испытуемого материала, тем выше его жесткость. Корреляция между показателями, полученными на пластометре ПСМ и вискозиметре ВР, видна из рис. 7.14.

Свойства резиновых смесей на основе синтетических каучуков с разным наполнением теуглеродом приведены в табл. 7.1.

7.5. Плотность резин

Плотность является самостоятельной характеристикой резин, определяющей их качество. Она используется также при расчете некоторых физико-механических показателей резин. Плотность зависит от состава резиновых смесей. При разработке рецептур стремятся получить резины с наименьшей плотностью, так как при этом снижается масса изделий и сокращается расход резиновой смеси на их изготовление. Исключения составляют резиновые смеси, разрабатываемые для специальных целей, например для устранения дисбаланса покрышек.

Наименьшей плотностью обладают чистые и ненаполненные смеси на основе каучуков с плотностью менее 1000 кг/м^3 (НК, СКИ-3, СКБ, СКД, СКС, СКН, БК, СКЭП). Однако для производства резиновых изделий они почти не применяются. В наполненных резиновых смесях плотность зависит от подбора каучуков и ингредиентов и в большинстве случаев имеет значения больше 1000 кг/м^3 . Для получения резин небольшой плотности нежелательно применение таких каучуков, как хлоропреновый, сульфидный, фторсодержащий, кремнеорганический (с плотностью от 1210 до 2200 кг/м^3), и минеральных наполнителей, плотность которых лежит в пределах от 2600 до 6500 кг/м^3 .

Определение плотности резин используется для контроля качества резиновых смесей, поскольку отклонения плотности от установленных норм достаточно чувствительно характеризуют изменение состава резиновой смеси в результате применения нестандартного сырья, неточности навесок ингредиентов, замены одного ингредиента другим, потери ингредиентов при смешении. Плотность определяют гидростатическим и ускоренным методами по ГОСТ 267—73.

При определении плотности в качестве среды используют дистиллированную воду, этиловый спирт, спиртоводные смеси и растворы солей (обычно хлорида цинка) разной плотности. Дистиллированная вода применяется для резин с плотностью около 1000 кг/м^3 или больше, этиловый спирт для резин с плотностью меньше 1000 , растворы солей для резин с плотностью больше 1000 , определяемой экспресс-методом. Образцы могут иметь произвольную форму и размеры. Их масса должна быть не менее 2 г .

7.6. Определение плотности резин ускоренным и гидростатическим методами

Сущность экспресс-метода состоит в уравнивании образца каучука или резины в жидкости известной плотности. Используются спиртовые растворы плотностью 900—1000 кг/м³, дистиллированная вода — 1000 кг/м³ и водные растворы хлорида цинка — 1020 кг/м³ и выше.

Практическая работа 12

Определение плотности резин экспресс-методом

Оборудование и материалы

Пресс вырубной	Цилиндры диаметром до 100 мм
Нож штанцевый	Пластины для вырубки образцов
Ножницы	Вода дистиллированная
Пинцет или лабораторные щипцы	Спирт этиловый
Ареометры в наборе	Хлорид цинка
Колбы с притертой пробкой вместимостью 250 мл	Бумага фильтровальная

Подготовка к работе. Растворы и жидкости (с плотностью от 900 до 1400 кг/м³), хранящиеся в емкостях с притертой пробкой, на которых имеется этикетка с указанием плотности, переливают в цилиндры и контролируют ареометром. При несоответствии результатов измерений с плотностью жидкости на этикетке испытание не проводят.

Образцы вырубают на вырубном прессе (см. раздел 8.3) штанцевым ножом или вырезают ножницами. Применяют также вулканизованные в формах на гидравлических прессах образцы в виде колец или шайб массой не менее 2 г. Образцы, имеющие поверхностные дефекты, отбраковывают.

Проведение работы. Образцы поочередно вносят пинцетом или лабораторными щипцами в цилиндр с жидкостью. Если при этом образец тонет, то его извлекают, обсушивают между двумя листами фильтровальной бумаги и переносят в сосуд с раствором большей плотности. Если же образец всплывает, то, обсушив, его переносят в сосуд с раствором меньшей плотности. Испытания заканчивают после подбора раствора, в котором образец уравнивается (не опускается на дно и не всплывает на поверхность). Плотность образца принимают численно равной плотности данного раствора.

Если равновесие не достигается, плотность образца определяют как среднее значение плотности двух растворов, в одном из которых образец тонет, а в другом всплывает. Плотность этих растворов должна отличаться на 20 кг/м³. Результаты испытания заносят в протокол 3.

Результаты испытания, подсчитанные как средние арифметические значения трех определений, сравнивают с установленными

ПРОТОКОЛ 3

определения плотности резин гидростатическим и экспресс-методами

Дата испытания Плотность жидкости при 20 °С, кг/м³
 Метод Марка резиновой смеси
 Применяемая жидкость

№ образца	Масса, г			Положение образца в растворе *	Плотность образца, кг/м³	Откло- нения, %
	образца	вытесненной жидкости				
		образцом с проволо- кой	прово- локой			

Среднее значение

* Заполняется при определении плотности экспресс-методом.

нормами на данную резиновую смесь. При отклонении результатов от нормы испытания повторяют на трех образцах, вырезанных из разных участков одного куска резиновой смеси. При подтверждении первоначальных результатов резиновую смесь бракуют.

Причиной брака могут являться нестандартность материалов, неточность их взвешивания, замена одного ингредиента другим, потери ингредиентов при смешении.

Сущность гидростатического метода заключается в определении массы образца на воздухе и в воде. Работу ведут на аналитических весах, имеющих дополнительное устройство (рис. 7.15).

На плече весов укреплена проволока для подвешивания образца, на столике весов установлена подставка для стакана с жидкостью.

Практическая работа 13

Определение плотности резин гидростатическим методом

Оборудование и материалы

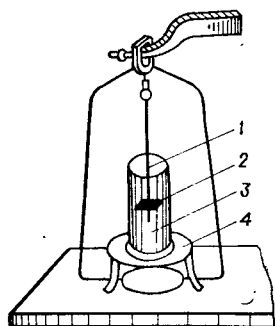
Весы аналитические с разновесами (погрешность взвешивания 0,0002 г)
 Пресс вырубной
 Термошкаф
 Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)
 Нож штанцевый
 Стакан химический вместимостью 250 мл
 Термометр ртутный
 Ножницы

Цилиндр вместимостью 250 мл
 Щетка волосаяная
 Ткань для пропитки образцов
 Бюкс
 Ареометры в наборе
 Пинцет
 Пластины вулканизованные для вырубki образцов
 Вода дистиллированная
 Спирт этиловый
 Спирт гидролизный марки А

Подготовка к работе. Вырубленные образцы произвольной формы и размеров (не меньше 2 г) осматривают и отбирают не

Рис. 7.15. Приспособление для определения плотности резин гидростатическим методом:

1 — проволока; 2 — образец; 3 — стакан; 4 — подставка



менее трех без дефектов. Пропудренные образцы очищают сухой тканью или щеткой. Образцы с шероховатой поверхностью промывают гидролизным спиртом марки А и протирают тканью, не оставляющей корпии.

В химический стакан наливают свежeproкипяченную и охлажденную дистиллированную воду или этиловый спирт и выдерживают в термощафу при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 10 мин. Проверяют исправность аналитических весов.

Проведение работы. Образцы помещают на одну из чашек весов и взвешивают в воздухе с погрешностью до 0,0002 г. Затем образец накалывают (в торец) на проволоку и подвешивают на плечо весов. Для удаления пузырьков воздуха при испытании образец и проволоку погружают на 2—3 с в бюкс с этиловым спиртом, а затем на 2—3 с в сосуд с дистиллированной водой. На подставку ставят стакан с термостатированной жидкостью и погружают образец в жидкость ниже ее уровня на 1 см так, чтобы он не касался стенок и дна сосуда.

При этом на проволоке и образце не должно быть пузырьков воздуха. Взвешивают образец в жидкости с указанной точностью и снимают его с проволоки. Массу проволоки, погруженной в воду, определяют путем взвешивания ее с погрешностью до 0,001 г.

Результаты определений заносят в протокол испытаний 3.

Расчеты. Плотность ρ_p ($\text{кг}/\text{м}^3$) рассчитывают по формуле:

$$\rho_p = m\rho_0/[m - (m_0 - m_n)], \quad (7.12)$$

где m — масса образца, г; m_0 — масса жидкости, вытесненной образцом с проволокой, г; m_n — масса жидкости, вытесненной проволокой, г; ρ_0 — плотность жидкости при 20°C , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Рассчитывают среднее арифметическое значение плотности. Отклонения показателей плотности трех образцов не должны превышать $\pm 1,5\%$.

7.7. Кольцевой модуль упругости

Сущность определения кольцевого модуля упругости заключается в растяжении стандартного, вулканизированного при определенных условиях, образца под действием заданной нагрузки и измерении его деформации.

При этом получают показатель в условных единицах, который характеризует степень вулканизации резины по ее упругости. Результаты испытания зависят от растяжения образца через 3 с

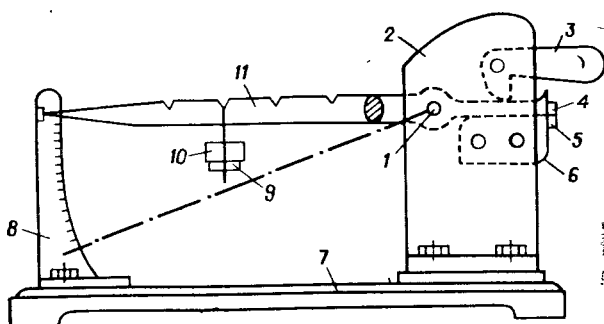


Рис. 7.16. Прибор для определения кольцевого модуля КМУ:

1 — ось; 2 — стойка; 3 — арретир; 4 — короткое плечо рычага; 5 — цилиндр; 6 — держатель; 7 — основание; 8 — шкала; 9 — подвеска; 10 — груз; 11 — длинное плечо рычага

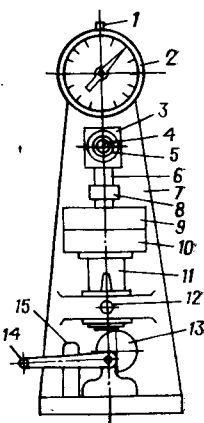


Рис. 7.17. Прибор для определения кольцевого модуля КМ:

1 — шток; 2 — указатель; 3, 8 — кронштейны; 4, 5 — полуцилиндры; 6 — подвеска; 7 — станина; 9, 10 — грузы; 11 — подъемный шток; 12 — штифт; 13 — эксцентрики; 14 — рукоятка; 15 — фиксатор

после приложения постоянной нагрузки. По ГОСТ 412—76 определение проводят на стандартных приборах (рис. 7.16, 7.17).

Прибор КМУ-2 (рис. 7.16) представляет собой основание 7, на котором укреплена стойка 2. На стойке 2 свободно укреплен неравноплечий рычаг длиной 380 мм. На длинном плече рычага 11 имеются четыре гнезда для укрепления подвески 9 с грузом 10. Расстояние между гнездами и от оси вращения до первого гнезда равно 65 мм. Масса грузов с подвеской 10 и 20 Н. Конец рычага заострен и является указателем прибора. Короткое его плечо 4 (равное 73 мм) опирается на неподвижный держатель 6 и заканчивается полуцилиндрическим выступом длиной 8 мм. Держатель 6 имеет также полуцилиндрический выступ. Сложенные вместе выступы образуют цилиндр 5 диаметром 9 мм, на который надевается образец. Рычаг удерживается в горизонтальном положении при помощи арретира 3 с эксцентриковым зажимом. Дугообразная шкала прибора 8 разделена на 15 равных делений и отстоит от оси вращения на 380 мм. Деления шкалы даны в условных единицах. Образцы для испытаний представляют собой кольцо толщиной $(5 \pm 0,1)$ мм с наружным диаметром $(35 \pm 0,2)$ мм и внутренним диаметром $(9,5 \pm 0,2)$ мм. Образцы вулканизуют в пресс-формах на гидравлических прессах, в строго определенном режиме (t° , p , τ), а затем охлаждаются в проточной воде до 10 мин.

Применяется усовершенствованный прибор КМ (рис. 7.17), который обеспечивает нагрузку 5,0—50,0 Н, растяжение образца до (300 ± 1) %. Полуцилиндрические разъемные выступы 4 и 5

имеют в сложенном виде диаметр $(10 \pm 0,2)$ мм. Для испытаний на этом приборе образцы имеют форму кольца с наружным диаметром $(18 \pm 0,2)$ мм, внутренним диаметром $(10 \pm 0,2)$ мм и толщиной $(4 \pm 0,1)$ мм.

Практическая работа 14

Определение степени вулканизации резиновых смесей (кольцевого модуля)

Оборудование и материалы

Прибор для определения кольцевого модуля	Штангенциркуль
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)	Секундомер
	Образцы по ГОСТу

Подготовка к работе. Образцы осматривают и отбирают годные к испытанию. Размеры образцов контролируют толщиномером и штангенциркулем. Образцы, размеры которых не укладываются в нормы ГОСТ 412—76, отбрасывают. От каждой испытуемой партии резины отбирают один образец. При проведении повторных испытаний используют три образца из разных участков куска резины. Прибор устанавливают на столе строго горизонтально. Рычаг прибора ставят в горизонтальное положение и закрепляют рукояткой. Указатель рычага должен находиться на нулевом делении шкалы (для КМУ) и стрелки (для КМ).

Проведение работы. Образец надевают на сомкнутые полумонолитрические выступы так, чтобы он прилегал к держателю. Подвеску навешивают в гнездо, указанное в условиях испытания, и на нее накладывают заданный груз 10 или 20 Н. Плавно поднимают рукоятку в крайнее верхнее положение. При этом рычаг освобождается и растягивает образец. Образец выдерживают под нагрузкой 3 с и определяют положение острия рычага на шкале прибора с точностью до половины деления шкалы. При испытании заполняют протокол 4.

Если показатели кольцевого модуля близки к предельным значениям шкалы прибора, меняют плечо и груз так, чтобы острие рычага или стрелки (у прибора КМ) фиксировалось в средней части шкалы.

На КМУ результаты испытания записывают тремя числами, разделенными вертикальной чертой, например: 3 | 10 | 6,5. Первое число показывает порядковый номер гнезда, к которому приложен груз, считая от указателя прибора, второе — массу груза с подвеской и третье — растяжение кольца в условных единицах шкалы на третьей секунде растяжения.

На приборе КМ фиксируют два числа: нагрузку (Н или кгс) и растяжение образца (мм) на третьей секунде испытания после поднятия рукоятки 14.

ПРОТОКОЛ 4

определения кольцевого модуля резины

Дата испытания Время вулканизации, мин
Тип прибора Температура вулканизации, °С
Марка резиновой смеси

№ образца	Диаметр образца, мм		Толщина образца, мм	№ гнезда *	Масса груза с подве- ской, Н*	Пока- зание шкалы	Откло- нение
	внутрен- ний	наруж- ный					

* При работе на КМ не заполняется.

Степень вулканизации образца тем меньше, чем больше показатель растяжения при одном и том же режиме нагружения (груз и гнездо приложения).

Неравномерность смешения при приготовлении резиновых смесей дает разброс показателя при испытании образцов из разных участков одной смеси.

Отклонение показателя от норм (как и твердости) возможно при несоблюдении дозировок вулканизационной группы. Завышенный показатель кольцевого модуля соответствует заниженным навескам вулканизирующего вещества, ускорителя или активатора ускорителей.

7.8. Твердость резин

Твердость является одной из важных физических и эксплуатационных характеристик резин и указывается в большинстве ГОСТов и ТУ на резиновые изделия.

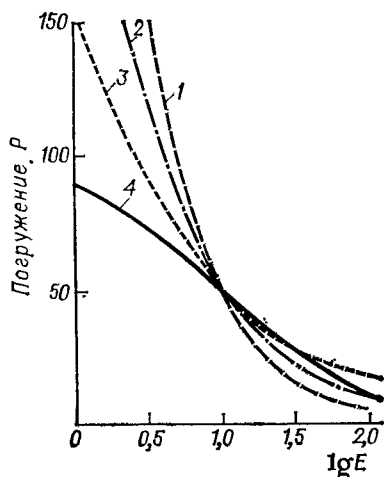
Определение твердости проводят при контроле качества резиновых смесей, поскольку этот показатель характеризует соблюдение дозировок вулканизирующей группы, наполнителей и пластификаторов при смешении. Испытания ведут на вулканизованных образцах, полученных непосредственно после изготовления смеси (экспресс-контроль).

Показатель твердости вулканизатов позволяет судить об их степени вулканизации, а следовательно, контролировать соблюдение технологических режимов вулканизации. По твердости можно судить об упругих свойствах резин.

При контроле ряда изделий показатель твердости является одной из основных эксплуатационных характеристик. Определение твердости микротвердомерами — единственный метод статических испытаний для малых количеств резин.

Рис. 7.18. Зависимость глубины погружения индентора от модуля упругости:

1 — цилиндрический индентор; 2 — сферический; 3 — конусный; 4 — игольчатый



Контроль твердости широко используется на предприятиях и в научно-исследовательских институтах благодаря простоте применяемых приборов и методов испытаний, значительной чувствительности испытаний и малой затрате времени на определения. В ряде случаев испытание можно проводить на готовом изделии, не вырезая из него образца.

Под термином **тв е р д о с т ь** понимают сопротивление материала концентрированным внешним воздействиям — вдавливанию в него металлического тела в виде наконечников (инденторов) разной формы и размеров. При определении показателя твердости изучают поведение резины в момент внедрения индентора, при котором возникают деформации растяжения, сдвига и сжатия. В связи с этим определяют зависимость показателя твердости от модуля Юнга.

В зависимости от формы индентора глубина погружения индентора h выражается следующими соотношениями: при шариковом инденторе

$$h = K_1 (F/E)^{0.74} R^{-0.48}; \quad (7.13)$$

при конусном инденторе

$$h = K_2 (F/E)^{0.5}, \quad (7.14)$$

где F — сила, действующая на индентор; E — модуль Юнга; R — радиус шарика; K_1, K_2 — константы, зависящие от формы индентора.

Твердость может определяться в нескольких режимах нагружения:

при действии на индентор определенной постоянной нагрузки в течение заданного времени — на твердомере ТШМ-2, ИСО;

при действии на индентор переменной нагрузки, создаваемой деформирующей пружиной, — на твердомере для определения твердости по Шору А (ТМ-2). В этом случае зависимость глубины погружения от $\lg E$ близка к линейной (рис. 7.18).

При измерении твердости наблюдается явление ползучести, выражающееся в постепенном увеличении глубины погружения индентора, особенно у недовулканизованных резин и вулканизатов на основе СК малой упругости. Поэтому действие силы на индентор должно продолжаться строго определенное время.

Твердость резин зависит от свойств каучука, входящего в состав резиновой смеси, свойств и дозировок вулканизирующей

группы, наполнителей и пластификаторов. Введение в резиновую смесь активных ускорителей группы тиазолов, тиурамов, сульфенамидов и увеличение их дозировок повышает степень вулканизации резин, а следовательно, и их твердость. Активные наполнители (П-234, П-324, К-354) также повышают твердость резин до определенного максимального значения. Пластификаторы твердость снижают.

Существенно влияют на показатель твердости режимы вулканизации резин. Для натурального каучука с увеличением времени вулканизации твердость возрастает до оптимального значения, а затем начинает уменьшаться. У большинства синтетических каучуков с возрастанием продолжительности вулканизации твердость увеличивается.

По степени твердости резины можно разделить на несколько групп (табл. 7.2).

Для проведения испытаний используют твердомеры, принцип действия которых заключается во вдавливании металлического тела определенной формы и размеров — наконечника прибора (индентора) в испытуемый образец и определении глубины ее погружения (ИСО, ТШМ-2) или деформации пружины, связанной с вдавливаемой поверхностью (по Шору А).

В результате испытания определяется число твердости, выраженное в Паскалях или отвлеченным числом. В первом случае твердость H выражается соотношением приложенной к образцу нагрузки F и площади контакта индентора с образцом S , которая зависит от глубины погружения индентора h :

$$H = F/S. \quad (7.15)$$

Результаты испытания зависят от следующих факторов:
нагрузки на образец;

нагрузки, при которой проводится нулевой отсчет, необходимый для обеспечения контакта индентора с образцом;

продолжительности действия нагрузки;

формы и размера индентора и степени его изношенности; чем меньше его размер, тем меньше сказывается состояние поверхности и толщина образца; в этом отношении целесообразнее применение конических инденторов, однако они имеют больший износ;

твердости материала, на который укладывают образец при испытании; чем больше глубина погружения индентора, тем зна-

ТАБЛИЦА 7.2. Классификация резин по твердости

Группа	Степень твердости	Пределы твердости по Шору А
I	Малой твердости	35—50
II	Средней твердости	50—70
III	Повышенной твердости	70—90

чительнее влияние жесткости поверхности, на которой находится образец;

сил трения между поверхностями индентора и образца, на которые влияют состав резины, материал индентора, состояние поверхностей;

соотношения размеров наконечника и толщины образца, влияющего на глубину погружения наконечника;

формы образца;

расстояния от края образца до места погружения наконечника;

температуры испытаний.

Оптимальными условиями испытания можно считать применение небольших нагрузок и времени их приложения; инденторов сферической формы, имеющих меньший износ; образцов с ровной, гладкой поверхностью толщиной $(6,0 \pm 0,3)$ мм. Допускается и не менее 5 мм, а из изделий не менее 4 мм. Определение твердости следует проводить в разных местах образца. Время испытания на стандартных приборах не превышает 30 с.

Твердость может определяться при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, повышенной и пониженной температурах. Испытания проводят при температурах до 150°C и при низких температурах (до -60°C) на известных твердомерах, снабженных нагревательной или охлаждающей камерой.

Продолжительность прогрева или охлаждения образцов до испытания, температурный режим испытания строго регламентируются.

Определение твердости при низких температурах можно использовать как метод определения морозостойкости резин.

Твердомеры, применяемые для испытаний, делятся на приборы лабораторного типа и портативные. К первым относятся твердомер ТШМ-2, твердомер для определения твердости по ИСО, микротвердомеры и др. Микротвердомеры применяются для определения твердости изделий малых размеров, сложной конфигурации и не имеющих плоских поверхностей. Портативным является твердомер ТИР для определения твердости по Шору А, которым широко пользуются и в лабораториях, и в цехах. При испытании серии образцов зависимость твердости резин от их состава, степени вулканизации и условий испытания выражают графически.

НИИРПом разработан прибор ПТЭР для одновременного определения твердости и гистерезисных потерь. По своим параметрам он соответствует требованиям ГОСТ 20403—75 на определение твердости по ИСО. После погружения индентора в образец на глубину h_1 (характеристика твердости) происходит его выталкивание образцом. Глубина остаточной деформации h_2 определяет гистерезисные потери. Она имеет вязкоупругий характер. Гистерезисные потери χ рассчитывают по формуле:

$$\chi = h_2 \cdot 100 / h_1. \quad (7.16)$$

7.9. Методики определения твердости резин

7.9.1. ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОМЕРЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО ШОРУ А

Твердомер является портативным прибором, отличается простотой конструкции и малыми размерами.

Сущность испытания заключается в погружении игольчатого индентора твердомера в образец и измерении его сопротивления вдавливанию. Рабочий диапазон твердомера 20—90 усл. ед. твердости. Испытания ведут по ГОСТ 263—75.

Твердомеры широко используются, поскольку испытание проводится быстро и легко, а результат испытания определяется по шкале прибора, без дополнительных вычислений.

Твердомер (рис. 7.19) представляет собой металлический корпус 3, в котором находится механизм прибора. На нижней плоскости корпуса укреплена шайба 7 с отверстием, через которое проходит игла 8 и пластинка 5. При установке прибора на образце и нажмем на головку 1 индентор в виде иглы под давлением пружины 4 погружается в образец. При этом зубчатая рейка 10 поворачивает шестерню 9 и перемещает стрелку 6, находящуюся на оси шестерни, по шкале прибора. Шкала 2 разделена на 20 равных делений от 0 до 100 через 5 усл. ед. Индентор имеет наконечник, представляющий собой усеченный конус из закаленной стали. Наконечник имеет строго определенные размеры и должен выступать из корпуса на расстояние $25 \pm 0,05$ мм.

При установке твердомера на стеклянный или гладкой металлической поверхности и нажмем на головку прибора стрелка должна показывать твердость 100 ± 1 .

Принцип работы прибора заключается в следующем: игла прибора погружается в испытуемый образец на определенную глубину до момента уравнивания силы выталкивания иглы из резины давлением деформированной пружины. Игла погружается глубже, если мала сила выталкивания иглы образцом; пружина при этом деформируется мало. Поскольку движение иглы связано со смещением зубчатой рейки, которая в свою очередь пово-

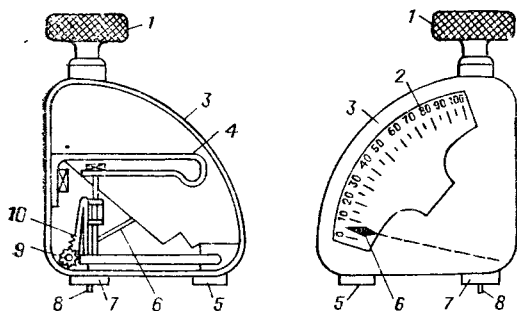


Рис. 7.19. Твердомер для определения твердости по Шору А:
1 — головка; 2 — шкала; 3 — корпус; 4 — пружина; 5 — пластинка; 6 — стрелка; 7 — шайба; 8 — игла; 9 — шестерня; 10 — зубчатая рейка

рачивает шестерню со стрелкой, при незначительных силах выталкивания иглы твердость будет выражаться небольшими числами. При силе выталкивания иглы, т. е. давлении пружины ($0,56 \pm 0,04$) Н или меньше, игла погрузится в образец на всю глубину, равную ($25 \pm 0,05$) мм. Стрелка прибора в этом случае покажет 0. При максимальном давлении пружины ($8,22 \pm 0,04$) Н и более показание стрелки равно 100, так как сила выталкивания максимальна и игла погружается в образец.

Твердомер для определения твердости по Шору А не дает достаточной точности, поскольку в процессе эксплуатации меняется упругость его пружины и изнашивается индентор, возможно нарушение поверхности образца конусным наконечником (прокол) и результаты испытания в какой-то мере зависят от силы нажима на головку прибора. В связи с этим целесообразно использовать прибор только для сравнительных испытаний.

Для повышения точности определения рекомендуется закреплять твердомер при помощи его головки на специальной площадке. При этом достигаются однородные условия деформации пружины за счет постоянного усилия на образец равного 10 Н и исключаются перекосы при прижиге прибора к образцу. Такой прибор работает от электросети.

В качестве образцов для испытания применяют вулканизованные пластины с параллельными плоскостями, с гладкой поверхностью, без трещин, впадин, пузырей и посторонних включений. Форма образцов круглая (диаметр не менее 36 мм) или прямоугольная (31×36 мм). При вырезании образцов из готовых изделий меньшей площади подбирают пластины одинаковой толщины. Допускаются образцы, состоящие не более чем из трех слоев одной и той же резины, с толщиной поверхностного слоя не менее 2 мм.

Практическая работа 15

Определение твердости по Шору А

Оборудование и материалы

Твердомер для определения твердости по Шору А
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм, измерительное усилие 7,8—19,6 Н)

Подставка для образцов
Образцы по ГОСТу
Секундомер

Подготовка к работе. Образцы, выдержанные после вулканизации не менее 6 ч, отбирают по толщине, контролируя ее толщиномером, и по внешнему виду. Число образцов, отобранных для испытания, должно быть не менее трех. До испытания проверяют исправность прибора по контрольной площадке.

Проведение работы. Испытания проводят при $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Образцы поочередно помещают на подставку или стекло и ставят твердомер так, чтобы его опорная планка и шайба находились на

ПРОТОКОЛ 5

испытаний на твердомерах для определения твердости по Шору А
и в международных единицах (по ИСО) при обычных условиях (А)
и после воздействия повышенных температур и агрессивных сред (Б)

Дата	Марка резиновой смеси
Тип прибора	Температура испытания
Тип индентора	Среда испытания

Показатели	Номера образцов и точек отбора																	
	А									Б								
	1			2			3			4			5			6		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Показания индикатора, соответствующие нагрузкам
контактной
общей

Глубина погружения индентора, мм

Число твердости

Отклонения ΔH , %

Примечание. При определении твердости по Шору А заполняются только три последние строки.

образце, их плоскости были параллельны поверхности образца. Опорную планку и шайбу доводят до соприкосновения с поверхностью образца на расстоянии не менее 13 мм от края, вертикально нажимая рукой на головку прибора без толчков и ударов. Усилие при нажиме должно быть небольшим, но достаточным для создания контакта поверхностей. Показатель твердости отсчитывают по истечении 3_{-0}^{+1} с с момента приложения нагрузки. Для образцов, у которых наблюдается дальнейшее погружение индентора, показатель фиксируют через (15 ± 1) с, оговорив это в протоколе испытаний. При использовании приборов ТИР, ТИР-1 и ТМ-2 показатель твердости фиксируют сразу после погружения индентора.

Образец испытывают не менее чем в трех точках поверхности, на расстоянии не менее 5 мм друг от друга в разных местах образца. Для большей точности применяют приспособление, обеспечивающее прижимное усилие 10,0 Н. Определение твердости образцов при повышенной и пониженной температурах ведут по приведенной методике, предварительно прогрев или охладив образцы в термокриокамере, температуру в которой регулируют терморегулятором или контактнм термометром, или выдержав заданное время в агрессивной среде.

Результаты испытаний заносят в протокол 5.

Расчеты. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение из результатов не менее трех измерений в раз-

ных точках на одном образце. Допускаемое отклонение от среднего значения не должно превышать ± 3 ед. твердости.

Полученные при испытании образцов результаты сравнивают с нормами твердости для данной марки резины или изделия, приведенными в ГОСТ или ТУ (см. Приложения X и XI). При отсутствии документации сравнение ведут с числами твердости эталонной резины. Отклонение на 2 ед. твердости указывает на нарушение технологического регламента, несоблюдение дозировок каучука, наполнителя, пластификатора или вулканизирующей группы.

7.9.2. ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОМЕРЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ЕДИНИЦАХ (ПО ИСО)

Сущность испытания (ГОСТ 20403—75) заключается во вдавлении индентора сферической формы в образец резины после создания контактного нагружения.

Твердомер (рис. 7.20) для определения твердости резин по международной системе ИСО (в интервале 30—100 международных единиц IRHD) состоит из прямоугольного пустотелого основания, в верхней части которого закреплена стойка, площадки (столика) 11 и уровня прибора. В нижней части основания закреплена панель пульта управления, на которой смонтированы вся электрическая часть прибора и вибратор. Основание имеет три шарнирные опоры. В стойку вмонтирована косозубая рейка, по которой с помощью трибки и рукоятки 3 перемещается каретка. На верхней плоскости выступа каретки закреплен узел измерителя 1. В нижней части каретки перемещается узел нагружения 6 и закреплен узел прижима образца 8 и 9. В средней части каретки вмонтирован узел переключателя.

Узел измерителя представляет собой индикатор часового типа, к штоку которого при помощи шарнира прикреплен шток прибора 2. На нижнем конце штока находится наконечник с шаровидным основанием 12, диаметр которого равен $(2,5 \pm 0,01)$ мм. Узел нагружения состоит из гайки с рукояткой, внутри которой свободно подвешен груз массой $(5,5 \pm 0,02)$ Н. Общая нагрузка составляет 5,69 Н. При повороте гайки по часовой стрелке груз вместе с гайкой опускается. Угол поворота гайки ограничен двумя упорами, которые одновременно перемещают колодку переключателя вправо и влево, обеспечивая переключение электриче-

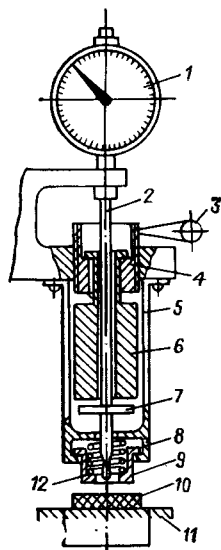


Рис. 7.20. Твердомер для определения твердости по ИСО:

1 — индикатор; 2 — шток; 3 — рукоятка; 4 — гайка; 5 — кожух; 6 — груз; 7 — запячки; 8 — пружина; 9 — прижимная лапка; 10 — образец; 11 — площадка; 12 — индентор

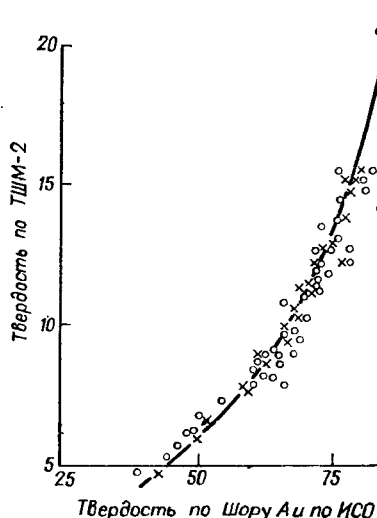


Рис. 7.21. Сравнительные данные по показателям твердости, полученным различными методами

ской цепи, с помощью которой дается звуковой сигнал времени приложения нагрузки. Узел прижима предназначен для крепления образца при испытании. Он состоит из полого цилиндра, в нижней части которого прикреплен фланец. В нем перемещается кольцевая прижимная лапка 9, находящаяся под давлением цилиндрической пружины.

Все узлы смонтированы на каретке и перемещаются вместе с ней по стойке прибора. Узел пульта управления обеспечивает работу вибратора, сигнальной лампы и звукового сигнала, ограничивающего выдержку образца под нагрузкой. На основании прибора выведены: сигнальная лампа, определяющая момент соприкосновения груза с образцом, заземляющий винт, тумблер включения вибратора и регулятор выдержки времени испытания (равного 30 с). Наличие вибратора в приборе повышает его чувствительность. Предел измерения по шкале прибора 0—2 мм, ход каретки 30—35 мм. Питание — от сети напряжением 220 В. В приборе учитывается предварительная нагрузка на образец, которая создается от стержня с шариком и измерительного усилия микрометра и равна $(0,3 \pm 0,02)$ Н. Образец прижимается к столу прибора кольцом, которое создает необходимое давление 3 Н/см^2 . Глубина погружения шарика определяется при помощи индикаторной головки (погрешность измерения 0,01 мм). Высота прибора равна 400 мм, площадь поперечного сечения — $220 \times 220 \text{ мм}$.

Образцы для испытания по ГОСТ 20403—75 представляют собой вулканизованную пластину прямоугольной или круглой формы толщиной не менее 10 мм. Разность между максимальной и минимальной толщиной образцов не должна превышать 0,2 мм. Испытывается один образец.

Результаты испытаний, полученные на приборе, можно сопоставить со значениями твердости по Шору А и определенными для тех же образцов на твердоме ТШМ-2. Из рис. 7.21 видно, что значения твердости по ИСО и Шору А могут коррелировать с показателями по ТШМ-2 и отличаются на 2—3 ед. Наибольшее совпадение значений показателей свойств наблюдается для неполноценных вулканизатов.

Определение твердости резин в международных единицах (по ИСО)

Оборудование и материалы

Твердомер
Толщиномер (погрешность измерения до 0,01 мм)

Секундомер механический
Штангенциркуль
Образцы по ГОСТу

Подготовка к работе. Выверяют установку прибора по уровню, включают его в электросеть (напряжением 220 В). Груз ставят в исходное положение — поднимают до упора. Образцы выдерживают после вулканизации от 16 ч до 28 сут, кондиционируют не менее 1 ч при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и укладывают на мерительную площадку 11 (см. рис. 7.20). При помощи тумблера включают вибратор. Прижимную лапку 9 доводят до соприкосновения с образцом, опуская каретку поворотом рукоятки 3 на себя.

Проведение работы. Образец прижимают к поверхности предметного стола прижимной лапкой, индентор опускают до соприкосновения шарика с образцом и выдерживают 5—8 с под действием предварительной нагрузки. Шкалу устанавливают на деление «100» и плавно прикладывают основную нагрузку. Через (30 ± 2) с отмечают показания шкалы, соответствующей твердости по ИСО в данной точке в единицах IRHD. Если шкала прибора градуирована в метрических единицах длины, то ее устанавливают на «0» и сразу прикладывают основную нагрузку. Глубину погружения шарика индентора переводят в единицы IRHD по таблице, приведенной в Приложении XII.

Измерения проводят не менее чем в трех точках в разных местах; расстояние от края образца до точки измерения зависит от толщины образца:

Толщина образца, мм	4	6	8	9	10	15	≥ 25
Расстояние от точки измерения до края образца, мм, не менее	7,8	8,0	9,0	9,0	10,0	11,5	13,0

Результаты испытания вносят в протокол 5 и рассчитывают среднее арифметическое значение всех измерений в единицах IRHD, округленное до целого числа. Если шкала градуирована не в международных единицах, а в миллиметрах, глубину погружения рассчитывают по формуле:

$$h = h_2 - h_1, \quad (7.17)$$

где h_1 и h_2 — показания индикатора при контактной и общей нагрузках, мм.

Перевод в международные единицы твердости ведут по таблице Приложения XII.

Причины отклонений результатов испытаний от установленных норм — см. раздел 7.12.

7.9.3. МИКРОТВЕРДОМЕРЫ

Описанные выше твердомеры не обладают достаточной чувствительностью, и области их применения ограничены. Они могут использоваться для определения твердости изделий и образцов, имеющих значительные размеры и толщину, плоскопараллельные поверхности, простую конфигурацию.

В целях удовлетворения требований промышленности, выпускающей большой ассортимент изделий сложной формы, в СССР применяются микротвердомеры для определения твердости по ИСО. Определение микротвердости является практически единственным методом статических испытаний, возможных для очень малых количеств материала.

Микротвердомеры отличаются повышенной точностью определений, достигающей до 0,00025 мм. Это позволяет проводить достаточно точный экспресс-контроль качества материалов и соблюдения технологических режимов при изготовлении резиновых смесей и изделий.

Сравнение результатов испытаний, полученных на микротвердомерах и на твердомерах обычной конструкции, возможно, если образцы для определения твердости на микротвердомере имеют толщину 2—3 мм.

7.10. Определение кинетики вулканизации резиновых смесей

Изучение кинетики вулканизации резиновых смесей имеет не только теоретический интерес, но и практическое значение для оценки поведения резиновых смесей при переработке и вулканизации. Для определения режимов технологических процессов в производстве должны быть известны показатели вулканизуемости резиновых смесей, т. е. их склонность к преждевременной вулканизации — начало вулканизации и ее скорость (для переработки), а собственно для процесса вулканизации — кроме приведенных показателей — оптимум и плато вулканизации, область реверсии.

Подвулканизация смесей определяется на ряде приборов: на вискозиметрах — по увеличению вязкости, выдавливающих пластометрах — по уменьшению скорости выдавливания, на капиллярных приборах — по уменьшению скорости истечения. Наиболее широко используются сдвиговые вискозиметры Муни (см. раздел 7.4.3), позволяющие определять подвулканизацию по кинетической кривой в прямоугольной системе координат момент сопротивления сдвигу — время.

Кинетику процесса вулканизации на всех его стадиях — прогрев резиновой смеси, индукционный период, вулканизация и реверсия — характеризуют кривые, получаемые при проведении

испытаний рядом методов на приборах, снабженных автоматическими самопишущими устройствами. Широко используются для этой цели вулканметры, на которых образцы подвергают знакопеременной деформации сдвига, с постоянными амплитудой, частотой и температурой испытания. При этом снимают кинетическую кривую усилие сдвига — время в системе прямоугольных координат, по которой определяют следующие показатели: время начала подвулканизации τ_n , скорость вулканизации v_v и время оптимума вулканизации $\tau_{оп}$.

Скорость вулканизации (%/мин) рассчитывают по формуле:

$$v_v = 100/(\tau_{оп} - \tau_n). \quad (7.18)$$

Методика испытания предусмотрена ГОСТ 12535—84.

В результате совершенствования вулканметров появились новые виды приборов: сдвиговые вискозиметры Гудрич (типа Муни), виброреометры Монсанто и др.

Определение термопластичности, скорости, оптимума и плато вулканизации, состояния смесей после вулканизации (реверсии) проводят на виброреометре «Монсанто-100» (см. раздел 7.3, рис. 7.3), получая кинетическую кривую вулканизации в системе координат крутящий момент сдвига — время испытания (мин). Показатели испытания соответствуют вязкости смеси в пределах 0—100 ед. (рис. 7.4).

При отсутствии указанных приборов в лабораториях техникума оптимум и плато вулканизации смесей определяют способом, приведенным в разделе 8.4.

7.11. Новые методы ускоренного контроля резиновых смесей

Наряду с приведенными выше методами ускоренного контроля (см. раздел 7.6) используются и изучаются новые способы более полного определения качества смесей и с наименьшей затратой времени на проведение испытаний. Особенно важно использование таких методов при непрерывном технологическом процессе производства.

При поточном методе одной из основных задач является выдача точных результатов испытания качества резиновых смесей в течение 2—4 мин. Контроль осуществляют при помощи приборов различного типа. Широко используется установка, состоящая из вулканизационного пресса с диаметром плит 100 мм и прибора для определения кольцевого модуля, отличающемся от стандартного прибора меньшими габаритами (рис. 7.22). Пресс оборудован пневматическим приводом и автоматическим управлением. Плиты пресса обогреваются электронагревательными элементами до 190—200 °С. Время вулканизации образцов 1,0—1,5 мин. Верхняя плита опускается сжатым воздухом под давлением

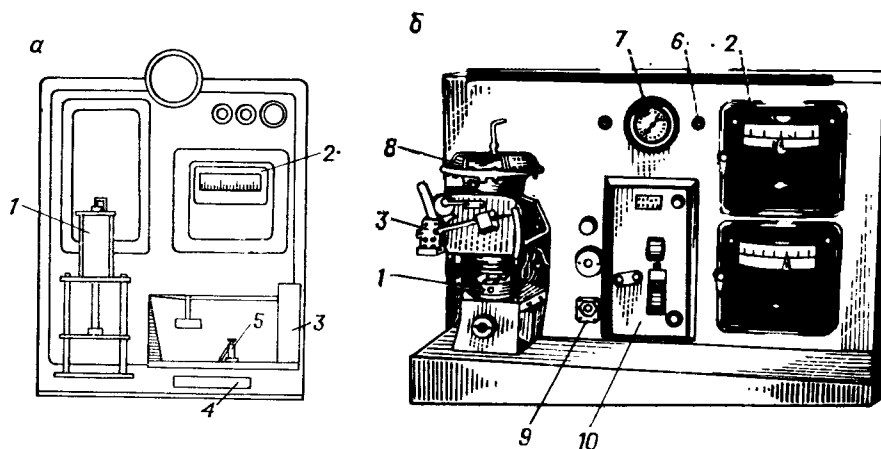


Рис. 7.22. Схема (а) и общий вид (б) установки для экспресс-контроля резиновых смесей: 1 — пресс-автомат для вулканизации кольцевых образцов; 2 — потенциометр; 3 — прибор для определения кольцевого модуля; 4 — охлаждающая ванна; 5 — твердомер ТМ-2; 6 — сигнальная лампа; 7 — манометр; 8 — головка пневматического клапана пресса; 9 — включатель; 10 — КЭП-2

600 кПа при помощи пневматического клапана. Пресс работает от КЭП-2, температура плит регистрируется двумя потенциометрами. Давление сжатого воздуха контролируется манометром.

После вулканизации образцы извлекают из пресса и охлаждают в специальной ванне, снабженной реле времени, при помощи которого задают продолжительность охлаждения. Определяют твердость образцов по Шору А с помощью твердомера. Общая продолжительность изготовления образцов и их испытания составляет 2—4 мин.

Значительное число исследовательских работ посвящено разработке приборов для экспресс-контроля смесей с большой чувствительностью и высокой производительностью, а также использованию известных типов приборов для контроля смесей в потоке. К ним относятся сдвиговые вискозиметры (см. раздел 7.4.3) с большим давлением, большими скоростями прогрева образцов и повышенными скоростями деформации, позволяющие определять вязкость и степень подвулканизации резиновых смесей с большой точностью и в минимальные сроки. Эти приборы снабжены самозаписывающим автоматическим устройством. Испытания ведут без предварительного изготовления образцов, благодаря использованию высокого давления прессования. Температура испытания может достигать 200 °С.

Находят широкое применение и виброреометры (см. раздел 7.3) благодаря высокой чувствительности к нарушению рецептурного состава смеси и режимов смешения. Это позволяет использовать реометры не только в лабораторных условиях, но и в подготовительных цехах для экспресс-контроля на потоке. При этом отпа-

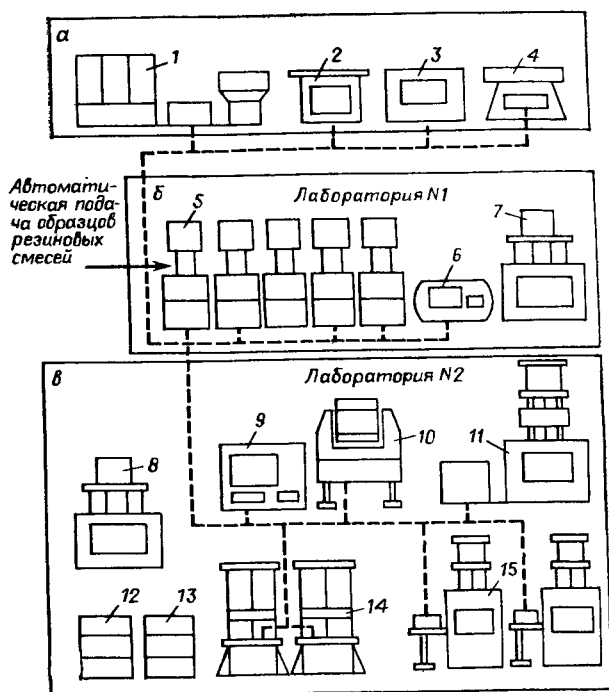


Рис. 7.23. Схема автоматической лаборатории:

а — операторная; б — лаборатория экспресс-контроля; в — лаборатория анализа качественных показателей; 1 — ЭВМ; 2 — запоминающее устройство; 3, 9 — дисплей; 4 — сигнальное и печатающее устройство; 5 — реометры; 6 — установка дистанционного контроля температуры резиновых смесей; 7, 8 — вырубные прессы; 10 — печатающее устройство; 11 — реометр; 12 — прибор для определения твердости; 13 — прибор для определения плотности; 14 — прибор для определения упругопрочностных свойств (тензиометр); 15 — вискозиметр Мунна

дает необходимость в старых методах определения кольцевого модуля, плотности и твердости, продолжительность испытания резко сокращается.

На основе виброреометров фирма «Монсанто» для автоматического контроля качества резиновых смесей разработала автоматическую лабораторию (рис. 7.23).

Технологические свойства резиновых смесей при смешении и экструзии изучают на пластикордере фирмы «Брабендер», записывающем кинетическую кривую процесса и регистрирующем крутящий момент сдвига и изменение температуры смеси во времени.

Световая и электронная микроскопия, используемая для контроля степени диспергирования порошкообразных ингредиентов в каучуках, позволяет определять равномерность смешения и качество резиновых смесей.

К новым методам контроля качества резиновых смесей на стадии изготовления можно отнести измерение электрических пара-

метров смеси на приборе ТПНК-3. Метод основан на изменении электрической проводимости смеси в процессе ее приготовления и обладает высокой точностью (относительная погрешность не более 3,5 %).

7.12. Анализ и оценка результатов испытаний

Полученные при контроле резиновых смесей данные подвергаются всестороннему анализу с целью выяснения причин возникших отклонений показателей их качества от утвержденных норм. Обычно оценка результатов ведется по нескольким показателям, позволяющим более широко изучить нарушения технологического процесса смешения.

Как указывалось в практических работах настоящей главы (9—16), причинами получения некачественных смесей могут являться нарушения технологических регламентов при дозировании каучуков и ингредиентов (замена одной марки материала другой, ошибки взвешивания) и режимов изготовления смеси (температура, давление, продолжительность, порядок введения ингредиентов). Смесей, представляющие неисправимый брак, исключаются из технологического цикла и могут использоваться для регенерации или изготовления неответственных изделий народного потребления (коврики, маты, пластины и др.). Однако некоторые смеси после соответствующего исправления возвращают в производство.

Если имеются смеси одной марки с одним из завышенных и заниженных показателей, то путем усреднения этого показателя можно получить качественную резиновую смесь. Для этого смеси перемешивают, предварительно рассчитав их навески.

Пример. Для получения навески M , равной 100 кг резиновой смеси с заданной твердостью по Шору А 60, из забракованных смесей с твердостью 45 и 70 рассчитывают разность показателей твердости $70 - 60 = 10$ и $60 - 45 = 15$, узнают их сумму $10 + 15 = 25$ и по переводным коэффициентам $K_1 = 10 : 25 = 0,4$ и $K_2 = 15 : 25 = 0,6$ определяют навески резиновых смесей:

$$M_{\text{ТВ } 45} = MK_1 = 100 \cdot 0,4 = 40 \text{ кг};$$

$$M_{\text{ТВ } 70} = MK_2 = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ кг}.$$

Подобные расчеты проводят и при исправлении резиновых смесей, забракованных по другим показателям ускоренного контроля.

Контрольные вопросы

1. Методы определения качества резиновых смесей. Принцип их ускоренного (экспресс) контроля.
2. Пластичность, жесткость, вязкость, эластическое восстановление, плотность, кольцевой модуль и твердость.
3. Конструкция приборов.
4. Образцы для испытаний.
5. Порядок проведения работ. Расчетные формулы.
6. Причины отклонений результатов испытаний от установленных норм.

7. Каучуки, ингредиенты, режимы сработки, обеспечивающие оптимальные показатели.

8. Способы исправления резиновых смесей с показателями, отличающимися от нормативных.

9. Контроль резиновых смесей в потоке. Новые методы и приборы для контроля качества резиновых смесей.

Глава 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГОПРОЧНОСТНЫХ И ЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИН

8.1. Показатели, характеризующие упругопрочностные и эластические свойства резин

8.1.1. ПРОЧНОСТЬ

Разрушение эластомеров под влиянием механических сил происходит в результате локального прекращения взаимодействия между атомами и молекулами, приводящего к разрыву, растрескиванию, раздиру и другим явлениям. Процесс ускоряется содержащимися в воздухе кислородом, озоном, диоксидом азота, влагой.

Прочность является основной характеристикой конструкционных материалов и определяет сопротивление материала разрушению под влиянием механических воздействий, характеризующихся предельным для данного режима нагружения напряжением, при котором происходит разрушение. Напряжение зависит от типа деформации.

В зависимости от физического состояния материала и условий деформации возможны три вида разрушения: хрупкое, высокоэластическое и пластическое. Для резин при нормальных температурных условиях характерно высокоэластическое разрушение. При их растяжении может происходить скол, отрыв или их сочетание (рис. 8.1). Для резин наиболее опасны растягивающие усилия, поэтому обычно оценку прочности проводят при растяжении. Растяжение может происходить при постепенно увеличивающемся усилии до разрушения образца. В процессе растяжения резины претерпевают три стадии состояния:

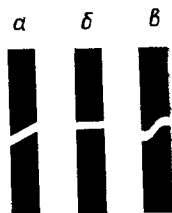
нагружение, приводящее к увеличению напряжений до появления очага разрушения;

возникновение очагов разрушения около дефектов структуры резины;

собственно разрыв в результате разрастания очага разрушения.

Рис. 8.1. Типы разрушения резин при растяжении:

а — скол; б — отрыв; в — сочетание скола и отрыва



Прочность при растяжении f_{π} характеризуется условной прочностью при растяжении f_p :

$$f_p = P_p/S_0, \quad (8.1)$$

где P_p — усилие, вызвавшее разрыв; S_0 — площадь поперечного сечения образца до испытания.

При эксплуатации резиновые изделия подвергаются нагрузкам значительно меньше предельных. С течением времени резина теряет прочность (появляется статическая усталость) и разрушается.

Снижение прочности резин, находящихся в статически напряженном состоянии, называется статической усталостью.

Время от начала действия на образец постоянного напряжения до разрыва образца характеризует его прочность во времени и называется долговечностью. С увеличением прилагаемого напряжения и температуры долговечность резко падает. Экспериментальное определение долговечности трудоемко и длительно, ее обычно рассчитывают по условной прочности. Поведение резин при растяжении, сжатии, изгибе, кручении сложно и зависит от скорости деформации, температуры, состава и строения резины и других факторов.

Влияние скорости деформации и температуры. Прочность является функцией скорости деформации при эксплуатации резин и их испытании. Чем выше скорость, тем больше показатель прочности резины. При увеличении скорости растяжения возрастает разрушающее напряжение. Такая прямая зависимость характерна для ненаполненных резин на основе некристаллизующихся каучуков. В других случаях зависимость сложнее.

Эластичные материалы при деформации проявляют релаксацию, поскольку ориентация и распрямление подвижных цепей протекают во времени. При постоянном напряжении f наблюдается увеличение деформации до значения, соответствующего равновесному состоянию при данном напряжении. Это явление называют крипом, ползучестью или релаксацией деформации. При этом усилие P и напряжение f — постоянные величины, а относительное удлинение ϵ — переменная.

При заданной деформации с течением времени наблюдается постепенное распределение напряжения на ориентирующиеся молекулярные стрелки цепей в направлении действия силы. При этом происходит спад и выравнивание напряжения в материале — релаксация напряжения ($\epsilon = \text{const}$, f — переменная). Следствием релаксации являются гистерезисные потери — рассеянная часть механической энергии, получаемая при разгрузке резины после деформации.

Релаксация деформации протекает быстрее, чем релаксация напряжения. При действии на образец нарастающего напряжения

деформация в каждый момент времени меньше равновесной, отвечающей данному напряжению. Отставание деформации от напряжения тем больше, чем быстрее меняется напряжение, т. е. скорость растяжения. Чем выше скорость растяжения, тем меньше усилие требуется для разрыва образца, так как при этом достигается меньшая степень ориентации молекулярных цепей (малое время релаксации). Изменение температуры деформации влияет на показатель прочности.

При температуре выше 70 °С продолжительность процессов релаксации резко сокращается в результате увеличения подвижности макромолекул и ослабления межмолекулярного взаимодействия. Скорость растяжения влияет на показатели прочности и удлинения, особенно при пониженной и комнатной температурах $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Повышение температуры, как правило, снижает прочность резин, понижение — увеличивает *. Для получения сравнимых результатов испытания проводят с определенной скоростью и температурой по ТУ или ГОСТам.

Влияние строения и состава. Природа каучука — его молекулярная масса и строение — регулярность, линейность, присутствие функциональных реакционноспособных групп, энергия связи в основной цепи и характер мостиковых связей вулканизата — существенно влияют на прочность и долговечность резины. При увеличении молекулярной массы каучука прочность растет до определенного предела, а затем практически не изменяется. Применяемые вулканизующие вещества, ускорители вулканизации и активаторы, наполнители обеспечивают определенную прочность пространственной структуры вулканизата.

Регулярность строения каучука имеет решающее влияние на его способность ориентироваться и кристаллизоваться. При растяжении гибкие участки макромолекул каучука начинают выпрямляться и ориентироваться в направлении действия деформирующей силы. При этом некоторые каучуки способны к фазовому переходу из аморфного в кристаллическое состояние (НК, СКИ-3, СКД, БК, хлоропреновый каучук). Резины на их основе обладают повышенной прочностью (см. Приложение IX). Резины на основе ориентированных некристаллизующихся каучуков ведут себя при растяжении подобно резинам на основе кристаллизующихся каучуков. По мере распрямления участков макромолекул проявляется их высокая степень ориентации, при этом, как следствие, возрастает жесткость, а следовательно, прочность резин (рис. 8.2).

Полярные каучуки (СКН, хлоропреновый) обладают большей энергией межмолекулярного сцепления, чем неполярные (НК, СКИ, СКД). Увеличение межмолекулярного взаимодействия при использовании полярных каучуков снижает долговечность резин.

* У кристаллизующихся каучуков происходит соответственно плавление кристаллической фазы или ее образование.

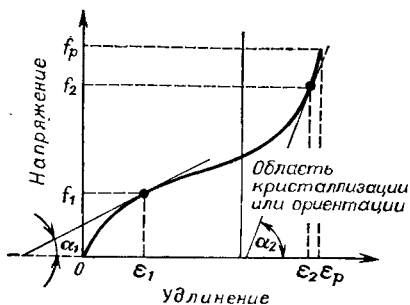


Рис. 8.2. Кривая растяжения резин

С увеличением полярности каучука механизм разрушения теряет специфику, характерную для эластомеров, и приближается к разрушению твердых тел. Повышение молекулярной массы каучука, содержания дополнительного мономера в сополимерах (БСК, СКН, карбоксилатных) увеличивает их прочность.

Введение активных тонкодисперсных наполнителей резко повышает прочность резин на основе некристаллизующихся каучуков за счет образования дополнительных связей наполнитель — каучук и наполнитель — наполнитель. Большие количества наполнителя и пластификатора, снижающие содержание каучука в резине, сокращают ее долговечность, соответственно малые количества повышают ее.

Строение вулканизационной сетки существенно влияет на прочность резин. При увеличении ее густоты прочность возрастает до максимума, а затем падает (рис. 8.3).

Повышение степени вулканизации НК и СКИ-3 ведет к увеличению прочностных свойств вулканизатов до оптимума, а после плато вулканизации наблюдается их понижение — явление реверсии. У хлоропеновых каучуков реверсия не проявляется, у БСК — незначительно. С повышением густоты сетки вулканизата прочность растет, но падает эластичность за счет уменьшения отрезков подвижных цепей. Пластификаторы уменьшают прочность, сокращая силы межмолекулярного взаимодействия, исключение составляют полимерные пластификаторы.

Прочность резин определяется энергиями связей между элементами структурной сетки. Реальная прочность резин всегда меньше теоретической, рассчитанной по энергиям связей, поскольку даже в резине высокого качества имеются микродефекты, возникающие из-за неоднородности и неравномерности пространственной структуры (перенапряжения наиболее коротких отрезков макромолекул между мостиками при деформации), механических включений, воздушных пузырей, тепловых и механических воздействий в процессе производства изделий и т. д. Очаг разрушения, который постепенно разрастается и приводит к полному разрушению материала, появляется в участках, имеющих дефекты, за

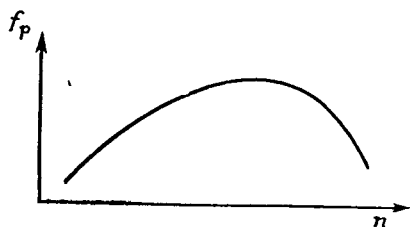


Рис. 8.3. Зависимость условной прочности резин от степени вулканизации

счет перенапряжения при воздействии внешнего напряжения. У образцов большего размера прочность ниже, поэтому показатели сравнивают только на образцах стандартной формы и размеров, тщательно изготовленных. Для получения сравнимых результатов образцы изготавливают в строго определенном направлении по каландрованию, поскольку ориентация макромолекул повышает прочность резин.

Прочность при растяжении определяют для: получения характеристик материала, необходимых при конструировании резиновых изделий; изучения стабильности свойств резин при воздействии агрессивных сред, атмосферных воздействиях, перепадах температур и др.; контроля качества резин и изделий; нахождения оптимума и плато вулканизации; определения расчетным путем долговечности изделий и резин.

8.1.2. ЭЛАСТИЧНОСТЬ

Определяя для резин прочность при растяжении, фиксируют и эластические свойства, характеризуя часто их взаимосвязь кривой растяжения, полученной опытным путем.

На оси ординат откладывают нагрузки P (в кг) или напряжения f (P/S поперечного сечения образца до испытания), на оси абсцисс — относительные удлинения ϵ (в %), соответствующие нагрузкам или напряжениям. Относительные удлинения — это отношение разности длин рабочей части образца после и до разрыва к первоначальной длине рабочей части образца.

Координатами конечной точки являются условная прочность f_p или предельная нагрузка и относительное удлинение в момент разрыва ϵ_p .

При небольших деформациях взаимосвязь между напряжением и деформацией подчиняется закону Гука:

$$f = E\epsilon, \quad (8.2)$$

где E — неравновесный модуль эластичности.

По мере развития эластической деформации из-за релаксации линейная зависимость между f и ϵ нарушается. При медленном растяжении она сохраняется до 300—400 %-ной деформации. В процессе дальнейшей деформации проявляется действие и других факторов, например кристаллизации, и каждому значению напряжения или деформации соответствует свое значение E . На кривой растяжения (см. рис. 8.2) модуль эластичности равен тангенсу угла наклона касательной к оси абсцисс $\tan \alpha$:

$$E = f_p/\epsilon_p = \tan \alpha. \quad (8.3)$$

Чем меньше модуль, тем легче деформируется резина и тем более полого располагается кривая. Таким образом, по наклону кривой в целом или на разных ее участках можно судить о возрастании или уменьшении модуля, а следовательно, о способности резины к деформации в интервале заданных напряжений.

Поскольку релаксационные процессы значительно ускоряются при повышенных температурах, хотя и не завершаются полностью при непродолжительном испытании, состояние материала может считаться условноравновесным. Испытание проводится на специальном приборе при 70 °С. Образец в течение 15—30 с растягивают на определенную величину, и по истечении 1 ч замеряют усилие, обеспечивающее заданную деформацию. За счет вязкоупругих свойств в вулканизированной резине общая деформация может быть не полностью обратимой, поэтому определение остаточной деформации, наряду с общей, дает более полную картину упругоэластических свойств резин. Остаточная деформация определяется после самопроизвольного восстановления формы и размеров образца в течение определенного времени после снятия нагрузки (по ГОСТ 270—75).

При растяжении определяется остаточная деформация Θ (в %) как отношение разности длин рабочей части образца после восстановления и до испытания к первоначальной длине рабочей части образца. Θ не является истинной остаточной деформацией, так как за время «отдыха» (1 мин) резина не успевает полностью обратимо деформироваться, однако в качестве сравнительной характеристики эта величина вполне пригодна.

Поскольку остаточное удлинение зависит от общей деформации, то дополнительно определяют отношение остаточного удлинения к общему удлинению при разрыве.

8.2. Разрывные машины. Конструкция и области применения

Для определения прочностных свойств материалов применяют разрывные машины, которые являются самым универсальным оборудованием для испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, циклические деформации резин, текстиля, резинотканевых материалов, пленок и готовых изделий — ремней, транспортных лент, резиновой обуви и др. На разрывных машинах определяют прочность связи между материалами в многослойных системах (покрышках, рукавах, конвейерных лентах, резиновой обуви и др.). Испытания при различных температурных режимах ведут на разрывной машине, снабженной термокриокамерой, обеспечивающей температуру испытания в пределах от —80 до +300 °С. Это позволяет определять коэффициенты тепло- и морозостойкости.

Разрывные машины * состоят из механизма передачи усилия — привода, осуществляющего деформацию образца, силоизмерительного механизма, узла для измерения деформации образца,

* Согласно ГОСТ 7762—74 у разрывных машин расширяются пределы измерения нагрузок и скорости движения нижнего зажима, число поясов нагрузок должно быть не менее трех, погрешность измерения силы не более $\pm 1\%$ от измеряемой величины, расстояния между метками рабочего участка не более ± 1 мм.

самопишущего приспособления для снятия диаграмм, зажимного приспособления для крепления образцов. Эти основные устройства монтируются на общей станине.

Пределы измерения некоторых марок разрывных машин для испытания резин:

	РМИ-5	РМИ-60	РМИ-250
Количество шкал	2	2	3
Пределы измерения, Н	0—100 0—500	0—300 0—600	0—500 0—1000 0—2500

Находят применение машины с компьютером — тензометры фирмы «Монсанто», комплектуемые устройством сбора и обработки информации с печатающим блоком, экстензометром (тензометрической приставкой для измерения действительных усилий и напряжений при растяжениях разрыва), термостатированной камерой для испытаний образцов в интервале температур от 20 до 150 °С и электронным самописцем. Тензометры измеряют напряжение и деформацию образца, показывают рассчитанные показатели прочностных и эластических свойств на ленточном самописце и записывают кривые деформации — напряжение. Испытания ведут при скорости 10—500 мм/мин и диапазоне нагрузок от 50 до 150—20 000 Н.

Машина РМИ-60 (рис. 8.4). Привод машины осуществляется от электродвигателя 19, включаемого кнопчным магнитным пускателем 12. Через клиноременную передачу 20 и двуступенчатые шкивы 21 движение передается редуктору 18 и затем через цепную передачу 13 нижнему зажиму 10. При установке ремня на соответствующие ступени шкивов редуктор может давать зажиму две пары скоростей перемещения: 200 и 1000 или 100 и 500 мм/мин. Переключение с одной скорости на другую производится с помощью педали 16. Положение педали, соответствующее требуемой скорости движения нижнего зажима, указано в таблице скоростей 17, расположенной под педалью. Для быстрого поднятия или опускания нижнего зажима при холостом ходе служит педаль 15. Автоматическая остановка машины при крайних нижнем и верхнем положениях нижнего зажима осуществляется с помощью концевых выключателей 11 и 14, при нажиме на которые электродвигатель отключается.

Силоизмерители. На машинах РМИ установлены силоизмерители маятникового типа. В соответствии с числом шкал нагрузок к разрывным машинам прилагаются сменные грузы для РМИ-60 — 2 груза, для РМИ-250 — 3 груза.

Выбор шкалы машины определяется измеряемой силой, которая должна составлять 20—90 % номинального значения шкалы машины.

На оси 32 (см. рис. 8.4) маятника 31 с грузом 4 свободно подвешен держатель 6, в котором коническим штифтом 7 закреплен верхний зажим 8. При приложении нагрузки к образцу маятник

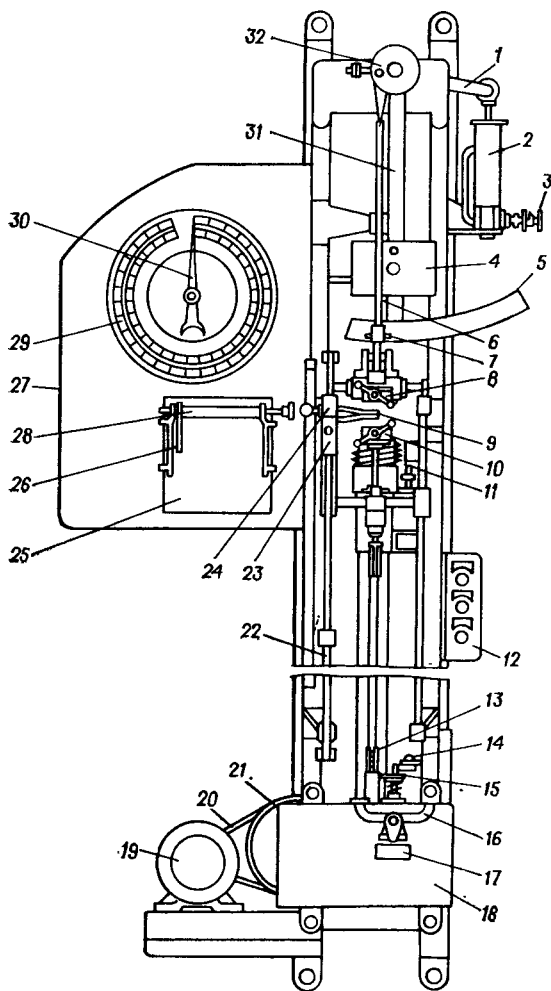


Рис. 8.4. Разрывная машина РМИ-60:

1 — рычаг; 2 — демпфер; 3 — дроссель; 4 — груз; 5 — дуга; 6 — держатель; 7 — штифт; 8, 10 — зажимы; 9 — указатели; 11, 14 — концевые выключатели; 12 — кнопочный пускатель; 13 — цель; 15 — педаль; 16 — таблица скоростей; 17 — таблица скоростей; 18 — редуктор; 19 — электродвигатель; 20 — ремень; 21 — шкив; 22 — линейки; 23, 24 — колодки; 25 — пишущий механизм; 26 — каретка с пером; 27 — щит; 28 — валик; 29 — циферблат; 30 — стрелки; 31 — маятник; 32 — ось маятника

отклоняется вдоль дуги 5 и с помощью специальной системы приводит во вращение ведущую стрелку 30, которая увлекает за собой ведомую (рис. 8.5). При обрыве образца ведомая стрелка по шкале циферблата 29 (см. рис. 8.4) фиксирует нагрузку P , а ведущая вместе с маятником возвращается в исходное (нулевое) положение.

Масляный демпфер 2 предохраняет маятник от резкого падения после обрыва образца. Поршень демпфера через рычаг 1

шарнирно соединен с осью маятника, скорость падения которого зависит от скорости движения поршня, регулируемой дроссельным винтом 3. При закреплении образца держатель 6 арретируют защелкой.

Недостатком маятниковых силоизмерителей является их инерционность (установление равенства моментов во времени) и наличие трения на оси маятника, что приводит к погрешностям показателей нагрузки. В настоящее время для разрывных машин разработаны конструкции электронных и механических безынерционных силоизмерителей, аналогичные применяемым в вискозиметре ВР-3 (тип 2001).

Измерение удлинения. На разрывных машинах удлинение измеряют вручную с помощью механизма, изображенного на рис. 8.6. Верхняя колодка 1 с указателем 2 и линейка 6 жестко скреплены и могут перемещаться вместе по планке 7, укрепленной на станине машины. Нижняя колодка 5 с указателем 4 может свободно перемещаться по мерительной линейке. При измерении удлинения указатели вручную с помощью ручек 8 и 9 перемещают вслед за метками измеряемого участка образца. Результат замера записывают по верхней кромке колодки 5. Линейка имеет две шкалы измерений: одна отградуирована в миллиметрах, другая — в процентах (25 мм соответствуют 100 % удлинения). Указатели закреплены на колодках с помощью шарниров и могут поворачи-

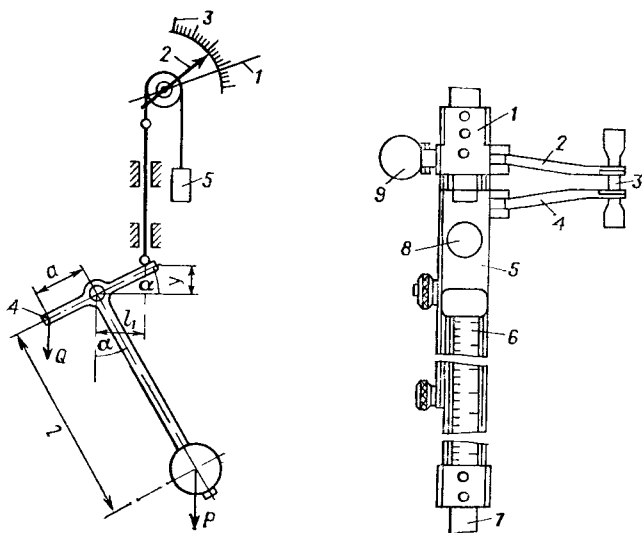


Рис. 8.5. Схема передачи напряжения на стрелку силоизмерителя:

1 — ведомая стрелка; 2 — ведущая стрелка; 3 — шкала; 4 — стержень; 5 — груз; y — смещение стержня; a — длина стержня; α — угол подъема маятника; l_1 — плечо стержня; l — длина маятника; p — масса маятника; Q — нагрузка, растягивающая образец.

Рис. 8.6. Механизм измерения удлинения:

1, 5 — колодки; 2, 4 — указатели; 3 — образец; 6 — линейки; 7 — планка; 8, 9 — ручки

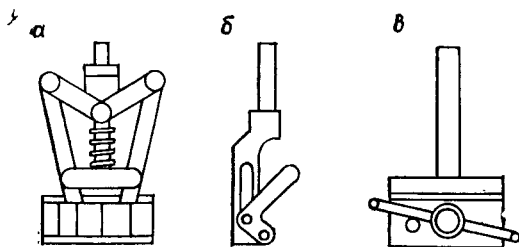


Рис. 8.7. Типы зажимов:

а, б — самозатягивающиеся; в — винтовой

ваться на 180° в нерабочем положении, что предохраняет их от поломки при упоре нижнего зажима в указатели во время его движения и при закреплении образца.

Предел измерения удлинения по отношению к стандартному рабочему участку (25 мм) для машин РМИ-60 составляет 1500 %, для машин РМИ-250 при ручном измерении — 1600 % и при автоматическом — 220 мм.

Пишущий прибор 25 (см. рис. 8.4) записывает в прямоугольных координатах по абсциссе нагрузку (в Н) по ординате — деформацию (в мм). Пишущий прибор с механизмом подачи диаграммной бумаги укреплен на щите 27 станины. Каретка с пером 26 соединена с маятником и при его отклонении передвигается горизонтально. Удлинение записывается при перемещении диаграммной перфорированной бумажной ленты, надетой на валик 28, вращение которого осуществляется при перемещении колодок 23 и 24 с указателями 9 во время измерения удлинения. Колодки через систему блоков с помощью шнура соединены с валиком. Таким образом, при одновременном горизонтальном движении стрелки и перемещении вниз бумажной ленты производится запись кривой нагрузка—удлинение.

Крепление резиновых образцов в разрывных машинах осуществляется с помощью специальных зажимов (рис. 8.7), которые должны обеспечивать равномерное давление по всей ширине образца, а также предотвращать выползание образцов из зажимов и разрушение образцов у мест крепления.

8.3. Испытания на разрывных машинах

Разрывные машины широко используются в лабораториях институтов и промышленных предприятий благодаря сравнительной простоте конструкции и возможности их использования для проведения ряда испытаний, различающихся видом деформации (растяжение, сжатие, изгиб), температурными режимами, материалами (резины, технические ткани, многослойные резинотканевые изделия), формой и размерами испытываемых образцов.

Самые распространенные испытания — определение прочности и удлинения образцов как резины, так и текстильных материалов.

Сущность испытания заключается в растяжении образцов с постоянной скоростью до разрыва и измерении силы (при заданном удлинении и в момент разрыва) и удлинения образца в момент разрыва.

ТАБЛИЦА 8.1. Типы и размеры (в мм, не менее) образцов по ГОСТ 270—75

Размеры	Типы образцов						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
L_0	25,0±1,0	25,0±1,0	20,0±1,0	10,0±1,0	50,0±1,0	50,0±1,0	10,0±1,0
L_1	115	110	75	55	115	110	35
L_2	80±5	80±5	50±3	—	—	—	21±2
L_3	33,0±1,0	90±1,0	25,0±1,0	12,5±1,0	60,0±1,0	60,0±1,0	12,0±0,5
b_0	6,0±0,4	3,0±0,2	4,0±0,1	2,0±0,1	6,0±0,4	3,0±0,2	2,0±0,1
b_1	25,0±1,0	25,0±1,0	12,5±1,0	9,0±1,0	25,0±1,0	25,0±1,0	6,0±0,5
r_1	25,0±1,0	20±1,0	12,5±1,0	9,0±1,0	25,0±1,0	20,3±1,0	3,0±0,1
r_2	14,0±1,0	14,0±1,0	8,0±0,1	7,0±0,5	14,0±1,0	14,0±1,0	3,0±0,1
d			1,0±0,2	или 2,0±0,2			

При растяжении свойства резины оценивают напряжением f_ϵ при удлинении 100, 200, 300 % и т. д., условной прочностью f_p , относительным удлинением в момент разрыва ϵ_p , остаточным удлинением Θ и соотношением Θ/ϵ_p . Записывают кривую растяжения или строят ее по результатам испытания.

Напряжения f_ϵ и f_p являются условными, так как при их расчете учитывают первоначальную площадь сечения. Фактически напряжение в образце всегда больше условного, поскольку площадь поперечного сечения при растяжении все время уменьшается. Истинное напряжение рассчитывают по площади поперечного сечения деформированного образца. Исходя из свойства неизменяемости объема резины при деформациях, истинные прочность σ_p и напряжение σ_ϵ можно определить по формулам:

$$\sigma_p = f_p (\epsilon_p / 100 + 1); \quad (8.4)$$

$$\sigma_\epsilon = f_\epsilon (\epsilon / 100 + 1). \quad (8.5)$$

Для сравнительных оценок при контрольных испытаниях обычно пользуются показателями условных напряжений, для оценки поведения резины в условиях эксплуатации и при конструировании изделий — показателями истинных напряжений.

Требования к образцам для испытаний. Для определения условной прочности, относительного и остаточного удлинений по ГОСТ 270—75 применяют стандартные двусторонние лопатки (рис. 8.8), типы и размеры которых приведены в табл. 8.1.

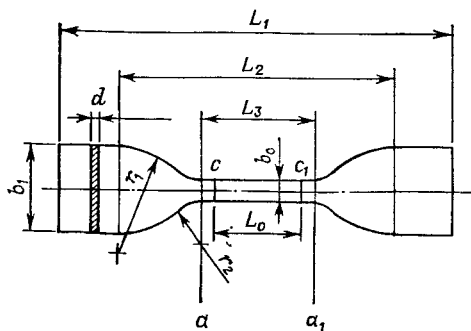


Рис. 8.8. Стандартный образец по ГОСТ 270—75

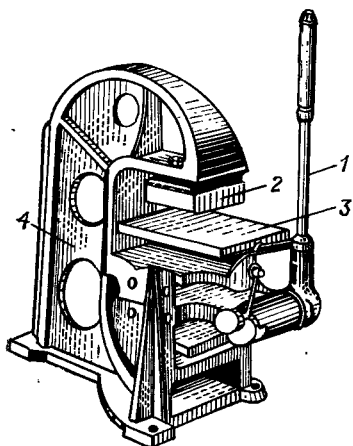


Рис. 8.9. Вырубной пресс:

1 — рычаг; 2 — траверса; 3 — подъемный стол;
4 — станина

Сравнимые результаты испытаний можно получить только на образцах одного размера, поскольку с уменьшением образца показатель прочности повышается. Это явление, получившее название масштабного эффекта прочности, объясняется тем, что вероятность наиболее опасных дефектов возрастает по мере увеличения размера образца.

Из готовых изделий можно вырубать образцы толщиной не более 3 мм типа I—VI (или VII, если нельзя вырубить I—VI).

Образцы вырубают из вулканизованных на гидравлических прессах пластин при строго определенных режимах вулканизации и выдержанных в соответствии с ГОСТ 269—66. Из готовых изделий вырубают образцы после выдержки не менее 6 ч. Кондиционирование образцов перед испытанием при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 1 ч.

Образцы вырубают на вырубных прессах с выдвижной плитой и ручным или пневматическим приводом (рис. 8.9) при помощи стандартных штанцевых ножей, обеспечивающих заданную форму и размеры образца (табл. 8.1). Вырубают образцы из одной или нескольких пластин [в случае испытаний сравнительного характера, например при определении теплостойкости, стойкости к термическому старению или действию жидких агрессивных сред, где определяют показатели при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и после воздействия повышенных температур или агрессивных сред].

Для уменьшения силы трения и получения гладкого среза нож должен быть заточен и перед вырубкой обязательно смочен водой или мыльным раствором. Затупление режущих краев ножа сокращают, помещая между резиновой пластиной и столом пресса твердую резиноктаневую или пластмассовую прокладку и несколько листов картона. Нож укладывают на резиновую пластину так, чтобы направление больших осей образцов соответствовало направлению каландрования. Длина рабочего участка отмечается метками штампа, ширина кромок которого не превышает 0,5 мм. Установочные метки делают на расстоянии: для образцов типа I и II — 50 ± 1 мм; III — 40 ± 1 мм; IV — 25 ± 1 мм; V и VI — 80 ± 1 мм; VII — 20 ± 1 мм.

Толщину измеряют в трех точках рабочего участка контактным толщиномером (см. рис. 7.6) с мерительным давлением 0,8—2,0 Н. За расчетную толщину образца принимают среднее арифметическое значение всех измерений. Допускаемые отклонения

размеров на одном образце по ширине рабочего участка — не более 0,05 мм, по его толщине — не более 0,1 мм. За ширину образца принимают расстояние между режущими кромками штанцевого ножа в его узком участке.

8.4. Методика определения условной прочности и удлинения при растяжении

Сущность работы заключается в определении прочностных и эластических свойств резин при их растяжении и получении ряда показателей по ходу испытания: напряжения f_e при заданном удлинении, условной прочности f_p и относительного удлинения ϵ_p при разрыве, остаточного удлинения Θ и отношения Θ/ϵ_p .

Практическая работа 17

Определение условной прочности и удлинения при растяжении

Оборудование и материалы

Пресс вырубной
Машина разрывная РМИ-60
Нож штанцевый
Штамп
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм, мерительное давление 8—20 кПа)
Секундомер

Линейка миллиметровая
Подкладочная пластина
Мыльный раствор
Картон листовой
Краска для меток
Резиновая пластина вулканизованная толщиной $(1 \pm 0,2)$ или $(2 \pm 0,2)$ мм

Подготовка к работе. Соблюдая правила техники безопасности, проверяют исправность вырубного пресса и разрывной машины, штанцевых ножей. Из вулканизированной резиновой пластины, выдержанной после вулканизации не менее 6 ч (ГОСТ 269—66), имеющей соответствующую заданную толщину, вырезают 6—7 образцов. Для этого резиновую пластину на твердой подкладке помещают на стол вырубного пресса. Подобранный по заданию штанцевый нож смачивают мыльным раствором и кладут на пластину параллельно ее краю на расстоянии 1—2 мм, соблюдая направление каландрования. С помощью рукоятки поднимают стол пресса до упора в верхнюю траверсу, а затем опускают (во время вырубки руки не должны касаться стола пресса). Снимают нож и вырубленную лопатку.

При наличии дефектов образец испытанию не подлежит.

Штампом с краской отмечают рабочий участок cc_1 (см. рис. 8.8) и риски a и a_1 , по которым лопатки закрепляют в зажимах разрывной машины. Метки наносят симметрично центру образца, параллельно друг другу (ширина штриха не более 0,5 мм). Образцы нумеруют, измеряют толщиномером толщину рабочего участка каждого образца с погрешностью до 0,01 мм в трех точ-

ках (если замеры различаются более чем на 0,1 мм, образец бракуют) и заносят результаты в следующую таблицу:

№ образца	Толщина, мм			
	I измерение	II измерение	III измерение	среднее арифметическое

Для испытаний пригодны образцы, толщина которых отличается от среднего арифметического значения толщины образца не более чем на 10 %.

Примеры отбраковки образцов: по измерениям толщины рабочего участка

Измерение в точках	I	II	III
Толщина, мм	2,03	2,15	2,20

Образец бракуют, так как $2,15 - 2,03 = 0,12 > 0,1$ по средней толщине рабочего участка

№ образца	1	2	3	4	5	6
Средняя толщина, мм	1,73	1,90	2,18	1,72	2,14	2,00
Среднее арифметическое	1,94 мм					

Допустимое отклонение для образцов составляет 10% от 1,94 мм, т. е. 0,19 мм. Образец № 3 с толщиной 2,18 мм, большей чем $1,94 + 0,19 = 2,13$ мм, бракуют.

Годные образцы кондиционируют при $(24 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 1 ч.

Проведение работы. На исправной машине устанавливают ведущую стрелку на нуль и подводят к ней ведомую. Указатели 9 колодок (см. рис. 8.4) отбрасывают на 180° . Верхний зажим 10 поднимают до упора вверх, нажав на педаль 15. Образец закрепляют в зажимах по наружным меткам. При применении зажимов типа б (см. рис. 8.7) образец располагают так, чтобы наружные метки находились на середине наружной стороны поджимающих валиков. Большая ось образца должна совпадать с направлением растяжения.

Указатели удлинения устанавливают по меткам рабочего участка образца. Соблюдая инструкцию, нажатием кнопки «Вниз» включают электродвигатель и выводят педаль 16 в положение, соответствующее скорости движения нижнего зажима (500 ± 50) мм/мин. Передвигают колодки, следуя указателями за метками рабочего участка, и записывают значения силы, соответствующей заданным удлинениям. В момент разрыва фиксируют силу и расстояние между метками (указателем удлинения).

Нажатием на кнопку «Стоп» отключают электродвигатель. Включают секундомер, записывают показания нагрузки по шкале, соответствующей установленному на маятнике грузу, и удлинение — по шкале удлинений и, застопорив верхний зажим, освобождают разорванный образец; через 1 мин линейкой измеряют (с погрешностью до 0,5 мм) расстояние между рабочими метками,

ПРОТОКОЛ 6

испытаний на разрывной машине в обычных условиях (А)
и после воздействия на образцы повышенных температур
и агрессивных сред (Б)

Дата	Марка резиновой смеси
Тип разрывной машины	Режим вулканизации
Вид испытания	Температура испытания, °С
Среда	Продолжительность, мин

Показатели	А						Б						Отклонения, %
	1	2	3	4	5	среднее значение	1	2	3	4	5	среднее значение	

Размеры рабочего участка
до испытания, м

толщина

ширина

Площадь поперечного сече-
ния, м²

Длина, м

Нагрузка, МН

при удлинении (%)

при разрыве

Длина образца при разры-
ве, мм

Условное напряжение при
удлинении (%), МПа

Условная прочность, МПа

Относительное удлинение, %

Остаточное удлинение, %

Соппротивление раздиру,
Н/мм

K_T , K_y , ΔP , %

сложив обе части лопатки вплотную по месту разрыва. Результаты
испытания заносят в протокол 6.

Если разрыв произошел вне рабочего участка, результаты
считают недействительными и не учитывают. За ширину рабочего
участка b_0 принимают расстояние между режущими кромками
штанцевого ножа в узком участке.

Расчеты. Условное напряжение при заданном удлинении (МПа)

$$f_e = P_e / S_0 = P_e / (b_0 d), \quad (8.6)$$

где P_e — сила, вызывающая заданное удлинение образца, МН; S_0 — среднее
значение первоначальной площади образца, м²; b_0 — среднее значение первоначальной
ширины рабочего участка образца, м; d — среднее значение первоначальной
толщины рабочего участка образца, м.

Условная прочность при растяжении f_p (МПа):

$$f_p = P_p / S_0 = P_p / (b_0 d), \quad (8.7)$$

где P_p — сила, вызывающая разрыв образца, МН.

Относительное удлинение ε_p (%):

$$\varepsilon_p = (l_p - l_0) \cdot 100 / l_0, \quad (8.8)$$

где l_0 и l_p — длина рабочего участка образца до испытания и в момент разрыва, м.

Остаточное удлинение Θ (%):

$$\Theta = (l - l_0) \cdot 100 / l_0, \quad (8.9)$$

где l — длина рабочего участка образца через 1 мин после разрыва, м.

Отношение остаточного удлинения к общему удлинению равно Θ/ε_p .

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение каждого показателя. Показатели прочности округляют до единиц, относительное удлинение — до десятков.

Находят отклонения от среднего арифметического по f_p и отбраковывают показания с отклонением более ± 10 % и вычисляют среднее арифметическое значение из показателей оставшихся образцов, но не менее чем из трех.

Результаты сравнивают с нормами (см. Приложение IX).

Строят кривую растяжения по значениям истинных и условных напряжений (в координатах напряжение — относительное удлинение). По кривой определяют значения модулей растяжения в заданных точках.

Оптимум и плато вулканизации смесей определяют испытанием серии образцов, вулканизованных при заданной температуре в течение 10, 20, 30, 40 мин и т. д., и построением кривых в координатах показатель — время вулканизации.

Отклонения показателей от установленных норм связаны с нарушением состава резиновых смесей (заменой компонентов и несоблюдением их дозировок) и несоблюдением режимов смешения. Замена кристаллизующегося каучука некристаллизующимся, активного наполнителя на неактивный, уменьшение навесок каучука активного наполнителя и вулканизационной группы, увеличение навесок большинства пластификаторов снижают условные прочность и напряжения, но могут повышать эластичность, относительное и остаточные удлинения.

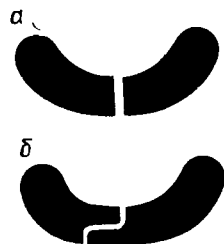
8.5. Методика определения сопротивления резин раздиру

Высокоэластическому разрыву резин предшествуют значительные обратимые деформации, вызывающие ориентационное упрочнение или тяжеобразование, которое особенно четко выражается при их раздире.

В процессе эксплуатации при деформации на поверхности изделий могут возникать и разрастаться дефекты, связанные с механическими повреждениями (порезы, проколы, надрывы)

Рис. 8.10. Виды раздира:

а — гладкий и толчкообразный; б — узловатый



и с конструкцией изделия (выемки, углы, щели). Они вызывают локальное перенапряжение в деформируемом материале, приводящее к потере прочности. Изменение прочности при механическом повреждении поверхности (надрезах, разрыве) неоднозначно для всех резин: у одних она резко падает, у других снижается незначительно в зависимости от природы исходного каучука, свойств и дозировок ингредиентов и степени вулканизации резин.

Поэтому наряду с определением условной прочности резин их испытывают на прочность при специально созданной (путем надреза) максимальной концентрации напряжения. При этом определяют показатель сопротивления раздиру B (Н/м), равный отношению нагрузки P , вызывающей полное разрушение образца по месту искусственно созданного участка разрушения, к первоначальной толщине образца h_0 (см. Приложение IX):

$$B = P/h_0. \quad (8.10)$$

Получаемый показатель является условным и не точным, поскольку трудно рассчитать напряжения сложноподвиженного состояния резин при раздирах, так как одновременно происходит и растяжение образца. Кроме того, показатель характеризует сопротивление материала разрушению на участке с местной концентрацией напряжения, при которой нанесение надреза произвести точно практически невозможно.

Процесс раздира состоит из двух стадий: нестационарной, когда происходит растяжение образца, зависящее от упругих свойств резины; растягивающее усилие при этом возрастает до критического значения P , которое соответствует максимальной

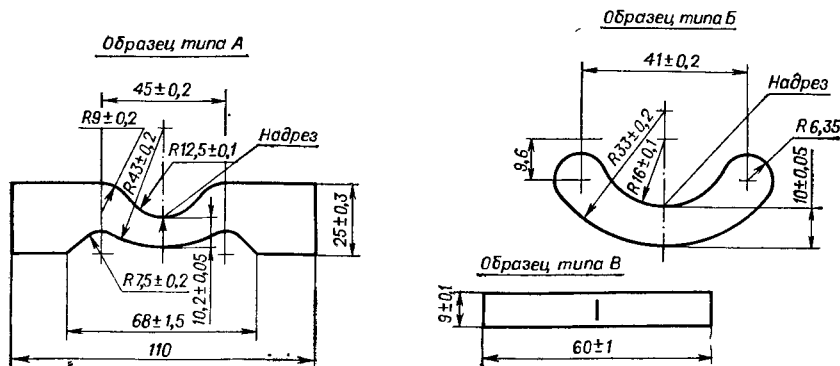


Рис. 8.11. Образцы для испытаний на сопротивление раздиру

(критической) деформации, и стационарной, когда происходит рост надреза до полного разрушения образца.

В зависимости от состава резины рост надреза — непосредственно раздир — может быть трех видов (рис. 8.10):

гладкий — раздир происходит по направлению надреза при практически постоянной скорости и нагрузке (определяется наиболее точно);

толчкообразный — раздир происходит по направлению надреза, но с остановками, при которых нагрузка повышается, а в момент роста надреза — падает;

узловатый — возникает при формировании в устье надрезов прочных микроскопических тяжевых структур при больших вынужденных деформациях растяжения.

При этом меняется направление раздира, а следовательно, происходит колебание скорости и нагрузки. Вид раздира зависит от состава резины (наполнителя, каучука) и степени вулканизации.

Некристаллизующиеся каучуки имеют меньшее сопротивление раздиру, так же влияет на показатель высокая степень вулканизации каучуков.

Наибольшей прочностью при повреждении обладают каучуки НК и СКИ-3, удовлетворительной — БСК, хлоропеновый, низкой — СКД, БК, СКТ. Активный техуглерод повышает сопротивление повреждению, анизотропные наполнители — снижают.

Сопротивление раздиру зависит от формы образца, расположения и длины надреза, поэтому получить сравнимые результаты можно только при использовании однотипных образцов (рис. 8.11): по ГОСТ 262—79 А и Б, по ГОСТ 23016—78 образец В.

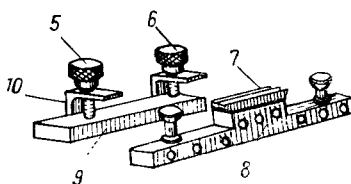
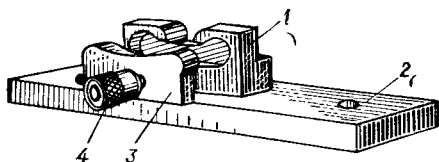
Результаты, полученные при испытании образцов А, Б и В, несопоставимы.

Образцы вырубает штанцевым ножом на вырубном прессе из вулканизованных пластин толщиной $(2 \pm 0,2)$ мм. После вулканизации обязательна выдержка по ГОСТ 269—66 от 16 ч до 28 сут. Вырубку ведут так, чтобы по длине они соответствовали направлению каландрования резины. Толщина образцов из готовых изделий определяется размером изделия, но отклонение по толщине не должно превышать $\pm 10\%$. Надрез у образцов А и Б делают в центре внутренней стороны образца, глубиной $(0,50 \pm 0,08)$ мм, под прямым углом к образцу, гладкий и ровный, у образца В прорезь наносят посередине, длиной $(5 \pm 0,1)$ мм, перпендикулярно его длине, в специальном приспособлении с помощью лезвия бритвы, закрепленного в колодке (рис. 8.12). Толщина образца в месте надреза определяется толщиномером с мерительным давлением не выше 20 кПа и погрешностью измерения не более 0,01 мм. Глубина надреза измеряется микроскопом с увеличением $100\times$.

Образцы кондиционируют при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 1 ч. Сущность испытания заключается в растяжении образца с надрезом с постоянной скоростью и измерении макси-

Рис. 8.12. Приспособление для наесения надреза на образцы при испытании на раздир:

1 — держатель; 2, 9 — плиты; 3 — щечка; 4—6 — винты; 7 — прорезь; 8 — колодка; 10 — лапки



мальной силы, при которой происходит его раздир. Число образцов не менее пяти.

Испытание проводят на разрывной машине при скорости движения нижнего зажима (500 ± 50) мм/мин. Для большей концентрации напряжения образцы закрепляют в зажимы так, чтобы искривленная часть выпрямилась.

Рекомендуется вести испытания при (23 ± 2) и (100 ± 2) °С. При повышенных температурах испытания проводят на машине с термокамерой, прогревание образца — не более 3 мин.

Практическая работа 18

Определение сопротивления раздиру

Оборудование и материалы

Пресс вырубной
Машина разрывная РМИ-60
Нож штанцевый
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм) с мерительными площадками диаметром 16 мм и мерительным давлением не более 20 кПа

Штамп
Микроскоп 100×
Приспособление для надреза
Подкладочная пластина
Мыльный раствор
Резиновая пластина вулканизованная толщиной $(2 \pm 0,2)$ мм

Подготовка к работе. Соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), вырубку 5—7 образцов производят так же, как в работе 17, с учетом направления каландрования.

На вырубленные образцы наносят один надрез, помещая в прорезь колодки (см. рис. 8.12) безопасную бритву. Колодку с бритвой кладут на плиту между лапками и зажимают пружинными винтами. При упоре лезвия в плиту высота их выступающей части над колодкой окажется равной 0,5 мм. В выпрямленном виде образец помещают в гнездо держателя 1 и с помощью винта 4 поджимают выступом щечки 3. На выступающую часть образца, смоченную мыльным раствором, с помощью лезвия колодки наносят надрез. Освобождают образец из колодки и надрезают таким же образом остальные образцы. Существуют колодки, в которых надрезают одновременно пять образцов.

Просмотрев образцы под микроскопом или на свет, убеждаются, что надрезы сквозные и ровные. Нумеруют образцы и толщинометром

ром замеряют толщину рабочей части (на участке прорези). Испытанию подвергают не менее пяти годных образцов.

Проведение работы. Закрепляют образец в зажимах так, чтобы направление больших осей совпало с направлением растяжения, не растягивая его предварительно. Расстояние между зажимами для образца типа А должно быть не менее 70 мм, типа Б — не менее 15 мм, типа В — не менее $(15 \pm 0,5)$ мм от прорези.

Включают кнопкой «Вниз» электродвигатель, нижнюю педаль выводят в положение, соответствующее скорости движения нижнего зажима 500 мм/мин. После разрыва образца отключают электродвигатель нажатием на кнопку «Стоп».

По шкале, соответствующей установленному грузу, записывают показание нагрузки. Стопорят верхний зажим и освобождают испытанный образец. Результаты испытания заносят в протокол 6.

Расчеты. Сопротивление раздиру B (Н/м) для образцов А и Б рассчитывают по формуле:

$$B = P/h_0, \quad (8.11)$$

где P — максимальная сила, вызвавшая раздир образца, Н; h_0 — первоначальная толщина образца, м.

Для образца В структурную прочность σ_c (Па) и сопротивление раздиру B (Н/мм) рассчитывают по формулам:

$$\sigma_c = P/(bh_0), \quad (8.12), \quad B = Ph_c/h_0, \quad (8.13)$$

где h_0 и h_c — фактическая и стандартная (2 мм) толщина образца, мм; b — ширина ненадрезанной части образца, м; $b = b_0 - b_n$; b_0 — ширина образца, м; b_n — длина прорези, м.

Находят среднеарифметическое значение показателей пяти образцов и отклонения от него, отбраковывают негодные показатели по Приложению VI и подсчитывают среднее арифметическое значение оставшихся показателей, которых должно быть не менее трех.

Отклонения от установленных норм могут быть при замене неанизотропных наполнителей анизотропными, нарушении дозировок компонентов резиновых смесей и технологических режимов.

Стандартные методы испытаний по ГОСТ 262—79 и 23016—78 не обеспечивают достаточной точности определения сопротивления резин раздиру. Найдено, что условная прочность при растяжении и сопротивление раздиру изменяются в одном направлении. Это позволяет корректировать показатель сопротивления раздиру.

8.6. Испытание эластичности резин по отскоку

Эластичность — способность резин возвращать часть энергии, сообщенной при ударах, толчках и других кратковременных воздействиях. Потери энергии при этом связаны с характерным для резин явлением гистерезиса.

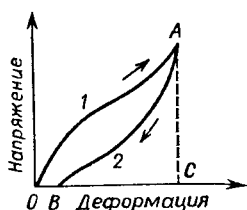


Рис. 8.13. Кривые процесса нагружения — разгрузки резин

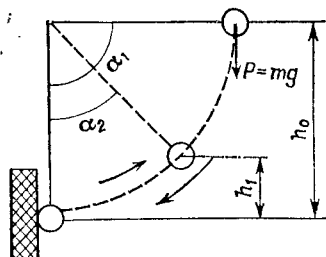


Рис. 8.14. Схема определения упругости резин с помощью маятника

Механическая энергия, затраченная на деформацию, частично возвращается при разгрузке образца благодаря обратимости деформации. Потеря возвращенной упругой энергии, по сравнению с затраченной механической, объясняется необратимым рассеянием ее в виде тепловой энергии вследствие процессов внутреннего трения в материале — гистерезисом. При повторных деформациях потери энергии уменьшаются и устанавливаются практически постоянными, поскольку структурные изменения, происходящие в резине при однозначных повторяющихся деформациях, стабилизируются.

На рис. 8.13 графически изображен один цикл процесса нагружения — разгрузка. Если оба процесса проводить очень медленно (чтобы успевала проходить релаксация), обе кривые сольются, гистерезиса не происходит и возвращенная работа будет равна затраченной. На практике циклы деформаций проводятся достаточно быстро и гистерезис неизбежен.

При одних и тех же условиях и методе испытания показатель упругогистерезисных свойств зависит только от структуры и состава резины.

Натуральный каучук обладает малыми гистерезисными потерями. У синтетических каучуков гистерезис усиливают: нерегулярное строение молекул каучука; наличие в молекулярной цепи тяжелых боковых полярных групп (хлоропеновый каучук, СКН); наличие бензольного кольца (стирольный каучук); увеличение молекулярной массы. Для всех видов каучука гистерезис усиливают наполнение активными наполнителями и увеличение степени вулканизации.

Определяя гистерезис, можно сравнивать эксплуатационные характеристики резины, а также проводить контроль качества резины.

Упругогистерезисные свойства можно определять на разрывной машине растяжением образца до определенной деформации и последующей его разгрузкой при обратном ходе нижнего зажима. Кривые, аналогичные кривой на рис. 8.13, позволяют оценить затраченную и возвращенную энергию, а также гистерезис-

ные потери. Затраченная работа пропорциональна площади фигуры OAC , полезная — BAC . Площадь гистерезисной петли OAB пропорциональна гистерезисным потерям. Эластичность резины, или ее упругогистерезисные свойства, характеризуются показателем полезной упругости — отношением возвращенной (полезной) работы к затраченной (в %).

Определение эластичности на упругомере. Сущностью испытания является определение величины отскока бойка маятника прибора, падающего с определенной высоты на испытуемый образец (рис. 8.14).

Энергия удара W , затраченная на деформацию образца, равна потенциальной энергии маятника, поднятого на высоту h_0 (работой трения на оси маятника пренебрегают):

$$W = mgh_0, \quad (8.14)$$

где m — масса маятника; g — ускорение силы тяжести; h_0 — высота падения.

Энергия W_1 , возвращенная образцом, равна:

$$W_1 = mgh_1, \quad (8.15)$$

где h_1 — высота отскока маятника от образца.

Эластичность $\mathcal{E}$, или полезная упругость при отскоке, выражается отношением возвращенной энергии к затраченной (%):

$$\mathcal{E} = \frac{W_1}{W} \cdot 100 = \frac{h_1}{h_0} \cdot 100 = \frac{1 - \cos \alpha_1}{1 - \cos \alpha_2} \cdot 100, \quad (8.16)$$

где α_1 — угол падения маятника; α_2 — угол отскока маятника.

Для испытания образцов при повышенной или пониженной температуре упругомер устанавливают в термокриокамеру.

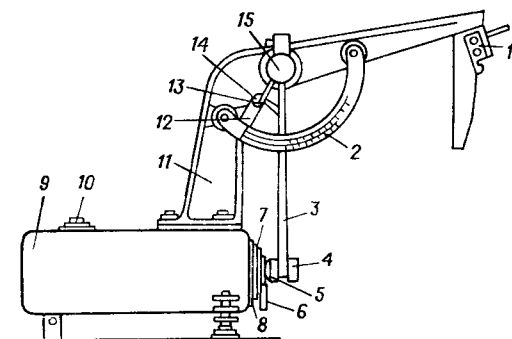
Наибольшую эластичность проявляют каучуки НК, СКН-3, хлоропреновый. Каучуки СКН, БК, СКФ, акрилатный имеют низкую эластичность по отскоку.

При увеличении количества серных связей в вулканизате его эластичность при комнатной температуре практически не меняется. Чем выше температура испытания, тем выше показатель эластичности.

Основным узлом применяемых для испытаний по СТ СЭВ 108—74 упругомеров УМР-0,1 и У-0,05 (рис. 8.15) является маятник, который с помощью защелки 1 может быть закреплен в двух положениях: под углом 90 и 60° к вертикали. В соответствии с этим прибор снабжен двумя шкалами 2, градуированными в единицах эластичности. Первая шкала ($H = 1$), градуированная (в %) по формуле $(h_1/h_0) \cdot 100$ (h_1 — высота отскока маятника от образца, h_0 — высота падения маятника на образец), отвечает поднятному маятника на угол 90°, вторая шкала ($H = 0,5$) — на угол 60°. Радиус закругления бойка 7,5 мм; потери энергии маятника за счет трения не более 2 %. Скорость удара маятника $2_{-0,04}^{+0,3}$ м/с, высота падения 250 мм. Прибор может иметь термокамеру до 200 °С, прогрев 10 мин.

Рис. 8.15. Упругомер УМР:

1 — защелка; 2 — шкалы; 3 — маятник; 4 — груз; 5 — боек; 6 — пружина; 7 — образец; 8 — площадка; 9 — станина; 10 — уровень; 11 — кронштейн; 12 — стрелка; 13 — ограничитель; 14 — захват; 15 — ручка



Образцами для испытаний служат цилиндрические диски или прямоугольные параллелепипеды толщиной ($6 \pm 0,25$) мм и диаметром (или стороной) не менее 40 мм. Поверхность образцов после вулканизации в форме должна быть гладкой без видимых на глаз дефектов, посторонних включений и загрязнений. Испытание производится не менее чем на двух образцах с твердостью по Шору А 30—85. Образцы выдерживают после вулканизации не менее 6 ч и кондиционируют при (23 ± 2) °С не менее 1 ч.

Практическая работа 19

Определение эластичности на упругомере УМР-2

Оборудование и материалы

Упругомер
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм, мерительное давление не более 20 кПа)

Твердомер для определения твердости по Шору А
Образец по СТ СЭВ 108—74

Подготовка к работе. Соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), измеряют толщиномером толщину образца в трех точках и определяют среднее арифметическое значение. Определяют твердость по Шору А. Температура испытания (23 ± 2) или (100 ± 2) °С; обогрев термокамеры включают, отрегулировав контактный термометр на заданную температуру. Проверяют установку пружинного захвата 14; стрелка 12 при вертикальном положении маятника 3 должна находиться на «нуле» шкалы 2, а при исходном положении маятника — на делении 100.

Проведение работы. Образец 7 помещают на площадку 8 так, чтобы точки удара были на расстоянии от его краев не менее 10 мм. Перемещение образца по площадке во время испытания не допускается. Образец плотно прижимают пружинами 6.

Нажатием на конец защелки 1 освобождают маятник, при отскоке от образца его ловят рукой, не давая продолжать совер-

ПРОТОКОЛ 7

испытания на упругомере

Дата Шкала *H*
 Упругомер Марка резиновой смеси
 Температура испытания, °C

№ образца	Толщина образца, мм	Показатели в точках			Среднее значение	Эластич- ность, %	Отклоне- ние, %
		1	2	3			

Среднее значение

шать повторные затухающие колебания, и с помощью ручки 15 выводят его каждый раз в верхнее исходное положение.

Вследствие наблюдающегося у резин эффекта размягчения тремя ударами производят стабилизацию образцов, позволяющую получить более близкие показатели испытания. Затем устанавливают стрелку в нулевое положение, выполняют четвертый удар маятника по образцу и фиксируют положение стрелки на соответствующей шкале, принимая его за показатель эластичности образца. На одном образце определение эластичности проводят не менее чем в трех точках.

Результаты испытания заносят в протокол 7.

Для каждого из двух образцов вычисляют среднее значение из результатов трех замеров, а затем среднее арифметическое значение из двух полученных результатов. Допускается отклонение не более $\pm 5\%$. Результаты сравнивают с нормами (см. Приложение X).

Контрольные вопросы

1. Прочность, сопротивление раздиру, эластичность резин.
2. Показатели, характеризующие указанные выше свойства резин.
3. Виды разрушения резин при статическом нагружении; долговечность.
4. Методики проведения испытаний, расчетные формулы.
5. Конструкция приборов.
6. Образцы для испытаний.
7. Причины отклонения результатов испытаний от установленных норм.
8. Каучуки, ингредиенты, режимы переработки, обеспечивающие оптимальные показатели.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ РЕЗИН ПРИ МНОГОКРАТНОМ РАСТЯЖЕНИИ

9.1. Поведение резин в условиях многократных деформаций

В процессе эксплуатации ряд резиновых изделий (шины, транспортные ленты, ремни, виброизоляторы и др.) работают в условиях многократных деформаций растяжения, сжатия, изгиба, сдвига и кручения. Происходящие при этом в резине изменения сложны и полностью не изучены. Исследования показали, что при динамических нагружениях, выражающихся в быстрых переменных деформациях или напряжениях, в материале возникают сложные физические и химические процессы, в результате которых ухудшаются эксплуатационные свойства изделий и образуются очаги разрушений.

При увеличении скорости деформации прочность резин повышается. Это можно объяснить межмолекулярным взаимодействием, более эффективно выравнивающим местные напряжения при больших скоростях деформации, и уменьшением скорости возникновения трещин по времени вплоть до момента образования постоянного количества трещин.

Повышение температуры приводит к снижению прочности в результате уменьшения межмолекулярного воздействия. У кристаллизующихся каучуков, кроме того, прочность падает в связи с изменениями кристаллической фазы. При их модификации прочность дополнительно возрастает.

Резины ненаполненные и на основе аморфных каучуков при динамических нагружениях в температурном интервале до 100°C структурно почти не изменяются.

Работоспособность резин при многократных деформациях находится в прямой зависимости от гистерезисных потерь. Выделение теплоты в результате внутреннего трения при многократных деформациях способствует утомлению резин. Влияние внешней среды при эксплуатации резиновых изделий является одной из важных причин их динамической усталости.

Воздействие кислорода воздуха приводит к окислительной деструкции молекул и их структурированию. При этом усталостная прочность резко снижается. Присутствие озона даже в небольших концентрациях вызывает растрескивание резин, причем скорость образования трещин возрастает с увеличением деформации. Наибольшей выносливостью в этом случае обладают каучуки, содержащие наименьшее количество химически активных связей.

Действие света также отрицательно сказывается на усталости резин. В присутствии активных противостарителей влияние окружающей среды на усталостную прочность вулканизатов существенно снижается.

При разработке рецептур резиновых смесей учитывают, что влияние состава резин и технологических факторов на свойства, определяющие динамическую выносливость, может быть противоречивым. Например, введение активных наполнителей в некристаллизующиеся каучуки повышает прочность вулканизатов, но резко увеличивает внутреннее трение, а следовательно, и теплообразование. Введение пластификаторов приводит к противоположным результатам.

Стойкость резин к образованию трещин не гарантирует стойкости к их разрастанию, поскольку возникновение очагов разрушения зависит преимущественно от химической стойкости резины, а их разрастание связано с физическими свойствами.

Создание рецептур на основе химически стойких и высокопрочных каучуков, введение активных противостарителей и противоутомителей, разработка оптимальных технологических режимов позволяют получить резины с высокой выносливостью к многократным деформациям.

9.2. Показатели утомления, усталости и выносливости резин

Под воздействием повторяющихся деформаций, число которых может достигнуть 15—20 миллионов, в резине наблюдается утомление материалов. Утомление — процесс, возникающий при приложении повторных нагрузок в течение определенного времени и приводящий к непрерывному изменению свойств материала. Условия утомления зависят от: характера приложенной деформации, режима нагружения и частоты деформации, температуры окружающей среды, присутствия кислорода воздуха, озона, света. Под утомлением понимают снижение прочности материала в результате воздействия многократных деформаций.

При динамическом нагружении на процесс утомления резин существенное влияние оказывает выделение теплоты вследствие гистерезиса. Это влияние приобретает наибольшее значение при эксплуатации массивных изделий.

При утомлении наблюдаются ориентация молекулярных цепей каучука, их механический разрыв в местах концентрации напряжений, химическая деструкция и сшивание цепей. Преобладание процесса деструкции или сшивания молекул зависит от свойств каучука.

Утомление приводит к динамической усталости резин — явлению, заключающемуся в изменениях структуры и свойств материала, вызывающих ухудшение эксплуатационных

свойств изделий вплоть до их разрушения. Внешним проявлением усталости является образование трещин на изделии и их разрастание. При этом очагом разрушения является место концентрации наибольших напряжений.

Процесс разрушения резин может быть разделен на две стадии: возникновение очагов разрушения — трещин и разрастание трещин.

Динамическая усталость резин тесно связана с их прочностью, химической стойкостью и стойкостью к старению.

Под динамической усталостной прочностью понимают амплитудное значение напряжения, при котором в данных условиях материал может обеспечить заданную выносливость.

Высокой усталостной прочностью обладают резины с высокой прочностью при растяжении, малыми гистерезисными потерями и большой химической стойкостью. Преобладающее влияние одного из перечисленных свойств на усталостную прочность резин зависит от природы материала, режима деформации и характера внешних воздействий. Каучуки НК и СКИ-3 обладают высокой прочностью и малыми гистерезисными потерями, но недостаточной химической стойкостью, поэтому они широко используются в изделиях, работающих в условиях динамических нагрузок, но с введением антиоксидантов и противостарителей.

Усталостная прочность резин зависит от характера деформации, режима нагружения, амплитуды деформации, ее частоты.

Динамические режимы нагружения делятся на две группы: симметричный цикл нагружения и асимметричный.

К первой группе относятся два режима: с заданной амплитудой нагружения и с заданной амплитудой деформации. При асимметричном цикле возможны режимы с заданным средним и амплитудным значением напряжения, средним и амплитудным значением деформации, средним значением напряжения и амплитудным значением деформации и средним значением деформации и амплитудным значением напряжения. При прочих равных условиях работоспособность резин уменьшается с увеличением амплитуды и частоты деформации.

Поведение резин при многократных деформациях характеризуется их динамической выносливостью. Выносливость — работоспособность резины до момента ее разгрузки, выраженная числом циклов прилагаемых деформаций. Используется и понятие динамическая долговечность резин — время, проходящее до их разрушения при эксплуатации в условиях многократных деформаций.

Выносливость зависит от свойств резин и условий их деформации. На выносливость влияют свойства исходных каучуков, состав резиновой смеси и свойства входящих в нее ингредиентов, режим вулканизации резиновой смеси, характер деформации,

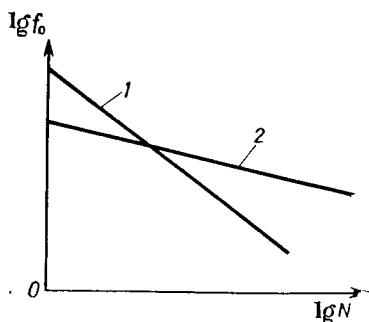


Рис. 9.1. Зависимость выносливости от амплитуды деформации: для резин с высокой (1) и низкой (2) исходной прочностью

режимы нагружения, величина (амплитуда) и частота деформации, окружающая среда (кислород, озон, свет), температурные режимы, размер изделия.

При симметричном цикле нагружения и постоянной температуре зависимость выносливости от амплитуды динамического нагружения в логарифмической системе координат $\lg N$ представляет собой прямую (рис. 9.1).

Определение усталостной выносливости резин при многократных деформациях — одно из важнейших испытаний, результаты которого позволяют судить о качестве готовых изделий, их поведении в процессе эксплуатации. Создание новых резиновых изделий, обладающих повышенной выносливостью к многократным деформациям, базируется на данных, полученных при испытаниях образцов.

Динамические свойства резин не являются стабильными. Результаты испытаний зависят от формы образцов, длительности, амплитуды, частоты и температуры испытания (ГОСТ 23326—78. Методы динамических испытаний. Общие требования).

Динамические свойства могут быстро изменяться в первых циклах испытания из-за тиксотропии наполнителя и неустановившегося вязкоупругого состояния образца.

Для резин, содержащих активные наполнители, увеличение амплитуды, частоты и температуры испытания влияет на результаты испытаний.

При испытаниях могут возникнуть изменения структуры образцов и их свойств в результате значительного повышения температуры из-за механических потерь; при больших амплитудах, частотах и продолжительности испытаний может произойти преждевременное их разрушение. Поэтому при стандартных испытаниях результаты начальных циклов и длительных испытаний должны исключаться. Поскольку влияние повышенных частот эквивалентно влиянию понижения температуры, в работах, требующих широкого диапазона частот, из-за сложности его осуществления измерения динамических характеристик ведут в широком диапазоне температур.

Определение усталостной выносливости проводят на образцах, вулканизованных в специальных формах или вырубленных из готовых изделий.

Основные показатели испытаний:

динамическая выносливость образцов, определяемая числом циклов деформаций до момента появления первой трещины;

разрастания первой трещины до определенных размеров или до полного разрушения образца;

температура ($^{\circ}\text{C}$), возникающая в образце и характеризующая его упругогистерезисные свойства;

остаточная деформация (%).

Проведение испытаний до моментов образования первой трещины и разрастания трещин до определенных размеров вызвано тем, что появление трещин может не привести к разрушению изделия и поэтому испытания сводятся к определению сопротивления образованию и разрастанию трещин.

9.3. Оборудование для испытаний

Основные стандартные испытания резин на многократные деформации ведут на машинах типа МРС-2 или УР-500, обеспечивающих гармоническую многократную деформацию образцов (рис. 9.2).

Машина МРС-2 имеет следующее устройство: на станине 7 укреплены две вертикальные направляющие 3, по которым перемещаются верхняя траверса 2 и ползун. В верхней траверсе и ползуне находятся зажимы для крепления образцов, длина которых равна 200 мм. Зажимы имеют рифленую поверхность для предотвращения выскальзывания образцов. Образцы затягиваются в зажимах при помощи винтов. Ползун приводится в движение от шатунно-кривошипного механизма, состоящего из шатуна 5, связанного с ползуном, пальца 9, закрепленного в прорези диска 8, и ступенчатого шкива. Шкив получает движение от электродвигателя 6 мощностью 0,5 кВт. Вращение диска 8, находящегося на одной оси со шкивом, придает ползуну возвратно-поступательное движение. Ход ползуна можно менять в пределах от 0 до 140 мм. Регулирование хода ползуна достигается изменением положения пальца 9 в прорези диска 8 при помощи винта и перемещением верхней траверсы 2 по направляющим 3 маховиком 1.

Частота деформации для машин МРС-2 является величиной постоянной и равна (250 ± 20) , (300 ± 10) или $(500 \pm$

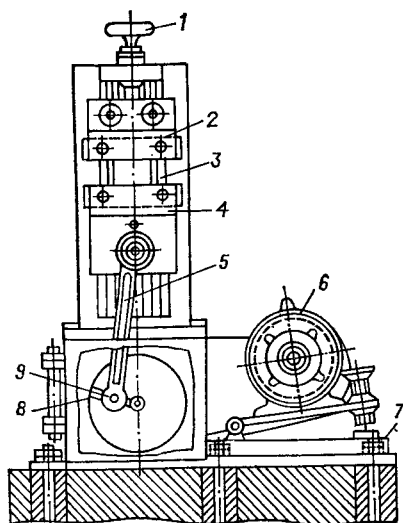


Рис. 9.2. Машина МРС-2:

1 — маховик; 2, 4 — верхняя и нижняя траверсы с зажимами; 3 — направляющие; 5 — шатун; 6 — электродвигатель; 7 — станина; 8 — диск с прорезью; 9 — палец

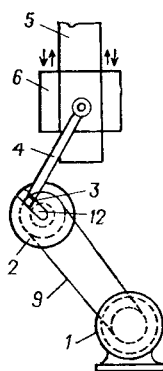
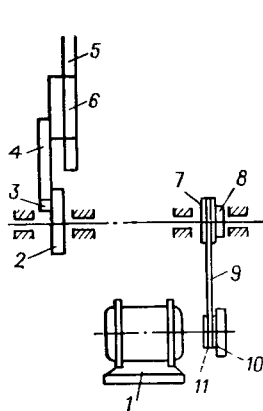


Рис. 9.3. Схема привода машины МРС-2:

1 — электродвигатель; 2 — диск; 3 — палец; 4 — шатун; 5 — направляющие; 6 — ползун; 7, 8 и 10, 11 — пары шкивов; 9 — ремень; 12 — прорезь

± 20) цикл/мин. В зависимости от условий испытания по заданной амплитуде деформации образцов устанавливается ход ползуна. Частота деформации меняется перестановкой ремня с одной ступени шкива на другую. Амплитуда деформации устанавливается ходом ползуна (рис. 9.3). Число циклов деформации при испытании образцов на машине отсчитывают по счетчику. Для проведения испытаний при повышенной температуре на станину машины монтируется термокамера с ртутным контактным термометром. Камера заключает верхнюю траверсу и ползун. Обогрев включается поворотом пакетного выключателя и может быть доведен до 120 °С.

При установке машину прочно закрепляют на фундаментной плите и проверяют шаблоном параллельность верхнего края нижнего зажима и нижнего края верхнего зажима. На расстоянии в 50 мм допускается отклонение от параллельности не более 0,2 мм. Габаритные размеры машины: длина 750 мм, ширина 500 мм, высота 1050 мм.

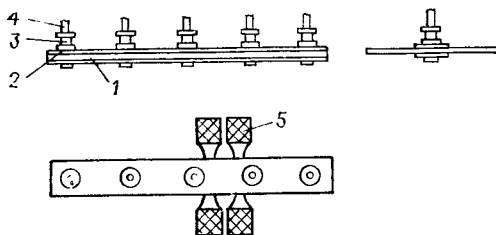
Машина МРС-2 применяется для испытаний на многократные деформации растяжения, сжатия, изгиба, сдвига и определения динамической прочности связи между резинами и другими материалами.

9.4. Методики испытаний на многократное растяжение и сжатие

9.4.1. ИСПЫТАНИЕ РЕЗИН НА МНОГОКРАТНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

Испытания образцов на выносливость при многократных деформациях растяжения на машине МРС-2 или УР-500 с шатунно-кривошипным механизмом не позволяют точно воспроизвести условия эксплуатации всех резиновых смесей. При испытаниях скорость деформации дважды меняется от 0 до определенной величины, а изменение скорости деформации зависит от частоты и величины деформации образца. При этом нельзя менять продолжительность «отдыха» между двумя деформациями и создавать самопроизвольное сокращение образцов. Разработка приборов

Рис. 9.4. Приспособление для установки образцов в зажимах машины МРС-2 для испытаний на многократное растяжение:
1, 2 — планки; 3 — гайка; 4 — винт; 5 — образцы



новых конструкций позволяет устранить перечисленные недостатки (прибор Гридунова).

Для зажима образцов при испытании на многократное растяжение применяют приспособление, показанное на рис. 9.4, в которое закладывают образцы строго параллельно и зажимают в рабочей части. Затем свободные концы образцов закрепляют в верхнем зажиме машины, снимают приспособление и закрепляют образцы в нижнем зажиме. В зажимах образцы закрепляют по меткам $a-a_1$ (см. рис. 8.8), расстояние между которыми равно 50 мм.

Сущность испытания заключается в растяжении стандартных образцов при заданных значениях амплитуды динамических деформаций и частоты.

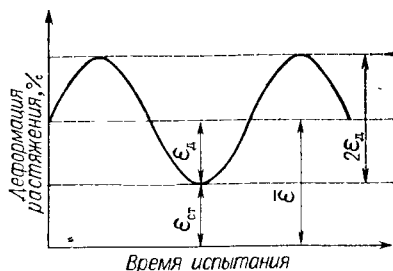
Вследствие релаксационных свойств резин в образцах в процессе испытания средние значения напряжения становятся меньше амплитудных и во времени накапливают остаточные деформации, приводящие к «разнашиванию» образцов. Образцы, применяемые для испытаний на многократное растяжение, «провисают», образуя «петлю». При этом условия испытания во времени изменяются и режим становится неопределенным. Для устранения «провисания» образцов при испытаниях на многократное растяжение (ГОСТ 261—79) сочетают динамическую нагрузку со статической (рис. 9.5).

Для устранения «провисания» образцов практически достаточно приложить статическую деформацию $\epsilon_{ст}$, близкую к амплитуде динамической деформации ϵ_d .

При подготовке к испытанию на одном образце подбирают динамическое смещение, рассчитав длину рабочего участка l_1 (мм), при заданной динамической деформации ϵ_d и статической деформации $\epsilon_{ст} = 0$ по формуле:

$$l_1 = \epsilon_d l / 100 + l, \quad (9.1)$$

где ϵ_d — амплитуда динамической деформации, %; l — длина рабочего участка нерастянутого образца, мм.



Испытуемые образцы закрепляют в зажимах строго по меткам рабочих участков, затем нижний подвижной зажим поднимают

Рис. 9.5. Режим деформации образцов при многократном растяжении

и создают минимальные расстояния между зажимами. Верхнюю траверсу перемещают так, чтобы при заданной статической деформации $\epsilon_{ст}$ (%) длина рабочего участка (мм) равнялась:

$$l_{ст} = \epsilon_{ст} l / 100 + l. \quad (9.2)$$

Таким образом, применяются два метода испытаний: I — при знакопостоянном цикле деформаций от нуля до разрушения образцов и II — от заданной статической деформации до максимального значения. Второй метод позволяет избежать «разнашивания» образцов, которое возникает вследствие релаксационных свойств резин, вызывающих уменьшение средних значений напряжений и накапливание во времени остаточных деформаций, при этом наблюдается «провисание» образцов.

Испытания на многократное растяжение ведут до разрушения образцов.

Применяются образцы в виде двусторонних лопаток, типов I—VI по ГОСТ 270—75 (см. рис. 8.8 и табл. 8.1). Обычно используют образцы типа I толщиной $2,0 \pm 0,2$ мм, которые вырубаются из пластин, вулканизованных на гидравлических прессах в вулканизационных формах. При испытании готовых изделий рекомендуются образцы типов III и IV. Образцы типов V и VI используются для резин с относительным удлинением при разрыве менее 300 %.

Для проведения испытаний рекомендуется ряд динамических деформаций растяжения: 50, 75, 100, 125, 150, 200 и 250 % и статических деформаций растяжения: 20, 40, 60, 80, 100 и 120 %.

Испытания ведут при температуре помещения (23 ± 2) или (27 ± 2) °С. При повышенных температурах 70, 100, 125 и 150 °С испытывают образцы, предварительно выдержанные в машине с термокамерой в течение 3—15 мин.

Практическая работа 20

Определение усталостной выносливости резин при многократном растяжении

Оборудование и материалы

Машина МРС-2 (УР-500)
Пресс вырубной
Вилка к диску машины
Зажимное приспособление
Линейка для замера длины рабочего участка образца
Нож для вырезки рабочей части образцов после разрушения
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)
Часы режимные

Шаблон для измерения амплитуды деформации
Штамп для нанесения меток на образцы
Нож штанцевый для вырубки образцов
Пластины вулканизованные для вырубки образцов
Краска для нанесения меток
Картон листовой

Подготовка к работе. Соблюдая правила техники безопасности, проводят осмотр машины и ее смазку. Затем ее включают

нажатием кнопки «Пуск» магнитного пускателя и проверяют исправность на ходу согласно инструкции по технике безопасности (см. Приложение I).

Вулканизационные пластины укладывают на стол вырубного прессы и вырубает из них образцы штанцевым ножом, соблюдая при этом правила, указанные в разделе 8.3.1. От каждой партии резины отбирают не менее 13 образцов: 12 для испытаний и один для установки амплитуды деформации. Установочный образец не испытывается.

Образцы не должны иметь посторонних включений, пор, пузырей, раковин, трещин и других дефектов и должны соответствовать стандартным размерам и допускам на них (ГОСТ 270—75).

Толщину образцов определяют толщиномером с точностью до 0,01 мм по трем точкам рабочего участка и меньшее значение сравнивают с нормой. На отобранных образцах наносят метки рабочего участка $c-c_1$ и $a-a_1$ и чернилами указывают марку смеси, время вулканизации и порядковый номер образца.

Заданную частоту деформации устанавливают, переводя ремень на соответствующую ступень шкива. Для испытаний при повышенной температуре включают обогрев термокамеры и доводят температуру до заданной.

Заданную амплитуду деформации растяжения рабочего участка образца устанавливают на установочном образце винтом (см. рис. 9.2), находящимся в прорези диска, регулируя ход ползуна, и маховиком 1, меняя положение верхней траверсы. Длину рабочего участка растянутого образца l_1 (в мм) рассчитывают по формуле (9.1).

Пример. При растяжении рабочего участка образца на 100 % ход ползуна, обеспечивающий максимальное значение растяжения, должен увеличить первоначальную длину участка, равную 25 мм, до 50 мм:

$$l_1 = 100 \cdot 25 / 100 + 25 = 50 \text{ мм.}$$

Для этого на установочном образце подбирают положение пальца в прорези диска так, чтобы максимальное растяжение между зажимами, соответствующее нижнему положению ползуна, обеспечивало расстояние между метками рабочего участка 75 мм, а минимальное, соответствующее верхнему положению ползуна, — 25 мм.

При регулировке винта диск удерживают при помощи вилки. Расстояние между метками рабочего участка контролируется линейкой или специальным шаблоном. Установив максимальное расстояние между метками, ползун поднимают в верхнее положение и проверяют минимальное расстояние между ними. Испытания ведут при температуре помещения $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ или повышенной (заданной).

Проведение работы. После установки амплитуды установочный образец снимают, 12 основных образцов закрепляют в зажимах машины строго по меткам рабочего участка при помощи зажимного приспособления. Затем включают электродвигатель и фиксируют показания счетчика или время начала испытания.

По методу I испытания ведут до разрушения образцов на две части.

ПРОТОКОЛ 8

испытаний на многократные деформации

Дата	Марка резиновой смеси
Тип машины	Твердость по Шору А
Статическая деформация	Амплитуда деформации
Средняя деформация	Частота деформации

Показатели	Образцы						Отклонения, %
	1	2	3	4	5	6	
Толщина (или высота), мм							
образца							
первоначальная							
после испытания							
подканавочного слоя							
канавки							
Длина рабочего участка, мм							
до испытания							
после испытания							
Длина трещин, мм							
через 5 мин							
» 15 »							
» 30 »							
Время испытания, мин							
начало							
появление первой трещины							
окончание							
Температура, °С							
образца							
окружающей среды							
разность							
Динамическая выносливость							
до начала разрушения							
мин							
цикл							
до окончания испытания							
мин							
цикл							

В процессе испытания наблюдают за поведением каждого образца и снимают показания счетчика машины или фиксируют время в момент полного разрушения образца.

По методу II образцу задают статическую деформацию, рассчитав $l_{ст}$ по формуле (9.2) и перемещая верхний пассивный захват до получения рассчитанной длины рабочего участка, контролируемый при помощи линейки.

Результаты испытаний заносят в протокол 8.

Расчеты. Результаты испытания рассчитывают по средним данным. При отклонении данных одного из образцов от среднего значения более чем на 10 % его из расчета исключают. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое

значение не менее 12 показателей, отличающихся от среднего не более чем на 10 %.

Указываются максимальные и минимальные значения числа циклов растяжения до разрушения.

При отсутствии счетчика число циклов растяжения, которое выдержала испытуемая резина до разрушения, т. е. динамическую выносливость N , рассчитывают по формуле:

$$N = vt, \quad (9.3)$$

где v — частота колебаний подвижного захвата машины в 1 мин; t — среднее время испытания, мин.

Результаты испытания сравнивают с нормами. Отклонения возникают при понижении прочности резины и стойкости ее к старению.

9.4.2. ИСПЫТАНИЕ РЕЗИН НА МНОГОКРАТНОЕ СЖАТИЕ

Испытание заключается в циклическом сжатии цилиндрического образца при заданной деформации и частоте в течение определенного времени и измерении его высоты и температуры после окончания многократной деформации.

Для определения динамической выносливости образцов при многократном сжатии испытание ведут до появления поверхностных трещин, характеризующих разрушение образца (по ГОСТ 266—78).

Образцы представляют собой цилиндры, размеры которых приведены на рис. 9.6. Для установки образцов на нижней площадке машины имеется «прилив» цилиндрической формы диаметром $(10 \pm 0,5)$ мм и высотой 10^{+1} мм. Образцы вулканизуют в специальных формах на гидравлических прессах. Выдержка после вулканизации 16 ч — 28 сут.

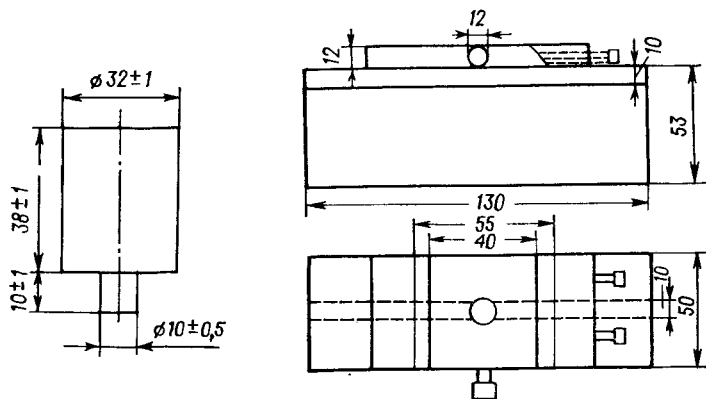


Рис. 9.6. Образцы для испытаний на многократное сжатие

Рис. 9.7. Сжимающие площадки к машине МРС-2

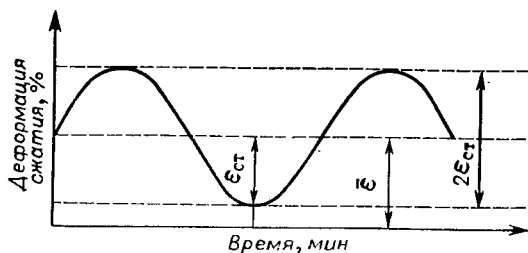


Рис. 9.8. Кривая деформации образцов при многократном сжатии

Испытания ведут на машине МРС-2 или УР-500, снабженной верхней и нижней сжимающими площадками (рис. 9.7). В центре нижней площадки имеется цилиндрическое углубление диаметром $10^{+0,5}$ мм и глубиной $11^{+0,5}$ мм.

Во избежание отрыва образца от поверхности нижней сжимающей площадки, вызываемого релаксационными процессами, задается не только амплитуда динамической деформации, но и величина средней деформации. При этом кривая деформации образцов во времени имеет вид, изображенный на рис. 9.8.

Динамические смещения подвижной площадки Δh (мм) рассчитывают по формуле:

$$\Delta h = h_0 \epsilon_d / 100, \quad (9.4)$$

где h_0 — первоначальная высота образца, мм; ϵ_d — амплитуда динамической деформации, %.

Расстояние между площадками l (мм) вычисляют по формуле:

$$l = h_0 (1 - \bar{\epsilon} / 100), \quad (9.5)$$

где $\bar{\epsilon}$ — заданное значение средней деформации, %.

Отрыв образца от нижней площадки не наблюдается при $\bar{\epsilon} \geq \epsilon_0$.

Расстояние между опорными площадками меньше высоты образца на величину статического сжатия:

$$\epsilon_{ст} = \bar{\epsilon}_д - \epsilon; \quad \bar{\epsilon} = \epsilon_d + \epsilon_{ст}; \quad \Delta h_{ст} = h_0 \epsilon_{ст} / 100, \quad (9.6)$$

где $\epsilon_{ст}$ — статическая деформация, %.

Для проведения испытаний при повышенной температуре в машине с термокамерой образцы предварительно прогревают в течение 45—60 мин.

Практическая работа 21

Испытание резин на многократное сжатие

Оборудование и материалы

Машина МРС-2 или УР-500
Сжимающие площадки
Вилки для удержания диска
Твердомер для определения твердости по Шору А

Термопара игольчатая
Часы режимные
Штангенциркуль
Образцы по ГОСТу

Подготовка к работе. До начала работы осматривают машину, проверяют ее исправность и смазку, соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I).

От каждой партии резины отбирают не менее трех образцов для определения температуры и остаточной деформации и не менее шести образцов для испытаний на динамическую выносливость с размерами, соответствующими нормам без дефектов и повреждений. Высоту образцов замеряют штангенциркулем в трех точках (с погрешностью до 0,1 мм). По твердости образцы не должны отличаться друг от друга более чем на 1—2 единицы по Шору А. Отобранные образцы нумеруют. Устанавливают расстояние между опорными площадками.

Заданную амплитуду сжатия на машине МРС-2 устанавливают при помощи винта в прорези диска и маховика 1 по линейке или шаблону.

Пример. Заданная средняя деформация сжатия — 40 % первоначальной высоты образца, амплитуда динамической деформации — 40 %.

Если первоначальная высота равна 38 мм, размах подвижной площадки согласно формуле (9.4) равен:

$$\Delta h = 38 \cdot 40 / 100 = 15,2 \text{ мм.}$$

Минимальное расстояние между площадками рассчитывают по формуле (9.5):

$$l = 38 (1 - 40 / 100) = 22,8 \text{ мм.}$$

Частоту сжатия устанавливают равной (300 ± 20) или (500 ± 20) циклов, передвигая приводной ремень на одну из ступеней шкива.

Проведение работы. Испытания ведут при (23 ± 2) , (27 ± 2) °С или повышенных температурах и частоте сжатия 250, 300 или 500 цикл/мин.

Образец помещают между сжимающими площадками так, чтобы его выступ вошел в гнездо нижней плиты.

Режимные часы устанавливают на 25-минутный режим, включают машину и фиксируют показания счетчика или время начала испытания. По истечении (25 ± 1) мин машину выключают и быстро определяют температуру образца игольчатой термопарой. Иглу термопары вводят в боковую поверхность образца на середине его высоты до оси на 15—16 мм не позднее 5 с после испытания. Показания термопары переводят в градусы Цельсия при помощи таблицы пересчета, учитывая температуру окружающей среды, и находят разность температур образца и комнатной.

Образец снимают с площадки и через 1 мин штангенциркулем измеряют его высоту в трех точках (с погрешностью до 0,1 мм). Результаты заносят в следующую таблицу:

№ образца	Высота, мм			
	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	Среднее значение
•				

При проведении испытания на динамическую выносливость до разрушения образца фиксируют показания счетчика машины или время, прошедшее до появления видимой на глаз трещины. При этом образцы, прошедшие температурные испытания, не используют. После выключения машины и снятия образца ему дают «отдых» в течение 1 мин и измеряют высоту штангенциркулем.

Данные, полученные при испытании, заносят в протокол 8.

Расчеты. Вычисление результатов проводят по средним значениям полученных данных, отбрасывая при их подсчете те, которые отличаются от среднего значения более чем на 12,5 %, и проводя дополнительные испытания новых образцов с тем, чтобы общее количество результатов было не меньшим, чем указано в Приложении VI.

При отсутствии счетчика динамическую выносливость N_m образцов при многократном сжатии определяют по формуле:

$$N_m = mt, \quad (9.7)$$

где m — число сжатий, цикл/мин; t — время испытания, мин.

Остаточную деформацию $\epsilon_{\text{ост}}$ (%) вычисляют по формуле:

$$\epsilon_{\text{ост}} = (h_0 - h_1) \cdot 100/h_0, \quad (9.8)$$

где h_0 — первоначальная высота образца, мм; h_1 — высота образца после испытания и «отдыха», мм.

Увеличение температуры образца (°C) равно:

$$\Delta t = t_{25} - t_0, \quad (9.9)$$

где t_{25} — температура образца после испытания, °C; t_0 — температура окружающей среды, °C.

Результаты испытания могут отличаться от норм. Значительное повышение температуры образца за счет больших гистерезисных потерь связано с введением более активного техуглерода, увеличением дозировок активного наполнителя или уменьшением количества пластификаторов.

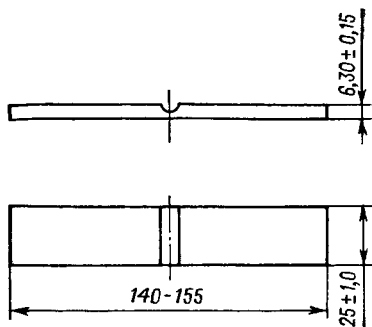
Определение теплообразования, остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии проводится также по ГОСТ 20418—75 на флексометре на образцах цилиндрической формы диаметром 17,8 мм и высотой 25 мм, с частотой сжатия 870, 1040, 1500 и 1800 цикл/мин.

9.5. Испытание резин на многократный продольный изгиб

Испытание характеризует поведение резин при многократных деформациях на изгиб и заключается в изгибании образцов по месту нахождения канавок под углом 180° при определенной частоте деформации 300 ± 10 изгибов в 1 мин. Испытание проводят до появления первой трещины, видимой на глаз, и до разрастания трещин до определенного размера.

Рис. 9.9. Образцы для испытания на многократный продольный изгиб

Для проведения испытаний применяют образцы, изготовленные в формах на гидравлических прессах в виде прямоугольных полос; их форма и размеры указаны на рис. 9.9 (ГОСТ 9983—74). Посредине образцы имеют канавки прямой полуцилиндрической формы. В канавках, являющихся участками концентрации напряжений при деформации, образуются и разрастаются трещины. Существует два метода проведения испытаний. По методу А испытания ведут без прокола, по методу Б — с предварительным сквозным проколом образцов по центру канавки, обеспечивающим повышенную точность определения сопротивления разрастанию трещин.



Сопротивление образованию трещин определяют числом циклов (в тыс.) деформаций от начала испытания до момента образования видимых трещин.

Сопротивление разрастанию трещин соответствует числу циклов (в тыс.), выдержанных образцом от момента появления видимых трещин до момента разрастания их до 12 мм. Для сквозного прокола образцов применяют приспособление с копьем (рис. 9.10). Оно состоит из станины, жесткой подложки, копия, гостированной формы и размеров, и рычага, обеспечивающего удар по копы.

Для определения глубины канавок применяют два толщиномера. Один из них, стандартной конструкции, используют для измерения толщины образца, второй (рис. 9.11), отличающийся

формой и размером верхней площадки, — для определения толщины подканавочного слоя. Он снабжен специальной ножкой круглого сечения диаметром 2 мм или прямоугольного 2×6 мм.

Испытания ведут на машине МРС-2 (см. рис. 9.2) при (23 ± 2) или $(50 \div 150 \pm 2)^\circ\text{C}$ (на машине с термокамерой).

Зажимное приспособление для установки образцов в зажимах машины МРС-2 или УР-500 имеет посредине полуцилиндрический выступ для фиксирования положения образцов в зажимах.

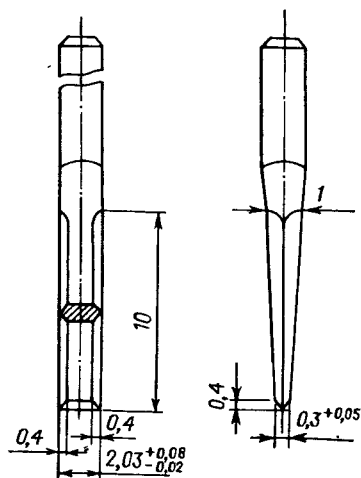


Рис. 9.10. Приспособление для прокола образцов

Испытание резин на многократный продольный изгиб

Оборудование и материалы

Машина МРС-2 или УР-500
Зажимное приспособление
Линейка металлическая
Лупа
Копье для прокола образцов
Бумага миллиметровая
Мыльный раствор

Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)
Толщиномер для измерения подканавочного слоя (погрешность измерения 0,01 мм)
Часы режимные
Образцы по ГОСТу 9983—74

Подготовка к работе. Работу начинают с осмотра и проверки исправности машины МРС-2 (см. работу 20) и установки частоты деформации 300 ± 10 цикл/мин, соблюдая инструкцию (см. Приложение I).

Образцы для испытания выдерживают после их вулканизации не менее 6 ч — 28 сут. От каждой партии резины отбирают шесть образцов с гладкой поверхностью канавок, без пор, посторонних включений и других дефектов, соответствующих по форме и размерам установленным нормам (см. рис. 9.9). Толщину образцов измеряют толщиномером в трех точках вблизи канавок. Толщину подканавочного слоя измеряют специальным толщиномером. Глубину канавки рассчитывают по разности толщин образца и подканавочного слоя.

По методу А образцы закрепляют в зажимах без изгиба и натяжения на максимальном расстоянии друг от друга так, чтобы их канавки находились по центру расстояния между зажимами и изгиб происходил по рис. 9.12.

Прокол прямой канавки для испытаний по методу Б делают по ее центру перпендикулярно плоскости образца. Прокол должен обеспечиваться одним ударом копья, которое можно смачивать водой или мыльным раствором.

Перед испытанием образцы кондиционируют при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 3 ч.

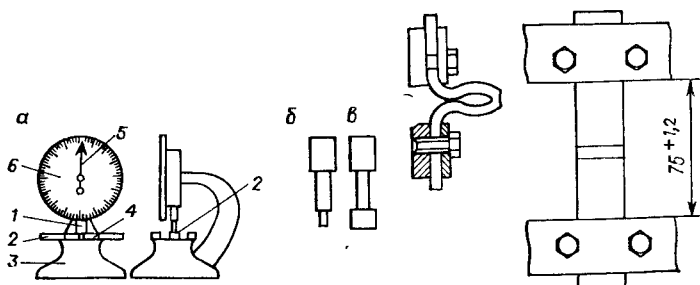


Рис. 9.11. Толщиномер для измерения глубины подканавочного слоя:

а — общий вид; б, в — ножка толщиномера; 1 — ножка; 2 — образец; 3 — основание; 4 — направляющие; 5 — стрелка; 6 — шкала

Рис. 9.12. Установка образцов в зажимы машины МРС-2

При установке амплитуды деформации ход ползуна должен обеспечивать максимальное расстояние между зажимами $75^{+1,2}$ мм. Образцы закрепляют в зажимах при максимальном расстоянии между ними, без натяжения и изгиба при помощи зажимного устройства, канавкой наружу и по центру между зажимами. Образцы должны находиться на расстоянии не менее 0,5—1,0 мм друг от друга.

Проведение работы. Включают машину нажатием кнопки «Пуск» магнитного пускателя, фиксируют показания счетчика или время начала испытания. Машину периодически останавливают и осматривают канавки. Вначале осмотр проводят часто, затем интервалы увеличивают, например, через 10, 15, 30, 60, 90, 120 мин и т. д.

По методу А фиксируют появление видимых на глаз трещин в канавке каждого образца при расстоянии между зажимами $65^{+1,0}$ мм и записывают показания счетчика (или часов) в протокол 8. Испытания продолжают с целью определения разрастания появившихся трещин. Измерения осуществляют линейкой и толщиномером. Оценку образцов ведут по виду трещин, их числу, длине и глубине в соответствии со следующей шкалой ступеней образования трещин:

№ ступени	Характеристика
1	Трещины визуально выглядят как булавочные проколы, число трещин меньше или равно 10
2	Число трещин типа булавочных проколов превышает 10 или число трещин менее 10, но они по размеру больше булавочных проколов и имеют длину не более 0,5 мм и незначительную глубину
3	Трещины типа булавочных проколов становятся явными трещинами длиной от 0,5 до 1,0 мм и имеют незначительную глубину
4	Длина наибольшей трещины от 1,0 до 1,5 мм
5	» » » » 1,5 » 3,0 »
6	» » » » превышает 3,0 мм

На листе миллиметровой бумаги на оси абсцисс откладывают значения изгибов в тысячах циклов, по оси ординат — от 1 до 6 ступеней. Наносят точки для испытуемых образцов и через них проводят кривую. Применяв графическую интерполяцию, определяют число циклов изгибов (в тыс.) для каждой ступени. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов всех испытаний.

По методу Б образцы поочередно укладывают на жесткую подложку, копье устанавливают по центру канавки и перпендикулярно плоскости образца.

Одним ударом наносят прокол так, чтобы копье выступало из образцов на 2,5—3,0 мм, а щель прокола была параллельна продольной оси канавки. Для облегчения прокола острие копья смазывается мыльным раствором или водой.

Отобранные для испытания шесть образцов без дефектов устанавливают в зажимах машины так же, как по методу А, и изме-

яют линейкой длину трещины от прокола (L_0) с погрешностью не более 0,1 мм при помощи лупы. При измерении расстояние между зажимами должно составлять $65,0^{+0,1}$ мм. Включив машину, наблюдают за разрастанием трещин; останавливая ее, периодически фиксируют число циклов изгибов (в тыс.) и длину трещины, измеренную при расстоянии между зажимами $65,0^{+0,1}$ мм. Измерения ведут через 1, 3, 5, 10, 20, 50, 100, 300 тыс. циклов и далее.

На миллиметровой бумаге на оси абсцисс откладывают число тысяч циклов изгибов, соответствующих длинам трещин, значения которых наносят на оси ординат. Через полученные точки проводят линию и определяют число изгибов (в тыс. циклов) при разрастании трещин от L_0 до $(L_0 + 2)$ мм; от $(L_0 + 2)$ до $(L_0 + 6)$ мм и от $(L_0 + 6)$ до $(L_0 + 10)$ мм.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов испытаний всех образцов.

Расчеты. Находят среднее значение общей толщины и толщины подканавочного слоя для каждого образца и проводят подсчет глубины канавок по их разности. Затем подсчитывают средние значения результатов, полученных при испытаниях.

Сопротивление резин образованию трещин при многократном продольном изгибе N_0 характеризуется числом циклов деформаций от начала испытания до образования видимых трещин в канавке образца.

При отсутствии счетчика расчет ведут по формуле:

$$N_0 = nt, \quad (9.10)$$

где n — число изгибов в мин; t — время от начала испытания до образования видимых трещин, мин.

Сопротивление разрастанию трещин N_p характеризуется числом изгибов, которое выдержал образец от момента появления видимых трещин до образования трещин на образце длиной 12 мм. При отсутствии счетчика число циклов рассчитывают по формуле:

$$N_p = nt_p, \quad (9.11)$$

где n — число изгибов в 1 мин; t_p — время от момента образования видимых трещин до достижения общей длины 12 мм.

9.6. Определение выносливости резин при знакопеременном изгибе и многократном сдвиге

Испытание в условиях симметричного знакопеременного режима исключает накопление остаточных деформаций в образцах и в ряде случаев больше соответствует режиму эксплуатации, чем при испытаниях в условиях знакопостоянного цикла. К таким испытаниям относится определение усталостной выносливости образцов при знакопеременном изгибе на машине ДИЗПИ на образцах гантелевидной формы с частотой деформации 1000 и 3000 цикл/мин и деформацией до 30 %. По истечении 10 мин

испытания измеряют вращающий и изгибающий моменты и температуру поверхности образца. Динамический модуль внутреннего трения, представляющий отношение амплитуды напряжения к амплитуде деформации, и модуль внутреннего трения, зависящий от механических потерь цикла и амплитуды деформации, вычисляют по соответствующим формулам.

Для испытания * серии образцов на многократный симметричный знакопеременный изгиб в различных температурных режимах применяют стенд СЭПИ, состоящий из 6 секций, заключенных в термошкаф. Динамическую выносливость N , характеризующуюся числом циклов деформаций до разрушения, определяют при помощи счетчиков, установленных на каждой секции. Коэффициенты динамической выносливости, характеризующие сопротивление образцов повторяющимся нагружениям, вычисляют, исходя из логарифмов N , f_p , ϵ_p , ϵ_0 , динамического модуля и амплитуды деформации.

В процессе эксплуатации ряд изделий подвергаются многократным деформациям сдвига. Соответствующие испытания проводят по ГОСТу **.

Контрольные вопросы

1. Режимы динамического нагружения резин. Преимущества симметричного цикла нагружения. Графическое изображение режимов динамических деформаций.
2. Динамические утомление, усталость и долговечность материалов; выносливость резин при многократных деформациях и зависимость ее от амплитуды динамического нагружения.
3. Сопротивление резин образованию и разрастанию трещин; факторы, влияющие на показатель, и методы его оценки.
4. Теплообразование при многократных деформациях, его причины.
5. Влияние состава резин на их выносливость при многократных деформациях и теплообразование.
6. Конструкция машин для динамических испытаний, их кинематические схемы и принцип действия.
7. Основные параметры испытаний на многократные деформации.
8. Подготовка образцов к испытанию.
9. Методы установки заданных параметров испытания, проведение испытания и вычисление результатов.
10. Обсуждение зависимости полученных показателей от рецептур испытуемых резиновых смесей и условий их вулканизации.

* Испытания ведут по ГОСТ 10952—75 при частоте деформации 3000 цикл/мин и амплитудах 10, 15, 20, 25, 30 ± 1 %.

** По ГОСТ 9982—76; на образцах в форме параллелепипедов определяют усталостную выносливость N_1 — число циклов деформации при их частоте 250 или 500 цикл/мин до разрушения образца, температуру на торце образца при испытании и температуру разрушенного образца.

ИСПЫТАНИЕ РЕЗИН НА ИСТИРАНИЕ

10.1. Истирание резин. Виды износа

У ряда резиновых изделий — покрышек всех видов, конвейерных лент, ремней, резиновой обуви и других — при эксплуатации происходит разрушение поверхностных слоев в результате трения, возникающего при скольжении резин по поверхности контртела (другого материала). Это приводит к их износу и выходу из строя. Повышение сопротивления резин истиранию — и з н о с о с т о й к о с т и — необходимое условие увеличения надежности и долговечности основного ассортимента изделий резиновой промышленности. И с т и р а н и е резины — это процесс механического отрыва частиц под влиянием местных концентраций напряжений, возникающих на выступах истирающей поверхности при скольжении резины. Оно является следствием трения, возникающего при перемещении изделия относительно поверхности более твердого тела (абразива).

Износ (истирание) характеризуется потерей массы или объема, отнесенной к затраченному времени (интенсивность износа) или к затраченной работе (удельная истираемость) на истирание. Истирание резины — это сложный процесс, сопровождающийся механическими и физико-химическими явлениями. Основные из них следующие:

1. Механическое повреждение поверхности острыми гранями твердых выступов поверхности контртела. Если поверхность контртела имеет достаточно высокие и острые выступы, на поверхности резины могут происходить разрывы и раздиры.

2. Деформация поверхностного слоя неровностями поверхности контртела—абразива, имеющая многократный динамический характер и приводящая к усталостному разрушению резин — появлению и разрастанию трещин (см. гл. 9).

3. Преодоление адгезионных сил, возникающих при контакте поверхностей и особенно больших при трении резин об относительно гладкие поверхности контртела. При этом вследствие местной деформации на поверхности резины появляются складки и выступы, а при недостаточной прочности резин происходит разрушение поверхности из-за появления трещин, отрыва и дальнейшего скатывания мельчайших полосок резины.

В результате указанных изменений прочность резин, их сопротивление раздиру, изменяется модуль упругости.

При истирании резины возможны соответственно три механизма износа: абразивный, усталостный, фрикционный (скатывание).

А б р а з и в н ы й износ характерен для резин большой твердости. Он вызывается действием острых граней твердых

выступов шероховатой поверхности контртела на их поверхностный слой и приводит к образованию параллельных царапин на истираемой поверхности, направление которых совпадает с направлением скольжения. Абразивный износ наблюдается редко, и только в случае, когда контртело имеет острые режущие грани и приложена значительная сила трения. Повышенной стойкостью к такому виду износа обладают резины большой прочности и эластичности, содержащие активные наполнители.

Усталостный износ является основным видом износа резиновых изделий. Он проявляется при небольших значениях силы трения между резиной и истирающей поверхностью. При этом на истираемой поверхности обычно не образуется царапин. Его интенсивность меньше, чем фрикционного и абразивного износа. Стойкость резин к этому виду износа определяется выносливостью резин к многократным деформациям, так как местные напряжения и деформации, возникающие от неровностей на истираемой поверхности в точках соприкосновения с контртелом, в результате проскальзывания трущихся поверхностей многократно повторяются. Повышение прочности, усталостной выносливости, стойкости к старению и снижение модуля упругости и гистерезисных потерь снижает усталостный износ.

Фрикционный износ характерен для высокоэластичных материалов, проявляется в скатывании и возникает при механическом повреждении и разрушении поверхности резины при трении об относительно гладкую поверхность контртела. Фрикционный износ является самым интенсивным и происходит при относительно высоком коэффициенте трения между истирающей поверхностью и резиной. При сильном трении в результате местной деформации истираемой поверхности появляются складки и выступы, разрушение начинается с возникновения трещин, перпендикулярных направлению растягивающего усилия там, где поверхностные слои находятся в сложном напряженном состоянии и при наибольшем растяжении. Рост трещин происходит под действием относительно небольших усилий. Постепенное раздирающее приводит к относительному перемещению слоев в контакте, без общего проскальзывания, образованию скаток и их отделению при значительных усилиях. Наиболее стойки к фрикционному износу резины с высокими прочностью и сопротивлением раздиру.

В эксплуатационных условиях изделия могут подвергаться одному из указанных видов износа или их комбинациям. В обычных условиях преобладает усталостный износ — наименее интенсивный. При больших силах трения, в зависимости от шероховатостей истирающей поверхности, прочности и упругоэластических свойств резин, возникает абразивный или фрикционный износ и интенсивность истирания резины возрастает.

На интенсивность износа влияет ряд внешних факторов: давление, температура, скорость скольжения, относительное про-

скользание, мощность трения, геометрия истирающей поверхности, окружающая среда (кислород, агрессивные среды), влажность воздуха. Кроме механического износа резин наблюдается и деструкция молекул каучука вследствие развивающейся на поверхности контакта резины с контртелом температуры 650—1100 °С и присутствия кислорода воздуха. Износостойкость резины зависит от ее температуростойкости и устойчивости к старению (устойчивыми являются предельные каучуки СКУ, БК). Сопротивление истиранию понижается также в результате возможного в некоторых случаях накопления статического электричества.

Износостойкость резин зависит от их состава и, в первую очередь, от выбора каучуков. Оптимальным является применение каучуков с высокой молекулярной массой, узким молекулярно-массовым распределением, регулярного строения (СКИ-3, НК, СКД, БК, СКУ, СКЭП и СКЭПТ, БСК), с высокой полярностью (хлоропреновые) и комбинации приведенных каучуков.

Введение в смеси высокоактивного технического углерода (П-234, П-324, П-354), активных ускорителей вулканизации, противостарителей, стабилизаторов, противоутомителей обеспечивает получение износостойких вулканизатов. Повышенное содержание пластификаторов, как правило, снижает износостойкость, поскольку снижается прочность резин.

Истирание происходит в результате трения при скольжении одного тела относительно другого. Сила трения, возникающая при относительном перемещении двух тел со скоростью U , определяется по закону трения:

$$F = \mu N, \quad (10.1)$$

где F — сила трения, равная силе тяги; μ — коэффициент трения (зависит от свойств трущихся материалов, скорости скольжения и др.); N — нормальная нагрузка.

При заданных нагрузке и проскальзывании существует критическое значение μ , при котором резко повышается интенсивность износа.

Для одних и тех же резины и контртела при прочих равных условиях μ зависит только от скорости скольжения. Следовательно, в этом случае μ можно заменить скоростью скольжения U .

Согласно закону трения параметры F , N , U связаны между собой таким образом, что независимыми могут быть лишь два, а третий определяется их значениями. В связи с этим истирание можно проводить в трех режимах: I — N , $U = \text{const}$; II — F , $U = \text{const}$; III — N , $F = \text{const}$.

Если $U_1 = U_2$ (резина и абразив имеют равные скорости), проскальзывание равно нулю, т. е. наблюдается режим качения, если же одно из тел неподвижно, т. е. $U_1 = 0$ или $U_2 = 0$, то имеет место режим скольжения. Задавая определенное соотношение U_1 и U_2 , можно при испытаниях создавать такое же проскальзывание, как и в условиях эксплуатации.

10.2. Методы определения износостойкости резин

Истирание резины может происходить в режиме скольжения (работа конвейерных лент) и в режиме качения (работа шин). Однако при эксплуатации шины наряду с трением качения претерпевают и трение скольжения, например при торможении. Такой режим называют трением качения с проскальзыванием. В связи с этим испытание на износостойкость проводится либо в режиме скольжения, либо в режиме качения с проскальзыванием (рис. 10.1). Проскальзывание S (%) выражается отношением разности скоростей движения резинового образца и абразива $U_1 - U_2$, т. е. скорости скольжения к наибольшей скорости U_1 :

$$S = (U_1 - U_2) \cdot 100 / U_1. \quad (10.2)$$

Правильный выбор испытания имеет большое значение для получения характеристики износостойкости, согласующейся с эксплуатационными данными.

Эксплуатационные испытания резин занимают много времени, поэтому условия лабораторных испытаний, проводимых в течение 15—20 мин, ужесточают, увеличивая нормальное давление и скорость скольжения или качения, применяя бумагу высокой абразивности, повышая температуру в зоне контакта резины и абразива.

Для получения сравнимых результатов испытания истирающая способность (шероховатость) абразивной бумаги оговаривается в соответствующем ГОСТ 3647—80 на истирание и должна составлять $44 \cdot 10^{-6} - 83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{МДж}$ по контрольной резине. Поскольку абразивная способность новой бумаги быстро снижается до определенного предела, на ней производят п р и т и р а н и е образцов в течение 15—30 мин до ее стабилизации.

При этом удаляются наиболее крупные зерна основы шкурки и слабо связанные с ней. Притирание образцов заключается

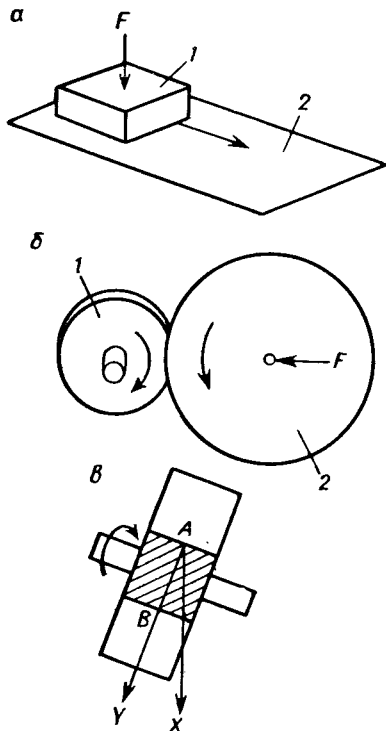


Рис. 10.1. Методы истирания:

a — 100 %-е проскальзывание; b , c — контролируемое скольжение (c — боковой вид резинового кольца)
1 — резина; 2 — абразив; X и Y — соответственно направления движения абразива и образца; F — прижимное усилие

в истирании поверхностной пленки и является подготовительной операцией перед испытанием. При истирании образцов абразивность бумаги во времени падает, и ее периодически проверяют с помощью контрольной резины. Если показатель истирания оказывается ниже установленной нормы, бумагу заменяют.

10.3. Оборудование для испытаний

Испытания в режиме скольжения по ГОСТ 426—77 ведут на машине МИ-2 (рис. 10.2).

Сущность метода заключается в истирании образцов, прижатых к абразивной поверхности вращающегося с постоянной скоростью диска, при постоянной нормальной силе. Диск 16 приводится во вращение от электродвигателя 12 через редуктор 11. Для образцов на рычаге 1 находятся гнезда 10, прижим рычага к диску с абразивной шкуркой осуществляется грузом 21, подвешенным на тросе 20. Уравновешивающий рычаг груз 3 обеспечивает его горизонтальное положение. Частота вращения диска контролируется по счетчику 19, при достижении заданной на нем частоты электродвигатель останавливается концевым выключателем.

Испытания в режиме качения с проскальзыванием проводят по ГОСТ 12251—77 на машине МИР (рис. 10.3). Она состоит из

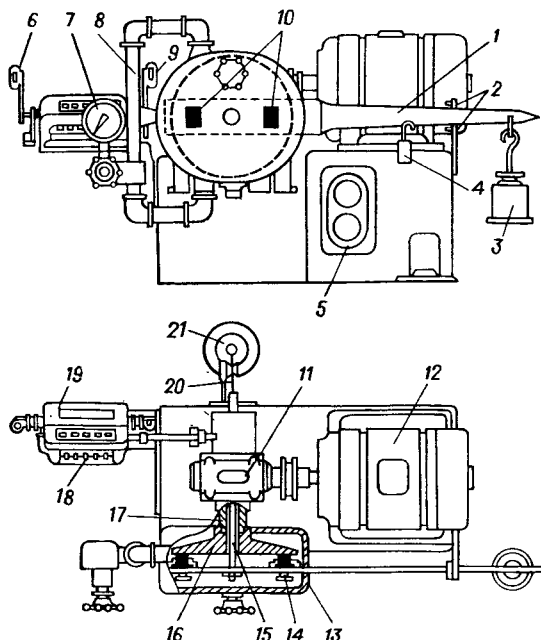


Рис. 10.2. Машина МИ-2:

1 — рычаг; 2 — ограничители; 3 — сменный груз; 4 — динамометр; 5 — пускатель; 6, 9 — рукоятки; 7 — манометр; 8 — воздухопровод; 10 — гнезда; 11 — редуктор; 12 — электродвигатель; 13 — крышка; 14 — винт; 15 — стержень; 16 — диск; 17 — полый вал; 18 — кнопки; 19 — счетчик; 20 — трос; 21 — груз

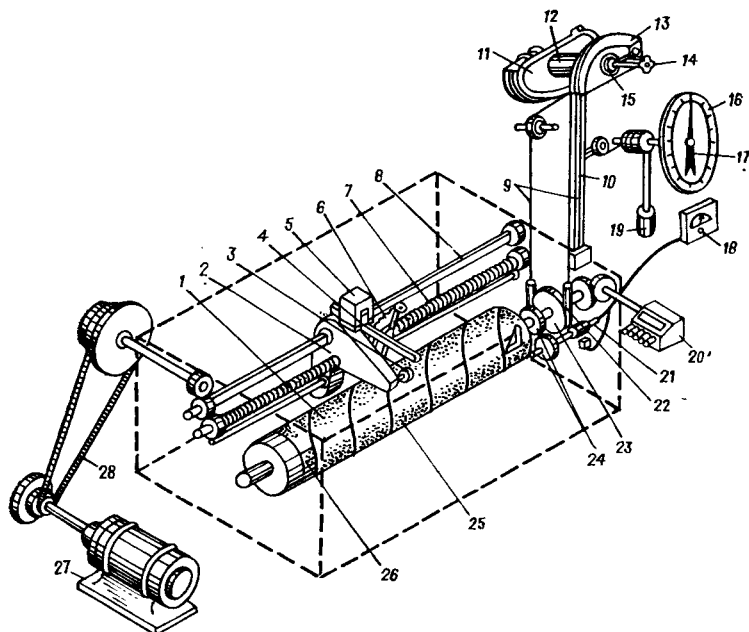


Рис. 10.3. Схема машины МИР:

1 — барабан; 2 — каретка; 3 — образец; 4 — направляющая силонагрузителя; 5 — груз; 6 — нагреватель; 7 — ходовой винт; 8 — направляющий валик; 9 — трос; 10 — маятник; 11 — полудиски; 12 — блок-головка; 13 — диск; 14 — рукоятка; 15 — натяжной барабан; 16 — шкала; 17 — стрелка; 18 — милливольтметр; 19 — грузик стрелки; 20 — счетчик; 21 — электротактометр; 22 — тормозной механизм; 23 — тормозной шкив; 24 — шестерни; 25 — абразивная лента; 26 — пружинный держатель; 27 — электродвигатель; 28 — клиноременная передача

электродвигателя 27, от которого через клиноременную передачу 28, трехступенчатые шкивы и коробку передач через ходовой винт 7 и ходовой валик 8, получивших одновременно вращательное движение, который связан со шпинделем через шестеренчатую передачу 24, приводит во вращение шпиндель с образцом. Перестановкой клинового ремня на шкивах можно получить три частоты вращения шкивов: 300, 700, 1400 об/мин. При вращении ходового винта поступательно перемещается каретка 2 с образцом 3, создавая комбинированное поступательно-вращательное перемещение образца вдоль истирающей поверхности шлифовальной шкурки 25, находящейся на барабане 1. Внутри барабана установлен нагреватель с автоматическим регулятором, обеспечивающий температуру поверхности барабана в пределах от 40 до 130 °C с погрешностью до ± 2 °C.

Выдвижением рукоятки со шкалой из коробки передач получают четыре скорости перемещения каретки: 0; 0,6; 1,0 и 5,0 мм на один оборот барабана. Поступательное движение каретки обеспечивает истирание по обновленной поверхности шкурки. Для создания прижимного усилия между образцом и бараба-

ном служат рычаг с грузом 5, обеспечивающие нормальную силу в пределах от 2 до 50 Н с погрешностью до 1 Н. Диаметр барабана равен (200 ± 2) мм, длина (500 ± 5) мм. Частота вращения образца (350 ± 50) об/мин, время перемещения по барабану (180 ± 2) с.

При вращении образца за счет силы трения приводится во вращение барабан 1, скорость которого можно уменьшать с помощью тормозного механизма. Кожаная лента, перекинутая через шкив 23 барабана, одним концом закреплена тросиком 9 на диске блок-головки 12 маятникового силоизмерителя, а другим концом — тросиком на натяжном барабане 15. Натяжение ленты регулируют поворотом рукоятки 14 диска 13.

Проскальзывание регистрируется электротахометром 21, принцип работы которого основан на взаимодействии двух встречных электросигналов, получаемых от двух датчиков. Один из них механически связан с барабаном, а другой подает постоянный сигнал, соответствующий частоте вращения барабана без торможения при данной скорости вращения образца. Общий сигнал регистрируется микроамперметром. При отсутствии торможения встречные сигналы равны и стрелка микроамперметра стоит на нуле. При торможении частота вращения барабана уменьшается и сигнал датчика барабана становится слабее. Стрелка микроамперметра отклоняется на величину, пропорциональную проскальзыванию барабана.

Шкала электротахометра имеет два предела измерений — на 100 % проскальзывания при цене деления 1 % и на 20 % проскальзывания при цене деления 0,2 %. Для каждой шкалы установлено три клавишных переключателя, соответствующих трем возможным скоростям вращения образца.

Проскальзывание S можно определять также с помощью счетчика 20, регистрирующего частоту вращения барабана. Тогда

$$S = (n_0 - n_1) \cdot 100 / n_0, \quad (10.3)$$

где n_0 и n_1 — частота вращения барабана соответственно при холостом ходе и при торможении, об/мин.

Машина помещена в кожух с откидывающейся передней частью и рабочим окном. Абразивная пыль и резиновая крошка отсасываются или собираются в противне под барабаном.

10.4. Методика испытания на истирание в режиме скольжения

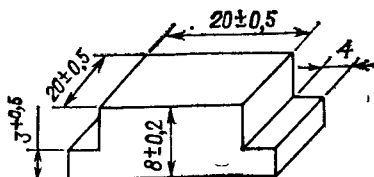
Износостойкость — величина, обратная интенсивности износа, выраженная потерей массы резины за единицу времени и пути. Износостойкость ΔV может выражаться формулой:

$$\Delta V = al^n, \quad (10.4)$$

где l — путь, проделанный образцом при истирании; a , n — эмпирические константы.

Резина при этом испытании истирается по режимам I (N , $U = \text{const}$) или II (F , $U = \text{const}$) при скольжении. В качестве

Рис. 10.4. Образцы для испытаний на истирание при скольжении



абразивного тела применяют шлифовальную шкурку монокорунд 150 или стальную сетку № 1. Образец неподвижен, скорость скольжения определяется скоростью движения абразива

$l(0,30 \pm 0,05)$ м/с по центру образца]. Образцы с помощью постоянного груза N , обеспечивающего контактное давление 32,5 кПа, а для обувных резин 20,0 кПа, прижимаются к шкурке (режим I). При испытании в режиме II во время притирки образцов подбирается прижимное усилие N , обеспечивающее заданную силу трения ($F, U = \text{const}$), проскальзывание $S = 100\%$.

При использовании в качестве абразива металлической сетки испытания проводят при двух контактных давлениях в зависимости от твердости резин по Шору А1 менее 90 ед. — 30—50 кПа, более 90 ед. — 50—70 кПа.

Образцы для испытания, изготавливаемые методом формования, должны иметь конфигурацию и размеры, показанные на рис. 10.4. При испытании резин, вырезанных из готовых изделий, допускается применение образцов высотой $(10 \pm 0,2)$ мм и вырубка квадратов, размером 20×20 мм толщиной не менее 2 мм, с последующей их накладкой на образцы стандартной формы из резин с твердостью по Шору А (66 ± 2) усл. ед.

Испытание по ГОСТ 426—77 ведут не менее чем на шести образцах (трех парах) не ранее чем через 16 ч и не позднее 30 сут после их вулканизации при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

В качестве контрольной шкурки используется резина марки А на основе каучука СКМС-30АРКМ-15 марки Б на основе НК.

Для испытания при повышенных температурах (в пределах от 40 до 130°C) предусматривается применение термокамеры.

Устойчивость к истиранию оценивается истираемостью, сопротивлением истиранию и удельным истиранием.

Истираемость α (в $\text{м}^3/\text{ТДж}$) характеризует убыль объема двух образцов, приходящуюся на единицу работы

$$\alpha = (\Delta V/A) (1/K). \quad (10.5)$$

где ΔV — убыль объема двух образцов, м^3 ; A — работа трения, затраченная на истирание двух образцов, ТДж; K — коэффициент, учитывающий истирающую способность шкурки.

Сопротивление истиранию β ($\text{Дж}/\text{мм}^3$) — определяет работу (в Дж), затраченную на истирание 1 мм^3 резины с поверхности в 1 м^2 .

Удельное истирание $I_{\text{уд}}$ характеризует убыль объема резины (в м^3) с поверхности в 1 м^2 при истирании по пути длиной 1 км.

Испытание на истирание на машине МИ-2

Оборудование и материалы

Машина МИ-2
Весы аналитические
Ножницы
Набор грузов
Щетка

Приспособление для определения плотности (к весам)
Шкурка монокорунд 150
Смазка машинная
Образцы испытуемой и контрольной резины

Подготовка к работе. Соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), на диск 16 машины (см. рис. 10.2) укладывают шкурку, вырезанную в виде кольца и зажимают гайкой. Убеждаются в наличии в воздуховоде 8 сжатого воздуха, служащего для сдувания резиновой крошки, открывая кран воздуховода 8 и контролируя его давление по манометру 7. Включив электродвигатель 12, проверяют работу машины. Грузовой стержень 15 рычага 1 и втулку вала 17 смазывают смазкой. На счетчике 19 нажатием на рукоятку 9 с помощью кнопок 18 устанавливают цифру «200», соответствующую частоте вращения диска 200 об/мин и продолжительности испытания 300 с. Отпустив рукоятку 9 и повернув рукоятку 6, сбрасывают показания. Два образца контрольной резины вставляют в рамки, помещают в гнезда 10 рычага 1 и закрепляют их с помощью винтов 14. Во втулку полого вала 17 стержень рычага вставляют так, чтобы образцы упирались в диск 16 со шкуркой. На конец стержня подвешивают прижимной груз 21, равный 26 Н (для обувных резин 16 Н). Открывают кран воздуховода 8 и включают мотор 12, который передает вращение через редуктор 11 полному валу 17 с диском 16.

Истирание, обеспечивающее стабилизацию шкурки, проводят не менее 15 мин. Притирание образцов контрольной резины продолжают до появления износа на всей поверхности контакта. Затем снимают нагрузку, освобождают рычаги, вынимают образцы из рамки, очищают щеткой от бахромы и пыли и взвешивают на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г. Взвешенные образцы помещают на те же места в рамку, стержень рычага вставляют в втулку, прикладывают нормальную силу N (26 Н) и включают электродвигатель. Истирание ведут 300 с, фиксируя силу трения F через каждые 60 с. По истечении времени испытания электродвигатель отключают, образцы вынимают из рамки, очищают и взвешивают на аналитических весах.

Истирающую способность шлифовальной шкурки определяют по истираемости α_d (м³/ТДж) контрольной резины

$$\alpha_d = \Delta V / A, \quad (10.6)$$

где ΔV — потеря объема после истирания двух образцов, м³; A — работа, затраченная на истирание, ТДж.

Рис. 10.5. Схема действия сил на машине МИ-2

Истирающая способность шкурки по истираемости контрольной резины при нормальной силе N должна лежать в пределах 45—80 м³/ТДж. Круг шкурки, удовлетворяющий этим цифрам, используют для испытания образцов.

Проведение испытания. Испытуемые образцы вставляют в рамку рычага 1, устанавливают его в машину, прикладывают нормальную силу N и ведут притирку образцов, а затем к концу длинного плеча рычага подвешивают груз 3, уравнивающий вместе с динамометром 4 вращающий момент, который создается силами трения, возникающими при скольжении абразива по образцам. Горизонтальное положение рычага определяется ограничителями 2. Для сохранения равновесия по мере надобности меняют натяжение динамометра 4. Проводят притирку образцов до снятия наружной пленки по всей их поверхности. После выключения мотора закрывают воздуховод, снимают прижимной груз, освобождают образцы и нумеруют их с нерабочей стороны в соответствии с положением в гнездах. Производят притирку еще двух пар испытуемых образцов. Перед притиркой или истиранием каждой пары образцов показания счетчика сбрасывают нажатием на рукоятку 6.

Притертые образцы очищают от пыли щеткой, снимают с их краев бахромки и взвешивают на весах с погрешностью до 0,001 г. Взвешенные образцы снова закрепляют в тех же гнездах и устанавливают рычаг так же, как для притирки. Включают мотор и подачу сжатого воздуха. Уравнивают рычаг, и в процессе испытания примерно каждые 60 с записывают показания динамометра с точностью до 0,1 Н.

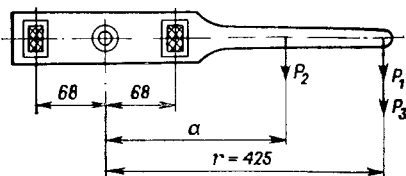
После 200 оборотов диска (контроль по счетчику) мотор автоматически отключается. Выключают подачу сжатого воздуха, вынимают образцы, очищают их и взвешивают. Потеря массы образцов должна быть не менее 0,5 г (иначе время испытания увеличивают). Затем так же испытывают еще две пары образцов. Истирающую способность шкурки проверяют до и после испытания шести пар образцов по контрольной резине.

Определяют плотность контрольной и испытуемой резины, отрезав кусочки истертых образцов (см. работу 12). Результаты испытаний заносят в протокол 9.

Расчеты. Работу A (Дж) рассчитывают по формуле:

$$A = 2\pi n (P_1 R + P_2 R) = 2\pi n R (P_1 + P_2), \quad (10.7)$$

где n — частота вращения диска, об/мин; P_1 — груз, уравнивающий рычаг, Н; P_2 — постоянная машины, Н; R — расстояние от центра рычага до точки подвеса груза (постоянная для машины величина, равная 0,42 м).



ПРОТОКОЛ 9

испытания резин на сопротивление истиранию

Дата	Марка резиновой смеси
Тип машины	Плотность смеси, кг/м³
Режим испытания	Марка контрольной смеси
Нормальная сила, Н	Плотность контрольной смеси, кг/м³

Показатели	Пары образцов							
	контрольной резины				испытуемой резины			
	1	2	3	среднее значение	1	2	3	среднее значение

Масса образцов, кг
 после притирки
 после истирания
 Потеря объема, мм³
 Сила трения, Н
 Уравновешивающая сила, Н *
 Показания динамометра *
 Частота вращения диска (барабана), об/мин
 при холостом ходе **
 при истирании
 при торможении **
 Относительное проскальзывание, % **
 Продолжительность испытания, с
 Работа трения, ТДж
 Сопротивление истиранию, Дж/мм³
 Истираемость контрольной резины, м³/Дж
 на применяемой шкурке
 на стандартной шкурке
 Коэффициент K

* Заполняется при работе на МИ-2.

** Заполняется при работе на МИР-1.

Схема действия сил на машине МИ-2 показана на рис. 10.5.
 Сопротивление истиранию β (Дж/м³) определяют по формуле:

$$\beta = AK/\Delta V, \quad (10.8)$$

где A — работа трения, Дж; $A = Fl$; F — среднее значение силы трения за время испытания, Н; l — путь трения, м;

$$l = Ut = \pi Dn; \quad (10.9)$$

U — скорость скольжения по центру образцов, м/с; t — время испытания, с;
 D — расстояние между центрами образцов, м; n — частота вращения диска за время испытания, об/мин; ΔV — убыль объема, мм³;

$$\Delta V = 10^9 (m_1 - m_2)/\rho; \quad (10.10)$$

m_1 и m_2 — массы двух образцов до и после испытания, кг; ρ — плотность резины образцов (ГОСТ 267—73), кг/м³; K — коэффициент, учитывающий истирающую способность шлифовальной шкурки, равной

$$K = \alpha_{\text{д}}/\alpha_{\text{э}}; \quad \alpha_{\text{д}} = \Delta V/A; \quad (10.11)$$

$\alpha_{\text{д}}$ — истираемость контрольной резины при данной шлифовальной шкурке, м³/ТДж; $\alpha_{\text{э}}$ — истираемость контрольной резины на стандартной шкурке, истирающую способность которой принимают равной 70 м³/ТДж.

Истираемость испытуемой резины α (м³/ТДж):

$$\alpha = (\Delta V/A) (1/K). \quad (10.12)$$

Коэффициент трения

$$\mu = F/N; \quad F = 62 (P_1 + aP_2/R + P_3). \quad (10.13)$$

Вычисляют средние арифметические значения показателей не менее чем трех пар годных образцов. Результаты сравнивают с нормами или Приложением X. Отклонения от них связаны с несоблюдением рецептуры резиновых смесей и технологии их изготовления. Замена каучуков на менее износостойкие, сокращение дозировок активных наполнителей, вулканизирующей группы, увеличение количества пластификаторов приводят к понижению износостойкости резин.

10.5. Методика испытаний в режиме качения с проскальзыванием

Испытания по ГОСТ 12251—77 проводят на образцах кольцеобразной формы с наружным диаметром $(50 \pm 0,5)$ мм, внутренним диаметром $(10 \pm 0,2)$ мм и толщиной $(10 \pm 0,2)$ мм. При испытании готового изделия из него вырезают полосу толщиной $(2 \pm 0,3)$ мм и наклеивают «в косой стык» на стандартный образец из эталонной резины марки Б на основе НК. Испытание проводится не менее чем на трех образцах без дефектов, имеющих твердость по Шору А (66 ± 2) усл. ед. Истирающую способность шкурки контролируют периодически. Испытания ведут при температуре (23 ± 2) °С, образцы предварительно выдерживают после вулканизации от 6 ч до 28 сут.

Сущность метода заключается в истирании кольцеобразного образца, вращающегося относительно покрытого шлифовальной шкуркой барабана с проскальзыванием и одновременным перемещением образца вдоль образующей барабана. Проскальзывание S (%) можно определять по счетчику 20 (см. рис. 10.3), регистрирующему частоту вращения барабана:

$$S = (n_0 - n_1) \cdot 100/n_0, \quad (10.14)$$

где n_0 и n_1 — частота вращения барабана соответственно при холостом ходе и при торможении, об/мин.

Устойчивость к истиранию в режиме качения с проскальзыванием характеризуется истираемостью, сопротивлением истиранию и интенсивностью истирания.

Истираемость α (м³/Дж) характеризует убыль объема образца, приходящуюся на единицу работы трения:

$$\alpha = \Delta V / A, \quad (10.15)$$

где ΔV — убыль объема образца, м³; A — работа трения, затраченная на истирание образца, Дж.

Сопротивление истиранию β (МДж/м³) определяет работу, затраченную на истирание 1 м³ образца:

$$\beta = A / \Delta V. \quad (10.16)$$

Интенсивность истирания I (м³/с) представляет собой убыль объема образца при испытании в течение 1 мин:

$$I = \Delta V / t, \quad (10.17)$$

где t — продолжительность испытания, мин.

Пользуясь данными истираемости контрольной резины по контрольной шкурке a_0 , рассчитывают приведенные показатели.

Испытание контрольных и протекторных резин проводят в режиме $F = (30 \pm 2,5)$ Н и $S = (12 \pm 1,0)$ %.

Контрольная резина по ГОСТ 11138—78 имеет стандартный состав и вулканизуется в гидравлических прессах в формах с кольцеобразными гнездами. После вулканизации ее твердость должна быть равна (66 ± 2) усл. ед. по Шору А.

Практическая работа 24

Испытание резин на машине МИР-1

Оборудование и материалы

Машина МИР
Весы аналитические (погрешность 0,001 г)
Тальк
Абразивная лента (моноко-
рунд 150)

Приспособление для определения плотности резин
Образцы контрольной и испы-
туемой резин

Подготовка к работе. На левом конце барабана 1 (см. рис. 10.3) закрепляют пружиной абразивную ленту шириной (100 ± 2) и длиной (3800 ± 10) мм и навивают ее спиралью по часовой стрелке встык. Затем закрепляют ее на правом конце барабана пружинным затвором. Клиновидный ремень 28 привода надевают на ступень шкива, обеспечивающую первую частоту вращения — 300 об/мин.

Рукоятку коробки передач ставят на заданную скорость перемещения каретки. Открывают окно кожуха и закрепляют образец контрольной резины в оправке каретки 2, приподнимают каретку и отводят ее в крайнее левое положение.

Соблюдая правила техники безопасности (см. Приложение 1), проверяют исправность машины, включают электродвигатель, опускают каретку с образцом и ведут стабилизацию шлифоваль-

ной шкурки, истирая на ней образец при силе трения $(30 \pm 2,5)$ Н и относительном проскальзывании $(12 \pm 1) \%$ не менее 9 мин и не менее трех проходов каретки с образцом из одного крайнего положения в другое.

Закончив стабилизацию шкурки, образец снимают и закрепляют в каретке второй образец контрольной резины. Его притирают в том же режиме до появления следов износа по всей истираемой поверхности. При этом определяют необходимое значение нормальной силы N для обеспечения силы трения F и проскальзывания S .

Процессы стабилизации шкурки и притирки образцов контрольной резины можно совмещать.

Определяют частоту вращения барабана на холостом ходу (без торможения) — n_0 . Для этого по счетчику 20 определяют частоту вращения барабана за (180 ± 2) с и делят полученное число на три.

Притертый контрольный образец очищают от пыли и бахромки и взвешивают на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г и снова закрепляют в оправке каретки в том же положении, как при притирке. Включают электродвигатель и не более чем за 10 с устанавливают заданное значение силы трения F и нормальную силу N , найденную при притирке образца. Испытание ведут 180 с, через каждые 30 с записывая значения сил F и N . По окончании истирания выключают электродвигатель, записывают показания счетчика оборотов барабана, снимают образец, очищают от бахромки и пыли и взвешивают на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г.

Испытуемый образец закрепляют в оправку машины и проводят притирку, взвешивание и истирание методом, указанным для контрольной резины. Истирающую способность шкурки проверяют до и после испытания шести образцов. При испытаниях при повышенных температурах после стабилизации шкурки и определения ее α_d разогревают барабан до заданной температуры и снова определяют ее α_d . При потере ее α_d на 20 % шкурку заменяют. После охлаждения барабана до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ определяют α_d . За результат берут среднее арифметическое значение α_d при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ до и после испытания.

Все результаты испытания вносят в протокол 9.

Расчеты. Истирающую способность шлифовальной шкурки α_d ($\text{м}^3/\text{ТДж}$) вычисляют по истираемости контрольной резины

$$\alpha_d = \Delta V / A, \quad (10.18)$$

где ΔV — убыль объема контрольной резины, м^3 ; A — работа трения, ТДж;

$$\Delta V = 10^9 (m_1 - m_2) / \rho, \quad (10.19)$$

m_1 — масса образца до испытания, кг; m_2 — масса образца после испытания, кг; ρ — плотность контрольной резины, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Соппротивление истиранию β (Дж/мм³) испытуемой резины рассчитывают по формуле

$$\beta = A/\Delta V, \quad (10.20)$$

где $A = Ft$; F — среднее арифметическое значение силы трения за время испытания, Н; l — путь трения, м;

$$l = \pi D (n_0 - n_1) t/60 \quad \text{или} \quad l = \pi D n_0 S t/6000; \quad (10.21)$$

D — диаметр барабана, м; n_0 — частота вращения барабана на холостом ходу, об/мин; n_1 — частота вращения барабана при истирании с торможением, об/мин; t — время испытания, с; S — относительное проскальзывание, %.

Относительное проскальзывание равно

$$S = (n_0 - n_1) \cdot 100/n_0. \quad (10.22)$$

При работе на машине МИР-1 при постоянных π и D :

$$A = 0,628 (n_0 - n_1) Ft \text{ Дж};$$

$$\beta = \frac{0,628 (n_0 - n_1) Ft}{\Delta V} \text{ К Дж/мм}^3;$$

$$\alpha = \frac{10^{12} \Delta V}{0,628 (n_0 - n_1) Ft} \frac{1}{K} \text{ м}^3/\text{ТДж}.$$

При выражении показателей в другой размерности

$$A = 1,71 \cdot 10^{-6} (n_0 - n_1) Ft \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где F — сила трения, Н; t — время испытания, мин;

$$\alpha_c = \frac{10^6 \Delta V}{1,71 (n_0 - n_1) Ft} \text{ см}^3/(\text{кВт} \cdot \text{ч}),$$

где ΔV — потеря объема, см³; F — сила трения, кгс;

$$\beta = 1000/\alpha; \quad \alpha = \alpha_c/3,6; \quad \beta = 3600/\alpha_c.$$

За результаты испытания принимают среднее арифметическое значение показателей не менее трех образцов, отличающихся от среднего значения не более чем на 10 %. Полученные данные сравнивают с нормой или показателями истираемости (см. Приложение X).

Контрольные вопросы

1. Причины, вызывающие трение на поверхности скользящих относительно друг друга тел. Чем оно характеризуется?
2. Виды и режимы трения и износа. Механизм износа.
3. Зависимость интенсивности износа от коэффициента трения.
4. Методы испытаний резин на истирание в режиме скольжения и качения.

Расчетные формулы.

5. Конструкция испытательных машин, принцип их работы.
6. Форма и размеры образцов для испытаний.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ РЕЗИН

11.1. Изменение свойств резины при воздействии теплоты

В условиях эксплуатации резиновых изделий при температурах окружающей среды, отличающихся от $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, резина, обладающая низкой теплопроводностью, может претерпевать различные изменения. Обратимые изменения вызывает ее кристаллизация при низких температурах, необратимые — химическое течение резин при высоких температурах. При этом физико-механические показатели резин отличаются от показателей, получаемых в «нормальных» условиях.

В зависимости от природы исходного каучука, свойств ингредиентов и степени вулканизации резин наблюдается разная степень изменения показателей. В большинстве случаев повышение температуры приводит к снижению прочностных свойств, твердости, износостойкости, остаточных деформаций и повышению эластичности до определенного предела с последующей реверсией в связи с возрастанием энергии теплового движения цепных макромолекул каучука и уменьшением энергии межмолекулярного взаимодействия в вулканизате. При этом возможно плавление кристаллической структуры каучука. Так, вулканизаты на основе НК, обладающие высокими прочностными свойствами при комнатной температуре, вследствие резкого падения прочности при повышении температуры теряют необходимые эксплуатационные свойства. Достаточную теплостойкость проявляют резины на основе хлоропренового каучука и вулканизаты на основе каучуков общего назначения в присутствии ускорителей типа тиазолов и продуктов конденсации альдегидов с аминами, высокую — резины на основе СКФ, СКТ, акрилатного каучука.

11.2. Методика испытания резин на теплостойкость

Для оценки зависимости механических свойств резин от температуры важно быстро довести образцы до температуры испытания, не изменяя их исходных свойств. Полученные при этом показатели теплостойкости характеризуют температуростойкость резин. Их сопоставляют с аналогичными показателями, полученными при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, и выражают коэффициентом K — коэффициентом теплостойкости при заданной температуре для данного физико-механического показателя. В общем виде коэффициент рассчитывают по формуле:

$$K = P_1/P_2, \quad (11.1)$$

где P_1 — физико-механический показатель резины при комнатной температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$; P_2 — тот же показатель при заданной температуре испытания.

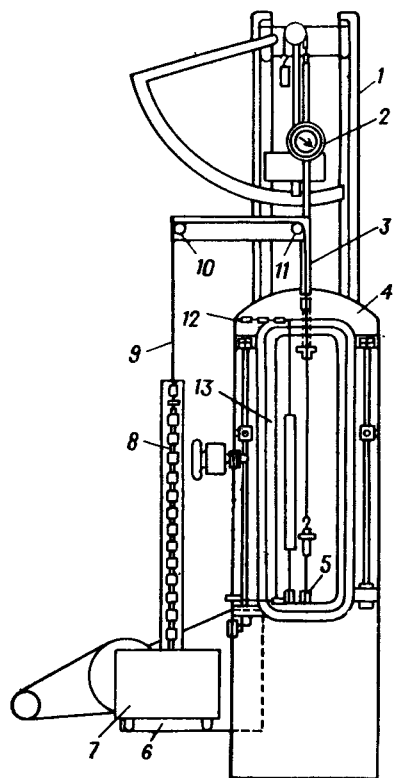


Рис. 11.1. Разрывная машина с термокамерой:
1 — станина; 2 — динамометр с индикатором;
3, 9, 10, 11 — система блоки-трос; 4 — ка-
мера; 5 — нижний неподвижный зажим; 6 —
основание; 7 — привод; 8 — цепь; 12 — ли-
нейка; 13 — цепь линейки

Достижение быстрого прогре-
ва (или охлаждения) образца до
заданной температуры зависит от
толщины образца, обогревательной
(или охлаждающей) среды и ус-
ловий теплообмена.

Время нагревания зависит от
температуры испытания и началь-
ной температуры образца, его
толщины и плотности, теплопро-
водности резины [определяется
составом резины и равна при-
мерно $0,12561 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$], коэф-
фициента теплоотдачи от резины
к воздуху при отсутствии цир-
куляции нагретого воздуха [сос-
тавляет $0,008374 \text{ кВт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$]. С
применением циркуляции коэф-
фициент увеличивается. При про-
греве в термокамере образцы тол-
щиной до 3 мм выдерживают не ме-
нее 3 мин, большей толщины—до
5 мин, но не более 15 мин. До-

пускается прогрев нескольких образцов одновременно.

Показатели испытаний образцов, прогретых за указанное
время, по ГОСТ 266—69 могут отклоняться от среднего не более
чем на 10 %.

При применении циркуляции воздуха время прогревания сох-
ращается в 2—4 раза (в зависимости от ее интенсивности).

Теплостойкость определяется на ряде машин и приборов, за-
ключенных в термокамеру. Основным испытанием является оп-
ределение прочностных и эластичных свойств резин при заданной
температуре на разрывных машинах.

Обогревательная камера 4 машины (рис. 11.1) должна удовлет-
ворять требованиям ГОСТ 270—75.

1. Заданная температура в рабочем объеме (между зажимами
в момент разрыва) должна поддерживаться с точностью ($^\circ\text{C}$):

До 150	$\pm 2,0$
151—200	$\pm 3,0$
Более 200	$\pm 5,0$

2. Образцы должны прогреваться в указанное выше время без
необратимых изменений их механических показателей.

Термокамера представляет собой воздушный термощкаф с внешним обогревом значительной длины — для равномерного прогрева образца во время растяжения до момента разрыва. Обогрев термокамеры осуществляется от пульта управления через потенциометр ПСП-01 или ЭВП-11А, обеспечивающий автоматическое регулирование температуры. Электронагреватели вмонтированы в стенки камеры, в нижней ее части находится вентилятор, перемещающий нагретый воздух по всему ее объему.

Для наблюдения за образцами в камере предусмотрено смотровое окно. Быстрая смена образцов ведется через боковую дверцу с минимальной потерей теплоты. Для предварительного прогрева образцов на стенке камеры имеются крючки. Находящиеся в камере зажимы машины через систему блоков соединены тросом 11 с диском силоизмерителя 2 и подвижной траверсой. Нижний зажим 5 неподвижно прикреплен в нижней части камеры. Удлинение образцов измеряется линейкой 12, которая перемещается устройством 13, расположенным вне термокамеры.

В случае отсутствия разрывной машины с термокамерой определение теплостойкости (с некоторым приближением) можно проводить на образцах, прогреваемых в отдельном термощкафу, расположенном около разрывной машины.

Определение теплостойкости резин по твердости, эластичности по отскоку, выносливости при многократных деформациях, сопротивлению расслаиванию материалов осуществляют на стандартном оборудовании (см. разделы 7.8, 8.6, 15.3, гл. 9), заключенном в термокамеру. Испытания на разрывной машине при повышенных температурах (ГОСТ 270—75) ведут на следующих режимах (°C):

70±2	150±2
100±2	200±3
125±2	250±2

Практическая работа 25

Определение теплостойкости резин

Оборудование и материалы

Пресс вырубной
Машина разрывная с термокамерой
Нож штанцевый
Штамп
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм, мерительное давление не более 20 кПа)
Секундомер

Линейка металлическая
Мыльный раствор
Краска для меток
Подкладочная пластина, картон
Резиновая вулканизованная пластина толщиной (1±0,2) или (2±0,2) мм
Перчатки

Подготовка к работе. Вырубку и подготовку образцов, представляющих собой двусторонние лопатки (см. рис. 8.8), проводят по методике, приведенной в практической работе 17, и отбирают не менее пяти годных.

Соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I), осматривают разрывную машину и термокамеру. На шкале прибора ПСР 1-01 (или ЭВП-11А) устанавливают заданную температуру испытания. Убедившись в исправности всех узлов машины, включают общим рубильником и четырьмя пакетными выключателями электронагревателей обогрев термокамеры, повернув их в вертикальное положение. После прогрева и установления заданной температуры в камере выключают три нагревателя и оставляют включенным один нижний для автоматического регулирования температуры. Нажатием кнопки «Пуск» включают вентилятор. Пользуясь перчатками, в камеру вводят пять годных образцов, один зажимают в зажимах по наружным меткам, четыре накалывают на крючки. Прогрев образцов ведут в течение 3 мин.

Проведение работы. Устанавливают нулевые положения стрелок приборов, измеряющих нагрузку и удлинение, включают электродвигатель нажатием пусковой кнопки и переводят педаль машины в положение, обеспечивающее растяжение образца со скоростью (500 ± 20) мм/мин.

По мере растяжения образца передвигают стрелки на линейке удлинений по меткам рабочего участка образца. В ходе испытания фиксируют нагрузки, соответствующие заданным удлинениям. В момент разрыва образца записывают нагрузку и расстояние между метками рабочего участка.

Освободив разорванный образец, включают секундомер, складывают его половинки на ровной поверхности стола и после 1 мин «отдыха» измеряют расстояние между метками рабочего участка с погрешностью до 0,5 мм.

Кнопкой «Стоп» магнитного пускателя выключают электродвигатель привода, снимают напряжение с пульта управления термокамерой, останавливают кнопкой «Стоп» вентилятор. Выключают пакетный выключатель и общий рубильник.

Результаты испытания заносят в протокол 6 (см. работу 17).

Для определения коэффициента теплостойкости резины проводится протокол испытаний резины одного шифра, проведенных при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и при повышенной заданной температуре (А и Б).

Расчеты. По средним значениям рассчитывают результаты испытаний — после отбраковки по отклонениям (%). Условную прочность при растяжении f_p (Па), напряжение при удлинении f_ϵ (Па), относительное удлинение ϵ_p (%) и остаточное удлинение Θ (%) вычисляют по формулам (8.6)—(8.9).

Коэффициент теплостойкости резины при заданной температуре K_T рассчитывают по формуле:

$$K_T = f'_p / f_p, \quad (11.2)$$

где f_p и f'_p — условная прочность при растяжении в нормальных условиях и при заданной температуре, Па (см. Приложение XI).

Коэффициент K_T может меняться от 0 до 1. Чем больше теплостойкость резины, тем ближе значение K_T к 1. При $f_p = f'_p$, $K_T = 1$. K_T можно рассчитать и по другим показателям, полученным при испытании, пользуясь формулой (11.1).

Результаты испытаний сравнивают с нормами.

Отклонения связаны с нарушением состава резиновых смесей, особенно навесок каучука и ускорителей и технологических режимов.

Контрольные вопросы

1. Изменение свойств резин при повышенных температурах.
2. Теплостойкость резин.
3. Влияние состава резин на их теплостойкость.
4. Конструкция термокамеры разрывной машины.
5. Методы определения теплостойкости. Оборудование. Температура и время прогревания образцов.
6. Расчетные формулы для определения теплостойкости резин.

Глава 12

ИСПЫТАНИЕ РЕЗИН НА СТОЙКОСТЬ К СТАРЕНИЮ

12.1. Причины и виды старения резин

В процессе хранения и эксплуатации резиновые изделия подвергаются воздействиям кислорода и озона воздуха, повышенных температур, света, ионизирующего излучения, агрессивных сред, ультразвука, электрических зарядов и т. п., продолжительность которых может достигать нескольких лет. При этом необратимо и самопроизвольно изменяются структура и состав резины, приводя к изменению физико-механических показателей (прочности, эластичности, износо-, тепло-, морозостойкости и др.). В зависимости от первоначального состава резины эти изменения проявляются в повышении твердости, появлении липкости, изменении цвета или образовании трещин.

Процесс необратимого изменения свойств резин, вызванный воздействием различных немеханических факторов отдельно и в совокупности, называется **старением**. Процессы старения существенно влияют на долговечность резины. Как правило, на практике старение происходит при одновременном воздействии нескольких факторов (кислорода и озона воздуха, повышенных температур, света, электрических зарядов и т. д.). Для облегчения исследования процессы старения обычно разделяют в соответствии с воздействующим фактором на озонное, термическое, световое, радиационное, коррозионное и прочие.

Атмосферное старение. Большинство резиновых изделий претерпевают атмосферное старение под одновременным воздействием

кислорода и озона воздуха, теплоты, света и влаги. При эксплуатации изделий атмосферное старение проходит быстрее из-за совокупности указанных воздействий и механических деформаций, которые сокращают их долговечность.

Изменения, происходящие в резине при атмосферном старении, складываются из окислительной деструкции или структурирования вулканизационной сетки при воздействии кислорода и теплоты, снижающем их физико-механические показатели; фотохимических процессов под воздействием ультрафиолетовых лучей, вызывающих увеличение жесткости поверхности резин, образование сетки трещин и изменение цвета; растрескивания поверхности резин при растяжении за счет действия озона, присутствующего в воздухе.

Термическое старение. При повышенной температуре под действием теплоты происходит изменение структуры каучука, вызванное ослаблением и разрывом структурной сетки. При этом наблюдается изменение механических свойств резины.

В зависимости от типа поперечных связей трехмерной сетки, следовательно от природы молекулярных цепей (тип каучука, химическая природа вулканизирующих агентов, способ вулканизации, среда), термическое старение приводит к деструкции и структурированию резин.

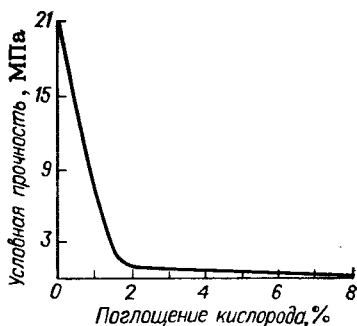
В результате разрыва ковалентных связей образуются свободные макрорадикалы, которые могут вызвать либо дальнейший распад пространственной структуры резины — процесс деструкции, либо увеличение густоты пространственной сетки — процесс структурирования. Обычно деструкция и структурирование протекают одновременно. Преобладание того или иного процесса зависит от вида каучука и состава резиновой смеси, а также от длительности термического воздействия.

У НК и его вулканизатов преобладают процессы деструкции, приводящие к резкому снижению прочностных показателей. Синтетические каучуки и их вулканизаты меньше подвержены деструкции, а некоторые (СКД, БСК) склонны к структурированию, в результате которого падают эластические свойства.

Термическое старение протекает, как правило, в присутствии кислорода воздуха, повышающего интенсивность процесса за счет окислительной деструкции молекулярных цепей каучука. Поскольку окисление — цепной автокаталитический процесс вследствие образования свободных активных радикалов, ингибирование — стабилизация каучуков и резин не обеспечивает их достаточной стойкости к старению и приводит к снижению основных эксплуатационных свойств (рис. 12.1).

Влияние кислорода воздуха на термическое старение особенно заметно на резиновых изделиях большой толщины, у которых внутренние слои значительно медленнее изменяют свойства по сравнению с наружными. Непредельные каучуки при старении окисляются быстрее предельных и соответственно изменяются

Рис. 12.1. Изменение условной прочности вулканизата при окислении



их механические свойства. Этот процесс идет скорее у каучуков по двойным связям в основной цепи.

У каучуков СКФ, СКТ, СКН, наиритов повышена стойкость к термическому старению за счет высокой прочности связей между углеродом и атомами *F* или *O* и благодаря экранированию двойных связей атомом *Cl* и образования в процессе старения продуктов, являющихся антиоксидантами.

Повышенной стойкостью к термическому старению обладают хлоропреновый каучук, БК, СКН, СКЭП, СКТ, СКФ. Для повышения стойкости резин к термическому старению на основе НК, СКИ-3, СКД, СКС вводят термостабилизаторы и антиоксиданты: параоксисеозон, альнафт, нафтам-2, 4010NA (диафен ФП), сантофлекс АW (хинол ЭД), диафен НН, НГ-2246.

Наибольшая стойкость к старению наблюдается в оптимуме вулканизации и при наличии в вулканизате связей —C—C— и —C—S—C— .

Световое старение. Под действием света на каучуки и резины активируется процесс окисления их кислородом воздуха. Коротковолновые ультрафиолетовые лучи сильнее влияют на окисление полимера, чем повышение температуры процесса, т. е. кроме разрыва его ковалентных связей наблюдается переход кислорода в более активное состояние. При этом скорость образования пероксидных радикалов резко возрастает и старение проходит очень интенсивно.

Фотохимические реакции приводят к повышению жесткости поверхности резин, образованию на ней сетки трещин и изменению ее цвета и вида. Солнечный свет оказывает на резины аналогичное действие, но слабее, чем УФ-лучи.

Светостойкость резин зависит от природы каучука и оптических свойств введенных в него ингредиентов. Повышенной светостойкостью обладают каучуки СКТ, ХСПЭ, СКЭП, БК, низкая светостойкость у НК, СКИ-3, СКД, СКС, хлоропреновых каучуков. Вулканизаты отличаются повышенной стойкостью к свету по сравнению с исходными каучуками.

Противостарителями могут служить вещества, уменьшающие интенсивность света, поглощаемого молекулами каучука (отражение, рассеяние), и задерживающие процесс окисления. К первым относятся фотостабилизаторы (технический углерод, красители белого, желтого и зеленого цвета, металлические порошки), отражающие коротковолновую часть светового спектра, обладающего максимальной энергией. Защита

от окисления осуществляется химическими антиоксидантами. Кроме того, ряд противотеплостарителей и противоумителей являются отражающими свет фотостабилизаторами (нафтам-2, альнафт).

Темные резины под воздействием света разогреваются. Это вызывает дополнительно к световому старению еще и термическое. Поэтому темные резины требуют специальной светозащиты.

Озонное старение. При воздействии озона, присутствующего в малых количествах ($2 \cdot 10^{-6}$ — $4 \cdot 10^{-6}$ %) в воздухе, каучуки и вулканизаты претерпевают изменения структуры вследствие повышенной активности озона как окислителя.

Процесс озонного старения является цепным, автокаталитическим и идет с большей скоростью, чем окисление. Озон присоединяется по двойным связям основной цепи каучука, а затем вызывает его деструкцию. Структурирование наблюдается реже, чем при окислении резин. Старение происходит в первую очередь на поверхности, и его скорость связана с дальнейшей диффузией озона через поверхностный окисленный слой. В растянутом состоянии резины разрушаются уже при небольших деформациях (2—5 %), поскольку доступ озона облегчается разрывом поверхностной пленки.

При деформации растяжения, кроме того, происходит разрыв молекулярных цепей. В зависимости от природы каучука критическая деформация, приводящая к быстрому разрушению вулканизата, равна 10—40 %.

Внешне озонное старение проявляется в появлении трещин, скорость образования которых тем больше, чем меньше стойкость каучука к озонному растрескиванию, выше скорость диффузии озона, деформация растяжения ближе к критической. При этом трещины развиваются в направлении, перпендикулярном действию силы. Наибольшей стойкостью к озонному старению обладают предельные каучуки ХСПЭ, СКТ, СКФ, тиоколы. Достаточно стойки БК, хлоропеновый каучук, СКЭП, СКЭПТ, СКУ.

Тонкодисперсный техуглерод, равномерно распределенный в каучуке, повышает стойкость к растрескиванию.

Защиту резиновых изделий от озонного старения обеспечивают следующие меры:

- нанесение на изделия эластичной пленки материала, стойкого к озонному растрескиванию (СКТ, неопрен, воск, галошный и другие лаки);

- введение в резиновую смесь противостарителей, термостабилизаторов и антиоксидантов (защитные воски ЗВ-1 и ЗВ-2, АФ-1, ДЭН, озокерит, парафин, микрокристаллические воски) и их комбинаций;

- совмещение каучуков с поливинилхлоридом;

- применение тонкодисперсных ингредиентов и максимально равномерное их распределение в каучуке.

Коррозионное старение. По механизму и скорости протекания коррозионное старение аналогично озонному и наблюдается при действии на резину различных агрессивных сред (кислот, щелочей, сероводорода и др.).

Радиационное старение. В связи с интенсивным развитием ракетостроения, космического приборостроения, освоения и использования атомной энергии большое значение приобретает старение, возникающее при радиационном облучении. В результате его в резинах происходит возбуждение молекул каучука и образование свободных радикалов, являющихся центрами реакции рекомбинации и образования сшитых пространственных структур с повышенной плотностью сетки, или деструкция и окисление вулканизатов.

Радиационное старение зависит преимущественно от химической природы каучука. Наиболее устойчивы к радиации резины на основе каучуков, содержащих ароматические группы (СКС), вулканизаты с повышенным содержанием связанной серы, резины с нафтамом-2, теуглеродом и минеральными наполнителями.

Старение в результате механических деформаций. В процессе эксплуатации резиновые изделия подвергаются механическим деформациям. При статических деформациях растяжения и особенно при многократных деформациях растет скорость окисления и происходит разрыв молекулярных цепей, а следовательно, процесс старения резин ускоряется. При утомлении резин особенно важно вводить ингибиторы окисления (антиоксиданты).

Старение зависит от вида, величины и характера деформации. Наименьшее влияние на скорость старения оказывает статическое сжатие. С увеличением напряжения число трещин при озонном растрескивании растет, а средний размер их уменьшается.

12.2. Методы определения старения

Старение резин — один из решающих факторов, определяющих надежность и долговечность резиновых изделий, к которым в настоящее время предъявляются повышенные требования. В связи с этим испытания на старение, позволяющие подбирать оптимальные рецептуры для резин и устанавливать гарантийные сроки эксплуатации и хранения резиновых изделий, работающих в различных условиях, приобретают особое значение.

Известны две группы испытаний: I — методы естественного старения и II — методы искусственного старения. Испытания резин проводят в свободном и деформированном состоянии.

Методы естественного старения. Измерение физико-механических свойств резины при воздействии условий, в которых отсутствуют какие-либо факторы, искусственно ускоряющие процесс старения, называется естественным старением. Оно проводится в определенных климатических условиях. Данные естественного старения резин используют для пересчета сроков

искусственного старения на соответствующие сроки естественного старения (метод экстраполяции).

Для оценки способности резин к эксплуатации или хранению при воздействии естественных климатических факторов: влажности воздуха, осадков, ветра, кислорода и озона окружающего воздуха, температуры, солнечной радиации — испытания проводят в строго нормированных условиях на климатических станциях (площадках, верандах, навесах и жалюзных будках) и определяют стойкость к климатическому старению по времени от начала испытания до появления жесткости, трещин, пятен, изменения цвета, липкости или по физико-механическим показателям, определяемым коэффициентами старения.

Испытания ведут на недеформированных образцах в форме пластин $110 \times 125 \times 1$ или 2 мм или статически растянутых в форме полос с первоначальными размерами $10 \times 100 \times 1$ мм. Подготовка и установка образцов должна соответствовать требованиям метода испытания на атмосферное старение (по ГОСТ 9.066—76). Коэффициенты старения определяют на образцах, вырубленных из подвергшихся старению не менее двух пластин (по ГОСТ 270—75).

Стойкость к старению растянутых резин характеризуют промежутком времени от начала испытания до появления первых трещин, разрыва или других дефектов. Кроме того, проводят оценку трещин (в баллах) на наиболее пострадавшем участке по специальной шкале, учитывающей частоту и глубину трещин. Результаты старения оценивают через определенные сроки в интервале от нескольких месяцев до 10 лет после начала испытаний. Естественное старение дает точную оценку устойчивости резины к старению в конкретных климатических условиях. Наиболее полно характеризует стойкость резин к старению сочетание указанных методов.

Старение в термощкафу имитирует хранение резин в складских условиях. Образцы (двусторонние лопатки) помещают в термощкаф при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Продолжительность старения от 3 до 24 мес, после чего определяют прочностные показатели образцов и сравнивают их с соответствующими показателями исходных образцов. По средним результатам вычисляют коэффициенты старения.

Если важно оценить изменение при старении других показателей, например морозостойкости, диэлектрических свойств, то коэффициенты старения находят по этим показателям.

Коэффициенты атмосферного старения недеформированных образцов K_B (%) определяют по формуле:

$$K_B = \frac{(O - A_B)}{O} \cdot 100, \quad (12.1)$$

где O и A_B — средний физико-механический показатель резины соответственно до и после старения.

Для деформированных образцов

$$K = \Pi_1 / \Pi_2. \quad (12.2)$$

Основной недостаток этого метода — его длительность, поэтому широко пользуются более кратковременными методами искусственного старения.

Методы искусственного старения. Под искусственным старением понимают изменение физико-механических свойств резины в результате воздействия факторов, ускоряющих процесс старения (нагревание, повышенные концентрации кислорода или озона, ультрафиолетовое облучение и др.) и позволяющих вызвать за короткий срок изменения, которые появляются в резине при естественном старении через несколько лет (например, при выдержке в течение 2 сут при 100 °С наблюдаются изменения свойств резин, аналогичные изменениям при атмосферном старении в течение 3 лет). При разработке новых резин используют данные естественного хранения наиболее близких по составу резин.

Существует ряд методов ускоренного старения резины: термическое, кислородное, озонное, светоозонное и др.

12.3. Методика испытания резин на стойкость к термическому старению

Ускоренное термическое старение можно проводить в инертной среде, воздушной, кислородной, озонной, при нормальном и повышенном давлении.

Испытание по ГОСТ 9.024—74 резины в недеформированном состоянии на ускоренное термическое старение в воздушной среде заключается в выдерживании недеформированных образцов в термощкафу при температуре от 70 до 350 °С в течение заданного времени и определении способности резины к сопротивлению старению.

Температура испытания (°С) устанавливается в зависимости от типа каучука, из которого изготовлена резина:

Деструктирующие НК, СКИ-3	70±1,0	100±1,0	—
Структурирующиеся наирит, СКУ, СКД, СКС, СКМС, СКН, бутилкаучук	100±1,0	125±1,0	150±2
Повышенной термостойкости СКЭП, ХСПЭ, СКБА, СКЭПТ	125±1,0	150±2,0	175±2
Высокотермостойкие силоксановый, фторкаучук	250±3,0	300±3,0	350±3

При испытании резин на основе смеси полимеров температура старения устанавливается по полимеру, содержащемуся в большем количестве, при равном соотношении — по температуре для менее стойкого полимера.

При подборе температуры испытания учитывается температурная область применения резин.

Продолжительность испытания (24, 72, 168, 240 или число, кратное 168 ч) зависит от назначения резины. Образцы имеют форму стандартных двусторонних лопаток (ГОСТ 270—75).

Показателями стойкости резин к тепловому старению являются коэффициенты по условной прочности, относительному удлинению при разрыве, сопротивлению раздиру, твердости, сопротивлению истиранию и др.

Испытания проводят в секционном термошкафу ТВС-1, состоящем из рабочей и нагревательной камер, с вентилятором для циркуляции нагретого воздуха, обеспечивающим обмен воздуха не менее трех и не более 10 раз в течение 1 ч. Работа нагревательных элементов автоматически регулируется контактным термометром и реле. В термошкафу поддерживается температура с погрешностью до $\pm (1-3)^\circ\text{C}$:

От 149	± 1
150—249	± 2
250—400	± 3

Контроль температур ведется в зоне расположения образцов термометром или термопарой, шарик или спай которых находится около образцов. Допускаются термошкафы других марок, удовлетворяющие действующему ГОСТу. Разные типы резин испытывают в отдельных термошкафах.

Используются ускоренные испытания на стойкость к термосветоозонному старению (ГОСТ 9.064—76), под действием статических деформаций сжатия (ГОСТ 9.029—75), определение сопротивления старению по ползучести (ГОСТ 10269—75).

Практическая работа 26

Испытание резин на стойкость к термическому старению

Оборудование и материалы

Термошкаф (до 380°C)	Картон
Пресс вырубной	Перчатки
Машина разрывная РМИ-60	Подкладочная пластина
Нож штанцевый для вырубki образцов	Мыльный раствор
Штамп для нанесения меток	Краска для меток
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)	Крючки
	Резиновые пластины толщиной $(2\pm 0,2)$ или $(1\pm 0,2)$ мм

Подготовка к работе. Сущность испытания заключается в приложении к образцам постоянной растягивающей силы при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и повышенных температурах и определении их условной прочности и напряжения, относительного и остаточного удлинений.

Работу выполняют в термошкафу, соблюдая правила техники безопасности, в перчатках.

Осмотрев термошкаф, устанавливают заданную температуру испытания на контактном термометре и включают нагреватели. По достижении заданной температуры один нагреватель отклю-

чают, а другой, связанный с терморегулятором, оставляют работать. Две вулканизованные пластины (не менее чем через 6 ч и не позже 28 сут после вулканизации), изготовленные из одной партии резины, помещают поочередно на стол вырубного прессы и с помощью штанцевого ножа вырезают 12—14 образцов в виде стандартных двусторонних лопаток (см. рис. 8.8).

Отбирают 10 образцов, годных по толщине и без дефектов, и нумеруют. Пять образцов № 1—5 (группа А), используемых для испытания на определение условной прочности и относительного удлинения при разрыве при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, хранят в помещении с температурой не выше 30°C , защищенном от действия прямых солнечных лучей и вредных веществ, затем определяют их прочностные и эластические свойства на разрывной машине (см. работу 17).

Проведение работы. Образцы № 6—10 (группа Б) прокалывают на нерабочем участке по большой оси на расстоянии около 1 см от края, в отверстие продевают стержни или нити и подвешивают к сетке термошкафа крючками с интервалом в ряду и между рядами и на расстоянии от стенок термошкафа не менее 5 мм. При этом заполняют не более 10 % объема термошкафа. Образцы выдерживают в термошкафу в течение заданного времени старения с допускаемыми отклонениями: для 24 ч — не более 0,5 ч, для остальных режимов — не более 1 ч. После этого их вынимают и оставляют на «отдых» для охлаждения до $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Образцы испытывают не ранее чем через 6 ч и не позднее 144 ч после старения.

На образцы наносят метки рабочего и наружного участков, измеряют толщину и подвергают тем же испытаниям, что и образцы № 1—5, которые испытывают за время термостатирования образцов № 6—10. Результаты испытаний заносят в протокол 6.

Обработка результатов. По средним результатам испытаний рассчитывают условную прочность при растяжении f_p и относительное удлинение ϵ_p .

Коэффициенты старения K_{f_p} и K_{ϵ_p} (%) рассчитывают по формулам:

$$K_{f_p} = (f'_p - f_p) \cdot 100 / f_p, \quad K_{\epsilon_p} = (\epsilon'_p - \epsilon_p) \cdot 100 / \epsilon_p, \quad (12.3)$$

где f_p и ϵ_p — показатели до старения; f'_p и ϵ'_p — показатели после старения или

$$K_B = (O - A_B) \cdot 100 / O, \quad (12.4)$$

где O , A_B — показатели до и после старения.

Результаты сравнивают с нормами (см. Приложения VIII и XIII). По результатам испытания строят кривую в координатах относительная деформация ползучести ϵ — логарифм времени $\lg t$.

Испытание на ускоренное термическое старение при растяжении в воздушной среде проводят по ГОСТ 10269—75.

Испытание на ускоренное тепловое старение в воздушной среде при статических деформациях сжатия производится на

цилиндрических образцах, которые сжимаются в специальных струбцинах. Обычно степень сжатия задается 20 %. Струбцины с образцами помещают в термошкаф и выдерживают при заданном режиме (температура, время). Устойчивость к старению оценивается коэффициентом старения K_t по падению напряжения в образце и остаточной деформации $\epsilon_{ост}$:

$$K_t = \sigma_t / \sigma_0, \quad (12.5)$$

где σ_0 и σ_t — напряжение в образце соответственно до и после старения.

Испытание на ускоренное термическое старение в атмосфере кислорода проводят на стандартных лопатках при $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$ в кислородной бомбе.

Если резиновые изделия в процессе эксплуатации не соприкасаются с кислородом воздуха, испытание на старение проводят в инертной среде (азот, аргон) по методике испытания в среде кислорода.

При сравнении получаемых показателей испытаний с установленными нормами проводят анализ.

Отклонения наблюдаются при несоблюдении дозировок каучуков и ингредиентов в резиновой смеси, особенно антиоксидантов и противостарителей, замене стойких к старению материалов на нестойкие и при нарушении технологических режимов производства резин.

Контрольные вопросы

1. Виды старения. Механизмы процессов и методы их определения.
2. Причины старения и изменения, происходящие при этом в каучуках и их вулканизатах. Кинетика окисления резин.
3. Принцип построения рецептур резиновых смесей, обеспечивающих стойкость к разным видам старения. Методы защиты от озонного старения.
4. Показатели, характеризующие сопротивление старению резин.
5. Методика проведения испытаний на ускоренное термическое старение.
6. Расчетные формулы для определения коэффициентов старения.

Глава 13

ИСПЫТАНИЯ РЕЗИН ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

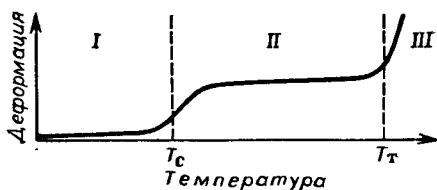
13.1. Изменение свойств каучуков и резин при пониженных температурах

В зависимости от температуры аморфные полимеры (каучуки) могут находиться в трех агрегатных состояниях: стеклообразном, высокоэластическом и вязкотекучем.

Многие резиновые изделия (шины, транспортные ленты, рукава, детали машин, резиновая обувь и др.) в процессе экс-

Рис. 13.1. Термомеханическая кривая резин

T_c — температура механического стеклования; T_T — температура текучести



плутации подвергаются воздействию пониженных температур, при котором наблюдается замедление их деформации, увеличение жесткости и переход в твердое, а затем и хрупкое состояние.

Изготовление резиновых изделий, стойких к низким температурам, приобретает особенно важное значение в связи с быстрым развитием ракетной техники и самолетостроения, разработкой мощных холодильных установок, а также оборудования, предназначенного для работы на Крайнем Севере.

При понижении температуры наблюдается постепенное снижение высокоэластических свойств резиновых изделий. В зависимости от свойств каучука, степени понижения температуры эластичность может теряться частично или полностью.

Зависимость эластичности от температуры характеризуется механическими свойствами резины. Приняв за характеристику состояния резины величину деформации при заданных напряжении и температуре в определенное время, можно получить термомеханическую кривую (рис. 13.1), позволяющую сравнивать значение деформации при разных температурах и находить температуру стеклования T_c , соответствующую переходу резины в стеклообразное состояние.

В области пониженных температур (I) деформации незначительны и обратимы, каучуки находятся в стеклообразном состоянии. Повышение температуры приводит к переходу каучука в высокоэластическое состояние, при котором происходят большие обратимые деформации (II). В области повышенных температур деформируемость каучука резко увеличивается и становится необратимой (III), что отвечает вязкотекучему состоянию каучука. Стеклование зависит не только от температуры, но и от характера нагрузки. Так, при статических нагрузках и динамических нагрузках небольшой частоты температура стеклования ниже, чем при динамических нагрузках большой частоты.

Стеклование связано с полной или частичной потерей подвижности молекул каучука и способности их изгибаться. При этом некристаллизующиеся каучуки переходят в твердое аморфное состояние. У каучуков, имеющих регулярное строение, происходит ориентация молекулярных цепей — процесс кристаллизации, и в твердой аморфной фазе образуется значительное количество кристаллов. Наблюдающаяся при понижении температуры кристаллизация ряда каучуков влияет на их морозостойкость. Из приведенных в Приложении VIII данных видно, что нижняя температурная граница кристаллизации каучуков всегда выше

температуры стеклования и совпадает с температурными условиями эксплуатации большинства резиновых изделий. При определении коэффициента морозостойкости резин по восстанавливаемости образцов при замораживании после сжатия получена следующая зависимость:

$$K_{\text{в}} = K_0 K_1 K_2, \quad (13.1)$$

где $K_{\text{в}}$ — суммарная восстанавливаемость образца; K_0 — восстанавливаемость, связанная с кристаллизацией; K_1 — восстанавливаемость, связанная с пластическим течением; K_2 — восстанавливаемость, связанная со стеклованием.

Следовательно, частичное сохранение эластичных свойств резин зависит не только от степени их стеклования, но и от степени кристаллизации.

Кристаллизацию каучуков снижают введением в резиновую смесь некристаллизующихся каучуков, больших количеств серы, неактивных наполнителей и получением ди- и полисульфидных связей в вулканизате. Вулканизация приводит к понижению температуры кристаллизации, но температура стеклования каучука при этом несколько повышается. В результате стеклования вулканизатов повышаются прочность при растяжении, модули растяжения, твердость. При этом снижаются относительное и остаточное удлинения, эластичность по отскоку, восстанавливаемость.

Температура стеклования $T_{\text{с}}$ зависит в основном от структуры каучука. Она возрастает с увеличением его молекулярной массы до определенного предела, который зависит от природы каучука и кинетической гибкости его цепей. Содержание полярных групп в каучуке, их количество и степень взаимодействия, влияющие на гибкость молекулярной цепи и силы межмолекулярного взаимодействия, существенно влияют на $T_{\text{с}}$. Чем выше значения указанных факторов, тем выше $T_{\text{с}}$. Аналогично влияет разветвленность молекулярных цепей каучука. Морозостойкость зависит от типа каучука (его модуля эластичности) и концентрации антифризов.

Снижения температуры стеклования достигают введением активных пластификаторов (в результате набухания в них каучуков) антифризов — пластификаторов с низкой температурой замерзания (ДБФ, масло «Мягчитель») и химического действия (ДБС). Однако следует учитывать, что большие дозы пластификаторов ухудшают физико-механические показатели вулканизатов.

Добавление к основному каучуку резиновой смеси некристаллизующегося каучука с низкой температурой стеклования задерживает процессы кристаллизации и стеклования. Бессерная вулканизация с применением тиурамов и полисульфидов снижает температуру стеклования вулканизатов. Введение до 20 % (по объему) наполнителя в каучуки СКС-30, СКМС-10, СКН-40 и СКФ-26 не сказывается на их температуре стеклования. Наличие трехуглерода в резиновой смеси существенно не влияет на коэф-

Рис. 13.2. Схема перехода полимера от хрупкого к вынужденно-эластическому состоянию: I — хрупкое разрушение; II — вынужденно-эластическое разрушение; 1 — хрупкая прочность; 2 — предел вынужденной эластичности

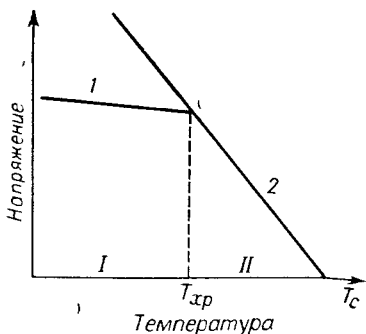
фициенты морозостойкости, определенные по изменению прочности образцов при растяжении, относительного удлинения и модулей растяжения.

Ухудшение эластических свойств резин проявляется в постепенном увеличении ее твердости и в конечном счете приводит

к хрупкости. При этом жесткость резин увеличивается в 10^3 — 10^4 раз. Хрупкое стеклообразное состояние резин наблюдается при достижении температуры хрупкости $T_{хр}$ и ниже ее. В интервале между температурой хрупкости и температурой стеклования резины находятся в вынужденно-эластическом состоянии (рис. 13.2). Этот интервал зависит от гибкости молекул. Чем она больше, тем уже область вынужденной эластичности (II). Для большинства каучуков хрупкость появляется вскоре после достижения T_c . При введении пластификаторов, которые влияют на прочность каучука, $T_{хр}$ может не снижаться, а даже повышаться. Изменение степени вулканизации не влияет на $T_{хр}$ неполярных каучуков, для полярных — чем больше степень вулканизации резины, т. е. чем больше густота вулканизационной сетки, тем выше $T_{хр}$. Ее снижение наблюдается при повышении температуры вулканизации и уменьшении дозировок серы.

Основной ассортимент выпускаемых промышленностью резиновых изделий работает при -45°C и выше. Однако ряд изделий используется при значительно более низких температурах. В производстве резинотехнических изделий различного назначения, работающих при низких температурах, используют резины III группы (см. Приложение XI).

Резины, сохраняющие эластические свойства при температурах ниже $-65 \div -75^\circ\text{C}$, являются морозостойкими. К ним относятся резины на основе НК, СКИ, СКД, СКМС-10, СКМС-10-1, ДССК-10, ДССК-18, БК, СКМВП, СКЭП, СКТ.



13.2. Испытания, характеризующие морозостойкость резин

Определение морозостойкости резин в лабораторных условиях позволяет оценить их работоспособность в процессе эксплуатации и вести разработку рецептур резиновых смесей и оптимальных технологических режимов, обеспечивающих получение изделий с повышенной морозостойкостью.

Сопротивляемость вулканизатов действию низких температур определяют методами, основанными на измерении их прочностных и эластических свойств на разрывных машинах с термокриокамерой, а также жесткости и скорости восстановления на специальных приборах.

Морозостойкость резин может характеризоваться:

температурой стеклования, определяемой по изменению удельного объема образца или восстановлению эластических свойств после замораживания;

температурой хрупкости при динамической деформации (удар); изменением физико-механических показателей образца при пониженных температурах по сравнению с аналогичными показателями при комнатной температуре — удлинения при постоянной нагрузке, нагрузок, необходимых для удлинения образцов на определенную длину, эластичности по отскоку, твердости, динамических свойств при ударных нагрузках растяжения и сжатия, восстанавливаемости при сжатии, выносливости при изгибе и кручении и др.

Большинство характеристик дает сравнительную оценку качества резин, поскольку условия их определения не полностью воспроизводят условия работы изделий.

Наиболее широко используются методы определения температуры хрупкости при ударе и коэффициента возрастания жесткости на приборе для определения морозостойкости. Кроме методик определения морозостойкости резин, приведенных в ГОСТах, известны еще ряд испытаний и применяемых для них приборов, являющихся вариантами стандартных.

Охлаждение образцов при испытаниях осуществляется погружением в хладагент, находящийся в криокамере, или выдержкой в термокриокамере с регулируемой температурой.

13.3. Приборы для определения морозостойкости резин

Для определения морозостойкости резин применяют ряд приборов.

На дилатометре определяют удельный объем образцов при разных значениях температуры испытания, строят зависимость изменения удельного объема от температуры и по резкому излому кривой находят температуру структурного стеклования резин.

На приборе Мареев температуру стеклования определяют как температуру, при которой образец, находящийся под постоянной сжимающей нагрузкой, создаваемой пружиной после замораживания в сосуде с хладагентом и последующего постепенного нагревания при определенной скорости, приобретает способность к эластической деформации, которую определяют на микрометре.

На весах Каргина при помощи оптического устройства определяют ряд значений деформации образца, вызванной приложен-

ным грузом при изменении температур испытания на 2—4 °С. По результатам испытания строят кривую зависимости деформации от температуры и по ее излому устанавливают температуру механического стеклования образца.

В приборе НИИР измеряют усилие, необходимое для изгиба охлажденного образца на определенный угол (обычно равный 45°), строят кривые в осях координат изгибающее усилие — температура и по излому кривой определяют температуру стеклования.

Коэффициент морозостойкости при этом рассчитывают как отношение изгибающего усилия, необходимого для изгиба образца на этот угол при нормальной температуре, к изгибающему усилию, затрачиваемому при пониженной температуре.

Прибор УПКМ-4 предназначен для определения изменения статических и динамических свойств резин при многократном сжатии. Его конструкция позволяет охлаждать одновременно 8 образцов и осуществлять их деформацию при разной частоте.

На прочих приборах определяют коэффициент морозостойкости по изменению физико-механических показателей при статических нагрузках. Температура хрупкости резин на соответствующем приборе определяется как наивысшая температура, при которой на поверхности образца образуются при замораживании трещины или излом.

Выбор прибора и метода определения морозостойкости резин зависит от характера их деформаций в процессе эксплуатации.

Определение температуры хрупкости ведут на приборе, показанном на рис. 13.3.

Прибор заключен в криокамеру и представляет собой две плиты, связанные между собой колонками. Испытуемый образец крепится в зажим 4, находящийся в нижней части эбонитового стержня 8. Стержень проходит через втулку 7 и удерживается в ней в верхнем положении защелкой 6. Спуск бойка 2 осуществляют вручную или автоматически рычагом 5, связанным с ртутным реле 13. При подъеме эбонитового стержня в верхнее положение рычаг поднимается и замыкает контакт реле 13. Цепь катушки электромагнита 15 включается, сердечник его втягивается и спускает защелку 14. Сжатие пружины и оттягивание бойка 2 производят винтом 12, на конце которого находится втулка 11 со штифтами, входящими в прорези муфты 10.

Охлаждающую среду для испытания готовят в криокамере, снабженной перемешивающим устройством. Контроль температуры осуществляют термпарой, связанной с гальванометром, шкала которого градуирована (в °С), или ртутным термометром.

Основной рабочей частью прибора является боек, конец которого должен иметь стандартную форму и размеры. Масса бойка — не менее 0,1 кг. Пружина бойка также должна быть стандартной и обеспечивать ход освобожденного бойка (40 ± 1) мм. Скорость движения бойка ($2,0 \pm 0,2$) м/с. При сжатом положении

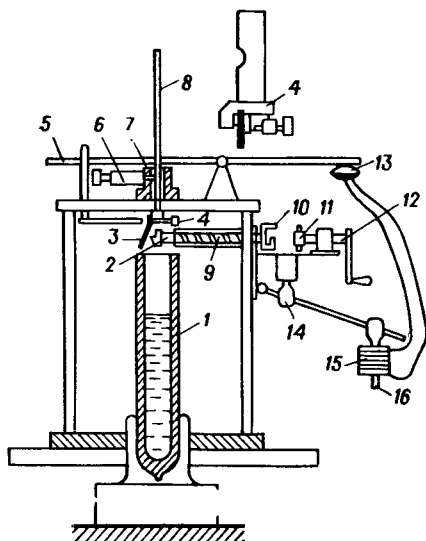


Рис. 13.3. Прибор для определения температуры хрупкости резин

1 — сосуд; 2 — боек; 3 — образец; 4 — зажим; 5 — рычаг; 6, 14 — защелки; 7, 11 — втулки; 8 — стержень; 9 — пружина; 10 — муфта; 12 — винт автоматического спуска ударника; 13 — ртутное реле; 15 — катушка электромагнита; 16 — сердечник

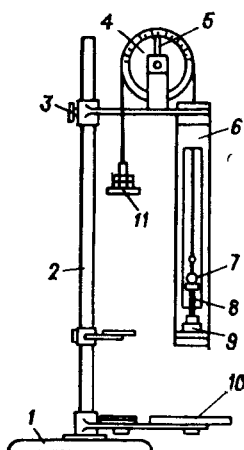


Рис. 13.4. Прибор для определения морозостойкости резин:

1 — станина; 2 — стойка; 3 — кронштейн; 4 — блок; 5 — стрелка; 6 — эбонитовая трубка; 7 — верхний зажим; 8 — образец; 9 — нижний зажим; 10 — вращающаяся подставка; 11 — подвеска

пружины расстояние от бойка до образца должно составлять 25^{+1} мм, при расжатом 45_{-1} мм, расстояние от места удара до нижнего зажима прибора должно быть равно $(11 \pm 0,5)$ мм.

Морозостойкость резин при растяжении определяют на приборе, показанном на рис. 13.4.

На горизонтальной плите (станине) 1 установлена стойка 2, снабженная тремя кронштейнами. Нижний кронштейн с подставкой 10 предназначен для установки криостата. Подставка при помощи втулки может поворачиваться относительно стойки. Средний кронштейн имеет площадку для удержания груза от падения. На верхнем кронштейне 3 укреплена эбонитовая трубка 6 с двумя продольными прорезями. Внутри трубки находятся два зажима 7 и 9 для закрепления испытуемого образца. Верхний зажим 7 соединен гибким тросом, который перекинут через блок 4, с подвеской 11 для наложения груза. На блоке 4 закреплена круглая шкала, по которой фиксируют степень растяжения образца при помощи стрелки 5. При растяжении образца блок вращается вокруг своей оси и шкала движется относительно неподвижно закрепленной стрелки. Нижний зажим упирается в торец эбонитовой трубки заплешиками и удерживается плоскими пружинами.

Для учета удлинения троса при испытании вводят поправку, которую определяют следующим образом: в зажимы прибора

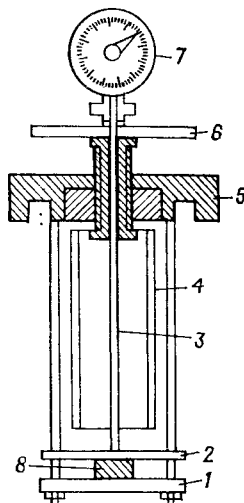
Рис. 13.5. Прибор для определения восстанавливаемости образца после сжатия при охлаждении:

1, 2 — площадки; 3 — стержень; 4 — труба; 5 — крышка; 6 — маховичок; 7 — индикатор; 8 — образец

закрепляют стальную пластинку длиной 40—50 мм, шириной 6—8 мм и толщиной 0,3—1,0 мм. К подвеске прикладывают предварительную нагрузку 0,1—0,2 Н, устанавливают стрелку прибора на нуль. К подвеске прибора прикладывают нагрузку 2,5 Н, затем добавляют еще 2,5 Н и так до 40 Н.

При каждом нагружении отмечают показания шкалы прибора и составляют таблицу поправок:

$P, \text{ Н}$	$\Delta l, \text{ мм}$



Для определения морозостойкости резин по эластическому восстановлению после сжатия применяют прибор (рис. 13.5), который состоит из текстолитовой крышки 5 с заплечиками, при помощи которых прибор устанавливают на криостате, и на крышке 5 крепят стержень 3, связанный в верхней части при помощи втулки с индикатором 7, а в нижней части с площадкой 2, оказывающей давление на образец 8. Труба 4 приводится в движение маховиком 6. Площадка 1 служит для установки образца в приборе. Прибор обеспечивает нагрузку на образец при измерении его высоты не более 0,98 Н сжатия образца за время не более 30 с.

13.4. Определение температурного предела хрупкости резин

Испытание заключается в определении температурного предела хрупкости резины, т. е. самой низкой температуры, при которой она в условиях испытания не разрушается.

Образец закрепляется консольно и подвергается изгибу при постоянной скорости ударом по свободному концу. Полученные показатели являются сравнительной характеристикой и не определяют нижнего предела рабочих температур изделия.

Образцы для испытаний ГОСТ 7912—74 представляют собой полоски, вырубленные из вулканизованных в гидравлических прессах пластин или готовых изделий, размерами (мм):

Образец	Длина	Ширина	Толщина
А	25 ⁺¹	6,0±0,5	2±0,2
Б	45 ₋₁	6,0±1,0	2±0,2

Вырубка образцов должна обеспечить совпадение их продольной оси с направлением каландрования. Размерами образца считают размеры штанцевого ножа по его режущим кромкам.

Обычно используют образцы в виде укороченных двусторонних лопаток, рабочий участок которых имеет указанные размеры. Если из готового изделия не удастся вырубить стандартные образцы, допускается применение образцов иных размеров, но имеющих длину $25^{+0.1}$ мм. Допускается подшлифовка образцов до заданной толщины. В этих случаях сравнение полученных результатов возможно только для образцов с одинаковыми размерами.

К недостаткам метода относятся длительность испытания, большое число испытываемых образцов и невозможность их одновременного замораживания.

Практическая работа 27

Определение температурного предела хрупкости резин

Оборудование и материалы

Прибор для определения температуры хрупкости
Пресс вырубной
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм) мерительными площадками диаметром не менее 16 мм и мерительным усилием не более 2 Н
Резиновые пластины вулканизованные для вырубки образцов
Спирт этиловый
Азот жидкий

Термометр ртутный или термопара
Штамп
Нож штанцевый
Часы песочные или секундомер
Линейка
Ванна прямоугольная для мыльного раствора
Диоксид углерода (твердый)
Краска для маркировки
Мыльный раствор
Перчатки

Подготовка к работе. Вырубку образцов из пластин, выдержанных после вулканизации по ГОСТ 269—66, или готовых изделий ведут на вырубном прессе при помощи штанцевого ножа (см. работу 17) с учетом каландрового эффекта, соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение I). Вырубленные образцы осматривают и отбирают без дефектов. На отобранных образцах краской наносят метки рабочих участков, пользуясь для этого штампом. Толщину образцов в рабочем участке определяют в трех точках при помощи толщиномера с погрешностью до 0,01 мм. Длину и ширину образцов определяют линейкой. Если средние арифметические значения результатов трех определений не укладываются в допуски, приведенные в ГОСТе, образцы отбраковывают. Отбирают пять годных образцов от каждой испытываемой партии резины, нумеруют и кондиционируют при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 1 ч. Охлаждающую среду готовят в криокамере, смешивая в определенных соотношениях этиловый спирт и твердый диоксид углерода или используя жидкий азот. *Работают в перчатках, следя, чтобы капли веществ не попадали на кожу!*

Температуру смеси (которая должна быть близка к ожидаемой температуре хрупкости данной резины) контролируют при

помощи термопары или ртутным термометром. Допустимые погрешности при установке температуры (°C):

До —40	± 1
От —41 до —80	$\pm 1,5$
От —80 до —100	$\pm 1,5$

Измерение температуры допускается с погрешностью до $\pm 0,5$ °C, спай термопары или ртутный шарик термометра должны находиться на одном уровне с образцом. Часть прибора, предназначенную для установки образцов, погружают в криокамеру и выдерживают при температуре испытания 10 мин. Уровень охлаждающей жидкости над образцами должен быть не менее 25 мм.

Проведение работы. Образец закрепляют консольно в зажим прибора по метке рабочего участка, опускают в охлаждающую смесь на уровень измерения температуры охлаждающей среды и выдерживают в течение $(3 \pm 0,5)$ мин по песочным часам или секундомеру. При этом температура в сосуде не должна колебаться более чем на 1 °C. При больших колебаниях в сосуд добавляют спирт или твердый диоксид углерода. После охлаждения образец при помощи эбонитового стержня быстро поднимают в крайнее верхнее положение, наносят удар ударником и подвергают изгибу, спуская пружину бойка, оттянув для этой цели защелку. На эти операции должно быть затрачено не более одной секунды. Затем, сжав пружину винтом и штифтами, возвращают боек в исходное положение. Если при ударе бойком образец ломается или на нем образуется видимая на глаз трещина, температуру испытания повышают с интервалом в 2 °C, добавляя спирт, закрепляют следующий образец и повторяют испытание до тех пор, пока не будет найдена температура, при которой резина не разрушается.

Если на образце нет явных признаков разрушения, его изгибают в том же направлении вручную под углом 90° в месте, где он деформировался, и осматривают. При наличии трещин или других повреждений образец считают разрушенным.

Испытания при каждой температуре проводят на четырех новых образцах. Их начинают с температуры, при которой ожидается разрушение, или принимают ее ориентировочно: повышают температуру с интервалом в 10 °C, ведут испытания до температуры, при которой резина не разрушается. Затем температуру понижают на 8 °C. В случае разрушения резины повышают температуру с интервалом в 2 °C до тех пор, пока не будет найдена температура, при которой резина не разрушается.

Указанным способом поочередно испытывают остальные образцы. Результаты испытания заносят в протокол 10.

Расчеты. Температуру хрупкости $T_{хр}$ выражают в целых градусах Цельсия. Результатом испытания является среднее арифметическое из трех самых низких температур, при которых не происходит разрушения резины.

ПРОТОКОЛ 10

определения температурного предела хрупкости резин

Дата испытания
 Марка резиновой смеси
 Температура вулканизации, °C
 Продолжительность вулканизации, мин

№ образца	Толщина образца, мм	Температура испытания		Состояние образца после удара бойком *	Температура хрупкости, °C	Показатель испытания	Примечания
		по гальванометру	°C				

* Эластичный, кожистый, хрупкий.

Пример:

—70 °C разрушился
 + 10 °C —60 °C разрушился
 + 10 °C —50 °C не разрушился
 —8 °C —58 °C разрушился
 + 2 °C —56 °C разрушился
 + 2 °C —54 °C не разрушился

Температурный предел хрупкости —54 °C.

Результаты испытания сравнивают с установленными нормами (см. Приложения VIII, XI), отклонения от которых возникают при несоблюдении дозировок каучука и пластификаторов—антифризов, их замене и нарушении технологических режимов.

13.5. Методики определения морозостойкости при растяжении и по эластическому восстановлению после сжатия

13.5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ РЕЗИН ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Сущность испытания заключается в растяжении образца до заданного удлинения под действием нагрузки при температуре (23 ± 2) °C и определении удлинения образца под действием той же нагрузки при низкой температуре (ГОСТ 408—78).

Испытание заключается в определении изменения эластических свойств резин при замораживании, которое характеризуется коэффициентами морозостойкости и возрастания жесткости и остаточной деформацией резины.

Образцы имеют форму укороченных двусторонних лопаток, общей длиной 50 мм (ГОСТ 250—75).

Допускается применение полосок шириной $6,0^{+0,4}$ мм или $3^{+0,2}$ мм, длиной не менее 50 мм и длиной рабочего участка ($25 \pm 0,5$) мм с расширенными концами. Образцы вырубает штандцевыми ножами из вулканизированных пластин, выдержанных после вулканизации по ГОСТ 269—66, толщиной ($1,0 \pm 0,2$) мм или ($2,0 \pm 0,2$) мм. Число образцов должно быть не менее трех. Их кондиционируют согласно ГОСТ 269—66, измеряют толщину каждого образца в трех точках и принимают среднее арифметическое ее значение. Затем наносят штампом метки рабочего участка, равного ($25,0 \pm 0,5$) мм.

Практическая работа 28

Определение морозостойкости резин при растяжении

Оборудование и материалы

Прибор для определения морозостойкости	Линейка
Пресс вырубной	Денсиметр
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)	Резиновые пластины вулканизированные для вырубki образцов
Нож штандцевый	Спирт этиловый
Штамп	Диоксид углерода (твердый)
Термометр ртутный	Краска
Часы песочные или секундомер	Перчатки

Подготовка к работе. Испытание заключается в определении удлинения образцов при 23°C , а затем при заданной пониженной температуре под действием постоянного груза. Работу ведут согласно инструкции по технике безопасности (см. Приложение 1) в перчатках.

Образцы для испытания вырубает на вырубных прессах и отбирают не менее 5 годных образцов, толщина которых не должна отличаться от среднего арифметического значения более чем на 10 %; один из них является установочным и используется для подбора растягивающей нагрузки. На образцы штампом и краской наносят предварительные метки рабочих участков, вручную растягивают 3 раза в течение 3—6 с на (150 ± 10) % и дают (300 ± 60) с «отдыха» в свободном состоянии, а затем наносят новые метки рабочих участков для испытания. Прибор устанавливают на край стола так, чтобы эбонитовая трубка находилась над полом. Работу блока отлаживают таким образом, чтобы он свободно вращался, а перекинутый через блок трос относительно него не проскальзывал. Затем контролируют массу подвески, которая должна быть равна массе верхнего зажима, погруженного в спирт. Трос не должен иметь перегибов. При испытании учитывают удлинение троса, вводя поправку, которую определяют методом, указанным в разделе 13.3.

Проведение работы. В криостат на $\frac{2}{3}$ объема заливают этиловый спирт плотностью 780 кг/м^3 при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Плотность спирта определяют денсиметром, температуру — ртутным термометром. Установочный образец укрепляют в зажимы прибора по новым меткам рабочего участка. Верхний зажим соединяют с концом троса, перекинутого через блок. Нижний зажим упирают за плечиками в торец эбонитовой трубки и удерживают пружинами. Нагружают образец предварительной нагрузкой $0,1\text{—}0,2 \text{ Н}$.

Шкалу прибора устанавливают в нулевое положение по отношению к стрелке. На подставку прибора ставят сосуд со спиртом и погружают в него эбонитовую трубку с закрепленным образцом. Подбирают нагрузку, за $(300 \pm 5) \text{ с}$ увеличивающую длину образца на $(100 \pm 5) \%$ — до $(50 \pm 2,5) \text{ мм}$. Нагружение ведут плавно. Время определяют по песочным часам или секундомеру. Продолжительность приложения груза должна быть не более 10 с . Фиксируют величину нагрузки и точную длину образца, снимают груз, удаляют сосуд со спиртом и освобождают образец от зажима. Подобранная нагрузка используется при испытании следующих образцов. Установочный образец отбрасывается.

Примечание. Нагрузку можно подбирать на воздухе при температуре $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$. Испытание при этой температуре ведут указанным методом.

Образец укрепляют в зажимах, погружают в спирт (или на воздухе), шкалу прибора устанавливают на нуль и прикладывают подобранную нагрузку не более 10 с .

Через $(300 \pm 5) \text{ с}$ записывают показания шкалы удлинений прибора — l_1 . Затем образец освобождают от нагрузки и дают «отдых» в течение $(300 \pm 60) \text{ с}$, не удаляя зажим.

Охлаждающую смесь предварительно готовят в криостате, подбирая соотношение спирта и твердого диоксида углерода или охлаждающего агента (жидкого азота) так, чтобы температура смеси была на $2\text{—}3^\circ\text{C}$ ниже заданной. Температуру контролируют ртутным термометром с погрешностью до $\pm 1^\circ\text{C}$.

Эбонитовую трубку выдерживают в криостате при температуре испытания 300 с , вынимают и устанавливают в ней зажим с образцом, собирают прибор и прикладывают предварительную нагрузку $0,1\text{—}0,2 \text{ Н}$. Помещают в криостат и выдерживают при температуре испытания $(300 \pm 3) \text{ с}$ и затем прикладывают нагрузку, масса которой точно равна подобранной для растяжения образца на $(100 \pm 5) \%$. Время приложения нагрузки 10 с . Через $(300 \pm 5) \text{ с}$ по шкале удлинений определяют длину образца l_2 .

Для определения коэффициента возрастания жесткости и остаточной деформации к образцу прикладывают нагрузку, вызывающую в течение $(300 \pm 5) \text{ с}$ то же удлинение образца, что и при воздействии первоначального груза в спирте (при 23°C). По истечении заданного времени снимают нагрузку и записывают ее зна-

ПРОТОКОЛ 11

определения морозостойкости резин при растяжении

Дата испытания Температура вулканизации, °С
 Марка резиновой смеси Продолжительность вулканизации, мин

№ образца	Толщина, мм	Температура испытания, °С	Нагрузка, Н		Удлинение, мм			Коэффициент		Остаточная деформация, %	Отклонение, %	
			при 23 °С	при охлаждении	при 23 °С	при охлаждении	при доп. полной нагрузке	морозостойкости	возрастания жесткости		по коэффициенту морозостойкости	по коэффициенту возрастания жесткости

1
2
3

Средние значения

чение и показания шкалы удлинения прибора. Указанным методом проводят испытания остальных образцов. Результаты заносят в протокол 11.

Из значения удлинения образца по шкале прибора вычитают значение поправки, соответствующей прилагаемой к образцу нагрузке.

13.5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ РЕЗИН ПО ЭЛАСТИЧЕСКОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПОСЛЕ СЖАТИЯ

Сущность испытания заключается в определении способности образца, сжатого при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и выдержанного при низкой температуре, восстанавливать при ней свою высоту после освобождения от нагрузки.

По ГОСТ 13808—79 определяется изменение первоначальной высоты образца, замороженного при заданной температуре, при сжатии и после восстановления. Для испытания применяют вулканизированные образцы цилиндрической формы диаметром и высотой $(10 \pm 0,2)$ мм. Температуру испытания выбирают из следующего ряда: 0; —10; —25; —40; —50; —55; —60; —70 °С. Нагрузка на образец и время сжатия при изменении его высоты допускается не более 0,98 Н и 30 с.

Определение морозостойкости резин по эластическому восстановлению после сжатия

Оборудование и материалы

Прибор для определения морозостойкости	Штангенциркуль
Термометр ртутный	Образцы по ГОСТу 13838—79
Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм)	Спирт этиловый
Часы песочные или секундомер	Диоксид углерода (твердый)
	Ткань обтирочная

Подготовка к работе. Образцы для испытаний выдерживают и кондиционируют по ГОСТ 269—66, проверяют по внешнему виду на отсутствие пор, пузырей, посторонних включений, язв, выступов и углублений. Высоту образцов определяют толщиномером с погрешностью до 0,01 мм. От каждой партии резины отбирают не менее трех годных образцов, размеры которых укладывают в приведенные выше допуски. В криостате готовят из спирта и хладагента охлаждающую смесь заданной температуры, контролируя ее ртутным термометром. Отклонения от заданной температуры допускаются в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$.

Уровень спирта должен быть не менее чем на 25 мм выше образца. Часть прибора с опорной и сжимающей площадками погружают в криостат и выдерживают не менее 10 мин, затем вынимают и обтирают.

Проведение работы. Образец помещают между площадками охлажденного прибора и измеряют его первоначальную высоту h_0 (мм) по индикатору. Испытание ведут при деформации сжатия образца $(20 \pm 2)\%$, которая достигается поворотом маховика по часовой стрелке. По индикатору фиксируется высота сжатого образца h_1 (мм). Часть прибора с сжатым образцом погружают в криостат с охлаждающей смесью и выдерживают при температуре испытания $(5,0 \pm 0,5)$ мин. Далее образец освобождают от нагрузки поворотом маховика против часовой стрелки, вы-

ПРОТОКОЛ 12

определения морозостойкости резин по эластическому восстановлению после сжатия

Дата испытания	Марка резиновой смеси
Тип прибора	Температура вулканизации, $^\circ\text{C}$
	Продолжительность вулканизации, мин

№ образца	Температура замораживания, $^\circ\text{C}$	Высота образца, мм			K_B
		первоначальная	после сжатия	после восстановления	

Средние значения

держивают в криостате еще $(3,00 \pm 0,25)$ мин и, не вынимая, измеряют по индикатору его высоту h_2 (мм).

Перед каждым замером высоты образца проверяют положение стрелки индикатора, при ее отклонении ставят на нуль.

По окончании испытания прибор вынимают из сосуда, удаляют из него испытанный образец и устанавливают следующий. При изменении установленной температуры в сосуд добавляют этиловый спирт для повышения температуры или твердый диоксид углерода — для снижения. Результаты испытания заносят в протокол 12.

13.5.3. ВЫЧИСЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Определение коэффициента морозостойкости резин по растяжению K_M (практическая работа 28) ведут по формуле:

$$K_M = l_2/l_1, \quad (13.2)$$

где l_1 — удлинение рабочего участка образца, вызванное нагрузкой P при нормальной температуре, мм; l_2 — удлинение рабочего участка образца при охлаждении, вызванное той же нагрузкой, мм.

Коэффициент возрастания жесткости $K_{вж}$ (равный или больше 1):

$$K_{вж} = P_1/P, \quad (13.3)$$

где P — нагрузка, вызывающая удлинение образца при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, Н; P_1 — нагрузка, вызвавшая то же удлинение охлажденного образца, Н.

Остаточная деформация при растяжении A (%):

$$A = (l_3 - l_0)/l_0, \quad (13.4)$$

где l_0 — длина рабочего участка образца до испытания, мм; l_3 — длина рабочего участка образца непосредственно после удаления растягивающей нагрузки, мм.

В приведенные формулы подставляют средние значения, полученные в результате испытаний образцов.

Морозостойкость образцов тем выше, чем ближе значение коэффициентов морозостойкости и возрастания жесткости к 1, при этом наблюдается наименьшая потеря эластических свойств резин: $K_M = 1$ и $K_{вж} = 1$ при $l_2 = l_1$ и $P = P_1$, т. е. при полном сохранении эластических свойств образцов.

Определяют среднее арифметическое значение K для всех испытываемых образцов. Для K равного или более 0,5 допускаются отклонения не более 10 %, для K ниже 0,5 отклонения должны быть не более $+0,05$ от среднего арифметического значения. После отбраковки негодных образцов должно остаться не менее трех образцов.

Результаты испытания сравнивают с данными приложений VIII и XI. Причины отклонения от нормы см. в разделе 13.4.

Описанный метод определения морозостойкости резин не обладает достаточной точностью, поскольку не достигается точное определение удлинения образца в связи с проскальзыванием блока и трением в его оси, неопределенностью скорости подбора

груза, необходимостью предварительного растяжения образца при нормальных условиях.

Коэффициент восстанавливаемости K_v (практическая работа 29) рассчитывают по формуле:

$$K_v = (h_2 - h_1)/(h_0 - h_1), \quad (13.5)$$

где h_0 — первоначальная высота образца, мм; h_1 — высота образца после сжатия, мм; h_2 — высота образца после восстановления, мм.

Определяют среднее арифметическое значение показателя с точностью до 0,01. При $K_v \geq 0,5$ допускается отклонение не более 10 %, при $K_v < 0,5$ каждое отклонение не более 0,05.

Для определения морозостойкости по эластическому восстановлению разработан прибор ПВР-1, на котором испытываются одновременно три образца, результаты испытаний автоматически усредняются и фиксировать надо только средние значения показателей.

Коэффициент K_v зависит от степени кристаллизации резины K_0 , пластического течения K_1 и замедления релаксационных процессов или стеклования K_2 :

$$K_v = K K_0 K_2. \quad (13.6)$$

В зависимости от сохранения эластических свойств после замораживания образцы частично или полностью восстанавливают свою первоначальную высоту. Оптимальной теоретической морозостойкостью будут обладать образцы, полностью сохранившие эластичность и при восстановлении достигшие высоты $h_2 = h_0$. В этом случае коэффициент восстанавливаемости будет равен 1. Образцы, полностью потерявшие эластичность, не восстановятся, и их высота h_2 будет равна h_1 . Соответственно K_v будет равен 0.

Морозостойкие каучуки, масло «Мягчитель», ДБФ и ДБС в рецепте повышают K_v .

Контрольные вопросы

1. Изменение свойств каучуков и резин при воздействии пониженных температур.
2. Термомеханическая кривая каучуков и схема перехода полимера от хрупкого к вынужденно-эластическому разрушению.
3. Стеклование и кристаллизация каучуков, их влияние на морозостойкость.
4. Методы повышения морозостойкости резин.
5. Морозостойкие каучуки и антифризы.
6. Температура хрупкости резин.
7. Основные методы определения морозостойкости резин; конструкции применяемых приборов.
8. Расчетные формулы для определения показателей морозостойкости.

ИСПЫТАНИЕ РЕЗИН НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЖИДКИХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

14.1. Набухание резин в жидкостях

Изучение стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред имеет большое практическое значение при разработке рецептур резиновых смесей для изделий, соприкасающихся в процессе эксплуатации с маслами, растворителями, топливами, химическими реагентами, физиологическими растворами, водой.

Резиновая промышленность выпускает большой ассортимент рукавов, шлангов, сальников, уплотнителей, прокладок, муфт, технической резиновой обуви, работающих в среде агрессивных жидкостей.

Определение стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред проводится при разработке специальных резиновых смесей для деталей установок, перемещающих или хранящих эти жидкости, и при контроле готовых изделий — указанных деталей.

В процессе их эксплуатации наблюдается значительное увеличение массы и объема, изменение формы, снижение прочности, эластичности, износостойкости, твердости, выносливости при многократных деформациях.

Набухание в жидкостях — одно из характерных свойств высокомолекулярных соединений. Изменение свойств резин при набухании связано с диффузией — проникновением молекул жидкости в межмолекулярные пространства каучука и ослаблением его межмолекулярных связей. Физическим изменениям резины сопутствуют и химические, поскольку после набухания резина более подвержена действию кислорода воздуха. Кроме того, жидкости могут экстрагировать из резины пластификаторы и другие растворимые ингредиенты, меняя ее состав и свойства.

Набухание резин в жидкостях имеет ограниченный характер (рис. 14.1). По достижении максимального значения объема $Q_{\text{макс}}$ диффузия жидкости в вулканизат практически прекращается. При окислении степень набухания вулканизата возрастает.

Константа скорости набухания K определяется формулой:

$$K = \frac{1}{\tau} \lg \frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{\text{макс}} - Q_{\tau}}, \quad (14.1)$$

где τ — время набухания, ч; $Q_{\text{макс}}$ — максимум набухания, %; Q_{τ} — количество жидкости, поглощенное за время τ , %.

Стойкость резин к набуханию в жидкостях зависит от природы исходного каучука, его содержания в резиновой смеси, свойств и дозировок ингредиентов, условий обработки смеси, степени ее вулканизации.

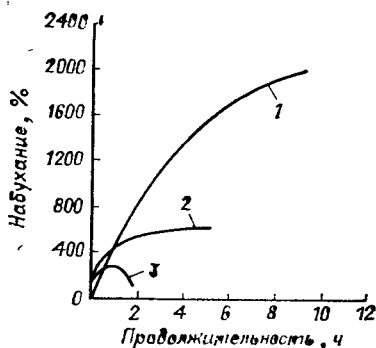


Рис. 14.1. Кинетические кривые набухания каучука:

1 — невальцованный НК; 2 — мягкий вулканизат; 3 — вальцованный каучук

Воздействие жидких агрессивных сред сопровождается набуханием резин, вызывающим в напряженном состоянии два противоположных явления. Положительно сказывается на прочностных свойствах выравнивание напряжений, облегчение ориентации при растяжении из-за увеличения подвижности молекул,

но при больших значениях набухания наблюдается уменьшение прочности из-за ослабления межмолекулярных взаимодействий.

Наличие в изделиях микротрещин и других дефектов снижает их стойкость к набуханию.

При этом большое значение имеют свойства жидкости, в которой происходит набухание, продолжительность и температура процесса. При разработке рецептур резиновых изделий, обладающих наименьшей степенью набухания в жидкостях, учитывают следующие положения.

Неполярные каучуки (НК, СКИ-3, СКБ, СКД, БК, БСК) не растворяются в полярных растворителях (кетонах, этили и бутилацетате, спирте и др.), проявляя в них ограниченное набухание. Полярные каучуки (СКН, хлоропреновые, сульфидные, фторкаучуки, акрилатные, СКМВП, уретановые) ограниченно набухают в неполярных растворителях (бензине, бензоле, толуоле, ксилоле, четыреххлористом углероде и др.). Соответственно повышенной стойкостью к ароматическим и алифатическим углеводородам обладают каучуки, содержащие активные полярные группы (CN, Cl, F и др.): СКН, хлоропреновый, СКФ, СКУ, СКТ, СКМВП, сульфидный, акрилатный; к топливам, маслам и смазкам — полярные каучуки.

Повышенной масло- и бензостойкостью при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и высоких температурах обладают каучуки СКН, хлоропреновый, СКФ, акрилатный, СКТ.

В среде слабых растворов кислот и щелочей, концентрация которых не превышает 20 %, устойчивы НК, СКБ, СКД, СКН, хлоропреновый. В концентрированных химических средах стойкость проявляют каучуки предельные, с малой неопределенностью (СКТ, БК, СКЭП, СКЭПТ, ХСПЭ, изобутиленовый) и полярные каучуки (СКФ, СКН, хлоропреновые).

Все каучуки обладают достаточной стойкостью к воде. Повышенной стойкостью обладают НК, СКИ-3, бутилкаучук. Проникновение воды в резину происходит очень медленно.

Ингредиенты резиновых смесей существенно влияют на стойкость резин к набуханию. Увеличение дозировок техуглерода и неактивных наполнителей сокращает содержание каучука в резине и повышает ее стойкость к набуханию. Активный техуглерод марок П-324, П-234, К-354 с большой удельной геометрической поверхностью и развитой структурой снижает диффузию жидкостей в каучуки. Введение каолина повышает маслостойкость, барита и техуглерода — химическую стойкость. Присутствие пластификаторов увеличивает набухание, поэтому их дозировки сокращают и подбирают вещества, не растворяющиеся в данной агрессивной среде. Повышенное содержание связанной среды, введение ультраускорителей или активных ускорителей повышает стойкость резин к набуханию. Защитные коллоиды (казеин, столярный клей) также увеличивают стойкость к набуханию.

Режим вулканизации влияет на степень набухания. Минимальное значение набухаемости совпадает с оптимумом вулканизации резиновых смесей.

Степень набухания резин возрастает при увеличении температуры и продолжительности процесса.

Повышение содержания в маслах, являющихся средой, ароматических веществ также приводит к увеличению набухания резин.

14.2. Методики определения стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред

В резиновой промышленности используют методики, приведенные в следующих ГОСТах:

- | | |
|-----------|---|
| 9.030—74 | Резины. Методы испытаний на стойкость в ненапряженном состоянии к воздействию жидких агрессивных сред |
| 9.071—76Е | Резина для изделий, работающих в жидких агрессивных средах. Технические требования |
| 9.061—75 | Резины. Метод ускоренных испытаний на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред при вращательном движении в режиме трения |
| 9.062—75 | Резины. Метод испытаний на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред при многократных деформациях растяжения |
| 9.065—76 | Резины. Метод испытаний на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред при постоянном растягивающем напряжении |
| 9.070—76 | Резины. Методы испытаний на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред при статической деформации сжатия |

Наиболее простым методом является испытание по ГОСТ 9.030—74 (см. ниже).

По ГОСТ 9.062—75 определяют изменение массы образца и его динамическую ползучесть при многократной деформации растяжения в заданной среде. Стойкость резин к воздействию агрессивных сред при постоянном растягивающем напряжении (ГОСТ 9.065—76) определяют показателями деформации растяжения по ползучести образцов. Определение коэффициентов

изменения напряжения сжатия, релаксации напряжения, статического модуля и остаточной деформации при набухании ведут по ГОСТ 9.070—76. Испытания проводят в среде стандартных жидкостей при температурах от (23 ± 2) до (100 ± 2) °С (ГОСТ 9.062—75), при (50 ± 2) °С (ГОСТ 9.065—76) и от (20 ± 2) до (200 ± 2) °С (ГОСТ 9.070—76). Продолжительность испытаний соответственно до момента разрыва образца, но не более 10 ч; то же не более 100 ч; (72 ± 1) ч при температурах 20 и 23 °С и кратное 24 ч, но не более 168 ч при повышенных температурах.

14.2.1. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЗИН ПО ИЗМЕНЕНИЮ МАССЫ, ОБЪЕМА, РАЗМЕРОВ

Наиболее распространенными контрольными методами определения стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред являются определения изменения массы, объема и размеров образцов после воздействия агрессивной среды и изменения их физико-механических показателей (ГОСТ 9.030—74. Методы А и В).

Испытание ведут на образцах в ненапряженном состоянии при температурах 23, 40, 50, 55, 70, 85, 100, 125, 150, 175, 200, 225 (250 ± 2) °С. Продолжительность испытания зависит от типа резины и времени достижения равновесного состояния набухания в применяемой среде, которое определяется периодическим взвешиванием образцов до достижения постоянной их массы (разность массы между двумя взвешиваниями не более 0,001 г).

На практике продолжительность испытания — 24, 72, 168 ч или время кратное 168 ч с отклонением 2 ч. Периодичность взвешивания для определения массы образцов не более 5 сут.

Среду для набухания подбирают в полном соответствии с марками и константами, приведенными в методиках действующих испытаний ГОСТов и ТУ на резины и готовые изделия.

Испытания по ГОСТ 9.030—74 ведут в стандартных маслах (средах) — СЖР-1, СЖР-2, СЖР-3, стандартных растворителях — жидкостях А (изооктан), Б (изооктан + толуол 70 : 30 по объему), В (изооктан + толуол 50 : 50 по объему), Г (толуол), Д (толуол + изооктан 10 : 90 по объему), Е (толуол + изооктан 20 : 80), стандартных растворах технической соляной, азотной, серной и уксусной кислот, гидроксиде натрия, дистиллированной воде, имеющих постоянный химический состав и позволяющих получать воспроизводимые результаты испытаний.

Для проведения испытаний по методу А применяют приборы, удовлетворяющие следующим требованиям:

1. Вместимость прибора должна обеспечить полное покрытие образцов жидкостью, из расчета 40—50 мл на один стандартный образец или на 1 г образца, вырезанного из готового изделия. Формы прибора должны быть удобны для перезагрузки образцов. Для набухания небольшого количества образцов при температуре до (23 ± 2) °С и давлении (98 ± 10) кПа пользуются бюксами с притертой крышкой.

При температуре выше $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, близкой к точке кипения среды, и давлении (98 ± 10) кПа используют сосуд с обратным холодильником. Для испытаний, проводимых при давлении выше (98 ± 10) кПа и температуре ниже температуры воспламенения используемой среды, применяют контейнер — металлический толстостенный цилиндр с герметичной крышкой, рассчитанный на трехкратный запас прочности.

2. Материал для изготовления прибора должен быть нейтральным к жидкостям, используемым при испытании. Обычно применяют стеклянные или фарфоровые химические стаканы или другие емкости с герметически закрывающимися крышками.

Образцы для определения изменения массы размерами $(20 \times 20 \pm 0,2)$ мм вырезают из вулканизованных пластин толщиной $(2 \pm 0,2)$ мм. Для контроля готовых изделий вырезают образцы произвольной формы объемом $1,0\text{—}3,0\text{ см}^3$. Результаты испытаний сравнимы только при использовании образцов одинаковой формы и объема.

Для определения изменения размеров образцов при набухании их вырезают из пластин в направлении каландрования в виде прямоугольников размером $(50 \times 25 \times 2 \pm 0,2)$ мм. Число образцов для всех испытаний не менее трех.

Сущность метода А заключается в измерении и взвешивании стандартного образца до и после набухания в заданной среде, при определенной температуре и продолжительности. Разность в массе образца, отнесенная к первоначальной массе, характеризует степень набухания (%) резины в данной среде.

Практическая работа 30

Определение стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред по изменению размеров, массы и объема образцов

Оборудование и материалы

Прибор для набухания
Пресс вырубной
Стаканы химические вместимостью 100 и 250 мл
Нож штанцевый
Термошкаф до 250°C
Толщиномер (погрешность измерения $0,01$ мм)
Весы аналитические
Денсиметры в наборе
Линейка
Пинцет
Эксикатор
Часы

Прибор для определения плотности резин
Цилиндр мерный
Цилиндр на 50 мл
Бюксы диаметром 30 мм
Щетка волосная или ткань
Термометр ртутный
Пластины вулканизованные для вырубki образцов
Жидкость для набухания
Жидкость для промывки образцов
Проволока
Бумага фильтровальная или мягкая ткань, марля
Перчатки, защитные очки

Подготовка к работе. Работу проводят под вытяжкой, соблюдая инструкцию по технике безопасности (см. Приложение 1), пользуясь защитными очками и резиновыми и тканевыми перчатками.

Образцы вырубают на вырубном прессе при помощи штанцевого ножа или вырезают ножницами по шаблону из пластин, выдержанных по ГОСТ 266—69 по направлению каландрования. Размеры образцов контролируют линейкой, толщину замеряют толщиномером с погрешностью до 0,01 мм. Число образцов — не менее пяти. Образцы осматривают по поверхности и отбирают не менее трех образцов соответствующих размеров без пор, пузырей, посторонних включений, порезов, язв. С пропудренных образцов щеткой или тканью удаляют опудривающее средство, промывая их спиртом и обтирая тканью или марлей. Отобранные для испытания образцы маркируют, кондиционируют не менее 3 ч при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и взвешивают на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г на воздухе (M_1) и в дистиллированной воде или спирте (M_2) при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Для взвешивания в жидкости используют прибор, показанный на рис. 7.15. Для удаления пузырьков воздуха при взвешивании образцы предварительно погружают на 2—3 с в этиловый спирт, затем накалывают на проволоку, погружают в жидкость и взвешивают. После взвешивания образцы протирают фильтровальной бумагой или марлей (тканью). Спирт используют до появления в нем осадка.

Размеры прямоугольных образцов измеряют линейкой с погрешностью $\pm 0,5$ мм: длину l_1 в двух местах вблизи их продольной оси, ширину b_1 в четырех местах равномерно расположенных на образцах. Толщину h_1 измеряют толщиномером с погрешностью $\pm 0,01$ мм в четырех местах, равномерно расположенных по поверхности образцов.

Среду для набухания подбирают в точном соответствии с заданной маркой, заливают в цилиндр и определяют денсиметром ее плотность при 23°C , проверив температуру ртутным термометром. Предварительно жидкость выдерживают в термощкафу не менее 15 мин при 23°C .

Стандартность СЖР определяют по изменению массы выдержанной в нем стандартной резины в течение 72 ч при 125°C . Допускается: для СЖР-1 ($-1 \div +1$) г, для СЖР-2 ($-3 \div +5$) г, для СЖР-3 ($-9 \div +13$) г.

Сосуд прибора моют и сушат. Мерным цилиндром отмеряют жидкость из расчета: среда/образец = 15/1 и наливают в сосуд. Уровень жидкости над образцами должен быть не менее 1 см при заполнении емкости на 75 %. При испытаниях в течение 24 ч жидкость используют дважды, свыше 24 ч — один раз.

В термощкафу устанавливают заданную температуру при помощи терморегулятора и после прогрева в течение 20—30 мин в него помещают прибор для испытания, в котором находится среда для набухания, с закрытой крышкой.

Проведение работы. Подготовленные образцы закрепляют на проволоке, стойкой к действию жидкости, на расстоянии не менее 5 мм друг от друга и не менее 10 мм от дна и стенок сосуда. Фи-

ксируют время начала испытания. Для испытаний, проводимых при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, началом считают момент погружения в жидкую среду, при повышенных температурах — момент установивши сосуда в термошкаф.

По истечении установленного времени набухания емкость охлаждают до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ на воздухе (при длительных режимах и в воде) не более 1 ч, образцы выгружают из сосуда и промывают в стакане со специально подобранной жидкостью в течение не более 30 с. Если испытания проводились в легколетучей среде, образцы отбирают фильтровальной бумагой или тканью не более 4 с и помещают в тарированные бюксы.

Подбор жидкости для промывки зависит от характера жидкости, применяемой для набухания образцов:

<i>Жидкости для набухания образцов</i>	<i>Жидкости для промывки образцов</i>
Кислоты, щелочи, спирто-глицериновая смесь	Дистиллированная вода
Нефтяные продукты	Бензин
Касторовое масло	Спирт
Легколетучие жидкости (бензин, бензол, диэтиловый эфир и др.)	—

Объем жидкости должен быть не менее 1500 см³.

После промывки 50 образцов жидкость в сосуде меняют.

Промытые образцы вытирают фильтровальной бумагой или тканью и помещают в эксикатор. Образцы, на поверхности которых появились трещины, для дальнейших испытаний не используют. Остальные образцы взвешивают на воздухе, определяя M_3 ,

ПРОТОКОЛ 13

определения стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред

Дата испытания	Плотность, кг/м³
Условия набухания	Жидкость для взвешивания
Температура	Жидкость для промывки
Продолжительность	Марка резиновой смеси
Среда для набухания	Продолжительность вулканизации, мин
Марка	Температура вулканизации, °C
Концентрация	

№ образца	Размеры образца, мм						Масса образца, г				Изменение показателей, %					Отклонения, %
	до на- бухания			после на- бухания			до набуха- ния		после набуха- ния							
	длина	ширина	толщина	длина	ширина	толщина	в воздухе	в жидкости	в воздухе	в жидкости						
											ΔM	Δl	Δb	Δk	ΔV	

Средние значения

и в дистиллированной воде или спирте (M_4). Образцы в бюксах взвешивают не позднее чем через 30 с после извлечения их из среды.

Взвешивание и определение линейных размеров прямоугольных образцов (l_3 , b_3 , h_3) ведут теми же методами, как и до набухания. Результаты испытания вносят в протокол 13.

14.2.2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЗИН ПО ИЗМЕНЕНИЮ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

По методу В (ГОСТ 9.030—74) определяют стойкость резин к воздействию агрессивных жидких сред в ненапряженном состоянии по изменению одного или нескольких физико-механических показателей. Образцы отбирают согласно ГОСТ 269—66. Их форма, размеры и методы испытаний соответствуют ГОСТам на определение физико-механических свойств — условной прочности при растяжении, относительного удлинения в момент разрыва, условного напряжения при заданном удлинении (ГОСТ 270—75), сопротивления раздиру (ГОСТ 262—79), твердости по Шору А (ГОСТ 263—75) и др.

Сущность метода заключается в определении способности резин сохранять прочностные и эластические свойства после набухания в жидких агрессивных средах в ненапряженном состоянии по изменению одного или нескольких физико-механических показателей. Определяют изменение условной прочности при растяжении и условное напряжение при заданном удлинении (см. работу 17), сопротивление раздиру (см. работу 18) и твердость по Шору (см. работу 15) на соответствующих стандартных видах оборудования и образцах. К испытаниям готовят удвоенное число образцов для определения показателей до и после выдержки в агрессивной среде. Приборы для набухания, применяемые среды и режимы, жидкости для промывания образцов соответствуют применяемым в практической работе 30.

Практическая работа 31

**Определение стойкости резин к воздействию
жидких агрессивных сред по изменению
их физико-механических показателей**

Оборудование и материалы

Машина разрывная РМИ-60
Твердомер для определения
твердости по Шору А
Пресс вырубной
Термошкаф до 250 °С
Толщиномер (погрешность изме-
рения 0,01 мм)
Приспособление для надреза
образцов

Пластины вулканизованные тол-
щиной 2,0—0,2 мм
Образцы для определения твер-
дости по Шору А
Картон
Жидкость для набухания
Жидкость для промывки образ-
цов
Нитки

Ножи штанцевые	Бумага фильтровальная
Штамп	Ткань или марля
Прибор для набухания с крышкой	Краска
Стержни металлические	Шило
Часы	Игла
Зажимы для подвешивания образцов	Термометр ртутный
	Перчатки
	Защитные очки

Подготовка к работе. Работу выполняют в перчатках и защитных очках, пользуясь инструкцией по технике безопасности (см. Приложение 1). Включают термощкаф и устанавливают заданную температуру испытания терморегулятором с погрешностью $\pm 2^\circ\text{C}$.

Для испытания используют две вулканизованные в гидравлических прессах пластины, имеющие соответствующую заданию и одинаковую маркировку (шифр резиновой смеси, время и температуру вулканизации). Из каждой пластины штанцевым ножом вырезают 6—7 лопаток по ходу листования смеси или образцов для определения сопротивления раздиру. Для облегчения вырубki нож смачивают водой. После осмотра отбирают для испытания образцы без дефектов поверхности. Размеры образцов контролируют линейкой и толщиномером, отбрасывая образцы, не удовлетворяющие нормам. После контроля от каждой пластины должно быть 5 годных образцов. Размеры всех образцов заносят в протокол испытаний. Затем на 5 образцах № 1—5 (А) при помощи штампа и краски наносят метки рабочих участков. Оставшиеся 5 образцов № 6—10 (Б) прокалывают шилом, прошивают иглой с ниткой в широкой части лопаток и прикрепляют к металлическому стержню. На стержень накалывают картонный ярлык, на котором указывают шифр резиновой смеси, продолжительность и температуру набухания, среду и фамилию учащегося.

Жидкость для набухания проверяют и готовят к испытанию, как указано в работе 30. Сосуд прибора для набухания заполняют жидкостью (15 : 1 по отношению к образцам).

Проведение работы. Стержни с образцами Б помещают на стенки сосуда или специальную подставку, при этом образцы должны быть целиком погружены в жидкость, не должны касаться друг друга и стенок сосуда. Прибор закрывают крышкой и устанавливают в термощкаф с заранее отрегулированной температурой испытания и фиксируют в протоколе время начала набухания.

По окончании процесса набухания сосуд охлаждают до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, образцы выгружают из сосуда и опускают в стакан с жидкостью для промывания на 30 с. Подбор жидкости для промывки образцов зависит от применяемой жидкости для набухания (см. работу 30). После промывки образцы встряхивают, протирают фильтровальной бумагой или тканью и наносят на них метки рабочих участков для испытаний на разрыв (см. работу 17)

или надрез при помощи приспособления для испытаний на раздир (см. работу 18).

Жидкость для промывки меняют после обработки 50 образцов. Испытания образцов до (А) и после (Б) набухания проводят на разрывной машине по методике, соответствующей действующему ГОСТу (см. работу 17), определяя условной прочностью и напряжением при растяжении, относительное удлинение, сопротивление раздиру. В целях экономии времени испытания пяти образцов А, не подвергающихся набуханию, можно проводить в период набухания остальных пяти образцов. Результаты испытания заносят в протокол 6.

Образцы для определения твердости по Шору А до набухания и после выдержки в агрессивной среде, промывки их жидкостью и обсушивания фильтровальной бумагой испытывают по методике, указанной в работах 30 и 15. В сосуд со средой образцы подвешивают на специальных зажимах.

Результаты испытания заносят в протоколы 6 и 5.

14.2.3. ВЫЧИСЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

По методу А массу образцов до и после набухания определяют как среднее арифметическое значение от результатов взвешивания не менее трех образцов. Изменение массы ΔM (%) вычисляют по формуле:

$$\Delta M = (M_3 - M_1) \cdot 100 / M_1, \quad (14.2)$$

где M_1 и M_3 — средняя масса образцов до и после набухания, г.

Предложена и другая формула расчета степени набухания резин, учитывающая характер каучука и растворителя и содержание углеводорода каучука в резиновой смеси:

$$M = \frac{\rho_K}{\rho_P} \cdot \frac{M_3 - M_1}{M_1 C}, \quad (14.3)$$

где ρ_K и ρ_P — плотность каучука и растворителя, кг/м³; C — относительное содержание углеводорода каучука в образце, содержащем нерастворимые в данном растворителе ингредиенты (по рецепту).

Изменение объема ΔV (%) вычисляют по формуле:

$$\Delta V = \frac{(M_3 - M_4) - (M_1 - M_2)}{M_1 - M_2} \cdot 100, \quad (14.4)$$

где M_2 и M_4 — средняя масса образцов в жидкости до и после набухания, г.

Изменение размеров ΔP (%) рассчитывают по формуле:

$$\Delta P = (P_3 - P_1) \cdot 100 / P_1, \quad (14.5)$$

где P_1 и P_3 — длина (l_1), ширина (b_1) или толщина (h_1) до и после (l_3 , b_3 , h_3) набухания, мм; ΔP — Δl , Δb и Δh .

По методу В расчеты ведут следующим образом. Находят среднее арифметическое значение полученных результатов и рассчитывают физико-механические показатели прочностных

свойств и сопротивления раздиру (см. работы 17, 18) на исходное сечение образца до воздействия агрессивной среды.

Изменение физико-механических показателей ΔP (%) рассчитывают по формуле:

$$\Delta P = (P - P_0) \cdot 100 / P_0, \quad (14.6)$$

где P_0 и P — значения показателей до и после воздействия среды.

Изменение твердости ΔH (в единицах твердости) вычисляют по формуле:

$$\Delta H = H - H_0, \quad (14.7)$$

где H_0 и H — значения твердости до и после набухания.

Результаты испытания сравнивают с нормами (см. Приложение XI). Отклонения от норм связаны с несоблюдением состава резиновых смесей и технологических режимов. Снижение дозировок наполнителей, замена каолина (при набухании в маслах) и барита (при набухании в кислотах), увеличение дозировок пластификаторов повышают набухаемость резин.

При испытании по ГОСТ 9.030—74 по изменению массы ΔM и коэффициента ΔP изменения физико-механических показателей после выдержки резин в агрессивной среде в течение 72 ч при температуре от 70 до 150 °С резины делят на четыре группы стойкости. К самой стойкой группе I относятся резины с ΔM от —1,0 до +5,0 % и ΔP от —15 % до +15 %, к IV группе — резины с ΔM до +10 % (при вымывании) и 50 % (при набухании) и ΔP до —80 % (при деструкции) и +70 % (при структурировании). По ГОСТ 9.065—76 резины делят на три группы стойкости по времени до разрыва, по ГОСТ 9.070—76 на три группы по относительной остаточной деформации и изменению напряжения в сжатом образце, по ГОСТ 9.061—75 на три группы по динамической ползучести.

Примечание. Кроме приведенных по ГОСТ 9.030—74 методов А и В для проведения исследовательских работ используется метод Б, заключающийся в определении стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред по массе веществ, экстрагированных средой из испытуемых образцов. При этом используются герметически закрывающимся прибором с обратным холодильником.

Контрольные вопросы

1. Набухание резин. Ограниченное и неограниченное набухание.
2. Кинетическая кривая набухания.
3. Изменение свойств резин при набухании. Константа скорости набухания.
4. Каучуки и ингредиенты, повышающие стойкость резин к набуханию в жидкостях.
5. Методы определения стойкости резин к воздействию агрессивных жидких сред.
6. Расчетные формулы для вычисления результатов испытаний, их физический смысл, пределы изменения.

ИСПЫТАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

15.1. Основные технические характеристики пряжи и тканей

Ткани являются важным конструкционным армирующим материалом многих резиновых изделий (покрышек, ремней, транспортерных лент, рукавов, резиновой обуви и др.) и определяют их каркасность — стабильность формы и размеров, прочностные свойства, устойчивость к деформациям. Они должны обладать высокими прочностными характеристиками, малым остаточным удлинением, тепло- и влагостойкостью, износостойкостью, малой жесткостью при изгибе, высокой усталостной выносливостью.

Применяются ткани из природных, искусственных и синтетических волокон. Их свойства зависят от химической природы волокна и его строения и строения ткани.

Волокно состоит из большого числа элементарных нитей, которые являются одиночной нитью, не делящейся без разрушения в продольном направлении.

Основными показателями ткани являются: структура пряжи или нитей, вид переплетения, плотность, прочность, растяжимость.

Структура пряжи характеризуется линейной плотностью, номером, числом сложений, т. е. количеством одиночных нитей в крученой пряже, числом кручений, приходящихся на 1 м длины пряжи, и направлением крутки. Единица измерения линейной плотности T_r — масса (г) 1 км волокна пряжи или нити, текс.

Тонину волокна характеризуют номером N — длиной волокна (пряжи) (м), приходящейся на единицу массы (г).

Для сопоставления этих величин пользуются формулой: $T_l = 1000/N$, где T_l — линейная плотность, текс; N — номер, м/г.

Номер пряжи определяется по формуле: $N = L/M$, где L и M — соответственно длина (м) и масса пряжи (г). Чем ниже номер, тем толще пряжа.

Различают два вида крутки — правую (Z) и левую (S).

Нити первой крутки (стренги) получают при скручивании нескольких нитей в одну сторону, нити второй крутки — при скручивании стренг в противоположную сторону.

Скрученность нитей определяется рядом параметров: круткой нитей — числом кручений на единицу длины (1 м); коэффициентом крутки, определяющим интенсивность кручения, пропорциональную тангенсу угла кручения, образуемого осями наружных волокон крученой нити, проходящих по спирали к оси нити, направлением крутки; укруткой нити — отношением разности длин нитей до и после крутки к начальной длине; усадкой при

кручении — отношением той же разности к окончательной длине, т. е. длине крученой нити. При левой крутке S наружные волокна нити проходят справа вверх налево, при правой крутке Z — слева вверх направо.

Между номером пряжи N и числом кручений K , существует соотношение $K = a \sqrt{N}$, где a — коэффициент крутки (для хлопчатобумажной пряжи 80—140, льняной 75—115, шерстяной 45—150).

Прочность хлопчатобумажной пряжи возрастает с увеличением коэффициента крутки до предела, называемого критическо й к р у т к о й. При дальнейшем увеличении коэффициента прочность падает. Для нитей из искусственных и синтетических волокон крутка не является упрочняющим фактором.

Число кручений пряжи или нитей определяют на круткомерах. Нить закрепляют в левом (неподвижном) и правом (подвижном) зажимах круткомера, который вращается в зависимости от направления крутки влево или вправо, раскручивая нить. Число вращений зажима, которое соответствует числу кручений, приходящихся на длину испытуемой нити, фиксируется счетчиком.

Крученые нити и пряжа в производстве резиновых изделий находят и самостоятельное применение — в качестве безуточного корда для покрышек, нитей для рукавов оплеточной и навивочной конструкций, поэтому их испытывают на прочность и удлинение.

Изучается замена крученых нитей трощеными окруженными нитями с повышенными техническими и технологическими характеристиками.

15.2. Методики определения технических характеристик пряжи и тканей

Определение прочности пряжи ведут на разрывных машинах при определенной постоянной скорости растяжения, поскольку волокна являются полимерными материалами и их прочность зависит от скорости деформации. С целью получения сравнимых результатов испытания пряжи (и тканей) проводят в кондиционированных условиях по ГОСТ 10681—75 при влажности воздуха $(65 \pm 2) \%$ и температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, поскольку их прочность зависит от влажности окружающего воздуха. Для хлопка и льна увеличение влажности вызывает упрочнение волокна, достигающее максимума при 70—80 % относительной влажности воздуха, для вискозного волокна, наоборот, прочность снижается на 20—40 %, прочность полиамидных волокон уменьшается незначительно.

15.2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ КРУТКИ, УКРУТКИ И КОЭФФИЦИЕНТА КРУТКИ ПРЯЖИ

Согласно ГОСТ 6611.3—73 для испытания хлопчатобумажной пряжи и пряжи из химических волокон отбирают с одной паковки

три пробы и выдерживают в климатических условиях (ГОСТ 10681—75) при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и влажности $(65 \pm 2)\%$. Для испытаний используют круткомеры со скользящим или качающимся левым зажимом.

Паковку устанавливают так, чтобы нить свободно сходилась вдоль зажимов круткомера, отматывают от 1 до 10 м пряжи и заправляют в зажимы круткомера без раскручивания и растяжения. Предварительное натяжение на нить зависит от ее линейной плотности (см. ГОСТ 6611.2—73) и создается подвешиванием или передвижением по шкале грузика. Расстояние между зажимами зависит от линейной плотности и крутки нити. Например, для пряжи с линейной плотностью более 84 текс:

Крутка на 1 м	Некрученная	Более 400	400 и менее
Расстояние между зажимами, мм	50	250	500

Испытание заключается в раскручивании нити на круткомере и определении числа кручений по счетчику. Укрутку определяют при расстоянии между зажимами $L_2 = 250$ мм. Правый зажим вращают, пока стрелка левого зажима не достигнет наибольшего отклонения — величины укрутки. Испытания в обоих случаях ведут до полной параллельности нитей.

Расчеты. За фактическую крутку принимают среднее арифметическое значение трех испытаний, пересчитанное на 1 м.

Коэффициент крутки нитей a вычисляют по формуле:

$$a = K_{\Phi} \sqrt{T_{\Phi}} / 100, \quad (15.1)$$

где K_{Φ} — фактическая крутка нитей на 1 м; T_{Φ} — фактическая линейная плотность нитей, текс; 100 — коэффициент для получения более удобной величины.

Укрутку нитей Y (%) определяют по формуле:

$$Y = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100 = \frac{a}{a + 250} \cdot 100, \quad (15.2)$$

где L_1 — длина нити после раскручивания, мм; L_2 — зажимная длина нити, мм; a — среднее арифметическое значение результатов определения укрутки.

Приведенные вычисления ведут до второго десятичного знака, округляют до первого.

15.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЕЙ

Ткань образуется взаимным переплетением продольных — основных и поперечных — уточных нитей. Наиболее распространенные виды переплетения технических тканей — полотняное (самое прочное и простое), саржевое и атласное. Кроме этих известен ряд комбинированных переплетений, например двухосновные ткани, в которых нити главной основы — капрон, лавсан, полиамид — обеспечивают эксплуатационные свойства

изделия, а нити перевивочной основы — хлопок — повышают адгезию ткани к резинам.

При испытаниях тканей на предприятиях резиновой промышленности отбор точечных проб (образцов) ведут по ГОСТ 3811—72 и 20566—75 и контролируют основные их характеристики:

вид переплетения — визуально;

линейные размеры (ГОСТ 3811—72): ширину ткани (м) — расстояние между двумя краями полотна вместе с кромками в направлении, перпендикулярном нитям основы;

линейную плотность (кг/м) — отношение массы ткани к ее длине (массу тканей длиной 1 м);

поверхностную плотность (г/м²) (ГОСТ 3811—72) — массу ткани площадью 1 м²;

плотность по основе и утку (ГОСТ 3811—72) — число нитей основы и утка, приходящихся соответственно на ширину или длину ткани, равные 10 см.

прочность при разрыве по основе и утку (ГОСТ 3812—72) — разрывную нагрузку (Н) — максимальную силу при растяжении ткани до разрыва;

растяжимость (ГОСТ 3812—72) — удлинение (%) ткани в момент разрыва;

влажность (%) (ГОСТ 3816—81) — относительную потерю массы ткани после сушки при $(107 \pm 2)^\circ\text{C}$.

До испытаний ткани кондиционируют в развернутом виде при определенных климатических условиях (ГОСТ 10681—75) в течение не менее 24 ч при влажности воздуха $(65 \pm 2)\%$ и температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Для определения линейных размеров пробы ткани выдерживают 48 ч для обеспечения полной релаксации.

Исключая определение влажности ткани, испытания ведут при тех же условиях.

Из точечных проб (отобранных образцов) вырезают элементарные пробы, форма и размеры которых зависят от выполняемого испытания (табл. 15.1).

Для определения прочности и растяжимости ткани на куске или точечной пробе (образце) размечают для раскроя полоски (пробы) по схеме, показанной на рис. 15.1 согласно табл. 15.1. По длине элементарных проб для испытаний на разрыв отмечают рабочий участок, равный 200 мм.

У вырезанных элементарных проб с обеих сторон удаляют продольные нити до достижения ширины полосы 50 мм. Продольные нити, ограничивающие готовый образец, должны плотно прилегать к соседним нитям и не иметь повреждений.

Элементарные пробные полосы испытывают на прочность и удлинение. Определение разрывных характеристик проводят на разрывных машинах.

Распространение получила машина РТ-250, у которой в отличие от машин РМИ предусмотрена возможность установки раз-

ТАБЛИЦА 15.1. Форма, размеры и количество образцов для закроя к испытаниям технических тканей

Определяемая характеристика	Точечная проба		Элементарная проба					
	длина, мм	ширина, мм	№	форма	размеры, мм		масса, г	количество, шт
					длина	ширина		
Влажность	—	—	I	Произвольная	—	—	3—10	2
Линейные размеры			II	Прямоугольная	—	—		3
длина	500	—						
ширина	500	По ткани						
толщина	500	То же						
Линейная плотность	500	»	—	—	—	—	—	—
Поверхностная плотность	500	»	—	—	—	—	—	—
Плотность (по основе и утку)	500	»	III	Квадратная	По работе 32			≥3
Прочность и растяжимость	500	»	IV	Прямоугольная				
по основе	360	»			350	60	—	≥3
по утку	360	»			350	60	—	≥4

личных начальных расстояний между зажимами 100, 200, 300 и 400 мм. Машина снабжена приспособлением для предварительного натяжения испытуемой элементарной пробы (полосы) ткани.

Удлинение измеряется автоматически передвижением шкалы удлинения вместе с зажимом. При разрыве образца с помощью специального механизма фиксируется удлинение. Скорость передвижения нижнего зажима плавно регулируется с помощью вариатора скоростей в пределах двух поясов: от 20 до 65 и от 65 до 200 мм/мин.

Для испытания тканей можно использовать разрывные машины различных систем, в том числе и машины для испытания резины, шкала нагрузок которых обеспечивает определе-

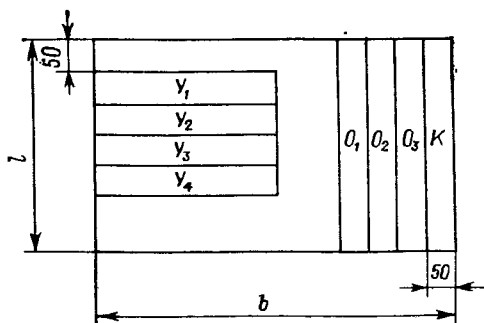


Рис. 15.1 Схема раскроя ткани: О и У — основные и уточные пробы.

ние средней разрывной нагрузки испытуемых проб в пределах от 20 до 80 % максимального значения шкалы.

Скорость движения нижнего зажима должна обеспечивать растяжение образцов в течение (30 ± 15) с. Перед закреплением в нижнем зажиме образец подвергают предварительному натяжению с помощью груза в 5 Н для тканей с разрывной нагрузкой до 2 кН и в 10 Н при разрывной нагрузке более 2 кН.

Практическая работа 32

Определение технических характеристик тканей

Оборудование и материалы

Машина разрывная	Планиметр
Термошкаф до 120 °С	Бюксы с крышкой
Толщиномер с диаметром площадок не менее 30 мм	Эксикатор
Весы аналитические	Лупа
Весы технические	Пинцет
Разновесы	Иглы препаровальные
Ножницы	Карандаши
Линейка измерительная, цена деления 1 мм	Кальция хлорид
Шаблон	Ткань в куске
	Перчатки

Подготовка к работе. Соблюдая правила техники безопасности и пользуясь перчатками, для определения влажности ткани включают термошкаф в электросеть, устанавливают при помощи терморегулятора и доводят до заданной температуры: (107 ± 2) °С. На полку термошкафа ставят два бюкса с крышками и термостатируют до постоянной массы, периодически взвешивая их на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г.

Эксикатор заполняют хлоридом кальция. Бюксы и крышки по достижении постоянной массы переносят в эксикатор.

От куска испытуемой ткани отрезают ножницами две элементарные пробы I массой 3—10 г (см. табл. 15.1). Для определения плотности ткани, линейных и прочностных характеристик кондиционированную в развернутом виде ткань [по ГОСТ 10681—75 климатические условия: влажность (65 ± 2) %, температура воздуха (20 ± 2) °С, продолжительность не менее 24 ч] раскладывают на ровной горизонтальной поверхности рабочего стола без складок и морщин. Измерительной линейкой определяют ее ширину, помещая линейку перпендикулярно кромкам ткани, в трех местах, расположенных равномерно по всей длине. Измерение ведут с погрешностью не более 0,1 см. Затем из ткани ножницами вырезают точечные пробы (образцы) согласно табл. 15.1 (II, III и IV).

Для определения разрывных характеристик ткани отрезают ножницами образец длиной 0,5 м по всей ее ширине и подравнивают его по длине. Из образца (точечной пробы) вырезают по шаблону полосы (элементарные пробы) IV по схеме раскрытия

✓ (см. рис. 15.1) или размечают линейкой и карандашом образец так, чтобы продольные нити полос были параллельны соответствующим нитям основы или утка и были соблюдены расстояния от кромки ткани. Размеры и число полос должны соответствовать данным табл. 15.1. С каждой стороны полос удаляют продольные нити до достижения их ширины 50 мм. Оставляя с каждой стороны полос равные концы, измерительной линейкой отмеряют рабочий участок длиной 200 мм и ставят карандашом метки. Полосы нумеруют и указывают на основных пробах «О», уточных «У».

На разрывной машине надевают на маятник груз А или В, в зависимости от нормы прочности на данную ткань. Устанавливают скорость опускания нижнего зажима, обеспечивающую среднюю продолжительность растяжения элементарной пробы до разрыва (40 ± 25) с. Нажатием на ножную педаль нижний зажим поднимают в верхнее исходное положение.

Проведение работы. Для определения в л а ж н о с т и ткани (ГОСТ 3816—81) две пробы I помещают в два тарированных охлажденных бюкса, закрывают крышками и определяют массу (M_b), поочередно взвешивая на аналитических весах с погрешностью не более 0,001 г. Бюксы с пробами помещают в термошкаф, крышки снимают и кладут рядом.

Пробы выдерживают при температуре (107 ± 2) °С до постоянной массы, периодически взвешивая бюксы с образцами и закрытой крышкой и возвращая в термошкаф, где крышки снимают и кладут рядом с каждым бюксом. По достижении постоянной массы проб закрытые бюксы помещают в эксикатор для охлаждения. Массу пробы после сушки и охлаждения (M_1) определяют взвешиванием каждой пробы в бюксе с крышкой на весах с погрешностью до 0,001 г. Для определения линейных и поверхностных характеристик ткани (ГОСТ 3811—72) точечную пробу II (образец) раскладывают без морщин и складок на гладкой поверхности рабочего стола и определяют ее длину измерительной линейкой. Ширину пробы определяют в трех точках, расположенных равномерно по ее длине. Массу пробы определяют взвешиванием на аналитических весах с погрешностью до 0,001 г.

Определение плотности ткани по основе и утку (ГОСТ 3812—72) ведут в следующем порядке: на куске кондиционированной ткани отмечают карандашом места измерений, находящиеся не менее чем в 5 см от кромки ткани так, чтобы каждое измерение не включало одни и те же нити и места определений располагались равномерно по поверхности образца. Отметка начала измерения должна находиться между двумя нитями.

Размеры элементарных проб (полос) для определения плотности ткани по основе и утку:

Число нитей на 10 см (см. Приложение XIV)	До 100	Св. 100 до 1000	Св. 1000
Испытуемая длина, см, не менее	10,0	5,0	2,5

Испытуемую длину отмеряют измерительной линейкой с погрешностью не более $\pm 0,5$ см и отмечают ее карандашом. [Подсчет нитей можно вести на пробных полосках (II или III), предварительно измерив их длину с указанной погрешностью.]

Подсчет нитей ведут при помощи лупы в направлении перпендикулярном направлению определяемых, т. е. плотность по основе — в направлении утка, плотность по утку — в направлении основной нити. Погрешность подсчета не должна превышать одну нить на испытуемую длину. Количество определений не менее трех.

Определение разрывных характеристик (ГОСТ 3813—72) проводят на разрывной машине после проверки ее исправности, надежности закрепления груза, работы концевого выключателя, ограждения цепной и ременной передач.

Во время работы соблюдают правила техники безопасности (см. Приложение I).

Подготовленные полосы (элементарные пробы) в порядке нумерации раскладывают на рабочем столе и поочередно испытывают с заданной скоростью. Для этого один конец элементарной пробы пропускают в верхний зажим и слегка его зажимают. Другой конец полосы зажимают в нижний зажим и дают предварительное натяжение 4,9 Н. Ослабляют верхний зажим. Элементарная проба под действием нагрузки немного опускается. Крепко зажимают верхний зажим, затем нижний. При проскальзывании или повреждении полос зажимами пользуются прокладками, не выступающими за пределы зажимов. Устанавливают стрелки шкалы нагрузок и удлинений в нулевое положение, включают рубильник, а затем кнопочным пускателем «Назад» — электродвигатель. После разрыва фиксируют разрывные нагрузку по соответствующей шкале и удлинение по шкале или линейке (в зависимости от конструкции разрывной машины). Нижний зажим педалью возвращают в верхнее положение, стрелки приборов устанавливают на нуль и ведут испытание остальных полос.

Если при испытании разрыв элементарной пробы произошел в зажиме или на расстоянии до 5 мм от него, то результат испытания учитывают только в том случае, когда он не меньше минимальной нормы разрывной нагрузки, указанной в нормативно-технической документации на ткань (см. Приложение XIV). В противном случае испытывают дополнительно несколько элементарных проб.

При наличии самопишущего прибора на разрывной машине снимают диаграмму «нагрузка — удлинение». Площадь, заключенная между полученной кривой и осями, пропорциональна работе разрыва элементарной пробы. По окончании испытаний всех образцов выключают электродвигатель привода нижнего зажима нажатием кнопки «Стоп» магнитного пускателя и снимают напряжение с пульта управления.

Результаты испытания заносят в протокол 14.

определения технических характеристик тканей

Дата Скорость движения нижнего зажима . .
 Разрывная машина Шкала нагрузок
 Температура испытания Предварительное натяжение
 Влажность воздуха Вид ткани

Показатели	Испытания по основе				Испытание по утку				До сушки			После сушки		
	№ образца			среднее значение	№ образца				№ образца	среднее значение	№ образца	среднее значение		
	1	2	3		1	2	3	4						
													1	2

Длина, мм
 Ширина, мм
 Толщина, мм
 Разрывная нагрузка, Н
 Прочность, Н/мм
 Удлинение, %
 Число нитей в образце
 Плотность
 Влажность, %
 Масса бюкса с крышкой, г
 Масса пробы, г

Расчеты. Ширину и длину ткани рассчитывают как среднее арифметическое значение трех измерений с погрешностью до 0,01 см и выражают в метрах.

Линейную плотность куска ткани m_{LS} (кг/м) рассчитывают по формуле:

$$m_{LS} = (m_{AS}/L_{AS}) \cdot 10^3, \quad (15.3)$$

где m_{AS} — масса куска ткани, кг; L_{AS} — длина куска ткани, м.

Линейную плотность точечной пробы m_{LO} (г/м) вычисляют по формуле:

$$m_{LO} = m_{AO}/L_{AO}, \quad (15.4)$$

где m_{AO} — масса точечной пробы, г; L_{AO} — средняя длина точечной пробы, м.

Поверхностную плотность куска ткани m_{as} (г/м²) определяют по формуле:

$$m_{as} = m_{AS}/(L_{AS}b_{AO}), \quad (15.5)$$

где b_{AS} — средняя ширина куска ткани, см.

Поверхностную плотность точечной пробы m_{ao} (г/м²) вычисляют по формуле:

$$m_{ao} = m_{AO}/(L_{AO}b_{AO}), \quad (15.6)$$

где b_{AO} — среднее арифметическое значение ширины точечной пробы, м.

Приведенные вычисления ведут с погрешностью до третьего десятичного знака.

Плотность ткани по основе и утку вычисляют как среднее арифметическое значение трех подсчетов, пересчитанное на длину, равную 10 см, с погрешностью до 0,1 нити, и округляют до целого числа.

Фактическую влажность ткани W_{ϕ} (%) рассчитывают по формуле:

$$W_{\phi} = \frac{(M_b - M_l)}{M_l} \cdot 100/M_l, \quad (15.7)$$

где M_b — масса пробы ткани до сушки, г; M_l — то же после сушки, г.

Результатом испытания считают среднее арифметическое значение двух определений. Вычисление ведут с погрешностью до 0,01 %, округляя результат до 0,1 %. За разрывную нагрузку стандартной полосы (элементарной пробы) принимают среднее арифметическое значение всех испытаний отдельно по основе и по утку. Вычисление ведут с погрешностью до 0,001 Н и округляют до 0,01 Н.

Фактическое удлинение элементарной пробы при разрыве по основе и утку (%) вычисляют по формуле:

$$l_1 = l \cdot 100/A, \quad (15.8)$$

где l — удлинение полосы при разрыве, мм; A — зажимная длина полосы (200), мм.

За удлинение при разрыве принимают среднее арифметическое значение испытаний по основе и утку, вычисление ведут с погрешностью до 0,01 % и округляют до 0,1 %.

Численное значение работы разрыва пропорционально площади, находящейся под диаграммой «нагрузка — удлинение».

Работу R (Н·см) определяют планиметром, планиметрируя площадь под кривой на участке от нулевой точки до разрывной нагрузки.

Результаты испытания сравнивают с техническими характеристиками ткани (см. Приложение XIV).

15.3. Методика определения прочности связи между слоями резины и прорезиненной ткани

Резинотканевые системы являются конструкционными элементами ряда важнейших резиновых изделий. Их особенность заключается в одновременном разрушении ткани и резины при эксплуатации изделий. Системы состоят из разного числа слоев прорезиненной ткани и резины, прочность связи между которыми определяет их работоспособность и надежность в эксплуатации. Прочность связи зависит от адгезии — молекулярного взаимодействия между приведенными в контакт разнородными мате-

риалами, аутогезии — взаимодействия между однородными материалами и когезии — прочности пленки резины между слоями материала.

Адгезия и аутогезия объясняются силами межмолекулярного сцепления или диффузионным взаимопроникновением молекулярных цепей соприкасающихся поверхностей при образовании граничного слоя (например, при дублировании резины с резиной) и образованием двойного электрического слоя (например, при дублировании резины со стеклотканью).

На адгезию существенно влияют природа и молекулярная масса каучука, содержание и тип пластификатора в смеси, химическое сродство дублируемых материалов, продолжительность, температура, контактное давление при дублировании и режим вулканизации системы.

Смеси на основе НК, СКИ-3, хлоропренового каучуков обеспечивают высокую адгезию к тканям. При введении в каучуки адгезивных добавок, модификаторов и их систем: резотропина, резорцина, модификатора РУ, нитрола, белой саж, сосновой и инденкумароновой смолы, канифоли и синтетических смол — прочность связи резко возрастает.

Технические ткани наряду с хорошими механическими свойствами должны обладать высокой адгезией к резинам. Наибольшую адгезию в этом случае проявляют хлопчатобумажные ткани. Вискозные и синтетические ткани подвергаются предварительной пропитке составами на основе латексно-резорциноформальдегидных смол с латексами СКД-1, СКМВП и др. Пропитка может быть исключена при использовании модифицированных резин.

Количественно адгезию можно определить в статических и динамических режимах отрывом или отслаиванием дублированных материалов. При этом изучается статическая прочность связи (в конструкциях, не подвергающихся утомлению) или выносливость системы при многократном сдвиге на брекерной машине или сжатии на машине МРС-2 (см. гл 9).

При этом определяют число циклов деформаций, которые выдерживает образец по стыку испытуемой пары материалов. Вид и частоту деформаций выбирают в зависимости от деформационных режимов эксплуатации изделий.

Динамическая прочность неадекватна статической и зависит от вида, частоты и величины деформации. Испытания по определению прочности связи при статических деформациях наиболее просты и служат в основном для контроля технологического процесса, когда необходимо обеспечить достаточную силу сцепления между слоями многослойной системы, а также для сравнения адгезии при подборе новых пар дублируемых материалов. Определение прочности связи предусматривается также при повышенных температурных режимах от 70 до 200 °С, что позволяет судить о надежности работы дублированной пары материалов при эксплуатации в условиях повышенных температур.

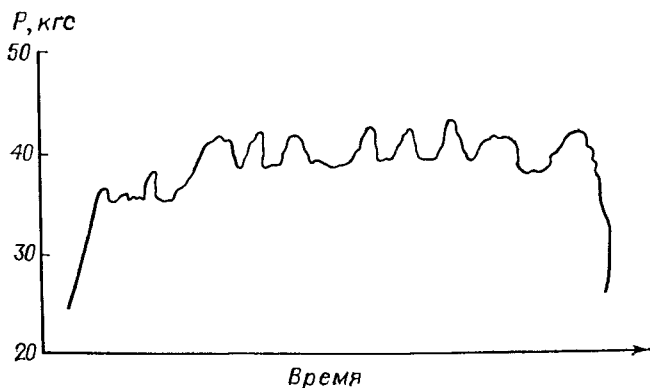


Рис. 15.2. Диаграмма расслоения дублированных материалов

Статические испытания на разрывной машине заключаются в определении усилия, необходимого для расслоения испытуемой пары материалов.

Определение прочности связи при расслоении на разрывной машине (ГОСТ 6768-75). Образцы для испытания имеют форму прямоугольных параллелепипедов шириной $(25 \pm 1,0)$ мм, вырубаемых из многослойных вулканизированных пластин. Длина полос должна обеспечивать расслаивание для двухслойных систем на участке не менее 100 мм, при большем числе слоев — не менее 130 мм, из готовых изделий — не менее 60 мм. Толщина образцов — не более 12 мм, толщина слоев — не менее 6 мм. Большая ось должна совпадать с направлением каландрования резины и основы ткани. При изготовлении образцов из готовых изделий нужно обеспечивать минимальное растяжение резиновых слоев при испытании.

Сущность испытания заключается в определении силы, необходимой для отделения двух слоев образца друг от друга. При определении связи резины с резиной или резины с прорезиненной тканью к нерабочей поверхности резины привулканизовывают нерастяжимую ткань (для предотвращения деформации резины при испытании и исключения наложения работы растяжения на определяемую работу расслаивания).

Испытанию подвергают не менее трех образцов от каждой партии. Перед испытанием образцы расслаивают по испытуемому стыку на длину 30—50 мм. Образцы заготавливают из многослойных пластин не ранее чем через 16 ч после вулканизации. Испытывают их не позже чем через 30 сут после вулканизации при температуре (23 ± 2) °С или повышенной температуре на машинах с безынерционными силоизмерителями и электронными самопишущими приборами, которые записывают колебания нагрузки в координатах сила — время (рис. 15.2).

При отсутствии самопишущего прибора записывают не менее пяти минимальных и максимальных показаний шкалы машины,

которая должна соответствовать 20—85 % от измеряемой силы. Испытания ведут при заданной скорости движения нижнего зажима [обычно (100 ± 10) мм/мин]. Показателем сопротивления расслаиванию σ_p является отношение средней силы расслаивания P_p к ширине испытуемого образца b .

Практическая работа 33

Определение прочности связи между слоями резины и ткани

Оборудование и материалы

Машина разрывная
Пресс вырубной
Нож штанцевый
Линейка металлическая

Нож
Пластина многослойная
Мыльный раствор
Перчатки

Подготовка к работе. Соблюдая правила техники безопасности (см. Приложение 1) и при испытаниях выше $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, работая с термошкафом в перчатках, готовят образцы, вырубая их на вырубном прессе из многослойных пластин при помощи штанцевого ножа. При этом соблюдают направление каландрования и основы ткани, которые должны совпадать с большой осью ножа. Число образцов — не менее трех. Образцы кондиционируют при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и влажности воздуха (50—70) % не менее 24 ч. С одного конца образца предварительно расслаивают ножом участок на длину 30—50 мм. Металлической линейкой измеряют в трех точках ширину рабочего участка образца с погрешностью до 0,5 мм и записывают ее среднее арифметическое значение. В случае испытаний при повышенной температуре за время подготовки образцов включают общий рубильник и пакетные выключатели обогрева термокамеры разрывной машины, устанавливают на терморегуляторе заданную температуру испытания и прогревают камеру. По достижении необходимого

ПРОТОКОЛ 15

определения прочности связи между слоями резины и ткани

Дата Скорость нижнего зажима
Разрывная машина Вид дублируемых материалов
Температура испытания

№ образца	Ширина, см	Сила, Н			Сопротивление расслаиванию, Н/м	Отклонение, %
		колебания	мин.	макс.		

Среднее значение

температурного режима три пакетных выключателя выключают, оставляя один для автоматического регулирования температуры.

Проводят осмотр разрывной машины до включения и на холодном ходу. Устанавливают заданные груз на маятнике и скорость движения нижнего зажима.

Проведение работы. Образец зажимают в зажимах разрывной машины за расслоенные концы, включают кнопочным пускателем электродвигатель нижнего зажима и ведут расслаивание, следя за колебаниями стрелки силоизмерителя и записывая показания не менее пяти пар минимальной и максимальной силы. При переходе расслоения в другой слой образец надрезают так, чтобы восстановить направление расслаивания (результаты, получаемые в это время, не учитывают).

Результаты испытания заносят в протокол 15.

Расчеты. Сопротивление расслаиванию σ_p (Н/м) рассчитывают по формуле:

$$\sigma_p = P_{cp}/b, \quad (15.9)$$

где P_{cp} — среднее арифметическое не менее чем из трех наименьших максимальных значений силы, Н; b — ширина испытуемого образца, м.

Результатом испытания является среднее арифметическое значение сопротивления расслаиванию σ_p не менее трех образцов, отличающихся от него не более чем на $\pm 10\%$.

При использовании самопишущего прибора вычисление результатов ведут по полученной диаграмме расслаивания в координатах сила — время.

Горизонтальную ось диаграммы, соответствующую проекции кривой расслаивания на эту ось, разделяют на четыре равные части и проводят перпендикулярные линии, пересекающие кривую. На двух средних отрезках кривой отмечают все максимумы, не учитывая крайние отрезки. Затем выбирают наиболее низкие максимумы, количество которых должно составлять 50 % от всех отмеченных максимумов. Рассчитывают среднее арифметическое их значение P_{cp} , которое и является сопротивлением расслаивания испытуемого образца.

Пример (рис. 15.2):

41,6	41,7	41,6	42,0	41,8	43,2	(—6 макс.)
	41,6	41,7	41,6			(—3 мин.)

$$P_{cp} = \frac{41,6 + 41,7 + 41,6}{3} = 41,63 \text{ кгс.}$$

При сравнении полученных результатов с нормами выявляют причины возможных отклонений, возникающих при повышенной влажности ткани, нарушении когезионной прочности резинового слоя, несоблюдении состава резиновых смесей: содержания каучука, наполнителей, пластификаторов, адгезионных добавок, вул-

канизирующей группы — и нарушении технологических режимов дублирования слоев или сборки изделий: прижимного усилия, освежения дублируемых поверхностей клеем или растворителем и их сушки, температуры дублирования и процесса вулканизации.

Контрольные вопросы

1. Технические ткани в резиновых изделиях.
2. Виды волокон, их характеристика.
3. Методы определения основных технических характеристик тканей. Оборудование. Расчетные формулы.
4. Адгезия, аутогезия, когезия и методы их определения.
5. Определение сопротивления расслаиванию между слоями. Оборудование. Расчетная формула. Графическое изображение зависимости показателя от времени.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

1. ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ЛАБОРАТОРНОМ ОБОРУДОВАНИИ

В период прохождения лабораторного практикума учащиеся должны строго соблюдать следующие правила.

— К работе на оборудовании допускаются учащиеся, освоившие приемы работы и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

— Работу ведут в застегнутом халате, с застегнутыми рукавами и в головном уборе. На вулканизационном прессе работают в рукавицах; с термошкафами, термокамерами с электрообогревом — в тканевых или диэлектрических перчатках. При работе с охлаждающими смесями, агрессивными жидкими средами используют резиновые перчатки, стойкие к данной среде.

— Подготовку и выполнение лабораторной работы ведут только под наблюдением преподавателя или лаборанта.

— Перед началом работы учащийся должен тщательно осмотреть и проверить оборудование, убедиться в его чистоте, исправности и отсутствии посторонних предметов в рабочих зонах и приводе машины.

Затем включить машину и проверить исправность кнопочных включателей, аварийных и предохранительных устройств, клапанов привода, ограждений, системы смазки, трубопроводов и вентилях. На оборудовании, не имеющем ограждений на движущихся частях машины, работать запрещается.

— При неисправностях оборудования, замеченных в начале и в ходе работы, учащийся должен немедленно выключить машину и сообщить преподавателю или старшему лаборанту.

— Рабочее место и пол вокруг машины должны быть свободными и чистыми.

— При пуске машины учащийся должен предупредить всех лиц, находящихся рядом.

— Во время работы категорически запрещается:

класть руки и облокачиваться на вращающиеся части машин, прикасаться к режущим поверхностям;

поправлять и подталкивать руками материал во вращающиеся, под режущие и смыкающиеся части машины;

передавать инструмент через режущие и вращающиеся части машины;

вынимать посторонние предметы на ходу и при остановке машины без наблюдения;

обтирать и чистить машину на ходу;

- оставлять включенную машину без присмотра;
 допускать к машине учащихся, не прикрепленных к данной работе.
- При работе на машинах с вращающимися частями (валками) нужно соблюдать особенную осторожность:
 подрезку резиновой смеси производить ниже средней линии валька;
 не подталкивать каучук или резиновую смесь в зазор руками;
 не опираться свободной рукой о вальки, стрелки и станины;
 при затягивании и захвате руки немедленно ударить рукой по коромыслу аварийного выключателя.
- При работе на червячном прессе запрещается стоять против головки машины и производить его питание в зоне червяка руками.
- Работая на вулканизационном оборудовании и термостатах, необходимо осторожно производить их перезагрузку, не прикасаться к горячим поверхностям.
- Запрещается поправлять формы и крышки во время подъема и смыкания плит пресса.
- На вулканизационном оборудовании не разрешается превышать давление, указанное на манометре красной чертой.
- При работе на механическом режущем оборудовании (ножи для резки каучуков, вырезные машины, вырубные прессы) и ручными ножами и ножницами надо соблюдать осторожность, не подавать материал руками в зону резания, пользоваться только транспортерами, не отвлекаться.
- При работе с охлаждающими смесями, кислотами, щелочами и растворителями не допускать их попадания на кожу рук.
- В случае необходимости учащийся должен оказать товарищу первую помощь, пользуясь аптечкой, а затем проводить его в медпункт.

II. ПЛОТНОСТЬ КАУЧУКОВ И ИНГРЕДИЕНТОВ (кг/м³)

Альнафт (альдоль-α-нафтил-амин)	980	Канифоль	1070
Актинап	2800	Каолин	2640
Антилюкс	840	Каучуки	
Антиоксидант 123	1200	бутиловый БК	910
Барит	4300	дивиниловый СКД	900—920
Белила титановые	4100	изопреновый СКИ-3	910—920
Вазелин техн.	850	карбоксилатный СКС-30-1	930
Воск ЗВ-1	906	кремнеорганический СКТ	1700—
Воск ЗВ-2	855		2000
Вулкаци-П-экстра-Н	1460	натуральный НК	914—
Гуанидин Ф (дифенилгуанидин)	1300	нитрильный	—920
Диафен ФП (продукт 4010 А)	1140	СКН-18	940
Дибутилсебагинат	930	СКН-26	960
Дибутилфталат	1040	СКН-40	990
Инденкумароновая смола	1200	СКН-18М	936
(ИКС)		СКН-26М	954
		СКН-40М	982
		стирольный	

Каучуки		Противостаритель НГ-2246	1220
стирольный		Регенерат	
СКС-30АРК	930	РК	1150
СКС-30АРКМ-15	940	РКВ	1250
уретановый СКУ	1280	РКВТ	1250
фторсодержащий		РКЕ	1180
СКФ-26	1850	РКЕТ	1190
СКФ-32	1830	РКТ	1170
хлоропреновый КР-50	1250	РПТ	1160
этиленпропиленовый		РШ	1150
СКЭП	870	Редоксайд	5150
СКЭПТ	850	Ренацит IV	2330
Кислота бензойная	1160	Ренацит V	1700
Кислота олеиновая	900	Рубракс	1040
Лаки		Рубрезин Б	1070
бордо СК	1790	Сажа белая	2040
оранжевый	2300	Салицилимин меди СИМ	1530
рубиновый СК	1560	Сантокюр	1270
Литопон	4100	Сантофлекс А (хинол ЭД)	1040
Магния оксид	3130	Сера техн.	2050
Мазут	900	Синтетические жирные кис- лоты СЖК	920
Масла		Сплав АФ-1	917
вазелиновое	860	Стабилон 18	880
машинное	920	Стеарин техн.	960
«мягчитель»	870	Сульфенамид БТ	1140
ПН-6Ш	960	Сульфенамид Ц	1280
Мел	2860	Сульмы (У) сульфид	3300
2-Меркаптобензтиазол	1420	Техуглерод	
Модификатор РУ	1310	К-354	1800
Нафтам-2 (фенил-β-нафтил- амин)	1230	П-234	1870
НДФА (N-нитрозодифенил- амин)	1270	П-324	1860
Озокерит	920	П-514	1820
Оксид цинка	5470	П-701	1830
Параоксинеозон ПОН	1230	П-705	1820
Парафин	900	П-803	1820
Пентон 22	1350	Т-900	1900
Пентон 65	1710	Тиазол 2МБС	1540
Перекись дикумила (ПДК, дикумилпероксид)	1530	Тиурам Д	1400
Пигменты		Ультрамарин	2350
красный 2Ж	1400	Фактис	
оранжевый Ж	1420	светлый	1030
желтый 3	1430	темный	1050
голубой фталоцианиновый	1600	Фталевый ангидрид	1470
зеленый фталоцианиновый	1990	Хрома оксид	4950
		Эмульгин К	1100

III. МАССОВЫЙ СОСТАВ (Ч.) СТАНДАРТНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ОБРАЗЦОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Ингредиенты	НК	СКИ-3	СКД	СКС-30 АРКМ-15, СКМС-30 АРКМ-15	СКН-18	СКН-26	СКН-40	Хлоро- прено- вый	БК	СКС-30-1	СКЭП	СКЭПТ
Каучук	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Стеарин техн.	1,0	1,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	0,5	3,0	2,0	—	1,0
Оксид цинка	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0	3,0	5,0
Оксид магния	—	—	—	—	—	—	—	7,0	—	3,0	—	—
2-Меркаптобенз- тиазол	—	—	—	—	1,5	0,8	0,8	—	1,3	—	—	0,5
Тиазол 2МБС (аль- такс)	0,6	0,6	—	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Тиурам Д	—	—	—	—	—	—	—	—	0,65	3,0	—	1,5
Сантокор	—	—	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Гуандин Ф	3,0	3,0	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—
Техуглерод	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
П-803	—	—	—	—	—	—	—	40,0	—	—	—	—
К-354	50,0	50,0	—	50,0	50,0	45,0	45,0	—	50,0	30,0	—	—
П-324	—	—	50,0	—	—	—	—	—	—	—	50,0	50,0
Сера техн.	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	—	2,0	—	0,4	2,0
Перекись дикуми- ла	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	—
Нафтам-2	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Рубракс	—	—	5,0	—	—	—	—	—	—	5,0	—	—

Итого: 160,6 161,2 164,7 164,7 160,0 153,8 153,8 153,8 152,5 161,95 144,0 156,4 160,0

Образец	ГОСТ	Размеры заготовок, мм						Масса заготовок, г
		толщина	высота	диаметр		ширина	длина	
				наружный	внутренний			
Кольца к КМУ к КМ	412—76	5,2—5,3 4,2—4,3	— —	33—34 16—17	9,0 9,5	— —	— —	5—6 3—4
Шайбы круглые прямоугольные	263—75	6,2—6,3 6,2—6,3	— —	48—49 —	— —	48—49	48—49	16—18 20—22
Шайбы круглые прямоугольные	20403—75	10,2—10,3 10,2—10,3	— —	48—49 —	— —	48—49	48—49	23—25 25—27
Пластины 1 мм 2 мм	269—66	1,1—1,2 2,1±2,2	— —	— —	— —	15—16	17—18	15—18 30—33
Шайбы	СТ СЭВ 108—74	6,2—6,3	—	38—40	—	—	—	18—20
Цилиндры с выступом	266—78	—	42—43	30—31	—	—	—	34—36
Полосы с канавкой	9983—74	6,5—6,6	—	—	—	23—24	138—153	30—32
Параллелепипеды с за- печками	426—77	—	10—11	—	—	26	26	6—8
Кольца	12251—77	10,2—10,3	—	48—49	9	—	—	20—22
Цилиндры	13808—79	10,2—10,3	—	8—9	—	—	—	10—12

V. ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА ОТ ЕГО ДАВЛЕНИЯ

Давление пара, кПа	Температура, °С	Давление пара, кПа	Температура, °С	Давление пара, кПа	Температура, °С	Давление пара, кПа	Температура, °С
0	99,1	100	119,6	240	137,2	600	164,2
10	101,8	120	122,6	260	139,2	700	169,6
20	104,2	140	125,5	280	141,1	800	174,5
30	106,6	150	127,2	300	142,9	900	179,0
40	108,7	160	128,1	350	147,2	1100	187,1
50	110,8	180	130,5	400	151,1	1300	194,1
60	112,7	200	132,9	450	154,7	1400	197,4
80	116,3	220	135,1	500	158,1	1500	200,4

VI. ЧИСЛО ИСПЫТУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ И ДОПУСКАЕМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

ГОСТ	Вид испытания	Минимальное число образцов, шт.	Допустимые отклонения от среднего арифметического, %
261—79	Определение усталостной выносливости резин при многократном растяжении	13	—
262—79	Определение сопротивления резин раздиру	5	± 10
263—75	Определение твердости резин по Шору А	1	± 3 ед.
266—78	Испытание резин на многократное сжатие	3	± 10
267—73	Определение плотности резин	3	± 1,5
270—75	Определение упругопрочностных свойств резин при растяжении	5	± 10
408—78	Определение морозостойкости резин при растяжении	3	$K > 0,5$ —10 % $K < 0,5$ —0,05 E ± 10 %
412—76	Определение кольцевого модуля резин	1	—
415—75	Определение пластозластических свойств каучуков и резиновых смесей	2	—
426—77	Определение сопротивления истиранию резин при скольжении	6 (3 пары)	± 10
3811—72	Определение линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей технических тканей	1	—
3812—72	Определение плотности нитей в технических тканях	1	—

ГОСТ	Вид испытания	Минимальное число образцов, шт.	Допустимые отклонения от среднего арифметического, %
3813—72	Определение разрывных характеристик тканей при растяжении	По основе 3, по утку 4	—
3816—81	Определение гигроскопических и водоотталкивающих свойств тканей	2	—
6768—75	Определение прочности связи между слоями при расслоении	3	± 10
7912—74	Определение температурного предела хрупкости резин	4 для каждой температуры	—
9024—70	Испытание на стойкость резин к термическому старению	10	—
9030—75	Испытание на стойкость резин в ненапряженном состоянии к воздействию жидких агрессивных сред	Метод А — 3, метод В — по соотв. ГОСТ	По размерам ± 5 , по массе и объему ± 10 % по соотв. ГОСТ
9983—74	Испытание резин на многократный продольный изгиб образцов с прямой канавкой	6	—
10201—75	Определение жесткости и эластического восстановления каучука и резиновых смесей по дефо	3	—
10722—76	Определение вязкости и способности резиновых смесей к преждевременной вулканизации	2	M_t до 90— $\pm 2,5$ M_t более 90— $\pm 2,0$ остальные показатели ± 10 %
12251—77	Определение сопротивления резин истиранию при качении с проскальзыванием	3	± 10 %
13808—79	Определение морозостойкости резин по эластическому восстановлению после сжатия	3	$K \geq 0,5$ — ± 10 % $K < 0,5$ — $\pm 0,05$
20403—75	Определение твердости резин в международных единицах	1	—
23016—78	Определение сопротивления резин раздиру	5	± 10 %
СТ СЭВ 108—74	Определение эластичности резин на приборе типа Шоба	2	—

VII. ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАУЧУКОВ

Каучук	Марка	Пластичность по ПСМ-2	Жесткость по дефо, Н	Вязкость по Муни
Натуральный	Непластицированный	0,03—0,18	18—44,5	70—100
	Пластицированный	0,25—0,60	—	—
	Наполненный 30 ч. (масс.) П-803	—	—	50—100
Изопреновый	СКИ-3			
	I группа	0,30—0,40	—	≥60
	II группа	0,41—0,50	—	≥50
	наполненный 30 ч. (масс.) П-803	—	—	45—60
Бутадиеновый	СКД			
	I группа	0,25—0,40	—	30—45
	II группа	0,41—0,50	—	40—50
	III группа	0,51—0,60	—	51—60
Бутадиенсти- рольный	СКС-10 (СКМС-10)	—	20—30	>100
	СКС-30 (СКМС-30)	0,08—0,15	20—30	>100
	СКС-30А	—	22—30	>100
	СКС-30АРК	—	5—8	40—60
	СКС-30АРКМ	0,20—0,50		
	СКС-30АРМ-15	—	4,5—6	—
	СКС-30АРКМ-15 (СКМС-30АРКМ-15)	—	4,5—7,5	37—54
	СКМС-30РП	—	4—6	30—40
	СКС-30АРКМ-27 (СКМС-30АРКМ-27)	—	5—7,5	35—58
	СКС-50 (СКМС-50)	—	20—30	>100
	СКН-18	—	17,5—21,5	90—120
Бутадиенни- трильный	СКН-18М (СКН-18РВДМ)	—	7,5—11,5	40—70
	СКН-26	—	17,5—21,5	90—120
	СКН-26М (СКН-26РВДМ)	—	7,5—11,5	40—70
	СКН-40	—	17,5—21,5	90—120
	СКН-40М	—	7,5—11,5	50—70
	СКН-50	—	6—10	60—100
Хлоропрено- вый	СР-50; КР-50 СТС	0,65—0,72	—	50—80
	СР-100; КР-100	0,58—0,64	—	81—110
	НП	0,5—0,6	—	25—35
Бутилкаучук	0845, 1045, 1030, 1065	0,45—0,75	4—8	25—55
Этиленпропи- леновый	СКЭП-30, СКЭП-40,	0,35—0,65	2,5—10	35—65
	СКЭП-50			
	СКЭПТ-30, СКЭПТ-40,	0,20—0,45	5—15	35—65
	СКЭПТ-50, СКЭПТ-60			
Хлорсульфо- полиэтиленовый	ХСПЭ	—	—	31—40
Фторкаучук	СКФ-26	—	—	100—140
	СКФ-32	—	—	110—150
Уретановый	СКУ-6, СКУ-7, СКУ-8	0,1—0,7	15—50	30—100
Акрилатный	СКБА	—	5—12	25—35
Метилвинилпи- ридиновый	СКМВП	0,40—0,46	5—25	42—46

VIII. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАУЧУКОВ

Показатели	НК	СКИ-3	СКД	СКС-10	СКС-30АРКМ	Наирит	БК	СКЭП
Плотность, кг/м ³	914—920	910—920	900—920	920—930	920—940	1200—1250	910	850—870
Температура кристаллизации, °С	От 10 до —25	0	От 0 до —10	—	—	От 0 до —5	0	0
Температура стеклования, °С	От —70 до —72	От —65 до —69	От —95 до —110	От —69 до —72	От —52 до —54	От —35 до —40	От —67 до —69	От —58 до —68
Коэффициент морозостойкости вулканизата при —45 °С	0,40—0,90	0,50—0,98	0,45—0,85	—	—	—	0,35—0,45	0,25—0,55

Показатели	ХСПЭ	СКН	СКТ	СКФ	СКУ	СКС-30-1	СКМВП	СКБА	Тяжелый
Плотность, кг/м ³	1210—1280	940—990	1700—2000	1830—1850	1250—1280	930—950	910—930	1020—1100	1290—1340
Температура кристаллизации, °С	0	—	От 0 до —10	—	—	От 0 до —6	—	—	—
Температура стеклования, °С	От —52 до —62	От —30 до —56	От —60 до —130	От —30 до —53	От —35 до —44	От —30 до —35	От —65 до —75	От —35 до —40	От —10 до —45
Коэффициент морозостойкости вулканизата при —45 °С	—	0,15—0,20	0,95	0—0,19	—	—	0,43	0,10—0,25	0—0,25

IX. ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ВУЛКАНИЗАТОВ КАУЧУКОВ

Показатели	Вулканизаты на основе каучуков									
	НК	СКИ-3	СКД	СКД + СКИ-3	СКС	Наирит	БК	СКЭПТ	ХСПЭ	
Условная прочность при растяжении f_p , МПа ненаполненный наполненный техуглерод К-354 (мас- совая доля, ч) Условное напряжение при удлинении f_{300} , МПа ненаполненный наполненный Сопротивление раздиру В, кН/м	23—30	24—28,5	2—2,5	—	3,5—5,0	21—23	18—20	2—7	3,7—4,5	
	24—31	21—23,0	20—23	19—24	24—25	19,5—22	16—22	18—20	16—20	
	30	30	60	50	50	50	60	—	—	
	1,5—2,5	1,5—2,5	1,8—2,6	—	1,3—1,8	8,0—9,7	0,6—0,7	0,5—1,5	3—4	
Условное напряжение при удлинении f_{300} , МПа ненаполненный наполненный Сопротивление раздиру В, кН/м	6—10	1,0—1,5	6,5—12	11—11,5	7,5—8,0	16,0—17,5	3—6	45—50	40—50	
	35—55	30—55	—	—	—	25—45	8—10	4—18	37	
	100—130	110—160	55—60	70—100	40—45	35—60	70—95	50—60	40—50	
	наполненный									
Показатели	СКН	СКТ	СКФ	СКУ	СКС-30-1	СКМВП	СКБА	Тяжол		
Условная прочность при растяжении f_p , МПа ненаполненный наполненный (25 ч. К-354)	3,0—4,0	—	3—7	—	—	—	—	—	—	
	24—30	2,5—4	10—20	33—35	28—30	23,5	9—11	3,5	—	
	1,4—3	—	—	—	—	—	—	—	—	
	10—12	—	15—45	50—55	8,6—10	11,5—12	7,5—10	1,1 (f_{100})	—	
Условное напряжение при удлинении f_{300} , МПа ненаполненный наполненный Сопротивление раздиру В, кН/м	52—55	6—23	40—100	50—60	85—90	93	25—35	—	—	
	наполненный									

Х. ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИН

Каучук	Относительное удлинение, %	Эластичность по отскоку, %	Твердость по Шору А	Истираемость, м ³ /ТДж
НК				
ненаполненный	800—950	65—75	35—45	—
наполненный	600—700	50—55	50—55	240—250
СКИ-3				
ненаполненный	550—600	65—75	30—40	—
наполненный	900—950	55—60	50—55	210—260
СКД				
ненаполненный	550—600	65—76	40—52	—
наполненный	500—600	45—50	60—65	80—100
СКД + СКИ-3 наполненный	550—750	50—54	—	80—220
СКС				
ненаполненный	680—700	49—66	32—43	—
наполненный	550—750	28—35	65—68	235—270
Наирит				
ненаполненный	600—700	40—42	27—32	—
наполненный	450—550	36—40	60—65	230—400
БК				
ненаполненный	850—950	8—11	27—32	—
наполненный	650—800	8—12	50—60	170—200
СКЭПТ				
ненаполненный	400—650	56—70	40—55	—
наполненный	380—600	40—45	60—70	160—320
ХСПЭ				
ненаполненный	560	—	61	—
наполненный	200—310	20—30	65—70	60—120
СКН				
ненаполненный	500—600	35—65	—	—
наполненный	550—650	25—30	71—75	170—200
СКТ наполненный	100—200	35—50	50—60	—
СКФ				
ненаполненный	500—700	—	40—60	—
наполненный	120—450	6—10	50—70	60—100
СКУ наполненный	450—840	35—40	65—70	40—50
СКС-30-1 наполненный	650	48	—	280
СКМВП наполненный	370	46	65—85	260
СКБА наполненный	260—350	5—9	56—65	—
Тиокол наполненный	250	56	60	—

ХІ. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН

Группа резины	Угловая прочность при растяжении, МПа, не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Остаточное удлинение, %, не более	Твердость по Шору А	Коэффициент старения за 96 ч при 70 °С, не менее	Температурный предел хрупкости, °С, не менее	Коэффициент кислото- и щелочестойкости за 24 ч при 15—20 °С		Набухание за 24 ч при 15—20 °С, % (по массе), не более				Коэффициент теплоустойкости за 48 ч при 140 °С, не менее
							в 20 % серной кислоте или соляной	в 20 % растворе перманганата калия	в масле «К»	в бензине	в тракторном керосине	в газойле	
I-a	3,0	350	35	35—50	0,60	—	0,75	0,75	—	—	—	—	—
I-б	4,5	250	35	45—65	0,65	—	0,75	0,75	—	—	—	—	—
I-в	4,5	200	35	60—80	0,65	—	0,75	—	—	—	—	—	—
II-a	4,0	300	30	35—60	0,75	—	—	—	—	—	—	—	0,5
II-б	3,5	200	30	50—70	0,75	—	—	—	—	—	—	—	0,5
II-в	5,0	100	30	65—90	0,60	—	—	—	—	—	—	—	0,5
III-a	3,5	350	30	30—50	0,75	—45	—	—	—	—	—	—	—
III-б	3,5	200	30	45—65	0,75	—45	—	—	—	—	—	—	—
III-в	5,0	175	25	60—80	0,70	—45	—	—	—	—	—	—	—
IV-a	5,0	350	45	30—50	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—
IV-б	5,0	250	45	45—66	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
IV-в	5,5	180	40	55—85	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
V-a	5,0	200	30	35—60	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—
V-б	7,0	250	20	55—75	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
V-в	9,0	100	20	70—90	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
VI-a	2,5	300	40	35—50	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
VI-б	3,0	200	35	46—60	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
VI-в	3,5	150	25	55—70	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—
VII	1,5	200	20	60—75	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. Для резины группы I-в, имеющих твердость выше 70, относительное удлинение может быть не менее 100 % и твердость до 95.
 2. При набухании в бензине и масле допускается уменьшение массы резин.
 3. Резины для деталей авиационной промышленности имеют специальные технические условия.

**ХИ. ЧИСЛА ТВЕРДОСТИ ПО ИСО
В МЕЖДУНАРОДНЫХ ЕДИНИЦАХ IRHD**

Глубина погружения в 0,01 мм	Твердость по ИСО	Глубина погружения в 0,01 мм	Твердость по ИСО	Глубина погружения в 0,01 мм	Твердость по ИСО
0	100	52	69,8	104	47,5
1	100	53	69,3	105	47,1
2	99,9	54	68,7	106	46,8
3	99,8	55	68,2	107	46,5
4	99,6	56	67,6	108	46,2
5	99,3	57	67,1	109	45,9
6	99,0	58	66,6	110	45,6
7	98,6	59	66,6	111	45,3
8	98,1	60	65,5	112	45,0
9	97,7	61	65,0	113	44,7
10	97,1	62	64,5	114	44,4
11	96,5	63	64,0	115	44,1
12	95,9	64	63,5	116	43,8
13	95,3	65	63,0	117	43,5
14	94,7	66	62,5	118	43,3
15	94,0	67	62,0	119	43,0
16	93,4	68	61,5	120	42,7
17	92,7	69	61,1	121	42,5
18	92,0	70	60,6	122	42,2
19	91,3	71	60,1	123	41,9
20	90,6	72	59,7	124	41,7
21	89,8	73	59,2	125	41,4
22	89,2	74	58,8	126	41,1
23	88,5	75	58,3	127	40,9
24	87,8	76	57,9	128	40,6
25	87,1	77	57,5	129	40,4
26	86,4	78	57,0	130	40,1
27	85,7	79	56,5	131	39,9
28	85,0	80	56,2	132	39,6
29	84,3	81	55,8	133	39,4
30	83,6	82	55,4	134	39,1
31	82,9	83	55,0	135	38,9
32	81,2	84	54,6	136	38,7
33	81,5	85	54,2	137	38,4
34	80,9	86	53,8	138	38,2
35	80,2	87	53,4	139	38,0
36	79,5	88	53,0	140	37,8
37	78,9	89	52,7	141	37,5
38	78,2	90	52,3	142	37,3
39	77,6	91	52,0	143	37,1
40	77,0	92	51,6	144	36,9
41	76,4	93	51,2	145	36,7
42	75,8	94	50,9	146	36,5
43	75,2	95	50,5	147	36,2
44	74,5	96	50,2	148	36,0
45	73,9	97	49,8	149	35,8
46	73,3	98	49,5	150	35,6
47	72,7	99	49,1	151	35,4
48	72,2	100	48,8	152	35,2
49	71,6	101	48,5	153	35,0
50	71,0	102	48,1	154	34,8
51	70,4	103	47,8	155	34,6

Глубина погружения в 0,01 мм	Твердость по ИСО	Глубина погружения в 0,01 мм	Твердость по ИСО	Глубина погружения в 0,01 мм	Твердость по ИСО
156	34,4	171	31,9	186	29,9
157	34,3	172	31,7	187	29,8
158	34,1	173	31,6	188	29,6
159	33,9	174	31,4	189	29,5
160	33,7	175	31,3	190	29,4
161	32,5	176	31,1	191	29,3
162	33,3	177	31,0	192	29,2
163	33,2	178	30,9	193	29,1
164	33,0	179	30,1	194	29,0
165	32,8	180	30,6	195	28,9
166	32,7	181	30,5	196	28,8
167	32,5	182	30,3	197	28,8
168	32,3	183	30,2	198	28,7
169	32,2	184	30,1	199	28,6
170	32,0	185	30,0	200	28,5

ХИИ. ХАРАКТЕРИСТИКА СТОЙКОСТИ РЕЗИН К СТАРЕНИЮ

Условные обозначения оценки резин к старению:

ОП — очень плохая

Х — хорошая

П — плохая

ОХ — очень хорошая

Уд — удовлетворительная

Отл — отличная

Каучук	Воздействие			
	атмосферное	солнечное	озонное	термическое
Натуральный	Уд	П	ОП	П
Изопреновый	Уд	П	ОП	П
Бутадиеновый	Х	Уд	П	П
Бутадиенстирольный	Х	Уд	П	Уд
Бутадиеннитрильный	Х	Уд	П	Х
Этиленпропиленовый	Отл	Отл	Отл	ОХ
Бутилкаучук	Отл	Отл	ОХ	Х
Фторкаучук	Отл	Отл	Отл	Отл
Хлоропреновый	Отл	Отл	ОХ	ОХ
Силиконовый	Отл	Отл	Отл	Отл
Хлорсульфополиэтиленовый	Отл	Отл	ОХ	Х
Сульфидный	ОХ	Уд	ОХ	П

240 XIV. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТКАНЕЙ РЕЗИНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ткань	Толщина, мм	Ширина, см	Поверх- ностная плотность (масса 1 м ²), г/м ²	Плотность (число нитей)		Разрывная нагруз- ка стандартной полосы, Н		Удлинение при разрыве, %	
				по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
Миткаль Т-9	0,25±0,03	60—100	103±5	318±6	262±6	33	21	8±3	20±5
Миткаль	—	90±1,5	105±5	277±5	260±5	33	25	10±3	10±3
Перкаль А-1 Б-2	—	135±2 111±1,5	100±3 61±2	476±10 432±8	456±16 500±20	45—2 25—1	42—3 25—2	10± ₂ 7—2,5	15± ₂ 10±3
Бязь ТЗ	0,55±0,05	—	140±7 220±10	247±4 214±6	224±6 100±2	38 63	38 48	11±2 —	12±2 —
Брекерная	1,1±0,1	110±2	230±12	44±1	44±1	57	57	12±4	12±4
Доместик	—	107; 150; 190	253±12	208±4	190±6	60	70	30	14
Чефер	1,1±0,08	150; 160	500±25	92±2	90±2	130	130	26±3	14±2
Саржа гладкокрашенная суровая	— 0,55±0,5	95±1,5 107±2	235±10 170±9	299—4 282±5	128—4 240±6	33 40	32 35	10 12±2	14 10±2
Рукавная Р-1 Р-2-20 Р-3 Р-4	0,7±0,05 0,95±0,05 1,15±0,05 1,2±0,1	107±2 107; 146 107; 146 153; 184	260±12 350±18 315±30 630±30	196±4 85 125 84±2	130±5 95 40 88±3	60 104±2 90±2 155	70 104±3 95±3 175	24±3 24±3 28±3 29±3	12±3 14±3 14±3 15±3

Ткань	Толщина, мм	Ширина, см	Поверх- ностная плотность (масса 1 м²), г/м²	Плотность (число нитей)		Разрывная нагруз- ка стандартной полосы, Н		Удлинение при разрыве, %	
				по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
КНК	1,15±0,05	—	480±20	270	290	78±2	82±2	27±3	24±3
ТРК	1,15±0,05	—	395±20	82±2	60±2	275	295	30	26
Капроновая бортовка	0,7±0,05	140±2	н/6 180	106±2	96±2	125	125	35±3	35±3
Палатка	—	81±1,5	320±15	210±6	144±6	80	72	15—20	14—20
Двунитка	—	65±1	336±15	272±6	208±8	79	77	10—18	10—15
Прокладка галошная	—	110	110±6	240±4	140±4	30	15	8,5±2	8,5±2
Бумага корд	—	81±1,5	300±15	220—6	126—4	36	26	10—17	10—14
Капроновая К-10-2-3 К-4-3	1,15 1,0	—	470±30 385±25	80±2 98±2	35±2 40±2	5866 4660	—	27 27	—
Конвейерные БКНЛ-65 БКНЛ-65-2 БКНЛ-100 БКНЛ-150	1,8 1,9 1,8 2,2	— — — —	530±20 550±20 710±20 930±50	96±2 96±2 100±2 96±2	40±2 40±2 44±2 36±2				

XV. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Определить пластозластические и вязкотекущие свойства трех каучуков известными методами и выбрать наиболее пластичный, повышенной вязкости.

2. Приготовить две-три резиновые смеси и определить их склонность к преждевременной вулканизации.

3. Приготовить две резиновые смеси, произвести экспресс-контроль их качества и определить их соответствие нормам ГОСТа или ТУ.

4. Определить плотность трех образцов резин двумя методами.

5. Приготовить резиновую смесь по заданному рецепту и определить их оптимум и плато вулканизации.

6. Приготовить три резиновые смеси по заданным рецептам и выбрать резину:

а) с повышенным сопротивлением

разрыву;

раздиру;

разрастанию трещин;

б) стойкую

в среде определенных масел, смазок, топлив, растворителей при определенной температуре;

при заданной пониженной температуре;

к указанным многократным деформациям;

теплостойкую при заданной температуре

к тепловому старению в заданных условиях;

в) с повышенной

твердостью;

эластичностью;

износостойкостью;

модулями растяжения.

7. Приготовить резиновую смесь и определить сопротивление истиранию вулканизатов двумя методами.

8. Приготовить четыре резиновые смеси и найти графическим путем дозировки ингредиентов (ускорителей вулканизации или наполнителей, или пластификаторов), придающие вулканизатам оптимальные механические свойства:

пластичность;

прочность;

эластичность;

твердость;

износостойкость;

стойкость к раздиру.

9. Приготовить стандартные смеси (см. Приложение III) двух каучуков, определить их упругопрочностные свойства и назвать эти каучуки (см. Приложения IX—XI).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ СПИСОК

Основной

- Белозеров Н. В.* Технология резины. М.: Химия, 1979. 410 с.
- Бекин Н. Г., Шанин Н. П.* Оборудование заводов резиновой промышленности. 2-е изд. Л.: Химия, 1978. 376 с.
- Карпов В. Н.* Оборудование предприятий резиновой промышленности. М.: Химия, 1979. 352 с.
- Кошелев Ф. Ф., Корнев А. Б., Буканов А. М.* Общая технология резины. М.: Химия, 1978. 518 с.
- Лукомская А. И.* Механические испытания каучуков и резины. М.: Химия, 1968. 140 с.
- Справочник резинщика. Материалы резиновой промышленности.* М.: Химия, 1971. 608 с.
- Резниковский М. М., Лукомская А. И.* Механические испытания каучука и резины. М.: Химия, 1968. 500 с.

Дополнительный

- Андрашников Б. И.* Справочник по автоматизации и механизации производства шин и РТИ. М.: Химия, 1981. 294 с.
- Вострокнутов Е. Г., Новиков М. И., Новиков В. И., Прозоровская Н. В.* Переработка каучуков и резиновых смесей. М.: Химия, 1980. 280 с.
- Иванова В. Н., Алешунина Л. А.* Технология резиновых технических изделий. Л.: Химия, 1988. 288 с.
- Лукомская А. И.* Механические свойства резинокордных систем. М.: Химия, 1981. 278 с.
- Машины и аппараты резинового производства/Под ред. Барскова Д. М. М.: Химия, 1975. 600 с.*
- Харчевников В. М., Корчемкин С. Н.* Вулканизация резиновых изделий. Л.: Химия, 1984. 96 с. (Библиотечка рабочего по переработке полимерных материалов).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к второму изданию	3
Введение	4

Раздел первый

Основные технологические процессы изготовления резин

Глава 1. Подготовка каучуков и ингредиентов к смешению	7
1.1. Подготовка каучуков	7
1.2. Декристаллизация каучуков	10
<i>Практическая работа 1. Резка и декристаллизация каучуков</i>	<i>10</i>
1.3. Методика и режимы механической пластикации каучуков	11
1.4. Механическая пластикация на вальцах	13
<i>Практическая работа 2. Пластикация каучуков на лабораторных вальцах</i>	<i>14</i>
1.5. Подготовка ингредиентов	17
<i>Практическая работа 3. Подготовка ингредиентов к смешению</i>	<i>20</i>
Контрольные вопросы	23
Глава 2. Приготовление резиновых смесей	23
2.1. Сущность процесса смешения	23
2.2. Расчет навесок каучуков и ингредиентов	24
2.3. Приготовление паст и композиций	25
<i>Практическая работа 4. Приготовление паст и композиций</i>	<i>26</i>
2.4. Приготовление маточных и резиновых смесей на лабораторных вальцах	27
<i>Практическая работа 5. Приготовление маточных и резиновых смесей на лабораторных вальцах</i>	<i>27</i>
Контрольные вопросы	28
Глава 3. Процессы каландрования резиновых смесей	29
3.1. Сущность процессов, проводимых на каландрах	29
3.2. Оборудование и контрольно-измерительные приборы	30
3.3. Методика и режимы каландрования	31
<i>Практическая работа 6. Листование резиновых смесей, промазка и обкладка тканей</i>	<i>32</i>
Контрольные вопросы	36
Глава 4. Экструзия резиновых смесей	36
4.1. Сущность процессов профилирования и фильтрования резиновых смесей	36
4.2. Оборудование и контрольно-измерительные приборы	39
4.3. Методика проведения экструзии	40
<i>Практическая работа 7. Фильтрование и профилирование резиновых смесей</i>	<i>41</i>
Контрольные вопросы	45

Глава 5. Вулканизация образцов и резиновых смесей	45
5.1. Сущность процессов формования и вулканизации	45
5.2. Оборудование для вулканизации	47
5.3. Методика вулканизации резины в гидравлических прессах	49
<i>Практическая работа 8.</i> Вулканизация образцов и изделий в гидравлических прессах	50
Контрольные вопросы	55

Раздел второй

Физико-механические испытания каучуков, резин и технических тканей

Глава 6. Методы контроля качества материалов, резин и готовых изделий	56
6.1. Контроль качества сырья и полуфабрикатов	57
6.2. Контроль готовых изделий	58
6.3. Общие требования к физико-механическим испытаниям	60
6.4. Требования к испытываемым образцам	60
6.5. Правила техники безопасности при проведении физико-механических испытаний резин и тканей	61
6.6. Правила проведения испытаний и обработка результатов	62
Контрольные вопросы	63
Глава 7. Контроль качества каучуков и резиновых смесей	64
7.1. Основные показатели, характеризующие качество каучуков и резиновых смесей	64
7.2. Определение пластозластических свойств каучуков и резиновых смесей	66
7.3. Приборы и оборудование	70
7.4. Методики испытаний на пластометрах, дефометрах и вискозиметрах	74
7.4.1. Испытания на сжимающем пластометре	74
<i>Практическая работа 9.</i> Определение пластозластических свойств каучуков и резиновых смесей на сжимающем пластометре	76
7.4.2. Испытания на дефометре	79
<i>Практическая работа 10.</i> Определение жесткости каучуков и резиновых смесей на дефометре	80
7.4.3. Испытания на сдвиговом вискозиметре	83
<i>Практическая работа 11.</i> Испытание каучуков и резиновых смесей на сдвиговом вискозиметре	87
7.5. Плотность резин	90
7.6. Определение плотности резин ускоренным и гидростатическим методами	91
<i>Практическая работа 12.</i> Определение плотности резин экспресс-методом	91
<i>Практическая работа 13.</i> Определение плотности резин гидростатическим методом	92
7.7. Кольцевой модуль упругости	93
<i>Практическая работа 14.</i> Определение степени вулканизации резиновых смесей (кольцевого модуля)	95
7.8. Твердость резин	96
7.9. Методики определения твердости резин	100
7.9.1. Испытания на твердомере для определения твердости по Шору А	100
<i>Практическая работа 15.</i> Определение твердости по Шору А	101
7.9.2. Испытания на твердомере для определения твердости в международных единицах (по ИСО)	103

<i>Практическая работа 16. Определение твердости резин в международных единицах (по ИСО)</i>	105
7.9.3. Микротвердомеры	106
7.10. Определение кинетики вулканизации резиновых смесей	106
7.11. Новые методы ускоренного контроля резиновых смесей	107
7.12. Анализ и оценка результатов испытаний	110
Контрольные вопросы	110
Глава 8. Определение упругопрочностных и эластических свойств резин	111
8.1. Показатели, характеризующие упругопрочностные и эластические свойства резин	111
8.1.1. Прочность	111
8.1.2. Эластичность	115
8.2. Разрывные машины. Конструкция и области применения.	116
8.3. Испытания на разрывных машинах	120
8.4. Методика определения условной прочности и удлинения при растяжении	123
<i>Практическая работа 17. Определение условной прочности и удлинения при растяжении</i>	123
8.5. Методика определения сопротивления резин раздиру	126
<i>Практическая работа 18. Определение сопротивления раздиру</i>	129
8.6. Испытание эластичности резин по отскоку	130
<i>Практическая работа 19. Определение эластичности на упругомере УМР-2</i>	133
Контрольные вопросы	134
Глава 9. Определение усталостной выносливости резин при многократных деформациях	135
9.1. Поведение резин в условиях многократных деформаций	135
9.2. Показатели утомления, усталости и выносливости резин	136
9.3. Оборудование для испытаний	139
9.4. Методики испытаний на многократное растяжение и сжатие	140
9.4.1. Испытание резин на многократное растяжение	140
<i>Практическая работа 20. Определение усталостной выносливости резин при многократном растяжении</i>	142
9.4.2. Испытание резин на многократное сжатие	145
<i>Практическая работа 21. Испытание резин на многократное сжатие</i>	146
9.5. Испытание резин на многократный продольный изгиб	148
<i>Практическая работа 22. Испытание резин на многократный продольный изгиб</i>	150
9.6. Определение выносливости резин при знакопеременном изгибе и многократном сдвиге	152
Контрольные вопросы	153
Глава 10. Испытание резин на истирание	154
10.1. Истирание резин. Виды износа	154
10.2. Методы определения износостойкости резин	157
10.3. Оборудование для испытаний	158
10.4. Методика испытания на истирание в режиме скольжения	160
<i>Практическая работа 23. Испытание на истирание на машине МИ-2</i>	162
10.5. Методика испытаний в режиме качения с проскальзыванием	165
<i>Практическая работа 24. Испытание резин на машине МИР-1.</i>	166
Контрольные вопросы	168
Глава 11. Определение теплостойкости резин	169
11.1. Изменение свойств резин при воздействии теплоты	169
11.2. Методика испытания резин на теплостойкость	169

<i>Практическая работа 25. Определение теплостойкости резин</i>	171
Контрольные вопросы	173
Глава 12. Испытание резин на стойкость к старению	173
12.1. Причины и виды старения резин	173
12.2. Методы определения старения	177
12.3. Методика испытания резин на стойкость к термическому старению	179
<i>Практическая работа 26. Испытание резин на стойкость к термическому старению</i>	180
Контрольные вопросы	182
Глава 13. Испытания резин при пониженных температурах	182
13.1. Изменение свойств каучуков и резин при пониженных температурах	182
13.2. Испытания, характеризующие морозостойкость резин	185
13.3. Приборы для определения морозостойкости резин	186
13.4. Определение температурного предела хрупкости резин	189
<i>Практическая работа 27. Определение температурного предела хрупкости резин</i>	190
13.5. Методики определения морозостойкости при растяжении и по эластическому восстановлению после сжатия	192
13.5.1. Определение морозостойкости резин при растяжении	192
<i>Практическая работа 28. Определение морозостойкости резин при растяжении</i>	193
13.5.2. Определение морозостойкости резин по эластическому восстановлению после сжатия	195
<i>Практическая работа 29. Определение морозостойкости резин по эластическому восстановлению после сжатия</i>	196
13.5.3. Вычисление и анализ результатов	197
Контрольные вопросы	198
Глава 14. Испытание резин на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред	199
14.1. Набухание резин в жидкостях	199
14.2. Методики определения стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред	201
14.2.1. Методика определения стойкости резин по изменению массы, объема, размеров	202
<i>Практическая работа 30. Определение стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред по изменению размеров, массы и объема образцов</i>	203
14.2.2. Методика определения стойкости резин по изменению физико-механических показателей	206
<i>Практическая работа 31. Определение стойкости резин к воздействию жидких агрессивных сред по изменению их физико-механических показателей</i>	206
14.2.3. Вычисление и анализ результатов	208
Контрольные вопросы	209
Глава 15. Испытание технических тканей	210
15.1. Основные технические характеристики пряжи и тканей	210
15.2. Методики определения технических характеристик пряжи и тканей	211
15.2.1. Определение фактической крутки, укрутки и коэффициента крутки пряжи	211
15.2.2. Определение основных характеристик тканей	212
<i>Практическая работа 32. Определение технических характеристик тканей</i>	215
15.3. Методика определения прочности связи между слоями резины и прорезиненной ткани	219
	247

Практическая работа 33. Определение прочности связи между слоями резины и ткани	222
Контрольные вопросы	224

Приложения

I. Инструкция по технике безопасности при работе на лабораторном оборудовании	225
II. Плотность каучуков и ингредиентов (кг/м ³)	226
III. Массовый состав (ч.) стандартных смесей для образцов при проведении физико-механических испытаний	228
IV. Размеры и масса заготовок для формования образцов, применяемых при физико-механических испытаниях	229
V. Зависимость температуры насыщенного водяного пара от его давления	231
VI. Число испытываемых образцов и допускаемые отклонения при проведении физико-механических испытаний	231
VII. Пластические свойства каучуков	233
VIII. Физические свойства каучуков	234
IX. Прочностные свойства вулканизатов каучуков	235
X. Деформационные свойства резин	236
XI. Физико-механические свойства резин	237
XII. Числа твердости по ИСО в международных единицах IRHD	238
XIII. Характеристика стойкости резин к старению	239
XIV. Технические характеристики тканей резинового производства	240
XV. Варианты контрольных работ	242

Библиографический рекомендательный список	243
---	-----

Учебное пособие

Бергштейн Лия Абрамовна

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИИ РЕЗИНЫ

Редактор *Л. М. Танезер*
Техн. редактор *Л. Ю. Линева*
Корректор *Л. С. Александрова*

ИБ № 2152

Сдано в набор 19.05.88. Подписано в печать 14.11.88. М-45716. Формат бумаги 60×90^{1/4}/₁₆. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15,5. Усл. кр.-отт. 15,5. Уч.-изд. л. 16,23. Тираж 4670 экз. Заказ 479. Цена 80 коп.

Ордена Почета издательство «Химия». Ленинградское отделение.
191186, г. Ленинград, Д-186, Невский пр., 28.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 193144, г. Ленинград, ул. Моисеева, 10.

Отпечатано с набора в Ленинградской типографии № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 190000, Ленинград, Прачечный переулок, 6.

