

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Борзенкова А.Я., Кудинова Г.Д.

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛАСТОМЕРОВ

Лабораторный практикум
по одноименному курсу
для студентов спец. Т.15.02.00
В 2-х частях

Часть 1

Минск 2000

УДК 678.4

Рассмотрен и рекомендован к изданию редакционно-издательским советом университета.

Борзенкова А.Я., Кудинова Г.Д. Технология эластомеров. Лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности Т.15.02.00 «Химическая технология производства и переработки органических материалов» (специализация Т.15.02.07 «Технология переработки эластомеров»). Ч.1. - Мн.: БГТУ, 1999.

Рецензенты: доцент кафедры органической химии и химии высокомолекулярных соединений БГУ, к.х.н. Сидерко В.М.;
главный инженер завода массовых шин БШК «Белшина» Загоровский Н.В.

В лабораторном практикуме приведены методики лабораторных работ по изготовлению резиновых смесей на вальцах, их вулканизации в гидравлическом прессе, а также методики, связанные с определением пластоэластических свойств и физико-механических свойств эластомерных композиций. Лабораторные работы сопровождаются краткими теоретическими сведениями, контрольными вопросами и заданиями.

ISBN 985-434-097-X

ISBN 985-434-100-3 (Ч.1)

© Белорусский государственный
технологический университет,
2000

© Составление А.Я. Борзенкова,
Г.Д. Кудинова, 2000

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум по курсу «Технология эластомеров» составлен на основании программы курса и типового учебного плана ТД-430/тип, утвержденных Министерством образования РБ 12 июня 1997 г.

Целью выполнения лабораторных работ является закрепление теоретического курса «Технология эластомеров», освоение студентами основных стандартных методов испытаний каучуков, резиновых смесей и вулканизатов, а также приобретение практических навыков работы на оборудовании и приборах, что необходимо для выполнения УНИРС и дипломных проектов с элементами научных исследований.

Перед выполнением работы студент обязан ознакомиться с ее содержанием, изучить конструкцию соответствующего оборудования или прибора и теоретический материал с учетом контрольных вопросов, приведенных в конце работ, используя для этого рекомендуемую литературу.

К выполнению лабораторной работы студент приступает только после изучения соответствующих инструкций по технике безопасности и инструктажа по безопасной работе, который осуществляется преподавателем или инженером кафедры.

К каждой последующей работе можно приступить только после защиты предыдущей.

Лабораторные работы в общем виде оформляются по следующей схеме:

- номер лабораторной работы и ее название;
- сущность работы;
- устройство оборудования или прибора и краткое описание их;
- проведение расчетов, если они необходимы;
- порядок выполнения работы, определение необходимых данных для расчетов и наблюдения в процессе работы;
- оформление результатов при проведении испытаний эластомеров;
- выводы.

Лабораторная работа № 1

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ
НА ЛАБОРАТОРНЫХ ВАЛЬЦАХ**

Материалы, оборудование, приборы, инструмент: каучуки; ингредиенты; нож для резки каучуков; весы циферблатные; весы технические с разновесами; противень; тара для ингредиентов; вальцы лабораторные; нож вальцовочный; лучковая термопара; игольчатая термопара; часы режимные; пластины свинцовые; толщиномер ручной; щетка; совок; карандаш восковой.

Изготовление резиновых смесей является одним из основных процессов резинового производства, от правильности проведения которого зависят в значительной степени свойства готовых изделий.

Резиновые смеси можно изготавливать на вальцах и в резиносмесителях периодического и непрерывного действия. Качество резиновых смесей (равномерность распределения ингредиентов в объеме каучука при достаточно высокой степени их диспергирования) определяется рядом факторов, среди которых значительную роль играет строгое соблюдение режима смешения в процессе изготовления резиновой смеси.

При смешении каучука с ингредиентами происходит изменение первоначального распределения их в каучуке до такого состояния, при котором концентрация каждого ингредиента в любой точке объема смеси будет равна или незначительно отличаться от концентрации того же ингредиента в системе.

Механизм смешения ингредиентов в каучуке можно рассматривать как деформацию сдвига многокомпонентной системы, в результате которой уменьшается толщина полос или слоев смешиваемых компонентов и увеличивается поверхность раздела между ними.

При изготовлении смесей на вальцах деформация сдвига создается в результате вращения валков вальцев с разной скоростью.

Лабораторные вальцы крайне опасны в эксплуатации, поэтому во избежание несчастного случая изготовление смеси осуществляется сотрудником кафедры, а студент обязан

уделить особое внимание соблюдению правил техники безопасности.

Получить резиновые изделия с заданным комплексом эксплуатационных свойств можно только при условии использования для изготовления резиновых смесей качественных материалов и строгом соблюдении режимов смешения. Поэтому используемые для изготовления резиновых смесей каучуки и ингредиенты должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов и ТУ.

При изготовлении резиновых смесей на лабораторных вальцах необходимо для каждой серии смесей соблюдать постоянными: 1) фрикцию; 2) температуру валков вальцов; 3) начальные величины зазоров между валками и увеличение их в одно и то же время для каждой серии смесей по мере введения ингредиентов; 4) продолжительность операции пластикации и смешения; 5) порядок введения ингредиентов; 6) тщательное перемешивание смесей по мере введения ингредиентов; 7) толщину срезаемых с вальцов листов смесей; 8) необходимое охлаждение смесей перед вулканизацией.

Точное соблюдение указанных правил обеспечивает необходимое качество, однородность и постоянство свойств резиновых смесей и вулканизатов.

Порядок проведения работы

1. Вписать в лабораторный журнал заданный рецепт и произвести его расчет (табл. 1). При расчете навесок каучуков и ингредиентов исходить из того, что для выполнения всех лабораторных работ практикума необходимо 600-700 г смеси. 500 г

Для примера в табл. 1 приведена форма записи рецепта и рецепт стандартной резиновой смеси на основе СКИ.

2. Провести расчет рецепта, т.е. определить мас. % каучука и ингредиентов, их объем и объемные %, расчетные навески компонентов на используемый вид смесительного оборудования и теоретическую плотность.

Содержание каучука и ингредиентов (мас. %) находят по формуле

$$C = \frac{m \cdot 100}{m_{\text{общ.}}}$$

где m - масса данного компонента, г;

$m_{\text{общ}}$ - общая масса всех компонентов смеси, г.

Табл. 1. Рецепт стандартной резиновой смеси на основе СКИ

п.п.	Каучуки и ингредиенты	Мас. части на 100 мас.ч. каучука	Мас. %	Плотность каучука и ингредиентов	Объем каучука и ингредиентов	Объемные %	Расчетная навеска компонентов, г или кг. в зависимости от применяемого оборудования
1.	Каучук СКИ-3	100,0					
2.	Сера	1,0					
3.	Альтакс	0,6					
4.	Дифенилгуанидин	3,0					
5.	Стеарин	1,0					
6.	Белила цинковые	5,0					
	Итого						

Объем компонентов рассчитывают по формуле

$$V = \frac{m}{\rho},$$

где ρ - плотность соответствующего компонента.

Объемные проценты определяются по формуле

$$C' = \frac{V \cdot 100}{V_{\text{общ}}},$$

где V - объем данного компонента;

$V_{\text{общ}}$ - суммарный объем всех компонентов.

Если сумма массовых или объемных процентов имеет небольшое отклонение от 100%, то процентное содержание корректируют так, чтобы в сумме получилось 100%.

Расчет навесок компонентов на одну заправку производится из данных общей загрузки на лабораторные вальцы и массовых процентов компонентов.

Теоретическую плотность (ρ_T , кг/м³) рассчитывают по формуле

$$\rho_T = \frac{m_{\text{общ.}}}{V_{\text{общ.}}}$$

3. Показать преподавателю сделанные расчеты.

4. Нарезать на мелкие кусочки каучук, взвесить его в соответствии с произведенным расчетом на циферблатных весах и уложить на противень.

5. Взвесить на технических весах в соответствии с заданным рецептом ингредиенты смеси и, поместив их в тару, установить на противень.

6. Скомплектованные указанным способом противни вместе с прилагаемым рецептом определенного шифра и режимом изготовления данной смеси передать учебному мастеру.

7. Изготовление резиновых смесей осуществить по заданному режиму. Лабораторные вальцы имеют следующую техническую характеристику: диаметр валков - 160 мм, длина валков - 320 мм, фрикция - 1 : 1,24, мощность мотора - 4,5 кВт, оптимальная загрузка вальцов ~ 1 кг.

Перед началом изготовления смеси устанавливают с помощью регулировочных винтов зазор между валками ~ 0,3 мм (величина зазора определяется путем пропуска между валками свинцовой пластины с последующим измерением ее толщины ручным толщиномером). Зазор контролируется с левой и правой стороны вальцов.

Начиная процесс смешения, устанавливают требуемые температуру и зазор между валками и включают режимные часы или засекают время на обычных часах, затем постепенно, небольшими кусками со стороны большой шестерни загружают каучук в зазор между валками. Дальнейшая последовательность операции - порядок и время введения ингредиентов, увеличение и уменьшение величины зазора, число подрезов смеси после введения каждого ингредиента - указывается в режиме изготовления.

Замер температуры валков осуществляется лучковой термопарой. Игольчатая термопара используется для определения температуры смеси. Подрезка смеси осуществляется с помощью вальцовочного ножа.

Табл. 2. Режим изготовления стандартной резиновой смеси из СКИ на лабораторных вальцах (фрикция 1 : 1,24)

Операция смешения	Начало операции с момента подачи каучука на вальцы, мин	Продолжительность операции, мин	Температура валков, °С	
			переднего	заднего
1. Разогрев каучука, пропуск два раза между валками провисающей шкуркой, затем вальцевание	0	1	60-70	50-60
2. Введение стеарина, подрезка смеси на 3/4 валка по два раза с каждой стороны	1	1		
3. Введение альтакса, подрезка смеси на 3/4 валка по два раза с каждой стороны	2	1		
4. Введение дифенилгуанидина, подрезка смеси на 3/4 валка по два раза с каждой стороны	3	1		
5. Введение цинковых белил, подрезка смеси на 3/4 валка по три раза с каждой стороны	4	2		
6. Введение серы, подрезка смеси на 3/4 валка по два раза с каждой стороны	6	1		
7. Срезка смеси и сдвиг валков до зазора 0,3-0,4 мм (по свинцу). Пропуск смеси при этом зазоре рулоном шесть раз.	7	3		
8. Листование смеси до толщины 1,0-1,2 мм	10	3		
9. Снятие смеси по истечении 13-й мин				

Примечание. Смесь не подрезают, если в запасе имеются ингредиенты, не вошедшие в каучук.

В процессе изготовления смеси каждый последующий ингредиент вводят по часам и только после того, как предыдущий полностью распределится в объеме каучука.

В процессе смешения поддерживают небольшой вращающийся запас смеси в зазоре, что достигается изменением величины зазора.

Просыпавшиеся при смешении на противень вальцов ингредиенты собираются щеткой в совок и возвращаются в зазор.

Студент наблюдает за изготовлением резиновой смеси, отмечая порядок введения ингредиентов, временной и температурный режим.

В ряде случаев возможно, что теоретический режим смешения не совпадает с практическим. В этом случае студент обязан уточнить режим смешения и внести соответствующие изменения.

Готовая резиновая смесь срезается с вальцов в виде листа определенного калибра, что зависит от толщины пластин для последующей вулканизации. Снятый с вальцов лист укладывается на столе между прокладками из полиэтилена, где происходит охлаждение и усадка смеси. На листе необходимо указать направление вальцевания и шифр смеси.

Контрольные вопросы и задания

1. Сущность и механизм приготовления резиновых смесей, применяемое оборудование.
2. Устройство вальцов и правила техники безопасности при работе на них.
3. Факторы, влияющие на процесс изготовления смесей на вальцах и в резиносмесителях периодического действия.
4. Порядок введения ингредиентов при изготовлении резиновых смесей. Объяснить, по какой причине независимо от вида применяемого оборудования последним в каучук вводится вулканизирующий агент.
5. По заданию преподавателя провести расчет рецепта резиновой смеси заданного состава и определить ее теоретическую плотность.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАУЧУКОВ И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

Изготовление резиновых смесей и последующая их переработка основаны на пластических свойствах каучука.

Пластичность - это способность материала к механическим необратимым деформациям. Наряду с пластичностью каучуки и резиновые смеси обладают высокоэластичностью, т.е. способностью к обратимым деформациям, что проявляется в эластическом восстановлении материала.

Пластичность каучуков и резиновых смесей обуславливает возможность придания полуфабрикатам резинового изделия той или иной формы. Эластичность обуславливает частичное восстановление после переработки первоначальных размеров и форм полуфабриката, что является причиной их усадки. Поэтому при характеристике механического поведения каучуков и резиновых смесей первоочередным является вопрос о соотношении пластической и высокоэластической составляющих в общей деформации. Пластическая деформация ($\epsilon_{пл}$) развивается непрерывно во времени и не исчезает после прекращения действия на материал механической нагрузки. Пластическая деформация возникает в результате взаимного скольжения молекул под действием деформирующей силы и установления нового порядка их расположения в материале. Высокоэластическая деформация ($\epsilon_{вэл.}$) проявляется в результате изменения конформации макромолекул, когда происходит перемещение лишь малых участков длинных цепей, а макромолекулы в целом не перемещаются. Высокоэластическая деформация тоже развивается во времени и исчезает после снятия нагрузки также во времени в связи с релаксационной природой эластомеров. Очень малую долю в общей деформации занимает упругая деформация ($\epsilon_{упр.}$), величиной которой можно пренебречь.

Таким образом, общая деформация, возникающая при действии на материал внешней силы, рассматривается как сумма трех деформаций: упругой, высокоэластической и пластической.

$$\epsilon = \epsilon_{упр.} + \epsilon_{вэл.} + \epsilon_{пл.}$$

Виды деформаций и их зависимость от времени в процессе нагружения и разгружения представлены на рис. 1.

В условиях нагружения при заданных температуре и напряжении мгновенно устанавливается $\epsilon_{упр.}$, развивается во времени $\epsilon_{вэл.}$ достигая в момент времени t' равновесного или стационарного значения $\epsilon_{вэл.}$ и непрерывно возрастает необратимая деформация $\epsilon_{пл.}$.

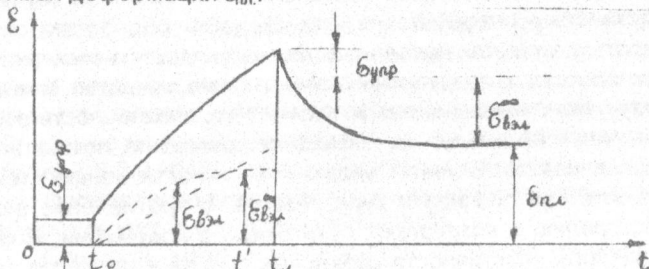


Рис.1. Развитие деформации ϵ во времени t при постоянных напряжении δ и температуре T :

t_0 - момент приложения механической нагрузки; t' - момент завершения развития высокоэластической деформации; t_1 - момент разгрузки; $\epsilon_{упр.}$ - упругая деформация; $\epsilon_{вэл.}$ - высокоэластическая деформация; $\epsilon_{пл.}$ - пластическая деформация; $\epsilon_{вэл.}$ - стационарная (равновесная) высокоэластическая деформация; сплошной линией показана общая деформация ϵ

Период установления $\epsilon_{вэл.}$ (нестационарный период деформации) зависит от релаксационных свойств материала. После снятия нагрузки в момент t_1 мгновенно исчезает $\epsilon_{упр.}$, уменьшается во времени $\epsilon_{вэл.}$ (происходит эластическое восстановление) и полностью сохраняется $\epsilon_{пл.}$

Для различных каучуков, а следовательно, и резиновых смесей пластическая деформация при одних и тех же условиях имеет разное значение из-за различия структуры и длины макромолекул. Пластоэластические свойства зависят также от состава и структуры резиновой смеси, создаваемой введением высокодисперсного наполнителя. Под действием деформирующих усилий происходит обратимое (тиксотропное) разрушение пространственной структуры. Кроме того, в определенных условиях могут разрушаться и рекомбинировать химические связи. Поскольку количествен-

ная оценка эффектов, связанных с тиксотропным поведением материалов, является сложной, на практике обычно оценивают суммарное влияние различных факторов на пластозластические свойства резиновых смесей. От пластозластических свойств зависят технологические свойства каучуков и резиновых смесей такие, как скорость обработки, способность сохранять приданную форму, гладкость поверхности, склонность к подвулканизации, а также качество смешения каучуков с ингредиентами. Кроме того, пластичность резиновых смесей влияет на физико-механические показатели их вулканизатов. С увеличением пластичности понижается механическая прочность вулканизатов, сопротивление резины истиранию и возрастают остаточные деформации. Поэтому контроль пластичности резиновых смесей в процессе производства изделий имеет большое значение.

Показатели пластозластических свойств определяют:

1) при сжатии материала между плоскопараллельными плитами; при этом задается сила сжатия (нагрузка) и определяется деформация или задается деформация и определяется сила, вызывающая эту деформацию (сжимающие пластометры);

2) при неограниченном сдвиге запрессованного материала между коаксиально расположенными статором и ротором (сдвиговые ротационные вискозиметры);

3) при продавливании материала через отверстия - мундштуки, капилляры, сопла и др. (выдавливающие пластометры);

4) при вдавливании в испытуемый материал инденторов с твердыми наконечниками различной формы - шарик, конусная игла и др. (пенетрометры).

Существует еще ряд других способов определения пластозластических свойств, но точность их невелика, и на практике они используются редко.

Определение пластичности каучуков и резиновых смесей должно производиться при постоянной температуре, поскольку пластичность с повышением температуры возрастает.

Лабораторная работа № 2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ КАУЧУКОВ
И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ НА СЖИМАЮЩЕМ
ПЛАСТОМЕТРЕ ПСМ-2**

Материалы, оборудование, приборы, инструмент: резиновая смесь; целлофан; тальк; мыльный раствор; подкладочная пластина; пластометр ПСМ-2; термостат; нож и патроны для вырезки образцов; толщиномер с ценой деления 0,01 мм, мерительной площадкой 10 мм, мерительным давлением 1,5-3,0 Н (150-300 гс); пинцет; секундомер.

Определение пластичности каучуков и резиновых смесей производится согласно ГОСТ 415-75.

Сущность метода заключается в сжатии цилиндрического образца между плоскопараллельными плитами под действием постоянной нагрузки 50 Н (5 кгс) при температуре 70°C и измерении трех параметров: высоты образца до испытания (h_0), высоты образца под действием груза в течение 3 мин (h_1), высоты образца после снятия груза и восстановления при комнатной температуре в течение 3 мин (h_2).

Определение пластичности (P) на пластометре ПСМ-2 характеризует эластические свойства материала от абсолютно пластичного, когда $h_2 = h_1 = 0$ и $P = 1$, до абсолютно упругого, когда $h_1 = h_0$ и $P = 0$. Таким образом, пластичность может изменяться в пределах от 1 до 0.

Порядок проведения работы

1. Пластометр помещают в термостат, в котором при помощи контактного термометра устанавливают температуру $70 \pm 1^\circ\text{C}$. При достижении заданной температуры на термометре пластометра можно приступить к испытаниям. Во время испытания необходимо строго поддерживать установленную температуру.

2. Заготавливают образцы для испытания. При определении пластичности заготовка образцов имеет существенное значение. Наличие на образцах пор, искажение формы и размеров образцов приводит к неправильным результатам и несовпадению их при повторных испытаниях. Поэтому заготовку образцов следует производить тщательно: резиновую смесь, изготовленную в работе 1, обрабатывают на вальцах

в течение 5-7 мин и снимают с вальцов в виде пластин толщиной не менее 13 мм. Образцы вырезают из пластины не ранее чем через 4 ч после вальцевания. Образцы для определения пластичности должны иметь форму цилиндра диаметром $16 \pm 0,5$ мм и высотой $10 \pm 0,25$ мм. Заготовку образцов производят на специальной машине для вырезки образцов или на вырезной машине дефометра аналогично заготовке образцов при определении пластичности каучуков и резиновых смесей. Для вырезки образцов используют специальный нож и патроны для подрезки образцов по высоте. Для испытания применяется не менее трех образцов.

3. Проведение испытания. Толщиномером при комнатной температуре измеряют высоту образца (h_0) с точностью до 0,05 мм. Образец обрабатывают тальком и кладут на верхнюю плиту пластометра для прогрева. Время прогрева 3 мин. Прогретый образец помещают между прокладками из целлофана или кальки, чтобы предотвратить возможное прилипание его к плитам пластометра. Поднимают верхнюю плиту пластометра, выдвигают площадку и кладут на нее образец с прокладкой. Площадку задвигают и устанавливают груз строго в центре прибора. Верхнюю плиту с грузом плавно опускают. По истечении 3 мин действия груза на образец фиксируют высоту (h_1) образца, находящегося под грузом, по показанию микрометра с точностью до 0,02 мм. Толщину прокладок вычитают из показаний пластометра. Затем образец освобождают от действия груза и прокладок и дают «отдохнуть» при комнатной температуре в течение 3 мин, после чего измеряют его высоту толщиномером с точностью до 0,05 мм (h_2).

4. Вычисление результатов. Пластические свойства каучуков и резиновых смесей характеризуются мягкостью, эластическим восстановлением и пластичностью.

Пластичность (по Карреру) характеризуется отношением остаточного сжатия к средней высоте образца за время действия груза, равной 0,5 ($h_0 + h_1$). При расчетах коэффициент 0,5 опускают и выражение для пластичности имеет вид:

$$P = \frac{h_0 - h_2}{h_0 + h_1}$$

где h_0 - высота образца до испытания (при комнатной температуре), мм;

h_1 - высота образца под действием груза в течение 3 мин;

h_2 - высота образца после снятия груза и восстановления при комнатной температуре в течение 3 мин.

Пластичность - есть произведение мягкости (S) и доли остаточной деформации к общей (R):

$$P = S \cdot R.$$

Мягкость S - это отношение общей деформации к средней высоте образца под грузом:

$$S = \frac{h_0 - h_1}{h_0 + h_1}.$$

Отношение остаточной деформации к общей деформации сжатия R вычисляется по формуле

$$R = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1}.$$

Эластическое восстановление R_1 выражается разностью

$$R_1 = h_2 - h_1.$$

Полученные в процессе испытания образцов данные и вычисленные результаты заносят в нижеприведенную таблицу.

Данные для определения пласто-эластических свойств резиновых смесей

Номер образца	Высота образца, мм			Мягкость	Пластичность	Эластическое восстановление, мм
	до испытания	под грузом	после восстановления			

Среднее значение

За результат испытания принимают среднее арифметическое показателей не меньше чем 3 образцов.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ КАУЧУКОВ
И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ ПО ДЕФО

Материалы, инструмент, оборудование: каучуки; мыльный раствор; подкладочная пластина; тальк; щипцы; нож и патроны для вырезки образца; нож для подрезки образцов с торцов; толщиномер с ценой деления 0,01 мм, мерительными площадками диаметром 10 мм и мерительным давлением 1,5-3,0 Н (150-300 гс); дефометр ДМ-2.

Определение жесткости каучуков на дефометре производится по ГОСТ 10201-75. Принцип действия дефометра состоит в сжатии стандартного образца между параллельными площадками. При этом задается деформация и определяется сила, вызывающая эту деформацию. Пластоэластические свойства, определяемые на дефометре, характеризуются жесткостью по Дефо, восстанавливаемостью и остаточной деформацией. Жесткость по Дефо - нагрузка в граммах, необходимая для сжатия стандартного образца высотой 10 мм до высоты $4 \pm 0,1$ мм в течение 30 с при 80°C .

Восстанавливаемость - разность между высотой образца после восстановления в течение 30 с и его высотой под нагрузкой (в мм).

Остаточная деформация - разность между первоначальной высотой образца и высотой после восстановления.

Порядок проведения работы

1. Включают обогрев и доводят температуру в термостате и измерительной камере дефометра до 80°C . Контроль температуры осуществляется термометрами, установленными в термостате и измерительной камере. Регулируется температура реостатами. Перед испытанием проверяют правильность показания индикаторного микрометра при помощи эталонных стальных цилиндров высотой 10 и 4 мм. Цилиндры помещают между площадками прибора. Под действием груза 1,0 Н на малом рычаге стрелка индикаторного микрометра должна показывать соответственно 10 и 4, в сомкнутом положении площадок - 0. Проверяют исправность работы весовых рычагов, устанавливая их в горизонтальное положение.

ние при помощи противовесов, при этом с большого рычага необходимо снять движок, с малого - груз. Большой рычаг имеет три шкалы с пределами измерения: 3,0-14,0, 15,0-55,0, 50,0-200,0 Н (300-1400, 1500-5500, 5000-20000 гс); малый - две с пределами измерения: 0,5-1,5 и 1,0-3,0 Н (50-150 и 100-300 гс). Для каждой шкалы большого и малого рычага установлен соответствующий съемный груз.

2. Подготавливают образцы для испытания. Для получения воспроизводимых результатов образцы должны быть тщательно заготовлены. Наличие на образцах дефектов (поры, пузырьки воздуха, непараллельность торцов и т.д.) приводит к искажению и несовпадению повторных результатов. Поэтому перед испытанием каучук уплотняют путем вальцевания или путем специальной подпрессовки. Выбор способа предварительной обработки зависит от типа каучука.

Для испытания используют заготовку каучука в виде пластины толщиной не менее 13 мм. Вырезку образцов из пластины производят не ранее чем через 4 ч после ее подготовки (вальцевания или подпрессовки). Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром $10 \pm 0,25$ мм и высотой $10 \pm 0,2$ мм. Для испытания применяют не менее пяти образцов.

Вырезку образцов производят на вырезной машине дефометра при помощи специального ножа. В шпиндель машины вставляют нож и закрепляют его накидной гайкой. Нож смачивают мыльным раствором. Пластины каучука кладут на жесткую подкладку. Включают электромотор и равномерным движением прижимают пластину с подкладкой к ножу, а затем отводят ее назад. После вырезки образцов электромотор останавливают, снимают гайку и вынимают вырезной нож. Для подрезки по высоте используют два патрона. Один патрон устанавливают на глубину 11-12 мм, другой - на глубину 10 мм. Образцы с одного торца подрезаются с помощью первого патрона, а с другого торца - при помощи второго патрона. Подрезка образцов с торцов производится следующим образом: образец вкладывают в патрон; патрон конусной частью вставляют в шпиндель, включают электромотор и при вращении патрона при помощи ножа, смоченного мыльным раствором, подрезают образец с торца.

3. При достижении в термостате и измерительной камере дефометра температуры 80°C приступают к испытанию.

Толщиномером измеряют высоту образцов с точностью до 0,01 мм, опудривают их тальком и помещают в гнездо кассеты. Кассету с образцами устанавливают на транспортную ленту термостата. Образцы выдерживают в термостате в течение 20-25 мин. По истечении указанного времени вращением маховика передвигают транспортную ленту в направлении измерительной камеры. Большой и малый рычаги арретируют поворотом соответствующих рукояток. Для точности испытания с рукояткой большого рычага соединено сигнальное устройство (электрочасы и звуковое реле, подающее сигналы каждые 30 с), которое начинает действовать, когда освобождается арретир и опускается большой рычаг. Прогретый образец помещают между сжимающими площадками прибора. На малом рычаге устанавливают постоянную нагрузку 0,5 Н (50 гс). Из набора грузов на большом рычаге устанавливают некоторую произвольную нагрузку, примерно соответствующую ожидаемой жесткости. Освобождают арретир малого рычага и нагружают образец поворотом рукоятки большого рычага. При этом включается сигнальное устройство с электрочасами, по которым отсчитывается время от начала испытания. Передвижением груза вдоль рычага подбирают нагрузку, необходимую для сжатия образца от высоты 10 мм до высоты 4 мм в течение 30 с. Жесткость равна сумме грузов большого и малого (50 Гц) рычагов. Показание высоты образца снимают по индикаторному микрометру. На втором образце корректируют нагрузку более точно, увеличивая или уменьшая ее в зависимости от предыдущего результата (иногда для подбора нагрузки требуется больше двух образцов). При подобранной нагрузке испытывают три образца. Образец помещают между сжимающими площадками и нагружают его подобранным на рычагах грузом. Через 30 с (по первому сигналу) арретируют большой рычаг, одновременно снимая показание высоты образца. По истечении вторых 30 с (по второму сигналу) фиксируют высоту образца после восстановления под нагрузкой малого рычага 0,5 Н (50 гс) (если жесткость образцов ниже 3,0 Н (300 гс), восстановление производится без нагрузки малого рычага).

Результаты испытания заносят в таблицу.

**Данные для определения пластозластических
свойств резиновых смесей**

№ об- раз- ца	Высота образца, мм			Жест- кость, Н	Восста- нав- ливае- мость, мм	Остаточная дефор- мация, мм
	до ис- пыта- ния	под наг- рузкой	после 30 с восстанов- ления			

Среднее значение

За результат испытания принимается среднее арифметическое трех образцов, испытанных при подобранной нагрузке.

Лабораторная работа № 4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ РЕЗИНОВЫХ
СМЕСЕЙ И СКЛОННОСТИ ИХ К ПОДВУЛКАНИЗАЦИИ
НА ВИСКОЗИМЕТРЕ МУНИ**

Материалы, инструмент, оборудование: резиновая смесь; мыльный раствор; подкладочная пластина; штанцевый нож; секундомер; перчатки; вырубной пресс; вискозиметр Муни.

Определение вязкости резиновых смесей и склонности их к подвулканизации производится на сдвиговом ротационном вискозиметре Муни в соответствии с ГОСТ 10722-76.

Принцип работы сдвигового вискозиметра состоит во вращении ротора в испытуемом материале, находящемся в закрытой цилиндрической камере под давлением, и определении крутящего момента, необходимого для поддержания постоянной скорости вращения ротора. Вязкость пропорциональна крутящему моменту и выражается в единицах Муни. За единицу вязкости по Муни принят момент сопротивления сдвигу, равный 8,46 Н (0,846 кгс·см.)

Деформация сдвига, возникающая в материале при вращении ротора, включает эластическую и пластическую составляющие. По мере развития эластической деформации напряжение в материале увеличивается и, следовательно, растет эффективная вязкость и сопротивление вращению ротора.

В условиях заданной постоянной скорости деформации (вращение ротора) момент сопротивления сдвигу изменяется

по кривой с максимумом, что свидетельствует о существовании двух периодов: 1) нестационарного, в котором протекают два процесса - развитие высокоэластической деформации, повышающее вязкость, и обратимое (тиксотропное) разрушение структуры материала, приводящее к некоторому спаду вязкости; 2) стационарного, в котором происходит течение материала (рис.2).

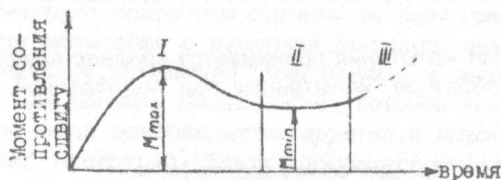


Рис. 2. Изменение момента сопротивления сдвигу во времени при постоянных скорости вращения ротора и температуре: I - нестационарный период; II - стационарный период; III - область вулканизации

По степени изменения пластичности, жесткости, вязкости по Муни или эластического восстановления в процессе прогрева резиновых смесей судят о склонности их к подвулканизации, приводящей к необратимым изменениям пластоэластических свойств.

На практике для определения склонности резиновых смесей к подвулканизации наиболее широко используют сдвиговые вискозиметры, которые дают возможность реализации не ограниченных во времени деформаций.

Принципиальное устройство вискозиметра Муни показано на рис.3.

Порядок проведения работы

1. Поворотом выключателя на панели управления в положение «включено» включают прибор. Одновременно включается нагревательное устройство. Скорость нагрева регулируется трансформатором, головка которого расположена с левой стороны прибора. Ротор через отверстие в левой полуформе испытательной камеры вставляют в паз горизонтального вала до упора. Левая полуформа закреплена на валу стационарно, правая может перемещаться в горизонтальном направлении. Смыкание полуформ осуществляют

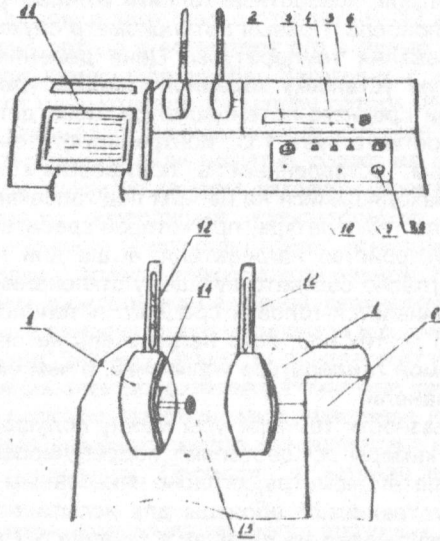


Рис. 3. Принципиальное устройство вискозиметра Муни:
 1 - испытательная камера; 2 - основной выключатель; 3 - головка потенциометра для грубого регулирования температуры; 4 - головка потенциометра для точного регулирования температуры; 5 - головка потенциометра для регулирования температуры сомкнутой испытательной камеры; 6 - замыкающее устройство; 7, 8 - выключатели электродвигателя, приводящие испытательную камеру во вращение; 9 - сигнальные лампы; 10 - переключатель самопишущего устройства; 11 - лента самопишущего устройства; 12 - термометры; 13 - ротор; 14 - выступы

передвижением замыкающего устройства влево, которое работает от сети сжатого воздуха под давлением не более 0,6 МПа (6 кгс/см²). Перед смыканием необходимо следить, чтобы выступы на левой полуформе были расположены строго против пазов в правой полуформе.

2. Устанавливают температуру испытания при помощи потенциометров, поворотные головки которых расположены на панели прибора. Правый потенциометр служит для грубого регулирования температуры. Цена деления его шкалы 10°C. Точную установку заданной температуры производят при помощи среднего потенциометра, цена деления шкалы которого соответствует 1°C. Контролируют температуру по термометрам, вставленным в полуформы, и сигнальными лампами, находящимися на панели под головками потенциометров. Если температура, при которой срабатывает регулировочное устройство нагревателя, выше или ниже требуемой, то, согласно соответствующему отклонению температуры, поворачивается головка среднего потенциометра влево или вправо до тех пор, пока нагреватель не переключается при требуемой температуре испытаний, о чем сигнализируют лампы на панели.

В случае разности температуры между полуформами испытательной камеры осуществляют подрегулировку при помощи левого потенциометра, согласно нанесенным символам.

3. Заготавливают образцы для испытания. Резиновую смесь обрабатывают на вальцах в течение 5-7 мин и снимают с вальцов в виде пластин толщиной 6-8 мм. Образцы вырубают из пластины не ранее чем через 4 ч после вальцевания.

Образцы для испытания должны состоять из двух дисков диаметром 45-50 мм. В центре одного из дисков делают отверстие диаметром 12 мм, другого - 5 мм. Общая толщина двух дисков должна быть достаточной для заполнения испытательной камеры прибора при прессовании. Образцы вырубают из пластины штанцевым круглым ножом на вырубном прессе. При этом необходимо нож смачивать мыльным раствором. Для испытания используют не менее двух пар образцов от каждой исследуемой смеси. Образцы должны быть монолитными и не иметь посторонних включений.

4. При достижении заданной температуры приступают к испытанию.

а) Определение вязкости резиновых смесей проводят при температуре $100 \pm 1^\circ\text{C}$.

Испытательную камеру открывают при передвижении замыкающего устройства вправо. Быстро снимают ротор (в перчатках). Дисковую заготовку с отверстием 12 мм надевают на стержень ротора и вставляют его в левую полуформу испытательной камеры до упора. Заготовку с отверстием 5 мм надевают на выступающую цапфу ротора. Испытательную камеру закрывают, одновременно включая самопишущее устройство при помощи нажатия кнопки на панели. Через 60 с после закрытия камеры автоматически включается электродвигатель, приводящий испытательную камеру во вращение. Включение электродвигателя сигнализируется загоранием кнопки в правом верхнем углу панели. Наблюдают за изменением вязкости исследуемой резиновой смеси по записи на ленте самопишущего устройства и снимают кривую "вязкость - время". Значение вязкости определяют на 4 минуте после включения электродвигателя. Нажатием кнопки в правом нижнем углу панели отключают вращение камеры, открывают камеру, вынимают ротор и очищают его и камеру от испытуемого материала. Проводят испытание второго образца.

Результатом измерения является значение, соответствующее пересечению сплаженной кривой, проведенной через точки минимальных отсчетов, с линией заданного времени измерения. За результат испытания принимают среднее арифметическое показателей вязкости не менее двух образцов, отличающихся друг от друга на ± 1 ед.

При оформлении результатов представляют кривые, характеризующие зависимость вязкости по Муни от времени испытания, и записывают результаты по форме:

число единиц вязкости по Муни -
время предварительного прогрева, мин -
время вращения камеры, мин -
температура испытания, $^\circ\text{C}$

б) Определение склонности резиновых смесей к подвулканизации проводят при температуре $120 \pm 1^\circ\text{C}$ по методике, указанной при определении вязкости. По записи на ленте

самопишущего прибора наблюдают за изменением вязкости и снимают кривую зависимости изменения вязкости образца от времени (рис.4).

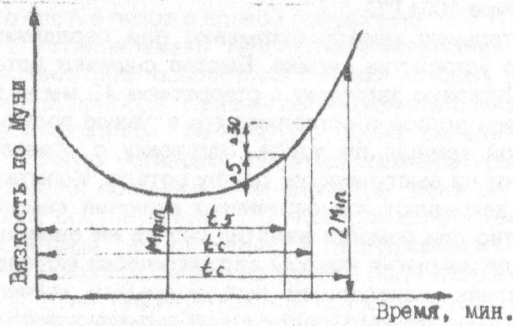


Рис.4. Зависимость вязкости по Муни от времени прогрева образца

Характеристикой склонности смесей к подвулканизации служит: t_5 - время начала подвулканизации, т.е. время в мин, за которое вязкость M превысит минимальную M_{min} на 5 единиц; $(t_c - t_5)$ - величина, обратная скорости вулканизации, где t_c - время за которое вязкость превысит минимальную вдвое ($M=2M_{min}$), мин. Согласно рекомендации ИСО, скорость вулканизации (R_c) - увеличение вязкости в единицу времени - выражают отношением

$$R_c = \frac{30}{t_c' - t_5} \text{ ед.Муни/мин,}$$

где t_c' - время необходимое для увеличения вязкости, начиная с момента вулканизации на 30 единиц, мин.

Контрольные вопросы и задания

1. Основные представления о пластозластических свойствах каучуков и резиновых смесей.
2. Влияние пластичности каучука и резиновых смесей на процесс их переработки.
3. Оценка вулканизации резиновых смесей по изменению их пластозластических свойств.

4. Методы оценки пластоэластических свойств.
5. Устройство пластометра ПСМ-2, принцип работы и порядок проведения испытаний.
6. Устройство дефометра, принцип работы и порядок проведения испытаний.
7. Устройство вискозиметра Муни, принцип работы и порядок проведения испытаний.
8. Правила безопасности работы на пластометре ПСМ-2, дефометре и вискозиметре Муни.

Лабораторная работа № 5

ВУЛКАНИЗАЦИЯ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРЕССЕ С ЭЛЕКТРООБОГРЕВОМ ПО ЗАДАНЫМ РЕЖИМАМ

Материалы, оборудование, приборы, инструмент: резиновые смеси; мыльная смазка; бумага для этикеток; вулканизационный пресс; вальцы лабораторные; толщиномер ручной; пресс-формы для вулканизации; часы; ножницы для закроя заготовок; крюк для выгрузки пресс-форм; приспособление для открывания пресс-форм; перчатки.

Вулканизация резиновых смесей (полуфабрикатов) является заключительным технологическим процессом при производстве резиновых изделий. В результате вулканизации образуются вулканизаты, обладающие высокой эластичностью, повышенными (в сравнении с резиновыми смесями) прочностными свойствами, износостойкостью и другими эксплуатационными свойствами. Пластичность, клейкость, способность растворяться в растворителях, т.е. свойства, присущие сырым резиновым смесям, в вулканизатах практически отсутствуют. Кроме того, вулканизация закрепляет заданные конфигурации изделий и размеры.

По своей сущности вулканизация - сложный физико-химический процесс, где преобладающей реакцией является реакция структурирования, в результате которой образуется трехмерная структура за счет возникновения между макромолекулами каучука химических поперечных связей различной природы, что главным образом зависит от состава вулканизирующих систем.

Вулканизация резиновых смесей проводится по строго определенным режимам, включающим в себя температуру вулканизации, удельное давление на пресс-форму, время вулканизации. Режимы вулканизации определяются составом резиновых смесей, размерами и конфигурацией образцов или изделий, вулканизационной средой.

В лабораторных условиях чаще всего для вулканизации используются рамные и колонные гидравлические прессы с паровым или электрическим обогревом. Для вулканизации резиновых смесей на кафедре установлен четырехэтажный рамный гидравлический пресс с прессовым усилием 10 МПа и электрическим обогревом плит.

Листы резиновых смесей, приготовленных на лабораторных вальцах, должны выдерживаться перед вулканизацией при комнатной температуре в течение не менее 6 ч. Удельное давление на пресс-форму должно быть не менее 5,0-7,0 МПа. Оптимальные температуры и время вулканизации определяются экспериментально и зависят главным образом от природы каучука и состава вулканизирующей системы резиновой смеси.

Вулканизация резиновых смесей при выполнении лабораторной работы осуществляется сотрудником кафедры в присутствии студента, который подготавливает образцы для вулканизации, а также осуществляет контроль за режимом вулканизации.

Для получения стабильных и сравнимых показателей совершенно необходимо обеспечить постоянство всех параметров режима вулканизации. Следует постоянно следить за температурой вулканизации. Несоблюдение температуры вулканизации приводит к значительному разбросу физико-механических показателей резин, в ряде случаев исключает возможность использования полученных результатов в исследованиях и приводит к получению резиновых изделий, не соответствующих установленным требованиям.

Порядок проведения работы

1. Получить от преподавателя задание на проведение работы с указанием режимов вулканизации. Первая лабораторная работа по вулканизации осуществляется обычно с

целью получения резиновых пластин стандартных размеров для определения оптимального времени вулканизации, поэтому при заданной температуре вулканизуют не менее 4-6 пластин при различной длительности вулканизации.

2. Установить на плиты пресса необходимые пресс-формы, включить пресс и сомкнуть его плиты. Включить электрообогрев плит пресса и нагреть их до заданной температуры. Плиты состоят из двух частей между которыми располагается электрический нагреватель. Для контроля и регулирования температуры в каждой плите установлена хромель-копелевая термопара, соединенная с электронным потенциометром.

3. Рассчитать массу заготовки для вулканизации. Расчет массы заготовки производится по формуле

$$P = (1,05-1,1) \cdot \rho_T \cdot V,$$

где P - масса заготовки резиновой смеси, г;

ρ_T - теоретическая плотность, г/см³;

V - объем гнезда пресс-формы, см³.

При расчете массы заготовки дается припуск (5-10% от массы смеси), что необходимо для обеспечения выпрессовки при вулканизации, а также в связи с увеличением плотности резины в сравнении с плотностью резиновой смеси.

4. Подготовить образцы для вулканизации. Подготовка образцов резиновой смеси, предназначенных для определения механических свойств резин и установления оптимума вулканизации, состоит в том, что из листа резиновой смеси толщиной 2,3-2,5 мм или 1,3-1,5 мм вырезают заготовку в виде прямоугольника, максимально приближающегося по размерам к гнезду пресс-формы. При вырезке образцов необходимо учитывать направление каландрового эффекта (или направление выпуска листа с вальцов). Направление каландрового эффекта должно совпадать с направлением растяжения образцов при дальнейших испытаниях, что совпадает с направлением меньшей стороны гнезда пресс-формы (рис.5) или направлением меньшей стороны прямоугольника.

После вырезки образцы взвешивают на циферблатных весах.



Рис. 5: 1 - лист резиновой смеси; 2 - заготовка для вулканизации пластины; 3 - бумажная этикетка

Крайне нежелательно собирать образцы для вулканизации из нескольких частей, т.к. это приводит к появлению микродефектов в толщине образцов и ухудшению в связи с этим механических свойств резины. При необходимости дополнительная резиновая смесь накладывается по схеме (рис.6а), при повышенном калибре и массе смесь срезается по схеме (рис.6б).

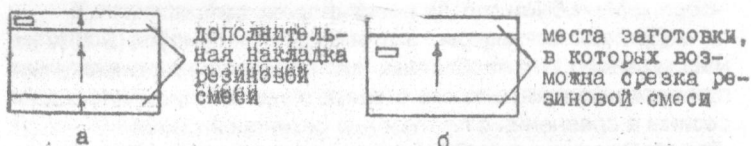


Рис. 6

На каждую заготовку резиновой смеси наложить (обычно в левом верхнем углу) бумажную этикетку размером ~ 2x1 см, на которой указать шифр смеси и режим вулканизации.

5. Разомкнуть плиты пресса.

6. Раскрыть с помощью приспособления нагретые до температуры вулканизации пресс-формы и смазать их мыльным раствором для предупреждения привулканизации резиновой смеси к поверхности металла.

7. Уложить в гнезда пресс-формы заготовки резиновой смеси таким образом, чтобы меньшая сторона прямоугольника соответствовала меньшей стороне гнезда пресс-формы.

Формы для вулканизации должны быть гладкими и не иметь дефектов.

8. Закрывать пресс-формы и установить их между плитами вулканизационного пресса. Раскрытие и закрытие пресс-форм производится в перчатках.

9. Включить пресс для осуществления процесса формирования и вулканизации. В момент смыкания плит пресса заметить время начала вулканизации.

10. По истечении времени вулканизации раскрыть пресс и пресс-формы, извлечь вулканизированные образцы и охладить их.

11. По окончании всей работы привести в порядок оборудование, инструмент и рабочее место.

При оформлении работы привести расчет массы заготовки, указать ее размеры (толщину, ширину, длину в мм), температуру и длительность процесса вулканизации, давление рабочей жидкости в цилиндре.

Удельное давление рассчитывают по формуле

$$p = \frac{P \cdot d^2}{4S}$$

где p - удельное давление на пресс-форму, МПа;

d - диаметр плунжера пресса, см;

S - площадь пресс-формы, см²;

P - давление жидкости в цилиндре по манометру, МПа.

Рассчитанное удельное давление перевести в систему СИ.

Контрольные вопросы и задания

1. Сущность процесса вулканизации и типы образующихся поперечных связей.

2. Изменение свойств резиновых смесей в процессе вулканизации.

3. Конструкция и устройство вулканизационных прессов.

4. Влияние различных факторов на скорость вулканизации.

5. Температурный коэффициент вулканизации.

6. Рассчитать удельное давление на пресс-форму при выполнении работы.

2. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ РЕЗИН ПРИ СТАТИЧЕСКОМ РАЗРУШЕНИИ

Сопротивление резин разрушающему действию механических напряжений характеризует их прочность.

Разрушение резин под действием напряжений представляет собой релаксационный процесс.

В зависимости от характера деформаций различают статическую и динамическую прочность резин.

Статическая прочность резин может быть определена испытаниями на релаксацию напряжения, ползучесть, долговременную прочность (долговечность), на растяжение при определенной скорости деформирования. При такого рода испытаниях поведение резины характеризуется ее упруго-релаксационными свойствами, т.е. зависимостью между напряжением и деформацией, а также прочностью.

Для резины наиболее опасными являются растягивающие деформации, вызывающие их разрыв. Поэтому практически определение прочностных свойств резин производится в условиях простого растяжения, осуществляемого с постоянной скоростью.

Основными показателями прочностных свойств резин при растяжении являются: условная прочность при растяжении (МПа), относительное удлинение при разрыве (%) и сопротивление раздиру (кН). Условная прочность при растяжении - это критическое значение напряжения, вызывающего разрушение.

Количественно условная прочность при растяжении (f_p) характеризуется отношениями разрушающей нагрузки (P_p) к площади поперечного сечения образца до деформирования (S_0)

$$f_p = \frac{P_p}{S_0} .$$

В процессе эксплуатации изделия подвергаются воздействию напряжений, как правило, значительно меньше

критических. Такие напряжения резина может выдерживать значительное время в зависимости от ее структуры и состава, а также от скорости и величины деформации, температуры и других факторов. Однако с течением времени резина теряет прочность из-за появления статической усталости и разрушается. Прочность материалов, в частности резин, во времени может быть охарактеризована их долговечностью, т.е. временем от начала воздействия напряжений на образец до его разрушения. В связи с тем, что экспериментальное определение долговечности - процесс длительный, обычно она определяется по результатам условной прочности при растяжении.

Условная прочность при растяжении определяется при разработке новых рецептур резиновых изделий, определении оптимума вулканизации резиновых смесей, для контроля качества серийных резин и каучуков, для оценки таких свойств резин, как температуростойкость, стойкость резин к тепловому старению и агрессивным средам и т.д.

Локализация разрыва при растяжении в определенном для данного образца месте связана с его структурной неоднородностью или наличием микродефектов в образце резины.

Неоднородность структуры приводит к концентрации напряжений на микродефектах и возникновению очага разрушения, дальнейший рост которого ведет к разрыву образца.

В процессе растяжения образцов резин можно, таким образом, выделить следующие стадии:

- нагружение образца, приводящее к возрастанию напряжений до образования в нем очага разрушения;
- возникновение одного или нескольких очагов разрушения вблизи дефектов структуры;
- разрыв образца в результате разрастания очага разрушения.

В связи с тем, что разрыв образцов резин при растяжении происходит вблизи дефектов структуры, ответственных за образование очагов разрушения, принято наряду с испытаниями на разрыв однородно напряженных резин проводить также испытания на так называемый раздир, когда на образцах заранее создают условия для концентрации напряжений

в определенных местах путем изготовления образцов определенной формы и нанесения на них надрезов глубиной $0,5 \pm 0,08$ мм, согласно стандартной методике по ГОСТ 262-79.

Показатель сопротивления резин раздиру (B) выражается отношением максимальной нагрузки (P_p), при которой происходит раздир образца, к начальной толщине образца (h_0) и широко используется технологами для оценки чувствительности резин к концентрации напряжений.

Количественные показатели прочностных свойств резин зависят не только от ранее перечисленных факторов (структура и состав, скорость деформации, температура проведения испытаний), но и от размеров и формы образцов, что должно учитываться при проведении испытаний резин.

Лабораторная работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ПРОЧНОСТИ РЕЗИН ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Материалы, оборудование, приборы, инструмент: резиновые пластины; подкладочная пластина; краска для меток; вырубной пресс; разрывная машина РМИ-60; штамп для нанесения меток; штанцевый нож; толщиномер; миллиметровая линейка; секундомер; мыльный раствор или вода.

Определение условной прочности при растяжении производится согласно ГОСТ 270-75, при этом определяются также условные напряжения при определенных удлинениях, относительное удлинение при разрыве и относительное остаточное удлинение после разрыва. Испытание резин для определения прочностных свойств проводится на разрывных машинах при строго постоянной скорости растяжения (500 ± 25 мм/мин) и постоянной температуре ($22 \pm 2^\circ\text{C}$); часто для испытаний применяют разрывные машины РМИ-60. Образцы резин в соответствии с ГОСТ 269-66 подвергают испытанию не ранее чем через 6 ч после вулканизации, за исключением тех случаев, когда в ТУ или ГОСТах особо оговорено время выдержки образцов после вулканизации.

Порядок проведения работы

1. Получить от преподавателя задание на проведение испытаний с указанием типа вырубного ножа и значений удлинений, при которых следует фиксировать нагрузки для расчета условных напряжений.

2. Вырубить и подготовить для испытания образцы. Вырубка образцов в лаборатории кафедры осуществляется на ручном вырубном прессе. Для предохранения вырубных ножей от затупления резиновую пластину помещают на подкладку из паронита, картона, транспортной ленты или другого материала. Перед вырубкой нож необходимо смачивать водой или мыльным раствором для предотвращения образования заусениц на образцах и облегчения их вырубки. Образцы должны вырубаться так, чтобы направление их большой оси соответствовало направлению каландрового эффекта. Пронумеровать образцы, с помощью штампа контрастной краски нанести метки рабочего участка и наружные метки, замерить в трех точках рабочего участка толщину образца, используя для расчета наименьшую. Число образцов для испытаний - не менее 5. Для испытаний пригодны образцы, толщина которых отличается от среднего арифметического значения толщины образца не более чем на $\pm 10\%$.

3. Провести испытания образцов резин согласно заданию с внесением результатов замеров на разрывной машине в табл. 3. После разрыва каждого образца (во избежание поломки указателей) необходимо сразу же отвести их в нерабочее положение, поднять в верхнее положение нижний зажим и освободить разорванный образец для определения относительного остаточного удлинения. Если разрыв произойдет вне рабочего участка, то такой результат не учитывается.

Оформление результатов испытания

По результатам замеров следует рассчитать (см. табл. 3) следующие физико-механические показатели: условный предел прочности при растяжении и условные напряжения при

Табл. 3. Результаты определения физико-механических показателей резины шифра _____

Режим вулканизации		Номер образца	Ширина рабочего участка, см	Наименьшая толщина образца, см	Площадь поперечного сечения образца, см ²	Нагрузка при заданном удлинении, Н	Разрывная нагрузка, Н
температура, °С	время, мин						

b_0 h_0 $S_0 = b_0 \cdot h_0$ P_0 P_p

Продолжение табл.3

Относительное удлинение при разрыве, %	Относительное остаточное удлинение, %	Условное напряжение при заданном удлинении, МПа	Условная прочность при растяжении, МПа
--	---------------------------------------	---	--

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0}$$

$$\theta = \frac{l_2 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

$$f_\varepsilon = \frac{P_\varepsilon}{S_0}$$

$$f_p = \frac{P_p}{S_0}$$

Примечания: 1. Значение удлинения ε задается преподавателем; 2. l_2 - длина рабочего участка замеренная через 1 мин после разрыва, мм; 3. l_0 - первоначальная длина рабочего участка, мм; 4. l_p - длина рабочего участка образца в момент разрыва, мм; 5. При проведении испытаний на разрывной машине РМИ-60 относительное удлинение образцов резины при разрыве фиксируется по шкале измерителя относительного удлинения и не рассчитывается по приведенной формуле; 6. При обчете окончательных средних значений f_ε и f_p , ε_p и θ составить таблицы перевести f_ε и f_p в систему СИ.

34

35

растяжении; относительное удлинение при разрыве, относительное остаточное удлинение после разрыва образца. Возможен также расчет истинных значений напряжений, включая критическое, однако для практических целей такие расчеты используются редко.

Расчет результатов производится в соответствии с требованиями ГОСТ 269-66 и ГОСТ 270-75, на основании которых средние значения определяются только для конечных результатов, т.е. для f_p , f_ε , ε_p и θ . При расчете окончательных средних значений в расчет принимаются только те образцы, условная прочность которых не отличается более чем на $\pm 10\%$ от первоначального среднего значения условной прочности.

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИН РАЗДИРУ

Материалы, оборудование, приборы, инструменты: резиновые пластины; мыльный раствор или вода; подкладочная пластина; штанцевый нож; вырубной пресс; приспособление для нанесения надрезов; разрывная машина РМИ-60; толщиномер.

Специфическое требование при испытании на раздиры - наличие на образце участка концентрации напряжения, что достигается нанесением надрезов. В реальных условиях эксплуатации концентрация напряжений может возникнуть в результате механических повреждений (порезы, проколы), а также может быть связана с конструкцией изделия (углы, щели и т.д.).

Величина сопротивления раздиру зависит от формы образца для испытания, глубины надрезов, а поэтому получить сравнимые результаты возможно лишь для образцов одного и того же типа. Согласно ГОСТ 262-79, для испытания резины на раздиры могут быть использованы образцы типа А и В, вырубленные из пластин толщиной $2 \pm 0,2$ мм.

При выполнении лабораторной работы вырубаются образцы серповидной формы (типа В).

Порядок проведения работы

1. Вырубить из пластины 5-7 образцов таким образом, чтобы их длина соответствовала направлению каландрового эффекта.
2. Измерить толщину, используя для расчета наименьшую.
3. Нанести в центре внутренней стороны образца надрезы, при этом образец без растяжения прочно закрепить в приспособлении, а лезвия перемещать к нему в горизонтальной плоскости. Лезвия или поверхность образца рекомендуется смачивать водой или мыльным раствором.
4. Выдержать образцы перед испытаниями не менее часа при температуре 22 ± 2 °С.
5. Закрепить без натяжения в зажимах разрывной машины РМИ-60 образец.
6. Измерить при растяжении образца максимальную нагрузку, при которой происходит раздир.

Оформление результатов испытания

Полученные в процессе испытания образцов данные занести в таблицу и рассчитать показатель сопротивления раздиру.

Данные для определения прочностных свойств резиновых смесей

Режим вулканизации		Номер образца	Минимальная толщина образца, см	Максимальная нагрузка, вызывающая раздир, Н	Сопротивление раздиру, МПа	Отклонение от среднего значения, %	Окончательный арифметический показатель сопротивления раздиру, МПа
температура, °С	время вулканизации, мин						

$$h_0 \quad P_p \quad B = \frac{P_p}{h_0}$$

За результат испытания принимают среднее арифметическое показателей не менее чем 3-х образцов, отличающихся от среднего не более чем на $\pm 10\%$.

Контрольные вопросы и задания

1. Основные представления о прочности резин и показатели, характеризующие прочностные свойства.
2. Влияние состава резин и условий проведения испытаний на прочностные свойства.
3. Влияние размеров и формы образцов на прочностные свойства.
4. Зависимость статической прочности резин от структуры вулканизационной сетки.
5. Устройство разрывной машины и порядок проведения испытаний при определении условной прочности при растяжении и при определении сопротивления раздиру в соответствии со стандартными методами.
6. Правила техники безопасности при работе на разрывной машине и вырубном прессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошелев Ф.Ф., Корнев А.Е., Буканов А.М. Общая технология резины. - М. : Химия, 1978.
2. Лекции по курсу «Технология эластомеров». - Мн. : БГТУ, 1997.
3. Резниковский М.М., Лукомская А.И. Механические испытания каучука и резины. - М. : Химия, 1968.
4. Захаров М.Д., Захаркин О.А. и др. Лабораторный практикум по технологии резины. - М. : Химия, 1988.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ВАЛЬ- ЦАХ	4
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАУЧУКОВ И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ.....	10
Лабораторная работа № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ КАУЧУКОВ И РЕЗИНОВЫХ СМЕ- СЕЙ НА СЖИМАЮЩЕМ ПЛАСТОМЕТРЕ ПСМ-2.....	13
Лабораторная работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ КАУЧУКОВ И РЕЗИНОВЫХ СМЕ- СЕЙ ПО ДЕФО.....	16
Лабораторная работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ И СКЛОННОС- ТИ ИХ К ПОДВУЛКАНИЗАЦИИ НА ВИСКОЗИМЕТРЕ МУНИ.....	19
Лабораторная работа № 5. ВУЛКАНИЗАЦИЯ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРЕССЕ С ЭЛЕКТРООБОГРЕВОМ ПО ЗАДАНЫМ РЕЖИМАМ.....	25
2. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ РЕЗИН ПРИ СТАТИЧЕСКОМ РАЗРУШЕНИИ.....	30
Лабораторная работа № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ПРОЧНОСТИ РЕЗИН ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.....	32
Лабораторная работа № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИН РАЗДИРУ.....	35
ЛИТЕРАТУРА.....	37

сбор, 5 мая ?
даль 3 мая ?
ДФТ - 15 ?

ушиков вел. СМО - 25 ?
сера - 5 ?

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛАСТОМЕРОВ

Борзенкова Алевтина Яковлевна

Кудинова Галина Дмитриевна

Редактор О.В. Ромаева. Корректор Т.Е. Векши.

Подписано в печать 4.04.2000. Формат 60x84¹/16.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,6. Усл. кр.-отт. 2,6. Уч.-изд. л. 2,2.

Тираж 100 экз. Заказ 144.

Белорусский государственный технологический университет.

Лицензия ЛВ № 276 от 15.04.98. 220050. Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на роталпринте Белорусского государственного
технологического университета. 220050. Минск, Свердлова, 13.