

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**Физика полимеров и композиционных
материалов**

**Учебно-методическое пособие к лабораторным
работам по дисциплине «Физико-химия материалов»**

Набережные Челны

2017

УДК 691.175.5/.8

Физика полимеров и композиционных материалов: сост.
Романова Н.В., Шафигуллин Л.Н., Гумеров И.Ф., Гумеров
А.Ф. – Набережные Челны: НЧИ (ф) КФУ, 2017. – 22с.

Учебно-методическое пособие по проведению
лабораторных занятий по дисциплине «Физико-химия
материалов» для студентов направления подготовки
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Рецензент: д.т.н., профессор, профессор кафедры
«Материалы, технологии и качества» НЧИ КФУ
Асташенко В.И.

@ НЧИ (ф) КФУ

2017 г.

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа №1 <i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОЛИМЕРОВ (по методу Бринелля)</i>	5
Лабораторная работа №2 <i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ РЕЗИН (по Шору А)</i>	7
Лабораторная работа №3 <i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ</i>	8
Лабораторная работа №4 <i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (по методу Шарпи)</i>	12
Лабораторная работа №5 <i>ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</i>	14
Лабораторная работа №6 <i>СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЛАСТМАССОВОГО ИЗДЕЛИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ</i>	17
Лабораторная работа №7 <i>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКЛЕИВАНИЯ РЕЗИНЫ СО СТАЛЬЮ</i>	18
Список рекомендованной литературы	21

Введение

Основная цель лабораторных и практических работ – углубленное изучение научно-теоретических основ физики, химии и механики полимеров и полимерных композиционных материалов и овладение современными методами, навыками экспериментально исследования свойств материалов с применением современного оборудования.

Перед выполнением лабораторной работы студенту необходимо самостоятельно проработать соответствующий материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Проверка готовности студентов проводится преподавателем перед проведением лабораторных работ путем контрольного опроса.

По окончании лабораторной работы студенты тщательно убирают свое рабочее место.

Отчет о выполненной лабораторной работе оформляется в рабочей тетради и должен содержать:

наименование;

цель работы;

описание установки, приборов, материалов;

методика выполнения работы с указанием ГОСТов, по которым выполнялись те или иные измерения;

краткое содержание работы,

обработка результатов работы;

результаты в виде таблиц, графиков, расчетов;

анализ результатов работы и выводы.

Оформление отчета (текста, заголовков, таблиц, графиков, рисунков) производится при соблюдении ГОСТ 2.106-96.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОЛИМЕРОВ

(по методу Бринелля)

Цель работы: исследование поведения полимеров при механическом вдавлении твердого тела.

Задание:

- приготовить образцы полимерных материалов для испытаний в соответствии с ГОСТ 9012-59;
- провести испытания образцов на приборе ТШ-2М;
- Определить твердость материала по данным испытаний.

Материалы:

Образцы полимерного материала размером толщиной не менее 5 мм и шириной не менее 15 мм.

Оборудование:

- прибор для измерения твердости материалов по методу Бринелля ТШ-2М;
- микроскоп или другое устройство, обеспечивающее измерение отпечатков с точностью 0,05 мм.

Методика проведения эксперимента и обработка результатов
Поверхность образца должна быть сухой и чистой. Для определения твердости тонких листов одного материала их можно накладывать друг на друга до образования слоя достаточной толщины, при этом листы должны плотно прилегать друг к другу.

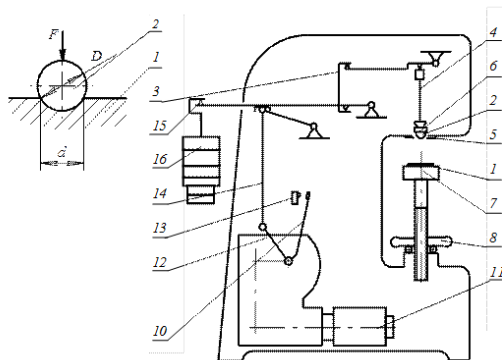


Рис. 1. Схема прибора ТШ-2М

Для измерения твердости по шкале Бринелля на приборе ТШ-2М (рис. 1) проверяемый образец устанавливают на стол 7 и вращением маховика 8 поднимают к шариковому наконечнику 2 до упора в ограничитель 5. Затем нажимают пусковую кнопку и включают привод 11. Кривошип 12, поворачиваясь, опускает шатун 14 и освобождает рычажную систему 3, на конце которой закреплена подвеска 15 со съёмными грузами 16. Груз давит на шпиндель 4 и шариковая оправка 6 внедряется в образец 1. Кривошип 12 поворачивается до тех пор, пока упор 10 не коснется микропереключателя 13 и не изменит вращение привода на обратное. Затем рычажная система возвращается в исходное положение. После испытания (после того, как погаснет лампочка и остановится электродвигатель), которое длится 60 секунд, вращением маховика 8 стол с образцом 7 опускают.

Повторяют испытание, поджав образец на столе к шарикам на расстоянии не менее 7,5 мм от первого отпечатка.

Диаметр отпечатков измеряют с помощью микроскопа, затем определяют среднее арифметическое двух измерений.

Диаметры отпечатков должны находиться в пределах от 0,2 до 0,6 диаметра шарика, в противном случае испытание недействительно.

Твердость по Бринеллю рассчитывают по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \left(\frac{\text{кГ}}{\text{мм}^2} \right),$$

где P – нагрузка на шарик (187,5 кГ);

D- диаметр шарика (10 мм);

d- диаметр отпечатка, мм.

Контрольные вопросы

1. Методы определения твердости полимерных материалов.
2. Сущность метода определения твердости полимеров по Бринеллю.
3. Влияние условий нагружения (начальная нагрузка, скорость) на показатель твердости.

Лабораторная работа № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ РЕЗИН
(по Шору А)

Цель работы: исследование сопротивления резины погружению в нее индентора.

Задание:

- приготовить образцы резины для испытаний в соответствии с ГОСТ 263-75;
- провести испытания образцов на приборе;
- определить твердость материала по данным испытаний.

Материалы:

Образцы резины в виде пластины или шайбы толщиной не менее 6 мм.

Оборудование:

- прибор для измерения твердости ТИР2033;
- толщиномер;
- секундомер.

Методика проведения эксперимента и обработка результатов
Поверхность образца должна быть гладкой, без впадин, трещин, пузырей, пор, царапин, шероховатостей, надрывов, посторонних включений и других дефектов, видимых невооруженным глазом.

Для определения твердости тонких пластин одной резины их можно накладывать друг на друга до образования слоя достаточной толщины, но не более трех, толщина верхнего слоя должна быть не менее 2 мм.

Измеряют толщину образца, округляя результат до целого числа.

Испытуемый образец помещают на гладкую горизонтальную поверхность. Твердомер устанавливают на образец без толчков и ударов в перпендикулярном положении так, чтобы опорная поверхность площадки соприкасалась с образцом.

При внедрении индентора в испытуемый образец стрелка поворачивается на соответствующий угол, выраженный на шкале в единицах твердости по Шору А.

Отсчет значения твердости производят по шкале прибора по истечении (3+1) с с момента прижатия прибора к образцу.

Для образцов, у которых наблюдается дальнейшее отчетливое погружение индентора, показатель отсчитывают по истечении (15 ± 1) с.

Твердость измеряют не менее, чем в трех точках в разных местах образца.

Результаты испытаний сводят в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты испытаний

Обозначение резины	Способ изготовления образца	Толщина образца	Результаты измерения твердости, единиц Шор А			
			1	2	3	Среднее значение

Контрольные вопросы

1. Методы и приборы для контроля качества резиновых смесей.
2. Причины отклонения результатов от установленных норм.

Лабораторная работа № 3 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ** **ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ** **МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ**

Цель работы: исследование поведения полимеров при механическом статическом воздействии.

Задание:

- приготовить образцы полимера для испытания на разрыв в соответствии с ГОСТ 11262-76;
- провести испытания образцов на разрывной машине;
- рассчитать прочностные и деформационные характеристики полимера.

Материалы:

Пластины полимерного материала.

Оборудование:

- микрометр;
- вырубной пресс;

-универсальная испытательная машина LRXplus (рис.3).

Методика проведения эксперимента и обработка результатов
Образцы вырубают на вырубном прессе с помощью штанцевого ножа из полимерных пластин толщиной 1-2 мм. Образцы представляют собой двухсторонние лопатки (рис. 2), на которых наносят метки рабочего участка ($l_0 = 25 \pm 1$ мм) и наружные метки, определяющими положение кромок зажимов на образце ($l_2 = 80 \pm 5$ мм).

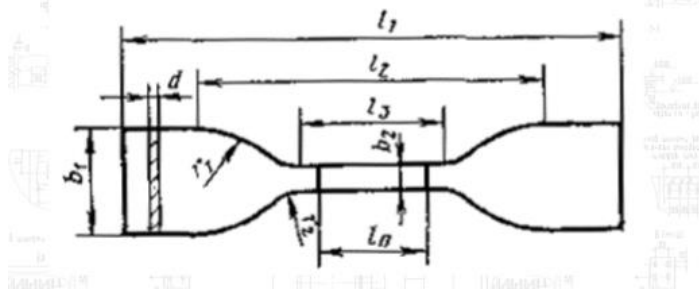


Рис. 2. Образец для испытания

Ширина рабочего участка образца-лопатки соответствует ширине вырубного ножа и равна $6 \pm 0,4$ мм. Толщину образцов измеряют микрометром с точностью до 0,01 мм. Толщина рабочего участка образца может колебаться в пределах 0,1 мм. Образцы не должны иметь дефектов.

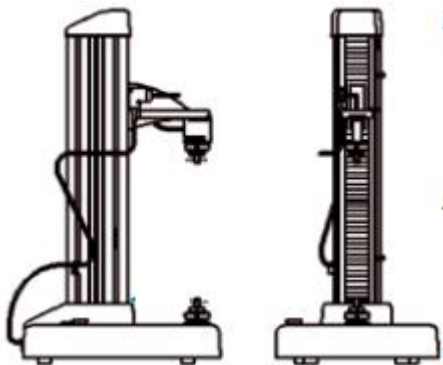


Рис. 3. Общий вид испытательной машины LRXplus

Универсальная испытательная машина LRXplus относится к типу разрывных машин с постоянной скоростью деформации, управляемая с помощью ПК (рис. 3).

С помощью консоли (пульт управления разрывной машины) кнопками \wedge и \vee установить необходимое расстояние между зажимами, используя линейку. Образец полимерного материала закрепляют в верхнем и нижнем захватах по меткам. С помощью ПК в программе управления NEXYGEN (испытания на растяжение) нажать кнопку НОВЫЙ, а затем ПУСК> высвечивается окно для указания параметров образца, заполнить данные образца и нажать ОК. После разрыва образца и остановки машины образец удаляют из захватов.

Через одну минуту после разрыва образца его части помещают на ровную поверхность стола, складывают точно по месту разрыва и измеряют расстояние между метками с точностью до 0,5 мм.

Относительное удлинение при разрыве вычисляют по формуле:

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \times 100\%,$$

где l_p и l_0 – длина рабочего участка в момент разрыва и первоначальная длина образца, мм.

Относительное остаточное удлинение при разрыве вычисляют по формуле:

$$\theta_p = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%,$$

где l_1 – длина рабочего участка после «отдыха» в течение одной мин (по сложенным вместе частям разорванного образца), мм.

Условное разрывное напряжение (условный предел прочности) полимера рассчитывают по формуле:

$$f_p = \frac{P_p}{S_0} (\text{Па}),$$

где P_p – разрывная нагрузка, Н;

S_0 – первоначальная площадь поперечного сечения образца, м^2 .

Условное напряжение при заданном относительном удлинении (100 %, 200%) рассчитывают по формуле:

$$f_\varepsilon = \frac{P_\varepsilon}{S_0} (\text{Па}),$$

Истинные напряжения в отличие от условных напряжений определяют в расчете на площадь поперечного сечения в данный момент времени. Эти показатели связаны соотношениями:

$$\delta_p = f_p \left(\frac{\varepsilon_p}{100} + 1 \right),$$

$$\delta_{\varepsilon} = f_p \left(\frac{\varepsilon_p}{100} + 1 \right),$$

где δ_p – истинное разрывное напряжение (истинный предел прочности);

δ_{ε} – истинное напряжение при заданном относительном удлинении (100%, 200%).

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты испытаний и расчетов

Показатели	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Размеры рабочего участка образца: длина первоначальная, м длина после разрыва, м ширина, м толщина, м Площадь поперечного сечения, м ² Нагрузка, Н, при удлинении 100 % при удлинении 200 % при разрыве Относительное удлинение при разрыве, % Относительное остаточное удлинение при разрыве, % Условное напряжение, МПа, при удлинении 100% при удлинении 200% Условный предел прочности, МПа Истинное напряжение, МПа, при удлинении 100% при удлинении 200% Истинный предел прочности, МПа				

Контрольные вопросы

1. Какие показатели характеризуют физико-механические свойства полимеров?
2. Назовите составляющие общей деформации полимеров.
3. Какие процессы протекают в полимере при растяжении?

4. Как влияет температура и скорость деформирования на деформационные свойства полимеров?

Лабораторная работа № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПОЛИМЕРОВ
И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
(по методу Шарпи)

Цель работы: исследование поведения полимеров при механическом динамическом воздействии.

Задание:

- приготовить образцы полимера для испытания ударом на изгиб в соответствии с ГОСТ 4647-80;
- провести испытания образцов ударом на изгиб на маятниковом копре;
- рассчитать ударную вязкость материала по данным испытаний.

Материалы:

Образцы полимерного материала размером 10x80.

Оборудование:

- микрометр;
- копер маятниковый для испытаний ударом на изгиб.

Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Ударная вязкость определяется на стандартных образцах, изготовленных из испытуемого материала механической обработкой в виде брусков шириной $10,0 \pm 0,5$ мм, толщиной $4,0 \pm 0,2$ и длиной 80 ± 2 мм.

Испытания проводят на трех стандартных образцах. Перед испытанием микрометром измеряют толщину и ширину каждого бруска в его середине с точностью до 0,01 мм и вычисляют площадь их поперечного сечения. Расстояние между опорами должно составлять 70 мм.

Образец кладут на две опоры, расположенные в нижней части маятникового копра так, чтобы удар приходился по ребру бруска. Маятник поднимают до верхнего положения и закрепляют с помощью специальной защелки. Стрелку на шкале устанавливают в исходное положение на ноль, затем освобождают защелку и дают маятнику падать. В нижней точке падения маятник ударяет образец,

разбивает его и отклоняется в другую сторону на определенную высоту, пропорциональную работе, затраченной на разрушение образца, и равную произведению веса маятника на разность высот его центра тяжести до и после испытаний. Одновременно при движении вверх маятник поднимает планку с указателем на высоту, фиксируемую по шкале.

Удельную ударную вязкость материала рассчитывают по формуле:

$$P = \frac{A - A_0}{S},$$

где А- работа, совершенная маятником при разрушении образца, Н·м;

А₀- работа, совершенная маятником при холостом ходе, Н·м;

S- площадь поперечного сечения образца, м².

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты испытаний и расчетов

Показатели	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Размеры образца				
Длина, мм				
Ширина, мм				
Толщина, мм				
Установленное расстояние между опорами, мм				
Работа, совершенная маятником при холостом ходе, Н·м (Дж)				
Работа, совершенная маятником при разрушении образца, Н·м (Дж)				
Удельная ударная вязкость, Дж/м ²				

Контрольные вопросы

1. Каковы виды применяемых нагрузок при определении физико-механических свойств полимеров?
2. Сущность метода определения ударной вязкости полимеров.
3. Методы определения удельной ударной вязкости.

Лабораторная работа № 5 **ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Цель работы: исследование поведения полимеров при температурном воздействии.

Задание:

- получить дериватограммы полимера (кривые ТГ, ДТГ) под наблюдением лаборанта;
- провести термогравиметрический анализ полимера.

Материалы:

Образцы композиционного материала.

Оборудование:

- TG 209 F1 Iris (Netzsch) (рис. 4);
- пресс для закрывания тиглей;
- тигли.

Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Перед началом работы следует прочитать инструкцию по обслуживанию прибора, ознакомиться с его устройством и работой.

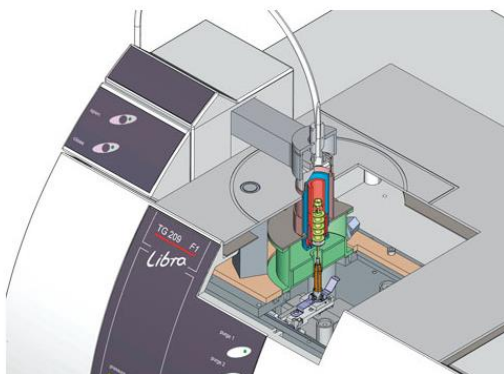


Рис. 4 Общий вид прибора

Поскольку большинство химических превращений при нагревании сопровождается изменением массы, ценную информацию можно получить, если в процессе линейного увеличения температуры образец взвешивать. Этот принцип положен в основу термогравиметрического анализа.

Термогравиметрический анализ (ТГА) заключается в измерении зависимости массы твердого образца от температуры среды, в которую он помещен. Кривая потери массы от температуры (кривая ТГ, рис. 5) имеет вид плато, горизонтальный участок говорит об устойчивости химического соединения в данном температурном интервале и отсутствии химических превращений (при этом физические превращения не исключаются); вертикальный уступ на кривой свидетельствует о химическом разложении материала. Термогравиметрия является ценным методом количественного анализа. По кривой ТГ нетрудно определить потерю массы образца при нагревании (Δm), а эта величина позволяет с помощью несложных химических расчетов определить содержание примесей в анализируемом материале.

При оценке термостойкости определяют температуры начала потери массы, T_0 , потери массы в количестве 5%, T_5 ; 10%, T_{10} ; 20%, T_{20} ; 50%, T_{50} . Термогравиметрический анализ (ТГА) состоит, таким образом, в непрерывном фиксировании изменения массы нагреваемого образца (ТГ, кривая потери массы). ТГА позволяет решать задачи: установления предельной температуры переработки пластмассы в изделия из расплава; выбор добавок по их поведению при нагревании.

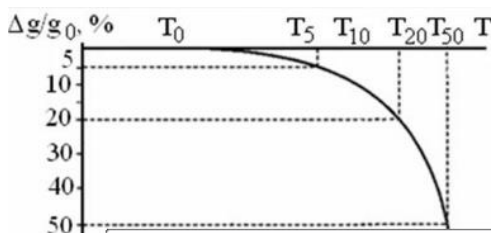


Рис. 5. Кривая потери массы от температуры

Под наблюдением лаборанта проводят анализ образца полимера при повышении температуры (в динамическом режиме) до $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Кривые записываются в программе Proteus как функция определяемой величины от времени (рис. 6).

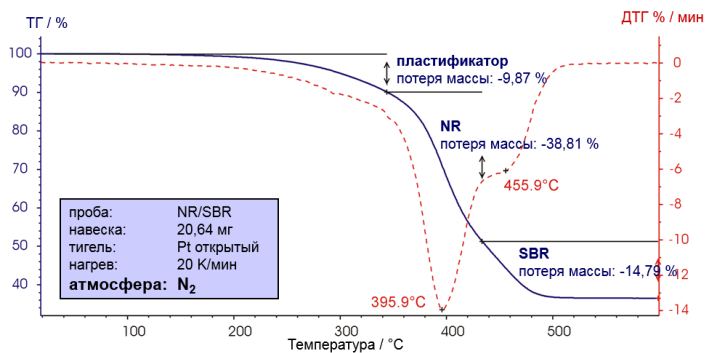


Рис. 6. Кривые ТГ, ДТГ образца резины

Полученные результаты обрабатывают в программе ProteusAnalysis и переводят в кривую зависимости от температуры.

На кривых дифференциально-термического и термогравиметрического анализа отмечают температуры физико-химических переходов и объясняют изменения, происходящие при нагревании исследуемого образца полимера.

Строят график зависимости «потеря массы (%) - температура» и определяют температуру начала потери массы (T_0), потери 10% (T_{10}), 50% массы полимера (T_{50}) и конечную температуру разложения (T_k).

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты испытаний и расчетов

Масса навески полимера, мг	Масса остатка полимера, мг	Температура потери массы, °C			
		T_0	T_{10}	T_{50}	T_k

Контрольные вопросы

1. В чем принцип термогравиметрического анализа (ТГА) полимеров?
2. Какую информацию можно получить в результате термогравиметрического анализа полимеров?
3. Какими температурными характеристиками оценивается термостабильность полимеров?

Лабораторная работа № 6
СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЛАСТМАССОВОГО
ИЗДЕЛИЯ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

Цель работы: оценка морозостойкости пластмассового изделия.

Задание:

- приготовить образец;
- провести испытание образца;
- оценить морозостойкость.

Материалы:

Пластмассовое изделие.

Оборудование:

- камера моделирования условий окружающей среды МКТ 115 BINDER;
- приспособления для испытаний;
- шар массой 0,5 кг (или 0,8 кг).

Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Поместить пластмассовое изделие в холодильную камеру при 20 ± 5 °С, установить температуру в камере минус 50 °С и выдержать не менее трех часов. По истечении требуемого времени извлечь изделие из камеры и установить на приспособление, обеспечивающего установку под углом 45°. Произвести ударную нагрузку путем падения металлического шара массой 0,5 кг с высоты 0,5 м три раза. Провести визуальный осмотр на отсутствие трещин и деформации. Допускается при осмотре использовать лупу.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение морозостойкости полимеров.
2. Методы оценки морозостойкости полимеров.

Лабораторная работа № 7
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКЛЕИВАНИЯ РЕЗИНЫ
СО СТАЛЬЮ

Цель работы: исследование прочности связи резины со сталью Ст3 при отслаивании.

Задание:

- приготовить образцы резины 56 и пластины из Ст3;
- провести склеивание резины со сталью клеем 88-НП-32;
- провести испытания образцов на разрывной машине;
- рассчитать прочностные характеристики.

Материалы:

- пластины резины 56;
- пластины стали Ст.3;
- клей 88-НП-32;
- кисть.

Оборудование:

- ролик массой $(5 \pm 0,2)$ кг;
- разрывная машина Н1КТ (TiniusOlsen).

Методика проведения эксперимента и обработка результатов
Исследования проводят на трех образцах из предварительно подготовленных пластин резины 56 и Ст3 размером: длиной 110 мм, шириной 25 мм и толщиной 4 мм.

Поверхность резины для лучшего сцепления с пластинами обрабатывают шлифовальной шкуркой зернистостью 50-80 по ГОСТ 5009-82, после чего поверхность резины и металла обезжиривают бензином- растворителем и сушат 10 мин. На поверхности металла и резины с помощью кисти наносят по два слоя клея. Сушку первого слоя производят до полного высыхания клея не менее 10 мин, сушку второго слоя производят течение 2 мин до перехода клеевой пленки в слегка липкое состояние. Образцы прикатывают гладким роликом пять раз в каждом направлении без дополнительного нажима. Прикатку производят двукратно с интервалом 20 мин, после чего образцы выдерживают без груза 24 ч.



Рис. 7. Общий вид разрывной машины НІКТ

Запускают программу Horizon. На поле НАГРУЗКА нажимают на 0, устанавливают необходимое расстояние между зажимами с помощью стрелок $\uparrow\downarrow$ и кнопки X, фиксируют положение зажимов (на поле ХОД ЗАХВАТА нажать 0).

Металлическую пластину закрепляют в неподвижном зажиме разрывной машины, а длинный конец резиновой полоски - в подвижном зажиме.

На поле НОВОЕ ИСПЫТАНИЕ вводят данные образца. Затем начинают испытания, нажав на кнопку с зеленой стрелкой. Производят отслаивание на участке длиной не менее 50 мм.

При отслаивании записывают не менее пяти максимальных и пяти минимальных показаний силы. При этом первый максимум не учитывают.

Если в процессе испытания не удалось записать необходимого числа показаний из-за обрыва резины, то в протоколе испытаний записывают все максимальные и минимальные значения, которые удалось записать, включая значение силы, при котором произошел обрыв.

После разрыва образца и остановки машины образец удаляют из зажимов.

Показатель прочности связи резины с металлом каждого образца (σ) в Н/мм вычисляют по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{b},$$

где F - средняя сила отслаивания каждого образца, Н;
b - ширина образца, мм (см).

Среднюю силу отслаивания каждого образца вычисляют как среднее арифметическое не менее 10 показателей. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение показателей прочности связи резины с металлом всех испытанных образцов.

Характер разрушения образца указывают следующими обозначениями:

Р- разрушение по массиву резины;

РК- разрушение на границе резина - клей;

К- разрушение произошло по клею.

При наличии нескольких видов разрушения следует отметить характер разрушения образца. Характер разрушения образца определяют визуально и ориентировочно выражают в процентах, например: 20% Р, 30% РК, 40% К.

Результаты испытаний и расчетов сводят в таблицу 5.

Таблица 5. Результаты испытаний и расчетов

Показатели	Образцы			Среднее значение
	1	2	3	
Ширина образца, мм Средняя сила отслаивания, Н Прочности связи резины с металлом, Н/мм Характер разрушения образца и выражение его в процентах				

Контрольные вопросы

1. Виды разрушения клеевого соединения.
2. Физические и химические процессы, протекающие при склеивании.

Список рекомендованной литературы

1. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы Введен с 01.07.1997. М.: Изд-во стандартов, 2001
2. ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод определения твердости по Бринеллю; Введен с 01.01.1960. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2007
3. ГОСТ 263-75 Резина. Метод определения твердости по Шору А; Введен с 01.01.1977. М.: Изд-во стандартов, 1989
4. ГОСТ 11262-80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение; Введен с 01.12.1980. М.: Изд-во стандартов, 1986
5. ГОСТ 4647-80 Метод определения ударной вязкости по Шарпи; Введен с 01.06.1981. М.: Изд-во стандартов, 1980
6. ГОСТ 411-77 Резина и клеи. Методы определения прочности связи с металлом при отслаивании; Введен с 01.07.1978. М.: Изд-во стандартов, 2002
7. ТУЗ8 105268-88 Клеи 88-НП-26, 88-НП-32 и 88-НП-43
8. Адашкин А. М. Материаловедение и технология материалов [Текст] : [учебное пособие] / А. М. Адашкин, В. М. Зуев. - Москва : ФОРУМ, 2013. - 336 с. (15 экз.)
9. Материаловедение и технология материалов [Текст] : учебное пособие для бакалавров / [авт. кол.: А. И. Батышев и др.]; под ред. А. И. Батышева, А. А. Смолькина. - Москва : ИНФРА-М, 2012. - 288 с. (17 экз.)
10. Материаловедение и технология материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Под ред. А.И. Батышев, А.А. Смолькин. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 288 с. - (Высшее образование : Бакалавриат). - В пер. - ISBN 978-5-16-004821-5. - Режим доступа : <http://znanium.com/bookread.php?book=397679>
11. Тарасенко Л. В. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Л. В. Тарасенко, С. А. Пахомова, М. В. Унчикова, С. А. Герасимов; под ред. Л. В. Тарасенко. - Москва : НИЦ Инфра-М, 2012. - 475 с.- (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004868-0. - Режим доступа : <http://znanium.com/bookread.php?book=257400>.
12. Тагер А.А. Физико-химия полимеров: учебное пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М. : Научный мир, 2007. - 573с.
13. Тугов И.И. Химия и физика полимеров: учебное пособие для вузов. / И.И. Тугов, Г.И. Кострыкина. - М.: Химия, 1989. - 432 с.
14. Бергштейн Л.А. Лабораторный практикум по технологии резины: учебное пособие для техникумов.- Л.: Химия, 1989.-248 с.

Подписано в печать _____
Формат 60x84/16 Бумага офсетная Печать ризографическая
Уч.-изд.л. 1,4Усл.-печ.л. 1,4 Тираж 50 экз.
Заказ _____
Издательско-полиграфический центр
Набережночелнинского института
Казанского (Приволжского) федерального университета

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19
тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru