

**Федеральное агентство по образованию
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
(ТУСУР)**

**ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
механике и прикладной механике
для студентов всех специальностей

Томск
2011

Федеральное агентство по образованию
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
(ТУСУР)

ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
механике и прикладной механике
для студентов всех специальностей

Разработчик
Доцент кафедры
механики и графики
_____ Реутов А.И.

" ____ " _____ 2011 г.

Томск
2011

АННОТАЦИЯ

Методические указания составлены в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по курсам «Механика» и «Прикладная механика»

Методические указания направлены на закрепление лекционного материала, изучение и углубление знаний по практическому применению и основам расчета и проектирования механизмов машин и приборов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Цель работы	3
2. Статические испытания	3
3. Описание разрывных машин	8
4. Испытание на растяжение проволоки	10
5. Порядок проведения испытаний образцов из проволоки	10
6. Испытание на растяжения образцов из полимерных материалов	13
7. Порядок проведения испытаний	14
8. Контрольные вопросы	15
9. Содержание отчета	15
10. Литература	16
11. Приложение 1	17
12. Приложение 2	18

ВВЕДЕНИЕ

Создание современных высоконадежных машин, приборов и аппаратов возможно лишь при использовании оптимальных для данных условий конструкционных материалов. Основные материалы в приборо- и машиностроении – это металлы, сплавы, пластмассы, керамические и композиционные материалы. При проектировании и расчете деталей, подвергающихся воздействию статических, динамических, вибрационных и других нагрузок, необходимо учитывать механические характеристики конструкционных материалов, из которых эти детали изготовлены.

Для получения такого рода характеристик применяют различные методы испытаний. Наибольшее распространение получили методы механических испытаний на растяжение, которые отличаются относительной простотой, и по результатам которых можно судить о поведении материалов при более сложных видах нагружения.

Испытания на статическое растяжение образцов из металлов рассматриваются в разделах 4 и 5, а испытания образцов из конструкционных пластмасс в разделах 6 и 7 данных методических указаний.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1 Ознакомиться с устройством и принципом действия разрывной машины Р - 5 и машины разрывной для испытания пластмасс 2166 Р-5.

1.2 Научиться определять основные механические характеристики конструкционных материалов при статических испытаниях на растяжение.

2. СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Оценку прочности начинают с выбора расчетной модели. Модель стержня или бруса широко используется в расчетах на прочность винтов, болтов, ремней передач, стержней ферм крепления антенн и др.

Статическими испытаниями называются такие испытания, при которых образцы из исследуемого материала подвергают воздействию постоянной силы или силы возрастающей весьма медленно. Испытание на растяжение является одним из информативных методов испытания материалов. Метод основан на растяжении испытуемого образца с установленной скоростью деформирования при котором определяются прочностные и деформационные характеристики материалов.

Испытание проводится в условиях одноосной нагрузки, на определенных образцах, заданных климатических условиях и скорости раздвижения захватов.

Испытания на растяжение специально изготовленных стандартных образцов проводят на разрывных машинах.

При растяжении стержня в его поперечном сечении возникает нормальное напряжение σ , равное отношению растягивающего усилия F к площади поперечного сечения A стержня

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Абсолютным удлинением стержня Δl называется разность между длиной бруса l_k после приложения нагрузки и первоначальной длиной l_0

$$\Delta l = l_k - l_0$$

Относительным удлинением или деформацией ε называется отношение абсолютного удлинения к первоначальной длине

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Между напряжением σ и деформацией ε существует зависимость, носящая название закона Гука

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

Коэффициент пропорциональности E называется модулем Юнга или модулем продольной упругости первого рода и является физической постоянной для данного материала при данных условиях.

Поведение материала при растяжении хорошо иллюстрирует диаграмма в координатах «напряжение - деформация». Ее получают обычно из диаграммы «сила растяжения F – абсолютное удлинение образца Δl », которая вычерчивается самопишущим прибором разрывной машины. Диаграмму в координатах «напряжение - деформация» получают пересчетом, откладывая по оси абсцисс значения $\sigma = \frac{F}{A_0}$, а по оси ординат значения $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$.

Такая диаграмма не зависит от размеров образцов и может служить для сравнения механических характеристик различных материалов.

На рис. 1 приведена диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали с указанием ее характерных точек. По вертикальной оси диаграммы показана растягивающая нагрузка, а по горизонтальной - соответствующее изменение длины образца.

На начальном участке диаграммы между силой и удлинением соблюдается прямая пропорциональная зависимость - образец подчиняется закону Гука.

Наибольшее напряжение до которого материал следует закону Гука, называется пределом пропорциональности $\sigma_{пу}$.

В точке А диаграммы закон Гука нарушается: зависимость между силой и удлинением становится нелинейной.

Пределом упругости называется такое напряжение, при котором в материале появляется остаточная деформация, равная наперед заданной малой величине (0,002 – 0,005% первоначальной длины образца). Экспериментально предел

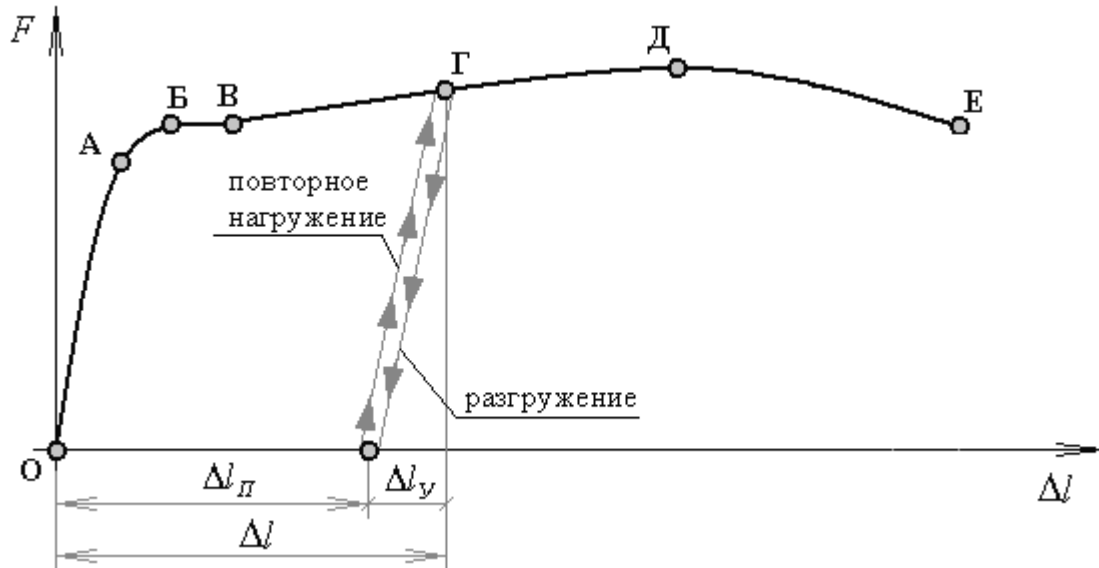


Рис. 1 Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали

упругости определить сложно, поэтому его считают совпадающим с пределом пропорциональности. Далее, с повышением напряжения диаграмма отклоняется от прямой, плавно поворачиваясь вправо к точке Б.

На диаграмме имеется горизонтальный участок (участок БВ), называемый площадкой текучести. В этой стадии испытания образец удлиняется (деформируется) практически при постоянной силе. Это явление называется текучестью, при этом образец деформируется равномерно и по всей длине рабочей части. При этом образец приобретает остаточные деформации, т. е. деформации, остающиеся в образце после снятия нагрузки.

Предел текучести является важной характеристикой механических свойств материала. Многие материалы не имеют ярко выраженного предела текучести. Для таких материалов за предел текучести принято считать напряжение, при котором остаточное относительное удлинение, равно 0,2%. В точке В площадка текучести заканчивается и начинается участок упрочнения.

За пределом текучести диаграмма растяжения изменяется и деформации образца начинают расти быстрее напряжений. Точка Д соответствует наибольшему значению растягивающего усилия. Напряжение, соответствующее отношению наибольшего растягивающего усилия к первоначальной площади поперечного сечения образца, называется пределом прочности или временным сопротивлением и обозначается σ_b .

После достижения предела прочности постепенно начинает образовываться местное сужение, называемое шейкой и при напряжении, соответствующему точке Е, происходит разрыв образца. Многие материалы разрушаются без образования шейки. Предел прочности имеет важное значение, особенно, для хрупких материалов.

Если при испытании на растяжение, разгрузить образец, например, в точке Г диаграммы, то окажется, что диаграмма разгрузки и диаграмма предыдущего нагружения не совпадают. Линия разгрузки в этом случае - прямая, параллельная начальному линейному участку диаграммы растяжения образца. В этом случае удлинение Δl , полученное на этапе нагружения полностью не исчезает. Оно лишь уменьшается на величину упругой составляющей Δl_y , а остаточная (пластическая) составляющая Δl_{pl} остается. При повторном нагружении диаграмма до точки Г совпадает с линией разгрузки, а затем будет совпадать с диаграммой растяжения образца при однократном нагружении, т.е. материал приобретает способность воспринимать без остаточных деформаций большие нагрузки. Повышение упругих свойств материала в результате предварительного пластического деформирования называется наклепом или нагартовкой.

На рис. 2 показаны типичные кривые деформирования при растяжении образцов из материалов сталь 30 и сталь 40Х в координатах «напряжение - деформация».

Если напряжения не превышают $\sigma_{пц}$ - предела пропорциональности (точка 1 на диаграмме), и зависимость между напряжениями и деформациями линейна, то она описывается законом Гука $\sigma = \varepsilon \cdot E$, где E - модуль продольной упругости материала. Размерность модуля упругости - Н/м² (Паскаль). Значение модуля упругости E на кривой деформирования численно равно тангенсу угла наклона линейного участка: $E = tg\beta$. Физический смысл коэффициента E определяется как напряжение, необходимое для увеличения длины образца в два раза. Величина упругой деформации у большинства твердых тел редко достигает даже 1 %.

Напряжения, являющиеся верхней границей проявления чисто упругих деформаций, соответствуют точке 2 диаграммы и называются пределом упругости $\sigma_{упр}$.

Точка 3 диаграммы характерна тем, что при достижении напряжениями величины $\sigma = \sigma_T$ (σ_T - предел текучести), дальнейшее удлинение образца (для малоуглеродистых сталей) происходит практически без увеличения нагрузки.

Это явление носит название текучести, а участок диаграммы, расположенный непосредственно правее точки 3, называется площадкой текучести. При этом полированная поверхность образца мутнеет, докрывается сеткой линий (линии Чернова-Людерса), расположенных под углом 45° к продольной оси образца по направлению плоскостей действия максимальных касательных напряжений.

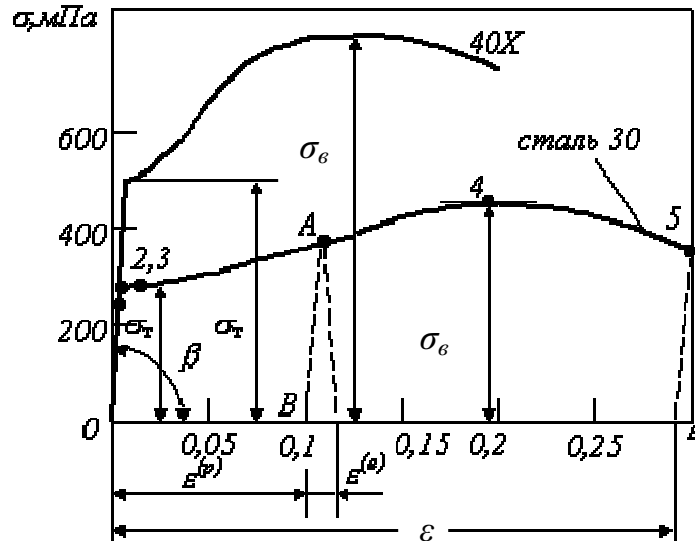


Рис. 2 Диаграмма растяжения стали 30 и стали 40X

После площадки текучести для дальнейшего увеличения деформации необходимо увеличение растягивающей силы. Материал снова проявляет способность сопротивляться деформации; участок за площадкой текучести (до точки 4) называется участком упрочнения. Точка 4 соответствует максимальной нагрузке, выдерживаемой образцом. Соответствующее напряжение называется временным сопротивлением σ_6 или пределом прочности σ_6 . Дальнейшая деформация образца происходит без увеличения или даже с уменьшением нагрузки вплоть до разрушения (точка 5). Точке 4 на диаграмме соответствует начало локального уменьшения размеров поперечного сечения образца (образование шейки), где, в основном, сосредоточивается вся последующая пластическая деформация.

Если в точке *A* на рис. 2 снять нагрузку, то разгрузка образца пойдет по линии *AB*, параллельной линейному участку диаграммы. При этом полная деформация равна:

$$\varepsilon = \varepsilon^{(e)} + \varepsilon^{(p)},$$

где $\varepsilon^{(e)} = \sigma / E$ — упругая деформация, $\varepsilon^{(p)}$ — пластическая (остаточная деформация).

3. ОПИСАНИЕ РАЗРЫВНЫХ МАШИН

При испытании на разрывной машине стандартный образец закрепляется в захватах и растягивается с постоянной скоростью движения подвижного захвата. В редких случаях, при испытании с постоянной скоростью нагружения скорость движения подвижного захвата регулируется по скорости нарастания нагрузки.

В зависимости от жесткости силоизмерителя, разрывные машины разделяются на разрывные машины с жестким и нежестким датчиком силы.

У разрывных машин с жестким датчиком силы смещение зажима связанного с силоизмерителем составляет не более 0,5 мм. У машин с нежестким датчиком силы смещение зажима связанного с силоизмерителем больше 0,5 мм. В разрывных машинах с жестким силоизмерителем используют торсионные и электронные (тензометрические, индуктивные, емкостные и др.) датчики силы. Маятниковые силоизмерители относятся к нежестким датчикам силы и в зависимости от конструкции имеют смещение от 1 до 30-40 мм при максимальном значении нагрузки.

В качестве испытательных машин применяются разрывные и универсальные испытательные машины всех систем при условии соответствия их требованиям ГОСТ 7855-84 и ГОСТ 1497-84.

Статические испытания на растяжение производятся созданием больших разрывных усилий посредством механических передач или гидросистемы. Действие машин с механической передачей усилия можно представить на примере испытательной машины Р-5, рис. 3.

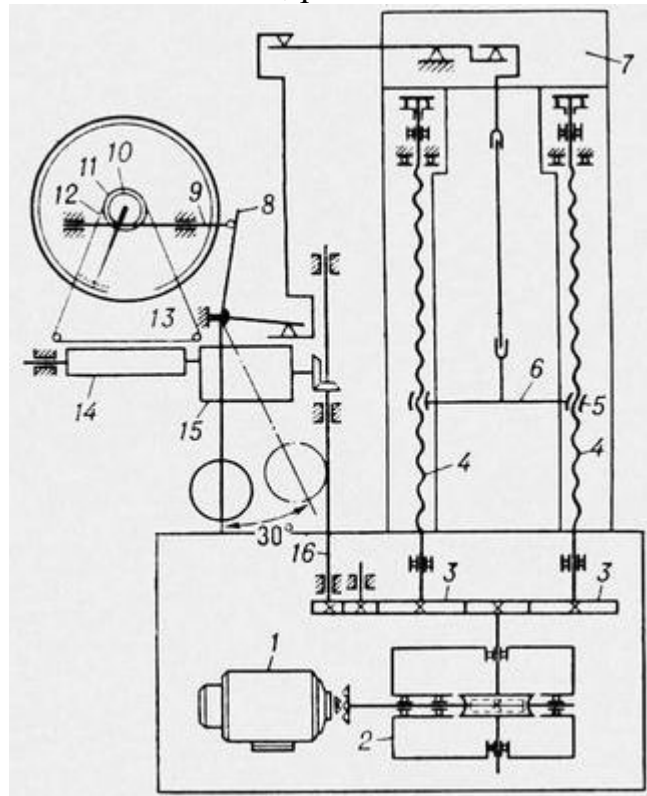


Рис.3 Кинематическая схема разрывной машины Р-5

Машина включает следующие основные узлы: 1 — электродвигатель; 2 — силовой редуктор; 3 — цилиндрические шестерни; 4 — вращающиеся винты; 5 — гайки подвижной траверсы; 6 — подвижная траверса; 7 — неподвижная траверса; 8 — поводок; 9 — рейка; 10 — шестерня реечной передачи; 11 — шкив; 12 — тросик; 13 — перо; 14 — барабан лентопотяжного механизма; 15 — редуктор масштаба записи; 16 — валик.

Разрывная машина Р-5 имеет диаграммный аппарат, записывающий процесс в координатах «нагрузка — удлинение». Запись деформации производится от подвижного захвата. Предельное усилие нагружающих устройств – 5 кН. Погрешности показаний приборов для измерения усилия $\pm 1\%$, а погрешность записи на диаграммном аппарате $\pm 2\%$.

Разрывная машина для испытания пластмасс 2166 Р-5, рис. 4 предназначена для испытания пластмасс на растяжение, сжатие, изгиб, гистерезис, малоцикловые усталостные испытания по нагрузке, перемещению и деформации при нормальной температуре.

Наибольшая предельная нагрузка – 5 кН с диапазонами измерения 50 Н, 500 Н и 5 кН. Тип силоизмерителя – тензорезисторный. Предел допускаемого значения погрешности силоизмерителя при нагружении $\pm 1\%$ от измеряемой нагрузки. Скорость рабочего хода активного захвата от 1 до 1000 мм/мин. Номинальная цена наименьшего разряда измерителя перемещения активного захвата 0,1 мм. Пределы допускаемой погрешности измерителя перемещения активного захвата $\pm 0,3$ мм.

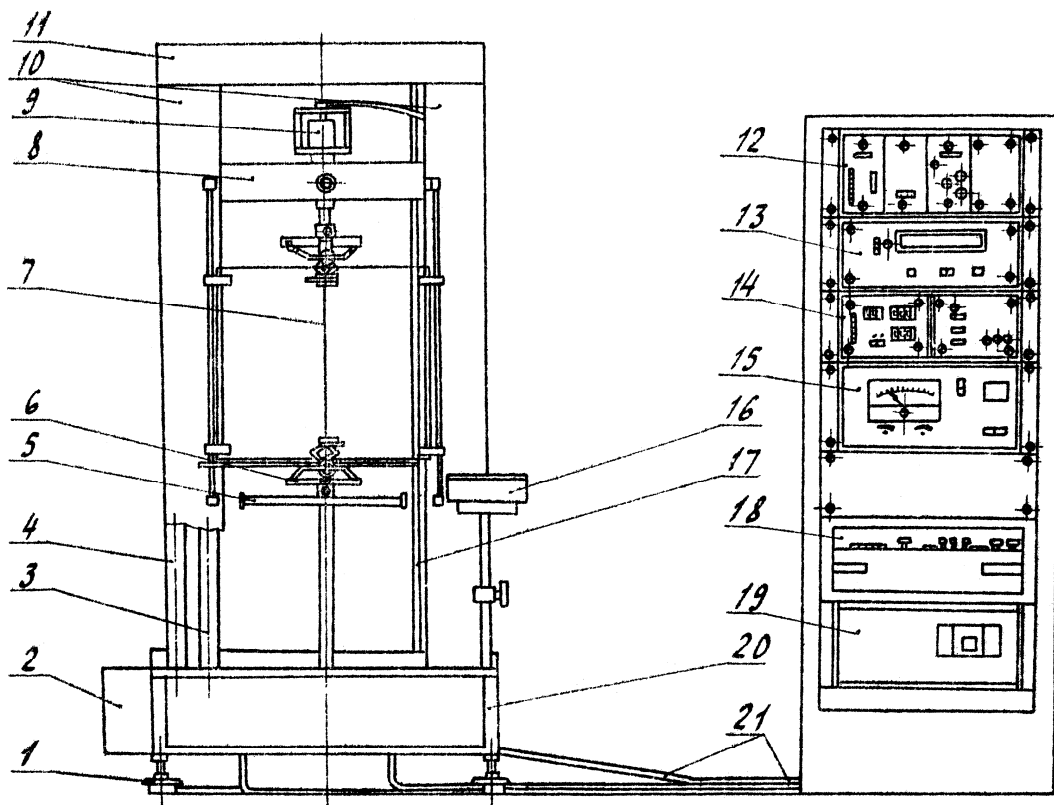


Рис. 4 Разрывная машина для испытания пластмасс 2166 Р-5

Разрывная машина состоит из следующих узлов: виброопор 1, на которых установлена машина; каркаса 20 с приводом и узлом нагружения; ограничителя хода 17 для отключения привода при достижении подвижной траверсой крайних положений; направляющих 3; ходовых винтов 4; стола 5,

используемого при работе в нижней зоне; захватов 6 для закрепления образцов 7; системы измерения деформации подвижной траверсы 8; силоизмерительного датчика 9; ограждений 10 для обеспечения безопасности работы ходовых винтов; неподвижной траверсы 11; кнопочной станции 16 для управления работой разрывной машины.

В состав пульта управления разрывной машины входят блок аналого-цифрового преобразователя 12; блок индикации 13; блок циклирования 14; блок автоматики 15; графопостроитель 18 и блок питания 19. Разрывная машина соединена с пультом управления соединительными устройствами 21.

4. ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРОВОЛОКИ

В приборах, устройствах, машинах широкого применения различного вида кабели, провода, проволока. ГОСТ 10446-80. Проволока. Методы испытания на растяжение – устанавливает методы статических испытаний проволоки цветных и черных металлов и их сплавов диаметром до 16 мм на растяжение. Определяются следующие характеристики механических свойств:

- Предел пропорциональности;
- Предел текучести;
- Временное сопротивление;
- Относительное удлинение;
- Относительное сужение после разрыва.

В качестве образцов для испытаний берутся отрезки проволоки с рабочей длиной 100-200 мм. Измерение начальной и конечной расчетной длины производят с точностью до 0,1 мм. Диаметр проволоки более 1 мм измеряется с точностью до 0,01 мм. Каждое измерение в средней рабочей части проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях, за расчетное берут среднее арифметическое.

6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПРОВОЛОКИ

1. На образце длиной 180-200 мм наносятся две метки на расстоянии $l_0 = 100$ мм. Измеряется начальный диаметр проволоки в серединной части и вычисляется начальная площадь поперечного сечения A_0 .
2. Образец закрепляется в зажимах. Для исключения краевых эффектов расстояние между зажимами устанавливается 115-120 мм.
3. На диаграммный барабан устанавливается диаграммная бумага, стрелка силоизмерителя устанавливается на «0», перо записывающего устройства подводится к барабану до соприкосновения. Испытания проводятся для двух-трех образцов.
4. Включением двигателя разрывной машины осуществляется нагружение образца до разрыва. Диаграмма «усилие - абсолютная удлинение»

вычерчивается на бумаге автоматически. Шкала силоизмерительного прибора проградуирована в ньютонах. В зависимости от материала образца используют различные шкалы: А, В и С, переход от одной шкалы к другой осуществляется с помощью замены дисков на маятнике силоизмерительного механизма.

5. На полученной диаграмме $F-\Delta l$ отмечаются характерные точки (см. раздел 3 и рис. 1); $F_{mц}$ – нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности, Н; F_T – нагрузка, соответствующая пределу текучести нагрузка, Н; F_{max} – нагрузка, соответствующая пределу прочности, Н.
6. Значения напряжений вычисляются по формулам:

$$\sigma_{mц} = \frac{F_{mц}}{A_0},$$

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0},$$

$$\sigma_\sigma = \frac{F_{max}}{A_0},$$

где $\sigma_{mц}$ – предел пропорциональности, МПа;

σ_T – предел текучести, МПа;

σ_σ – предел прочности, МПа.

7. Допускаемое напряжение для пластических материалов определяется по пределу текучести:

$$[\sigma] = \frac{F_T}{n},$$

для хрупких материалов по пределу прочности:

$$[\sigma] = \frac{F_{np}}{n},$$

где n – коэффициент запаса прочности, зависящий от степени ответственности и условий работы элемента конструкции, материала, термической обработки и других факторов. Значение n выбирается от 1,5 до 3,0.

Допускаемое напряжение – это такое напряжение, при котором гарантируется нормальное функционирование элемента конструкции, находящегося под действием расчетной нагрузки.

8. Относительное удлинение δ после разрыва

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%,$$

где δ определяется из диаграммы,

l_0 , l_k – начальная длина и длина после разрыва.

9. Относительное сужение ψ

$$\psi = \frac{A_0 - A_K}{A_0} \cdot 100\% ,$$

где A_0 , A_K – начальная площадь поперечного сечения образца и площадь поперечного сечения образца после разрыва.

10. Полученные результаты вычислений заносятся в протокол испытаний (приложение 1).

5. ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Комплекс механических свойств, определяющих функциональные возможности деталей из пластмасс, определяются из испытаний на растяжение. Такой метод испытаний регламентирован ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Методы испытания на растяжение. Согласно этому стандарту можно применять образцы пяти типов с плоскими и круглыми поперечными сечениями различных размеров. Для отработки рецептуры материала, режимов переработки и в работах с научно-исследовательскими целями рекомендуется применять образцы, имеющие уменьшенные размеры (рис. 5).

Измерение удлинения таких образцов допускается проводить по измерению расстояния между зажимами, при этом относительное удлинение должно быть больше 10%. Образцы отбираются не имеющие дефектов поверхности в виде пузырьков, трещин и т.п. Испытания проводят при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, если нормативно-технической документацией на материал нет других указаний. Размеры образца типа 5 по ГОСТ 11262-80 следующие: общая длина образца $l_1 = 80$ мм, длина рабочей части $l_3 = 40 \pm 0,5$ мм, расчетная длина $l_0 = 25 \pm 0,5$ мм, расстояние между метками, определяющими положение кромок зажимов на образце $l_2 = 52 \pm 1$ мм. Образец имеет прямоугольное поперечное сечение шириной $b_2 = 5 \pm 0,2$ мм и толщиной $d = 2$ мм, ширина головки $b_1 = 11 \pm 0,2$ мм. Радиусы закругления $r = 6 \pm 0,2$ мм.

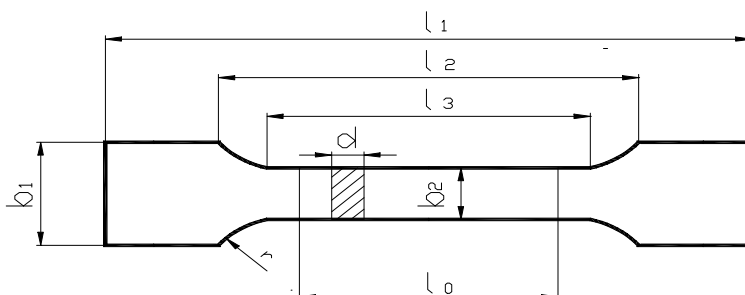


Рис.5 Форма и размеры образца по ГОСТ 11262-80 – тип 5.

Толщину и ширину образцов измеряют в трех местах: в середине и по краям рабочей части образца. По полученным значениям вычисляют средние арифметические величины, по которым вычисляют начальное поперечное сечение. Образцы, у которых максимальное и минимальное значения толщины и ширины отличаются более чем на 0,2 мм, не испытывают. Образцы кондиционируют по ГОСТ 12423-66 не менее 16 часов при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$. Испытания проводят при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$,

На рис. 3 показаны типичные кривые при испытании полимерных образцов на растяжение.

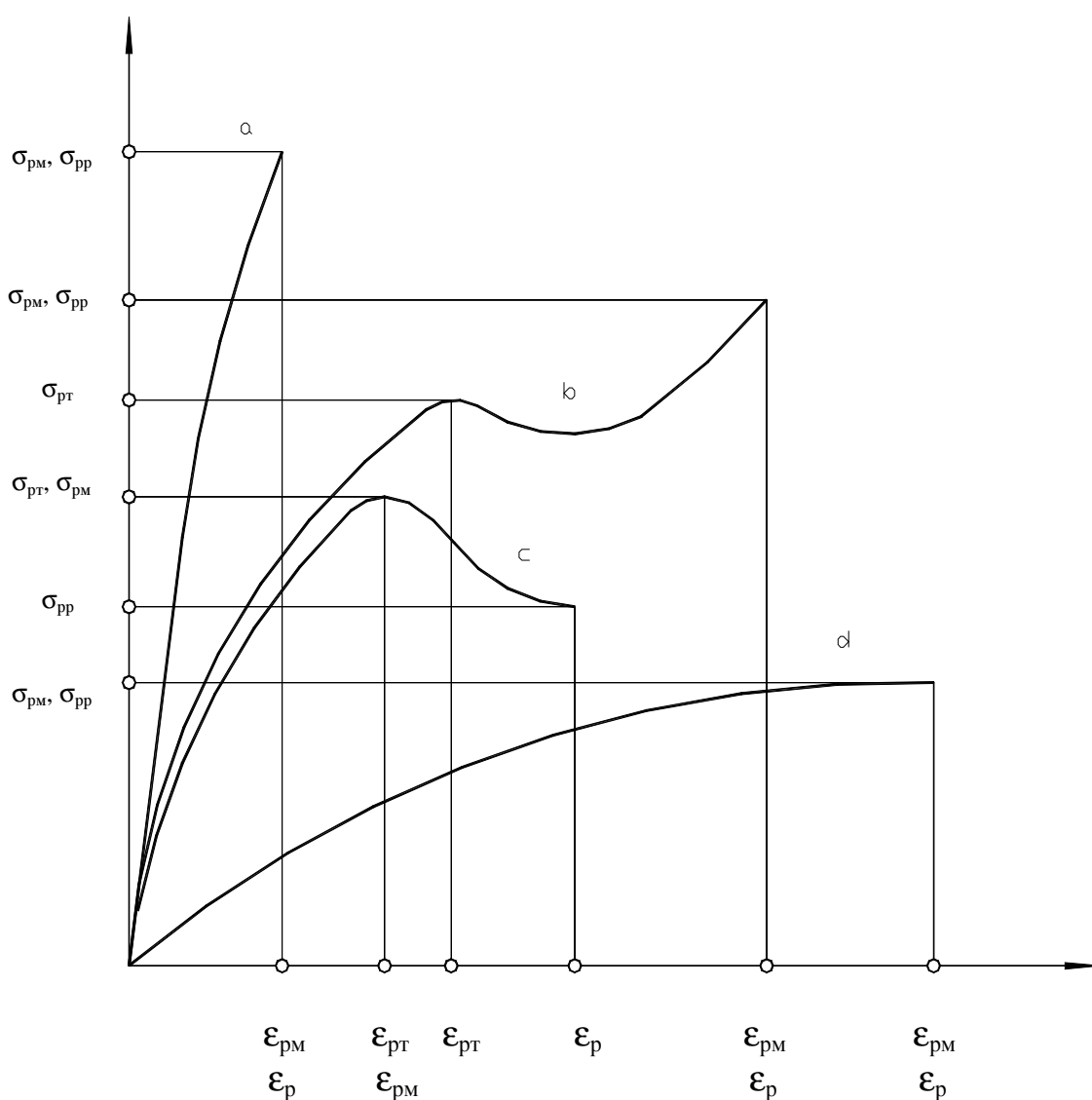


Рис. 6 Типичные кривые «напряжение – деформация» для полимерных материалов. Кривая а – хрупкие материалы. Кривая б и с – пластичные материалы с пределом текучести. Кривая д – пластичные материалы без предела текучести.

6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

1. Измеряют толщину и ширину рабочей части образца в трех местах и определяют среднее арифметическое значение площади начального поперечного сечения A_0 , мм².
2. Устанавливают диаграммную бумагу на диаграммный барабан. Образцы в зажимах разрывной машины закрепляют так, чтобы расстояние между зажимами было равно 52 мм. Включением двигателя осуществляют нагружение образца до разрушения.
3. На полученной диаграмме « $F-\Delta l$ » отмечают характерные точки в соответствии с рис.б.

4. Прочностные характеристики (σ) в МПа вычисляют по формулам:

Прочность при растяжении (σ_{pm})

$$\sigma_{pm} = \frac{F_{pm}}{A_0}$$

Прочность при разрыве (σ_{pp})

$$\sigma_{pp} = \frac{F_{pp}}{A_0}$$

Предел текучести при растяжении (σ_{pm})

$$\sigma_{pm} = \frac{F_{pm}}{A_0}$$

Условный предел текучести (σ_{pmu})

$$\sigma_{pmu} = \frac{F_{pmu}}{A_0}$$

где F_{pm} – максимальная нагрузка при испытании на растяжении, Н;

F_{pp} – нагрузка, при которой образец разрушился, Н;

F_{pm} – растягивающая нагрузка при достижении предела текучести, Н;

F_{pmu} – растягивающая нагрузка при достижении условного предела текучести, Н;

A_0 – начальное поперечное сечение образца, мм².

Деформационные характеристики (ε) в процентах вычисляют по формулам :

Относительное удлинение при максимальной нагрузке

$$\varepsilon_{pm} = \frac{\Delta l_{pm}}{l_0} 100,$$

Относительное удлинение при разрыве

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l_p}{l_0} 100,$$

Относительное удлинение при пределе текучести

$$\varepsilon_{pT} = \frac{\Delta l_{pT}}{l_0} 100,$$

где Δl_{pM} – изменение расчетной длины образца, в момент достижения максимальной нагрузки, мм;

Δl_p - изменение расчетной длины образца, в момент разрыва, мм;

Δl_{pT} - изменение расчетной длины образца, в момент достижения предела текучести, мм;

l_0 – начальная расчетная длина, мм.

4. Результаты испытаний записывают в протокол (приложение 2).

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие существуют виды деформации?
2. Какие испытания называют статическими?
3. Как определяется нормальное напряжение при растяжении?
4. Сформулируйте закон Гука для растяжения.
5. Опишите диаграмму растяжения малоуглеродистой стали.
6. При какой нагрузке на образце возникает шейка?
7. Чем определяется выбор коэффициента запаса прочности?
8. Что называется допусковым напряжением?
9. Объяснить принцип действия разрывной машины.
10. Как определяется коэффициент запаса прочности для хрупких и пластичных материалов?

9. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Титульный лист.
2. Цель лабораторной работы.
3. Основные определения и формулы.
4. Диаграмма растяжения образцов из проволоки.
5. Диаграмма растяжения образцов из полимерных материалов.
6. Протокол механических испытаний.

10. ЛИТЕРАТУРА

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов.- М.: Наука, 1979.-560 с.
2. Степин П.С. Сопротивление материалов.- М.: Высшая школа, 1979.-312 с.
3. ГОСТ 10446-80. Проволока. Методы испытания на растяжение.
4. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Методы испытания на растяжение.
5. Шапин В. И. Прикладная механика.<http://sapr.mgsu.ru/biblio/mexanika/Contents.html>
6. Деформирование твердого тела. <http://lud.bmstu.ru/sopromat/demo/theor1/htm>

Протокол механических испытаний на разрывной машине

Р-0,5 по ГОСТ 10446-80

Материал образца		
Начальная длина l_0 , мм		
Конечная длина l_k , мм		
Начальная площадь A_0 , мм ²		
Конечная площадь A_k , мм ²		
$F_{пл}$, Н		
F_T , Н		
F_{max} , Н		
$\sigma_{пл}$, МПа		
σ_T , МПа		
σ_6 , МПа		
Коэффициент запаса прочности n		
Допускаемое напряжение $[\sigma]$, МПа		
Относительное удлинение δ , %		
Относительное сужение ψ , %		

Протокол механических испытаний на разрывной машине Р-0,5

по ГОСТ 11262-80

Материал образца (номер)		
Начальная длина l_0 , мм		
Начальная площадь A_0 , мм ²		
F_{PM} , Н		
F_{PP} , Н		
F_{PT} , Н		
$\sigma_{ПЦ}$, МПа		
σ_T , МПа		
σ_{PM} , МПа		
l_{PM} , мм		
l_p , мм		
l_u , мм		
ε_{PM} , %		
ε_p , %		
$\varepsilon_{ПЦ}$, %		