

**ОПД.Ф.02.02 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ**
Методические указания к лабораторной работе

Представлены краткие теоретические сведения и методика испытаний на растяжение, основанная на ГОСТ 1497-84. Приводится описание разрывной машины, инструкции по выполнению работы, описание приборов и инструментов, методика обработки результатов испытаний. Предназначены для студентов механических специальностей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ

1. Цель работы

Исследование процесса растяжения металлического образца, изучение методики проведения испытаний на растяжение в соответствии с ГОСТ 1497-84 и определение механических характеристик некоторых материалов.

2. Краткие теоретические сведения

Основой для определения механических характеристик материалов служит диаграмма растяжения, полученная путем записи автодиаграммы. Испытания проводятся на разрывной машине, устройство которой будет описано ниже в разделе 3.

На рисунке 1 показан эскиз круглого точеного образца.

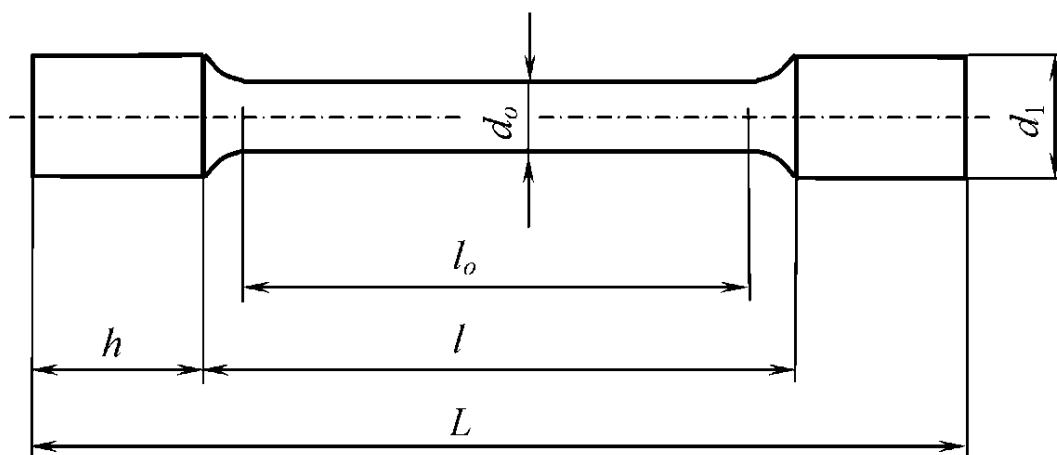


Рисунок 1

Размеры образца регламентируются ГОСТ 1497-84 и определяются перед испытанием путем непосредственного измерения.

Во время испытаний образец подвергается воздействию постепенно возрастающей силы. При этом в конструкции разрывной машины предусмотрено устройство, позволяющее вести запись на

диаграммной бумаге графика (автодиаграммы) зависимости удлинения образца от нагрузки.

В качестве примера на рисунке 2 показана диаграмма малоуглеродистой стали.

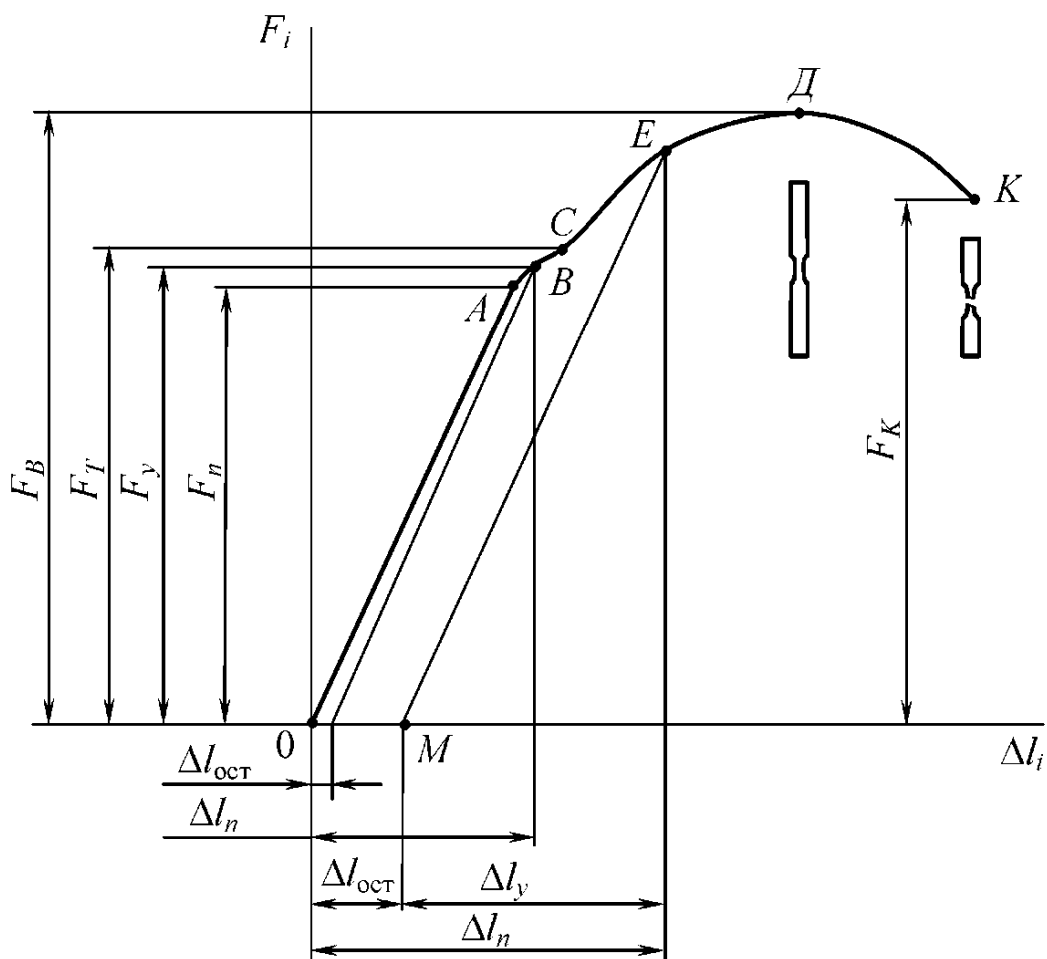


Рисунок 2

По оси абсцисс отложены удлинения образца Δl_i , по оси ординат — на грузка F_i . Прямолинейный участок OA диаграммы указывает на пропорциональность между удлинением и нагрузкой, т.е. соблюдается закон Гука, который справедлив до нагрузки E_n , соответствующей пределу пропорциональности. Выше точки A диаграмма искривляется, закон Гука нарушается, деформации начинают расти быстрее, чем нагрузка. Очень близко к точке A

можно отметить точку B , нагрузка, в которой F_y соответствует пределу упругости. В соответствии с ГОСТ 1497-84 пределом упругости называется напряжение, при котором остаточная деформация достигает 0,05 %.

В некоторой точке C диаграмма имеет горизонтальный участок, нагрузка в этой точке соответствует пределу текучести. На этом участке деформации растут без увеличения нагрузки – материал как бы «течет», соответственно горизонтальный участок диаграммы называют площадкой текучести. При дальнейшем увеличении деформации нагрузка вновь увеличивается. Происходит самоупрочнение материала, диаграмма изменяется по плавной кривой с наивысшей точкой D , в которой сила F достигает наибольшей величины F_B , соответствующей пределу прочности.

До точки C продольные и поперечные деформации образца равномерно распределяются по его рабочей длине. После точки C диаграммы деформации концентрируются в одном наиболее слабом месте, где образуется местное сужение – шейка. За точкой D нагрузка падает, что объясняется дальнейшим уменьшением поперечного сечения шейки. Наконец, происходит разрыв образца. Этому соответствует точка K . Если, начиная с некоторой точки E диаграммы (рисунок 2), разгрузать образец, то диаграмма пойдет по прямой EM , параллельной линии OA , а на оси абсцисс отложится отрезок OM , соответствующий остаточной деформации $\Delta l_{\text{ост}}$, упругая деформация будет равна Δl_y . Полная деформация равна Δl_n , т.е. сумме двух указанных деформаций

$$\Delta l_n = \Delta l_y + \Delta l_{\text{ост}}$$

Если вновь нагружать образец, то диаграмма примерно пойдет по линии ME . Начиная с точки E , диаграмма пойдет так, как будто не было разгрузки и повторной нагрузки образца. Это показывает, что при нагрузке образца выше предела текучести и при последующей

его разгрузке материал образца изменил свои свойства: исчезла площадка текучести, повысился предел пропорциональности, уменьшилась полная деформация при разрыве — материал стал как бы более хрупким. Такое изменение свойств материала называют наклепом. Однако, сказанное выше справедливо не для всех материалов. Например, углеродистые и легированные стали и целый ряд других материалов не имеют ярко выраженной площадки текучести (рисунок 3). Для них принимают условную нагрузку, соответствующую пределу текучести, при которой величина остаточной деформации соответствует 0,2% первоначальной длины рабочей части образца. Показанные на рисунке 2, 3 силы в характерных точках диаграммы растяжения не являются характеристикой материала, так как зависят от размеров образца. Поэтому необходимо перейти к напряжениям.

Пределом пропорциональности называется напряжение, при котором заканчивается прямолинейный участок диаграммы;

$$\sigma_n = \frac{F_n}{A_o}, \quad (1)$$

где F_n — сила, соответствующая концу прямолинейного участка, кН;

A_o — первоначальная площадь поперечного сечения образца, мм².

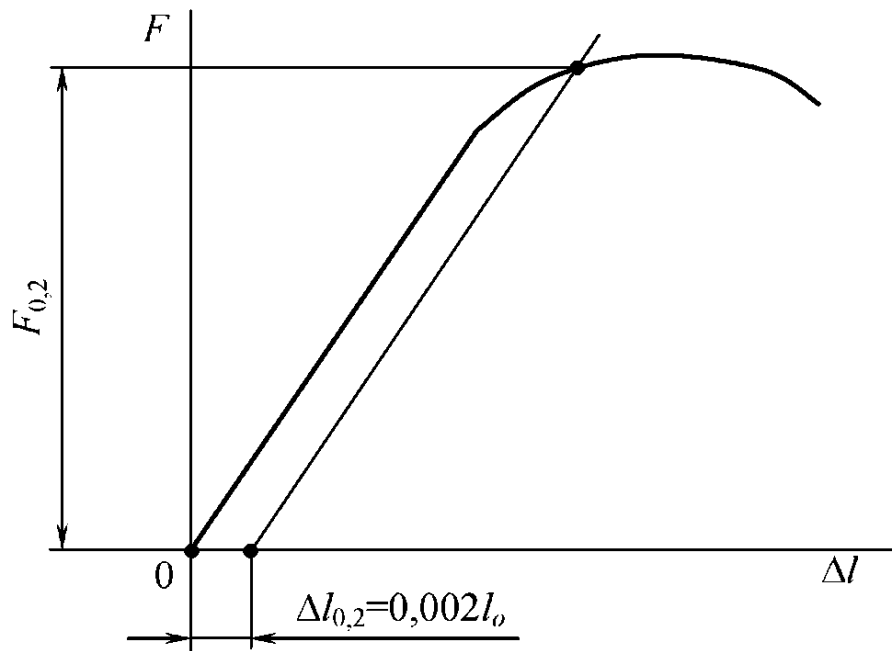


Рисунок 3

Пределом текучести (физическим) называется наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения нагрузки.

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0}, \quad (2)$$

где F_T – нагрузка, соответствующая пределу текучести, кН.

Предел текучести (условный) – напряжение, при котором образец получает остаточное удлинение в 0,2% первоначальной длины.

$$\sigma_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{A_0}, \quad (3)$$

где $F_{0,2}$ – нагрузка, соответствующая остаточной деформации 0,2% от l_0 .

Предел прочности (условный) — напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца

$$\sigma_{\sigma} = \frac{F_{\sigma}}{A_0}, \quad (4)$$

где F_{σ} - наибольшая нагрузка, выдерживаемая образцом, кН.

Пластические свойства материала оцениваются по величине относительного удлинения и относительного сужения.

Относительное удлинение – отношение приращения длины образца (после разрыва) к его первоначальной длине.

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100\%, \quad (5)$$

где l_1 – длина образца после разрыва, мм;

l_0 – начальная длина, мм.

Относительное сужение – отношение уменьшения площади поперечного сечения образца (после разрыва) к первоначальной площади его поперечного сечения

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} 100\%, \quad (6)$$

где A_0 – начальная площадь поперечного сечения образца, мм²;

A_1 – площадь поперечного сечения образца в месте разрыва (в шейке), мм².

3. Краткое описание разрывной машины

Испытание на растяжение можно проводить на любой разрывной машине подходящей мощности, имеющей устройство с автоматической записью диаграммы растяжения.

В данной работе используется разрывная машина с механическим силоизмерителем типа Р-5 . Наибольшее усилие, развиваемое машиной – 5000 кгс, 50 кН.

Устройство для автоматической записи диаграммы растяжения представляет собой барабан, на который намотана бумажная лента, и каретку с пером. Вращательное движение барабана осуществляется с помощью зубчатых передач, связанных с удлинением образца. Перемещение каретки с пером вдоль образующей барабана пропорционально силе.

Сочетание поступательного движения каретки и вращений барабана вычерчивает на бумажной ленте диаграмму растяжения.

4. Проведение эксперимента

В данной работе проводятся испытания двух материалов с контрастными механическими характеристиками. Например, образец из малоуглеродистой стали и чугунный образец. Предварительно производят измерение образцов с помощью штангенциркуля и выполняют их эскизы. Затем надежно закрепляют образец в захватах машины, обратив при этом внимание на соответствие захватов его форме и размерам. Выбирают и устанавливают такой диапазон нагрузки, развиваемой машиной, который обеспечивает разрушение образца при усилии, занимающем $2/3$ шкалы силоизмерителя.

Устанавливают необходимый масштаб деформаций диаграммного аппарата и проверяют работоспособность каретки с пером.

Включают электропривод и, постепенно поворачивая ручку малой скорости, плавно перемещают активный захват до выбора зазоров в системе «образец-захваты-машина». Чтобы предотвратить внезапное нагружение образца в момент начала натяжения, необходимо замедлить ход электропривода, а затем, продолжая плавное нагружение, следить за ходом записи диаграммы и показаниями силоизмерителя.

Процесс нагружения и деформирования должен протекать плавно, без рывков и остановок каретки самописца.

В момент разрыва образца необходимо установить электропривод, повернув рукоятку рабочего хода против часовой стрелки до упора.

С барабана диаграммного устройства отрывают часть бумажной ленты с записью диаграммы и приступают к обработке результатов эксперимента.

5. Обработка результатов эксперимента

Целью обработки результатов эксперимента является определение механических характеристик согласно формулам (1) ... (6).

На полученную диаграмму наносят точки, соответствующие F_m , $F_T(F_{0,2})$, F_6 (рисунок 2, 3). Затем, вычислив масштаб нагрузок, проставляют их на диаграмме.

Разрушенные образцы измеряют и делают их эскизы.

Вычисляют площадь поперечного сечения образца до испытаний $A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$, мм² и после разрушения $A_1 = \frac{\pi d_{ш}^2}{4}$ мм².

Измеряют длину образца l_1 после разрушения, совместив его разрушенные части.

Полученные данные подставляют в формулы (1)... (6), результаты сводят в таблицу.

Таблица 5.1

| Материал | Начальн. диам., d_0 , мм | Рабоч. длина l_0 , мм | Диам. шейки, $d_{ш}$, мм | Длина разр. обр l_1 , мм | σ_p , МПа | σ_T , МПа | σ_B , МПа | δ , % | ψ , % | Характер разрушений |
|----------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|------------|---------------------|
| Сталь | | | | | | | | | | |
| Чугун | | | | | | | | | | |

6. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Основные данные испытательной машины (тип, пределы измерений, цена деления шкалы, скорость нагружения);
2. Эскизы образцов с указанием марки материала и первоначальных размеров;
3. Эскизы диаграмм растяжения с указанием характерных точек согласно ГОСТ 1497-84 и величин нагрузок;
4. Эскизы образцов после испытаний с указанием основных размеров;
5. Расчет механических характеристик испытанных материалов в соответствии с ГОСТ 1497-84;
6. Описание характера разрушения и упругопластических свойств испытанного материала.

7. Контрольные вопросы

1. В чем состоит отличие физического предела текучести от условного?
2. Поясните процесс упрочнения материала.
3. Покажите для какой-либо точки диаграммы растяжения упругие и пластические деформации.
4. В чем состоит геометрический смысл работы упругих и упругопластических деформаций?

Список литературы

1. ГОСТ 1497-84. Методы испытания металлов на растяжение.
2. Феодосьев И.В. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. – 9-е изд., перераб.- М.: Наука, 1986.-512 с.

Приложение А
(обязательное)

**Форма отчета по лабораторной работе №1
«Испытание на растяжение»**

Цель работы: исследование процесса растяжения металлических образцов, изучение методики проведения испытаний на растяжение в соответствии с ГОСТ 1497-84 и определение механических характеристик материалов.

1. Испытательная машина: тип _____, предельное усилие _____ кН, цена деления силоизмерителя _____ Н.
2. Эскизы образцов до испытаний

3 Эскиз образцов после испытаний

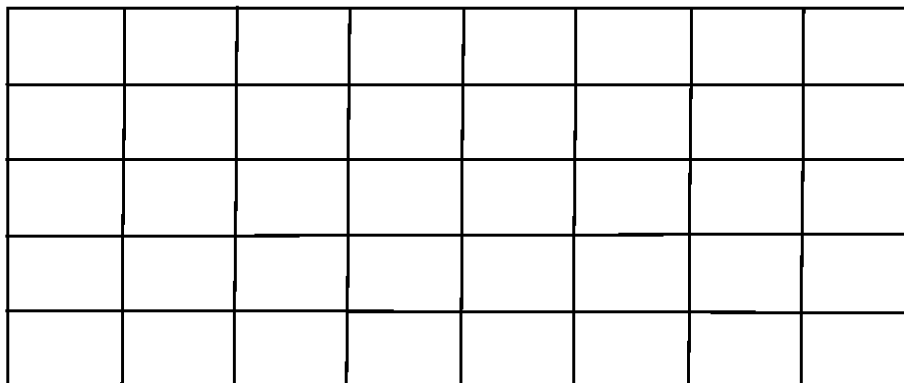
4. Результаты испытаний

Таблица А.1

| Материал | Начальный диаметр обр. d_0 , мм | Начальная длина обр. l_0 , мм | Диаметр шейки, $d_{ш}$, мм | Длина образца, l_1 , мм | σ_n , МПа | σ_T , $\sigma_{0,2}$, МПа | σ_B , МПа | δ , % | Ψ , % | Характер разрушений |
|----------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|--------------|------------|---------------------|
| Сталь | | | | | | | | | | |
| Чугун | | | | | | | | | | |

5. Эскиз диаграммы растяжения

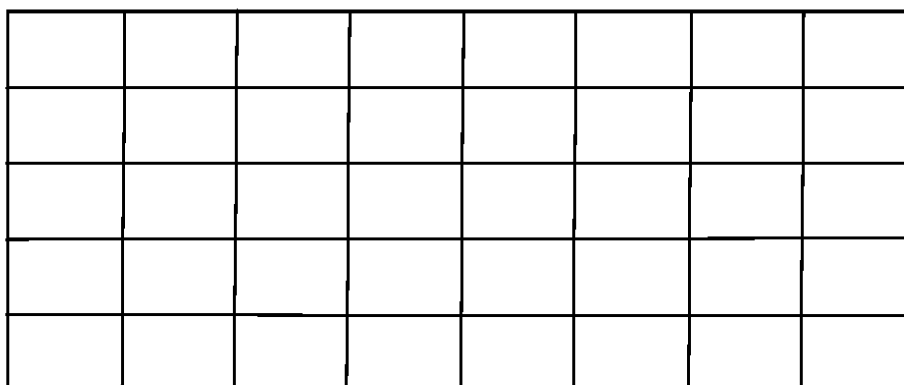
F , кН



Δl , мм

6. Эскиз условной диаграммы напряжения

σ , МПа



0

ϵ , %

7. Выводы

Дата _____

Подпись преподавателя