

Работа № 4

ИСПЫТАНИЕ СТАЛИ НА РАСТЯЖЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ

4.1. Основные понятия

Цель работы: исследование процесса растяжения металлического образца вплоть до его разрыва и определение следующих механических характеристик материала: предела текучести σ_T и пропорциональности $\sigma_{пц}$; предела прочности σ_B , напряжения при разрыве S_K , относительного удлинения при разрыве δ , относительного сужения образца ψ , удельной работы a , затрачиваемой на разрыв.

Испытательная машина. В лаборатории можно изучать диаграмму растяжения, записав ее на машине УМЭ – 10Т или на прессе А. Г. Гагарина.

Пресс А. Г. Гагарина применяется для испытаний как на сжатие, так и на растяжение. При испытании на растяжение используется приспособление, называемое реверсором (рис. 4.2). Образец (рис. 4.1) устанавливается в реверсор как показано на рис. 4.2.

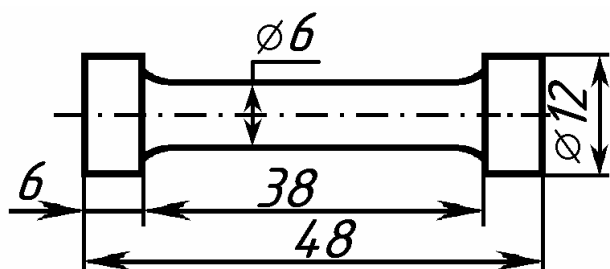


Рис. 4.1. Образец для испытания

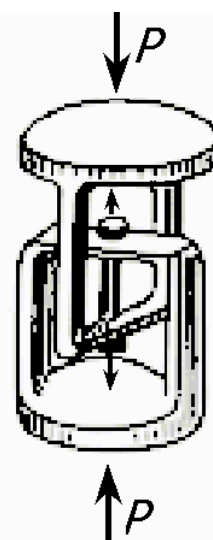


Рис. 4.2. Реверсор

При этом сжимающая сила прессы, действующая сверху и снизу на упорные поверхности реверсора, будут растягивать образец. Существуют также реверсоры для испытаний на срез и на скручивание.

Описание прессы А. Г. Гагарина. Схема прессы изображена на рис. 4.3.

При помощи мотора или руки диаграммный аппарат 1 приводится во вращательное движение вокруг своей оси. При этом поступательно выдвигается винт 5, который нажимает на образец 2, установленный в реверсор. Сила нажатия винта передается через образец на короткое плечо рычага 3. На другом

плече рычага помещается уравновешивающий груз 4, подвешенный к тележке, которая может передвигаться по рычагу. Передвижение тележки происходит автоматически при помощи пружинных часовых механизмов 6 и 7, каждый из которых может подключаться к бесконечной цепи 8, передвигающей тележку с грузом; механизм 6 двигает тележку влево, а механизм 7 – вправо. Если нагрузка возрастает, то длинное плечо рычага 3 поднимается и один из усиков регулятора 9 прижимается к маховику механизма 6 и затормаживает его. В это время механизм 7 отодвигает груз 4 вправо до тех пор, пока рычаг не опустится; тогда происходит затормаживание механизма 7 (и механизм 6 начинает отодвигать груз в обратную сторону). Таким образом, всякое опускание или поднятие рычага тотчас приостанавливается соответствующим перемещением уравновешивающего груза. На рычаге 3 имеется шкала нагрузок, при дальнейшем увеличении нагрузки процесс повторяется. Пресс А. Г. Гагарина относится к обширному классу испытательных машин, имеющих винтовой силовозбудитель и рычажный силоизмеритель. От других машин этого класса пресс А. Г. Гагарина выгодно отличается тем, что имеет приспособление для автоматического уравновешивания нагрузки.

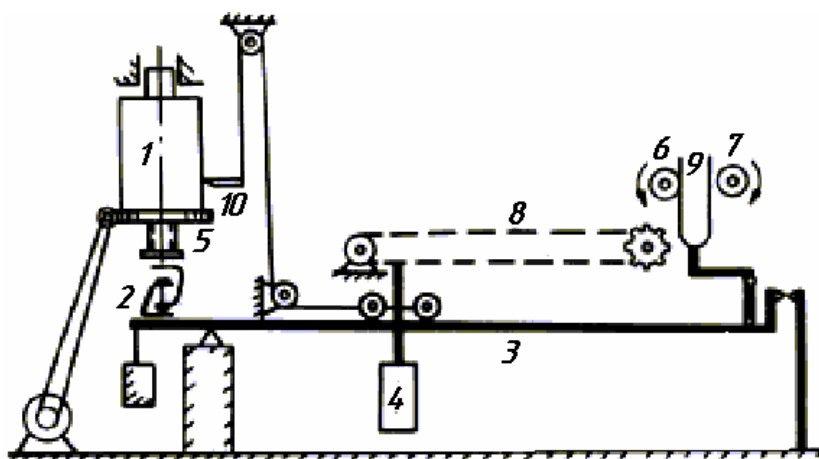


Рис. 4.3. Схема пресса А. Г. Гагарина

Диаграмма растяжения (диаграмма сил). Перо 10 (рис. 4.3), которое вычерчивает на барабане 1 диаграмму, передвигается по вертикали между направляющими. Положение пера определяется положением тележки с уравновешивающим грузом 4 на рычаге 3, так как оно подвешено на нитке, прикрепленной к тележке и, следовательно, перемещению тележки вдоль рычага соответствует такое же вертикальное перемещение пера. Таким образом, вертикальный масштаб диаграммы или масштаб нагрузок совпадает с масштабом шкалы рычага, составляя 100 кГ в 1 см либо 20 кГ в 1 см, в зависимости от величины груза 4. При проведении испытания во время лабораторных работ 1 см

по оси ординат будет соответствовать нагрузке 100 кГ. Максимальная нагрузка 5 т.

Горизонтальный масштаб диаграммы, т. е. масштаб удлинения, зависит от скорости поворота барабана. Угол поворота диаграммного барабана пропорционален величине опускания винта, т. е. удлинению образца (если пренебречь деформацией реверсора); следовательно, при повороте барабана перо прочерчивает на поверхности барабана линию, горизонтальная проекция которой пропорциональна удлинению образца. Одному миллиметру удлинения образца соответствует 10 см по оси абсцисс на диаграмме, т.е. удлинения оказываются увеличенными в 100 раз (таким образом, 1 см по оси ординат будет соответствовать удлинению образца на 0,01 см).

4.2. Проведение испытания и обработка опытных данных

Проведение испытания. Перед испытанием измеряют длину образца (с точностью до 0,1 мм) и его диаметр (с точностью до 0,01мм). Затем образец закрепляют в реверсоре и включают испытательную машину. В процессе испытания на барабане автоматически вычерчивается диаграмма растяжения. Вследствие неполного контакта между головками образца и гнездами для них в реверсоре, в начале диаграммы получается криволинейный участок, который следует исключить, продолжив прямолинейный участок диаграммы до пересечения с осью абсцисс в точке 0 (рис. 4.4). При этом следует иметь в виду, что угол наклона прямолинейного участка диаграммы напряжений к оси ординат получается несколько завышенным, т.к. на деформацию образца накладываются упругие деформации колонн и реверсора.

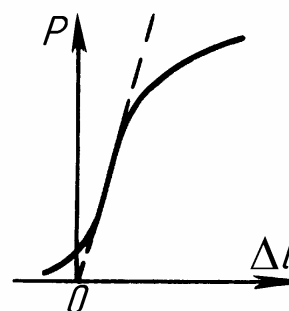


Рис. 4.4. Начальный участок диаграммы растяжения

Определение предела пропорциональности с допуском 50 %. Условный предел пропорциональности с допуском 50 % находится тогда, когда по диаграмме трудно точно определить точку, до которой сохраняется линейная зависимость между силой и удлинением образца.

Пределом пропорциональности с допуском 50% принято называть такое напряжение, при котором тангенс угла наклона касательной к диаграмме растяжения увеличивается на 50% по сравнению с тангенсом угла наклона прямолинейного участка диаграммы. Графически это выглядит следующим образом: на произвольной высоте проводят прямую AC (рис. 4.5), параллельную оси абсцисс, и откладывают на ней отрезок CD, равный половине AC. Тангенс угла наклона прямой OD к оси ординат будет, очевидно, на 50% больше тангенса угла

наклона прямолинейного участка диаграммы растяжения. Поэтому касательная к диаграмме NN , проведенная параллельно OD , определит точку K , координата которой будет соответствовать искомому пределу пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$:

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{P_{\text{пц}}}{A_0}.$$

Определение условного предела текучести с допуском 0,2 %. Условным пределом текучести с допуском 0,2 % называется такое напряжение, при котором в образце возникают остаточные удлинения, составляющие 0,2 % от первоначальной длины образца. Чтобы найти условный предел текучести, необходимо отложить в масштабе на оси абсцисс отрезок $OO_1 = 0,002l_0$ и провести прямую OS параллельно прямой OA (рис. 4.6). точка пересечения прямой с диаграммой напряжений определит нагрузку $(P_T)_{0,2}$, соответствующую условному пределу текучести:

$$(\sigma_T)_{0,2} = \frac{(P_T)_{0,2}}{A_0}.$$

Условный предел текучести находится в том случае, когда диаграмма напряжений не имеет явно выраженной площадки текучести.

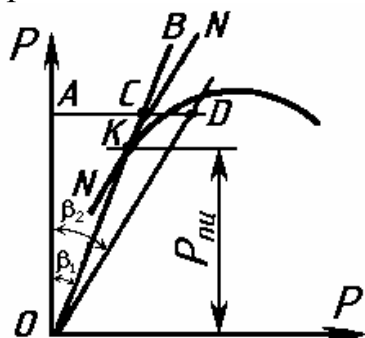


Рис. 4.5. Графическое определение условного предела пропорциональности

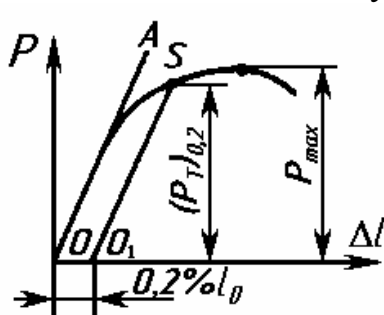


Рис. 4.6. Определение условного предела текучести

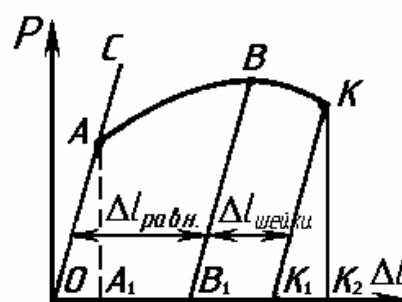


Рис. 4.7. Полная диаграмма растяжения

Определение предела прочности. Так как пределом прочности называется напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, выдерживаемой образцом во время испытания (см. работу № 1), то

$$\sigma_B = \frac{P_{\text{max}}}{A_0},$$

где P_{max} — максимальная нагрузка на образец в процессе испытания, определяемая из диаграммы растяжения.

Определение относительной деформации 6-кратного и 10-кратного образцов. Рассмотрим характер деформации образца при растяжении. На рис. 4.7 отрезок OK_2 , изображает полную деформацию образца Δl_0 . Сюда входят как остаточная, так и упругая деформация образца. Чтобы получить на диаграмме только остаточное удлинение, следует провести наклонную прямую KK_1 , параллельную OC , которая отсечет на оси абсцисс отрезок OK_1 , соответствующий остаточной деформации, и K_1K_2 , соответствующий упругой деформации образца при разрыве.

Остаточное удлинение можно найти также непосредственно, измерив длину образца до и после разрыва:

$$\Delta l = l_1 - l_0.$$

После испытаний 6-кратного образца определяют абсолютное остаточное удлинение 10-кратного образца ($l_0 = 10d_0$) такого же диаметра:

$$\Delta l_{10} = (\Delta l_{\text{равн}})_{10} + (\Delta l_{\text{шейки}})_{10},$$

где $(\Delta l_{\text{равн}})_{10}$ – равномерная деформация образца вплоть до разрушающей нагрузки (см. отрезок OB_1 на рис. 4.7);

$(\Delta l_{\text{шейки}})_{10}$ – деформация, соответствующая образованию шейки (отрезок B_1K_1 на рис. 4.7).

Деформация $(\Delta l_{\text{равн}})_{10}$ 10-кратного образца будет во столько раз больше соответствующей деформации 6-кратного образца, во сколько начальная его длина больше длины 6-кратного образца, т. е.

$$(\Delta l_{\text{равн}})_{10} = (\Delta l_{\text{равн}})_6 \cdot \frac{(l_0)_{10}}{(l_0)_6} = OB_1 \frac{(l_0)_{10}}{(l_0)_6};$$

$(\Delta l_{\text{шейки}})$ зависит только от диаметра образца, который у обоих образцов одинаков, поэтому

$$(\Delta l_{\text{шейки}})_{10} = (\Delta l_{\text{шейки}})_6 = B_1K_1.$$

Замерив в масштабе отрезки OB_1 и B_1K_1 на диаграмме растяжения, найдем

$$(\Delta l_0)_{10} = OB_1 \frac{(l_0)_{10}}{(l_0)_6} + B_1K_1 = (\Delta l_{\text{равн}})_6 \frac{(l_0)_{10}}{(l_0)_6} + \Delta l_{\text{шейки}}.$$

Относительное удлинение образцов определим по формулам:

$$\delta_6 = \frac{(\Delta l)_6}{(l_0)} \cdot 100\%; \quad \delta_{10} = \frac{(\Delta l)_{10}}{(l_0)_{10}} \cdot 100\%.$$

Определение относительного сужения поперечного сечения после разрыва образца. Относительное сужение определяется следующим образом:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%,$$

где A_0 и A_1 – площади поперечного сечения образца до испытания и после разрыва соответственно.

Определение полной и удельной работ, затраченных на деформацию образца. Площадь диаграммы OAA_1O (рис. 4.7) выражает работу деформации в пределах упругости; площадь $OAKK_1O$ – работу, затраченную на образование пластической деформации; площадь $OAKK_2O$ – полную работу деформации до разрыва (1 см² площади диаграммы соответствует работе деформации в 1 кГ·см).

Полная работа, затраченная на разрыв образца, отнесенная к единице его объема, называется удельной работой деформации,

$$a = \frac{W}{V},$$

где V – объем средней, цилиндрической части образца,

W – работа, затраченная на разрыв образца.

Удельная работа разрыва характеризует способность материала поглощать энергию при разрыве, вязкость материала и сопротивляемость его динамическому воздействию.

Построение диаграммы истинных напряжений. Истинная диаграмма растяжения строится в координатах: истинное напряжение – истинная деформация. Истинное напряжение S представляет отношение растягивающего усилия P_t (определяемого по диаграмме растяжения) к площади поперечного сечения в данный момент испытания, т. е.

$$S = \frac{P_t}{A_t}.$$

Истинная деформация

$$\psi_t = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \cdot 100\%.$$

Для построения истинной диаграммы напряжений необходимо рассмотреть три точки, соответствующие пределу те-

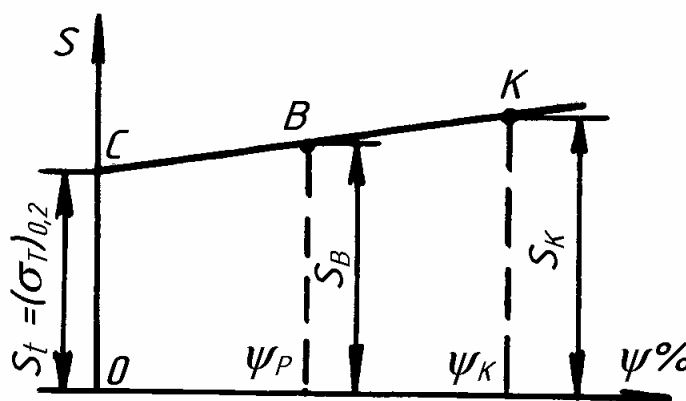


Рис. 4.8. Диаграмма истинных напряжений

кучести, пределу прочности и моменту разрыва.

При пределе текучести поперечное сечение образца меняется незначительно, поэтому можно принять, что в этом случае

$$A_t \cong A_0; \psi_t = 0;$$
$$S_T = \sigma_T = (\sigma_T)_{0,2}.$$

Для того, чтобы определить площадь сечения образца в момент, когда нагрузка достигает P_{\max} , необходимо измерить диаметр образца после разрыва в средней части между головкой и местом разрыва (на более длинной части образца) и подсчитать площадь сечения A_p . Истинный предел прочности и относительное поперечное сужение для этой точки будут равны,

$$S_B = \frac{P_{\max}}{A_0}; \quad \psi_p = \frac{A_0 - A_p}{A_0} \cdot 100\%.$$

Истинное напряжение и относительное поперечное сужение при разрыве найдем по формулам:

$$S_K = \frac{P_K}{A_K}; \quad \psi_K = \frac{A_0 - A_K}{A_0} \cdot 100\%,$$

где P_K – нагрузка при разрыве образца (конечная);

A_K – площадь сечения образца в месте шейки.

Соединим три точки $C, B,$ и K и получим диаграмму истинных напряжений (рис. 4.8).

Вопросы для самопроверки

- 1. Какие образцы принимаются при испытании на прессе Гагарина?*
- 2. Каковы преимущества прессы Гагарина перед универсальными машинами?*
- 3. Каким образом на прессе Гагарина можно проводить испытания на растяжение, изгиб, кручение?*
- 4. Какой масштаб по вертикали и горизонтали имеет диаграмма, полученная на прессе Гагарина?*
- 5. Как определить условный предел пропорциональности с допуском 50%, 100% и условный предел текучести с допуском 0,2%?*
- 6. В чем отличие истинного напряжения от условного?*
- 7. Как построить диаграмму истинных напряжений?*
- 8. Из каких составляющих состоит абсолютное остаточное удлинение образца после разрыва?*
- 9. Как найти работу, затраченную на деформацию образца в пределах упругости, для образования пластической деформации, до разрушения?*
- 10. Как вычислить удельную работу деформации?*
- 11. Как найти относительное удлинение 10-кратного образца?*