

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

Институт ракетно-космической техники

Кафедра обработки металлов давлением

Основные показатели механических свойств

Методические указания к лабораторной работе №1

Самара 2017

УДК 669:539.4 (075.8)

Составители: В.А. Костышев, В.В. Уваров, Е.С. Нестеренко.

Рецензент: профессор, д.т.н. Попов И.П.

Основные показатели механических свойств [Электронный ресурс]: электрон. . метод. указания к лаб. работам / Минобрнауки России, Самар. нац. исслед. ун-т. им. С. П. Королева; авт.-сост. В.А. Костышев, В.В. Уваров, Е.С. Нестеренко. – Электрон. текстовые и граф. дан. (0,85 Мбайт). - Самара, 2017. - 10 с.

Рассматривается методика определения показателей механических свойств по диаграмме линейного растяжения.

Предназначено для студентов по направлениям «Наноинженерия», «Металлургия», «Машиностроение».

Цель работы: определение основных показателей механических свойств при испытании на разрушение.

1. Основные сведения по испытаниям металлов на растяжение

Испытания на одноосное растяжение - наиболее распространенный способ оценки механических свойств металлов и сплавов. Одноосное статическое растяжение сравнительно легко подвергаются анализу и позволяет по результатам одного опыта определять сразу несколько важных механических характеристик материала. Эти характеристики во многих случаях являются критерием качества материала и служат базой для конструкторских и технологических расчетов.

Методы испытаний на растяжение стандартизированы. В частности, статические испытания на растяжения при комнатной температуре проводят по ГОСТ 1497-84.

Свойства, выявляемые при испытаниях, могут быть разделены на две основные группы – прочностные и пластические.

1.1. Прочностные характеристики при растяжении

Прочностные свойства – это характеристики сопротивления материала образца деформации или разрушению. На практике механические свойства обычно определяют по первичным кривым растяжения в координатах «нагрузка (P) – абсолютное удлинение (Δl)», которые автоматически записываются на диаграммной ленте испытательной машины. Для различных металлов и сплавов существуют различные типы диаграмм. В зависимости от типа диаграммы меняется набор характеристик, которые по ней можно рассчитывать, а также их физический смысл.

На рис.1 приведен часто встречающийся тип диаграммы для пластичных металлов и нанесены характерные точки, по ординатам которых рассчитывают прочностные характеристики.

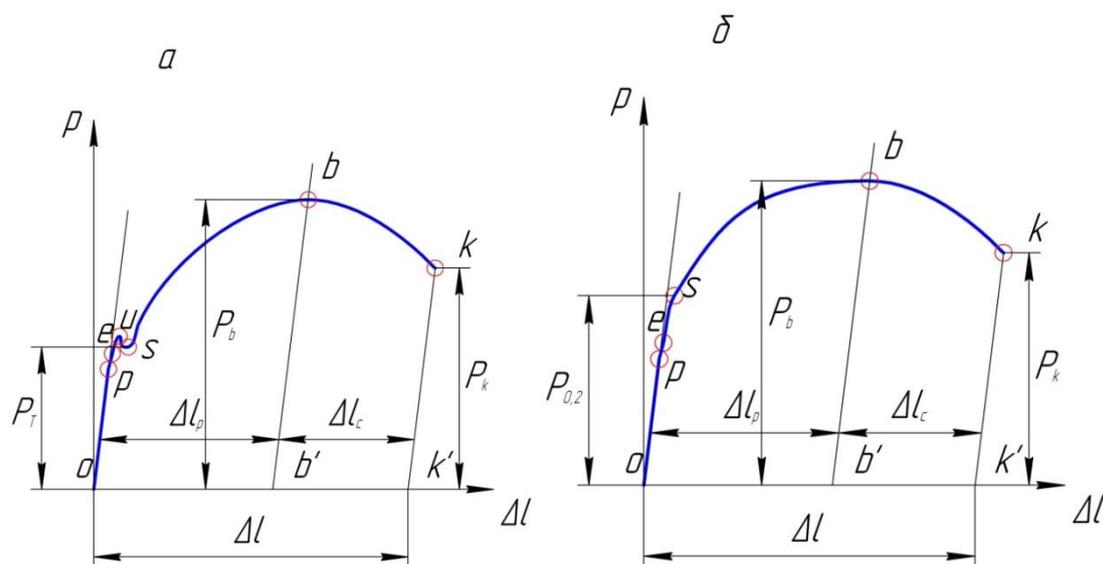


Рис. 1. Характерные точки на диаграмме растяжения для расчета прочностных параметров: а – с наличием площадки текучести; б – площадка текучести отсутствует

1.1.1. Предел пропорциональности

Характеризуется на диаграмме точкой «р». Усилие $P_{пц}$ определяет величину предела пропорциональности – напряжения $\sigma_{пц}$, которое материал образца выдерживает без отклонения от закона Гука:

$$\sigma_{пц} = \frac{P_{пц}}{F_0}$$

Существует несколько способов практического определения величины $P_{пц}$, их выбор определяется масштабом диаграммы, требуемой точностью вычисления $\sigma_{пц}$. Подобная методика определения $\sigma_{пц}$ изложена в нормативно-технической документации и литературе.

1.1.2. Предел упругости

Характеризуется на диаграмме точкой «е». Усилие P_e определяет величину условного предела упругости – напряжения σ_y , при котором остаточное удлинение достигает заданной величины (обычно 0,05%):

$$\sigma_{0,05} = \frac{P_e}{F_0}.$$

Методика нахождения $\sigma_{0,05}$ во многом аналогична применяемой при определении $\sigma_{пц}$.

1.2.3. Предел текучести

При отсутствии на диаграмме растяжения зуба и площадки текучести (рис. 1, б) рассчитывают условный предел текучести – напряжения, при котором остаточное удлинение достигает заданной величины (обычно 0,2%). Соответственно условный предел текучести обозначается $\sigma_{0,2}$. Предел текучести характеризует напряжение, при котором происходит практически полный переход к пластической деформации:

$$\sigma_{0,05} = \frac{P_{0,2}}{F_0}$$

Методика нахождения $\sigma_{0,2}$ полностью аналогична той, которая применяется при определении $\sigma_{0,05}$. Однако $\sigma_{0,2}$ очень часто определяют только графическим способом, если диаграмма растяжения записана в достаточно большом масштабе (не менее 10:1 по оси деформации). Для этого по оси удлинений от начала координат откладывают отрезок $OS^1 = 0,2 \frac{l_0}{100}$ и через точку S^1 проводят прямую, параллельную упругому участку (рис.2). Ордината точки S будет соответствовать величине нагрузки $P_{0,2}$.

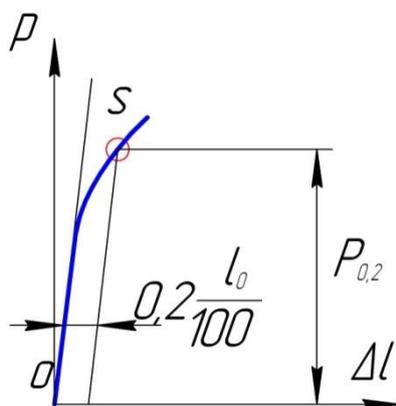


Рис.2. Графический способ определения условного предела текучести

При наличии площадки текучести (рис.1,а) определяют величину физического предела текучести σ_m - напряжения, при котором образец деформируется под действием практически неизменной нагрузки:

$$\sigma_m = \frac{P_e}{F_0}$$

Условность этой характеристики определяется фактом отнесения нагрузки к первоначальной площади поперечного сечения F_0 . По сути дела для материалов, разрушающихся с образованием шейки, - это условное напряжение, характеризующее сопротивление максимальной равномерной деформации.

Для нахождения величины σ_e в принципе не обязательна диаграмма растяжения, достаточно зафиксировать максимальную нагрузку при испытании.

1.1.5. Истинное напряжение образования локальной деформации

Если отнести максимальную нагрузку P_e к действительной площади поперечного сечения в момент образования шейки F_e , то получим важную характеристику S_e – истинное напряжение начала локальной деформации:

$$S_e = \frac{P_e}{F_e}$$

Величина F_e может быть вычислена по значению равномерного удлинения σ_p или сужения ψ_p :

$$F_e = \frac{F_0}{1 + \sigma_p}$$

или

$$F_e = F_0(1 - \psi_p)$$

Однако S_e также не может служить характеристикой предельной прочности, поскольку за точкой «в» происходит дальнейшее пластическое формоизменение и истинное сопротивление деформации S_i продолжает возрастать.

1.1.6. Истинное сопротивление разрыву (истинный предел прочности)

В точке «к» диаграммы (рис.1) образец разрушается при нагрузке P_k . Истинное сопротивление разрыву S_k определяется как отношение усилия в момент разрушения P_k к минимальной площади сечения образца в месте разрыва F_k :

$$S_k = \frac{P_k}{F_k}$$

Эта величина, хотя и является важной характеристикой предельной прочности материала, однако весьма условна. Расчет по формуле (8) предполагает действие в шейке линейной схемы растяжения, хотя на самом деле там возникает сложное напряженное состояние, которое нельзя охарактеризовать одним нормальным напряжением. По сути своей S_k характеризует лишь некоторое среднее продольное напряжение в момент разрушения.

Таким образом, все рассмотренные характеристики прочности - σ_e , S_e , S_k - строго не определяют того максимального истинного напряжения, которое материал может выдержать до разрушения.

На практике чаще всего определяют условный предел прочности S_e , который наряду с пределом текучести является наиболее распространенной прочностной характеристикой при статическом растяжении.

1.2. Характеристики пластичности

1.2.1. Величины относительного удлинения

Общее удлинение (рис.1) можно представить как сумму удлинений образца до момента образования шейки (равномерное удлинение Δl_p) и удлинения сосредоточенной деформации Δl_c :

$$\Delta l = \Delta l_p + \Delta l_c,$$

Величина Δl_c составляет

$$\Delta l_c = l_k - l_0,$$

Где l_k – длина образца после разрыва;

l_0 - расчетная длина образца перед испытанием.

Относительное полное удлинение σ подсчитывается из выражения

$$\sigma = \frac{\Delta l}{l_0} 100\% = \frac{l_k - l_0}{l_0} 100\%.$$

Величина δ носит условный характер. Одной из причин этого является то, доля сосредоточенного удлинения Δl_c практически постоянна для данного материала при одинаковой площади поперечного сечения F_0 . Чем большая доля будет приходиться на сосредоточенную деформацию, тем больше будет измеряемая после испытания величина δ . Поэтому при использовании образцов с разным отношением l_0/d_0 - 2,5; 5; 10 – вводится специальное обозначение $\delta_{2,5}$; δ_5 или δ_{10} .

В ряде случаев необходимо определять отдельно равномерное и сосредоточенное удлинение. Для этих целей по диаграмме растяжения определяют Δl_p и Δl_c и находят относительное удлинение $\sigma_p = \frac{\Delta l_p}{l_0} 100\%$ и относительное сосредоточенное удлинение $\sigma_c = \frac{\Delta l_c}{l_0} 100\%$.

1.2.2. Величины относительного сужения

Для характеристики предельной способности материала к пластическому растяжению более правильно использовать полное относительное сужение ψ :

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100\%$$

Величина ψ также определяется суммой равномерного и сосредоточенного сужения:

$$\psi = \psi_p + \psi_c$$

где

$$\psi_p = \frac{F_0 - F_B}{F_0} 100\%, \psi_c = \frac{F_B - F_k}{F_0} 100\%$$

1.3. Кривые упрочнения при испытаниях на растяжение

Испытание на статическое растяжение позволяет изучать эффект упрочнения (наклепа) металла в процессе холодного деформирования с помощью кривых упрочнения (диаграмм испытанных напряжений). Они строятся в координатах $\sigma_i - \varepsilon_i$ и характеризуют истинное сопротивление металла деформированию.

В зависимости от вида деформации ε_i различают диаграммы истинных напряжений первого $\sigma_i = f(\sigma)$, второго $\sigma_i = f(\psi)$ и третьего $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ рода, где δ – относительно удлинение; ψ – относительно сужение; ε – истинная или логарифмическая деформация. Между деформационными характеристиками δ , ψ , ε существует связь: $\delta = \psi / (1 - \psi)$, $\varepsilon = \ln(1 + \delta)$, поэтому доста-

точно изучить метод построения и провести анализ одной диаграммы, чтобы перейти к любой диаграмме другого вида.

Кривые упрочнения могут быть построены по результатам испытаний на растяжение различными методами. Наибольшее распространение получили два метода: построение кривых упрочнения по индикаторным диаграммам растяжения; построение методом непосредственного замера усилий и размеров сечений в процессе растяжения образца.

Построение кривых упрочнения по индикаторным диаграммам

В качестве исходных данных для построения диаграммы истинных напряжений первого рода выступает индикаторная диаграмма $P - \Delta l$, полученная при растяжении образца. Данный метод основан на применении графических операций. Область равномерной деформации Δl_p на индикаторной диаграмме разделяется на n точек ($n = 6-7$, рис.3).

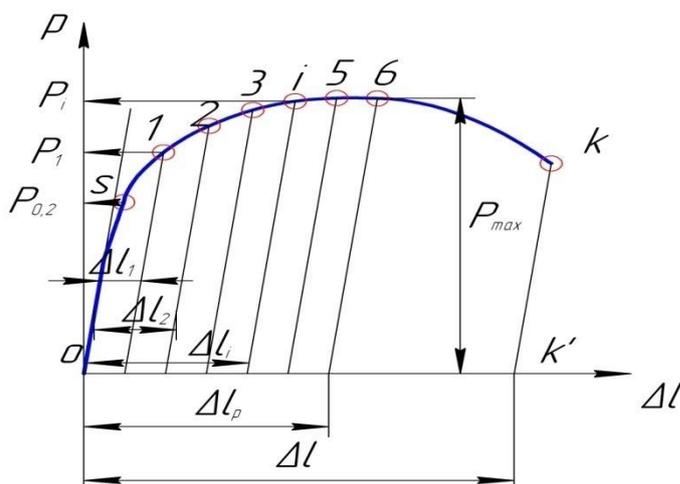


Рис.3. Графическая обработка индикаторной диаграммы растяжения

Находят масштаб записи по осям Δl и P . С помощью масштаба записи определяют абсолютные удлинения Δl_i и усилия P_i в каждой из точек $1, 2, 3, \dots, n$.

Затем вычисляют относительные удлинения образца для выделенных точек

$$\delta_1 = \frac{\Delta l_1}{l_0}; \quad \delta_2 = \frac{\Delta l_2}{l_0}, \quad \dots; \quad \delta_n = \frac{\Delta l_n}{l_0}$$

и его текущие площади

$$F_1 = \frac{F_0}{1+\epsilon_1}, \quad F_2 = \frac{F_0}{1+\epsilon_2}, \quad \dots, \quad F_n = \frac{F_0}{1+\epsilon_n}.$$

Истинное напряжение σ_i получают делением величины нагрузки на соответствующую площадь:

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{F_1}, \sigma_2 = \frac{P_2}{F_2}, \dots, \sigma_n = \frac{P_n}{F_n}.$$

По полученным значениям σ_i и δ_i строят кривую упрочнения первого вида.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

- Замерить размеры исходного образца: толщину, ширину, длину, длину рабочей части;
- Произвести испытания на растяжение с записью диаграммы на дисплее растяжной машины 5НКГ;
- Распечатать полученную диаграмму;
- Произвести замеры по изложенной методике, данные занести в таблицу;
- Определить показатели σ_b , $\sigma_{0,2}$, δ_p , истинные напряжения и соответствующие деформации относительного удлинения;
- Построить кривую упрочнения.

Таблица – Величины напряжений и деформаций

	1	2	3	4	5	6	7
P_i							
Δl_i							
δ_i							
F_i							
σ_i							

Контрольные вопросы

1. Какие образцы предусматривает стандарт для испытаний на растяжении?
2. Какие механические свойства оценивают прочность материала?
3. Какие свойства оценивают способность пластического формоизменения?
4. Как определяются величины $\sigma_{0,2}$, σ_e , S_k ?
5. Как определяют параметры пластичности $b_{5(10)}$, b_p , Ψ ?
6. Что такое понятие кривая упрочнения?
7. Какие виды кривых упрочнения используют для оценки наклепа?
8. Какие методы построения кривых упрочнения получили практическое распространение при испытаниях на растяжение?
9. В чем состоит сущность построения кривых упрочнения использованием индикаторной диаграммы растяжения?
10. Какие преимущества и недостатки имеет графический метод нахождения кривых упрочнения?
11. В чем состоит сущность метода Г.П.Зайцева, его недостатки и преимущества?