

## Механические свойства металлов

### Общие сведения

Поведение металлов под действием внешних нагрузок характеризуется их механическими свойствами. К характеристикам механических свойств относятся твердость, прочность, пластичность, ударная вязкость и другие.

Механические свойства материалов определяют путем различных испытаний. Наиболее распространенные виды испытаний: *статические, динамические, циклические*.

Статические – однократное нагружение на одноосное растяжение – сжатие, твердость, изгиб и кручение.

Динамические – подача кратковременных ударных нагрузок – ударная вязкость и ее составляющие, как зарождения и развития трещины.

Циклические – знакопеременная, повторяющаяся нагрузка для определения выносливости материала.

Наиболее часто проводят испытания на растяжение. Испытание проводится с помощью разрывной машины, снабженной самопишущим прибором. По диаграмме полученной после испытания можно определить прочностные характеристики металла (рис.3.6).

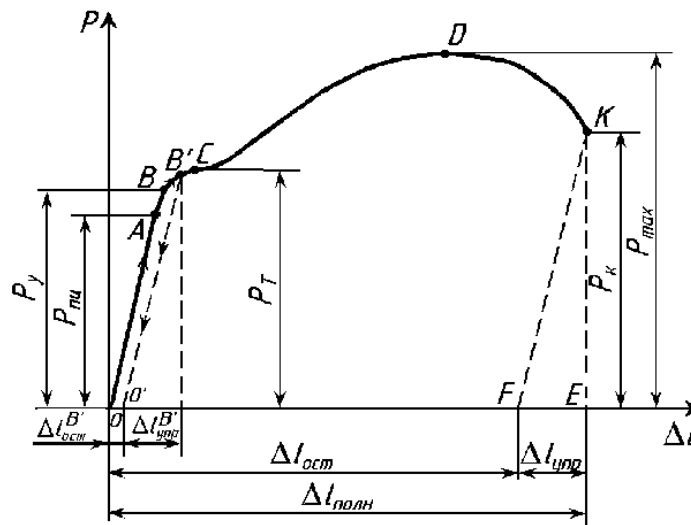


Рис. Диаграмма растяжения конструкционных сталей

Прямолинейный участок диаграммы  $OA$  указывает на пропорциональность между нагрузкой  $P$  и удлинением  $\Delta l$ . (Эта пропорциональность впервые была замечена в 1670 г. Робертом Гуком и получила в дальнейшем название закона Гука).

Величина силы  $P_{пц}$  (точка  $A$ ), до которой остается справедливым закон Гука, зависит от размеров образца и физических свойств материала. Если испытуемый образец нагрузить растягивающей силой, не превышающей величину ординаты точки  $B$  (силы  $P_y$ ), а потом разгрузить, то при разгрузке деформации образца будут уменьшаться по тому же закону, по

которому они увеличивались при нагружении. Следовательно, в этом случае в образце возникают только упругие деформации.

В случае, если растягивающее усилие выше  $P_u$ , при разгрузке образца деформации полностью не исчезают и на диаграмме линия разгрузки будет представлять собой прямую  $B'O'$ , уже не совпадающую с линией нагружения, а параллельную ей.

Полученная кривая условно может быть разделена на несколько участков:

Участок  $OA$  - прямолинейный, носит название зоны пропорциональности.

Участок  $AB$ - зона упругости .

Участок  $BC$  называется зоной текучести, а горизонтальный отрезок этого участка - площадкой текучести. Здесь происходит существенное изменение длины образца без заметного увеличения нагрузки. Наличие площадки текучести для материалов не является обязательным. Во многих случаях при испытаниях на растяжение площадки текучести нет. Такое типично для алюминия, отожженной меди, для высококачественных легированных сталей и других материалов.

Участок  $CD$  называется зоной упрочнения или равномерной пластической деформации и сосредоточенной деформации шейки  $DK$ .

Здесь удлинение образца сопровождается возрастанием нагрузки, но значительно более медленно (в сотни раз), чем на упругом участке.

Чем меньшую упругую деформацию претерпевает материал под действием нагрузки, тем выше его жесткость, которая характеризуется модулем упругости ( $E$ ):  $E = \sigma / \delta$ .

Модуль упругости структурно нечувствительная характеристика, определяемая силами межатомного взаимодействия, является константой материала.

Наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения нагрузки («течет»), называется физическим **пределом текучести**  $\sigma_T$ . Если нет площадки текучести, то определяется условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , при котором образец получает остаточное удлинение, равное 0,2% первоначальной расчетной длины.

$$\sigma_T = P_T / F_0, \text{ МПа}$$

Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению, называется временным сопротивлением или **пределом прочности**  $\sigma_B$ :

$$\sigma_B = P_{\max} / F_0, \text{ МПа}$$

Величина пластической деформации к моменту разрушения характеризует пластичность материала. Различают две характеристики пластичности: относительное удлинение  $\delta$  и относительное сужение :

$$\delta = (l - l_0) 100 / l_0, \%$$

$$\Psi = (F_0 - F) 100 / F_0, \%$$

где  $l_0$  и  $l$  - длина образца до и после разрыва,  $F_0$  и  $F$  – площадь сечения образца до и после разрыва,  $\text{мм}^2$ .

Сопротивление местной деформации характеризует *твердость*. Сопротивление деформации до разрушения характеризует *прочность*. Сопротивление разрушению характеризует *надежность*. Способность противостоять циклическим разрушающим нагрузкам характеризует *долговечность*, т.е. сюда относятся такие процессы постепенного разрушения, как износ, усталость, коррозия, ползучесть. Способность изменять форму и размеры под нагрузкой характеризует *пластичность*. Способность сопротивляться ударным нагрузкам характеризует *ударную вязкость*.

Чаще всего вследствие простоты применяется испытание на твердость посредством вдавливания шарика. Твердость подобно пределам упругости и текучести характеризует сопротивление материала против возникновения в нем остающихся деформаций.

Однако испытание на твердость не является в этом отношении достаточно чувствительным, так что один сплав может иметь более высокий предел текучести и в то же время меньшую твердость, чем другой. В том случае, если материал хорошо известен, определение твердости является прекрасным средством для текущего контроля. Другие способы испытания часто неприменимы или из-за недостатка времени или, как например, при испытаниях на разрыв, они дают обычно небольшое число отдельных значений, использование которых по этой причине также ненадежно.

Существуют множество способов измерения твердости. В учебных лабораториях чаще используются измерение твердости по методам Бринеля и Роквелла.

Испытание на твердость по методу Бринеля определяется путем вдавливания наконечника (стальной закаленный шарик, диаметрами 2,5; 5; 10 мм) на испытуемый образец под нагрузкой, обозначается НВ (МПа). При испытании по методу Роквелла твердость определяется вдавливанием стального закаленного шарика, диаметром 1,59мм или алмазного конуса, обозначается HRA, HRB, HRC. Значение твердости на приборе Роквелла является отвлеченной величиной (величина не имеет размерности).

Основным динамическим испытанием является метод испытание на ударный изгиб с определением ударной вязкости металла. Метод основан на разрушение образца с надрезом одним ударом маятникового копра.

Ударная вязкость  $K_C$  ( $\text{Дж} / \text{см}^2$ ) определяется как отношение работы разрушения  $K$ , затраченной на деформацию и разрушения ударным изгибом надрезанного образца к начальной площади поперечного сечения образца в месте надреза  $S_0$  ( $\text{м}^2, \text{см}^2$ ).  $K_C = K / S_0, \text{Дж} / \text{см}^2$ .

