

ОП.02 Материаловедение

Тема 1.2 Физические основы пластичности и прочности металлов

План

1. Общая характеристика механических свойств.
2. Физическая природа деформации металлов.
3. Характеристики прочности и пластичности.
4. Твердость.

Основная литература

1. Фетисов Г.П., Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология металлов. Учебник (3 издание), - М.: Издательство Оникс, 2017.. -624с :ил.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1993

Дополнительная литература

1. Никифоров В.Н. Технология металлов и конструкционные материалы. Л.: Машиностроение, 1987.
2. Кузьмин Б.А., Самохоцкий А.И, Металлургия, материаловедение и конструкционные материалы. М.: Высшая школа, 1984.

Интернет – ресурсы

1. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. Режим доступа: <http://fcior.edu.ru>
2. Электронная библиотека. Электронные учебники. - Режим доступа: <http://subscribe.ru/group/mehanika-studentam/>

1 Общая характеристика механических свойств

Под механическими свойствами понимают характеристики, определяющие поведение металла под воздействием приложенных внешних механических сил.

Основными механическими свойствами являются прочность, упругость, вязкость, твердость. Зная механические свойства, конструктор обоснованно выбирает соответствующий материал, обеспечивающий надежность и долговечность конструкций при их минимальной массе.

Механические свойства определяют поведение материала при деформации и разрушении от действия внешних нагрузок.

В результате механических испытаний получают числовые значения механических свойств, то есть значения напряжений или деформаций, при которых происходят изменения физического и механического состояний металла.

Наличие металлической связи придает металлу способность к пластической деформации и самоупрочнению в результате пластической деформации. Поэтому если внутри материала есть дефект или имеются концентраторы напряжений, то в этих местах напряжения достигают большой величины и даже может возникнуть трещина. Но так как пластичность металла высока, то в таком месте, в том числе в устье трещины, металл пластически деформируется, упрочняется. И процесс разрушения приостанавливается.

У неметаллов этого не наблюдается – когда напряжения превзойдут некоторую величину, произойдет разрушение.

Данными обстоятельствами обусловлено то, что металлы являются надежными конструкционными материалами.

В зависимости от условий нагружения механические свойства могут определяться при:

- статическом нагружении – нагрузка на образец возрастает медленно и плавно;

- динамическом нагружении – нагрузка возрастает с большой скоростью, имеет ударный характер;

- повторно - переменном или циклическим нагружении – нагрузка в процессе испытания многократно изменяется по величине или по величине и направлению.

Для получения сопоставимых результатов образцы и методика проведения механических испытаний регламентированы ГОСТами.

2 Физическая природа деформации металлов

Деформацией называется изменение формы и размеров тела под действием напряжений.

Напряжение – сила, действующая на единицу площади сечения детали.

Напряжения и вызываемые ими деформации могут возникать при действии на тело внешних сил растяжения, сжатия и т.д., а также в результате фазовых (структурных) превращений, усадки и других физико-химических процессов, протекающих в металлах, и связанных с изменением объема.

Металл, находящийся в напряженном состоянии, при любом виде нагружения всегда испытывает напряжения нормальные и касательные (рис. 1.18).

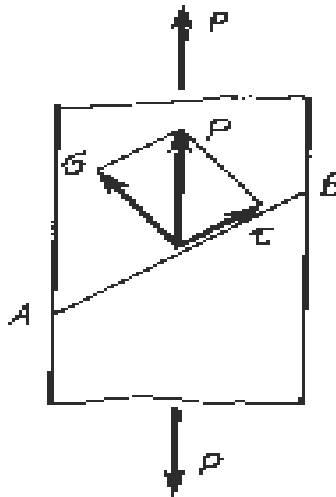


Рисунок 1.18 - Схема возникновения нормальных и касательных напряжений в металле при его нагружении

Рост нормальных и касательных напряжений приводит к разным последствиям. Рост нормальных напряжений приводит к хрупкому разрушению. Пластическую деформацию вызывают касательные напряжения.

Деформация металла под действием напряжений может быть упругой и пластической.

Упругой называется деформация, полностью исчезающая после снятия вызывающих ее напряжений.

При упругом деформировании изменяются расстояния между атомами металла в кристаллической решетке. Снятие нагрузки устраняет причину, вызвавшую изменение межатомного расстояния, атомы становятся на прежние места, и деформация исчезает.

Модуль упругости является важнейшей характеристикой упругих свойств металла. По физической природе величина модуля упругости рассматривается как мера прочности связей между атомами в твердом теле.

Эта механическая характеристика структурно нечувствительна, т. е. термическая обработка или другие способы изменения структуры не изменяют модуля упругости, а повышение температуры, изменяющее межатомные расстояния, снижает модуль упругости.

Пластической или *остаточной* называется деформация после прекращения действия вызвавших ее напряжений.

При пластическом деформировании одна часть кристалла перемещается по отношению к другой под действием касательных напряжений. При снятии нагрузок сдвиг остается, т.е. происходит пластическая деформация (рис.1.21)

В результате развития пластической деформации может произойти вязкое разрушение путем сдвига.

Металлы и сплавы в твердом состоянии имеют кристаллическое строение, и характер их деформации зависит от типа кристаллической структуры и от наличия несовершенств в этой структуре.

3 Характеристики прочности и пластичности

При статическом испытании на растяжение: ГОСТ 1497 получают характеристики прочности и пластичности.

Прочность – способность материала сопротивляться деформациям и разрушению.

Предел текучести характеризует сопротивление материала небольшим пластическим деформациям.

Условный предел текучести ($\sigma_{0,2}$) – это напряжение вызывающее остаточную деформацию $\delta = 0,2\%$

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

Физический или условный предел текучести являются важными расчетными характеристиками материала. Действующие в детали напряжения должны быть ниже предела текучести.

Предел прочности (σ_s) – напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец до разрушения (временное сопротивление разрыву).

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

Предел прочности характеризует прочность как сопротивления значительной равномерной пластичной деформации.

Пластичность — способность материала к пластической деформации, т.е. способность получать остаточное изменение формы и размеров без нарушения сплошности.

Это свойство используют при обработке металлов давлением.

Характеристики:

- относительное удлинения. (δ)

$$\delta = \frac{l_x - l_0}{l_0} 100\% = \frac{\Delta l_{ост}}{l_0} 100\%$$

l_0 и l_x – начальная и конечная длина образца.

$\Delta l_{ост}$ – абсолютное удлинение образца, определяется измерением образца после разрыва.

- относительное сужение

$$\Psi = \frac{F_0 - F_x}{F_0} 100\%$$

F_0 - начальная площадь поперечного сечения

F_x - площадь поперечного сечения в шейке после разрыва.

Относительное сужение более точно характеризует пластичность и служит технологической характеристикой при листовой штамповке.

Пластичные материалы более надежны в работе, т.к. для них меньше вероятность опасного хрупкого разрушения.

4 Твердость

Твердость – это сопротивление материала проникновению в его поверхность стандартного тела (индентора), не деформирующегося при испытании.

Это неразрушающий метод контроля. О твердости судят либо по глубине проникновения индентора (метод Роквелла), либо по величине отпечатка от вдавливания (методы Бринелля, Виккерса, микротвердости).

Во всех случаях происходит пластическая деформация материала. Чем больше сопротивление материала пластической деформации, тем выше твердость.

Наибольшее распространение получили методы Бринелля, Роквелла, Виккерса и микротвердости. Схемы испытаний представлены на рисунке 1.26.

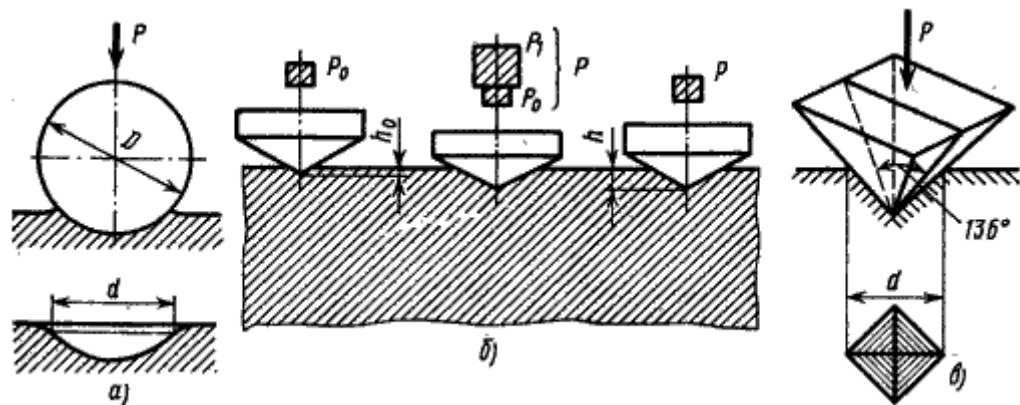


Рисунок 1.26 - Схемы определения твердости: *а* – по Бринеллю; *б* – по Роквеллу; *в* – по Виккерсу

Твердость по Бринеллю (ГОСТ 9012)

Испытание проводят на твердомере Бринелля (рис.1.26, а)

В качестве индентора используется стальной закаленный шарик диаметром D 2,5; 5; 10 мм, в зависимости от толщины изделия.

Нагрузка P , в зависимости от диаметра шарика и измеряемой твердости: для термически обработанной стали и чугуна – $P = 30D^2$, литой бронзы и латуни – $P = 10D^2$, алюминия и других очень мягких металлов – $P = 2,5D^2$.

Продолжительность выдержки τ : для стали и чугуна – 10 с, для латуни и бронзы – 30 с.

Полученный отпечаток измеряется в двух направлениях при помощи лупы Бринелля.

Твердость определяется как отношение приложенной нагрузки P к сферической поверхности отпечатка F :

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Стандартными условиями являются $D = 10$ мм; $P = 3000$ кгс; $t = 10$ с. В этом случае твердость по Бринеллю обозначается HB 250, в других случаях указываются условия: HB D / P / t , HB 5/ 250 /30 – 80.

Метод Роквелла ГОСТ 9013

Основан на вдавливании в поверхность наконечника под определенной нагрузкой (рис.1.26, б)

Индентор для мягких материалов (до HB 230) – стальной шарик диаметром 1/16” ($\varnothing 1,6$ мм), для более твердых материалов – конус алмазный.

Нагружение осуществляется в два этапа. Сначала прикладывается предварительная нагрузка F_0 (10 кгс) для плотного соприкосновения наконечника с образцом. Затем прикладывается основная нагрузка P_1 , в течение некоторого времени действует общая рабочая нагрузка P . После снятия основной нагрузки определяют значение твердости по глубине остаточного вдавливания наконечника h под нагрузкой F_0 .

В зависимости от природы материала используют три шкалы твердости (табл. 1.1)

Таблица 1.1 - Шкалы для определения твердости по Роквеллу

Шкала	Обозначение	Индентор	Нагрузка, кг			Область применения
			P0	P1	P2	
A	HRA	Алмазный конус < 1200	10	50	60	Для особо твёрдых материалов
B	HRB	Стальной закаленный шарик Ø1/16"	10	90	100	Для относительно мягких материалов
C	HRC	Алмазный конус < 1200	10	140	150	Для относительно твёрдых материалов

Метод царапания.

Алмазным конусом, пирамидой или шариком наносится царапина, которая является мерой. При нанесении царапин на другие материалы и сравнении их с мерой судят о твердости материала.

Можно нанести царапину шириной 10 мм под действием определенной нагрузки. Наблюдают за величиной нагрузки, которая дает эту ширину.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под механическими свойствами?
2. Что называется деформацией? Что такое упругая и пластическая деформация?
3. Какова природа различий в механических свойствах металлов и неметаллов?
4. В чем заключается механизм деформации металлов?
5. Что называется прочностью?
6. Что такое пластичность?
7. Что называют твердостью?
8. Каким образом определяют основные механические характеристики металлов?

