

№ 654

МИСиС

В.Ю. Турилина
С.В. Добаткин

Материаловедение и термическая обработка металлов

Практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 654

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ
Технологический университет



Кафедра металловедения и физики прочности

В.Ю. Турилина

С.В. Добаткин

Материаловедение и термическая обработка металлов

Практикум

Под редакцией профессора С.А. Никулина

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям Металлургия черных металлов, Литейное производство черных и цветных металлов, Обработка металлов давлением, Прикладная информатика (в материаловедении)

Москва Издательство «УЧЕБА» 2005

УДК 621.78
Т86

Рецензент
д-р техн. наук, проф. Ю.Д. Ягодкин

Турилина В.Ю., Добаткин С.В.

Т86 **Материаловедение и термическая обработка металлов: Практикум/ Под ред. С.А. Никулина. – М.: МИСиС, 2005. – 77 с.**

Рассмотрены темы практических занятий по курсам «Материаловедение», «Материаловедение и термическая обработка» и «Термическая обработка металлов и сплавов».

Пособие предназначено для самостоятельной подготовки студентов к практическим занятиям и решению задач по указанным курсам.

В каждом разделе пособия даются краткое теоретическое введение и разбор типовых задач, а также примеры задач для подготовки к контрольным работам.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям: «Металлургия черных металлов», «Литейное производство черных и цветных металлов», «Обработка металлов давлением» и «Прикладная информатика».

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Механические испытания и свойства металлов	4
1.1. Основные виды механических испытаний.....	4
1.1.1. Испытания на растяжение.....	4
1.1.2. Испытания на сжатие	10
1.1.3. Испытания на твердость	12
1.1.4. Испытания на усталость.....	17
1.2. Испытания на разрушение и определение характеристик сопротивляемости разрушению.....	19
1.2.1. Испытания на ударную вязкость.....	19
1.2.2. Испытания на вязкость разрушения (статическую трещиностойкость)	22
2. Термическая обработка	25
2.1. Фазовые превращения в твердом состоянии. Изотермические и термодинамические диаграммы превращений	25
2.1.1. Диаграмма фазового состояния системы Fe – Fe ₃ C	25
2.1.2. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении.....	27
2.1.3. Диаграмма изотермических превращений аустенита	31
2.1.4. Превращения аустенита при непрерывном охлаждении	34
2.2. Виды отжига I и II рода.....	37
2.2.1. Основы термической обработки. Общие положения и определения	37
2.2.2. Отжиг I рода	39
2.2.3. Отжиг II рода.....	44
2.3. Закалка с полиморфным превращением и отпуск стали.....	50
2.3.1. Закалка	50
2.3.2. Отпуск стали	59
2.4. Способы поверхностного упрочнения стальных изделий	64
2.4.1. Химико-термическая обработка. Общие закономерности	64
2.4.2. Поверхностная закалка стали	72
Библиографический список	76

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

1.1. Основные виды механических испытаний

1.1.1. Испытания на растяжение

Одноосное растяжение – наиболее распространенный вид статических испытаний для определения механических свойств металлов и сплавов. Методы испытания на растяжение, испытательные машины и образцы стандартизованы. Для испытаний используют образцы с рабочей частью в форме цилиндра или стержня с прямоугольным сечением. Все требования по форме, размерам и качеству поверхности образцов базируются на общих правилах, обеспечивающих подобие механических испытаний.

При растяжении определяют три группы механических свойств: характеристики прочности, пластичности и вязкости.

Прочностные свойства характеризуют сопротивление материала образца деформации и разрушению.

Пластические свойства характеризуют способность материала к пластическому деформированию до разрыва.

Вязкость характеризует энергоемкость или работу, затрачиваемую на процесс деформации и разрушения.

Механические свойства определяют по первичным (машинным) кривым растяжения в координатах нагрузка (P , Н) – абсолютное удлинение (Δl , мм) (рис. 1.1), которые автоматически записываются на диаграммной ленте испытательной машины. Условное напряжение (σ_i) рассчитывают, используя ординаты характерных точек диаграммы по следующей формуле:

$$\sigma_i = P_i / F_0,$$

где F_0 – начальная площадь поперечного сечения рабочей части образца.

На диаграммах различают стадию *упругой деформации* (прямолинейный участок), плавно переходящую в стадию *пластической деформации* (деформации, остающейся после снятия нагрузки). До точки P_{\max} образец деформируется равномерно. После P_{\max} деформация локализуется, происходит местное сужение поперечного сечения образца – образуется шейка, которая развивается вплоть до разрушения при нагрузке в точке P_k . Одновременно снижается действующее на образец усилие.

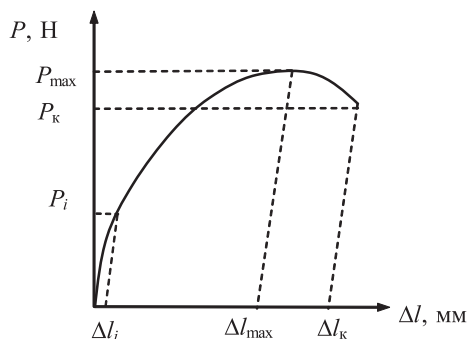


Рис. 1.1. Первичная кривая $P - \Delta l$ при растяжении

При переходе в область пластической деформации изменения сечения образца становятся уже значительными и отнесение нагрузки к исходному (до деформации) сечению дает лишь условные напряжения. Если учитывать изменение сечения при деформации и относить нагрузку не к исходному сечению, а к сечению в каждый данный момент деформации, то получают истинные напряжения $S_i = P_i / F_i$. Разница между истинными и условными напряжениями тем больше, чем пластичнее материал (чем сильнее меняется сечение в ходе деформации относительно исходного). Соответственно меняется вид диаграммы деформации в истинных координатах (схематично на рис. 1.2). В случае хрупких материалов (чугун, литые алюминиевые сплавы и т.п.) различие между истинными и условными напряжениями может быть небольшим.

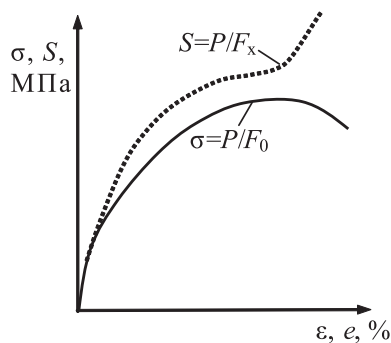


Рис. 1.2. Схематическое изображение диаграммы растяжения в условных (сплошная линия) и истинных (пунктирная линия) координатах

Различают *условные и истинные деформации*. Отношение изменения длины к начальной длине определяет условное удлинение

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

где l_0 и l_k – начальная и конечная длина образца. Отношение в каждый данный момент изменения длины к длине в этот момент дает истинное удлинение:

$$e = \int_{l_0}^{l_k} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_k}{l_0} = \ln(\epsilon + 1) = \ln \frac{F_0}{F_k} = \ln \left(\frac{1}{1 - \psi} \right),$$

где F_k и F_0 – конечное и начальное сечение образца; ψ – относительное сужение поперечного сечения.

Переход от l_k / l_0 к F_0 / F_k основан на известном положении о постоянстве объема при деформировании: $V_0 = F_0 l_0$; $V_k = F_k l_k$; $V_0 = V_k$; $l_k / l_0 = F_0 / F_k$. Поскольку $\psi = (F_0 - F_k) / F_0 = 1 - F_k / F_0$, следовательно, $F_0 / F_k = 1 / (1 - \psi)$.

Задачи

1.1. Какая диаграмма деформации (рис. 1.3) соответствует образцу: а) из более пластичного материала; б) из более вязкого материала; в) из более прочного материала; г) из более упругого материала. Какие характеристики при этом необходимо сравнивать?

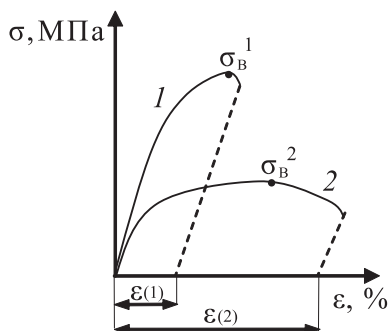


Рис. 1.3

Решение

а) У более пластичного материала пластическая деформация достигает больших величин ϵ . Материал 2 более пластичный, так как $\epsilon(2) > \epsilon(1)$.