

УДК 539.2 (076.5)

ББК 22.37я 73

Ш 32

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор Н.А. Манаков, доктор физико-математических наук, доцент Р.Б. Моргунов.

**Шашкова Л.В.,**

**Ш 32**

**Механические свойства твердых тел: методические указания к занятиям по курсу физики твердого тела/Л.В. Шашкова., В.К. Шашкова - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 42 с.**

Методические указания предназначены студентам технических, физических и других специальностей для изучения темы «Механические свойства твердых тел» курса физики твердого тела.

ББК 22.37я 73

©Шашкова Л.В.,

Шашкова В.К., 2008

©ГОУ ОГУ, 2008

## Содержание

1 Деформации твердого тела.....	5
1.1 Упругая и пластическая деформации. Закон Гука.....	5
1.2 Основные закономерности пластического течения кристаллов.....	9
1.3 Механическое двойникование.....	13
1.5 Контрольные вопросы к разделу 1.....	17
2 Дислокации.....	19
2.1 Понятие о дислокациях. Основные типы дислокаций.....	19
2.3 Источники дислокаций. Упрочнение кристаллов.....	24
2.4 Контрольные вопросы к разделу 2.....	29
3 Прочность твердых тел.....	30
3.1 Теоретическая прочность твердых тел.....	30
3.2 Реальная (техническая) прочность твердых тел.....	33
3.3 Временная прочность твердых тел.....	38
3.4 Пути повышения прочности твердых тел.....	42
3.5 Контрольные вопросы к разделу 3.....	45
Список использованных источников.....	47

# Механические свойства твердых тел

Из всех свойств, которыми обладают твердые тела, наиболее характерными являются механические свойства — прочность, твердость, пластичность, износостойкость и др. Именно благодаря этим свойствам твердые тела получили столь широкое практическое применение в качестве конструктивных, строительных, электротехнических, магнитных и других материалов, без которых немыслимо развитие материального производства. Даже названия целых эпох ранней цивилизации связаны с названием твердых тел, механические свойства которых обусловили качественный скачок в развитии человеческого общества, — каменный век, бронзовый век, железный век и т. д.

В настоящей главе кратко излагаются современные физические представления о механических свойствах твердых тел, закономерностях их пластического течения и разрушения, физической природе прочности и перспективах разработки материалов с уникальными механическими свойствами.

## 1 Деформации твердого тела

### 1.1 Упругая и пластическая деформации. Закон Гука

При действии на кристалл внешней растягивающей нагрузки расстояние между атомами увеличивается и равновесное расположение их в кристалле нарушается. Это приводит к нарушению равенства сил притяжения и отталкивания, характерного для равновесного состояния атомов в решетке, и возникновению внутренних сил, стремящихся вернуть атомы в первоначальные положения равновесия. Величину этих сил, рассчитанную на единицу площади поперечного сечения кристалла, называют **напряжением**. Вычислим его.

Ранее было показано, что энергия взаимодействия частиц **1** и **2** в твердом теле является функцией расстояния  $r$  между ними и описывается кривой  $U(r)$ , схематически показанной на рисунке 1.1. При смещении частицы **2** из положения равновесия на расстояние  $x$ , т. е. при увеличении расстояния между частицами до  $r = r_0 + x$ , энергия частицы увеличивается, становясь равной  $U(r)$ . Изменение энергии  $U(x) = U(r) - U(r_0)$  можно найти, разлагая  $U(r)$  в ряд Тейлора по степеням  $x$ :

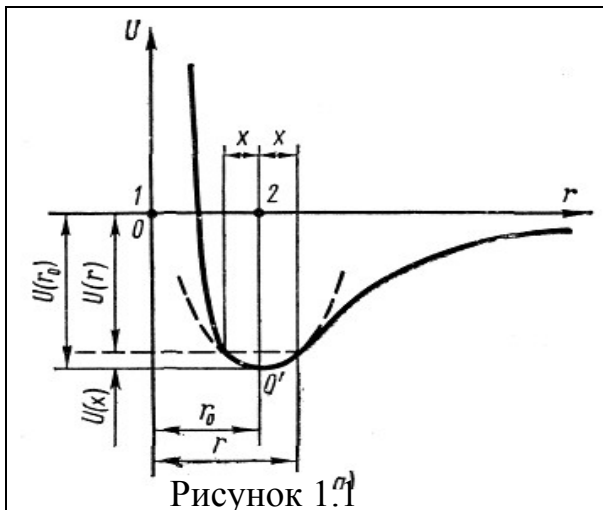
$$U(x) = \left( \frac{\partial U}{\partial r} \right)_0 x + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right)_0 x^2 + \frac{1}{6} \left( \frac{\partial^3 U}{\partial r^3} \right)_0 x^3 + \dots \quad (1.1)$$

Ограничиваясь квадратичным членом разложения и учитывая, что  $\left( \frac{\partial U}{\partial r} \right)_0$  в точке  $O'$  равна нулю, находим

$$U(x) \approx \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right)_0 x^2 = \frac{1}{2} \beta x^2, \quad (1.2)$$

где  $\beta$  — жесткость связи.

Мы получили приближенное выражение для изменения энергии частицы вследствие смещения ее из положения равновесия на расстояние  $x$ . Приближенным оно является потому, что в разложении (1.1) мы ограничились квадратичным членом и отбросили члены более высокого порядка. Графически зависимость в таком приближении выражается параболой, показанной на рисунке 1.1 пунктиром. Сила, которая возникает между частицами 1 и 2 при изменении расстояния между ними на  $x$ , равна



$$f = - \frac{\partial U(x)}{\partial x} = - \beta x. \quad (1.3)$$

Как видно из (1.3), сила пропорциональна первой степени смещения  $x$  и направлена к положению равновесия, на что указывает знак минус. Известно, что под действием такой силы тело совершает гармонические колебания. Поэтому такую силу называют **гармонической**, а приближение (1.2), приведшее к гармонической силе, называют **гармоническим** приближением. График зависимости  $f(x)$  в области малых значений  $x$  представляет собой прямую.

Теперь представим себе, что к стержню с поперечным сечением  $S$  и длиной  $L$  приложена растягивающая сила  $F$ , которая изменяет расстояние между соседними атомными плоскостями 1 и 2 на  $x$ , вызывая тем самым удлинение стержня на  $\Delta L$ . Эта сила будет уравновешена внутренней силой  $F_{BH}$ , численно равной

$$F_{BH} = fN = N\beta x, \quad (1.4)$$

где  $N$  — число частиц, находящихся в атомном слое площадью  $S$ . Напряжения  $\sigma$ , которые возникнут в растянутом стержне, будут равны

$$\sigma = \frac{F_{BH}}{S} = \frac{N}{S} \beta x = cx, \quad (1.5)$$