



高等教育“十二五”规划教材·机电类

工程材料与 机制基础

GONGCHENG CAILIAO
YU JIZHI JICHU



主审 ◎ 周青
主编 ◎ 李桂金 郭芳芳



西北工业大学出版社

高等教育 “十二五” 规划教材 · 机电类

工程材料与机制基础

主 审 周 青

主 编 李桂金 郭芳芳

副主编 周细林 曾东保

西北工业大学出版社

【内容简介】本书共分 16 章,系统地阐述了金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、合金的结晶与相图分析、铁碳合金、钢的热处理、钢铁材料性能及其用途、非铁金属及其合金、粉末冶金、非金属材料、特殊性能材料、铸造、金属压力加工、焊接、金属切削加工、数控加工和现代制造技术、工程材料选用等方面的基本原理和基础知识。

本书可作为高等院校应用型本科理工科专业、高等职业技术学院工科专业教学用书,也可作为成人高校的教学用书,自考人员和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与机制基础/李桂金、郭芳芳主编. —西安:西北工业大学出版社, 2015.2
高等教育“十二五”规划教材. 机电类
ISBN 978-7-5612-4284-1

I. ①工… II. ①李… ②郭… III. ①工程材料—高等学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 024496 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029) 88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:21.25

字 数:520 千字

版 次:2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

定 价:45.00 元

前 言

本书是根据高等院校教育发展的需要而编写的教学用书,以培养高素质应用型人才为目的,适用于机械类应用型本科、专科教学。

本书将理论和实训紧密结合,注重联系生产实际和强化应用,突出应用型本科的特点,做到基本概念清晰,简明扼要,重点突出。对基本理论部分,以必需和够用为原则,以强化应用为重点;对工程材料部分,以掌握材料特性和材料应用为重点;对加工工艺技术部分,以了解和掌握工艺知识为原则,以工艺应用为重点。

书中还对金属材料表面处理技术、数控加工做了简要的介绍,其目的是为培养高素质的应用型本科人才奠定必要的工程材料选用和机械制造工艺方面的基础。这对培养学生的工程意识、创新思维、应用基本知识和工艺技术解决工程实际问题的能力,具有重要的作用。

全书系统地阐述了金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、合金的结晶与相图分析、铁碳合金、钢的热处理、钢铁材料性能及其用途、非铁金属及其合金、粉末冶金、非金属材料、特殊性能材料、铸造、金属压力加工、焊接、金属切削加工、数控加工和现代制造技术、工程材料选用等方面的基本原理和基础知识,每章末都附有复习思考题以利于学生的学习巩固。书末还附有碳钢硬度与抗拉强度换算表和工程常用材料力学性能对照表。书中所用名词术语、单位、符号等都贯彻了最新国家标准。

全书共 16 章,总课时为 40~80 学时。本书可作为高等院校应用型本科理工科专业、高等职业技术学院工科专业教学用书,也可作为成人高校的教学用书以及自考人员和工程技术人员参考用书。

本书由江西科技学院李桂金、郭芳芳担任主编。其中李桂金负责编写第 1, 2, 7~10, 14~16 章,郭芳芳负责编写第 3~6 章,周细林负责编写第 11~13 章,曾东保负责收集资料、协调工作。周青审阅全书。

在本书编写过程中得到了许多宝贵的建议和帮助,在此一并致谢。

限于水平和时间,书中不妥或疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月

目 录

第1章 金属材料的性能.....	1
1.1 金属材料的力学性能.....	1
1.2 金属材料的物理、化学性能.....	14
1.3 金属材料的工艺性能.....	15
复习思考题	16
第2章 纯金属的晶体结构与结晶.....	17
2.1 纯金属的晶体结构.....	17
2.2 纯金属的结晶	21
2.3 金属的同素异构转变.....	25
复习思考题	26
第3章 合金的结晶与相图分析.....	27
3.1 合金的晶体结构.....	27
3.2 二元合金相图	30
3.3 合金的性能与相图的关系.....	38
复习思考题	39
第4章 铁碳合金	41
4.1 铁碳合金的基本相和组织.....	41
4.2 铁碳合金相图分析.....	43
4.3 典型铁碳合金结晶过程分析.....	47
4.4 碳对铁碳合金组织和性能的影响.....	52
复习思考题	54
第5章 钢的热处理	56
5.1 概述	56
5.2 钢在加热时的组织转变.....	57
5.3 钢在冷却时的组织转变.....	60
5.4 钢的退火与正火.....	65

5.5 钢的淬火与回火.....	69
5.6 钢的表面热处理.....	75
5.7 热处理新技术及先进工艺简介.....	79
复习思考题	80
第6章 钢铁材料性能及其用途.....	82
6.1 钢铁生产	82
6.2 钢中常存杂质和合金元素的作用.....	85
6.3 钢的分类与编号.....	87
6.4 非合金钢	91
6.5 合金钢	94
6.6 特殊性能钢	106
6.7 铸铁	108
复习思考题	116
第7章 非铁金属及其合金.....	118
7.1 纯铝及其合金	118
7.2 纯铜及铜合金	123
7.3 纯钛及钛合金	127
7.4 轴承合金	129
复习思考题	131
第8章 粉末冶金	133
8.1 粉末冶金的工艺与特点.....	133
8.2 硬质合金	134
8.3 其他粉末冶金材料.....	136
复习思考题	137
第9章 非金属材料	138
9.1 高分子合成材料.....	138
9.2 陶瓷材料	155
9.3 复合材料	157
复习思考题	159
第10章 特殊性能材料.....	160
10.1 热性能材料	161

III

14.6 钻削加工	271
14.7 刨削加工	272
14.8 磨削加工	273
复习思考题	277
第 15 章 数控加工和现代制造技术简介	279
15.1 数控机床	279
15.2 数控车削加工	284
15.3 数控铣床加工	285
15.4 加工中心	288
15.5 电火花线切割加工	291
15.6 超精密加工	295
15.7 纳米加工技术	298
15.8 超高速切削加工技术	301
15.9 柔性制造系统	301
15.10 虚拟制造技术	303
15.11 计算机辅助设计与制造技术	305
复习思考题	309
第 16 章 工程材料选用	310
16.1 机械零件选材方法	310
16.2 工程材料在汽车上的应用	315
16.3 工程材料在机床上的应用	318
16.4 工程材料在仪器仪表上的应用	322
16.5 工程材料在石油化工设备上的应用	324
16.6 工程材料在航空航天器上的应用	327
复习思考题	329
附录	330
附录 1 碳钢硬度与抗拉强度换算表(GB/T1172—1999)	330
附录 2 压痕直径与布氏硬度对照表	331
参考文献	333

第1章 金属材料的性能

【学习指南】

- ◎ 认识、了解金属材料的物理、化学性能；
- ◎ 理解金属材料的常用力学性能指标概念及其检测方法；
- ◎ 理解金属材料的工艺性能；
- ◎ 掌握金属材料的常用力学性能指标及其应用。

【本章要点】

- ◎ 金属材料的常用力学性能指标及其应用；
- ◎ 金属材料的工艺性能。

【本章难点】

- ◎ 金属材料的常用力学性能指标概念及其检测方法；
- ◎ 金属材料的工艺性能。

工程材料是现代科学技术的物质基础，金属材料是制造各种机床、机械设备和运输机械等的最主要的材料。金属材料之所以获得广泛的应用，是由于它具有各种优越的性能。生产实践中往往由于选材不当造成机械设备达不到使用要求或过早失效，因此了解和熟悉材料的性能是合理选材、充分发挥工程材料内在性能潜力的重要保证。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两个方面。使用性能是指金属材料在使用的条件所表现出来的性能，它包括力学性能、物理性能和化学性能等。工艺性能是指金属材料在制造加工过程中反映出来的各种性能，它包括铸造性能、锻造性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

1.1 金属材料的力学性能

力学性能是指材料在各种外力作用下抵抗变形或破坏的某些能力，是机械制造领域选用金属材料的主要依据。而且它与各种加工工艺也有密切的关系。力学性能范围较广，以试验温度区分，力学性能可分为高温力学性能、常温力学性能和低温力学性能。本书主要介绍常温力学性能。

力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,对金属材料的力学性能要求也不同。载荷按其作用性质的不同可分为以下3种。

- (1) 静载荷。是指大小不变或变化过程缓慢的载荷。
- (2) 冲击载荷。在短时间内以较高速度作用于零件上的载荷。
- (3) 交变载荷。是指大小、方向或大小和方向随时间作周期性变化的载荷。

机械零件在使用过程或加工过程中,会受到不同形式外力的作用。如柴油机的连杆在工作时不仅受到拉力和压力的作用,还要受冲击力的作用;起重机上的钢丝绳受到悬吊物体的重力作用。根据作用形式的不同,载荷可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等,如图1-1所示。

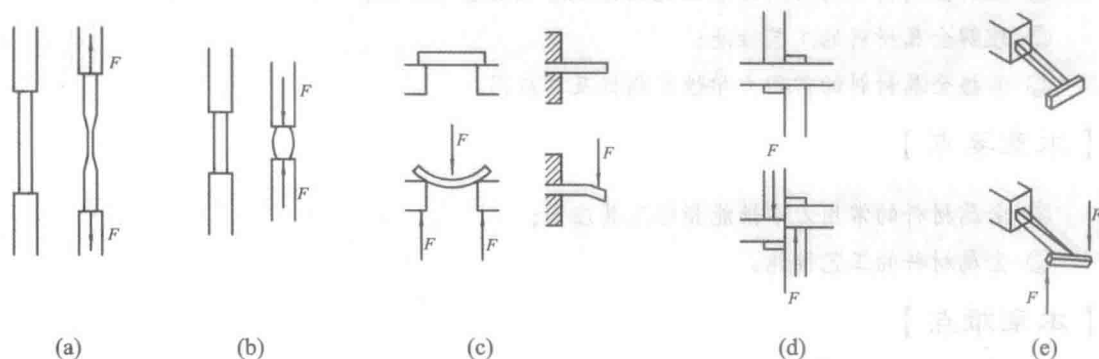


图1-1 载荷的作用形式

(a)拉伸载荷; (b)压缩载荷; (c)弯曲载荷; (d)剪切载荷; (e)扭转载荷

金属材料受到载荷作用后,产生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形分为弹性变形和塑性变形两种。

材料在载荷作用下发生变形,而当载荷卸除后,变形也完全消失。这种随载荷的卸除而消失的变形称为弹性变形。

当作用在材料上的载荷超过某一限度,此时若卸除载荷,大部分变形随之消失(弹性变形部分),但还是留下了不能消失的部分变形。这种不随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形,也称为永久变形。

材料受外力作用时,为保持自身形状尺寸不变,在材料内部作用着与外力相对抗的力,称为内力。内力的大小与外力相等,方向则与外力相反,和外力保持平衡。单位面积上的内力称为应力。金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力计算公式如下:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1-1)$$

式中: σ ——应力, MPa;

F ——外力, N;

S ——横截面积, mm^2 。



1.1.1 强度指标及应用

金属材料在载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度。强度的大小通常用应力来表示,强度愈高,材料所能承受的载荷愈大。

根据载荷作用方式的不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度5种。工程上常以屈服强度和抗拉强度作为强度指标。

抗拉强度是通过拉伸金属试验测定的,通常在拉伸试验机上进行。拉伸试验的方法是用静拉力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长量,直至试样断裂,根据测得的数据,即可得出有关的力学性能。

1. 拉伸试样

拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两类。在国家标准(GB/T397—1986)中,对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。如图1-2所示为圆形拉伸试样。

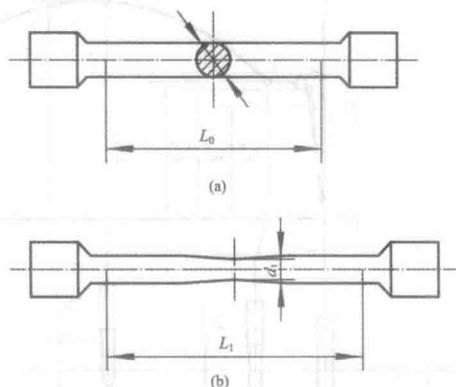


图1-2 圆形拉伸试样

(a)拉伸前;(b)拉伸缩颈断后

图中 d_0 是试样的直径, l_0 为标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0=10 d_0$)和短试样($l_0=5 d_0$)两种。

2. 力和拉伸曲线

拉伸试验过程中随着载荷的均匀增加,试样不断地由弹性伸长过渡到塑性伸长直至断裂。一般试验机都有自动记录装置,可以把作用在试样上的力和伸长量描绘成拉伸图,也叫作力-伸长曲线。如图1-3所示为低碳钢的力-伸长曲线,图中纵坐标表示力 F ,单位为牛(N);横坐标表示伸长量 Δl ,单位为毫米(mm)。图中明显地表现出下面几个变形阶段:

(1) Oe ——弹性变形阶段。当给材料施加载荷后,试样产生伸长变形。试样的变形完全是弹性的,如果载荷卸载,试样可恢复原状。在 p 点以下,载荷和变形量呈线性关系。当施加力超过比例伸长力 F_p 后,力和变形不成线性关系,直至最大弹性伸长力 F_e 。 F_e 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大拉伸力,一般来说 F_p 与 F_e 非常接近。

(2) es ——屈服阶段。当载荷超过 F_e 后再卸载时,试样的伸长只能部分地恢复,而保留了一部分残余变形。当载荷增加到 F_s 时,力-伸长曲线图上出现平台或锯齿状,这种在载荷不增

加或略有减小的情况下, 试样还继续伸长的现象叫作屈服。 F_s 称为屈服载荷。屈服后, 材料开始出现明显的塑性变形, 材料完全丧失了抵抗变形的能力。在试样表面开始出现与轴线成约 45° 的滑移线。

(3) sb ——强化阶段。在屈服阶段以后, 欲使试样继续伸长, 必须不断加载。随着塑性变形的增大, 试样变形抗力也在不成比例地逐渐增加, 这种现象称为冷变形强化(或称加工硬化), 此阶段试样的变形是均匀发生的。 F_b 为试样拉伸试验时的最大载荷。

(4) bz ——缩颈阶段(局部塑性变形阶段)。当载荷达到最大值 F_b 后, 试样的直径发生局部收缩, 称为“缩颈”。随着试样缩颈处横截面积的减小, 试样变形所需的载荷也随之降低, 而变形继续增加, 这时伸长主要集中于缩颈部位。当变形到达 z 点时试样发生断裂。

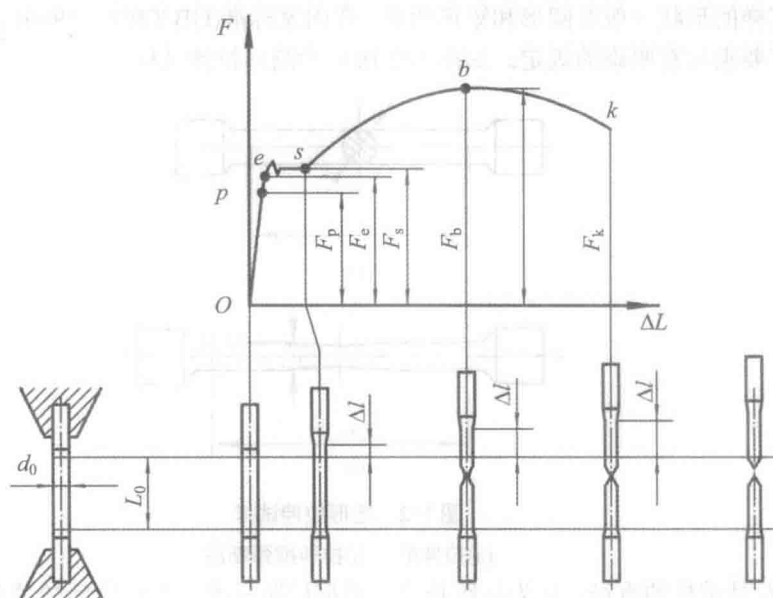


图 1-3 低碳钢的力-伸长曲线

工程上使用的金属材料, 并不是都有明显的 4 个阶段, 有的没有明显的屈服现象, 如退火的轻金属、退火及调质的合金钢等。有些脆性材料, 不仅没有屈服现象, 而且也不产生“缩颈”, 如铸铁等。图 1-4 为铸铁的力-伸长曲线。

3. 应力-应变

若用试样的原始横截面积 S_0 去除拉力 F , 则得到试样所受的应力

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (1-2)$$

用试样相应的变形量除以试样的原始标距长度, 即得其相对变形(即应变), 即

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1-3)$$

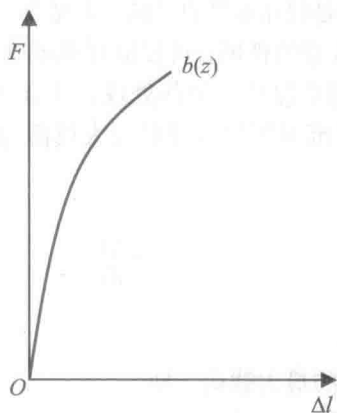


图 1-4 铸铁的力-伸长曲线

4. 强度指标及其意义

在拉伸的各个阶段,都分别对应有典型的应力。常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度,应重点掌握。

(1) 屈服强度 σ_s 。屈服强度是指材料产生屈服时的最小应力。在拉伸试验过程中, 载荷不增加(保持恒定), 试样仍能继续伸长时的应力称为屈服强度, 用符号 σ_s 表示, 计算如下:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad (1-4)$$

式中: σ_s ——屈服强度, MPa;

F_0 ——试样屈服时的载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

工业上使用的许多金属材料,在拉伸试验过程中,没有明显的屈服现象。对于无明显屈服现象的金属材料,按国标 GB / T 228—1987 规定可用规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 表示屈服点。 $\sigma_{0.2}$ 表示试样卸除载荷后,其标距部分的残余伸长率达到 0.2% 时的应力,也称为条件屈服强度。计算公式如下:

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \quad (1-5)$$

式中: $\sigma_{0.2}$ ——规定残余伸长应力, MPa;

$F_{0.2}$ ——残余伸长率达 0.2% 时的载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

屈服强度 σ_s 和规定残余伸长应力 σ_0 ,都是衡量金属材料塑性变形抗力的指标。机械零件

在工作时如受力过大,则因过量的塑性变形而失效。当零件工作时所受的应力低于材料的屈服强度或规定的残余伸长应力,则不会产生过量的塑性变形。材料的屈服强度或规定的残余伸长应力越高,允许的工作应力也越高,则零件的截面尺寸及自身质量就可以减小。因此,材料的屈服强度或规定的残余伸长应力是机械零件设计的主要依据,也是评定金属材料性能的重要指标。

屈服强度是对组织、成分敏感的性能,可以通过热处理、合金化以及塑性变形等方法在很大范围内变化。提高材料的屈服强度往往是热处理、合金化以及塑性变形的目的之一。

(2) 抗拉强度 σ_b 。材料在拉断前所能承受的最大载荷与原始截面积之比称为抗拉强度,用符号 σ_b 表示。计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (1-6)$$

式中: σ_b ——抗拉强度, MPa;

F_b ——试样拉断前承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

由拉伸图可见,对塑性材料来说,在 F_b 以前试样均匀变形,而在 F_b 以后变形将集中在颈部。强度极限表征材料对最大均匀塑性变形的抗力,它在技术上非常重要,工程上把抗拉强度作为设计时的主要依据之一,也是材料的主要力学性能指标之一。零件在工作中所承受的应力,不允许超过抗拉强度,否则会产生断裂。 σ_b 也是机械零件设计和选材的重要依据。

1.1.2 塑性指标及应用

金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。塑性指标也是由拉伸试验测得的,常用伸长率和断面收缩率来表示。

1. 伸长率

试样拉断后,标距的伸长量与原始标距的百分比称为伸长率,用符号 δ 表示。其计算公式如下:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中: δ ——伸长率, %;

l_1 ——试样拉断后的标距, mm;

l_0 ——试样的原始标距, mm。

必须说明,同一材料的试样长短不同,测得的伸长率是不同的。长短试样的伸长率分别用符号 δ_{10} 和 δ_5 表示,习惯上 δ_{10} 也常写成 δ 。

2. 断面收缩率

试样拉断后,缩颈处横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比称为断面收缩率,用符号 ψ 表示。其计算公式如下:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中: ψ ——断面收缩率, %;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

S_1 ——试样拉断后缩颈处的横截面积, mm^2 。

金属材料的伸长率(δ)和断面收缩率(ψ)数值越大, 表示材料的塑性越好。塑性好的金属可以发生大量塑性变形而不破坏, 也易于加工成复杂形状的零件。例如, 工业纯铁的 δ 可达50%, ψ 可达80%, 可以拉制细丝, 轧制薄板等。铸铁的 δ 几乎为零, 所以不能进行塑性变形加工。塑性好的材料, 当受力过大时, 首先产生塑性变形而不致发生突然断裂, 因此比较安全。

1.1.3 硬度指标及应用

材料抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度。它不是一个单纯的物理或力学量, 而是代表弹性、塑性、塑性变形强化率、强度和韧性等一系列不同物理量的综合性能指标。

硬度是各种零件和工具必须具备的性能指标。机械制造业所用的刀具、量具、模具等, 都应具备足够的硬度, 才能保证使用性能和寿命。有些机械零件如齿轮等, 也要求有一定的硬度, 以保证足够的耐磨性和使用寿命。因此硬度是金属材料重要的力学性能之一。

硬度值又可以间接地反映金属的强度及金属在化学成分、金相组织和热处理工艺上的差异, 而与拉伸试验相比, 硬度试验简便易行, 因而硬度试验应用十分广泛。硬度测试的方法很多, 最常用的有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法两种。

1. 布氏硬度

(1) 测试原理。使用直径为 D 的球体(钢球或硬质合金球), 以规定的试验力 F 压入试样表面, 经规定保持时间后卸除试验力, 然后测量表面压痕直径 d , 用压痕表面积 S 除载荷 F 所得的商即为布氏硬度, 如图1-5所示。

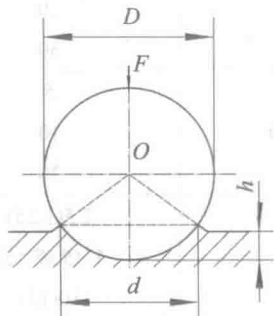


图 1-5 布氏硬度试验原理图

布氏硬度值是用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示的, 用符号 HBS(HBW) 来表示。布氏硬度值计算如下:

$$\text{HBS}(\text{HBW}) = \frac{F}{S} = 0.2 \times \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad (1-9)$$

式中: HBS(HBW)——用钢球(或硬质合金球)试验时布氏硬度值;

F ——试验力, N;

S ——球面压痕表面积, mm^2 ;

D ——球体直径, mm;

d ——压痕平均直径。

从上式中可以看出, 当试验力(F)、压头球体直径(D)一定时, 布氏硬度值仅与压痕直径(d)的大小有关。 d 越小, 布氏硬度值越大, 也就是硬度越高。相反, d 越大, 布氏硬度值越低。

通常布氏硬度值不标出单位。在实际应用中, 布氏硬度一般不用计算, 而是用专用的刻度放大镜量出压痕直径(d), 根据压痕直径的大小, 再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值。

(2) 布氏硬度的表示方法。布氏硬度的表示符号为 HBS 和 HBW 两种。压头为淬火钢球时用 HBS 表示, 一般适用于测量软灰铸铁、有色金属等布氏硬度值在 450 以下的材料。压头为硬质合金球时, 用 HBW 表示, 适用于布氏硬度值在 650 以下的材料。符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值, 符号后面按以下顺序用数字表示试验条件: ①球体直径; ②试验力; ③试验力保持的时间(10~15s, 不标注)。

例如: 270 HBS10/1000/25 表示用直径 10 mm 的钢球, 在 9 806N(1 000kgf)试验力的作用下, 保持 25 s 时测得的布氏硬度值为 270。490 HBW 5/750 表示用直径 5 mm 的硬质合金球, 在 7 355N(750kgf)试验力的作用下, 保持 10~15s 时测得的布氏硬度值为 490。

做布氏硬度试验时, 压头球体的直径(D)、试验力(F)及试验力保持的时间(t), 应根据被测金属材料的种类、硬度值的范围及金属的厚度进行选择。常用的压头球体直径(D)有 1 mm, 2 mm, 2.5 mm, 5 mm 和 10 mm 5 种, 试验力(F)在 9.807 N~29.42 kN 范围内, 二者之间的关系见表 1-1。

表 1-1 根据材料和布氏硬度范围选择试验条件

材料	布氏硬度	$0.102 F/D^2$	加载保持时间/s
钢及铸铁	<140	10	10
	≥ 140	30	
铜及其合金	<35	5	60
	35~130	10	30
	>130	30	30
轻金属及其合金	<35	2.5(1.25)	60
	35~80	10(5 或 15)	30
	>80	10(15)	30
铅、锡		1.25(1)	

注: 1. 当试验条件允许时, 应尽量选用直径为 10mm 的球;

2. 当有关标准中没有明确规定时, 应使用无括号的 F/D^2 值。

(3) 特点及应用范围。布氏硬度是使用最早、应用最广的硬度试验方法, 主要适用于测定灰铸铁、有色金属、各种软钢等硬度不是很高的材料。

测量布氏硬度采用的试验力大, 球体直径也大, 因而压痕直径也大, 因此能较准确地反映出金属材料的平均性能。另外, 由于布氏硬度与其他力学性能(如抗拉强度)之间存在着一定的近似关系, 因而在工程上得到了广泛的应用。

测量布氏硬度的缺点是操作时间较长, 对不同材料需要不同的压头和试验力, 压痕测量费时。在进行高硬度材料试验时, 由于球体本身的变形会使测量结果不准确, 因此, 用钢球压头测量时, 材料硬度值必须小于 450; 用硬质合金球压头时, 材料硬度值必须小于 650。布氏硬度试验法又因其压痕较大, 不宜用于测量成品及薄件。

2. 洛氏硬度

(1) 洛氏硬度测试原理。洛氏硬度试验采用金刚石圆锥体或淬火钢球压头, 压入金属表面后, 经规定保持时间后卸除主试验力, 以测量的压痕深度来计算洛氏硬度值。测量的示意图如图 1-6 所示。

测量时, 先加初试验力 F_0 , 压入深度为 h_1 , 目的是为消除因被测零件表面不光滑而造成的误差。然后再加主试验力 F_1 , 在总试验力($F_0 + F_1$)的作用下, 压头压入深度为 h_2 。卸除主试验力, 由于弹性变形的恢复, 使压头回升到 h_3 的位置, 则由试验力所引起的塑性变形的压痕深度 $e = h_3 - h_1$ 。显然, e 值越大, 被测金属的硬度越低。为了符合数值越大, 硬度越高的习惯, 用 0.002mm 的压痕深度作为一个硬度单位, 将一个常数减去 $e/0.002$ 来表示硬度的大小, 由此获得洛氏硬度值, 用符号 HR 表示。即洛氏硬度值的计算公式如下:

$$HR = K - \frac{e}{0.002} \quad (1-9)$$

式中: HR——洛氏硬度值;

K ——常数, 用金刚石圆锥体压头进行试验时 $K=100$, 用钢球压头进行试验时, $K=130$;

e ——压痕深度, mm。

洛氏硬度没有单位, 试验时硬度值直接从硬度计的表盘上读出。

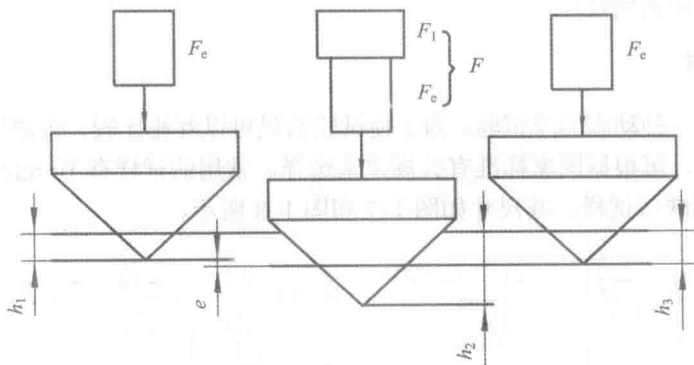


图 1-6 洛氏硬度测试过程示意图

(2) 常用洛氏硬度标尺及其适用范围。为了用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬