 21 世纪高等院校应用型规划教材

工程材料及热处理

主 编 胡凤翔 于艳丽
副主编 吴德昌 舒 翔



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

TG15
394
1=

21 世纪高等院校应用型规划教材

工程材料与热处理

主 编 胡凤翔 于艳丽
副主编 吴德昌 舒 翔
参 编 戴勇新 罗建军



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书内容包括金属力学性能、金属学基本知识、钢的热处理、金属材料、工程材料的选用,各章后面附有思考题与作业题。本书比较全面系统地介绍了金属力学性能、金属与合金的基本结构与性能、金属的凝固、相图和固态相变、塑性变形、钢在加热及冷却过程中的相变原理以及钢的热处理工艺、碳钢、合金钢、铸铁、有色金属、工程材料的选用等知识。

本书可作为高等院校冶金、机械、石油化工、矿山、电力等专业的专业教材,还可作为从事金属材料及相关专业的工程技术人员重要的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热处理/胡凤翔,于艳丽主编. —北京:北京理工大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-5640-1716-3

I. 工… II. ①胡…②于… III. ①工程材料-高等学校-教材②热处理-高等学校-教材 IV. TB3 TG15

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第119783号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京国马印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/13.75

字 数/325千字

版 次/2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

印 数/1~5000册 责任校对/申玉琴

定 价/23.50元 责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是根据《高职高专教育基础课程教学基本要求》，并围绕高职高专培养应用型人才的目标而编写的，以突出高等职业教育的特色为原则，在编写过程中，汲取了各高职院校近年来机械工程材料（金属工艺学）课程改革的成功经验，借鉴其他同类教材的优点，使教材内容侧重于应用理论、应用技术和材料的选用；强调理论联系实际，强调对学生的实践能力的培养和训练；贯彻以应用为目的，以掌握概念、强化应用为教学重点，以必需、够用为度的原则。

本书可作为高等职业技术教育机械类和近机类有关专业教材，也可供相应专业的工程技术人员参考。

本书由江西机电职业技术学院胡凤翔（副教授），江西机电职业技术学院于艳丽（副教授），江西机电职业技术学院吴德昌（副教授），江西机电职业技术学院舒翔（副教授），江西机电职业技术学院戴勇新（副教授），江西机电职业技术学院罗建军（副教授）共同编写。胡凤翔、于艳丽任主编，吴德昌、舒翔任副主编，戴勇新、罗建军参编。

本书名词、术语、牌号，均采用了最新国家标准，使用了法定计量单位。为了方便读者学习，各章均配有思考题与练习题。

由于编者水平有限，编写时间短促，书中不妥之处恳请批评指正。

目 录

(38)	绪论	(1)
(38)	第一章 金属材料的力学性能	(3)
(38)	第一节 强度与塑性	(3)
(38)	第二节 硬度	(6)
(38)	第三节 冲击韧度	(9)
(38)	第四节 疲劳	(11)
(38)	思考题与练习题	(12)
(38)	第二章 纯金属与合金的晶体结构	(13)
(38)	第一节 纯金属的晶体结构	(13)
(38)	第二节 金属的实际晶体结构	(16)
(38)	第三节 合金的晶体结构	(18)
(38)	思考题与练习题	(21)
(38)	第三章 金属的结晶	(22)
(38)	第一节 纯金属的结晶	(22)
(38)	第二节 合金的结晶	(28)
(38)	第三节 二元相图的应用	(33)
(38)	思考题与练习题	(35)
(38)	第四章 金属的塑性变形与再结晶	(37)
(38)	第一节 金属塑性变形简介	(37)
(38)	第二节 冷塑性变形对金属组织和性能的影响	(38)
(38)	第三节 冷塑性变形后的金属加热时组织与性能的变化	(40)
(38)	第四节 金属的热变形加工	(42)
(38)	思考题与练习题	(43)
(38)	第五章 铁碳合金相图	(45)
(38)	第一节 铁碳合金的基本相	(46)
(38)	第二节 铁碳合金相图分析	(48)
(38)	第三节 典型铁碳合金平衡结晶过程	(50)
(38)	第四节 铁碳合金的成分、组织与性能间的关系	(54)
(38)	第五节 碳钢	(57)

思考题与练习题	(64)
第六章 钢的热处理	(66)
第一节 钢在加热时的组织转变	(66)
第二节 钢在冷却时的组织转变	(69)
第三节 钢的退火与正火	(77)
第四节 钢的淬火	(80)
第五节 钢的回火	(85)
第六节 钢的表面热处理	(89)
第七节 热处理技术要求标注、工序位置安排与工艺分析	(94)
思考题与练习题	(97)
第七章 合金钢	(100)
第一节 合金元素在钢中的作用	(100)
第二节 合金钢的分类和编号	(105)
第三节 低合金结构钢	(107)
第四节 机械结构用合金钢	(112)
第五节 合金工具钢与高速工具钢	(122)
第六节 特殊性能钢	(133)
思考题与练习题	(142)
第八章 铸铁	(145)
第一节 铸铁的石墨化	(145)
第二节 灰铸铁	(149)
第三节 球墨铸铁	(152)
第四节 可锻铸铁	(156)
第五节 蠕墨铸铁	(158)
第六节 合金铸铁	(160)
思考题与练习题	(162)
第九章 有色金属及其合金	(163)
第一节 铝及铝合金	(163)
第二节 铜及铜合金	(169)
第三节 钛合金	(172)
第四节 轴承合金	(175)
第五节 粉末冶金材料	(177)
思考题与练习题	(179)
第十章 非金属材料	(181)
第一节 高分子材料	(181)

第二节 陶瓷材料·····	(186)
第三节 复合材料·····	(188)
第四节 材料科学的发展趋势及纳米材料·····	(193)
思考题与练习题·····	(196)
第十一章 工程材料的选用·····	(197)
第一节 机械零件的失效与分析·····	(197)
第二节 工程材料选择的基本原则·····	(200)
第三节 齿轮、轴等工件的选材及工艺路线分析·····	(202)
第四节 工程材料的应用举例·····	(204)
思考题与练习题·····	(207)
附录·····	(209)
参考文献·····	(212)



绪 论

工程材料是机械产品制造所必须的物质基础，是工业的“粮食”。工程材料的使用与人类进步密切相关，标志着人类文明的发展水平。所以，历史学家将人类的历史按使用材料的种类划分成了石器时代、陶器时代、铜器时代和铁器时代等。早在公元前 2000 年左右的青铜器时代，人类就开始了工程材料的冶炼和加工制造。公元前 2000 多年的夏代，我国就掌握了青铜冶炼术，到距今 3 000 多年前的殷商、西周时期，技术达到当时世界高峰，用青铜制造的生产工具、生活用具、兵器和马饰，得到普遍应用。河南安阳武官村发掘出来的重达 875 kg 的祭器司母戊大方鼎，不仅体积庞大，而且花纹精巧，造型美观。湖北江陵楚墓中发现的埋藏 2 000 多年的越王勾践的宝剑仍金光闪闪，说明人们已掌握了锻造和热处理技术。春秋战国时期，我国开始大量使用铁器，白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁相继出现。公元 1368 年，明代科学家宋应星编著了闻名世界的《天工开物》，详细记载了冶铁、铸造、锻铁、淬火等各种金属加工制造方法，是最早涉及工程材料及成形技术的著作之一。在陶瓷及天然高分子材料（如丝绸）方面，我国也曾远销欧亚诸国，踏出了名垂千古的丝绸之路，为世界文明史添上了光辉的一页。19 世纪以来，工程材料获得了高速发展，到 20 世纪中期，金属材料的使用达到鼎盛时期，由钢铁材料所制造的产品约占机械产品的 95%。今后的发展趋势是传统材料不断扩大品种规模，不断提高质量并降低成本，新材料特别是人工合成材料等将得到快速发展，从而形成金属、高分子、陶瓷及复合材料三分天下的新时代。另外，功能材料、纳米材料等高科技材料将加速研究，逐渐成熟并获得应用。工程材料业已成为所有科技进步的核心。

材料的种类很多，其中用于机械制造的各种材料，称为机械工程材料。生产中用来制作机械工程结构、零件和工具的机械工程固体材料，分为金属材料、非金属材料 and 复合材料等。

目前金属材料仍是最主要的材料。它包括：铁和以铁为基础的合金（俗称黑色金属），如钢、铸铁和铁合金等；非铁金属材料（俗称有色金属），如铜及铜合金、铝及铝合金等。金属材料的性能与其化学成分、显微组织及加工工艺之间有着密切的关系，了解它们之间的关系，掌握它们之间的一些变化规律，是有效使用材料所必需的。本书在概括地阐述合金的一般规律基础上，以最常用的金属材料——钢为实例，较详细地介绍了钢的性能与化学成分、显微组织和热处理工艺之间的关系。

当今，机械工业正向着高速、自动、精密方向快速发展，机械工程材料的使用量越来越大，在产品的设计与制造过程中，所遇到的有关机械工程材料和热处理方面的问题日益增

第一章

金属材料的力学性能

金属材料具有许多良好的性能，因此被广泛地应用于制造各种构件、机械零件、日常生活用具。生产实践中，往往由于选材不当造成设备、零件达不到使用要求或过早失效，因此了解和熟悉材料的性能成为合理选材、充分发挥工程材料内在性能潜力的主要依据。金属材料的性能包括工艺性能和使用性能。工艺性能是指在制造机器零件过程中，金属材料适应各种冷、热加工工艺要求的能力，包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等；使用性能是指为保证机械零件能正常工作，金属材料应具备的性能，包括力学性能和物理性能（如热学性能、电学性能、磁学性能等）、化学性能（如耐蚀性、抗氧化性等）。

机械零件在加工及使用过程中都要受到载荷的作用。根据载荷作用性质的不同，可分为静载荷、冲击载荷、疲劳载荷等。

其中静载荷为大小不变或变动很慢的载荷，如车床主轴箱对床身的压力；冲击载荷为加载速度很快而作用时间很短的突发性载荷，如空气锤锤头下落时锤杆所承受的载荷；疲劳载荷为大小和方向随时间作周期性变化的载荷，如弹簧在使用过程中所承受的载荷。

金属材料在各种载荷作用下所表现出的性能，称为力学性能，包括强度、硬度、塑性、冲击韧度、疲劳强度等。材料的力学性能是零件设计、材料选择及工艺评定的重要依据。

第一节 强度与塑性

一、拉伸试验

金属材料的强度、塑性是依据国家标准（GB 6397—1986）通过静拉伸试验测定的。它是把一定尺寸和形状的试样装夹在拉伸试验机上，然后对试样逐渐施加拉伸载荷，直至把试样拉断为止。

1. 拉伸试样

国家标准 GB/T 228—2002 对试样的形状、尺寸及加工要求均有规定。标准试样的截面有圆形和矩形两种，圆形试样用的较多，圆形试样有短试样（ $l_0 = 5d_0$ ）和长试样（ $l_0 = 10d_0$ ）。拉伸前后的试样如图 1-1 所示（图中 d_0 为试样直径， l_0 为原始标距）。

2. 力—伸长曲线

在拉伸试验过程中，试验机可自动记录载荷与伸长量之间的关系，并得出以载荷为纵坐

标、伸长量为横坐标的图形，即力—伸长曲线。如图 1-2 所示为退火后的低碳钢力—伸长曲线。

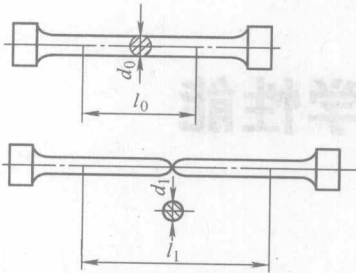


图 1-1 拉伸试样

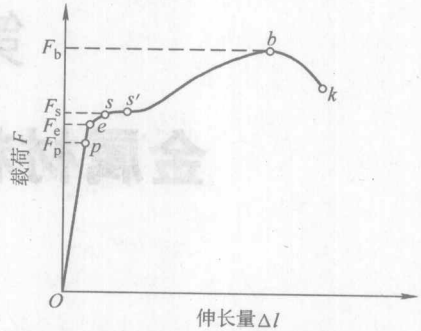


图 1-2 低碳钢力—伸长曲线

由图可看出，低碳钢在拉伸过程中，其载荷与伸长量关系可分为以下几个阶段：

(1) 弹性变形阶段 (Oe 段)：此阶段试样的伸长量与载荷成正比例增加，试样随载荷的增大而均匀伸长，此时若卸除载荷，试样能完全恢复到原来的形状和尺寸，属于弹性变形阶段。

(2) 微量塑性变形阶段 (es 段)：当载荷超过 F_e 后，试样将继续伸长。但此时若卸除载荷，试样将有少量变形而不能完全恢复到原来的尺寸。这种不能恢复的变形称为塑性变形或永久变形。由于此阶段塑性变形量较少，故称为微量塑性变形阶段。

(3) 屈服阶段 (ss' 段)：当载荷增大到 F_s 时，曲线上出现水平（或锯齿形）线段，即表示载荷不增加，试样却继续伸长，此现象称为“屈服”。

(4) 均匀塑性变形阶段 (s'b 段)：当载荷超过 F_s 时，载荷的增加量不大，而试样的伸长量却很大，表明当载荷超过 F_s 后试样已开始产生大量的塑性变形。并且当载荷增加到 F_b 时，试样的局部截面缩小，产生颈缩现象。

(5) 局部塑性变形及断裂阶段 (bk 段)：当试样发生颈缩现象后，以后的变形就局限在缩颈部分，故载荷会逐渐减小，当达到曲线上的 k 点时，试样被拉断。

二、强度

强度是指金属材料在载荷作用下抵抗塑性变形和断裂的能力，当金属材料受载荷作用而未引起破坏时，其内部产生和载荷相平衡的力称为内力。材料单位面积上的内力称为应力。强度的大小是以材料所能承受的应力大小来表示的。

1. 屈服点与屈服强度

金属材料开始产生屈服现象时的最低应力值称屈服点，用符号 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中， F_s ——试样发生屈服现象时的载荷 (N)；

A_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。

有些金属材料在拉伸时没有明显的屈服现象，无法测定其屈服点 σ_s ，按 GB/T 228—2002 规定，可用屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 来表示该材料开始产生塑性变形时的最低应力值。如图 1-3

所示。

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0}$$

式中, $F_{0.2}$ ——塑性变形量为试样长度的 0.2% 时的载荷 (N);

A_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。

σ_s 和 $\sigma_{0.2}$ 是表示材料抵抗塑性变形的能力。零件工作时一般不允许产生塑性变形, 否则会因塑性变形而丧失对尺寸和公差的控制导致失效。因此, σ_s 和 $\sigma_{0.2}$ 是机械零件设计和选材的依据。

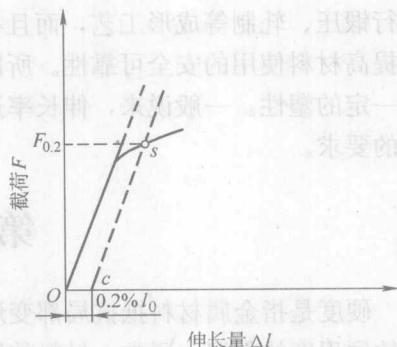


图 1-3 屈服强度的测定

2. 抗拉强度

金属材料在断裂前所能承受的最大应力称为抗拉强度, 用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中, F_b ——试样在断裂前所承受的最大载荷 (N);

A_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。

σ_b 是表示塑性材料抵抗大量均匀塑性变形的能力, 脆性材料在拉伸过程中, 一般不产生颈缩现象, 因此抗拉强度 σ_b 就是材料的断裂强度。用脆性材料制造机器零件或工程构件时, 常以 σ_b 作为选材和设计的依据, 并选用适当的安全系数。

低碳钢的屈服强度 σ_s 约为 240 MPa, 抗拉强度 σ_b 约为 400 MPa。

工程上所用的金属材料, 不仅希望具有较高的 σ_s , 还希望具有一定的屈强比 (σ_s/σ_b)。屈强比越小, 结构零件的可靠性越高, 万一超载也能由于塑性变形而使金属的强度提高, 不至于立即断裂。但如果屈强比太小, 则材料强度的有效利用率就太低。

三、塑性

金属材料在载荷作用下, 断裂前产生不可逆永久变形的能力称为塑性。塑性的大小用伸长率 δ 和断面收缩率 ϕ 表示。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\phi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中, L_0 ——试样原始标距 (mm);

L_1 ——试样拉断后标距 (mm);

A_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2);

A_1 ——试样拉断后颈缩处最小横截面积 (mm^2)。

应该指出, 伸长率的大小与试样尺寸有关, 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 δ_{10} 和 δ_5 表示, 习惯上, δ_{10} 也常写成 δ 。对于同一材料而言, 短试样所测得的伸长率 (δ_5) 比长试样测得的伸长率 (δ_{10}) 大一些, 两者不能直接进行比较。比较不同材料的伸长率时, 应采用尺寸规格一样的试样。通常, 试验时优先选取短的试样。

金属材料塑性的好坏对零件的加工和使用都具有重要的意义。塑性好的材料不仅能顺利

进行锻压、轧制等成形工艺，而且在使用时万一超载，由于塑性变形而能避免突然断裂，从而提高材料使用的安全可靠。所以，大多数机器零件除要求具有足够的强度外，还必须具有一定的塑性。一般说来，伸长率达 5% 或断面收缩率达 10% 的材料，即可满足绝大多数零件的要求。

第二节 硬 度

硬度是指金属材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬程度的判据。通常，材料的硬度越高，其耐磨性越好，故常将硬度值作为衡量材料耐磨性的重要指标之一。由于测定硬度的试验设备比较简单，操作方便、迅速，又属无损检验，故在生产上和科研中应用都十分广泛。

测定硬度的方法比较多，其中常用的测定法是压入法，它是用一定的静载荷，把规定的压头压入金属材料表层，然后根据压痕的面积或深度确定其硬度值。根据压头和压力不同，常用的硬度指标有布氏硬度 (HBW)、洛氏硬度 (HR)、维氏硬度 (HV)。

一、布氏硬度

1. 试验原理

试验原理如图 1-4 所示。用直径为 D 的硬质合金球，在规定试验力下压入试样表面，保持规定的时间后卸除试验力，在试样表面留下球形压痕。用球面压痕单位面积上所承受的平均压力表示布氏硬度值。布氏硬度用符号 HBW 表示。

$$HBW = \frac{F}{A} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F —— 试验力 (N)；

A —— 压痕表面积 (mm^2)；

d —— 压痕平均直径 (mm)；

D —— 硬质合金球直径 (mm)。

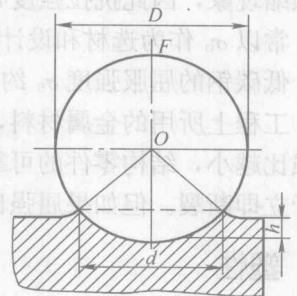


图 1-4 布氏硬度试验原理图

布氏硬度试验时，应根据被测金属材料的种类和试件厚度，选用不同直径的压头、试验力及试验力保持时间。按 GB/T 231.1—2002 规定，压头有四种 (10 mm、5 mm、2.5 mm 和 1 mm)； F/D^2 的比值有六种 (30、15、10、5、2.5 和 1)，可根据金属材料种类和布氏硬度范围选定，见表 1-1。试验力保持时间钢铁材料为 10~15 s，有色金属为 30 s，布氏硬度值小于 35HBW 时为 60 s。

由布氏硬度计算公式可以算出，当所加试验力 F 和压头直径 D 选定后，硬度值只与压痕直径 d 有关。 D 值越大，硬度值越小； d 值越小，硬度值越大。实验时布氏硬度不需计算，只需根据测出的压痕直径 d 查表即可得到硬度值。

2. 表示方法

布氏硬度的单位为 MPa，但习惯上只标明硬度值，而不标注单位，其表示方法为：在符号 HBW 前写出硬度值，符号后面依次有相应数字注明压头直径、试验力和保持时间

(10~15 s 不标注)。

表 1-1 布氏硬度试验规范

材 料	布氏硬度	$0.102F/D^2$	备 注
钢及铸铁	<140	10	F 单位: N D 单位: mm
	≥ 140	30	
铜及其合金	<35	5	
	35~200	10	
	>130	30	
轻金属及其合金	<35	25	
	35~80	10	
铅、锡	>80	10	
		1	

如 600HBW/30/20 表示用直径 1 mm 的硬质合金球做压头, 在 30 kgf^① (294.2 N) 试验力作用下, 保持 20 s 所测得的布氏硬度值为 600。

3. 试验优缺点及应用范围

布氏硬度试验压痕面积较大, 能反映出较大范围内材料的平均硬度, 测得结果较准确、稳定, 但操作不够简便。又因压痕大, 对金属表面的损伤大, 故不宜测试薄件或成品件。目前主要用来测定有色金属及退火、正火、调质钢的原材料、半成品及性能不均匀的材料 (如铸铁)。

二、洛氏硬度

1. 试验原理

试验原理如图 1-5 所示。用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 $\phi 1.588$ mm 的淬火钢球做压头, 以规定的试验力使其压入试样表面。试验时, 先加初试验力, 然后加主试验力。在保留初试验力的情况下, 根据试样表面压痕深度, 确定被测金属材料的洛氏硬度值。

图中 0-0 为压头与试样表面未接触时的位置。图中 1-1 为在初试验力作用下压头所处的位置, 压入深度为 h_1 , 目的是为了消除由于试样表面不光洁对试验结果的精确性造成的不良影响。图中 2-2 是在总试验力 (初试验力和主试验力) 作用下压头所处的位置, 压入深度为 h_2 。图中 3-3 是卸除主试验力后压头所处的位置, 由于金属弹性变形得到恢复, 此时压头实际压入深度为 h_3 。因此由主试验力所引起的塑性变形而使压头压入深度为 $h = h_3 - h_1$ 。洛氏硬度值便由 h 的大小来确定, 压入深度 h 越大, 硬度越低; 反之, 硬度越高。一般说来, 按照人们习惯上的概念, 数值越大, 硬度越高。因此采用一个常数 K 减去 h 来表示硬度的高低。并用每 0.002 mm 的压痕深度为一个硬度单位。由此获得的硬度值称为洛氏硬度值, 用符号 HR 表示。

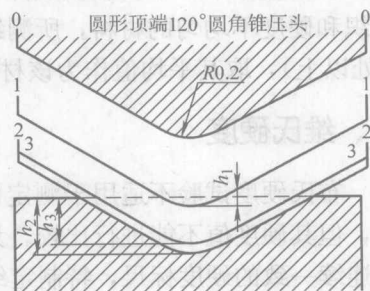


图 1-5 洛氏硬度试验原理图

① 1 kgf=9.806 65 N。

$$HR = \frac{K-h}{0.002}$$

式中, K ——常数, 其中, 用金刚石作压头时, K 取 100; 用钢球作压头时, K 取 130。

2. 常用洛氏硬度标尺及适用范围

为了能有一种硬度计测量较大范围的硬度, 洛氏硬度采用了常用的三种硬度标尺, 分别以 HRA、HRB、HRC 表示, 其中 HRC 应用最广, 一般经淬火处理的钢或工具都采用 HRC 测量。洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 1-2。

3. 表示方法

洛氏硬度值量纲为 1, 它置于符号 HR 的前面, HR 后面为使用的标尺。如 60HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 60。实际测量时, 硬度值一般由硬度计的刻度盘上直接读出。

表 1-2 常用洛氏硬度标尺的试验条件和应用

标尺	硬度符号	所用压头	总试验力 F/N	适用范围 ^① HR	应用范围
A	HRA	金刚石圆锥	588.4	20~88	碳化物、硬质合金、淬火工具钢、浅层表面硬化钢
B	HRB	φ1.588 mm 钢球	980.7	20~100	软钢、铜合金、铝合金、可锻铸铁
C	HRC	金刚石圆锥	1 471	20~70	淬火钢、调质钢、深层表面硬化钢

注: ① HRA、HRC 所用刻度盘满刻度为 100, HRB 为 130。

4. 试验优缺点

洛氏硬度试验测量硬度范围大, 操作简便、迅速, 效率高, 可直接从硬度计上读出硬度值。由于压痕小, 不会损伤试件表面, 故可直接测量成品或较薄工件。但因压痕小, 对内部组织和硬度不均匀的材料, 所测结果不够准确。因此, 需在试件不同部位测定数次 (一般为 3 处以上), 取其平均值作为该材料的硬度值。

三、维氏硬度

布氏硬度试验不适用于测定硬度较高的材料, 洛氏硬度虽然可用于测定软材料和硬材料, 但其硬度值不能进行比较。为了测量从软到硬的各种材料以及金属零件的表面硬度, 并有连续一致的硬度标尺, 特制定维氏硬度试验法。

1. 试验原理

维氏硬度原理与布氏硬度原理相似, 也是根据压痕单位表面积的试验力大小来计算硬度值。区别在于维氏硬度的压头采用的是锥面夹角为 136° 的金刚石正四棱锥体。试验时, 在规定试验力 F 作用下, 压头压入试件表面, 保持一定时间后, 卸除试验力, 测量压痕两对角线长度, 如图 1-6 所示。单位压痕表面积所承受试验力的大小即为维氏硬度值, 用符号 HV 表示, 单位 MPa。

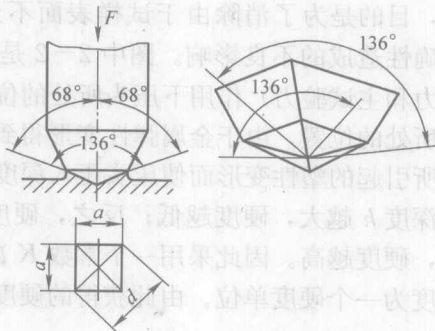


图 1-6 维氏硬度试验原理图

2. 表示方法

维氏硬度习惯上也只标硬度值而不标出单位。通常是在 HV 符号前面写出硬度值, HV 后面依次用数字注明试验力和保持时间 (10~15 s 不标注)。例如: 640 HV/30/20, 表示在 30 kgf (294.2 N) 试验力作用下, 保持 20 s 测得的维氏硬度值为 640。

3. 优缺点及应用范围

维氏硬度试验法所用试验力小, 压痕深度浅, 轮廓清晰, 数字准确可靠, 故广泛用于测量金属镀层, 薄片材料和化学热处理后的表面硬度。又因其试验力可在很大范围内选择 (49.03~980.7 N), 所以可测量从很软到很硬的材料。但维氏硬度试验不如洛氏硬度试验简便、迅速, 不适于成批生产的常规试验。

第三节 冲击韧度

前面讨论的都是静载荷条件下测得的力学性能指标, 实际上许多机械零件在工作中, 往往要受到冲击载荷的作用, 如冲模、锻模、锤杆、活塞销等。制造这些零件的材料, 其性能不能单纯用静载荷作用下的指标来衡量, 而必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。

金属抵抗冲击载荷而不破坏的能力称为冲击韧度。目前常用一次摆锤冲击弯曲试验来测定金属材料的韧度。

一、冲击韧度试验方法及原理

一次冲击弯曲试验通常是在摆锤式冲击试验机上进行的, 其试验原理如图 1-7 所示。

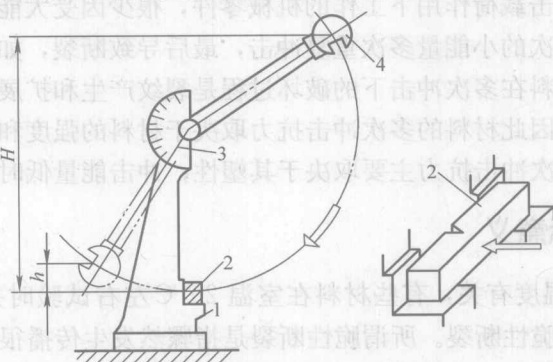


图 1-7 冲击试验原理图

1—支座 2—试样 3—指针 4—摆锤

试验时将带有缺口的标准试样 (按 GB/T 229—1994 规定, 冲击试样有 V 型缺口试样和 U 型缺口试样两种。两种试样的尺寸及加工要求如图 1-8 所示)。背向摆锤方向放在试验机两支座上, 将质量为 m 的摆锤抬到规定高度 H , 使摆锤具有的势能为 mHg 。摆锤落下冲断试样后升至 h 高度, 这时摆锤具有的势能为 mhg 。根据功能原理可知: 摆锤冲断试样所消耗的功 $A_K = mg(H-h)$, A_K 称为冲击吸收功。

用试样缺口处的横截面积 A 去除 A_K 所得的商即为该材料的冲击韧度值, 用符号 α_k 表示, 单位为 J/cm^2 , 即 $\alpha_k = \frac{A_K}{A}$

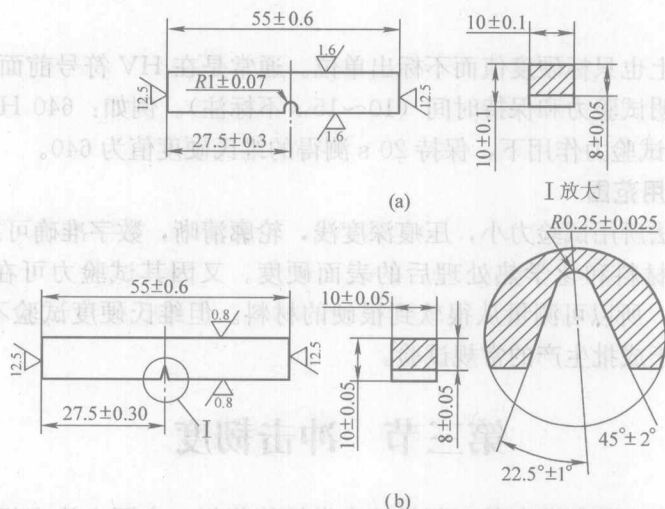


图 1-8 冲击试样

冲击吸收功的值可从试验机的刻度盘上直接读出。 A_K 值的大小，代表了材料的冲击韧度值的高低。一般把 A_K 值低的材料称为脆性材料； A_K 值高的材料称为韧性材料。 A_K 越大，材料的韧性越好，受冲击时越不易断裂。

一般来讲，强度、塑性均较好的材料，其冲击韧度值也高。但材料的 A_K 的大小受很多因素的影响，不仅与试样形状、表面粗糙度、内部组织有关，还与试验时的温度密切相关。因此，冲击韧度值一般只作为选材时的参考，而不能作为计算依据。

工程实际中，在冲击载荷作用下工作的机械零件，很少因受大能量一次冲击而破坏，大多数机件是经过千百万次的小能量多次重复冲击，最后导致断裂，如冲模的冲头、凿岩机的活塞等。试验证明，材料在多次冲击下的破坏过程是裂纹产生和扩展的过程，它是多次冲击损伤积累发展的结果。因此材料的多次冲击抗力取决于材料的强度和塑性的综合性指标，冲击能量高时，材料的多次冲击抗力主要取决于其塑性；冲击能量低时，主要取决于其强度。

二、冲击试验的实际意义

A_K 的大小与试验温度有关，有些材料在室温 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 左右试验时并不显示脆性，但在较低温度下，则可能发生脆性断裂。所谓脆性断裂是指骤然发生传播很快的断裂，断裂前（裂纹产生）及伴随着断裂过程（裂纹扩展）都缺乏明显的塑性变形。

温度对 A_K 的影响如图 1-9 所示。由图可以看出， A_K 的值随着试验温度的下降而减小。材料在低于某温度时， A_K 值急剧下降，使试样的断口形态由韧性断口转变为脆性断口，此温度称为韧脆转变温度 (T_K)。这一温度值的高低对于评价钢的脆性倾向（尤其低温脆性）非常重要。材料的韧脆转变温度可通过冲击韧性试验来测定。

韧脆转变温度是金属材料的质量指标之一，韧脆转变温度越低，材料的低温冲击性能就越

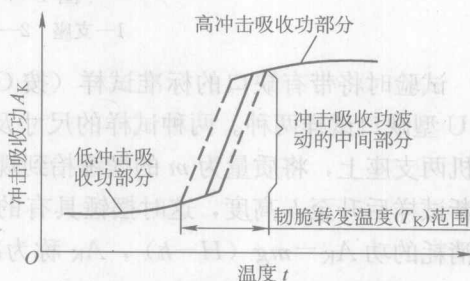


图 1-9 韧脆转变温度示意图