



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

机 械 工 程 材 料

■ 杨 霞 张爱滨 主 编
■ 白雪银 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

机 械 工 程 材 料

主 编 杨 霞 张爱滨
副 编 白雪 银健
常 编 焦 敏
主 编 孙 章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。本书共十一章，主要包括机械工程材料概论、金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、金属的塑性变形与再结晶、合金的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、碳素钢、合金钢、铸铁、新型材料。为了提高学生的创新思维能力和实际操作能力，本书在部分章节中增加了实验环节。

本书可作为高职高专院校机械类专业机械工程材料的教材，也可供相关专业工程技术人员参考。

333183

图书在版编目（CIP）数据

机械工程材料/杨霞，张爱滨主编. —北京：中国电力出版社，2012.7

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-3268-3

I. ①机… II. ①杨…②张… III. ①机械制造材料-高等职业教育-教材 IV. ①TH14

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 151625 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn)）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 204 千字

定价 16.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着我国国民经济和科学技术的迅速发展,高等职业技术教育不断兴起,为适应高等职业技术教育教学内容和课程体系的要求,培养高等技术应用型人才,编者组织编写了本书。本书采用最新国家标准,结合科学技术的最新成果,同时充分考虑目前教学对象的要求,对教材内容和结构进行了相应的调整和补充,减少了高深的理论知识,增强了教材的适用性和实用性,使教材的内容更加规范,使用更加灵活、方便。

机械工程材料是材料科学与工程一级学科专业的一门专业技术课程,是全面介绍金属材料的成分、热处理工艺、组织结构与性能之间关系的一门课程,它对金属材料的研究、应用和发展起着重要作用。

本书共十一章,主要内容包括机械工程材料概论、金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、金属的塑性变形与再结晶、合金的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、碳素钢、合金钢、铸铁、新型材料。为了提高学生的创新思维能力和实际操作能力,本书在部分章节中增加了实验环节。

本书由内蒙古化工职业技术学院杨霞、张爱滨任主编,白雪银任副主编,焦健参加编写。

本书由包头职业技术学院孙敏教授主审,提出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。

在本书的编写过程中,得到内蒙古化工职业技术学院张剑峰、殷刚老师的大力帮助,在此,谨向他们表示衷心的感谢。

编 者

2012年5月

目 录

前言

第一章 机械工程材料概论	1
第一节 材料的定义	1
第二节 材料科学与人类文明	1
第二章 金属材料的性能	4
第一节 金属材料的使用性能	4
第二节 金属材料的工艺性能	11
第三节 金属材料的力学性能试验	12
习题	15
第三章 金属的晶体结构与结晶	16
第一节 金属的理想晶体结构	16
第二节 金属的实际晶体结构	19
第三节 金属的结晶	22
第四节 金属的同素异构转变	25
第五节 金属的结晶实验	26
习题	26
第四章 金属的塑性变形与再结晶	27
第一节 金属的塑性变形	27
第二节 冷塑性变形对金属组织和性能的影响	29
第三节 金属的回复与再结晶	30
第四节 金属的热塑性变形	31
习题	33
第五章 合金的晶体结构与结晶	34
第一节 合金的晶体结构	34
第二节 合金的结晶	36
第三节 二元合金相图	36
习题	41
第六章 铁碳合金	43
第一节 铁碳合金基本相	43
第二节 铁碳合金相图	44
第三节 铁碳合金平衡组织观察实验	51
习题	53
第七章 钢的热处理	54

第一节	钢在加热时的组织转变	54
第二节	钢在冷却时的组织转变	57
第三节	退火与正火	62
第四节	淬火	65
第五节	钢的回火	68
第六节	表面淬火与化学热处理	71
第七节	热处理工艺设计	75
第八节	碳钢的热处理实验	78
习题		80
第八章	碳素钢	81
第一节	常存杂质对钢性能的影响	81
第二节	碳素钢的分类、钢号和主要用途	82
习题		88
第九章	合金钢	89
第一节	概述	89
第二节	合金元素在钢中的作用	90
第三节	合金结构钢	92
第四节	合金工具钢	96
第五节	特殊性能钢	99
习题		103
第十章	铸铁	104
第一节	概述.....	104
第二节	灰铸铁.....	107
第三节	球墨铸铁.....	110
第四节	蠕墨铸铁.....	111
第五节	可锻铸铁.....	112
第六节	合金铸铁.....	114
第七节	常见的铸铁组织观察实验.....	115
习题		116
第十一章	新型材料	117
第一节	粉末冶金材料.....	117
第二节	高分子材料.....	119
第三节	陶瓷材料.....	125
第四节	复合材料.....	127
参考文献		130

第一章 机械工程材料概论

第一节 材料的定义

材料是人类用来制作各种产品的物质。机械工程中使用的材料常按化学组成为金属材料、高分子材料和陶瓷材料三大类。

目前,在机械工业中应用最广的仍是金属材料,因为金属材料来源丰富,而且具有优良的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能。

金属材料的特性有强度较高、塑性较好、导电性高、导热性好、有金属光泽等。高分子和陶瓷材料的某些力学性能不如金属,但具有金属材料不具备的某些特性,如耐腐蚀、电绝缘、隔音、减振、耐高温、质轻、来源丰富、价廉、成形加工容易等优点,近年发展较快。

材料性能的决定因素包括化学成分、内部组织和状态。其中,化学成分是改变性能的基础,热处理是改变性能的手段,组织是性能变化的根据。

材料是能为人类制造有用器件的物质。金属、陶瓷、塑料、玻璃、纤维、木材、砂子、石子、复合材料等都属于材料的范畴,如图 1-1 所示。

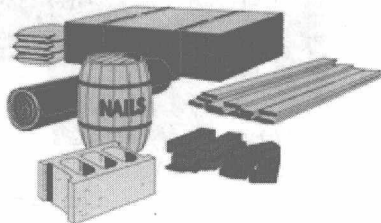


图 1-1 材料——能为人类制造有用器件的物质

第二节 材料科学与人类文明

材料科学与人类文明的关系密切,可以说,人类的衣、食、住、行均离不开它。

一、材料发展概括

- (1) 石器时代:用自然石、兽骨、树枝当工具,如图 1-2 所示。
- (2) 陶器时代:用泥巴做工具(日晒→原始陶器;火烧→瓷器用具),如图 1-3 所示。
- (3) 铜器时代:从矿石中提炼铜——冶金业的黎明,如图 1-4 所示。

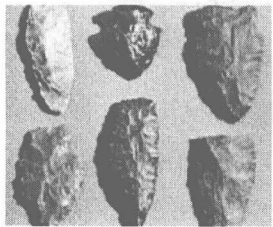


图 1-2 石器

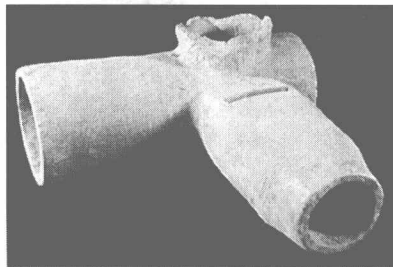
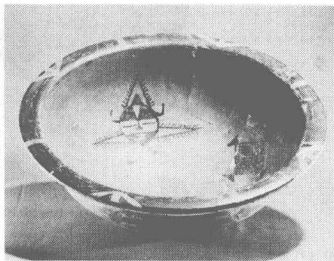


图 1-3 陶器

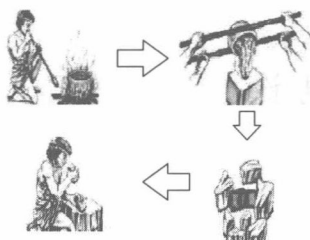
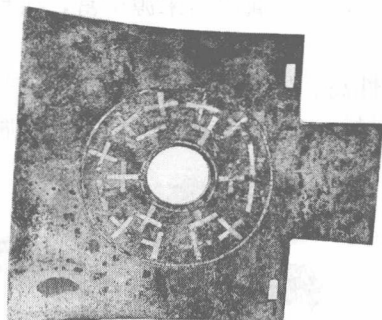


图 1-4 青铜器时代的冶炼铜法

青铜是中国合金发展史上的第一种合金，古称金或吉金，是铜与其他化学元素（锡、镍、铅、磷等）的合金。史学上所称的“青铜时代”是指大量使用青铜工具及青铜礼器的时期。保守地估计，这一时期主要从夏商周直至秦汉，时间跨度为两千年左右，这也是青铜器从发展、成熟乃至鼎盛的辉煌时期，如图 1-5 所示。到春秋战国时期，齐国工匠总结经验写成《考工记》，提出了“金有六齐”，这是世界科技史上最早的冶铜经验总结。



(a)



(b)

图 1-5 春秋战国时期的青铜兵器

(a) 夏钺；(b) 戈

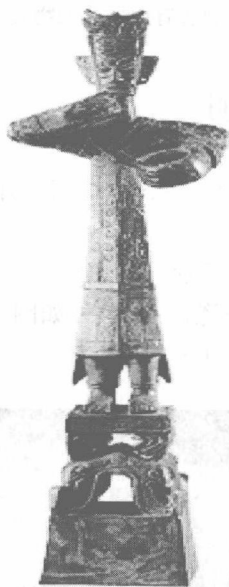


图 1-6 商代晚期立人像

立人像铸于商代晚期，人像高 172cm，底座高 90cm，通高 262cm，是世界上最大的青铜立人像，被尊称为“世界铜像之王”，如图 1-6 所示。

突目面具铸于商代晚期，原件高 64.5cm，宽 138cm，眼球柱状外突长达 13.5cm，其造型在世界上也属首见，如图 1-7 所示。

司母戊鼎是商代大鼎，1939 年出土，鼎高 133cm，重 875kg，为已知的中国古代重量最大的青铜器，如图 1-8 所示。

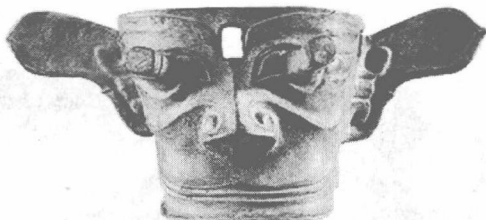


图 1-7 商代晚期突目面具

云纹铜禁是中国已知最早应用失蜡法铸造的作品，出土于春秋楚墓，年代为春秋中期，如图 1-9 所示。

(4) 铁器时代：沧州大狮（公元 953 年）重 50t，长 5.3m，宽 3m。

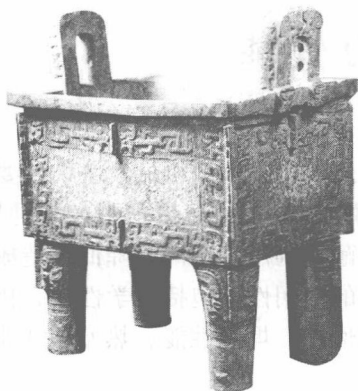


图 1-8 司母戊鼎

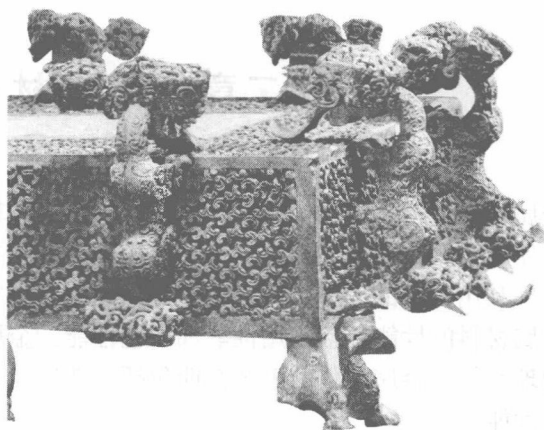


图 1-9 云纹铜禁

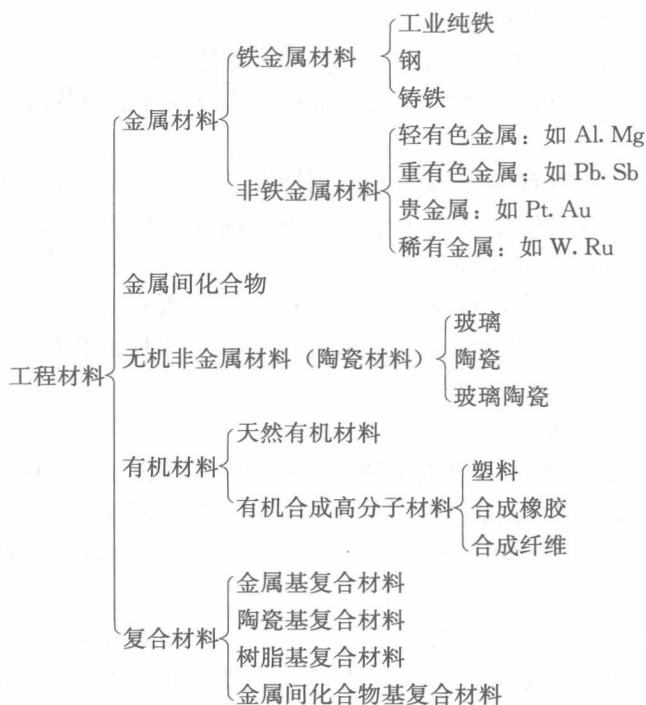
二、材料与人类现代文明

材料是发展高科技的先导和基石，它是人类现代文明四大支柱技术——材料科学与技术、生物科学与技术、能源科学与技术、信息科学技术的支撑。

材料是所有科技进步的核心，建筑、交通、能源、计算机、通信、多媒体、生物医学工程，无一不依赖材料科学与技术的发展来实现和突破。

三、材料的分类

材料分类如下：



第二章 金属材料的性能

金属材料的种类很多,材料的加工工艺也有多种。要制造出合格的机械设备,就要正确选择、使用金属材料,这就需要对材料的性质进行充分的认识。只有了解材料的各种性能,才能正确利用材料的优势,回避其劣势,在制造出安全、耐用的产品的同时降低制造成本。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。金属材料的使用性能包括力学性能、化学性能、物理性能。金属材料的工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能。

第一节 金属材料的使用性能

一、力学性能

力学性能指金属材料在外力的作用下表现出来的特性,包括强度、刚性、硬度、韧性、塑性和疲劳强度。

(一) 强度

1. 强度的概念

金属材料在加工及使用的过程中所受到的外力称为载荷。根据载荷作用的性质不同,它可以分为静载荷、冲击载荷及循环载荷。

(1) 静载荷。静载荷是指大小、方向不变或缓慢变化的载荷。

(2) 冲击载荷。冲击载荷是指瞬时突然施加在结构或零件上的载荷(如飞机着陆、机炮发射等)。

(3) 循环载荷。循环载荷是指周期性或非周期性经一定时间后重复出现的动载荷。

强度是指金属在静载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力。根据载荷作用方式的不同,强度可分为屈服强度、抗拉强度、抗压强度、抗剪强度和抗弯强度。每一种材料的强度指标均由试验得到。其中,最常用的强度指标为屈服强度和抗拉强度。强度也是机械零件(或工程构件)在设计、加工、使用过程中的主要性能指标,是选材和设计的主要依据。

2. 强度的测定——拉伸试验

拉伸试验是指在承受轴向拉伸载荷下测定材料特性的试验方法。利用拉伸试验得到的数据可以确定材料的强度指标,包括弹性极限、伸长率、弹性模量、比例极限、面积缩减量、拉伸强度、屈服点、屈服强度和其他拉伸性能指标。国家标准对拉伸试验做出了严格的规定。

(1) 拉伸试验机。试验机有机械式、液压式、电液或电子伺服式等形式,如图2-1所示。试验时,试验机以规定的速率均匀地拉伸试样(缓慢给试样加力),试样在力的作用下伸长,根据力和伸长量,试验机可自动绘制出拉伸曲线图,如图2-2所示。

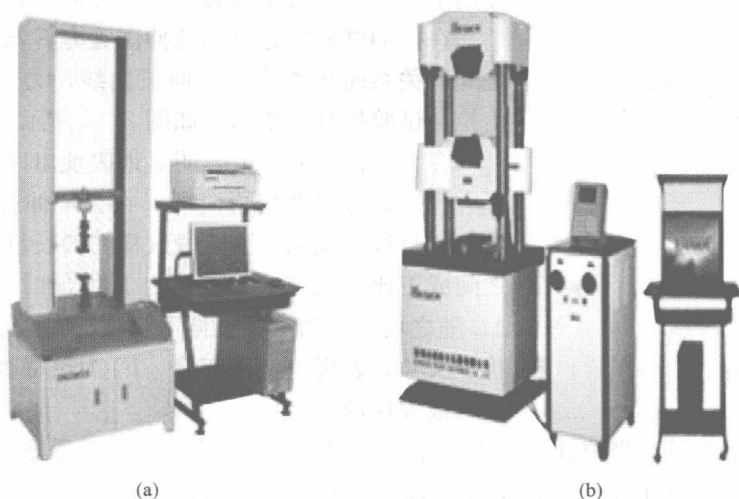


图 2-1 拉伸试验机

(a) 电子拉伸试验机；(b) 液压式拉伸试验机

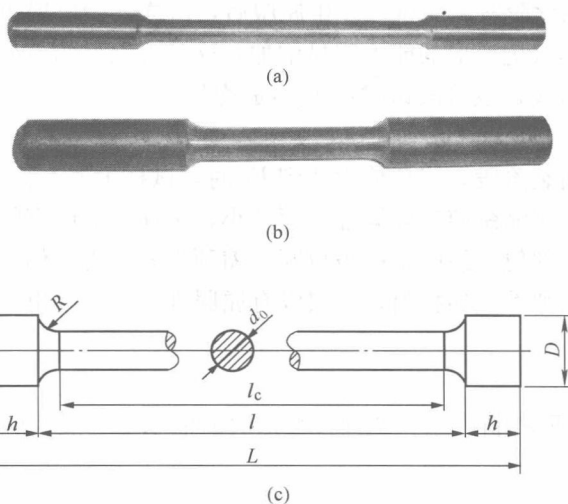


图 2-2 圆柱形拉伸试样

(a) 长试样；(b) 短试样；(c) 圆柱形拉伸试样结构图

(2) 拉伸试样。GB/T 228—2002 对拉伸试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定，通常采用圆柱形试样，如图 2-2 所示。

圆柱形拉伸试样分为两种：长试样和短试样。

长试样 $l_0 = 10d_0$ ，短试样 $l_0 = 5d_0$

式中： l_0 为标准试样原始标距长度； d_0 为标准试样原始直径。

3. 力—伸长曲线

将试样安装在拉伸试验机上，并对试样施加一个缓慢增加的轴向拉力，试样在轴向力的

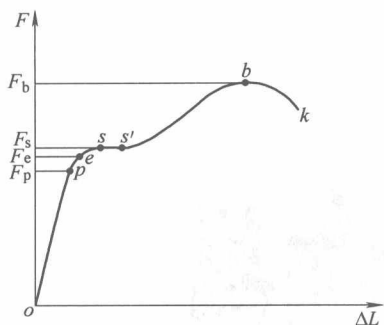


图 2-3 力—伸长曲线

作用下产生变形直至断裂，称为拉伸试验。

在拉伸试验中记录的拉伸试验力 F 与试样伸长量 ΔL 之间的关系曲线称为力—伸长曲线，力—伸长曲线一般由拉伸试验机自动绘出，如图 2-3 所示。

在力—伸长曲线上，明显地表现出以下几个阶段：

(1) oe 为弹性变形阶段。在力—伸长曲线中， oe 段为一斜直线，说明在该阶段试样的伸长量 ΔL 与拉伸力 F 之间成正比例关系。当拉伸力 F 增加时，试样的伸长量 ΔL 随之增加，当撤销拉伸力后试样完全恢复到原始的形狀及尺寸，表现为弹性变形。 F_e 为试样保持完全弹性变形的最大拉伸力。

(2) es 为屈服阶段。当拉伸力不断增加，超过 F_e 再卸载时，弹性变形消失，一部分变形被保留下来，即试样不能恢复到原来的形状尺寸，这种不能随拉伸力的撤销而消失的变形称为塑性变形。当拉力继续增加到 F_s 时，力—伸长曲线出现一平台，说明当拉伸力达到 F_s 时，如果保持 F_s 力不变，试样的伸长仍继续增加，这种现象称为屈服现象， F_s 称为屈服拉伸力。

(3) sb 为冷变形强化阶段。当试样发生屈服后，试样开始出现明显的塑性变形，随着塑性变形量的增加，试样抵抗变形的能力明显增加，这种现象称为冷变形强化。在力—伸长曲线上表现为一段上升曲线，该阶段试样的变形是均匀发生的。 F_b 为试样拉断前所能承受的最大拉伸力。

(4) bk 为缩颈与断裂阶段。当拉伸力达到 F_b 时，试样上某个部位的截面发生局部收缩，产生“缩颈”现象。由于缩颈使试样局部截面减小，试样变形所需的拉伸力也随之降低，这时变形主要集中在缩颈部位，最终试样被拉断。缩颈现象在力—伸长曲线上表现为一段下降的曲线。但是对于一些塑性差的材料，不仅没有屈服现象，而且也不产生“缩颈”现象，如高碳钢、铸铁等。

4. 弹性和刚度

(1) 弹性极限。金属材料产生完全弹性变形时所能承受的最大应力值称为弹性极限，单位 MPa。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \quad (2-1)$$

式中： F_e 为试样发生完全弹性变形的最大载荷，N； A_0 为试样原始截面积， mm^2 。

(2) 刚度。机械零件和构件抵抗变形的能力。定义为施力与所产生变形量的比值，公式记为

$$k = \frac{F}{\delta} \quad (2-2)$$

式中： k 为刚度； F 为载荷； δ 为变形量。

5. 强度指标

(1) 屈服点。在拉伸试验过程中，拉伸力不增加（保持恒定），试样仍能继续伸长（变

形)时的应力称为屈服点,其含义是指在外力作用下开始产生明显塑性变形的最小应力,即材料抵抗微量塑性变形的能力。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (2-3)$$

式中: σ_s 为屈服点, MPa; F_s 为试样发生屈服时的载荷, N; A_0 为试样原始截面积, mm^2 。

对于无明显屈服现象的金属材料,按国家标准的规定,可用屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 表示。 $\sigma_{0.2}$ 是指试样撤销拉伸力后,其标距部分的残余伸长率达到 0.2% 时的应力,其计算公式为

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0} \quad (2-4)$$

式中: $F_{0.2}$ 为残余伸长率达 0.2% 时的拉伸力, N; A_0 为试样原始截面积, mm^2 。

屈服点 σ_s 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 是工程上极为重要的力学性能指标之一,是大多数机械零件设计和选材的依据,是评定金属材料性能的重要参数。

(2) 抗拉强度。材料在断裂前所能承受的最大应力,用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (2-5)$$

式中: F_b 为试样被拉断前所承受的最大载荷, N; A_0 为试样的原始横截面积, mm^2 。

零件在工作中所承受的应力,不应超过抗拉强度,否则会导致断裂, σ_b 是机械零件设计和选材的依据,也是评定金属材料性能的重要参数之一。

(二) 塑性

塑性是指金属材料在静载荷作用时,在断裂前产生塑性变形的能力,反映材料塑性的力学性能指标有断后伸长率和断面收缩率。金属材料的塑性指标是由试验测得的。

1. 断后伸长率 (δ)

断后伸长率指试样拉断后其标距长度的相对伸长值。

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2-6)$$

式中: l_k 为试样断裂后的标距长度; l_0 为试样的原始标距长度。

2. 断面收缩率 (ψ)

断面收缩率指试样拉断后缩颈处横截面积的最大相对收缩值。

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\% \quad (2-7)$$

式中: A_k 为试样断裂出的最小横截面积; A_0 为试样的原始横截面积。

金属材料的延伸率 (δ) 和断面收缩率 (ψ) 越大,塑性越好,塑性直接影响零件的成形加工及使用。

(三) 硬度

硬度是指金属材料抵抗外力压入其表面的能力,也是衡量金属材料软硬程度的一种力学性能指标。工程上常用的有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。各种金属的硬度指标也是由试验测得的。

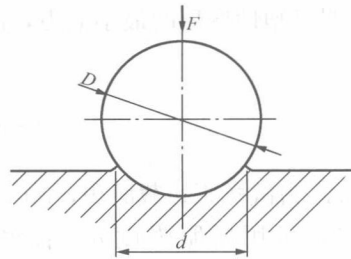


图 2-4 布氏硬度实验原理图

1. 布氏硬度 HBS (HBW)

(1) 实验原理。布氏硬度是在布氏硬度计上进行测量的，用一定直径的钢球或硬质合金球为压头，以相应的试验力压入试样表面，保持规定的时间后，卸除试验力，在试样表面形成压痕，以压痕球形表面所承受的平均负荷作为布氏硬度值，如图 2-4 所示。

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

(2-8)

式中：F 为试验力；D 为压头直径；d 为压痕平均直径。

(2) 布氏硬度的符号。当试验压头为淬硬钢球时，其硬度符号用 HBS 表示，适用于布氏硬度 450 以下的材料；当试验压头为硬质合金球时，其硬度符号用 HBW 表示，适用于布氏硬度 650 以下的材料。

(3) 布氏硬度的表示方法。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实验条件：球体直径/试验力/试验力保持的时间（10~15s 不标注）。

例如，170HBS 10/1000/30 表示用直径 10mm 的钢球，在 9807N 的试验力作用下，保持 30s 时测得的布氏硬度值为 170。530HBW 5/750 表示用直径 5mm 的硬质合金球，在 7355N 的试验力作用下，保持 10~15s 时测得的布氏硬度值为 530。

(4) 布氏硬度测量法的特点。布氏硬度测量法的优点是测量结果准确，缺点是压痕大，不适合成品检验。

(5) 布氏硬度试验的技术条件。做布氏硬度试验时，压头直径 D、试验力 F 和试验力保持时间，应根据被测金属的种类、硬度值范围及试样的厚度进行选择，见表 2-1。

表 2-1 布氏硬度试验的技术条件

材料	布氏硬度	球直径 (mm)	$0.12F/D^2$	试验力 (N)	试验力保持时间 (s)	注意事项
铁金属	≥ 140	10 5 2.5	30	29 420 7355 1839	10	试样厚度应不小于压痕深度的 10 倍，试验后，试样边缘及背面应无可见变形痕迹 压痕中心距试样边缘距离应不小于压痕直径的 2.5 倍 相邻两压痕中心距不小于压痕直径 4 倍
	< 140	10 5 2.5	10	9807 2452 613	10~15	
非铁金属	≥ 130	10 5 2.5	30	29 420 7355 1836	30	
	36~130	10 5 2.5	10	9807 2452 613	30	
	8~35	10 5 2.5	2.5	2452 613 153	60	

2. 洛氏硬度 (HR)

(1) 实验原理。图 2-5 所示 0—0 位置为金刚石压头没有和试样接触时的位置；1—1 位置

为压头受到初载荷 F_1 后压入试样深度为 h_1 的位置；2—2 位置为压头受到主载荷 F_2 后压入试样深度为 h_2 的位置；3—3 为压头卸除主载荷 F_2 ，且只保留初载荷 F_1 时的位置。由于试样弹性变形部分的恢复使压头提高了 h_3 ，此时压头受主载荷作用实际压入的深度为 h 。

以 h 的大小计算硬度值。 h 值越大，硬度越低。为了适应习惯上数值越大硬度越高的概念，故用一常数 k 减去 h 来表示硬度值，并规定每 0.002mm 为一个硬度单位，用符号 HR 表示：

$$HR = (k - h) / 0.002 \quad (2-9)$$

其中，当压头为金刚石时 $k=0.2$ ，当压头为淬火钢球时 $k=0.26$ 。

(2) 洛氏硬度标尺。为了能用一种硬度计测定不同软硬材料的硬度，常采用不同的压头与总载荷组合成几种不同的洛氏硬度标尺，每一种标尺用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后注明，有 9 种之多。常用 HRA、HRB 及 HRC 三种。当采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体为压头，施加 150kgf 的外力，硬度用符号 HRC 表示，主要用于淬火钢等较硬材料的测定，常用硬度值为 20~67HRC；当采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体为压头，采用外加载荷为 60kgf，硬度用符号 HRA 表示，用于测量高硬度薄层，常用硬度值为 70~85HRA；当采用直径 1.588mm 的钢球、100kgf 的外加载荷，硬度用符号 HRB 表示，用于硬度较低的材料，常用硬度值为 25~100HRB。

(3) 洛氏硬度测量法的特点。测量迅速简便，压痕小，可在成品零件上检测。测试范围大，能测试极软到极硬的各种金属。由于压痕小，当材料的内部组织不均匀时，硬度数值波动较大，不能反映被测金属的平均硬度，因此，在进行洛氏硬度试验时，需要在不同部位测试数次，取其平均值来表示被测金属的硬度。

(4) 常用洛氏硬度的实验条件和应用范围。由于洛氏硬度试验时选用的压头和总试验力不同，洛氏硬度的测量尺度也就不同，常用的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种，其中，C 标尺应用较为广泛。常用洛氏硬度的实验条件和应用范围见表 2-2。

表 2-2 常用洛氏硬度的实验条件和应用范围

标尺	硬度符号	压头	初试验力 (N)	主试验力 (N)	总试验力 (N)	测量范围	应用举例
A	HRA	金刚石圆锥体	98.1	490.3	588.4	70~85	硬质合金、表面淬火层、渗碳层等
B	HRB	钢球	98.1	882.6	980.7	25~100	退火或正火钢、非铁金属
C	HRC	金刚石圆锥体	98.1	1373	1471.1	30~67	调质钢、淬火钢等

3. 维氏硬度 (HV)

(1) 实验原理。用一定大小的载荷 F (kgf)，把两相对面夹角 α 为 136° 的金刚石四棱锥体压入试样表面，保持规定时间后卸除载荷，测量压痕的对角线长度分别为 d_1 和 d_2 ，取其

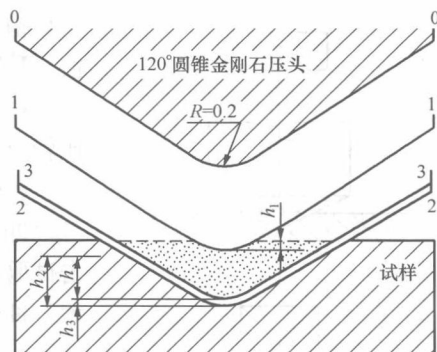


图 2-5 洛氏硬度测试原理

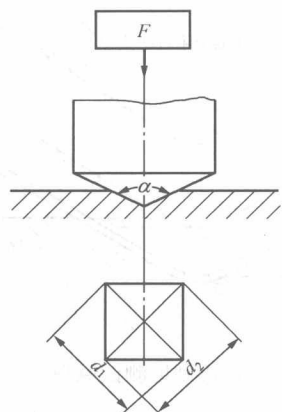


图 2-6 维氏硬度实验原理

平均值 d ，用以计算压痕的表面积 S ， F/S 即为试样的硬度值 (HV)，如图 2-6 所示。

(2) 维氏硬度测量法的特点。精量测度高、范围广，但比较麻烦，主要用于研究工作。

(四) 冲击韧度

冲击韧度指金属材料抵抗冲击负荷的能力，可用摆锤冲击试验机来测定金属材料的冲击值，如图 2-7 和图 2-8 所示。冲击韧度值可用式 (2-10) 计算。

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} = \frac{GH - Gh}{F} \quad (2-10)$$

式中： α_k 为冲击韧度， J/cm^2 ； A_k 为冲击吸收功， J ； F 为试样缺口底部处横截面积， cm^2 ； G 为摆锤重力， N ； H 为摆锤抬升高度， m ； h 为摆锤冲击后的高度， m 。

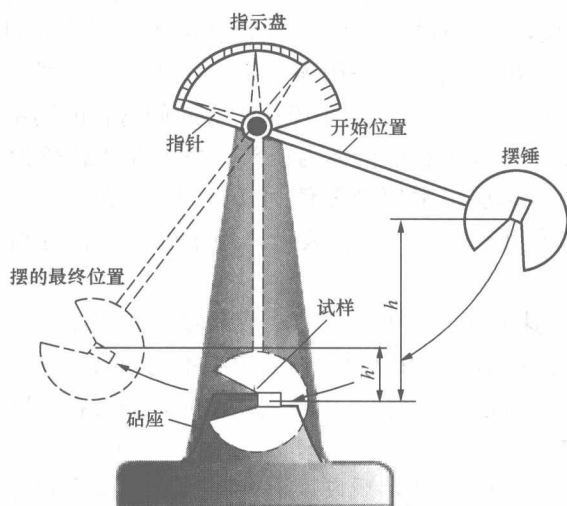


图 2-7 夏氏冲击实验原理

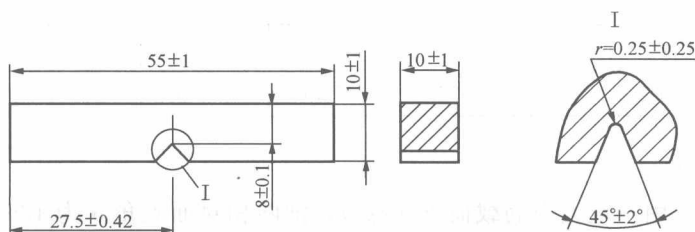
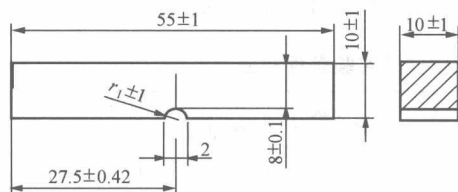


图 2-8 冲击试样

(五) 疲劳强度

1. 疲劳现象

机械零件,如轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等,在工作过程中各点的应力随时间做周期性变化,称为交变应力(也称循环应力)。在交变应力的作用下,虽然零件所承受的应力低于材料的屈服点,但经过较长时间的工作后产生裂纹或突然发生完全断裂的现象称为金属的疲劳。

2. 疲劳强度

疲劳强度是指金属材料在无限多次交变载荷作用下而不破坏的最大应力称为疲劳强度或疲劳极限。实际上,金属材料并不可能做无限多次交变载荷试验。对于铁金属一般规定应力循环基数为 10^7 次,对于非铁金属,则应力循环基数规定为 10^8 次,试样不发生断裂的最大应力值规定为该金属的疲劳极限。

3. $\sigma-N$ 疲劳曲线

金属所承受的循环应力 σ 和断裂时相应的应力循环次数 N 之间的关系,可用曲线来表示,如图 2-9 所示。

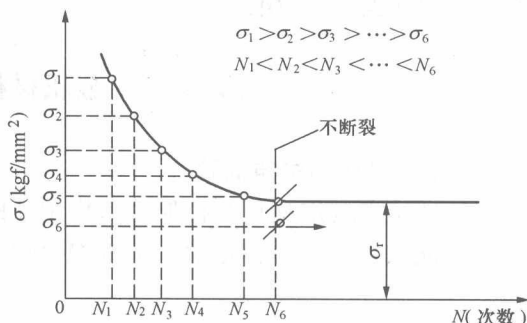


图 2-9 $\sigma-N$ 疲劳曲线

二、金属材料的物理性能

金属材料的物理性能主要包括密度、熔点、导热性、热膨胀性、导电性、磁性。不同的金属材料物理性能不同。

三、金属材料的化学性能

金属材料的化学性能主要包括耐腐蚀性、抗氧化性、化学稳定性。

第二节 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削性能、热处理性能。

一、铸造性能

铸造性能是指金属材料能用铸造的方法获得合格铸件的性能。铸造性主要包括流动性、收缩性和偏析。流动性是指液态金属充满铸模的能力;收缩性是指铸件凝固时体积收缩的程度;偏析是指金属在冷却凝固过程中,因结晶先后的差异而造成金属内部化学成分和组织的不均匀性。

二、锻造性能

锻造性能是指金属材料在压力加工时,能改变形状而不产生裂纹的性能。它包括在热态或冷态下能够进行锤锻、轧制、拉伸、挤压等加工。可锻性的好坏主要与金属材料的化学成分有关。

三、焊接性能

焊接性能反映金属材料在局部快速加热,使结合部位迅速熔化或半熔化(需加压),从而使结合部位牢固地结合在一起而成为整体的难易程度,表现为熔点、熔化时的吸气性、氧