



高职高专机电类规划教材

工业和信息化部职业教育教学指导委员会“十二五”规划教材

工程材料与 成形技术

练 勇 姜自莲 主 编
谢乐林 副主编

金属材料的力学性能

铁碳合金相图

钢的热处理

常用金属材料的种类、特性和用途

常用非金属材料、新材料的用途和发展趋势

常用成形技术的工艺特点和应用范围

零件毛坯的选择

零件材料的选择



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高职高专机电类规划教材

工程材料与成形技术

练 勇 姜自莲 主 编

谢乐林 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以工程材料和成形技术为核心, 主要内容包括: 材料的力学性能、金属材料的组织结构、常用金属材料及热处理、常用非金属材料和新材料、金属材料的常用成形方法及应用、毛坯选择的主要依据以及机械零件材料选择的原则与方法。全书共 14 章, 每章均有思考题供学习时参考。

本书理论知识以“应用”为目的, 以“必需、够用”为度, 以培养技术应用型人才为目标, 强调学生实践能力、创新能力的培养。

本书可作为高职高专院校机械类和机电类专业的教材, 对从事机械、机电类工作的工程技术人员也有参考价值。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与成形技术 / 练勇, 姜自莲主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.1

高职高专机电类规划教材

ISBN 978-7-121-15453-9

I. ①工… II. ①练…②姜… III. ①工程材料—高等职业教育—教材②工程材料—成形—高等职业教育—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 255175 号

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 北京季峰印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13 字数: 333 千字

印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

为了顺应当前我国高职高专教育突飞猛进的发展形势,配合高职高专院校的教材改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,将高职高专教育改革的理念和成果与具体教学实践结合起来,不断提高教学质量和人才培养质量,我们组织编写了该套教材。

教材编写团队由成都电子机械高等专科学校国家级教学名师和一批“双师型”骨干教师组成,其中有四川省学术带头人后备人选3人;有2人获得“国家级教学成果奖”一等奖,1人获得“国家级教学名师奖”,1人获得“全国优秀教师”光荣称号,2人获得“省教学名师奖”。编写团队成员与企业联系紧密,积极开展科研和技术服务,近5年主持和主研的省部级科研项目35项,获国家专利8项,有多项成果获国家和省部级奖励。

该系列教材,贯彻了高职高专教育“以技能型应用性人才培养为主,重在实践”的原则,按照“就业导向、校企合作、适应时代、推行双证”的教学改革基本思路进行编写。即以地方经济发展对人才的需求为导向确定人才培养目标;以岗位职业能力为基础;以工学结合为手段提升职业能力;以工作过程为基础,工作情境为支撑,校企合作为途径实施人才培养。教材的编写在多年教学改革的优秀成果基础上,对课程体系进行了重新设计,突出了基础理论的应用和实践技能的培养,整合了相关课程,明确了每一门课程在整个人才培养方案中的地位和作用,同时注重与职业资格要求的知识能力有机衔接,具有鲜明的职业教育特色。

本系列教材可作为高职高专院校、成人高校、民办高校及本科院校举办的职业技术学院机械、机电、数控及相关专业的教学用书,也适用于五年制高职、中职相关专业,并可作为社会从业人员的业务参考书及培训用书,也可供工程技术人员、工人和管理人员参考。

前 言

材料是人类赖以生存和发展的物质基础之一。20 世纪 70 年代,材料、能源和信息技术被誉为现代文明的三大支柱;20 世纪 80 年代后期,新材料技术、生物技术和信息技术并列成为新技术革命的重要标志。一直以来,发达的工业化国家都将材料科学看做重点发展学科。

《工程材料与成形技术》是机械、机电类专业的一门技术基础课,其主要任务是使学生获得机械工程材料、成形技术、零件毛坯选择的基础知识和基本应用方法,为学习专业课和从事相关技术工作奠定基础。本书主要包括:

- 材料学基本知识:材料的力学性能、金属材料的组织结构、常用金属材料及热处理、常用非金属材料和新材料。
- 材料的成形技术:金属材料的常用成形方法及应用。
- 零件毛坯的选择:毛坯选择的原则和主要依据。
- 零件材料的选择:机械零件材料选择的原则与方法。

通过本课程教学,应使学生达到以下目标:

- 掌握常用金属材料的种类、牌号、热处理方法、性能特点和应用范围。
- 了解常用非金属材料的种类、特性和主要用途。
- 了解新材料发展趋势。
- 熟悉常用成形技术的工艺特点和应用范围。
- 熟悉零件毛坯选择的原则和依据。
- 熟悉机械零件材料选择的一般原则与基本方法。

根据高职高专培养技术应用型人才的教学目标以及企业对人才规格的需求,本书编写时注重以下几点:

- 在内容处理上,以基础知识为骨干。理论知识以“应用”为目的,以“必需、够用”为度,做了适当的精简与合并;强调学生实践能力、创新能力的培养。
- 在知识更新上,紧跟高职高专教材的发展步伐,适当增加新材料知识。
- 在写作风格上,力求做到文字简练、语言规范、图文并茂、通俗易懂,并以章为教学单元,每章后附思考题,以便于学生学习。
- 在学时安排上,本书参考学时为 40~46 学时(含实验 4~8 学时),第 9 章为选修内容,可供各高职高专院校根据不同专业的要求及实验教学条件加以选择。

本书由多年从事高职高专金工课程教学的教师编写。由练勇(编写第 4、5、11、12、13、14 章及全书统稿)和姜自莲任主编(编写第 1、2、3、9 章),谢乐林任副主编(编写第 6、7、8)章,郭海华参编(编写第 10 章)。

限于编者水平,加上时间短促,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 材料的力学性能	1
1.1 强度	1
1.1.1 静强度	2
1.1.2 疲劳强度	3
1.2 塑性	4
1.3 冲击韧性	5
1.4 硬度	6
1.4.1 布氏硬度	6
1.4.2 洛氏硬度	6
1.4.3 维氏硬度	7
思考题	8
第 2 章 金属材料基础知识	9
2.1 金属的晶体结构与结晶	9
2.1.1 金属的晶体结构	9
2.1.2 金属的结晶	11
2.2 合金的相结构和结晶	13
2.2.1 合金的基本相结构	14
2.2.2 合金的组织	15
2.2.3 合金的结晶	15
2.3 金属的强化	16
2.3.1 金属的塑性变形	16
2.3.2 金属强化的途径	18
思考题	20
第 3 章 铁碳合金	21
3.1 铁碳合金的基本相	21
3.1.1 纯铁的同素异晶转变	21
3.1.2 铁碳合金的三种基本相	21
3.2 铁碳合金相图	23
3.2.1 Fe-Fe ₃ C 相图概述	23
3.2.2 典型铁碳合金的结晶与组织转变分析	26
3.2.3 碳钢的性能及相图的应用	29
思考题	30

第4章 钢的热处理	32
4.1 钢热处理时的组织转变	33
4.1.1 钢在加热时的组织转变	33
4.1.2 奥氏体冷却时的组织转变	33
4.2 钢的预备热处理——退火与正火	38
4.2.1 钢的退火	38
4.2.2 钢的正火	39
4.2.3 退火与正火的选用	39
4.3 钢的最终热处理(1)——淬火与回火	40
4.3.1 钢的淬火	40
4.3.2 淬火钢的回火	42
4.3.3 钢的淬硬性 with 淬透性	44
4.4 钢的最终热处理(2)——表面热处理	45
4.4.1 表面淬火	45
4.4.2 化学热处理	46
4.5 热处理技术条件与工序位置	48
4.5.1 热处理技术条件	48
4.5.2 热处理工序位置安排	49
思考题	51
第5章 工业用钢	53
5.1 合金元素在钢中的作用	53
5.1.1 固溶强化铁素体	53
5.1.2 形成合金碳化物	54
5.1.3 细化奥氏体晶粒	54
5.1.4 稳定奥氏体	55
5.1.5 阻碍马氏体分解	55
5.2 钢的分类和牌号表示方法	57
5.2.1 钢的分类	57
5.2.2 常用钢的牌号表示法	58
5.3 结构钢	59
5.3.1 渗碳钢	59
5.3.2 调质钢	59
5.3.3 弹簧钢	61
5.3.4 滚动轴承钢	62
5.3.5 其他常用结构钢	63
5.4 工具钢	65
5.4.1 刃具钢	65

5.4.2 模具钢	70
5.5 特殊钢	73
5.5.1 不锈钢	73
5.5.2 耐磨钢	74
5.5.3 耐热钢	75
思考题	75
第6章 铸铁	77
6.1 铸铁的分类及碳的石墨化	77
6.1.1 铸铁的分类	77
6.1.2 碳的石墨化	78
6.2 灰铸铁	79
6.2.1 灰铸铁的成分、组织与性能	79
6.2.2 灰铸铁的热处理	80
6.2.3 灰铸铁的牌号与应用	81
6.3 球墨铸铁	81
6.3.1 球墨铸铁的成分、组织与性能	81
6.3.2 球墨铸铁的热处理	82
6.3.3 球墨铸铁的牌号和应用	83
6.4 其他铸铁	83
6.4.1 可锻铸铁	83
6.4.2 蠕墨铸铁	84
6.4.3 合金铸铁	84
思考题	85
第7章 有色金属材料	86
7.1 铝及铝合金	86
7.1.1 工业纯铝	86
7.1.2 铝合金	86
7.2 铜及铜合金	90
7.2.1 工业纯铜	90
7.2.2 铜合金	91
7.3 轴承合金	94
7.3.1 轴承合金的性能和组织特点	94
7.3.2 常用轴承合金	95
思考题	97
第8章 非金属材料与复合材料	98
8.1 高分子材料	98

8.1.1	高分子材料基础知识	98
8.1.2	常用高分子材料	100
8.2	陶瓷	103
8.2.1	陶瓷的组成与特性	103
8.2.2	陶瓷的分类与常用工业陶瓷	104
8.3	复合材料	105
8.3.1	复合材料的组成与特性	105
8.3.2	复合材料的分类与常用复合材料	106
	思考题	106
第 9 章	新材料	108
9.1	纳米材料	108
9.1.1	纳米材料结构单元	108
9.1.2	纳米材料的性能	109
9.1.3	纳米技术及纳米材料的应用	110
9.2	智能材料	112
9.2.1	智能材料的构成	113
9.2.2	智能材料的特征	113
9.2.3	智能材料的分类	114
9.2.4	几种新型的智能材料	114
9.3	其他新材料	117
9.3.1	超导材料	117
9.3.2	生态环境材料	118
第 10 章	铸造	119
10.1	合金的铸造性能与常用铸造合金	119
10.1.1	合金的铸造性能	119
10.1.2	常用的铸造合金	121
10.2	砂型铸造	121
10.2.1	砂型铸造过程简介	121
10.2.2	砂型铸件常见缺陷	125
10.2.3	铸件图	125
10.3	特种铸造及铸造方法的选择	126
10.3.1	特种铸造	126
10.3.2	常用铸造方法的比较和选择	129
	思考题	130
第 11 章	锻压	131
11.1	锻造概述	131

11.1.1	锻造的作用	131
11.1.2	金属的锻造性能与锻造温度范围	132
11.1.3	常用金属材料的锻造性能和锻造特点	133
11.2	自由锻	134
11.2.1	自由锻的设备与基本工序	134
11.2.2	锻件图的绘制和坯料计算	136
11.3	模锻	138
11.3.1	锤上模锻	138
11.3.2	胎模锻	140
11.4	板料冲压	142
11.4.1	冲压设备	142
11.4.2	冲压基本工序	142
11.4.3	冲模分类和构造	143
	思考题	145
第 12 章	焊接	146
12.1	手工电弧焊	146
12.1.1	手弧焊的工艺过程与冶金特点	146
12.1.2	焊条	147
12.1.3	手弧焊件的焊接质量	148
12.2	其他常用焊接方法与焊接方法的选择	150
12.2.1	其他常用焊接方法	150
12.2.2	常用焊接方法的选择	153
12.3	金属的焊接性能与焊件结构工艺性	154
12.3.1	金属的焊接性能	154
12.3.2	焊件结构工艺性	155
	思考题	156
第 13 章	机械零件毛坯的选择	157
13.1	毛坯选择的原则	157
13.2	毛坯选择的依据	158
13.2.1	零件毛坯的种类	158
13.2.2	常用零件毛坯的选择	159
13.3	螺旋起重器主要零件的毛坯选择案例	161
	思考题	162
第 14 章	材料及热处理的应用	163
14.1	零件的失效	163
14.1.1	断裂	164

14.1.2 磨损	166
14.1.3 其他失效	168
14.2 选材的原则和步骤	170
14.2.1 选材的原则	170
14.2.2 选材的步骤	172
14.3 机械零件的选材	175
14.3.1 机械零件的选材方法	175
14.3.2 传动零件的选材	177
14.3.3 轴、弹簧和机架的选材	182
思考题	185
附录 A 黑色金属硬度及强度的换算表	186
附录 B 常用钢的热处理规范	189
附录 C 热处理技术条件常用符号	191
附录 D 常用钢的临界淬透直径	192
附录 E 接触疲劳强度与表面硬度、材料、热处理的关系	193
参考文献	194

第 1 章

材料的力学性能

在机械工程中，用于制作工程构件、机械零件和工具的固体结构材料称为机械工程材料（简称工程材料）。机械工程中使用的材料分为金属材料和非金属材料两大类。

金属材料是最重要的工程材料，分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料（即钢铁材料）是指铁和以铁为基的合金（如钢和铸铁等），它是机械工程中应用最广泛的金属材料；有色金属材料（即非铁合金）是指除钢铁材料以外的其他金属材料（如铝及铝合金、铜及铜合金等）。

非金属材料是指除金属材料以外的其他材料。机械工程中常用的非金属材料有高分子材料、陶瓷材料和复合材料等。非金属材料具有许多独特性能并发展迅速，在机械工程中的应用日益广泛。

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指为保证零件正常工作和一定的工作寿命，材料应具备的性能，包括力学性能、物理性能和化学性能；工艺性能是指为保证零件加工顺利和加工质量，材料应具备的性能，如铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。机械零件和工具在工作时通常都要承受一定的载荷（根据作用性质不同，载荷分为静载荷、冲击载荷与循环载荷），因此，用做机械零件和工具的金属材料应具有良好的力学性能。

金属材料的力学性能是指材料在载荷作用下所显现出来的性能，主要有强度、塑性、冲击韧性和硬度等。



1.1 强度

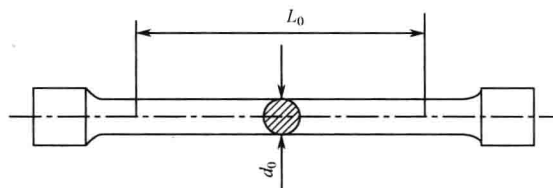
根据载荷性质的不同，金属材料的强度有静强度、冲击强度和疲劳强度。通常所说的强度是指静强度。

1.1.1 静强度

在静载荷作用下，金属抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度。金属材料在逐渐增大的静载荷作用下，一般依次产生弹性变形、塑性变形直至断裂。弹性变形是载荷去除后能完全消失的变形；塑性变形是载荷去除后仍然保留的变形。测定金属材料强度的常用方法是拉伸试验。

1. 拉伸试验

拉伸试验在拉伸试验机上进行。先将被测金属材料按 GB/T 228—2002 制成圆截面标准拉伸试样（如图 1.1 所示）。试验时将试样装夹在试验机的夹头上，缓慢加载，试样逐渐被拉长，观察并测定拉力 F 及相应伸长量 ΔL ，直至试样断裂。根据测定的拉力 F 和伸长量 ΔL 可绘出拉伸曲线。



d_0 —试样直径； L_0 —原始标距长度

图 1.1 圆截面标准拉伸试样

如图 1.2 所示为低碳钢的拉伸曲线。曲线上的斜直线段（ Oe 段），表示试样的伸长量与载荷成正比，此阶段内卸载，试样的伸长量能完全恢复，为弹性变形阶段；当载荷 F 超过 F_e 后（ es 段），试样开始出现微量塑性伸长；当 F 增至 F_s 时，曲线上出现水平线段，表示载荷 F 不增加而试样的塑性伸长却明显增加（称为屈服），为屈服阶段；当载荷 F 超

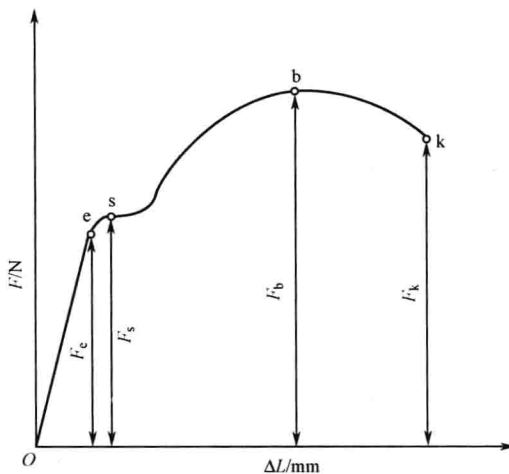


图 1.2 低碳钢拉伸曲线

过 F_s 后 (sb 段), 试样将产生明显塑性伸长, 为均匀塑性变形阶段; 当载荷 F 超过 F_b 时 (bk 段), 试样某处横截面开始急剧缩小 (称为缩颈); 此后, 试样的塑性伸长局限在缩颈部位, 承载能力迅速减小直至断裂 (曲线上 k 点), 为缩颈断裂阶段。

金属材料并非都有明显的上述四个阶段, 对于脆性材料, 拉伸过程中只有弹性变形和断裂两个阶段 (如图 1.3 所示)。

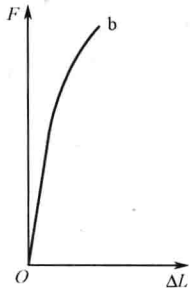


图 1.3 铸铁拉伸曲线

2. 强度指标

拉伸试验测得的强度指标主要有弹性极限、屈服极限和抗拉强度。

(1) 弹性极限。

试样弹性伸长范围内承受的最大拉应力, 用符号 σ_e 表示, 单位为 MPa。

$$\sigma_e = F_e / S_0$$

式中, F_e ——试样在弹性伸长范围内承受的最大拉伸力 (N);

S_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

弹性极限是表征在拉伸力作用下, 金属抵抗开始塑性变形的能力。

(2) 屈服极限。

试样屈服时承受的拉应力, 用符号 σ_s 表示, 单位为 MPa。

$$\sigma_s = F_s / S_0$$

式中, F_s ——试样屈服时承受的拉伸力 (N)。

对于没有明显屈服现象而难以测定其 σ_s 的金属材料, 国标规定以其产生 0.2% 残余应变时的拉应力作为条件屈服极限, 用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服极限或条件屈服极限是表征在拉伸力作用下, 金属抵抗明显塑性变形的能力。

(3) 抗拉强度。

试样断裂前承受的最大拉应力, 用符号 σ_b 表示, 单位为 MPa。

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中, F_b ——试样拉断前承受的最大拉伸力 (N)。

抗拉强度是表征在拉伸力作用下, 金属抵抗断裂的能力。

1.1.2 疲劳强度

许多机械零件工作时承受的载荷并非静载荷, 而是循环载荷或交变载荷 (即大小或大小与方向随时间做周期性变化的载荷)。金属在小于屈服极限 σ_s 的循环载荷作用下, 经多次 (次数 $> 10^4$ 次) 载荷循环而发生断裂的现象称为疲劳断裂或疲劳。在循环载荷作用下, 金属抵抗疲劳断裂的能力称为疲劳强度。

金属的疲劳强度指标由相应疲劳试验测定的疲劳曲线确定。金属承受的最大循环应力

① GB/T 228—2002 中用符号 R_m 表示抗拉强度, 本书采用工程习惯, 仍按照 GB/T 6397—1986 使用 σ_b 。

σ 和断裂前应力循环次数 N 之间的关系曲线（即 σ - N 曲线），称为疲劳曲线。

如图 1.4 所示是中、低强度钢在对称循环应力作用下的疲劳曲线。由疲劳曲线可知，当材料承受的循环应力 $\sigma > \sigma_{-1}$ 时，材料的应力循环次数 N （即疲劳寿命）随 σ 减小而增长；当 $\sigma \leq \sigma_{-1}$ 时，疲劳曲线呈水平线，表示材料经无限次应力循环而不断裂。因此，中、低强度钢和铸铁以循环 10^7 次不断裂的最大循环应力 σ_{-1} 作为疲劳强度指标，称为疲劳极限。有色金属、不锈钢和高强度钢的疲劳曲线，因其不存在水平线部分而不能确定 σ_{-1} ，故规定以循环 10^8 次不断裂的最大循环应力 σ_{10^8} 作为疲劳强度指标，称为条件疲劳极限。

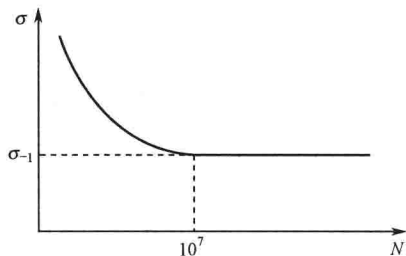


图 1.4 疲劳曲线

材料的疲劳强度与抗拉强度之间存在一定的经验关系，碳钢的疲劳强度 $\sigma_{-1} \approx (0.4 \sim 0.5) \sigma_b$ ；非铁金属的疲劳强度 $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4) \sigma_b$ 。材料的强度越高，表示其抵抗断裂的能力越强，零件使用时越安全、可靠。



1.2 塑性

在静载荷作用下，金属断裂前产生塑性变形的能力称为塑性。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率两种。

1. 伸长率

标准试样经拉伸试验拉断后，标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比称为伸长率，用符号 δ ^① 表示。

$$\delta = [(L - L_0) / L_0] \times 100\%$$

式中， L_0 ——试样原始标距长度（mm）；

L ——试样拉断后的标距长度（mm）。

2. 断面收缩率

标准试样经拉伸试验拉断后，缩颈处横截面积的最大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 ^② 表示。

① GB/T 228—2002 中用符号 A 表示伸长率，本书采用工程习惯，仍按 GB/T 6397—1986 使用 δ 。

② GB/T 228—2002 中用符号 Z 表示断面收缩率，本书采用工程习惯，仍按 GB/T 6397—1986 使用 ψ 。

$$\psi = [(S_0 - S) / S_0] \times 100\%$$

式中, S ——试样拉断后缩颈处的横截面积 (mm^2)。

金属材料的伸长率和断面收缩率越大, 表示其塑性越好。塑性好的金属, 因断裂前可产生大量的塑性变形, 从而易于对其进行塑性变形压力加工。



1.3 冲击韧性

以一定加速度作用于受力物体的载荷称为冲击载荷或动载荷。在冲击载荷作用下, 金属抵抗断裂的能力称为冲击韧性。

金属的冲击韧性指标由冲击试验 (如图 1.5 所示) 测定。先将被测金属制成有 U 型 (或 V 型) 缺口的标准冲击试样, 再将试样放在试验机支座的支撑面上, 缺口背向摆锤冲击方向, 然后将重量为 G 的摆锤举至一定高度 H_1 , 最后摆锤自由落下将试样冲断, 并反向摆至一定高度 H_2 。通常, 以试样在一次冲击试验力作用下冲断时所吸收的能量作为冲击韧性的指标, 称为冲击吸收能量, 符号为 K , 单位为 J。

$$K = G(H_1 - H_2)$$

实际试验时, K 值可从试验机刻度盘上直接读出。我国习惯上以冲击初度 a_K (单位为 J/cm^2) 作为冲击韧性指标。

$$a_K = K / S$$

式中, S ——试样缺口处横截面积 (cm^2)。

冲击吸收能量 (K) 或冲击初度 (a_K) 越大, 材料的冲击韧性越好, 受到冲击时越不易断裂。材料的 a_K 值大小受很多因素影响, 不仅与试样形状、表面粗糙度、内部组织有关, 还与温度密切相关, 因此冲击韧性值一般只作为选材时的参考, 而不作为计算依据。

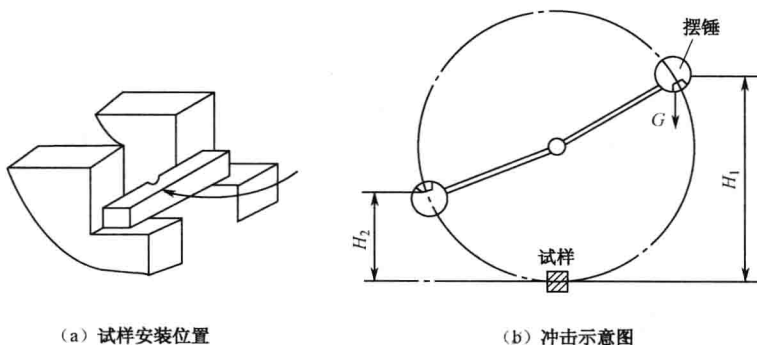


图 1.5 摆锤式冲击试验原理

由于冲击韧性对材料内部的缺陷和组织变化十分敏感, 且测定操作简便, 因此常用于检验材料成形加工和热处理的质量。



1.4 硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力，即抵抗局部塑性变形和破坏的能力。它是衡量金属材料软硬程度的指标。

金属材料的硬度通过硬度试验测定。常用的硬度试验方法有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法，测得的硬度分别称为布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

1.4.1 布氏硬度

布氏硬度试验是在布氏硬度计上进行的，测试原理如图 1.6 所示。用直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球作为压头，以相应的试验力 F 压入试样表面，保持一定时间后卸除试验力，试样表面留下直径为 d 的球形压痕。以试验力 F 除以球形压痕表面积所得的商作为布氏硬度值，符号为 HBS（淬硬钢球压头）或 HBW（硬质合金球压头）。

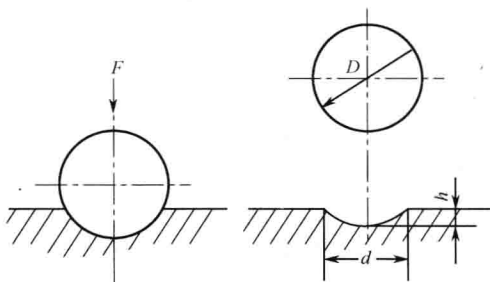


图 1.6 布氏硬度试验原理图

实际进行布氏硬度试验时，可根据试验力 F 、压头直径 D 和测得的压痕直径 d 查布氏硬度表得到硬度值。布氏硬度标注时，硬度值写在符号 HBS 或 HBW 之前，如 250HBS。

布氏硬度试验的压痕大，测得的硬度值比较准确，但操作不够简便。布氏硬度试验法主要用于测硬度较低（小于 450HBS 或小于 650HBW）且较厚的材料和零件，如铸铁、有色金属和硬度不高的钢。

1.4.2 洛氏硬度

洛氏硬度试验在洛氏硬度计上进行。其测试原理是在试验力作用下，将压头（金刚石圆锥体或淬硬钢球）压入试样表面，卸除试验力后，以残余压痕深度来衡量金属的硬度。残余压痕深度越大，金属的硬度越高；反之，金属材料的硬度越低。实际测试时，硬度值可直接从硬度计表盘上读出。

为了测定各种金属的硬度，洛氏硬度试验采用三种不同的硬度试验标度，它们的符号、