

GAOZHI GAOZHUAN JIXI

XILIE JIAOCA

高职高专机械系列教材

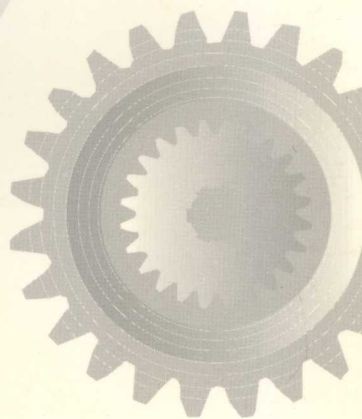
JIXIE

工程材料成型与应用

Gongcheng Cailiao Chengxing yu Yingyong

◎主 编 王毓敏

◎副主编 练 勇 谢乐林 郭从



重庆大学出版社

3926

工程材料成形与应用

主 编 王毓敏
副主编 练 勇 谢乐林 郭从盛

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书以工程材料为核心,主要介绍了常用材料的基本理论、基本知识和基本应用方法,以及材料成形的基本知识和基本方法。本书以基本知识为主,适当增加新材料和新技术的内容;理论知识以应用为目的,以“必须、够用”为度,做适当的精简和合并;应用知识力求结合专业要求。

本书适用于高等专科学校、高等职业技术学院机类专业教学,对于从事机械、机电类工作的工程技术人员具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料成形与应用/王毓敏主编. —重庆:重庆大学出版社,2005. 1
(高职高专机械系列教材)

ISBN 7-5624-3271-6

I. 工... II. 王... III. 工程材料—高等学校:技术学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 094458 号

工程材料成形与应用

主 编 王毓敏

副主编 练 勇 谢乐林 郭从盛

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:任卓惠 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆市万州精彩印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:18 字数:449千

2005年1月第1版 2005年1月第1次印刷

印数:1-4000

ISBN 7-5624-3271-6 定价:25.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

前言

《工程材料成形与应用》是高等专科学校、高等职业技术学院机类专业的一门技术基础课。本课程主要介绍机械专业常用材料的基本理论、基本知识和基本应用方法,以及材料成形的基本知识和基本方法,为专业课学习和从事相关技术工作奠定基础。根据高职高专对技术应用型人才的培养目标和企业对人才的要求,在编写本教材及设计教学方式时注意了以下几点:

1)调整结构,强化应用。在此基础上,本教材分为三个篇章。第一篇工程材料主要介绍工程材料的基本理论和基本知识;第二篇材料的成形主要介绍材料成形的基本知识和基本方法;第三篇材料与热处理的应用主要介绍工程材料与热处理的应用知识和应用方法。

2)优化内容。以基本知识为主,适当增加新材料和新技术的内容;理论知识以应用为目的,以“必须、够用”为度,作适当的精简和合并;应用知识力求结合专业要求。

3)在教学方式上采用分段教学,并做到课堂教学与实训、实验、课堂讨论和大型作业等相互融合。第一、二篇宜在机械工程认识、材料热处理认识、材料成型等实训后的低年级讲授,为其他后续课程学习奠定基础;第三篇宜在高年级与专业课并行讲授,并结合专业要求布置大型作业或开展课堂讨论,以强化本课程在专业中的应用。

本教材第一、二篇的参考教学时数为60~65学时(包括实验),第三篇的参考教学时数为20~25学时。本教材由王毓敏主编(编写第14、15、16、17、18章及第4章的第6节),副主编为练勇(编写第2、5、6、10、12章及第1、8章部分内容)、谢乐林(编写第3、4、9、11章)、郭从盛(编写第1、8章部分内容),参编为姜自莲(编写第7、13章)。

限于编者水平,本教材中难免存在缺点错误,敬请读者批评指正。

编者

2004年7月

目 录

绪 论	1
第 1 篇 工程材料	
第 1 章 材料的力学性能	3
1.1 强度、刚度和塑性	3
1.2 冲击韧性和疲劳抗力	5
1.3 硬度	7
1.4 断裂韧性的概念	9
思考题	10
第 2 章 金属材料的基础知识	11
2.1 金属与合金的组织结构	11
2.2 金属与合金的结晶	15
2.3 金属的塑性变形和强化	20
思考题	24
第 3 章 铁碳合金	25
3.1 铁碳合金的基本相	25
3.2 铁碳合金状态图	26
3.3 铁碳合金的性能及状态图的应用	30
思考题	32
第 4 章 钢的热处理及表面强化技术	33
4.1 钢热处理时的组织转变	33
4.2 钢的预备热处理与补充热处理	40
4.3 钢的最终热处理(1)——淬火与回火	44
4.4 钢的最终热处理(2)——表面热处理	51

4.5	热处理缺陷和热处理技术条件标注	56
4.6	钢的表面强化技术	57
	思考题	62
第5章	工业用钢	64
5.1	钢材质量与钢中合金元素的作用	64
5.2	钢的分类和牌号表示法	69
5.3	结构钢	70
5.4	刀具钢	79
5.5	模具钢	83
5.6	特殊钢	88
	思考题	92
第6章	铸铁	94
6.1	概述	94
6.2	灰铸铁	96
6.3	球墨铸铁	98
6.4	其他铸铁	100
	思考题	101
第7章	有色金属与粉末冶金材料	102
7.1	铝及铝合金	102
7.2	铜及铜合金	108
7.3	滑动轴承合金	113
7.4	粉末冶金材料	115
	思考题	118
第8章	非金属材料	119
8.1	高分子材料的基础知识	119
8.2	塑料	121
8.3	橡胶与合成胶粘剂	124
8.4	陶瓷	126
8.5	复合材料	128
	思考题	130
第2篇 材料的成形		
第9章	铸造	132
9.1	砂型铸造与铸件缺陷	132

9.2	合金的铸造性能与常用铸造合金	139
9.3	砂型铸件图与铸件结构工艺性	143
9.4	特种铸造及铸造方法的选择	150
	思考题	155
第10章 锻压 157		
10.1	锻造概述	157
10.2	自由锻	160
10.3	模锻	165
10.4	板料冲压	169
	思考题	173
第11章 焊接 174		
11.1	手弧焊与焊接质量	174
11.2	其他常用焊接方法与焊接方法的选择	177
11.3	金属的焊接性能与焊件的结构工艺性	181
	思考题	184
第12章 机械零件毛坯的选择 185		
12.1	毛坯选择的原则	185
12.2	机械零件毛坯的种类与选择	186
12.3	毛坯选择示例	190
	思考题	191
第13章 非金属材料成形 192		
13.1	塑料的成形及二次加工	192
13.2	其他非金属材料的成形	198
	思考题	202
第3篇 材料及热处理的应用		
第14章 失效及其防护 204		
14.1	断裂	205
14.2	断裂的原因及防止方法	210
14.3	磨损	213
14.4	其他失效	216
	思考题	219

139	第 15 章 选材的原则和步骤	220
143	15.1 选材的原则	220
150	15.2 选材的步骤	223
152	思考题	228
157	第 16 章 机械零件的选材	229
171	16.1 机械零件的选材方法	229
180	16.2 传动零件的选材	232
182	16.3 轴弹簧和机架的选材	239
186	思考题	244
173	第 17 章 工模具的选材	245
171	17.1 冷作模的选材	245
171	17.2 热作模的选材	254
177	17.3 塑料模的选材	259
181	17.4 刀具和量具的选材	262
184	思考题	264
182	第 18 章 淬火件的结构工艺性和热处理工序位置	265
182	安排	265
188	18.1 淬火件的结构工艺性	265
190	18.2 合理安排热处理工序位置	267
191	思考题	271
195	附 录	273
195	附录 I 黑色金属硬度及强度的换算表	273
198	附录 II 常用钢的热处理规范	276
202	附录 III 热处理技术条件用的符号	278
	附录 IV 常用钢的临界淬透直径	279
	参考文献	280

材料、能源和信息技术是现代文明的三大支柱。材料是指人类能用来制作有用物件的物质,它是人类生活和社会发展的物质基础。按照材料的使用性能,材料可分为结构材料和功能材料两大类。结构材料的使用性能主要是力学性能,功能材料的使用性能主要是光、电、磁、热、声等功能性能。本教材主要介绍机械工程中常用的结构材料。

机械工程材料可分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料一般由冶金厂生产,并主要以各种冶金加工产品(板材、带材、型材、管材、线材等)的形式供用户使用。在机械工程中,通常将冶金加工产品直接进行切削、冲压等加工制成所需的机械零件,或先通过锻造、铸造和焊接等成形方法把冶金产品制成零件的毛坯,再进行切削加工,以得到所需的机械零件。为了改善金属的性能,在制造过程中常需对其进行热处理。最后,将各种合格的零件装配成机械产品。

《工程材料成形与应用》是机类专业的一门技术基础课,其任务是使学生获得机械工程材料、热处理、成形工艺的基本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。本教材主要内容:

①工程材料及热处理的基本知识——介绍材料的力学性能、金属材料的基本理论、常用金属材料及其热处理,以及常用非金属材料。

②材料及热处理的应用——介绍零件失效的基本知识、机械零件和工具选材的知识与方法以及热处理工序位置安排的方法。

③成形工艺——介绍金属材料及非金属材料的常用成形方法及其应用。

学习本课程后,使学生达到以下基本要求:

①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种类、特性和用途。

②熟悉常用金属材料的选用方法及热处理工序位置的安排方法。

③熟悉常用成形方法的种类、特点和应用。

第 I 篇

工程材料

第15章 选材的原则和步骤	220
15.1 选材的原则	220
15.2 选材的步骤	223
思考题	228
第16章 机械零件的选材	229
16.1 机械零件的选材方法	229
16.2 传动零件的选材	232
16.3 轴类零件的选材	238
思考题	244
第17章 工量具的选材	245

机械工程中使用的材料有金属材料和非金属材料两大类。金属材料又分为黑色金属材料(钢铁材料)和有色金属材料。钢铁材料不仅具有优良的力学性能和工艺性能,而且价格低廉,常用于制造各种机械零件和工具。有色金属材料(如铝合金、铜合金等)除具有较好的力学性能和工艺性能外,还具有良好的物理、化学性能(如电导性、耐蚀性等),常用于制造某些特殊的零件。金属材料(尤其是钢)还可通过热处理或其他工艺方法,进一步提高其力学性能和改善其工艺性能。因此,金属材料(尤其是钢)在机械中的应用最为广泛。

非金属材料是除金属材料以外的其他材料,如塑料、橡胶、胶结剂、陶瓷、复合材料等。非金属材料具有许多独特的性能并发展迅速,在机械中的应用愈来愈广泛。

第 1 章

材料的力学性能

机械制造业中所用的材料称为机械工程材料,金属材料是机械工程材料中应用最广泛的材料。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的正常工作 and 一定的工作寿命材料应具备的性能,它包括物理性能、化学性能和力学性能;工艺性能是指为保证零件的加工过程顺利进行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。由于机械零件和工具在工作时通常都要承受一定的载荷,因此用做机械零件和工具的材料主要应具有良好的力学性能。

力学性能是指材料在力的作用下所显现的性能,主要有强度、刚度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳抗力和断裂韧性等。

1.1 强度、刚度和塑性

金属材料在逐渐增大的外力作用下,一般依次产生弹性变形、塑性变形直至断裂。弹性变形是外力去除后能完全消失的变形,塑性变形是外力去除后仍然保留的变形。测定金属材料强度、刚度和塑性的常用方法是拉伸试验。

1.1.1 拉伸试验

拉伸试验在拉伸试验机上进行。试验前将被测金属制成一定形状和尺寸的标准试样,常用标准试样为圆截面拉伸试样(图 1.1)。圆截面拉伸试样有长试样和短试样两种。长试样 $L_0 = 10d_0$,短试样 $L_0 = 5d_0$ 。试验时将试样装夹在实验机的夹头上,缓慢加载。随拉伸力缓慢增大,试样逐渐被拉长,直至断裂。为了消除试样尺寸的影响,将拉伸力 $F(N)$ 除以试样原始截



图 1.1 圆截面拉伸试样

面积 S_0 (mm^2), 得到拉应力 σ (MPa); 将伸长量 ΔL (mm) 除以试样原始标距 L_0 (mm), 得到拉应变 ε 。根据试验时的 σ 和 ε 对应关系, 可绘出应力—应变曲线。

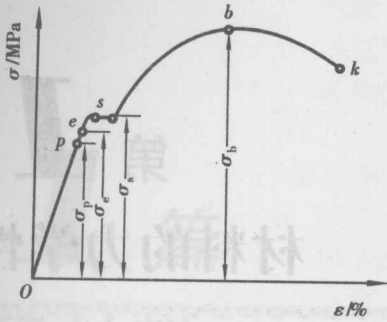


图 1.2 低碳钢应力—应变曲线

图 1.2 为低碳钢的应力—应变曲线。曲线上斜直线 Oe 为试样弹性伸长阶段, 当 σ 超过 σ_e 后, 试样开始出现微量塑性伸长。当 σ 增至 σ_s 时, 曲线上出现水平线段, 即表示拉应力 σ 不增加而试样的塑性伸长却明显增加, 此现象称为屈服。曲线上 sb 线段为试样均匀塑性伸长阶段。当 σ 超过 σ_b 时, 试样某处横截面开始缩小, 称为缩颈。此后, 试样的塑性伸长局限在缩颈部分, 承受的拉应力 σ 迅速减小, 直至断裂(曲线 k 点)。

1.1.2 强度

在外力作用下, 金属抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度。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

弹性极限是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。其计算公式为:

$$\sigma_e = F_e / S_0 \quad (1.1)$$

式中 F_e ——试样在弹性伸长范围内承受的最大拉伸力。

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

屈服极限是试样屈服时承受的拉应力, 用符号 σ_s 表示, 单位为 MPa。其计算公式为:

$$\sigma_s = F_s / S_0 \quad (1.2)$$

式中 F_s ——试样屈服时承受的拉伸力。

对于没有明显屈服现象的金属材料, 难以测定其 σ_s , 国标规定以产生 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

抗拉强度是试样断裂前承受的最大拉应力, 用符号 σ_b 表示, 单位为 MPa。其计算公式为:

$$\sigma_b = F_b / S_0 \quad (1.3)$$

式中 F_b ——试样拉断前承受的最大拉伸力。

抗拉强度是表征在拉伸力作用下金属抵抗断裂的能力。金属的强度愈高, 零件使用时愈安全可靠。

1.1.3 刚度

在外力作用下, 金属抵抗弹性变形的能力称为刚度。拉伸试验测得的刚度指标是正弹性模量或杨氏弹性模量。

应力—应变曲线中的弹性伸长阶段(OP 线段)遵守虎克定律,即应力 σ 与应变 ε 成正比,其比例常数 E 为正弹性模量。即

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (1.4)$$

正弹性模量 E (单位 MPa) 是表征在拉伸力作用下金属抵抗弹性伸长的能力。金属的正弹性模量 E 愈大,金属抵抗弹性伸长的能力就愈强。

1.1.4 塑性

在外力作用下,金属断裂前产生塑性变形的能力称为塑性。常用的塑性指标是伸长率和断面收缩率。

(1) 伸长率

试样拉断后,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 表示。

$$\delta = [(L - L_0) / L_0] \times 100\% \quad (1.5)$$

式中, L_0 、 L 分别为试样原始标距长度和拉断后的标距长度。

(2) 断面收缩率

试样拉断后,颈缩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 表示。

$$\psi = [(S_0 - S) / S_0] \times 100\% \quad (1.6)$$

式中, S_0 、 S 分别为试样的原始横截面积和拉断后颈缩处的最小横截面积。

金属材料的伸长率和断面收缩率愈大,表示其塑性愈好。塑性好的金属,因断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。

1.2 冲击韧性和疲劳抗力

上述拉伸试验作用于金属上的试验力是从零缓慢增至最大值的,这种试验称为静力试验。在工程中,某些零件承受的外力并非静力,而是冲击力或循环力。通过静力试验测得的性能(如强度、刚度、塑性和硬度),一般不能代表在冲击力和循环力作用下的性能。金属在冲击力和循环力作用下测得的性能,主要是冲击韧性和疲劳抗力。

1.2.1 冲击韧性

快速作用于零件的外力称为冲击力或动载荷。在冲击力作用下,金属抵抗断裂的能力(即金属断裂时吸收变形功的能力),称为冲击韧性。

金属的冲击韧性指标用冲击试验法测定。冲击试验在摆锤式冲击试验机上进行(图 1.3)。先将被测金属制成带 U 形(或 V 形)缺口的标准冲击试样(图 1.4),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功(即冲击吸收功) A_k 作为冲击韧性的指标,单位为 J。

$$A_k = G(H_1 - H_2) \quad (1.7)$$

实际试验时, A_k 值可从试验机刻度盘上直接读出。我国习惯上以冲击韧度 a_k (单位为

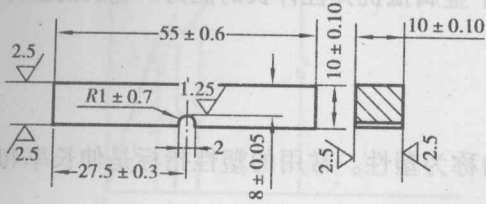
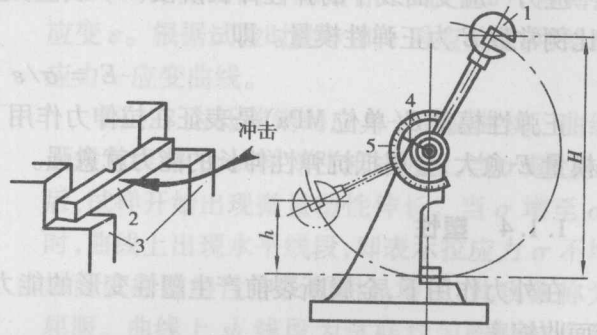


图 1.3 冲击试样(U形缺口)



(a) (b)

图 1.4 摆锤式冲击试验

1—摆锤;2—试样;3—支座;4—指针;5—表盘

J/cm^2)作为冲击韧性指标。

$$a_k = A_k / S \quad (1.8)$$

式中 S ——试样缺口处横截面积。

冲击吸收功 A_k 或冲击韧度 a_k 愈大,材料的冲击韧性愈好。同一金属材料的冲击韧度还与温度有关(图 1.5)。由图可见,冲击韧度 a_k 随温度下降而减小,在某一温度区域内急剧变化,此温度区称为“韧脆转变温度”。韧脆转变温度愈低,材料的低温冲击韧性愈好。

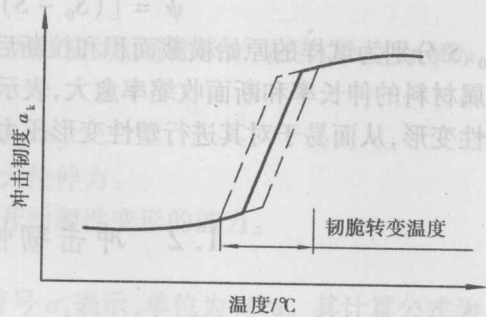


图 1.5 温度对冲击韧性的影响

冲击韧性对材料内部的缺陷和组织变化十分敏感,且试验测定简便,故常用于检验材料热加工和热处理的质量。

1.2.2 疲劳抗力

许多机械零件工作时承受的应力是循环应力或交变应力。大小或大小与方向随时间做周期性变化的应力称为循环应力,常见的循环应力是对称循环应力(最大应力和最小应力的绝对值相等),如图 1.6 所示。金属在小于 σ_s 的循环应力作用下,经多次($>10^4$ 次)应力循环而发生断裂的现象称为疲劳断裂或疲劳。

金属在对称循环应力作用下的疲劳抗力指标,由相应疲劳试验测定的疲劳曲线确定。金属承受的名义循环应力 σ (循环应力中的最大应力)与断裂前应力循环次数 N 之间的关系曲线(即 $\sigma-N$ 曲线),称为疲劳曲线。中、低强度钢和铸铁的疲劳曲线如图 1.7 中曲线 1 所示,当 σ 大于某一值 σ_{-1} 时,随 σ 减小材料的疲劳寿命 N 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无限次或 10^7 次不断裂的最大名义循环应力 σ_{-1} 作为疲劳抗力指标,称为疲劳极限。有色金属、不锈钢和高强度钢的疲劳曲线如图 1.7 中曲线 2 所示,因其不存在水平线部分而不能确定 σ_{-1} ,故规定以疲劳寿命 N

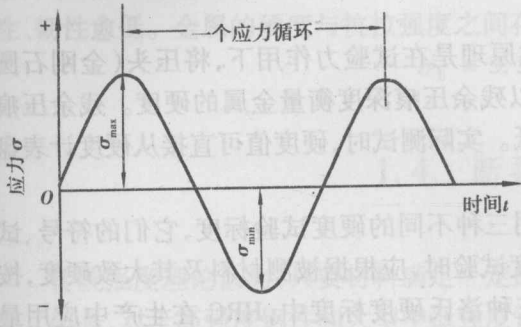


图 1.6 对称循环应力

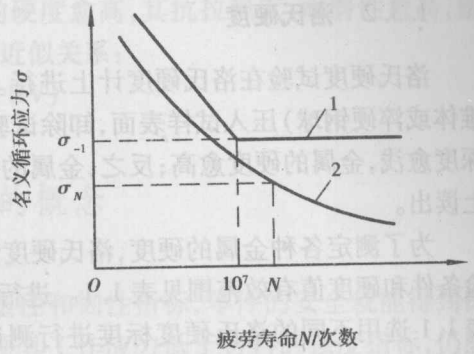


图 1.7 疲劳曲线

为 10^8 次不断裂的最大循环应力 σ_{10^8} 作为疲劳抗力指标,称为条件疲劳极限或疲劳强度。材料的疲劳极限 σ_{-1} 或疲劳强度 σ_{10^8} 愈大,表示其抵抗疲劳断裂的能力愈强。

用途	适用范围	特点	试验方法	符号
金属材料, 金属材料, 金属材料	1.3 硬度	金属材料	金属材料	HRA
金属材料, 金属材料, 金属材料	金属材料	金属材料	金属材料	HRC
金属材料, 金属材料, 金属材料	金属材料	金属材料	金属材料	HBS
金属材料, 金属材料, 金属材料	金属材料	金属材料	金属材料	HBW

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的能力。它是衡量金属材料软硬程度的依据。

金属材料的硬度是通过硬度试验测定的。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。

1.3.1 布氏硬度

布氏硬度试验是在布氏硬度计上进行,测试原理见图 1.8。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 S 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)。

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 250 HBS。

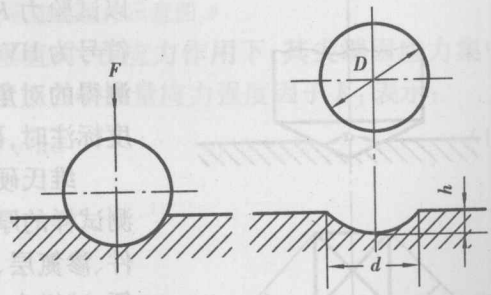


图 1.8 布氏硬度试验原理图

布氏硬度试验的压痕大,测得的硬度值较准确,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 450 HBS 或小于 650 HBW)且较厚的材料和零件,如铸铁、有色金属和硬度不高的钢。

1.3.2 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,以残余压痕深度衡量金属的硬度。残余压痕深度愈浅,金属的硬度愈高;反之,金属的硬度愈低。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、试验条件和硬度值有效范围见表 1.1。进行洛氏硬度试验时,应根据被测材料及其大致硬度,按表 1.1 选用不同的洛氏硬度标度进行测试。在三种洛氏硬度标度中,HRC 在生产中应用最广。洛氏硬度标注时,硬度值写在符号之前,如 60 HRC。

洛氏硬度试验法操作迅速简便,压痕小,可测试成品零件和较硬较薄的零件。但是,由于压痕小,对组织和硬度不均匀的材料,硬度值波动较大,同一试样应测试三点以上取其平均值。

表 1.1 三种洛氏硬度标度

硬度符号	压头类型	总试验力/N	有效值范围	应用
HRA	120°金刚石圆锥体	60×9.8	70~85 HRA	硬质合金,表面淬硬层、渗碳淬硬层
HRB	1.588 mm 钢球	100×9.8	25~100 HRB	有色金属,退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥体	150×9.8	20~67 HRC	淬硬钢,调质钢

1.3.3 维氏硬度

维氏硬度试验在维氏硬度计上进行,其试验原理与布氏硬度相似(图 1.9)。在试验力 F 作用下,将相对面夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石压头压入试样表面,保持一定时间后卸除试验力,在试样表面留下对角线长度为 d 的正四棱锥压痕,以试验力 F 除以压痕表面积 S 所得的商作为维氏硬度值,符号为 HV。实际进行维氏硬度试验时,可根据试验力 F 和测得的对角线长度 d 在维氏硬度表上查得硬度值。维氏硬度标注时,硬度值写在符号 HV 之前,如 640 HV。

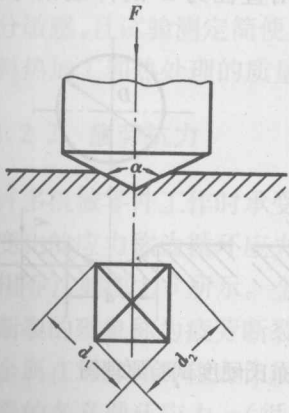


图 1.9 维氏硬度试验原理图

维氏硬度试验的测试精度较高,测试的硬度范围大,被测试样的厚度或表面深度几乎不受限制(如能测很薄的工件、渗氮层、金属镀层等)。但是,维氏硬度试验操作不够简便,试样表面质量要求较高,故在生产现场很少使用。

不同硬度试验法测得的硬度不能直接进行比较,必须通过硬度换算表(见附录表 I.1 和附录表 I.2)换算成同种硬度后,方能比较其高低。

1.3.4 硬度与其他力学性能及耐磨性的关系

硬度是最常用的力学性能指标。这是由于硬度试验法简便快速,不需专门试样,不破坏被测零件,且与强度、塑性、韧性及耐磨性之间存在一定的关系。在正确热处理和具有正常组织

条件下,在一定的硬度范围(20~60 HRC)内,金属的硬度愈高,其抗拉强度、耐磨性愈高,塑性、韧性愈低。金属的硬度与抗拉强度之间存在如下近似关系:

$$\sigma_b = 3.5 \text{ HB(或 HV)}$$

1.4 断裂韧性的概念

传统强度理论认为,只要材料满足一定的强度、塑性和韧性指标,零件的安全就能得到保证。但是,对于高强度钢件和大型中低强度钢件,即便其工作应力低于材料的强度指标,仍然发生断裂。研究表明,这是由于冶炼、加工和使用等原因,使材料内部存在各种裂纹(孔洞、夹杂物等可视为裂纹),在应力作用下,材料中的裂纹发生快速失稳扩展而导致低应力脆断。因此,材料抵抗裂纹失稳扩展的能力(即断裂韧性)成为衡量材料抵抗低应力脆断能力的重要性能指标。

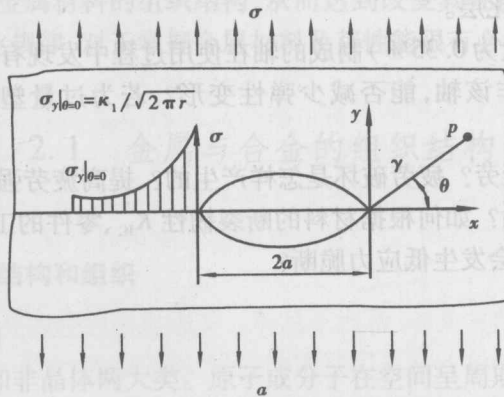


图 1.10 带穿透裂纹大平板的拉伸示意图

对于带穿透裂纹的大平板,当裂纹与拉应力垂直时,在应力作用下,其尖端因应力集中而形成**一个强应力场**(图 1.10)。应力场的**强弱程度**用力学参量**应力强度因子 K_I** 表示:

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a} \quad (1.9)$$

式中 Y ——裂纹的几何形状因子;

σ ——外加应力,MPa;

a ——裂纹半长,m。

由式(1.9)可见,应力强度因子 K_I 随 σ 和 a 的增加而增大,当 K_I 增大到某一临界值 K_{Ic} 时,材料中的裂纹发生快速失稳扩展而导致脆断。临界应力强度因子 K_{Ic} 称为材料的断裂韧性。显然,对于具有一定 K_{Ic} 的材料,无论其裂纹长度和外加应力为何值,只要 $K_I < K_{Ic}$,材料均不发生脆断而处于安全状态;反之,当 $K_I > K_{Ic}$ 时,则发生脆断。因此,断裂韧性 K_{Ic} 是表征材料抵抗裂纹失稳扩展或脆性断裂能力的性能指标。材料的 K_{Ic} 值一般用断裂韧性试验测定。