

21世纪高等职业教育机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

材料成型 基础

CAILIAO CHENGXING JICHU

宋金虎 胡凤菊 主编 王海艳 孙春静 副主编 王国林 张淑贤 主审

- 以强化应用为重点，侧重应用能力的培养
- 简化过多的理论介绍，注重知识面宽而浅
- 实例均来自生产实际，注重实用性与针对性



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列

21世纪高等职业教育机电类规划教材
21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

材料成型 基础

CAILIAO CHENGXING JICHU

宋金虎 胡凤菊 主编 王海艳 孙春静 副主编 王国林 张淑贤 主审



人民邮电出版社
北京


精品系列

图书在版编目(CIP)数据

材料成型基础 / 宋金虎, 胡凤菊主编. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 9
21世纪高等职业教育机电类规划教材
ISBN 978-7-115-20081-5

I. 材… II. ①宋…②胡… III. 工程材料—成型—高等学校: 技术学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第130557号

内 容 提 要

本书主要内容包括金属材料的性能, 金属材料结构的基本知识, 钢的热处理, 钢铁材料的表面处理, 常用金属材料, 铸造成型, 金属压力加工, 焊接与胶接成形, 金属切削加工, 机械零件成型方法的选择, 非金属材料成型。

本书可作为高职高专、高级技校、技师学院的机械类、近机类专业教材, 也可作为工程技术人员的参考用书。

21世纪高等职业教育机电类规划教材

材料成型基础

-
- ◆ 主 编 宋金虎 胡凤菊
 - 副 主 编 王海艳 孙春静
 - 主 审 王国林 张淑贤
 - 责任编辑 潘新文
 - ▶ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
 - ▶ 邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
 - ▶ 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - ▶ 中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ▶ 开本: 787×1092 1/16
 - ▶ 印张: 19.25
 - ▶ 字数: 488千字
 - ▶ 印数: 1-3000册
 - 2009年9月第1版
 - 2009年9月北京第1次印刷

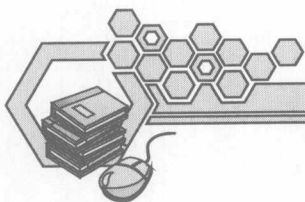
ISBN 978-7-115-20081-5

定价: 32.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言



本书是根据高等职业教育人才培养目标要求,本着理论“必需、够用”的原则而编写的。

高等职业教育培养的是高素质技能型人才,这就需要学生既掌握一定的基础知识,又要有较强的动手实践能力及发现、分析和解决问题的能力。本书突出职业教育的特点,编写内容以掌握基本概念、强化应用为教学重点,侧重应用能力的培养,简化了过多的理论介绍,注重基本技能和工艺特点的介绍,知识面宽而浅。全书主要内容包括金属材料的性能,金属材料结构的基本知识,钢的热处理,钢铁材料的表面处理,常用金属材料,铸造成形,金属压力加工,焊接与胶接成形,金属切削加工,机械零件成型方法的选择,非金属材料成型。书中大量实例均来自生产实际,注重内容的实用性与针对性。每部分内容后均配有一定数量的复习思考题,供学生复习、训练选用。书中有关名词术语、工艺资料等均采用国家最新标准。

本书可作为高职高专机械类、近机类专业教材,也可作为高等教育自学考试和中等专业学校有关专业的教学用书,同时可供相关工程技术人员和管理人员参考。

本书按 64 学时编写,在实际教学中,教师可结合各专业的具体情况适当增减,有些内容可供学生自学。材料成型基础课程的实践性比较强,建议授课教师根据不同教学内容和特点进行现场教学,教学环境可考虑移到专业实训室、金工车间、企业生产车间中,尽量采用“教、学、做”一体的教学模式。

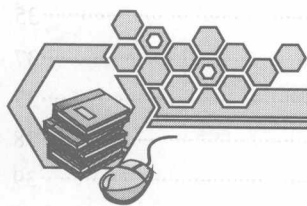
本书由宋金虎、胡凤菊担任主编,王海艳、孙春静担任副主编。第 1 章、第 4 章由王海艳编写,第 2 章第 1 节~第 4 节、第 10 章由胡凤菊编写,第 3 章、第 5 章由孙丽萍编写,第 6 章由卢洪德编写,第 7 章由陈伟栋编写,第 8 章由孙春静编写,第 9 章由陈红杰编写,第 11 章由王真编写,绪论、第 2 章第 5 节由宋金虎编写并负责全书的统稿、定稿。王国林、张淑贤主审了全书,提出了许多宝贵的修改意见,编者在此表示衷心的感谢!

在本书编写过程中,参考了许多文献资料,编者谨向这些文献资料的编著者、支持编写工作的单位和个人表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有谬误和欠妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月



目 录

绪论	1
第 1 章 金属材料的性能	3
1.1 力学性能	3
1.1.1 强度	3
1.1.2 塑性	6
1.1.3 硬度	6
1.1.4 冲击韧度	9
1.1.5 疲劳强度	10
1.2 工艺性能	11
复习思考题	12
第 2 章 金属材料结构的基本知识	14
2.1 金属的晶体结构与结晶	14
2.1.1 晶体的基本概念	14
2.1.2 三种常见的晶体结构	15
2.1.3 金属晶体结构缺陷	16
2.2 合金的基本概念和基本结构	18
2.2.1 合金的基本概念	18
2.2.2 固态合金的基本结构	19
2.3 纯金属的结晶	20
2.3.1 纯金属的冷却曲线及过冷度	20
2.3.2 纯金属的结晶过程	21
2.3.3 晶粒大小对力学性能的影响	22
2.4 金属的同素异构转变	22
2.5 铁碳合金状态图	23
2.5.1 铁碳合金的基本知识	23
2.5.2 铁碳合金相图	24
2.5.3 典型铁碳合金的结晶过程分析	26
2.5.4 碳对碳钢组织和性能的影响	29
2.5.5 Fe-Fe ₃ C 相图在工业中的应用	30
复习思考题	30
第 3 章 钢的热处理	33
3.1 钢在加热和冷却时的组织转变	33
3.1.1 钢在加热时的转变	34



3.1.2	钢在冷却时的组织转变	35
3.2	钢的普通热处理	37
3.2.1	钢的退火	37
3.2.2	钢的正火	38
3.2.3	钢的淬火	39
3.2.4	钢的回火	42
3.3	钢的表面热处理	43
3.3.1	钢的表面淬火	44
3.3.2	钢的化学热处理	45
3.4	热处理新技术简介	46
3.4.1	可控气氛热处理	46
3.4.2	真空热处理	47
3.4.3	形变热处理	47
3.4.4	激光热处理	47
3.4.5	电子束表面淬火	48
3.5	零件常见热处理缺陷分析及预防措施	48
3.5.1	氧化和脱碳	48
3.5.2	过热和过烧	48
3.5.3	硬度不足及软点	49
3.5.4	变形和开裂	49
	复习思考题	49
第4章	钢铁材料的表面处理	51
4.1	化学镀镍	51
4.2	电镀	52
4.2.1	实现电镀的条件	52
4.2.2	电镀工艺及应用	53
4.3	热浸镀	54
4.3.1	热浸镀的预处理方法	54
4.3.2	热浸镀镀层的性能及应用	55
4.4	热喷涂	55
4.4.1	电弧喷涂	55
4.4.2	热喷涂材料的特点	56
4.5	离子镀	56
	复习思考题	57
第5章	常用金属材料	59
5.1	工业用钢	59
5.1.1	常存元素对钢性能的影响	59
5.1.2	钢的分类和编号	60
5.1.3	结构钢	61
5.1.4	工具钢	63



5.1.5	特殊性能钢	64
5.2	铸铁	66
5.2.1	铸铁的石墨化	66
5.2.2	常用铸铁	67
5.2.3	合金铸铁	70
5.3	非铁合金粉末冶金	71
5.3.1	铝及其合金	71
5.3.2	铜及铜合金	72
5.3.3	轴承合金	73
5.3.4	粉末冶金与硬质合金	73
	复习思考题	74
第6章	铸造成型	76
6.1	合金的铸造性能	76
6.1.1	合金的充型能力	76
6.1.2	合金的收缩	78
6.1.3	合金的吸气性	79
6.2	铸造工具与设备	80
6.2.1	常用合金铸件生产用具	80
6.2.2	铸铁熔炼设备	81
6.2.3	铸钢熔炼设备	84
6.2.4	铸造有色合金的熔炼设备	86
6.3	砂型铸造造型(芯)材料	86
6.3.1	造型和制芯材料组成及特点	86
6.3.2	型(芯)砂应具备的性能要求	87
6.3.3	常用型(芯)砂	88
6.4	铸造成型方法	90
6.4.1	砂型铸造	90
6.4.2	特种铸造	93
6.5	铸造工艺设计	96
6.5.1	浇注系统设计	96
6.5.2	浇注位置的选择	99
6.5.3	铸型分型面的选择	101
6.5.4	确定工艺参数	102
6.5.5	铸造工艺图的绘制	104
6.6	铸件结构设计	106
6.6.1	从合金的铸造性能考虑设计铸件结构	106
6.6.2	从铸造工艺考虑设计铸件结构	109
6.7	铸造常见缺陷及控制	111
6.7.1	铸造常见缺陷	111
6.7.2	铸件的修补	116



复习思考题	117
第7章 金属压力加工	120
7.1 金属的塑性变形	120
7.1.1 金属塑性变形的实质	120
7.1.2 塑性变形对金属组织和性能的影响	121
7.1.3 金属的锻造性	124
7.2 锻造	126
7.2.1 自由锻	126
7.2.2 模型锻造	134
7.2.3 胎模锻	144
7.2.4 锻件结构工艺性	146
7.3 板料冲压	148
7.3.1 板料冲压的特点	149
7.3.2 冲压设备	149
7.3.3 板料冲压的基本工序	153
7.3.4 板料冲压件的结构工艺性	157
7.3.5 典型零件冲压工艺示例	160
7.4 其他常用压力加工方法简介	166
7.4.1 轧制	166
7.4.2 挤压	167
7.4.3 拉拔	169
7.5 锻压新工艺简介	170
7.5.1 精密模锻	170
7.5.2 高速锤锻造	171
7.5.3 旋压	172
7.5.4 高能成形	173
7.5.5 超塑性成形	174
7.5.6 粉末锻造	175
7.6 常用塑性成形方法的选择	176
复习思考题	178
第8章 焊接与胶接成形	181
8.1 焊接的基本原理	182
8.1.1 焊接电弧	182
8.1.2 焊接过程	182
8.1.3 焊接接头的组织和性能	183
8.1.4 焊接应力与变形	185
8.2 常用电弧焊方法	188
8.2.1 焊条电弧焊	189
8.2.2 埋弧自动焊	191
8.2.3 气体保护焊	192



8.3	常用金属材料的焊接	194
8.3.1	金属材料的焊接性	194
8.3.2	碳素结构钢和低合金高强度结构钢的焊接	195
8.3.3	不锈钢的焊接	196
8.3.4	铸铁的焊补	196
8.3.5	非铁金属的焊接	197
8.4	焊接结构工艺性	198
8.4.1	焊接结构材料的选择	198
8.4.2	焊接方法的选择	199
8.4.3	焊接接头设计	199
8.5	焊接质量检验	201
8.5.1	焊接接头缺陷分析	202
8.5.2	焊接检验过程与方法	203
8.6	其他焊接技术简介	204
8.6.1	电渣焊	204
8.6.2	电阻焊	204
8.6.3	钎焊	206
8.6.4	等离子弧焊接与切割	207
8.6.5	真空电子束焊接	208
8.6.6	激光焊接与切割	208
8.6.7	扩散焊接	209
8.6.8	摩擦焊	210
8.7	胶接	210
8.7.1	概述	210
8.7.2	胶接的工艺流程	211
8.7.3	胶接过程的质量控制	212
	复习思考题	213
第9章 金属切削加工		216
9.1	金属切削加工的基本知识	216
9.1.1	切削加工概述	216
9.1.2	金属切削刀具	218
9.1.3	金属切削过程及其物理现象	223
9.2	常用切削加工方法	228
9.2.1	机床的分类和编号	228
9.2.2	车削加工	228
9.2.3	钻削和镗削加工	230
9.2.4	铣削加工	234
9.2.5	刨削、插削和拉削加工	236
9.2.6	磨削加工	238
9.3	零件切削加工工艺过程	240



9.3.1	零件切削加工工艺的基础知识	240
9.3.2	零件切削加工工艺的制订	246
9.3.3	典型零件的切削加工工艺	248
	复习思考题	252
第 10 章	机械零件成形方法的选择	254
10.1	机械零件的失效	254
10.1.1	失效的基本概念	254
10.1.2	零件失效的主要形式	254
10.1.3	零件失效的原因	255
10.1.4	失效分析实例	256
10.2	机械零件材料选择的一般原则	259
10.2.1	使用性能	260
10.2.2	工艺性能	260
10.2.3	经济性	262
10.2.4	典型零件的选材及工艺路线	263
10.3	零件毛坯成形方法选择的一般原则	269
10.3.1	毛坯的种类	269
10.3.2	毛坯成形方法选择的一般原则	270
10.3.3	典型机械零件毛坯的选择	272
	复习思考题	276
第 11 章	非金属材料成型	279
11.1	塑料制品成型	279
11.1.1	塑料的基础知识	279
11.1.2	塑料制品的成型工艺	281
11.2	橡胶制品成型	283
11.2.1	橡胶的基础知识	283
11.2.2	橡胶制品的成型工艺	284
11.3	陶瓷材料制品成型	286
11.3.1	陶瓷的分类	286
11.3.2	陶瓷材料的性能特点	287
11.3.3	特种陶瓷粉体的制备方法	287
11.3.4	特种陶瓷的成型方法	287
11.3.5	特种陶瓷的烧结	288
11.3.6	陶瓷材料的制作工艺及组织结构	288
11.4	常用复合材料成型	289
11.4.1	复合材料强化原理、种类及界面设计原则	289
11.4.2	复合材料成型工艺	290
	复习思考题	296
	参考文献	297

绪 论

《材料成型基础》是一门关于工程材料及其成形工艺方法的综合性技术基础课。它系统地介绍了工程材料的性能、应用及改进材料性能的工艺方法,各种成形工艺方法及其在机械制造中的应用和相互联系,机械零件的加工工艺过程等方面的基础知识。

材料被广泛应用于机械工程、建筑工程、航空航天、医疗卫生等领域,是人类赖以生存和发展的物质基础。材料技术的发展在改造和提升传统产业、增强综合国力和国防实力方面起着重要的作用,各发达国家都非常重视材料技术的发展。正是材料的发现、使用和发展,人类才在与自然界的斗争中走出混沌蒙昧的时代,发展到科学技术高度发达的今天。

现代材料种类繁多,据粗略统计,目前世界上的材料总和已经达到 40 多万种,并且每年还以 5% 的速度增加。材料按使用领域不同可分为土木建筑材料、机械工程材料、电子材料、航空航天材料、医学材料等,按功能可分为结构材料、功能材料。

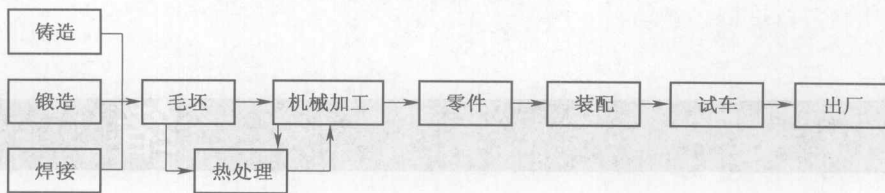
工程材料是指工程上使用的材料,按化学成分分为金属材料、非金属材料(高分子材料、无机非金属材料)和复合材料。金属材料具有优良的力学性能、物理性能、化学性能以及工艺性能,一般能满足机器零件、工程结构等的使用要求,而且金属材料还可以通过热处理改变其组织和性能,从而进一步扩大使用范围。因此,金属材料是目前应用最广泛的工程材料。

材料只有经过各种不同的成形方法加工,成为毛坯或制品后,才具有使用价值。合理的成形工艺、先进的成形技术才能使材料成为所需的毛坯或制品。随着人类社会的进步、生产力的发展,材料的成形技术也经历了从简单的手工操作到如今复杂的、大型化的、智能化和机械化生产的发展过程。

一件机械产品,从设计、加工制造到使用,是一个复杂的过程。根据设计信息将原材料和半成品转变为产品的全部过程称为机械制造过程。机械制造过程包括材料的选择、毛坯的成形、零件的切削加工、热处理、部件和产品的装配等。合格的机械产品是优良的设计、合理的选材和正确的加工这三者的整体结合。



任何一台机械产品都是由若干个具有不同几何形状和尺寸的零件按照一定的方式装配而成的。由于使用要求不同,各种机械零件需选用不同的材料制造,并具有不同的精度和表面质量。因此要加工出各种零件,应采用不同的加工方法。金属机械零件的成形工艺方法一般有:铸造、锻造(压力加工)、焊接、切削加工和特种加工等。在机械制造过程中,通常是先用铸造、锻造(压力加工)和焊接等方法制成毛坯,再进行切削加工,才能得到所需的零件。当然,铸造、锻造(压力加工)、焊接等工艺方法,也可以直接生产零部件。此外,为了改善零件的某些性能,常需要进行热处理,最后将检验合格的零件加以装配,成为机器。简单的机械制造过程如下:



本课程是高职高专机械类、近机类专业必修的一门综合性技术基础课。

本课程的任务是:

- (1) 熟悉常用金属材料的组织、性能、应用及改进材料性能的工艺方法;
- (2) 熟悉各种成形工艺方法及其在机械制造中的应用;
- (3) 熟悉机械零件成形方法的选择;
- (4) 了解常用非金属材料 and 复合材料的性能、加工工艺和应用。

通过本课程的学习,学生应达到下列基本要求:

- (1) 基本掌握常用金属材料的牌号、性能、用途及选用原则;
- (2) 基本掌握钢铁材料热处理的基本原理,初步掌握普通热处理方法的工艺特点和应用范围;
- (3) 初步具有合理选择材料、机械零件成型方法、确定零件生产工艺过程、热处理工序位置的能力;
- (4) 掌握铸造、压力加工、焊接和切削加工等常用成形工艺方法的基本原理、特点和应用范围;
- (5) 初步掌握常用非金属材料 and 复合材料的性能、加工工艺和应用。

本课程的学习强调理论联系实际,注重各种能力的培养。因此,在课程教学中应注意教学方法和形式的改革,注意与专业课程建设的配合联系。每章的复习思考题是本课程教学的必要环节,既是巩固、复习所学知识的手段,又是理论联系实际、调动学生灵活运用知识和学习主动性的途径,应予以充分重视。

本课程运用多种媒体并实现合理配置进行教学。建议授课教师根据不同教学内容和特点进行现场教学,教学环境可考虑移到专业实训室、金工车间、企业生产车间中,尽量采用“教、学、做”一体的教学模式。

第1章

金属材料的性能

由于金属材料具有许多良好的性能,因此被广泛地应用于各种生产活动中,它是制造机械设备、工具量具、武器装备和生活用具的基本材料。为了设计制造出具有竞争力的机械产品,必须首先了解和掌握金属材料的各种性能,如物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能等。

1.1 力学性能

金属材料的性能包含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条件下所表现出来的各种特性,包括物理性能、化学性能和力学性能。使用性能是保证机械零件或工具正常工作时应具备的性能。工艺性能是指金属材料对不同加工工艺方法的适应能力,也是采用某种工艺方法把金属材料制造成产品的难易程度。工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能以及切削加工性能等。

在设计、制造机械设备及工具时,所选用的金属材料首先应该满足使用性能。使用性能一般以力学性能为主要依据,金属材料的力学性能是指金属材料在各种载荷作用下所表现的性能,包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1.1.1 强度

强度是金属材料抵抗塑性变形或断裂的能力。强度大小通常用应力来表示。根据载荷作用方式不同,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。一般情况下以抗拉强度作为判断金属强度高低的性能指标。抗拉强度是通过金属拉伸试验测定的。

1. 拉伸试验

拉伸试验是用静态力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量拉伸力和相应的伸长



量，直至断裂。根据所测得的数据，即可得到有关的力学性能。在国家标准（GB 397—1986）中，对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。拉伸试样的形状一般分为圆柱形和矩形两类。图 1.1 所示为圆柱形拉伸试样。根据所标距长度 L_0 和直径 d_0 之间的关系，试样可分为长试样（ $L_0=10d_0$ ）和短试样（ $L_0=5d_0$ ）。

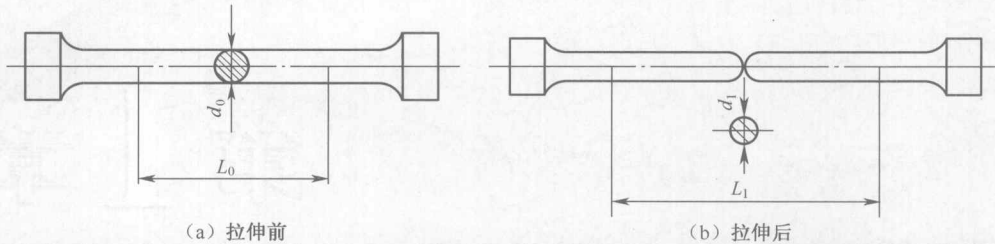


图 1.1 圆柱形拉伸试样

图中： d_0 ——试样直径，mm；
 d_1 ——试样断口处直径，mm；
 L_0 ——试样标距长度，mm；
 L_1 ——试样拉断后标距长度，mm。

2. 力—伸长曲线

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。将试样装夹在拉伸试验机的夹头上，拉伸试验机随后缓慢地增加轴向载荷，试样在轴向载荷作用下逐步变形而伸长，直至被拉伸断裂为止。在拉伸试验机上设有记录装置，自动记录下试样在拉伸过程中每个瞬间所承载荷与试样的变形伸长量，描绘出试样在拉伸过程中的弹性变形、塑性变形直至拉断时的力学特性曲线图（也称为拉伸图）。图 1.2 所示为低碳钢试样的拉伸曲线图。

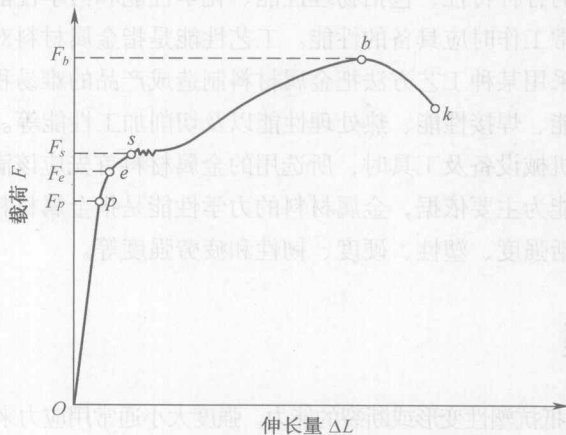


图 1.2 低碳钢试样的拉伸曲线示意图

图中：纵坐标——拉伸力 F ，N；
 横坐标——变形的绝对伸长量 ΔL ，mm。

由图可见，低碳钢试样在拉伸过程中，有以下几个变形阶段。

(1) Oe ——弹性变形阶段。当试样所承载荷小于 F_p 时，拉伸曲线 Op 为一斜直线，表明试样



的伸长量与载荷成正比增加,卸载后试样即恢复到原始形状和尺寸。这种能随载荷的去除而恢复到原始形状和尺寸的变形称为弹性变形。 F_p 为试样能恢复原始形状和尺寸的最大拉伸力。

在 pe 阶段中,当拉伸载荷不断增加,超过拉伸载荷 F_p ,即在 $F_p \sim F_e$ 之间时,试样的伸长量与拉伸载荷不再成正比关系,但卸载后试样能恢复原状。

(2) es ——屈服阶段。当拉伸载荷不断增加,超过 F_e 时,卸载后试样只能部分恢复原状,仍保留一部分残余塑性变形,无法完全恢复到原始形状和尺寸。这种不能随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形。当载荷增加到 F_s 时,图上出现平台或锯齿状。这种在载荷不增加或略有减少的情况下,试样继续发生变形的现象称为屈服, F_s 称为屈服载荷。屈服后,材料将残留较大的塑性变形。

(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。随着塑性变形增大,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称为加工硬化)。 F_b 为试样拉伸试验时的最大载荷。

(4) bk ——缩颈阶段。当载荷达到最大值 F_b 时,试样发生局部截面缩小现象,称为“缩颈”现象。此时,试样变形所需的载荷也随之降低,伸长主要集中在缩颈部位,直至断裂。

机械工程上所使用的金属材料,多数没有明显的屈服现象。对于低塑性材料,不仅没有屈服现象,而且也不产生“缩颈”现象,如球墨铸铁等。

3. 强度

(1) 屈服强度(σ_s) 在拉伸试验过程中,试样在力不增加(保持恒定)的情况下仍能继续伸长(即变形)时的应力称为屈服强度,其计算公式如下:

$$\sigma_s = F_s / A_0$$

式中: σ_s ——屈服强度,MPa;

F_s ——试样屈服时的载荷,N;

A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

对于无明显屈服现象的金属材料,如高碳钢、铸铁等,国标(GB/T 10623—1989)中规定:以试样卸载后,试样标距部分残余伸长量达到 $0.2\% L_0$ 时的应力作为规定残余伸长应力,称为“条件屈服强度”,以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

机械零件在工作中若受力过大,将因超载而产生过量的塑性变形,从而导致零件失效。当零件在工作中所受的载荷低于材料的屈服点或条件屈服强度时,不会产生过量的塑性变形。金属材料的屈服强度和条件屈服强度越高,允许的工作应力也越高,零件的截面尺寸及自身质量就可以减少。因此,金属材料的屈服强度和条件屈服强度是机械设计的主要依据,也是评定金属材料优劣的重要指标。

(2) 抗拉强度(σ_b) 抗拉强度是指试样在拉断前所能承受的最大拉应力,用符号 σ_b 表示。其计算公式如下:

$$\sigma_b = F_b / A_0$$

式中: σ_b ——抗拉强度,MPa;

F_b ——试样断裂前承受的最大拉伸力,N;

A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

抗拉强度表示金属材料由均匀塑性变形向局部集中变形过渡的临界值,是金属材料在拉伸载荷作用下的最大均匀变形的抗力,也是机械零件设计和选材的主要依据之一。



1.1.2 塑性

在拉伸载荷作用下, 试样断裂前金属材料产生永久变形的能力称为塑性。常用试样拉断后的断后伸长率 δ 和断面收缩率 φ 来表示材料的塑性指标。

1. 断后伸长率 (δ)

拉伸试样在进行拉伸试验时, 在拉伸力的作用下产生塑性变形, 试样中的原始标距不断伸长。试样拉断后的标距长度与原始标距长度的增量的百分比, 称为断后伸长率, 用符号 δ 表示。其计算公式如下:

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

式中: δ ——伸长率, %;

L_1 ——试样拉断后的标距, mm;

L_0 ——试样拉断前的原始标距, mm。

同一种材料的试样长短不同时, 测得的伸长率是不同的。即同一材料的短试样的伸长率 δ_s 一般大于长试样的伸长率 δ_{l_0} 。

2. 断面收缩率 (φ)

试样拉断后, 横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比为断面收缩率, 用符号 φ 表示。其计算公式如下:

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

式中: φ ——断面收缩率, %;

A_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样拉断处的横截面积, mm^2 。

金属材料的塑性指标直接影响机械零件的加工和使用。塑性好的金属材料不仅能顺利进行锻压、轧制等成形工艺, 还可以在发生大量塑性变形时不被破坏。金属材料在使用过程中万一超载时, 由于塑性好, 首先会产生塑性变形, 可有效地避免突然断裂的现象。因此, 大多数机械零件除要求具有较高的强度外, 还应具有一定的塑性, 塑性好的金属材料比较安全。

1.1.3 硬度

硬度是一种衡量金属软硬程度的性能指标, 是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。

硬度是各种零件和工具必须具备的性能指标, 也是检验毛坯和成品的重要的力学性能指标。硬度对机械零件的耐磨性和使用寿命有着直接影响, 一般情况下金属材料的硬度值愈高, 其耐磨性愈高。硬度值又可以间接地反映金属材料的强度以及金属材料的化学成分、金相组织和热处理工艺上的差异。因此, 零件图上常常标注各种硬度指标作为热处理技术要求。



测定硬度的方法很多,最常使用的是压入法。压入法是在静态试验力作用下,将压头压入金属材料的表面层,然后按压痕的面积大小或深度测定其硬度值的一种实验方法。

1. 布氏硬度 (HB)

布氏硬度试验原理:用一定直径的淬火钢球或硬质合金球,以相应的试验力压入试样表面,保持规定时间后卸除试验力,用测量表面压痕直径来计算其硬度值。图 1.3 所示为布氏硬度试验原理图。

布氏硬度值是指单位压痕面积上所承受的平均压力。选择淬火钢球压头时,用符号 HBS 表示;选择硬质合金球压头时,用符号 HBW 表示。布氏硬度值用下式计算:

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

式中: F ——试验力, N;

A ——压痕表面积, mm^2 ;

D ——球体直径, mm;

d ——压痕平均直径, mm。

布氏硬度值的单位是 N/mm^2 ,一般只写数值不标单位。

由上式可知,当外载荷 (F)、压头球体直径 (D) 一定时,材料的布氏硬度值仅与压痕直径 (d) 的大小有关。压痕直径 (d) 越小,布氏硬度值越大,材料的硬度就越高;反之,压痕直径 (d) 越大,布氏硬度值越小,材料的硬度也就越低。试验时只需测量压痕的直径 (d),就可以通过计算或从布氏硬度表中查出相应的布氏硬度值。

布氏硬度表示方法规定:符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值,符号后面按顺序表示试验条件、钢球直径、试验力和试验力保持的时间 (10~15s 不标注)。例如:220HBS10/1 000/30 表示用直径 10mm 的淬火钢球,在 1 000 kg 的试验力作用下保持 30 s 时测得的布氏硬度值为 220;500HBW35/750 表示用直径 35mm 的硬质合金球,在 750 kg 的试验力作用下保持 10~15s 时测得的布氏硬度值为 500。

由于布氏硬度试验力较大,压痕的直径较大,能够真实地反映金属材料的平均硬度,故所测量的精度较高。对于硬度高的材料,由于压头 (淬火钢球) 本身的变形使得测量结果会不准确。因此,规定用淬火钢球压头测量的硬度值范围必须小于 450;用硬质合金球压头测量的硬度值范围在 450~650 之间。由于布氏硬度试验压痕较大,故不适宜用布氏硬度测量成品、薄壁零件,以及硬度高的材料和表面精度要求高的工件,只适宜用布氏硬度测量有色金属、低碳钢、灰铸铁和退火的中碳钢及正火、调质处理零件的硬度。

2. 洛氏硬度 (HR)

洛氏硬度试验原理是以锥角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的淬火钢球作为压头

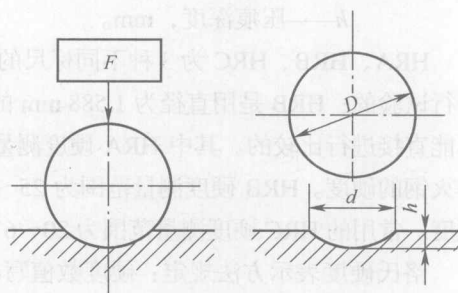


图 1.3 布氏硬度试验原理图