



21世纪全国高职高专机电类规划教材

新编金属工艺学

XINBIAN JINSHU GONGYI XUE

徐桂兰 主 编
焦小明 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电类规划教材

新编金属工艺学

徐桂兰 主编

焦小明 主审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是根据国家教育部关于高职高专教育基础课程教学基本要求,并参考高职院校近几年教学改革的经验编写而成。

本书分上、下两部分,第一部分为机械工程材料,第二部分为加工工艺基础。第一部分包括金属学、金属热处理和工程材料。第二部分包括热加工基础和机械加工工艺基础。各章后面附有一定量的习题和思考题。

本书可供高等职业院校工科机械类、近机类各专业使用,也可作为高等专科机械类、近机类教材及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新编金属工艺学/徐桂兰主编. —北京:北京大学出版社, 2006.8
(21 世纪全国高职高专机电类规划教材)
ISBN 7-301-09961-4

I. 新… II. 徐… III. 金属加工—工艺学—高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 132693 号

书 名: 新编金属工艺学

著作责任者: 徐桂兰 主编

责任编辑: 桂 春 刘 标

标准书号: ISBN 7-301-09961-4/TH·0045

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 522 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

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

举报电话: 010-62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是高等职业技术教育工科机械类教学用书,也可作为高职高专机械、近机类教材及有关工程技术人员参考。本书是我们在从事多年高职教学实践和教学改革的基础上编写而成。

根据课程内容和教学实际情况,本教材采用常规的模块式结构,全书由机械工程材料、热加工工艺基础和机械加工工艺基础二部分内容组成。本书第一部分包括金属学、金属热处理、机械工程材料;第二部分包括铸造、锻造、焊接生产、金属切削加工的基础知识、车削加工、钻削与镗削、刨削、插削与拉削、铣削加工和磨削加工、机械加工工艺过程以及特种加工等。

以培养具有合理选用工程材料、正确选择热处理和毛坯生产方法、妥善安排机械加工工艺路线为目标掌握概念、强化应用为教学的重点,以必须、够用为度,培养生产第一线的技术应用型人才,在教材编写和教学过程中遵循了以下原则:

- (1) 本教材坚持基础理论教学以应用为目的。
- (2) 结合高等职业技术学院教学改革的经验,在介绍传统工艺方法的同时,注重新方法、新技术、新工艺及发展趋势的介绍。
- (3) 力求使教材清晰、突出重点,删减了偏难的理论知识。
- (4) 为适应课内教学总时数减少,将金属的塑性变形与再结晶和金属压力加工基本原理进行了整合。
- (5) 本教材名称、术语、符号、均采用了国家最新标准和法定计量单位。

本书按 130(第一部分 50、第二部分 80)学时编写,内容广泛,覆盖面宽。由于各院校各专业的培养目标不同,使用本书时可根据具体教学需要进行调整或取舍。

参加本书编写的有陕西工业职业技术学院徐桂兰(绪论、第 3 章、第 5 章、第 13 章、第 17 章、第 19 章、第 20 章)、罗怀晓(第 1 章、第 2 章、第 7 章、第 8 章)、陈开君(第 4 章、第 9 章)、王博(第 6 章、第 11 章、第 14 章、第 15 章)、李晓鹏(第 10 章、第 12 章、第 16 章、第 18 章),徐桂兰任主编,负责统稿,焦小明主审、李明珠担任副主审。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 6 月

目 录

绪论	1
第一部分 机械工程材料	2
第1章 金属材料的力学性能	2
1.1 强度和塑性	2
1.1.1 强度	2
1.1.2 塑性	4
1.2 硬度	5
1.2.1 布氏硬度	5
1.2.2 洛氏硬度	6
1.2.3 维氏硬度试验法	7
1.3 冲击韧性	7
1.4 疲劳强度	9
1.5 习题	10
第2章 金属的晶体结构与结晶	11
2.1 金属的晶体结构	11
2.1.1 晶体与非晶体	11
2.1.2 常见金属的晶格类型	12
2.1.3 金属的实际晶体结构	13
2.2 纯金属的结晶	15
2.2.1 冷却曲线和过冷现象	15
2.2.2 金属的结晶过程	16
2.2.3 晶粒大小对金属力学性能的影响	17
2.2.4 细化晶粒的方法	17
2.3 合金的相结构	18
2.3.1 合金的基本概念	18
2.3.2 合金的相结构	19
2.4 二元合金相图	21
2.4.1 二元合金相图的建立	21
2.4.2 二元合金相图的基本类型	22
2.5 习题	27
第3章 铁碳合金相图与非合金钢	28
3.1 铁碳合金的基本组织	28

3.1.1	纯铁的同素异晶转变.....	28
3.1.2	铁碳合金基本组织.....	28
3.2	铁碳合金相图.....	29
3.2.1	相图分析.....	29
3.2.2	典型铁碳合金的结晶过程及其组织.....	30
3.2.3	含碳量与铁碳合金组织和性能的关系.....	34
3.2.4	铁碳合金相图的应用.....	35
3.3	非合金钢.....	35
3.3.1	常存杂质对钢性能的影响.....	36
3.3.2	非合金钢的分类.....	36
3.3.3	非合金钢的牌号、性能及应用.....	37
3.4	习题.....	41
第4章	钢的热处理.....	43
4.1	钢在加热时的组织转变.....	43
4.1.1	奥氏体的形成.....	44
4.1.2	奥氏体晶粒的长大及其控制.....	44
4.2	钢在冷却时的组织转变.....	46
4.2.1	过冷奥氏体等温组织转变.....	46
4.2.2	过冷奥氏体连续冷却时组织转变.....	50
4.3	钢的退火与正火.....	53
4.3.1	钢的退火.....	53
4.3.2	钢的正火.....	54
4.4	钢的淬火.....	55
4.4.1	淬火加热温度.....	55
4.4.2	淬火冷却介质.....	56
4.4.3	淬火方法及应用.....	58
4.4.4	钢的淬透性.....	58
4.5	钢的回火.....	60
4.5.1	回火目的.....	60
4.5.2	淬火钢回火时的组织与性能变化.....	60
4.5.3	回火种类与应用.....	61
4.5.4	回火脆性.....	61
4.6	钢的表面热处理.....	61
4.6.1	表面淬火.....	62
4.6.2	钢的化学热处理.....	63
4.7	热处理新技术简介.....	65
4.7.1	真空热处理.....	65
4.7.2	激光热处理.....	65
4.7.3	电子束表面淬火.....	65

4.7.4	可控制成分热处理	65
4.7.5	形变热处理	65
4.8	热处理工艺的应用	65
4.8.1	热处理技术条件	65
4.8.2	热处理的工序位置安排	66
4.8.3	热处理零件的结构工艺性	67
4.9	习题	69
第5章	合金钢	71
5.1	合金元素在钢中的作用	71
5.1.1	合金元素对钢基本相的影响	71
5.1.2	合金元素对 Fe-Fe ₃ C 相图的影响	72
5.1.3	合金元素对钢热处理的影响	72
5.2	低合金钢	73
5.2.1	低合金钢的分类	73
5.2.2	常用低合金钢	74
5.3	机械结构用合金钢	76
5.3.1	合金渗碳钢	76
5.3.2	合金调质钢	77
5.3.3	合金弹簧钢	79
5.3.4	滚动轴承钢	81
5.3.5	超高强度钢	82
5.4	合金工具钢和高速工具钢	82
5.4.1	合金工具钢	82
5.4.2	高速工具钢	85
5.5	特殊性能钢	86
5.5.1	不锈钢	87
5.5.2	耐热钢	87
5.5.3	高锰耐磨钢	89
5.6	习题	89
第6章	铸铁	91
6.1	铸铁的石墨化及其影响因素	91
6.1.1	铸铁的石墨化	91
6.1.2	影响石墨化的因素	93
6.2	灰铸铁	94
6.2.1	灰铸铁的成分、组织和性能	94
6.2.2	灰铸铁的牌号及用途	95
6.2.3	灰铸铁的孕育处理	96
6.2.4	灰铸铁的热处理	96
6.3	球墨铸铁	96
6.3.1	球墨铸铁的成分、组织和性能	97

6.3.2	球墨铸铁的牌号和用途.....	97
6.3.3	球墨铸铁的热处理.....	98
6.4	可锻铸铁.....	99
6.4.1	可锻铸铁的生产过程.....	99
6.4.2	可锻铸铁的成分、组织和性能.....	99
6.4.3	可锻铸铁的牌号及用途.....	100
6.5	其他铸铁.....	100
6.5.1	蠕墨铸铁.....	100
6.5.2	特殊性能铸铁.....	101
6.6	习题.....	102
第7章	有色金属及粉末冶金材料.....	104
7.1	铝及铝合金.....	104
7.1.1	工业纯铝.....	104
7.1.2	铝合金的分类.....	104
7.1.3	铝合金的热处理.....	105
7.1.4	变形铝合金.....	106
7.1.5	铸造铝合金.....	107
7.2	铜及铜合金.....	109
7.2.1	工业纯铜.....	109
7.2.2	黄铜.....	109
7.2.3	青铜.....	111
7.3	滑动轴承合金.....	113
7.3.1	对轴承合金性能的要求.....	113
7.3.2	轴承合金的组织特征.....	113
7.3.3	常用的轴承合金.....	114
7.4	粉末冶金材料.....	116
7.4.1	粉末冶金工艺简介.....	116
7.4.2	常用粉末冶金材料.....	116
7.5	习题.....	119
第8章	非金属材料及复合材料.....	120
8.1	高分子化合物的基本知识.....	120
8.1.1	基本概念.....	120
8.1.2	高分子材料的分类和命名.....	120
8.2	高分子材料.....	121
8.2.1	工程塑料.....	121
8.2.2	橡胶.....	122
8.3	陶瓷材料.....	124
8.3.1	工业陶瓷的性能.....	124
8.3.2	常用工业陶瓷.....	125

8.4 复合材料.....	125
8.4.1 复合材料的分类.....	126
8.4.2 复合材料的性能.....	126
8.4.3 复合材料及应用.....	127
8.5 习题.....	128
第二部分 加工工艺基础.....	129
第9章 铸造.....	129
9.1 合金的铸造性能.....	129
9.1.1 合金的铸造性能.....	129
9.1.2 常用铸造合金的性能.....	130
9.2 砂型铸造工艺.....	131
9.2.1 浇注位置的选择.....	131
9.2.2 分型面的确定.....	133
9.2.3 工艺参数的选择.....	135
9.2.4 浇注系统.....	138
9.3 铸件的结构工艺性.....	138
9.3.1 铸造工艺对铸件结构的要求.....	138
9.3.2 合金铸造性能对铸件结构的要求.....	141
9.4 特种铸造简介.....	143
9.4.1 金属型铸造.....	143
9.4.2 压力铸造.....	144
9.4.3 离心铸造.....	144
9.4.4 熔模铸造.....	145
9.5 各种铸造方法的比较.....	146
9.6 习题.....	147
第10章 锻压生产.....	149
10.1 金属压力加工基本原理.....	149
10.1.1 金属的塑性变形.....	149
10.1.2 冷变形强化(加工硬化).....	151
10.1.3 恢复与再结晶.....	151
10.1.4 热变形对金属组织和性能的影响.....	152
10.1.5 金属的可锻性.....	154
10.2 自由锻.....	155
10.2.1 自由锻的基本工序.....	155
10.2.2 自由锻工艺规程的制定.....	159
10.2.3 自由锻锻件的结构工艺性.....	165
10.3 模锻.....	166
10.3.1 锤上模锻.....	166

10.3.2	胎膜锻.....	172
10.4	板料冲压.....	174
10.4.1	板料冲压的特点和应用.....	174
10.4.2	板料冲压的基本工序.....	174
10.4.3	冲模.....	177
10.4.4	板料冲压件的结构工艺性.....	179
10.5	其他锻压方法.....	180
10.5.1	挤压.....	180
10.5.2	轧制.....	182
10.5.3	拉拔.....	183
10.5.4	精密模锻.....	183
10.6	锻压新工艺简介.....	184
10.6.1	高能高速成形.....	184
10.6.2	液态成形.....	186
10.7	习题.....	186
第 11 章	焊接.....	189
11.1	概述.....	189
11.2	熔焊冶金原理.....	190
11.2.1	熔焊冶金过程.....	190
11.2.2	焊接接头的组织和性能.....	191
11.3	常用焊接方法.....	193
11.3.1	焊条电弧焊.....	193
11.3.2	埋弧自动焊.....	196
11.3.3	气体保护电弧焊.....	198
11.3.4	电渣焊.....	199
11.3.5	电阻焊.....	200
11.3.6	钎焊.....	201
11.4	焊接应力与变形.....	201
11.5	常用金属材料的焊接.....	204
11.5.1	金属材料的焊接性.....	204
11.5.2	非合金钢与低合金高强度结构钢的焊接.....	205
11.5.3	不锈钢、耐蚀钢的焊接.....	206
11.5.4	铸铁的补焊.....	206
11.5.5	非铁金属及合金的焊接.....	206
11.6	焊接结构设计.....	207
11.6.1	焊接结构材料的选择.....	207
11.6.2	焊缝的布置.....	208
11.6.3	焊接接头设计.....	211
11.7	焊接新技术简介.....	213
11.7.1	等离子弧焊.....	213

11.7.2	电子束焊.....	214
11.7.3	激光焊.....	215
11.7.4	摩擦焊.....	216
11.8	习题.....	216
第 12 章	金属切削加工的基本知识.....	218
12.1	切削运动与切削要素.....	218
12.1.1	零件表面的形成.....	218
12.1.2	切削运动.....	219
12.1.3	切削要素.....	219
12.2	金属切削刀具.....	221
12.2.1	刀具的材料.....	221
12.2.2	刀具角度.....	223
12.3	金属切削过程及其物理现象.....	225
12.3.1	切屑的形成及种类.....	225
12.3.2	积屑瘤.....	227
12.3.3	切削力与切削功率.....	228
12.3.4	切削热和切削温度.....	231
12.3.5	切削液.....	231
12.3.6	刀具的磨损与刀具耐用度.....	232
12.4	生产率和切削加工性的概念.....	235
12.4.1	生产率.....	235
12.4.2	材料的切削加工性能.....	235
12.5	金属切削机床.....	236
12.5.1	机床的分类.....	236
12.5.2	机床型号的编制方法.....	237
12.6	习题.....	238
第 13 章	车削加工.....	240
13.1	车削加工概述.....	240
13.2	卧式车床.....	241
13.2.1	卧式车床的组成.....	241
13.2.2	卧式车床运动分析.....	242
13.3	工件在车床上的装夹.....	245
13.3.1	卡盘.....	246
13.3.2	顶尖.....	247
13.3.3	心轴.....	247
13.3.4	中心架和跟刀架.....	247
13.4	车刀的结构形式.....	249
13.5	车削加工.....	250
13.5.1	车外圆.....	250

13.5.2	车端面.....	250
13.5.3	车床上孔的加工.....	251
13.5.4	车断.....	252
13.5.5	车圆锥面.....	252
13.5.6	车成形面.....	253
13.6	其他车床.....	254
13.6.1	转塔、回轮车床.....	254
13.6.2	立式车床.....	255
13.6	习题.....	256
第 14 章	钻削与镗削加工.....	257
14.1	钻削加工.....	257
14.1.1	钻床.....	257
14.1.2	钻孔.....	258
14.1.3	扩孔.....	259
14.1.4	铰孔.....	260
14.2	镗削加工.....	261
14.2.1	镗床.....	261
14.2.2	镗孔.....	263
14.3	习题.....	263
第 15 章	刨削、插削和拉削加工.....	265
15.1	刨削与插削加工.....	265
15.1.1	刨削加工.....	265
15.1.2	插削加工.....	268
15.2	拉削加工.....	268
15.2.1	拉床.....	269
15.2.2	拉削加工.....	269
15.3	习题.....	271
第 16 章	铣削加工.....	273
16.1	铣床.....	273
16.1.1	铣床的主要工作和运动.....	273
16.1.2	铣床的种类.....	274
16.1.3	铣床附件.....	277
16.2	铣削加工.....	279
16.2.1	铣刀.....	279
16.2.2	铣削过程.....	282
16.2.3	铣削方式.....	284
16.2.4	铣床典型工作.....	287
16.2.5	铣削加工特点.....	290
16.3	习题.....	290

第 17 章 磨削加工.....	292
17.1 磨床砂轮.....	292
17.1.1 磨床.....	292
17.1.2 砂轮.....	293
17.2 磨削加工.....	296
17.2.1 外圆磨削.....	297
17.2.2 内圆磨削.....	298
17.2.3 平面磨削.....	298
17.3 光整加工简介.....	299
17.3.1 研磨.....	299
17.3.2 珩磨.....	300
17.3.3 超精加工.....	301
17.3.4 抛光.....	302
17.4 习题.....	302
第 18 章 齿形加工与螺纹加工.....	303
18.1 圆柱齿轮精度简介.....	303
18.1.1 齿轮传动的精度要求.....	303
18.1.2 齿轮的精度等级.....	304
18.1.3 齿轮坯精度.....	304
18.1.4 齿侧间隙.....	305
18.1.5 齿轮精度的标注.....	305
18.2 圆柱齿轮齿形的成形法加工.....	306
18.2.1 铣齿.....	306
18.2.2 齿形铣刀.....	307
18.2.3 铣齿的工艺特点及应用.....	307
18.2.4 拉齿.....	308
18.3 圆柱齿轮齿形的展成法加工.....	308
18.3.1 插齿.....	308
18.3.2 滚齿.....	311
18.4 螺纹加工.....	314
18.4.1 车螺纹.....	314
18.4.2 铣螺纹.....	316
18.4.3 攻螺纹与套螺纹.....	317
18.4.4 磨螺纹.....	318
18.4.5 滚轧螺纹.....	319
18.5 习题.....	320
第 19 章 机械加工工艺过程基础知识.....	322
19.1 基本概念.....	322
19.1.1 生产过程和工艺过程.....	322

19.1.2 生产纲领与生产类型.....	323
19.2 机械加工工艺规程的制定.....	324
19.2.1 机械加工工艺规程.....	324
19.3 零件结构工艺性.....	327
19.4 工件的定位、装夹与基准.....	329
19.4.1 工件的定位.....	329
19.4.2 工件的装夹.....	331
19.4.3 基准.....	332
19.5 表面加工方法的选择.....	333
19.5.1 常见表面的加工方法.....	333
19.5.2 典型表面的加工路线.....	335
19.6 习题.....	338
第 20 章 特种加工简介.....	339
20.1 电火花加工.....	339
20.1.1 电火花加工原理.....	339
20.1.2 电火花加工特点和应用.....	340
20.1.3 电火花线切割.....	340
20.2 电解加工.....	341
20.2.1 电解加工原理.....	341
20.2.2 电解加工特点和应用.....	341
20.2.3 电解磨削.....	341
20.3 超声波加工.....	342
20.3.1 超声波加工原理.....	342
20.3.2 超深波加工特点与应用.....	342
20.4 激光加工.....	343
20.4.1 激光加工的基本原理.....	343
20.4.2 激光加工的特点及应用.....	343
20.5 习题.....	344
参考文献.....	345

绪 论

生产过程是将原材料转变为成品或半成品的过程。它包含了材料、毛坯、零件、产品装配等一系列制造过程。在机械制造过程中,直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等过程称为工艺过程,如铸造、锻压、焊接、切削加工、热处理等。机械零、部件常规的生产过程为:设计→选材→毛坯生产→热处理→切削加工→最终热处理→装配→检验→(合格)包装→入库。

金属工艺学是关于从材料到机器制造工艺的全过程,是研究各种材料的力学性能和工艺性能、加工方法的特点及应用、加工工艺过程和结构工艺性。它清楚地表达了加工制造过程中各个生产环节之间的相互关系,简明地概括了机械制造过程的整个面貌,为工科类专业提供了必要的基础知识,是高等职业学校工科类专业必修的一门综合性技术基础课。

金属工艺学是在社会实践中发展起来的,我国在金属材料及加工制造方面有过辉煌历史,尤其是改革开放以来,我国的加工制造业得到迅速发展。金属材料、复合材料、非金属材料,在机械制造工程中发挥越来越重要的作用,机械制造业为航空航天、石油化工、汽车制造、机车船舶、电子电力、轻纺食品、农牧机械等各行各业提供高科技含量的技术装备。机械制造的新材料、新工艺、新技术不断涌现,传统的机械制造工艺过程发生变化:一方面以提高加工效率、加工精度为特点向纵深方向发展,如特种加工、新型表面技术、微型机械、快速激光造型技术、超高速切削和磨削等;另一方面以机械制造与设计一体化、机械制造与管理一体化向综合方向发展,如计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能制造技术(IMI)、工业工程(IE)等。

金属工艺学是一门实践性很强的技术基础课。通过本课的学习,使学生获得工程材料、热加工(铸造生产、锻压生产、焊接生产)工艺基础、金属切削加工工艺的基本知识,初步具有合理选择材料、选择毛坯和机械零件的生产方法,培养工艺实践能力,为学习其他有关课程和将来从事生产技术工作、企业管理工作打下必要的基础。

通过本课的学习,使学生达到下列基本要求:

- (1) 掌握工程材料和热处理基本知识,具有合理选择常用机械工程材料和热处理方法的能力;
- (2) 掌握热加工工艺的基本知识,具有选用毛坯及成形方法的能力;
- (3) 掌握金属切削加工原理及加工工艺的基本知识,具有选用零件切削加工方法、了解零件结构工艺性的初步能力;
- (4) 了解有关的新材料、新工艺、新技术及其发展概况。

为保证教学顺利进行,在学习本教材之前必须进行金工教学实习。通过教学实习,使学生获得加工制造(如铸造、锻压、焊接、热处理和金属切削加工)的感性知识,熟悉金属材料的主要加工方法和加工工艺、所用设备及工具的使用,掌握一定的操作技能,了解零件和毛坯的加工工艺过程。

第一部分 机械金属材料

第 1 章 金属材料的力学性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能，它包括力学性能、物理性能、化学性能等；工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能，如铸造性能、焊接性能、锻压性能、热处理性能和切削加工性能等。通常机械零件的设计和选材是以力学性能的指标作为主要依据。力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的抵抗性能，主要有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

1.1 强度和塑性

1.1.1 强度

金属材料的强度、塑性一般可通过拉伸试验测定。标准拉伸试样分为圆柱形和板状两类。圆柱形拉伸试样如图 1-1。试样分为长试样 ($l_0=10d_0$) 和短试样 ($l_0=5d_0$) 两种，其中 d_0 为试样直径， l_0 为试样标距长度。

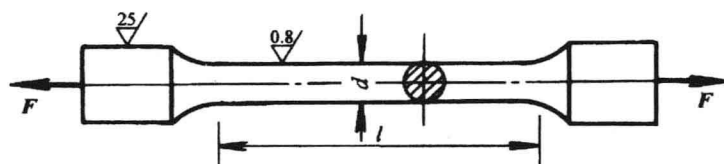


图 1-1 拉伸试样

试验时，将标准试样安装在拉伸试验机上，缓慢加载，随着载荷的不断增大，试样的伸长量也逐渐增大，直至试样拉断为止。以试样所受载荷 F 为纵坐标，伸长量 Δl 为横坐标，绘制出载荷-伸长量的关系曲线图，即拉伸曲线。

图 1-2 为退火低碳钢的拉伸曲线。由图可见，当载荷由零增大到 F_e 时，试样的伸长量与载荷成比例增加，此时卸除载荷，试样能完全恢复到原来的形状和尺寸，即试样处于弹性变形阶段 (oe 段)。当载荷超过 F_e 时，试样除产生弹性变形外，还开始出现塑性变形，即卸除载荷后，试样不能完全恢复到原来的形状和尺寸，即弹塑性变形阶段 (es 段)。当载荷增加到 F_s 后，在曲线上开始出现水平（或锯齿形）线段，即表示载荷不增加，试样却继续伸长，这种现象称为屈服。载荷超过 F_s 后，试样的伸长量又随载荷的增加而增大，此

时试样已产生大量的塑性变形,称为均匀塑性变形阶段(sb 段)。当载荷增加到最大值 F_b 时,试样开始产生局部截面变小,出现了“缩颈”现象,此时逐渐减小载荷,到达 K 点时试样被拉断。

由于拉伸曲线的形状受到该材料试样几何尺寸的影响,所以它并不能真实代表这种材料在受到载荷作用下的性能,为消除试样几何尺寸的影响,我们用应力-应变曲线图来具体表现材料在载荷作用下的性能。

应变是单位长度的变形量(即相对变形量),用 ε 表示,计算公式为:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l}$$

这样就可得到与拉伸曲线非常近似的应力-应变曲线如图1-3。

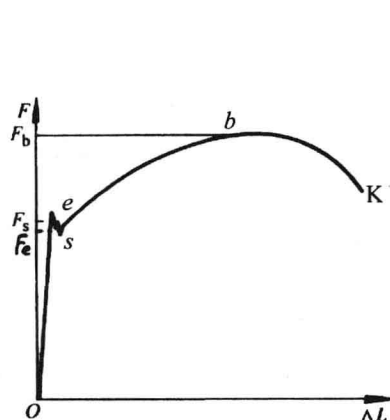


图 1-2 退火低碳钢的拉伸曲线

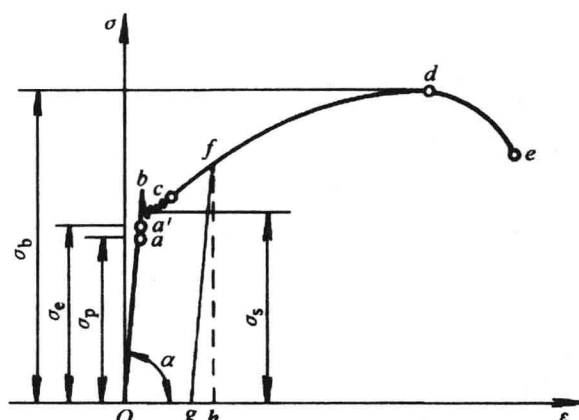


图 1-3 应力-应变曲线图

金属材料的强度是用应力来度量的。材料受到载荷作用后其内部即产生一个与载荷相平衡的抵抗力(即内力),单位横截面上的内力称为应力,用 σ 表示,计算公式为:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

常用的强度指标有弹性极限、屈服点和抗拉强度。

1. 弹性极限

材料产生完全弹性变形时所能承受的最大应力值,用符号 σ_e 表示。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0}$$

式中: F_e ——试样产生完全弹性变形时的最大载荷(N);

A_0 ——试样原始横截面面积(mm^2)。

2. 屈服点

材料产生屈服现象时的最小应力值,用符号 σ_s 表示。

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