



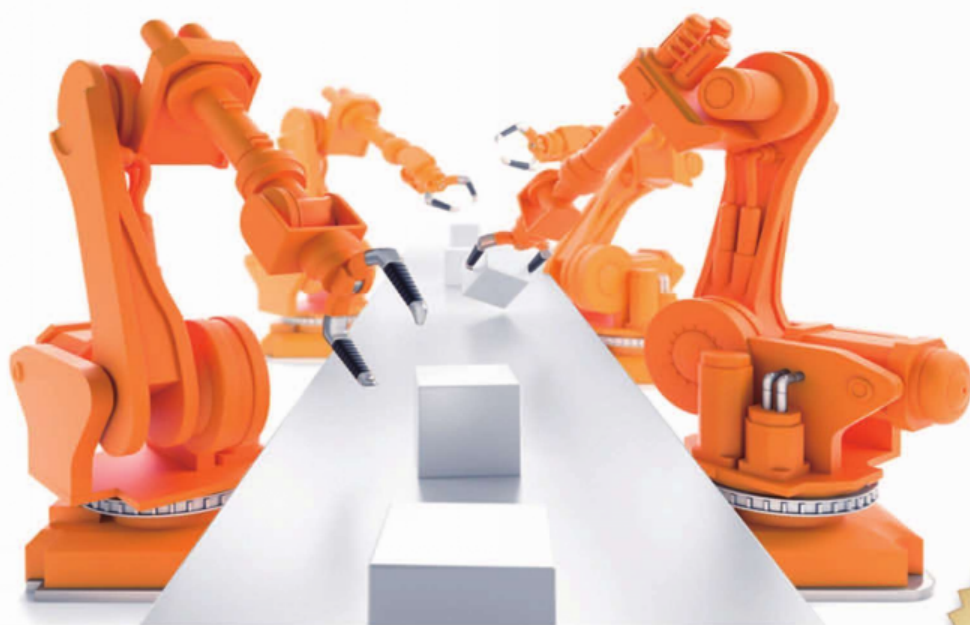
高职高专“十二五”规划教材——机电专业系列

机械制造基础

主 编·周正元

副主编·赖华清

主 审·刘进球



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

配套课件
习题答案等
教学资源

免费提供



高职高专“十二五”规划教材——机电专业系列

机械制造基础

主 编 周正元

副主编 赖华清

主 审 刘进球



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内容简介

本书是为适应我国迅速发展的高等职业教育的改革而编写的应用型示范教材。

全书共分为 10 章,内容主要包括:机械制造常用的金属材料的种类、性能、典型用途及热处理、表面处理方法;零件毛坯的成形方法;机械零件的尺寸、形位误差和表面粗糙度的检测;金属切削原理及金属切削条件的合理选择;常用金属切削机床的运动分析、工件安装、切削刀具及典型加工工艺范围;工件在夹具中的定位、夹紧及典型机床夹具;机械加工工艺规程制定的步骤与方法;典型机械零件的加工与工艺编制;装配的工艺过程及常用机构的装配;先进制造技术及先进生产制造模式等。

本书具有注重生产实际应用、综合性强的特点,可供高职高专机电类及相关专业使用,也可供社会职业教育培训使用,还可作为其他相关专业师生的教学参考书。

本书有配套的教学多媒体课件、试题库及相应的教学录像,便于不同类型的学校或不同专业选用和组织教学。凡选用本书作为教材的学校均可加 QQ(771794621)索取。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 周正元主编. — 南京:东南大学

出版社,2016.1

ISBN 978—7—5641—6144—6

I. ①机… II. ①周… III. ①机械制造—高等职业教
育—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 266155 号

机械制造基础

出版发行 东南大学出版社

社 址 南京市四牌楼 2 号

网 址 <http://www.seupress.com>

出 版 人 江建中

责任编辑 姜晓乐(joy_supe@126.com)

经 销 全国各地新华书店

印 刷

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 26.25

字 数 655 千

版 印 次 2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978—7—5641—6144—6

定 价 59.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025—83791830

前 言

市场经济的迅猛发展,对我国的高等职业技术教育提出了更高的要求。如何在两到三年时间内培养出适应生产、技术、管理、服务一线急需的高技能应用型人才成为当务之急。由于职业教育的特点,理论教学时数的压缩成为必然。但如何在有限的学时内使学生掌握机械制造过程中必备的基本理论知识和基本技能,为后续学习以及走上工作岗位后的持续发展打下坚实的基础,是许多从事高等职业教育工作者正在探讨的问题。

为了适应我院国家级示范性高等职业院校建设及教学改革不断深入的需要,根据机械类专业或以机械为主的机电工程类专业培养目标的要求,本编写组对机械基础类课程及相关教学环节进行了积极的改革探索,将机电类专业基础课程教材整合为《机械制图与计算机绘图》《机械设计基础》及《机械制造基础》三本书。本书在高职机电类专业教学改革实践基础上,对传统的机械制造工艺、工程材料、公差与测量技术、机床夹具等多门课程进行整合,结合多年的教学和工程实践经验编写而成。本教材具有如下特点:

(1) 宽而精练。根据国家教材规划中对职业教育的少学时、宽内容的要求,全书参考学时为 84~92 学时。在内容安排上,既注重全面,尽量涉及机械制造所需各方面知识,又在具体知识点选取上以“必需”与“够用”为度精练、重组,满足不同专业需求。

(2) 注重应用。以工程应用与实践的实际需求为导向,删除了一些理论性较强的计算与公式推导,列举了较多的工程实例,由浅入深,由简到繁,贴近实际应用;列举了较多的与机械制造有关的图表、标准以及应用图例,以便查找使用。

(3) 服务教学。每章开头都制定了本章教学目标,末尾都对章节中的重要知识点进行小结,便于复习,每章都对应相关知识点编写了相应贴近工程实践的习题和实训与实验项目。

(4) 同步更新。一方面在形式上对国家标准有更新的新材料牌号、新形位公差标注方式、新的表面粗糙度标注方式都采用新国标,另一方面在内容上对相关制造技术有进步和提高的,也进行同步更新,基本体现出现代机械制造技术的总体水平。

(5) 表面处理。表面处理技术是机械零件制造过程中必不可少的一道工序,而几乎所有机械设计与制造教材都不涉及这部分内容。本书在介绍表面热处理技术的基础上,又将表面涂镀技术和表面转化膜技术概括介绍,弥补了该类技术的不足。

参加本书编写工作的有:常州信息职业技术学院周正元(编写绪论、第1章、第5章、第7章、第9章、第10章);赖华清(编写第2章);储岩(编写第6章);苏沛群(编写第8章);杨桂府(编写第3章);王磊(编写第4章)。全书由周正元担任主编并统稿,赖华清担任副主编,刘进球担任主审。本教材在编写过程中得到了常州信息职业技术学院领导、相关教师及一些企业单位的工程技术人员的大力支持和帮助,在此一并表示由衷的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,尽管已经为本书的编写做出了巨大的努力,但仍难免有不妥乃至错误之处,欢迎同行专家和读者批评指正。

编者

2015年8月

目 录

绪论	1
第 1 章 机械工程材料与热处理	3
1.1 金属材料的力学性能	3
1.1.1 强度和塑性	3
1.1.2 硬度	6
1.1.3 韧性	8
1.1.4 疲劳强度	8
1.2 铁碳合金的基本成分、组织、性能之间的关系	9
1.2.1 铁碳合金的基本组织	9
1.2.2 铁碳合金平衡图	12
1.2.3 钢的成分、组织、性能之间的关系	15
1.3 钢的热处理	16
1.3.1 钢在加热及冷却时的组织转变	16
1.3.2 钢的退火、正火、淬火、回火	20
1.3.3 钢的表面处理方法	25
1.4 碳素钢	27
1.4.1 碳素钢的分类	27
1.4.2 碳素钢的牌号、性能和用途	28
1.5 合金钢	31
1.5.1 合金元素在钢中的作用	31
1.5.2 合金钢的分类、牌号表示方法	32
1.5.3 合金钢的性能和用途	32
1.6 铸铁	38
1.6.1 铸铁的石墨化	38
1.6.2 灰铸铁	39
1.6.3 可锻铸铁	40
1.6.4 球墨铸铁	42

1.7 有色金属	43
1.7.1 铝及铝合金	43
1.7.2 铜及铜合金	45
1.8 硬质合金和超硬刀具材料	48
1.8.1 硬质合金材料及性能	48
1.8.2 超硬刀具材料及性能	50
1.8.3 陶瓷材料及性能	50
1.9 金属表面处理技术及应用	52
1.9.1 金属表面预处理	53
1.9.2 金属表面涂镀层技术	54
1.9.3 金属表面转化膜技术	56
本章小结	57
习题一	58
实验与实训	60
第2章 零件毛坯的成形方法	61
2.1 铸造	61
2.1.1 砂型铸造	61
2.1.2 常用铸造金属及其铸造性能	66
2.1.3 铸造工艺设计基础	67
2.1.4 铸件结构工艺性	69
2.1.5 特种铸造	73
2.2 锻压加工	76
2.2.1 金属的塑性变形	76
2.2.2 锻造	79
2.2.3 冲压	83
2.3 焊接	86
2.3.1 常用的焊接方法	86
2.3.2 常用金属的焊接性能	90
2.3.3 焊件变形和焊件结构的工艺性	91
本章小结	94
习题二	95
实验与实训	95
第3章 机械零件的检测	96
3.1 测量技术基础知识	96

3.1.1 计量的概念	96
3.1.2 测量与检验	96
3.1.3 长度基准和量值传递	97
3.1.4 量块	98
3.2 测量误差	99
3.2.1 测量误差的来源	99
3.2.2 测量误差的分类	100
3.2.3 测量不确定度	100
3.3 孔、轴尺寸公差检测	100
3.3.1 普通计量器具测量孔、轴尺寸	101
3.3.2 光滑极限量规检验孔、轴尺寸	104
3.4 形状和位置误差的检测	107
3.4.1 形状和位置误差的检测原则与评定	107
3.4.2 形位和位置误差的检测	111
3.5 表面粗糙度的检测	120
3.5.1 表面粗糙度的评定参数	120
3.5.2 表面粗糙度的检测	121
本章小结	123
习题三	124
实验与实训	124
第4章 金属切削条件的合理选择	125
4.1 金属切削的基本定义	125
4.1.1 切削运动	125
4.1.2 切削过程中的工件表面	126
4.1.3 切削用量	126
4.1.4 刀具的几何参数	127
4.1.5 切削层参数	132
4.2 金属切削过程中的物理现象	133
4.2.1 切削层的变形	133
4.2.2 切削力	137
4.2.3 切削热与切削温度	140
4.3 刀具的磨损与刀具的耐用度	142
4.3.1 刀具磨损的形式	142
4.3.2 刀具磨损的原因	143

4.3.3 刀具磨损过程及磨钝标准	144
4.3.4 刀具耐用度、寿命及影响因素	145
4.4 工件材料的切削加工性	146
4.4.1 材料切削加工性的评定	146
4.4.2 影响材料切削加工性的主要因素	147
4.4.3 常用金属材料的切削加工性	148
4.4.4 改善金属材料切削加工性的途径	149
4.5 金属切削条件的合理选择	149
4.5.1 刀具材料的选择	149
4.5.2 刀具几何参数的选择	150
4.5.3 刀具耐用度的选择	156
4.5.4 切削用量的选择	156
4.5.5 切削液的选择	159
本章小结	160
习题四	160
实验与实训	161
第5章 金属切削机床与加工	162
5.1 金属切削机床的分类与编号	162
5.1.1 金属切削机床的分类	162
5.1.2 机床型号的编制方法	163
5.2 车削加工	165
5.2.1 车削加工概述	165
5.2.2 车床	166
5.2.3 工件在车床上的安装	170
5.2.4 车刀种类	174
5.2.5 车削加工	175
5.3 铣削加工	181
5.3.1 铣削加工概述	182
5.3.2 铣床	183
5.3.3 工件在铣床上的安装	186
5.3.4 铣刀与铣削方式	189
5.3.5 铣削加工	191
5.3.6 铣削用量的选择	194
5.4 磨削加工	195

5.4.1 磨削加工概述	195
5.4.2 砂轮	196
5.4.3 外圆磨削	199
5.4.4 内圆磨削	203
5.4.5 平面磨削	205
5.4.6 无心磨削	207
5.5 齿轮加工	208
5.5.1 成形法	208
5.5.2 展成法	209
5.6 钻削与镗削	212
5.6.1 钻削加工	212
5.6.2 镗削加工	216
5.7 刨削与拉削	218
5.7.1 刨削加工	218
5.7.2 拉削加工	221
5.8 机械加工质量	222
5.8.1 加工精度与表面质量的概念	222
5.8.2 影响机械加工精度的因素	224
5.8.3 影响机械加工表面质量的因素	229
5.8.4 提高机械加工质量的途径与方法	231
本章小结	235
习题五	235
实验与实训	236
第6章 机床夹具	237
6.1 概述	237
6.1.1 机床夹具在机械加工中的作用	237
6.1.2 机床夹具的分类	237
6.1.3 机床夹具的组成	238
6.2 工件在夹具中的定位	239
6.2.1 工件定位的基本原理	239
6.2.2 常见的定位方式及其所用定位元件	244
6.3 工件在夹具中的夹紧	252
6.3.1 夹紧装置的组成及要求	252
6.3.2 夹紧力的确定	253

6.3.3 典型夹紧机构及其特点	256
6.4 各类机床夹具简介	261
6.4.1 车床常用夹具	261
6.4.2 铣床常用夹具	262
6.4.3 钻床常用夹具	264
6.4.4 镗床常用夹具	266
本章小结	268
习题六	268
实验与实训	270
第7章 机械加工工艺规程的制定	271
7.1 概述	271
7.1.1 生产过程与机械加工工艺过程	271
7.1.2 机械加工工艺规程及其制定原则和步骤	272
7.1.3 机械加工工艺过程的组成	275
7.1.4 生产类型及其工艺特征	277
7.2 零件工艺性分析与毛坯的选择	279
7.2.1 原始资料准备及产品工艺性分析	279
7.2.2 零件工艺性分析	279
7.2.3 毛坯的选择	282
7.3 基准的选择与机械加工工艺路线的拟定	284
7.3.1 定位基准的选择	285
7.3.2 表面加工方法的确定	289
7.3.3 加工阶段的划分	293
7.3.4 加工顺序的安排	294
7.4 工序设计	296
7.4.1 加工余量的确定	296
7.4.2 工序尺寸及其公差的确定	300
7.4.3 机床与工艺装备的选择	308
7.4.4 时间定额的确定与提高机械加工生产率的工艺措施	308
本章小结	312
习题七	312
实验与实训	315
第8章 典型零件加工与工艺编制	316
8.1 轴类零件加工	316

8.1.1	概述	316
8.1.2	轴类零件加工的工艺问题分析	317
8.1.3	阶梯轴加工工艺	323
8.1.4	轴类零件的检验	326
8.2	套筒类零件加工	328
8.2.1	概述	328
8.2.2	套筒类零件加工工艺问题分析及典型工艺	329
8.2.3	深孔加工	333
8.2.4	套筒类零件的检验	334
8.3	箱体类零件的加工	334
8.3.1	概述	334
8.3.2	箱体类零件加工的主要工艺问题	336
8.3.3	圆柱齿轮减速器箱体加工工艺	339
8.3.4	箱体类零件的检验	341
8.4	圆柱齿轮加工	342
8.4.1	概述	342
8.4.2	圆柱齿轮加工的主要工艺问题	344
8.4.3	典型圆柱齿轮的加工工艺	345
8.4.4	圆柱齿轮的检验	350
本章小结		350
习题八		351
实验与实训		351
第9章 装配工艺		352
9.1	概述	352
9.1.1	装配的工艺过程	352
9.1.2	常用装配工具	354
9.1.3	装配方法	357
9.2	常用机构装配	360
9.2.1	可拆卸连接件的装配	360
9.2.2	传动机构的装配	365
9.2.3	滚动轴承的装配	369
9.3	单级圆柱齿轮减速器的装配	372
9.3.1	减速器的结构及工作原理	372
9.3.2	减速器装配的主要技术要求	374

9.3.3 减速器的装配工艺过程	374
本章小结	378
习题九	378
实验与实训	379
第 10 章 先进制造技术与先进生产制造模式	380
10.1 快速原型制造技术	380
10.1.1 RPM 技术的产生与发展	380
10.1.2 RPM 技术原理	381
10.1.3 典型的 RPM 工艺方法	381
10.1.4 RPM 技术的应用	384
10.2 高速加工技术	385
10.2.1 高速加工的概念与特征	385
10.2.2 高速加工技术的发展	387
10.2.3 高速切削加工的关键技术	387
10.2.4 高速加工的应用	391
10.3 超精密加工技术	391
10.3.1 概述	391
10.3.2 超精密切削加工	392
10.3.3 超精密磨削加工	395
10.3.4 影响超精密加工的主要因素	397
10.4 先进制造生产模式	399
10.4.1 并行工程	399
10.4.2 精益生产	400
10.4.3 虚拟制造	402
10.4.4 敏捷制造	403
10.4.5 绿色制造	404
本章小结	406
习题十	406
实验与实训	407
参考文献	408

绪 论

1. 机械制造业及其在国民经济中的地位

机械制造是将制造资源(物料、能源、设备工具、资金、技术、信息和人力),通过制造过程,转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的过程。

社会生产的各行各业,如航空航天、电力电子、交通运输、轻纺食品、农牧机械乃至人们的日常生活中,都使用着各种各样的机器、机械、仪器和工具,它们的品种、数量和性能极大地影响着这些行业的生产能力、质量水平及经济效益等。这些机器、机械、仪器和工具统称为机械装备,它们的大部分构件都是一些具有一定形状和尺寸的金属零件。能够生产这些零件并将其装配成机械装备的工业,称之为机械制造业。显然,机械制造业的主要任务,就是向国民经济的各行各业提供先进的机械装备。因此,机械制造业是国民经济发展的重要基础和有力支柱,其规模和水平是反映国家经济实力和科学技术水平的重要标志。

2. 机械制造技术国内外状况

近年来,随着现代科学技术的发展,特别是微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展,机械制造业的各方面都已发生了深刻的变革。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、快速成形技术、高速加工技术、超精密加工技术等,加工精度达纳米级($0.001\ \mu\text{m}$),切削钢的速度超过 $3\ 000\ \text{m/min}$;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为特征,向综合方向发展,如 CAD/CAE/CAM 一体化技术、制造资源计划 MRP II、敏捷制造等。

我国的机械制造业经过 60 多年的发展,特别是 30 多年来的改革开放,我国已经建立了自己独立的、门类齐全的工业体系,机床、汽车、高速铁路、航天航空等技术难度较大的机械制造业得到快速发展,取得了举世瞩目的成就。中国制造的规模仅次于美国,居世界第二位,预计 2025 年迈入制造强国行列。但是,与发达国家相比,我国机械制造业从工艺到装备都存在阶段性差距,自主知识产权的制造技术也有待提高,制造业人均产值仅为发达国家的几十分之一,中国要从制造大国成为制造强国任重而道远。

3. 本课程的性质、主要研究内容、学习要求及学习方法

“机械制造基础”课程是机械类专业或近机类专业的一门主干技术基础课程,是学生学习其他专业课程的基础。

本课程涵盖了机械制造过程的大部分内容,主要有常用机械工程材料与热处理、零件毛坯的成形方法、机械零件的检测方法、金属切削原理及金属切削条件的合理选择、典型金属切削机床及切削加工、机床夹具基础知识及典型机床夹具、机械加工工艺规程的制定、典型零件的加工及工艺编制、装配的工艺过程及常用机构的装配、先进制造技术与先进生产制造模式等。其任务是使学生掌握机械制造过程中的常用材料、机械零件尺寸和形位误差测量及机械加工的基础知识,了解其基本工艺过程,为学习其他有关课程和从事生产技术工作打下必要的基础。

通过本课程的学习,使学生达到下列基本要求:

- (1) 掌握工程材料和热处理、表面处理的基本知识,具有合理选择常用机械工程材料和热处理、表面处理方法的能力;
- (2) 了解零件毛坯成形方法,具有选用毛坯及成形方法的能力;
- (3) 掌握机械零件的尺寸、形位公差、表面粗糙度的检测方法;
- (4) 掌握金属切削加工原理及加工工艺基本知识,具有选用零件切削加工方法、编制典型零件的机械加工工艺规程、解决机械加工过程中的常见问题的初步能力;
- (5) 了解相关的新材料、新工艺及先进制造技术和先进生产制造模式。

本课程的综合性和实践性很强,涉及的知识面也很广。因此,学生在学习本课程前,一般要进行车削、铣削、磨削加工及钳工等实践环节学习,获得加工制造的感性知识;在学习本课程相关章节时,除了重视其中必要的基本概念、基本理论外,还要通过实物模型、电化教学、现场教学、工厂参观及实训等方式,将理论知识与实际结合,注重实践知识的学习和积累。课程结束后,可通过课程设计环节,提高相关知识的综合应用能力。

第1章 机械工程材料与热处理

学习目标

1. 了解金属材料的力学性能,了解硬质合金和超硬刀具材料,了解零件表面处理方法;
2. 理解 Fe—Fe₃C 相图及铁碳合金的成分、组织、性能之间的关系;
3. 掌握典型钢铁材料、有色合金材料的牌号、性能、典型用途及其热处理方法。

本章简要介绍金属材料的力学性能,介绍硬质合金和超硬刀具材料,介绍 Fe—Fe₃C 相图及铁碳合金的成分、组织、性能之间的关系。主要介绍钢、合金钢、铸铁、有色金属的牌号、性能、用途及热处理方法。

材料是人类生产和生活所必需的物质基础。工程材料是指工程上使用的材料。按材料的化学成分、结合键的特点分类,可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。由于金属材料具有优良的性能,所以它是目前应用最广的工程材料。

机器的性能和寿命除了取决于机器的结构设计及其使用与维护程度外,还取决于其所用材料的基本性能是否与其使用要求和使用条件相适宜。因此,合理选用材料,正确选定热处理方法,对充分发挥材料的性能潜力、节约材料、降低成本、提高产品质量有着十分重要的意义。

1.1 金属材料的力学性能

金属材料在各种不同形式的载荷作用下所表现出来的特性叫做力学性能,也称机械性能。在机械制造领域选用材料时,大多以力学性能为主要依据。力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1.1.1 强度和塑性

若载荷的大小不变或变动很慢,则称为静载荷。金属材料的强度、塑性是在静载荷作用下测定的。

1) 强度

所谓强度,是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。由于所受载荷的形式不同,金属材料的强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗扭强度、抗剪强度等,各种强度之间有一定的联系。一般情况下多以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。拉伸试验的方法是用静拉伸力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长,直至断裂。根据测得的数据,即可求出有关的

力学性能。

(1) 拉伸试样。为了使金属材料的力学性能指标在测试时能排除因试样形状、尺寸的不同而造成的影响,并便于分析比较,试验时应将被测金属材料制成标准试样。图 1-1 所示为圆形标准拉伸试样。图中 d_0 是试样的直径, l_0 是标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)。

(2) 力—伸长曲线。拉伸试验中记录的拉伸力与伸长的关系曲线叫做力—伸长曲线,也称拉伸图。图 1-2 是低碳钢的力—伸长曲线。图中纵坐标表示力 F ,单位为 N;横坐标表示绝对伸长 Δl ,单位为 mm。

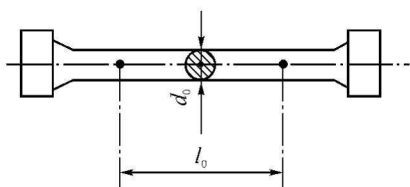


图 1-1 圆形标准拉伸试样

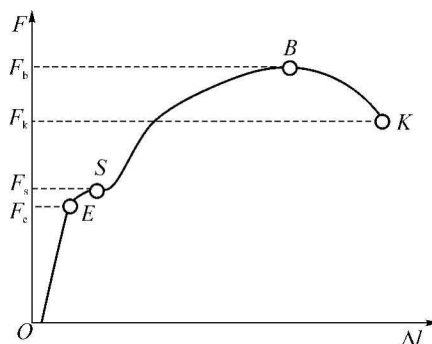


图 1-2 低碳钢的力—伸长曲线

由图可见,低碳钢在拉伸过程中,其载荷与变形关系有以下几个阶段:

①弹性变形阶段(OE):当载荷不超过 F_c 时,拉伸曲线 OE 为直线,即试样的伸长量与载荷成正比。如果卸除载荷,试样仍能恢复到原来的尺寸,即试样的变形完全消失。这种随载荷消失而消失的变形叫弹性变形。

②塑性变形阶段(ES):当载荷超过 F_c 后,试样将进一步伸长,此时若卸除载荷,变形却不能消失,即试样不能恢复到原来的尺寸,这种载荷消失后仍继续保留的变形叫塑性变形。当载荷达到 F_s 时,拉伸曲线出现了水平或锯齿形线段,这表明在载荷基本不变的情况下,试样却继续变形,这种现象称为“屈服”。引起试样屈服的载荷称为屈服载荷。

③均匀变形阶段(SB):当载荷超过 F_s 后,欲使材料继续变形,必须继续施力。随着塑性变形增大,材料形变抗力不成比例地逐渐增加,这种现象叫形变强化或加工硬化。此阶段试样的变形是均匀发生的。

④缩颈阶段(BK):当载荷继续增加到某一最大值 F_b 时,试样的局部截面缩小,产生所谓的“缩颈”现象。由于试样局部截面的逐渐缩小,故载荷也逐渐降低,当达到拉伸曲线上 K 点时,试样随即断裂。 F_k 为试样断裂时的载荷。

(3) 强度指标。强度指标是用应力值来表示的。根据力学原理,试样受到载荷作用时,则内部产生大小与载荷相等而方向相反的抗力(即内力)。单位截面积上的内力,称为应力,用符号 σ 表示。

从拉伸曲线分析得出,有三个载荷值比较重要:一个是弹性变形范围内的最大载荷 F_c ,第二个是最小屈服载荷 F_s ,另一个是最大载荷 F_b 。通过这三个载荷值,可以得出金属材料的三个主要强度指标。