



21世纪全国高职高专机电类规划教材

机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

主 编 余新旻
副主编 邹积德 黄 蕾



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

机械制造基础

主 编 余新昶

副主编 邹积德 黄 蕾

参 编 李洪山 胡传松 洪 伟

主 审 束 蓓



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是作者在从事多年高职教学实践的基础上编写而成的,为机电类专业基础教材,内容包括金属材料的力学性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、金属材料、铸造工艺基础、锻压成形、焊接、金属切削原理与刀具、金属切削机床、切削加工方法、机械制造工艺、机床夹具设计及先进制造技术等机械制造基础知识。

本书可作为高职高专、电大、职大、成人教育等院校有关专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/余新旻主编. —北京:北京大学出版社, 2008.2

(21 世纪全国高职高专机电类规划教材)

ISBN 978-7-301-13162-6

I. 机… II. 余… III. 机械制造—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 184073 号

书 名: 机械制造基础

著作责任者: 余新旻 主 编

责 任 编 辑: 郭 芳 刘晶平

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-13162-6/TH · 0079

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 62765126 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电 子 信 箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 24.5 印张 535 千字

2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 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

高职教育是一种面向就业的教育,培养的是技术人才。在教学中要求实践教学环节占到较大的比例,强调动手能力、对高技能的培养,理论知识以“必需与够用”为原则。根据我们近年来在高职教学中的探索,将目前机械类专业的主干课程用课程综合化的方法压缩,这样既可以满足高职教育机械类专业教学的需要,又可以减少课程数量,压缩理论教学,保证实践环节的教学时间。本书就是其中的机械制造基础部分。

本书在满足高等职业技术学校机械制造基础教学规定内容的前提下,精选内容,淡化理论论证与公式推导,在选择内容时非常注重理论联系实际;在书中还注重增加一些插图,对一些新技术作了介绍,扩大了学生的知识面,较好地体现了应用性特色。本书着重从高职学生的具体特点及未来就业角度的方面去考虑,有很强的针对性和实践性。本书的每章都由章节内容、本章小结、思考题和练习题这几个部分组成。通过本章小结,概括了每章的要点,综合了相关知识,有利于学生在教学过程中进一步加深理解本课程的知识;同时还有利于训练学生的基本技能和培养学生的设计能力、综合能力、创新能力。

在编写过程中编者结合多年的教学实践,并根据企业对应用型技术人才在机械制造技术方面的能力要求,几易其稿,历时一年终成此书。本书由合肥通用职业技术学院的余新旻担任主编,邹积德、黄蕾担任副主编,束蓓担任主审。具体编写分工是:黄蕾编写绪论、第2、7、12章;胡传松编写第1、8章;余新旻编写第3、9、13章;邹积德编写第4、5、6章、李洪山编写第10、11章;洪伟编写本书的习题。

本书在编写过程中,参阅了兄弟院校编写的相关教材,并得到相关教师的大力支持和多方帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中错误及不当之处在所难免,恳切希望广大读者给以批评指正。

编 者

2008年1月

目 录

绪论.....	1
第 1 章 金属材料基础知识.....	4
1.1 金属材料的性能.....	4
1.2 金属的晶体结构与结晶.....	11
1.2.1 金属的晶体结构.....	11
1.2.2 常见金属的晶体结构.....	12
1.2.3 金属的实际晶体结构.....	13
1.2.4 纯金属的结晶.....	16
1.2.5 合金的组织.....	18
1.2.6 二元合金相图.....	20
1.3 铁碳合金相图.....	22
1.3.1 纯铁的同素异构转变.....	23
1.3.2 铁碳合金的基本组织.....	24
1.3.3 铁碳合金相图.....	24
1.3.4 含碳量对铁碳合金组织和性能的影响.....	30
1.3.5 铁碳合金相图的应用.....	32
1.4 本章小结.....	33
习题.....	33
第 2 章 钢的热处理.....	34
2.1 钢在加热时的组织转变.....	35
2.2 钢在冷却时的组织转变.....	39
2.3 钢的退火与正火.....	43
2.3.1 钢的退火.....	43
2.3.2 钢的正火.....	45
2.4 钢的淬火与回火.....	46
2.4.1 钢的淬火.....	46
2.4.2 钢的回火.....	48
2.5 钢的表面热处理.....	50
2.5.1 钢的表面淬火.....	50

2.5.2 钢的化学热处理	52
2.6 热处理的工序位置安排	54
2.7 本章小结	56
习题	56
第3章 常用金属材料及选用	58
3.1 钢	58
3.1.1 常存元素对钢性能的影响	59
3.1.2 结构钢及合金结构钢	60
3.1.3 工具钢	67
3.1.4 特殊性能钢	70
3.2 铸 铁	72
3.2.1 灰铸铁	73
3.2.2 球墨铸铁	75
3.3 有色金属及合金	76
3.3.1 铝及铝合金	76
3.3.2 铜及铜合金	80
3.3.3 滑动轴承合金	82
3.4 本章小结	85
习题	85
第4章 铸造成形基础	86
4.1 合金的铸造性能	87
4.1.1 合金的流动性	87
4.1.2 合金的收缩性	88
4.1.3 合金的吸气和成分偏析	90
4.1.4 常用合金的铸造性能和选用	90
4.2 铸造成形方法	91
4.2.1 砂型铸造	92
4.2.2 特种铸造简介	96
4.3 铸造成形工艺设计	101
4.3.1 浇铸位置与分型面的选择	101
4.3.2 浇注系统	104
4.3.3 工艺参数的选择	104
4.3.4 铸造工艺图	106
4.4 铸件的结构工艺性	107
4.4.1 铸造工艺对结构的要求	108

4.4.2 铸造性能对铸件结构设计的要求.....	110
4.5 铸件的质量检验与缺陷分析.....	112
4.5.1 铸件的质量检验.....	112
4.5.2 铸件的缺陷分析.....	112
4.6 本章小结.....	114
习题.....	115
第5章 锻造成形基础.....	116
5.1 锻造成形工艺基础.....	116
5.1.1 金属塑性变形.....	116
5.1.2 塑性变形对金属组织和性能的影响.....	117
5.1.3 金属的冷变形和热变形.....	119
5.1.4 锻造流线与锻造比.....	119
5.1.5 金属的锻造性能.....	120
5.1.6 常用合金的锻造性能.....	121
5.2 锻造成形方法.....	121
5.2.1 自由锻.....	122
5.2.2 模锻与胎模锻.....	128
5.3 板料冲压.....	135
5.3.1 冲压设备.....	135
5.3.2 冲压的基本工序.....	137
5.3.3 冲模.....	139
5.4 其他锻压成形方法简介.....	141
5.4.1 精密模锻.....	141
5.4.2 挤压.....	141
5.4.3 轧制.....	142
5.5 本章小结.....	143
习题.....	144
第6章 焊接.....	145
6.1 概述.....	145
6.1.1 焊接方法的分类.....	145
6.1.2 焊接的特点.....	146
6.1.3 焊接的应用.....	146
6.2 手工电弧焊.....	146
6.2.1 概述.....	146
6.2.2 焊接电弧.....	149

6.2.3	焊接的冶金过程	150
6.2.4	焊接接头的组织和性能	151
6.2.5	焊接应力和变形	153
6.2.6	焊条	156
6.3	其他焊接方法	159
6.3.1	埋弧自动焊	159
6.3.2	气体保护电弧焊	161
6.3.3	电渣焊	162
6.3.4	电阻焊	163
6.3.5	钎焊	164
6.4	常用金属材料的焊接	165
6.4.1	金属材料的焊接性	165
6.4.2	碳素结构钢和低合金高强度结构钢的焊接	166
6.4.3	不锈钢的焊接	167
6.4.4	铸铁的补焊	167
6.4.5	非铁金属及合金的焊接	168
6.5	焊接结构设计	169
6.5.1	焊接结构材料的选择	169
6.5.2	焊接方法的选择	169
6.5.3	焊接接头设计	171
6.5.4	焊缝的布置	173
6.5.5	焊接结构工艺设计实例	177
6.6	焊接的缺陷分析	178
6.7	焊接质量检验	180
6.8	本章小结	181
	习题	182
第7章	毛坯的选择	183
7.1	毛坯的类型及成形方法	183
7.2	毛坯选择的一般原则	185
7.3	常用零件的毛坯选择	187
7.4	本章小结	188
	习题	189
第8章	金属切削加工的基本知识	190
8.1	切削运动与切削要素	190
8.1.1	零件表面的形成	190

8.1.2	切削运动	191
8.1.3	切削要素	192
8.2	金属切削刀具	194
8.2.1	刀具切削部分的几何角度	194
8.2.2	常用刀具材料	198
8.3	金属切削过程及其物理现象	202
8.3.1	切屑的形成及种类	202
8.3.2	积屑瘤	203
8.3.3	切削力	205
8.3.4	切削热和切削温度	206
8.3.5	刀具的磨损与刀具耐用度	207
8.4	工件材料的切削加工性	210
8.4.1	工件材料的切削加工性及其评定	210
8.4.2	影响材料切削加工性的主要因素	210
8.4.3	改善工件材料切削加工性的途径	211
8.5	金属切削条件的选择	211
8.5.1	刀具几何参数的选择	212
8.5.2	切削用量的选择	214
8.5.3	切削液的选择	215
8.6	本章小结	216
	习题	217
第9章	金属切削设备及加工方法	218
9.1	金属切削机床基础知识	218
9.1.1	金属切削机床的分类	218
9.1.2	金属切削机床型号的编制方法	219
9.2	车削加工	220
9.2.1	车削的特点及应用	221
9.2.2	车刀的种类与用途	222
9.2.3	车床的主要类型及组成	222
9.2.4	CA6140型卧式车床	223
9.2.5	其他类型车床简介	233
9.3	铣削加工	234
9.3.1	铣削加工的特点和应用	234
9.3.2	铣刀	236

9.3.3 铣床主要类型和组成	238
9.3.4 升降台式铣床	239
9.3.5 龙门铣床	240
9.4 磨削加工	241
9.4.1 磨削加工的范围及特点	241
9.4.2 万能外圆磨床	243
9.4.3 内圆磨床	244
9.4.4 平面磨床	246
9.5 齿轮的齿形加工	248
9.5.1 概述	248
9.5.2 滚齿机床	253
9.6 本章小结	261
习题	262
第10章 机床夹具基础	263
10.1 机床夹具的基本概念	263
10.2 工件的定位与定位误差	266
10.2.1 工件的定位原理	266
10.2.2 基准的选择	273
10.2.3 常用的定位方式及定位元件	277
10.2.4 定位误差	285
10.3 工件的夹紧	292
10.3.1 夹紧装置的组成和基本要求	292
10.3.2 夹紧力的确定	294
10.3.3 典型夹紧机构	296
10.4 本章小结	300
习题	301
第11章 机械加工工艺基础	303
11.1 基本概念	303
11.2 机械加工工艺规程	307
11.2.1 工艺规程的作用	307
11.2.2 工艺规程的内容	308
11.2.3 制定工艺规程的原始资料	311
11.2.4 制定规程的内容和步骤	311
11.3 加工余量、工序尺寸及公差、工艺尺寸链	319
11.3.1 加工余量	319

11.3.2	工序尺寸及公差	321
11.3.3	工艺尺寸链	321
11.4	机械加工精度及表面质量	326
11.4.1	机械加工精度	326
11.4.2	加工表面质量	327
11.4.3	零件的结构工艺性	329
11.5	本章小结	333
	习题	333
第 12 章	典型零件的加工工艺	335
12.1	轴类零件的加工工艺过程	335
12.2	套类件的加工	340
12.3	箱体类零件的加工	344
12.4	本章小结	351
	习题	351
第 13 章	先进制造技术	352
13.1	先进制造技术概述	352
13.1.1	先进制造技术的概念	352
13.1.2	先进制造技术的特点	353
13.1.3	先进制造技术的内涵和基本内容	354
13.2	计算机辅助和自动化技术	356
13.2.1	CAD 技术	356
13.2.2	CAPP 技术	358
13.2.3	CAM 技术	358
13.3	柔性制造系统	359
13.3.1	柔性制造系统概述	359
13.3.2	FMS 的基本构成	360
13.3.3	FMS 的组成与类型	362
13.3.4	FMS 的特点	364
13.3.5	FMS 的发展趋势	364
13.4	计算机集成制造系统	366
13.4.1	计算机集成制造的发展	366
13.4.2	CIM 的原理	367
13.5	其他先进制造技术简介	370
13.5.1	工业机器人	370
13.5.2	虚拟制造技术	374

13.5.3 敏捷制造.....	375
13.6 本章小结.....	377
习题.....	377
参考文献.....	379

绪 论

1. 机械制造基础的发展简述

机械制造是在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的学科。几千年来,我国人民在机械制造发展的历史上写下了许多光辉篇章。

早在商代,我国就有了冶炼铸造青铜的技术,被称为青铜器时代(公元前 1562—1066 年)。在河南安阳出土了一个现存最大的商代青铜大鼎,长方形,四足,高 133 cm,长 110 cm,宽 78 cm,重 875 kg。鼎腹内有铭文,是商王为祭祀其母后而制,在大鼎的四周,有蟠龙等组成的精致花纹,现藏于中国历史博物馆。铸造这样大型的青铜器物,需要有很大的铸造场所,要求各个工种协同操作、密切配合,这充分反映出我国古代青铜冶炼和铸造成形的高超技艺。

战国时期(公元前 475—221 年),中国发明了“自然钢”的冶炼方法,有了更高的制剑技术,制剑长度达 1 m 以上,说明那时已有了冶铸、锻造、锻焊和热处理等技术。中国古代对钢铁的主要成形方法是锻,最重要的热处理方法是淬,就是将已锻好的钢铁用高温烧红,放到水里一浸,使质地坚硬。

中国铁器生产在西汉时期(公元前 206 至公元 8 年)达到全盛时代。那时,农具及日用品多已用铁制造。到了公元 7 世纪的唐朝,有了锡焊和银焊。到公元 8 世纪,有了手工操作车床。在明朝有了很多简单的切削加工设备,如铣、刨、钻、磨削等。清初(1688 年)曾用马作动力,使用直径近两丈的嵌片铣刀,铣削天文仪的大铜环。

上述事实生动地说明了中华民族在材料及其加工方面对世界文明和人类进步作出的卓越贡献。但是到了 18 世纪以后,由于封建统治者长期采取闭关自守的政策,因此严重地束缚了我国生产力的发展,使我国科学技术处于停滞落后状态。

自中华人民共和国成立以来,我国的机械制造有了飞跃式进步,仅就机械制造而言,建立了飞机、汽车、轮船等生产基地。机械制造的近代史,从普通机床迅猛发展为自动化机床自动生产线、数控机床、机械加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统等。今天的光辉成就,使人赞叹不已。但是也要看到差距,中国人民要有志气,要坚定信心,奋起直追,为赶超世界机械制造业的先进水平而奋发努力。

进入 21 世纪,现代科学技术飞跃发展。材料技术、能源技术、信息技术成为现代人类文明的三大支柱。现在,世界上已有传统材料数十万种,并且新材料的品种正在以每年大约 5% 的速度增长。多种多样的金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料

给社会生产和人们生活带来了巨大的变化。在工程材料的研究和应用方面,传统钢铁材料不断扩大品种规模,提高质量并降低成本,在冶炼、浇铸、加工和热处理等工艺上不断革新,出现了炉外精炼、连铸连轧、控制轧制等新工艺,微合金钢、低合金高强度钢、双相钢等新钢种不断涌现;在非铁金属及其合金方面,出现了高纯高韧铝合金、高温铝合金、高强高韧和高温钛合金,先进的镍基、铁基、铬基高温合金,难熔金属合金及稀贵金属合金等;快速凝固金属非晶和微晶材料、纳米金属材料、定向凝固柱晶和单晶合金等许多新型高性能金属材料和磁性材料,形状记忆合金等功能材料也层出不穷。

在机械制造方面,各种特种加工和特种处理工艺方法也日益繁多。传统的机械制造工艺过程正在发生变化,如铸造、压力加工、焊接、热处理、胶接、切削加工、表面处理等;生产环节采用高效专用设备和先进工艺,普遍实行工艺专业化和机械生产自动化;为适应产品更新换代周期短、品种规格多样化的需要,高效柔性加工系统获得迅速发展;计算机集成制造系统把计算机辅助设计系统(CAD)、计算机辅助制造系统(CAM)与生产管理信息系统(MIS)结合成一个有机整体,实现了机械制造过程的高度自动化,极大地提高了劳动生产率和社会经济效益,是21世纪制造业的发展方向。

2. 课程性质和主要内容

机械制造基础是一门有关机械零件制造方法及其用材的综合性技术基础课程,是机械类专业的一门重要的、综合性的专业基础课。它系统地介绍了机械工程材料的性能、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。

3. 课程的目的、任务和基本要求

学习本课程的目的和任务是:让学生了解常用工程材料的性能、材料成形技术和零件加工的基础知识,为学习其他有关课程和今后从事机械设计与制造方面的工作奠定必要的工艺基础。

学生在学完本课程后,应达到以下基本要求。

- (1) 掌握常用工程材料的种类、性能及其热处理方法,初步具有正确使用金属材料的能力。
- (2) 掌握主要毛坯成形方法的基本原理和工艺特点,具有选择毛坯及工艺分析的初步能力。
- (3) 了解机械制造生产过程、生产类型及其特点;掌握各种主要加工方法的实质、工艺特点、基本原理和设备的使用。

(4) 了解零件的加工工艺过程，并具有选择零件加工方法的能力，能制订简单的制造工艺规程。

(5) 了解有关的新工艺、新技术及其发展趋势。

第 1 章 金属材料基础知识

作为常用工程材料之一的金属材料，因其具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能，成为机器零件最常用的材料。正确认识各种金属材料的性能及其在加工过程中的变化，是合理选用材料、确定毛坯成形工艺方法、合理编制工艺过程、保证产品质量和提高企业技术经济效益的重要前提。

1.1 金属材料的性能

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性能，主要有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

1. 强度

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。按照载荷的作用方式不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。

金属材料的强度一般可通过拉伸试验测定。标准拉伸试样通常为圆柱形试样。圆柱形拉伸试样如图 1-1 所示，试样分为长试样（ $l/d=10$ ）和短试样（ $l/d=5$ ）两种，其中 d 为试样直径， l 为试样标距长度。

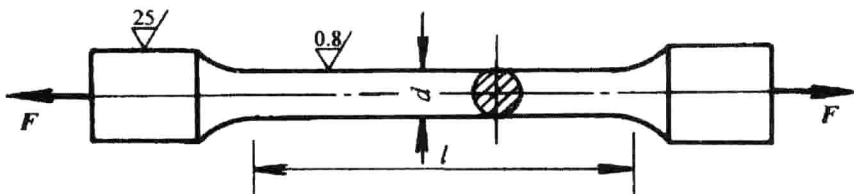


图 1-1 拉伸试样

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,绘制出载荷与伸长量的关系曲线,即拉伸曲线。

图 1-2 所示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,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。

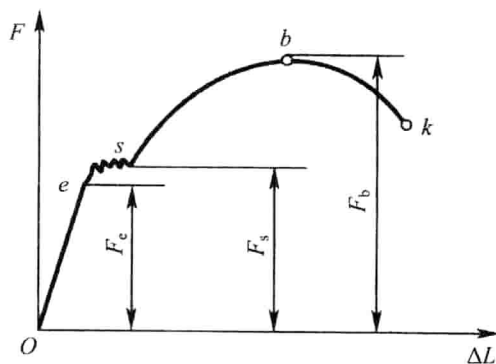


图 1-2 载荷-伸长量关系曲线

金属材料的强度是用应力来度量的。材料受到载荷作用时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:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

常用的强度指标有弹性极限、屈服强度和抗拉强度。

(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。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \quad (1-2)$$

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 。