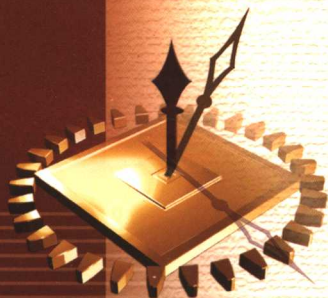




21世纪高等学校工程材料及
机械制造工艺基础系列教材

机械制造 工艺基础

● 主编 骆 莉 卢记军
主审 周世权



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

21 世纪高等学校工程材料及机械制造工艺基础系列教材

机械制造工艺基础

主 编 骆 莉 卢记军

副主编 张 国 忠 黄永俊

主 审 周世权

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺基础/骆 莉 卢记军 主编
武汉:华中科技大学出版社,2006年2月
ISBN 7-5609-3656-3

- I. 机…
II. ①骆… ②卢…
III. 机械制造工艺-高等学校-教材
IV. TH16

21世纪高等学校
工程材料及机械制造工艺基础系列教材
机械制造工艺基础

骆 莉 卢记军 主编

策划编辑:徐正达
责任编辑:万亚军
责任校对:刘 竣

封面设计:刘 卉
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心
印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787×960 1/16 印张:28 字数:499 000
版次:2006年2月第1版 印次:2006年2月第1次印刷 定价:36.00元
ISBN 7-5609-3656-3/TH·141

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是根据教育部高教司颁发的高等学校工科本科《工程材料及机械制造工艺基础教学基本要求》编写的。

本书共分十章,主要内容为工程材料的性能、材料的结构与凝固、材料的改性强化和表面处理技术、工程材料、金属的液态成形、金属的塑性成形、材料的连接成形、切削加工成形、非金属材料成形、材料及成形方法选用,且每章后附有适量的复习思考题。

本书比较系统地介绍了机械制造生产中所涉及的工程材料及加工工艺方法,同时也介绍了有关机械制造的新材料、新工艺、新技术及其发展趋势。

全书可作为高等院校机类、近机类专业的技术基础课教材,适量删减可用于非机类专业技术基础课教学,也可供相关工程技术人员参考。

序 言

在加入 WTO 以后,我国在经济、文化和教育等方面正全面走向国际化,因此,国家对高层次、高质量和创造性人才的需求日益迫切。世界经济发展中最激烈的竞争,目前不仅表现在生产和科技领域,同时也表现在培养人才的教育领域。教育部于 1996 年制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”,不只是一项富有远见的教育改革计划,而且是迎接新世纪挑战的重要战略部署。湖北省教育厅根据教育部的教育教学改革精神,结合加强工艺性和实践性课程教学的要求,批准实施“工程材料及机械制造工艺基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目,可以预计,这个项目的完成,将会对湖北省乃至全国的同类系列课程的深化改革产生重要影响,为我国制造业的高层次人才培养和产业发展作出重要贡献。

在工程类人才培养中,工程材料及机械制造工艺基础系列课程的教学内容和课程体系改革占有极为重要的地位。它有利于帮助学生摆脱初、中等教育中过分重视书本而严重脱离实践的现状,是培养学生具备工艺知识、工程实践能力、工程素质和创新意识的关键性课程。结合我国高等教育教学、科研以及制造产业的特点,教改项目组提出“以创新工艺设计与制造为根本,以现代制造工艺为龙头,以 CAD/CAM 为主线,加强工程实践,注重工艺创新”的教学改革思路。正如江泽民同志所指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”创新永远是教育教学改革的重要课题,将现代科学技术,特别是现代科学工艺技术以及现代信息技术融入教学实践,是使教育教学充满活力的重要途径。现代制造技术中的 CAD/CAM 技术,既是改造传统制造产业、促进创新设计的重要手段,又是工程学科教育改革的重要组成部分。为了适应现代社会对机械制造的高要求,在我国高校加强外语和计算机技术等工具型课程是十分必要的,但必须同时重视与工艺相关的制造理论课程和工程实践课程,其中特别要强调实习和实验等以操作性为主的工程实践、作业和课程设计等基本训练,以及独立思考性的创新实践。因此,新

的工程材料及机械制造工艺基础系列课程体系的设置,将打破原4门课程(金工实习、工程材料、材料成形工艺基础和机械制造基础)相对封闭的现状,改善其结构体系,力求实现整体优化,并建立起新型的工程培训中心教学基地。重视开展学校、地区乃至国家之间的学术交流,促进教材建设的国际化。作为课程体系核心的系列课程教材,拟由《工程实践》(机械及近机械类)、《工程实践》(非机械类)、《工程材料》、《材料成形及机械制造工艺基础》、《机械制造工艺基础》和《材料成形及机械制造工艺综合设计型创新实验》等组成。通过构建新的课程体系、改革教学内容,来有效地达到整体优化学生的知识、能力和素质,特别是工程素质、创新思维能力和独立获取知识能力的培养目标。

“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”是邓小平同志对我国社会主义教育事业提出的总体要求,也是我们开展教学改革的指导方针。相信华中科技大学作为教改项目的牵头单位,一定能与全省十余所高校的师生团结一致,吸取国内同行课程改革的成功经验,遵循“解放思想、实事求是”的原则,进一步转变教育观念,努力争取突破性进展。

呈献给大家的这套系列教材,是湖北省金属工艺学教学研究会教改项目组师生们多年工作的初步成果,还有待在教学实践中去反复锤炼。殷切希望得到广大读者和全国同仁的关心、支持和帮助,以将本系列课程的深化改革推向一个崭新的阶段。

教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员
教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会副主任
工程材料及机械制造工艺基础课程指导小组组长
清华大学教授

傅水根

2002年5月于清华园

前 言

根据教育部高教司[1995]82号通知颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》，结合高等学校工科教学的实际，湖北省高等教育学会金工教学专业委员会组织编写了本书。本书作为21世纪高等学校工程材料及机械制造工艺基础系列教材之一，供各大专院校选用。

本书具有以下特点。

(1) 深入浅出、简明而系统地阐述了“工程材料及机械制造工艺基础”方面的基本理论和基本工艺方法，注重理论联系实际。

(2) 精练了传统的教学内容，并对教学章节进行了整合，增加了新材料、新技术、新工艺的内容，反映了工程材料及机械制造工艺基础的发展趋势，旨在培养学生的创新思维和分析、解决实际问题的能力。

(3) 本书内容丰富，适应性强，有较大的选择余地，可根据不同专业及课时要求选择适当内容进行教学。

(4) 本书每章都附有难度不等的复习思考题，以满足不同课时教学的要求，供不同层次学生复习使用。

本书编写工作分工如下：武汉科技学院骆莉编写了前言，绪论，第3、6、7章，并与郭毕佳合编了第1、10章，卢记军编写了第4、5、9章；华中农业大学张国忠编写了第8章，黄永俊编写了第2章。本书由骆莉、卢记军任主编，张国忠、黄永俊任副主编，全书由骆莉统稿，由周世权教授主审。

本书的编写参考了多本教材（见参考文献），对此，谨向所涉及的作者表示诚挚的谢意。

限于编者水平，书中难免出错，不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者

2005年8月

目 录

序言

前言

绪论 (1)

第 1 章 材料的性能 (4)

1.1 材料的力学性能 (4)

1.1.1 静载荷条件下材料的力学性能 (4)

1.1.2 非静载荷条件下材料的力学性能 (9)

1.1.3 断裂韧度 (12)

1.1.4 高低温性能 (13)

1.2 材料的物理性能 (14)

1.3 材料的化学性能 (16)

1.4 材料的工艺性能 (16)

复习思考题 (17)

第 2 章 材料的结构与凝固 (19)

2.1 金属材料的晶体结构 (19)

2.1.1 晶体结构的基本概念 (19)

2.1.2 三种典型的金属晶体结构 (21)

2.1.3 晶面指数与晶向指数 (22)

2.1.4 晶体的各向异性 (23)

2.1.5 实际金属中的晶体结构 (24)

2.1.6 合金的晶体结构 (27)

2.2 非金属材料的结构特点 (30)

2.2.1 陶瓷材料的结构特点 (30)

2.2.2 高分子材料的结构特点 (31)

2.3 材料的凝固 (33)

2.3.1 纯金属的结晶 (33)

2.3.2 晶粒大小及控制 (36)

2.3.3 金属铸锭(件)的组织与缺陷 (36)

2.3.4 同素异构转变 (38)

2.3.5 非晶体材料的凝固	(39)
2.4 二元合金相图	(40)
2.4.1 二元合金相图的建立	(40)
2.4.2 二元合金的结晶	(41)
2.5 铁碳合金相图	(47)
2.5.1 铁碳合金的组元及基本相	(47)
2.5.2 相图分析	(48)
2.5.3 铁碳合金的平衡结晶过程及组织	(51)
2.5.4 含碳量对碳钢平衡组织和性能的影响	(56)
复习思考题	(57)
第3章 材料的改性和表面处理技术	(59)
3.1 金属材料的热处理	(59)
3.1.1 钢在加热时的组织转变	(59)
3.1.2 钢在冷却时的组织转变	(62)
3.1.3 钢的普通热处理	(69)
3.1.4 钢的表面热处理	(76)
3.1.5 热处理新技术简介	(80)
3.2 工程材料的表面处理	(81)
3.2.1 钢的表面形变强化	(81)
3.2.2 钢的表面覆层强化	(82)
3.3 铸铁的改性处理	(84)
3.3.1 铸铁改性的基本途径	(84)
3.3.2 铸铁热处理方法	(84)
3.3.3 铸铁的合金化	(85)
3.4 高聚物的改性强化简介	(86)
复习思考题	(87)
第4章 工程材料	(90)
4.1 工程材料概述	(90)
4.1.1 工程材料的分类	(90)
4.1.2 工程材料的生产过程概述	(91)
4.2 碳钢	(93)
4.2.1 钢中常存的杂质元素及其作用	(93)
4.2.2 碳素结构钢	(94)
4.3 合金钢	(99)
4.3.1 钢中合金元素的作用	(99)
4.3.2 合金结构钢	(103)

4.3.3	合金工具钢	(108)
4.3.4	特殊性能钢	(113)
4.4	铸铁	(117)
4.4.1	铸铁的石墨化	(117)
4.4.2	常用铸铁	(118)
4.5	非铁金属材料	(124)
4.5.1	铜及其合金	(124)
4.5.2	铝及铝合金	(126)
4.5.3	轴承合金	(130)
4.5.4	粉末冶金材料	(131)
4.6	高分子材料	(133)
4.6.1	高聚物的人工合成	(133)
4.6.2	有机高分子材料的组成及性能特点	(135)
4.6.3	工程塑料	(136)
4.6.4	合成橡胶	(139)
4.6.5	胶粘剂	(141)
4.7	陶瓷材料	(143)
4.7.1	陶瓷的分类	(144)
4.7.2	陶瓷材料的性能特点	(144)
4.7.3	常用工程陶瓷的种类、性能和用途	(145)
4.8	复合材料	(146)
4.8.1	复合强化原理	(147)
4.8.2	复合材料的种类	(148)
4.8.3	复合材料的性能特点	(148)
4.8.4	复合材料的应用	(149)
4.9	新型材料及应用	(150)
4.9.1	高温合金	(150)
4.9.2	形状记忆合金	(151)
4.9.3	非晶态合金	(153)
4.9.4	超导材料	(154)
4.9.5	纳米材料	(156)
	复习思考题	(160)
第5章	金属的液态成形	(162)
5.1	铸造工艺基础	(162)
5.1.1	概述	(162)
5.1.2	合金的铸造性能	(163)

5.1.3	铸造内应力、变形和裂纹	(169)
5.1.4	合金的偏析和吸气性	(172)
5.1.5	常用合金铸件的生产特点	(172)
5.2	铸造工艺方法	(178)
5.2.1	砂型铸造	(178)
5.2.2	特种铸造	(182)
5.2.3	铸件成本分析和铸造工艺的合理选用	(188)
5.3	铸件的工艺设计	(189)
5.3.1	浇注位置与分型面的选择	(189)
5.3.2	工艺参数的确定	(192)
5.3.3	浇注系统、冒口	(193)
5.3.4	铸造工艺图	(194)
5.4	铸件的结构工艺性	(195)
5.4.1	铸件质量对铸件结构的要求	(195)
5.4.2	铸造工艺对铸件结构的要求	(196)
5.4.3	铸造方法对铸件结构的要求	(198)
5.4.4	不同铸造合金对铸件结构的要求	(199)
5.5	铸件质量分析	(201)
5.6	铸造新技术简介	(204)
5.6.1	凝固理论与铸造新技术	(204)
5.6.2	造型技术的新发展	(211)
5.6.3	计算机在铸造过程的应用	(212)
5.6.4	快速成形技术及在铸造中的应用	(213)
5.6.5	铸造技术的发展趋势	(216)
	复习思考题	(218)
第6章	金属的塑性成形	(220)
6.1	金属的塑性成形工艺基础	(220)
6.1.1	金属塑性成形的基本工艺	(221)
6.1.2	金属变形过程中的组织与性能变化	(222)
6.1.3	冷变形与热变形	(225)
6.1.4	金属的锻造性能	(226)
6.2	锻压成形工艺方法	(228)
6.2.1	自由锻造	(228)
6.2.2	模膛锻造	(234)
6.2.3	压力机上锻造	(245)
6.3	板料冲压	(247)

6.3.1	冲压设备	(248)
6.3.2	板料冲压基本工序	(249)
6.3.3	冲模	(254)
6.3.4	冲压件的结构工艺性	(256)
6.4	金属的其他塑性成形方法	(259)
6.4.1	精密模锻	(260)
6.4.2	精密冲裁	(260)
6.4.3	挤压成形	(261)
6.4.4	轧制成形	(263)
6.4.5	塑性成形新工艺、新技术简介	(264)
	复习思考题	(266)
第7章	材料的连接成形	(268)
7.1	焊接工艺基础	(268)
7.1.1	概述	(268)
7.1.2	电弧焊的冶金原理	(270)
7.2	焊接方法及工艺	(278)
7.2.1	熔化焊	(278)
7.2.2	电阻焊	(292)
7.2.3	钎焊	(295)
7.3	常用金属材料的焊接	(296)
7.3.1	金属的焊接性能	(296)
7.3.2	常用金属材料的焊接特点	(297)
7.4	焊接结构工艺设计	(300)
7.4.1	焊接结构材料的选择	(300)
7.4.2	焊接方法的选择	(301)
7.4.3	焊缝布置	(302)
7.4.4	接头形式	(305)
7.4.5	焊接结构工艺设计示例	(306)
7.5	焊接质量与检验	(308)
7.5.1	焊接质量分析	(308)
7.5.2	焊接质量检验过程	(309)
7.6	胶接成形	(310)
7.6.1	胶接的特点与应用	(310)
7.6.2	胶接技术	(312)
7.7	机械连接	(313)

7.8 材料连接新技术简介	(314)
7.8.1 等离子弧焊接与切割	(314)
7.8.2 真空电子束焊接	(315)
7.8.3 激光焊接与切割	(316)
7.8.4 计算机在焊接上的应用	(317)
7.8.5 焊接机器人和智能化	(317)
复习思考题	(318)
第8章 切削加工成形	(321)
8.1 切削加工成形工艺基础	(321)
8.1.1 零件表面的形成及切削运动	(321)
8.1.2 加工表面与切削要素	(322)
8.1.3 刀具材料及结构	(324)
8.1.4 金属的切削过程及其基本规律与应用	(329)
8.2 典型表面加工	(336)
8.2.1 外圆加工	(337)
8.2.2 孔的加工	(341)
8.2.3 平面加工	(352)
8.2.4 齿轮齿形加工	(359)
8.2.5 螺纹加工	(366)
8.3 数控加工与特种加工简介	(370)
8.3.1 数控机床与数控加工	(370)
8.3.2 特种加工	(375)
8.4 零件结构工艺性	(384)
8.4.1 零件结构工艺性的基本概念	(384)
8.4.2 零件结构的切削加工工艺性	(384)
复习思考题	(390)
第9章 非金属材料成形	(392)
9.1 工程塑料的成形	(392)
9.1.1 挤出成形	(392)
9.1.2 注射成形	(393)
9.1.3 模压成形	(396)
9.1.4 浇注成形	(397)
9.1.5 吹塑成形	(397)
9.1.6 回转成形	(398)
9.2 橡胶成形	(399)

9.2.1 压延成形	(399)
9.2.2 压出成形	(400)
9.3 陶瓷成形	(400)
9.3.1 干压成形	(401)
9.3.2 注浆成形	(401)
9.3.3 热压成形	(402)
9.3.4 注射成形	(402)
9.4 复合材料成形	(402)
9.4.1 树脂基复合材料成形	(402)
9.4.2 金属基复合材料成形	(403)
9.4.3 陶瓷基复合材料成形	(405)
9.5 非金属材料成形新技术简介	(406)
9.5.1 工程塑料反应注射成形	(406)
9.5.2 陶瓷材料等静压成形技术	(407)
9.5.3 复合材料成形技术	(407)
复习思考题	(408)
第 10 章 材料及成形方法选用	(410)
10.1 选材的一般原则	(410)
10.1.1 零件失效的类型、原因及分析方法	(410)
10.1.2 材料的选用	(411)
10.1.3 选材的一般程序	(414)
10.2 典型零件的选材及改性方法示例	(415)
10.2.1 齿轮类零件的选材及改性方法	(415)
10.2.2 轴类零件的选材及改性方法	(418)
10.3 毛坯成形方法选用原则	(420)
10.3.1 毛坯的种类	(420)
10.3.2 毛坯选择的原则	(423)
10.3.3 选择毛坯的依据	(425)
10.4 典型机械零件毛坯成形方法选用示例	(426)
10.4.1 轴杆类零件	(426)
10.4.2 盘套类零件	(428)
10.4.3 箱体类零件	(428)
复习思考题	(428)
参考文献	(430)

绪 论

材料科学和制造科学是促进人类文明与发展的关键领域之一,对国民经济的发展起着重要作用。面对市场经济和全球化竞争的挑战,机械制造业要为国民经济的发展做出重要贡献,就要十分重视材料成形与制造科学的发展。

机械制造的生产过程一般是先根据设计选用材料,然后用铸造、压力加工或焊接等方法将材料制作成零件的毛坯(或半成品),再经切削加工制成符合尺寸精度要求的零件,最后将零件装配成为机器。为了改善毛坯和工件的性能,常需在制造过程中穿插进行热处理。机械制造工艺流程如图 0-1 所示。

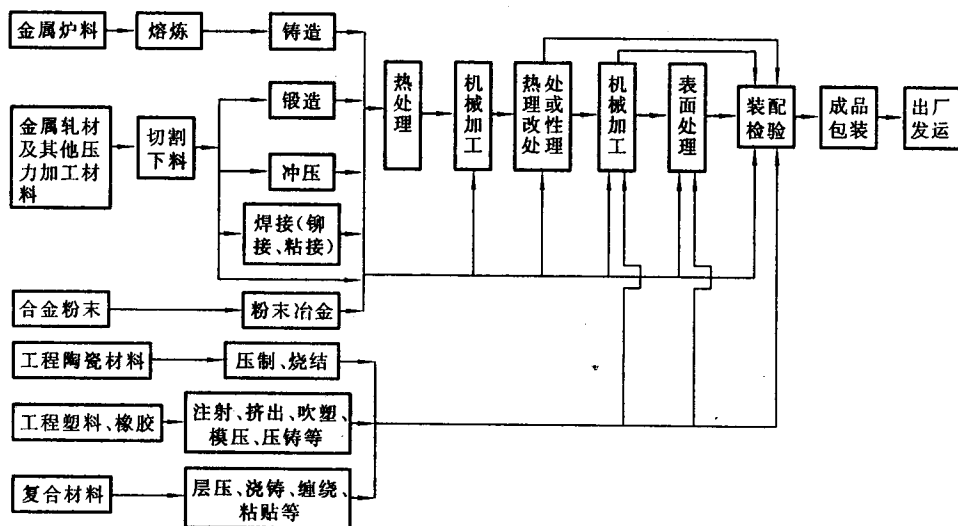


图 0-1 机械制造工艺流程图

毛坯材料和成形方法的选用直接影响零件的质量、成本和生产率。要合理选择毛坯种类及制造方法,就必须掌握各种材料的性能、特点、应用及其成形过程,包括各种成形方法的工艺实质、成形特点和选用原则等。

在材料生产及其成形工艺的历史上,我们的祖先有过辉煌的成就。我国在原始社会后期开始有陶器,在仰韶文化和龙山文化时期制陶技术已相当成熟;青铜冶炼始于夏代,至商、周代(公元前 16 世纪至公元前 8 世纪)冶铸技术已达到很高水平,形成了灿烂的青铜文化;公元前 7 世纪至公元前 6 世纪的春秋时期,铁器在我国已开始大量使用,白口铸铁、麻口铸铁、可锻铸铁相继出现,比欧洲诸国早了

1 800多年;约 3 000年前,我国便已采用铸造、锻造、淬火等技术生产工具和各种兵器。大量的历史文物,如湖北江陵楚墓中发现的埋藏了 2 000 多年的越王勾践剑,至今仍异常锋利;陕西秦始皇陵出土的大型彩绘铜车马,由 3 000 多个零部件组成,综合采用了铸造、焊接、凿削、研磨、抛光等多种机械制造工艺,结构之复杂,制作之精美,至今仍令人叹服;明朝永乐年间制造的大钟(重 46.5 t),上有经文 20 余万字,其浑厚悦耳的钟声至今仍伴随着华夏子孙辞旧迎新……都显示了中华民族在材料成形方法及热处理工艺等方面的卓越成就。

新中国成立以后,特别是近几十年来,我国工业生产发展迅速。20 世纪 60 年代我国自行设计并生产的 12 000 t 水压机,是制造大型机电设备的必备生产设备;我国人造地球卫星、洲际弹道导弹及“长征”系列运载火箭的研制成功,均与我国机械制造工艺水平的发展密切相关。上述飞行器的壳体均是选用铝合金、钛合金或特殊合金薄壳结构,采用胶接及钨极氩弧焊、等离子弧焊、真空电子束焊、真空钎焊和电阻焊等方法焊接而成。我国成功生产了世界上最大的轧钢机架铸钢件(重 410 t)和长江三峡巨型水轮机发电机组特大型零部件。

20 世纪 80 年代后,世界各国纷纷开始了对各种新材料的开发。光电子信息材料、先进复合材料、先进陶瓷材料、新型金属材料、高性能塑料、超导材料等层出不穷,并迅速投入使用,给社会生产和人们的生活带来了巨大的变化。近年来,精密成形技术的不断发展,使毛坯的形状、尺寸和表面质量更接近零件要求。国际机械加工技术学会预测,本世纪初精密成形与磨削加工相结合,将逐渐取代大部分中、小零件的切削加工,到 2010 年,它所成形的零件的公差可相当于磨削精度。

当今之世,科学技术迅猛发展,微电子、计算机、自动化技术与制造工艺和设备相结合,形成了从单机到系统、从刚性到柔性、从简单到复杂等不同档次的多种自动控制加工技术;成形加工过程的计算机模拟、仿真与并行工程、敏捷工程及虚拟制造相结合,已成为网络化异地设计和制造的重要内容,应用新型传感器、无损检测等自动化监控技术及可编程控制器、新型控制装置可以实现系统的自适应控制和自动化控制。

尽管各种新技术、新工艺应运而生,新的制造理念不断形成,但铸造、锻压、焊接、热处理及机械加工等传统的常规成形工艺至今仍是被广泛使用的技术。因此,常规工艺不断改进和提高,并通过各种途径实现其高效化、精密化、轻量化和绿色化,具有很重要的技术经济意义。

“机械制造工艺基础”(含工程材料)是机械类专业必修的一门主干技术基础课,也是近机类和部分非机类专业普遍开设的一门课程,旨在使学生建立机械制造生产过程的基本知识,了解新材料,掌握现代制造及工艺方法,培养学生的工程素质、实践能力和创新思维。

学生在学完“机械制造工艺基础”课程以后,应达到如下基本要求: