

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材



金属材料及机械制造工艺

主编 任长春



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



金属材料及机械制造工艺

第2版 第1次印刷

✱ 机械工业出版社

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

金属材料及机械制造工艺

主 编 任长春

副主编 单以才 谢 波 陆桂来

主 审 李一民

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以机械零件的制造工艺过程为主线,把机械零件制造过程分解成改变材料性能的方法、机械零件材料的选用、毛坯成型方式的选择、普通机械加工工艺及加工设备的选择、特种加工设备及加工方法的选择、机械零件加工工艺基础、典型机械零件加工工艺的编制、机械产品装配工艺规程的编制、先进制造技术介绍等九个项目,每个项目又分解成多个学习任务进行知识讲解。每个项目前有知识目标和能力目标要求,后有一定数量的复习思考题可供学生练习。本书实用性强,配有大量来自生产实际的实例,书中涉及的专业名词术语、图纸等资料均采用最新国家标准。

本书可作为高等职业技术学院的教材,也可作为相关工程技术人员、管理人员、操作人员的参考书及培训教材。

★ 本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料及机械制造工艺 / 任长春主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012. 3

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2740 - 3

I. ① 金… II. ① 任… III. ① 金属材料—高等职业教育—教材 ② 机械制造工艺—高等职业教育—教材

IV. ① TG14 ② TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 006053 号

策 划 陈 婷

责任编辑 雷鸿俊 陈 婷

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西文化彩印厂

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 23.5

字 数 554 千字

印 数 1~3000 册

定 价 35.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2740 - 3/TG · 0033

XDUP 3032001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

本书是为了适应当前我国高职高专发展的需要,配合“国家示范性(骨干)高等职业院校建设计划”,体现高职高专办学特色,促进示范性(骨干)建设院校的专业核心建设,本着“工学结合、校企合作”的宗旨,在反复论证、多方征求意见的基础上编写的。

本书的编写根据高等职业教育特点,力求实用性和适度性,教材内容以项目教学为主体,体现了以工作或学习任务为中心的编写思路。本书把机械零件制造工艺过程分解成若干项目,项目内容又分解成多个学习任务,以技术理论知识为背景,以技术实践知识为焦点,以拓展知识为延伸,形成了本书的实用性、系统性和知识的综合应用性的统一。

本书以机械零件的制造工艺过程为主线,重点介绍了机械零件制造所需要的材料学、热处理、毛坯成型(热加工)、普通切削加工、加工工艺规程编制、装配等知识,并根据现代机械制造业的发展特点,增加了特种加工的相关内容,且对最新的先进制造技术进行了介绍。

本书的特点是:

(1) 本书在内容安排上以机械零件的制造工艺过程为顺序,有利于学生系统性地掌握机械零件的制造方法。

(2) 本书不仅注重学生获得知识和分析问题能力的培养,而且增加了大量的典型机械零件的制造实例,体现了对学生工程素质和创新能力的培养。

(3) 本书着重介绍了基本概念和基本技能,在注重知识的典型性的基础上,扩展了相关的知识范围,有利于拓展学生的知识面。学生通过本书的学习,可以对机械零件的制造过程形成一个整体的认识,从而为后续课程的学习打下坚实的基础。

(4) 本书在编写过程中引用参照了目前最新的相关国家标准和行业标准。

本书的教学参考课时为 90~120 课时,书中内容可根据不同专业的教学要求进行选学。

协助本书编写的企业有宝钢集团梅山冶金公司、南京线路器材厂等,编者在编写过程中从这些企业获得了大量的实际案例和最新的工艺、设备资料,并从企业的实际工作要求及基本技能出发,调整、增删了教材的相关内容。

南京信息职业技术学院任长春任本书主编,南京信息职业技术学院单以才、南京线路器材厂谢波和陆桂来任副主编,南京信息职业技术学院李一民任主审。参加本书编写的还有南京信息职业技术学院丁友生、张颖利和马云鹏,宝钢集团梅山冶金公司裴新华,以及南京线路器材厂房小明。全书由任长春统稿。在本书的编写过程中还得到了南京工程学院章婷、南京电力金具设计研究院陈作新等的大力支持和帮助,在此深表感谢。

由于本书摘录了最新的相关国家、行业标准及相关技术参数,因此本书可作为高等职业技术学院的教材,也可作为相关工程技术人员、管理人员、操作人员的参考书及培训教材。

本书在编写过程中,参考了国内外公开出版的同类书籍并引用了部分资料,在此向有关作者和单位表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 11 月

目 录

绪论	1	力学性能的影响规律	34
0.1 机械零件概述	1	2.6.2 铁碳相图的应用	35
0.2 机械制造技术现状及发展趋势	2	任务3 钢的热处理	36
0.3 本课程的性质、任务及学习方法	4	3.1 钢的热处理的基本概念	36
项目一 改变材料性能的方法	5	3.1.1 钢的热处理定义	36
任务1 金属材料的性能	5	3.1.2 钢的热处理工艺曲线	37
1.1 力学性能	5	3.1.3 钢在加热时的转变	37
1.1.1 刚度及强度	6	3.1.4 钢在冷却时的转变	40
1.1.2 塑性	8	3.2 钢的普通热处理	45
1.1.3 硬度	9	3.2.1 钢的退火	45
1.1.4 冲击韧度	13	3.2.2 钢的正火	48
1.1.5 疲劳强度	14	3.2.3 钢的淬火	49
1.1.6 磨损	15	3.2.4 钢的回火	52
1.2 物理与化学性能	15	3.2.5 钢的调质处理	53
1.3 工艺性能	16	3.3 钢的表面热处理	53
任务2 金属材料的结构	17	3.3.1 钢的表面淬火	54
2.1 金属的晶体结构	17	3.3.2 钢的表面化学热处理	55
2.1.1 晶体结构的基础知识	17	3.4 热处理新技术	57
2.1.2 典型金属晶格	18	3.4.1 真空热处理	57
2.1.3 金属实际的晶体结构及缺陷	19	3.4.2 可控气氛热处理	57
2.2 金属的结晶	20	3.4.3 形变热处理	58
2.2.1 金属结晶的概念	20	3.4.4 化学气相沉积	58
2.2.2 纯金属的结晶过程	21	3.4.5 激光热处理	58
2.2.3 金属结晶与晶粒大小	22	3.4.6 电子束表面淬火	58
2.3 合金的晶体结构	22	任务4 金属的塑性变形与强化	59
2.3.1 合金的基本概念	22	4.1 金属的塑性变形	59
2.3.2 合金的组织结构	23	4.1.1 单晶体金属的塑性变形	59
2.4 合金的结晶及相图	24	4.1.2 多晶体金属的塑性变形	59
2.4.1 二元合金相图的建立	24	4.1.3 晶粒大小对金属力学性能的 影响	60
2.4.2 二元合金相图的分析	25	4.1.4 合金的塑性变形	60
2.5 铁碳合金相图	28	4.2 加工硬化	61
2.5.1 铁碳合金基本组织	28	4.3 回复与再结晶	61
2.5.2 铁碳合金相图	29	4.3.1 回复	62
2.6 铁碳合金相图的应用	34	4.3.2 再结晶	62
2.6.1 含碳量对铁碳合金组织和			

4.3.3 结晶后的晶粒长大	62	3.2.1 纯铜	102
复习思考题	62	3.2.2 铜合金	103
项目二 机械零件材料的选用	64	3.3 钛及钛合金	104
任务1 工业用钢	64	3.3.1 纯钛	105
1.1 钢内元素对钢性能的影响	64	3.3.2 钛合金	105
1.1.1 钢内杂质元素对钢性能的		3.4 镁及镁合金	106
影响	64	3.4.1 纯镁	106
1.1.2 合金元素对钢性能的影响	65	3.4.2 镁合金	106
1.2 钢的分类和编号	66	3.5 滑动轴承合金	107
1.2.1 钢的分类	66	3.5.1 滑动轴承合金的特点	107
1.2.2 钢的编号	66	3.5.2 滑动轴承合金的分类	107
1.3 结构钢	68	3.6 粉末冶金材料	109
1.3.1 一般工程结构钢	68	3.6.1 粉末冶金及其特点	109
1.3.2 优质结构钢	70	3.6.2 常用粉末冶金材料	110
1.4 工具钢	77	任务4 非金属材料	112
1.4.1 刃具钢	78	4.1 高分子材料	112
1.4.2 模具钢	81	4.1.1 工程塑料	112
1.4.3 量具钢	89	4.1.2 橡胶	113
1.5 特殊性能钢	89	4.2 陶瓷材料	114
1.5.1 不锈钢	90	4.2.1 陶瓷的性能	114
1.5.2 耐热钢	91	4.2.2 常用陶瓷材料及其应用	114
1.5.3 耐磨钢	91	4.3 复合材料	115
任务2 铸铁	92	4.3.1 复合材料的组成和分类	115
2.1 铸铁的石墨化	92	4.3.2 常用复合材料的性能特点和	
2.1.1 石墨化过程	92	应用	115
2.1.2 影响石墨化的因素	93	任务5 机械零件的失效与材料选用的	
2.1.3 铸铁的性能特点	93	一般原则	116
2.2 常用铸铁	93	5.1 机械零件的失效	116
2.2.1 铸铁牌号表示方法	94	5.1.1 失效的基本概念	117
2.2.2 灰铸铁	95	5.1.2 零件失效的主要形式	117
2.2.3 可锻铸铁	96	5.1.3 零件失效的原因	117
2.2.4 球墨铸铁	97	5.2 机械零件材料选用的一般原则	118
2.2.5 蠕墨铸铁	98	5.2.1 使用性能	118
2.2.6 特殊性能铸铁	99	5.2.2 工艺性能	119
任务3 有色金属及粉末冶金材料	100	5.2.3 经济性	120
3.1 铝及铝合金	100	复习思考题	120
3.1.1 工业纯铝	100	项目三 毛坯成型方式的选择	121
3.1.2 铝合金	101	任务1 毛坯成型方式概述	121
3.2 铜及铜合金	102	1.1 机械零件常用毛坯的种类	121

1.2 毛坯成型方式选择的依据	123	4.2.7 钎焊	157
1.3 毛坯形状及尺寸设计	124	4.2.8 气焊	158
1.4 毛坯的质量检验	124	4.2.9 激光焊接	158
任务2 毛坯成型方式——铸造	126	4.3 焊接的常见缺陷	158
2.1 概述	126	复习思考题	159
2.2 砂型铸造	127	项目四 普通机械加工工艺及	
2.2.1 砂型铸造的特点	127	加工设备的选择	160
2.2.2 砂型铸造生产过程	127	任务1 金属切削机床及切削	
2.3 特种铸造	131	加工概述	160
2.3.1 金属型铸造	132	1.1 金属切削机床的分类	160
2.3.2 压力铸造	133	1.2 金属切削机床的型号编制方法	161
2.3.3 熔模铸造	135	1.3 切削刀具	163
2.3.4 离心铸造	136	1.3.1 刀具材料应具备的性能	163
2.3.5 低压铸造	136	1.3.2 常用刀具材料	163
2.4 铸件的常见缺陷	137	1.4 切削液	165
任务3 毛坯成型方式——锻压	138	1.4.1 切削液的作用	165
3.1 概述	138	1.4.2 常用切削液的种类	165
3.2 锻造	140	1.4.3 切削液的选用	166
3.2.1 自由锻	141	任务2 车床及车削加工	166
3.2.2 模锻	142	2.1 车床	166
3.3 冲压	143	2.2 车削加工	168
3.3.1 冲压的基本工序	144	2.3 车刀	170
3.3.2 冲模	145	2.4 车床附件及零件安装	170
3.4 其他锻压成型方法	146	任务3 铣床及铣削加工	174
3.4.1 轧锻	146	3.1 铣床	174
3.4.2 挤压	147	3.2 铣削加工	175
3.4.3 拉拔	148	3.2.1 铣削的特点	176
3.5 锻压件的常见缺陷	148	3.2.2 铣削方式	176
3.5.1 锻造件的常见缺陷	148	3.3 铣刀	178
3.5.2 冲压件的常见缺陷	149	3.4 铣床附件及零件装夹	179
任务4 毛坯成型方式——焊接	149	任务4 钻床及钻削加工	181
4.1 概述	149	4.1 钻床	181
4.2 常用焊接方法	150	4.2 钻削加工	183
4.2.1 手工电弧焊	150	4.2.1 钻孔	183
4.2.2 CO ₂ 保护焊	152	4.2.2 扩孔	184
4.2.3 氩气保护焊	153	4.2.3 铰孔	184
4.2.4 埋弧焊	154	4.2.4 攻螺纹	185
4.2.5 电渣焊	155	4.2.5 铰孔	185
4.2.6 压力电阻焊	156	4.3 钻头及铰刀	185

4.3.1 钻头	185
4.3.2 铰刀	187
4.4 钻床附件及零件装夹	188
任务5 磨床及磨削加工	188
5.1 磨床	188
5.2 磨削工艺	192
5.2.1 磨削原理	192
5.2.2 外圆磨削	193
5.2.3 内圆磨削	194
5.2.4 平面磨削	194
5.2.5 无心磨削	195
5.3 精密磨削及光整加工	196
5.3.1 高精度磨削	196
5.3.2 超精加工	196
5.3.3 研磨	197
5.3.4 珩磨	198
5.3.5 抛光	198
任务6 镗床及镗削加工	199
6.1 镗床	199
6.2 镗削加工	200
6.2.1 镗削的特点	200
6.2.2 镗孔	201
6.3 镗刀	202
任务7 刨床、插床、拉床及刨削、 插削、拉削加工	204
7.1 刨床及刨削	204
7.1.1 刨床	204
7.1.2 刨削加工	205
7.2 插床及插削	207
7.2.1 插床	207
7.2.2 插削加工	208
7.3 拉床及拉削	208
7.3.1 拉床	208
7.3.2 拉削加工	209
任务8 齿轮和螺纹加工	210
8.1 齿轮加工	210
8.1.1 齿形加工方法	210
8.1.2 齿轮加工机床及加工特点	212
8.2 螺纹加工	215

8.2.1 螺纹加工方法的选择	215
8.2.2 常用螺纹加工方法	216
任务9 数控机床及数控加工	218
9.1 数控机床的工作原理	218
9.2 数控机床的分类	219
9.3 数控加工机床的编程	220
9.4 数控加工的工艺特点及应用	221
复习思考题	221

项目五 特种加工设备及 加工方法的选择

任务1 特种加工概述	223
1.1 特种加工的产生及发展	223
1.2 特种加工的特点	224
1.3 特种加工的分类	224
任务2 电火花加工	225
2.1 电火花加工概述	225
2.1.1 电火花加工的基本原理	225
2.1.2 电火花加工的分类	226
2.2 电火花成型加工	226
2.2.1 电火花成型加工的工作原理	226
2.2.2 电火花成型加工的特点	226
2.2.3 电火花成型加工机床	227
2.2.4 电火花成型加工方法	228
2.3 电火花线切割加工	229
2.3.1 电火花线切割加工的 工作原理	229
2.3.2 电火花线切割加工的特点	230
2.3.3 电火花线切割加工的机床	230
2.3.4 电火花线切割加工的编程	231
2.4 电火花高速穿孔加工	231
2.4.1 电火花高速穿孔加工的 工作原理	231
2.4.2 电火花高速穿孔加工的 特点及应用	232
任务3 电化学加工	232
3.1 电解加工	233
3.1.1 电解加工的基本原理	233
3.1.2 电解加工的特点	233
3.1.3 电解加工的应用	234

3.2 电解磨削	234	1.2.2 工艺规程制订的原则	249
3.2.1 电解磨削的基本原理	234	1.2.3 制订工艺规程的原始资料	250
3.2.2 电解磨削的特点	235	1.2.4 制订工艺规程的步骤	250
3.2.3 电解磨削的应用	235	1.2.5 机械加工工艺文件的格式	250
3.3 电铸加工	235	1.3 零件的工艺分析	251
3.3.1 电铸加工的基本原理	235	1.3.1 分析研究产品的零件图和 装配图	251
3.3.2 电铸加工的特点	236	1.3.2 零件的结构工艺性分析	251
3.3.3 电铸加工的应用	236	1.3.3 技术要求分析	256
3.4 涂镀加工	237	1.4 定位及定位基准的选择	257
3.4.1 涂镀加工的基本原理	237	1.4.1 基准的概念及其分类	257
3.4.2 涂镀加工的特点	237	1.4.2 工件定位的概念	258
3.4.3 涂镀加工的应用	237	1.4.3 工件定位方法	259
任务4 超声波加工	238	1.4.4 定位的基本原理	259
4.1 超声波加工的基本原理	238	1.4.5 定位基准选择	261
4.2 超声波加工的特点	239	1.5 工艺路线的拟订	264
4.3 超声波加工的应用	239	1.5.1 加工方法的选择	264
任务5 高能束加工	239	1.5.2 加工顺序的确定	268
5.1 激光加工	239	1.6 加工余量的确定	271
5.1.1 激光加工的基本原理	239	1.6.1 加工余量的概念	271
5.1.2 激光加工的特点	240	1.6.2 影响加工余量的因素	273
5.1.3 激光加工的应用	240	1.6.3 确定加工余量的方法	274
5.2 电子束加工	240	1.7 工序尺寸及其公差的确 定	274
5.2.1 电子束加工的基本原理	240	1.7.1 工艺基准与设计基准重合时 工序尺寸及其公差的确 定	274
5.2.2 电子束加工的特点	241	1.7.2 工艺尺寸链	276
5.2.3 电子束加工的应用	241	1.7.3 工艺基准与设计基准不重合时 工序尺寸及其公差的确 定	280
5.3 离子束加工	241	1.8 机床、工艺装备等的选择	287
5.3.1 离子束加工的基本原理	241	1.8.1 机床的选择	287
5.3.2 离子束加工的特点	242	1.8.2 工艺装备的选择	287
5.3.3 离子束加工的应用	242	1.8.3 切削用量与时间定额的确定 ...	288
复习思考题	243	任务2 机械加工精度	288
项目六 机械零件加工工艺基础	244	2.1 概述	288
任务1 机械零件加工工艺规程的制订 ...	244	2.1.1 机械加工精度的概念	288
1.1 基本概念	244	2.1.2 获得加工精度的方法	289
1.1.1 机械的生产过程和工艺过程 ...	244	2.2 影响加工精度的原始误差	290
1.1.2 机械加工工艺过程的组成	245	任务3 机械加工的 表面质量	291
1.1.3 生产纲领、生产类型及 生产组织形式	247	3.1 概述	291
1.2 机械加工工艺规程	249		
1.2.1 机械加工工艺规程的作用	249		

3.2 机械加工表面质量对机器使用性能和使用寿命的影响	292
任务4 机械加工中的振动	293
4.1 机械加工中的强迫振动及其控制 ..	294
4.1.1 强迫振动的主要特点	294
4.1.2 减小强迫振动的措施和途径 ..	294
4.2 机械加工中的自激振动及其控制 ..	295
4.2.1 自激振动的主要特点	295
4.2.2 控制自激振动的措施和途径 ..	295
复习思考题	296

项目七 典型机械零件加工

工艺的编制	299
任务1 轴类零件加工工艺	299
1.1 概述	299
1.1.1 轴类零件的功用与结构特点 ..	299
1.1.2 轴类零件的技术要求	300
1.1.3 轴类零件的材料和毛坯	300
1.1.4 轴类零件的预加工	301
1.1.5 轴类零件的热处理	301
1.2 轴类零件的一般加工方法	302
1.2.1 轴类零件外圆表面的车削加工	302
1.2.2 轴类零件外圆表面的磨削加工	303
1.2.3 轴类零件的单键槽、花键及螺纹加工	303
1.3 轴类零件的装夹	304
1.4 轴类零件的加工工艺过程分析及举例	305
任务2 套筒类零件加工工艺	310
2.1 概述	310
2.1.1 套筒类零件的功用与结构	310
2.1.2 套筒类零件的技术要求	311
2.1.3 套筒类零件的材料与毛坯	311
2.1.4 套筒类零件的热处理	311
2.2 套筒类零件的一般加工方法	312
2.2.1 套筒类零件加工方法的选择 ..	312
2.2.2 深孔加工	312
2.3 套筒类零件的装夹	312

2.3.1 套筒类零件的装夹方法	312
2.3.2 保证套筒类零件表面位置精度的方法	313
2.3.3 防止加工中套筒变形的措施 ..	314
2.4 套筒类零件的加工工艺过程分析及举例	315
任务3 箱体类零件加工工艺	319
3.1 概述	319
3.1.1 箱体类零件的功用和结构特点	319
3.1.2 箱体类零件的主要技术要求 ..	319
3.1.3 箱体类零件的材料及毛坯	320
3.2 箱体类零件的一般加工方法	320
3.2.1 箱体类零件的平面加工方法 ..	320
3.2.2 箱体类零件的孔系加工	321
3.2.3 箱体类零件加工工艺过程遵循的原则	325
3.3 箱体类零件的装夹	326
3.3.1 箱体类零件的装夹方法	326
3.3.2 箱体类零件加工的定位基准选择	328
3.4 箱体类零件的加工工艺过程分析及举例	329
任务4 板类零件加工工艺	331
4.1 概述	331
4.1.1 板类零件的功用与结构	331
4.1.2 板类零件的技术要求	331
4.1.3 板类零件的材料与毛坯	332
4.1.4 板类零件的热处理	332
4.2 板类零件的一般加工方法	332
4.2.1 板类零件加工方法的选择	332
4.2.2 板类零件的装夹与定位	333
4.3 板类零件的加工工艺过程分析及举例	334
复习思考题	340

项目八 机械产品装配工艺

规程的编制	343
任务1 机械产品装配工艺基础	343
1.1 概述	343

1.1.1 装配的概念	343	1.4 高速切削技术的应用	353
1.1.2 装配工作的基本内容	343	任务 2 快速原型制造技术	353
1.1.3 装配的组织形式	344	2.1 快速原型制造的概念	353
1.2 机械产品的装配精度	345	2.2 快速原型制造的方法	354
1.2.1 装配精度的概念	345	2.3 快速原型制造技术的应用	356
1.2.2 装配尺寸链	345	任务 3 逆向工程技术	356
1.3 装配方法及其选择	346	3.1 逆向工程技术的概念	356
任务 2 机械产品装配工艺规程的制订	348	3.2 逆向工程技术的应用范围	357
2.1 制订装配工艺规程的原则	348	任务 4 成组技术	358
2.2 制订装配工艺规程所需的 原始资料	348	4.1 成组技术的概念	358
2.3 制订装配工艺规程的 方法及步骤	349	4.2 成组技术的原理及应用	358
复习思考题	351	任务 5 柔性制造技术	359
项目九 先进制造技术介绍	352	5.1 柔性制造技术的概念	359
任务 1 高速切削技术	352	5.2 柔性制造单元	359
1.1 高速切削的概念	352	5.3 柔性制造系统	360
1.2 高速切削的特点	352	5.4 柔性自动生产线	361
1.3 高速切削机床简介	353	5.5 计算机集成制造系统	361
		复习思考题	362
		参考文献	363



绪 论

机械制造是各种机械(如机床、工具、仪器、仪表等)制造过程的总称。它是一个将制造资源(如物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等)通过制造系统转变为可供人们使用或利用的产品的过程。

0.1 机械零件概述

机械零件是组成各类机器、机械的基本单元,其尺寸可大至几十米甚至上百米,如飞机、轮船零件,也可小至丝米级,如精密仪表零件、微加工刀具等。

1. 机械零件的精度

任何机械零件在机器中必定具有一定的作用和功能,因而对其相关属性有一定的精度要求。一般来说,机械零件的设计与制造有以下三个方面的要求。

(1) 几何精度。零件的几何精度包括尺寸精度、形状位置精度和表面粗糙度。几何精度是机器装配和正常工作的基础,只有在各个机械零件的几何精度达到要求的前提下,才能顺利装机并正常进行其预期的工作。

(2) 力学精度。零件的力学精度要求是为了适应其工作载荷的性质和大小,主要指标有强度、硬度、刚度、塑性、韧性、疲劳强度和耐磨性等。在特定情况下,对机械零件还有防腐、导热、导电、导磁等物理、化学性能方面的精度要求。

(3) 运动精度。零件的运动精度是指在机器工作过程中,要求某些零件相对其他零件的运动(移动或转动)轨迹精度,包括回转运动的跳动、直线运动的方向和控制以及复杂运动的轨迹及控制等。零件的运动精度取决于零件本身的几何精度和装配精度,有时涉及机器的控制部分设计。

2. 机械零件的制造

机械零件的制造过程往往是多种工艺技术的综合应用,这些工艺技术可分为以下四大类:

(1) 切削加工。切削加工利用工具的机械力作用,切除零件的多余材料从而得到所要求的几何精度。传统的机械加工如车、铣、刨、钻、磨、钳工等,以及现代数控加工技术如数控车、数控铣、数控磨等,都属于切削加工。切削加工是一般机械零件制造的主要加工手段。

(2) 特种加工。特种加工是以非机械力的方法将零件的多余材料去除从而获得几何精度的工艺手段,如电火花加工、电铸加工、激光加工等。特种加工近年来在机械零件的制造中得到了广泛的应用。

(3) 成型加工。成型加工是通过专用的工具使原材料变形为所需形状和尺寸,得到所要



求的几何精度。成型加工包括热成型和冷成型,典型的热成型有金属的锻造、铸造、焊接和塑料成型等,而冷成型则以冲压、挤压等为代表。成型加工因其高效率和低料耗的优势,发展迅猛,已经形成专门的产业。此外,还有一些特种成型工艺,如粉末冶金、爆炸成型等。

(4) 材料处理。材料处理的目的是通过改变零件的力学性能和物理、化学性能等来获得零件的力学精度和特种载荷下的其他性能要求,以及零件加工过程中所需的工艺性能。在零件制造阶段,材料处理的工艺手段主要是热处理。

机械零件的制造工艺受诸多因素影响,没有唯一的正确性,只有相对的合理性。除零件的材料特性、形状特点、尺寸大小和精度要求外,制造工艺还要考虑零件的生产批量以及现有的技术条件等,因此,机械零件的制造具有综合性和灵活性特点。

0.2 机械制造技术现状及发展趋势

1. 机械制造业的发展历程

18 世纪中叶,瓦特发明了蒸汽机,制造业取得了历史性的进步。机械技术与蒸汽动力技术相结合,标志着机器—蒸汽动力时代的到来,产生了第一次工业革命,出现了火车、轮船、由动力驱动的纺织机械和金属切削机床等,工场手工制造业向大机器制造业发展,为制造业提供了机械加工的基础装备,并制造出满足机械制造、纺织、矿山、农业、化工、原材料、交通运输和建筑等不同行业需求的各种机器,近代工业化大生产开始出现。

而后,直流发电机和三相异步电动机的发明,标志着电气时代的开始,电作为新的动力源大大改变了机器结构和生产效率。在这一阶段,出现了以经验管理为主、生产过程简单、分工不专业、生产规模小的原始机械工厂,形成了以机器—蒸汽动力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系。

19 世纪末 20 世纪初,内燃机的发明又引发了制造业的革命,生产规模逐渐扩大,制造业进入了以汽车为代表的大批量生产方式,并采用了互换性生产技术,出现了生产流水线,分工日趋明确、精细,工厂的科学管理得到重视。在这一阶段,形成了以机械—电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系,此生产方式在 20 世纪 50 年代发展到了顶峰。

20 世纪 70 年代,随着工业市场竞争的不断加剧,大批量的生产方式开始逐步向多品种、中小批量的生产方式转变。大规模集成电路的出现,电子信息技术的迅猛发展,成组技术(Group Technology)等先进工艺及装备的进步以及自动化技术的发展,为多品种、中小批量的生产方式提供了技术支持和装备支持。在这一阶段,制造业逐步实现了柔性自动化生产,形成了面向制造的设计、满足用户要求的设计/制造及准时生产 JIT(Just In Time)的制造理念。

20 世纪 80 年代,制造业环境发生了巨大的变化,市场竞争日趋全球化、激烈化,消费者的需求日趋主体化、个性化和多样化,市场竞争的焦点集中在以最短的时间(T)开发出高质量(Q)、低成本(C)的产品,投放市场,并提供给用户好的服务(S)。在这一阶段,基于先



进的计算机技术和自动化技术的先进制造技术(如 CAD、CAM、CAPP)成为制造业赢得市场竞争的主要手段。

20 世纪 90 年代以来,计算机网络技术的发展给制造业带来了巨大的变化,全球经济一体化进程打破了传统的地域经济发展模式,市场变得更加广阔,市场竞争的焦点已集中在快速响应瞬息万变的市场需求上,制造业逐步向柔性化、集成化、智能化和网络化发展,产生了许多先进的制造模式,如企业资源规划 ERP(Enterprise Resource Planning)、并行工程 CE(Concurrent Engineering)、敏捷制造 AM(Agile Manufacturing)、虚拟制造 VM(Virtual Manufacturing)、逆向工程 RE(Reverse Engineering)等。

进入 21 世纪,随着全球环境的日益恶化,制造业对环境所产生的负面影响已成为当前制造业所必须解决的重大问题,以绿色制造为代表的环保型制造受到广泛的关注,它的实施将给未来的制造业带来一系列重大变革和技术创新。

2. 我国机械制造业现状及发展趋势

机械制造业是国民经济的基础产业,其他任何行业的发展,都必须依靠机械制造业的支持并提供装备,在国民经济生产力构成中,制造技术的作用占 60%以上,可以说,机械制造业是其他所有产业的支柱,是国家综合实力的体现。日本的机械制造业产值占 GDP 的 50%以上;德国的机械产品出口额以及占国际市场份额长年雄居第一,支撑着新时代的日耳曼经济王国;美国曾经轻视过制造业,但从 20 世纪中叶开始,机械制造业在其高新技术优势的武装下又很快壮大起来,比如汽车制造。

我国的机械制造业底子很薄,但自改革开放以来发展迅速,到 20 世纪末,机械制造业总产值的年均增长率为 14%,高于 GDP 的增长速度,2006 年到 2007 年间,年产值增速达到 30%以上。然而,一方面我国的机械制造业产值规模占 GDP 的比例还不够,2008 年为 9 万亿元,仅占 GDP 的 30%;另一方面,制造技术还远远落后于发达国家,产业多集中于低附加值产品的制造,或依赖西方的技术和设备,自主创新能力和成果还远远跟不上当今世界的技术发展。党的十六届五中全会以来,国务院多次强调要调整产业结构,实现产业升级,逐步将粗放型经济发展模式改变为集约型经济发展模式。

目前,随着科学技术的不断进步和市场竞争的日趋激烈,机械制造技术日趋精密化、自动化、信息化、柔性化,制造模式趋向集成制造、智能制造、敏捷制造、虚拟制造和绿色制造。

(1) 精密化。精密化的发展方向以精密加工和超精密加工技术的不断突破为标志,目前的应用中,精密加工精度已达到亚微米级,超精密加工已达到纳米级。

传统的精密加工包括砂带磨削、精密切削(金刚石 SPDT 切削)、珩磨、精密研磨与抛光,而现代精密加工技术则更多地体现在以下几方面:

- ① 以超塑成型、等压成型、快速成型(RPT)为代表的精密成型技术。
- ② 利用陶瓷涂层、金刚石涂层刀具和多轴联动的数控高速切削技术。
- ③ 用于印制电路板、集成电路制作的微细加工技术。
- ③ 多轴联动的数控电火花加工技术。
- ④ 以真空热处理、激光热处理为代表的现代热处理新工艺。

(2) 自动化。批量较大的生产自动化,以自动机床、专用组合机床、自动生产线的应用为标志,小批量生产自动化则以 NC(数控)、MC(加工中心)、CAM(计算机辅助制造)、FMS(柔



性制造系统)、CIM(计算机集成制造)、IMS(智能制造系统)等技术的广泛、综合应用为代表。

(3) 信息化。信息、物质和能源是制造系统的三要素,产品是信息的物质表现。网络技术、信息高速公路、卫星通信等现代通信技术应用于数据的传递,使实现异地生产、分散化生产、网络化生产变得轻而易举。

(4) 柔性化。现代机械制造系统要求人员、设备和工艺对现代机械产品的多样化、更新快的特点和要求能迅速调整、应对和适应,以满足多变性的市场需求。

(5) 集成制造。各种技术(计算机技术、自动化技术、信息技术等)集成、功能集成、技术与管理集成、人与物集成等等,从而构成结构优化、功能综合、反应迅速、运行合理的集成制造系统是 21 世纪占主导地位的生产方式。

(6) 智能制造。基于计算机模拟技术、监测技术、控制技术的智能制造系统(IMS),可以取代或延伸部分脑力劳动,在制造过程中能自动监测其运行状态,在受到外界干扰或内部激励时能自动调整其参数,以达到最佳状态和具备自组织能力。

(7) 敏捷制造。为应对变幻莫测的产品市场和竞争环境,通过企业之间的联合与集成,形成具有高度柔性的制造系统,这就是敏捷制造模式,是更高层次的集成化和柔性化。

(8) 虚拟制造。面对确定的市场新机遇,将不同企业之间的联合与集成推进为虚拟公司的形式,对虚拟制造系统的性能进行全面评估和协调,以保证稳操胜券。

(9) 绿色制造。现代环保理念和资源消耗危机催生的绿色制造模式已经引起广泛重视,这种现代化的制造模式是人类可持续发展战略在现代制造业中的体现。

0.3 本课程的性质、任务及学习方法

金属材料及机械制造工艺学是一门综合了多种工艺技术的应用性学科,本课程的任务是以机械零件的制造过程为导向,延伸学习各种工艺技术,进而系统地掌握金属材料及机械制造工艺学的相关知识。鉴于以上特点和编写思路,学习本课程应紧扣以下两个要点:

(1) 强化理论与实践的结合。本课程应用性很强,必须实践先行或理论与实践并举,在“工”、“学”交替的过程中掌握各种工艺技术的系统化应用和机械制造的工艺原理。有条件应采用项目教学的模式,通过 2~3 个典型项目的实施掌握机械制造工艺的系统设计。即使没有工学结合的学习条件,也应观摩典型机械零件的制造全过程,并辅以生产录像、模拟加工等多媒体课件进行综合学习。

(2) 把握机械制造工艺规程的核心理念。机械制造以及机械零件加工的工艺规程的制订原则是优质、高效和低成本,即在一定的条件下,以最简便的方法、最快的速度、最小的劳动量和最低的费用,可靠地加工出符合图纸各项要求的产品。为此,必须透彻分析产品信息(原理、结构、技术要求、生产批量等),全面掌握现有条件(设备、场地、人员等),正确处理各方面的辩证关系(质量与成本、要求与可能、人员与设备、自制与外协等),因地制宜,综合考虑,选择最经济合理的加工方案。工艺规程不是一成不变的,它应适合工厂或地区条件,不断地反映其他新技术、新成果,及时地吸收先进工艺技术,不断地加以改进和完善。因此,工艺规程具有灵活性、先进性和发展性。这是学习机械制造工艺学必须把握的基本理念。



项目一 改变材料性能的方法



【知识目标】

1. 熟悉并掌握金属材料的常用力学性能，了解材料的物理、化学及工艺性能；
2. 理解铁碳相图及铁碳合金成分、组织、性能之间的关系；
3. 掌握一般金属材料的热处理方法；
4. 了解金属材料的塑性变形及强化方法。

【能力目标】

1. 具备检测金属材料常用力学性能的能力；
2. 具备通过热处理及其他强化方法改善金属材料力学性能及工艺性能的能力。

任务 1 金属材料的性能

在机械制造、交通运输、国防工业、石油化工和日常生活各个领域需要使用大量的工程材料。生产实践中，往往由于选材不当造成机械达不到使用要求或过早失效，因此了解和熟悉材料的性能成为合理选材、充分发挥工程材料内在性能潜力的重要依据。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中表现出来的性能，它包括力学性能和物理、化学性能等；工艺性能是指材料对各种加工工艺适应的能力，它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

1.1 力学性能

在机械制造领域选用材料时，大多以力学性能为主要依据。力学性能范围较广，按试验温度区分，可分为高温力学性能、常温力学性能和低温力学性能，这里主要介绍常温力学性能。

材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质不同，可分为静载荷、冲击载荷和疲劳载荷三种。

- (1) 静载荷：大小不变或变动很慢的载荷，例如床头箱对机床床身的压力。
- (2) 冲击载荷：突然增加或消失的载荷，例如空气锤锤头下落时锤杆所承受的载荷。
- (3) 疲劳载荷：周期性的动载荷，例如机床主轴在机床加工过程中承受的交变载荷。