

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

金属工艺学

主 编 常万顺 李继高
副主编 柯 鑫 张瑞霞

清华大学出版社

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

金属工艺学

主 编 常万顺 李继高
副主编 柯 鑫 张瑞霞

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

《金属工艺学》是高等工科院校机械类各专业必修技术基础课的教材,它主要研究工程材料的性能及其对加工工艺的影响;各种成形工艺方法本身的规律及其在机械制造中的应用和相互联系;金属机件的加工工艺过程和结构工艺性。

本书共分5篇。第1篇金属材料的基本知识,主要介绍金属材料的主要性能、金属的晶体结构与结晶、铁-碳合金、钢的热处理、常用金属材料及其选用等5个部分的内容。第2、3、4篇热成形工艺基础,主要介绍铸造成形、塑性成形、焊接成形三部分内容,系统阐述了各种热加工工艺方法及其特点、规律、应用与结构工艺性等内容。第5篇切削加工,主要介绍金属切削的基础知识、常用加工方法、典型表面加工分析等内容。

本书适合普通高等院校机械、材料类专业本科生及相关专业大专院校学生使用,也可供有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/常万顺,李继高主编.--北京:清华大学出版社,2015

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

ISBN 978-7-302-40910-6

I. ①金… II. ①常… ②李… III. ①金属加工—工艺学—高等学校—教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 166154 号

责任编辑:赵 斌 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.5 字 数:522 千字

版 次:2015 年 10 月第 1 版 印 次:2015 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:48.00 元

产品编号:060607-01

普通高等教育机电工程类应用型 本科规划教材编委会

主 任：吴昌林

副主任(以姓名首字母排序)：

陈小圻	李元科	容一鸣
孙立鹏	余世浩	

编 委(以姓名首字母排序)：

常万顺	陈晓岑	胡正前
李从权	李 硕	齐洪方
石从继	王晓进	杨家军

序

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应科学技术的发展、满足人才市场的需求,高等工程教育必须适时地进行调整和变化。专业的知识体系、教学内容在社会发展和科技进步的驱使下不断地伸展扩充,这是专业或课程边界变化的客观规律,而知识体系内容边界的再设计则是这种调整和变化的主观体现。为此,教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会与中国机械工程学会、清华大学出版社合作出版了《中国机械工程学科教程》(2008年出版),规划机械专业知识体系结构乃至相关课程的内容,为我们提供了一个平台,帮助我们持续、有效地开展专业的课程体系内容的改革。本套教材的编写出版就是在上述背景下为适应机电类应用型本科教育而进行的尝试。

本套教材在遵循机械专业知识体系基本要求的前提下,力求做到知识的系统性和实用性相结合,满足应用型人才培养的需要。

在组织编写时,我们根据《中国机械工程学科教程》的相关规范,按知识体系结构将知识单元模块化,并对应到各个课程及相关教材中。教材内容根据本专业对知识和技能的设置分成多个模块,既明确教材应包含的基本知识模块,又允许在满足基本知识模块的基础上增加特色模块,以求既满足基本要求又满足个性培养的需要。

教材的编写,坚持定位于培养应用型本科人才,立足于使学生既具有一定的理论水平,又具有较强的动手能力。

本套教材编写人员新老结合,在华中科技大学、武汉大学、武汉理工大学、江汉大学等学校老教师指导下,一批具有教学经验的年轻教师积极参与,分工协作,共同完成。

本套教材形成了以下特色:

(1) 理论与实践相结合,注重学生对知识的理解和应用。在理论知识讲授的同时,适当安排实践动手环节,培养学生的实践能力,帮助学生在理论知识和实际操作方面都得到很好的锻炼。

(2) 整合知识体系,由浅入深。对传统知识体系进行适当整合,从便于学生学习理解的角度入手,编排教材结构。

(3) 图文并茂,生动形象。图形语言作为机电行业的通用语言,在描述机械电气结构方面有其不可替代的优势,教材编写充分发挥这些优势,用图形说话,帮助学生掌握相应知识。

(4) 配套全面。在现代化教学手段不断发展的今天,多媒体技术已经广泛应用到教学中,本套教材编写过程中,也尽可能为教学提供方便,大部分教材有配套多媒体教学资源,以期构建立体化、全方位的教学体验。

本套教材以应用型本科教育为基本定位,同时适用于独立学院机电类专业教学。

作为机电类专业应用型本科教学的一种尝试,本套教材难免存在一些不足之处,希望读者在使用过程中,提出宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。



2012 年 6 月

前言

《金属工艺学》是高等工科院校机械类各专业必修技术基础课的教材,它主要研究工程材料的性能及强化工艺;各种成形工艺方法本身的规律及其相互联系;比较各种加工方法的特点和应用。

本书共分5篇。第1篇金属材料的基本知识,主要介绍金属材料的主要性能、金属的晶体结构与结晶、铁-碳合金、钢的热处理、常用金属材料及其选用等5个部分的内容。第2、3、4篇热成形工艺基础,主要介绍铸造成形、塑性成形、焊接成形三部分内容,系统阐述了各种热加工工艺方法及其特点、规律、应用与结构工艺性等内容。第5篇切削加工,主要介绍金属切削的基础知识、常用加工方法、典型表面加工分析等内容。本书适合普通高等院校机械、材料类专业本科生及相关专业大专院校学生使用,也可供有关工程技术人员参考。

本书编写掌握如下原则:

(1) 在内容上力求做到以实践为基础,注重教材的理论性及实用性,并适当拓宽知识面,力图反映近年来在工程材料和制造工艺领域的最新成果。

(2) 理论联系实际,注意多用典型实例分析,以便于学生牢固掌握基本内容,培养学生的综合工程技术能力。

(3) 在叙述上,图文并茂、深入浅出、直观形象,便于教学。

(4) 每章均有一定数量的复习思考题,以便学生掌握每章内容要点,并培养学生利用所学知识分析问题和解决问题的能力。

(5) 本教材在使用国标规定的术语时,考虑到贯彻新国标应有的历史延续性,所以也兼顾了长期沿用的名称和定义,并尽可能使两者达到统一。

参加本书编写的人员有武汉理工大学华夏学院:常万顺(第3篇),柯鑫(第1篇);江汉大学文理学院:李继高(第2、5篇),张倩(第2篇第5、6章);武汉科技大学城市学院:张瑞霞(第4篇)。

本书承李启友主审,对教材的编写提出了许多具体的指导;在编写过程中,参阅了国内外相关资料、文献和教材,并得到了专家和同行的指导,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者的水平和经验所限,书中难免存在不妥之处,敬请同行与读者批评指正。

编者

2015年6月

目 录

0 绪论	1
0.1 本课程的性质和内容	1
0.2 本课程的目的、任务和特点	2
0.2.1 本课程的目的	2
0.2.2 本课程的主要任务	2
0.2.3 本课程的主要特点	2
0.3 机械制造技术的发展简史	3

第 1 篇 金属材料的基本知识

第 1 章 金属材料的主要性能	7
1.1 金属材料的力学性能	7
1.1.1 强度与塑性	7
1.1.2 刚度	9
1.1.3 强度	9
1.1.4 硬度	10
1.1.5 冲击韧性	12
1.1.6 疲劳强度	12
1.2 金属材料的物理、化学及工艺性能	13
1.2.1 金属的物理性能	13
1.2.2 金属的化学性能	13
1.2.3 金属的工艺性能	13
复习思考题	14
第 2 章 金属的晶体结构与结晶	15
2.1 金属材料的晶体结构	15
2.1.1 纯金属的晶体结构	16

2.1.2 实际金属的晶体结构	17
2.2 纯金属的结晶	20
2.2.1 纯金属的冷却曲线	20
2.2.2 纯金属的结晶过程	20
2.2.3 纯铁的同素异构转变	21
2.2.4 金属结晶后晶粒的大小及其控制	22
2.3 合金的晶体结构与合金的结晶过程	23
2.3.1 基本概念	23
2.3.2 合金的晶体结构	24
2.3.3 合金的结晶过程	25
复习思考题	26
第3章 铁-碳合金	27
3.1 铁-碳合金的基本相和组织	27
3.2 铁-碳合金相图	27
3.2.1 Fe-Fe ₃ C 相图分析	29
3.2.2 相图中的铁-碳合金分类	30
3.2.3 典型铁-碳合金的平衡结晶过程	30
3.2.4 含碳量对铁-碳合金组织和力学性能的影响	32
3.2.5 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	33
复习思考题	34
第4章 钢的热处理	35
4.1 概述	35
4.2 退火和正火	36
4.2.1 退火	36
4.2.2 正火	38
4.3 淬火和回火	38
4.3.1 淬火	38
4.3.2 回火	40
4.4 表面淬火和化学热处理	41
4.4.1 表面淬火	41
4.4.2 化学热处理	42
复习思考题	42
第5章 常用金属材料及其选用	43
5.1 工业用钢	43
5.1.1 钢中常存杂质元素对钢的性能的影响	43
5.1.2 钢的分类	44

5.1.3 钢的牌号和用途	44
5.2 有色金属及其合金	46
5.2.1 铝及其合金	46
5.2.2 铜及其合金	48
复习思考题	51

第2篇 铸造成形

第1章 铸造成形工艺基础	55
1.1 液态合金的充型能力	55
1.1.1 合金的流动性	55
1.1.2 浇注条件	56
1.1.3 铸型填充条件	56
1.2 铸件的凝固与收缩	57
1.2.1 铸件的凝固方式	57
1.2.2 铸造合金的收缩	58
1.2.3 铸件中的缩孔与缩松	59
1.3 铸造内应力、变形和裂纹	61
1.3.1 铸造内应力	61
1.3.2 铸件的变形与防止	63
1.3.3 铸件的裂纹与防止	64
复习思考题	65
第2章 常用合金铸件的生产	66
2.1 铸铁件生产	66
2.1.1 铸铁件生产概述	66
2.1.2 灰铸铁件生产	69
2.1.3 可锻铸铁的生产	70
2.1.4 球墨铸铁的生产	71
2.1.5 蠕墨铸铁的生产	73
2.2 铸钢件生产	73
2.2.1 铸钢的类别和性能	73
2.2.2 铸钢的生产特点	74
2.3 铜、铝合金铸件生产	75
2.3.1 铸造铜合金	75
2.3.2 铸造铝合金	75
2.3.3 铜、铝合金铸件的生产特点	76
复习思考题	77

第3章 砂型铸造	78
3.1 砂型铸造工艺的基本知识	78
3.1.1 砂型铸造工艺过程	78
3.1.2 型砂和芯砂	79
3.1.3 砂型的组成	79
3.2 造型方法的选择	80
3.2.1 手工造型	80
3.2.2 机器造型	80
3.3 浇注位置和分型面的选择	83
3.3.1 浇注位置的选择原则	83
3.3.2 分型面的选择原则	84
3.4 工艺参数的选择	86
3.5 铸造工艺图	89
3.6 铸件的结构设计	92
3.6.1 铸造工艺对铸件结构的要求	92
3.6.2 合金铸造性能对铸件结构的要求	94
复习思考题	97
第4章 特种铸造	99
4.1 金属型铸造	99
4.2 熔模铸造	100
4.3 压力铸造	100
4.4 低压铸造	101
4.5 离心铸造	102
4.6 实型铸造	103
4.7 各种铸造方法的选择	103
复习思考题	104
第5章 铸造成形新工艺简介	105
5.1 悬浮铸造	105
5.2 半固态金属铸造	105
5.3 近终形状铸造	106
5.4 计算机数值模拟技术	107

第3篇 塑性成形

第1章 金属塑性成形工艺基础	111
1.1 金属塑性变形	111

1.1.1	金属的变形	111
1.1.2	金属塑性变形的实质	111
1.2	塑性变形对金属组织和性能的影响	113
1.2.1	金属的加工硬化	113
1.2.2	回复与再结晶	113
1.2.3	冷变形与热变形(冷加工与热加工)	114
1.2.4	纤维组织变化	115
1.3	金属的可锻性	116
1.3.1	金属的本质(内在因素)	116
1.3.2	加工条件(外在因素)	117
	复习思考题	118
第2章	自由锻造	119
2.1	自由锻造的特点及设备	119
2.2	自由锻的基本工序	120
2.2.1	镦粗	120
2.2.2	拔长	120
2.2.3	冲孔	120
2.2.4	切割	121
2.2.5	弯曲	121
2.2.6	错移	121
2.2.7	扭转	121
2.3	自由锻造工艺规程的制定	122
2.3.1	锻件图的绘制	122
2.3.2	坯料质量和尺寸的计算	122
2.3.3	选择锻造工序	123
2.3.4	选择锻造设备	124
2.3.5	确定锻造温度范围	124
2.3.6	填写工艺卡	124
2.4	自由锻件结构的工艺性	126
	复习思考题	127
第3章	模锻	129
3.1	锤上模锻	129
3.1.1	锻模结构	129
3.1.2	锤上模锻工艺规程的制定	131
3.1.3	模锻件结构的工艺性	135
3.2	胎模锻	136
3.2.1	胎模的种类	137

3.2.2 胎模锻的工艺举例	137
3.3 压力机上模锻	137
3.4 常用锻造方法比较	139
复习思考题	139
第4章 冲压	141
4.1 概述	141
4.2 分离工序	142
4.2.1 冲裁变形和分离过程	142
4.2.2 冲裁件的断面质量及其影响因素	143
4.2.3 凸、凹模的间隙	144
4.2.4 凸、凹模刃口尺寸的确定	144
4.2.5 冲裁力的计算	145
4.2.6 冲裁件的排样	145
4.2.7 修整	145
4.2.8 切断	146
4.3 变形工序	146
4.3.1 弯曲	146
4.3.2 拉深	146
4.3.3 翻边	149
4.3.4 旋压	149
4.3.5 缩口	150
4.3.6 起伏	150
4.3.7 胀形(橡胶成形)	150
4.4 冲压件结构设计要求	151
复习思考题	152
第5章 其他塑性成形工艺方法	153
5.1 轧制	153
5.2 挤压	155
5.3 拉拔	156
复习思考题	157
第6章 塑性成形新工艺简介	158
6.1 精密模锻	158
6.2 精密冲裁	158
6.3 超塑性成形	160
6.4 高速高能成形	161
6.5 数控冲压	163
复习思考题	164

第 4 篇 焊 接 成 形

第 1 章 电弧焊..... 167

1.1 焊接的基本理论 167

1.1.1 焊接电弧 167

1.1.2 焊接接头的组织与性能 168

1.1.3 焊接应力与变形 169

1.2 焊条电弧焊 172

1.2.1 焊条电弧焊的焊接过程 173

1.2.2 焊条电弧焊的特点 173

1.2.3 电焊条 173

1.2.4 焊接工艺参数 176

1.3 埋弧焊 177

1.3.1 埋弧焊的焊接过程及原理 178

1.3.2 埋弧自动焊的特点和应用范围 178

1.3.3 埋弧自动焊的焊接工艺 179

1.4 气体保护焊 180

1.4.1 氩弧焊 180

1.4.2 CO₂ 气体保护焊 181

1.5 等离子弧焊 182

1.5.1 等离子弧的产生机制 182

1.5.2 等离子弧焊的特点 183

1.5.3 等离子弧焊的应用 183

复习思考题 183

第 2 章 其他常用焊接方法..... 184

2.1 电阻焊 184

2.1.1 点焊 184

2.1.2 缝焊 185

2.1.3 对焊 185

2.2 摩擦焊 186

2.3 钎焊 187

2.4 电渣焊 188

2.5 真空电子束焊接 189

2.6 激光焊接 190

2.7 超声波焊接 190

2.8 爆炸焊接 191

复习思考题 191

第3章 常用金属材料的焊接	192
3.1 金属材料的焊接性	192
3.1.1 金属焊接性的概念	192
3.1.2 金属焊接性的评定	192
3.2 碳钢的焊接	193
3.2.1 低碳钢的焊接	194
3.2.2 中碳钢的焊接	194
3.2.3 高碳钢的焊接	194
3.3 合金结构钢的焊接	194
3.3.1 低合金结构钢的焊接	194
3.3.2 不锈钢的焊接	194
3.4 铸铁的补焊	195
3.5 铝、铜及其合金的焊接	196
3.5.1 铝及铝合金的焊接	196
3.5.2 铜及铜合金的焊接	197
复习思考题	197
第4章 焊接结构工艺性	199
4.1 焊接结构件材料的选择	199
4.2 焊接方法的选择	200
4.3 焊接接头及坡口形式设计	200
4.4 焊缝的布置	203
4.5 焊接结构工艺设计	206
复习思考题	207
第5章 焊接过程自动化	208
5.1 计算机辅助焊接技术	208
5.2 焊接机器人	209
5.3 焊接柔性生产系统	210
复习思考题	211

第5篇 切削加工

第1章 金属切削加工的基础知识	215
1.1 切削运动和切削要素	215
1.1.1 零件表面的形成和切削运动	215
1.1.2 切削要素	216
1.2 刀具材料及结构	218

1.2.1	刀具材料	218
1.2.2	刀具角度	220
1.2.3	刀具的结构	224
1.3	金属切削过程	225
1.3.1	切屑的形成及其种类	225
1.3.2	积屑瘤	227
1.3.3	切削力和切削功率	227
1.3.4	切削热的产生与传导	229
1.3.5	刀具磨损和刀具耐用度	230
1.3.6	切削液的选用	231
1.3.7	工件材料的切削加工性	231
	复习思考题	232
第2章	金属切削机床的基本知识	234
2.1	机床的类型和基本构造	234
2.1.1	切削机床的类型	234
2.1.2	切削机床的基本构造	236
2.2	机床的传动	236
2.2.1	机床的机械传动	236
2.2.2	机床的液压传动	243
	复习思考题	244
第3章	常用加工方法综述	246
3.1	车床及其加工	246
3.1.1	车床的种类和用途	247
3.1.2	车床的组成	247
3.1.3	车削的应用及其工艺特点	247
3.2	铣床及其加工	248
3.2.1	铣床的种类和用途	248
3.2.2	铣床的组成	248
3.2.3	铣削的应用及其工艺特点	248
3.3	磨床及其加工	252
3.3.1	磨床的种类和用途	252
3.3.2	磨床的组成	252
3.3.3	砂轮	253
3.3.4	磨削的应用及其工艺特点	254
3.4	钻床、镗床及其加工	256
3.4.1	钻床及其加工	257
3.4.2	镗床及其加工	260

3.5 刨床、插床、拉床及其加工	262
3.5.1 刨床及其加工	262
3.5.2 插床及其加工	263
3.5.3 拉床及其加工	265
复习思考题	266
第4章 精密加工和特种加工	267
4.1 精密加工	267
4.1.1 研磨	267
4.1.2 珩磨	268
4.1.3 超级光磨	269
4.1.4 抛光	269
4.2 特种加工	270
4.2.1 电火花加工	270
4.2.2 电解加工	271
4.2.3 超声波加工	272
4.2.4 高能束加工	273
复习思考题	274
第5章 典型表面加工分析	275
5.1 外圆表面的加工	275
5.1.1 外圆表面的结构特点和技术要求	275
5.1.2 外圆表面的加工方案	276
5.2 内圆表面的加工	277
5.2.1 内圆表面的技术要求	277
5.2.2 内圆表面的加工方案	277
5.3 平面的加工	278
5.3.1 平面的技术要求	279
5.3.2 平面的加工方案	279
5.4 成形表面的加工	279
5.4.1 成形面的技术要求	280
5.4.2 成形面加工方法的分析	280
5.5 螺纹表面的加工	281
5.5.1 螺纹的类型	281
5.5.2 螺纹表面的技术要求	281
5.5.3 螺纹表面的加工方法	282
5.6 齿轮齿形的加工	283
5.6.1 齿轮表面的技术要求	284
5.6.2 齿轮表面的加工方法	284
复习思考题	287