

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

机械制造基础

主 编 武 同

副主编 陈 晓 郭伟民 王均杰



科学出版社

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

机械制造基础

主 编 武 同

副主编 陈 晓 郭伟民 王均杰

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本教材是按照高职高专机械类学科专业设置、人才培养方案和课程教学大纲的要求,组织具有多年教学 and 实践经验的一线专业教师编写而成。主要包括: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、常用钢铁材料、有色金属及其合金、非金属材料、铸造、塑性成形加工技术、焊接、典型零件的选材及工艺分析等内容。

本书可作为高职高专类工科院校、高等工科院校机械类专业教材和参考书,也可作为机械制造工程技术人员的学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/武同主编. —北京:科学出版社, 2015.6

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

ISBN 978-7-03-045010-4

I. ①机… II. ①武 III. ①机械制造-高等学校-教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 130820 号

责任编辑: 于海云 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

文林印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张: 17 1/2

字数: 414 000

定价: 40.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

普通高等教育机电大类应用型系列规划教材

编 委 会

主任委员

贾积身 河南机电高等专科学校副校长

副主任委员

赵玉奇 河南化工职业学院副院长

王庆海 河南机电职业学院副院长

张占杰 洛阳职业技术学院教务处长

郭天松 河南工业贸易职业学院教务处副处长

委 员（按姓名笔画为序）

王东辉 河南职业技术学院机电工程系副主任

朱跃峰 开封大学机械与汽车工程学院院长

张凌云 鹤壁职业技术学院机电工程学院院长

赵 军 济源职业技术学院机电工程系主任

胡修池 黄河水利职业技术学院机电工程系主任

娄 琳 漯河职业技术学院机电工程系主任

《机械制造基础》编委会

主 编 武 同

副主编 陈 晓 郭伟民 王均杰

参 编 杨晓红 陈银银

前 言

本书是高职职业教育规划教材，是高等职业院校机械类、近机械类专业的通用教材，也可供相关工程技术人员、企业管理人员选用或参考。

本书根据高职高专院校的教学特点，遵循“以就业为导向，工学结合”的原则，突出应用性和实践性，以必需、够用的基本理论知识为基础，以工程材料及其毛坯成形工艺为主线，力求理论与实践紧密结合，内容深入浅出。

本书共 11 模块，主要包括：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、常用钢铁材料、有色金属及其合金、非金属材料与复合材料、铸锻焊热加工工艺和应用、典型零件的选材及工艺路线等。通过课程的学习，了解常用工程材料的成分、组织结构与性能的关系及变化规律，掌握常用工程材料的牌号、性能、用途及选用原则，掌握制订热加工成形工艺的方法，掌握对典型零件进行选材及制订工艺路线等，从而为后续专业课程学习和毕业后从事机械及相关工作打下基础。

参加本书编写的有河南职业技术学院武同（模块 4，模块 11），河南职业技术学院郭伟民（模块 1，模块 7），郑州职业技术学院王均杰（模块 2，模块 3），鹤壁职业技术学院杨晓红（绪论，模块 8，模块 9），河南工业贸易职业学院陈银银（模块 6，模块 10），河南省经贸工程技术学校陈晓（模块 5）。全书由武同主编，陈晓、王均杰、郭伟民副主编。

在本书的编写过程中，编者借鉴、参考和引用了其他优秀教材的部分内容和其他书刊、网络文章的相关内容，在此对相关作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 4 月

目 录

绪论	1
模块一 金属材料的力学性能	3
1.1 强度和塑性	3
1.1.1 拉伸试验与拉伸曲线	3
1.1.2 强度指标	5
1.1.3 塑性指标	6
1.2 硬度	6
1.2.1 布氏硬度	7
1.2.2 洛氏硬度	8
1.2.3 维氏硬度	9
1.3 冲击韧性	10
1.4 疲劳强度	10
习题	11
模块二 金属的晶体结构与结晶	12
2.1 金属的晶体结构	12
2.1.1 晶体与非晶体	12
2.1.2 晶体结构的基本概念	13
2.1.3 金属晶格的类型	14
2.1.4 实际晶体结构	16
2.2 纯金属的结晶	18
2.2.1 冷却曲线及过冷	18
2.2.2 结晶过程	19
2.2.3 晶粒大小与细化晶粒的方法	20
2.3 合金的晶体结构与结晶	21
2.3.1 基本概念	21
2.3.2 固态合金的相结构	22
2.4 二元合金相图	24
2.4.1 二元合金相图建立过程	24
2.4.2 二元合金相图基本类型	25
习题	29

模块三 铁碳合金	30
3.1 理论阐释	30
3.1.1 同素异晶转变	31
3.1.2 铁碳合金的相	32
3.2 铁碳合金相图	34
3.2.1 特性点	35
3.2.2 特性线	35
3.2.3 相区	36
3.2.4 铁碳合金分类	36
3.2.5 铁碳合金结晶过程	37
3.3 铁碳合金成分、组织和性能的变化规律	44
3.4 铁碳合金相图的应用	45
3.4.1 铁碳合金相图在选材上的应用	45
3.4.2 铁碳合金相图在铸造上的应用	45
3.4.3 铁碳合金相图在锻压上的应用	46
3.4.4 铁碳合金相图在焊接上的应用	46
3.4.5 铁碳合金相图在热处理上的应用	46
3.4.6 铁碳合金相图在切削加工上的应用	46
3.4.7 铁碳合金相图应用时需注意的问题	46
习题	47
模块四 钢的热处理	48
4.1 概述	48
4.1.1 热处理定义	48
4.1.2 热处理的工艺过程	49
4.1.3 热处理的分类	49
4.1.4 钢在加热和冷却时的临界点	50
4.2 钢在加热时的组织转变	50
4.2.1 共析钢的奥氏体化过程	50
4.2.2 奥氏体晶粒大小及其影响因素	51
4.3 钢在冷却时的组织转变	52
4.3.1 基本概念	52
4.3.2 过冷奥氏体等温转变曲线	52
4.3.3 过冷奥氏体连续冷却转变曲线	56
4.4 普通热处理	57
4.4.1 钢的退火和正火	57
4.4.2 钢的淬火和回火	59
4.5 表面热处理	64
4.5.1 表面热处理的目的及分类	64

4.5.2	表面淬火	64
4.5.3	钢的化学热处理	66
4.6	常用热处理设备	67
4.6.1	加热设备	67
4.6.2	冷却设备	69
4.7	热处理工艺过程中常见缺陷及预防	70
4.7.1	过热与过烧	70
4.7.2	氧化与脱碳	70
4.7.3	变形与开裂	72
	习题	72
模块五	常用钢铁材料	74
5.1	钢中常存元素与合金元素	74
5.1.1	钢中常存元素对钢性能的影响	74
5.1.2	合金元素在钢中存在的形式	75
5.1.3	合金元素在钢中的作用	75
5.2	钢的分类编号	78
5.2.1	钢的分类	78
5.2.2	碳素钢的编号	79
5.2.3	合金钢的编号	80
5.3	结构钢	80
5.3.1	碳素结构钢	80
5.3.2	低合金结构钢	81
5.4	机械结构用合金钢	82
5.4.1	合金渗碳钢	82
5.4.2	合金调质钢	84
5.4.3	合金弹簧钢	85
5.4.4	滚动轴承钢	86
5.4.5	易切削钢	88
5.4.6	超高强度钢	89
5.5	工具钢	90
5.5.1	刃具钢	90
5.5.2	量具钢	93
5.5.3	模具钢	94
5.6	特殊性能钢	96
5.6.1	不锈钢	96
5.6.2	耐热钢	97
5.6.3	耐磨钢	98
5.7	铸铁	99
5.7.1	铁碳合金双重相图	99

5.7.2	铸铁的石墨化过程	100
5.7.3	铸铁的分类	100
5.7.4	工业常用铸铁	101
习题		106
模块六	有色金属及其合金	107
6.1	铝及铝合金	108
6.1.1	工业纯铝	108
6.1.2	铝合金	109
6.1.3	形变铝合金	111
6.1.4	铸造铝合金	111
6.2	铜及铜合金	112
6.2.1	纯铜	113
6.2.2	铜的合金化和铜合金的分类及编号	113
6.2.3	黄铜	116
6.2.4	青铜	117
6.2.5	白铜	119
6.3	钛及其合金	119
6.3.1	纯钛	119
6.3.2	钛合金	120
6.3.3	钛及钛合金的热处理	120
6.4	镁及其合金	121
6.4.1	纯镁	121
6.4.2	镁合金	121
6.4.3	工业常用镁合金	122
6.4.4	镁合金的热处理	122
6.5	轴承合金	123
6.5.1	滑动轴承合金的分类及牌号	123
6.5.2	常用滑动轴承合金	124
习题		126
模块七	非金属材料	127
7.1	高分子材料	127
7.1.1	高分子材料的分类	128
7.1.2	塑料	128
7.1.3	橡胶	131
7.1.4	纤维	134
7.1.5	涂料	134
7.1.6	胶黏剂	135
7.2	陶瓷材料	135
7.2.1	陶瓷材料的性能	135

7.2.2 陶瓷材料的分类	136
7.2.3 传统陶瓷	136
7.2.4 特种陶瓷	136
7.3 复合材料	138
7.3.1 复合材料的基本类型与组成	138
7.3.2 复合材料的性能特点	138
7.3.3 纤维增强材料	139
7.3.4 玻璃纤维增强塑料	140
习题	140
模块八 铸造	141
8.1 铸造工艺基础	142
8.1.1 液态合金充型理论	142
8.1.2 铸件的收缩	144
8.1.3 铸造内应力、变形和裂纹	146
8.1.4 铸件中的气孔	147
8.1.5 铸件的常见缺陷	148
8.2 普通型砂铸造	149
8.2.1 砂型铸造的工艺过程	149
8.2.2 造型方法选择	150
8.2.3 浇注位置与分型面的选择	157
8.2.4 工艺参数的选择	159
8.3 特种铸造	162
8.3.1 熔模铸造	162
8.3.2 金属型铸造	165
8.3.3 压力铸造	166
8.3.4 低压铸造	168
8.3.5 离心铸造	169
8.4 各种铸造方法的比较	170
8.5 铸件结构设计	171
8.5.1 砂型铸造工艺对铸件结构设计的要求	171
8.5.2 合金铸造性能对铸件结构设计的要求	173
习题	176
模块九 塑性成形加工技术	177
9.1 金属的塑性变形基础	178
9.1.1 金属塑性变形的实质	178
9.1.2 塑性变形后金属的组织 and 性能	179
9.1.3 金属的冷变形和热变形	180
9.1.4 金属的锻造性能与锻造比	181

9.2 自由锻	183
9.2.1 自由锻的基本工序	183
9.2.2 自由锻工艺规程的制定	184
9.2.3 高合金钢锻造特点	185
9.3 模型锻造	186
9.3.1 锤上模锻	187
9.3.2 胎模锻	194
9.3.3 摩擦压力机上模锻	196
9.3.4 曲柄压力机上模锻	197
9.3.5 平锻机上模锻	199
9.4 板料冲压	201
9.4.1 分离工序	201
9.4.2 变形工序	203
9.4.3 冲模的分类和构造	206
9.4.4 板料冲压件结构工艺性	208
9.5 特种成形工艺	210
9.5.1 精密模锻	211
9.5.2 零件的轧制	211
9.5.3 零件的挤压	214
9.5.4 超塑性成形	215
9.5.5 摆动碾压	217
习题	218
模块十 焊接	221
10.1 焊接概述	221
10.1.1 金属连接的方式	221
10.1.2 焊接的定义	222
10.1.3 焊接分类	222
10.1.4 焊接的特点	222
10.1.5 焊接技术发展史	222
10.1.6 焊接技术的新发展	223
10.2 焊接安全与防护	223
10.2.1 焊接安全生产的重要性	223
10.2.2 预防触电	223
10.2.3 预防火灾和爆炸	224
10.2.4 焊接过程中的有害因素	225
10.2.5 焊接劳动保护	226
10.3 手工焊条电弧焊	227
10.3.1 焊条电弧焊原理	227
10.3.2 焊条电弧焊特点	228
10.3.3 常用电焊条的特点	228

10.3.4 坡口形式与焊接位置	229
10.3.5 焊接工艺	230
10.4 埋弧焊	233
10.4.1 埋弧焊简介	233
10.4.2 埋弧焊的焊接材料	235
10.4.3 焊接电弧自动调节原理	235
10.4.4 埋弧焊焊接工艺	237
10.4.5 埋弧焊缺陷及防止措施	238
10.5 气体保护焊	239
10.5.1 气体保护焊简介	239
10.5.2 CO ₂ 气体保护焊	240
10.5.3 钨极氩弧焊	242
10.6 其他焊接方法	245
10.6.1 钎焊	245
10.6.2 电阻焊	245
10.6.3 等离子弧焊	246
10.6.4 电子束焊	246
10.6.5 激光焊	246
10.7 焊接缺陷与焊缝质量检验	246
10.7.1 焊接缺陷	247
10.7.2 焊接检验概述	249
10.7.3 焊接检验	250
习题	253
模块十一 典型零件的选材及工艺分析	254
11.1 机械零件的失效形式	254
11.1.1 机械零件的失效形式分析	254
11.1.2 机械零件的失效原因分析	256
11.2 选用材料的一般原则	257
11.2.1 使用性能原则	257
11.2.2 工艺性能原则	258
11.2.3 经济性原则	259
11.2.4 选择材料的一般方法	259
11.3 典型零件选材及应用	260
11.3.1 机床零件的用材分析	260
11.3.2 汽车零件的用材分析	261
11.3.3 热能装置的用材分析	261
11.3.4 典型零件的选材实例	262
习题	265
参考文献	266

绪 论

一、课程的性质和地位

机械制造基础是一门将机械专业现有的金属工艺学、机械工程材料及热处理、工模具材料及失效三门技术基础课和专业课进行整合后的一门新课程体系教材。它系统地介绍了机械工程和工模具材料的类型、力学性能、成型方法，工模具对材料要求、选材方法，及机械和工模零件的失效，是机械类专业的一门重要课程。

机械工业是国民经济中十分重要的产业，其中的材料是决定机械和工模具的工作性能和寿命的关键之一。材料与能源、信息构成了当今三大支柱产业，它是人类生产和生活的物质基础，人类社会的历史证明，生产技术的进步和生活水平的提高与新材料的应用息息相关。

作为一个机械工业中高技能、应用型人才或高水平研究型人才，都必须掌握、甚至要求精通材料工程基础知识。

二、课程的内容与特点

本课程的内容主要包括：材料基本性能、材料结构基本知识、金属材料热处理基本知识、金属的热加工、金属材料的选取等内容。

本教材有下列特点：

1. 构成了新的结构体系

它突破了传统的学科内容结构，综合了传统的金属工艺学、工程材料及热处理、工模具材料及失效三门课程的内容。

2. 打破了传统的课程界线

长期以来在工科院校中执行的公共基础课、专业基础课、专业课的三段制教学模式的课程结构，自立体系，泛泛介绍，针对性、实践性差，本课程强调专业基础课必须针对专业课，以此介绍了材料的基础知识。

3. 涵盖了较广的基础知识

以材料为中心。重点突出金属材料，简要介绍高分子材料，了解复合材料的发展。

以制造为主线。突出铸锻成形工艺的基本方法，重点保证焊接结构的质量。

以应用为目标。紧密结合实际、注意实践应用，强调理论与技能结合，着重培养学生应用基础知识解决工程实际问题的能力。

三、培养目标

机械制造基础课程的教学目标是培养学生掌握机械零件常用材料的基本知识、热处理知识、毛坯生产方法,培养学生选择机械零件材料、毛坯生产方法、热处理方法的能力。通过完成典型零件生产过程的设计训练,培养学生分析问题、解决问题的能力及团队协作能力。具体如下:

1. 方法能力目标

具有较好的学习新知识和技能的能力;具有较好的分析和解决问题的方法能力;具有通过查找资料、文献获取信息的能力;具有制订、实施工作计划的能力。

2. 社会能力目标

具有严谨的工作态度和较强的质量和成本意识;具有较强的敬业精神和良好的职业道德;具有较强的沟通能力及团队协作精神。

3. 专业能力目标

能使用硬度计检测材料硬度;能根据机械零件的性能、应用范围,正确确定典型机械零件的材料种类和牌号;能根据机械零件的结构和用途,选择典型机械零件的毛坯生产方法;能根据机械零件的材料和性能要求,选择典型零件的热处理方法;能根据机械零件的材料种类、毛坯种类及用途,合理安排典型机械零件的加工路线;能根据机械零件的材料、毛坯、生产方法等,正确分析零件结构工艺性。

四、课程学习要求

本教材是高职高专院校机电类专业的必学教材,它适合于机械类所有专业。

通过本课程的理论教学以及与实践环节的配合,应使学生:

1. 了解工程材料结构组织和性能、常用材料的类型和力学性能、铸造性能、塑性加工、焊接工艺的基本原理、机械和模具零件的选择方法。

2. 熟悉热处理的组织转变、表面热处理和化学热处理的类型和目的及应用、铸造成形、塑性加工、焊接工艺的基本方法。

3. 掌握工程材料力学性能、铁碳合金状态图,普通热处理基本类型和目的,铸造成形、塑性加工、焊接工艺、主要工艺参数和应用、机械和模具失效的基本方式和典型零件的常用材料。

通过本课程的学习,要求学生达到利用课程理论知识,结合技能训练,综合解决有关由机械和模具零件工作条件为依据,合理选择材料和成型方法,防止零件失效,提高零件使用寿命的基本方法和知识。

模块一 金属材料的力学性能

知识目标:

1. 掌握材料的主要力学性能指标及含义;
2. 掌握拉伸实验过程及相关指标概念和意义;
3. 掌握各种硬度实验测试方法和应用范围;
4. 了解冲击实验方法和所测指标的意义。

技能目标:

掌握材料力学性能指标的测量方法。

教学重点:

材料的力学性能指标。

教学难点:

拉伸实验过程及各阶段分析。

金属材料广泛应用于工业生产各领域,是工业生产和生活中必不可少的物质基础,对现代科学技术发展和国民经济建设有重要作用。金属材料的力学性能直接关系到机械产品的质量、使用寿命和成本,是机械零件设计、选材、拟定加工工艺方案的重要依据,故学习金属材料的力学性能对合理使用各种金属材料具有重要的意义。金属材料力学性能的测试方法是工程技术人员必备的基础知识。

材料的力学性能是指材料在不同环境(如温度、介质、湿度)下,承受各种外加载荷(拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击、交变应力等)时所表现出的力学特征。

本模块全面系统地介绍了金属材料的各种力学性能测试方法,并归纳出了常用金属材料力学性能指标,包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

1.1 强度和塑性

对同一种钢材,人们既想要它有较高的强度,也希望它有较高的塑性,以增加韧性,但这二者之间往往是矛盾的,那该如何选择呢?我们应该根据工程实际需要在二者中权衡选择。生产实际中通常使用拉伸试验来测定机械零件的强度和塑性。

1.1.1 拉伸试验与拉伸曲线

拉伸试验是标准拉伸试样在静态轴向拉伸力不断作用下以规定的拉伸速度拉至断裂,并在拉伸过程中连续记录力与伸长量,从而求出其强度判据和塑性判据的力学性能试验。

1. 拉伸试样

拉伸试样的形状通常有圆柱形和板状两类。图 1-1 (a) 所示为圆柱形拉伸试样。在圆柱形拉伸试样中 d_0 为试样直径， l_0 为试样的标距长度，根据标距长度和直径之间的关系，试样可分为长试样 ($l_0 = 10d_0$) 和短试样 ($l_0 = 5d_0$)。

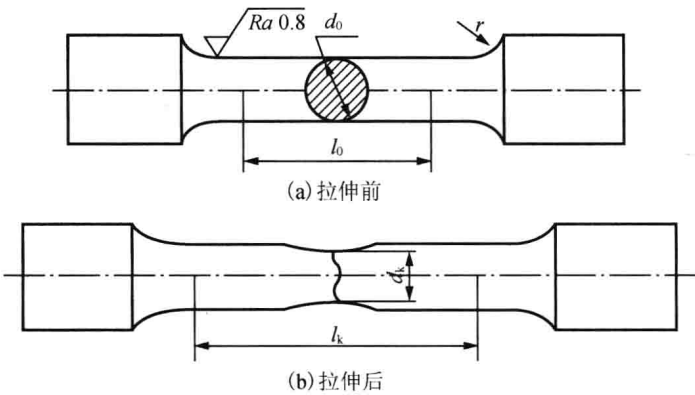


图 1-1 圆形拉伸试样

2. 拉伸曲线

试验时，将试样两端夹装在试验机的上、下夹头上，随后缓慢地增加载荷，随着载荷的增加，试样逐步变形而伸长，直到被拉断为止。图 1-1 (b) 所示为拉断后的试样。在试验过程中，试验机自动记录了每一瞬间外力 P 和伸长量 Δl ，并给出了它们之间的关系曲线，故称为拉伸曲线 (或拉伸图)。拉伸曲线反映了材料在拉伸过程中的弹性变形、塑性变形和直到拉断时的力学特性。

图 1-2 所示为低碳钢的拉伸曲线。由图可见，低碳钢试样在拉伸过程中，可分为以下几个阶段。

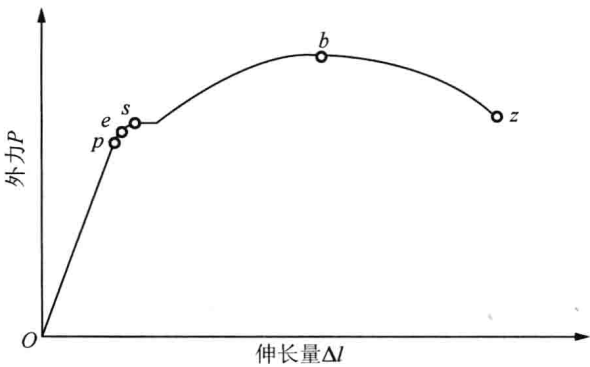


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

1) 弹性变形阶段 (Oe)

在此阶段，若将载荷卸除，则加载时产生的变形将全部消失，说明这个阶段内试件只产生弹性变形，故 Oe 段称为弹性阶段。初始段 Op 为直线，表明应力与应变成正比关系，