



国家级工程训练示范中心“十三五”规划教材

机械工程训练

主 编 魏德强 吕汝金 刘建伟

副主编 廖维奇 王喜社 桂 慧

清华大学出版社

国家级工程训练示范中心“十三五”规划教材

机械工程训练

主 编 魏德强 吕汝金 刘建伟

副主编 廖维奇 王喜社 桂 慧

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书为机械工程训练(金工实习)教材,由桂林电子科技大学组织编写。全书共分四篇13章,主要包括工程材料基础、铸造、锻压、焊接、金属热处理、车工、铣工、刨工、磨工、钳工、数控加工及特种加工等内容。本书内容力求精选,讲求实用,图文并茂,便于自学。

本书可作为高等院校工科、理科类学生机械工程训练指导教材,也可供高职、高专、成人高校有关学生和相关工程技术人员作为参考。

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

机械工程训练/魏德强,吕汝金,刘建伟主编.--北京:清华大学出版社,2016

国家级工程训练示范中心“十三五”规划教材

ISBN 978-7-302-42935-7

I. ①机… II. ①魏… ②吕… ③刘… III. ①机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第030551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:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23.25

字 数:562千字

版 次:2016年3月第1版

印 次:2016年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:44.00元(全两册)

产品编号:067957-01

国家级工程训练示范中心“十三五”规划教材

编审委员会

顾问

傅水根

主任

梁延德 孙康宁

委员(以姓氏首字母为序)

陈君若 贾建援 李双寿 刘胜青 刘舜尧

邢忠文 严绍华 杨玉虎 张远明 朱华炳

秘书

庄红权

前言



FOREWORD

本教材结合我校多年的机械工程实践教学经验,并考虑工程训练教学发展的新形势需要,参考了众多工程训练教材及技术文档编写而成。

机械工程训练是高等院校学生的重要实践教学环节之一,它是一门传授机械制造基础知识和技能的基础课。学生在训练过程中通过独立的实践操作,将有关机械制造的基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践等有机结合起来,了解新工艺、新材料在现代机械制造工程中的应用,拓宽工程视野,进行工程实践综合能力的训练及进行思想品德和素质的培养与锻炼;可以培养学生严谨的科学作风,让学生有更多的独立设计、独立制作和综合训练的机会,使学生动手动脑,并在求新求变和反复地归纳与比较中丰富知识,锻炼能力,从而提高学生的综合素质,培养创新精神和创新能力。

本教材编写中力求简明扼要,突出重点,注重基本概念,讲求实用,强调可操作性和便于自学,供学生在工程训练期间预习和复习使用。

本教材由桂林电子科技大学机电综合工程训练中心魏德强、吕汝金、刘建伟、廖维奇、王喜社和武汉轻工大学桂慧编写。其中,第1,2,3,5章由魏德强编写,第6,9章由吕汝金编写,第4,13章由刘建伟编写,第7,8章由廖维奇编写,第10,11章由王喜社编写,第12章由桂慧、廖维奇编写。

本教材在编写过程中,得到了桂林电子科技大学教学实践部领导和机电综合工程训练中心全体教职工的热情帮助和支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2015年9月

目 录

CONTENTS

第一篇 工程训练基础

第 1 章 工程材料基础	3
1.1 工程材料概述	3
1.2 金属材料	4
1.3 硬度	7
1.3.1 布氏硬度	8
1.3.2 洛氏硬度	9
1.3.3 维氏硬度	11
1.4 非金属材料	12
1.4.1 非金属材料的分类	12
1.4.2 高分子材料	12
1.4.3 陶瓷材料	14
1.5 复合材料	14

第二篇 热加工训练

第 2 章 铸造	17
2.1 铸造概述	17
2.2 造型与造芯	18
2.2.1 铸型的组成	18
2.2.2 造型(芯)材料	19
2.2.3 型(芯)砂的性能要求	20
2.2.4 型(芯)砂的制备	21
2.2.5 模样与芯盒	22
2.2.6 造型	22
2.2.7 造芯	28
2.2.8 浇注系统	29



2.2.9	冒口与冷铁	31
2.3	合金的熔炼与浇注	32
2.3.1	铸造合金种类	32
2.3.2	铸铁的熔炼	32
2.3.3	浇注工艺	35
2.4	铸件的落砂、清理及缺陷分析	36
2.4.1	落砂	36
2.4.2	清理	36
2.4.3	铸件缺陷分析	36
2.5	特种铸造	38
2.5.1	金属型铸造	38
2.5.2	熔模铸造	39
2.5.3	压力铸造	40
2.5.4	离心铸造	40
第3章	锻压	42
3.1	锻压概述	42
3.1.1	锻造	42
3.1.2	锻造分类	42
3.1.3	冲压	42
3.2	金属材料锻前加热	43
3.2.1	金属坯料加热方法	43
3.2.2	实习用锻造加热设备	44
3.3	钢的锻前加热	45
3.3.1	装料炉温	46
3.3.2	加热速度	46
3.3.3	均热保温	46
3.4	自由锻造	47
3.4.1	自由锻基本工艺及分析	47
3.4.2	自由锻常见的缺陷及其产生的原因	50
3.4.3	典型锻件自由锻工艺过程举例	50
3.5	胎模锻造	51
3.5.1	胎模锻	51
3.5.2	法兰盘胎模锻锻造工艺过程	53
3.6	板料冲压	53
3.6.1	冲床	53
3.6.2	板料冲压的基本工序	54
3.6.3	冲模模具	56

第 4 章 焊接	58
4.1 电弧焊	58
4.1.1 电弧焊的原理	58
4.1.2 焊接设备	59
4.1.3 焊条	60
4.1.4 电弧焊的焊接过程	62
4.1.5 电弧焊工艺参数的选择	63
4.2 气焊与气割	65
4.2.1 气焊	65
4.2.2 气割	68
4.2.3 气焊与气割的安全特点	69
4.3 常见焊接缺陷及其检验方法	69
4.3.1 焊接检验	69
4.3.2 常见的焊接缺陷	70
4.3.3 常用无损检测方法	71
4.4 其他焊接技术	75
4.4.1 电子束焊接技术	75
4.4.2 激光焊接技术	76
4.4.3 等离子弧焊技术	77
第 5 章 金属热处理	79
5.1 钢的热处理	79
5.1.1 钢的热处理概述	79
5.1.2 钢在加热时的转变	80
5.1.3 钢在冷却时的转变	81
5.2 钢的普通热处理	83
5.2.1 钢的退火和正火	83
5.2.2 钢的淬火和回火	85
5.2.3 钢的表面热处理	88
5.2.4 其他热处理	90
5.3 常用的热处理设备	91
5.3.1 加热设备	91
5.3.2 冷却设备	92
5.3.3 控温仪表	92
5.4 热处理常见缺陷	93
5.4.1 过热和过烧	93
5.4.2 氧化和脱碳	93
5.4.3 变形和开裂	94



5.4.4 软点和硬度不足	94
---------------------	----

第三篇 传统切削加工训练

第6章 金属切削加工基础	97
6.1 切削加工的基本概念	97
6.1.1 切削运动	97
6.1.2 切削加工过程中的工件表面	98
6.1.3 切削用量及选用	98
6.1.4 基准	99
6.2 刀具	100
6.2.1 刀具材料	100
6.2.2 刀具结构	102
6.2.3 刀具的刃磨	104
6.3 金属切削加工质量	105
6.3.1 加工精度	105
6.3.2 表面粗糙度	106
6.4 常用量具	106
6.4.1 游标卡尺	106
6.4.2 千分尺	108
6.4.3 百分表(千分表)	109
6.4.4 量规	111
6.4.5 万能角度尺	111
6.4.6 直角尺	112
第7章 普通车削加工	113
7.1 车削加工概述	113
7.1.1 车削加工工艺过程	113
7.1.2 切削液的选择	114
7.2 车床介绍	115
7.2.1 卧式车床的型号及主要技术规格	115
7.2.2 C6132型车床的组成部分及其作用	116
7.2.3 卧式车床的传动系统	118
7.3 车刀	118
7.3.1 常用车刀的种类和用途	118
7.3.2 车刀的安装	120
7.4 车床附件及工件的安装	120
7.4.1 三爪自定心卡盘	120
7.4.2 四爪单动卡盘	121

7.4.3	顶尖	122
7.4.4	心轴	125
7.4.5	中心架和跟刀架	125
7.4.6	花盘、弯板	127
7.5	车床操作要点	127
7.5.1	刻度盘及其手柄的使用	128
7.5.2	车削步骤	128
7.5.3	粗车和精车	129
7.5.4	车床安全操作规程	130
7.5.5	车削质量检验	131
7.6	典型车削加工工艺	132
7.6.1	车端面	133
7.6.2	车外圆和台阶	134
7.6.3	切槽与切断	135
7.6.4	孔加工	137
7.6.5	车圆锥面	138
7.6.6	车成形面	140
7.6.7	车螺纹	142
7.6.8	滚花	146
7.7	典型零件车削加工实例	146
7.7.1	车削加工应遵循的一般原则及其工艺的内容和步骤	146
7.7.2	盘套类零件的加工工艺	147
7.7.3	轴类零件的加工工艺	150
7.8	其他车床	152
7.8.1	转塔车床	152
7.8.2	立式车床	152
第8章	铣削、刨削、磨削加工	154
8.1	铣削加工	154
8.1.1	概述	154
8.1.2	常用铣床简介	156
8.1.3	铣刀及其安装	159
8.1.4	铣床的主要附件	161
8.1.5	铣削加工常用工件安装方法	164
8.1.6	各种表面的铣削加工	165
8.2	刨削加工	170
8.2.1	概述	170
8.2.2	牛头刨床	171
8.2.3	刨刀	172



8.2.4	刨削加工常用的工件安装方法	174
8.2.5	各种表面的刨削加工	174
8.3	磨削加工	176
8.3.1	概述	176
8.3.2	磨削运动	177
8.3.3	磨削用量	178
8.3.4	磨床	178
8.3.5	砂轮	181
8.3.6	各种表面的磨削加工	183
第9章	钳工	189
9.1	概述	189
9.2	划线	190
9.2.1	划线的作用和种类	190
9.2.2	划线工具	191
9.2.3	划线基准的选择	194
9.2.4	划线步骤	194
9.3	孔加工	196
9.4	锯削与锉削	197
9.4.1	锯削	197
9.4.2	锉削	199
9.5	錾削与刮削	202
9.5.1	錾削	202
9.5.2	刮削	204
9.6	攻螺纹和套螺纹	205
9.6.1	攻螺纹	205
9.6.2	套螺纹	207

第四篇 现代制造技术训练

第10章	数控加工基础	211
10.1	数控加工基础知识	211
10.2	数控机床的基本概念	214
10.3	数控加工的主要内容及常用术语	218
10.4	数控编程	226
10.5	数控加工工艺设计	232
第11章	数控车削加工	237
11.1	数控车床简介	237

11.2	数控车削加工工艺与工装	239
11.2.1	数控车削加工的工艺分析	239
11.2.2	数控车削加工工装	241
11.3	数控车削编程	244
11.3.1	常用数控系统简介	244
11.3.2	数控车削编程基础	244
11.3.3	数控车削典型零件编程	253
11.4	GSK 980TA 系统操作说明	256
11.4.1	系统面板和操作方式介绍	256
11.4.2	程序录入	260
11.4.3	程序编辑	261
11.4.4	程序校验	264
11.4.5	试切对刀	265
第 12 章	数控铣削加工	266
12.1	数控铣床基础知识	266
12.1.1	数控铣床的类型	266
12.1.2	数控铣床的加工工艺范围	267
12.1.3	数控铣床的组成	268
12.1.4	数控铣床的工作原理	269
12.1.5	数控铣床加工的特点	269
12.2	FANUC Series 0i-MD 数控系统操作说明	269
12.2.1	FANUC 0i 数控系统操作	270
12.2.2	机床操作面板	271
12.2.3	手动操作数控机床	272
12.3	数控铣削加工工艺	274
12.3.1	数控铣削的工艺性分析	274
12.3.2	零件图样的工艺性分析	274
12.3.3	保证基准统一的原则	276
12.3.4	分析零件的变形情况	276
12.3.5	零件的加工路线	278
12.4	数控铣削程序编程	279
12.4.1	数控编程的概念及步骤	279
12.4.2	数控铣程序的一般格式	280
12.4.3	数控铣基本编程方法	283
12.4.4	固定循环功能	288
12.4.5	数控铣削加工综合举例	291
12.5	加工中心程序编制	296
12.5.1	加工中心的特点	296



12.5.2	加工中心的主要加工对象	296
12.5.3	加工中心的指令与代码	297
12.5.4	常用指令编程	298
12.5.5	加工中心编程要点	298
12.5.6	编程实例	299
第 13 章	特种加工	303
13.1	电火花加工	303
13.1.1	电火花加工概述	303
13.1.2	电火花成形加工	304
13.1.3	电火花线切割加工	307
13.2	高能束加工	313
13.2.1	激光束加工	313
13.2.2	电子束加工	316
13.2.3	离子束加工	317
13.3	快速成形制造技术	319
13.3.1	原理与特点	319
13.3.2	典型设备	320
13.3.3	主要用途	321
13.4	其他特种加工方法	321
13.4.1	超声波加工	321
13.4.2	电化学加工	324
参考文献	327

第一篇

工程训练基础



工程材料基础

1.1 工程材料概述

翻开人类文明史,不难发现,材料的开发、使用和完善贯穿始终。从天然材料的使用到陶器和青铜器的制造,从钢铁冶炼到材料合成,人类成功地制造出满足自身需求的材料,进而走出深山、洞穴,奔向茫茫平原和辽阔海洋,飞向广袤的太空。

人类社会的发展历史证明,材料是人类生产与生活的物质基础,是社会进步与发展的前提。当今社会,材料、信息和能源技术已构成了人类现代社会大厦的三大支柱,而且能源和信息的发展都离不开材料,所以世界各国都把研究、开发新材料放在突出的地位。

材料是人类社会可接受、能经济地制造有用器件(或物品)的固体物质。工程材料是在各工程领域中使用的材料。工程上使用的材料种类繁多,有许多不同的分类方法,按化学成分、结合键的特点,可将工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类,见表 1-1。

表 1-1 工程材料分类

金属材料		非金属材料			复合材料
黑色金属材料	有色金属材料	无机非金属材料	有机高分子材料		
碳素钢、合金钢、铸铁等	铝、镁、铜、锌及其合金等	水泥、陶瓷、玻璃等	合成高分子材料(塑料、合成纤维、合成橡胶等)	天然高分子材料(木材、纸、纤维、皮革等)	金属基复合材料、塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料等

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料主要是铁基金属合金,包括碳素钢、合金钢、铸铁等;有色金属材料包括轻金属及其合金、重金属及其合金等。而非金属材料可分为无机非金属材料 and 有机高分子材料。无机非金属材料包括水泥、陶瓷、玻璃等,有机高分子材料包括塑料、橡胶及合成纤维等。上述两种或两种以上材料经人工合成后,获得的优于组成材料特性的材料称为复合材料。

工程材料按照用途可分为两大类,即结构材料和功能材料。结构材料通常指工程上对硬度、强度、塑性及耐磨性等力学性能有一定要求的材料,主要包括金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料等。功能材料是指具有光、电、磁、热、声等功能和效应的材料,包括半导体材料、磁性材料、光学材料、电解质材料、超导体材料、非晶和微晶材料、形状记忆合金等。

工程材料按照应用领域还可分为信息材料、能源材料、建筑材料、生物材料和航空材料

等多种类别。

1.2 金属材料

金属材料是人们最为熟悉的一种材料,机械制造、交通运输、建筑、航天航空、国防与科学技术等各个领域都需要使用大量的金属材料,因此,金属材料在现代工农业生产中占有极其重要的地位。

金属材料是由金属元素或以金属元素为主、其他金属或非金属元素为辅构成的,并具有金属特性的工程材料。金属材料品种繁多,工程上常用的金属材料主要有黑色及有色金属材料等。

黑色金属材料中使用最多的是钢铁。钢铁是世界上的头号金属材料,年产量高达数亿吨。钢铁材料广泛用于工农业生产及国民经济各部门。例如,各种机器设备上大量使用的轴、齿轮、弹簧,建筑上使用的钢筋、钢板,以及交通运输中的车辆、铁轨、船舶等都要使用钢铁材料。通常所说的钢铁是钢与铁的总称。实际上钢铁材料是以铁为基体的铁-碳合金,当碳的质量分数大于 2.11% 时称为铁,当碳的质量分数小于 2.11% 时称为钢。

为了改善钢的性能,人们常在钢中加入硅、锰、铬、镍、钨、钼及钒等合金元素。它们各有各的作用,有的提高强度,有的提高耐磨性,有的提高抗腐蚀性能,等等。在冶炼时有目的地向钢中加入合金元素就形成了合金钢。合金钢中合金元素含量虽然不多,但具有特殊的作用,就像炒菜时放入少量的味精一样,含量不多但味道鲜美。合金钢种类很多,按照性能与用途不同,合金钢可分为合金结构钢、合金工具钢、不锈钢、耐热钢、超高强度钢等。

人们可以按照生产实际提出的使用要求,加入不同的合金元素而设计出不同的钢种。例如,切削工具要求硬度及耐磨性较高,在切削速度较快、温度升高时其硬度不降低。按照这样的使用要求,人们就设计了一种称为高速工具钢的刀具材料,其中含有钨、钼、铬等合金元素。普通钢容易生锈,化工设备及船舶壳体等的损坏都与腐蚀有关。据不完全统计,全世界因腐蚀而损坏的金属构件约占总产量的 10%。人们经过大量试验发现,在钢中加入 13% 的铬元素后,钢的抗蚀性能显著提高,如在钢中同时加入铬和镍,还可以形成具有新的显微组织的不锈钢,于是人们设计出了一种能够抵抗腐蚀的不锈钢。

有色金属包括铝、铜、钛、镁、锌、铅及其合金等,虽然它们的产量及使用量不如钢铁材料多,但由于具有某些独特的性能和优点,从而成为当代工业生产中不可缺少的材料。

由于金属材料的历史悠久,因而在材料的研究、制备、加工以及使用等方面已经形成了一套完整的系统,拥有一整套成熟的生产技术和巨大的生产能力,并且经受住在长期使用过程中各种环境的考验,具有稳定可靠的质量,以及其他任何材料不能完全替代的优越性能。金属材料的另一个突出优点是性价比较高,在所有的材料中,除了水泥和木材外,钢铁是最便宜的材料,它的使用可谓量大面广。由于金属材料具有成熟稳定的工艺,大规模的现代化装备以及高性价比,因而具有强大的生命力,在国民经济中占有极其重要的位置。

此外,为了适应科学技术的高速发展,人们还在不断推陈出新,进一步发展新型的、高性能的金属材料,如超高强度钢、高温合金、形状记忆合金、高性能磁性材料以及储氢合金等。

1. 碳素钢

碳素钢是指碳的质量分数小于 2.11% 并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素的铁-碳合