



普通高等教育机械类应用型人才及
卓越工程师培养规划教材



机械制造工程训练全程指导

孙永吉 主 编

张红梅 王栋梁 副主编

采用国家最新标准

精品课程配套教材

教学成果经验总结

- 配套实习报告、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

机械制造工程训练全程指导

孙永吉 主 编

张红梅 王栋梁 副主编

孙 伟 代世明 郭志源 参 编

徐创文 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材根据教育部高等学校工程训练教学指导委员会、国家级实验教学示范中心工程训练学科组制定的工程训练课程标准的教学基本要求,结合金工系列课程教学改革与实验教学示范中心建设,适应教育部关于高等教育改革中明确要推动地方本科高校向应用技术型高校转型发展的要求,以满足应用技术型人才机械制造工程实践能力培养为目的组织编写教材内容,侧重实践性、综合性和创新性,注重工程训练、突出能力培养、引导创新意识的形成。

本书共 17 章,内容包括机械制造工程训练基础知识、工程材料基础知识、切削加工基础知识、铸造、焊工、钳工、车工、铣工、刨工、磨工、先进制造基础知识、CAD/CAM、虚拟制造基础知识、数控车削、数铣及加工中心、电火花线切割、产品开发与创新等。

本书可作为普通高等学校机械类、近机械类和非机专业的工程训练教材,也可供从事机械制造的工程技术人员、操作工参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程训练全程指导 / 孙永吉主编. —北京: 电子工业出版社, 2015.8

普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养规划教材

ISBN 978-7-121-26067-4

I. ①机… II. ①孙… III. ①机械制造工艺—高等学校—教学参考资料 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 199109 号



策划编辑: 李 洁

责任编辑: 张 京

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18.5 字数: 473.6 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

《《《《 PREFACE

随着现代科学技术的迅猛发展, 21 世纪的高科技产品无一不是科学与技术、多学科综合应用的结果, 整个社会对人才的需求发生着深刻的变化, 社会既需要理论型人才, 也需要上手快、动手能力强的应用型人才。为了适应时代的要求, 加强应用型人才的培养迫在眉睫。

“工程训练”是一种以工程环境为背景、以工程内容为载体、以实际操作为手段的实践性训练。这种训练既有别于学校的“第一课堂”教学, 又有别于工厂的“生产实习”, 它是以真实的工厂生产过程为基础, 通过“真刀真枪”来训练学生工程实践能力和创新意识的过程。在工程训练的实践教学过程中, 逐步实现由传统的金工实习向现代工程训练的教学方向转化, 由单一技能训练向集成技术训练方向转化, 由操作技能训练向技能与管理、技能与创新实践相结合的方向转化。

本书根据教育部高教司高校应用人才培养的文件精神和教育部高等学校工程训练教学指导委员会、国家级实验教学示范中心工程训练学科组制定的工程训练课程标准的教学基本要求, 以及社会对应用型人才的需求, 本着“突出技能, 重在实用”的指导思想, 结合工程训练的具体情况、教学实践、教学经验和省级教学成果编写。本书具有以下特点。

(1) 章节安排按现代制造逻辑流程推出。从工程材料及切削加工基本理论学习到热加工、冷加工再到先进制造及产品创新, 并以此为主线开展不同工种的实操训练。

(2) 章节内容组织按学习要点、学习案例、任务分析、相关知识、知识链接展开, 简明扼要、贴近实际、循序渐进、由浅入深。

(3) 在编写过程中采用国家新标准, 力求取材新颖、结合实际, 根据工程训练模式的改变, 增加了新材料、新工艺和新技术等学习内容。

全书共 17 章, 由孙永吉担任主编并统稿, 张红梅、王栋梁担任副主编, 孙伟、代世明、郭志源参与了部分章节的编写工作。兰州工业学院徐创文担任本教材的主审。本书配有课件, 可登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 注册后免费下载。

本书在编写过程中参考了许多有关的教材和资料, 吸取了许多兄弟院校多年教学改革的经验 and 成果, 在此一并致以谢意。

由于编者水平所限, 时间仓促, 书中不当之处在所难免, 望读者批评指正。

编 者

目录

CONTENTS

第1章 机械制造工程训练基础知识

学习要点	1	二、本课程的性质和任务	2
学习案例	1	三、机械制造工艺过程和工程	
任务分析	1	实践的内容	2
知识链接	1	四、工程训练安全要求	3
一、机械制造技术在国民经济中的地位	1		

第2章 工程材料基础知识

学习要点	4	二、铸铁	5
学习案例	4	项目二 非金属材料及复合材料	5
任务分析	4	一、塑料	5
相关知识	4	二、橡胶材料	6
知识链接	4	三、陶瓷材料	6
项目一 常用金属材料	4	四、复合材料	6
一、钢	4	项目三 钢的热处理	7

第3章 切削加工基础知识

学习要点	10	项目四 常用量具	21
学习案例	10	一、钢直尺	21
任务分析	10	二、内外卡钳	22
相关知识	11	三、塞尺	23
知识链接	11	四、游标卡尺	24
项目一 切削加工理论	11	五、千分尺	25
一、切削运动	11	六、百分表	27
二、切削时的工件表面	12	项目五 机械加工工艺	28
三、切削要素	12	一、机械加工工艺过程的组成	28
项目二 切削刀具	14	二、基准	30
项目三 机床夹具	18	三、定位原理	31
一、机床夹具的主要功能	18	四、机械加工工艺规程制订	32
二、机床夹具的分类	19	任务实施	33
三、机床夹具的组成	20		

第4章 铸造训练与实践

学习要点	35	任务分析	35
学习案例	35		

相关知识	35	三、合金	51
知识链接	36	四、造型的基本操作	52
项目一 铸造基本知识	36	五、合金的浇注	53
一、铸造生产的特点	36	项目四 铸造新技术	54
二、铸造生产常规工艺流程	36	知识拓展	54
三、铸造的分类	36	一、压力铸造	54
项目二 铸造工艺知识	37	二、实型铸造	55
一、型砂铸造工艺	37	三、离心铸造	56
二、铸造工艺设计	40	四、低压铸造	56
三、铸件常见缺陷的分析	42	五、熔模铸造	56
四、铸造工艺图的绘制	44	六、垂直分型无箱射压造型	56
项目三 铸造实训项目	47	七、金属型铸造	57
一、手工造型	47	八、多触头高压造型	57
二、制芯	50	九、真空密封造型	57

第5章 焊工训练与实践

学习要点	58	二、焊接方法的特点及应用	59
学习案例	58	项目二 焊接基本工艺	60
任务分析	58	一、焊条电弧焊	60
相关知识	58	二、气焊	66
知识链接	58	三、气割	70
项目一 焊接基本知识	59	四、常见焊接缺陷及焊接变形	72
一、焊接方法的分类	59	项目三 焊接新技术	74

第6章 钳工训练与实践

学习要点	77	三、工件在台虎钳上的夹持方法	79
学习案例	77	项目二 钳工基本工艺	81
任务分析	77	一、划线	81
相关知识	78	二、锯削	86
知识链接	78	三、锉削	89
项目一 钳工基本知识	78	四、钻孔、扩孔、铰孔和镗孔	94
一、钳工的应用范围	78	五、攻螺纹和套螺纹	99
二、钳工工作台和台虎钳	78		

第7章 车工训练与实践

学习要点	104	一、车削的特点及加工范围	105
学习案例	104	二、卧式车床	107
任务分析	105	三、车刀及其安装	108
相关知识	105	四、工件的安装及附件	111
知识链接	105	项目二 车削基本工艺	114
项目一 车工基本知识	105	一、车外圆	114

二、车端面 and 台阶	114	六、车内孔	123
三、车锥体	116	任务实施	126
四、车槽 and 切断	118	项目三 车削新技术	126
五、车螺纹	120	知识拓展	126

第 8 章 铣工训练与实践

学习要点	128	四、铣削的基本操作	134
学习案例	128	项目二 铣工基本工艺	137
一、工艺分析	128	一、铣床加工工艺的基本特点	137
二、加工准备	128	二、工件的装夹方式	138
相关知识	129	三、铣削方式的选择及加工路线的确定	138
知识链接	129	四、刀具的选择	139
项目一 铣工基本知识	129	任务实施	141
一、铣床	129	一、六面体的技术要求分析	141
二、铣刀的安装	130	二、项目实施方案编制	143
三、铣床附件及工件的安装	131		

第 9 章 刨工训练与实践

学习要点	145	一、牛头刨床	146
学习案例	145	二、龙门刨床	149
一、工艺分析	145	三、插床	150
二、加工准备	145	项目二 刨工基本工艺	150
任务分析	145	一、刨削的基本特点	150
相关知识	146	二、工件的装夹	150
知识链接	146	三、刨刀的选择	152
项目一 刨工基本知识	146	四、切削用量的选择	154

第 10 章 磨工训练与实践

学习要点	155	项目一 磨工基本知识	156
学习案例	155	项目二 磨工基本工艺	159
一、工艺分析	155	一、磨削加工的特点	159
二、加工准备	155	二、工件的装夹及磨削过程	159
相关知识	156	三、砂轮的选择	161
知识链接	156	四、磨削用量的选择	163

第 11 章 先进制造基础知识

学习要点	164	项目一 先进制造基本知识	164
学习案例	164	一、先进制造技术的概念	164
任务分析	164	二、先进制造技术的特点	165
相关知识	164	三、先进制造技术的体系结构	165
知识链接	164	四、先进制造技术的分类	165

五、先进制造技术的发展趋势.....	166	三、先进制造工艺技术的特点.....	167
项目二 先进制造工艺知识.....	166	四、先进制造工艺技术的内容.....	167
一、先进制造工艺技术的产生.....	166	五、先进制造工艺技术的发展方向.....	168
二、先进制造工艺技术的概念.....	167	六、我国先进制造工艺的现状.....	169

第 12 章 CAD/CAM 训练与实践

学习要点.....	170	一、软件应用流程.....	174
学习案例.....	170	二、界面介绍.....	174
任务分析.....	170	三、曲线的绘制.....	175
相关知识.....	170	四、曲线的编辑.....	175
知识链接.....	170	五、几何变换.....	176
项目一 CAD/CAM 概述.....	170	六、零件的知识加工.....	176
一、CAD.....	170	项目三 实训操作.....	176
二、CAM.....	171	一、实体造型.....	177
三、CAD/CAM 系统软件.....	171	二、加工准备流程.....	182
四、三维几何建模技术.....	172	三、连杆件加工.....	183
项目二 CAXA 制造工程师软件应用			
基础知识.....	174		

第 13 章 虚拟制造基础知识

学习要点.....	188	项目二 数控加工仿真实训.....	193
学习案例.....	188	一、数控加工仿真系统的特点.....	193
任务分析.....	188	二、数控加工仿真系统的系统组成	
相关知识.....	188	及功能.....	193
知识链接.....	188	三、选择刀具.....	198
项目一 虚拟制造基本知识.....	188	项目三 实训操作.....	200
一、虚拟制造技术的概念.....	188	一、对刀.....	200
二、虚拟制造技术的特点.....	189	二、设置参数.....	203
三、虚拟制造技术的体系结构.....	189	三、程序准备.....	204
四、虚拟制造技术的分类.....	190	四、程序运行.....	205
五、虚拟制造技术群.....	191	五、查看轨迹.....	206
六、虚拟制造技术的发展.....	191		

第 14 章 数控车削训练与实践

学习要点.....	208	二、数控车床的分类.....	209
学习案例.....	208	训练任务 1 熟练掌握 HNC-21T 系统	
任务分析.....	208	面板的组成.....	210
相关知识.....	209	训练任务 2 华中 HNC-21T 数控系统的	
知识链接.....	209	主要功能.....	211
项目一 数控车削基本知识.....	209	训练任务 3 华中 HNC-21T 型 CJK6150H	
一、数控车床的组成及工作原理.....	209	数控车床的基本操作.....	212

项目二 数控车削加工工艺	213	四、试切法对刀	215
一、加工工艺的确定	213	任务实施	217
二、工件坐标系	213	项目三 数控车削新技术	218
三、编程基本指令	214	知识拓展	218

第 15 章 数铣及加工中心训练与实践

学习要点	220	四、加工中心的特点和用途	224
学习案例	220	五、加工中心的分类	224
任务分析	220	六、加工中心的组成	225
相关知识	220	项目二 数控铣床及加工中心操作	227
知识链接	221	一、数控铣床的操作步骤	227
项目一 数控铣削基本知识	221	二、加工中心的操作步骤	230
一、数控铣床的分类	221	项目三 铣削编程、工艺及加工	237
二、数控铣床的组成	223	项目四 数控铣削技术的发展	248
三、数控铣床的加工对象	223	知识拓展	248

第 16 章 电火花线切割训练与实践

学习要点	252	一、电火花线切割加工的工艺指标 及影响因素	257
学习案例	252	二、线切割编程中的工艺处理	260
任务分析	252	三、工件的调整	263
相关知识	252	四、电极丝位置的调整	263
知识链接	252	项目三 电火花线切割实训项目	264
项目一 电火花线切割基本知识	252	一、3B 代码编程	264
一、电火花线切割的加工原理	252	二、实训项目一	266
二、电火花线切割的工艺特点	253	三、实训项目二	266
三、电火花线切割机床的分类与组成	253	四、实训项目三	266
四、电火花线切割的操作方法	254	项目四 电火花线切割技术的发展	268
项目二 电火花线切割加工工艺知识	257	知识拓展	268

第 17 章 产品开发与创新

学习要点	270	二、产品创新的方法	273
学习案例	270	三、产品创新的特点	273
任务分析	270	四、产品创新设计的知识需求	274
相关知识	270	项目三 机构创新设计	275
知识链接	270	一、机构创新设计的基本知识	275
项目一 产品开发	270	二、机构构型的创新设计方法	277
一、机械产品开发的意义	270	三、机构创新设计案例	279
二、新产品开发的决策	271	项目四 机械创新设计	281
三、新产品开发的方式	271	一、分拣机出货机构改进设计及制作	281
四、新产品开发的步骤	272	二、绕管机绕辊盘的改进设计及制作	282
项目二 产品创新	272	三、运动场动感广告牌翻转机构 设计及制作	283
一、机械创新设计与制作的意义	272		

第 1 章 机械制造工程训练基础知识



学习要点

- (1) 机械制造工程训练的重要性;
- (2) 机械制造工程训练的任务;
- (3) 机械制造工程训练的内容;
- (4) 机械制造工程训练的安全要求。



学习案例

- (1) 机械制造技术的重要性;
- (2) 机械制造工程训练的重要内容。



任务分析

- (1) 了解机械制造的重要性;
- (2) 熟悉机械制造工程训练的任务;
- (3) 熟悉机械制造工程训练的安全要求。



知识链接

一、机械制造技术在国民经济中的地位

机械制造工业为人类的生存、生产和生活提供了各种设备,是国民经济中极其重要的基础产业。机械制造技术在现代科学技术发展与工业革命进程中发挥着十分重要的作用,而机械制造技术本身也在现代科学技术发展与工业革命进程中不断获得发展与进步。在传统制造技术与常规加工方法的基础上,机械制造新材料、新技术与新工艺不断涌现。近年来,随着世界工业的高速发展和科技水平的飞速提高,世界各国都把提高产业竞争力、发展高新技术和抢占未来经济制高点作为科技工作的主攻方向,对机械制造技术提出了更高的要求。

新中国成立以来,我国的机械工业得到了迅速发展,在全国范围内建立起了强大的机械工业体系。改革开放以来,我国正在由制造大国向制造强国迈进,一些领域正在赶超世界先进水平。

二、本课程的性质和任务

机械制造工程训练是一门重要的基础课程,是学习“材料成形工艺基础”、“机械制造工艺基础”与其他后续课程必不可少的先修课程,也是学生建立机械制造生产过程的概念、获得机械制造基本知识的重要实践教学环节。

本课程是在工程训练中心或校办实习工厂内进行的,在实习指导教师的指导下,让学生进行独立的实践操作,将学习基本工艺理论、基本工艺知识与基本工艺实践有机地结合起来,在获得机械制造工程基本知识的同时,提高工艺实践操作技能。

(1) 了解现代机械制造的一般过程和基本知识,熟悉机械零件的常用加工方法。

(2) 对简单零件具有初步选择加工方法和进行工艺分析的能力,在主要工种方面应有独立完成简单零件加工制造的操作技能。

(3) 接受基本工程素质教育。充分利用工程训练中心的良好条件,通过训练,培养大学生的综合工程素质、创新精神、理论联系实际的科学作风及工程技术人员所应具有的一些基本素质。

三、机械制造工艺过程和工程实践的内容

机械制造工艺过程实质上是一个原材料向产品或零件转变的过程,通常将原材料用成形的方法制成毛坯,再经机械加工(或特种加工)得到符合技术要求的零件,最后将各种零件装配成机器。中间还要穿插不同的热处理和表面处理,整个过程还要进行检测和控制。因此,机械制造工艺过程包括毛坯成形、切削加工、热处理、表面处理、检测和质量监控及装配等环节。

(1) 原材料:原材料主要是以钢铁为主的金属材料,近年来各种特种合金、粉末合金、工程塑料、工业陶瓷、橡胶和复合材料等的应用比例也在不断扩大。

(2) 毛坯成形:即采用铸造、锻压、焊接及非金属材料成形等方法将原材料加工成具有一定形状和尺寸的毛坯的过程。

(3) 切削加工和特种加工:即采用车削、铣削、磨削和特种加工等方法,逐步改变毛坯的形态(形状、尺寸及表面质量),使其成为合格零件的过程。近年来,部分和少量精加工已逐渐被毛坯的精密成形所取代。

(4) 材料的改性处理:通常指热处理及电镀、热喷涂等表面处理工艺,用以改变零件的整体、局部或表面的组织及性能。材料的成形加工通常也兼有材料改性的功能。

(5) 检测和质量监控:指为保证工艺过程的正确实施和产品质量而使用的一切质量控制措施。检测和质量监控贯穿于机械制造工艺全过程。

(6) 装配:即按规定的技术要求,将零件或部件进行组装和连接,使之成为成品的工艺过程,包括零件的固定、连接、调整、检验和试验等工作。

机械制造工程实践的内容根据不同的加工方法分为铸造、锻压、焊接、热处理、车削、铣削、磨削、钳工及特种加工等若干工种。选择一些有代表性的典型零件,让学生进行全部或部分加工操作,并配以现场教学、专题讲座、电化教学、综合训练、实验、参观、课堂讨论和实习报告等方式和手段,丰富教学内容,完成实践教学基本要求。

四、工程训练安全要求

(1) 安全是搞好实习的重要保证,下厂前由工厂进行安全教育,下厂后再由实习指导教师结合各工种特点讲解安全操作规程。

(2) 实习期间必须严格遵守操作规程,未经实习指导老师的许可,不得启动及扳动任何非自用的机床、设备、电器工具、量具和附件等;操作机床时要在指导教师的指导下进行,出现事故立即停车,保护现场并及时报告。

(3) 实习时必须穿好工作服,按各实习工种安全要求穿戴防护用品;不准穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、裙子、短裤、短袖衫进入车间,女学生必须戴工作帽,并将长发纳入帽内。工作时严肃认真,精神集中,不嬉笑、打闹、喧哗,不准阅读书刊和收听广播,确保人身及设备安全。

(4) 不准攀登吊车、墙梯和任何设备,不准在吊车吊运物体的运行线上行走或停留,不准在实习区内追逐和吸烟等。

(5) 离开机床时要停机、停电。下班后要请指导老师检查设备情况。

(6) 多人公用一台机床时,要特别注意,每次只能一人操作。

(7) 工件、材料、工具、量具等摆放和使用要符合要求。

(8) 学生因不听指挥或违反安全操作规程损坏设备的,工、卡、量具等必须照价赔偿,并视情节轻重、态度好坏给予必要的处分。

第 2 章 工程材料基础知识



学习要点

- (1) 了解常用金属材料、非金属材料及复合材料;
- (2) 了解钢的热处理方法。



学习案例

- (1) 常用材料;
- (2) 热处理。



任务分析

- (1) 了解金属材料的力学性能;
- (2) 了解常用金属材料、非金属材料及复合材料。



相关知识

- 项目一 常用金属材料;
- 项目二 非金属材料及复合材料;
- 项目三 钢的热处理。



知识链接

项目一 常用金属材料

金属材料来源丰富,并具有优良的使用性能和加工性能,是机械工程中应用最普遍的材料,常用来制造机械设备、工具、模具,并广泛应用于工程结构中。

金属材料大致可分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常指钢和铸铁;有色金属是指黑色以外的金属及其合金,如铜合金、铝及铝合金等。

一、钢

钢分为碳素钢(简称碳钢)和合金钢两大类。

碳钢是指含碳量小于 2.11% 并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质的铁碳合金。工业用碳钢的含碳量一般为 0.05%~1.35%。

为了提高钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能（如耐腐蚀性、耐热性、耐磨性等），冶炼时有目的地加入一些合金元素（如 Mn、Si、Cr、Ni、Mo、W、V、Ti 等），这种钢称为合金钢。

合金钢的分类方法有多种，常见的有以下两种。

（1）按用途分类，分为三类：

- ① 合金结构钢，用于制造各种性能要求更高的机械零件和工程构件；
- ② 合金工具钢，用于制造各种性能要求更高的刀具、量具和模具；
- ③ 特殊性能钢，具有特殊物理和化学性能的钢，如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

（2）按合金元素总含量多少分类，分为三类：

- ① 低合金钢，合金元素总含量小于 5%；
- ② 中合金钢，合金元素总含量为 5%~10%；
- ③ 高合金钢，合金元素总含量大于 10%。

二、铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金，它含有比碳钢更多的硅、锰、硫、磷等杂质。工业上常用的铸铁含碳量为 2.5%~4.0%。

根据铸铁中碳的存在形式不同，铸铁可分为白口铸铁和灰口铸铁两大类。

项目二 非金属材料及复合材料

非金属材料是指除金属材料和复合材料以外的其他材料。由于非金属材料的原料来源广泛，成型工艺简单，并具有金属材料所不及的某些特殊性能，所以应用日益广泛。目前已成为机械工程材料中不可缺少的、独立的组成部分。机械中常用的非金属材料有高分子材料、陶瓷材料等。非金属材料 and 复合材料具有许多金属材料所不具备的性能，如耐蚀性、耐热性、密度小等。

一、塑料

塑料是以树脂为主要成分，加入一些用来改善使用性能和工艺性能的添加剂而制成的。

（1）按树脂在加热和冷却时所表现出的性能，将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两种。

热塑性塑料的分子结构主要是链状的线形结构，其特点是加热时软化，可塑造成型，冷却后则变硬，此过程可反复进行，其基本性能不变。这类塑料有较高的力学性能，且成型工艺简便，生产率高，可直接注射、挤出、吹塑成型。但耐热性、刚性较差，使用温度小于 120℃。

热固性塑料的分子结构为体形，其特点是初加热时软化，可塑制成型，冷凝固化后成为坚硬的制品，若再加热，则不软化，不溶于溶剂中，不能再成型。这类塑料具有抗蠕变性强、受压不易变形、耐热性较高等优点，但强度低，成型工艺复杂，生产率低。

（2）按塑料的应用范围分为通用塑料和工程塑料两种。

通用塑料是指产量大（占总产量的 75% 以上）、用途广、通用性强、价格低的一类塑料，主

要用来制作生活用品、包装材料和一般小型零件。

工程塑料是指具有优异的力学性能（强度、刚性、韧性）、绝缘性、化学性能、耐热性和尺寸稳定性的一类塑料。与通用塑料相比，工程塑料的产量较小，价格较高，主要用于制作机械零件和工程结构件。

二、橡胶材料

橡胶是以生胶为主要原料，加入适量配合剂而制成的高分子材料。生胶是指未加配合剂的天然胶或合成胶，它也是将配合剂和骨架材料粘成一体的黏结剂。橡胶制品的性能主要取决于生胶的性能。

配合剂是指为改善和提高橡胶制品性能而加入的物质，如硫化剂、活性剂、软化剂、填充剂、防老剂和着色剂等。

骨架材料可提高橡胶承载能力、减少制品变形。常用的骨架材料有金属丝、纤维织物等。橡胶弹性大，最大伸长率可达 800%~1000%，外力去除后能迅速恢复原状；吸振能力强；耐磨性、隔声性、绝缘性好；可积储能量；有一定的耐蚀性和足够的强度。

按原料来源不同，分为天然橡胶和合成橡胶。天然橡胶是指橡胶树上流出的胶乳经加工制成的固态生胶；合成橡胶是指用石油、天然气、煤和农副产品为原料制成的高分子化合物。

三、陶瓷材料

陶瓷材料是人类最早使用的材料之一。现代陶瓷材料是用粉末冶金法生产的无机非金属材料，应用十分广泛。

陶瓷按原料不同，分为普通陶瓷（传统陶瓷）和特种陶瓷（近代陶瓷）；按用途不同，分为工业陶瓷和日用陶瓷。

普通陶瓷以天然的硅酸盐矿物（如黏土、长石、石英等）为原料。这类陶瓷又称硅酸盐陶瓷，如日用陶瓷、绝缘陶瓷、建筑陶瓷、化工陶瓷等，均属于这类陶瓷。

特殊陶瓷的原料是人工提炼的，即纯度较高的金属氧化物、碳化物、氮化物等化合物。这类陶瓷具有一些独特的性能，可满足工程结构的特殊需要。属于这类陶瓷的有压电陶瓷、高温陶瓷和高强度陶瓷等。

四、复合材料

由两种或两种以上性质不同的物质，经人工制成的多相固体材料称为复合材料。它具有各组成材料的优点，能获得单一材料无法具备的优良综合性能。例如，混凝土性脆、抗压强度高，钢筋性韧、抗拉强度高，为使性能取长补短，制成了钢筋混凝土。

常用的复合材料有层叠复合材料和颗粒复合材料。层叠复合材料是由两层或两层以上不同材料复合而成的。用层叠法增强的复合材料可使强度、刚度、耐磨、耐蚀、绝热、隔声、减轻自重等性能分别得到改善。

颗粒复合材料是由一种或多种材料的颗粒均匀分散在基体材料内所组成的材料。颗粒复合材料的增强原理是利用大小适宜的增强粒子呈高度弥散分布在基体中，以阻止基体塑性变形的位错运动（金属材料）或分子链的运动（高分子材料）。增强粒子直径的大小直接影响增强效果。

增强粒子直径太小则形成固溶体, 增强粒子直径太大易引起应力集中, 都会降低增强效果。金属增强粒子直径在 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 范围内增强效果最好。

项目三 钢的热处理

热处理就是通过对固态金属的加热、保温和冷却, 来改变金属的显微组织及其形态, 从而提高或改善金属的机械性能的一种方法。铸造、锻压、焊接的目的是使零件成形或改变其形状, 而热处理的目的是改变金属材料的组织和性能, 而不要求改变零件的形状和尺寸。各种机械零件中, 大多数或绝大多数都要经过热处理才能投入使用。钢的热处理对提高和改善零件的机械性能发挥着十分重要的作用。

热处理方法很多, 常用的有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。热处理既可作为预先热处理以消除上一道工序所遗留的某些缺陷, 为下一道工序准备好条件; 也可作为最终热处理, 进一步改善材料的性能, 从而充分发挥材料的潜力, 达到零件的使用要求。因此, 不同的热处理工序常穿插在零件制造过程的各个热、冷加工工序中进行。

任何一种热处理的工艺过程都包括下列三个步骤。

(1) 以一定的速度把零件加热到规定的温度。这个温度范围根据不同的金属材料、不同的热处理要求而定。

(2) 在此温度下保温, 使工件全部或局部热透。

(3) 以某种速度把工件冷却下来。

钢的热处理工艺曲线如图 2-1 所示。通过控制加热温度和冷却速度, 可以在很大范围内改变金属材料的性能。

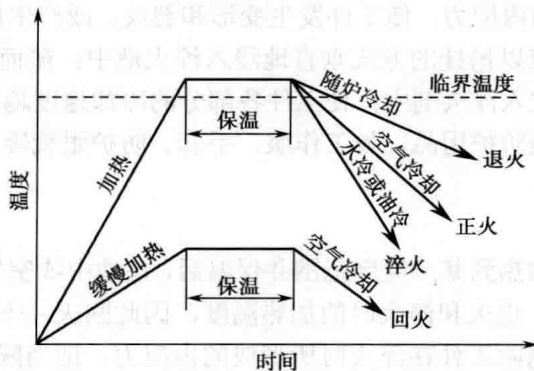


图 2-1 钢的热处理工艺曲线

1. 退火

退火是把工件加热到适当的温度(对碳钢一般加热至 $780 \sim 900^{\circ}\text{C}$), 保温一定时间后随炉子降温而冷却的热处理方法。

工具钢和某些重要结构零件的合金钢有时硬度较高, 铸、锻、焊后的毛坯有时硬度不均匀, 存在着内应力。为了便于切削加工, 并保持加工后的精度, 常对工件施以退火处理。

退火后的工件硬度较低, 消除了内应力, 同时还可以使材料的内部组织均匀细化, 为进行下一步热处理(淬火等)做好准备。

加热时温度控制应准确。温度过低达不到退火目的,温度过高又会造成过热、过烧、氧化、脱碳等缺陷。操作时还应注意零件的放置方法,退火的主要目的是消除内应力时更应注意。例如,对于细长工件的稳定尺寸退火,一定要在井式炉中垂直吊置,以防止工件由于自身重力而引起的变形。

操作时还应注意不要触碰电阻丝,以免短路。为保证安全,应安装炉门开启断电装置,装炉和取出工件时能自行断电。

2. 正火

将工件放到炉中加热到适当温度,保温后出炉空冷的热处理方法叫正火。正火实质上是退火的另一种形式,其作用与退火相似。与退火不同之处是加热(对碳钢而言,一般加热至 $800\sim 930^{\circ}\text{C}$)和保温后,放在空气中冷却而不是随炉冷却。由于冷却速度比退火快,因此,正火工件获得的组织比较细密,比退火工件的强度和硬度稍高,而塑性和韧性稍低。但这一点对于一般低碳钢而言差别并不明显,对于中碳钢零件而言有时由于正火后的硬度适中,更适合切削加工。又由于正火冷却时不占炉子,还可使生产效率提高,成本降低。所以一般低碳和中碳结构钢等多用正火代替退火。

3. 淬火

淬火是将工件加热到适当的温度(对碳钢一般加热到 $760\sim 820^{\circ}\text{C}$),保温后在水中或油中快速冷却的热处理方法。工件经淬火后可获得高硬度的组织,因此淬火可提高钢的强度和硬度。但工件淬火后脆性增加、内部产生很大的内应力,使工件变形甚至开裂。所以,工件淬火后一般都要及时进行回火处理,并在回火后获得适度的强度和韧性。

淬火操作时要注意工件浸入淬火剂的方法。如果浸入方式不正确,可能使工件各部分的冷却速度不一致而造成很大的内应力,使工件发生变形和裂纹,或产生局部淬不硬等缺陷。例如,钻头、轴杆类等细长工件应以吊挂的方式垂直地浸入淬火液中;薄而平的工件(圆盘铣刀等)不能平着放入而必须立着放入淬火剂中;使工件各部分的冷却速度趋于一致。

淬火操作时还必须穿戴防护用品,如工作服、手套、防护眼镜等,以防淬火液飞溅伤人。

4. 回火

将淬火后的工件重新加热到某一温度范围并保温后,在油中或空气中冷却的操作称为回火。回火的温度大大低于退火、正火和淬火时的加热温度,因此回火并不使工件材料的组织发生转变。回火的目的是减小或消除工件在淬火时所形成的内应力,适当降低淬火钢的硬度,减小脆性,使工件获得较好的强度和韧性,即较好的综合机械性能。

根据回火温度不同,回火操作可分为低温回火、中温回火和高温回火。

(1) 低温回火。回火温度为 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。低温回火可以部分消除淬火造成的内应力,适当地降低钢的脆性,提高韧性,同时工件仍保持高硬度。低温回火一般多用于工具、量具。

(2) 中温回火。回火温度为 $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。淬火工件经中温回火后,可消除大部分内应力,硬度有较大的下降,但是具有一定的韧性和弹性。一般用于处理热锻模、弹簧等。

(3) 高温回火。回火温度为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。高温回火可以消除绝大部分因淬火产生的内应力,硬度也有显著的下降,塑性有较大的提高,使工件具有高强度和高韧性等综合机械性能。淬火后再加高温回火,通常称为调质处理。要求具有较高综合机械性能的重要结构零件,如汽车车轴、坦克的扭力轴等,一般都要经过调质处理。用于调质处理的钢多为中碳优质结构钢和中碳