

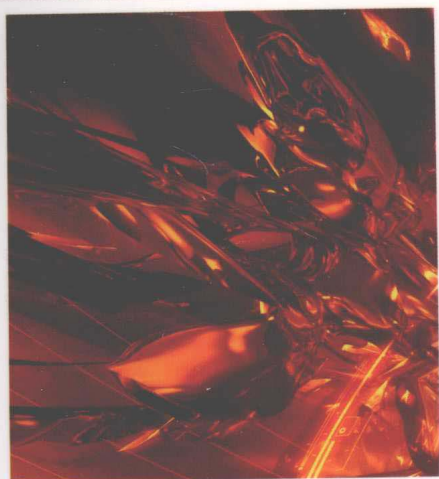
高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

The Projected Teaching Materials of "Double-Certificate Curriculum" Training for Electrical Automation Discipline in Higher Vocational Education

机械基础

何玉林 郝增林 主编

赵林林 刘国兰 余建青 林志平 副主编



Basis of Mechanics

- ◆ 以“必需、够用”为度，内容简明
- ◆ 突出机械的应用，详略得当，文句通畅
- ◆ 适用于近机、非机类等少学时课程使用



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

The Projected Teaching Materials of "Double-Certificate Curriculum" Training for Electrical Automation Discipline in Higher Vocational Education



机械基础

何玉林 郝增林 主编

赵林林 刘国兰 余建青 林志平 副主编

Basis of Mechanics

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

机械基础 / 何玉林, 郝增林主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010. 8

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案
规划教材

ISBN 978-7-115-22514-6

I. ①机… II. ①何… ②郝… III. ①机械学—高等
学校: 技术学校—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第099735号

内 容 提 要

本书主要包括机械零件常用材料, 常用机构, 齿轮传动, 轮系及减速器, 带传动与链传动, 轴, 联轴器、离合器等。本书可作为高职高专、高级技校、技师学院机电、电气、数控及其他相关专业的课程的教材, 也可作为相关技术人员的参考用书。

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

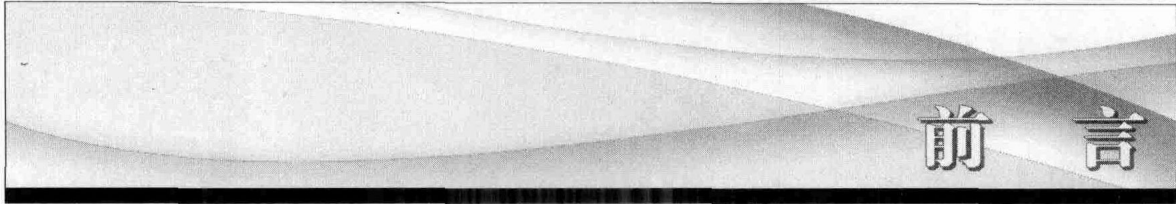
机械基础

-
- ◆ 主 编 何玉林 郝增林
副 主 编 赵林林 刘国兰 余建青 林志平
责任编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京楠萍印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11.5 2010 年 8 月第 1 版
字数: 278 千字 2010 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22514-6

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前言

机械基础是高职高专机、电类等工科专业一门重要的基础课程。本书按照高等职业教育的人才培养目标和教学特点,结合目前高职高专教育教学改革的方向,从工程应用的角度出发,以“必需、够用”为度,在广泛调研的基础上编写而成。全书在传统教材的内容基础上进行了重新组合,将那些与实际联系不是很紧密的理论知识进行了大刀阔斧的删减,增加了实用性案例,以突出应用型人才的培养目标,满足高职高专教学需要。本书具有以下特点。

(1) 以“应用”为目的,“以必需、够用”为度,做到少而精、浅而广,精选内容,精心编排,突破传统的知识体系。

(2) 全书在编写中力求做到内容简明,重点突出,在讲述机械基础的各个具体知识点时,对基本理论及有关公式,尽量予以简化,略去烦琐的论证与推导,突出机械零件、机构的应用并配有大量的图例,以使高职高专学生能够易学、易懂。

(3) 突出实用性和实践性,注重培养学生灵活应用基础理论和基本知识分析、解决工程实际问题的能力,培养高职高专学生的动手能力,加强职业技能训练。

(4) 概念讲述深入浅出,技术内容层次分明,由浅入深,详略得当,文句通畅,突出“可教性”和“可自学性”。

本书每章配有习题,使学生更好地对所学知识进行总结和消化,及时巩固所学知识,并可供任课老师选用。

本书可作为高职高专、高级技校、技师学院机电、电气、数控及其他相关专业的机械基础课程的教材,也可作为相关技术人员的参考书。各专业教师在讲授本教材内容时,可根据学校具体的教学情况和培养方向,有针对性地对书中内容进行取舍,并灵活安排学时。

本书由何玉林、郝增林任主编,赵林林、刘国兰、余建青、林志平任副主编。在编写过程中,参考了其他一些相关资料,在此谨对其作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2010年4月

目 录

绪论	1
----	---

第 1 章 机械工程常用材料及钢的热处理	3
----------------------	---

1.1 机械工程常用材料	3
1.1.1 金属材料的力学性能	3
1.1.2 金属材料的工艺性能	4
1.2 钢的热处理	5
1.2.1 钢的普通热处理	6
1.2.2 钢的表面热处理	9
1.3 常用金属材料	10
1.3.1 钢	10
1.3.2 铸铁	12
1.3.3 铸钢	13
1.3.4 铜合金及铝合金	13
1.4 钢铁材料的现场鉴别	15
1.4.1 火花鉴别法	15
1.4.2 色标鉴别法	17
1.4.3 断口宏观鉴别法	17
1.4.4 音色鉴别法	17

习题	17
----	----

第 2 章 常用机构	18
------------	----

2.1 平面机构运动简图及其自由度	18
2.1.1 运动副及其分类	19
2.1.2 平面机构运动简图	22
2.1.3 机构具有确定运动的条件及自由度	23
2.2 平面连杆机构	26
2.2.1 平面连杆机构的基本形式及特性	27
2.2.2 平面连杆机构存在曲柄的条件	30

2.2.3 平面连杆机构的演化	31
-----------------	----

2.2.4 平面四杆机构设计	33
----------------	----

2.3 凸轮机构及间歇运动机构	35
-----------------	----

2.3.1 凸轮机构	35
------------	----

2.3.2 凸轮机构常用运动规律	38
------------------	----

2.3.3 凸轮联接和滚轮	41
---------------	----

2.3.4 间歇运动机构	43
--------------	----

习题	45
----	----

第 3 章 齿轮传动	47
------------	----

3.1 齿轮传动概述	47
------------	----

3.1.1 齿轮传动的特点和类型	47
------------------	----

3.1.2 齿廓啮合基本定律	48
----------------	----

3.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮	49
-----------------	----

3.2.1 渐开线的形成及基本性质	49
-------------------	----

3.2.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	49
-----------------------------	----

3.2.3 几何尺寸计算	51
--------------	----

3.2.4 齿条和内啮合齿轮的尺寸	51
-------------------	----

3.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	52
----------------------	----

3.3.1 渐开线标准直齿圆柱齿轮正确啮合的条件	52
--------------------------	----

3.3.2 标准齿轮的安装	53
---------------	----

3.3.3 连续传动的条件	54
---------------	----

3.4 渐开线齿轮的切齿原理	55
----------------	----

3.4.1 齿廓的切削加工原理	55
-----------------	----

3.4.2 根切现象与最小齿数	57
-----------------	----

3.5 齿轮传动的失效形式和材料选择	58
--------------------	----

3.5.1 齿轮传动的失效形式	59
-----------------	----

3.5.2 齿轮传动的材料选择	60
-----------------	----

3.6 标准斜齿圆柱齿轮传动	61
3.6.1 斜齿圆柱齿轮的形成及啮合特点	61
3.6.2 斜齿圆柱齿轮的参数及几何尺寸计算	63
3.6.3 斜齿圆柱齿轮传动的特点	65
3.7 标准直齿圆锥齿轮传动	65
3.8 蜗杆传动	67
习题	68
第 4 章 轮系及减速器	70
4.1 轮系的分类	70
4.2 轮系的传动比计算	72
4.2.1 定轴轮系的传动比	72
4.2.2 周转轮系的传动比	74
4.2.3 复合轮系的传动比	77
4.3 轮系的功用	79
4.3.1 实现相距较远的两轴之间的传动	79
4.3.2 实现分路传动	80
4.3.3 实现变速与换向转动	80
4.3.4 实现运动的合成与分解	81
4.3.5 实现大功率传递	81
4.4 减速器	82
4.4.1 减速器的类型和特点	82
4.4.2 减速器的结构	83
4.4.3 减速器的润滑	85
4.4.4 减速器的选择	85
习题	85
第 5 章 带传动与链传动	87
5.1 带传动	87
5.1.1 带传动的类型	87
5.1.2 带传动的特点及应用	90
5.1.3 带传动的弹性滑动与打滑	90
5.2 V 带和 V 带轮	91
5.2.1 V 带的结构与标准	91
5.2.2 V 带轮的材料和结构	92
5.3 带传动的张紧、安装与维护	93
5.3.1 带传动的张紧	93

5.3.2 带传动安装和维护	94
5.4 同步带传动简介	94
5.5 链传动	95
5.5.1 链传动的特点及分类	96
5.5.2 滚子链及其链轮	96
5.5.3 链传动的使用与维护	99
习题	102
第 6 章 联接	103
6.1 螺纹联接	103
6.1.1 螺纹的形成与分类	103
6.1.2 标准螺纹联接的种类和用途	106
6.1.3 螺纹副的受力分析、效率和自锁	107
6.1.4 螺纹联接的预紧和防松	110
6.1.5 提高螺栓联接强度的途径	113
6.2 键、销联接	115
6.2.1 键联接	115
6.2.2 花键联接	118
6.2.3 销联接	119
6.3 其他联接	121
6.3.1 过盈联接	121
6.3.2 成形联接	121
6.3.3 焊接	122
6.3.4 胶接	122
习题	123
第 7 章 轴	124
7.1 轴的类型及材料	124
7.2 轴的结构设计	126
7.2.1 轴的结构形状要求及其组成	127
7.2.2 确定轴结构尺寸时应注意的事项	127
7.2.3 轴上零件的固定	130
习题	133
第 8 章 轴承	134
8.1 轴承的分类	134

8.2 滚动轴承	134
8.2.1 滚动轴承的结构和类型	134
8.2.2 滚动轴承的代号	139
8.2.3 滚动轴承的选择	141
8.2.4 滚动轴承的安装与拆卸	143
8.2.5 滚动轴承的组合设计	144
8.2.6 滚动轴承的润滑和密封	148
8.2.7 滚动轴承的寿命	150
8.2.8 特殊工作条件下的滚动轴承	150
8.3 滑动轴承	151
8.3.1 滑动轴承的类型及选用	151
8.3.2 滑动轴承的结构形式	152
8.3.3 轴瓦的结构和轴承的材料	154

8.3.4 滑动轴承的润滑剂	156
8.3.5 滑动轴承的润滑方法	157
8.4 滚动轴承与滑动轴承的比较	158
习题	159
第 9 章 联轴器和离合器	160
9.1 联轴器	160
9.1.1 联轴器的分类及应用	160
9.1.2 联轴器的选择	167
9.2 离合器	168
9.2.1 牙嵌式离合器	168
9.2.2 摩擦离合器	169
习题	172
参考文献	173

绪论

现代生产的主要特点之一是广泛采用各种机械设备,在机械制造以外的其他领域,如电力电子、冶金、采矿、石化、轻纺、食品等许多行业,也要用到各种机械设备。因此,机械基础不仅是机械类专业学生必修的一门基础课,同时也是非机械类专业学生应当学习的一门重要的技术基础课。

机械是机构和机器的总称,机器由各种机构所组成,可以完成能量的转换,如内燃机、机床等;机构起着运动的传递和转换作用,如内燃机中的凸轮机构,刨床中的齿轮机构等。

机器的种类很多,根据其用途不同,可以分为动力机器(如电动机、内燃机、发电机等)、加工机器(如机床、纺织机、包装机等)、运输机器(如汽车、拖拉机、输送机等)和信息处理机器(如计算机、机械积分仪、记账机等)。机械系统包括4个方面:原动机、传动机构、执行机构和控制系统。原动机的功能是为机械系统提供动力输入;传动机构将原动机的运动形式进行转换,转变为执行机构所需的运动形式;执行机构完成具体的功能;控制系统对各个部分进行总体控制协调。随着科学技术的发展,各个学科之间相互渗透、融合,自动控制技术、电子技术和计算机技术等逐渐渗透至机械系统的各个部分,从某种意义上来说,现代机械系统属于机电一体化系统。

设计和制造一部机器机构,一般从总体上应遵循以下步骤。

(1) 明确设计任务,进行总体设计,根据总体要求进行功能设计研究。

(2) 技术设计,又称结构设计,属于从定性到定量、从抽象到具体、从粗略到详细的设计过程,包括绘制总装配图、绘制部件装配图、编制设计说明书等。

(3) 样机试制,通过样机制造、样机试验,检查机械系统的功能、整机和零部件的强度、刚度、运转精度、振动稳定性、噪声等,检查及修正设计图纸,以更好地满足设计要求。

(4) 批量正式生产,根据样机试验、测试、鉴定中暴露出来的问题,进一步修正设计方案,以保证完成系统功能,同时验证工艺的正确性,以提高生产率,降低成本,提高经济效益。

机械设计具有以下特点。

(1) 全局性——不能只考虑设计对象本身的问题,而要从系统的观点考察设计对象,处理好人一机一料一环境之间的关系。

(2) 创造性——一个设计往往具有多种选择方案,要根据设计要求和具体环境,从中选择最佳的方案。

(3) 阶段性——一个设计过程往往分成几个阶段进行,各阶段具有明确的目标。

(4) 反复性——设计过程具有反复性，而不是一次完成，要注意反馈收集及必要的循环测试。

机械基础课程主要介绍常用的机构和通用零件的组成及其设计，以及常用的机械工程材料等知识。通过本课程的学习，学生可以初步了解常用机械工程材料和热处理的基本知识，了解常用机构和主要通用零件的类型、工作原理、特点、应用及其设计方法，为将来进一步学习或者参与技术改造奠定必要的基础。

机械基础课程属于应用性很强的课程，学生在学习过程中，需要多观察、细思考、勤练习、常总结，注意观察生产、生活中遇到的各种机械，结合课程内容主动思考，注重实践能力和创新精神的培养；要注意联系实际，增强感性认识，加深对所学内容的理解，提高分析和解决问题的能力。

第1章

机械工程常用材料及钢的热处理

1.1

机械工程常用材料

机械零件常用材料主要是碳钢或合金钢，此外还包括部分有色金属和工程塑料等。为了使机械零件具有更好的机械性能，必须了解和掌握机械工程材料的力学性能等。

1.1.1 金属材料的力学性能

机械零件在使用过程中，往往要受到各种力的作用。如起重机上的钢索受到悬吊物拉力的作用；柴油机上的连杆在传递动力时，不仅受到拉力的作用，而且还受到冲击力的作用；轴类零件要受到弯矩、扭矩的作用等。这就要求机械零件必须具有承受这些外力的能力，即具有良好的力学性能，力学性能的指标包括弹性、强度、刚度、硬度、塑性和韧性等。

1. 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。强度指标一般用单位面积所承受的载荷即力表示，符号为 σ ，单位为MPa。

工程中常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。屈服强度是指金属材料在外力作用下，开始出现塑性变形时的最低应力值，用 σ_s 表示。抗拉强度是指金属材料在拉力的作用下被拉断前所能承受的最大应力值，用 σ_b 表示。

对于大多数机械零件，工作时不允许产生塑性变形，所以屈服强度是零件强度设计的依据；对于因断裂而失效的零件，应用抗拉强度作为其强度设计的依据。

2. 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不断裂的能力。工程中常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率。伸长率指试样拉断后的伸长量与原来长度之比的百分率；断面收缩率指试样拉断后，断面缩小的面积与原来截面积之比。

伸长率和断面收缩率越大,其塑性越好;良好的塑性是金属材料进行压力加工的必要条件,也是保证机械零件工作安全,不发生突然脆断的必要条件。

3. 硬度

硬度是指材料表面抵抗比它更硬的物体压入的能力。硬度是材料的重要力学性能指标。一般材料的硬度越高,其耐磨性越好。材料的强度越高,塑性变形抗力越大,硬度值也越高。硬度的测试方法很多,生产中常用的硬度测试方法有布氏硬度测试法和洛氏硬度测试法两种。

(1) 布氏硬度测试法 采用布氏硬度测试法,是用一硬质钢球或硬质合金球作为压头,在一定压力的作用下压入被测试金属表面,保持一定时间后卸载,最后测量金属表面形成的压痕面积,以压痕的单位面积所承受的平均压力作为被测金属的布氏硬度值。

布氏硬度指标有 HBS 和 HBW 两种,前者所用压头为淬火钢球,适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料,如退火钢、正火钢、调质钢及铸铁、有色金属等;后者压头为硬质合金,适用于布氏硬度值为 450~650 的金属材料,如淬火钢等。因用布氏硬度测试法压痕较大,故不宜用来测试成品件或薄片金属的硬度。

(2) 洛氏硬度测试法 采用洛氏硬度测试法,是用一锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或一定直径的淬火钢球为压头,以一定的载荷压入被测试金属材料表面,根据压痕深度可直接在洛氏硬度计的指示盘上读出硬度值。常用的洛氏硬度指标有 HRA、HRB 和 HRC3 种。

洛氏硬度测试操作迅速、简便,且压痕小不损伤工件表面,故适于成品检验。

4. 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷的能力称为冲击韧性。冲击韧性常用摆锤冲击试验测定,即把被测材料做成标准冲击试样,用摆锤冲断,测出冲断试样所消耗的冲击 a_k ,然后用试样缺口处单位截面积 S 上所消耗的冲击功 a_k 表示冲击韧性。

a_k 值越大,则材料的韧性就越好。 a_k 值低的材料叫做脆性材料, a_k 值高的材料叫韧性材料。很多零件,如齿轮、连杆等,工作时受到很大的冲击载荷,因此要用 a_k 值高的材料制造。铸铁的 a_k 值很低,灰口铸铁 a_k 值近于零,不能用来制造承受冲击载荷的零件。

1.1.2 金属材料的工艺性能

所谓工艺性能是指机械零件在加工制造过程中,金属材料在特定的冷、热加工条件下表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏,决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。由于加工条件不同,要求的工艺性能也就不同,如铸造性、可焊性、可锻性、热处理性能、切削加工性等。

1. 铸造性

铸造是将金属熔炼成符合一定要求的液体并浇进铸型里,经冷却凝固、清整处理后得到有预定形状、尺寸和性能铸件的工艺过程。铸造是现代制造业的基础工艺之一。

液体金属铸造成型时所具有的性能叫铸造性。铸造性能的优劣一般是用液体的流动性、铸造收缩率来表示。流动性是指液体金属充满铸型的能力;铸造收缩率是指金属在结晶和凝固后,

发生体积变化的程度。对于铸件来说,要求金属的收缩率要小。

铸造种类很多,按造型方法习惯上分为普通砂型铸造(包括湿砂型、干砂型和化学硬化砂型等)和特种铸造。特种铸造包括以天然矿产砂石为主要造型材料的特种铸造(如熔模铸造、泥型铸造、铸造车间壳型铸造、负压铸造、实型铸造、陶瓷型铸造等)和以金属为主要铸型材料的特种铸造(如金属型铸造、压力铸造、连续铸造、低压铸造、离心铸造等)两类。

铸造工艺通常包括3个步骤。①铸型(使液态金属成为固态铸件的容器)准备。铸型按所用材料可分为砂型、金属型、陶瓷型、泥型、石墨型等;按使用次数可分为一次性型、半永久型和永久型,铸型准备的优劣是影响铸件质量的主要因素。②铸造金属的熔化与浇注。铸造金属(铸造合金)主要有铸铁、铸钢和铸造有色合金。③铸件处理和检验,铸件处理包括清除型芯和铸件表面异物、切除浇冒口、铲磨毛刺和披缝等凸出物以及热处理、整形、防锈处理和粗加工等。

金属熔炼不仅仅是单纯的熔化,还包括冶炼过程,使浇进铸型的金属,在温度、化学成分和纯净度方面都符合预期要求。为此,在熔炼过程中要进行以控制质量为目的的各种检查测试,液态金属在达到各项规定指标后方能允许浇注。有时,为了达到更高要求,金属液在出炉后还要经炉外处理,如脱硫、真空脱气、炉外精炼、孕育或变质处理等。熔炼金属常用的设备有冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等。

2. 可焊性

金属的焊接性又叫可焊性,一般是指两块相同的金属材料或两块不同的金属材料,在局部加热到熔融状态下,能够牢固地焊合在一起的性能。焊接性能好的金属,在焊缝部位不易产生裂纹、气孔、夹渣等缺陷,同时焊接接头具有一定的机械性能。否则就认为焊接性能不好。金属材料焊接性能的好坏取决于材料的化学成分、焊接工艺等。通常,低碳钢的焊接性能较好,高碳钢和铸铁较差。

3. 可锻性

可锻性是指金属材料在进行压力加工时,能改变形状而不产生裂纹的性能。可锻性的好坏取决于材料的化学成分和加热温度。通常碳钢具有良好的可锻性,以低碳钢的可锻性最好,中碳钢次之,高碳钢较差。铸铁、硬质合金不能进行锻压加工。加热温度对金属可锻性的影响较大,温度提高,金属的可锻性提高。

4. 切削加工性

切削加工性是指金属材料在用切削刀具进行加工时,所表现出来的一种性能。它主要用切削速度、加工表面光洁度和刀具耐用度来衡量。通常,灰铸铁有良好的切削加工性,钢的硬度在 HBS060~200 范围内时,具有良好的切削加工性。

1.2

钢的热处理

钢的热处理是将钢在固态状态下进行不同温度的加热、保温和冷却的工艺方法(见图 1-1),

促使其内部组织结构发生变化，从而达到提高零件的力学性能和改善其工艺性能的目的。钢的热处理是在不改变所选用金属材料牌号的前提下，使之得到强化，能充分发挥材料的内部潜力，节约材料，提高机械产品质量，降低成本的一种重要手段。钢常用的热处理方法有普通热处理、表面热处理两大类。

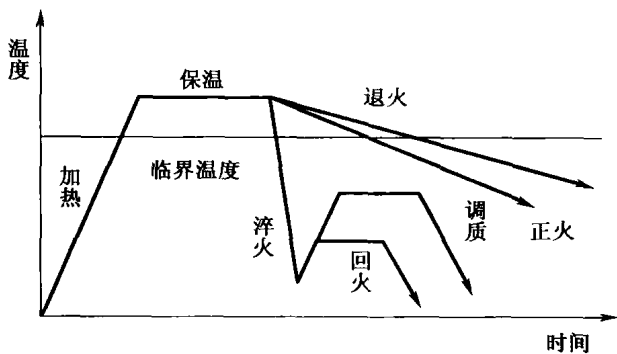
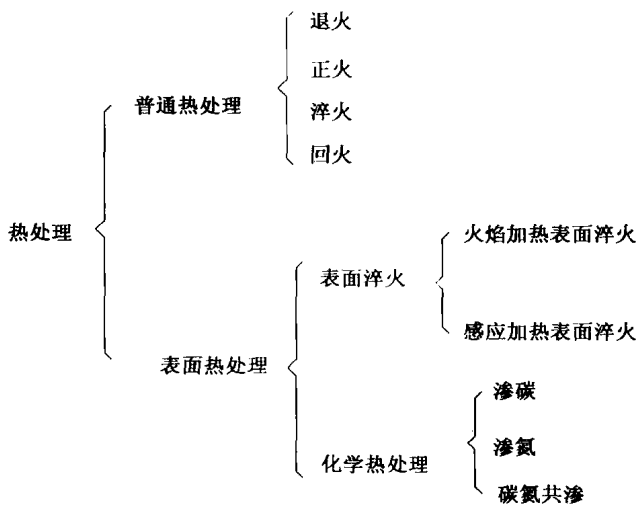


图 1-1 钢的热处理



1.2.1 钢的普通热处理

钢的普通热处理方法常用的有退火、正火、淬火、回火等。热处理既可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 3 个步骤。

- (1) 以一定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。

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 $780^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ ），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，当退火的主要目的是为了消除内应力时更应注意。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所引起的变形。

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。

常用退火方法的工艺、目的与应用如表 1-1 所示。

表 1-1 常用退火方法的工艺、目的与应用

名 称	工 艺	目 的	应 用
完全退火	将钢加热至 Ac_3 以上 $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间，炉冷至室温（或炉冷至 600°C 以下，出炉空冷）	细化晶粒，消除过热组织，降低硬度和改善切削加工性能	主要用于亚共析钢的铸、锻件，有时也用于焊接结构
球化退火	将钢加热至 Ac_1 以上 $20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间，炉冷至室温，或快速冷至略低于 Ac_1 温度，保温后出炉空冷	使钢中的渗碳体球状化，以降低钢的硬度，改善切削加工性，并为以后的热处理做好组织准备。若钢的原始组织中有严重的渗碳体网，则在球化退火前应进行正火消除，以保证球化退火效果	主要用于共析钢和过共析钢
均匀化退火 （扩散退火）	将钢加热到略低于固相线温度（ Ac_3 或 Ac_{cm} 以上 $150^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ），长时间保温（ $10\sim 15\text{h}$ ），随炉冷却	使钢的化学成分和组织均匀化	主要用于质量要求高的合金铸锭、铸件或锻胚
去应力退火 （低温退火）	将钢加热至 Ac_1 以下某一温度（一般为 $500^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ ），保温一段时间，然后炉冷至室温	为了消除残余应力	主要用于消除铸件、锻件、焊接件、冷冲压件以及机加工件中的残余应力
再结晶退火	将钢加热至再结晶温度以上 $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间，然后随炉冷却	为了消除冷变形强化，改善塑性	主要用于经冷变形的钢

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 $800^{\circ}\text{C}\sim$

930℃)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,对中碳钢零件而言有时由于正火后的硬度适中,更适合于切削加工。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℃~820℃),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地进行回火处理,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等。

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。常用的几种冷却介质的对比如表 1-2 所示。

表 1-2 常用的几种冷却介质的对比

名称	水	油	食盐水溶液	碱水溶液
优点	水价廉易得,且具有较强的冷却能力。使用安全,无燃烧、腐蚀等危险	在 300℃~200℃温度范围内,冷却速度远小于水,这对减少淬火工件的变形与开裂是很有利的	冷却能力提高到约为水的十倍,而且最大冷却速度所在温度正好处于 650℃~400℃温度范围内	在 650℃~400℃温度范围内冷却速度比食盐水溶液还大,而在 300℃~200℃温度范围内,冷却速度比食盐水溶液稍低
缺点	在 650℃~400℃范围内需要快冷时,水的冷却速度相对比较小;而在 300℃~200℃范围内需要慢冷时,其冷却速度又相对较大	在 650℃~400℃温度范围内,冷却速度比水小得多	在 300℃~200℃温度范围内的冷却速度过大,使淬火工件中相变应力增大,而且食盐水溶液对工件有一定的锈蚀作用,淬火后工件必须清洗干净	腐蚀性大
应用	主要用于碳素钢	主要用于合金钢	主要用于形状简单而尺寸较大的低、中碳素钢零件	主要用于易产生淬火裂纹的零件

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。

低温回火的回火温度为 $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。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。一般多用于工具、量具。

中温回火的回火温度为 $300^{\circ}\text{C}\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。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。

高温回火的回火温度为 $500^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。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。淬火后再高温回火,通常称为调质处理。一般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,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低合金结构钢,也把用于调质处理的钢称为调质钢。

1.2.2 钢的表面热处理

有些零件,如齿轮、销轴等,使用时希望它的心部保持一定的韧性,又要求表面层具有耐磨性、抗蚀性、抗疲劳性。这些性能可通过表面热处理来得到。表面热处理按处理工艺特点可分为表面淬火和表面化学热处理两大类。

1. 表面淬火

钢的表面淬火是通过快速加热,将钢件表面层迅速加热到淬火温度,然后快速冷却下来的热处理工艺。通常钢件在表面淬火前均进行正火或调质处理,表面淬火后应进行低温回火。这样,不仅可以保证其表面的高硬度和高耐磨性,而且可以保证心部的强度和韧性。

按照加热方法不同,表面淬火分为火焰淬火和高频感应加热表面淬火(简称高频淬火)两类。火焰表面淬火简单易行,但难以保证质量,这种方法现在使用不多。而高频淬火质量好,生产率高,可以使全部淬火过程机械化、自动化,适用于成批及大量生产,因此被广泛使用。

感应加热表面淬火的种类及应用范围如表 1-3 所示。

表 1-3 感应加热表面淬火种类及应用范围

感应加热类型	常用频率	一般淬硬层深度(mm)	应用范围
高频感应加热	200~1 000kHz	0.5~1.5	中小模数齿轮及中小尺寸的轴类零件
中频感应加热	2 500~8 000Hz	2~10	较大尺寸的轴和大中模数齿轮
工频感应加热	50Hz	10~20	较大直径零件穿透加热,大直径零件如轧辊、火车车轮的表面淬火
超声波感应加热	30~36Hz	淬硬层能沿工件轮廓分布	中小模数齿轮

感应加热表面淬火有如下特点。

(1) 感应加热表面淬火加热速度极快(一般只需几秒~几十秒),加热温度高(高频感应淬火为 A_{c3} 以上 $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$);

(2) 硬度比普通淬火高 2~3HRC,且脆性低;

(3) 因马氏体体积膨胀,工件表层产生残留压应力,疲劳强度提高 20%~30%;

(4) 工件表层不易氧化和脱碳, 变形小, 淬硬层深度易控制;

(5) 易实现机械化和自动化, 生产率高;

(6) 设备较贵, 维修调整较困难, 对形状复杂的零件不易制造感应器, 不适用于单件生产。

感应淬火最适宜的钢种是中碳钢(如 40 钢、45 钢)和中碳合金钢(如 40Cr 钢等), 也可用于高碳工具钢、含合金元素较少的合金工具钢及铸铁等。

一般表面淬火前应对工件正火或调质, 以保证心部有良好的力学性能, 并为表层加热作好组织准备。表面淬火后应进行低温回火, 以降低淬火应力和脆性。

2. 化学热处理

化学热处理就是将钢件在含有活性介质的容器中加热一定时间, 使某些金属元素(碳、氮、铝、铬等)渗透零件表层, 改变零件表层的化学成分和组织, 以提高零件表面的硬度、耐磨性、耐热性和耐蚀性等。常用的化学热处理有渗碳、渗氮、氰化(碳、氮共渗)以及渗入金属元素等方法。

渗碳是应用得比较广泛的一种化学方法。渗碳法分气体、液体和固体法等, 而其中的气体渗碳法比较常用。

气体渗碳是将工件装入密封的井式气体渗碳炉中, 加热至 $900^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$, 通入气体渗碳剂进行渗碳。目前常采用的方法是将煤油、丙酮、酒精等液体碳氢化合物放入渗碳炉内, 使受热后分解出活性碳原子, 深入工件表面。也可以直接通入天然气、液化石油气等气体进行渗碳。渗碳适用于低碳钢和低碳合金钢。渗碳后可使零件表面 $1\sim 2\text{mm}$ 厚度内的含碳量提高到 $0.8\%\sim 1.2\%$ 。渗碳后的零件, 其表面硬度和耐磨性并不高。为了获得高硬度和高耐磨性的表面层, 同时改善心部的组织, 渗碳后还要进行淬火和低温回火。

1.3

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, 常用以制造机械设备、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。

1.3.1 钢

钢分为碳素钢(简称碳钢)和合金两大类。碳钢是指含碳量小于 1.11% 并含有少量硅、锰、硫、磷杂质的铁碳合金。工业用碳钢的含碳量一般为 $0.05\%\sim 1.35\%$ 。为了改善钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能(如耐腐蚀性、耐热性、耐磨性等), 冶炼中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。