

21世纪全国高等教育应用型精品课程规划教材

金工实习

JINGONG SHIXI

主编 / 京玉海 冯新红 朱海燕
副主编 / 李永松 王 荣 宋心鑫

21 世纪全国高等教育应用型精品课程规划教材

金 工 实 习

主 编 京玉海 冯新红 朱海燕
副主编 李永松 王 荣 宋心鑫

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是根据教育部基础课程教学指导委员会颁发的“高等工业学校金工实习教学基本要求”,结合作者多年金工实习的教学经验,经结构优化、整合而成的一本机械类实习教材。

全书共分 11 章,主要包括工程材料及热处理、铸造、锻压、焊接、车工、铣工、刨工、磨工、钳工、数控加工、特种加工等,书后还附有金工实习报告。

本书可作为高等工业学校机械类、近机械类各专业的本科、专科的金工实习教材,还可供有关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习 / 京玉海主编. — 天津: 天津大学出版社, 2009. 9

ISBN 978 - 7 - 5618 - 2994 - 3

I. 金… II. 京… III. 金属加工—实习 IV. TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 153720 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022 - 27403647 邮购部:022 - 27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 北京市通州京华印刷制版厂

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 15

字 数 375 千

版 次 2009 年 9 月第 1 版

印 次 2009 年 9 月第 1 次

印 数 1 - 3 000

定 价 27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书是根据教育部基础课程教学指导委员会颁发的“高等工业学校金工实习教学基本要求”，结合作者多年金工实习教学经验，经结构优化、整合而成的一本机械类实习教材。

全书共分 11 章，主要内容包括工程材料及热处理、铸造、锻压、焊接、车工、铣工、刨工、磨工及数控加工、特种加工等，书后还附有金工实习报告，便于同学们对实习进行归纳总结。

本书的编写主要有以下特点。

①坚持“少而精”的原则，做到内容充分、重点突出。

②全书内容深入浅出，图文并茂，直观形象。

③全面贯彻国家最新标准，如材料的标准、名词术语、符号及单位等。

④本书以传统加工方法为主，同时也介绍了新设备的制造工艺及技术。

⑤本书适合于高等学校机械类、近机械类专业 4~6 周金工实习教学使用。鉴于各院校实习条件和专业特点不一样，各校可根据不同专业需要，有针对性地选择不同实习内容进行教学。本书还可供有关工程技术人员参考使用。

本书由南昌大学京玉海、江西渝州科技学院冯新红、南昌理工学院朱海燕担任主编，由江西交通职业技术学院李永松、九江职业大学王荣、南昌大学宋心鑫任副主编。参加编写的有京玉海(绪论、第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章)、宋心鑫(第 10 章、第 11 章)、朱海燕(第 5 章、第 6 章)、冯新红(第 7 章)、李永松(第 8 章)、王荣、钟怡帆(第 9 章)。全书由京玉海负责统稿、定稿。

由于编者水平有限，书中难免存在错误与不妥之处，敬请有关专家与读者批评指正。

编者

2009 年 6 月

目 录

绪论	1
第 1 章 工程材料及热处理	4
1.1 材料的性能	4
1.2 材料的种类	4
1.3 钢的热处理	8
第 2 章 铸造	18
2.1 铸造方法	18
2.2 合金的熔炼与浇注	37
2.3 铸件质量控制与检验	41
2.4 铸造生产安全知识	44
第 3 章 锻压	45
3.1 锻造生产过程	45
3.2 自由锻和胎模锻	48
3.3 板料冲压	54
3.4 锻压件质量控制与检验	57
3.5 锻压生产安全知识	59
第 4 章 焊接	61
4.1 焊接方法	62
4.2 焊接件质量控制与检验	76
4.3 焊接生产安全知识	78
第 5 章 金属切削加工的基础知识	79
5.1 切削加工概述	79
5.2 常用量具	86
5.3 切削加工质量	92
5.4 金属切削机床简介	94
第 6 章 车工	101
6.1 车床	101
6.2 车刀	105
6.3 工件的安装	106
6.4 车削的应用	110
6.5 车削加工安全知识	117
第 7 章 铣工、齿形加工及刨工	118
7.1 铣床	119
7.2 铣刀	120
7.3 铣床附件及工件的安装	123
7.4 铣削的应用	125

7.5	齿形加工	128
7.6	刨削加工简介	132
7.7	铣削加工质量分析	134
7.8	铣削加工安全知识	134
第8章	磨工	136
8.1	磨床	136
8.2	砂轮	138
8.3	磨削工艺	144
8.4	磨削加工质量分析	146
8.5	磨工实训安全知识	148
第9章	钳工	149
9.1	钳工常用设备	149
9.2	钳工的基本操作	151
9.3	钳工生产安全知识	167
第10章	数控加工	168
10.1	数控加工基础知识	168
10.2	数控车床	176
10.3	数控铣床	191
10.4	数控加工质量分析	204
10.5	数控加工安全知识	205
第11章	特种加工简介	206
11.1	电火花线切割加工	206
11.2	激光加工	211
工程训练实习报告	214	
铸造	215	
锻工	217	
焊接	218	
车工	220	
铣、磨工、特种加工	224	
钳工	226	
数控加工	228	
实习小结	230	
参考文献	231	

绪 论

机械制造业是整个工业的基础和重要组成部分。自第一次工业革命以来,机械制造业的水平就是衡量一个国家经济发展水平的重要标志。现代化的生产手段,在工业、农业或交通运输业,都是以机械化和自动化为标志的。而自动化也要以机械化为基础。机械是进行一切现代生产的基本手段。因此,传授机械制造基本知识和技能的金工实习,就成为绝大多数工科专业以及部分理科专业大学生的必修课。对于机械类各专业学生,金工实习还是学习其他有关技术基础课程和专业课程的重要前提。其中,金工实习与工程材料和机械制造基础等课程有着特殊的关系,金工实习既是机械制造基础课程的必修课,又是它的实践环节和重要组成部分。

理工科大学培养的学生应具有工程技术人员的全面素质,即不仅要有优秀的思想品质、扎实的理论基础和专业知识,而且要有解决实际工程技术问题的能力。金工实习是对大学生进行工程训练的重要环节之一。它是学生在校办实习工厂内,在教师和有实践经验的技工的指导下进行的实际操作。通过亲身实践,学生不仅可以学习机械制造的实际知识,掌握一定的操作技能,还可以培养动手能力,并且尝试解决生产中的一些实际问题。显然,这样的工程训练,对于按照工程技术人员的要求培养大学生,具有非常重要的作用。

1. 金工实习的内容

用系统的观点分析,机械制造的概念是指将毛坯(或材料)和其他辅助材料作为原料,输入机械制造系统,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后实现符合要求的零件或产品从系统输出。概括地讲,机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动的总和。其过程如图 0.1 所示。

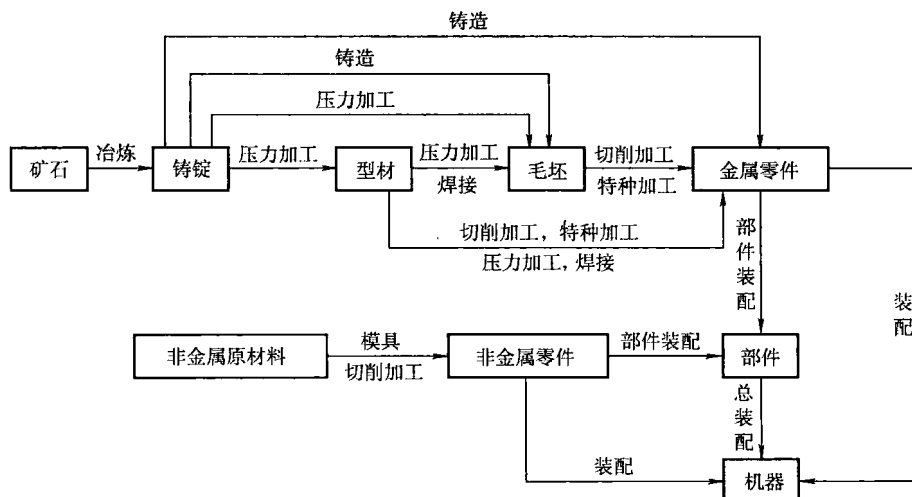


图 0.1 机械制造框图

从图 0.1 中可以看出,多数零件是先由铸造、压力加工或焊接等方法制成毛坯,再用切

削加工的方法加工而成。为了改善材料的加工性能,在各工序中常穿插各种不同的热处理。这就组成了本书共 11 章的全部内容。

第 1 章为“工程材料及热处理”,主要介绍工程材料的分类以及为改善其性能所采用的常用热处理方法,为合理选材和制订铸造、锻造和焊接等加工工艺打下基础。

第 2、3、4 章分别介绍了毛坯制造方法——铸造、锻压和焊接,分别阐述了各自的工艺基础、常用成型方法、质量分析及安全知识等。

第 5~9 章分别介绍了各种金属切削加工方法,阐述了金属切削加工的基础知识、各种加工方法所用设备、工件安装、所用刀具及安全知识等。

第 10、11 章介绍了先进制造方法,主要包括数控加工的基础知识、编程方法、编程举例及常用特种加工方法的基本原理和应用等。

应当指出,上述各工种的实习可以通过现场教学、实际操作、参观演示及实习报告等完成。但是实习应特别强调对学生的实际动手操作的训练和考核,对实习过程中发现的问题能进行综合分析,并能找到发生问题的原因,最后提出解决问题的方法。通过实习,使学生具有相应的工程实践能力,成为企业生产一线的高素质、高层次的应用型人才。这个指导思想要贯穿于整个实习过程,也是金工实习的整个灵魂所在。教师要着重于分析、综合,启发学生的思维能力,以培养学生的创新精神和解决生产实际问题的基本技巧和技能。

2. 金工实习的目的及任务

(1) 金工实习的目的

①了解机械制造的一般过程,熟悉机械零件的常用加工方法及其所用主要设备的工作原理及典型结构、工夹量具的使用以及安全操作技术,了解机械制造工艺知识和一些新工艺、新技术在机械制造中的应用。

②对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力,在主要工种上应具有独立完成简单零件加工制造的实践能力。

③培养劳动观点、质量和经济观念、理论联系实际的科学作风以及遵守安全技术操作规程、热爱劳动、爱护公物等工程技术人员应具有的基本素质。

(2) 金工实习的任务

通过金工实习,培养学生的操作技能、动手能力和创新意识,为学习后续课程和今后从事与机械相关的工作奠定较为扎实的基础,并通过实习培养科学的思想和工作作风。

3. 金工实习安全守则

①学生在实训期间必须遵守“中心”的安全制度和各工种的安全操作规程,一切行动听指挥,严禁做与实习无关的事。

②严格遵守劳动纪律,不得迟到、早退,有事请假。

③每人只能在指定的设备或岗位上操作,不得窜岗、窜位或代人操作完成实习任务,也不得擅自离开实训场所。

④实训前应穿好工作服,不准穿背心、短裤、裙子、拖鞋、高跟鞋进入“中心”实训场所。头发过耳者必须戴工作帽方可上机操作。

⑤实训时必须按各工种要求戴防护用品。如手工电弧焊时必须戴面罩,浇注时应戴手套等。

⑥不准违章操作。未经允许,不准启动扳动任何机床、设备、电器等。

⑦不准攀登任何设备;不准在车间内追逐、打闹、喧哗以及聚众聊天;在车间内行走时应走人行通道。

⑧操作时必须单人单机操作,精神集中。

⑨如发生问题,首先要切断电源,进行必要的救助,同时保持现场,并立即报告教师及安全人员。

⑩爱护国家财产,损坏赔偿,注意节约用水、电、油和原材料。

⑪实训时应专心听讲,仔细观察,并做好笔记。认真操作,不怕苦,不怕累,不怕脏。

⑫严格遵守各实施工种的安全技术要求,做到文明实训,保持良好的卫生风貌。

第 1 章 工程材料及热处理

本章主要介绍工程材料的分类以及为改善其性能所采用的常用热处理方法,为合理选材和制订铸造、锻造和焊接等加工工艺打下基础。

1.1 材料的性能

机械制造、交通运输、国防工业、石油化工和日常生活等各个领域需要使用大量的工程材料。生产实践中,往往由于选材不当造成设备或器件达不到使用要求,或过早失效。因此了解和熟悉材料的性能,成为合理选材、充分发挥工程材料内在性能、潜力的主要依据。

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中表现出来的特性,包括力学性能、物理性能和化学性能等。使用性能决定金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。工艺性能是指材料对各种加工工艺适应的能力,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

在选用金属和制造机械零件时,主要考虑力学性能和工艺性能。在某些特定条件下工作的零件,还要考虑物理性能和化学性能。

金属材料的使用性能如表 1-1 所示。

表 1-1 金属材料的使用性能

性能名称		性 能 内 容
物理性能		物理性能是金属材料对自然界各种物理现象的表现,如密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等
化学性能		金属材料的化学性能主要是指在常温或高温时,抵抗各种活泼介质的化学侵蚀的能力,如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等
力学性能	强度	强度是指金属材料在静载荷作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力,分为屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 τ_b 、抗压强度 σ_{bc} 等
	硬度	硬度是指金属材料抵抗更硬的物体压入其内的能力,常用的硬度测定方法有布氏硬度(HBS、HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)和维氏硬度(HV)
	塑性	塑性是金属材料产生塑性变形而不被破坏的能力。通常用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 表示材料塑性的好坏
	冲击韧性	冲击韧性是指金属材料在冲击载荷作用下,抵抗破坏的能力,用 a_k 表示
	疲劳强度	疲劳强度是指金属材料经无数次循环载荷作用而不致引起断裂的最大应力

1.2 材料的种类

工程上所用的各种金属材料、非金属材料 and 复合材料统称为工程材料。为了便于材料的生产、应用与管理以及材料的研究与开发,有必要对材料进行分类。

工程材料的分类如表 1-2 所示。

表 1-2 工程材料的分类

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、铜、镁及其合金、轴承合金等	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

工程材料按用途可分为两大类,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、结构陶瓷材料、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、电介质材料、超导体材料、非晶和微晶材料、形状记忆合金等。

1.2.1 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。金属材料的种类繁多,工程上常用的金属材料主要有黑色金属材料、有色金属材料等。

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金,简称碳钢。其中硅、锰是有益元素,对钢有一定强化作用;硫、磷是有害元素,分别增加钢的热脆性和冷脆性,应严格控制。碳钢价格低廉、工艺性能良好,在机械制造中应用广泛。常用碳钢的牌号及用途见表 1-3。

表 1-3 常用碳钢的牌号及用途

分类	编号方法		常用牌号	用 途
	举例	说 明		
碳素结构钢	Q235—AF	屈服点为 235 MPa、质量为 A 级的沸腾钢	Q195、Q215A、Q275 等	一般以型材供应工程构件,制造不太重要的机械零件及焊接件
优质碳素结构钢	45、65Mn	两位数表示平均碳的质量分数的万分数,Mn 表示含锰量较高	08F、10、40、50、60 等	用于制造曲轴、传动轴、齿轮、连杆等重要零件
碳素工具钢	T8、T8MnA	数字表示平均碳的质量分数的千分数,A 表示高级优质,Mn 表示含锰量较高	T7、T9、T10、T11、T12、T13 等	制造需较高硬度、耐磨性、又能承受一定冲击的工具,如手锤、冲头等
铸造碳钢	ZG200—400	表示屈服点为 200 MPa、抗拉强度为 400 MPa 的铸造碳钢	ZG230—450、ZG270—500 等	形状复杂的、需要采用铸造造型的钢质零件

2. 合金钢

为了改善和提高钢的性能,在碳钢的基础上加入其他合金元素的钢称为合金钢。常用于金工实习的合金元素有硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、稀土元素等。合金钢具有耐低温、耐腐蚀、高磁性、高耐磨性等良好的特殊性能,它在工具或力学性能、工艺性能要求高,形状复杂的大截面零件或有特殊性能要求的零件方面,得到了广泛的应用。常用合金钢的牌号、性能及用途见表 1-4。

表 1-4 常用合金钢的牌号、性能及用途

钢种		典型牌号	性能特点及应用
合金结构钢	低合金高强度钢	Q295~Q460	较好的塑性、韧性、成型性及可焊性,较高的强度,用于工厂构件、桥梁、船等
	渗碳钢	20Cr、 20CrMnTi	表面具有高的硬度和耐磨性,心部具有良好的韧性,用于制造重要的齿轮、轴类零件
	调质钢	40Cr、40MnB	良好的综合力学性能,用于制作轴类、连杆、螺栓、齿轮等重要零件
	弹簧钢	60Si2Mn	高的弹性极限、屈服比及疲劳强度,足够的韧性,用于制作各种弹簧
	滚动轴承钢	GCr15	高的硬度、耐磨性及接触疲劳强度,足够的韧性,用于制作轴承、丝杠等
合金工具钢	量具刀具钢	9SiCr、CrWMn	硬度高、耐磨性好,有一定的红硬性,用于制造各种低速切削刀具
	高速钢	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2	高硬度、耐磨性和红硬性,用于制造各种高速切削刀具
	冷作模具钢	Cr12、Cr12MoV	高硬度、耐磨性及疲劳强度,变形小,用于制造各种冷作模具(大型)
	热作模具钢	5CrMnMo 5CrNiMo	具有较高的强度、韧性及热疲劳强度,足够的耐磨性,用于制作各种热作模具
特殊性能钢	马氏体型	1Cr13	较高的强度、硬度及耐磨性,用于力学性能要求较高、耐蚀性要求较低的工件,如汽轮机叶片、水压阀及硬而耐磨的医疗工具
	铁素体型	1Cr17	高的耐蚀性、良好的塑性、较低的强度,主要用于化工设备中的容器、管道等
	奥氏体型	0Cr18Ni9	优良的耐蚀性,良好的塑性、韧性和冷变形性、焊接性,但切削加工性较差,主要用于耐蚀性要求较高及冷变形、成型后需焊接的轻载零件
	耐磨钢	ZGMn13-1	主要用于严重摩擦和强烈冲击条件下工作的零件

3. 铸铁

碳的质量分数大于 2.11%的铁碳合金称为铸铁。由于铸铁含有的碳和杂质较多,其力学性能比钢差,不能锻造。但铸铁具有优良的铸造性、减振性及耐磨性等特点,加之价格低廉、生产设备和工艺简单,是机械制造中应用最广的金属材。资料表明,铸铁件占机器总质量的 45%~90%。常用铸铁的种类、牌号、用途见表 1-5。

表 1-5 常用铸铁的种类、牌号及用途

分类	编号方法		用 途
	举例	说 明	
灰口铸铁	HT200	平均抗拉强度为 200 MPa 的灰口铸铁	承受较大载荷或较重要的零件,如气缸、齿轮、底座、飞轮、床身等
可锻铸铁	KTZ450-06	平均抗拉强度为 450 MPa、最低伸长率为 6%的可锻铸铁	制造负荷较高的耐磨零件,如曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等薄壁小铸件

续表

分类	编号方法		川 途
	举例	说 明	
球墨铸铁	QT450—10	平均抗拉强度为 450 MPa、最低伸长率为 10% 的球墨铸铁	承受冲击振动的零件,如曲轴、蜗杆等
蠕墨铸铁	RuT420	平均抗拉强度为 420 MPa 的蠕墨铸铁	制造大截面复杂铸件,主要用来代替高强度灰口铸铁、合金铸铁

4. 有色金属及其合金

有色金属包括铝、铜、钛、镁、锌、铅等及其合金,虽然它们的产量和使用量不如钢铁材料多,但由于某些独特的性能和优点,使其成为当代工业生产中不可缺少的材料。常用有色金属及其合金的种类见表 1-6。

表 1-6 常用有色金属及其合金的种类、用途

种 类		常川牌号	川 途
纯铝	变形纯铝	1A30	代替贵重的铜合金制作导线、配制铝合金,制作质轻、导热或耐大气腐蚀但强度要求不高的器皿
	铸造纯铝	ZA199.5	
铝合金	变形铝	防锈铝 5A05	主要用于受力不大、经冲压或焊接制成的结构件,如各种容器、油箱、导管、线材等
		硬铝 2A01、2A10	主要用在航空工业中,如作飞机构架、螺旋桨、叶片等
	超硬铝	7A04	常用于制作飞机上主要受力部件,如大梁、桁架、翼肋、起落架、活塞等
		锻铝 2A50	常用于制作棒料或模锻件
	铸造铝合金 ZL102 ZL301		用于制作形状复杂的零件,如仪表、抽水机壳体、活塞、飞机零件等
纯铜	加工产品	T1、T2	主要用于配制铜合金,制作导电、导热材料及耐蚀器件等
	未加工产品	Cu-1	
铜合金	黄铜	普通黄铜 H70	主要用于制作水管、油管、散热器、螺钉等
		特殊黄铜 HPb59—1	主要用于制造冷凝管、齿轮、螺旋桨、钟表零件等
	青铜	锡青铜 QSn6—6—3	主要用于制造弹性元件、耐磨零件、抗磁及耐蚀零件,如弹簧、轴承、齿轮、蜗轮、垫圈等
		特殊青铜 QBe4	
	白铜 B19		主要用于制作耐蚀及电工仪表等
	铸造铜合金 ZCuAl10Fe3 ZCuZn40Mn3Fe1		主要用于制作阀、齿轮、蜗轮、滑动轴承等

1.2.2 非金属材料

1. 高分子材料

高分子材料是指分子量很大的化合物,它们的分子量可达几千甚至几百万以上。高分子材料因其原料丰富、成本低、加工方便等优点,发展极其迅速,目前在工业上得到广泛应用,并将越来越多地被采用。高分子材料的分类见图 1.1。

2. 陶瓷材料

陶瓷是各种无机非金属材料的总称,是现代工业中很有发展前途的一类材料。未来将

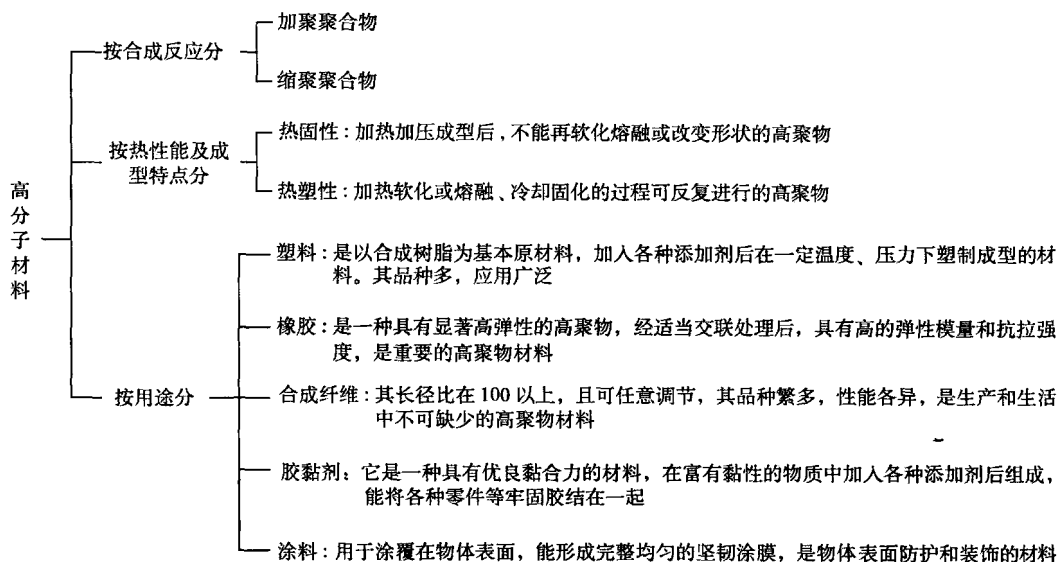


图 1.1 高分子材料分类

是陶瓷材料、高分子材料和金属材料三足鼎立的时代,三者构成固体材料的三大支柱。

陶瓷的种类繁多,工业陶瓷大致可分为普通陶瓷和特种陶瓷两大类。

1) 普通陶瓷(传统陶瓷) 除陶、瓷器之外,玻璃、水泥、石灰、砖瓦、搪瓷、耐火材料都属于陶瓷材料。一般人们所说陶瓷常指日用陶瓷、建筑瓷、卫生瓷、电工瓷、化工瓷等。普通陶瓷以天然硅酸盐矿物如黏土(多种含水的铝硅酸盐混合物)、长石(碱金属或碱土金属的铝硅酸盐)、石英、高岭土等为原料烧结而成。

2) 特种陶瓷 它是以人工化合物为原料(如氧化物、氮化物、碳化物、硅化物、硼化物、氟化物等)制成的陶瓷,具有独特的力学、物理、化学、电、磁、光等性能,主要用于化工、冶金、机械、电子、能源和其他一些新技术中。

3. 复合材料

由两种或两种以上化学成分不同或组织结构不同的原料,经人工合成获得的多相材料称为复合材料。它不仅具有各组成材料的优点,而且还具有单一材料不具备的优越的综合性能。因此,复合材料发展迅速,在各个领域都得到了广泛应用。如先进的 B—2 隐形战斗轰炸机的机身和机翼大量使用了石墨和碳纤维复合材料,这种材料不仅比强度大,而且具有雷达反射波小的特点。

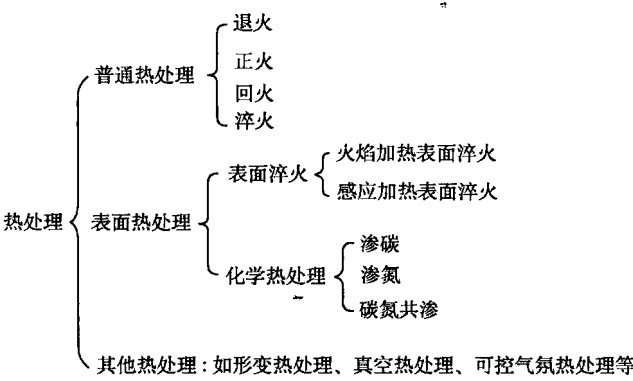
复合材料依照增强相的性质和形态可分为纤维增强复合材料、层合复合材料与颗粒增强复合材料三类。

1.3 钢的热处理

钢的热处理是指钢在固态下采用适当的方式进行加热、保温和冷却以获得所需组织结构与性能的工艺。钢的热处理目的是显著提高钢的力学性能,发挥钢材的潜力,提高工件的使用性能和延长使用寿命;还可以消除毛坯(如铸件、锻件等)中的缺陷,改善其工艺性能,为

后续工序作组织准备。随着工业和科学技术的发展,热处理还将在改善和强化金属材料、提高产品质量、节省材料和提高经济效益等方面发挥更大的作用。

根据加热和冷却方法的不同,常用的热处理方法大致分类如图 1.2 所示。



热处理方法虽然很多,但任何一种热处理工艺都是由加热、保温和冷却三个阶段所组成。图 1.3 是最基本的热处理工艺曲线。对不同的钢材,三个阶段工艺参数的选择不同;对同一钢材,冷却方式和冷却速度不同,所获得的组织和性能也不同。

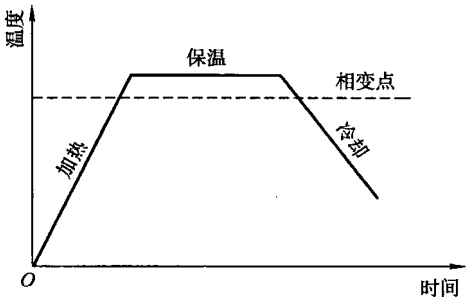


图 1.3 热处理工艺曲线

1.3.1 钢的热处理基本工艺

不同工艺要素构成不同的基本工艺。

1. 普通热处理

(1)退火

退火是将钢件加热到适当温度,保持一定时间后缓慢冷却的热处理工艺。退火态的组织基本上接近平衡组织。退火的主要目的是降低材料硬度,改善其切削加工性,细化材料内部晶粒,均匀组织及消除毛坯在成型(锻造、铸造、焊接)过程中所产生的内应力,为后续的机械加工和热处理作好准备。

常用的退火方式见表 1-7 所示。

表 1-7 常用的退火工艺

种类	加热温度范围	热处理后组织	应 用
完全退火	对碳素钢而言为 740~880 ℃	P+F	主要用于亚共析成分的碳钢和合金钢的铸件、锻件及热轧型材,也可用于焊接结构。目的是细化晶粒、消除应力、软化钢
球化退火		球状 P	主要用于共析或过共析成分的碳钢和合金钢。目的是降低硬度,改善切削加工性能
去应力退火	500~600 ℃	组织不变	主要用于消除铸件、锻件、焊接件或切削加工过程中的残余应力

(2) 正火

正火是将钢加热到某一温度(对碳素钢而言为 $760\sim 920\text{ }^{\circ}\text{C}$)使其完全奥氏体化,保温后在空气中冷却的热处理工艺。

由于正火的冷却速度稍快于退火,经正火后的零件,其强度和硬度较退火零件要高,且操作简便,生产周期短,能量耗费少,故在可能的条件下,应优先考虑采用正火处理。但消除应力不如退火。正火主要用于以下几方面。

①对于要求不高的结构零件,可作最终热处理。正火可细化晶粒,正火后组织的力学性能较高。而大型或复杂零件淬火时,可能有开裂危险,所以正火可作为普通结构零件或大型、复杂零件的最终热处理。

②改善低碳钢和低碳合金钢的切削加工性。一般认为硬度在 $160\sim 230\text{ HBS}$ 范围内,金属的切削加工性好。硬度过高时,不但加工困难,刀具还易磨损;而硬度过低时切削容易“粘刀”,也使刀具发热和磨损,且加工零件表面粗糙度大。低碳钢和低碳合金钢退火后的硬度一般都在 160 HBS 以下,因而切削加工性不良。正火可以提高其硬度,改善切削加工性。

③消除过共析钢中的二次渗碳体,为球化退火作好组织准备。这是因为正火冷却速度较快,二次渗碳体来不及沿奥氏体晶界呈网状析出。

(3) 淬火

将钢加热到某一温度(对碳素钢而言为 $770\sim 870\text{ }^{\circ}\text{C}$),保温一定时间后快速冷却以获得马氏体或贝氏体的热处理工艺称为淬火。淬火的目的是提高钢的硬度和耐磨性。

影响淬火质量的主要因素是淬火加热温度、冷却剂的冷却能力及零件投入冷却剂中的方式。一般情况下,常用非合金钢的加热温度取决于钢中碳含量。淬火保温时间主要根据零件的有效厚度来确定。零件进行淬火冷却所使用的介质叫做淬火介质。水最便宜且冷却能力较强,适合于尺寸不大、形状简单的碳素钢零件的淬火。浓度为 10% 的 NaCl 和 10% 的 NaOH 的水溶液与纯水相比,具有更强的冷却能力。油也是一种常用的淬火介质。早期采用动、植物油脂。目前工业上主要采用矿物油,如全损耗系统用油(俗称机油)、柴油等,多用于合金钢的淬火。此外还必须注意零件浸入淬火冷却剂的方式。如果浸入方式不当,会使零件因冷却不均而导致硬度不均,产生较大的内应力,发生变形,甚至产生裂纹。

(4) 回火

回火是指将淬火钢重新加热到某一温度,保温一定时间,然后冷却到室温的热处理工艺。回火的目的是获得工件所需的组织和性能、稳定工件尺寸、消除或减小淬火应力。

回火操作的关键是控制回火温度。回火温度越高,工件韧性越好,内应力越小,但硬度、强度下降得越多。根据回火加热温度的不同,回火常分为低温回火、中温回火和高温回火,如表 1-8 所示。

表 1-8 回火的种类及应用

回火种类	回火温度	应 用 场 合
低温回火	$150\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$	用于要求硬度高、耐磨性好的零件,如各类高碳工具钢、低合金工具钢制作的刀具,冷变形模具、量具,滚珠轴承及表面淬火件等
中温回火	$350\sim 450\text{ }^{\circ}\text{C}$	主要用于各类弹簧、热锻模具及某些要求较高强度的轴、轴套、刀杆的处理
高温回火	$500\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$	生产中通常把淬火加高温回火的处理称为调质处理。对于各种重要的结构件,特别是在交变载荷下工作的零件,如连杆、螺栓、齿轮、轴等都需经过调质处理后再使用

2. 表面热处理

在各种机器中,齿轮、轴和活塞销等许多零件都在动载荷和摩擦条件下工作。它们在性能上不仅要求齿部和轴颈等处表面硬而耐磨,还要求心部有足够的强度和韧性,以传递很大的扭矩和承受相当大的冲击载荷,即要求零件“表硬里韧”。很显然,采用普通热处理工艺难以同时达到这两方面的要求,为此在生产中广泛采用表面热处理工艺。

所谓表面热处理是指只对零件表面进行热处理,以改变其组织(化学热处理还改变表层的化学成分)和性能的工艺。它可分为表面淬火和化学热处理两大类。

(1) 表面淬火

表面淬火是一种不改变钢的表层化学成分,但改变表层组织的局部热处理方法。它通过快速加热,使钢的表层奥氏体化,在热量尚未充分传至中心时立即予以淬火冷却,使表层获得硬而耐磨的马氏体组织,而心部仍保持着原有塑性、韧性较好的退火、正火或调质状态的组织。

根据加热方法的不同,表面淬火可分为感应加热表面淬火、火焰加热表面淬火、电解液加热表面淬火、激光加热表面淬火和电子束加热表面淬火等。

火焰加热表面淬火就是利用氧-乙炔(或其他可燃气体)火焰对零件表面进行加热,随之淬火冷却的工艺。火焰加热表面淬火淬硬层深度可达2~6 mm,且设备简单、使用方便、不受工件大小和淬火部位的限制、灵活性大。但由于其加热温度不易控制、容易过热、硬度不均,故主要用于单件小批生产及大型工件的表面淬火。

感应加热表面淬火是目前应用较广的一种表面淬火方法,它是利用零件在交变磁场中产生的感应电流,将零件表面加热到所需的淬火温度,而后喷水冷却的淬火方法。这种热处理方法淬火质量稳定,淬火层深度容易控制;且生产效率极高,加热一个零件仅需几秒至几十秒即可达到淬火温度。由于这种方法加热时间短,故零件表面氧化、脱碳极少,变形也小,还可以实现局部加热、连续加热,便于实现机械化和自动化。但高频感应设备复杂、成本高,故适合于形状简单、大批量生产的零件。

(2) 化学热处理

化学热处理是指将工件放在一定的活性介质中加热,使某些元素渗入工件表层,以改变表层化学成分和组织,从而改善表层性能的热处理工艺。与其他热处理相比,它的特点是表层不仅有组织变化,而且化学成分也发生了变化。

化学热处理的种类很多,一般都以渗入元素来命名。渗入元素不同,工件表层所具有的性能也不同。如渗碳、渗氮、碳氮共渗能提高工件表层的硬度和耐磨性;渗铬、渗铝、渗硅大多是为了使工件表层获得某些特殊的物理化学性能(如抗氧化性、耐高温性、耐酸性等)。

渗碳是将钢件置于渗碳介质中加热并保温,使碳原子渗入钢件表面,增加表层碳含量及获得一定碳浓度梯度的工艺方法,适用于碳的质量分数为0.1%~0.25%的低碳钢或低碳合金钢,如20、20Cr、20CrMnTi等。零件渗碳后,碳的质量分数从表层到心部逐渐减小,表面层碳的质量分数可达0.80%~1.05%,而心部仍为低碳。渗碳后再经淬火加低温回火,使表面具有高硬度、高耐磨性,而心部具有良好塑性和韧性,使零件既能承受磨损和较高的表面接触应力,又能承受弯曲应力及冲击载荷。渗碳用于在摩擦冲击条件下工作的零件,如汽车齿轮、活塞销等。

渗氮是在一定温度下将零件置于渗氮介质中加热并保温,使活性氮原子渗入零件表层的化学热处理工艺。零件渗氮后表面形成氮化层,氮化后不需淬火,钢件的表层硬度高达