

制造技术实习

孔庆华 黄午阳 主编

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

制造技术实习/孔庆华,黄午阳主编. —上海: 同济大学出版社, 2000. 6

ISBN 7-5608-2178-2

I. 制... II. ①孔... ②黄... III. 机械制造-技术-实习 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 29276 号

制造技术实习

作 者 孔庆华 黄午阳主编

责任编辑 张平官 责任校对 徐春莲 装帧设计 李志云

出 版 行	同济大学出版社
	(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	丹阳市教育印刷厂印刷
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	15.5
字 数	396 800
印 数	13 001—18 100
版 次	2000 年 6 月第一版 2006 年 2 月第三次印刷
书 号	ISBN 7-5608-2178-2/TH·44
定 价	20.00 元

前 言

制造技术是高新技术走向实际应用的接口、通道和桥梁,是提高创新能力和企业国际竞争力的根本途径。随着计算机技术、自动控制技术、传感器技术、信息技术、管理技术等高新技术与制造技术深层次的结合,制造业面貌发生了极大的变化,高校机械学科的教学思想、教学内容和教学方法势必随之不断扩展和更新。将培养人的系统知识、创新思想、综合运用及实践能力作为重点,造就一大批面向 21 世纪现代化建设的人才,是已被各界所认同的教育改革发展方向。

本书根据教育部《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》和机械学科课程指导小组的最新指导思想及全国专业调整会议关于通才教育的精神,从全面推进素质教育的发展战略的高度出发,在《机械制造基础实习》教材的基础上,结合兄弟院校的教改经验和实际情况,提高起点、注重实践、加强基础、拓宽知识面,加大更新力度,进一步突破传统教材体系,由同济大学、上海海运学院、上海轻工业高等专科学校共同编写而成。

本书作为面向 21 世纪机械类系列课程教学内容与课程体系改革的主干技术基础课教材之一,在编写中力求使之具有以下特点:

(1) 加大改革传统金工实习课程体系的力度,删除传统加工中陈旧落后的内容,增加“三新”技术,提高起点,向大工程宽专业口径拓宽知识面;

(2) 注重与并行课、后续课教学内容的衔接,既注重传统制造技术基础内容的系统性、实用性和科学性,又在一定程度上反映较成熟的先进制造技术;既注重单台设备、单个工序,又强调制造过程、制造系统乃至先进制造系统的观念;

(3) 强调制造技术的实践性和应用性及理论与工程实际的紧密结合,通过选材、选择制造方法、结构工艺分析、操作等应用能力的训练,实施知识、创新能力、素质的培养;

(4) 注意教师授课、讲解和学生自学的紧密配合;反映当代科学技术特征、知识交叉与互相渗透的内容;培养学生科学的思维方法、综合应用理论解决实际问题的能力以及自己获取知识的能力;

(5) 全书图、表、实例、操作适当配合;基本概念、名词术语、计量单位、符号等一律采用已颁布的国家规范和标准。

本课程具有很强的实践性,作者认为只有更新教育思想,采用先进的教学方法和手段,以实践教学为主,将基础知识和理论与基本工艺实践有机地结合起来,优化讲课、操作、实验、讨论、多媒体教学等教学环节,才能在有限的经费和学时内,达到最佳的教学效果。

参加本书编写的人员有:孔庆华(前言、绪论、第一、二、三、五、十、十一、十二章、附录),黄午阳(第四、六、七、八、九章),顾彩香(第一章),黄云明(第八章),陆春华、陈耀松参加了编务工作。全书由孔庆华、黄午阳主编,郭大津主审,蒋勇担任插图扫描、文字输入整理等工作。

本书在策划、编写及出版过程中,得到上海海运学院教务处、上海海运学院教学实习厂、上海轻工业高等专科学校轻工实验厂、同济大学教务处实践学科和教材科、同济大学机械学院领导和教师及同济大学附属机械厂的大力支持;也得到有关专家、学者和兄弟院校同行的热忱指教,在此一并表示诚挚的谢意。在本书的编写中,曾参考并引用了有关文献资料、插

图等,在此对上述的作者也表示由衷的感谢。

本书若有不当之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

2000 年 1 月

目 录

前 言

绪论	1
----------	---

第一篇 工程材料导论

1 工程材料和处理技术	3
1.1 工程材料	3
1.2 热处理	7
1.3 表面处理技术	11

第二篇 成形技术

2 液态金属的铸造成形	16
2.1 砂型铸造	17
2.2 清理铸件和分析缺陷	32
2.3 铸造工艺图	35
2.4 特种铸造	40
3 金属的塑性成形	47
3.1 金属坯料的加热和锻件的冷却	47
3.2 自由锻造	51
3.3 模型锻造	60
3.4 板料冲压成形	62
3.5 锻压先进工艺、锻压机械及自动化	68
4 金属的焊接成形	71
4.1 手弧焊	71
4.2 气焊和气割	82
4.3 其他焊接方法	89
4.4 焊接变形和缺陷	93
5 非金属材料的成形	96
5.1 工程塑料的成形	96
5.2 橡胶制品的成形	97
5.3 特种陶瓷的成形	98

第三篇 制造装备与方法

6 机床、刀具、夹具和量具	101
6.1 金属切削机床	101

6.2	切削刀具	111
6.3	夹具	121
6.4	零件技术要求和测量	130
7	机械加工	138
7.1	车削加工	138
7.2	刨削加工	150
7.3	铣削加工	153
7.4	插齿和滚齿	158
7.5	磨削加工	160
8	钳工	165
8.1	划线	165
8.2	锯切	167
8.3	锉削	168
8.4	钻削和镗削	169
8.5	攻螺纹和套扣	172
8.6	刮削和研磨	174
8.7	装配	176
9	切削加工工艺应用	181
9.1	机械加工工艺基础知识	181
9.2	典型零件工艺过程	189

第四篇 先进制造技术

10	特种加工	195
10.1	电火花加工	197
10.2	电化学加工	199
10.3	化学加工	201
10.4	高能束加工	203
10.5	物料切蚀加工	204
10.6	复合加工	206
11	快速成形技术	210
11.1	快速成形技术的原理和特点	210
11.2	快速成形系统及其应用	210
12	机械加工自动化	213
12.1	高效机床及自动线	213
12.2	成组技术	215
12.3	工业机器人	219
12.4	数控加工及机械制造系统	221
12.5	独立制造岛	228

附 录

实 验	231
1 铸造合金流动性的测定与分析	231
2 车刀角度的测量和刃磨	232
3 零件表面粗糙度的测量	235
4 碳钢的热处理及其性能分析	235
5 观察并分析碳钢不平衡组织、铸铁及有色金属的组织	236
6 电解加工	237
参考文献	239

历史告诉人们,制造业创造着人类社会的物质文明,推动了人类社会的发展。资料表明,美国 68% 的财富来自于制造业;我国工业总产值中也有 40% 来源于制造业。可见,制造业在国民经济中具有十分重要的作用,它是一个国家的国民经济的支柱产业。

制造技术是将原材料转变为产品的技术,是高新技术走向实际应用的接口、通道和桥梁,是提高企业国际竞争力的根本途径,是制造业赖以生存发展的关键基础技术。先进制造技术是一个国家、一个民族赖以繁荣昌盛的技术基础之一,也是制造业赖以生存发展的主体技术。对此,各国政府均已取得共识。我国政府非常重视制造技术,已将制造技术尤其是先进制造技术列为决定 21 世纪科技发展水平的九大关键技术之一。

新中国诞生以来,我国的制造业与制造技术的发展日新月异,形成了具有相当规模和一定制造技术基础的机械工业体系。特别是改革开放的二十多年来,我国利用国内外的技术资源,有计划地推进企业的技术进步,引导企业依靠科技进步发展生产,致使制造业和制造技术均发生了显著的变化。随着数控加工、加工中心、快速成型技术、柔性及集成制造系统、虚拟制造等先进制造技术和先进生产模式的不断涌现,制造技术的内涵和外延发生了革命性的变化。传统的制造技术不断吸收材料、能源、管理等领域科技成果的营养,综合应用于产品设计、制造、检测及销售,增强了企业的生产能力和市场适应能力,使制造技术、产品质量、经济效益均有了明显的进步。同时,随着计算机技术、新材料技术、电子技术、信息技术与制造技术的结合与渗透,交叉融合衍生出新的技术和研究领域,使制造业的发展发生了革命性的飞跃,制造业面貌为之一新。然而,与工业发达国家相比,我国制造业的综合技术水平仍存在阶段性的差距。因此,面向 21 世纪的中国制造业,迫切需要大批从事制造技术尤其是先进制造技术的人才,需要有志于制造业并从事制造技术的人们不断地刻苦学习,奋发图强,为制造业和制造技术的振兴尽心、尽力、尽责。

本课程介绍了坯件的成形、机械制造装备与工艺及先进制造技术。其内容包括金属的液态成形、金属的塑性成形、金属的焊接成形、非金属材料的成形技术、金属的表面处理技术以及机床、刀具、夹具、量具的基本知识;车、钳、刨、铣、磨等传统机械制造及装配工艺的基本理论及基本技能;特种加工、快速成型技术、现代制造模式等制造技术前沿与发展趋势。

实际上,制造不仅仅指机械制造,还包括汽车、船舶、仪器仪表、轻工纺织、信息产业、计算机等产品,甚至包括日常生活所需物品的制造。因此,本书以机械制造为主线,将部分内容扩展至大制造,培养学生既有一定的机械制造技术的基本知识和技能,为后续课程、专业课程设计、毕业设计奠定扎实的工艺基础,使学生有较宽的知识面和专业视野,以提高市场经济下就业的适应能力。其学习要求主要有:

(1) 掌握常用机械工程材料的性能、应用及热处理、表面处理技术的基本理论知识,能根据用途选用材料和处理技术,会进行退火、淬火、正火、回火等热处理操作;

(2) 熟悉热加工、冷加工工艺的基础理论,可根据用户要求,本着高效、优质、低成本的原则,初步合理地选择加工方法,制定加工工艺;

(3) 了解先进制造技术的基本内容和发展趋势。

本课程作为一门公共实践性的技术基础课,其很强的实践性是众所周知的。因此,本课程的发展趋势是注重实践、加强基础,遵循“实践—理论—实践”的规律,通过操作、讲解、讲课、实验教学环节的密切配合来体会、理解基础知识,掌握基本技能;转变教学思想和教学观念,应用现代教育手段和教学方法,在有限的经费和学时内,达到较理想的教学效果。

各类学校、不同专业使用本教材时,可根据需要取舍。本书的有关章节可采用录像、讲座、课堂讨论等方式;有些章节可与各学校的金工实习报告配套,通过讲解、实验、操作等方法进行,还可结合课程设计进行教学。

第一篇 工程材料导论

在人类社会发展的历史长河中,材料与物质和精神两大文明紧密相连,不可分割。从这个意义上说,材料与人类同在,材料技术与社会发展同步。当今,世界上有数十万种传统材料,它们已成为人类制造有用物件的物质基础;而新材料的品种正以每年 5% 左右的速度增长。现有八百多万种人工合成化合物,正在以每年 25 万种以上的速度递增,其中相当一部分可能成为新材料。因此,国际社会公认,材料是现代技术的三大支柱之一,而新材料技术则是现代文明的三大支柱之一,成为现代社会经济的先导。

目前,在我国的机床、汽车、船舶、动力设备、农业机械、通用机械、轻工纺织、航空航天、仪器仪表、电子计算机、信息产业等制造领域中,金属材料的应用约占 80%~90%,非金属材料的应用约占 10%~20%,这是由于前者具有良好的力学性能和工艺性能,后者具有比强度较高、耐腐蚀、减震等优良性能,且易于成形的缘故。因此,在进行产品设计、制造时,必须熟悉工程材料的力学、工艺、经济等各种性能,才可能根据使用要求,合理地选材、加工。应该说,优秀的设计师同时又是优秀的工艺师。

鉴于此,本篇主要介绍工程材料及热处理、表面处理技术的基础知识,而工程材料的各种工艺性能将分散在其他篇章中讨论。

1 工程材料和处理技术

1.1 工程材料

1.1.1 工程材料的分类

工程材料(Engineering Materials)可分为结构材料和功能材料。前者通常指工程上对硬度、强度、塑性、耐磨性等力学性能有一定要求的材料。后者是指具有光、电、声、磁、热等功能及效应的材料。根据材料结合键的特点与性质,工程材料又可分为金属材料、无机非金属材料 and 有机材料。金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料是铁基金属合金,包括铸铁、碳钢及合金钢等。其余金属材料都属于有色金属材料,包括轻金属及其合金、重金属及其合金等。根据生产方法的不同,金属材料可分为铸造合金、变形合金和粉末冶金材料。无机非金属材料是指金属和有机物以外的几乎所有材料,包括陶瓷等。有机材料包括塑料、橡胶、合成纤维等。工程材料的主要性能包括化学性能、物理性能、力学性能、工艺性能和经济性,它们是选用材料和制订制造工艺的重要依据。

1) 碳素钢

碳素钢(Carbon Steel)是指含碳量小于 2.11%和含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素所组成的铁碳合金,简称碳钢。其中锰、硅是有益元素,对钢有一定的强化作用;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。碳钢的价格低廉,工艺性能良好,在机械制造中广泛应用。常用碳钢的牌号及用途如表 1-1 所示。

表 1-1 碳钢的牌号、应用及说明示例

名称	牌号	应用 举 例	说 明
碳素结构钢	Q215 A 级	金属结构件、拉杆、套圈、铆钉、螺栓、短轴、心轴、载荷不大的凸轮、吊钩、垫圈、渗碳零件及焊接件	碳素钢的牌号是由代表钢材屈服点的字母 Q、屈服点值、质量等级符号、脱氧方法四个部分组成。其中质量等级共有四级,分别以 A,B,C,D 表示
	Q235 A 级	金属结构件、心部强度要求不高的渗碳或氰化零件、吊钩、拉杆、套圈、气缸、齿轮、螺栓、螺母、连杆、轮轴、键、盖及焊接件	
优质碳素结构钢	15	塑性、韧性、焊接性和冷冲性均极好,但强度较低。用于制造受力不大、韧性要求较高的零件、紧固件、冲模锻件及不要热处理的低负荷零件,如螺栓、垫圈、螺钉、拉条、法兰盘及化工贮器、蒸汽锅炉等	牌号的两位数字表示平均含碳量的万分数,45 号钢即表示平均含碳量为 0.45% 含锰量较高的钢,须加注化学元素符号“Mn” 含碳量≤0.25%的碳钢是低碳钢 含碳量在 0.25%~0.60%之间的碳钢是中碳钢 含碳量大于 0.60%的碳钢是高碳钢
	45	用于强度要求较高的零件,如汽轮机的叶轮、压缩机、泵的零件等	
碳素工具钢	T8 T8A	有足够的韧性和较高的硬度,用于制造能承受震动的工具,如钻中等硬度岩石的钻头、简单模子、冲头等	用“碳”或“T”后附以平均含碳量的千分数表示,有 T7~T13 平均含碳量约为 0.7%~1.3%

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(Alloy Steel)。常用的合金元素有硅、锰、镍、铬、铜、钒、钛、稀土元素等。合金钢还具有如耐低温、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、工艺性能要求高的、形状复杂的大截面零件或有特殊性能要求的零件方面,得到了广泛应用。常用合金钢的牌号、性能、用途如表 1-2 所示。

表 1 2 合金钢的牌号、性能、用途

种 类	牌 号	性能、适用范围及举例
普通低合金结构钢	9Mn2,10MnSiCu, 16Mn, 15MnTi	强度较高,塑性良好,具有可焊性和耐蚀性,用于建造桥梁、车辆、船舶、锅炉、高压容器、电视塔等
渗碳钢	20CrMnTi, 20Mn2V, 20Mn2TiB	心部的强度较高,用于制造重要的或承受重载荷的大型渗碳零件
调质钢	40Cr, 40Mn2, 30CrMo, 40CrMnSi	具有良好的综合力学性能(高的强度和足够的韧性),用于制造一些受力复杂的重要机器零件
弹簧钢	65Mn, 60Si2Mn, 60Si2CrVA	淬透性较好,热处理后组织可得到强化,用于制造承受重载荷的弹簧
滚动轴承钢	GCr9, GCr15SiMn, GCrMnMoV	用于制造滚动轴承的滚珠、套圈

3) 铸铁

含碳量大于 2.11%的铁碳合金称为铸铁(Cast Iron)。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、减震性、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多的金属材料。资料表明，铸铁件占机器总重量的 45%~90%。常用铸铁的牌号、用途如表 1-3 所示。

表 1-3 铸铁牌号、应用及说明

名称	牌 号	应 用 举 例	说 明
灰口铸铁	HT150	用于制造端盖、泵体、轴承座、阀壳、管子及管路附件、手轮；一般机床底座、床身、滑座、工作台等	“HT”为灰铁两字汉语拼音的第一个字母，后面的一组数字表示 $\phi 30$ 试样的最低抗拉强度。如 HT200 表示灰口铸铁的抗拉强度为 200 MPa
	HT200	用于制造气缸、齿轮、底架、机体、飞轮、齿条、衬筒；一般机床铸有导轨的床身及中等压力(8 MPa 以下)的液压筒、液压泵和阀体等	
球墨铸铁	QT400-18 QT450 10 QT500-7 QT800-2	具有较高的强度和塑性。广泛用于机械制造业中受磨损和受冲击的零件，如曲轴(一般用 QT500-7)、齿轮(一般用 QT450-10)、气缸套、活塞环、摩擦片、中低压阀门、千斤顶座、轴承座等	“QT”是球墨铸铁的代号，它后面的数字表示最低抗拉强度和最低伸长率。如 QT500-7 即表示球墨铸铁的抗拉强度为 500 MPa；伸长率为 7%
可锻铸铁	KTH300-06 KTH330-08 KTZ450-06	用于受冲击、振动等零件，如汽车零件、机床附件(如扳手)、各种管接头、低压阀门、农具等	“KTH”，“KTZ”分别是黑心和白心可锻铸铁的代号，它们后面的数字分别代表最低抗拉强度和最低伸长率(“KT”是“可铁”两字的汉语拼音的第一个字母)

4) 有色金属及其合金

通常，将铁及其合金称为黑色金属(Ferrous Metal)，而将铝、镁、铜、锌及其合金等称为有色金属(Nonferrous Metal)。有色金属的种类繁多，虽然其产量和使用不及黑色金属，但是由于它具有某些特殊性能，故已成为现代工业中不可缺少的材料。常用的有色金属及其合金的牌号、应用如表 1-4 所示。

表 1-4 有色金属及其合金的牌号、应用及说明

名 称	牌 号	应 用 举 例	说 明
普通黄铜	H62	散热器、垫圈、弹簧、各种网、螺钉及其他零件	“H”表示黄铜，后面数字表示含铜量，如 62 表示含铜 60.5%~63.5%
铸锰黄铜	ZHMn58-2-2	用于制造轴瓦、轴套及其他耐磨零件	ZHMn58-2-2 表示含铜 57%~69%、锰 1.5%~2.5%、铅 1.5%~2.5%
铸铝合金	ZL12	耐磨性中上等，用于制造负荷不大的薄壁零件	“Z”表示铸，“L”表示铝，后面数字表示顺序号
紫 铜	T1	电线、导电螺钉、贮藏器及各种管道	紫铜分 T1~T4 四种。如 T1(一号铜)含铜量为 99.95%；T4 含铜量为 99.50%

5) 工程塑料

工程塑料(Engineering Plastics)是指可以代替金属制造机器零件或构件的塑料。它具有其他材料所没有的优良性能，比如强度(强度/密度)高、化学稳定性好、优良的耐磨、减摩、自润滑性、良好的绝缘性能、减震性、消声性及成形工艺性。其缺点是：强度和硬度比金属材料低，耐热性和导热性差，容易老化。现已有几百种工程塑料投入工业生产，常用的有 60 余种。表 1-5 为典型工程塑料的特性及应用举例。

表 1-5 典型工程塑料的特性及应用举例

塑料名称	特 性	适用范围与应用实例
ABS	由于三者配比的不同,可以得到不同的冲击性能。强度较高,硬度也高,并易于在表面镀金属	水表外壳,航海仪器磁罗经罩,电话机外壳,小型泵叶轮,汽车挡泥板,机床滚柱框等。用 ABS 制的泡沫夹层板,可做小轿车车身
聚酰胺 (尼龙)	具有高强度、良好的冲击性能、耐磨、耐疲劳、耐油,但吸水性很大,影响尺寸稳定,并使一些力学性能下降	各种轴承、密封圈及凸轮、联轴器等,例如尼龙 1010 作为工矿用牵引电机车(7 t 及 10 t)轴瓦,矿山机械的蜗轮,比铸钢还耐磨;高压碗状密封,可耐 1 200 MPa (12 000 大气压);尼龙 9、尼龙 66 可作为汽车万向节轴承;15%石墨填充尼龙 1010 可作为风扇轴承
聚四氟乙烯 (F-4)	这类塑料是目前所发现的固体物质中摩擦系数最低的一种,几乎不吸水。耐腐蚀性突出;有塑料王之称。缺点是冷流性很大,必须用冷压烧结法生成,工艺较麻烦	各种无油润滑活塞环、填料函及密封圈等,例如输送酚的离心泵端面密封圈,使用温度 230~250℃,高温环境中工作的各种化工设备零件等
各种玻璃纤 维增强塑料	例如增强尼龙、增强聚碳酸酯等,用 30%~40%玻璃纤维增强的尼龙其马丁耐热温度可达 180℃以上,强度亦高	高温环境中工作的结构零件,例如高温轴承保持器,阀门密封面,阀门阀杆螺母等

6) 合成橡胶

合成橡胶(Synthetic Rubber)是通过化学合成的方法,即以生胶为基础加入适量的配合剂而制成的高分子材料。合成橡胶的性能、用途示例见表 1-6。

表 1-6 合成橡胶的性能、用途示例

名 称	代号	使用温度(℃)	伸长率(%)	抗拉强度(MPa)	耐磨性	回弹性	耐油性	耐老化	耐浓碱性	用 途
丁苯橡胶	SBR	-50~140	500~600	15~20	好	中	差	好	中	轮胎、胶管、胶板、通用制品
氯丁橡胶	CR	-35~130	800~1 000	25~27	中	中	好	好	好	电线、电缆包皮、胶管、胶带、矿用橡胶制品等,用途广泛
氟 橡 胶	EPM	-5~300	100~500	20~22	中	中	好	好	中	耐化学腐蚀制品、高级密封件、高真空橡胶件

7) 陶瓷

陶瓷(Pottery and Porcelain)是一种无机非金属固体材料。其特点是高硬度、高耐磨性、高弹性模量、高抗压强度、高熔点、高化学稳定性、耐高温、耐腐蚀,但抗拉强度低,脆性易碎。此外,大多数陶瓷可作绝缘材料,有的可作半导体材料、压电材料、热电和磁性材料,故其在工业上的应用日益广泛。根据成分和用途,工业陶瓷可分为硅酸盐陶瓷(或普通陶瓷)和特种陶瓷两种。其性能和应用举例见表 1-7。

表 1-7 陶瓷的性能和应用举例

名 称	性 能	应 用 举 例
硅酸盐陶瓷	质地坚硬、耐酸、耐高温、不生锈,良好的绝缘性能。由于成分中含有较多碱金属氧化物和其他物质,故脆性大,强度不高	一般用于生活用品、工艺美术品和电力、化学、建筑业上的绝缘器材、耐酸器皿、卫生器具、面砖等
特种陶瓷	特种陶瓷品种很多,按化学成分可分为氧化物陶瓷、氮化物陶瓷、硅化物陶瓷、氟化物陶瓷等。其各方面性能均优于硅酸盐陶瓷。例如,硬度高、耐磨性好、耐高温、强度高、不易变形;极高的化学稳定性、耐酸、碱、盐、油等化学物质的腐蚀	各种泵类机械的密封件,滚动轴承的座圈,高速切削刀具(性能超过硬质合金),汽车发动机、柴油机内耐热、耐磨零件,化工设备用管道、泵、阀、阀芯等

8) 复合材料

复合材料(Compound Materials)是指由两种或两种以上不同性质的材料组合而成的一种多相固体材料。一般由高强度、高模量、脆性大的增强材料和低强度、低模量、韧性好的基体材料所组成。因此,复合材料具有原组成材料所没有的优良综合性能。其强度、刚度、耐蚀性方面均优于单一的金属、聚合物及陶瓷,已成为一种大有发展和应用前途的新型工程材料。

根据增强剂的种类和形状,复合材料分为下列几种:

(1) 纤维增强复合材料

这种复合材料常以诸如树脂、橡胶、塑料、陶瓷等非金属材料或金属材料为基体,以诸如玻璃纤维、碳纤维、石墨纤维等有机纤维或金属及陶瓷晶须等高强度、高模量的纤维为增强材料组合而成。如玻璃钢就是玻璃纤维-树脂复合材料,是 20 世纪 40 年代发展的第一代复合材料。

(2) 层合复合材料

一般由两层或两层以上不同的材料叠合而成。如普通钢-锡基轴承合金叠合而成的“双金属”轴承,可提高锡基合金的疲劳强度、承压能力及使用寿命。

(3) 颗粒复合材料

颗粒复合材料是以高硬度、高强度的细小陶瓷或金属颗粒,均匀分散在韧性基体中而形成的。如 Al_2O_3 等氧化物或 TiC 等碳化物陶瓷颗粒分散在金属层中形成的金属陶瓷等。

上述复合材料已在建筑、造船、航天航空等领域广泛应用。如制造高强度叶片、齿轮,耐腐蚀结构件,减磨、耐磨、密封件,化工容器,汽车车身等。

1.2 热 处 理

将固态金属或合金采用适当的方式进行加热、保温和冷却,以获得所需要的组织结构与性能的工艺,称之为热处理(Heat Treatment)。经过热处理的工件,可充分发挥材料的内部潜力,改善材料的工艺性能,提高使用性能,扩大使用范围,延长使用寿命,技术经济效益明显。现在,在汽车、拖拉机、机床上,约有 70% 的零件都须经过热处理。各种切削刀具、量具、模具等几乎都必须经过热处理。铸、锻、焊等热加工的工件表面硬化和内应力,也都可以通过热处理进行消除。一般,根据加热和冷却的方法不同,热处理可作如图 1-1 所示的分类。

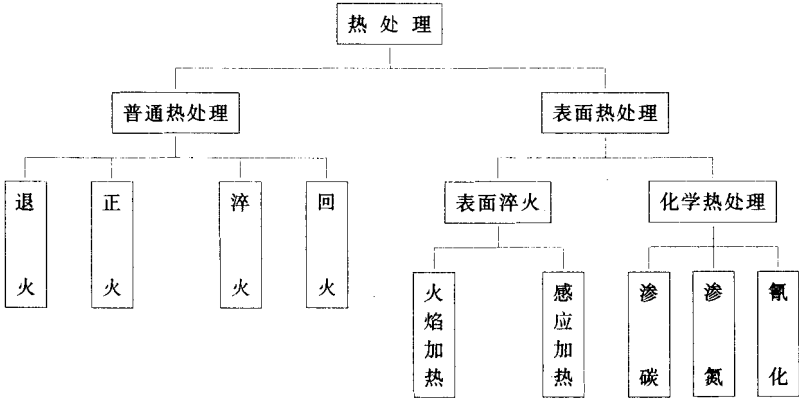


图 1-1 热处理的分类

虽然各种热处理都要经过加热、保温、冷却三个阶段,但由于加热速度和温度、保温时间、冷却速度的不同,工件所获得的组织和性能则千差万别。研究表明,钢在加热(包括保温和回火)、冷却时,其内部组织都发生转变,这些转变过程和转变产物导致钢的不同性能。据此,所制定的加热、保温、冷却时间和温度及介质便是具体的热处理工艺。

1.2.1 常用热处理工艺

1) 退火

将金属或合金加热到适当的温度,保持一定的时间,然后缓慢冷却的热处理工艺叫作退火(Annealing)。退火的作用主要有:

- ① 经铸、锻、焊成形的毛坯,一般表层硬度增加,退火可降低其硬度,提高切削效率;
- ② 可提高工件的塑性,有利于冷变形加工(如冷拔、冷轧和冷冲压等),并消除冷变形产生的加工硬化;
- ③ 可消除前道工序(如铸、锻、冷加工等)中由于冷却不均匀造成的内应力;
- ④ 细化组织,消除化学成分的不均匀性,为下道淬火工序作准备。

生产上广泛应用的退火工艺,多用于零件毛坯的“预先热处理”,有时也用作“最终热处理”。根据工件要求退火的目的,退火工艺规范有多种,常用的有完全退火、球化退火、去应力退火等,如图 1-2 所示。

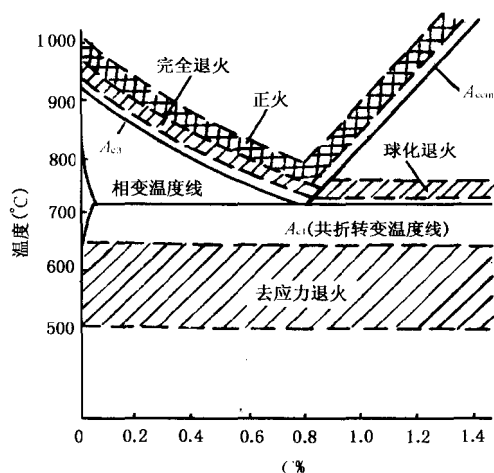


图 1-2 退火和正火的加热温度范围

2) 正火

将钢材或钢件加热到 A_{c3} (或 A_{cm}) 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$, 保温适当的时间后,在静止的空气中冷却的热处理工艺(图 1-2)叫作正火(Normalizing)。正火的主要作用有:

- ① 细化晶粒,均匀组织,为后续的热处理做准备,即可作为重要零件的预先热处理。
- ② 适当增加低碳钢的硬度,以利切削加工,并防止低碳钢因硬度过低而出现切削时的“粘刀”现象。所以,低碳钢工件常以正火代替退火。
- ③ 正火比退火冷却速度稍快,所得组织结构较细(图 1-3),力学性能也较好,常作为低、中碳钢的最终热处理。
- ④ 消除工件内部过大的内应力。

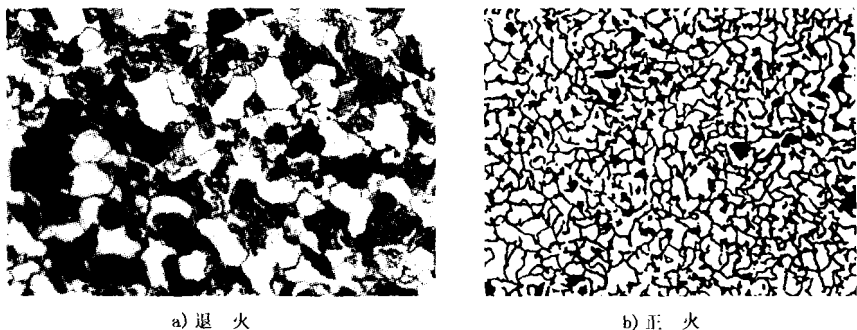


图 1-3 材料正火、退火后的组织对比

正火与退火的作用基本相同,但正火冷却较快,周期短,设备利用率高,易操作,成本低,是一种简便、经济的热处理方法。但消除内应力不如退火彻底。生产中,由于中碳钢经正火后其硬度不会明显增加,故常用正火来改善钢的切削性能,生产率比退火要高得多。

3) 淬火

将钢件加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 点以上某一温度,保持一定时间,然后以适当速度冷却获得马氏体(或贝氏体)的热处理工艺,称之为淬火(Hardening)。钢淬火后得到的马氏体是由奥氏体转变的产物。马氏体是碳(或合金元素)在 α -Fe 中的过饱和和单一固溶体。贝氏体是含碳量过饱和的铁素体与渗碳体组成的机械混合物。淬火是强化金属材料的重要手段,可使钢件获得很高的硬度,增强耐磨性;但是淬火后钢件的韧、塑性明显下降,为提高钢件的使用性能,淬火后应进行不同温度的回火。因此,淬火与回火是紧密衔接的工序。淬火与不同温度的回火搭配可使中、高碳钢工件获得不同的力学性能。

淬火的质量取决于适当把握淬火操作的三要素,即加热温度、保温时间和冷却速度。

4) 回火

钢件淬硬后,再加热到 A_{c1} 点以下某一温度,保温一定的时间,然后冷却到室温的热处理工艺,称为回火(Tempering)。

中、高碳钢经淬火可获得很高的强度和硬度,但同时产生较大的内应力,组织也不稳定,材料变脆,难以达到使用要求,常需淬火后即进行回火处理,以消除工件的脆性和内应力。

采用什么温度回火将决定回火后钢的力学性能。一般回火温度愈高,钢件韧性愈好,但同时硬度亦降低较多。常用回火方法有下列几种:

(1) 低温回火

淬火钢件在 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 之间的回火叫低温回火(Low-Temperature Tempering)。低温回火常用于各种刀具、量具和滚珠轴承等,以保持淬火钢的高硬度、高耐磨性,同时适当降低脆性和内应力,防止变形。

(2) 中温回火

淬火钢件在 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 之间的回火叫中温回火(Medium-Temperature Tempering)。中温回火常用于弹簧、锻模等,以保持较高的强度、硬度,同时获得很高的弹性和韧性。

(3) 高温回火

淬火钢件在 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 之间的回火叫高温回火(High-Temperature Tempering)。淬火后进行高温回火,称为调质处理(Quenching and Tempering)。调质广泛应用于重要的机械零件,如主轴、曲轴、连杆、齿轮等。经调质的钢件具有良好的强度、韧性等综合力学性能。

由于回火处理是工件最后一道热处理工序,故决定了工件的最终性能。因此,必须正确选用回火方法,严格执行回火操作工艺。

生产中还常采用时效处理来消除淬火钢的内应力。时效可以看作是回火的一种特殊形式,即不加热而靠长时间贮存工件以消除内应力。这种自然时效作用缓慢,有时要几年才能完成。因此,工厂里常用人工时效来代替自然时效,即将淬火钢件加热到较低温度($120\sim 150^{\circ}\text{C}$)保温较长时间($2\sim 20\text{ h}$),再缓慢冷却到室温。时效处理后的工件形状、尺寸均趋于稳定,对于精密量具、精密滚珠轴承等是最理想的回火处理方法。

1.2.2 钢的表面热处理

由于机械零件多种多样,且工作条件各不相同,因而要求的力学性能也不同。如齿轮类和曲轴类零件常常在扭转、剪切、冲击磨损的条件下工作,因此,表层要有高硬度、高耐磨性,中心则要有高的韧性。显然,选用某种金属材料和采用某种整体热处理都难以达到上述要求,而采用表面热处理(Surface Heat Treatment)则可以满足要求。常用的表面热处理方法有表面淬火和化学热处理。

1) 表面淬火

表面淬火(Surface Hardening)是指仅对工件表层进行淬火的工艺。一般包括感应淬火、火焰淬火等。表面淬火可使工件表层得到硬度很高的淬火马氏体,而心部仍为韧性良好的原始组织。

(1) 感应淬火

利用感应电流通过工件所产生的热效应,使工件表面、局部或整体加热并进行快速冷却的淬火工艺,叫感应淬火,又称感应加热淬火(Induction Hardening)。其优点是:感应加热温度容易控制,通过改变交流电频率可控制淬硬层的深度,且淬硬层表面氧化、脱碳、变形及开裂倾向小,生产率高,适合大批量生产;缺点是:设备贵,能耗大,不宜单件和小批量生产。

(2) 火焰淬火

应用氧-乙炔(或其他可燃气)火焰对零件表面进行加热,随之淬火冷却的工艺,叫火焰淬火(Flame Hardening)。火焰淬火方法简便,无需特殊设备,投资少,适合单件、大件的表面淬火,但加热温度较难控制,因而淬火质量不稳定。

2) 化学热处理

将金属或合金工件置于一定的活性介质中保温,使一种或几种元素渗入它的表层,以改变其化学成分、组织和性能的热处理工艺叫化学热处理(Thermo-Chemical Treatment)。由于化学热处理能使工件表层化学成分和组织发生变化,因而可有效地改善表面性能直至获得特殊的使用性能。如廉价的碳素钢或低合金钢经过化学热处理,可代替昂贵的高级合金钢。根据渗入工件化学元素的不同,化学热处理有渗碳、渗氮、氰化、渗硼、渗金属等。

渗碳是常用的化学热处理。渗碳(Carburizing)是指为了增加钢件表层的含碳量和一定的碳浓度梯度,将钢件在渗碳介质中加热并保温使碳原子渗入表层的化学热处理。机械产品的许多重要零件都要经过渗碳处理。如齿轮、活塞销等在冲击磨损下工作的零件,采用低碳钢或低合金钢进行表面渗碳和相应热处理,既可获得外硬内韧的综合力学性能,又可节省大量的贵重金属。