

高等学校教材

机电工艺实习

主编 刘群山 高殿玉 王永明

机械工业出版社

高等学校教材

机电工艺实习

主编	刘群山	高殿玉	王永明
参编	鲍雪琳	邱肇辉	徐雅荣
	张双杰	吕战勇	
主审	陈文明	吉 颀	



机械工业出版社

本书由机械工艺实习和电子装配实习两部分组成,共分十一章。其内容包括金属材料及钢的热处理、铸造、锻压、焊接、量具、车工、铣工、刨工、磨工、钳工、电子装配,着重介绍了毛坯和零件的主要成形方法和加工方法,以及调幅六管超外差收音机的装配、调试和故障查找及排除技术。

本书可作为高等工业院校本科各专业学生4~6周机电工艺综合实习教材,也可作为工程技术人员、工业企业管理干部的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机电工艺实习/刘群山等主编. —北京:机械工业出版社,1997.3
高等学校教材

ISBN 7-111-05427-X

I. 机… II. 刘… III. ①金属加工-生产工艺-实习-高等学校-教材
②电子设备-生产工艺-实习-高等学校-教材 IV. TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第20677号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:董连仁 版式设计:杨丽华 责任校对:罗利华

封面设计:郭景云 责任印制:侯新民

印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年3月第1版·1997年3月第1次印刷

787mm×1092mm¹/16·12³/4 印张·312千字

0 001-4 000册

定价:16.80元

前 言

近年来,许多高等工科院校在加强基础、加强实践环节、提高学生动手能力等方面进行了一系列改革。“机电工艺实习”就是在原金工实习的基础上,增加了电子装配实习内容的综合性实习。它是机械类和近机类各专业学生的重要实践环节,是“金属工艺学”等课程课堂教学的先导。同时,也为学生学习后续课程及毕业后从事机械设计与制造、电子装配等方面的工作打下必要的实践基础。

书中的机械工艺实习部分,符合工科本科《金工实习教学基本要求》(国家教委高教司,1995年),并结合了我校及有关院校的实际情况,着重介绍了毛坯和零件的主要成形方法和加工方法,有关的典型设备、工具及量刃具的结构、工作原理和使用方法。

书中的电子装配实习部分,充分考虑了学生的安全和能力等实际情况,以“调幅六管超外差收音机”为主线,介绍了常用工具、仪表的使用方法和元器件的检测,以及整机装配、调试和故障的查找及排除技术。

本书可作为4~6周机电工艺综合实习教材,供学生在实习期间预习和复习用。

本书编写者有:刘群山(第一、七章)、高殿玉(第二章)、鲍雪琳(第三、八章)、邱肇辉(第四、五章)、徐雅荣(第六章)、王永明(第九章)、张双杰(第十章)、吕战勇(第十一章)。参加本书编写大纲讨论及定稿的有:张桂林、吴梦宇、孙建强、薛建强、付彦辉、张新菊、郭东挪、严志宽、韩家如、孟兰田、朱英杰。全书由刘群山、高殿玉、王永明主编,陈文明、吉颀主审。

由于我们水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1996年7月于河北科技大学

目 录

前 言

第一章 金属材料及钢的热处理	1	§ 6-4 车床附件	102
§ 1-1 常用金属材料	1	§ 6-5 各种表面的车削方法	107
§ 1-2 钢的热处理	4	§ 6-6 典型零件的车削工艺	116
复习思考题	9	复习思考题	118
第二章 铸造	10	第七章 铣工	120
§ 2-1 造型 (芯) 材料	11	§ 7-1 铣床	120
§ 2-2 模样和芯盒	12	§ 7-2 铣刀	125
§ 2-3 造型和造芯	13	§ 7-3 铣床附件	127
§ 2-4 铸铁的熔化	32	§ 7-4 铣削方法	129
§ 2-5 铸件的浇注、落砂、清理及 铸件缺陷分析	35	§ 7-5 齿形加工	131
§ 2-6 特种铸造	38	§ 7-6 镗床及其工作	135
复习思考题	40	复习思考题	136
第三章 锻压	41	第八章 刨工	137
§ 3-1 概述	41	§ 8-1 刨床	137
§ 3-2 锻造前坯料的加热和锻件 的冷却	41	§ 8-2 刨刀	142
§ 3-3 自由锻造	44	§ 8-3 工件的安装	143
§ 3-4 模锻	55	§ 8-4 刨削方法	145
§ 3-5 冲压	56	§ 8-5 拉削简介	147
复习思考题	59	复习思考题	148
第四章 焊接	60	第九章 磨工	149
§ 4-1 概述	60	§ 9-1 概述	149
§ 4-2 手弧焊	60	§ 9-2 砂轮	149
§ 4-3 气焊与气割	68	§ 9-3 磨床及磨削方法	151
§ 4-4 其他常用的焊接方法简介	72	复习思考题	160
§ 4-5 焊接变形	77	第十章 钳工	161
复习思考题	77	§ 10-1 钳工工作场地	161
第五章 常用量具	78	§ 10-2 划线	162
复习思考题	85	§ 10-3 錾削	167
第六章 车工	86	§ 10-4 锯削	169
§ 6-1 概述	86	§ 10-5 锉削	171
§ 6-2 车床	87	§ 10-6 钻孔、扩孔与铰孔	174
§ 6-3 车刀	97	§ 10-7 攻螺纹与套螺纹	177
		§ 10-8 刮削	179
		§ 10-9 拆装	181
		§ 10-10 锤子的钳工工艺	182

复习思考题	183	§ 11-4 超外差收音机的故障检查	197
第十一章 电子装配	185	复习思考题	198
§ 11-1 常用工具和仪表	185	参考文献	198
§ 11-2 收音机元器件及检测	187		
§ 11-3 调幅六管超外差收音机的装配 与调试	193		

第一章 金属材料及钢的热处理

§ 1-1 常用金属材料

金属材料具有一定的力学性能和工艺性能，可以满足不同使用条件下对零件的要求，在机器制造中获得了广泛的应用。

一、力学性能指标

金属材料的力学性能是指其抵抗外力作用的能力。力学性能指标是通过特定的力学试验测得的，它是选择材料的重要依据。常用的力学性能指标及其含义见表 1-1。

表 1-1 常用的金属力学性能指标及其含义

力学性能	性 能 指 标			含 义 说 明
	名 称	代 号	单 位	
强 度	抗拉强度	σ_b	MPa	材料拉断前的最大应力。当材料单位面积上受的力 $\geq \sigma_b$ 时，就会被拉断
	屈服点	σ_s	MPa	材料对显著塑性变形的抵抗能力。当材料单位面积上受的力 $\geq \sigma_s$ 时，出现显著塑性变形
硬 度	布氏硬度	HBS	习惯不写	用钢球作压头，试样单位压痕面积上所受的载荷，用于较软材料的硬度测试
	洛氏硬度	HRC	—	根据特定载荷下的压痕深度来衡量，压痕愈浅，硬度愈高，用于测试较硬的材料
塑 性	伸长率	δ	—	试样纵向相对伸长的变形量， δ 愈大，材料的塑性愈好
	断面收缩率	ψ	—	试样横向相对收缩的变形量， ψ 愈大，材料的塑性愈好
韧 性	冲击韧度	α_k	J/cm ²	冲断试样时单位面积上消耗的冲击吸收功。 α_k 愈大，材料的韧性愈好

二、钢材

通常将含碳量在 $w_C \ominus = 0.02\% \sim 2\%$ 之间的铁碳合金称为碳素钢，简称碳钢（常用钢的含碳量 $w_C = 0.08\% \sim 1.2\%$ ）。一般情况下，随含碳量增高，碳钢的强度、硬度升高，塑性、韧性降低。

如果在碳钢的基础上加入一定量的合金元素，如锰（ $w_{Mn} > 0.8\%$ ）、硅（ $w_{Si} > 0.4\%$ ）、铬（Cr）、镍（Ni）、钼（Mo）、钨（W）等，就可熔炼合金钢。由于合金元素的作用，使钢具有更高的强度、硬度和塑性、韧性，有的合金钢还具有较高的耐磨性、耐热性、耐蚀性等特殊性能。

钢材常见的供货形状有型钢（包括圆钢、方钢、扁钢、六角钢、八角钢、工字钢、槽钢、角钢）、钢板（包括厚度 $\leq 4\text{mm}$ 的薄钢板、厚度为 $5 \sim 20\text{mm}$ 的中板及厚度 $> 20\text{mm}$ 的厚钢板）、钢管（包括无缝钢管和焊接钢管）和钢丝。它们都有特定的规格（截面积及长度尺寸系列）。合理选择材料的形状和规格，可以简化制造工艺，降低制造成本。

1. 常用碳素钢的分类、牌号、性能和用途

(1) 碳素结构钢 一般 $w_C < 0.3\%$ ，性能特点是塑性、韧性较高，强度、硬度较低。典型

⊖ w_C 是碳的质量分数。

牌号是 Q235-A，主要供货形状是型钢、钢板和钢管，用于建筑用材及制造不重要的机械零件（如螺钉、小轴、拉杆等）。

(2) 优质碳素结构钢 这类钢的牌号用两位数字标出，表示其平均含碳量的万分之几。如 45 钢，其平均含碳量 $w_C \approx 0.45\%$ 。

10、15、20 钢属低碳钢，强度、硬度较低，塑性、韧性较高，具有良好的冷变形能力和焊接性能，常用来制造冲压件、焊接件。当这类钢配以渗碳+淬火+低温回火热处理时，可获得表面硬、中心韧的性能，用于制造既要求耐磨又要求耐冲击的零件，如活塞销、齿轮等。

30、35、40、45、50 钢属中碳钢，配以调质热处理后，可获得优良的综合力学性能。其中，以 45 钢应用最为广泛，常用于制造轴、连杆、丝杠、齿轮等零件。

60、65、70 钢属高碳钢，进行淬火+中温回火热处理后，可获得较高的强度和弹性，主要用于制造弹簧、轧辊、钢丝绳等。

(3) 碳素工具钢 这类钢的牌号首位用 T 表示，其后面的数字表示其平均含碳量的千分之几，如 T8 表示 $w_C \approx 0.8\%$ 的优质碳素工具钢。高级优质碳素工具钢在牌号最后标注“A”，如 T10A。这类钢含碳量较高，且随含碳量的增加，硬度、耐磨性提高，而塑性、韧性降低，主要用来制造手动切削工具和不太重要的模具，如锉刀、手锯条、冲头、錾子等，常配以淬火+低温回火热处理。

2. 常用合金钢的牌号、性能和用途

合金钢的牌号较多，工业上应用较广的有：

16Mn，属低合金结构钢。低碳、低合金，具有优良的冷变形能力和焊接性能，常用于制造冲压件和焊接件，如桥梁、船舶、压力容器等。

20CrMnTi，属合金渗碳钢。其中 $w_C \approx 0.2\%$ ，其他各合金元素含量均小于 1.5%。当配以渗碳+淬火+低温回火热处理后，可获得表面高硬度、中心高韧性的性能，主要用来制造受较大冲击力作用的耐磨件，如汽车变速箱中的齿轮等。

40Cr，属合金调质钢。其 $w_C \approx 0.4\%$ ， $w_{Cr} < 1.5\%$ 。当配以调质热处理后，可获得更优良的综合力学性能，主要用于制造较重要的轴、连杆、螺栓等。

60Si2Mn，属合金弹簧钢。其 $w_C \approx 0.6\%$ ， $w_{Si} \approx 2\%$ ， $w_{Mn} < 1.5\%$ 。配以淬火+中温回火热处理后，可获得较高的弹性、屈强比 (σ_s/σ_b) 和耐疲劳性能，主要用于制造重要的弹簧，如汽车板簧、测力弹簧等。

9SiCr，属量具刀具钢。其 $w_C \approx 0.9\%$ ，其他各合金元素含量均小于 1.5%。淬火+低温回火后，可获得较高的硬度和耐磨性，主要用于制造丝锥、板牙、铰刀等中低速切削刀具和各种量具。

Cr12，属冷作模具钢。其 $w_C \approx 2.2\%$ ， $w_{Cr} \approx 12\%$ 。适当热处理后，可获得极高的硬度和耐磨性，足够的强度和韧性，且具有热处理变形小的特点，主要用来制造冷冲模、冷镦模、搓丝板等。

W18Cr4V，属高速工具钢，又称高速钢。其 $w_C \approx 0.75\%$ ， $w_W \approx 18\%$ ， $w_{Cr} \approx 4\%$ ， $w_V < 1.5\%$ 。因合金元素含量较高，适当热处理后，在高温下 (600℃) 仍具有高硬度 (即热硬性高)，可用于制造车刀、钻头、铣刀等高速切削工具。

3Cr13，属不锈钢。其 $w_C \approx 0.3\%$ ， $w_{Cr} \approx 13\%$ 。由于 Cr 的作用，使钢具有优良的耐大气腐蚀的能力，并具有一定的硬度，主要用于制造医疗工具，如手术刀、手术剪等。

ZGMn13, 属耐磨钢。其 $w_C \approx 1.2\%$, $w_{Mn} \approx 13\%$ 。铸态下硬而脆, 通过水韧处理 (类似于淬火操作), 使钢硬度降低, 便于加工。当使用时, 受剧烈冲击或较大压力作用后立即硬化, 从而达到耐磨的目的, 主要用于制造坦克履带板、碎石机鄂板等零件。

三、铸铁

铁矿石经高炉冶炼后, 浇注到砂型或钢模中, 即形成生铁锭。它是以 Fe、C、Si 为主要元素的复杂多元合金。

生产上常用的铸铁件, 通常是以生铁锭为原料, 以焦炭为燃料, 并加入熔剂及废钢等经冲天炉熔化后浇入铸型而形成的。

铸铁件中的碳主要是以石墨形式存在的。按石墨的形状不同, 可分为灰铸铁 (石墨以片状形式存在)、可锻铸铁 (石墨以团絮状形式存在)、球墨铸铁 (石墨以球状形式存在)。由于石墨本身的力学性能很低, 相当于钢的基体中存在空隙一样, 尤其是灰铸铁, 石墨片还存在尖角作用, 造成其力学性能降低很多, 塑性很低, 呈脆性。然而, 也正因为石墨的存在, 才使铸铁具有耐磨、耐压、减振、缺口敏感性低等优良性能, 并且批量生产时成本低。所以, 它广泛用来制造机床床身、支架、底座、减速器箱体等。

四、有色金属

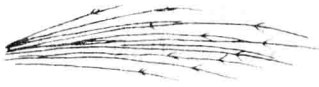
工业上常将以 Fe 和 C 为主要元素的金属材料 (钢和铁) 称为黑色金属, 而将其他元素为主的金属材料统称为有色金属。常用的有色金属是铝和铜及其合金。由于有色金属在自然界中的蕴藏量少、冶炼困难、消耗电能大以及成本高, 故其产量和使用量都较黑色金属低。但是, 它们具有某些特殊的物理和化学性能, 如密度小, 导电性、导热性和耐蚀性好等, 现已成为现代工业不可缺少的材料。

有色金属熔炼后可浇注成铸锭 (如铝锭等), 供铸造和锻造用; 也可轧制成各种截面形状的型材, 如各种规格的板、带、箔、管、棒和线等。

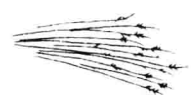
五、钢铁材料的鉴别

钢铁材料的品种繁多, 为便于识别, 在存放时通常在钢材的端面涂上各种规定的颜色; 对于小断面捆扎的钢材, 则系上打有印记的金属标牌。在生产中, 常会遇到无标记钢料或废旧料的情况, 这时可使用火花鉴别法来选择, 即利用不同种类的钢铁材料, 在砂轮上磨削时所产生的不同形式的火花特征原理, 大致确定材料的成分和牌号, 见表 1-2。

表 1-2 常用钢铁材料的火花特征

材 料	火 花 特 征	火 花 形 状
15 钢	浅黄带微红色。流线长、尾部稍粗, 火花量少且在火束的中部区域出现	
40 钢	黄亮色。流线较细长、尾部稍粗, 火花在火束中部区域出现	

(续)

材 料	火 花 特 征	火 花 形 状
T10	橙红。流线很多、很细、挺直，火花布满整个火束，火束短而粗	
W18Cr4V	暗红色。首端、中部为断续流线、尾部膨胀下垂，火束细长，火花极少	
灰铸铁	暗红色。尾部为黄亮色。流线细、挺直，尾部变粗，有羽毛状尾花，火束短	

§ 1-2 钢的热处理

热处理就是将钢件在固态下加热到一定的温度，经过保温后，以适当的速度冷却，从而改变钢的内部组织，得到所需性能的工艺方法。由此，可以充分发挥其材料的性能潜力，延长钢件的使用寿命，并能改善加工性能，对节约钢材和提高产品质量具有重要意义。所以，大多数的机械零件都要进行热处理。

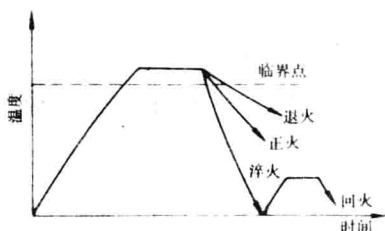


图 1-1 热处理工艺曲线示意图

热处理的方法很多，常用的有退火、正火、淬火、回火以及表面淬火和化学热处理。热处理过程可以用热处理工艺曲线表示，如图 1-1 所示。不同的热处理工序，常穿插在零件制造过程中的各个热、冷加工工序中进行。各工序之间的热处理称为中间热处理或预先热处理，主要用来消除上道工序遗留下来的某些缺陷，为下道工序准备好条件。最后的热处理称为最终热处理，它主要用来进一步改善材料的性能，从而充分发挥材料的潜力，延长使用寿命，达到零件的使用要求。

一、热处理的主要设备

根据热处理工艺和生产的需要，一般热处理车间的常用设备有如下类别。

1. 加热炉及控温仪表

常用的热处理加热炉有各种规格的箱式电阻炉和井式电阻炉。

(1) 箱式电阻炉 中温箱式电阻炉的结构如图 1-2 所示。炉子型号可用字母加数字来表示，如 RX30-9。其中 R 表示电阻炉；X 表示箱式；第一组数字 30 表示炉子的额定功率为 30kW；第二组数字表示炉子的最高使用温度为 950℃。箱式炉可用来加热除长轴类零件之外的其他形状的热处理件。

(2) 井式电阻炉 根据额定温度不同，井式电阻炉分为高温、中温、低温炉三类，其中

低温井式电阻炉的结构如图 1-3 所示。炉子型号也用字母加数字来表示, 如 RJ36-6。其中 R 表示电阻炉; J 表示井式; 第一组数字 36 表示炉子的额定功率为 36kW; 第二组数字 6 表示炉子的最高使用温度为 650℃。井式炉可用来加热长轴类零件, 一般是垂直吊装, 以防工件因自身重量导致在加热时变形。其他形状零件可先装入料筐后再放入炉内。

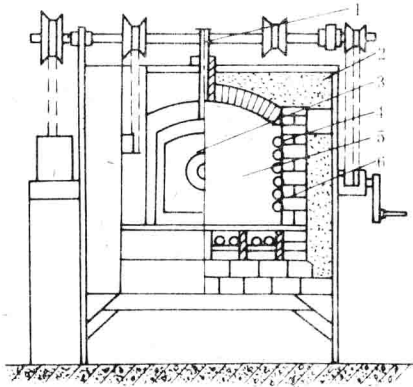


图 1-2 RX 型中温箱式电阻炉
1—热电偶 2—炉壳 3—炉门 4—电热丝
5—炉膛 6—耐火砖

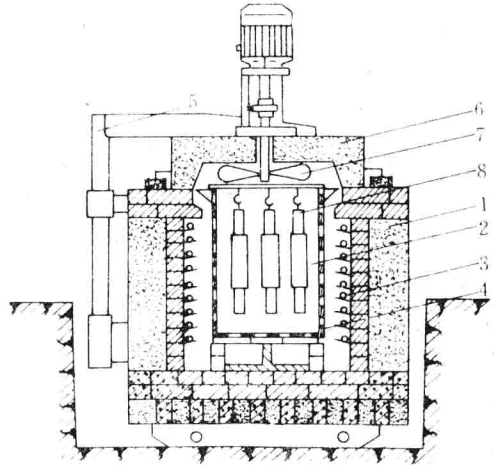


图 1-3 RJ 型低温井式电阻炉
1—炉体 2—炉膛 3—电热元件 4—料筐 5—炉盖升降机构 6—炉盖 7—风扇 8—热处理件

(3) 控温仪表 加热炉的温度测量和控制, 主要是利用热电偶、温度控制仪表及开关器件, 其精度直接影响热处理工艺的正常进行和热处理质量。

2. 专用工艺设备

专门用于某种具体热处理工艺的设备, 如气体渗碳炉、井式回火炉及高频淬火装置等。

3. 冷却设备及质量检验设备

冷却设备主要有水槽、油槽等。质量检验设备主要有检验硬度的硬度计; 检验内裂纹的探伤仪; 检验内部组织的金相显微镜等。

二、常用的热处理方法

1. 钢的退火

退火是将钢加热到一定的温度, 保温一定的时间后再缓慢冷却下来的热处理操作。缓冷方法通常采用随炉冷却、灰冷及坑冷。生产上常采用的退火方法有完全退火、球化退火和去应力退火, 如图 1-4 所示。

(1) 完全退火 是将钢件加热到临界温度线 A_{c3} 以上进行保温, 然后随炉冷至室温 (称为普通退火); 或先快速冷至 600~650℃ 保温, 内部组织转变完后再出炉空冷至室温 (称为等温退火)。钢件经完全退火, 可以细化晶粒, 均匀组织, 降低硬度, 消除内应力, 便于机加工, 并为最

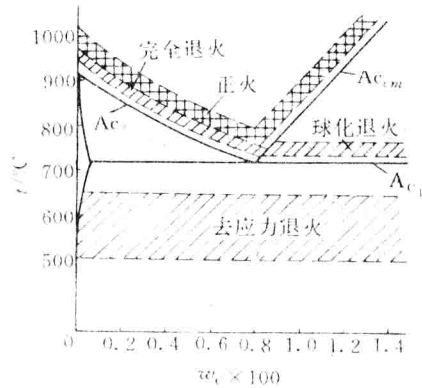


图 1-4 退火和正火的加热温度范围

终热处理作好组织准备。

(2) 球化退火 主要应用于含碳量较高的钢件热处理, 钢件加热至临界温度线 Ac_1 以上, 经保温后缓冷, 它可以使内部组织中的碳化物球化, 以降低硬度, 改善切削加工性, 并为淬火作好组织准备。

(3) 去应力退火 加热温度较低, 不超过临界温度线 Ac_1 (一般为 $500\sim 600^\circ\text{C}$), 保温后随炉缓冷至室温。它可以消除铸件、锻件、焊接件等零件的残余内应力, 以稳定工件尺寸, 避免工件在使用过程中因内应力而发生变形。

2. 钢的正火

正火是将钢加热到 Ac_3 (或 Ac_{cm}) 以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$ (45 钢的加热温度为 850°C), 进行保温后出炉空冷至室温的热处理操作。由于冷却速度比退火快, 所以, 正火件比退火件的硬度、强度稍高, 而塑性、韧性稍低。对不重要的零件可作为最终热处理。

低碳钢正火后的硬度适中, 更适合切削加工, 又由于正火冷却时不占用炉子, 可使生产率提高, 成本降低, 故多用正火来代替退火。中碳钢用正火作为中间热处理时, 可消除过热组织, 细化晶粒, 改善切削加工性能, 并为淬火作组织准备。高碳钢和部分合金钢正火后硬度较高, 不利于切削加工, 但可消除晶界上的碳化物, 为球化退火作组织准备。

3. 钢的淬火

淬火是将钢件加热到 Ac_3 或 Ac_1 以上某一温度, 保温后出炉快速冷却的热处理操作。

淬火时的冷却介质称为淬火剂, 常用的淬火剂有油、水和盐水。油的冷却能力较低, 通常不能使碳钢件心部淬硬, 故多用于合金钢淬火。水的冷却能力较强, 多用于碳钢件淬火。盐水的冷却能力更强, 多用来处理较大尺寸的碳钢件。但是, 冷却速度愈快, 愈易造成工件内部冷却不均, 产生较大内应力, 致使工件变形, 甚至出现裂纹。所以, 在同样满足淬硬要求的前提下, 应尽量选用冷却能力小的淬火剂。

把加热保温后的钢件浸入水或油中冷至室温, 这种淬火方法叫单液淬火。有的工件为保证既淬硬又不因冷速过大而变形或开裂, 采用水淬油冷的双介质淬火。它是将保温后的钢件取出后先

在水中快速冷却, 当温度降到约 300°C 左右时, 立即从水中取出再放入油中, 冷却至室温。这种方法对高碳钢件或尺寸较大的合金钢件, 效果较好。

淬火操作时, 要注意淬火工件浸入淬火剂的方式。如果浸入方式不正确, 可能使工件各部分冷却速度不一致, 造成很大的内应力, 使工件变形甚至产生裂纹或局部淬不硬。几种常见工件淬火时浸入淬火剂的方式如图 1-5 所示。

淬火可以显著地增加钢的硬度, 提高钢的耐磨性。当与回火热处理配合时, 可使钢的力学性能在

很大范围内得到调整, 并能减小或消除淬火产生的内应力, 降低钢的脆性。

4. 钢的回火

回火是将淬火后的钢重新加热到某一温度 (临界温度线 Ac_1 以下), 保温一定时间后空冷或油冷至室温的热处理操作。依据回火时的加热温度不同, 可把回火分为低温回火、中温回

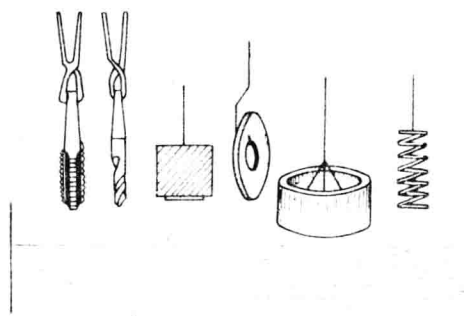


图 1-5 工件浸入淬火剂的方式

火和高温回火。

低温回火的加热温度为 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。它可以部分地消除淬火造成的内应力，降低钢的脆性，提高钢的韧性，同时仍保持高硬度。故多用来对工具、量具、刀具进行处理。

中温回火的加热温度为 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 。淬火件经中温回火后，可消除大部分内应力，提高钢的韧性和强度，尤其是使钢获得了高弹性，但硬度稍有降低，一般用于处理弹簧、锻模等零件。

高温回火的加热温度为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。高温回火后，可以完全消除内应力，使零件具有高强度与韧性相配合的良好的综合力学性能，这也是很多机械零件如轴、连杆、曲轴等所要求的性能。故这种回火在热处理行业中经常使用。工件淬火后再经高温回火，此工艺过程统称为调质处理。

5. 钢的表面淬火

表面淬火是利用快速加热使钢件表面迅速达到淬火加热温度，在热量还来不及传到钢件中心时就快速冷却下来的热处理操作。表面淬火可以保持心部原来的强度和韧性，而使表层获得高硬度、高耐磨性。它主要用于承受冲击载荷，而且表面又要求耐磨的零件，如齿轮、凸轮等零件的处理。常用的表面淬火方法分为感应加热表面淬火和火焰加热表面淬火。

(1) 感应加热表面淬火 图 1-6 所示为高频感应加热表面淬火示意图，它是将工件放在铜管制成的感应器内，给感应器通以高频率的交流电，在感应器周围产生交变磁场，于是工件内产生同频率的感应电流——涡流。由集肤效应可知，感应电流在工件截面上的分布是不均匀的，表层电流密度大，中心部分几乎为零。依靠电流在钢件内的电阻热效应，使工件表层在几秒钟内就被加热到了淬火加热温度。而钢件心部电流很小，产生的热量很少，表层热量又来不及传到心部，所以温度不高。随后工件下移，喷水套喷出的水（淬火剂）使表面淬火。

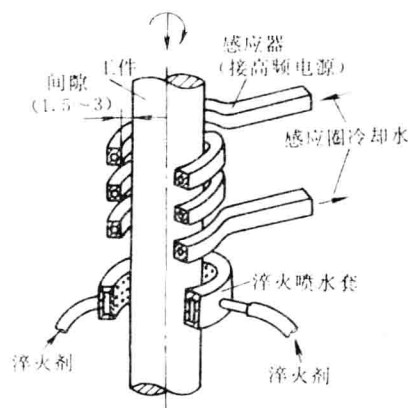


图 1-6 高频感应加热表面淬火示意图

感应器通入交流电时，自身也会产生电阻热，故需通水冷却。为使工件圆周方向上加热均匀，防止淬火后硬度不一致，工件还需要自转。

工件的淬硬层深度取决于电流频率。频率愈高，工件内的感应电流愈集中于表层，所得淬硬层愈浅。按电流频率高低不同，感应加热表面淬火分为高频（ $>100\text{kHz}$ ）、中频（ $500\sim 10\text{kHz}$ ）和工频（ 50Hz ）。生产上常用的是高频（ $200\sim 300\text{kHz}$ ）淬火，淬硬层深度为 $0.5\sim 2\text{mm}$ 。

(2) 火焰加热表面淬火 它是利用氧—乙炔火焰或氧—煤气火焰将工件表面迅速加热到淬火温度，然后喷水冷却，如图 1-7 所示。这种方法设备简单，投资少，但质量不够稳定，一般用于单件小批生产及大件的局部表面淬火。

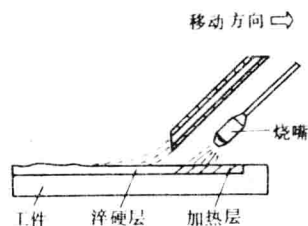


图 1-7 火焰加热表面淬火示意图

6. 钢的化学热处理

化学热处理是将热处理工件放在某些化学介质中，加热到一定温度并保温一定时间，使一种或几种元素的活性原子渗入工件的表层，以改变表层的化学成分和组织的热处理操作。它可以更大程度地提高零件表面的硬度、耐磨性等，而心部仍保持原有的性能。化学热处理方法是按渗入元素种类命名的，最常用的是渗碳、渗氮及碳氮共渗。

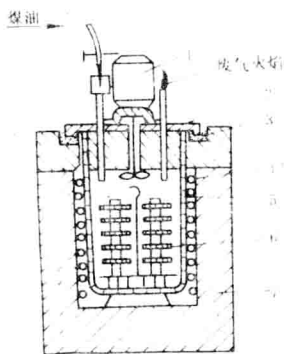


图 1-8 气体渗碳示意图

- 1—风扇电动机 2—炉盖 3—砂封
4—电阻丝 5—耐热罐 6—工件
7—炉体

按渗碳剂不同，渗碳方法可分为固体渗碳、液体渗碳和气体渗碳。生产上常用的是气体渗碳。它是将工件装入密封的井式气体渗碳炉中（见图 1-8 所示），加热至 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，滴入煤油，煤油分解出活性 $[\text{C}]$ 原子，进而被工件表面吸附，并向内扩散。风扇的作用是使工件加热均匀，工件各处均被活性 $[\text{C}]$ 包围。多余的气体从废气管中溢出，并要点燃，以防污染环境。渗碳适用于低碳钢或合金渗碳钢件的热处理，可使零件表层 $1\sim 2\text{mm}$ 厚度内的含碳量提高到 $0.8\%\sim 1.2\%$ 。当渗碳件淬火并回火后，可获得表层高硬度和高耐磨性，心部仍为高韧性的效果，主要用来处理承受冲击力且在强烈摩擦条件下工作的零件，如活塞销、凸轮轴、汽车变速齿轮等。

渗氮俗称氮化。常用的气体渗氮方法是工件加热到 550°C 左右通入氨气，分解出活性 $[\text{N}]$ 被工件表面吸附，在工件表层形成极硬的氮化物薄层。它可以大大提高表面硬度和耐磨性，还具有一定的耐热性、耐蚀性。因加热温度低，工件变形很小，主要用于处理高精度的受冲击载荷不太大的耐磨件，如精密机床主轴、镗床镗杆、高速传动齿轮等。

把活性 $[\text{C}]$ 、 $[\text{N}]$ 原子同时渗入工件的工艺方法称为碳氮共渗。低温下（ 550°C 左右）的氮碳共渗又俗称气体软氮化。它主要以渗氮为主，又兼有渗碳的优点，虽然渗层薄，但硬度很高且不脆，具有较高的抗咬合和防擦伤能力，广泛用于模具、量具和耐磨件的处理。

三、热处理时产生的缺陷及防止方法

在热处理过程中，若工艺参数选择不佳、仪表误差过大或操作不当，就会使工件产生缺陷。常见的缺陷有：过热、过烧、氧化、脱碳、硬度不足、硬度不均、变形及裂纹等。

退火、正火、淬火的加热温度主要取决于钢的化学成分，可参照图 1-4 选择（淬火加热温度可参考完全退火或球化退火选择）；保温时间应以零件心部组织得以充分转变为准，常用经验公式： $t=KD$ （min）来确定。式中， K 为与炉子等有关的系数（常取 $1\sim 1.5\text{min/mm}$ ）； D 为工件的直径或截面尺寸（mm）。加热温度太低，保温时间太短，达不到钢的组织全部转变的目的，其结果是退火退不软、淬火淬不硬或硬度不均；加热温度过高，保温时间过长，会使钢的晶粒变粗（称为过热），导致塑性和韧性显著降低。当加热温度高到近熔点时，会使晶界上的部分杂质熔化或严重氧化（称为过烧），造成工件报废。另外，若加热温度过高，在加热和保温时，炉内的氧化性气氛会使工件表面的金属氧化和钢中的碳原子烧损（称为脱碳）。因此，要想防止或减少这些缺陷，就必须严格控制加热温度和保温时间。

在淬火时，冷却速度很快，工件心部与表层的冷缩及转变不同时，会产生很大的内应力，甚至引起工件的变形和裂纹。因此，要选择合适的淬火剂和淬火方法，以及正确的操作。

四、锤头的热处理工艺

零件形状与尺寸：如图 10-66 所示

材料：45 钢

热处理要求：53~57HRC

热处理方法：淬火+低温回火

生产工艺流程：下料→锻造→粗刨→钳工制作→淬火+低温回火→检验

热处理工艺曲线：如图 1-9 所示

各热处理工序的作用及注意事项：淬火，用以提高硬度和耐磨性。为减小锤头表面氧化、脱碳，淬火加热时要在炉内放入少量木炭，并采用到温装炉。淬火冷却时，手持钳子夹持锤头入水，并不断在水中摆动，以保证硬度均匀。低温回火，用以减小淬火产生的内应力，增加韧性，降低脆性，达到硬度的要求。

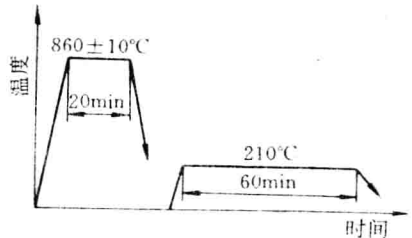


图 1-9 锤头热处理工艺曲线

复习思考题

1. 钢和铸铁有哪些区别？
2. 机械零件选材时要考虑哪些主要因素？
3. 对低、中、高碳钢等材料怎样进行火花鉴别？并说明其火花特征。
4. 何谓热处理？它在零件制造中的重要作用是什么？
5. 试比较退火与正火的异同点。
6. 淬火的目的是什么？水淬与油淬有什么不同？分别在何种情况下选用？
7. 什么叫回火？目的是什么？回火温度对钢的性能有什么影响？
8. 何谓调质处理？其目的是什么？
9. 表面淬火与普通淬火有什么区别？
10. 要获得表面很硬、心部有足够韧性的低碳钢齿轮，可采用何种热处理方法？为什么？

第二章 铸 造

铸造是将熔融的金属液浇注到铸型型腔内，待冷却凝固后，经清理得到所需零件毛坯或成品件的工艺方法。

铸造的产品称为铸件。工业上常用的各种黑色金属和有色金属材料均可用铸造方法制成各种形状复杂的铸件。铸件一般情况下要经切削加工后才能成为零件，如采用一些特殊工艺条件，也可以直接铸出零件。在机床、汽车、拖拉机等机械中，铸件的质量约占机器总质量的 50%~80%。

铸造的方法很多，主要有砂型铸造、金属型铸造、熔模铸造、压力铸造、离心铸造等，其中以砂型铸造应用最为广泛。

砂型铸造用型砂制成铸型，图 2-1 为轴套的砂型铸造过程示意图，即先制成与铸件形状尺寸相似的模样，把模样放入砂箱，填满型砂，将型砂舂紧，然后从两砂型内分别取出模样，开出浇道，合型后即成为铸型。将熔化成液态的金属注入铸型内，待其凝固冷却后击溃砂型，取出铸件，除去浇冒口、毛刺，就成为铸件。

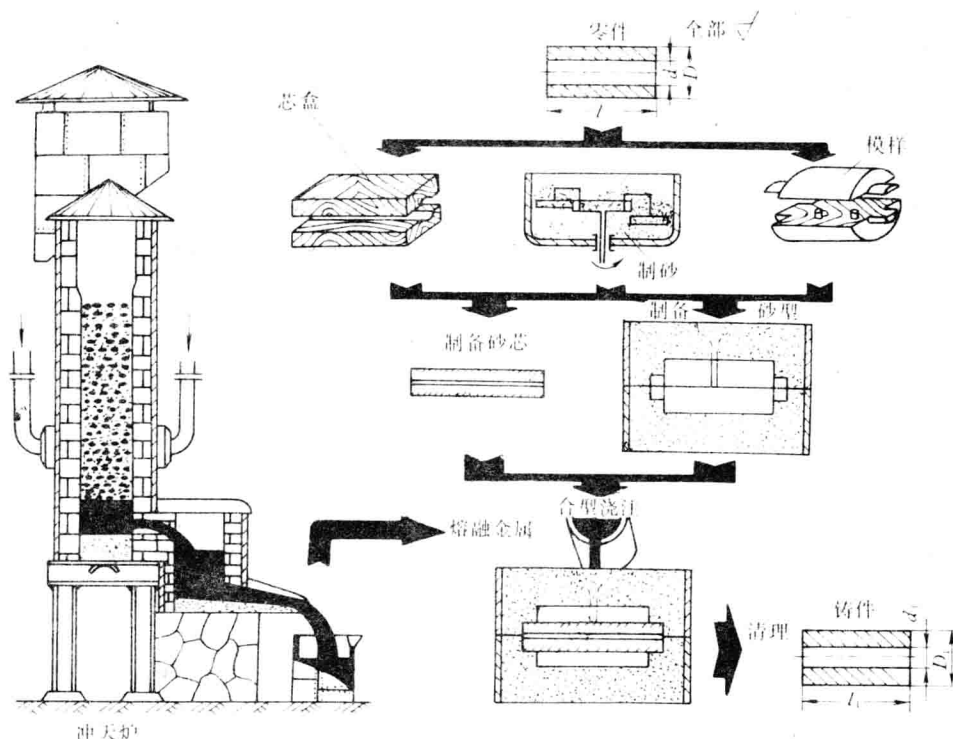


图 2-1 砂型铸造的基本工艺过程

§ 2-1 造型（芯）材料

造型（芯）材料包括制造砂型的型砂和制造砂芯的芯砂，以及砂型和砂芯的表面涂料。造型材料的性能好坏，对造型和造芯工艺和铸件质量有很大影响。

一、型（芯）砂的组成

型（芯）砂的组成原料：砂、粘土、水、有机或无机粘结剂和其他附加物。

1. 砂

砂的主要成分是石英（ SiO_2 ），砂中含 SiO_2 量愈高，杂质愈少，则砂耐火度愈高。同时砂粒大小、形状、均匀程度等对其使用性能都有很大影响，因此在选择砂时都有一定要求。

2. 粘结剂

粘结剂的作用是将砂粒粘结起来，从而使型砂具有一定强度和可塑性。常用的粘结剂有：粘土（湿型用膨润土，干型用普通粘土）；特殊粘结剂（如油脂、水玻璃、树脂等）。其中油脂、树脂一般用做配制芯砂。

3. 附加物

为了改善型（芯）砂的某些特殊性能而加入一些附加物。如在湿型砂中加入煤粉，可防止粘砂，提高铸件表面质量；在干型砂中加入一些木屑，可提高型砂的透气性和退让性。

二、对型（芯）砂的性能要求

型（芯）砂必须具备一定的铸造工艺性能，才能保证造型、造芯、起模、修型、下芯、合型、搬运等顺利进行，同时能承受高温金属液的冲刷与烘烤。铸件中有些缺陷往往与造型材料直接有关，如砂眼、夹砂、气孔、裂纹等，都是因为型（芯）砂某些性能达不到使用要求所致。因此，要求型（芯）砂应具备以下性能：

1. 强度

型砂强度是指型砂、芯砂紧实后再受到外力时抵抗破坏的能力。强度低，则可能发生塌箱、冲砂等，会使铸件产生砂眼、夹砂等缺陷。强度太高，砂型太硬，透气性差，会使铸件产生气孔、内应力或裂纹等。

2. 透气性

透气性是指型（芯）砂通过气体的能力。当高温金属液浇入型腔后，在铸型内产生的大量气体必须顺利地由砂粒间隙排出，否则铸件易产生气孔。

3. 耐火度

耐火度是指型（芯）砂在高温液态金属作用下不软化、不烧结的能力；否则，易粘砂，铸件清理困难，严重时使铸件成为废品。

4. 退让性

退让性是指铸件在冷却收缩时，砂型和砂芯可被压缩而不阻碍铸件收缩的能力。否则，将造成铸件收缩受阻而产生较大内应力，从而引起变形或裂纹。

5. 可塑性

可塑性是指型砂在外力作用下变形后，当去除外力时恢复变形的能力。可塑性好的型砂容易变形，起模性能好。

在手工造型车间，上述性能一般都是靠经验判断。如图 2-2 所示，用手攥一把型砂，感到