



普通高等教育非机类机工训练规划教材



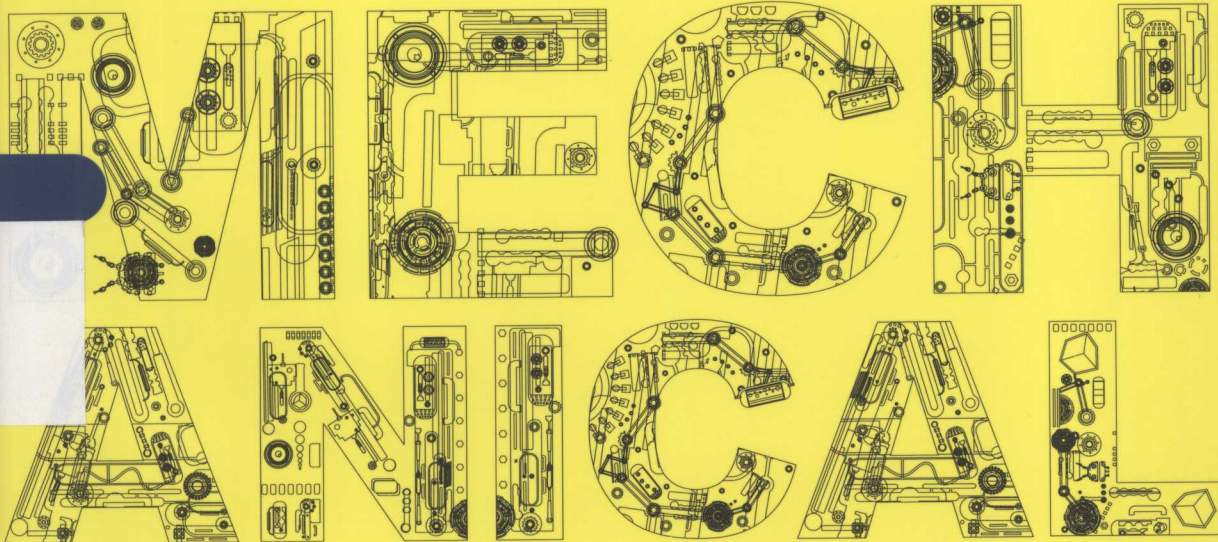
机械工程实训

MECHANICAL

ENGINEERING

PRACTICE

梁松坚 邹日荣 主编
胡青春 主审



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

014005721

TH-43
48

普通高等教育非机类机工训练规划教材

机械工程实训

梁松坚 邹日荣 主编
胡青春 主审



 中国轻工业出版社



北航

C1693239

TH-43
48

014002751

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程实训/梁松坚, 邹日荣主编. —北京:

中国轻工业出版社, 2013. 9

普通高等教育非机类机工训练规划教材

ISBN 978-7-5019-9372-7

I. ①机… II. ①梁…②邹… III. ①机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 162732 号

责任编辑:王 淳

责任终审:张乃东

封面设计:锋尚设计

版式设计:宋振全

责任校对:吴大鹏

责任监印:张 可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号,邮编:100740)

印 刷:北京君升印刷有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:710×1000 1/16 印张:17.5

字 数:350 千字

书 号:ISBN 978-7-5019-9372-7 定价:35.00 元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网 址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

130385J1X101ZBW

前 言

“机械工程实训”也叫“金工实习”，是一门实践性很强的课程，为了使非机类专业学生了解机械制造的一般过程，知道机械加工的主要工艺，熟悉常用机械加工设备和工具，并提高动手能力，我们编写了此教材。

大部分非机类专业学生毕业后会进入企业，为了使这些学生对职场上的机械不陌生，我校开设了“机械工程基础”课程，但是，在教学实践中我们感到仅凭课堂讲授机械加工，学生很难理解。为了加深学生对机加工各工种工艺特点的认识，用提高学生动手能力和亲自参与实践的方法，来提高学生对机加工认识，其教学效果很好。

鉴于此，我们增加了非机类专业学生实训力度，学生每年必须要进行为期1~2周的金工实习，我校各工种的老师根据实际情况，特为这些非机专业类学生制定了实践环节教学大纲和讲义，经过三年使用，学生反馈和教学效果良好，老师反复修改，最终形成符合我校应用型人才培养要求的非机类金工实习教材。

本书主要包括工程材料与钢的热处理、铸造、冲压、焊接、车削、铣削、磨削、钳工、模具、数控加工、电火花、线切割、快速成型、可编程序控制器等工种的实训教学安排。

参加本书编写工作的老师有：梁松坚、邹日荣主编，胡青春负责主审工作，陈晓斌负责第一章，王建兵、苏红蔚负责第二章，戚选民及梁秋华负责第三章，谈毅负责第四章，杨筱坤负责第五章，钟永针负责第六章，杨剑负责第七章，童洲及卢健能负责第八章，江丽珍负责第九章，胡伟锋负责第十章，罗邦芬及龙勇坤负责第十一章，刘建光负责第十二章，杨建荣负责第十三章，张建强负责第十四章，梁键钊及颜建负责第十五章，段海峰负责第十六章，朱小明负责第十七章，刘楚生负责第十八章。

由于我们水平有限，不当之处，敬请同行指正，谢谢！

编 者

华南理工大学广州学院

2013年6月9日

目 录

第一章 机械工程材料与钢的热处理	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 钢的热处理	(4)
第三节 钢铁材料显微组织观察	(8)
第四节 热处理实训	(11)
第五节 热处理实习安全技术	(11)
思考与练习	(12)
第二章 铸造	(13)
第一节 铸造概述	(13)
第二节 砂型铸造基础知识	(14)
第三节 铸造实训	(23)
第四节 铸造实习安全技术	(27)
第五节 特种铸造	(27)
思考与练习	(30)
第三章 板料冲压	(31)
第一节 冲压设备	(31)
第二节 冲压基本工序	(32)
第三节 冲压实训基本操作过程	(33)
第四节 冲压实习安全技术	(34)
第五节 数控冲床概述	(34)
第六节 数控冲床编程技术	(37)
第七节 数控冲床实训	(37)
思考与练习	(39)
第四章 焊接	(40)
第一节 焊接加工概述	(40)
第二节 电弧焊	(41)
第三节 其他焊接方法	(49)
思考与练习	(52)
第五章 车削加工	(53)
第一节 车削加工概述	(53)
第二节 车刀及刀具材料	(59)

第三节	刀具及工件的安装	(63)
第四节	机械加工的切削运动	(64)
第五节	车床切削液及量具使用	(65)
第六节	基本车削加工操作方法	(67)
第七节	车削加工实训:轴类零件的车削	(69)
第八节	车工实习安全技术	(72)
思考与练习		(74)
第六章	铣削加工与齿形加工	(75)
第一节	概述	(75)
第二节	铣削加工	(82)
第三节	铣削加工实训	(85)
第四节	铣削加工实习安全技术	(88)
思考与练习		(89)
第七章	磨削加工	(90)
第一节	磨削加工概述	(90)
第二节	外圆磨床及其磨削加工	(97)
第三节	平面磨削	(103)
第四节	其他磨床	(107)
第五节	磨削加工实习安全技术	(108)
思考与练习		(109)
第八章	钳工	(111)
第一节	概述	(111)
第二节	钳工基本操作	(112)
第三节	装配知识简介	(129)
第四节	钳工实训:小手锤制作	(131)
第五节	钳工实习安全技术	(135)
思考与练习		(135)
第九章	模具	(137)
第一节	冲压模	(137)
第二节	注塑模	(141)
第三节	模具拆装实训	(147)
第四节	模具拆装实习安全技术	(149)
思考与练习		(149)
第十章	数控加工基础知识	(150)
第一节	数控加工概述	(150)
第二节	数控机床编程基础	(154)

第十一章 数控车床	(164)
第一节 概述	(164)
第二节 GSK 980TD 数控车床加工实训	(170)
第三节 数控车床加工实习安全技术	(183)
思考与练习	(184)
第十二章 数控铣床	(185)
第一节 概述	(185)
第二节 FANUC Oi Mate - MC 数控铣床加工实训	(186)
第三节 GSK 983M 数控铣床加工实训	(195)
思考与练习	(197)
第十三章 加工中心	(198)
第一节 加工中心概述	(198)
第二节 加工中心实习安全技术	(203)
第三节 加工中心编程典型实例	(205)
第四节 加工中心加工实训	(206)
思考与练习	(209)
第十四章 数控自动编程软件 PowerMILL	(210)
第一节 PowerMILL 的功能说明	(210)
第二节 PowerMILL 编程操作	(210)
第三节 PowerMILL 应用实训	(211)
思考与练习	(215)
第十五章 数控电火花线切割加工	(216)
第一节 数控电火花线切割加工概述	(216)
第二节 线切割加工工艺	(219)
第三节 线切割机床的基本操作	(222)
第四节 线切割加工实训	(225)
第五节 电火花线切割实习安全技术	(228)
思考与练习	(228)
第十六章 数控电火花成型加工	(230)
第一节 电火花成型加工概述	(230)
第二节 电火花成型加工工艺	(233)
第三节 电火花机床编程与操作实训	(235)
第四节 电火花成型加工实习安全技术	(236)
第五节 数控电火花成型加工实例	(236)
思考与练习	(239)

第十七章 快速成型技术	(241)
第一节 快速成型基本概念及原理	(241)
第二节 Solidworks 软件建模	(245)
第三节 FDM 成型设备的操作	(250)
第四节 快速成型技术的应用	(256)
思考与练习	(258)
第十八章 可编程序控制器(PLC)	(259)
第一节 PLC 概述	(259)
第二节 PLC 的编程元件	(261)
第三节 PLC 的编程及应用	(265)
第四节 PLC 的编程软件简介	(267)
思考与练习	(271)
参考文献	(272)

第一章 机械工程材料与钢的热处理

第一节 概 述

一、常用的机械工程材料简介

机械工程材料涉及面很广，总体来说按属性可分为金属材料和非金属材料两大类。

金属材料分为黑色金属和有色金属两类。黑色金属是指铁和铁的合金，俗称钢铁材料。有色金属是指除黑色金属之外的所有金属及其合金。

非金属材料可分为无机非金属材料 and 有机高分子材料两大类。

在机械制造中最重要的材料是金属材料，而其中钢铁材料的应用范围最广、用量最大。钢铁材料是以铁和碳为基本组元的合金，所以钢铁材料也称为铁碳合金。钢铁材料按含碳量可分为三种，含碳量小于 0.0218% 的铁碳合金称为工业纯铁；含碳量在 0.0218% ~ 2.11% 的铁碳合金称为钢；含碳量大于 2.11% 的铁碳合金称为铸铁。其中钢和铸铁的用途最广泛。

1. 钢

钢材种类丰富，应用范围广，是工业建设必不可少的材料，可以根据化学成分和用途来进行分类（表 1-1）。

表 1-1 钢的分类

分类方法	名称	说 明
按化学成分分	碳素钢	碳素钢是指碳含量低于 2%，并有少量硅、锰以及磷、硫等杂质的铁碳合金。按照含碳量的不同，可分为 3 种： 1. 含碳量小于 0.25% 的称为低碳钢，常见牌号如 10、20 或 Q195 等。 2. 含碳量 0.25% ~ 0.60% 的称为中碳钢，常见牌号如 45、40Cr 等。 3. 含碳量大于 0.60% 的称为高碳钢，常见牌号如 T8、T10 等。
	合金钢	合金钢是指为了改善性能，在碳素钢的基础上加入一些合金元素炼成的钢。按照合金元素的含量，可分为 3 种： 1. 合金元素含量小于 5% 的称为低合金钢 2. 合金元素含量 5% ~ 10% 的称为中合金钢 3. 合金元素含量大于 10% 的称为高合金钢

续表

分类方法	名称	说 明
按钢的用途分	结构钢	结构钢一般用于制造各种建筑、机械结构零件，这类钢材一般是低、中碳钢和低、中合金钢
	工具钢	工具钢一般用于制造各种刀具、模具、量具，这类钢材一般是高碳钢和高合金钢
	特殊钢	特殊钢是指具有特殊性能的钢材，主要用于各种特殊要求的场合，如不锈钢、耐热钢等

2. 铸铁

铸铁是将铸造生铁（部分炼钢生铁）在炉中重新熔化，并加进铁合金、废钢、回炉铁调整成分而得到。铸铁中杂质含量比钢多，整体力学性能不如钢好，但铸铁的铸造性能优良，减震性好，容易切削加工，价格便宜，所以在工业中应用也很广泛。铸铁按碳的存在形态不同可分为三类（表 1-2）：

表 1-2

铸铁的分类

分类方法	名称	说明
按照碳的存在形态分	白口铸铁	碳主要以渗碳体形式存在，该类铸铁硬、脆，很少直接使用
	灰口铸铁	碳主要以石墨形式存在，该类铸铁因石墨形状不同而性能不同、用途不同。生产实际中常用的就是灰口铸铁，它根据石墨形状不同又分为三类：
		1. 灰铸铁：石墨为片状，力学性能差，切削性比钢好，常见牌号如 HT200
		2. 可锻铸铁：石墨为团絮状，力学性能稍高于灰铸铁，常见牌号如 KTH350-10
		3. 球墨铸铁：石墨为球状，具有较高的强度、塑性和韧性，力学性能与调质钢相当，常见牌号如 QT600-02
	麻口铸铁	碳一部分以渗碳体形式存在，另一部分以石墨形式存在。该类铸铁硬、脆，很少直接使用

二、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的性能。描述力学性能的指标很多，如强度、塑性、冲击韧性、硬度等。

强度是指材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力。强度分为几类，一般以抗拉强度 R_m 作为最基本的强度指标，另外屈服强度 R_{eL} 也比较常用。

塑性是指材料受力后发生塑性变形而不被破坏的能力，常用伸长率 A 和断

面收缩率 Z 作为材料的塑性指标。

冲击韧性是指材料抵抗冲击载荷的能力。冲击韧性的好坏用冲击韧度 α_k 表示。

硬度是指材料局部抵抗硬物压入其表面的能力。目前常用的描述材料硬度的指标有洛氏硬度和布氏硬度。

(1) 洛氏硬度 洛氏硬度试验是用一定的载荷将一个金刚石圆锥体或淬火钢球压入被测试样表面，经过一定时间后，卸除载荷，然后根据压痕的深度来确定硬度值。洛氏硬度计可以采用三种不同的压头和三种载荷，组成各种不同的洛氏硬度标度，如 HRA、HRB、HRC，可以测量从软到硬的各种不同材料。

洛氏硬度测定方法。以 HRC 测试为例（图 1-1），采用顶角为 120° 的金刚石圆锥压头。测试时先加预载荷 100N，压头从起始位置 0—0 到 1—1 位置，压入试件深度为 h_1 ，后加总载荷 1500N，压头位置为 2—2，压入深度为 h_2 ，停留数秒后，将主载荷 1400N 卸除，保留预载荷 100N。由于被测试件弹性变形恢复，压头有所抬高，位置为 3—3，实际压入试件深度为 h_3 ，因此在主载荷作用下，压头压入试件的深度 $h = h_3 - h_1$ 。为了便于从硬度计表盘上直接读出硬度值，一是规定表盘上每一小格相当于 0.002mm 压深，二是将 HRC 值用 $HRC = 100 - h/0.002$ 的公式表示（图 1-2）。

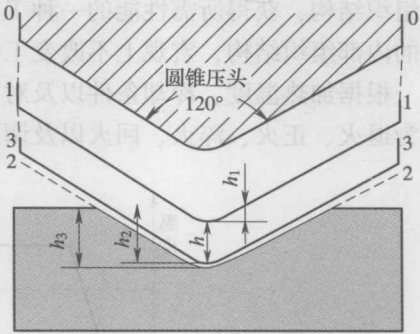


图 1-1 洛氏硬度测定方法

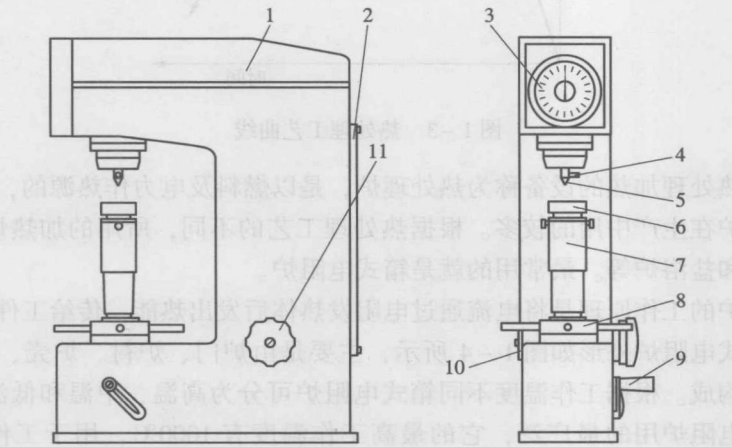


图 1-2 洛氏硬度计结构图

- 1—上盖 2—后盖 3—表盘 4—压头锁紧螺钉 5—压头 6—试台
7—保护罩 8—旋轮 9—加卸试验力手柄 10—缓冲器调节窗 11—变荷手轮

(2) 布氏硬度 布氏硬度测试是将一直径 D 的淬火钢球以一定的载荷 F 压入被测试样表面, 经过一定时间后, 卸除载荷, 测出压痕平均直径, 以载荷与压痕表面积的比值作为布氏硬度值, 用 HB 表示。

第二节 钢的热处理

一、热处理定义

热处理在工业中的应用范围相当广泛, 在机床、汽车等制造中, 有约七、八成的零件需要热处理, 而工具、模具等则全部都要进行热处理。所以, 只要是重要的零件都要安排热处理。

热处理是指将金属材料在固态下进行加热、保温及冷却, 从而改变材料的内部组织结构, 获得所需性能的一种工艺。热处理都是在固态下进行的, 只改变工件的内部组织结构, 宏观上不改变工件的外形和尺寸。

根据加热温度, 冷却条件以及对材料成分和性能要求的不同, 热处理工艺可分为退火、正火、淬火、回火以及调质和表面热处理 (图 1-3)。

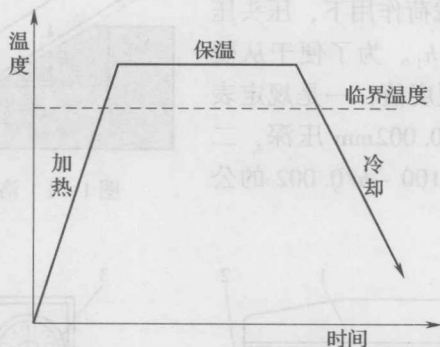


图 1-3 热处理工艺曲线

用于热处理加热的设备称为热处理炉, 是以燃料及电力作热源的, 其中以电作热源的炉在生产中用的较多。根据热处理工艺的不同, 所用的加热炉也不同, 有电阻炉和盐浴炉等。最常用的就是箱式电阻炉。

电阻炉的工作原理是将电流通过电阻发热体后发出热能, 传给工件, 使工件升温。箱式电阻炉外形如图 1-4 所示, 主要是由炉门、炉衬、炉壳、电热元件和炉底等构成。根据工作温度不同箱式电阻炉可分为高温、中温和低温炉三种。其中中温电阻炉用的最广泛, 它的最高工作温度有 1000°C , 用于工件的退火、正火、淬火及回火处理。

二、退火与正火，淬火与回火

退火与正火是应用非常广泛的热处理工艺，通常作为预先热处理工序，安排在铸造或者锻造之后，切削粗加工之前，为下一道工序作准备。

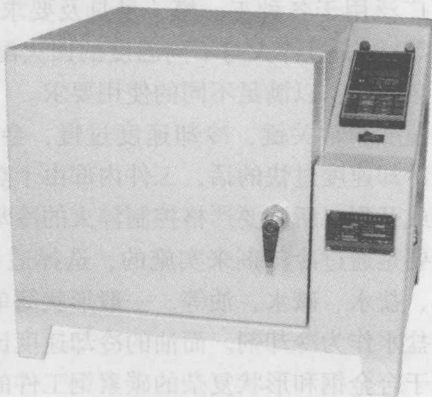


图 1-4 箱式电阻炉

1. 退火

将钢加热到适当温度，保温一定时间，然后缓慢冷却（一般随炉冷却）的热处理工序称为退火。

退火的主要目的：

- (1) 降低硬度，改善切削加工性；
- (2) 消除残余应力，稳定尺寸，减少变形与裂纹倾向；
- (3) 细化晶粒，调整组织，消除组织缺陷。
- (4) 均匀材料内部的组织和化学成分，改善材料性能或为以后热处理做组织准备。

2. 正火

将钢件加热到一定温度，保温一定时间后，从炉内取出来，放在静止的空气中冷却的热处理工艺称为正火。

正火的主要目的是细化组织，改善钢的性能，获得接近平衡状态的组织，与退火的作用相似。正火与退火工艺相比，其主要区别是正火的冷却速度稍快，得到的组织细小，工件的强度和硬度较高。正火热处理的生产周期短，而且冷却不占用设备，故退火与正火同样能达到零件性能要求时，尽可能选用正火。大部分中、低碳钢的工件一般都采用正火热处理。一般高碳钢、合金钢工件常采用退火，若用正火，由于冷却速度较快，使其正火后硬度较高，不利于切削加工。

淬火与回火一般作为最终热处理工序，使工件获得稳定的组织及所需的力学性能。

3. 淬火

将钢加热到适当温度，保温一定时间，然后进行快速冷却的热处理工序称为淬火。

淬火可以大幅度提高工件的硬度及强度，增加表面耐磨性，是最经济有效的强化钢铁的工艺。淬火广泛用于各种工、模、量具及要求表面耐磨的零件（如齿轮、轧辊、渗碳零件等）。通过淬火与不同温度的回火配合，可以大幅度提高金属的强度、韧性及疲劳强度，以满足不同的使用要求。

淬火处理中，冷却速度非常关键，冷却速度过慢，会导致工件不能充分淬硬，达不到要求。但是冷却速度过快的话，工件内部由于热胀冷缩不均匀造成内应力，可能使工件变形或开裂，所以要严格控制淬火的冷却速度。

控制冷却速度，主要是通过冷却剂来实施的，选择适当的冷却剂尤为重要。常用的淬火冷却剂有水、盐水、碱水、油等。一般形状简单尺寸较大的低、中碳素钢工件可选用水或者盐水作为冷却剂。而油的冷却速度比水低，可以减少工件的变形开裂，所以常用于合金钢和形状复杂的碳素钢工件的淬火。

4. 回火

将淬火钢重新加热到适当温度，保温一定时间，然后在空气中冷却的工艺称为回火。

对于未经淬火的钢，回火是没有意义的，而淬火钢不经回火一般也不能直接使用。淬火件处于高应力状态，容易发生变形或开裂，钢件经淬火后应及时进行回火。

回火目的是：

- (1) 消除工件淬火时产生的残留应力，防止变形和开裂；
- (2) 调整工件的硬度、强度、塑性和韧性，达到使用性能要求；
- (3) 稳定组织与尺寸，保证精度；
- (4) 改善和提高加工性能。

因此，回火是工件获得所需性能的最后一道重要工序。根据回火温度的不同，回火分为低温回火、中温回火和高温回火三种。

(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，降低钢的脆性，提高韧性，同时保持较高的硬度。故广泛应用于要求硬度高、耐磨性好的零件，如量具、刀具、滚动轴承及表面淬火件等。

(2) 中温回火 回火温度为 $350 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 。中温回火可以消除大部分内应力，硬度有所下降，具有一定的韧性和弹性。中温回火主要应用于各类弹簧、发条及热锻模具等工件。

(3) 高温回火 回火温度为 $500 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 。高温回火可以消除内应力，工件硬度显著下降，但此时工件既具有良好的塑性和韧性，又具有较高的强度。淬火后再经高温回火的工艺称为调质处理。对于大部分要求较高综合力学性能的重要

零件，都要经过调质处理，如连杆、轴、齿轮等。

三、表面热处理

对工件表面进行强化的金属热处理工艺称为表面热处理。它只改变零件表面的组织和性能，不改变零件心部的组织和性能。这种工艺广泛用于既要求表层具有高的耐磨性、抗疲劳强度和较大的冲击载荷，又要求整体具有良好的塑性和韧性的零件，如曲轴、凸轮轴、传动齿轮等，可以使零件达到“表硬心韧”的效果。

表面热处理分为表面淬火和化学热处理两大类。

1. 表面淬火

表面淬火是将钢件的表面层淬透到一定的深度，而心部分仍保持未淬火状态的一种局部淬火的方法。表面淬火时通过快速加热，使钢件表面很快达到淬火的温度，在热量来不及穿到工件心部就立即冷却，实现局部淬火。

表面淬火采用的快速加热方法有多种，如电感应，火焰，电接触，激光等，目前应用最广的是电感应加热法（图 1-5）。

感应加热表面淬火就是在一个感应线圈中通以一定频率的交流电，使感应圈周围产生频率相同的交变磁场，置于磁场之中的工件就会产生与感应线圈频率相同，方向相反的感应电流，这个电流叫涡流。由于集肤效应，涡流主要集中在工件的表层。使工件表层被迅速加热到淬火温度，随即进行快速冷却，将工件表层淬硬。其加热速度极快，通常只有几秒钟。

2. 化学热处理

化学热处理是将工件置于一定温度的化学介质中，通过加热、保温、冷却，使介质中的某些元素渗入工件表面，改变工件表面的化学成分和组织，从而获得所需性能的一种工艺。

按渗入元素的性质，化学热处理可分为渗非金属和渗金属两大类。前者包括渗碳、渗氮、渗硼和多种非金属元素共渗。其中渗碳在工业中最常用。渗碳是使碳原子渗入钢制工件表层的化学热处理工艺。渗碳后，工件表面含碳量一般高于 0.8%。淬火并低温回火后，在提高硬度和耐磨性的同时，心部能保持相当高的韧性，可承受冲击载荷，疲劳强度较高。

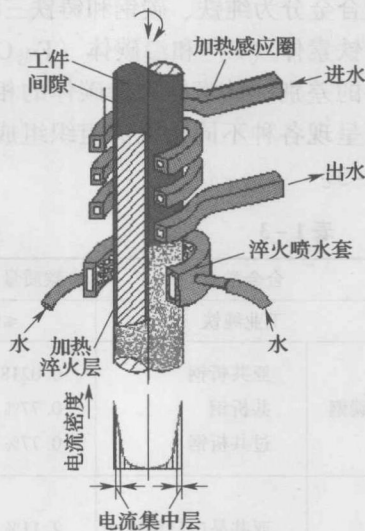


图 1-5 电感应加热原理

第三节 钢铁材料显微组织观察

一、铁碳合金基本组织

碳钢和铸铁是工业上应用最广的金属材料，它们的性能与组织有密切的联系，因此熟悉掌握它们的组织，对于合理使用钢铁材料具有十分重要的实际意义。

这里主要介绍碳钢和白口铸铁的平衡组织。所谓平衡状态的显微组织是指合金在极为缓慢的冷却条件下（如退火状态即接近平衡状态）所得到的组织。铁碳合金分为纯铁、碳钢和铸铁三种。所有碳钢和白口铸铁在室温时的显微组织均由铁素体（F）和渗碳体（ Fe_3C ）所组成。但是，由于碳含量的不同，结晶条件的差别，铁素体和渗碳体的相对数量、形态，分布和混合情况均不一样，因而呈现各种不同特征的组织组成物。碳钢和白口铸铁在室温下的平衡组织见表1-3。

表 1-3

铁碳合金平衡组织

合金类型		碳质量分数, ω (C)	显微组织
工业纯铁		$\leq 0.0218\%$	铁素体 (F)
碳钢	亚共析钢	$0.0218\% \sim 0.77\%$	铁素体 (F) + 珠光体 (P)
	共析钢	0.77%	珠光体 (P)
	过共析钢	$0.77\% \sim 2.11\%$	珠光体 (P) + 二次渗碳体 ($\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$)
白口铸铁	亚共晶白口铸铁	$2.11\% \sim 4.3\%$	珠光体 (P) + 二次渗碳体 ($\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$) + 莱氏体 (Ld')
	共晶白口铸铁	4.3%	莱氏体 (Ld')
	过共晶白口铸铁	$4.3\% \sim 6.69\%$	一次渗碳体 ($\text{Fe}_3\text{C}_{\text{I}}$) + 莱氏体 (Ld')

(1) 亚共析钢——室温时的平衡组织为铁素体 (F) + 珠光体 (P)，F 呈白色块状，P 呈黑色块状（如图 1-6 所示）。

(2) 共析钢——室温时的平衡组织是珠光体 (P)，其组成相是 F 和 Fe_3C （如图 1-7 所示）；

(3) 过共析钢——室温时的平衡组织为 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ + P。在显微镜下， $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ 呈网状分布在黑色块状 P 周围（如图 1-8 所示）；

(4) 亚共晶白口铸铁——室温时的平衡组织为 $\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}} + \text{Ld}'$ 。 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ 网状分布在粗大块状的 P 的周围， Ld' 则由条状或粒状 P 和 Fe_3C 基体组成（如图 1-9 所示）；

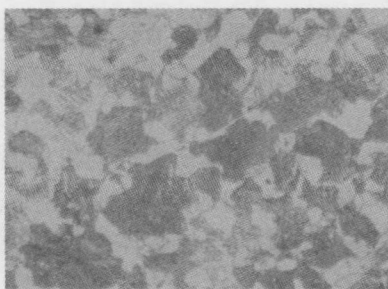


图 1-6 亚共析钢显微组织 (400x)



图 1-7 共析钢显微组织 (400x)



图 1-8 过共析钢显微组织 (400x)

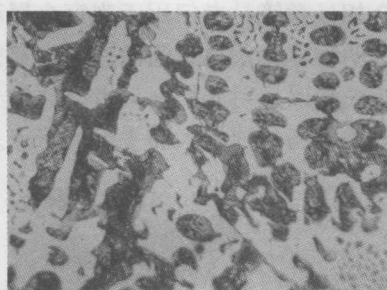


图 1-9 亚共晶白口铁显微组织 (400x)

(5) 共晶白口铸铁——室温时的平衡组织为 Ld' ，由黑色条状或粒状 P 和白色 Fe_3C 基体组成 (如图 1-10 所示)；

(6) 过共晶白口铸铁——室温时的平衡组织为 $Fe_3C_I + Ld'$ ， Fe_3C_I 呈长条状， Ld' 则由条状或粒状 P 和 Fe_3C 基体组成 (如图 1-11 所示)。

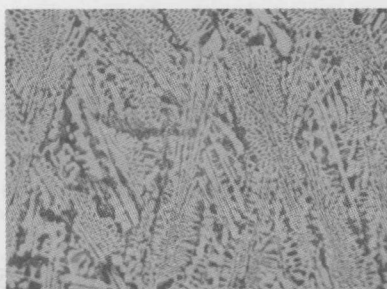


图 1-10 共晶白口铁显微组织 (400x)



图 1-11 过共晶白口铁显微组织 (400x)

(1) 铁素体 (F) 铁素体具有磁性及良好的塑性、韧性，强度和硬度较低。

(2) 渗碳体 ($Fe-Fe_3C$) 渗碳体是铁和碳形成的一种化合物，其含碳量为 6.69%，渗碳体的硬度很高，它是一种硬而脆的相，强度和塑性都很差，耐