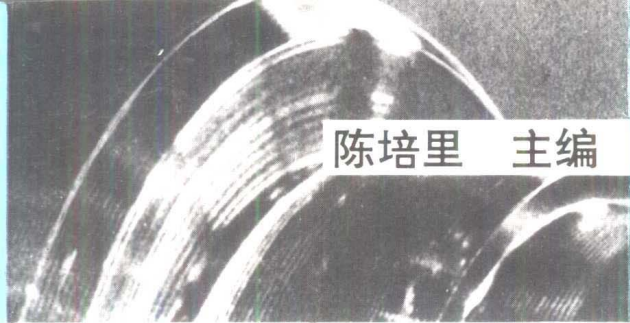




陈培里 主编 高等学校教学用书

金属工艺学

实习指导及实习报告



浙江大学出版社

高等学校教学用书

金属工艺学实习指导及实习报告

陈培里 主编

浙江大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委教高司[1995]82号批准印发的“金工实习教学基本要求”,按工种进行编写的。供金工实习的教师、技工组织教学及学生实习时使用。

本书共分三篇,第一篇为热加工,第二篇为切削加工,第三篇为金工实习报告。本书贯彻金工实习以实践教学为主的精神,采用启发式教学,理论联系实际,着重加强对学生动手能力的培养,以促进教学的改革。

本书为高等工科院校各专业金工实习指导教材,亦可作为高等专科学校、职工大学、电视大学、中等专科学校等金工实习的指导参考教材。

金属工艺学实习指导及实习报告

陈培里 主编

责任编辑 徐宝澍

* * *

浙江大学出版社出版

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

浙江大学出版社电脑排版中心排版

浙江省煤田地质局制图印刷厂印刷

浙江省新华书店经销

* * *

787mm×1092mm 16 开 11.825 印张 298 千字

1996 年 12 月第 1 版 2001 年 1 月第 3 次印刷

印数 10001—13000

ISBN 7-308-01850-4/TG·014 定价:12.00 元

前 言

本实习指导书为贯彻落实国家教委教高司[1995]82号批准印发的“金工实习教学基本要求”及机械类、非机械类专业“实施细则”,便于教学人员组织教学及学生实习,按工种进行编写。作为高等工科院校机械类、非机械类专业学生实习的指导教材。

金工实习是一门实践性的技术基础课,是机械类各专业学生学习工程材料及机械制造基础等课程必不可少的先修课;是非机械类有关专业教学计划中重要的实践教学环节之一。为学生学习后继课程打下必要的实践基础。为此,本实习指导书强调以实践教学为主,采用启发式教学。重点介绍金属的主要成形方法和加工方法;主要设备的工作原理及典型结构、工夹量具的使用方法;毛坯制造和零件加工的一般过程及有关安全操作技术。

本实习指导书结合我校的教学实践,考虑到与金工实习教材协调一致,加以精编;并增加了第三篇金工实习报告,供教学人员选用,以便检查教学效果。

本实习指导书中的技术名词、定义符号均采用国际标准化组织(ISO)标准,有关数据均采用国际标准(SI)和最新国家标准。

本实习指导书共分三篇十二章。参加编写的有李凤旺[第1章、第7章、第11章、金工实习报告(热处理、钻削与镗削、钳工)],陈培里[第2章、第4章、第5章、第6章、金工实习报告(铸造、焊接、切削加工的基础知识、车削加工)],周继烈[第3章、第10章、第12章、金工实习报告(锻压、磨削、特种加工)],徐志农[第8章、第9章、金工实习报告(刨削加工、铣削加工)]。全书由陈培里主编,黄振源审稿。

本实习指导书初稿经过金工教研室全体教师讨论,并提出了不少宝贵意见,在此表示感谢。

限于水平,加之时间仓促,书中错误与不妥之处在所难免,诚恳希望广大读者批评指正。

编 者
1996年1月

目 录

第一篇 热加工

第 1 章	金属材料及热处理	2
1.1	金属材料的力学性能	2
1.2	金属材料的种类、牌号、性能及选用	2
1.3	钢的热处理	4
1.3.1	热处理的主要方法	1.3.2 热处理设备
第 2 章	铸造	8
2.1	概述	8
2.2	型砂	9
2.3	造型方法	10
2.3.1	手工造型	2.3.2 机器造型
2.4	模样	15
2.4.1	模样材料	2.4.2 模样结构特点
2.4.3	木模(芯盒)的制造	
2.5	造型工艺	17
2.5.1	分型面的确定	2.5.2 浇注系统的确定
2.6	造芯	18
2.7	合箱	20
2.7.1	型芯的固定	2.7.2 砂型的检验和装配
2.7.3	砂型的紧固	
2.8	铸铁的熔炼	22
2.8.1	熔炼设备的构造及熔炼过程	2.8.2 常用铸铁的牌号、性能和用途
2.9	浇注、落砂、清理和铸件缺陷分析	24
2.9.1	浇注	2.9.2 落砂与清理
2.9.3	铸件缺陷分析	
2.10	铸造安全技术	29
第 3 章	锻压	30
3.1	锻压加工的主要方法	30
3.2	塑性变形对金属性能的影响	31
3.2.1	加工硬化和再结晶	3.2.2 热变形加工和冷变形加工
3.2.3	纤维组织	
3.3	加热与冷却	31
3.3.1	加热	3.3.2 冷却
3.4	锻造工艺	33
3.4.1	自由锻造	3.4.2 锤上模锻和胎模锻
3.5	板料冲压工艺	35
3.5.1	冲压工艺	3.5.2 冲压设备
3.6	锻造安全技术	37
第 4 章	焊接	38
4.1	概述	38
4.2	手工电弧焊	39

4.2.1 手弧焊机	4.2.2 电焊条	4.2.3 手工电弧焊工艺	
4.2.4 手工电弧焊的基本操作	4.2.5 焊接缺陷及其检验		
4.3 气焊与气割			44
4.3.1 气焊设备	4.3.2 气焊工艺	4.3.3 气焊的基本操作	4.3.4 氧气切割
4.4 其他焊接方法			49
4.4.1 埋弧自动焊	4.4.2 气体保护焊	4.4.3 电阻焊	4.4.4 钎焊
4.5 焊接安全技术			52

第二篇 切削加工

第5章	切削加工的基础知识	54
5.1	切削加工的概念	54
5.1.1	机械加工的切削运动	5.1.2 机械加工的切削三要素
5.2	刀具材料和刀具的几何角度	56
5.2.1	刀具材料的性能及选用	5.2.2 刀具的几何角度
5.3	切削用量的选择	59
5.4	常用量具	59
5.4.1	卡钳	5.4.2 游标卡尺
		5.4.3 百分尺
		5.4.4 百分表
5.4.5	塞规与卡规	5.4.6 直角尺
第6章	车削加工	64
6.1	概述	64
6.2	普通车床	65
6.3	普通车床的传动系统	67
6.3.1	机床上常用的机械传动方式	6.3.2 传动链及其传动速比
6.4	车削时工件的装夹方法	70
6.5	车床操作要点	73
6.5.1	刻度盘及刻度盘手柄的使用	6.5.2 试切的方法与步骤
6.6	车外圆	74
6.6.1	车外圆	6.6.2 车刀的安装
6.7	车端面、切槽、切断和孔加工	75
6.7.1	车端面	6.7.2 切槽与切断
		6.7.3 孔加工
6.8	车圆锥	77
6.9	车成形面	79
6.10	车螺纹	79
6.10.1	螺纹的车削加工	6.10.2 螺纹的车削方法与步骤
6.11	典型零件车削工艺	81
6.11.1	制定零件加工工艺的内容、步骤和原则	6.11.2 盘套类零件的加工工艺
6.11.3	轴类零件的加工工艺	
6.12	车削安全技术	84
第7章	钻削与镗削	86
7.1	钻床的类型	86
7.2	钻孔、扩孔和铰孔	87
7.2.1	钻孔、扩孔和铰孔的刀具	7.2.2 钻孔、扩孔和铰孔的方法及应用
7.3	镗孔	89
第8章	刨削加工	92

8.1	刨床	92
8.1.1	牛头刨床的构造	8.1.2 牛头刨床的运动
8.1.3	牛头刨床的调整	
8.2	刨刀	95
8.3	刨削工艺	96
8.3.1	工件的装夹	8.3.2 刨削方法
8.3.3	插床及插削	
8.4	刨削安全技术	98
第9章	铣削加工	99
9.1	铣床	99
9.1.1	铣床的构造	9.1.2 卧式铣床的运动
9.2	铣刀	101
9.2.1	铣刀的种类	9.2.2 铣刀的安装
9.3	铣床主要附件	102
9.4	铣削工艺	104
9.5	齿形加工	105
9.5.1	成形法	9.5.2 展成法
9.5.3	齿形加工方法比较	
9.6	铣削安全技术	107
第10章	磨削加工	108
10.1	磨削过程及其特点	108
10.2	砂轮	109
10.2.1	砂轮特性及其选择	10.2.2 砂轮的使用和修整
10.3	磨削运动	109
10.4	磨床及其工作	110
10.4.1	磨床的结构	10.4.2 磨床的液压传动
10.4.3	磨削工艺	
10.5	磨削安全技术	111
第11章	钳工	113
11.1	概述	113
11.2	钳工的主要操作	114
11.2.1	划线	11.2.2 锯削
11.2.3	锉削	11.2.4 钻孔
11.2.5	攻丝和套扣	
11.2.6	装配	11.2.7 其他钳工方法
11.3	钳工安全技术	124
第12章	特种加工	125
12.1	概述	125
12.2	电火花加工原理	125
12.3	电火花线切割加工	126
12.3.1	数控电火花切割机组成	12.3.2 线切割程序的编制
12.3.3	电火花线切割的特点和应用	

第三篇 金工实习报告

1. 金工实习报告(热处理)	133
2. 金工实习报告(铸造)	135
3. 金工实习报告(锻压)	139
4. 金工实习报告(焊接)	143
5. 金工实习报告(切削加工的基础知识)	147

6. 金工实习报告(车削加工).....	151
7. 金工实习报告(钻削与镗削).....	157
8. 金工实习报告(刨削加工).....	159
9. 金工实习报告(铣削加工).....	163
10. 金工实习报告(磨削加工)	169
11. 金工实习报告(钳工)	171
12. 金工实习报告(特种加工)	177

第一篇 热 加 工

第 1 章 金属材料及热处理

【 基本要求】

机械类:

了解钢的热处理作用、常用热处理方法及设备。

非机类:

1) 了解常用钢铁材料的种类、牌号、性能、特点及选用。

2) 了解热处理的作用及钢的常用热处理方法。

设计某个零件时,选择何种材料是至关重要的。选择的材料必须满足使用要求(如强度、耐磨性、耐蚀性等)和工艺要求(加工工艺性)。能否满足这些要求,与材料的成分和性能有关,材料的组织决定材料的性能,可以通过热处理的办法来获得材料所需求的组织。

1.1

金属材料的力学性能

金属材料的性能包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能等。力学性能主要有:强度、硬度、塑性、冲击韧性、疲劳强度等。

强度是金属材料抵抗外力载荷而不致失效的能力,也就是金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。按外力作用方式不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等,以抗拉强度最为常用,其特性指标主要是屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。

塑性是金属在外力作用下产生塑性变形而不被破坏的能力。通常用延伸率(δ)和断面收缩率(ψ)作为金属材料的塑性指标。

硬度是金属材料抵抗外物压入其表面的能力,实质上是表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或断裂的能力。硬度是生产中最常用的一个指标,常用的有布氏硬度(HB 表示)、洛氏硬度(HR 表示)和维氏硬度(HV 表示)等。

冲击韧性指金属材料抵抗冲击载荷的能力。金属材料韧性好坏用冲击韧性衡量,冲击韧性值大则材料韧性好,反之则材料韧性差。

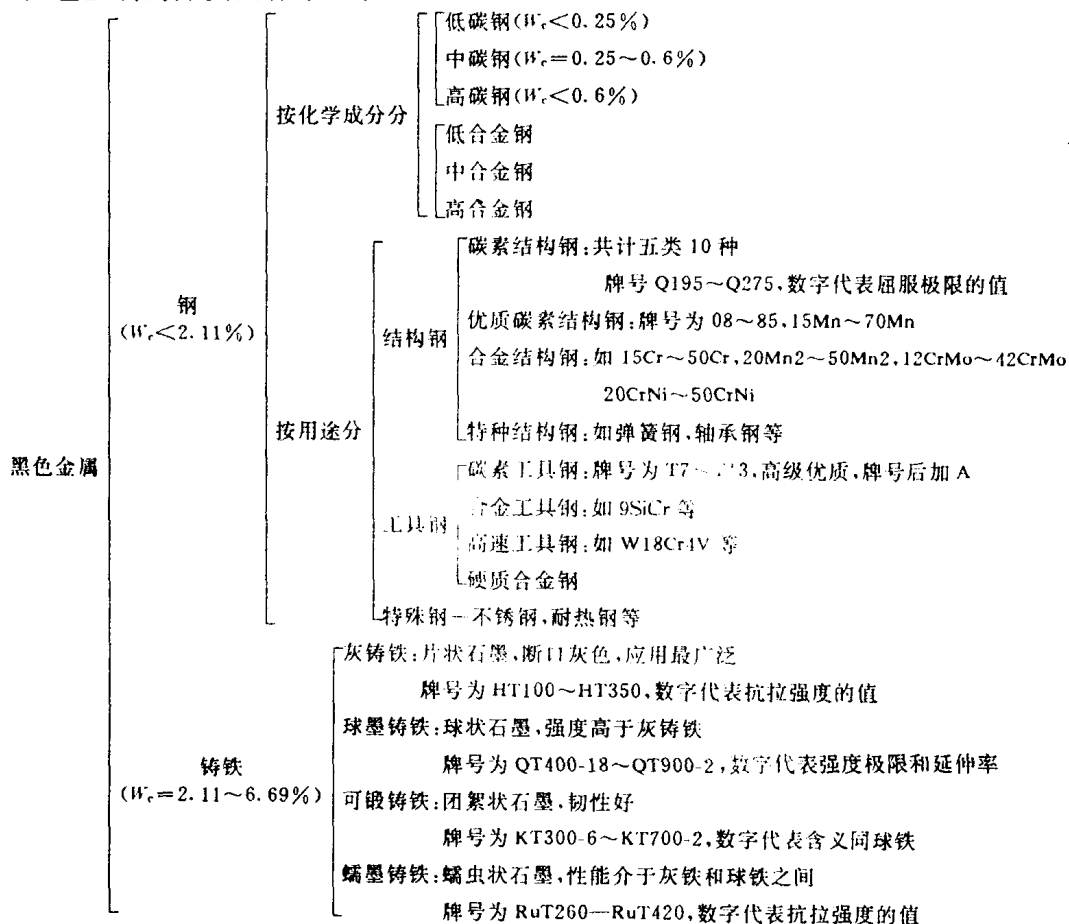
所谓金属疲劳,是指在交变载荷下工作的零件,虽然工作应力低于屈服强度,但在长时间工作后发生断裂,这种现象称为疲劳。疲劳强度是指材料在无数次变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力。因此在交变载荷作用下工作的零件,选材和设计时,不仅要考虑材料的屈服极限,还要考虑它的疲劳强度(疲劳极限)。

零件选材时,除要考虑材料的力学性能外,还必须同时考虑其工艺性能。按工艺方法的不同,工艺性可分为可铸性、可锻性、可焊性和可切削加工性等。

1.2

金属材料的种类、牌号、性能及选用

材料可分为金属材料和非金属材料(如橡胶、塑料等)。金属材料分为黑色金属和有色金属。黑色金属的分类及牌号如下:



结构钢中 C 对钢的性能有重要的影响, 含 C 量决定了钢的组织 and 性能。除 C 之外, 可通过加入其他合金元素来强化钢的各种组织, 从而得到各种性能。结构钢通常可通过热处理获得强度、韧性等均优的综合力学性能, 以满足各种机械零件的使用要求。因此, 结构钢主要用来制造机械零件和工程构件。

工具钢比结构钢含有更多的 C、Cr 和 Mo, 同时又添加了 W、V 和 Co 等合金元素。因此, 工具钢与结构钢相比, 其特点是:

- 1) 在常温和高温下有较高的硬度和强度;
- 2) 有很好的耐磨性;
- 3) 有抗氧化和抗烧损的特性。

工具钢主要是在金属成形加工或机械加工中制造模具、刀具、量具和工具所使用的钢种。

铸铁是价廉而又广泛使用的铸造合金, 其性能取决于它的组织。灰铸铁是钢的基体加片状石墨。其抗拉强度、塑性和韧性不如钢, 但其抗压强度较好, 收缩率小, 且有良好的消振性, 故广泛用于制造床身、机架、箱体及导轨等零件。可锻铸铁的石墨呈团絮状。与灰铸铁相比, 其强度高, 塑性好, 韧性大。主要用于制造形状复杂, 要求塑性较好, 韧性较大, 耐振、耐蚀的薄壁铸件。球墨铸铁的石墨呈球状, 由于其机械性能优良, 且生产工艺简单, 成本低廉, 近年来获得迅速发展和广泛应用。如制造曲轴、连杆、凸轮轴、水压机气缸、缸套、活塞等。

有色金属的分类及牌号如下:

有色金属

铜及铜合金:纯铜、黄铜、青铜及白铜等
铝及铝合金:纯铝 L1~L6、防锈铝合金 LF1~LF43、
硬铝 LY1~LY17 等
其他合金:镁及镁合金、锌及锌合金、铅及铅合金、
锡及锡合金、钛及钛合金、镍及镍合金等

1.3

钢的热处理

钢的热处理是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,如图 1-1 所示。

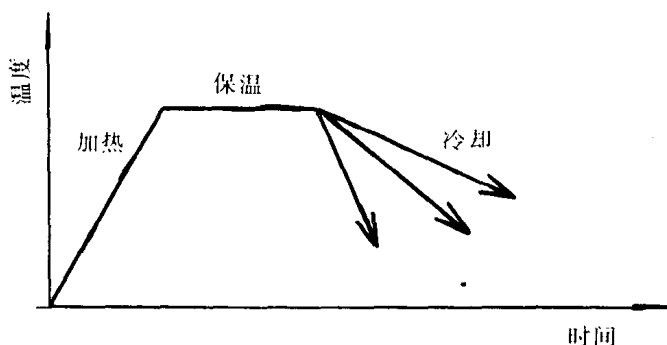


图 1-1 热处理工艺过程示意图

钢的热处理与其他加工方法不同,它不改变零件的尺寸和形状,仅改变零件材料的金相组织,从而改变材料的性能,延长零件的使用寿命。大多数零件均需要热处理。另外,热处理还用来消除前道工序留下的内应力和降低前道工序所造成的硬化,以便继续加工。

1.3.1 热处理的主要方法

钢的热处理分为整体热处理和表面热处理。在整体热处理中,主要有“四把火”:退火、正火、淬火和回火。在退火中,有再结晶、等温、球化、均匀化(扩散)、稳定化、可锻化、去应力、完全、不完全等多种退火形式。在回火中,又分为低温回火、中温回火和高温回火。“淬火+高温回火”称为“调质处理”,是广泛采用的一种热处理方法。整体热处理工艺规范曲线,如图 1-2 所示。

退火主要用来降低硬度,消除应力,细化晶粒,改善组织,提高钢材冷变形后的塑性,同时降低变形抗力。

退火操作是工件经加热(碳钢一般加热至 $780\sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$)、保温后进行缓慢冷却,所以退火工件一般是在炉中,随炉子降温而冷却。

退火时加热温度控制要准确。温度过低达不到退火的目的;温度过高又会造成过热、过烧、氧化、脱碳等缺陷。另外还应注意零件的放置方法。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量所引起的变形。

正火可以细化晶粒、改善组织、提高强度和硬度,也可用于代替不重要零件的“调质处理”;正火可以用来消除过共析钢中存在的二次网状渗碳体;正火还可以用来提高低碳钢的硬度,达到改善切削加工性的目的。

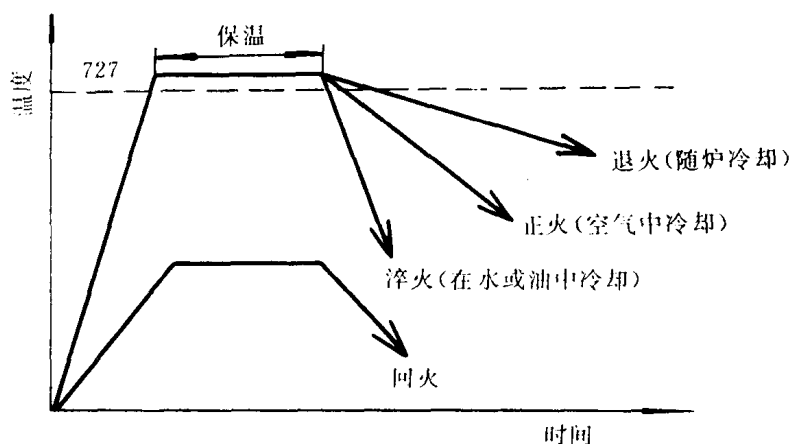


图 1-2 钢热处理工艺规范曲线

正火操作是工件经加热和保温后,将工件放在空气中冷却,冷却速度比退火稍快。

淬火是强化钢材最重要的热处理方法。将工件加热至一定温度适当保温后快速冷却,主要目的是得到马氏体,提高钢的硬度和耐磨性。淬火冷却速度主要取决于淬火剂。淬火后,一般要经回火才能使用。

淬火操作时除注意加热温度(与退火相似)、保温时间和正确选择淬火剂外,还要注意工件浸入淬火剂的方式。若浸入方式不正确,可能会造成极大的内应力,甚至使工件发生变形和裂纹,或产生局部淬不硬等缺陷。例如,厚薄不均的工件,厚的部分应先浸入淬火剂中;细长的工件应垂直地浸入淬火剂中;薄而平的工件必须立着放入淬火剂中;薄壁环状工件,浸入淬火剂时,它的轴线必须垂直于液面;截面不均的工件应斜着放下去,使工件各部分的冷却速度趋于一致等等。

各种不同形状的工件在淬火时浸入的方式,如图 1-3 所示。

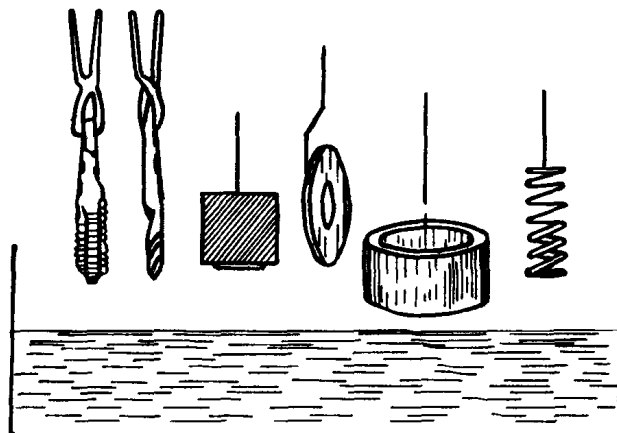


图 1-3 工件浸入淬火剂的正确方法

低温回火($150\sim 250^{\circ}\text{C}$)的目的是消除淬火钢的内应力,降低脆性,使零件既有很高的硬度和耐磨性,又有一定的韧性。用于量具、刀具和滚动轴承等。

中温回火($350\sim 500^{\circ}\text{C}$)工件的硬度比低温回火工件的硬度有所降低,但强度和弹性很高。弹簧和锻模常采用中温回火。

高温回火($500\sim 650^{\circ}\text{C}$)的工件具有较高的韧性和强度,因此,受力情况比较复杂的重要零

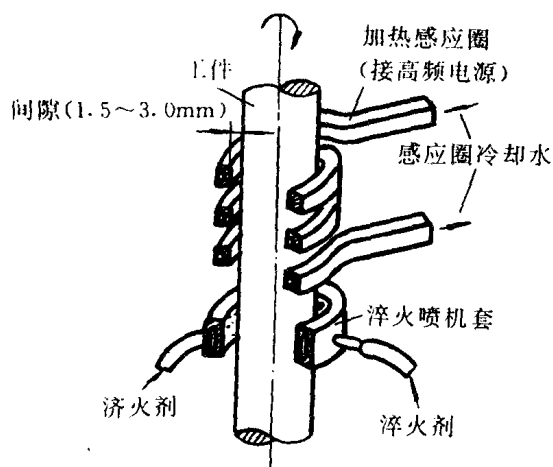


图 1-4 感应加热表面淬火示意图

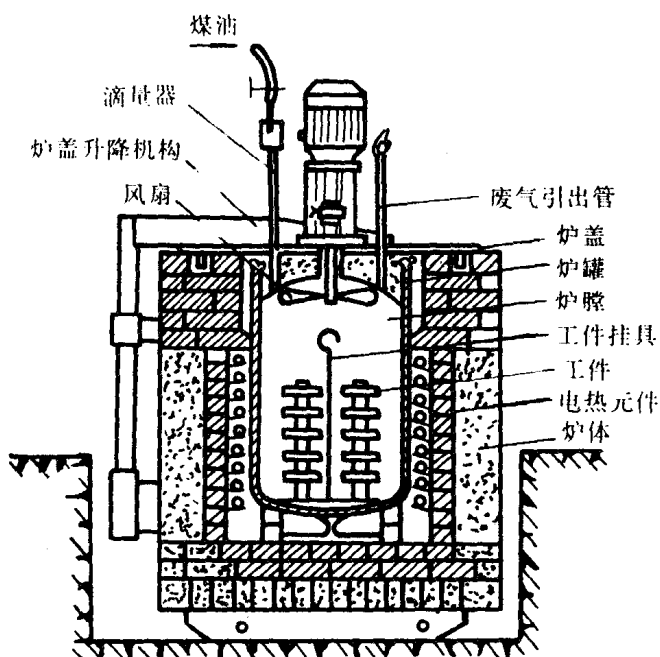


图 1-5 气体渗碳示意图

件,往往要进行淬火加高温回火,又称调质处理。

表面热处理仅对零件的表层进行热处理,有表面淬火和化学热处理。表面淬火通常采用电感应加热和火焰加热。感应加热表面淬火如图 1-4 所示。

化学热处理是通过改变零件表层的成分达到改变组织和性能的方法。如渗碳、渗氮(氮化)、多元共渗(如碳、氮共渗称氰化)、发蓝(发黑)等。气体渗碳如图 1-5 所示。

表面淬火的目的在于获得高硬度的表面层和有利的残余应力分布,以提高工件的耐磨性或疲劳强度。化学热处理的目的是使工件表面具有某些特殊的机械性能或物理化学性能。

1.3.2 热处理设备

热处理的主要设备是加热炉,它分为燃料炉和电阻炉两类。燃料炉由于加热温度不均匀,

操作不便,应用甚少。电阻炉分为箱式(如图 1-6)和井式(如图 1-7)两种,箱式炉分高、中、低三种温度,其中中温炉应用最广。井式炉适用细长工件,分为中、低温和气体渗碳炉三种。采用盐、油、金属作为加热介质的电阻炉称浴炉。工件插或埋入浴状介质中加热,加热平缓、均匀。其中盐浴炉应用最广。

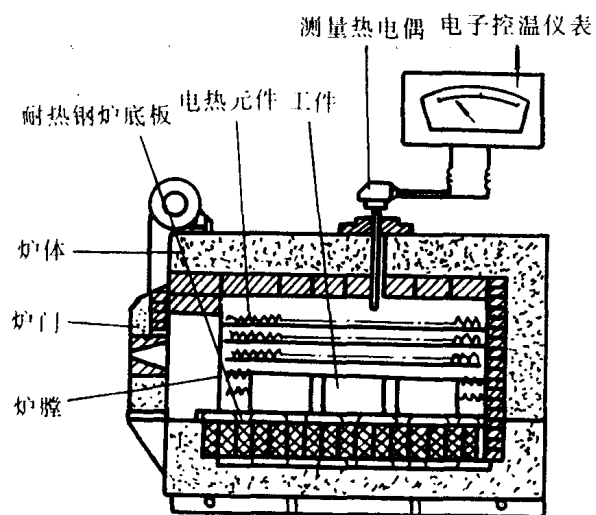


图 1-6 箱式电阻炉示意图

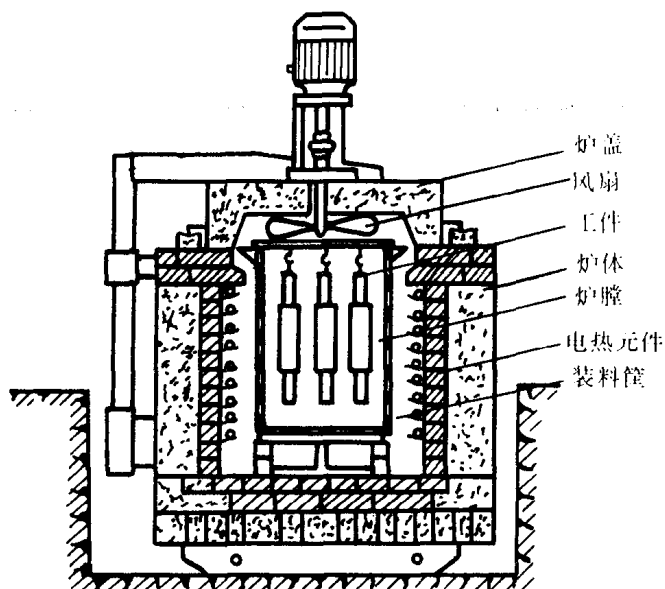


图 1-7 井式电阻炉示意图

第 2 章 铸 造

【基本要求】

机械类:

1. 基本知识

- 1) 了解铸造生产工艺过程、特点和应用。
- 2) 了解型砂、芯砂应具备的主要性能及其组成。
- 3) 了解砂型的结构,分清零件、模样和铸件之间的差别。
- 4) 了解型芯的作用、结构及制造方法。
- 5) 熟悉铸件分型面的选择。掌握手工两箱造型(整模、分模、挖砂、活块等)的特点及应用。了解三箱、刮板等造型方法的特点及应用。了解机器造型的特点及造型机的结构和工作原理。
- 6) 了解浇注系统的作用和组成。
- 7) 了解熔炼设备及浇注工艺。
- 8) 了解铸件的落砂和清理,了解常见铸造缺陷及其产生原因。
- 9) 了解常见特种铸造的特点和应用。
- 10) 了解铸造生产安全技术及简单经济分析。

2. 基本技能

掌握手工两箱造型的操作技能,并能对铸件初步进行工艺分析。

非机械类:

- 1) 了解铸造生产工艺过程、特点和应用。
- 2) 了解砂型铸造工艺的主要内容。熟悉铸件分型面的选择。掌握两箱造型(整模、分模、挖砂等)的特点和应用。能独立完成简单铸件的两箱造型。
- 3) 了解模样、铸件、零件之间的关系和区别。
- 4) 了解常见铸造缺陷。
- 5) 了解常用特种铸造方法的特点和应用。
- 6) 了解铸造的安全技术。

2.1 概 述

铸造是熔炼金属,制造铸型,并将熔融金属浇入铸型,凝固后获得一定形状和性能的铸件的成形方法。铸件一般是尺寸精度不高、表面粗糙的毛坯,须经切削加工后才能成为零件;若对零件的表面质量要求不高,也可直接获得零件。

铸造生产方法很多,常分为两类:

- 1) 砂型铸造 主要是用型(芯)砂作为造型材料制造铸型。这种造型材料来源广泛,价格低

廉,而且铸造方法适应性强,因此,砂型铸造是目前生产中应用最广泛的一种铸造方法。本章将主要介绍铸铁件的砂型铸造方法。

2)特种铸造 除砂型铸造方法以外的其他铸造方法。生产上用得较普遍的有熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。本章不作介绍,请参阅有关教材。

用于铸造的金属统称铸造合金。常用的铸造合金有铸铁、铸钢和铸造有色金属,其中铸铁,尤其是灰铸铁用得最普遍。

砂型铸造生产工序很多,其主要工序为模样制造、配砂、造型、造芯、合箱、熔化、浇注、落砂、清理和检验。套筒铸件的生产工艺过程,如图 2-1 所示。

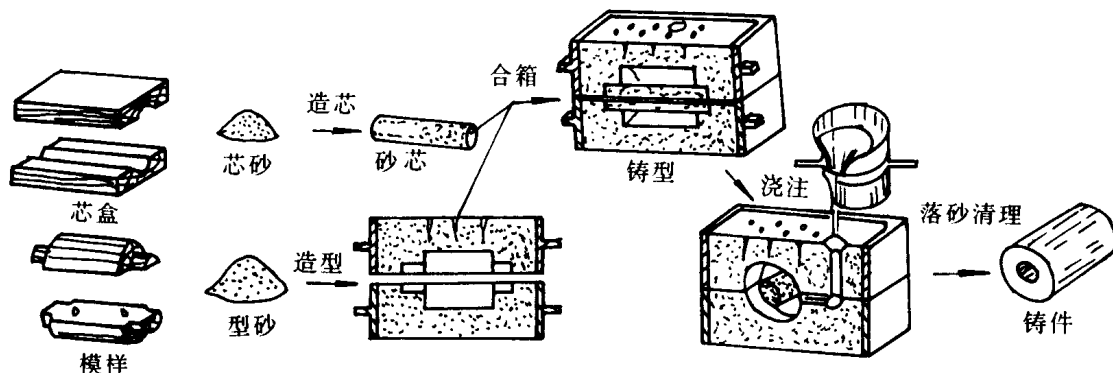


图 2-1 套筒的砂型铸造过程

铸型一般由上砂型、下砂型、型芯、型腔和浇注系统等几部分组成。上砂型和下砂型的接触面称为分型面。上下砂型的定位通常用定位销(大批量生产时),也可用泥号(单件、小批量生产时)。图 2-2 为铸型装配图。

2.2 型 砂

砂型是由型砂制成的,型砂的质量直接影响着铸件质量,型砂质量不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂和夹砂等缺陷。因此,必须严格控制型砂的质量。中小铸件一般用湿型砂,大型铸件用干型砂。

为保证砂型在造型、合箱和浇注时经受得住外力、高温金属液的烘烤、冲刷和气体压力等作用,要求型砂具有一定的性能,如强度、透气性、耐火性、可塑性和退让性等。

(1)对型砂的性能要求

1)强度 型砂在外力的作用下不变形、不破坏的能力称为型砂的强度。足够的强度可以保证砂型在铸造过程、搬运以及承受液体金属的冲刷不破坏,若型砂强度不足会造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷;若型砂强度太高,又会使铸型太硬而阻碍铸件的收缩,使铸件产生内应力,甚至开裂,还使透气性、退让性变差。因此,要求将湿型砂的湿压强度控制在 $5 \sim 10 \text{N/cm}^2$ 。

2)透气性 型砂通过气体的能力称为透气性。当高温液体金属浇入铸型时,铸型内就会产生大量气体,如果砂型的透气性不好,部分气体就会留在液体金属内而不能排出,并使铸件产生气孔等缺陷,降低铸件的强度、气密性,直至报废。因此,用圆形、粒大且均匀的砂粒,制造紧

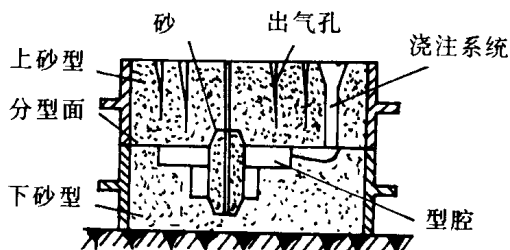


图 2-2 铸型装配图