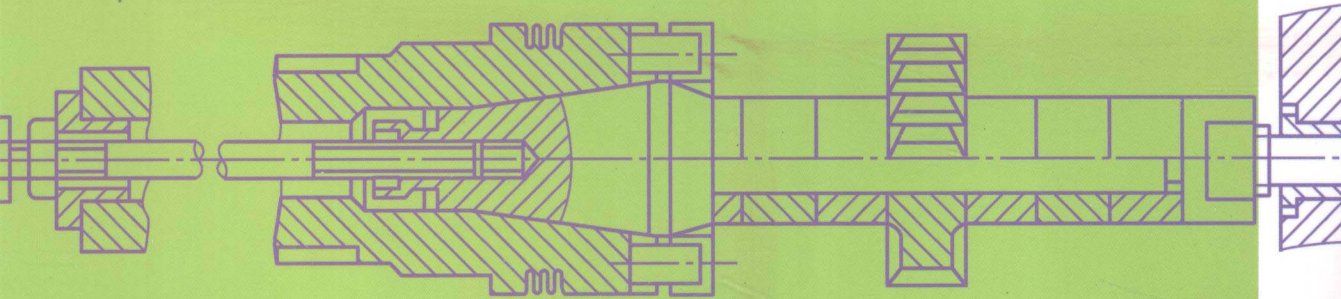




普通高等教育机械类专业“十二五”规划教材

METALWORKING  
PRACTICE

# 金工实习



朱海 杨家武 主编

中国林业出版社

普通高等教育机械类专业“十二五”规划教材

# 金工实习

朱海 杨家武 主编  
金敏 王旭峰 张剑 副主编

中国林业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

金工实习/朱海, 杨家武主编. —北京: 中国林业出版社, 2012. 8  
普通高等教育机械类专业“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-5038-6673-9

I. ①金… II. ①朱… ②杨… III. ①金属加工-实习-高等学校-教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 152472 号

## 中国林业出版社·教材出版中心

策划、责任编辑: 杜娟

电话: 83280473 83220109

传真: 83220109

---

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83224477

<http://lycb.forestry.gov.cn>

经 销 新华书店  
印 刷 北京市卫顺印刷厂  
版 次 2012年8月第1版  
印 次 2012年8月第1次印刷  
开 本 787mm × 1092mm 1/16  
印 张 15.5  
字 数 360千字  
定 价 29.00元

---

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有 侵权必究

# 前 言

金工实习是机械类和近机械类各专业学生必修的一门实践性很强的技术基础课。通过本课程的学习,能使学生了解机械制造的一般过程,熟悉典型零件的常用加工方法及其所用加工设备的工作原理,了解现代制造技术在机械制造中的应用;在主要工种上,学生应具有独立完成简单零件加工制造的动手能力;对简单零件具有初步选择加工方法和进行工艺分析的能力。同时,本书结合实习培养学生的创新意识,为培养应用型、复合型高级人才打下一定的理论与实践基础,并使学生在工程素养方面得到培养和锻炼。

编写组根据教育部“普通高校工程材料及机械制造基础”课程教学指导组最新审定的《普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》,吸取兄弟院校的教学改革经验,制定了编写原则和大纲。在编写过程中本书注重把握工程材料和机械制造基础这两门课程的分工与配合,并注意单工种的工艺分析。全书分热加工、切削加工、现代制造技术3个模块,共9章。每个模块的章节选取了生产中应用的实例,结合生产实践,以教学要求为基础,实际应用为主线,采用本章提要、节标题目录、正文、本章小结的结构形式把抽象零散的内容连接起来。本书的材料牌号、技术条件、技术术语等均采用最新国家标准和法定计量单位。

本书具有以下主要特点:

- 从机械制造及相关专业的培养目标出发,主要阐述了热加工、冷加工、刀具、机床、现代制造技术等相关的基础知识,并对实际应用中经常出现的问题作了系统归纳和剖析。
- 重视跟踪制造技术的发展,注重新技术、新工艺、新方法的引进,力求使教材内容具有科学性、先进性、时代性。
- 图文并茂,多用图来代替文字进行表述,书中插图多用三维图,以增加视觉效果,便于理解。
- 本书创建QQ群:1715390645,用于专业教师及同行探讨问题、研究教学方法、交流教学资源。

## 2 前 言

本书的第1、6、8章由塔里木大学王旭峰编写，第2、4章由内蒙古农业大学金敏编写，第3、7章由东北林业大学朱海编写，第5章由东北林业大学杨家武编写，第9章由东北林业大学张剑编写。朱海、杨家武任主编，金敏、王旭峰、张剑任副主编，全书由朱海负责统稿和定稿。

限于编者的水平和经验，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正，以便再版时修正和完善。

编 者

2012年5月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 钢的热处理</b> .....	1
1.1 概述 .....	2
1.2 钢的热处理工艺过程及基本工艺 .....	2
1.2.1 热处理工艺过程 .....	2
1.2.2 钢的热处理基本工艺 .....	3
1.3 常用热处理方法介绍 .....	5
1.3.1 钢的热处理加热及整体热处理 .....	5
1.3.2 表面热处理和化学热处理 .....	6
1.3.3 硬度值的测量方法 .....	7
<b>第 2 章 铸 造</b> .....	9
2.1 概述 .....	10
2.1.1 铸造工艺特点 .....	10
2.1.2 砂型铸造生产工序 .....	10
2.1.3 特种铸造 .....	10
2.2 造型与造芯 .....	18
2.2.1 铸型的组成 .....	18
2.2.2 型(芯)砂的性能 .....	19
2.2.3 型(芯)砂的组成 .....	20
2.2.4 型(芯)砂的制备 .....	20
2.2.5 模样、芯盒与砂箱 .....	20
2.2.6 手工造型 .....	23
2.2.7 机器造型 .....	28
2.2.8 造芯 .....	31
2.2.9 浇注系统 .....	33
2.2.10 冒口和冷铁 .....	35
2.3 熔炼与浇注 .....	36
2.3.1 铸铁 .....	36
2.3.2 铸铁熔炼 .....	37

## 2 目 录

2.3.3	浇注工艺	39
2.4	铸造缺陷分析及质量检验	40
2.4.1	铸件缺陷分析	40
2.4.2	铸件质量检验的方法	42
2.5	现代铸造技术及其发展方向	43
2.5.1	近净成形技术——半固态加工	43
2.5.2	发展提高铸件质量的技术	44
2.5.3	计算机技术在铸造工程中的应用	45
<b>第3章</b>	<b>锻 压</b>	<b>49</b>
3.1	概述	50
3.2	金属的加热及锻件的冷却	51
3.2.1	加热的目的和锻造温度范围	51
3.2.2	加热设备	52
3.2.3	加热缺陷及防止方法	53
3.2.4	锻件的冷却	54
3.2.5	锻后热处理	55
3.3	自由锻造	55
3.3.1	自由锻造的主要设备及工具	55
3.3.2	自由锻造基本工序及操作	57
3.3.3	自由锻件结构工艺性	60
3.3.4	自由锻件常见缺陷及产生原因	61
3.3.5	典型自由锻件工艺举例	61
3.4	胎模锻	62
3.5	模锻	63
3.5.1	模锻设备	64
3.5.2	锻模	64
3.6	板料冲压	67
3.6.1	冲压设备	67
3.6.2	冲模	68
3.6.3	板料冲压基本工序	68
<b>第4章</b>	<b>焊接与切割实训</b>	<b>71</b>
4.1	焊接基础知识	72
4.1.1	焊接原理	72
4.1.2	焊接方法的分类	72
4.1.3	焊接设备的分类和选用原则	74
4.1.4	安全生产和劳动保护知识	75

4.2	焊条电弧焊 .....	77
4.2.1	焊接电弧及焊接过程 .....	77
4.2.2	焊条电弧焊设备与工具 .....	78
4.2.3	焊条 .....	80
4.2.4	焊条电弧焊工艺及其操作 .....	82
4.3	气焊和气割 .....	86
4.3.1	气焊的特点和应用 .....	86
4.3.2	气焊的设备与工具以及辅助器具 .....	86
4.3.3	焊丝与焊剂 .....	89
4.3.4	气焊火焰(氧乙炔焰) .....	89
4.3.5	气焊的基本操作 .....	90
4.3.6	气割 .....	91
4.4	其他焊接简介 .....	92
4.4.1	埋弧自动焊 .....	92
4.4.2	气体保护电弧焊 .....	92
4.4.3	电阻焊的基础知识 .....	94
4.4.4	摩擦焊 .....	96
4.4.5	钎焊 .....	96
4.5	焊接质量分析 .....	97
4.5.1	焊接接头的组织和性能 .....	97
4.5.2	焊接应力与变形 .....	100
4.5.3	常见焊接缺陷 .....	102
4.5.4	焊接质量检验 .....	103
<b>第5章</b>	<b>车削加工 .....</b>	<b>107</b>
5.1	概述 .....	108
5.2	车床 .....	109
5.2.1	C6132型车床的组成 .....	109
5.2.2	车床传动 .....	111
5.2.3	主轴的转速及进给量的调整 .....	112
5.2.4	其他车床 .....	113
5.3	车刀 .....	114
5.3.1	车刀的分类 .....	114
5.3.2	车刀的组成 .....	114
5.3.3	车刀的结构形式 .....	115
5.3.4	车刀的几何角度及其作用 .....	115
5.3.5	车刀的刃磨 .....	117
5.3.6	刀具的安装 .....	118



## 4 目 录

5.4	工件的安装及车床附件 .....	118
5.5	车削加工 .....	122
5.5.1	车外圆 .....	122
5.5.2	车端面 .....	124
5.5.3	车台阶 .....	125
5.5.4	切槽和切断 .....	125
5.5.5	钻孔和镗孔 .....	126
5.5.6	车圆锥 .....	127
5.5.7	车螺纹 .....	129
5.5.8	滚花 .....	131
5.5.9	车成形面 .....	132
<b>第6章</b>	<b>刨削和磨削实训 .....</b>	<b>134</b>
6.1	刨削实训 .....	135
6.1.1	概述 .....	135
6.1.2	刨床 .....	136
6.1.3	刨刀 .....	137
6.1.4	工件的安装 .....	138
6.1.5	刨削操作 .....	140
6.2	磨削实训 .....	142
6.2.1	概述 .....	142
6.2.2	磨床 .....	143
6.2.3	砂轮及安装、平衡、修整 .....	147
6.2.4	磨削操作 .....	149
<b>第7章</b>	<b>铣削加工和齿轮加工 .....</b>	<b>154</b>
7.1	概述 .....	155
7.2	铣床 .....	156
7.2.1	铣床的种类 .....	156
7.2.2	铣床的基本部件 .....	157
7.3	铣刀及其安装 .....	158
7.3.1	铣刀的种类和用途 .....	158
7.3.2	铣刀的安装 .....	159
7.4	工件的安装及机床附件 .....	160
7.5	铣削基本工作 .....	163
7.5.1	铣水平面 .....	163
7.5.2	铣斜面 .....	164
7.5.3	铣沟槽 .....	165

7.6	齿轮齿形加工简介 .....	166
7.6.1	成形法 .....	166
7.6.2	展成法 .....	167
<b>第8章</b>	<b>钳工实训 .....</b>	<b>171</b>
8.1	常用工具简介 .....	172
8.1.1	钳工工作台 .....	172
8.1.2	钳工虎钳 .....	172
8.2	划线实训 .....	173
8.2.1	划线工具和使用 .....	173
8.2.2	划线基准的选择 .....	175
8.2.3	立体划线步骤 .....	176
8.3	锯削实训 .....	176
8.3.1	锯削工具 .....	176
8.3.2	锯削的步骤和方法 .....	177
8.4	锉削实训 .....	178
8.4.1	锉刀 .....	178
8.4.2	锉削操作方法 .....	179
8.4.3	锉削注意事项 .....	180
8.5	钻孔、扩孔、铰孔实训 .....	181
8.5.1	钻孔 .....	181
8.5.2	扩孔 .....	184
8.5.3	铰孔 .....	185
8.6	攻螺纹和套螺纹实训 .....	186
8.6.1	攻螺纹 .....	186
8.6.2	套螺纹 .....	187
8.7	刮削实训 .....	188
8.8	装配实训 .....	189
8.8.1	装配概述 .....	189
8.8.2	装配过程及装配工作 .....	190
8.8.3	几种典型的装配工作 .....	191
8.8.4	对拆卸工作的要求 .....	191
<b>第9章</b>	<b>数控加工 .....</b>	<b>194</b>
9.1	数控加工概述 .....	195
9.1.1	数控加工简述 .....	195
9.1.2	数控机床的组成 .....	198
9.1.3	数控机床坐标系 .....	199

## 6 目 录

9.1.4	数控机床程序的编制 .....	201
9.2	数控车床加工实习 .....	205
9.2.1	数控车床概述 .....	205
9.2.2	数控车床加工程序格式及指令介绍 .....	207
9.2.3	数控车床加工零件举例 .....	209
9.2.4	数控车床创新实践简介 .....	216
9.3	数控铣床加工实习 .....	217
9.3.1	数控铣床概述 .....	217
9.3.2	数控铣床加工程序格式及指令介绍 .....	218
9.3.3	数控铣床加工零件举例 .....	220
9.4	特种加工 .....	227
9.4.1	特种加工概述 .....	227
9.4.2	电火花加工 .....	228
9.4.3	电火花线切割加工 .....	231
9.4.4	激光加工 .....	232
	<b>参考文献</b> .....	<b>235</b>

# 第 1 章

---

## 钢的热处理

### [本章提要]

钢的热处理就是将金属钢在固态下通过加热、保温和冷却的方式，改变合金的内部组织，从而得到所需性能的一种工艺方法。钢的热处理目的是只要求改变金属材料的组织和性能，而不要求改变零件的形状和尺寸。

- 1.1 概述
- 1.2 钢的热处理工艺过程及基本工艺
- 1.3 常用热处理方法介绍

钢热处理的方法很多，常用的有退火、正火、淬火、回火以及表面淬火和化学热处理等。不同的热处理工序常穿插在零件制造过程的各个热、冷加工工序中进行。

## 1.1 概述

热处理就是将金属在固态下通过加热、保温和冷却的方式，改变合金的内部组织，从而得到所需性能的一种工艺方法。热处理与铸造、锻压、焊接和机械加工等加工方法不同，它的目的是只要求改变金属材料的组织和性能，而不要求改变零件的形状和尺寸。

钢的热处理在机械制造生产过程中占有重要位置，在零件的制造工艺中是一道重要的工序，如在汽车、拖拉机制造中，有70%~80%的零件都需要经过热处理。运用热处理工艺，在零件设计中可实现用同一种材质，经过不同热处理而形成不同的组织，具有不同的性能，满足特定工作条件下对零件的要求。例如发动机上的曲轴，其轴颈表面要求有较高的硬度且耐磨损，而其轴颈内心要求强度较高，韧性好，这样一种综合力学性能用一种材质只有借助热处理工艺才能达到。又例如钻头，铣刀和冲头等工、模具零件，必须有较高的硬度和耐磨性才能保持锋利，以用来加工其他金属或保持较长的使用寿命，这也需要采用热处理工艺方法。由此可见，热处理工艺是保证产品质量，延长使用寿命，挖掘材料潜力等方面不可缺少的工序。

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等。不同的热处理工序常穿插在零件制造过程的各个热、冷加工工序中进行。任何一种热处理工艺都具备3个步骤：

- ①根据工件的材质和某种热处理工艺要求，把工件加热到预定的温度范围。
- ②在此温度下保温一定的时间，使工件全部热透。
- ③在某种介质条件下把工件冷却到室温。

## 1.2 钢的热处理工艺过程及基本工艺

### 1.2.1 热处理工艺过程

热处理的工艺要素有：①加热的温度、介质及加热速度；②保温时间；③冷却的方式、介质及冷却速度。

通常热处理工艺要素所构成的加热、保温、冷却3个阶段组合称为热处理工艺过程。图1-1是采用温度-时间坐标表示的热处理工艺过程图。对不同的钢材，3个阶段工艺参数的选择不同；对同一种钢材，冷却方式和冷却速度的不同选择，对组织的影响最大，可据此获得预期的硬度、强度、塑性、韧性等力学性能指标。

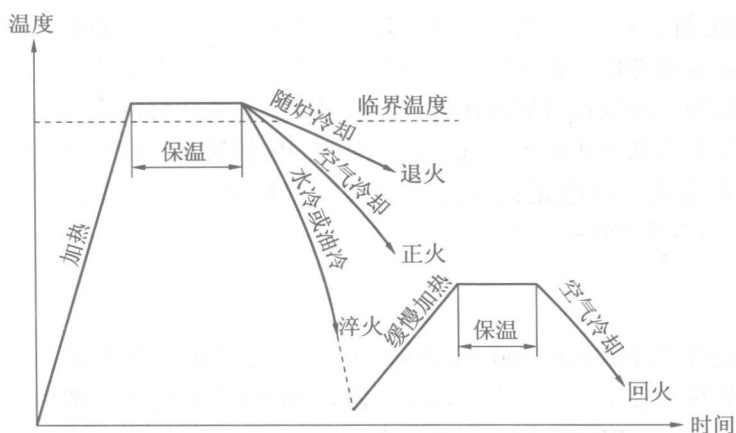


图 1-1 常用热处理方法的工艺曲线示意图

## 1.2.2 钢的热处理基本工艺

### (1) 退火

钢的退火是将工件加热到适当的温度保持一定时间，然后缓慢冷却(炉中冷却)的热处理工艺。退火工艺应用很广泛。根据工件要求退火的目的不同，退火的工艺有多种，常用的3种：完全退火、球化退火和去应力退火。

工具钢和某些用于重要结构零件的合金钢有时硬度较高，铸、锻、焊后的毛坯有时硬度不均匀，存在着内应力。为了便于切削加工，并保持加工后的精度，常对工件施以退火处理。退火后的工件硬度较低，消除了内应力，同时还能使材料的内部组织均匀细化，为进一步热处理(淬火)做好准备。

退火可在电阻炉或油、煤气炉中进行，最常用的是电阻炉。电阻炉是电流通过电阻丝产生的热量加热工件，同时用热电偶等电热仪表控制温度，所以操作简单、温度准确。常用的有箱式电阻炉和井式电阻炉。

加热时温度控制应准确，温度过低达不到目的，温度过高又会造成过热、过烧、氧化及脱碳等缺陷。操作时还应注意零件的放置方法，当退火的主要目的是为了消除内应力时更应注意。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力引起变形。操作时还应注意不要接触电阻丝，以免短路。为保证安全，电阻炉应安装炉门开启装置，以便装炉和取出工件时能自动断电。

### (2) 正火

钢的正火对于中碳、低碳钢工件，一般将其加热到一定温度(一般为 $800 \sim 970^{\circ}\text{C}$ )保温适当时间后，在静止的空气中冷却的热处理工艺。正火的目的与退火基本上相似，但正火的冷却速度比退火稍快，故可得到较细密的组织，力学性能较退火好；然而正火后的钢硬度比退火高。对于低碳钢的工件，这将具有良好的切削加工性能；而对于中碳合金钢和高碳钢的工件，则因正火后硬度偏高，切削加工性能变差，故以采用退火为

宜。正火难以消除内应力，为防止工件的裂纹和变形，对大工件和形状复杂件仍采用退火处理。从经济方面考虑，正火比退火的生产周期短、设备利用率高、节约能源、降低成本以及操作简便，所以在可能的条件下，应尽量以正火代替退火。

正火时装炉方式和加热速度的选择以保温时间的控制等方面与退火相类同，所不同的是加热和冷却方式。一般正火温度比退火温度稍高一些，如碳素结构钢为 840 ~ 920℃，合金结构钢为 820 ~ 970℃。

### (3) 淬火

钢的淬火是将工件加热到 760 ~ 820℃，保持一定时间，然后以适当的冷却速度获得马氏体组织的热处理工艺。淬火的目的是提高钢的强度和硬度，增加耐磨性，并在回火后获得很高强度与一定韧性相配合的性能。

淬火的冷却介质称为淬火剂。常用的淬火剂有水和油。水是最便宜且冷却力很强的淬火剂，适用于一般碳钢零件的淬火。向水中溶入少量的盐类，还能进一步提高其冷却能力。油也是应用较广的淬火剂。它的冷却能力较低，可以防止工件产生裂纹等缺陷，适用于合金钢淬火。

淬火操作时，除注意加热质量(与退火相似)和正确选择淬火剂外，还要注意淬火工件浸入淬火剂的方式。如果浸入方式不正确，则可能因工件各部分的冷却速度不一致而造成极大的内应力，使工件发生变形和裂纹或产生局部淬火不硬等缺陷。例如，厚薄不匀的工件，厚的部分应先浸入淬火剂中；细长的工件(钻头、轴等)，应垂直地浸入淬火剂中；薄而平的工件(圆盘铣刀等)，不能平着放入而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；截面不均匀的工件应斜着放下去，使工件部分的冷却速度趋于一致等。

热处理车间的加热设备和冷却设备之间，不得放置任何妨碍操作的物品。淬火操作时，还必须穿戴防护用品，如工作服、手套及防护眼镜等，以防止淬火剂飞溅伤人。

有些零件使用时只要求表面层坚硬耐磨，而心部仍希望保持原有的韧性，这时可采用表面淬火。按加热方法不同，表面淬火分为火焰表面淬火和高频感应加热淬火(简称高频淬火)。火焰表面淬火简单易行，但不易保证质量。高频淬火质量好、生产率高，可以使全部淬火过程机械化、自动化，适用于大批量生产。

### (4) 回火

将淬火后的钢重新加热到某一温度范围(大大低于退火、正火和淬火时的加热温度)，经过保温后在油中或空气中冷却的操作称为回火。回火的目的是减小或消除工件在淬火时所形成的内应力、降低淬火钢的脆性、使工件获得较好的强度和韧性等综合力学性能。

根据回火温度不同，回火操作可分为低温回火、中温回火、高温回火。

①低温回火：回火温度为 150 ~ 250℃。低温回火可以部分消除淬火造成的内应力降低钢的脆性，同时工件仍保持高硬度。工具、量具多用低温回火。

②中温回火：回火温度为  $350 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 。淬火工件经过中温回火后，可消除大部分内应力，硬度有显著下降，但仍有一定的韧性和弹性。它一般用于处理热锻模、弹簧等。

③高温回火：回火温度为  $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 。高温回火可以消除内应力，使零件具有高强度和高韧性等综合力学性能。淬火后再经高温回火的工艺，称为调质处理。一般要求具有较高综合力学性能的重要零件，都要经过调质处理。

## 1.3 常用热处理方法介绍

### 1.3.1 钢的热处理加热及整体热处理

整体热处理是对金属材料或工件进行整体穿透性加热的热处理工艺，包括零件的整体退火、正火、淬火和回火。整体热处理采用加热炉进行整体加热并保温。图 1-2 所示为常用热处理加热炉。图 1-2(a) 所示箱式电炉，采用电阻丝为加热元件，加热介质为空气，最高使用加热温度为  $950^{\circ}\text{C}$ 。若采用硅碳棒为加热元件，最高使用温度可达  $1300^{\circ}\text{C}$ 。通常电阻加热炉的温度由测温与传感元件——热电偶和温度控制仪表等进行控制。图 1-2(b) 所示井式电炉利于轴杆类零件吊装热处理作业。吊挂加热方式可防止

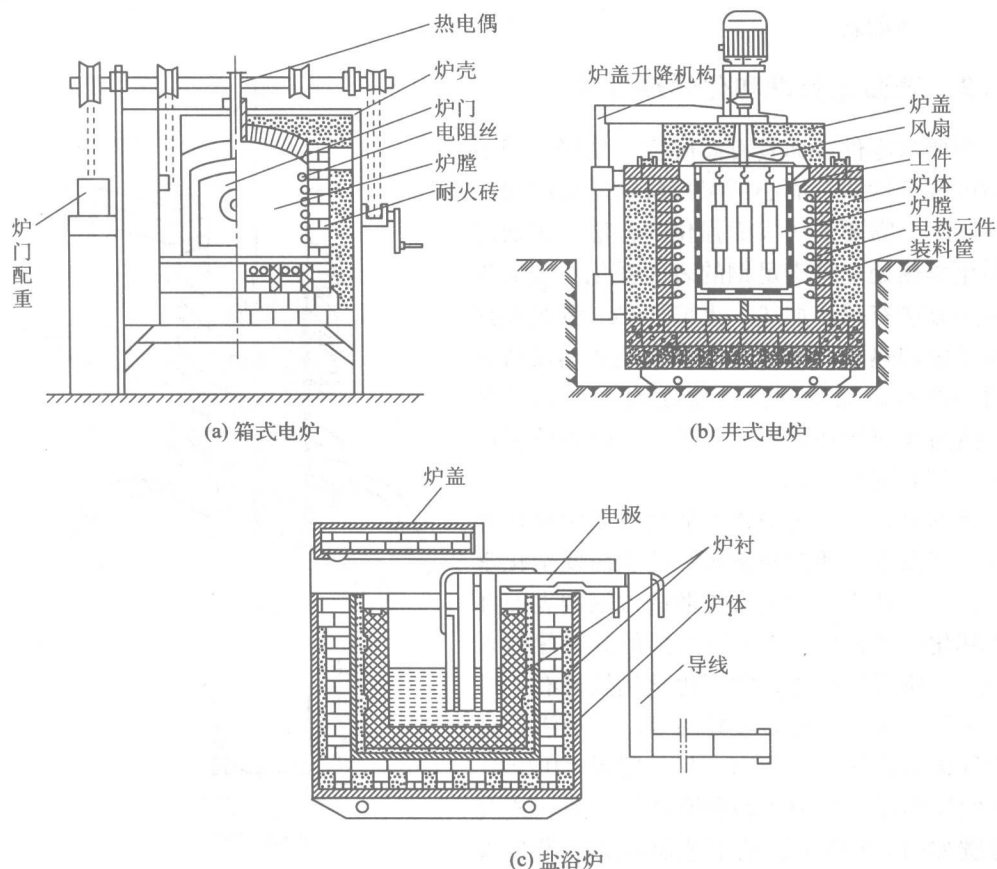


图 1-2 常用的热处理加热炉



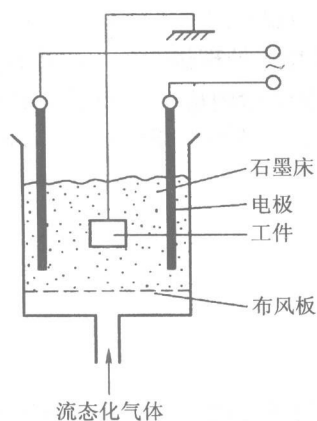


图 1-3 流态床浮动石墨  
粒子炉示意图

可实现少或无氧化加热。利用电力电子技术和计算机控制技术对原有加热炉进行节能技术改造，采用新材料改进热处理加热炉热传导及保温性能等方面日益受到重视。目前，借助于计算机模拟进行热处理虚拟生产已步入实用化阶段。这些都促进了热处理工艺的技术进步和创新。

### 1.3.2 表面热处理和化学热处理

当要求零件表面具有高硬度、良好的耐磨性和抗疲劳性能，而心部保持材料原有的组织和性能时，需要采用表面强化的方法。表面淬火和化学热处理可满足钢的表面强化。表面淬火加热方法有感应加热、火焰加热、激光加热和电子束加热等。钢的表面淬火是加热设备将钢的表面迅速加热到淬火温度而心部未被加热，然后快速冷却的淬火工艺。感应加热表面淬火工艺如图 1-4 所示。

化学热处理是将钢置于活性介质中加热并保温，高温下，活性介质在钢的表面发生化学反应，当一种或几种元素扩散进入钢的表面并改变其化学成分后，再配以不同的后续热处理使钢达到所需的性能。常用化学热处理有：渗碳、渗氮、渗金属和多元共渗等。一般渗碳用钢为低碳钢和低碳合金钢，其含碳量 $\leq 0.3\%$ 。渗碳的作用是提高硬度和耐磨性能。滴注式气体渗碳如图 1-5 所示，其工艺流程为：吊装入炉 $\rightarrow$ 炉内保压并加热 $\rightarrow$ 滴注渗碳剂 $\rightarrow$ 排气 $\rightarrow$ 保

工件变形。图 1-2(c)是工具钢类零件热处理时采用的盐浴炉，加热介质选择化学性能稳定的熔盐。这种方法加热迅速、均匀，炉温控制准确。在熔盐中定期加入脱氧剂可防止钢的氧化。盐浴炉加热温度有不同分级限定，由盐浴组成及其成分所决定。

常用的热处理加热方法不同程度地存在着钢的氧化与脱碳等加热缺陷以及能耗高、污染环境等问题。因此，以清洁生产和节能控制为目标的高密度能加热方法得到发展和应用，其中有高频感应加热、激光加热、电子束加热等。近年来，低能耗流态床加热方法有逐步增长的趋势。图 1-3 所示是流态床浮动石墨粒子炉加热设备。流态床加热特点是粒子紊流和强烈循环，其热容量大、传热系数高、加热温度均匀、

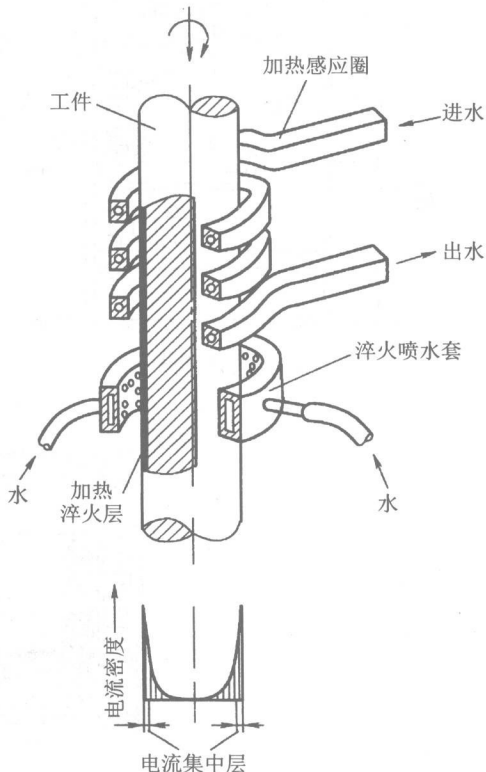


图 1-4 感应加热表面淬火示意图