



21世纪普通高等学校机械基础系列规划教材

# 机械制造工程训练教程

(非机械类)

JI XIE ZHI ZAO GONG CHENG XUN LIAN JIAO CHENG

主编 尹显明

武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

21 世纪普通高等学校机械基础系列规划教材

# 机械制造工程训练教程

(非机械类)

主 编 尹显明

副主编 张立红

武汉理工大学出版社

## 内 容 提 要

本书以 2008 年教育部机械基础课程教学指导分委员会工程材料及机械制造基础课指组制订的“机械制造实习教学基本要求(非机械类)”为指导,结合工程实践教学内容及课程体系改革研究与实践成果编写而成。

全书共七章,主要介绍了机械制造基础、传统热加工技术(铸造、锻压、焊接、铁艺)、传统冷加工技术(车削、铣削、刨削、磨削、钳工)、数控加工技术、特种加工技术、现代企业资源管理、产品设计与开发等内容,并介绍了机械制造的常用设备及工具。

本书可作为高等院校非机械类专业机械工程训练的实习教材,也可供电大、夜大、高职高专相关专业师生及有关专业技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程训练教程/尹显明主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2008.12  
ISBN 978-7-5629-2869-0

I. 机… II. 尹… III. 机械制造工艺-高等学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 209527 号

出 版:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070)

印 刷:武汉理工大印刷厂

发 行:武汉理工大学出版社发行部

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.75

字 数:290 千字

版 次:2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1 4000 册

定 价:22.00 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

# 前 言

“机械工程训练”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,是一门提高学生综合素质、培养学生综合创新能力必不可少的实践性技术基础课。

本教材根据 2008 年教育部机械基础课程教学指导分委员会工程材料及机械制造基础课指制订的“机械制造实习教学基本要求(非机械类)”,针对非机械类学生的特点而编写。本书以拓宽知识面、培养复合型人才为目标,教材内容由浅入深,语言通俗易懂,并配有大量的插图;并且精简了以往同类教材中过多的原理论述,着重阐明基本原理和基本概念,增强实用性,将理论知识与实习实训融为一体。

本书结合非机械类专业工程训练的教学实践,在教学内容上对传统的实习内容进行了筛选,增加了对数控技术等新技术、新工艺的介绍;同时结合工程训练中心实习车间的实际运行特点,增加了现代企业资源管理的部分内容。本教材的主要内容包括金属材料与钢的热处理、铸造、锻压、焊接、车削、铣削、刨削、磨削、钳工、数控车削、数控铣削、加工中心、特种加工等;同时还介绍了铁艺制作、ERP 沙盘模拟推演等特色项目。

书中所涉及的各项技术标准及专业名词术语,尽可能采用了最新的国家标准或行业标准。本教材由西南科技大学工程训练中心组织编写,具体分工如下:尹显明(前言、绪论)、张立红(第 1 章、第 3 章的第 1、3、4 节)、张祖军(第 2 章、第 3 章的第 2 节)、赖思琦(第 4 章)、王勇(第 5 章、第 7 章)、郭磊(第 6 章)。尹显明、张立红负责全书的统稿与修改工作。编者对在编写过程中引用参考文献的原作者和出版社表示衷心的感谢。

本教材适合于高等院校非机械类专业 1~3 周“工程训练”课程的教学。本着必需、够用的原则,对章节具体内容作了必要的精简,文字力求简洁,同时注意知识的系统性和科学性。

由于编者知识水平与实践经历有限,书中错误与不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者  
2008 年 12 月

# 目 录

<b>0 绪论</b> .....	1
0.1 机械制造业训练的教学目标 .....	1
0.2 机械制造业训练的教学要求 .....	2
0.3 机械制造业训练学生实习守则 .....	2
<b>1 机械制造概述</b> .....	4
1.1 机械产品的制造过程及方法 .....	4
1.2 常用机械工程材料及其性能 .....	6
1.3 钢的热处理 .....	8
<b>2 传统热加工技术</b> .....	12
2.1 铸造 .....	12
2.2 锻压 .....	21
2.3 焊接 .....	28
2.4 铁艺 .....	37
<b>3 传统冷加工技术</b> .....	41
3.1 切削加工基础知识 .....	41
3.2 车削加工 .....	52
3.3 铣削加工 .....	66
3.4 刨削加工与磨削加工 .....	77
3.5 钳工 .....	85
<b>4 数控加工技术</b> .....	100
4.1 数控加工基础知识 .....	100
4.2 数控车削加工 .....	107
4.3 数控铣削加工 .....	118
4.4 其他数控加工简介 .....	126
<b>5 特种加工技术</b> .....	129
5.1 电火花加工 .....	129
5.2 电火花线切割加工 .....	132
5.3 其他特种加工 .....	142
<b>6 现代企业资源管理</b> .....	144
6.1 企业资源计划概述 .....	144
6.2 ERP 沙盘模拟简介 .....	149
6.3 模拟竞争规则 .....	151
<b>7 产品设计与开发</b> .....	158
7.1 概述 .....	158
7.2 产品的开发 .....	160
7.3 产品的设计 .....	162
<b>参考文献</b> .....	165

机械制造业是工业的基础和重要组成部分,其发展水平是衡量一个国家经济发展水平和综合国力的重要标志。机械制造业为新技术、新产品的开发和生产提供了重要的物质基础,因此,包含机械制造基础知识和基本技能的机械制造工程训练课程,就成为绝大多数工科学生以及相关学科学生的必修课。

机械制造工程训练是一门实践性的技术基础课,本课程以实践教学为主,安排学生进行独立操作,并辅以专题讲授。学生通过实习获得机械制造的基本知识,可以建立机械制造生产过程的观念,在培养一定操作技能的基础上增强工程实践能力。另外本课程还能使学生在劳动观点、创新意识、理论联系实际的科学作风等基本素质方面受到培养和锻炼,为了解制造领域的工程文化、学习后续课程和走上工作岗位打下一定的实践基础。

## 0.1 机械制造工程训练的教学目标

机械制造工程训练是在“金工实习”的基础上发展起来的,金工实习是金属工艺学实习的简称,因为传统上的机械都是用金属材料加工制造的,所以人们习惯将有关机械制造的基础知识叫做金属工艺学。但是随着科学和生产技术的发展,机械制造业已经不仅仅是传统意义上的机械制造,即机械加工,而是集机械、电子、光学、信息科学、材料科学、生物科学、激光学、管理学等最新技术于一体的新兴技术与新兴工业。本教材根据我国工程实践教学的发展方向和创新人才的培养模式,提出了新型的课程教学目标:学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质(包括工程素质),培养创新精神和创新能力。

### 1. 学习工艺知识

工程训练实践课程与一般的理论课程不同,学生要在教师的指导下进行独立的实践操作,以获取机械制造的基本工艺知识。这些工艺知识都是非常具体、生动而实际的。理工科院校的学生除了应具备较强的基础理论知识和专业技术知识外,还应具备一定的机械制造的基本工艺知识。这些实践知识,能够使学生了解基本制造过程与制造工艺,用学到的工艺知识来解决实践中遇到的各种具体问题,加强学生对理工与人文社会学科知识的融会贯通。在实践教学中注重对人文学科的学生加强工程技术素养培养,这是当前我国实践教学改革的方向之一。

### 2. 增强实践能力

实践能力包括动手能力、在实践中学习并获取知识的能力,以及运用所学知识和技能独立分析和解决工艺技术问题的能力。这些能力对于理工科大学生是非常重要的,而这些能力只能通过实习、实验、作业、课程设计和毕业设计等实践性课程或教学环节来培养。在工程训练中,要求学生亲

自动手操作各种机器设备,使用各种工具、夹具、量具、刀具,尽可能结合实际生产进行各工种的操作培训。本课程用理论指导实践,以实践验证和充实理论,不仅可以使理论知识掌握得更牢固,而且也能使实践能力得到进一步的提高。

### 3. 提高综合素质

工程训练是在生产实践的特殊环境下进行的,大多数学生是第一次接触实际工程环境;第一次用自身的劳动为社会创造物质财富;第一次通过理论与实践的结合来检验自身的学习效果,同时接受社会化生产的熏陶和组织性、纪律性的教育。该课程一方面弥补了学生过去在实践知识上的不足,增加了以后学习和工作中所需要的工艺技术知识与技能;另一方面使学生初步树立起工程意识,增强劳动观念、集体观念、组织纪律性和爱岗敬业精神,从而提高了综合素质。

### 4. 培养创新意识和创新能力

在工程训练中,学生要接触到几十种机械设备,并了解、熟悉和掌握其中一部分设备的结构、原理和使用方法。在学习过程中,经常会遇见新鲜事物,时常会产生新奇想法,要善于把这些新鲜感和好奇心转变为提出问题和解决问题的动力。实践是创新的唯一源泉,只有善于在实践中发现问题,才能使自己的创新意识与创新能力不断得到发展。

## 0.2 机械制造工程训练的教学要求

工程训练是一门实践性很强的课程,不同于一般的理论性课程。它没有系统的理论、定理和公式,除一些基本原则以外,大都是一些具体的生产经验和工艺知识;主要的学习课堂不是教室,而是工厂或实验室;主要的学习对象不是书本,而是具体的生产过程;学习的指导者是现场的教学指导人员。因此,本课程的学习主要是在实践中进行,这就要求学生既要注重在生产过程中学习工艺知识和基本技能,又要注意对实习教材的预习和复习,按时独立地完成实习报告和实验报告。

工程训练的教学要求如下:

- (1)了解机械制造的一般过程和基础知识,熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备与工具;了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用。
- (2)对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力,掌握主要工种的操作技能,能独立完成简单零件的加工,并培养一定的工艺实验与工艺实践能力。
- (3)具备一定的安全意识、生产质量意识和经济观念,理论联系实际和认真细致的科学作风,以及热爱劳动和爱护公物等基本素质。

## 0.3 机械制造工程训练学生实习守则

(1)严格遵守劳动纪律,做到不迟到、不早退、不旷课;一般不得请事假,特殊情况可由个人申请、所属学院证明后,报工程训练中心批准。因病请假需提交医院证明。

(2)实习期间要服从指导教师的安排,未经允许不得擅自开动设备,不允许串岗、打闹、抽烟、阅览与本课程无关的读物。

(3) 实习时要穿工作服, 佩戴实习证件, 不得戴围巾、手套进行操作(规定可戴手套的工种除外), 女同学要戴安全帽。

(4) 实习时要认真听老师讲解, 仔细观看老师的示范; 操作设备时要大胆、心细, 认真遵守各类设备的安全操作规程, 避免人身、设备事故的发生。

(5) 操作设备时若发生问题, 应立即停机、保护现场并立即报告指导老师; 多人共用一台机床时, 只能一人操作, 严禁两人同时操作, 以防止事故发生。

(6) 实习中应注意勤俭节约, 降低原材料和低值易耗品的用量, 在保证实习效果的前提下尽量降低实习成本。

(7) 每天实习完毕时, 要求做到以下三点:

① 整理和清点自己使用的工件、工具和量具;

② 将设备擦拭干净, 并将周边环境清扫干净;

③ 关好电源和门窗, 经老师检查并同意后方可离岗。

(8) 对于不遵守上述规定、且劝告无效者, 工程训练中心将停止其实习。



# 1 机械制造概述

机械制造工程训练涉及一般机械制造的全过程,因此学生在学习工艺知识、增强工程实践能力的同时,还需要全面了解与机械产品设计、制造、生产等环节相关的各种基本知识,从而提高综合素质(包括工程素质)、培养创新精神和创新能力。利用实习中的工程环境,还能培养学生的责任意识、安全意识、质量意识、群体意识、环保意识、经济意识、管理意识、市场意识、竞争意识、法律意识、社会意识和创新意识等工程意识。

## 1.1 机械产品的制造过程及方法

任何机械产品都需要经过产品的设计、零件的制造以及零件的装配等环节才能获得。机械产品制造的宏观过程如图 1.1 所示,首先根据市场调研的信息设计产品图纸,再根据产品图纸制定加工工艺及其配套工艺装备,然后进行零件的加工、装配、调试,得到合格的机械产品,最后是产品的销售和售后服务。此外还要根据各个阶段反馈的信息,调整产品的设计、零件加工等过程,使产品不断完善。产品的设计与开发在本书第 7 章有详细的介绍,本节只介绍产品的制造过程和制造方法。

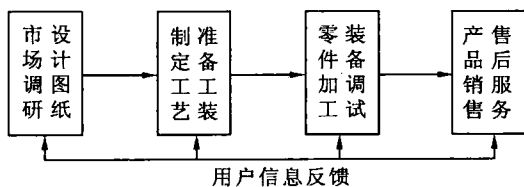


图 1.1 机械产品制造的宏观过程

### 1.1.1 机械产品的制造过程

机械产品的制造过程也就是把原材料加工成合格零件的过程。一些尺寸不大的轴、销、套类零件,可以直接用型材经机械加工得到。还有一些制造方法可将原材料直接制成零件,例如粉末冶金、熔模铸造等。一般的零件是将原材料经过铸造、锻压、焊接等方法制成毛坯,然后将毛坯进行机械加工(特种加工)制成零件。许多零件在毛坯制造和机械加工的过程中还需要进行不同的热处理工艺才能达到要求。因此,一般的机械产品制造过程如图 1.2 所示。

在机械产品生产中,利用设备、工具及一定方法,并按照一定顺序,使毛坯或原材料改变形状、尺寸、相对位置和表面质量,使之成为符合技术要求的零件,并装配成产品的过程称为机械制造工艺过程。对于同一个零件,其制造工艺过程可能是多种多样的,但在一定的生产条件下,总能制定出一个最为经济合理的工艺过程。把这一合理的工艺过程写成技术文件来指导生产,这种技术文

件称为工艺规程。一般零件不可能只用一台机械加工,必须在多台设备上,按一定的顺序才能完成加工。例如汽车曲轴的生产过程中,仅完成金属切削加工通常就需要 20 多台不同设备,这就要求技术人员不仅要正确选择零件加工的方法,而且还要科学合理地安排各工序的顺序,制定经济合理的工艺规程,以便高效地加工出合格的零件。

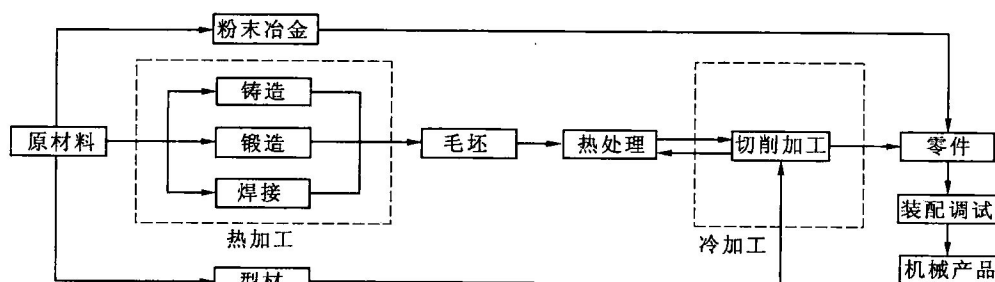


图 1.2 机械产品制造过程

## 1.1.2 机械产品的制造方法

### 1. 零件的加工

根据不同的加工阶段所能达到的不同质量要求,机械零件的加工可分为毛坯加工和切削加工两个主要阶段。

(1) 毛坯加工 毛坯加工的主要方法有铸造、锻造和焊接等,它们可以比较经济、高效地制造出各种形状和尺寸的工件。铸造、锻造、焊接等加工方法在加工时都要对原材料进行加热,所以通常也把这些加工方法称为热加工。

(2) 切削加工 切削加工是用切削刀具从毛坯或工件上切除多余的材料,以获得所需的几何形状、尺寸和表面质量的加工方法。切削加工的主要方法有车削、铣削、刨削、钻削、镗削、磨削等机械加工和钳工加工两大类。切削加工的原材料都是在常温下进行的,所以通常也把这些加工方法称为冷加工。

在零件的加工过程中,机械加工占主要的地位。随着技术的发展,对于一些难以加工的零件,如硬度过高的零件、形状过于复杂的零件或刚度较差的零件,可采用特种加工等先进制造技术来完成。

### 2. 装配与调试

零件加工完成并检验合格以后,根据产品的技术要求,按照一定的顺序组合、连接、固定起来,装成整台机器,这一过程称为装配。装配是机械制造的最后一道工序,也是保证机械产品质量的关键工序之一。

装配好的机器,还需要试运转,以观察其在工作条件下的效能和整机质量。只有在检验、试车合格以后的机器才能装箱出厂。

## 1.2 常用机械工程材料及其性能

材料是用来制造机器零件、部件和其他产品的物质的总称,按照化学组成可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料。在机械制造工程领域常用来制造各种零件、结构和工具的材料统称为机械工程材料。常用的机械工程材料如图 1.3 所示。

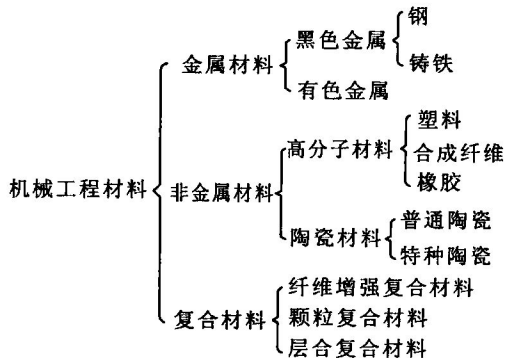


图 1.3 常用机械工程材料

目前,在机械制造业中应用最广泛的仍然是金属材料。在各种金属材料中,钢铁材料因具有良好的力学性能和工艺性能,且制造工艺简单、价格低廉,因此在机械制造工程中得到了广泛应用。

### 1.2.1 钢铁材料的分类

钢铁材料是钢和铸铁的总称,它们都是以铁和碳为主要成分的铁碳合金。从化学成分上分,二者的分界线大致 2% 的含碳量,含碳量低于 2.11% 的称为钢,含碳量高于 2.11% 的称为铸铁。

#### 1. 钢

钢按化学成分可分为碳素钢和合金钢:碳素钢的主要成分为铁和碳;在碳素钢的基础上,冶炼时专门加入一种或几种合金元素就形成了合金钢。此外,钢中还含有少量其他杂质,如硅、锰、硫、磷等。其中硫和磷通常是有害杂质,必须严格控制其含量。

(1) 碳素钢 根据生产上的需要,可用多种方法对碳素钢进行分类。

① 按化学成分不同,可将碳素钢分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。其中低碳钢的含碳量要低于 0.25%,其性能特点是强度低,塑性、韧性好,锻压和焊接性能好;中碳钢的含碳量在 0.25%~0.60% 之间,这类钢具有较高的强度和一定的塑性和韧性;高碳钢的含碳量高于 0.6%,这类钢经适当的热处理后,可达到很高的强度和硬度,但塑性和韧性较差。

② 按用途不同,可将碳素钢分为碳素结构钢和碳素工具钢。碳素结构钢主要用于制造机械零件和工程结构,大多是低碳钢和工具钢;碳素工具钢主要用于制造各种刀具、模具和量具,一般都是高碳钢。

③ 按钢的质量等级(有害杂质含量)不同,可将碳素钢分为普通质量碳素钢、优质碳素钢和特殊质量碳素钢。

(2)合金钢 合金钢按合金元素的含量,可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢;按用途不同又可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢(如不锈钢、耐热钢等)。

## 2. 铸铁

生产上常用的铸铁有灰口铸铁(片状石墨)、球墨铸铁(球状石墨)、可锻铸铁(团絮状石墨)等,它们的含碳量通常为2.5%~4.0%。其中最常用的是灰铸铁,它的铸造性能好,可浇注出形状复杂和薄壁的零件;但灰铸铁脆性较大、不能锻压,且焊接性能也差,因此主要用于生产铸件。灰铁的抗拉强度、塑性和韧性都远低于钢,但抗压性能好,还具有良好的减振性、减磨性、耐磨性和切削加工性能,且生产方便、成本低廉。

### 1.2.2 常用钢铁材料的牌号和用途

普通碳素结构钢的牌号主要由表示机械性能指标中屈服点的“屈”字拼音首字母“Q”和屈服点数值(以MPa为单位)构成的。常用的种类有Q195、Q235等,它们常用于制造螺栓、螺钉、螺母、法兰盘、键、轴等零件。

优质碳素结构钢的牌号由代表钢中的平均含碳量的万分数的两位数字来表示。常用的有低碳钢08、15、20;中碳钢35、45、50;高碳钢65等。其中08钢主要用于冲压件和焊接件,45钢可用于制造齿轮、轴、连杆等零件,65钢多用于制造弹簧等。

碳素工具钢的牌号由“碳”字的拼音首字母“T”和代表钢中的平均含碳量的千分数的数字来表示。常用的牌号有T8、T10、T12等。碳素工具钢主要用于制造硬度高、耐磨的工具、量具和模具,如锯条、手锤、刮刀、锉刀、丝锥、量规等。

合金钢种类繁多,根据用途分类的合金结构钢主要有40Cr、40CrNiMoA、45CrNi等,可用于制造各种机械结构零件,如齿轮、连杆、曲轴、车床主轴等。合金工具钢主要有Cr12(合金结构钢)、9SiCr(合金工具钢)、W6Mo5Cr4V2(高速工具钢,又称锋钢)等,可分别用于制造冷作模具、量具、刀具等。

灰口铸铁的牌号由“灰铁”汉语拼音字母HT加表示其最低抗拉强度(MPa)的三位数字组成,如HT100、HT150、HT350等。常用于机器设备的床身、底座、箱体、工作台等,其商品产量占铸铁总产量的80%以上。

球墨铸铁的牌号由“球铁”汉语拼音字母QT加表示其最低抗拉强度(MPa)和最小伸长率(%)的两组数字组成,比如QT600-3。球墨铸铁强化处理后比灰口铸铁有着更好的机械性能,又保留了灰口铸铁的某些优良性能和价格低廉的优点,因此可部分代替碳素结构钢制造曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、气缸体等重要零件。

### 1.2.3 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指材料在受外力作用时所表现出来的各种性能。由于机械零件大多是在受力的条件下工作,因而所用材料的力学性能就显得格外重要。表示金属材料力学性能指标主要有强度、塑性、韧性、硬度等。

#### 1)强度

强度是指材料在外力的作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。金属强度指标主要以屈服强度 $\sigma_s$ 和抗拉强度 $\sigma_b$ 最为常用。

## 2) 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下发生塑性而不被破坏的能力。常用的塑性指标是延伸率  $\delta$  和断面收缩率  $\psi$ 。二者数值越大,表明材料的塑性越好。

## 3) 韧性

韧性是指材料在断裂前吸收能量变形的能力。常用的韧性指标是用通过冲击试验测得的材料冲击吸收功的大小来表示的。

## 4) 硬度

硬度是材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度试验普遍采用压入法,常用的硬度试验指标有布氏硬度 HB 和洛氏硬度 HRC。

(1) 布氏硬度 布氏硬度试验是用一定的载荷  $P$ ,将直径为  $D$  的淬火钢球,在一定的压力作用下,压入被测金属的表面,保持一定时间后卸去载荷,以载荷与压痕表面积的比值作为布氏硬度值,用 HB 表示(图 1.4)。HB 值越大,表明材料越硬。

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度试验是用一定的载荷将顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球压入被测试样表面,然后根据压痕的深度来确定它的硬度值(图 1.5)。

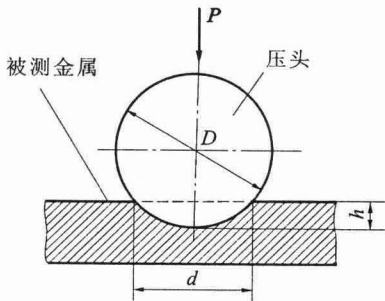


图 1.4 布氏硬度试验原理图

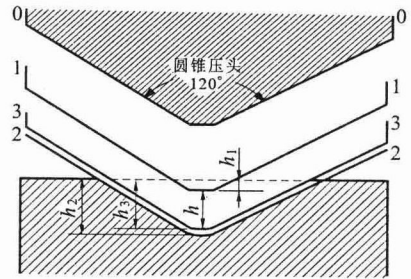


图 1.5 洛氏硬度试验原理图

大多数的机械零件对硬度都有一定的要求,而刀具、模具等更要求有足够的硬度,以保证其使用性能和寿命。硬度试验是材料力学性能试验中最简单快捷的一种方法,一般在工件上直接试验且不损伤工件,因而在生产上应用广泛。

# 1.3 钢的热处理

## 1.3.1 热处理及其分类

钢的热处理是将钢铁材料、毛坯或零件在固态下进行加热、保温、冷却,使其内部组织发生变化,从而获得所需性能的工艺方法。加热、保温和冷却是热处理的三个基本要素。热处理不仅能通过改变钢铁材料的内部组织结构改变其性能,还可以消除钢铁材料或毛坯组织结构的某些缺陷,从而提高质量、降低成本、延长寿命。

在现代工业中,热处理已经成为保证产品质量、改善加工条件、节约能源和材料的一项重要工艺措施。在机床、运输设备行业中 70%~80% 的零件要进行热处理,而量具、刀具、轴承和工模具

等行业中这一比例几乎为 100%。热处理的方法很多,按其工序位置不同可分为预备热处理和最终热处理。预备热处理可以改善钢的加工性能,为后续工序做好组织和性能准备,从而提高生产率和加工质量。最终热处理可以提高钢的使用性能,充分发挥金属材料的性能和潜力,保证产品质量,延长零件的使用寿命。

按照热处理的目的、要求和工艺方法的不同,热处理可分为三大类:

- (1)普通热处理,包括退火、正火、淬火、回火;
- (2)表面热处理,包括表面淬火、化学热处理;
- (3)其他热处理,包括变形热处理、超细化热处理、真空热处理等。

### 1. 普通热处理

在机械零件或工具的制造过程中,退火与正火常作为预备热处理,可以使毛坯件组织细化、成分均匀、消除内应力、改善力学性能和切削加工性能。淬火和回火通常作为零件的最终热处理。淬火可以提高材料的力学性能,如材料的硬度和耐磨性。回火的目的是降低淬火时产生的脆性、消除或减少内应力、稳定组织和尺寸,以获得工件所要求的性能。它们的工艺曲线如图 1.6 所示。

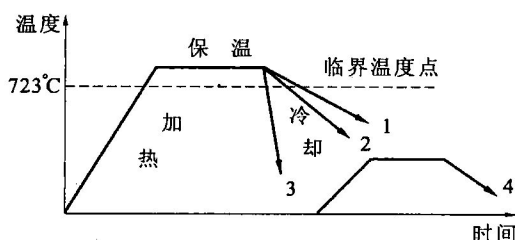


图 1.6 热处理工艺曲线示意图

1—退火;2—正火;3—淬火;4—回火

#### 1) 退火

钢的退火是将钢加热到预定温度,保温一段时间后随炉缓慢冷却,使钢获得接近平衡状态的组织性能的热处理工艺。例如 45 钢退火就须加热至  $820^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ 。退火可降低钢的硬度,改善切削加工性能;消除内应力,稳定尺寸,消除某些铸、锻、焊等热加工缺陷;细化晶粒,调整组织,消除组织缺陷;使钢便于切削加工、冷冲压加工和后续热处理,保持尺寸稳定性和减少变形。

#### 2) 正火

钢的正火是将钢加热到相变温度(临界温度点)以上的一定的温度,保温适当时间后在空气中冷却的热处理工艺。正火本质上是一种退火,经正火处理的钢其机械性能接近于退火状态,但因冷却速度较退火快、占用炉子等热处理设备的时间短、生产成本低,故在技术允许的情况下尽量用正火代替退火。对一些使用性能要求不高的中碳钢零件也可用正火代替调质处理(淬火加高温回火),既能满足使用性能要求,又降低了生产成本。

#### 3) 淬火

淬火是将钢加热到相变温度(临界温度点)以上的一定的温度,经保温后在水、油或其他冷却介质中快速冷却的热处理工艺。淬火后的钢具有很高的硬度和耐磨性,且硬度随含碳量增加而增加,高碳钢淬火后的硬度可达 65HRC。淬火是强化钢的机械性能最主要的工艺方法。淬火后的钢在机械性能方面具有硬度高、强度高、塑性和韧性低的特点;但内应力大,脆性高,钢的组织不稳定,极易变形或开裂,不仅很难对其进行机械加工,而且不能直接在淬火状态下使用。因此,淬火后的钢必须再及时回火后才能使用。

#### 4)回火

回火是将经淬火的钢加热到相变温度(临界温度点)以下的某一较低温度,经保温后以一定的方式冷却到室温的热处理工艺。回火不仅可以调整淬火后的钢的强度和硬度,使零件获得所需要的机械性能,而且可以稳定钢的组织 and 消除淬火内应力,防止零件在加工和使用过程中变形或开裂。按回火温度不同,回火分为高温回火、中温回火、低温回火。淬火钢再进行高温回火处理又称为调质处理,经调质处理的钢具有优良的综合机械性能和工艺性能,因此调质处理广泛地用于重要机械零件的热处理中。

## 2. 表面热处理

表面热处理是专门对钢的表层进行强化的热处理工艺。表面热处理是机械制造工程中最常用的材料表面强化工艺,一般是为了使钢的表面层有较高的硬度、耐磨性、疲劳强度和抗腐蚀性,而内部有较高的强度和韧性。表面热处理常用于传动轴、齿轮等重要零件。常用的表面热处理工艺主要有表面淬火和化学热处理两大类。

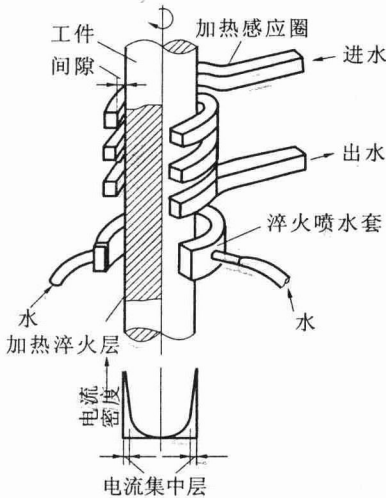


图 1.7 感应加热表面淬火示意图

#### 1)表面淬火

表面淬火是通过快速加热使工件表面迅速达到淬火加热温度,在热量还来不及传到工件中心时就快速冷却下来的热处理工艺。最常用的表面淬火方法是感应加热表面淬火。它是利用工件在交变磁场中产生的感应电流,将工件表层迅速加热到淬火温度(而工件中心温度变化很小),然后经喷水快速冷却的方法,如图 1.7 所示。

#### 2)化学热处理

钢的化学热处理是将工件置于一定温度的活性介质中保温,使一种或几种元素渗入表层,以改善其化学成分、组织和性能的热处理工艺。化学热处理除了使工件的表面的硬度、耐磨性提高以外,还可以使工件表面获得一些特殊的性能,如耐热性、耐蚀性等。化学热处理根据渗入元素的不同可分为:渗碳、渗氮、碳氮共渗、渗硼以及渗金属等。

### 1.3.2 热处理的常用设备

常用的热处理设备主要包括:热处理加热设备、冷却设备和质量检验设备等。

#### 1. 热处理加热设备

热处理加热的专用设备称为热处理炉,常用的热处理炉有箱式电阻炉(图 1.8)和井式电阻炉(图 1.9)。它们又因使用温度不同而分为高温炉(1000℃以上)、中温炉(650~1000℃)以及低温炉(600℃以下)。箱式电阻炉和井式电阻炉都是利用发热元件的电阻发热对钢件加热。箱式电阻炉结构简单,价格便宜;井式电阻炉一般将炉体部分或大部分置于地坑中,以方便工件进炉和出炉,并防止其变形,特别适用于长轴类工件的垂直吊挂加热。另外还有盐浴炉,它是利用熔融状态的盐(如 NaCl、BaCl<sub>2</sub>)作加热介质。盐浴炉的优点是加热快、工件变形小;而且还能保护钢件表面,减少表面的氧化和脱碳。

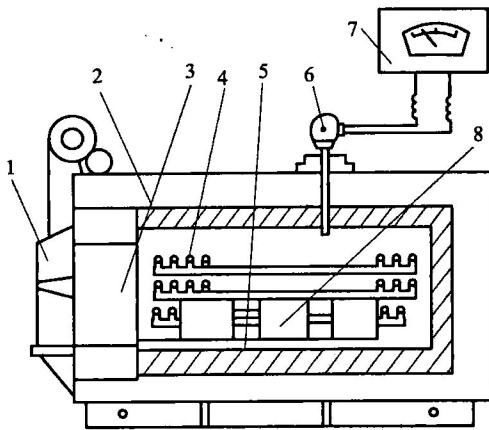


图 1.8 箱式电阻炉示意图

- 1—炉门；2—炉体；3—炉膛前部；  
4—电热元件；5—耐热钢炉底板；6—测温热电偶；  
7—电子控温仪表；8—工件

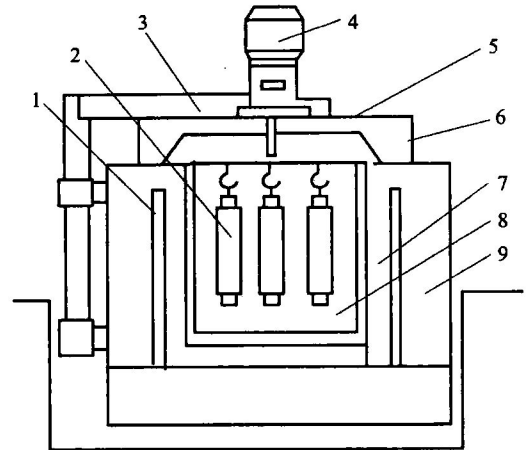


图 1.9 井式电阻炉示意图

- 1—炉体；2—炉膛；3—电热元件；4—炉盖；5—风扇；  
6—电动机；7—炉盖升降机构；8—工件；9—装料筐

## 2. 热处理冷却设备和质量检验设备

(1) 冷却设备 退火、正火和回火都不需要专门的冷却设备，因此，热处理冷却设备主要是指用于淬火的水槽和油槽等。其结构一般为上口敞开的箱形或圆筒形槽体，内盛有水或油等淬火介质，常附有冷却系统或搅拌装置，以保持槽内淬火介质温度的稳定和均匀。

(2) 质量检验设备 热处理质量检验设备通常有：检验硬度的硬度试验机、检验裂纹的磁粉探伤机、检验材料内部组织的金相检验设备等。



## 2.1 铸造

铸造是指将熔融金属液浇入具有和零件形状相适应的铸型空腔中,凝固后获得一定形状和性能金属件的成形方法,用铸造方法得到的金属件称为铸件。铸造的方法很多,主要有砂型铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造以及熔模铸造等,其中以砂型铸造应用最为广泛。

砂型铸造的典型工艺过程包括制作模样和芯盒、配制型砂和芯砂、造型制芯、合箱、熔炼金属、浇注、落砂、清理及检验。图 2.1 是套筒铸件的铸造生产工艺过程。

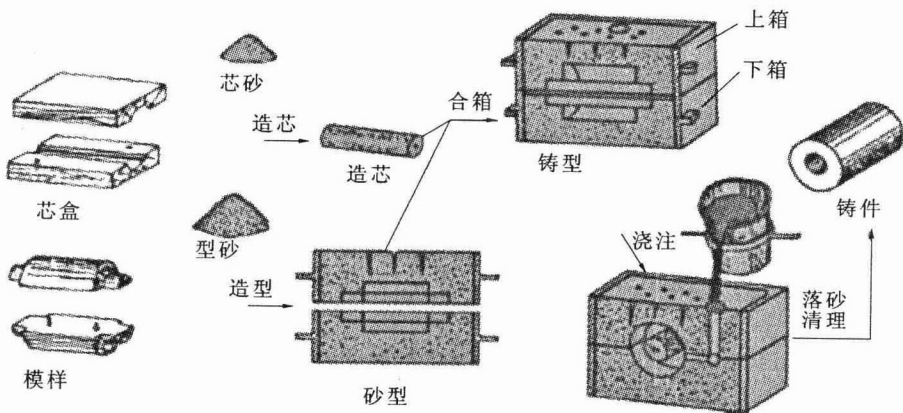


图 2.1 套筒砂型铸造工艺过程示意图

铸造的优点是适应性强(可制造各种合金类别、形状和尺寸的铸件)、成本低廉;其缺点是生产工序多,铸件质量难以控制,铸件力学性能较差,劳动强度大。铸造主要用于形状复杂的毛坯件生产,如机床床身、发动机气缸体、各种支架、箱体等。它是制造具有复杂结构的金属件最灵活的成形方法。

### 2.1.1 砂型铸造工艺

#### 1. 型砂的制备

砂型铸造用的造型材料主要是用于制造砂型的型砂和用于制造砂芯的芯砂。通常型砂是由原砂(山砂或河砂)、黏土和水按一定比例混合而成,其中黏土约为 9%,水约为 6%,其余为原砂。有时还加入少量煤粉、植物油、木屑等附加物以提高型砂和芯砂的性能。紧实后的型砂结构如图 2.2 所示。