



高职高专精品课程规划教材
GAOZHIGAOZHUANJINGPINKECHENGGUIHUAJIAOCAI



金工实训

颜伟熊娟◎主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑 | 王玲玲
装帧设计 | 时空意匠工作室



高职高专精品课程规划教材

GAOZHIGAOZHUANJINGPINKECHENGGUIHUAJIAOCAI

电工技术基础
电工与电子技术基础
电子技能实训
模拟电子技术基础
单片机原理与应用技术
机械制图（机械类）（第2版）
机械制图习题集（机械类）（第2版）
工程力学
机械设计基础
金工实训
AutoCAD训练教程
液压与气动技术
公差配合与测量技术
机械制造基础
机械制造工艺及机床夹具设计
Pro/ENGINEER实例教程
UG NX实训教程
机电设备安装与维护
数控加工技术
数控机床编程及应用
机床电气控制技术
电机与拖动

ISBN 978-7-5640-1527-5



9 787564 015275 >

定价：24.00元

高职高专精品课程规划教材

金工实训

主编 颜 伟 熊 娟

主审 敬光红

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材分为 10 个项目,主要介绍工程材料及热处理、技术测量、钳工、车削、铣削、磨削、焊接、铸造、机械装配、现代加工技术方面的知识和实习操作技能。每个项目后面附有技能训练项目,供金工实训时选用。

本教材适合高等职业技术学院、高等专科学校、高级技工学校、成人教育高校的机械制造与自动化、数控技术、模具设计与制造、机电工程、数控设备维护等专业的学生金工实训使用,也可供现代机械加工企业员工培训和参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金工实训/颜伟,熊娟主编. —北京:北京理工大学出版社,2008.7

高职高专精品课程规划教材

ISBN 978-7-5640-1527-5

I. 金… II. ①颜…②熊… III. 金属加工-实习-高等学校:技术学校-教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 070838 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 305 千字

版 次 / 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 24.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

编写委员会

主 编 颜 伟 熊 娟

副 主 编 张安民 何荣刚 黄泽森 高炳易

编写人员 (按姓氏笔画为序)

邢 薇 江仿勤 杨 莺 何荣刚

汪 俊 张远辉 张安民 范 军

周志敏 练 勇 高炳易 黄泽森

熊 娟 颜 伟 魏圣坤

主 审 敬光红

前 言

高职高专机械类或近机械类专业的学生，毕业后主要在生产第一线工作。了解生产第一线的工艺装备、生产流程、工艺过程、质量控制措施，培养学生的基本工作能力，是机械类或近机械类专业的教学目标之一。为此，各学院均要求学生在低年级时必修机械制造基础，并完成 2~4 周的金属工艺学实训。

金工实训是培养学生职业技能必不可少的重要实践性环节。

依据教育部《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》精神，参照国家职业技能鉴定标准，四川省部分高等职业技术学院教师在成都多次研讨，编写了这本金工实训教材。

本教材的特点是：按照“突出技能、够用为度”的原则，以工作过程为导向，注重技能培养；围绕实际操作，编写相关知识点；按项目式结构构建教材框架：一个项目，教会学生一种技能，选用不同项目组合，构成不同专业的金属工艺学实训计划；区别于一般教科书的“系统性、完整性”，按照生产第一线的技能要求取舍内容；按照金工实训时间 2~4 周考虑，通过项目的组合进行适当的精简或扩展。

本教材是学生在实训工厂的操作指南，是教师指导实训、布置任务的依据。每一项目中，都编有要求学生完成的实训项目，实训指导教师可根据所在学院的实际条件选用其中的实训项目。

由于各院校机械类或近机械类不同专业对金工实训的要求有些差异，本教材在编写内容和内容深浅程度把握方面，可能还存在不足，敬请读者不吝指正。

本教材的编写和出版得到北京理工大学出版社的支持，编写过程中参考或引用了一些同类型教材资料，同时得到许多同行和同事的帮助，在此一并表示感谢！

编 者

目 录

项目一 工程材料及热处理实训	(1)
一、实训要求	(1)
二、相关知识点	(1)
三、实训操作	(12)
技能训练一 钢材市场调查	(12)
技能训练二 材料硬度测定	(13)
技能训练三 常用热处理工艺(退火、正火、淬火、回火等)	(14)
项目二 技术测量实训	(16)
一、实训要求	(16)
二、相关知识点	(16)
三、实训操作	(24)
技能训练一 轴类零件的测量	(24)
技能训练二 盘套类零件的测量	(27)
技能训练三 角度和圆锥类零件的测量	(33)
技能训练四 螺纹的测量	(37)
技能训练五 综合测量	(40)
项目三 钳工实训	(42)
一、实训要求	(43)
二、相关知识点	(43)
三、实训操作	(64)
技能训练一 铰削钢六角工件	(64)
技能训练二 铰削工件的曲面	(66)
技能训练三 制作鸭嘴榔头	(69)
技能训练四 铰配凹凸体工件	(71)

项目四 车削实训	(74)
一、实训要求	(74)
二、相关知识点	(75)
三、实训操作	(95)
技能训练一 车床操作	(95)
技能训练二 车刀的刃磨及其安装	(98)
技能训练三 轴类零件车削	(101)
技能训练四 销轴零件的车削	(105)
技能训练五 盘套类零件车削	(107)
技能训练六 调整垫圈车削	(110)
技能训练七 圆锥车削	(110)
技能训练八 圆锥零件车削	(114)
技能训练九 螺纹零件的车削	(115)
技能训练十 成型面零件的车削	(116)
技能训练十一 偏心零件的车削	(117)
技能训练十二 轴类零件车削综合训练	(119)
项目五 铣削实训	(123)
一、实训要求	(123)
二、相关知识点	(123)
三、实训操作	(132)
技能训练一 铣床操作	(132)
技能训练二 平面铣削	(132)
技能训练三 沟、槽铣削	(136)
技能训练四 典型零件铣削	(139)
项目六 磨削实训	(141)
一、实训要求	(141)
二、相关知识点	(141)
三、实训操作	(142)
技能训练一 外圆磨床的操作、调整及维护保养	(142)
技能训练二 在磨床上正确装夹工件	(144)
技能训练三 磨削外圆柱面	(146)

技能训练四 磨削平面·····	(147)
技能训练五 磨削综合训练·····	(151)
项目七 焊接实训·····	(156)
一、实训要求·····	(156)
二、相关知识点·····	(156)
三、实训操作·····	(178)
技能训练一 低碳钢板对接平焊·····	(178)
技能训练二 低碳钢板 T 形接头平焊·····	(180)
技能训练三 低碳钢板对接立焊·····	(181)
技能训练四 低合金钢板对接横焊·····	(184)
技能训练五 低碳钢板对接气焊·····	(187)
技能训练六 钨极氩弧焊操作·····	(189)
技能训练七 CO ₂ 气体保护焊的操作·····	(191)
技能训练八 埋弧焊的操作——低碳钢板对接平焊·····	(194)
项目八 铸造实训·····	(197)
一、实训要求·····	(197)
二、相关知识点·····	(197)
三、实训操作·····	(201)
技能训练一 铸造企业参观实习·····	(201)
技能训练二 手工整模造型·····	(203)
项目九 机械装配实训·····	(205)
一、实训要求·····	(205)
二、相关知识点·····	(205)
三、实训操作·····	(209)
技能训练一 螺纹连接装配·····	(209)
技能训练二 滚动轴承装配·····	(214)
技能训练三 减速器装配·····	(215)
项目十 现代制造技术认识实训·····	(219)
一、实训要求·····	(219)
二、相关知识点·····	(219)

三、实训操作	(227)
技能训练一 数控车床基本操作	(227)
技能训练二 数控铣床基本操作	(228)
技能训练三 认识数控加工中心	(230)
参考文献	(231)

项目一 工程材料及热处理实训

一、实训要求

二、相关知识点

三、实训操作

技能训练一 钢材市场调查

技能训练二 材料硬度测定

技能训练三 常用热处理工艺(退火、正火、淬火、回火等)

一、实训要求

- 了解常用的工程材料及市场供销情况；
- 能根据零件图纸要求,检测工件材料硬度；
- 了解常见的热处理设备(箱式电阻炉、井式电阻炉、煤气炉等)及其型号与主要性能参数；
- 了解退火和正火的热处理工艺过程及其应用；
- 了解淬火的目的和工艺过程、淬火介质的种类和应用；
- 了解回火的种类、工艺过程及应用；
- 了解表面淬火的目的是、方法及应用；
- 了解化学热处理工艺的目的、方法及应用；
- 能根据零件制造要求,选用适当的毛坯。

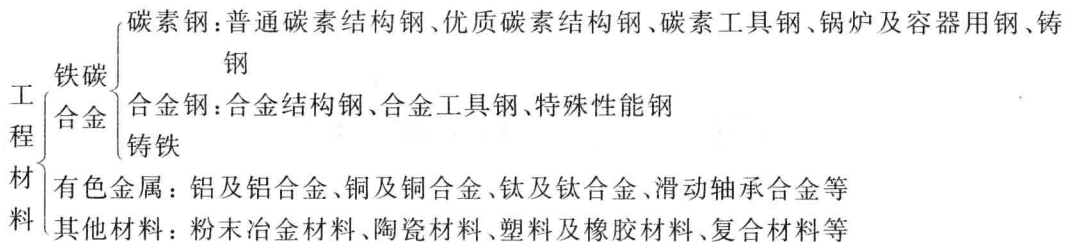
二、相关知识点

1. 工程材料的分类

各类机电产品,大多是由种类繁多、性能各异的工程材料通过加工制成的。

工程材料分金属材料和非金属材料。金属材料(铁碳合金、有色金属)过去在工程中应用最多,但是 20 世纪 80 年代以来,其他材料,特别是新型材料,在工程中应用越来越广泛。

工程材料可大致分类为



不同类型材料的化学成分、力学性能、牌号及主要用途,可查有关工程材料手册。

2. 材料的硬度

硬度是材料对另一较硬物体压入表面的抗力,是重要的力学性能之一。与其他力学性能相比,硬度试验简单易行,又无损于零件,并且硬度与材料的强度、韧性、塑性等指标有一定的相关性,因此在机械制造中被广泛应用于表征材料的综合力学性能。

常用的硬度试验方法有:

洛氏硬度——主要用于热处理后的金属产品的性能检验。

布氏硬度——用于黑色、有色金属的原材料检验,也可用于退火、正火钢铁试件的硬度测试。

维氏硬度——用于薄板材或金属表层的硬度测定,以及较精确的硬度测定。

显微硬度——主要用于测定金属的组织组成物或组成相的硬度。

(1) 洛氏硬度测定的基本原理

洛氏硬度同布氏硬度一样也属压入硬度法,但它不是测定压痕面积,而是根据压痕深度来确定硬度值指标。布氏硬度和洛氏硬度的测定原理如图 1-1 所示。

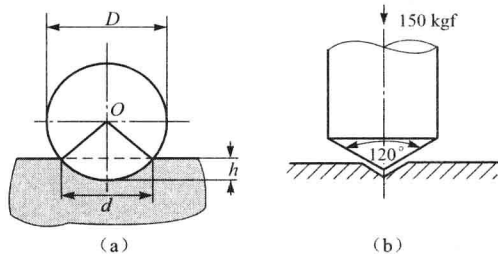


图 1-1 布氏硬度和洛氏硬度的测定原理

(a) 布氏硬度测定; (b) 洛氏硬度测定

洛氏硬度试验所用压头有两种:一种是顶角为 120° 的金刚石圆锥,另一种是直径为 1.588 mm 或 3.176 mm 的淬火钢球。根据金属材料软硬程度不一,可选用不同的压头和载荷配合使用,最常用的是 HRA, HRB 和 HRC。

洛氏硬度测定时,需要先后两次施加载荷(预载荷和主载荷)。预加载荷的目的是使压头与试样表面接触良好,以保证测量结果准确。图 1-2 中 0—0 位置为未加载荷时的压头位置;1—1 位置为加上 $10\text{ kgf}^{\text{①}}$ 预加载荷后的位置,此时压入深度为 h_1 ;2—2 位置为加上主载荷后的位置,此时压入深度为 h_2 , h_2 包括由加载所引起的弹性变形和塑性变

① $1\text{ kgf}=9.806\,65\text{ N}$ 。

形。卸除主载荷后,由于弹性变形恢复而稍提高到3—3位置,此时压头的实际压入深度为 h_3 。

洛氏硬度就是以主载荷所引起的残余压入深度($h=h_3-h_1$)来表示的。但这样直接以压入深度的大小表示硬度,将会出现硬的金属硬度值小,而软的金属硬度值大的现象。这与布氏硬度所标志的硬度值大小的概念相矛盾。为了与习惯上数值越大硬度越高的概念相一致,采用一常数(K)与 h 的差值表示硬度值。为简便起见,又规定每0.002 mm压入深度作为一个硬度单位(即刻度盘上一小格)。洛氏硬度值的计算公式如下:

$$\text{HRC} = 100 - \frac{h}{0.002}$$

式中 $h=h_3-h_1$

h_1 ——预加载荷压入试样的深度,mm;

h_3 ——卸除主载荷后压入试样的深度,mm;

(2) 洛氏硬度测定的技术要求

- ① 根据被测金属材料的硬度高低,选定压头和载荷;
- ② 试样表面应平整光洁,不得有氧化皮或油污以及明显的加工痕迹;
- ③ 试样厚度应不小于压入深度的10倍;
- ④ 两相邻压痕及压痕离试样边缘的距离均应不小于3 mm;
- ⑤ 加载时,力的作用线必须垂直于试样表面。

3. 钢的热处理

热处理是通过钢材的加热、保温、冷却来改变钢的显微组织(整体的、表层的或局部的),以获得预期宏观力学性能的一种工艺。

热处理在机械制造中占有十分重要的地位。钢经正确的热处理后,可以消除毛坯(如铸件、锻件等)中的缺陷,为后续工序做组织准备;发挥钢材的潜力,改善力学性能;提高产品质量,延长使用寿命;利于各种冷、热加工,创造较好的技术经济效果。

据初步统计,车床中经热处理的工件占工件总数的60%~70%,汽车、拖拉机中占70%~80%,而轴承和各种工、模具,则几乎全部要经过热处理。

钢的热处理种类很多,根据加热和冷却方法不同,大致分类如下:

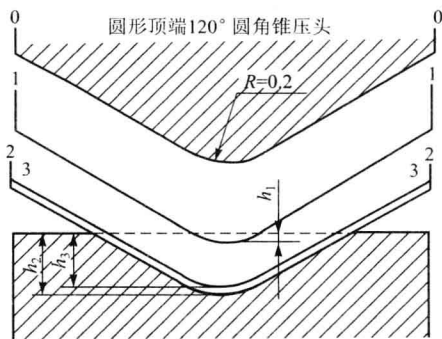


图 1-2 洛氏硬度的测定



按照热处理在零件整个生产过程中位置和作用的不同,又可将它们分为预先热处理和最终热处理。预先热处理的作用是消除坯料、半成品中的某些缺陷,为后续的冷加工和最终热处理做组织准备。最终热处理的作用是使工件获得所要求的力学性能。

尽管热处理工艺方法多种多样,但其基本过程都是由加热、保温和冷却三个阶段组成。在这个过程中,加热温度、保温时间以及加热和冷却速度,是影响热处理效果的最主要因素。为了简明地表示热处理的基本工艺过程,通常利用温度—时间坐标绘出热处理工艺曲线。

每一种材料或工件的热处理工艺参数,可以查阅有关热处理手册。

4. 钢的退火与正火热处理工艺

将钢加热至适当温度,保持一定的时间,然后缓慢冷却(通常是随炉冷却),以获得接近平衡状态组织的热处理工艺称为退火。

将钢材或钢件加热到 A_{c1} 或 A_{cm} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温一定的时间,出炉后在空气中冷却的热处理工艺称为正火。

各种退火与正火的加热温度范围与工艺曲线如图 1-3 所示。

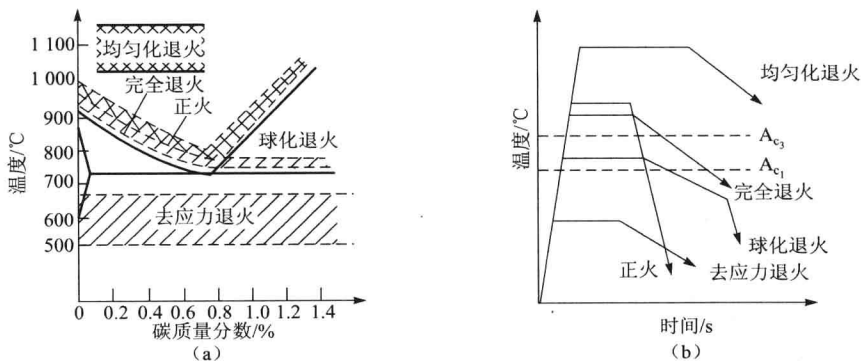


图 1-3 退火与正火的加热温度范围与工艺曲线

(a) 加热温度范围;(b) 工艺曲线示意图

退火的主要目的在于调整和改善钢的力学性能和工艺性能,减少钢的化学成分及组织的不均匀性,消除或减少内应力,为后续热处理做组织准备。

根据钢的成分、退火工艺与目的不同,退火常分为完全退火、球化退火、等温退火、均匀化退火、去应力退火和再结晶退火等。

(1) 完全退火

完全退火是把亚共析钢加热到 A_{c_3} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温一段时间,缓慢冷却(随炉或埋入干砂、石灰中),以获得接近平衡组织的热处理工艺。完全退火主要用于亚共析碳钢和合金钢的铸件、锻件、焊接件等,其目的是细化晶粒,消除内应力,降低硬度,改善切削加工性能等。

(2) 球化退火

球化退火是使钢中碳化物球状化而进行的热处理工艺。一般球化退火是把过共析钢加热到 A_{c_1} 以上 $10\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温一定时间后缓慢冷却到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,出炉,在空气中冷却的一种热处理工艺。球化退火主要用于过共析成分的碳钢和合金工具钢。球化退火的目的是使二次渗碳体及珠光体中片状渗碳体球状化,从而降低硬度,改善切削加工性,并为淬火做好组织准备。

若钢原始组织中存在严重的渗碳体网时,应采用正火将其清除后再进行球化退火。

(3) 等温退火

等温退火是将亚共析钢加热到 A_{c_3} 以上,过共析钢加热到 A_{c_1} 以上,保温一定时间,再快速冷却至 A_r 以下的某一温度,并在此温度等温停留,使奥氏体转变成珠光体组织,然后出炉,在空气中冷却的一种热处理工艺。

等温退火大大缩短了工件在炉内的停留时间,显著缩短了生产周期,而且能得到更均匀的组织与硬度。主要用于高碳钢、合金工具钢和高合金钢等。

(4) 均匀化退火

均匀化退火是把合金钢铸锭或铸件加热到 A_{c_3} 以上 $150\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温 $10\sim 15\text{ h}$ 后缓慢冷却的热处理工艺。均匀化退火的目的是消除铸造结晶过程中产生的枝晶偏析,使成分均匀化,改善性能。由于加热温度高、时间长,会引起奥氏体晶粒的严重粗化,因此均匀化退火后,一般还需要进行一次完全退火或正火。

(5) 去应力退火

去应力退火是将工件缓慢加热到 A_{c_1} 以下 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温一定时间后随炉慢冷至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$,再出炉冷却的热处理工艺。去应力退火是一种无相变的退火,其目的是去除锻件、焊件、铸件及机加工工件中内存的残余应力。

正火是成本较低和生产率较高的热处理工艺,可作为普通结构零件或大型、复杂零件的最终热处理,及较重要工件的预先热处理。正火可消除过共析钢中二次渗碳体网,为球化退火做组织准备。

正火与退火的主要区别是:正火的冷却速度较快,过冷度较大,因此正火后所获得的组织

比较细,强度和硬度比退火高一些。

5. 钢的淬火热处理工艺

淬火是将钢件加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温一定时间,然后以大于淬火临界冷却速度冷却,获得马氏体或贝氏体组织的热处理工艺。淬火后再经回火,可使工件获得良好的使用性能,充分发挥材料的潜力。

亚共析钢淬火加热温度为 A_{c3} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$;共析钢和过共析钢淬火加热温度为 A_{c1} 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。如图 1-4 所示。

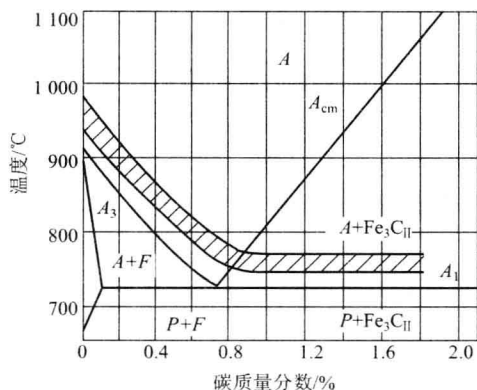


图 1-4 碳素钢的淬火加热温度范围

目前常用的淬火冷却介质有水、油和盐浴。

水在 $650\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时具有很大的冷却能力,容易引起工件的变形与开裂,这是水的最大缺点,但目前,水仍是碳钢的最常用淬火介质。

各种矿物油在 $300\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时冷却能力低,有利于减少工件的变形。其缺点是在 $650\sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时冷却能力也低,不适用于碳钢,所以油一般只用作合金钢的淬火介质。

为了减少工件淬火时变形,可采用盐浴(如熔化的 NaNO_3 、 KNO_3 等)作为淬火介质,其特点是沸点高,冷却能力介于水与油之间,常用于处理形状复杂、尺寸较小和变形要求严格的工件。

目前常用的淬火热处理方法有:

(1) 单介质淬火

淬火加热后的钢件只在一种冷却介质中冷却,称为单介质淬火。例如碳钢在水中淬火,合金钢或尺寸很小的碳钢工件在油中淬火。

单介质淬火操作简单,易实现机械化、自动化,应用广泛。缺点是:水淬容易使工件变形或开裂;油淬容易使大型零件产生硬度不足现象。

(2) 双介质淬火

将淬火加热后的钢件先淬入一种冷却能力较强的介质中,在钢件还未到达该淬火介质温度前即取出,马上再淬入另一种冷却能力较弱的介质中冷却,称为双介质淬火。例如先水后油的双介质淬火法。

双介质淬火使过冷奥氏体在缓慢冷却条件下转变成马氏体,减少热应力与相变应力,从而减少变形、防止开裂。这种方法的缺点是不易掌握从一种淬火介质转入另一种淬火介质的准确时间,要求有熟练的操作技艺。它主要用于形状较复杂的高碳钢和尺寸较大的合金钢工件。

(3) 马氏体分级淬火

将加热后的钢件,迅速淬入温度稍高或稍低于 M_s 点的硝盐浴或碱浴中冷却,在介质中短