



高等院校机械工程·工业工程系列教材

Engineering Training Guide 工程训练指导

潘晓弘 陈培里 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

高等院校机械工程·工业工程系列教材

工程训练指导

潘晓弘 陈培里 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程训练指导 / 潘晓弘, 陈培里编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2008. 6

(高等院校机械工程、工业工程系列教材)

ISBN 978-7-308-05977-0

I. 工… II. ①潘…②陈… III. 机械制造工艺—高等学校—教学参考资料 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 074897 号

内容提要

本书在工程训练(金工实习)教学基本要求的基础上,增加了现代机械制造的新技术、新工艺、新材料内容,全书按实践项目分开编写,主要介绍了机械制造工程训练中的基本理论和实践操作。

本书共分两篇,第一篇为工程训练指导,第二篇为工程训练报告。工程训练指导和工程训练报告互相配合使用。主要内容有工程材料、铸造、锻造、焊接、车削加工、铣削与刨削加工、磨削加工、钳工、数控加工、特种加工和 CAD/CAM,计 11 章。

本书可作为高等院校工科各专业工程训练或金工实习的教材,也可作为高等专科学校、中等专科学校、职业技术学院等工程训练或金工实习的教材及有关工程技术人员参考。

工程训练指导

潘晓弘 陈培里 编著

责任编辑 张 明

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

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

(网址: <http://www.zjupress.com>

<http://www.press.zju.edu.cn>)

电话: 0571—88925592, 88273066(传真)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20.25

字 数 532 千

版 次 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-05977-0

定 价 38.00

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

本书在工程训练(金工实习)教学基本要求的基础上,增加了现代机械制造新技术、新工艺、新材料内容,全书按实践项目分开编写,介绍了机械制造工程训练中的基本理论和实践操作,便于教学人员组织教学及学生训练。此书可作为高等院校工科机械类、非机械类专业学生工程训练或金工实习的教材。

工程训练(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必修课,是非机械类有关专业教学计划中重要的实践环节之一,为学生学习后继课程打下必要的实践基础。为此,本教材强调以实践教学为主,采用启发式教学,重点介绍金属的成型方法、加工方法和现代机械制造技术,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安全技术操作规程。

本书结合浙江大学多年教学实践的成果,加以精编。书中的工程训练指导与工程训练报告配套使用,供教学人员选用,以便检查教学效果。

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

本教材共分两篇 11 章,第一篇为工程训练指导,第二篇为工程训练报告。参加编写的有陈培里(第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章、第 7 章、工程训练报告(工程材料、铸造、锻造、焊接、车削加工、铣削与刨削加工、磨削加工、钳工、综合试卷))、唐小卫(第 5 章)、魏南云(第 8 章)、倪益华(第 9 章、第 10 章、第 11 章、工程训练报告(数控加工、特种加工、CAD/CAM))。全书由潘晓弘、陈培里主编并统稿。

限于编者水平,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。

编著者

2008 年 4 月

目 录

第一篇 工程训练指导

第1章 工程材料	(3)
1.1 金属材料与钢的热处理	(3)
1.1.1 常用的金属材料——钢与铸铁	(3)
1.1.2 钢的热处理工艺	(5)
1.2 钢铁材料的火花鉴别	(7)
1.3 热处理安全技术操作规范	(8)
第2章 铸 造	(9)
2.1 概 述	(9)
2.1.1 铸造生产的特点	(9)
2.1.2 铸造生产的工艺过程	(9)
2.2 铸造工艺参数选择与确定	(10)
2.2.1 铸造工艺参数	(10)
2.2.2 浇冒口系统	(10)
2.2.3 浇注位置的确定	(11)
2.2.4 分型面的选择	(12)
2.3 型(芯)砂	(13)
2.3.1 型(芯)砂组成和性能要求	(13)
2.3.2 型芯的作用和性能要求	(14)
2.3.3 制芯方法	(14)
2.4 砂型铸造方法和工艺	(15)
2.4.1 手工造型	(15)
2.4.2 机器造型	(20)
2.5 铸铁的熔炼、浇注成型以及铸造缺陷分析	(23)
2.5.1 铸造合金种类	(23)
2.5.2 铸铁的熔炼	(23)
2.5.3 浇注成型以及铸造缺陷分析	(25)
2.6 铸造新技术及发展	(28)
2.6.1 造型技术	(28)
2.6.2 金属凝固理论	(28)

2.6.3	金属基复合材料	(29)
2.6.4	铸件的轻量化与组合铸件	(29)
2.6.5	计算机在铸造中的应用	(29)
2.7	铸造训练	(29)
2.7.1	造型工具及辅具	(29)
2.7.2	造型操作基本技术	(30)
2.8	铸造安全技术操作规程	(33)
第3章	压力加工	(35)
3.1	概述	(35)
3.2	压力加工的分类及简介	(35)
3.3	常用锻造设备及使用	(37)
3.3.1	锻造加工设备	(37)
3.3.2	常用手工自由锻造工具	(38)
3.3.3	加热设备	(38)
3.4	锻造工艺	(39)
3.4.1	金属的加热目的和锻造温度	(39)
3.4.2	手工自由锻造的基本工序及操作	(40)
3.4.3	机器锻造的基本工序及操作	(44)
3.4.4	自由锻造工艺规程要素简介	(45)
3.4.5	胎膜锻造	(47)
3.4.6	模锻	(48)
3.5	板料冲压	(49)
3.5.1	冲压设备	(49)
3.5.2	冲压基本工序和冲模结构	(51)
3.6	自由锻造的工艺分析与检验	(52)
3.7	锻造训练	(54)
3.8	压力加工安全技术操作规程	(56)
第4章	焊接	(57)
4.1	概论	(57)
4.1.1	焊接的特点	(57)
4.1.2	焊接方法的分类	(57)
4.1.3	焊接接头的组成	(58)
4.1.4	金属材料的焊接性	(58)
4.2	手工电弧焊	(59)
4.2.1	手弧焊的焊接过程及焊接电弧	(59)
4.2.2	手工电弧焊设备与工具	(60)
4.2.3	焊条	(61)
4.2.4	手弧焊工艺	(62)
4.2.5	对接平焊的操作技术	(63)

4.3 气焊和气割	(64)
4.3.1 气焊的特点和应用	(64)
4.3.2 气焊的设备与工具以及辅助器具	(64)
4.3.3 焊丝与焊剂	(65)
4.3.4 气焊火焰(氧乙炔焰)	(66)
4.3.5 气焊的基本操作技术	(67)
4.3.6 气割	(67)
4.4 其他焊接方法简介	(68)
4.4.1 电阻焊	(68)
4.4.2 钎焊	(70)
4.4.3 气体保护焊	(70)
4.4.4 埋弧自动焊	(71)
4.4.5 手工等离子切割	(72)
4.5 焊接缺陷与检验	(73)
4.5.1 焊接应力与变形	(73)
4.5.2 焊接缺陷	(73)
4.5.3 焊接检验	(74)
4.6 焊接训练	(76)
4.6.1 手工电弧焊	(76)
4.6.2 气焊	(77)
4.7 手弧焊的安全技术操作规程	(78)
第5章 车削加工	(79)
5.1 车削的基本知识	(79)
5.1.1 切削运动和切削用量	(80)
5.1.2 普通车床的组成和传动	(81)
5.1.3 车刀材料	(85)
5.1.4 车刀的组成及结构形式	(87)
5.1.5 车刀的主要角度及其作用	(88)
5.1.6 车刀的刃磨	(88)
5.1.7 车刀的安装	(89)
5.1.8 车床附件和工件装夹	(90)
5.1.9 常用测量工具	(93)
5.2 车床操作要点	(97)
5.3 轴类零件的车削	(98)
5.3.1 车削外圆	(99)
5.3.2 车端面、切槽和切断	(102)
5.3.3 车削传动轴零件实例	(104)
5.4 盘、套类零件的车削	(106)
5.4.1 车内孔和内沟槽	(106)

5.4.2	在车床上钻孔、扩孔、铰孔和镗孔	(107)
5.4.3	车圆锥面	(110)
5.4.4	车螺纹	(112)
5.4.5	滚花	(115)
5.4.6	车削盘套类零件实例	(116)
5.4.7	制定零件加工工艺的要求	(120)
5.5	车削安全技术操作规程	(121)
第6章	铣削与刨削加工	(122)
6.1	铣削加工	(122)
6.1.1	铣床及其主要附件	(123)
6.1.2	工件的安装	(128)
6.1.3	基本操作方法	(128)
6.1.4	齿轮加工	(134)
6.2	铣削安全技术操作规程	(137)
6.3	刨削加工	(137)
6.3.1	基本知识	(137)
6.3.2	B6050 牛头刨床的传动系统	(140)
6.3.3	刨削的基本方法	(142)
6.4	刨削操作要领及安全技术操作规程	(146)
第7章	磨削加工	(147)
7.1	磨 削	(147)
7.1.1	砂轮及其安装	(148)
7.1.2	平面磨床的结构与磨削运动	(149)
7.2	平面磨削工艺	(150)
7.3	外圆磨削工艺	(152)
7.4	磨削安全技术操作规程	(154)
第8章	钳 工	(156)
8.1	概 述	(156)
8.1.1	钳工的基本操作	(156)
8.1.2	钳工工作的范围及在机械制造与维修中的作用	(156)
8.1.3	钳工工作台和虎钳	(157)
8.2	划 线	(158)
8.2.1	划线的作用及种类	(158)
8.2.2	划线的工具及其用法	(159)
8.2.3	划线基准	(161)
8.2.4	划线操作要点	(162)
8.2.5	立体划线示例	(162)
8.3	锯 割	(163)
8.3.1	锯割的作用	(163)

8.3.2 锯割的工具	(164)
8.3.3 锯割的操作	(165)
8.3.4 锯割操作注意事项	(166)
8.4 锉 削	(167)
8.4.1 锉削加工的应用	(167)
8.4.2 锉刀	(167)
8.4.3 锉削操作	(168)
8.4.4 平面的锉削方法及锉削质量检验	(170)
8.4.5 锉削注意事项	(171)
8.5 钻孔、扩孔和铰孔	(171)
8.5.1 钻床	(171)
8.5.2 麻花钻头	(173)
8.5.3 钻孔常用附件	(174)
8.5.4 钻孔操作	(175)
8.5.5 扩孔与铰孔	(175)
8.6 攻螺纹、套螺纹	(176)
8.6.1 攻螺纹	(176)
8.6.2 套螺纹	(179)
8.7 铰削、刮削与研磨	(181)
8.7.1 铰削	(181)
8.7.2 刮削	(184)
8.7.3 研磨	(187)
8.8 装 配	(189)
8.8.1 装配的概念	(189)
8.8.2 装配的工艺过程	(189)
8.8.3 典型组件装配方法	(190)
8.8.4 拆卸工作的要求	(192)
8.9 钳工安全技术操作规程	(192)
第9章 数控加工	(194)
9.1 数控加工概述	(194)
9.1.1 数控机床	(194)
9.1.2 数控加工原理和工作方式	(196)
9.2 数控车床	(198)
9.2.1 数控车床概述	(198)
9.2.2 数控车床坐标系	(200)
9.2.3 数控车削加工工艺的主要内容	(201)
9.2.4 数控车床加工编程	(202)
9.2.5 数控车床的机床面板说明及操作	(209)
9.2.6 编程举例	(213)

9.3 数控铣床	(215)
9.3.1 数控铣床概述	(215)
9.3.2 基本编程	(217)
9.3.3 基本操作	(219)
9.4 数控加工安全技术操作规程	(221)
第10章 特种加工	(222)
10.1 概 述	(222)
10.2 电火花加工	(223)
10.2.1 电火花加工的基本原理	(223)
10.2.2 电火花加工工艺及设备	(224)
10.2.3 电火花加工的特点和应用范围	(225)
10.2.4 电火花线切割加工编程	(226)
10.3 电解加工	(228)
10.3.1 电解加工的基本原理	(228)
10.3.2 电解加工的基本概念	(229)
10.3.3 电解加工的特点、方法和应用	(229)
10.4 激光加工	(230)
10.4.1 激光加工的基本原理	(230)
10.4.2 激光加工的特点、方法及应用	(230)
10.5 超声波加工	(232)
10.5.1 超声波加工的基本原理	(232)
10.5.2 超声波加工的特点、方法及应用	(232)
10.6 电子束加工	(233)
10.7 离子束加工	(234)
10.8 特种加工安全技术操作规程	(234)
第11章 CAD/CAM	(235)
11.1 CAD/CAM 技术概述	(235)
11.1.1 CAD/CAM 的基本概念	(235)
11.1.2 CAD/CAM 的特点、应用及软件组成	(236)
11.2 Cimatron E 的使用	(236)
11.2.1 Cimatron E 简介	(236)
11.2.2 Cimatron 的设计功能	(238)
11.2.3 Cimatron 的数控加工	(242)
11.2.4 传输过程	(248)
11.3 CAD/CAM 安全技术操作规程	(249)

第二篇 工程训练报告

训练项目1 工程材料报告	(253)
--------------------	-------

训练项目 2	铸造报告	(256)
训练项目 3	压力加工报告	(262)
训练项目 4	焊接报告	(265)
训练项目 5	车削加工报告	(268)
训练项目 6	铣削、刨削加工报告	(273)
训练项目 7	磨削加工报告	(276)
训练项目 8	钳工报告	(278)
训练项目 9	数控加工实习报告	(282)
训练项目 10	特种加工实习报告	(285)
训练项目 11	CAD/CAM 实习报告	(287)
训练项目 12	综合试卷	(288)

第一篇

工程训练指导

第1章 工程材料

【目的和要求】

1. 了解工程材料的分类及其特点、材料成形工艺的分类及特点。
2. 了解机械制造的基本工艺过程。
3. 了解机械制造技术经济分析的基本概念。
4. 了解热处理的分类、特点及应用。
5. 了解常用热处理的工艺特点及应用。
6. 了解热处理缺陷及其对零件质量的影响,以及对零件结构的基本要求。

1.1 金属材料与钢的热处理

金属材料进行热处理是改善和提高零件性能的重要方法,因此在零件的制造加工过程中,热处理是不可缺少的环节。

1.1.1 常用的金属材料——钢与铸铁

金属材料包括纯金属及合金(即在一种金属中加入其他元素所形成的金属材料)两大类。工业上又把金属材料分为两大类:一类为黑色金属,它包括铁、锰、铬及其合金,其中以铁基合金(即钢和铸铁)应用最广;另一类为有色金属,是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。

在工业上使用的金属材料中,以钢和铸铁使用最多。钢和铸铁(总称为钢铁材料)是以铁元素为主,加入碳等其他合金元素所组成的,故称为铁碳合金材料。一般把含碳质量分数小于2.11%的铁碳合金称为钢,大于2.11%的铁碳合金称为铸铁。

1. 钢的分类、编号及性能特点

根据成分不同,钢可分为碳素钢(简称碳钢)和合金钢两类。

(1)碳素钢 碳素钢中以铁和碳为主要元素,但常含有Mn、Si、S、P等杂质元素,其中S、P对钢的性能危害很大。因此根据硫、磷含量多少,把钢分为:普通质量钢($S \leq 0.05\%$, $P \leq 0.045\%$)、优质钢($S \leq 0.03\%$, $P \leq 0.035\%$)、高级优质钢($S \leq 0.02\%$, $P \leq 0.003\%$)等。碳钢的性能主要决定于含碳质量分数的高低,随着含碳质量分数的增多,碳钢的强度、硬度提高,塑性和韧性降低。根据含碳质量分数的多少,碳钢分为低碳钢($C \leq 0.25\%$)、中碳钢($C = (0.3\% \sim 0.6\%)$)和高碳钢($C > 0.6\%$)。低碳钢的强度、硬度低,塑性、韧性好,常用于受力较小的冲压件(如皮带轮罩壳、垫圈、自行车的挡泥板等)、焊接件等;高碳钢的强度高、塑性低,常用于制造受力较大的弹簧等零件;中碳钢既有一定强度,也有一定塑性,常用于制

备受力较大、较复杂的轴类零件等。

工业上根据用途不同,将碳素钢分为碳素结构钢和碳素工具钢。

①碳素结构钢 该类钢主要用于各种结构件。根据钢的质量不同(即 S、P 的含量)分为碳素结构钢和优质碳素结构钢。

碳素结构钢 碳素结构钢属于普通质量钢,其牌号表示方法为 Q 加 3 位数字。Q 为“屈”字的汉语拼音字首,后面三位数为表示该钢的屈服点(MPa)数值,如常用的 Q235 钢,表示屈服点为 235MPa 的普通质量钢。Q235 钢的旧牌号称为 A3 钢,一般受力不大、不重要的零件常用 Q235 钢制造,如一般的螺钉、螺母、冲压件、焊接件、桥梁建筑的结构件等。属于这类钢的还有 Q195、Q215、Q255、Q275 等。

优质碳素结构钢 优质碳素结构钢常经热处理后使用,其牌号的一般表示方法为两位数字,这两位数字表示该钢的含碳质量分数的万分数。如 45 号钢,表示该钢的含碳质量分数为 0.45% 左右。常用的优质碳素结构钢有 20、45 和 65 号钢。20 号钢属低碳钢,45 号钢属中碳钢,65 号钢属高碳钢。

②碳素工具钢 该类钢主要用于制造各种工具、量具、模具及量具等。该钢的牌号表示方法是 T 后面加一位或两位数字组成。T 为“碳”字汉语拼音字首,后面的数字表示该钢含碳质量分数的千分数。如 T8A 钢,表示含碳质量分数为 0.8% 的高级碳素工具钢;T12 表示含碳质量分数为 1.2% 的高级碳素工具钢。常用的碳素工具钢有: T7、T8、T10、T12 等。

该类钢的含碳质量分数较多,强度高、硬度高、耐磨性好,经热处理后使用,常用于高强度、高耐磨性的零件和工具,如锉刀、锯条、简单小型冲模等。

(2)合金钢 合金钢是在碳素钢的基础上再加入其他合金元素所形成的钢。合金元素的加入是为了改善与提高钢的力学性能和获得某些特殊性能(如耐蚀性)。常用的合金元素有 Mn、Cr、Ni、Si、W、Mo、Ti 等。

按加入合金元素的含量多少可分为低合金钢(合金元素总含量 $<5\%$)、中合金钢(合金元素总含量 $5\%\sim 10\%$)和高合金钢(合金元素总含量 $>10\%$)。工业上按合金钢的用途分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。

①合金结构钢 这类钢用来制造各种重要的机械零件,其编号为数字加化学元素符号再加数字,前面的为两位数字,表示钢的平均含碳质量分数的万分数,后面的数字表示含合金元素含量的百分数。如 60Si2Mn,60 表示含碳质量分数 0.6%,Si2 表示含硅质量分数为 2%,含 Mn 为 $\leq 1.5\%$ 。这类钢中应用较多的是 40Cr 钢。

②合金工具钢 这类钢常用于制造各种刀具、模具和量具。其牌号表示方法和合金结构钢类似,不同的是第一位数表示含碳质量分数的千分数,且大于 1% 时不标出。例如 3Cr2W8V 钢。高速钢是常用的合金工具钢,含碳质量分数一般不标出,如 W18Cr4V,其含碳质量分数为 0.7%~0.8%。W18Cr4V 常用于制造车刀、铣刀、刨刀和各种冲模。

③特殊性能钢 这类钢是指具有特殊物理和化学性能的合金钢。不锈钢是其中一种,常用的牌号为 1Cr18Ni9,1Cr18Ni9Ti 等。

2. 铸铁

常用铸铁的成分与钢不同,铸铁的含碳质量分数大于 2.11%(常用 2.5%~4%),其杂质含量远大于钢。铸铁的组织中有石墨存在,石墨的强度近于零,因此石墨存在相当于钢的基体上存在裂缝或空洞,使铸铁的性能比钢低,特别是抗拉强度和塑性低,不能进行锻压加

工,但其硬度和抗压强度较好,所以铸铁主要用于承受压力的零件。工业上根据石墨形状的不同,分为灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁等。

(1)灰铸铁 石墨以片状形态存在的铸铁称为灰铸铁。由于片状石墨存在,其石墨片尖端有应力集中现象,使灰铸铁的抗拉强度及塑性低。灰铸铁的牌号为 HT 后加 3 位数字。三位数字表示最低的抗拉强度(MPa),有 HT200、HT250 和 HT300 等共 6 种。

(2)可锻铸铁 石墨以团絮状的形态存在的铸铁称为可锻铸铁。由于团絮状石墨对应力集中影响较小,故可锻铸铁的力学性能较灰铸铁高。可锻铸铁的牌号为三个拼音字和两组数字:如 KTH300-06、KTZ550-04。KT 表示可锻,H 和 Z 分别表示黑和珠的拼音字首。前一组三位数表示最低的抗拉强度(MPa),后一组数字表示最低伸长率(%)。

(3)球墨铸铁 石墨以球状形态存在的铸铁称为球墨铸铁。由于球状石墨的应力集中影响更小,故球墨铸铁的性能最好。球墨铸铁的牌号表示和可锻铸铁类似,就是球铁的拼音字母 QT,如 QT450-10、QT600-3 等。

1.1.2 钢的热处理工艺

热处理就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组织结构的工艺。所以热处理的过程就是按加热→保温→冷却这三阶段进行,这三个阶段可用冷却曲线来表示(如图 1-1 所示)。不管是哪种热处理,都分这三个阶段,不同的是加热温度、保温时间和冷却速度不同。

热处理工艺的特点是不改变金属零件的外形尺寸,只改变材料内部的组织与零件的性能。所以钢的热处理目的是消除材料的组织结构上的某些缺陷,更重要的是改善和提高钢的性能,充分发挥钢的性能潜力,这对提高产品质量和延长使用寿命有重要意义。

钢的热处理种类分为整体热处理和表面热处理两大类。常用的整体热处理有退火、正火、淬火和回火;表面热处理可分为表面淬火与化学热处理两类。图 1-1 是热处理工艺示意图。

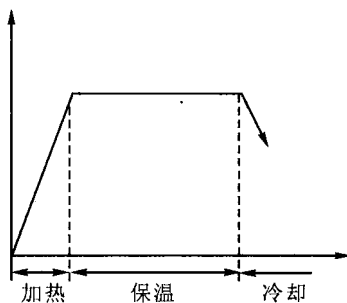


图 1-1 热处理工艺示意图

1. 退火

退火就是将金属或合金的工件加热到适当温度(高于或低于临界温度,临界温度是使材料发生组织转变的温度),保持一定的时间,然后缓慢冷却(即随炉冷却或者埋入导热性较差的介质中)的热处理工艺。退火工艺的特点是保温时间长,冷却缓慢,可获得接近于平衡状态的组织。

钢退火的主要目的是为了改善组织和性能,降低硬度,以便于切削加工;消除内应力;提高韧性,稳定尺寸;使钢的组织与成分均匀化;也可为以后的热处理工艺作组织准备。根据退火的目的不同,退火有完全退火、球化退火、消除应力退火等几种。

退火常在零件制造过程中对铸件、锻件、焊件接进行,以便于以后的切削加工或为淬火作准备。

2. 正火

将钢件加热到临界温度以上 $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$,保温适当时间后,在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。

正火与退火工艺相比,其主要区别是正火的冷却速度稍快,所以正火处理的生产周期短,故退火与正火同样能达到零件性能要求时,应尽可能选用正火。大部分的中、低碳钢的坯料一般都采用正火处理。一般合金钢坯料常采用退火,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。

3. 淬火

将钢件加热到临界点以上某一温度(45号钢淬火温度为 $840^{\circ}\text{C}\sim 860^{\circ}\text{C}$,碳素工具钢的淬火温度为 $760^{\circ}\text{C}\sim 780^{\circ}\text{C}$),保持一定的时间,然后以适当速度冷却以获得马氏体或贝氏体组织的热处理工艺称为淬火。

淬火与退火、正火处理在工艺上的主要区别是前者冷却速度快,目的是为了获得马氏体组织,也就是说要获得马氏体组织,钢的冷却速度必须大于钢的临界速度。所谓临界速度就是获得马氏体组织的最小冷却速度。钢的种类不同,临界冷却速度不同。一般碳钢的临界冷却速度要比合金钢大,所以碳钢加热后要在水中冷却,而合金钢在油中冷却。冷却速度小于临界冷却速度就得不到马氏体组织。但冷却速度过快,会使钢中内应力增大,引起钢件的变形,甚至开裂。

马氏体组织是钢经淬火后获得的不平衡组织,它的硬度高,但塑性、韧性差。马氏体的硬度随钢的含碳质量分数提高而增高,所以高碳钢、碳素工具钢淬火后的硬度要比低、中碳钢淬火后的硬度高。同样,马氏体的塑性与韧性也与钢的含碳质量分数有关,含碳质量分数低,马氏体的塑性、韧性就较好。

4. 回火

钢件淬硬后,再加热到临界温度以下的某一温度,保持一定时间,然后冷却到室温的热处理工艺称为回火。

淬火后的钢件一般不能直接使用,必须进行回火后才能使用。因为淬火钢的硬度高、脆性大,直接使用常发生脆断。通过回火可以消除或减少内应力、降低脆性、提高韧性;另一方面可以调整淬火钢的力学性能,达到钢的使用性能。根据回火温度的不同,回火可分为低温回火、中温回火和高温回火三种。

(1)低温回火 淬火钢件在 $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 之间的回火称为低温回火。低温回火主要是消除内应力,降低钢的脆性,一般很少降低钢的硬度,即低温回火后可保持钢件的高硬度。如锯条、锉刀等一些要求使用条件下有高硬度的钢件,都是淬火后经低温回火处理。

(2)中温回火 淬火钢件在 $250^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 之间的回火称为中温回火。淬火钢件经中温回火后可获得良好的弹韧性,因此弹簧、压簧、汽车中的板弹簧等,常采用淬火后的中温回火处理。

(3)高温回火 淬火钢件在 $500^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ 之间的回火称为高温回火。淬火钢件经高温回火后,具有良好的综合力学性能(既有一定的强度、硬度,又有一定的塑性、韧性)。所以一般中碳钢和中碳合金钢常采用淬火后的高温回火处理,轴类零件中应用最多。淬火加高温回火处理也称为调质处理。

5. 表面热处理

仅对工件表层进行热处理以改变组织和性能的工艺称为表面热处理。

(1)表面淬火 仅对钢件表层进行淬火的工艺称为表面淬火。其热处理的特点是用快