

普通高等教育规划教材

制造工程实践

Zhizao Gongcheng Shijian

刘群山 张忠诚 张占收 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

TH16/182

2007

普通高等教育规划教材

制造工程实践

刘群山 张忠诚 张占收 主编



内容简介

本书是依据机械基础课程教学指导分委员会(金工课指组)2004年提出的普通高等学校《工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》和《普通高校工程训练教学中心建设规范与验收标准》,并结合近年来有关高校金工实习改革的经验和实践编写的。本着加强基础、加强实践环节、提高学生的动手能力和综合素质、培养学生创造性思维方式和能力的原则,本书在原金工实习基础上,重点增加了有关先进加工技术、电子、电工等方面的内容。全书共分十三章,包括金属材料及钢的热处理、铸造、锻压、焊接、常用量具、车削、铣削、刨削、磨削、钳工、数控加工、电子装配、电工等。每章后附有复习思考题。

本书可作为高等院校理工科各专业学生的制造工程领域的综合实习与训练教材(适宜4~6周长学时)。也可作为有关工程技术人员和工业企业管理干部的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

制造工程实践/刘群山编著. —天津:天津大学出版社,
2007.8

ISBN 978-7-5618-2524-2

I.制... II.刘... 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(2007)第 131792 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
短信网址 发送“天大”至 916088
印 刷 天津市泰宇印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 14.25
字 数 358 千
版 次 2007 年 8 月第 1 版
印 次 2007 年 8 月第 1 次
印 数 1-6 000
定 价 24.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

近年来,随着我国高等教育体系的改革,许多高等工科院校相继组建了工业训练中心,在加强基础、拓宽知识、加强实践环节、提高学生的动手能力、树立大工程意识、注重多学科知识的交叉与融合、培养创造性思维方式与能力等方面进行了一系列的探索和实践。本书就是本着这样的原则,在介绍制造工程领域常见的加工方法和工艺的基础上,增加了数控加工、电子装配、电工等内容。它是依据机械基础课程教学指导分委员会(金工课指组)2004年提出的普通高等学校《工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》和《普通高校工程训练教学中心建设规范与验收标准》,并结合近年来有关高校金工实习改革的经验和实践编写的。

本书在编写过程中,努力做到科学性、先进性、系统性与实用性的有机结合,反映现代科学技术新成果;力求深入浅出,突出重点,加强动手环节,注重学生创新思维与能力的培养;采用了最新国家或行业标准。

本书可作为4~6周长学时制造工程领域的综合实习与训练教材。

本书编写者有:刘群山(第一、十二、十三章),李志勇(第二、五章),魏胜辉(第三、九章),张忠诚、王会霞(第四、七章),么春霞(第六章),张双杰(第八、十章),张占收、周增宾(第十一章)。有关实习指导教师参加了本书编写大纲的讨论,对相关内容提出了许多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平及时间仓促,错误和不妥之处敬请批评指正。

编者

2006年10月于河北科技大学

目 录

第一章 金属材料及钢的热处理	(1)
第一节 金属材料的性能	(1)
第二节 常用金属材料	(2)
第三节 钢的热处理	(5)
复习思考题	(9)
第二章 铸造	(10)
第一节 砂型铸造	(11)
第二节 铸造合金的熔炼与浇注	(27)
第三节 铸件的清理、检验及其主要缺陷	(32)
第四节 特种铸造	(33)
复习思考题	(36)
第三章 锻压	(37)
第一节 概述	(37)
第二节 坯料的加热和锻件的冷却	(38)
第三节 自由锻造	(40)
第四节 模锻和胎模锻	(47)
第五节 冲压	(49)
复习思考题	(53)
第四章 焊接	(54)
第一节 焊条电弧焊	(54)
第二节 气焊与气割	(62)
第三节 其他焊接方法	(65)
复习思考题	(70)
第五章 常用量具	(71)
复习思考题	(78)
第六章 车削	(79)
第一节 车床	(79)
第二节 车刀	(89)
第三节 车床附件	(92)
第四节 车削加工方法	(98)
第五节 典型零件的车削加工	(101)
复习思考题	(104)

第七章 铣削	(106)
第一节 概述	(106)
第二节 铣床	(108)
第三节 铣刀	(110)
第四节 铣床附件	(113)
第五节 铣削方法	(116)
第六节 齿形加工	(119)
复习思考题	(121)
第八章 刨削	(123)
第一节 刨削加工的主要参数	(123)
第二节 刨床	(124)
第三节 刨刀	(126)
第四节 工件的安装	(127)
第五节 刨削方法	(129)
第六节 拉削简介	(131)
复习思考题	(132)
第九章 磨削	(133)
第一节 概述	(133)
第二节 砂轮	(134)
第三节 磨床及磨削方法	(137)
复习思考题	(146)
第十章 钳工	(147)
第一节 钳工工作场地	(147)
第二节 划线	(148)
第三节 锯削	(152)
第四节 锉削	(156)
第五节 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	(160)
第六节 攻螺纹与套螺纹	(164)
第七节 装配与拆卸	(166)
第八节 锤子的钳工工艺	(169)
复习思考题	(171)
第十一章 数控加工	(172)
第一节 数控车削加工	(172)
第二节 数控铣削加工	(179)
第三节 数控线切割	(182)
第四节 加工中心简介	(190)
复习思考题	(190)
第十二章 电子装配	(192)
第一节 基础知识	(192)

第二节 常用工具和仪表	(193)
第三节 电子元器件及其检测	(195)
第四节 收音机的组装与调试	(201)
第五节 收音机的故障查除	(205)
复习思考题	(206)
第十三章 电工	(207)
第一节 常用材料和工具及仪表	(207)
第二节 照明线路与安全用电	(209)
第三节 低压电器	(211)
第四节 机床控制线路	(213)
复习思考题	(217)
参考文献	(218)

第一章 金属材料及钢的热处理

金属材料是指由金属元素参加的具有金属性质的物质,可以分为黑色金属材料(钢材、铸铁)和有色金属材料。金属材料来源丰富,生产工艺较简单且成熟,某些性能明显优于其他材料,是现代工业、农业、国防以及科学技术领域应用最广泛的工程材料。

第一节 金属材料的性能

一、金属材料的使用性能

金属材料的使用性能是指金属材料制成零件或构件后,为保证正常工作以及一定的使用寿命而应具备的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能等。

1. 力学性能

金属材料的力学性能是指其在外力作用下所表现出来的性能,反映了材料抵抗外力作用的能力。金属材料抵抗外力作用的能力大小,常用其力学性能指标来衡量。力学性能指标是通过特定的力学试验测得的,它是衡量材料优劣和选择材料的重要依据。常用的力学性能指标有强度(如抗拉强度 σ_b 、屈服点 σ_s)、硬度(如布氏硬度 HBS、洛氏硬度 HRC)、塑性(如伸长率 δ 、断面收缩率 ψ)和韧性(如冲击功 A_k 、冲击韧度 α_k)等。

强度是指金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。强度的高低是以金属材料单位横截面积上所能承受力的大小来表示的,它是机械零件和结构设计时评定、选择金属材料的重要依据。

塑性是指金属材料在外力作用下断裂前发生的不可逆永久变形的能力。塑性好的材料不仅能进行塑性成形,而且在使用过程中万一出现超载的情况下,能通过塑性变形而避免突然断裂,从而带来安全。所以,大多数零件除要求具有足够的强度外,还必须有一定的塑性。

金属材料的强度和塑性可以通过先将金属材料制成标准拉伸试样,再对其进行拉伸试验而测得。

硬度是指金属材料抵抗比它更硬的物体压入的能力,是一个综合的物理量。通常,金属材料的硬度越高,耐磨性越好。金属材料的硬度通过硬度试验测定。

韧性是指金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力,可以用试样打断时所吸收的冲击功来表示。金属材料的韧性可以通过摆锤冲击试验测定。

2. 物理性能和化学性能

金属材料的物理性能包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性等。金属材料的化学性能包括耐蚀性、抗氧化性等。

某些特殊环境下工作的零件或构件,除要求满足力学性能外,还要求具有较高的某一项或几项物理性能或化学性能。例如飞机零件要选用密度小的铝合金制造;设计电器零件时要考虑金属材料的导电性;化工设备、食品机械、医疗器械等可采用不锈钢来制造。

二、金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料在实施具体加工工艺时的难易程度,是材料物理性能、化学性能和力学性能的综合。按工艺方法的不同,可分为铸造性能、可锻性、焊接性和切削加工性等。工艺性能直接影响零件的加工成本、加工质量和生产率,是零件和构件选材以及制订加工工艺时应考虑的重要因素之一。

第二节 常用金属材料

一、常用钢材

1. 钢材的供货形状

金属材料销售部门出售的钢材,通常由轧钢厂提供货源。钢材常见的供货形状有型钢(包括圆钢、方钢、扁钢、六角钢、八角钢、工字钢、槽钢、角钢)、钢板(包括厚度 $\leq 4\text{ mm}$ 的薄钢板、厚度为 $5\sim 20\text{ mm}$ 的中板及厚度 $> 20\text{ mm}$ 的厚钢板)、钢管(包括无缝钢管和焊接钢管)和线材,它们都有特定的规格(截面积及长度尺寸系列)。

制造机械设备时,合理选择材料的形状和规格,可以简化制造工艺,节省材料,降低制造成本。

2. 钢材的分类

根据化学成分的不同,通常将钢材分为碳钢和合金钢两大类。

含碳量在 $0.02\%\sim 2.11\%$ 的铁碳合金称为碳素钢,简称碳钢。常用碳钢的含碳量为 $0.08\%\sim 1.2\%$ 。按含碳量的不同,碳钢可分为低碳钢($w_c < 0.25\%$)、中碳钢($0.25\% \leq w_c \leq 0.60\%$)和高碳钢($w_c > 0.60\%$)。随含碳量增高,碳钢的强度、硬度升高,塑性、韧性降低。

如果在碳钢成分的基础上加入一定量的合金元素,如锰($> 0.8\%$)、硅($> 0.4\%$)、铬(Cr)、镍(Ni)、钼(Mo)、钨(W)等,就可熔炼成合金钢。由于合金元素在钢中发挥作用,使钢具有更高的强度、硬度、塑性和韧性,有的合金钢还具有较高的耐磨性、耐热性、耐蚀性等特殊性能。

3. 常用碳钢的分类、牌号、性能和用途

根据用途和冶金质量的不同,常将碳钢分为碳素结构钢、优质碳素结构钢和碳素工具钢三大类。

(1)碳素结构钢 一般碳素结构钢的含碳量 $< 0.3\%$,性能特点是塑性、韧性较高,强度、硬度较低。典型牌号是Q235—A,主要供货形状有型钢、热轧钢板、钢管和线材,用于建筑用材及制造不重要的机械零件(如螺钉、小轴、拉杆等)。

(2)优质碳素结构钢 优质碳素结构钢的牌号用两位数字标出,表示其平均含碳量的万分之几。如45钢,其平均含碳量为 0.45% 。

08、10、15、20钢属低碳钢,强度、硬度较低,塑性、韧性较高,具有良好的冷变形能力和焊接

性能,常用来制造冲压件、焊接件。当这类钢配以渗碳 + 淬火 + 低温回火热处理时,可获得表面硬、中心韧的性能,用于制造既要求耐磨又要求耐冲击的零件,如活塞销、齿轮等。

30、35、40、45、50 钢属中碳钢,配以调质热处理后,可获得优良的综合力学性能。其中,以 45 钢应用最为广泛,常用于制造轴、连杆、丝杠、齿轮等零件。

65、70 钢属高碳钢,进行淬火 + 中温回火热处理后,可获得较高的强度和弹性,主要用于制造弹簧、轧辊、钢丝绳等。

(3)碳素工具钢 碳素工具钢的牌号首位用“T”(碳字的汉语拼音字头)表示,其后面的数字表示其平均含碳量的千分之几。如 T8,表示含碳量为 0.8% 的优质碳素工具钢。高级优质碳素工具钢在牌号最后标注“A”,如 T10A。这类钢含碳量较高,且随含碳量的增加,硬度、耐磨性提高,而塑性、韧性降低,主要用来制造手动切削工具和不太重要的模具,如锉刀、手锯条、冲头、錾子等,常配以淬火 + 低温回火热处理。

4. 常用合金钢的分类、牌号、性能和用途

合金钢的牌号较多,工业上应用较广的有以下一些。

Q345,属低合金高强度结构钢。化学成分的特点是低碳、低合金,具有优良的冷变形能力和焊接性能,常用于制造较重要的冲压件和焊接件,如桥梁、船舶、压力容器等。

20CrMnTi,属合金渗碳钢。其 $w_c \approx 0.2\%$,其他各合金元素含量均小于 1.5%。当配以渗碳 + 淬火 + 低温回火热处理后,可获得表面高硬度、中心高韧性的性能,主要用来制造受较大冲击力作用的耐磨件,如汽车和拖拉机变速箱中的齿轮等。

40Cr,属合金调质钢。其 $w_c \approx 0.4\%$, $w_{Cr} < 1.5\%$ 。当配以调质热处理后,可获得更优良的综合力学性能,主要用于制造较重要的轴、连杆、螺栓等。

60Si2Mn,属合金弹簧钢。其 $w_c \approx 0.6\%$, $w_{Si} \approx 2\%$, $w_{Mn} < 1.5\%$ 。配以淬火 + 中温回火热处理后,可获得较高的弹性、屈强比和耐疲劳性能,主要用于制造重要的弹簧,如汽车板簧、测力弹簧等。

9SiCr,属量具刀具钢。其 $w_c \approx 0.9\%$,其他各合金元素含量均小于 1.5%。淬火 + 低温回火后,可获得较高的硬度和耐磨性,主要用于制造丝锥、板牙、铰刀等中低速切削刀具和各种量具。

Cr12,属冷作模具钢。其 $w_c \approx 2.2\%$, $w_{Cr} \approx 12\%$ 。适当热处理后,可获得极高的硬度和耐磨性、足够的强度和韧性,且具有热处理变形小的特点,主要用来制造冷冲模、冷锻模、搓丝板等。

W18Cr4V,属高速工具钢,又称高速钢。其 $w_c \approx 0.75\%$, $w_W \approx 18\%$, $w_{Cr} \approx 4\%$, $w_V < 1.5\%$ 。因合金元素含量较高,适当热处理后,在高温下(600℃)仍具有高硬度(即热硬性高),可用于制造车刀、钻头、铣刀等高速切削工具。

3Cr13,属不锈钢。其 $w_c \approx 0.3\%$, $w_{Cr} \approx 13\%$ 。由于 Cr 的作用,使钢具有优良的耐大气腐蚀的能力,并具有一定的硬度,主要用于制造医疗工具,如手术刀、手术剪等。

ZGMn13,属耐磨钢。其 $w_c \approx 1.2\%$, $w_{Mn} \approx 13\%$ 。铸态下硬而脆,通过水韧处理(类似于淬火操作),使钢硬度降低,便于加工。当使用时,受剧烈冲击或较大压力作用后立即硬化,从而达到耐磨的目的,主要用于制造坦克履带板、碎石机颚板等零件。

二、常用铸铁

铁矿石经高炉冶炼后,浇注到砂型或钢模中,即形成生铁锭。它是以 Fe、C、Si 为主要元素的复杂多元合金。

生产上常用的铸铁件,通常是以生铁锭为原料,以焦炭为燃料,并加入熔剂及废钢等经冲天炉熔化后浇入铸型而形成的。铸铁件既是铸造方法生产出的“产品”,又是机械加工中常用的毛坯。

铸铁件中的碳主要是以石墨形式存在的。按石墨的形状不同,可分为灰铸铁(石墨以片状形式存在)、可锻铸铁(石墨以团絮状形式存在)、球墨铸铁(石墨以球状形式存在)等。由于石墨本身的力学性能很低,相当于在钢的基体中存在空隙一样,减少了零件承载的有效面积;对于灰铸铁,其中的石墨片还存在尖角作用,在拉力作用下易形成裂纹的扩展,造成其力学性能降低很多,塑性很低,呈脆性。然而,也正因为石墨的存在,才使铸铁具有耐磨、耐压、减振、缺口敏感性低等优良性能,并且批量生产时成本低。所以,它广泛用来制造机床床身、支架、底座、减速器箱体等。

三、常用有色金属材料

工业上常将以 Fe 和 C 为主要元素的金属材料(钢和铁)称为黑色金属,而将其他元素为主的金属材料统称为有色金属。机械行业常用的有色金属是铝和铜及其合金。由于有色金属在自然界中的蕴藏量少、冶炼困难、消耗电能大以及成本高,故其产量和使用量都较黑色金属少。虽然它们的强度、硬度等力学性能较低,但具有某些特殊的物理性能和化学性能,如密度小,导电性、导热性和耐蚀性好等,已成为现代工业不可缺少的材料。

有色金属熔炼后可浇注成铸锭(如铝锭等),供铸造和锻造用;也可轧制成各种截面形状的型材,如各种规格的板、带、箔、管、棒和线材等。

四、钢铁材料的火花鉴别

钢铁材料的品种繁多,为便于识别,在存放时通常在钢材的端面涂上各种规定的颜色;对于小断面捆扎的钢材,则系上打有印记的金属标签。在零件的加工生产中,常会遇到无标记钢料或废旧料以及混料的情况,这时可以使用火花鉴别法来区分和选择。其方法是将不同种类的钢铁材料在砂轮上磨削,通过观察磨削时射出的火花形状、颜色等特征,大致确定材料的成分和牌号。

一般选直径为 150 mm、粒度号为 46~60 的氧化铝砂轮,砂轮转速选取 2800~4000 r/min,钢铁材料与砂轮接触时的压力适当。操作时,室内光线不要太亮或太暗,最好二人配合观察。观察结果与钢铁成分标准的试样火花图进行比较,以便得出正确结论。一般的火花由许多根线条状的火花束(流线)组成,火花束分为根部、中部和尾部,有节点、爆花和花尾。T12 钢的火花特征如图 1-1 所示,火花束呈暗红色,流线多且细密,火花束短粗,多次爆花,花多且重叠,花粉多。20 钢的火花束中流线较多,不太平直而带弧形,火花束为略带红色的草黄色,火花束较长,流线中部分支出来的线为芒线,它是碳元素专有的火花特征,芒线较粗,爆花为一次爆花,且分叉多。40 钢的火花特征是,火花束为黄亮色,流线较细长、尾部稍粗,爆花在中部出现。高速钢 W18Cr4V 的火花特征是,火花束为暗红色,首端、中部为断续流线,尾部膨胀下垂,火花

束细长,爆花极少。灰铸铁的火花特征是,火花束为暗红色,尾部为黄亮色,流线细、挺直,尾部变粗,有羽毛状尾花,火花束短。



图 1-1 T12 钢的火花示意图

第三节 钢的热处理

钢的热处理就是将钢在固态下加热到一定温度,经过保温,然后以适当的速度冷却,从而改善钢的内部组织,得到所需性能的工艺方法。

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。不同的热处理工序,常穿插在零件制造过程中的各个热、冷加工工序中进行。各工序之间的热处理称为中间热处理或预先热处理,主要用来消除上道工序遗留下来的某些缺陷,为下道工序作好准备。最后的热处理称为最终热处理,它主要用来进一步改善材料的性能,从而充分发挥材料的潜力,延长使用寿命,达到零件的使用性能要求。

一、热处理设备

根据热处理工艺和生产的需要,一般热处理车间的常用设备有热处理加热炉、控温仪表和冷却设备及质量检验设备。

常规热处理加热炉有各种规格的箱式电阻炉和井式电阻炉等。根据额定工作温度不同,又分为高温炉、中温炉和低温炉三类。RX 型中温箱式电阻炉的结构如图 1-2 所示。

炉子型号用字母加数字来表示,如 RX30—9,表示炉子为最高使用温度为 950 ℃、额定功率为 30 kW 的箱式电阻炉(R 表示电阻炉,X 表示箱式),箱式炉可用来加热除长轴类零件之外的其他形状的热处理件。RJ36—6 是井式电阻炉(J 表示井式),第一组数字 36 表示炉子的额定功率为 36 kW;第二组数字 6 表示炉子的最高使用温度为 650 ℃。井式炉可用来加热长轴类零件,一般是垂直吊装,以防工件因自身重量导致在加热时变形。其他形状零件可先装入料筐后再放入

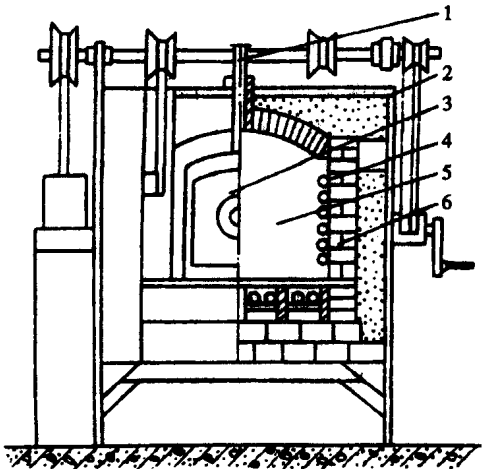


图 1-2 RX 型中温箱式电阻炉

1—热电偶 2—炉壳 3—炉门
4—电阻丝 5—炉膛 6—耐火砖

炉内。

二、热处理方法

1. 钢的退火

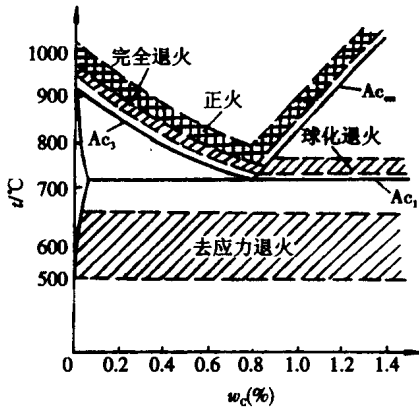


图 1-3 退火和正火的加热温度范围

退火是将钢加热到一定的温度(如图 1-3 所示),保温一定的时间后再缓慢冷却下来的热处理操作。缓冷方法通常采用随炉冷却、灰冷及坑冷。退火的目的是:①均匀组织,细化晶粒,主要用于铸钢件;②消除工件的内应力,主要用于消除铸件、锻件、焊接件的内应力;③降低工件硬度,便于切削加工。

2. 钢的正火

正火是将钢加热到 Ac_3 (或 Ac_{cm}) 以上 $30 \sim 50^\circ\text{C}$ (45 钢的加热温度为 850°C), 进行保温后出炉空冷至室温的热处理操作。由于冷却速度比退火快, 所以, 正火件比退火件的硬度、强度稍高, 而塑性、韧性稍低。对不重要的零件可作为最终热处理。

低碳钢正火后的硬度适中, 更适合切削加工, 又由于正火冷却时不占用炉子, 可使生产率提高, 成本降低, 故多用正火来代替退火。中碳钢用正火作为中间热处理时, 可消除过热组织, 细化晶粒, 改善切削加工性能, 并为淬火作组织准备。高碳钢和部分合金钢正火后硬度较高, 不利于切削加工, 但可消除晶界上的碳化物, 为球化退火作组织准备。

3. 钢的淬火

淬火是将钢件加热到 Ac_3 或 Ac_1 以上某一温度, 保温后出炉快速冷却的热处理操作。淬火时的冷却介质称为淬火剂。常用的淬火剂有油、水和盐水。油的冷却能力较低, 多用于合金钢淬火。水的冷却能力较强, 多用于碳钢件淬火。盐水的冷却能力更强, 多用来处理较大尺寸件的碳钢件。但是, 冷却速度愈快, 愈易造成工件内部冷却不均, 产生较大内应力, 致使工件变形, 甚至出现裂纹。所以, 在同样满足淬硬要求的前提下, 应尽量选用冷却能力小的淬火剂。

把加热保温后的钢件浸入水或油中冷至室温, 这种淬火方法叫单液淬火。有的工件为保证既淬硬又不因冷速过大而变形或开裂, 采用水淬油冷的双介质淬火。它是将保温后的钢件取出后先在水中快速冷却, 当温度降到 300°C 左右时, 立即从水中取出再放入油中冷却至室温。这种方法对高碳钢件或尺寸较大的合金钢件, 效果较好。

淬火操作时, 要注意淬火工件浸入淬火剂的方式。如果浸入方式不正确, 可能使工件各部分冷却速度不一致, 造成很大的内应力, 使工件变形甚至产生裂纹或局部淬不硬。

淬火可以显著地增加钢的硬度, 提高钢的耐磨性。当与回火热处理配合时, 可使钢的力学性能在很大范围内得到调整, 并能减小或消除淬火产生的内应力, 降低钢的脆性。

4. 钢的回火

回火是将淬火后的钢重新加热到某一温度(临界温度线 Ac_1 以下), 保温一定时间后空冷或油冷至室温的热处理操作。依据回火时的加热温度不同, 可把回火分为低温回火、中温回火和高温回火。

低温回火的加热温度为 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 。它可以部分地消除淬火造成的内应力, 降低钢的脆

性,提高钢的韧性,同时仍保持高硬度。故多用来对工具、量具、刀具进行处理。

中温回火的加热温度为 $350 \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。淬火件经中温回火后,可消除大部分内应力,提高钢的韧性和强度,尤其是使钢获得了高弹性,但硬度稍有降低,一般用于处理弹簧、锻模等零件。

高温回火的加热温度为 $500 \sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。高温回火后,可以完全消除内应力,使零件具有高强度与韧性相配合的良好的综合力学性能,这也是很多机械零件如轴、连杆、曲轴等所要求的性能,故这种回火在热处理行业中经常使用。工件淬火后再经高温回火,此工艺过程统称为调质处理。

淬火后的钢在 $250 \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 回火时,易出现回火脆性。所以,一般不选择在此温度范围内回火。

5. 钢的表面淬火

表面淬火是利用快速加热使钢件表面迅速达到淬火加热温度,在热量还来不及传到钢件中心时就快速冷却下来的热处理操作。表面淬火可以保持心部原来的强度和韧性,而使表层获得高硬度、高耐磨性。它主要用于承受冲击载荷,而且表面又要求耐磨的零件,如齿轮、凸轮等零件的处理。常用的表面淬火方法分为感应加热表面淬火和火焰加热表面淬火。

(1) 感应加热表面淬火 图 1-4 所示为高频感应加热表面淬火示意图,它是将工件放在铜管制成的感应器内,给感应器通以高频率的交流电,在感应器周围产生交变磁场,于是工件内产生同频率的感应电流——涡流。由集肤效应可知,感应电流在工件截面上的分布是不均匀的,表层电流密度大,中心部位几乎为零。依靠电流在钢件内的电阻热效应,使工件表层在几秒钟内就被加热到了淬火加热温度。而钢件心部电流很小,产生的热量很少,表层热量又来不及传到心部,所以温度不高。随后工件下移,喷水套喷出的水(淬火剂)使表面淬火。

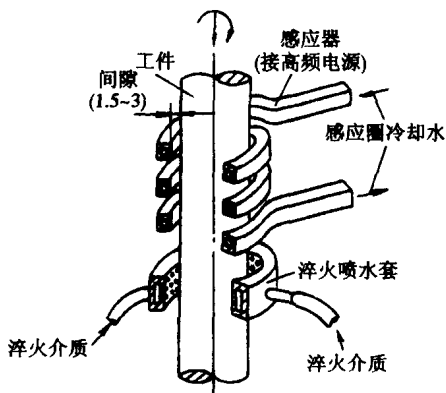


图 1-4 高频感应加热表面淬火示意图

感应器通入交流电时,自身也会产生电阻热,故需通水冷却。为使工件圆周方向上加热均匀,防止淬火后硬度不一致,工件还需要自转。工件的淬硬层深度主要取决于电流频率。频率愈高,工件内的感应电流愈集中于表层,所得淬硬层愈浅。按电流频率高低不同,感应加热表面淬火分为高频($> 100\text{ kHz}$)、中频($0.5 \sim 10\text{ kHz}$)和工频(50 Hz)。生产上常用的是高频($200 \sim 300\text{ kHz}$)淬火,淬硬层深度为 $0.5 \sim 2\text{ mm}$ 。

(2) 火焰加热表面淬火 它是利用氧-乙炔火焰或氧-煤气火焰将工件表面迅速加热到淬火温度,然后喷水冷却。这种方法设备简单,投资少,但质量不够稳定,一般用于单件小批生产及大件的局部表面淬火。

6. 钢的化学热处理

化学热处理是将热处理工件放在某些化学介质中,加热到一定温度并保温一定时间,使一种或几种元素的活性原子渗入工件的表层,以改变表层的化学成分和组织的热处理操作。它可以更大程度地提高零件表面的硬度、耐磨性等,而心部仍保持原有的性能。化学热处理方法是按渗入元素种类命名的,最常用的是渗碳、渗氮及碳氮共渗。

按渗碳剂不同,渗碳方法可分为固体渗碳、液体渗碳和气体渗碳。生产上常用的是气体渗碳。它是将工件装入密封的井式气体渗碳炉中,加热至 900~950℃,滴入煤油。煤油分解出活性[C]原子,进而被工件表面吸附,并向内扩散。炉内有风扇,其作用是使工件加热均匀,工件各处均被活性[C]包围。多余的气体从废气管中溢出,并要点燃,以防污染环境。

渗碳适用于低碳钢或合金渗碳钢件的热处理,可使零件表层 1~2 mm 厚度内的含碳量提高到 0.8%~1.2%。当渗碳件淬火并回火后,可获得表层高硬度和高耐磨性,心部仍为高韧性的效果,主要用来处理承受冲击力且在强烈摩擦条件下工作的零件,如活塞销、凸轮轴、汽车变速齿轮等。

渗氮俗称氮化。常用的气体渗氮方法是将工件加热到 550℃左右通入氨气,分解出的活性[N]被工件表面吸附,在工件表层形成极硬的氮化物薄层。它可以大大提高表面硬度和耐磨性,还具有一定的耐热性、耐蚀性。因加热温度低,工件变形很小,主要用于处理高精度的受冲击载荷不太大的耐磨件,如精密机床主轴、镗床镗杆、高速传动齿轮等。

把活性[C]、[N]原子同时渗入工件的工艺方法称为碳氮共渗。低温下(550℃左右)的氮碳共渗又俗称气体软氮化。它主要以渗氮为主,又兼有渗碳的优点,虽然渗层薄,但硬度很高且不脆,具有较高的抗咬合和防擦伤能力,广泛用于模具、量具和耐磨件的处理。

三、热处理时产生的缺陷及防止方法

在热处理过程中,若工艺参数选择不佳、仪表误差过大或操作不当,就会使工件产生缺陷。常见的缺陷有:过热、过烧、氧化、脱碳、硬度不足、硬度不均、变形及裂纹等。

退火、正火、淬火的加热温度主要取决于钢的化学成分;保温时间应以零件心部组织得以充分转变为准,常用经验公式 $t = KD(\text{min})$ 来确定。式中, K 为与炉子等有关的系数(常取 1~1.5 min/mm); D 为工件的直径或截面尺寸(mm)。加热温度太低,保温时间太短,达不到钢的组织全部转变的目的,其结果是退火退不软、淬火淬不硬或硬度不均;加热温度过高,保温时间过长,会使钢的晶粒变粗(称为过热),导致塑性和韧性显著降低。当加热温度高到近熔点时,会使晶界上的部分杂质熔化或严重氧化(称为过烧),造成工件报废。另外,若加热温度过高,在加热和保温时,炉内的氧化性气氛会使工件表面的金属氧化和钢中的碳原子烧损(称为脱碳)。因此,要想防止或减少这些缺陷,就必须严格控制加热温度和保温时间。

在淬火时,冷却速度很快,工件心部与表层的冷缩及转变不同时,会产生很大的内应力,甚至引起工件的变形和裂纹。因此,要选择合适的淬火剂和淬火方法,以及正确的操作。

四、锤头的热处理工艺

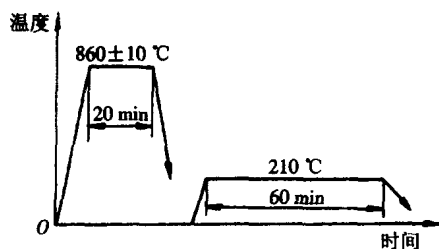


图 1-5 锤头热处理工艺曲线

锤头的形状与尺寸如图 10-61 所示(170 页),材料选用 45 钢,硬度要求为 53~57 HRC,采用淬火+低温回火热处理方法。

生产工艺流程为:下料→锻造→粗刨→钳工制作→淬火+低温回火→检验。热处理工艺曲线如图 1-5 所示。

各热处理工序的作用及注意事项:淬火,用以提高硬度和耐磨性。为减小锤头表面氧化、脱碳,

淬火加热时要在炉内放入少量木炭,并采用到温装炉(空炉升温至淬火加热温度,再将工件装入炉内进行保温)。淬火冷却时,手持钳子夹持锤头入水,并不断在水中摆动,以保证硬度均匀。低温回火,用以减小淬火产生的内应力,增加韧性,降低脆性,达到硬度的要求。

复习思考题

1. 钢和铸铁有哪些区别?
2. 机械零件选材时要考虑哪些主要因素?
3. 对低、中、高碳钢等材料怎样进行火花鉴别? 并说明其火花特征。
4. 何谓热处理? 它在零件制造中的重要作用是什么?
5. 试比较退火与正火的异同点。
6. 淬火的目的是什么? 水淬与油淬有什么不同? 分别在何种情况下选用?
7. 什么叫回火? 目的是什么? 回火温度对钢的性能有什么影响?
8. 何谓调质处理? 其目的是什么?
9. 表面淬火与普通淬火有什么区别?
10. 要获得表面很硬、心部有足够韧性的低碳钢齿轮,可采用何种热处理方法? 为什么?

第二章 铸 造

铸造是将金属熔化并浇注到具有与零件形状相适应的铸型型腔中,待其冷却凝固后,获得毛坯或零件的方法。

铸造所得的毛坯或零件统称铸件,铸造后还需加工者称毛坯,不需加工直接使用者称零件。

铸造的方法很多,主要分砂型铸造与特种铸造两大类。最基本的是砂型铸造,其工艺过程如图 2-1 所示。主要工艺过程为制模、配砂、造型、造芯、熔化金属、合箱浇注和清理检验等。

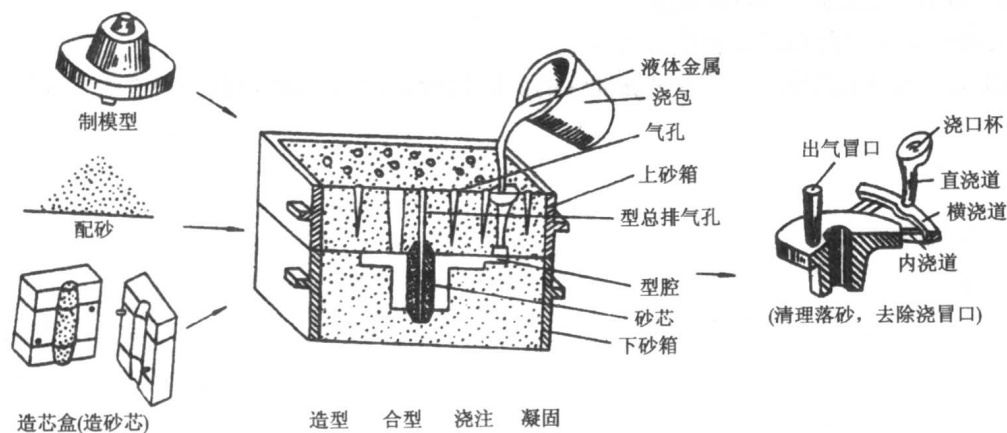


图 2-1 砂型铸造工艺过程

特种铸造主要有熔模精铸、金属型铸造、压力铸造、离心铸造等。

铸造的特点是金属在液态下成形,即熔化的液体金属在一定压力作用下充满铸型而获得铸件。因此,铸造是制造各类机器零件或毛坯的主要方法(见表 2-1)。

铸造生产适应性广,几乎可以铸造各种合金、任何形状的零件;铸件的重量可轻仅几克,重至数百吨,壁厚也可由 0.5 mm 到 1 m;铸造所用原材料来源广泛,生产设备简单,成本低廉。但铸造过程工序多,对铸件的质量较难精确控制,其力学性能一般不如锻件高,因此凡承受载荷或交变载荷的重要受力件,目前很少使用铸件。

表 2-1 各类机械中铸件的重量比

机械类别	%
机床、内燃机、重型机器	70 ~ 90
风机、压缩机	60 ~ 80
拖拉机	50 ~ 70
农机	40 ~ 70
汽车	20 ~ 30