

高等学校教材

机械制造基础

郝兴明、史保萱 主编

兵器工业出版社

高等学校教材

机械制造基础

主 编 郝兴明 史保萱

副主编 王献民 蔚晓嘉

江苏工业学院图书馆
藏书章

兵器工业出版社

内 容 提 要

《机械制造基础》是根据国家教委金属工艺学课程教学小组对金工实习进行教学改革、专业调整和评估考核的精神,总结了有关理工科院校金工实习的情况,并结合我们多年金工实习与教学的经验而编写的。内容包括:钢铁材料及热处理、铸造、锻压、焊接、常用量具、钳工、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、微机数控和特种加工,共 12 章。

本教材叙述简练,深入浅出,直观形象,图文并重,对初学者比较容易掌握。

本教材可作为高等理工科院校机械类和近机类各本科专业的金工实习教材和讲课教材,也可供专科学校、成人高校选用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/郝兴明,史保萱主编. —北京:兵器工业出版社,2001.5
ISBN 7-80132-958-9

I. 机… II. ①郝… ②史… III. 金属加工-工艺学 IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 21312 号

出版发行:兵器工业出版社
责任编辑:李翠兰
社 址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号
经 销:各地新华书店
印 刷:华北工学院印刷厂
版 次:2001 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
印 数:1-1000

封面设计:丰零图文设计
责任校对:史保萱
责任印制:莫丽珠
开 本:787×1092 1/16
印 张:17.25
字 数:427.4 千字
定 价:22.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

《机械制造基础》是高等理工科大学机械类和近机类各专业的一门必修的、综合性的实践技术基础课。本课程通过金工实习,将为学生学习后续课程及今后从事机械制造和机械设计,打下必要的实践基础。随着课程改革的发展及后续课程的需要,金工实习的目的和作用已大大深化和拓宽。因此,实习内容也必须充实和加强。

本教材是根据新颁布的有关国家标准及《高等工业学校金工实习教学基本要求》精神,并结合我们多年金工教学实践经验而编写的。在编写过程中,除吸取现有同类教材的优点外,还增加了一些新的内容,并作了一定的分析。对各工种所用设备和工具的使用方法及加工过程都有较详细的说明。为了帮助学生灵活而更好地消化和掌握所学知识、提高学习兴趣,每章后均选编一定量的复习思考题,以期加强理论联系实际和培养学生分析问题和解决问题的能力,也为教师辅导金工实习、检查学生实习效果提供了参考。

本书由郝兴明、史保萱主编,王献民、蔚晓嘉副主编;由北京清华大学李家枢教授、太原理工大学李世琮教授审定。编者分工:袁庆龙(第一章);郝兴明(第二、三章);史保萱(第四、五、六章);蔚晓嘉(第七、十章);韩世平(第八、十一章);王献民(第九、十二章)。

本书在编写、定稿过程中,得到山西省金工教学研究会和太原理工大学机械工程学院王明珠教授、杨胜强教授的支持和帮助,在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者理论水平和教学经验所限,书中错误与不妥之处在所难免,敬请读者和各校教师同行提出批评建议,共同搞好本门课程的教材建设工作,不胜企盼!

编者

2001年1月

于太原理工大学

目 录

第一章 钢铁材料及热处理	(1)
§ 1—1 概述	(1)
§ 1—2 钢铁材料的基础知识	(1)
§ 1—3 钢的热处理	(6)
复习思考题	(13)
第二章 铸 造	(15)
§ 2—1 概述	(15)
§ 2—2 造型材料	(16)
§ 2—3 造型	(21)
§ 2—4 造芯	(35)
§ 2—5 合型	(38)
§ 2—6 铸铁的熔炼和浇注	(39)
§ 2—7 铸件的落砂、清理和缺陷分析	(44)
§ 2—8 铸造工艺及模样结构特点	(48)
§ 2—9 特种铸造	(55)
复习思考题	(57)
第三章 锻 压	(61)
§ 3—1 概述	(61)
§ 3—2 坯料的加热和锻件的冷却	(61)
§ 3—3 自由锻	(65)
§ 3—4 锤上模锻和胎模锻	(77)
§ 3—5 板料冲压	(79)
复习思考题	(84)
第四章 焊 接	(86)
§ 4—1 手工电弧焊	(87)
§ 4—2 气焊	(96)
§ 4—3 氧气切割	(102)
§ 4—4 埋弧自动焊	(105)
§ 4—5 气体保护焊	(106)
§ 4—6 其他焊接方法	(108)
复习思考题	(111)
第五章 常用量具	(113)
§ 5—1 常用量具	(113)
§ 5—2 量具的保养	(120)
复习思考题	(121)

第六章 钳 工	(122)
§ 6—1 概述	(122)
§ 6—2 划线	(123)
§ 6—3 钻孔、扩孔和铰孔	(130)
§ 6—4 攻丝和套扣	(134)
§ 6—5 锯切	(137)
§ 6—6 锉削	(141)
§ 6—7 錾削	(145)
§ 6—8 刮削	(148)
§ 6—9 装配与拆卸	(151)
§ 6—10 钳工实习件	(156)
复习思考题	(159)
第七章 车削加工	(161)
§ 7—1 普通车床	(162)
§ 7—2 车刀	(170)
§ 7—3 车床操作加工基础	(173)
§ 7—4 各种表面的车削	(182)
§ 7—5 零件的车削工艺	(194)
复习思考题	(196)
第八章 铣削加工	(198)
§ 8—1 概述	(198)
§ 8—2 铣床	(199)
§ 8—3 工件的安装方法	(202)
§ 8—4 铣刀及其安装	(205)
§ 8—5 铣削方法	(208)
复习思考题	(212)
第九章 刨削加工	(213)
§ 9—1 牛头刨床	(215)
§ 9—2 刨刀的选择与安装	(218)
§ 9—3 工件的装夹	(219)
§ 9—4 刨削基本方法	(221)
§ 9—5 其他刨削类机床	(224)
复习思考题	(227)
第十章 磨削加工	(228)
§ 10—1 概述	(228)
§ 10—2 砂轮	(229)
§ 10—3 磨床	(231)
§ 10—4 磨削方法	(235)
复习思考题	(240)

第十一章 微机数控机床.....	(241)
§ 11—1 数控基础	(241)
§ 11—2 数控车床	(246)
§ 11—3 数控铣床	(248)
复习思考题.....	(257)
第十二章 特种加工.....	(258)
§ 12—1 概述	(258)
§ 12—2 电火花加工	(259)
§ 12—3 电火花线切割加工概述	(260)
§ 12—4 数控线切割加工	(261)
复习思考题.....	(268)

第一章 钢铁材料及热处理

§ 1—1 概述

机械制造工业中使用的材料,目前仍以钢铁为主。钢铁材料之所以获得如此广泛的应用,是由于它具有一定的力学性能、工艺性能和良好的使用性能。并通过热处理等工艺方法改变其内部组织结构,从而改善和提高性能,可满足在不同使用条件下对零件的要求,达到提高产品质量,延长使用寿命的目的。

钢铁材料是铁和碳的合金,有时还含有为改善性能而加入的其它合金元素(如铬、钼、钨、钒、钛等),使其具有一定的特殊性能。随成份、加工方法和热处理的不同,其性能可以在很大范围内变化。钢铁通常使用的形式有钢材(即轧钢件)、锻钢件、铸钢件和铸铁件等。在机器制造中所用的金属材料以合金为主,很少使用纯金属,原因是合金通常比纯金属具有更好的力学性能和工艺性能。

合金是以一种金属为基础,加入其它金属或非金属,经过熔炼、烧结或其它方法而制成的具有金属特性的材料。最常用的合金,有以铁为基础的铁碳合金,如碳素钢、合金钢、灰口铸铁等;还有以铜或铝为基础的铜合金和铝合金,如青铜、黄铜、硅铝明等。

§ 1—2 钢铁材料的基础知识

一、钢铁材料的类别、牌号、性能和用途

钢和铁都是以铁(Fe)和碳(C)为主要成分的合金。通常把含碳量小于0.02%的铁碳合金称为纯铁;含碳量在2%以上的铁碳合金称为铸铁;含碳量在0.02%~2%之间的铁碳合金称为钢(通常工业用钢的含碳量为0.08%~1.2%)。钢和铁中除含有Fe和C元素外,还含有少量的Si、Mn、P、S等杂质,其中S、P是钢铁中的有害元素,要严格控制其含量。

由于纯铁的含碳量很少,强度、硬度较低,在实际生产中应用较少。钢具有良好的力学性能,可以满足一般机械零件的使用性能要求,而且还能进行锻造、轧制、焊接和切削加工,因此钢得到广泛应用。一般情况下,随含碳量的增高,钢的强度、硬度升高,塑性、韧性降低。如果在碳钢的基础上加入一定量的合金元素,如锰($W_{Mn} > 0.8\%$)、硅(W_{Si})、铬(W_{Cr})、镍(W_{Ni})、钼(W_{Mo})、钨(W_W)、钒(W_V)、钛(W_{Ti})等,就可形成合金钢。由于合金元素的加入,使钢具有更高的强度、硬度及塑性、韧性,有些合金元素还可使钢具有较高的耐磨性、耐热性和耐蚀性等特殊性能。

工业上所用的铸铁含碳量一般在2.5%~4%之间,另外含有一定量的Si、S、P等杂质元素,由于铸铁中含有较多的碳和杂质,其力学性能一般说来比钢差。

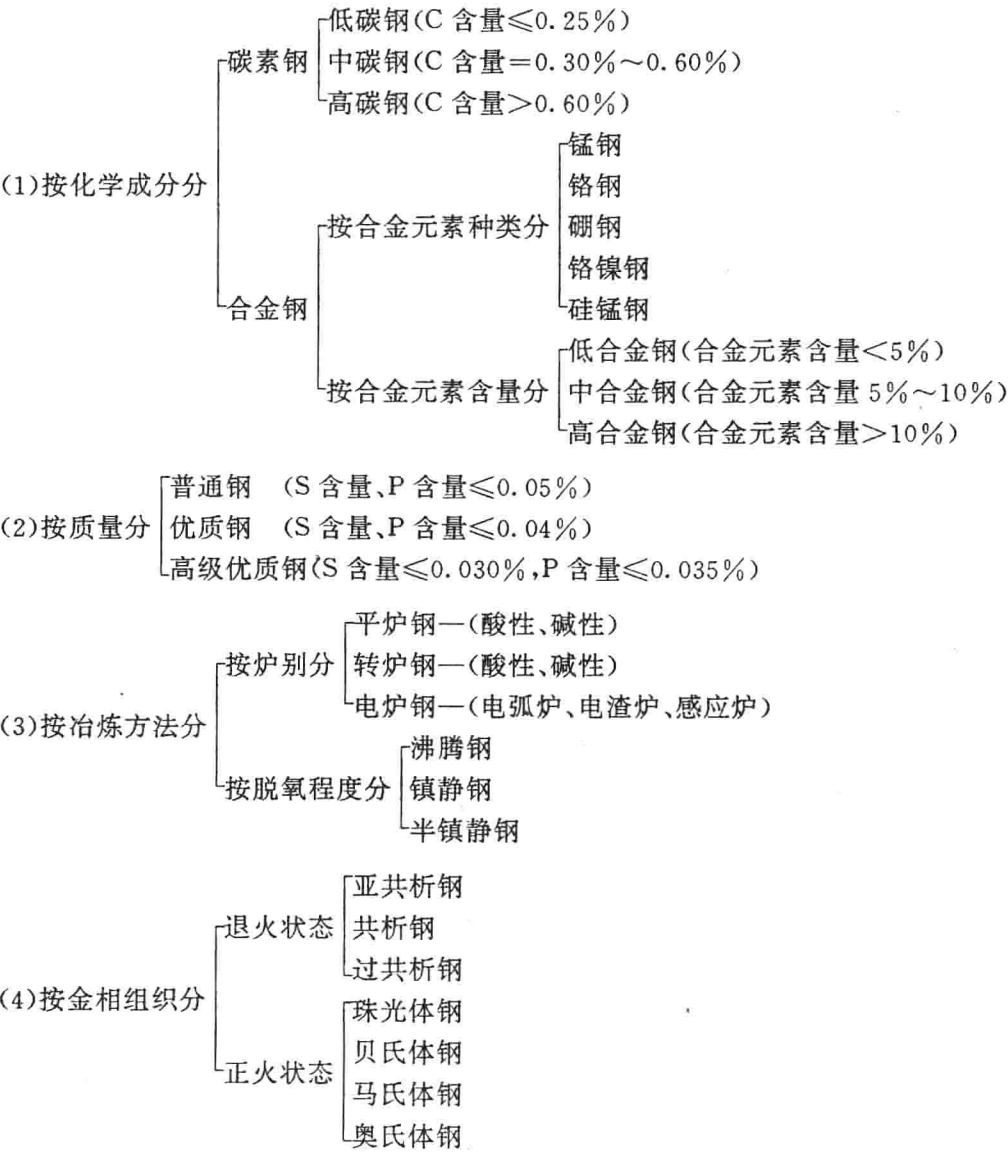
最常用的铸铁品种是灰铸铁。在铸铁中,碳主要以片状石墨的形式存在,断口呈暗灰色。石

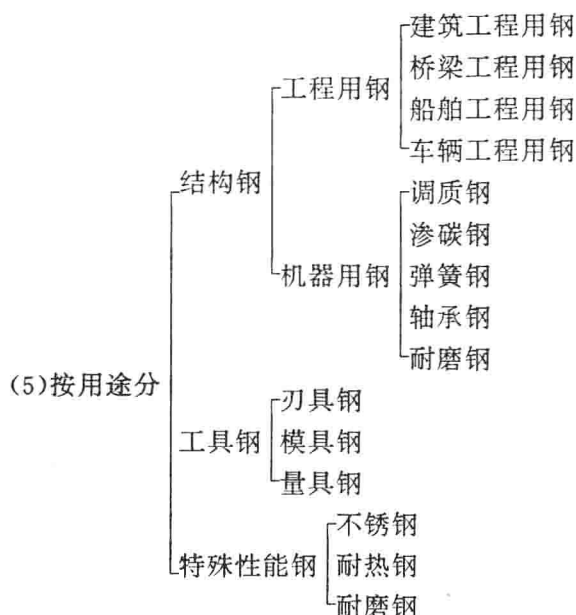
墨虽然削弱了基体组织的连续性,使铸铁抗拉强度、塑性及韧性等指标降低,但却使铸铁获得了优良的切削性能和良好的减震性。同时,石墨还是一种很好的固体润滑剂,石墨还可以吸附润滑油,因此铸铁具有很好的耐磨性。

铸铁熔点比钢低得多,流动性好,冷却过程中收缩小,这使熔炼设备和生产工艺比铸钢相对简单,成本也比较低。因此,铸铁在工业上得到非常广泛的应用。

1. 钢的分类

钢的种类繁多,通常采用综合分类法,将钢分为碳素钢和合金钢两大类。为了便于生产、使用和研究,可按化学成分、质量、冶炼方法、金相组织和用途对钢进行分类。





2. 常用碳素钢的牌号、性能和用途

(1)普通碳素结构钢 一般 $W_c < 0.03\%$, 这类钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四部分按顺序组成。典型牌号是 Q235—A, 符号中 Q 表示“屈”, 后面数字表示屈服强度 $\sigma_s \geq 235\text{MPa}$; 最后一个字母表示质量级别为 A 级。这类钢适用于一般工程用热轧钢板、型钢、钢带、棒钢等, 可供焊接、铆接、栓接构件和不重要的机械零件。

(2)优质碳素结构钢 这类钢的钢号用两位数字表出, 表示平均含碳量的万分之几。例如 45 钢, 其平均含碳量为 0.45%。

10、15、20、25 钢属低碳钢, 低碳钢的强度、硬度较低, 塑性、韧性较高, 具有良好的冲压性能和焊接性能, 因此常用来制造冲压件、焊接件。这类钢经过渗碳后再进行热处理, 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 钢属于中碳钢, 中碳钢经过调质热处理后, 可获得优良的综合力学性能。主要用于制造齿轮、轴类等零件。其中 45 钢的强度和塑性配合最好, 因此成为机械制造中应用最广泛的钢种。

55、60、65、70 钢为高碳钢, 高碳钢经过淬火加中温回火热处理后, 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 这类钢的牌号冠以“碳”或“T”, 其后面的数字表示平均含碳量的千分之几, 这类钢的含碳量在 0.65%~1.35% 之间。如 T8 表示 $W_c \approx 0.8\%$ 的优质碳素工具钢。若在钢号后加“A”字母表示高级优质碳素工具钢, 如 T10A。随含碳量的增加, 其强度、硬度、耐磨性提高, 但塑性、韧性降低。这类钢经过淬火后加低温回火热处理, 可用来制造手动切削工具和不太重要的模具, 如锉刀、车刀、手工锯条、冲头、钻头、铰子等。

3. 常用合金钢的牌号、性能和用途

我国合金钢的编号, 采用汉字和化学元素符号并用的原则, 例如合金元素锰就用“锰”或“Mn”来表示。工业上应用较为广泛的合金钢有:

16Mn, 属普通低合金钢。其中 $W_c \approx 0.16\%$, $W_{Mn} < 1.5\%$ 。这种钢具有优良的冲压性能和

焊接性能,常用于制造冲压件和焊接件,如车辆、船舶、压力容器、桥梁等。它发展最早,应用最多,产量最大。

20CrMnTi,属合金渗碳钢。其中 $W_c \approx 0.2\%$,其中各合金元素含量均小于 1.5% 。这种钢经渗碳+淬火+低温回火后,可获得表面硬中心韧的性能,主要用来制造受冲击的耐磨件,如汽车变速箱中的齿轮、轴等。

40Cr,属合金调质钢。其 $W_c \approx 0.4\%$, $W_{Cr} < 1.5\%$ 。这种钢经调质热处理后,可获得更优良的综合力学性能,用来制造比较重要的轴、连杆、连杆螺栓等。

60Si2Mn,属合金弹簧钢。其 $W_c \approx 0.6\%$, $W_{Si} \approx 2\%$, $W_{Mn} < 1.5\%$ 。这种钢经淬火+中温回火热处理后,可获得较高的弹性和耐疲劳性,且具有很高的强度,主要用于制造重要的弹簧,如汽车板簧。

9SiCr,属低合金工具钢。其中 $W_c \approx 0.9\%$ 。其他各合金元素含量均小于 1.5% 。这种钢经适当热处理后可获得较高的硬度和耐磨性,主要用来制造丝锥、板牙、铰刀等低速切削工具。

W18Cr4V,属高合金工具钢,亦称高速钢。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,故硬度和耐磨性也较高,可用来制造车刀、钻头、铣刀、拉刀、齿轮刀具等高速切削工具。

4Cr13,属不锈钢。其 $W_c \approx 0.4\%$, $W_{Cr} \approx 13\%$ 。由于铬的作用,这种钢具有优良的耐大气腐蚀的能力,并具有一定的硬度,主要用来制造医疗工具,如手术刀、手术剪等。

ZGMn13,属耐磨钢。ZG表示铸钢,其 $W_c \approx 1.2\%$, $W_{Mn} \approx 13\%$,规定含碳量 $\geq 1\%$ 时前面不写数字。铸态下硬而脆,通过水韧处理(类似淬火操作),使钢的硬度降低,便于加工。这种钢在使用时,受高压或冲击作用后立即硬化,从而达到耐磨的目的。主要用于制造破碎机的衬板、球磨机的衬板、挖掘机的斗齿、拖拉机和坦克的履带板、铁路的道叉、防弹钢板等。

4. 铸铁的分类及应用

铸铁是人类使用最早的金属材料之一。由于铸铁具有许多优良的性能以及生产方法简便、成本低廉等优点,因而到目前为止,铸铁仍然是应用最广泛的材料。

生产上常用的铸铁件,其铸铁中的碳主要是以石墨的形式存在。根据碳在铸铁中存在形式及石墨的形态,可将铸铁分为灰口铸铁(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)。由于石墨本身的力学性能很低,石墨的存在相当于钢的基体中存在空隙一样,减少了承载的有效面积。尤其是灰口铸铁,石墨片存在尖角形成缺口,造成应力集中。这样使工件在承载不大的情况下,其石墨尖角处实际应力却已很大,促使材料从局部开裂并迅速扩展,形成脆性断裂,这就是铸铁抗拉强度低、塑性和韧性差、脆性大的原因。

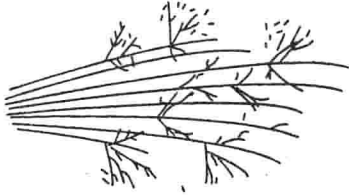
然而,也正因为铸铁中石墨的存在,才使铸铁具有耐磨、耐压、减振、缺口敏感性低等优良性能。并且,批量生产时成本低,投产快。所以,铸铁广泛用来制造机床床身、床头箱、支架、底座以及其它要求耐磨、耐压和形状比较复杂的机械零件。

二、钢铁材料的火花鉴别

钢铁材料的牌号种类繁多,为了便于识别保管和使用,通常在每种材料的端面涂上各种规定的颜色;对于小断面捆扎材料,则系上打有印记的金属标牌。在实际生产中经常会遇到各种无标记的钢料或废料、旧料,这种情况下使用简易的火花鉴别法判断,即利用不同种类的钢铁

材料,在砂轮机上以一定的转速磨削时会产生不同形式的火花形状。根据火花形状可大致确定其材料的成分和牌号,见表 1-1。

表 1-1 常用钢铁材料的火花特征

材 料	火 花 特 征	火 花 形 状
20 钢	浅黄带微红色。流线长、尾部稍粗,火花量少且在火束的中部区域出现	
45 钢	黄亮色。流线较细长、尾部稍粗,火花在火束中部区域出现	
T10	橙红。流线很多、很细、挺直,火花布满整个火束,火束短而粗	
40Cr	白亮色。流线稍粗、最多,火花附近有明亮节点,火束较大	
W ₁₈ C ₄ V	暗红色。首端、中部为断续流线、尾部膨胀下垂,火束细长,火花极少	
灰铸铁	暗红色。尾部为黄亮色。流线细、挺直,尾部变粗,有羽毛状尾花,火束短	

三、金属材料的力学性能

金属及合金材料的力学性能是指材料受外力作用时所反映出来的性能。它是衡量金属材料极其重要的指标。当制造机器设备或制造其它机件进行选材时,首先必须考虑的就是材料的有关性能。材料性能一般分为使用性能和工艺性能两大类。材料的使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能等;材料的工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能和切削加工性能等。这些性能的好坏,直接关系到材料在冷、热加工过程中的难易程度、机件的质量和成本。常用的

金属力学性能指标及涵义见表 1-2。

表 1-2 常用的金属力学性能指标及其涵义

力学性能	性 能 指 标			涵 义 说 明
	名 称	代 号	单 位	
强 度	抗拉强度	σ_b	MPa	材料拉断前的最大应力。当材料单位面积上受的力 $\geq \sigma_b$ 时,就会被拉断
	屈服点	σ_s	MPa	材料对微量塑性变形的抵抗能力。当材料单位面积上受的力 $\geq \sigma_s$ 时,出现塑性变形
硬 度	布氏硬度	HB	习惯不写	试样单位压痕面积上所受的载荷。用于较软材料的硬度测试
	洛氏硬度	HRC		据特定载荷下的压痕深度来衡量,压痕愈浅,硬度愈高。用于测试较硬的材料
塑 性	伸长率	δ		试样纵向相对伸长的变形量, δ 愈大,材料的塑性愈好
	断面收缩率	ψ	—	试样横向相对收缩的变形量, ψ 愈大,材料的塑性愈好
韧 性	冲击韧度	α_k	J/cm ²	冲断试样时,单位面积上消耗的冲击吸收功。 α_k 愈大,材料的韧性愈好

§ 1—3 钢的热处理

热处理是将金属在固态下通过加热、保温冷却等方式,改变其内部组织,从而获得所需要性能的一种工艺方法。由此,可以充分发挥金属材料性能潜力,延长其使用寿命,并可改善加工性能,对节约钢材和提高产品质量有着重要意义。所以,大多数机械零件都要进行热处理。热处理与铸造、锻压、焊接和切削加工等加工方法不同,其目的只是改变金属材料的组织和性能,不改变零件的形状和尺寸。

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。热处理方法不同,所得效果也不同。各种热处理工序常穿插于热、冷加工工序中进行,这是因为热处理既可以作为预先工序消除上一工序所遗留的某些缺陷,以便为下一工序准备好条件。也可作为最终工序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,达到零件的使用要求。

热处理的工艺过程,包括下列三个步骤:

(1)以一定的速度把零件加热到规定的温度范围。这个加热温度范围可根据不同金属材料、不同热处理要求确定。

(2)在上述温度下保温,使工件全部均匀热透。

(3)最后以某种速度将工件冷却到所需要的温度。

钢的热处理工艺曲线可以用图 1-1 表示。

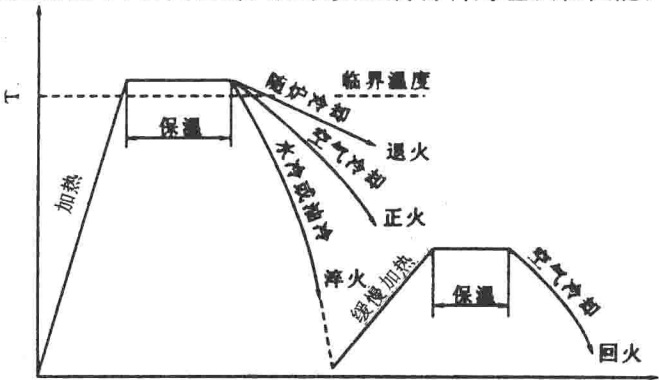


图 1-1 常用热处理方法的工艺曲线示意图

一、热处理的主要设备

根据热处理工艺和生产实际需要,一般热处理车间的常用设备有如下类别。

1. 加热炉

热处理加热炉主要有各种规格的电阻炉。电阻炉是利用电流通过电阻丝所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。根据不同类型的工件,可选用不同的加热设备。

(1)箱式电阻炉 中温箱式电阻炉的结构如图 1-2 所示。炉子型号可用字母加数字来表示,如 RX30—9。其中 R 表示电阻炉;X 表示箱式;第一组数字 30 表示炉子的额定功率为 30kW;第二组数字表示炉子的最高使用温度为 950℃。箱式炉可用来加热除长轴类零件之外的其它形状的热处理零件。

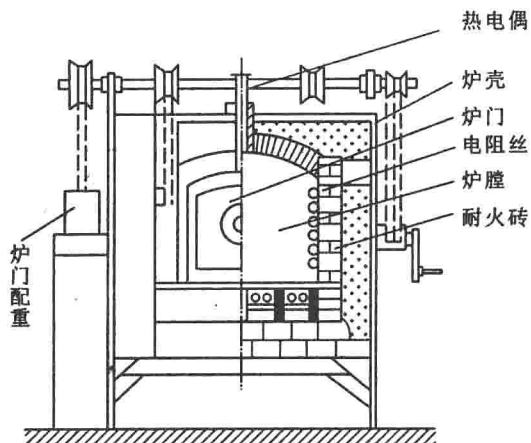


图 1-2 箱式电炉

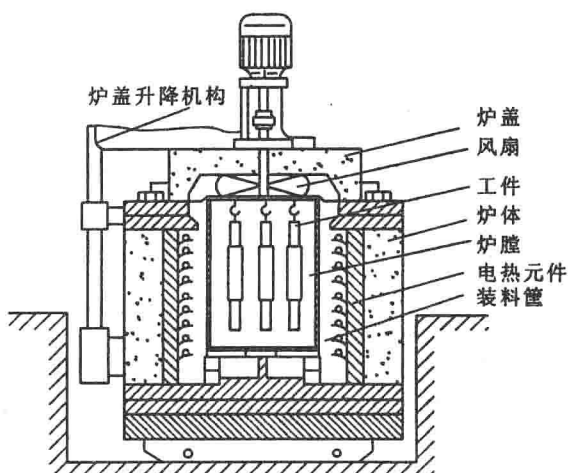


图 1-3 井式电炉

(2)井式电阻炉 据额定温度不同,井式电阻炉分为低温、中温、高温炉三类,其中低温井式电阻炉的结构如图 1-3 所示。炉子型号同样用字母加数字来表示,如 RJ36—6。其中 R 表示电阻炉;J 表示井式;第一组数字 36 表示炉子的额定功率为 36kW;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,以防工件因自身重力在加热时变形。其它形状的零件可先装入筐后再放入炉内。

(3)盐浴炉 按加热形式不同,可把盐浴炉分为外热式和内热式两种。外热式盐浴炉的结构如图 1-4(a)所示,主要由炉体和坩埚组成;电热元件安装在炉膛内壁搁砖上,炉盖可以用手动对开。内热式盐浴炉又叫电极式盐浴炉,其结构如图 1-4(b)所示。它的加热元件就是插入盐浴炉中的电极,盐在电压作用下电离,电流在两极间流动,电阻将盐加热呈液体状态。盐浴炉所用的熔盐主要有氯化钠、氯化钾和氯化钡及其它盐类。盐浴炉内熔盐熔化并达到预定温度后进行保温,将热处理工件吊挂在盐浴中加热。盐浴炉加热速度快、均匀,且温度准确、氧化和脱碳小,适合于中小型零件的热处理。不过,有的熔盐蒸气对人体有害,要注意通风。

(4)控温仪表 加热炉的温度测量和控制,主要是利用热电偶、温度控制仪表及开关器件,

其精度直接影响热处理工艺的正常进行和热处理效果。

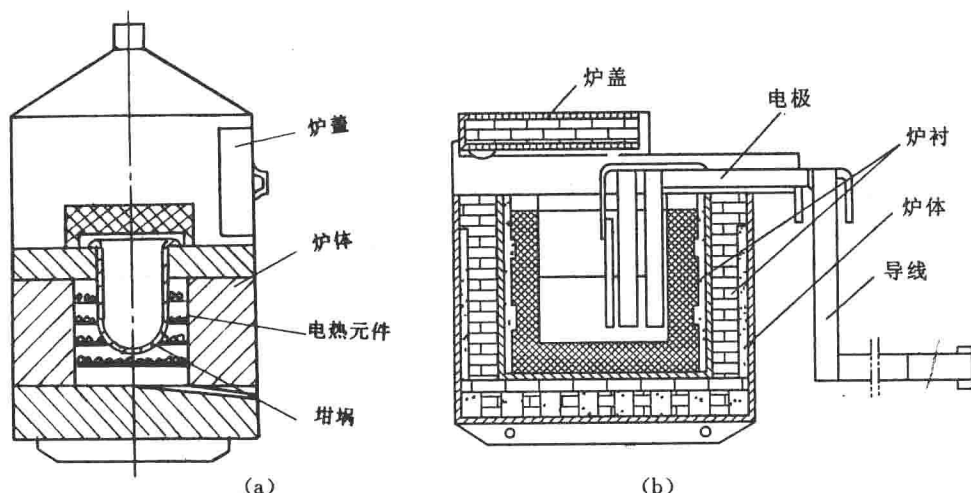


图 1-4 盐浴炉

(a)外热式盐浴炉;(b)内热式盐浴炉

2. 专用工艺设备

它是专门用于某种具体热处理工艺的设备,如井式回火炉、气体渗碳炉以及高频淬火装置等。

3. 冷却设备及质量检验设备

用于热处理过程中的冷却设备主要有冷却水槽、油槽等。质量检验设备主要有检验硬度的硬度计、测量变形的检弯机、检验内裂纹的探伤仪、检验内部组织的金相显微镜和电子显微镜等。

二、常用的热处理方法

1. 钢的退火

退火是将钢加热到适当的温度,保温一定时间,然后在炉中或埋入导热性较差的介质中缓慢冷却,以获得接近平衡状态的组织。

由于退火目的不同,生产上所用的退火工艺方法有完全退火、球化退火和去应力退火。

例如,45号钢的完全退火工艺是将钢件加热到 850°C 左右,进行适当的保温(保温时间根据工件大小,加热设备等因素确定),然后随炉冷至室温(称为普通退火);或先以较快的冷却速度冷至 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 保温,待其内部组织转变完后再出炉空冷至室温(称为等温退火)。钢件经完全退火,可以细化晶粒、均匀组织、降低硬度、消除内应力,利于切削加工,并为工件最终热处理作好组织准备。

球化退火主要应用于含碳量较高的钢件,这种钢件经球化退火处理后可以使其内部组织中的碳化物球化,以降低硬度,改善切削加工性能,并为下一道淬火工序作好组织准备。

去应力退火(又称低温退火)是将钢件加热到较低的温度(一般为 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$),保温后随炉缓慢冷至室温。这种低温退火主要用来消除铸件、锻件、焊接件等零件的残余内应力,以稳定

工件尺寸,避免工件在使用过程中因为内应力而发生变形和断裂。

2. 钢的正火

正火实质上是退火的另一种形式,其作用与退火相似。与退火不同之处是加热(对碳钢而言,一般加热至 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$;45 钢的加热温度为 850°C)和保温后,在空气中冷却而不是随炉冷却。由于正火的冷却速度比退火快,因此,正火工件比退火工件的强度和硬度要高,而塑性和韧性较低。对于一般低碳钢、中碳钢而言,正火完全可以达到与退火相似的要求。有时由于正火后的硬度适中,更适合于切削加工。因正火冷却不占炉子,空冷比炉冷速度快,时间短,燃料消耗少,因而更能提高生产率,降低成本。所以,一般低碳钢和中碳钢,多用正火代替退火。但是,若工具钢和部分合金钢经过正火处理后硬度还嫌太高,则应选用退火处理。

3. 钢的淬火

淬火是将钢件加热到一定温度(通常碳钢件加热到 $760\sim 850^{\circ}\text{C}$)进行保温,然后出炉快速冷却的一种热处理方法。

淬火的主要目的是提高钢的强度和硬度,增加耐磨性,伴随回火操作工艺可获得高强度和一定韧性相结合的性能。

淬火加热温度的高低直接影响钢的性能。淬火时加热温度过高会使淬火钢的性能变坏;温度过低,淬火后钢的硬度不足。淬火加热温度的高低可参照钢的成分根据状态图来决定。

淬火时的冷却介质称为淬火剂。经过加热的钢件在淬火剂中冷却时,必须要有足够大且合适的冷却速度,以获得高的硬度而又不至于产生裂纹和过大的变形。

常用的淬火剂有水和油。水是最便宜且冷却能力较强的淬火剂,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。油的冷却能力较低,可防止工件产生裂纹等缺陷,适用于合金钢淬火。

淬火操作时除应注意加热质量(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,可能使工件各部分冷却速度不一致,并会产生极大的内应力,使工件发生变形和裂纹,或产生局部淬不硬等缺陷。例如,对于厚薄不均匀的零件,厚的部分应先浸入淬火剂中;细长的工件(如钻头、轴等)应垂直地浸入淬火剂中;薄而平的工件(如圆盘铣刀等),不能平着放入而应立着放入淬火剂中;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,使工件各部分的冷却速度趋于一致等。各种不同形状的工件在淬火时浸入淬火剂的方式如图 1-5 所示。

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。有时为保证工件既淬硬又不因冷速过大而变形或开裂,采用双液淬火,也称水淬油淬。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冷却能力小的油中,冷却至室温。这种操作工艺方法对高碳钢件或尺寸较大的合金钢件,效果较好。

4. 钢的回火

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机械性能。根据回火时加热温度的不同,可分为低温回火、中温回火和高温回火。

低温回火的加热温度为 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。低温回火可以部分消除淬火造成的内应力,降低钢的脆性,提高韧性,同时工件仍保持高的硬度。工具、量具、刀具多用低温回火。

中温回火的加热温度为 $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。淬火工件经中温回火后,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。

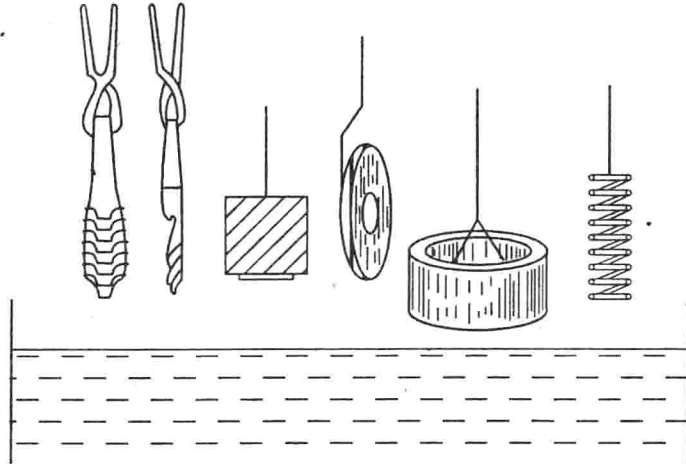


图 1-5 工件浸入淬火剂的正确方法

高温回火的加热温度为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。高温回火后,可以完全消除内应力,使零件具有较高的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,故在热处理工艺中常用。工件经淬火后再进行高温回火的热处理称为调质处理。

5. 钢的表面淬火

表面淬火是将钢件的表面层淬透到一定的深度,而中心部仍保持未淬火状态的一种局部淬火方法。它是通过快速加热使钢件表面迅速达到淬火温度,在热量还来不及传到钢件中心时,就立即冷却下来的热处理操作。

表面淬火可以使钢件表层获得高硬度、高耐磨性,而中心部仍然保持原来的强度和韧性。它主要用于承受冲击载荷,且表面耐磨的零件,如齿轮、凸轮、传动轴等零件的热处理。

表面淬火可采用的快速加热方法有电感应加热、火焰加热等。电感应加热表面淬火如图 1-6 所示。

感应加热表面淬火方法是在一个感应圈中通过一定频率的交流电(有高频、中频、工频三种),在感应圈周围就产生一个频率相同的交变磁场。将工件置于磁场中,它就会产生与感应圈频率相同、方向相反的封闭的感应电流,这个电流叫做涡流。涡流主要集中在工件表面,而且频率越高,电流集中的表层越薄。由于电能变为热能,使钢件表面的很薄一层在几秒钟内被迅速加热到淬火温度,如立即喷水冷却即可达到表面淬火的目的。

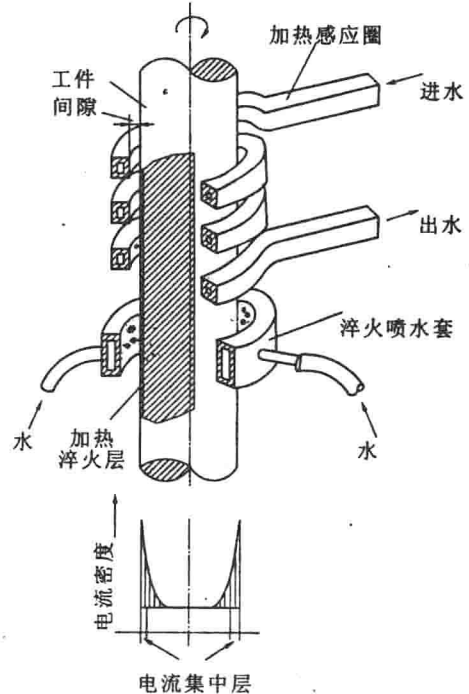


图 1-6 感应加热表面淬火示意图