

数控机床

加工培训教程



主编 邓志博



陕西出版集团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工培训教程 / 邓志博主编. —西安: 陕西科学技术出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-5369-4696-5

I. 数… II. 邓 III. ① 数控机床—加工—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 168751 号

出 版 者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发 行 者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印 刷 陕西新胜印务有限责任公司

规 格 787 mm × 960 mm 16 开本

印 张 25.25

字 数 300 千字

版 次 2009 年 9 月第 1 版

2009 年 9 月第 1 次印刷

定 价 32.90 元

版权所有 翻印必究

(如有印装质量问题,请与我社发行部联系调换)

前 言

本书是根据国家数控技术专业技能培训紧缺型人才培养方案的基础知识和操作技能的基本要求,以国家劳动和社会保障部制定的数控技术相关职业标准及职业技能鉴定规范为依据,结合编者多年的教学、培训工作实际和生产实践编写的。

本书力求基础理论知识以“必需、够用”为度,以阐述概念、强化应用为重点,突出基础理论的应用和实践技能的培养。其目的是为 21 世纪高素质应用性机械类人才掌握数控加工技术的基础理论知识和实践技能。

本书共分机械加工基础和数控加工技术两大部分,第一部分较系统地介绍工程材料、机械制图与公差配合、机械加工工艺等内容,使学生掌握较系统的机械加工基本理论,为学生掌握数控技术实践技能打好基础;第二部分较系统地介绍数控加工技术,包括数控技术基本理论、数控车床加工技术、数控铣床加工技术和加工中心加工技术,强化实用性,重点培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书由西安航空职业技术学院邓志博担任主编,李文杰、庞勇担任副主编。参加本书编写的有:西安航空职业技术学院邓志博(第三、六章)、李文杰(第四、五、七章)、庞勇(第一、二章)、任小萍(第一、二、五章的习题)、李伟(第三、四、六章的习题)。

本书编写得到了有关人士的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!

本书可作为高职高专机械类、近机械类专业数控技术的实训教材,可作为数控技术职业工种培训教材,可供职业技术学校选用,也可供机械行业工程技术人员自学和参考。

本书编写力求适应 21 世纪高等技术应用性人才教育的改革和发展的要求,但由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2009 年 7 月

目 录

第一篇 机械加工基础

第一章 工程材料	(1)
1.1 金属的力学性能	(1)
1.2 塑性变形对组织和性能的影响	(4)
1.3 铁碳合金	(5)
1.4 钢的热处理	(7)
1.5 碳钢	(14)
1.6 合金钢	(16)
1.7 铸铁	(18)
思考与练习	(20)
第二章 机械制图及公差配合	(21)
2.1 机械制图	(21)
2.2 公差配合	(32)
思考与练习	(38)
第三章 机械加工工艺	(39)
3.1 机械加工工艺过程与工艺规程	(39)
3.2 工艺规程的制订	(46)
3.3 尺寸链	(59)
3.4 零件的加工质量	(61)
思考与练习	(64)

第二篇 数控机床加工技术

第四章 数控技术概述	(66)
4.1 数控机床的产生和发展	(66)

4.2 数控机床的组成和分类	(73)
4.3 数控机床的坐标结构	(78)
4.4 数控加工原理	(81)
思考与练习	(84)
第五章 数控车床加工技术	(85)
课题1 数控车床的基本操作	(85)
课题2 基本编程指令及模拟加工	(98)
课题3 数控车床对刀操作	(111)
课题4 数控车床单一循环指令	(116)
课题5 数控车床复合循环指令	(119)
课题6 螺纹加工指令	(129)
课题7 内孔加工	(143)
课题8 数控车削加工工艺	(147)
课题9 数控车削综合练习	(156)
课题10 特殊工件的车削	(166)
课题11 FANUC 系统数控车床操作	(178)
课题12 FANUC 系统数控车床指令	(192)
思考与练习	(204)
第六章 数控铣床及加工中心加工技术	(212)
课题1 机床的基本操作	(212)
课题2 基本编程指令	(237)
课题3 G54 ~ G59 对刀	(245)
课题4 G92 对刀	(247)
课题5 刀具补偿	(249)
课题6 下刀方式及编程实例	(256)
课题7 子程序	(261)
课题8 简化编程	(267)
课题9 固定循环	(271)
课题10 综合编程实例	(280)
课题11 加工中心基本操作(FANUC)	(283)
课题12 FANUC 系统与华中系统指令的区别	(298)

课题 13 加工中心的对刀方法	(314)
课题 14 加工中心刀库的使用方法	(319)
课题 15 加工中心的多刀加工	(321)
课题 16 综合加工实例	(325)
课题 17 数控机床程序的传输方法	(336)
思考与练习	(344)
第七章 常用测量仪器及使用	(353)
7.1 量块	(353)
7.2 游标类量具	(354)
7.3 千分尺类量具	(356)
7.4 机械量仪	(361)
7.5 角度量具	(365)
7.6 其他常用量测仪器简介	(367)
7.7 新技术在量测中的应用	(371)
思考与练习	(376)
附录	(377)
附录 1:数控机床的操作规程及日常保养	(377)
附录 2:职业技能鉴定中级工(应会)知识试卷	(380)
参考文献	(394)

第一篇 机械加工基础

第一章 工程材料

机械工程材料是机械工程中用于制作各种结构、零件和工具的固体材料。可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。金属材料是最重要的、用量最大的机械工程材料,它包括:钢铁材料(俗称黑色金属),如钢、铸铁等;非金属材料(俗称有色金属),如铜及铜合金、铝及铝合金等。钢铁材料应用最广,在农业机械、机床设备、电工设备、化工和纺织机械等机械工程制造业中,钢铁材料占90%左右。

1.1 金属的力学性能

在机械工程中,金属材料具有许多优良的性能,因而广泛地用于制造各种有用的机械构件、机械零件(如齿轮、轴、箱体)、工具和模具等。所谓“有用”就是指金属材料具有能为人类服役的使用性能,如力学性能(强度、硬度、塑性、韧性),物理和化学性能;所谓“制造”是指金属材料具有较好的工艺性能,如铸造、锻造、焊接、切削加工性能。

不同金属材料具有不同的性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能,其中使用性能主要指力学性能和物理性能。

所谓金属材料的力学性能是指金属材料在外(应)力的作用下所表现出来的特性。最常用的力学性能判据有:强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1. 强度与塑性

金属材料在外应力的作用下抵抗变形和断裂的能力称为强度。所谓变形是指材料的形状发生了变化,一般分为弹性变形和塑性变形,变形的金属材料当外应力去除后,能够恢复原状的变形称为弹性变形;相反,不能够恢复原状的

变形称为塑性变形。

相同的材料在不同的外应力(拉应力、压应力、弯曲应力、扭转应力等)作用下,表现出不同的抵抗变形和断裂的能力,如抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗扭强度等。工程上最常用的屈服强度、抗拉强度、断后伸长率、断面收缩率等判据是通过应变速率恒定的拉伸试验所获得。

2. 硬度

硬度是衡量材料软硬程度的判据,它表征材料抵抗局部变形,尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力。

材料的硬度是通过试验测得的。测定硬度试验方法很多,大体上可分为弹性回跳法(肖氏硬度)、压入法(布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度)和划痕法(莫氏法)三大类,生产中常用的硬度试验方法是布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度试验法。

(1) 布氏硬度

布氏硬度的基本原理是通过加载将硬质合金压头压入被测金属材料表面,保持 10~15s 后卸除试验力(载荷),在被测金属材料表面得到一直径为 d 的压痕,单位压痕面积(A_H)上所承受的载荷(F)大小为布氏硬度值,用符号 HBW 表示。

布氏硬度试验法测得的硬度值较准确、稳定,因压痕面积较大,能反映出较大范围内材料的平均硬度;布氏硬度与抗拉强度有近似的正比关系,但布氏硬度试验法操作不够简便,不宜测试薄件或成品件。目前,布氏硬度试验法主要用来测定铸铁、有色金属,以及退火、正火和调质的钢材等。

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度是机械工程应用最广泛的硬度试验法。与布氏硬度不同,它不是测量压痕的直径,而是直接测量压痕的深度,表示材料或机械零件的硬度,压痕愈浅表示材料或工件愈硬。

按压头和试验力不同,GB/T 230-91 规定洛氏硬度的标尺有九种,但常用的是 HRA、HRB、HRC 三种,其中 HRC 应用最广泛。洛氏硬度的表示方法为:在硬度符号前面写出硬度值,如 58HRC、80HRA 等。

洛氏硬度试验操作简便迅速,效率高,硬度值可从硬度计的表盘上直接读出;试件表面造成的损伤较小,可用于成品零件的硬度检验。但因为压痕小,所以洛氏硬度对材料组织不均匀性很敏感,测试结果比较分散,重复性差。不同标尺的洛氏硬度值无法相互比较。

(3) 维氏硬度

维氏硬度试验的基本原理与布氏硬度试验相同,都是根据压痕单位面积上

所受的平均试验力得出硬度值,不同的是维氏硬度的压头是两相对面间夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石,对角线长度 d_1 和 d_2 ,求其平均值,然后通过查表得出或根据公式计算维氏硬度值,维氏硬度符号用HV表示。

维氏硬度试验主要用于材料研究和科学试验方面小负荷维氏硬度试验,故适用于测试小型精密零件的硬度、表面硬化层硬度和有效硬化层深度,镀层的表面硬度、薄片材料和细线材的硬度,刀刃附近的硬度等。

4. 韧性与脆性

脆性是韧性的反义词。对于材料特别是钢材,组织结构或环境会引起材料的脆性,例如,低碳钢在 $200 \sim 300^\circ\text{C}$ 附近加热和应变引起的脆性即低碳钢的蓝脆;高速钢由于晶粒粗大引起的蔡状断口脆性;铸钢由于加铝量过多引起的冰糖块断口脆性;材料焊接过程中引起的脆性很多,有凝固脆性、过热和过烧脆性、热影响区脆性、焊后加热开裂脆性等。

减少脆性自然可以提高韧性。提高韧性的措施如下:

①细化:细化晶粒或各种显微组织。

②净化:降低材料中有害杂质的含量。

③球化:球化脆性第二相粒子,可以减少应力集中系数。

④复化:引入韧性较好的不连续组元,防止裂纹扩展。

5. 疲劳断裂与疲劳极限

据统计,机械零件断裂失效中有80%是由于疲劳断裂引起的,它极易造成人身事故和经济损失,危害性极大。因此研究疲劳断裂的原因,提高疲劳极限,防止疲劳事故发生是非常重要的。

金属零件或构件在交变载荷的长期作用下,由于累积损伤而引起的断裂现象称为疲劳断裂。疲劳断裂与静载荷或一次冲击加载断裂相比,具有以下特点:

(1) 疲劳断裂是低应力循环延时断裂(即具有寿命的断裂)

疲劳断裂应力水平往往低于材料抗拉强度,甚至屈服强度。断裂寿命随应力不同而变化,应力高寿命短,应力低寿命长。当应力低于某一临界值时,寿命可达无限长。

(2) 疲劳是脆性断裂

一般疲劳断裂的应力比屈服强度低,所以不论是塑性材料还是脆性材料,在疲劳断裂前均不会发生塑性变形及有形变预兆,它是在长期累积损伤过程中,经裂纹源萌生和缓慢扩展,直至某一时刻突然断裂。因此,疲劳断裂是一种潜在的突发性断裂。

(3) 疲劳断裂对缺陷(缺口、裂纹及组织缺陷)十分敏感

疲劳断裂的过程往往是在零件的表面,有时也可在零件内部某一应力集中处产生裂纹,随着应力的交变,裂纹不断扩展,以致在某一时刻便产生突然断裂。

1.2 塑性变形对组织和性能的影响

1. 产生加工硬化(冷变形强化)

金属发生塑性变形时,不仅晶粒外形发生变化,而且晶粒内部结构也发生变化。随着变形量的增大,晶粒破碎成为细小的亚晶粒,变形量越大,使金属塑性变形抗力增大,强度和硬度显著提高。随着变形程度增加,金属强度和硬度提高、塑性和韧性下降的现象称为加工硬化或变形强化。

加工硬化在生产中具有很重要的实际意义。首先,可利用加工硬化来强化金属,提高其强度、硬度和耐磨性。尤其对不能用热处理方法来提高强度的金属更为重要。另外,加工硬化(冷变形强化)还可以提高零件在使用过程中的安全性。但加工硬化使金属塑性降低,给进一步变形带来困难,为了使金属材料能继续变形,必须在加工过程中安排“中间退火”以消除加工硬化。

加工硬化不仅使金属力学性能发生变化,而且还使金属的某些物理性能和化学性能发生变化,例如使金属电阻增加、耐蚀性降低等。

2. 产生形变组织

金属发生塑性变形时,各晶粒的晶格位向会沿变形方向发生转变,当变形量很大时,各晶粒的位向将与外力方向趋于一致,晶粒趋向于整齐排列,这种现象叫做择优取向,所形成的有序结构称为形变组织。

形变组织会使金属性能呈明显的各向异性,在多数情况下对金属的后续加工或使用不利。

3. 产生残余应力

残余应力是指外力去除后,残留在金属内部的应力。它主要是由于金属在外力作用下内部变形不均匀造成的。大多数情况下,残余应力不仅会降低金属强度,而且还会因随后的应力松弛或重新分布引起金属变形。另外,残余应力还使金属的耐蚀性降低。为消除和降低残余应力通常要进行退火。

生产中若能合理控制和利用残余应力,也可使其变为有利因素,如对零件进行喷丸、表面滚压处理等使表面产生一定的塑性变形而形成残余压应力,从而可提高零件的疲劳强度。

1.3 铁碳合金

钢和铸铁是现代工业中应用最广泛的金属材料,形成钢和铸铁的主要元素是铁和碳,故又称铁碳合金。不同成分的铁碳合金具有不同的组织和性能。

1. 工业纯铁及其特性

工业纯铁指含杂质为 0.10% ~ 0.20% 的纯铁。其强度、硬度低,塑性好。纯铁具有同素异晶转变,即在不同的温度具有不同晶体结构的特性,转变过程如图 1-3-1 所示。工业纯铁的力学性能特点是强度、硬度低,塑性、韧性好。

2. 铁碳合金的基本组织

(1) 铁素体

铁素体是碳溶解在 α -Fe 中形成的间隙固溶体,用符号 F 表示。铁素体仍保持 α -Fe 的体心立方晶格。由于体心立方晶格的间隙小,溶解碳量极微,其最大溶碳量只有 0.0218% (727℃),因此铁素体室温时的性能与纯铁相似,强度、硬度低,塑性和韧性好。

(2) 奥氏体

奥氏体是碳溶解在 γ -Fe 中形成的间隙固溶体,用符号 A 表示。奥氏体仍保持 γ 铁的面心立方晶格。由于面心立方晶格的间隙较大,因此溶碳能力也较大,其最大溶碳量为 2.11% (1148℃)。奥氏体塑性、韧性好,强度、硬度较低,所以生产中常将工件加热到奥氏体状态进行锻造。

(3) 渗碳体

渗碳体是铁和碳形成的一种具有复杂晶格的金属化合物,用化学式 Fe_3C 表示,渗碳体是钢和铸铁中常见的固相。渗碳体的含碳量为 6.69%,硬度很高(约 1000HV),塑性、韧性几乎为零,极脆。

(4) 珠光体

珠光体是铁素体和渗碳体组成的共析体,用符号 P 表示。珠光体的平均含碳量为 0.77%,在 727℃ 以下温度范围内存在,其强度、硬度高,塑性、韧性好。

(5) 莱氏体

莱氏体是奥氏体和渗碳体组成的共晶体。含碳量为 4.3% 的铁碳合金由液态冷却到 1148℃ 时发生共晶转变,生成高温莱氏体,用符号 Ld 表示。合金继续冷却到 727℃ 时,其中的奥氏体转变为珠光体,故室温时由珠光体和渗碳体组

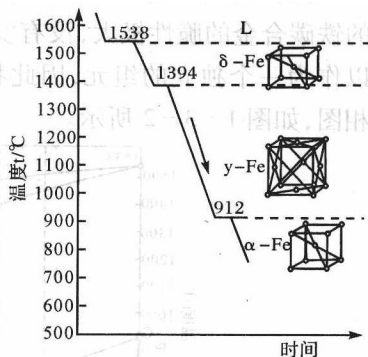


图 1-3-1 纯铁冷却曲线

成,叫低温莱氏体(又叫变态莱氏体),用符号 Ld' 表示。

3. 铁碳合金相图

铁碳合金相图是指在平衡条件下(极其缓慢加热或冷却),不同成分的铁碳合金在不同温度下所处状态或组织的图形。

铁和碳可形成一系列稳定化合物(Fe_3C 、 Fe_2C 、 FeC),但含碳量大于6.69%的铁碳合金的脆性极大,没有实用价值,而且 Fe_3C 又是一个稳定的化合物,可以作为一个独立的组元,因此我们所研究的铁碳合金相图实际上是 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 相图,如图1-3-2所示。

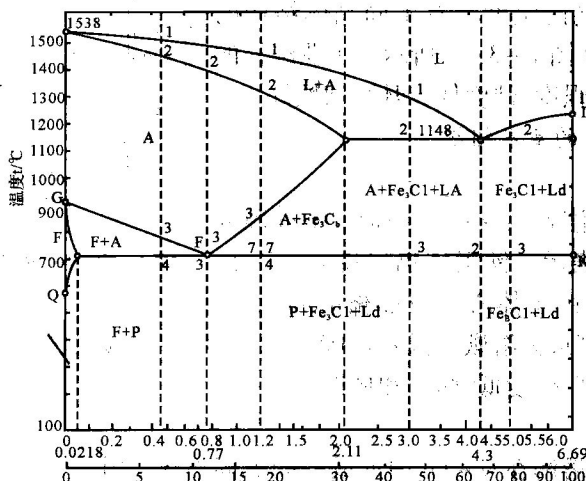


图 1-3-2 Fe—Fe₃C 相图

4. 含碳量对铁碳合金平衡组织和机械性能的影响

(1) 含碳量对铁碳合金平衡组织的影响

综上所述,任何成分的铁碳合金在室温下的组织均由铁素体和渗碳体两相组成。只是随含碳量的增加,铁素体量相对减少,而渗碳体量相对增多,并且渗碳体的形状和分布也发生变化,因而形成不同的组织。室温时,随含碳量的增加,铁碳合金的组织变化如下:



(2) 含碳量对铁碳合金机械性能的影响

如图 5-17, 当 $w_c < 0.9\%$ 时, 随含碳量增加, 钢的强度和硬度直线上升, 而塑性和韧性不断下降。这是由于随含碳量的增加, 钢中渗碳量增多, 铁素体量减少所造成的; 当 $w_c > 0.9\%$ 以后, 二次渗碳体沿晶界已形成较完整的网, 因此钢的强度开始明显下降, 但硬度仍在增高, 塑性和韧性继续降低。

为保证工业用钢具有足够的强度,一定的塑性和韧性,钢的含碳量一般不超过 1.3%。 $w_C > 2.11\%$ 的白口铸铁,由于组织中有大量的渗碳体,硬度高,塑性和韧性级差,即难以切削加工,又不能用锻压方法加工,故机械工程上很少直接应用。

5. 铁碳合金的分类

按 Fe—Fe₃C 相图中碳的含量及室温组织的不同,铁碳合金分为工业纯铁、钢和白口铸铁三类。

(1) 工业纯铁($w_C \leq 0.0218\%$), 室温组织为 F

(2) 钢($0.0218\% < w_C \leq 2.11\%$)

共析钢: $w_C = 0.77\%$, 室温组织为 P。

亚共析钢: $0.0218\% < w_C < 0.77\%$, 室温组织为 F + P。

过共析钢: $0.77\% < w_C \leq 2.11\%$, 室温组织为 P + Fe₃C_{II}。

(3) 白口铸铁($2.11\% < w_C \leq 6.69\%$)。

共晶白口铸铁: $w_C = 4.3\%$, 室温组织为 Ld'。

亚共晶白口铸铁: $2.11\% < w_C < 4.3\%$, 室温组织为 P + Fe₃C_{II} + Ld'。

过共晶白口铸铁: $4.3\% < w_C \leq 6.69\%$, 室温组织为 Ld' + Fe₃C_I。

1.4 钢的热处理

热处理是改善金属材料使用性能和工艺性能的一种非常重要的工艺方法,它是强化金属材料,提高产品质量和寿命的主要途径之一。因此,绝大部分重要的机械零件在制造过程中都必须进行热处理。

1.4.1 钢的热处理概述

1. 钢的热处理定义

把钢在固态下加热到一定温度,进行必要的保温,并以适当的速度冷却到室温,以改变钢的内部组织,从而得到所需性能的工艺方法。其工艺曲线如图 1-4-1 所示。

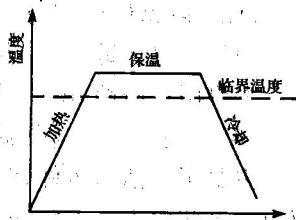


图 1-4-1 热处理工艺曲线

2. 钢的热处理目的

消除毛坯中的缺陷,改善工艺性能,为切削加工或热处理做组织和性能上的准备;提高金属材料的力学性能,充分发挥材料的性能潜力,节约材料和延长零件的使用寿命。

3. 热处理的方法

按处理阶段及目的的不同分预先热处理和最终热处理。

- (1) 预先热处理作用:消除偏析、内应力,为最终热处理获得平衡组织;
- (2) 最终热处理:最终组织。

按热处理工艺参数的不同及钢的组织转变特征可分为三大类:

- (1) 普通热处理:退火、正火、淬火、回火等;
- (2) 化学热处理:表面渗 C、渗 N ;
- (3) 表面热处理:表面淬火。

1.4.2 钢的退火和正火

实际生产中,各种工件在制造过程中有不同的工艺路线,如铸造(或锻造)→退火(正火)→切削加工→成品;或铸造(或锻造)→退火(正火)→粗加工→淬火→回火→精加工→成品。可见,退火与正火是应用非常广泛的热处理。

1. 钢的退火

退火是将工件加热到临界点以上或在临界点以下某一温度保温一定时间后,以缓慢的冷却速度(炉冷、坑冷、灰冷)进行冷却的热处理工艺。

根据钢的成分、组织状态和退火目的不同,退火工艺可分为:完全退火、等温退火、球化退火、均匀化退火、去应力退火等。

(1) 完全退火和等温退火

主要用于亚共析钢成分的碳钢和合金钢的铸件、锻件及热轧型材,有时也用于焊接结构。

目的:细化晶粒,降低硬度,改善切削加工性能。

(2) 球化退火

主要用于共析或过共析成分的碳钢及合金钢。

目的:降低硬度,改善切削加工性能,并为以后的淬火做好准备。

(3) 均匀化退火(扩散退火)

主要用于铸锭、铸件或锻坯。

(4) 去应力退火(低温退火)

主要用于消除铸件、锻件、焊接件、冷冲压件(或冷拔件)及机加工的残余内应力。这些应力若不消除会导致随后的切削加工或使用中的变形开裂,降低机器的精度,甚至会发生事故。

2. 钢的正火

正火:将工件加热到 A_{c3} 或 A_{cm} 以上 $30 \sim 80^{\circ}\text{C}$,保温后从炉中取出在空气中冷却。

正火与退火的区别是冷速快,组织细,强度和硬度有所提高。钢的退火与正火工艺参数见图 1-4-2。

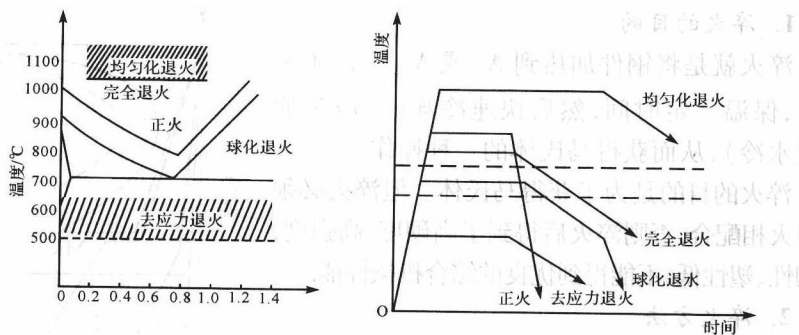


图 1-4-2 钢的退火与正火工艺参数

正火的应用:

- (1) 用于普通结构零件,作为最终热处理,细化晶粒提高机械性能。
- (2) 用于低、中碳钢,作为预先热处理,可获得合适的硬度,便于切削加工。
- (3) 用于过共析钢,消除网状 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$,有利于球化退火的进行。

3. 退火和正火的选择

从前面的学习中知,退火与正火在某种程度上有相似之处,在实际生产中又可替代,那么,在设计时根据什么原则进行选择呢?从以下三方面予以考虑:

(1) 从切削加工性上考虑

切削加工性又包括硬度,切削脆性,表面粗糙度及对刀具的磨损等。

一般金属的硬度在 170~230HB 范围内,切削性能较好。高于它过硬,难以加工,且刀具磨损快;过低则切屑不易断,造成刀具发热和磨损,加工后的零件表面粗糙度很大。可见,对于低、中碳结构钢以正火作为预先热处理比较合适,高碳结构钢和工具钢则以退火为宜。至于合金钢,由于合金元素的加入,使钢的硬度有所提高,故中碳以上的合金钢一般都采用退火,以改善切削性能。

(2) 从使用性能上考虑

如工件性能要求不太高,随后不再进行淬火和回火,那么往往用正火来提高其机械性。但若零件的形状比较复杂,而正火的冷却速度又有形成裂纹的危险,应采用退火。

(3) 从经济上考虑

正火比退火的生产周期短,耗能少,且操作简便,故在可能的条件下,应优先考虑以正火代替退火。

1.4.3 钢的淬火

1. 淬火的目的

淬火就是将工件加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 以上 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$, 保温一定时间, 然后快速冷却 (一般为油冷或水冷), 从而获得马氏体的一种操作。

淬火的目的是为了获得马氏体。但淬火必须和回火相配合, 否则淬火后得到了高硬度、高强度, 但韧性、塑性低, 不能得到优良的综合机械性能。

2. 淬火方法

为了使工件淬火成马氏体并防止变形和开裂, 单纯依靠选择淬火介质是不行的, 还必须采取正确的淬火方法。最常用的淬火方法有如下四种 (如图 1-4-3):

(1) 单液淬火法

将加热的工件放入一种淬火介质中一直冷到室温。

这种方法操作简单, 容易实现机械化、自动化, 如碳钢在水中淬火、合金钢在油中淬火。但其缺点是不符合理想淬火冷却速度的要求, 水中淬火容易产生变形和裂纹, 油中淬火容易产生硬度不足或硬度不均匀等现象。

(2) 双液淬火法

将加热的工件先在快速冷却的介质中冷却到 300°C 左右, 立即转入另一种缓慢冷却的介质中冷却至室温, 以降低马氏体转变时的应力, 防止变形和开裂。

(3) 分级淬火法

将加热的工件先放入温度稍高于 M_s 的硝盐浴或碱浴中, 保温 $2 \sim 5\text{min}$, 使零件内外的温度均匀后, 立即取出在空气中冷却。

(4) 等温淬火法

将加热的工件放入温度稍高于 M_s 的硝盐浴或碱浴中, 保温足够长的时间, 使其完成 B 转变。等温淬火后获得 B 下组织。

3. 钢的淬透性

(1) 淬透性的概念

所谓淬透性是指钢在淬火时获得淬硬层的能力。淬硬层一般规定为工件表面至半马氏体 (马氏体量占 50%) 之间的区域, 它的深度叫淬硬层深度。不同的钢在同样的条件下淬硬层深度不同, 说明不同的钢淬透性不同, 淬硬层较深的钢淬透性较好。

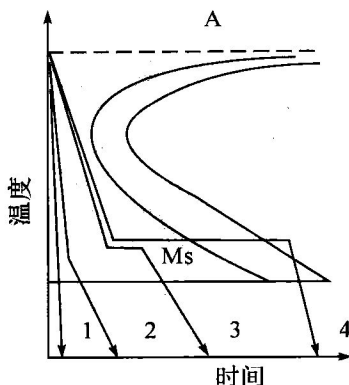


图 1-4-3 各种淬火方法示意图

1-单液淬火法； 2-双液淬火法；
3-分级淬火法； 4-等温淬火法

(2) 淬硬性

淬硬性是指钢以大于临界冷却速度冷却时,获得的马氏体组织所能达到的最高硬度。钢的淬硬性主要决定于马氏体的含碳量,即取决于淬火前奥氏体的含碳量。

1.4.4 淬火钢的回火

1. 回火

回火是将淬火钢重新加热到 A_1 点以下的某一温度,保温一定时间后,冷却到室温的热处理工艺。

回火的目的:降低淬火钢的脆性,减少或消除内应力,使组织趋于稳定并获得所需要的性能。

2. 回火的方法及应用

按回火温度范围的不同,钢的回火可分为以下三种:

(1) 低温回火

回火温度范围 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 。回火后的组织为回火马氏体。内应力和脆性降低,保持了高硬度和高耐磨性。

(2) 中温回火

回火温度范围为 $350 \sim 500^\circ\text{C}$,回火后的组织为回火托氏体,硬度为 $35 \sim 45\text{HRC}$,具有一定的韧性,同时又有高的弹性极限及屈服极限。

(3) 高温回火

回火温度范围为 $500 \sim 650^\circ\text{C}$,回火后的组织为回火索氏体,硬度为 $25 \sim 35\text{HRC}$,具有适当的强度、足够的塑性和韧性。

通常在生产上将淬火加高温回火的处理称为“调质处理”。

对于在交变载荷下工作的重要零件,要求其整个截面得到均匀的回火索氏体组织,首先必须使零件淬透,因此,随着调质零件尺寸不同,要求钢的淬透性也不同,大零件要求选用高淬透性的钢,小零件则可以选择淬透性较低的钢。

1.4.5 钢的表面热处理

一些在弯曲、扭转、冲击载荷、摩擦条件区工作的齿轮等机器零件,它们要求具有表面硬、耐磨,而心部韧,能抗冲击的特性。仅从选材方面去考虑是很难达到此要求的,所以工业上广泛采用表面热处理来满足上述要求。

1. 钢的表面淬火

表面淬火是将工件的表面层淬硬到一定深度,而心部仍保持未淬火状态的一种局部淬火法。