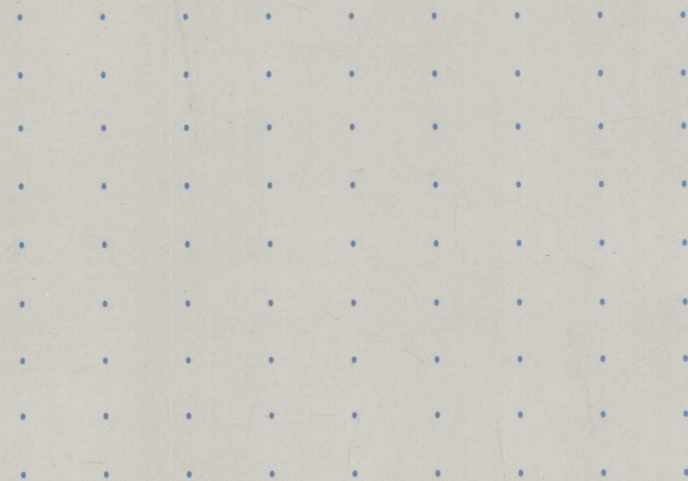




全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

工程实训 第2版

主编 许 斌



高等教育出版社

014055091

TB
15-2

全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

第2版前言

工 程 实 训

Gongcheng Shixun

第 2 版

主 编 许 斌
副主编 景财年 崔明铎



高等教育出版社·北京



北航

C1740940

TB
15-2

10022021

• 内容简介

本书是根据教育部最新制订的《机械制造实习课程教学基本要求》，并结合各兄弟院校教学改革经验与教学需求，在第1版的基础上修订而成的。

本书修订中，坚持体现教材内容深广度适中、够用的原则，对传统的内容进行筛选，对基本工艺本着“少、精、严”的原则，删减了现在制造业已较少使用的工艺方法，增加了管工、数控技术、塑料成形基础、无机非金属材料成形基础、零件加工工艺(经济)分析等基础知识。

本书可作为高等学校非机类各专业的工程实训教材，还可供高职、高专、成人高校有关学生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程实训/许斌主编.--2版.--北京:高等教育出版社,2014.7

ISBN 978-7-04-040281-0

I. ①工… II. ①许… III. ①工程技术-高等学校-教材 IV. ①TB

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第125845号

策划编辑 宋 晓	责任编辑 宋 晓	封面设计 赵 阳	版式设计 童 丹
插图绘制 杜晓丹	责任校对 刘丽娟	责任印制 张泽业	

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 三河市华骏印务包装有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 11
字 数 260千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址	http://www.hep.edu.cn
	http://www.hep.com.cn
网上订购	http://www.landaco.com
	http://www.landaco.com.cn
版 次	2006年3月第1版
	2014年7月第2版
印 次	2014年7月第1次印刷
定 价	16.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 40281-00

第2版前言

本书第1版自2007年出版以来已印刷多次,并作为教育科学“十五”国家规划课题研究成果被国内几十所高校选用。2011年,本书第1版荣获“第二届山东省高等学校优秀教材一等奖”。本书是在第1版的基础上修订而成的,修订工作是依据教育部最新制订的《机械制造实习课程教学基本要求》,并结合第1版在教学实践中的使用情况进行,修订中征求、参考了兄弟院校的使用要求和意见。本次修订主要进行以下工作:

1. 坚持“强化基础,突出应用,培养能力”,与课堂教学密切配合,立足于应用型人才培养,基本保持本书第1版的内容体系。
2. 对第1版中的个别文字错误作了修正,尽量以表格形式取代叙述,对部分插图进行了更换或更改,以进一步做到图文并茂,方便阅读。
3. 根据近年来国内外材料成形技术领域的发展情况,适当增加了新技术、新工艺的内容。
4. 全面贯彻国家有关新标准,更新了一些名词术语和符号。

本次修订工作由崔明铎负责主持,参加本次修订工作的有许斌、景财年、崔明铎。刘科高教授认真审阅了全书,并提出许多宝贵意见,在此表示感谢。

本书修订过程中,参考了一些相关的教材和资料,也借鉴了一些高校近年来课程教学改革的成果,在此一并致以谢意。

由于编者水平所限,书中不当之处在所难免,望读者批评指正。

编者

2013年12月

本书由崔明铎任主编,高进、杨兴华、田清波任副主编。参加本书编写的还有王吉伟、李德军、李静、孙宝华、崔明铎、于宽、张丰敏、崔浩新等。孙家宁教授对本书稿进行了仔细审阅,在此表示感谢。

由于编者水平有限,教学经验所限,本书难免有错误或欠妥之处,敬请读者和各校教师同仁提出批评建议,共同做好教材建设工作,不胜企盼。

编者

2013年9月

第1版前言

本教材是根据教育部最新颁布的《工程材料与机械制造基础课程教学基本要求》，并结合各兄弟院校教学改革经验与教学需求，专为非机类各专业工程实习(少学时)而编写的。

本书共分十章，主要内容包括工程材料及金属热处理，铸造、锻压与焊接，管工，钳工，车工，铣工、刨工与磨工，现代加工简介，塑料成形基础，无机非金属材料成形基础，零件加工工艺分析等基础知识，还包括各工种常用的设备、刀具、夹具和量具，以及各工种的基本工艺方法等。

在本教材编写中，我们有如下考虑：

1. 根据科学技术发展的最新动态和高等学校各专业学科设置的现实需求，坚持加强基础、拓宽专业面、更新教材内容的基本原则。
2. 注重优化课程体系，探索教材新结构，即兼顾工程类学科中金属材料、无机非金属材料、高分子材料、复合材料共性与个性的结合，实现多学科知识的交叉与渗透。
3. 反映当代科学技术的新概念、新知识、新理论、新技术、新工艺，新标准，突出反映教材内容的现代化。
4. 注重协调课堂教学与实践教学的关系，既加强基础理论的内容，又强调实践教学的基础作用，以满足现代社会对人才的需要。
5. 坚持体现教材内容深广度适中、够用的原则，对传统的内容进行筛选，对基本工艺本着“少、精、严”的原则，删减了现在制造业已较少使用的工艺方法，增加了管工、材料表面处理、数控技术、塑料成形基础、无机非金属材料成形基础、零件加工工艺(经济)分析等基础知识。
6. 在教材编写过程中，通过对国内外同类教材的对比研究，吸取了国内外同类教材的精华，重点反映新教材结构特色，把握教材的科学性、系统性、适用性和针对性。

此外，本教材还力求突出内容丰富、叙述深入浅出、简明扼要、重点突出、图文并茂等特色，以满足少学时教学的要求。

本书由崔明铎担任主编，高进、杨兴华、田清波任副主编。参加本书编写的还有王吉岱、李继革、李静、林晓娟、潘悦飞、于宽、米丰敏、崔浩新等。孙康宁教授对本书稿进行了仔细审阅，在此表示感谢。

由于编者理论水平及教学经验所限，本书难免有错误或欠妥之处，敬请读者和各校教师同仁提出批评建议，共同搞好本门课程的教材建设工作，不胜企盼。

编者

2005年9月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目录

第一章 工程材料及金属热处理	1	思考题	111
第一节 金属材料的力学性能	1	第六章 铣工、刨工与磨工	112
第二节 铁碳合金状态图	2	第一节 铣工	112
第三节 金属热处理的基本概念	5	第二节 刨工	121
第四节 常用金属材料	12	第三节 磨工	125
第五节 非金属材料	16	思考题	130
第六节 工程材料的选用	19	第七章 现代加工简介	131
思考题	20	第一节 现代加工	131
第二章 铸造、锻压与焊接	21	第二节 数控机床加工	134
第一节 铸造	21	第三节 精整和光整加工	136
第二节 锻压	37	思考题	137
第三节 焊接	48	第八章 塑料成形基础	138
思考题	58	第一节 塑料的一次成形	138
第三章 管工	60	第二节 塑料的二次成形	142
第一节 管工基本知识	60	第三节 塑料的二次加工	143
第二节 管工操作	66	思考题	145
思考题	73	第九章 无机非金属材料成形基础	146
第四章 钳工	74	第一节 粉体的制备技术	146
第一节 概述	74	第二节 特种陶瓷成形工艺	148
第二节 划线	75	第三节 特种陶瓷烧结	152
第三节 锯削	77	思考题	153
第四节 锉削	79	第十章 零件加工工艺分析	154
第五节 孔和螺纹加工	82	第一节 毛坯的选择	154
第六节 刮削	89	第二节 机械零件表面加工方法的选择及其经济分析	155
第七节 装配	90	第三节 零件的结构工艺性	159
思考题	93	思考题	164
第五章 车工	94	参考文献	165
第一节 普通车床	94		
第二节 车刀	96		
第三节 工件的安装及所用附件	100		
第四节 基本车削工作	103		

工程材料及金属热处理

第一节 金属材料的力学性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能反映材料在使用过程中所表现出来的特性,如物理性能、化学性能、力学性能等。通常情况下,以材料的力学性能作为主要依据来选用金属材料。

金属的力学性能是指金属在力的作用下所显示的与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能。金属力学性能所用的指标和依据称为金属的力学性能判据。金属主要力学性能有强度、塑性、硬度、韧性、疲劳等。

1. 强度

强度是指金属抵抗永久变形(塑性变形)和断裂的能力。工程上常用的强度判据是在拉伸试验中所测得的屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度

屈服强度是拉伸试样在试验过程中力不增加(保持恒定)仍能继续伸长(变形)时的应力,国家标准规定,屈服强度分为上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} ,单位为 MPa。

(2) 抗拉强度

抗拉强度是指拉伸试样拉断前所承受的最大拉应力,用符号 R_m 表示,单位为 MPa。

屈服强度和抗拉强度是在拉伸试验机上通过拉伸试验法测得。

工程上用的材料,除要求有较高的 R_m 外,还希望有一定的屈强比。屈强比越小,零件可靠性越高,使用中若超载不会立即断裂;但屈强比太小,则材料强度的有效利用率降低。抗拉强度是设计和选材时的主要依据。

2. 塑性

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。塑性判据是以拉伸试验时拉伸试样断裂时的最大相对塑性变形量表示的。常用的塑性判据是断后伸长率和断面收缩率,断后伸长率用符号 A 表示,断面收缩率用符号 Z 表示,数值大小通过拉伸试验与计算法获得。

材料的断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 数值越大,表示材料塑性越好,可用锻压等压力加工方法成形。若零件使用中稍有超载,也会因其塑性变形而不致突然断裂,增加了材料使用的安全性。表达材料塑性时,通常用断后伸长率(A)表示。

3. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬的性能指标,常用的硬度指标有布氏硬度和洛氏硬度两种。布氏硬度用符号 HBW 表示,洛氏硬度用符号 HRA、HRB 和 HRC 等表示。其中,HBW 值和 HRC 值在生产中常用来表示材料(或零部件)的硬度。硬度值的大小是在硬度计上通过硬度实验法测得的。

HBW 适用于测量较软的金属或未经淬火的钢件,布氏硬度值的有效范围小于 650 HBW;HRC 适用于测定经热处理淬硬的钢件,有效范围为 20 ~ 70 HRC。表示方法为数字在前,硬度符号在后,如 160 ~ 180 HBW(规定差值不大于 30),46 ~ 50 HRC(规定差值不大于 5)。数字越大,材料硬度越高。

4. 韧性

韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力。金属韧性的判据用冲击吸收能量(符号 K)表示,它是通过冲击试验确定的。在实际应用中常用冲击韧度(符号 a_K)来表示材料的韧性,两者关系为 $a_K = K/A$,单位为 J/cm^2 。其中, A 为试样缺口处的截面积。 a_K 值越大,材料韧性越好。

实践证明,材料的多次重复冲击抗力取决于材料强度与韧性的综合力学性能,冲击能量高时,主要决定于材料的韧性;冲击能量低时,主要决定于材料的强度。

5. 疲劳

材料在循环应力的应变作用下,在一处或几处产生局部永久性累积损伤,经一定循环后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程,称为疲劳。金属疲劳的判据是疲劳强度。在工程上,疲劳强度是指在一定的应力循环次数(一般规定,钢铁材料的应力循环次数取 10^7 ,有色金属取 10^8)下不发生断裂的最大应力。光滑试样对称弯曲疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示。由于疲劳强度断裂前无明显的塑性变形,断裂是突然发生的,因此危险性很大。

影响金属疲劳强度的因素很多,如零件外形、受力状态、表面质量和周围介质等。合理设计零件结构、避免应力集中、降低表面粗糙度值以及进行表面强化等,均可以提高工件的疲劳强度。

第二节 铁碳合金状态图

铁碳合金状态图是人类经过长期生产实践并经大量科学实验后总结出来的,是表示平衡状态下,不同成分的铁碳合金在不同温度时具有的状态或组织的图形,是研究钢和铸铁的基础,它对于了解钢铁材料的性能、加工、应用等具有重要的指导意义。铁和碳可以形成一系列化合物,考虑工业上的使用价值,目前应用的铁碳合金状态图是 Fe-Fe₃C 部分($w_c < 6.69\%$),如图 1-1 所示为简化的 Fe-Fe₃C 状态图。

一、铁碳合金的基本组织

1. 铁素体(F)

铁素体是 α 铁中溶入一种或多种溶质元素构成的固溶体。其性能与纯铁相似,即强度、硬度低,塑性、韧性好。正常浸蚀后在显微镜下呈白亮色,在钢中的形态多为不规则的多边形块。

2. 奥氏体 (A)

奥氏体是 γ 铁中溶入碳和 (或) 其他元素构成的固溶体。其强度和硬度比铁素体高, 塑性、韧性也好。因此, 钢材多数加热到奥氏体状态进行锻造。高温 (727°C 以上) 显微镜下才能观察到奥氏体组织。其晶粒呈多边形, 且晶界较铁素体平直。

3. 渗碳体 (Fe_3C)

渗碳体是晶体结构属于正交系、化学式为 Fe_3C 的金属化合物, 是钢和铸铁中常见的固相。其硬度高, 塑性、韧性差, 脆性大。渗碳体在钢和铸铁中可呈片状、球状和网状分布, 主要起强化作用, 它的形态、大小、数量和分布对钢和铸铁的性能有很大影响。

4. 珠光体 (P)

珠光体是铁素体薄层 (片) 与碳化物 (包括渗碳体) 薄层 (片) 交替重叠组成的共析组织。其性能介于铁素体和渗碳体之间, 强度较高, 硬度适中, 有一定的塑性。

5. 莱氏体 (Ld)

莱氏体是铸铁或高碳高合金钢中由奥氏体 (或其转变的产物) 与碳化物 (包括渗碳体) 组成的共晶组织。莱氏体冷却到 727°C 以下时, 其中的奥氏体又转变成珠光体, 莱氏体成为珠光体和渗碳体的复合物, 称为“变态莱氏体” (Ld')。其力学性能与渗碳体相近。显微组织特征为白亮的渗碳体为基体, 上面分布着许多粒状、条状或不规则形状的黑色珠光体。

二、Fe- Fe_3C 状态图的图形分析

图 1-1 中的纵坐标表示温度, 横坐标表示碳 (或渗碳体) 的质量分数。横坐标的左端表示 100% 的铁; 右端 $w_{\text{C}} = 6.69\%$ (或 100% 的 Fe_3C)。横坐标上的任一点均代表一种成分的铁碳合金。

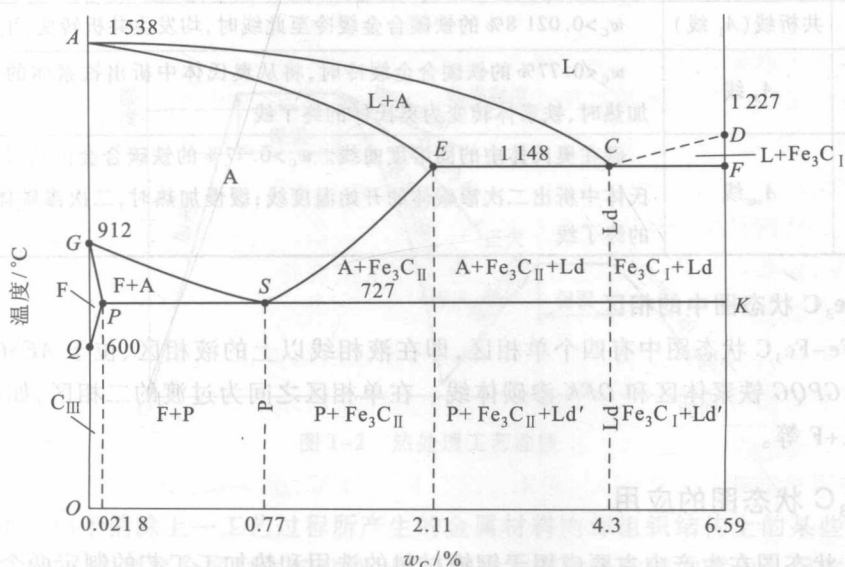


图 1-1 简化的 Fe- Fe_3C 状态图

1. Fe-Fe₃C 状态图中的特性点

Fe-Fe₃C 状态图中特性点的温度、成分及含义见表 1-1。

表 1-1 简化的 Fe-Fe₃C 状态图特性

特性点	温度 $t/^\circ\text{C}$	$w_c/\%$	含 义
A	1 538	0	纯铁的熔点
C	1 148	4.3	共晶点
D	1 227	6.69	渗碳体的分解点
E	1 148	2.11	碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的最大固溶度
G	912	0	纯铁的同素异构转变点
P	727	0.021 8	碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的最大固溶度
S	727	0.77	共析点
Q	600	0.005 7	600 $^\circ\text{C}$ 时碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的固溶度

2. Fe-Fe₃C 状态图中的特性线

Fe-Fe₃C 状态图中的特性线是不同成分合金具有相同物理意义的相变点连接线,其名称及含义见表 1-2。

表 1-2 简化的 Fe-Fe₃C 状态图特性线

特性线	名 称	含 义
ACD 线	液相线	在此线以上各成分的铁碳合金均处于液相。当缓冷至此线时开始结晶
AECF 线	固相线	任一成分的铁碳合金缓冷至此线时全部结晶为固相;加热到此温度线时,固相开始熔化
ECF 水平线	共晶线	$w_c > 2.11\%$ 的铁碳合金缓冷至此线时,均发生共晶转变,生成莱氏体
PSK 水平线	共析线(A_1 线)	$w_c > 0.021\ 8\%$ 的铁碳合金缓冷至此线时,均发生共析转变,生成珠光体
GS 线	A_3 线	$w_c < 0.77\%$ 的铁碳合金缓冷时,将从奥氏体中析出铁素体的开始线;缓慢加热时,铁素体转变为奥氏体的终了线
ES 线	A_{cm} 线	碳在奥氏体中的固溶度曲线。 $w_c > 0.77\%$ 的铁碳合金由高温缓冷时,从奥氏体中析出二次渗碳体的开始温度线;缓慢加热时,二次渗碳体溶入奥氏体的终了线

3. Fe-Fe₃C 状态图中的相区

简化的 Fe-Fe₃C 状态图中有四个单相区,即在液相线以上的液相区、位于 AESGA 范围的奥氏体区,以及 GPQG 铁素体区和 DFK 渗碳体线。在单相区之间为过渡的二相区,如相组成 L+A、L+Fe₃C₁ 和 A+F 等。

三、Fe-Fe₃C 状态图的应用

Fe-Fe₃C 状态图在生产中主要应用于钢铁材料的选用和热加工工艺的制定两个方面。

1. 在钢铁材料选用方面的应用

简化的 Fe-Fe₃C 状态图特性线见表 1-2。

Fe-Fe₃C 状态图反映了钢铁材料的组织、性能随成分变化的规律,为材料选用提供了依据。建筑结构用的型钢需要塑性、韧性好的材料,可选用 $w_c < 0.25\%$ 的钢材。机械零件需要强度、塑性及韧性都较好的钢材,可选用 $w_c = 0.25\% \sim 0.60\%$ 的钢材。各种工具要用硬度高和耐磨性好的材料,则应选 w_c 更高的钢材。

2. 在制定热加工工艺方面的应用

在铸造工艺方面,可根据 Fe-Fe₃C 状态图确定合金的浇注温度,浇注温度一般在液相线以上 50 ~ 100 °C。在铸造生产中,接近于共晶成分的铸铁得到了广泛的应用,因为它的凝固温度区间小,流动性好,分散缩孔较少,可以获得致密的铸件。

在锻造工艺方面,碳钢室温平衡组织是两相混合物,塑性较低,变形困难。如果将钢加热到奥氏体状态,则强度低、塑性较好,利于塑性成形。因此,锻造一般在单相奥氏体区进行。

在热处理工艺方面,金属热处理(如退火、正火及淬火等)时的加热温度,需根据状态图来确定。

在焊接工艺方面,根据状态图可以了解各种铁碳合金的焊接性,焊接性主要与 w_c 有关, w_c 较低的铁碳合金(如低碳钢)焊接性好。因此,正确选择焊接材料、了解焊接时不同温度下组织的变化、采取相应的工艺措施等,都具有一定的意义。

第三节 金属热处理的基本概念

一、热处理的基本知识

金属热处理是将固态金属或合金采用适当的方法进行加热、保温和冷却,获得所需要的组织结构与性能的工艺。热处理的基本工艺过程可用工艺(温度-时间关系)曲线表示,如图 1-2 所示。

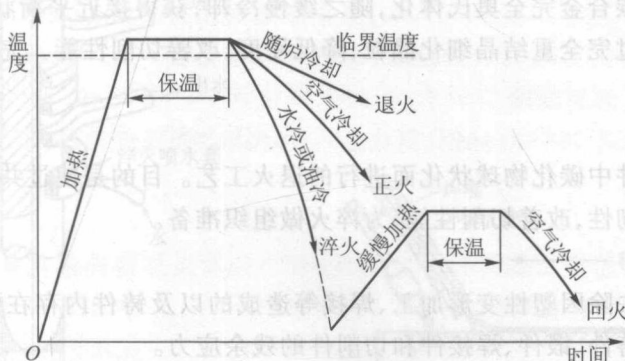


图 1-2 热处理工艺曲线

热处理可以用于消除上一工艺过程所产生的金属材料内部组织结构上的某些缺陷,改善切削性能,还可以进一步提高金属材料的性能,从而充分发挥材料性能的潜力。因此,大部分重要的机器零件都要进行热处理。

为了便于热处理时使用铁碳合金状态图,通常将钢加热和冷却时实际临界温度位置用 Ac_1 、

Ac_3 、 Ac_{cm} 及 Ar_1 、 Ar_3 、 Ar_{cm} 表示,如图 1-3 所示。

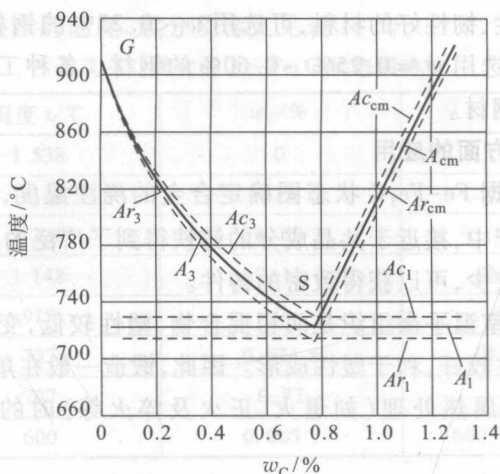


图 1-3 钢在加热或冷却时的临界点

金属热处理可分为整体处理、表面热处理和化学热处理。整体处理包括退火、正火、淬火和回火等;表面热处理和化学热处理主要有表面淬火、渗碳和渗氮等工艺。

二、常用热处理方法

1. 退火

退火是将金属和合金加热到适当温度,保温一定时间,然后缓慢冷却的热处理工艺。根据钢的成分和性能要求不同,退火可分为以下几种。

(1) 完全退火

完全退火是将铁碳合金完全奥氏体化,随之缓慢冷却,获得接近平衡状态组织的退火工艺。完全退火的目的是通过完全重结晶细化晶粒,降低硬度,改善切削性能。完全退火主要用于亚共析钢的铸、锻件。

(2) 球化退火

球化退火是使钢件中碳化物球状化而进行的退火工艺。目的是使过共析钢中网状碳化物球状化,降低硬度,提高韧性,改善切削性能,为淬火做组织准备。

(3) 去应力退火

去应力退火是为去除因塑性变形加工、焊接等造成的以及铸件内存在的残余应力而进行的退火。主要用于消除铸件、锻件、焊接件和切削件的残余应力。

2. 正火

正火是将钢材或钢件加热到 Ac_3 或 Ac_{cm} 以上 $30 \sim 50^\circ\text{C}$,保温适当的时间后,在静止空气中冷却的热处理工艺。把钢件加热到 Ac_3 以上 $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 的正火则称为高温正火。

正火的作用与退火类似,但正火时的冷却速度比退火快。同样的钢件在正火后的强度和硬度要比退火工件稍高,但消除残余应力不如退火彻底。因正火冷却较快、操作简便、生产率高,在可能的情况下应优先采用正火。低碳钢多采用正火代替退火。

3. 淬火和回火

淬火是将钢件加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 以上某一温度,保持一定时间,然后以适当的速度冷却获得马氏体和(或)贝氏体组织的热处理工艺,目的是为了提高钢件的硬度和耐磨性。通过淬火加不同回火以获得各种需要的性能,是钢的主要强化方法。

工件淬火冷却时所用的介质称为淬火介质。根据钢的种类不同,淬火介质有所不同,常用的淬火介质有水 and 油两种。水便宜,冷却能力较强,一般碳钢工件多用它作为淬火介质。油的冷却能力较水低、成本高,但是可防止工件产生裂纹等缺陷,合金钢多用油淬火。钢淬火后必须回火。

回火是钢件淬硬后,再加热至 A_{c1} 以下的某一温度,保温一定时间,然后冷却到室温的热处理工艺。其目的是稳定组织,减少应力,降低脆性,获得所需性能。表 1-3 为常见的钢回火方法及其应用。

表 1-3 常见的钢的回火方法及其应用

回火方法	加热温度/℃	力学性能特点	应用范围	硬度/HRC
低温回火	150 ~ 250	高硬度、耐磨性	刀具、量具、冷冲模等	58 ~ 65
中温回火	350 ~ 500	高弹性、韧性	弹簧、钢丝绳等	35 ~ 50
高温回火	500 ~ 650	良好的综合力学性能	连杆、齿轮及轴类	25 ~ 35

4. 表面淬火

表面淬火是仅对工件表层进行淬火的工艺。其目的是为了获得高硬度的表面层和有利的残余应力分布,提高工件的硬度和耐磨性。

表面淬火加热的方法很多,如感应加热、火焰加热、电接触加热、激光加热等,目前生产中最常用的是感应加热和火焰加热,如图 1-4、图 1-5 所示。

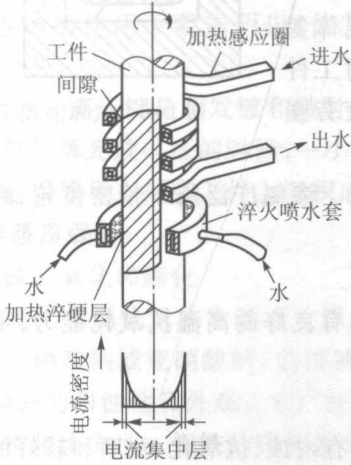


图 1-4 感应加热示意图

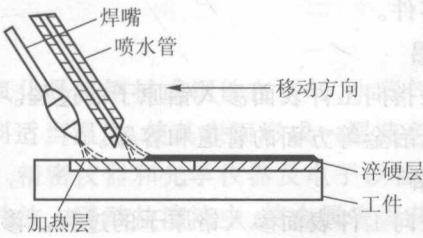


图 1-5 火焰加热示意图

火焰加热表面淬火是将工件表面用强烈的火焰(一般用氧-乙炔火焰)加热到淬火温度后,立刻喷水或浸水,使工件表面具有较高的硬度,心部仍具有原来的强度和韧性。火焰加热表面淬火工艺不受工件体积大小的限制,而且所需设备简单,成本低,但是淬火效果不稳定,工件表面的

质量不易保证。

感应加热表面淬火是利用工件在交变磁场中产生感应电流,将表面加热到淬火温度后立刻快速冷却的热处理方法。感应加热表面淬火生产率高,淬火层厚度也易于控制,可以使全部淬火过程机械化、自动化。但是,感应加热表面淬火设备价格较高,对每个工件都需要相适应的感应器,因此它仅适用于形状简单、生产批量大的工件的表面热处理,如螺栓、轴颈、齿轮等工件的表层淬火。

三、化学热处理

化学热处理是将金属和合金工件置于一定温度的活性介质中保温,使一种或几种元素渗入它的表层,以改变其化学成分、组织和性能的热处理工艺。常用的化学热处理有渗碳、渗氮、碳氮共渗和渗金属元素等。

1. 渗碳

渗碳的方法主要有气体渗碳、液体渗碳和固体渗碳三种。气体渗碳如图 1-6 所示。将清洗后的钢件装入密封的井式气体渗碳炉中,加热至 $900 \sim 950^{\circ}\text{C}$,通过气体渗碳剂(煤气、液化石油气等)进行渗碳。渗碳后可使工件表面 $1 \sim 2\text{ mm}$ 厚度内的碳的质量分数提高到 $0.8\% \sim 1.2\%$,渗碳工件材料一般为低碳钢或低合金钢。

渗碳只改变工件表面的化学成分。为提高工件表面的硬度和耐磨性,同时改善心部组织,渗碳后还需对工件进行淬火和低温回火处理。

2. 渗氮(氮化)

渗氮是在一定的温度下,使活性氮原子渗入工件表面的化学热处理工艺。目前广泛应用的是气体渗氮或称气体氮化。氮化层深度一般不超过 $0.6 \sim 0.7\text{ mm}$,氮化处理时工件的变形极小。渗氮的目的是提高表面硬度、耐磨性和疲劳强度。氮化层还具有较高的耐蚀性。

最典型的氮化用钢是 38CrMoAl 钢,氮化后不需淬火。渗氮广泛用于精密齿轮、磨床主轴等重要精密零件。

3. 渗铝

渗铝是指向工件表面渗入铝原子的过程。渗铝件具有良好的高温抗氧化能力,主要适用于石油、化工、冶金等方面的管道和容器。

4. 渗铬

渗铬是向工件表面渗入铬原子的过程。渗铬零件具有耐蚀、抗氧化、耐磨和较好的抗疲劳性能,兼有渗碳、渗氮和渗铝的优点。

5. 渗硼

渗硼是向工件表面渗入硼原子的过程。渗硼零件具有高硬度、高耐磨性和好的热硬性(可达 800°C),并在盐酸、硫酸和碱内具有抗蚀性。渗硼应用在泥浆泵衬套、挤压螺杆、冷冲模及排污阀等方面,能显著提高使用寿命。

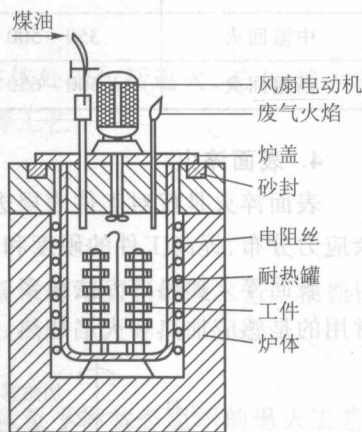


图 1-6 气体渗碳示意图

四、表面覆层处理

1. 镀层处理

(1) 电镀

利用外加直流电作用,从电解液中析出金属,并在工件表面沉积而获得与工件牢固结合的金属覆盖层的方法称为电镀。

电镀层除了保护性、装饰性的作用外,还具有许多特殊的性能,如在内燃机的气缸套、活塞环上镀铬可以获得很高的耐磨性;镀铜层可提高其他材料的导电性;在航空、航海及无线电器材上镀锡,可提高材料的焊接性;镀银层主要用在仪器制造工业及无线电工业中,以提高导线的导电性能、避免接触点的氧化和减少接触电阻;镀镉层在海洋性的空气或与海水接触的条件下有很好的耐蚀性等。

(2) 化学镀

含有镀层金属离子的溶液在还原剂的作用下,在有催化作用的工件表面形成镀层的方法,称为化学镀。化学镀不用外电源,比较方便。

Ni、Co、Pd、Cu、Au 和某些合金镀层如 Ni-P、Ni-Mo-P 等都可用化学镀获得。化学镀工艺在电子工业中占有重要的地位,例如化学镀镍层在印制电路板、接插件、高能微波器件和电容器上都获得了应用。

(3) 真空镀

真空镀的主要方法有如下三种:

1) 蒸发镀 把金属在真空条件下加热、蒸发,蒸发出来的气体金属原子在工件上沉积成膜的方法。

2) 溅射镀 在真空条件下导入氩气,使其发生放电(辉光放电)产生氩离子(Ar^+),带正电的 Ar^+ 在强电场的作用下轰击阴极,使其表面原子被溅射出来并沉积在工件表面形成膜层的方法。

3) 离子镀 离子镀是蒸发镀和溅射镀的综合。在真空条件下被加热、蒸发出来的气体金属原子在经过氩气辉光放电区的时候,一小部分发生电离,并经加速后打到工件表面上,其余没有电离蒸发的金属原子直接在工件上沉积成膜。

2. 化学膜层保护

(1) 钢铁的氧化和磷化

钢铁的氧化和磷化又称发蓝或发黑,钢铁的氧化是将钢材或钢件在空气、水蒸气或化学物(如含苛性钠、硝酸钠或亚硝酸钠)的溶液中加热到适当温度,使其表面形成一层蓝色或黑色氧化膜,以改善钢的耐蚀性和外观。它广泛用于弹簧、精密仪器和光学仪器及电子设备的零件、各种兵器的防护装饰方面。钢铁的磷化是将钢铁零件放入磷酸盐溶液中,使金属表面获得一层不溶于水的磷酸盐薄膜的工艺。磷化膜呈灰色或暗灰色,耐蚀能力比发蓝强得多。

(2) 铜及铜合金的氧化

它是用化学氧化或电化学氧化方法,使铜或铜合金零件表面生成一层黑色、蓝黑色等颜色的氧化膜。例如,把铜或铜合金零件放入过硫酸钾($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)溶液中,这种强氧化剂在溶液中分解为 H_2SO_4 和极活泼的氧原子,使零件表面氧化,生成黑色氧化铜保护膜。这种方法广泛应用于电

器、仪表、电子工业和日用五金等零件的表面防护处理。

(3) 铝及铝合金的阳极氧化处理

在电解液中,以铝或铝合金工件为阳极,经电解在其表面形成与基体结合牢固的氧化膜层的过程称为阳极氧化。经阳极氧化处理获得的氧化膜硬度高、耐磨,有较高的耐蚀性。氧化膜还具有光洁、光亮、透明度较高,经染色可得到各种色彩鲜艳夺目的表面的特点,因此广泛应用于航空、电气、电子、机械制造和轻工业部门。

3. 非金属覆层

非金属覆层又称涂装,是利用喷射、涂饰等方法,将有机涂料涂覆于工件表面并形成与基体牢固结合的涂覆层的过程。如氨基树脂涂料用于自行车、缝纫机、洗衣机和电冰箱外壳作装饰和保护涂层,聚酯树脂涂料用于轿车、货车表面涂装。

常用的涂装方法有如下几种:

1) 刷涂法 这是最简单的操作方法,几乎所有的涂料都可以使用,但生产效率低、劳动强度大、装饰性差。

2) 浸涂法 即将被涂物件全部浸入涂料槽中,适用于小型的五金零件、钢管以及结构比较复杂的器材或电气绝缘材料等。

3) 淋涂法 工件在输送带上移动,送入涂料的喷淋区,利用循环泵将涂料喷淋到工件表面上。这种方法工效高,涂料损失少,便于流水生产。

4) 压缩空气喷涂 在压缩空气作用下,涂料从喷枪喷出、雾化并涂覆工件。该法使用方便,各种形状的大小工件均可使用,但涂料利用率较低。

5) 静电喷涂 用静电喷枪使涂料雾化并带负电荷,与接地的工件间形成高压静电场,静电引力使涂料均匀沉积在工件表面。这种方法涂层附着力好,表面质量好,易于实现自动化。

6) 电泳涂装 利用外加电场使水溶性涂料中的树脂和颜料等移向作为电极的工件并沉积在工件表面上。该法得到的涂层均匀,附着力强,涂料利用率高,便于涂装自动化,成本低。

7) 流化床涂覆 粉末涂料在压缩空气作用下悬浮于容器中,并上下翻动呈流态状。将预热的工件浸入这些沸腾的粉末中,表面形成一定厚度的涂层。这种方法得到的涂层厚度大,涂覆速度快,但由于“床”的大小有限,所以只能涂装小工件。

五、其他热处理

1. 真空热处理

在低于一个大气压的环境中进行加热的热处理工艺称为真空热处理。真空热处理后零件表面光滑、无氧化、不脱碳、变形小,可显著提高疲劳强度和耐磨性,同时作业条件好,易实现机械化和自动化。真空热处理不但能用于真空退火、真空淬火,而且可用于真空渗碳等化学热处理。

2. 形变热处理

将塑性变形和热处理有机地结合起来以提高材料的力学性能的复合热处理工艺称为形变热处理。例如,高温形变热处理可以利用锻造或轧制塑性变形后的高温立即进行淬火和回火处理。