



普通高等院校“十二五”规划教材

金工实习指导书

韦相贵 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

本书由钦州学院教材建设基金资助

普通高等院校“十二五”规划教材

金工实习指导书

主 编 韦相贵

副主编 张千锋 何永玲

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是根据中华人民共和国海事局最新修订颁布的《中华人民共和国海船船员适任评估大纲和规范》中《金工工艺》项目对船员规定的实际操作技能要求,结合作者多年的金工实习教学经验编写而成的,有较强的针对性。全书共包括金属材料及热处理、车工技能训练、钳工技能训练、电焊技能训练、气焊与气割技能训练五章。

本书主要面向轮机工程专业学生,适用于普通高等院校机类、近机类以及非机类各专业的金工实习教学和实习指导,也可作为有关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习指导书/韦相贵主编. —北京:中国铁道出版社,
2014. 8

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 113 - 18694 - 4

I. ①金… II. ①韦… III. ①金属加工-实习-高等学校-教学参考资料 IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 172702 号

书 名:金工实习指导书

作 者:韦相贵 主编

策 划:许 璐

读者热线:400-668-0820

责任编辑:潘星泉

编辑助理:钱 鹏

封面设计:付 巍

封面制作:白 雪

责任校对:汤淑梅

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

印 刷:北京新魏印刷厂

版 次:2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:9.25 字数:227 千

书 号:ISBN 978 - 7 - 113 - 18694 - 4

定 价:20.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)51873659

前言

《金工实习指导书》是根据中华人民共和国海事局最新修订颁布的《中华人民共和国海船船员适任评估大纲和规范》中《金工工艺》项目对船员规定的实际操作技能要求,并配合金工实习教学要求而编写的。本书编写的指导思想是以船员岗位技术与技能培训为基础,以提高学生实践动手能力为主线,各实训项目的组织以突出针对性、典型性和实用性为原则,使学生能达到《中华人民共和国海船船员适任评估大纲和规范》对船员的技能要求,满足国家海事局签发船员适任证书的必要条件,为学生毕业后求职打下良好基础。全书共分五章,包括金属材料及热处理、车工技能训练、钳工技能训练、电焊技能训练、气焊与气割技能训练。

本书主要有以下特点:

①编写目标明确,以船员岗位技术与技能培训为基础,以提高学生实践动手能力为主线。

②本书在编写中坚持“少而精”的原则,突出针对性、典型性和实用性。

③全书的编排先介绍基础知识,再介绍训练项目,内容深入浅出、图文并茂、直观形象。

④为确保实习中的安全,本书在编写中对车工、钳工、电焊、气焊与气割等每项技能训练都有针对性地作了安全知识介绍。

⑤本书提供了轮机专业金工工艺评估大纲和规范,以及2013年中国海员技能大比武——金工工艺比武资料,可作为综合练习之用。

⑥本书主要面向轮机工程专业学生,适用于普通高等院校机类、近机类以及非机类各专业的金工实习教学和实习指导,并可作为有关专业工程技术人员和中等职业学校、技工学校的参考用书。

本书由钦州学院韦相贵任主编,张千锋、何永玲任副主编。参加编写的还有宾凯、颜世周、薛斌、陈晓林、颜晓娟等。

由于编者水平有限,书中疏漏和不足之处,敬请有关专家与读者批评指正。

编者

2014年7月

目 录

第 1 章 金属材料及热处理	1
1.1 金属材料	1
1.2 金属热处理	8
第 2 章 车工技能训练	13
2.1 基础知识	13
2.2 安全知识	28
2.3 实训项目	30
第 3 章 钳工技能训练	44
3.1 基础知识	44
3.2 安全知识	63
3.3 实训项目	65
第 4 章 电焊技能训练	73
4.1 基础知识	73
4.2 安全知识	91
4.3 实训项目	95
第 5 章 气焊与气割技能训练	106
5.1 基础知识	106
5.2 安全知识	119
5.3 实训项目	124
附录	130
附录 A 轮机专业金工工艺评估大纲和规范(750 kW 及以上船舶二/三管轮)	130
附录 B 2013 中国海员技能大比武——金工工艺比武资料	138
参 考 文 献	142

1.1 金属材料

1.1.1 金属的晶体结构

1. 晶体与非晶体

非晶体:凡原子呈无序堆积状况的物质,如普通玻璃、松香、树脂等。

晶体:凡原子呈有序、有规则排列的物质,如金属的固态、金刚石、明矾晶体等。

性能:晶体有固定的熔、沸点,呈各向异性;非晶体没有固定熔点,而且表现为各向同性。

2. 晶体结构的概念

(1) 晶格和晶胞

表示原子在晶体中排列规律的空间格架,称为晶格。

能完整地反映晶格特征的最小几何单元,称为晶胞。

(2) 晶面和晶向

在晶体中由一系列原子组成的平面,称为晶面。

通过两个或两个以上原子中心的直线,代表的晶格空间排列的一定方向,称为晶向。

3. 金属晶格的类型

(1) 体心立方晶格

它的晶胞是一个立方体,原子位于立方体的八个顶角上和立方体的中心,如铬(Cr)、钒(V)、钨(W)、钼(Mo)及 α -Fe。

(2) 面心立方晶格

它的晶胞也是一个立方体,原子位于立方体的八个顶角上和立方体六个面的中心,如铝(Al)、铜(Cu)、铅(Pb)、镍(Ni)及 γ -Fe。

(3) 密排六方晶格

它的晶胞是一个正六棱柱体,原子排列在柱体的每个顶角上和上、下底面的中心,另外三个原子排列在柱体内。属于这种晶格类型的金属有镁(Mg)、铍(Be)、镉(Cd)及锌(Zn)等。

4. 结晶

金属由原子不规则排列的液体转变为原子规则排列的固体的过程,称为结晶。

(1) 纯金属的冷却曲线及过冷度

用热分析法进行研究:

实际结晶温度低于理论结晶温度这一现象称为过冷现象。

理论结晶温度和实际结晶温度之差称为过冷度($\Delta T = T_0 - T_1$)。

金属结晶时过冷度的大小与冷却速度有关。冷却速度越快,金属的实际结晶温度越低,过冷度也就越大。

(2) 纯金属的结晶过程

结晶过程是晶核形成与长大的过程。外形不规则而内部原子排列规则的小晶体称为晶粒。晶粒与晶粒之间的分界面称为晶界。

(3) 晶粒大小对金属力学性能的影响

在室温下,细晶粒金属一般具有较强的强度和韧性。细化晶粒的方法有:

- ① 增加过冷度。
- ② 变质处理。
- ③ 振动处理。

1.1.2 铁碳合金的基本相及基本组织

1. 基本元素

铁碳合金基本元素是 Fe、C。

2. 基本相(见图 1-1)

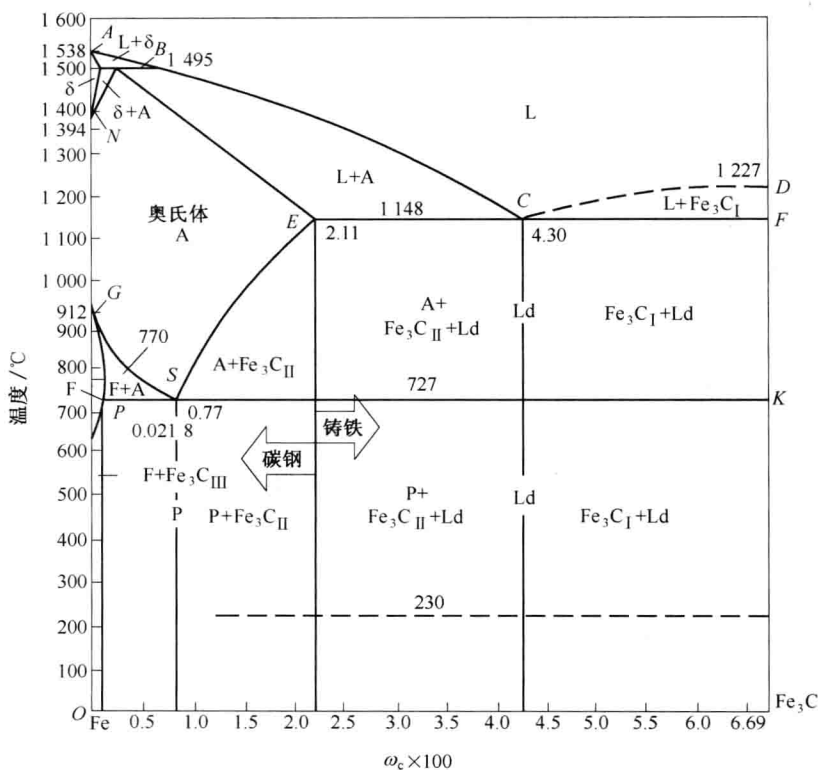


图 1-1 Fe-Fe₃C 相图

(1) 铁素体

① 概念:碳溶解在 α -Fe 中形成的间隙固溶体称为铁素体。

② 符号:F,体心立方晶格。

③ 溶碳能力:溶碳能力很小,在 727 °C 时,碳在 α -Fe 中的最大溶碳量为 0.021 8%,而且

随温度的降低逐渐减小。

④性能:由于铁素体的含碳量低,所以铁素体的性能与纯铁相似,即有良好的塑性和韧性,强度和硬度较低。

(2) 奥氏体

①概念:碳溶解在 γ -Fe 中形成的间隙固溶体称为奥氏体。

②符号:A,面心立方晶格。

③溶碳能力:较强,在 1 148 °C 时可溶 2.11%,在 727 °C 时可溶 0.77%。

④性能:强度、硬度不高,具有良好的塑性,是绝大多数钢在高温进行锻造和轧制时所要求的组织。

(3) 渗碳体

①概念:含碳量为 6.69% 的铁与碳的金属化合物。

②符号: Fe_3C ,复杂的斜方晶体。

③溶碳能力: $\frac{m_c}{m_{\text{总}}} = 6.69\%$ 。

④性能:熔点为 1 227 °C 左右,硬度很高,塑性很差,伸长率和冲击韧度几乎为零,是一个硬而脆的组织。

(4) 珠光体

①概念:是铁素体与渗碳体的混合物。

②符号:P,铁素体和渗碳体片层相间,交替排列。

③溶碳能力:在 727 °C 时, $\frac{m_c}{m_{\text{总}}} = 0.77\%$ 。

④性能特点:取决于铁素体和渗碳体的性能,强度较高,硬度适中,具有一定的塑性。

(5) 莱氏体

①概念:是含碳量为 4.3% 的液态铁碳合金,在 1 148 °C 时从液体中结晶出的奥氏体和渗碳体的混合物。

②符号:Ld,由于奥氏体在 727 °C 时转变为珠光体,所以在室温下的莱氏体由珠光体和渗碳体组成称为低温莱氏体(高温莱氏体,温度 > 727 °C)。

③溶碳能力: $\frac{m_c}{m_{\text{总}}} = 4.3\%$ 。

④性能特点:硬度很高,塑性很差。

3. 铁碳合金分类

工业纯铁 $w_c < 0.0218\%$

钢-含碳量 $w_c < 2.11\%$

铸铁-含碳量 $w_c > 2.11\%$

F、A、 Fe_3C 是单相组织,称铁碳合金的基本相。P、Ld 是由基本相混合组成的多相组织。根据组织特征,将铁碳合金分为七种类型:

工业纯铁 $w_c < 0.0218\%$

共析钢 $w_c = 0.77\%$

亚共析钢 $w_c = 0.0218\% \sim 0.77\%$

过共析钢 $w_c = 0.77\% \sim 2.11\%$

共晶白口铁 $w_c = 4.3\%$

亚共晶白口铁 $w_c = 2.11\% \sim 4.3\%$

过共晶白口铁 $w_c = 4.30\% \sim 6.69\%$

Fe-Fe₃C 相图中点、线的含义:

(1) 点的含义

A 点: 纯铁的熔点, 1 538 °C。

D 点: 渗碳体的熔点, 1 227 °C。

C 点: 共晶点, 1 148 °C, Ld, (A+Fe₃C)。

E 点: C 在 γ -Fe 中最大溶解度, $\frac{m_c}{m_{总}} = 2.11\%$ 。

G 点: 纯铁的同素异构转变点, 912 °C, α -Fe, γ -Fe。

S 点: 共析点, F+Fe₃C。

(2) 线的含义

ACD 线: 液相线, 在此线的上方所有的铁碳合金都为液体。

AECF 线: 固相线, 在此线的下方所有的铁碳合金都为固体。

在 ACD 线与 AECF 线之间是结晶区, 即过渡区。

GS 线: 从 A 中析出 F 的开始线, 又称 A₃ 线。

ES 线: C 在 A 中溶解度曲线, 又称 A_{cm} 线。

ECF 线: 共晶线, 温度为 1 148 °C。

PSK 线: 共析线, 727 °C, 又称 A₁ 线。

1.1.3 金属材料的性能

金属材料的性能一般分为工艺性能和使用性能两类。所谓工艺性能是指机械零件在加工制造过程中, 金属材料在一定的冷、热加工条件下表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏, 决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。由于加工条件不同, 要求的工艺性能也就不同, 如铸造性能、可焊性能、可锻性能、热处理性能、切削加工性能等。所谓使用性能是指机械零件在使用条件下, 金属材料表现出来的性能, 它包括力学性能、物理性能、化学性能等。金属材料使用性能的好坏, 决定了它的使用范围与使用寿命。

金属材料在现代工业中的广泛应用主要是由于其能满足各种工程构件或机械零件所需的力学性能和工艺性能要求, 所以掌握各种金属材料的力学性能及其变化规律, 根据工作条件及力学性能选择材料, 充分发挥其性能潜力, 是保证构件或零件质量的基础。

1. 金属材料的力学性能

在机械制造业中, 一般机械零件都是在常温、常压和非强烈腐蚀性介质中使用的, 且在使用过程中各机械零件都将承受不同载荷的作用。金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能, 称为力学性能(或称为力学性能)。金属材料的力学性能是零件设计和选材时的主要依据。外加载荷性质不同(例如拉伸、压缩、扭转、冲击、循环载荷等), 对金属材料要求的力学性能也将不同。常用的力学性能包括: 强度、塑性、硬度、韧性、多次冲击抗力和疲劳极限等。下面将分别讨论各种力学性能。

(1) 强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力。强度是衡量零件本身承载

能力(即抵抗失效能力)的重要指标。由于载荷的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等,所以强度也分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。各种强度间常有一定的联系,拉伸试验测出的屈服强度、抗拉强度为基本强度指标。

(2) 塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下,产生塑性变形(永久变形)而不被破坏的能力。

(3) 硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。目前,生产中测定硬度的方法最常用的是压入硬度法,它是用一定几何形状的压头在一定载荷下压入被测试的金属材料表面,根据压入程度来测定其硬度值。

硬度常用的表示方法有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)和维氏硬度(HV)等。

(4) 疲劳

前面所讨论的强度、塑性、硬度都是金属在静载荷作用下的力学性能指标。实际上,许多机器零件都是在循环载荷下工作的,在这种条件下零件会产生疲劳。

(5) 冲击韧性

以很大速度作用于机件上的载荷称为冲击载荷,金属在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力称为冲击韧性。

2. 金属的工艺性能

工艺性能是指金属材料对不同加工工艺方法的适应能力。

(1) 铸造性能

金属(材料)及合金在铸造工艺中获得优良铸件的能力称为铸造性能。

①流动性:熔融金属的流动能力称为流动性,主要受金属化学成份和浇注温度等的影响。

②收缩性:铸件在凝固和冷却过程中,其体积和尺寸减小的现象称为收缩性。

③偏析倾向:金属凝固后,内部化学成分和组织的不均匀现象称为偏析倾向。

根据相图(见图 1-1)可以找出不同成分的钢或铸铁的熔点,确定铸造温度;根据相图上液相线和固相线间的距离估计铸造性能的好坏。距离越小,铸造性能越好,如纯铁、共晶成分或接近共晶成分的铸铁铸造性能比铸钢好。因此,共晶成分的铸铁常用来浇注铸件,其流动性好,分散缩孔少,显微偏析少。

(2) 锻造性能

利用锻压加工方法成形的难易程度称为锻造性能。铸铁不能锻压。

根据相图(见图 1-1)可以确定锻造温度。钢处于奥氏体状态时,强度低、塑性高,便于塑性变形。因此,锻造或轧制温度必须选择在单相奥氏体区的适当温度范围内,始轧和始锻温度不能过高,以免钢材氧化严重和发生奥氏体晶界熔化(称为过烧),一般控制在固相线以下 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。而终轧和终锻温度也不能过高,以免奥氏体的晶粒粗大,但又不能过低,以免钢材塑性差导致产生裂纹。一般对亚共析钢的终锻和终轧温度控制在稍高于GS线(A_3 线);过共析钢控制在稍高于PSK线(A_1 线)。实际生产上各种碳钢的始轧温度为 $1\,150\sim 1\,250\text{ }^{\circ}\text{C}$,终锻和终轧温度为 $750\sim 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 焊接性能

焊接性能是指金属材料对焊接加工的适应性。

由于焊缝母材在焊接过程中处于不同的温度条件,因而整个焊缝区会出现不同组织,引起性能不均匀,可根据相图分析碳钢焊缝组织,并适当用热处理方法减轻或消除组织不均匀性。

(4) 切削加工性能

金属材料接受切削加工的难易程度称为切削加工性能。

1.1.4 钢的分类

钢是以铁、碳为主要成分的合金,它的含碳量一般小于2.11%。钢是经济建设中极为重要的金属材料。钢按化学成分分为碳素钢(简称碳钢)与合金钢两大类。碳素钢是由生铁冶炼获得的合金,除铁、碳为其主要成分外,还含有少量的锰、硅、硫、磷等杂质。碳素钢具有一定的力学性能,又有良好的工艺性能,且价格低廉。因此,碳素钢获得了广泛的应用。但随着现代工业与科学技术的迅速发展,碳素钢的性能已不能完全满足需要,于是人们研制了各种合金钢。合金钢是在碳钢基础上,有目的地加入某些元素(称为合金元素)而得到的多元合金。与碳钢比,合金钢的性能有显著的提高,故应用日益广泛。

由于钢品种繁多,为了便于生产、保管、选用与研究,必须对钢材加以分类。按钢的用途、化学成分、质量的不同,可将钢分为许多类。

1. 按用途分类

按钢的用途可分为结构钢、工具钢、特殊性能钢三大类。

(1) 结构钢

①用于制造各种机器零件,包括渗碳钢、调质钢、弹簧钢及滚动轴承钢。

②用于工程结构,包括碳素钢中的甲、乙、特类钢及普通低合金钢。

(2) 工具钢

工具钢是用来制造各种工具的钢。根据工具用途不同可分为刃具钢、模具钢与量具钢。

(3) 特殊性能钢

特殊性能钢是具有特殊物理化学性能的钢,可分为不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等。

2. 按化学成分分类

按钢材的化学成分可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢:按含碳量又可分为低碳钢(含碳量 $\leq 0.25\%$)、中碳钢($0.25\% < \text{含碳量} < 0.6\%$)、高碳钢(含碳量 $\geq 0.6\%$)。

合金钢:按合金元素含量又可分为低合金钢(合金元素总含量 $\leq 5\%$)、中合金钢(合金元素总含量 $= 5\% \sim 10\%$)、高合金钢(合金元素总含量 $> 10\%$)。此外,根据钢中所含主要合金元素种类不同,也可分为锰钢、铬钢、铬镍钢、铬锰钛钢等。

3. 按质量分类

按钢材中有害杂质磷、硫的含量可分为普通钢(含磷量 $\leq 0.045\%$ 、含硫量 $\leq 0.055\%$;或磷、硫含量均 $\leq 0.050\%$)、优质钢(磷、硫含量均 $\leq 0.030\%$)。

此外,还可按冶炼炉的种类将钢分为平炉钢(酸性平炉、碱性平炉)、空气转炉钢(酸性转炉、碱性转炉、氧气顶吹转炉钢)与电炉钢。按冶炼时脱氧程度,可将钢分为沸腾钢(脱氧不完全)、镇静钢(脱氧比较完全)及半镇静钢。

4. 碳素钢的识别

碳素钢可根据其火花进行识别。含碳量低的低碳钢,火花尾部下垂,颜色稍暗,时有枪尖

尾花,花量不多,芒线较粗;含碳量相对较多的中、高碳钢则尾部挺直尖端流线有分叉现象,射流较大,花量较多。还可以将碳素钢的棒料在石头上磨一磨,容易磨掉的就是低碳钢,反之则是中、高碳钢。

1.1.5 常存元素对钢的性能影响

1. 硅(Si)

来源:炼钢后期脱氧剂带入。

对钢的性能影响:提高钢的强度、硬度。

硅是钢中的有益元素。

2. 锰(Mn)

来源:炼钢脱氧剂。

对钢的性能影响:提高钢的强度、硬度。

锰是钢中的有益元素。

3. 硫(S)

来源:生铁带入。

对钢的性能影响:对钢造成热脆性(S在钢中与铁生成化合物 FeS , FeS 熔点是 $985\text{ }^{\circ}\text{C}$,当钢材加热到 $1\ 000\sim 1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 进行轧制或锻造时,沿晶界分布的 Fe-FeS 共晶体已经熔化,各晶粒间的连接被破坏,导致钢材开裂,这种现象称为热脆性)。

硫是钢中的有害元素。

4. 磷(P)

来源:生铁带入。

对钢的性能影响:对钢造成冷脆性[磷部分溶解在铁素体中形成固溶体,部分在结晶时形成脆性很大的化合物,使钢在室温下(一般为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下)的塑性和韧性急剧下降,这种现象称为冷脆性]。

磷是钢中的有害元素。

1.1.6 碳素钢的牌号及用途

钢厂在给钢的产品命名时,往往将用途、成分、质量这三种分类方法结合起来,如将钢命名为普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢、高级优质碳素工具钢、合金结构钢、合金工具钢(含磷、硫量 $\leq 0.040\%$)、高级优质钢(含磷量 $\leq 0.035\%$ 、含硫 $\leq 0.02\%\sim 0.03\%$)等。

1. 碳素结构钢

①牌号:屈服点数值 Q ,质量等级符号和脱氧方法符号。

②性能:一般。

③用途:厂房、桥梁、船舶、铆钉、螺钉、螺母等。

例如:Q235-A·F表示屈服点为 235 MPa 的A级沸腾钢。

2. 优质碳素结构钢

①牌号:用两位数字表示钢中平均含碳量的千分之几。

②分类:

a. 08~25钢,属于低碳钢。

性能:强度、硬度较低,塑性、韧性及焊接性良好。

用途:制造冲压件、焊接结构件及渗碳件,如螺钉、销子、垫圈、压力容器等。

b. 30~55 钢,属于中碳钢。

性能:较高的强度和硬度,塑性和韧性随含碳量的增加而逐步降低。

用途:制造受力较大的机械零件,如连杆、曲轴、齿轮等。

c. 60 钢以上,属于高碳钢。

性能:有较高的强度、硬度和弹性。

用途:制造较高强度、耐磨性和弹性的零件,如气门弹簧、弹簧垫圈、螺旋弹簧等。

3. 碳素工具钢

①牌号:T+数字(平均含碳量的千分数)。

例如:T12A 表示平均含碳量为 1.2% 的高级优质碳素工具钢。

②性能:有较好的强度,其强度随含碳量的增加而增加。

③用途:用于制造各种工具。

例如:T7~T8:钻头、铰子、锤头、模具等;

T9~T10:丝锥、板牙、手工锯条、卡尺等;

T11~T13:锉刀、钻头、刮刀等。

4. 铸造碳钢

①牌号:ZG+数字—数字。

第一组数字:屈服点。

第二组数字:抗拉强度值。

例如:ZG270—500 表示屈服点为 270 N/mm²,抗拉强度为 500 N/mm² 的铸造碳钢。

②应用:制造形状复杂、力学性能要求较高的机械零件。

1.2 金属热处理

为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能,除合理选用材料和各种成形工艺外,热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料,钢铁显微组织复杂,可以通过热处理予以控制,所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外,铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学、物理和化学性能,以获得不同的使用性能。

1.2.1 概述

1. 热处理的定义

将金属材料放入一定的介质中,通过加热、保温和冷却,以改变其内部组织结构,来获得预期力学性能的工艺方法,称为热处理。

热处理的实质:通过热处理工艺控制金属材料产生固态相变以改善组织和性能。

热处理工艺要素:加热(加热速度、加热温度)、保温(保温时间)、冷却(冷却速度),如图 1-2 所示。

热处理的理论依据:铁碳合金平衡相图(见图 1-1),

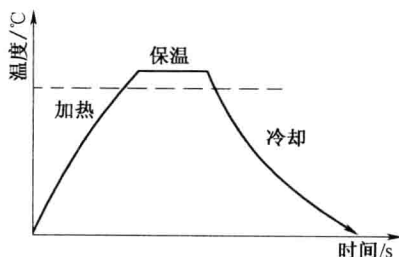


图 1-2 热处理曲线

但实际转变温度与相图上的临界温度相比会有一定程度的滞后,即过冷(r)、过热(c)。

热处理之所以能够使钢的性能发生很大变化,主要是由于在加热和冷却过程中,钢的内部组织发生了变化。

(1) 钢在加热时的转变

① 固态相变类型:

扩散性相变;半扩散性相变;非扩散性相变。

② 奥氏体的形成。钢加热到临界点以上的温度,形成奥氏体的过程又称奥氏体化。

奥氏体是碳在 γ -Fe 中的间隙型固溶体,具有面心立方晶格,在光学显微镜下通常是多边形晶粒组织。

在钢的各种组织中,奥氏体的比体积最小,线膨胀系数大,热导率低。奥氏体的屈服强度很低,塑性很好,易于加工成形,钢的锻造和轧制均在奥氏体状态下进行。

(2) 钢在冷却时的转变

过冷奥氏体在不同的温度区间会发生三种不同的转变。

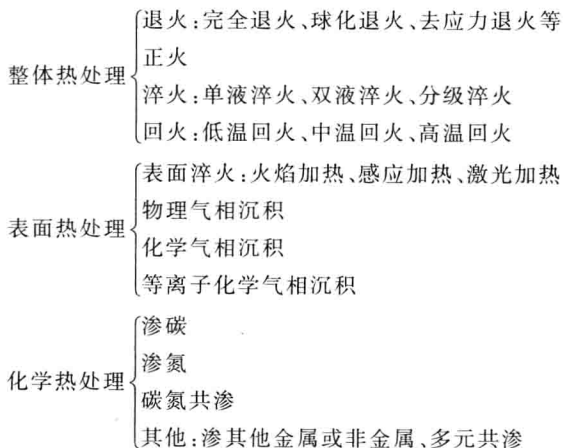
① 在 $550\text{ }^{\circ}\text{C} \sim A_1$ 区间发生珠光体转变,转变的产物是珠光体(P),其硬度值较低,在 11~40 HRC 之间。

② $230 \sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 点区间发生贝氏体转变,产物是贝氏体(B),硬度值较高,在 40~55 HRC 之间。

③ 在 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 点以下将发生马氏体转变,得到马氏体(M),马氏体的硬度很高,可达到 60 HRC 以上。

2. 热处理的分类

按不同的热处理工艺,可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理。



3. 热处理的目的

① 消除毛坯中的缺陷,改善工艺性能,为切削加工或热处理做好组织和性能上的准备,又称预先热处理。

② 提高金属材料的力学性能,充分发挥材料的潜力,节约材料,延长零件使用寿命,又称最终热处理。

4. 热处理的特点及应用

(1) 热处理的特点

金属热处理是机械制造中的重要工艺之一,与其他加工工艺相比,热处理的特点:

① 优点:

- 一般工件形状不改变;
- 通过改变工件内部组织,或表面化学成分,改善工件的使用性能。

② 缺点:

- 能耗高;
- 污染严重,因此加强热处理的环保及节能措施,是制造业的重要环节。

(2) 热处理的应用

热处理是机械零件和工模具制造过程中的重要工序之一。大体来说,它可以保证和提高工件的各种性能,如耐磨、耐腐蚀等;还可以改善毛坯的组织和应力状态,以利于进行各种冷、热加工。

① 在各种机床上加工的零件约有 80% 需要进行热处理。

② 各种工具、量具和刀具等 100% 需要经过热处理,才会具有比较好的使用性能。

③ 在机械行业的各个领域应用非常广泛。

例如,白口铸铁经过长时间退火处理可以获得可锻铸铁,提高塑性;齿轮采用正确的热处理工艺,使用寿命可以比不经热处理的齿轮成倍或成几十倍地提高;另外,价廉的碳钢通过渗入某些合金元素就具有某些价昂贵的合金钢性能,可以代替某些耐热钢、不锈钢;工模具则几乎全部需要经过热处理才可使用。

1.2.2 钢的整体热处理(见图 1-3)

根据不同的冷却方式,钢的整体热处理可分为退火、正火、淬火和回火。

1. 钢的退火(见图 1-4)

将钢加热到适当温度,保温一定的时间后缓慢冷却的工艺方法称为退火。

(1) 完全退火

完全退火是将中、低碳钢加热到完全奥氏体状态,温度为 A_3 (指亚共析钢的相变温度,不同钢材的临界温度也不同,一般

是 $710 \sim 750^\circ\text{C}$,个别合金钢的临界温度可达 $800 \sim 900^\circ\text{C}$) 以上 $30 \sim 50^\circ\text{C}$,保温一定时间后缓慢冷却到室温,获得接近平衡态组织的热处理工艺方法。完全退火主要适用于亚共析钢。

完全退火的目的是消除锻件和铸件的表面硬化现象,降低硬度,消除残余应力,从而改善切削加工性能。

(2) 去应力退火

去应力退火是将钢加热到 A_1 线以下某一温度,一般为 $500 \sim 600^\circ\text{C}$,保温后缓慢冷却的工艺方法。去应力退火的主要目的是消除焊接、铸造、锻造和机械加工过程中产生的应力,稳定工件尺寸。

(3) 球化退火

工件在经过一定量的冷塑性变形后,在晶粒内部产生大量的晶格畸变和错位等,从而导致

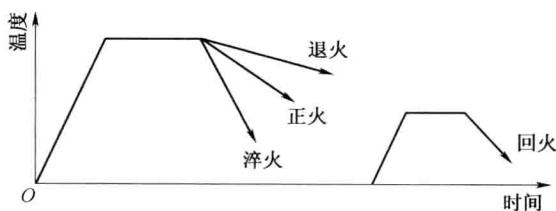


图 1-3 热处理工艺示意图

硬度、强度的升高和塑性的降低,即产生加工硬化现象,同时还残存了很大的内应力。这样就给进一步塑性变形带来了困难。若将这样的钢材加热到一定温度以上(低于 A_1 ,一般为 $600\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$),会重新生核长大成均匀的晶粒,从而消除了加工硬化现象和残余应力,钢材又恢复了塑性变形的能力。

2. 钢的正火(见图 1-4)

将钢加热到上临界点(亚共析钢为 A_3 ,过共析钢为 A_{cm})以上适当温度,保温一定时间,然后在空气中冷却的工艺方法称为正火。

其中, A_{cm} 线指过共析钢的相变温度线。

正火的目的:

- ①改善含碳量较低的钢材的切削性能。
- ②中碳结构钢要求不高时,可代替调质作为最终热处理,起到简化工艺的目的。
- ③消除过共析钢的网状渗碳物。
- ④消除缺陷、细化晶粒、改善组织、为最终热处理做准备。

正火的加热温度一般为亚共析钢: $A_3 + 30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$;过共析钢: $A_{cm} + 30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。保温时间则要依据钢材种类、工件尺寸、装炉量、选用炉型等众多因素来确定。正火是在空气中冷却。由于空气的冷却能力较其他介质(如水、油)弱,所以工件在空气中的实际冷却速度受自身的尺寸大小影响较大。大工件冷却慢,有时甚至接近退火的冷却速度,小工件则有可能接近淬火的冷却速度。因此,正火后工件的组织 and 性能往往会在较大的范围内波动。有时根据要求也可采取适当的方法予以调整,如大工件冷却速度不够,可采用加速空气的流动来提高,小工件则可采用堆垛在一起的方法适当降低冷却速度等。

3. 钢的淬火

将钢加热到临界温度 A_3 (亚共析钢)或 A_1 (过共析钢)以上某一温度,保温一定时间,使之全部奥氏体化,然后以大于临界冷却速度的速度,将奥氏体冷却到 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,发生马氏体转变的工艺方法称为淬火。

淬火的目的是使过冷奥氏体进行马氏体转变,得到马氏体组织,然后配合以不同温度的回火,来大幅度地提高钢的硬度、强度、耐磨性、疲劳强度以及韧性等,从而满足各种机器零件和工具的不同使用性能要求。

淬火的加热温度一般为亚共析钢: $A_3 + 30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$;过共析钢: $A_1 + 30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。淬火加热温度的选择是根据钢的成分、组织和不同的性能要求来确定的。保温时间一般根据工件的有效截面厚度来计算,碳素结构钢为 $1.2\sim 1.5\text{ min/mm}$,碳素合金钢为 $1.5\sim 1.8\text{ min/mm}$ 。淬火所使用的冷却介质有水、油、盐或碱的水溶液等。根据工件的材料不同,所选用的冷却介质也不同。工件浸入冷却介质的方式不恰当,将造成冷却不均匀产生较大的内应力以及引起变形。根据工件形状不同,浸入冷却介质的方式也不同,如细长、轴类和薄而平的工件,应垂直浸入冷却介质;厚薄不均的工件,应先把厚的部分浸入冷却介质;凹型或带盲孔的工件,应将凹面或孔部向上浸入冷却介质;薄壁环型工件必须沿轴线方向浸入冷却介质等。

(1) 单液淬火

工件加热奥氏体化以后,放入某种冷却介质中一直冷却到室温。

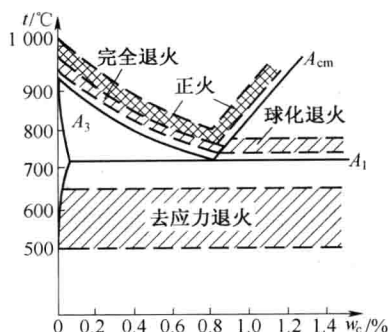


图 1-4 碳素钢退火和正火的加热温度范围

