

总主编 曹茂盛 刘世参 毛大立

总主审 吴 林 翟玉春 王富耻

材料科学与工程系列教材(三)

崔明铎 主 编

王国凡 高 进 马中全 副主编

徐庆辛 主 审

制造工艺基础

哈尔滨工业大学出版社

材料科学与工程系列教材(三)

总主编 曹茂盛 刘世参 毛大立

总主审 吴 林 翟玉春 王富耻

制造工艺基础

崔明铎 主 编

王国凡 高 进 马中全 副主编

徐庆辛 主 审

哈尔滨工业大学出版社

哈 尔 滨

内 容 提 要

全书共分 13 章,主要内容包括工程材料简介、铸造、锻压、连接、钳工、管工、车工、刨工、铣工、磨工、现代加工工艺、塑料制品的成形与加工、金属热处理与零件的表面工程技术等基础知识和各工种常用的设备、刀具、夹具及量具,以及各工种的基本工艺方法。

本书可作为高等工科院校机械、材料、环境等各工程专业及管理类专业的金工实习教材,也可作为机械类少学时的金工课教材和高职高专教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

制造工艺基础/崔明铎主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.6

ISBN 7-5603-2005-8

I.制… II.崔… III.制造业—基本知识 IV.T

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 004616 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 403 千字
版 次 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-2005-8/TH·118
印 数 1~7 000
定 价 22.00 元

序 言

材料科学与工程系列教材是由哈尔滨工业大学出版社组织国内部分高校专家学者共同编写的大型系列教学丛书,其中第一系列、第二系列教材已分别被列为国家新闻出版总署“九五”、“十五”重点图书出版计划。第一系列教材 9 种已于 1999 年陆续出版。编写本系列教材丛书的基本指导思想是:总结已有、通向未来、面向 21 世纪,以优化教材链为宗旨,依照为培养材料科学人才提供一个较为广泛的知识平台的原则,并根据培养目标,确定书目、编写大纲及主干内容。为确保图书品位,体现较高水平,编审委员会全体成员对国内外同类教材进行了细致的调查研究,广泛征求各参编院校第一线任课教师的意见,认真分析国家教育部新的学科专业目录和全国材料工程类专业教学指导委员会第一届全体会议的基本精神,进而制定了具体的编写大纲。在此基础上,聘请了国内一批知名的专家,对本系列教材书目和编写大纲审查认定,最后确定各册的体系结构。经过全体编审人员的共同努力,第二系列教材即将出版发行,我们热切期望这套大型系列教学丛书能够满足国内高等学校材料工程类专业教育改革发展的需要,并且在教学实践中得以不断充实、完善和发展。

在本书的编写过程中,注意突出了以下几方面特色:

1. 根据科学技术发展的最新动态和我国高等学校专业学科归并的现实需求,坚持面向一级学科、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,即兼顾材料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,突出反映教材内容的现代化。
4. 注重协调材料科学与材料工程的关系,既加强材料科学基础的内容,又强调材料工程基础,以满足培养宽口径材料学人才的需要。
5. 坚持体现教材内容深广度适中、够用的原则,增强教材的适用性和针对性。
6. 在系列教材编写过程中,进行了国内外同类教材对比研究,吸取了国内外同类教材的精华,重点反映新教材体系结构特色,把握教材的科学性、系统性和适用性。

此外,本系列教材还兼顾了内容丰富、叙述深入浅出、简明扼要、重点突出等特色,能充分满足少学时教学的要求。

参加本系列教材编审工作的单位有:清华大学、哈尔滨工业大学、北京科技大学、北京航空航天大学、北京理工大学、哈尔滨工程大学、北京化工大学、燕山大学、哈尔滨理工大

学、华东船舶工业学院、北京钢铁研究总院等 22 所院校 100 余名专家学者,他们为本系列教材的编审付出了大量心血。在此,编审委员会对这些同志无私的奉献致以崇高的敬意。此外,编审委员会特别鸣谢中国科学院院士肖纪美教授、中国工程院院士徐滨士少将、中国工程院院士杜善义教授,感谢他们对本系列教材编审工作的指导与大力支持。

限于编审者的水平,疏漏和错误之处在所难免,欢迎同行和读者批评指正。

材料科学与工程系列教材编审委员会

2001 年 7 月

前 言

本书是根据教育部颁布的“工程材料与机械制造基础”课程教学基本要求,结合各兄弟院校教学改革经验与教学需求而编写的。

全书共分 13 章,主要内容包括:工程材料、铸造、锻压、连接、钳工、管工、车工、刨工、铣工、磨工、现代加工工艺、塑料制品的成形与加工、金属的热处理与零件的表面工程技术等基础知识的介绍,以及各工种常用的设备、刀具、夹具及量具和各工种基本工艺方法的介绍等。

在编写本书的过程中,我们做了如下考虑:

1. 本书名的使用符合教育部关于“金工”教学使用发达国家推荐教材名称的要求。而且本书名的使用既为少学时相关学科选择课堂教学用书提供了帮助,又淡化了课堂教学与车间实习之间的差别。

2. 对工程材料原理内容有所削弱,是为区分课堂教学与实习教学在深度上的差别;引入非金属材料内容是为拓宽学生知识面,也出于对各院校不同学科不同要求的考虑;第 4 章采用“连接”不用“焊接”,是因为增加了“黏接”、“机械连接”的内容,主要是基于现代制造业发展需求而做出的。

3. 在编写本书的过程中,根据新教学基本要求的精神,对传统的内容进行了筛选。对基本工艺本着“少、精、严”的原则,删减了现代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、现代加工工艺、塑料制品成形与加工等内容。

4. 在编写本书的过程中,力求做到基本概念和名词术语全部采用最新颁布的国家标准,内容阐述突出重点,文字精炼,图文并茂。对个别文字的使用进行了统一,例如“形”、“型”二字,全书基本上使用“形”字,少数地方使用“型”字,像“成型”已全部改为“成形”。

本书由崔明铎任主编,王国凡、高进、马中全任副主编。全书由崔明铎统稿。

徐庆辛教授对本书稿进行了详细的审阅。

参加本书编写工作的还有:田清波、王吉岱、杨兴华、魏军英、汤爱君、马海龙、景才年、林晓娟、孙静等。

在本书编写的过程中,参考了有关教材和相关文献,并征求了有关领导与相关企业人士的意见,在此向上述人员一并表示谢意。

由于编者理论水平及教学经验所限,本书难免有疏漏或欠妥之处,敬请读者和同仁提出宝贵意见,共同搞好本门课程的教材建设,不胜企盼。

编 者

2003 年 10 月

目 录

第 1 章 工程材料简介	1
1.1 概 述	1
1.2 金属材料的性能	1
1.3 铁碳合金状态图	3
1.4 常用金属材料	6
1.5 非金属材料	11
思考题	13
第 2 章 铸 造	14
2.1 概 述	14
2.2 造型材料和模样	15
2.3 浇注系统和冒口	17
2.4 手工造型和制芯	18
2.5 机器造型和制芯	26
2.6 合金的熔炼与浇注	28
2.7 铸件的落砂和清理及常见缺陷分析	30
2.8 特种铸造	33
思考题	37
第 3 章 锻 压	38
3.1 概 述	38
3.2 金属的加热和锻件的冷却	39
3.3 自由锻	42
3.4 自由锻的基本工序	44
3.5 模 锻	46
3.6 冲压设备与工艺	47
3.7 锻压新工艺简介	52
思考题	53
锻压实习安全操作规程	54
第 4 章 连 接	55
4.1 概 述	55
4.2 焊条电弧焊	57
4.3 气焊与气割	66
4.4 其他焊接方法	72
4.5 黏 接	77

4.6 铆 接	82
思考题	83
第5章 钳 工	85
5.1 概 述	85
5.2 划 线	86
5.3 锯 削	93
5.4 锉 削	97
5.5 孔和螺纹加工	102
5.6 刮 削	114
5.7 装 配	116
5.8 典型钳工件示例	120
思考题	122
第6章 管 工	123
6.1 概 述	123
6.2 管工基本知识	123
6.3 管工操作	131
思考题	142
第7章 车 工	143
7.1 概 述	143
7.2 普通车床	144
7.3 车 刀	148
7.4 工件的安装及所用附件	156
7.5 基本车削方法	161
7.6 典型零件车削工艺示例	173
7.7 其他类型车床	175
7.8 数控车床	178
思考题	180
第8章 刨 工	181
8.1 概 述	181
8.2 刨 床	182
8.3 刨 刀	185
8.4 刨削工艺	186
8.5 拉削简介	190
思考题	192
第9章 铣 工	193
9.1 概 述	193
9.2 铣 床	194
9.3 铣刀和工件安装	199

9.4 铣削工艺	201
9.5 齿面加工	210
思考题	213
第 10 章 磨 工	214
10.1 概 述	214
10.2 磨 床	215
10.3 砂 轮	218
10.4 磨削工艺	220
10.5 精整和光整加工	226
10.6 先进磨削方法简介	228
思考题	228
第 11 章 现代加工工艺	230
11.1 概 述	230
11.2 电火花加工	231
11.3 电解加工	233
11.4 超声波加工	235
11.5 激光加工	237
11.6 电子束和离子束加工	238
11.7 电铸加工	240
11.8 先进制造技术简介	241
思考题	242
第 12 章 塑料制品的成形与加工	243
12.1 概 述	243
12.2 塑料的一次成形	243
12.3 塑料的二次成形	248
12.4 塑料的二次加工	251
思考题	253
第 13 章 金属热处理与零件的表面工程技术	254
13.1 金属热处理	254
13.2 表面工程技术	258
13.3 塑料制品表面工程技术	262
思考题	264
参考文献	265

第1章 工程材料简介

1.1 概 述

材料是人类生产和生活的物质基础。人类使用材料的水平,直接反映人类社会的文明水平。所以历史学家根据制造生产工具的材料将人类生活的时代划分为石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代。国民经济的各个部门和人们的衣、食、住、行直至生活用品,都离不开材料。材料、能源和信息称为现代社会的三大支柱,而能源和信息的发展,在一定程度上又依赖于材料的发展。因此,许多国家都把材料科学作为重点发展学科之一,使之为新技术革命提供坚实的物质基础。

材料按物质结构分为:金属材料、有机高分子材料、陶瓷材料和复合材料。按用途分为:机械工程材料、土木工程材料、电工材料、电子材料等。按功能分为:结构材料、功能材料、磁性材料等。

1.2 金属材料的性能

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。工艺性能反映材料在加工制造过程中所表现出来的特性。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。

1.2.1 力学性能

任何机器零件工作时都承受力的作用,因此,材料在力的作用下所表现出来的特性就显得格外重要。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。表征和判据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。主要力学性能有强度、塑性、硬度、韧性等。

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** 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(可用符号 R_e 表示)。国标规定,应区分为上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} ,单位为 N/mm^2 。

(2) **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 N/mm^2 。

两者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 ,还希望有一定的屈强比(R_e/R_m)。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。塑性判据是通过拉伸试验时,以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。数值大小是通过拉伸试验与计算方法获得的。

材料的 A 和 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可靠。材料塑性通常用断后伸长率 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,常用的硬度判据有布氏硬度和洛氏硬度两种。布氏硬度用符号HBS或HBW表示,洛氏硬度用符号HRA、HRB和HRC表示,其中HBS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测得的。

HBS适用于测量较软的金属或未经淬火的钢件,布氏硬度值有效范围小于450HBS;HRC适用于测定经热处理淬硬的钢件,有效范围为20~70HRC。表示方法为数字在前,硬度符号在后,如160~180HBS(规定差值 ≥ 30),46~50HRC(规定差值 ≥ 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功(符号 A_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值(符号 α_k)来表示材料的韧性,两者关系为 $\alpha_k = A_K/S$,单位 J/cm^2 ,式中 S 为断口横截面积。 α_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,主要取决于材料的韧性;冲击能量低时,主要取决于材料的强度。

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,经一定循环次数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,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,都可以提高工件的疲劳强度。

1.2.2 工艺性能

1. 铸造性能

金属的铸造性能是指铸造成形过程中获得外形准确、内部健全铸件的能力。主要有流动性、收缩性、氧化性、吸气性等,铸造性能对铸件质量影响很大,铸造性能好可获得优质铸件。

2. 可锻性

可锻性是指材料在锻造过程中经受塑性变形而不开裂的能力,它与金属材料的塑性和变形抗力有关,塑性越好,变形抗力越小,可锻性越好。

3. 焊接性

焊接性是指材料在限定的施工条件下焊接成设计要求的构件,并满足预定服役要求的能力。焊接性好的材料,易于用一般的焊接方法和简单的工艺措施进行焊接。

4. 切削性

切削性是指用刀具对金属材料进行切削时的难易程度。切削性好的材料在加工时刀具的磨损量小,切削效率高,加工后的表面质量好。对一般钢材来说,硬度在 175 ~ 230 HBS 范围内具有良好的切削性。

1.3 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,是研究钢和生铁的基础,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,考虑到工业上的使用价值,目前应用的铁碳合金状态图是 $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ 部分, $w(\text{C}) < 6.69\%$ 。图 1-1 为简化的 $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ 状态图。

1.3.1 铁碳合金的基本组织

1. 铁素体(F)

铁素体是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。正常侵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,在接近共析成分的钢中,往往呈网状或断续网状。

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。高温显微镜下(727℃以上)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,其硬度很高,塑性、韧性很差,脆性很大。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℃ 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。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。

1.3.2 Fe-Fe₃C 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 $w(C) = 6.69\%$ (或 100% 的 Fe₃C)。横坐标上的任一点,均代表一种成分的铁碳合金。

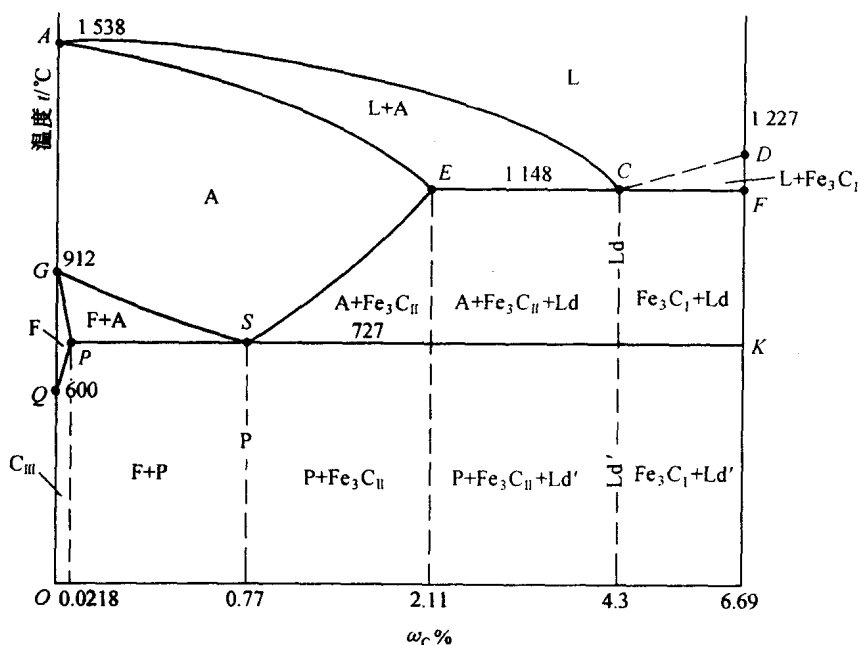


图 1-1 简化的 Fe-Fe₃C 状态图

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。

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。

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 GPQ 铁素体区和 DFK 渗碳体区。在单相区之间为过渡的二相区,如

相组成 $L + A$ 、 $L + Fe_3C_I$ 和 $A + F$ 等。

表 1-1 简化的 $Fe - Fe_3C$ 状态图特性点

特性点	温度 $t / ^\circ C$	$w(C) / \%$	含 义
A	1 538	0	纯铁的熔点
C	1 148	4.3	共晶点
D	1 227	6.69	渗碳体的熔点
E	1 148	2.11	碳在 $\gamma - Fe$ 中的最大溶解度
G	912	0	纯铁的同素异构转变点
P	727	0.021 8	碳在 $\alpha - Fe$ 中的最大溶解度
S	727	0.77	共析点
Q	600	0.005 7	600 $^\circ C$ 时碳在 $\alpha - Fe$ 中的溶解度

表 1-2 简化的 $Fe - Fe_3C$ 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(A1 线)	$w(C) > 0.0218\%$ 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	A3 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	碳在奥氏体中的溶解度曲线。 $w(C) < 0.77\%$ 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

4. 室温组织、成分对力学性能的影响

从状态图中看出,室温下随碳的质量分数的增加,组织中的铁素体量减少,作为强化相渗碳体的相对量将不断增多,而且渗碳体的形状和分布情况也有变化。当 $w(C) < 0.9\%$ 时,随碳的质量分数的增加,钢的强度、硬度不断升高,而塑性、韧性不断降低。当 $w(C) > 0.9\%$ 时,渗碳体以网状分布于晶界处或以粗大片状存在于基体中,不仅使钢的塑性、韧性进一步降低,而且强度也明显下降。为了使钢有足够的强度,一定的塑性和韧性,一般工业用钢碳的质量分数不大于 $1.3\% \sim 1.4\%$ 。对于碳的质量分数大于 2.11% 的白口铸铁,因为组织中大量是渗碳体,硬而脆,且切削难,因此在一般制造业中应用较少。

1.3.3 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

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和韧性好的材料,可选用 $w(C) < 0.25\%$ 的钢材。各种机械零件需要强度、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,则应选用碳的质量分数更高的钢材。

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 $50 \sim 100^\circ\text{C}$ 。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,焊接性主要与碳的质量分数有关,碳的质量分数较低的铁碳合金(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。

1.4 常用金属材料

金属材料包括黑色金属和有色金属(又称非铁金属)两大类。黑色金属又分为铸铁和钢,即钢铁材料;有色金属指黑色金属以外的金属材料,如铜、铝及其合金、轴承合金、硬质合金等。钢铁材料在机械制造中应用最广泛。

1.4.1 非合金钢(碳素钢)

非合金钢是指碳的质量分数(或称含碳量)小于 2.11% ,并含有少量 Si、Mn、S、P 等杂质元素的铁碳合金,俗称碳素钢(简称碳钢)。碳钢容易冶炼,价格低廉,工艺性较好,力学性能满足一般工程结构和零件的使用要求,在制造业中应用很广。

1. 分类

(1)按含碳的质量分数 分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。低碳钢($w(C) < 0.25\%$)塑性好,强度低,易于焊接和冲压,用于制造受力不大的零件,如螺栓、螺母、混凝土用光圆钢筋等。中碳钢($w(C) = 0.25\% \sim 0.6\%$)综合力学性能较好,可用于受力较大的零件,如主轴、齿轮等。高碳钢($w(C) > 0.6\%$)强度高,塑性差,可锻性、焊接性都较差,硬度高,耐磨性好,用于制造工(模)具,如手锤、手钳、手用钢锯条等。

(2)按用途 分为碳素结构钢和碳素工具钢。碳素结构钢主要用于制造机械零件和

工程构件。碳素工具钢主要用于制造各种刀具、量具和模具。

(3)按钢的质量等级 主要根据钢材中硫磷的质量分数分为普通质量钢、优质碳钢、特殊质量钢。

2. 常用钢号举例

(1)碳素结构钢 如 Q235A 钢, Q 为屈服强度的“屈”字汉语拼音字首, 235 表示屈服强度值为 235 MPa, A 表示质量等级 A 级(还有 B、C 和 D 级), 用于制作螺钉、螺栓、螺母、角钢、垫圈、焊接钢管等。

(2)优质碳素结构钢 牌号用两位数字表示, 该两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万分之几。如 08 钢($w(C) = 0.08\%$)、10 钢($w(C) = 0.1\%$)主要用于制作冲压成形的机器外壳、容器、罩子等; 45 钢($w(C) = 0.45\%$)主要用于制作轴、齿轮、连杆等。

(3)碳素工具钢 牌号用以“碳”字汉语拼音字首“T”与其后的一组数字构成, 该数字表示钢中平均碳的质量分数的千分之几, 如 T7 钢($w(C) = 0.7\%$)主要用于制造手钳、剪刀、凿子、手锤等; T10 钢($w(C) = 1\%$)主要用于制作手用钢锯条、简单冷作模具等; T12 钢主要用于制作铰刀、锉刀、量具等。

1.4.2 低合金高强度结构钢

低合金高强度结构钢性能特点是, 高强度, 高韧性和较低的韧脆转变温度, 良好的焊接性能和冷成形性能, 良好的抗大气、海水和土壤腐蚀性。这类钢主要用来制造要求强度较高的各种工程结构, 如船舶、桥梁、车辆、高压容器、输油和输气管道、建筑结构等, 如 Q345A、Q390B 等(牌号表示方法如碳素结构钢)。

1.4.3 合金钢

为了提高钢的力学性能、工艺性能、物理性能、化学性能、淬透性等, 在碳钢的基础上加入某些合金元素, 这种钢称为合金钢。

合金钢按用途分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。合金结构钢用于制造机械零件和工程构件, 如 20CrMnTi、20MnTi(建筑用月牙筋钢筋的典型钢种)、40Cr、60Si2Mn 等; 合金工具钢用于制造刀具、模具、量具等工具, 如 9SiCr、Cr12、CrMn、GCr15 等。合金钢按钢的质量等级又可分为普通质量合金钢、优质合金钢和特殊质量合金钢。

1.4.4 铸 铁

铸铁是在凝固过程中经历共晶转变, 用于生产铸件的铁基合金的总称。生产上应用的铸铁, 碳的质量分数常在 2.5% ~ 4% 之间。铸铁的抗拉强度较低, 塑性和韧性差, 不能进行锻造, 但具有良好的铸造性和切削性, 抗压强度高, 减震和减摩性能好, 且制造容易, 价格便宜, 因而在工业上应用广泛。

1. 分 类

铸铁中的碳以渗碳体(Fe_3C)或石墨(G)的形式存在。按碳的存在形式, 铸铁可分为以下几种:

(1)白口铸铁 碳以游离碳化铁形式出现的铸铁, 断口呈银白色。其性能是: 硬度高, 脆性大, 切削难, 所以很少直接用来制造机器零件, 是可锻铸铁件的基础。

(2)灰铸铁 碳主要以片状石墨形式析出的铸铁, 断口呈灰色。其性能是: 硬度较低,

塑性和韧性较差,但工艺性能(如铸造性、切削性)好,而且生产设备和工艺简单,成本低廉,应用十分广泛,如重锤、机座、气缸、箱体、床身等。

(3)可锻铸铁 通过石墨化或脱碳退火处理,改变其金相组织或成分而获得的有较高韧性的铸铁。可以用来制造承受冲击和震动的薄壁小型零件,如管件、阀体、建筑脚手架扣件等。

(4)球墨铸铁 铁液经过球化处理而不是在凝固后经过热处理,使石墨大部或全部呈球状,有时少量为团絮状的铸铁。其性能:是强度高,综合力学性能接近于钢,主要用来制造受力比较复杂的零件,如曲轴、齿轮、连杆等。

(5)蠕墨铸铁 金相组织中石墨形态为蠕虫状的铸铁。强度接近于球墨铸铁,并且有一定的韧性,是一种新型高强度铸铁。常用于生产气缸套、气缸盖、液压阀等铸件。

2. 常用铸铁牌号举例

(1)灰铸铁 如 HT150、HT200 等,“HT”是灰铸铁代号(“灰铁”两字汉语拼音字母的字首),数字表示铸铁的最低抗拉强度,单位为 MPa。常用来制造工作台、机床床身、阀体、齿轮箱体等。

(2)球墨铸铁 如 QT600-3 等,“QT”是球墨铸铁代号(“球铁”两字汉语拼音字母的字首),600 表示最低抗拉强度 $R_m \geq 600$ MPa,3 表示伸长率 $A \geq 3\%$ 。常用来制造汽车和拖拉机的曲轴、连杆、凸轮轴、气缸套等。

(3)可锻铸铁 如 KTH300-06 等,“KT”是可锻铸铁代号(“可铁”两字汉语拼音字母的字首),H 代表“黑心”(如果是 Z,则代表珠光体基体),300 表示最低抗拉强度 $R_m \geq 300$ MPa,06 表示伸长率 $A \geq 6\%$ 。常用来制造弯头、三通管件、中低压阀门等。

1.4.5 铝及铝合金

纯铝是银白色的轻金属,具有良好的导电性、导热性和抗蚀能力,但其强度和硬度低,不能用来制造承受载荷的结构零件。在纯铝中加 Si、Cu、Mg、Mn 等合金元素,可得到具有较高强度的铝合金。铝合金按其成分和工艺特点不同,分为变形铝合金和铸造铝合金两类。

1. 变形铝合金

变形铝合金有较高的强度和良好的塑性,可以通过压力加工制成各种型材(板、带、线等)。常用的变形铝合金有:防锈铝合金、硬铝铝合金和锻铝铝合金。

(1)防锈铝合金(LF) 具有较高的耐蚀性,强度适中,良好的塑性和焊接性,但切削性差。常用的牌号如 LF5、LF11、LF21 等,常用来制造轻载荷的冲压件及要求耐腐蚀的零件,如油箱、壳体、油管、日用品等。

(2)硬铝铝合金(LY) 这类合金通过热处理获得相当高的强度,其耐蚀性比纯铝差。常用硬铝的牌号有 LY1、LY11 等,一般用来制造中等强度的结构件,如骨架、支柱、螺旋桨叶片、螺栓和铆钉等。

(3)锻铝铝合金(LD) 力学性能与硬铝相近,热塑性较好,适于锻造成形。常用锻铝的牌号有 LD6、LD7 等,主要用于承受较重载荷的锻件和模锻件,如内燃机零件、导风轮等形状复杂的大型锻件。