

铸造工

杨建新 马鹏飞 主编
马伟明 主审

Foundry
Engineering

高级



化学工业出版社

铸造工

高级

铸造工 高级

杨建新 马鹏飞 主编

马伟明 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是以培养高技能的铸造人才为出发点,以《国家职业标准》(高级铸造工)的知识要求和技能要求为依据,按岗位培训需要的原则编写的。较为全面地介绍了金属材料的基本知识、铸件成型原理、浇注系统、铸造工艺规格、工艺装备及造型方法、铸造合金的熔炼、铸件缺陷的分析与检验、铸造设备、铸件的结构设计及工艺分析、特种铸造技术等作为一名高级铸造工所应具备的理论和技能。

本书可作为从事各类铸造工职业的高级技能人才的培训教材,也可作为从事铸造工工艺与操作的人员、工程技术人员等相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

铸造工:高级/杨建新,马鹏飞主编. —北京:化学工业出版社,2011.7
ISBN 978-7-122-11557-7

I. 铸… II. ①杨…②马… III. 铸造-基本知识
IV. TG2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 113946 号

责任编辑:李玉晖

文字编辑:项 激

责任校对:郑 捷

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张14¼ 字数355千字 2011年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00 元

版权所有 违者必究

前 言

铸造工是材料成型领域中不可缺少的一个工种，也是最基本的工种。随着新技术、新工艺、新材料及新设备的不断发展，为了培养材料成型专业高技能的技术工人，满足广大从事铸造工作的高级技术工人的学习需要，编写了本书。

本书从基本理论和基本技术两方面展开叙述，注重理论和实践的紧密结合。在内容安排上，既保留了有价值的经典理论和技术，又反映了近年来铸造技术的新理论、新工艺和新技术，全书较全面、系统，突出了“新颖”和“实用”的特点。本书内容包括金属材料的基本知识、铸件成型原理、浇注系统、铸造工艺规程、工艺装备及造型方法、铸造合金的熔炼、铸件缺陷的分析与检验、铸造设备、铸件的结构设计及工艺分析、特种铸造技术。

本书由杨建新、马鹏飞担任主编，黄波、林勤、武苏丰、叶益民、李美兰参加了部分章节的编写工作。全书由江苏大学机电培训学院副院长马伟明担任主审。

在本书的编写过程中，江苏大学李金伴教授，沈良钧、王维新、顾佩兰、张应龙高级工程师给予了精心的指导和热情的帮助，提出了许多宝贵的意见，在此谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2011年2月

目 录

第 1 章 金属材料的基本知识	1
1.1 金属材料的力学性能	1
1.2 金属的结晶与合金的结构	5
1.3 铁碳合金的组成与状态图	8
1.4 钢的热处理	11
复习思考题	16
第 2 章 铸件成型原理	17
2.1 金属液的充型	17
2.2 铸件的凝固与收缩	23
2.3 铸造应力、变形和裂纹	27
2.4 铸件凝固的控制	31
复习思考题	33
第 3 章 浇注系统	34
3.1 浇注系统类型与开设位置的选择	34
3.2 浇注系统尺寸的确定	37
3.3 其他合金的浇注系统及其特点	42
复习思考题	47
第 4 章 冒口、补贴和冷铁	48
4.1 冒口的安放位置和有效补缩距离	48
4.2 补贴的应用	50
4.3 冒口的计算	52
4.4 提高冒口补缩效率的途径	57
4.5 冷铁的实际应用	60
复习思考题	63
第 5 章 铸造工艺规程	64
5.1 铸造工艺规程的内容和形式	64
5.2 铸造工艺的设计	65
5.3 铸造工艺设计实例	72
复习思考题	76
第 6 章 工艺装备	77
6.1 模样	77
6.2 模板	79
6.3 芯盒	82

6.4 砂箱和平板	85
复习思考题	88
第7章 型砂与芯砂	90
7.1 型(芯)砂的性能及影响因素	90
7.2 型(芯)砂的组成和配制	91
7.3 型(芯)砂的性能试验	101
复习思考题	107
第8章 造型及造芯	108
8.1 砂型结构	108
8.2 造型方法	109
8.3 造型、造芯过程的计算机控制	115
8.4 砂型、型芯的快速成型	118
复习思考题	120
第9章 铸造合金的熔炼	121
9.1 铸铁的熔炼	121
9.2 铸钢的熔炼	127
9.3 铸造非铁合金的熔炼	134
复习思考题	139
第10章 铸件缺陷的分析与检验	140
10.1 铸件缺陷的分类	140
10.2 铸件缺陷的分析	145
10.3 铸件缺陷的检验与修补	152
10.4 铸件质量检验规程	156
复习思考题	158
第11章 铸造设备	159
11.1 主要的铸造设备	159
11.2 造型生产线	166
11.3 造型机械的维护与故障排除	170
复习思考题	183
第12章 铸件的结构设计	184
12.1 铸件基本结构单元的设计	184
12.2 铸件结构基本要求	189
12.3 组合铸件的设计	193
复习思考题	194
第13章 铸造工艺分析	195
13.1 绘制铸造工艺图的基本知识	195
13.2 典型铸件的铸造工艺	197
复习思考题	205
第14章 特种铸造	206
14.1 特种铸造综述	206

14.2 陶瓷型铸造.....	208
14.3 金属型铸造.....	211
14.4 压力铸造和低压铸造.....	216
复习思考题.....	221
参考文献	222

第 1 章 金属材料的基本知识

1.1 金属材料的力学性能

金属材料在使用和加工过程中,大多以其力学性能,即强度、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳强度这五个性能指标为主要依据来判断其好坏。

1.1.1 强度

强度是指材料在静载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力。

(1) 强度的分类

现以一段金属材料为例,对其施加外力,载荷的作用形式如图 1-1 所示,由图可以看出它们依次出现了拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭曲等变形。

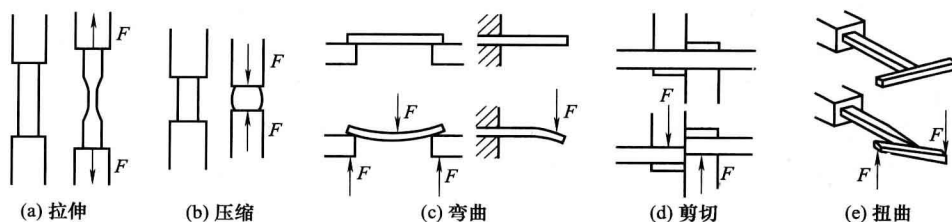


图 1-1 载荷的作用形式

根据载荷作用方式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度 5 种。一般情况下多以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。

(2) 拉伸试样

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。拉伸试验的方法是用静拉力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长量,直至试样断裂为止,根据测得的数据,可得出有关的强度指标。

把拉伸试验中得出的拉伸力与伸长量之间的关系用图来表示出来,称为拉伸曲线图。低碳钢的拉伸曲线图如图 1-2 所示。横坐标表示伸长量 ΔL ,单位为 mm;纵坐标表示力 F ,单位为 N。

从图中可以看出,低碳钢在拉伸时,

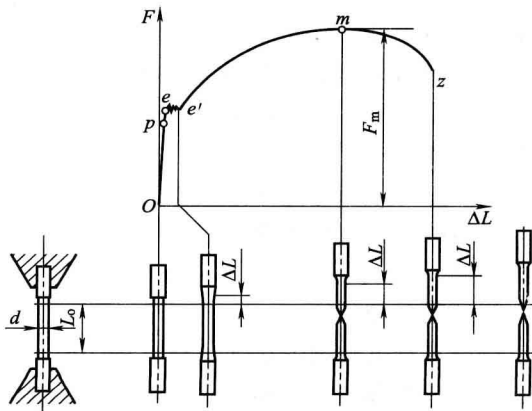


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线图

其受力情况和变形之间的比例关系不是固定不变的，而是分为以下几个变形阶段：

① 弹性变形阶段（ Op 段）。在此阶段，试样的变形随载荷的存在而产生，随载荷的去除而消失，这种变形称为弹性变形。

② 微量阶段（ pe 段）。在此阶段，材料在发生弹性变形的基础上，开始发生塑性变形。若卸除载荷，材料中的弹性变形部分可以消除，而塑性变形部分是不能消除的。

③ 屈服阶段（ ee' 段）。在这个阶段卸载后，工件再也不会恢复原样了。这种不能随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形。在这一阶段，即使载荷不再增加或略有减少，试样还能继续伸长，金属材料丧失了抵抗变形的能力，这种现象称为屈服。因此，在图中出现了平台或锯齿状，而试样的表面出现 45° 斜纹。

④ 强化阶段（ $e'm$ 段）。在屈服阶段以后，欲使试样继续伸长，必须不断加载，随着塑性变形增大，试样变形抗力也逐渐增加，这种现象称为形变强化（或称加工硬化）， F_m 是试样拉伸试验时的最大载荷。

⑤ 缩颈阶段（ mz 段）。当载荷达到最大值 F_m 后，试样在直径上发生局部收缩，称为“缩颈”。由于直径变细，变形所需的载荷也随之降低，这时伸长主要集中在缩颈处，试样已不能够抵抗外力的作用，会很快断裂。

值得注意的是，多数金属材料没有明显的屈服现象，像铸铁这样的脆性材料，不仅没有屈服现象，而且也不产生“缩颈”，载荷达到一定程度后直接断裂。

（3）屈服强度和抗拉强度

当金属材料呈现屈服现象时，在试验期间达到发生塑性变形而力不增加的应力点称为屈服强度。若要工件在使用过程中不产生塑性变形，其工作应力就应小于屈服强度。

对于无明显屈服现象的金属材料的，按 GB/T 228—2002 的规定可用 R_p 来表示。 $R_{p0.2}$ 表示规定非比例伸长率为 0.2% 时的应力，称为规定非比例延伸强度。

材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度，用符号 R_m 表示，单位是 MPa，计算公式为：

$$R_m = F_m / S_0$$

式中 F_m ——试样断裂前承受的最大载荷，N；

S_0 ——试样的原始截面积， mm^2 。

零件在工作中所承受的应力不应超过抗拉强度，否则就会断裂。因此，屈服强度和抗拉强度是机械零件设计和选材的重要依据。

金属材料的屈服强度越大，则抵抗变形的能力越强；抗拉强度越大，则抵抗断裂的能力越强，屈服强度、抗拉强度越大，说明强度越高。

1.1.2 塑性

有些材料，如铝、铜等，在被拉断之前，可以被拉得很长，因而可以拉制细丝，轧制薄板；又有些材料，如铸铁，直到拉断也几乎不变形。金属材料产生永久变形而不断裂的能力称为塑性。

（1）断后伸长率

将标准长度的圆形拉伸试样（图 1-3）拉断后，标距的伸长（ $L_u - L_0$ ）与原始标距 L_0 之比的百分率称为断后伸长率，用符号 A 表示。断后伸长率 A 可用如下公式计算：

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 A ——断后伸长率，%；

L_u ——试样拉断后的标距，mm；

L_0 ——试样的原始标距，mm。

(2) 断面收缩率

试样拉断后，缩颈处的横截面积会减小，有时候又把缩颈处横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比称为断面收缩率，用符号 Z 表示。

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 Z ——断面收缩率，%；

S_0 ——试样原始横截面积，mm²；

S_u ——试样拉断后缩颈处的横截面积，mm²。

金属材料的 A 和 Z 越大，说明它的塑性越好。塑性好的材料在受力过大时，首先产生塑性变形而不致发生突然断裂，因此比较安全。

1.1.3 硬度

材料抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度。硬度常见指标有布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度

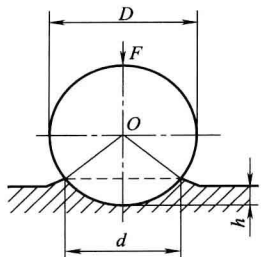


图 1-4 布氏硬度试验原理

① 布氏硬度试验的原理。将一定直径的钢球或硬质合金球以规定的试验压力压入试样表面，保持一定时间后卸除试验力，测量表面压痕直径，用试验力除以压痕表面面积来计算硬度，其原理如图 1-4 所示。很明显， d 越小，布氏硬度值越大，也就是硬度越高；相反， d 越大，布氏硬度值越小，硬度也越低。

实际应用中，布氏硬度计用专用的刻度放大镜量出压痕直径 (d)，根据压痕直径的大小，再从硬度表中查出相应的布氏硬度值。

布氏硬度值用符号 HBW (新标准规定只用硬质合金球做压头进行测量) 来表示，符号之前的数字为硬度值。例如“250HBW”即表示用硬质合金球做压头时测得的布氏硬度值为“250”。

② 应用范围及特点。布氏硬度主要适用于测定灰铸铁、有色金属、各种软钢等硬度不太高的材料。布氏硬度能较准确地反映出金属材料的平均性能。另外，由于布氏硬度与其他力学性能 (如抗拉强度) 之间存在着一定的近似关系，因而在工程上得到广泛应用。但这种方法不适用于高硬度材料，也不宜用于测量成品及薄件。

(2) 洛氏硬度

① 洛氏硬度试验的原理。洛氏硬度试验就是用金刚石圆锥体或淬火钢球压头压入金属表面，保持一定时间后卸除主试验力，以测量的压痕深度来计算洛氏硬度值。

② 洛氏硬度的表示方法。洛氏硬度的符号为 HR，为了用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬度，可采用不同的压头和总试验力组成多种不同的洛氏硬度标尺，常用的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种，其中 C 标尺应用最为广泛，在它前面用数值表示硬度值。

例如，“62HRC”表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为“62”。

③ 洛氏硬度的特点。洛氏硬度试验的优点是操作简单、迅速，能直接从刻度盘上读出

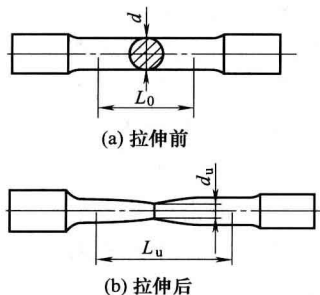


图 1-3 圆形拉伸试样

硬度值,且压痕小,可以测定成品及较薄的工件;测试的硬度值范围大,可测试从很软到很硬的金属材料。其缺点是压痕较小,单个测量值代表性差。通常需要在不同的部位测试数次,取其平均值来代表金属材料的硬度。

1.1.4 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧性。

(1) 冲击试验方法

常用摆锤冲击弯曲试验来测定金属材料的冲击韧度。图 1-5 所示为冲击试验示意图,将待测的金属材料加工成标准试样(常用的标准试样是 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 55\text{mm}$ 的 U 形缺口或 V 形缺口试样),然后放在试验机的支座上,放置时试样缺口应背向摆锤的冲击方向,再将质量为 G 的摆锤升高高度 H_1 ,然后使摆锤自由落下,将试样冲断。

摆锤的一部分能量被试样吸收,剩余的能量使摆锤回升到高度 H_2 的地方,试样的冲击吸收功 A_k 的计算公式为:

$$A_k = GH_1 - GH_2 = G(H_1 - H_2)$$

再用冲击吸收功 (A_k) 除以试样缺口处截面积 S_0 , 即可得到材料的冲击韧度,用符号 a_k 表示,其计算公式为:

$$a_k = A_k / S_0$$

冲击韧度的单位是 J/cm^2 。冲击韧度越大,表示材料的冲击韧性越好。

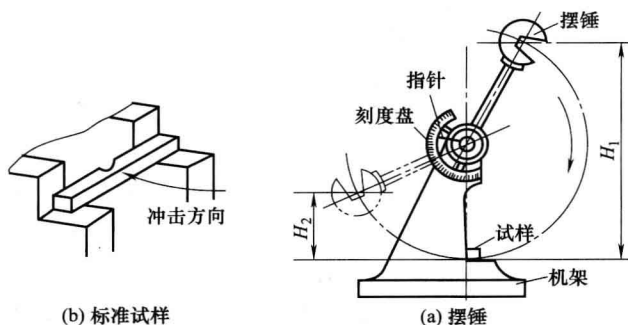


图 1-5 冲击试验示意图

(2) 小能量多次冲击

其实机械零件很少是因一次大能量冲击而破坏的,绝大多数是在小能量多次冲击作用下而破坏的,如凿岩机风镐上的活塞、冲模的冲头等。它们的破坏是由于多次冲击损伤的积累,导致裂纹的产生与扩展的结果,不同于一次冲击的破坏过程。对于这样的零件,一般用小能量多次冲击测试,即试样在小能量的冲头下多次冲击断裂,经受的冲击次数越多,表明金属的抗冲击能力越强。

实践证明,金属材料受大能量的冲击载荷作用时,其冲击抗力主要取决于冲击韧度的大小,而在小能量多次冲击条件下,其冲击抗力主要取决于材料的强度和塑性。

1.1.5 疲劳强度

(1) 疲劳的概念

弹簧、齿轮、轴承等零件在工作过程中各点的应力随时间做周期性的变化,把随时间做周期性变化的应力称为交变应力。在交变应力作用下,虽然零件承受的应力低于材料的屈服

强度,但经过较长时间的工作后产生裂纹或突然发生完全断裂的现象称为金属的疲劳。

(2) 疲劳破坏的特征

- ① 疲劳断裂时并没有明显的宏观塑性变形,断裂前没有预兆,而是突然破坏。
- ② 引起疲劳断裂的应力很低,常常低于材料的屈服强度。
- ③ 疲劳破坏的宏观断口由两部分组成,即光滑部分(疲劳裂纹的策源地及扩展区)和粗糙部分(最后断裂区)。

机械零件之所以产生疲劳断裂,是由于材料表面或内部有缺陷,如夹杂、划痕、显微裂纹等,这些地方的局部应力大于屈服强度,从而产生局部塑性变形而导致开裂。这些微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,直到最后承载的截面减小到不能承受所加载荷而突然断裂。

(3) 疲劳曲线和疲劳极限

疲劳曲线是交变应力与循环次数之间的关系曲线,如图 1-6 所示。

从图中可以看出,金属承受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数(N)越少,即零件的寿命越短;反之,则 N 越大。当应力低于一定值时,试样可以经受无限次周期循环而不被破坏,此应力值称为材料的疲劳极限,用 σ_r 表示, r 表示应力循环对称系数。对于对称循环 $r = -1$,故疲劳极限用 σ_{-1} 表示。

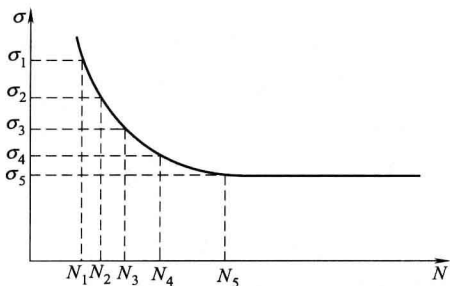


图 1-6 疲劳曲线示意图

实际上,金属材料不可能做无限次交变载荷试验。对于黑色金属,一般规定 10^7 次而不断裂的最大应力为疲劳极限,有色金属、不锈钢等取 10^8 次。

金属的疲劳极限受到很多因素的影响,有工作条件、表面状态、材料本质及残余应力等。改善零件的结构形状、降低零件表面粗糙度以及采取各种表面强化的方法,都能提高零件的疲劳极限。

1.2 金属的结晶与合金的结构

1.2.1 纯金属的结晶

由液态金属凝结成为固态金属的过程是由液态下原子的不规则排列逐步过渡到规则排列(晶体状态)的过程,即结晶过程。

(1) 纯金属的冷却曲线和过冷度

① 纯金属的冷却曲线。纯金属的冷却曲线可通过热分析法进行测定,如图 1-7 所示。

由图 1-7 可见,在金属结晶之前,液态金属随冷却时间的延长,温度将不断降低。当冷却至 T_1 温度时,液态金属开始结晶。由于液态金属在结晶过程中不断地放出结晶潜热,补偿了冷却时散发在空气中的热量,因而在结晶过程中液态金属的温度并不降低,曲线呈水平状。直至结晶结束,不再有结晶潜热放出,温度继续随时间的延长不断降低。

在相变过程中金属结构发生变化的温度称为临界温度,简称临界点。金属的结晶温度也是临界点。

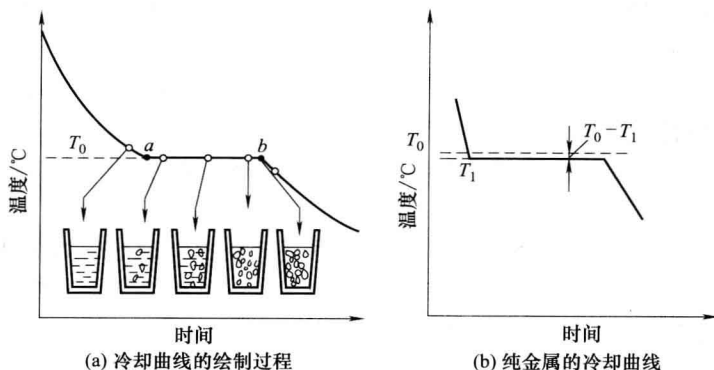


图 1-7 纯金属冷却曲线及绘制过程

② 过冷度。在实际生产中,金属结晶时都有较大的冷却速度,此时,液态金属的结晶并不是在理论结晶温度下进行的,而总是低于理论结晶温度 T_0 。这种现象称为过冷现象。实际结晶温度 T_1 与理论结晶温度 T_0 之间的差叫做过冷度(图 1-7b)。

过冷度并不是一个恒定值,它与冷却速度有关,冷却速度越大,过冷度越大,反之过冷度越小。过冷度是金属结晶的必要条件,如果没有过冷度,金属就不能结晶。

(2) 纯金属的结晶过程

纯金属的结晶过程见图 1-8。

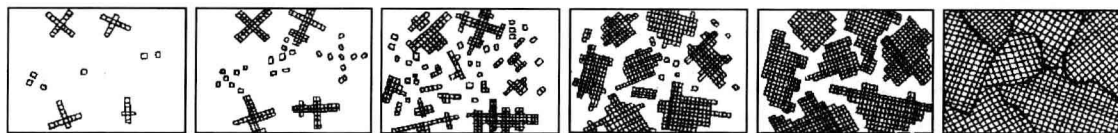


图 1-8 纯金属的结晶过程示意图

金属在结晶过程中,首先液态金属中的某些原子先按一定的晶格类型规则排列成微小晶核,然后晶核向一定的方向长大,由于在液态金属内部形成了很多的晶核,每一个晶核都按彼此不同的方向长大,因此在金属内部形成了很多彼此接触、外形不规则的小晶体。这些小晶体称为晶粒。由于每一个晶粒的位向不同,在它们接触的位置上就形成了一个由某一空间位向向另一种空间位向过渡的区域,即晶界。

(3) 晶粒大小对力学性能的影响

晶粒的大小对力学性能具有很大的影响。金属内部晶粒越细小,晶界就越多。晶界处的原子排列不规则,处于畸变状态,对金属的塑性变形具有阻碍作用,可提高金属的塑性变形抗力。一般来讲,在常温下,金属的晶粒越细小,则强度和硬度越高,塑性和韧性也越好。

1.2.2 金属的铸态组织

金属的铸态组织如图 1-9 所示。典型的剖面具有三个不同特征的晶粒区。

(1) 三个晶粒区

① 表面细晶粒区。液态金属浇入锭模时,与冷的模壁接触的一部分金属液体迅速冷却,因此在较大的过冷度下结晶,形成一层很薄的细晶粒表层。

② 柱状晶粒区。由于外层已形成一层热的壳,铸锭内部温度较高,晶核形成较难,因此表面层的晶粒便向内生,晶粒生长时,因受到相邻晶粒的限制,只能沿散热相反方向向

内生长, 所以形成了垂直于模壁的柱状晶粒层。

③ 等轴晶粒区。随着柱状晶粒的生长, 铸锭内部的液体都达到了结晶温度, 形成了许多晶核, 同时向各个方向生长, 阻止了柱状晶粒的继续发展, 因而在铸锭中心部分形成了等轴的晶粒。由于中心部分冷却较慢, 因此晶粒也较粗大。

如果冷却速度很快, 柱状晶粒迅速向中心发展, 贯穿整个铸锭, 这种组织叫穿晶。图1-10为纯铜铸锭的穿晶组织。大多数焊缝组织都有比较粗大的穿晶组织。

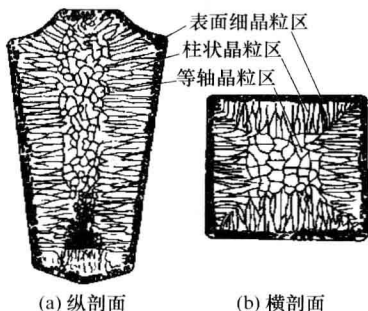


图 1-9 金属的铸态组织示意图

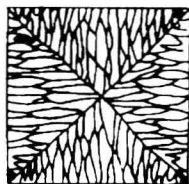


图 1-10 纯铜铸锭的穿晶组织示意图

(2) 晶粒区的性能

铸锭中三层不同的铸态组织具有不同的性能:

① 表面细晶粒区的组织较为致密, 故力学性能较好。但在铸件中, 表面细晶粒区往往很薄, 所以除了对某些薄壁铸件具有较好的效果外, 对一般铸件的性能影响不大。

② 柱状晶粒区的组织比较致密, 不像等轴晶粒区那样容易形成显微缩松, 但在垂直于模壁处发展起来的两排相邻的柱状晶粒的交界面上, 强度、塑性较差, 且常聚集了易熔杂质和非金属夹杂物, 形成了一个明显的脆弱面, 在锻、轧加工时, 可能沿此脆弱面开裂。因此对塑性较差的黑色金属来说, 一般不希望有较大的柱状晶粒区。

③ 等轴晶粒区各个方向的性能较为均匀, 无脆弱的分解面, 取向不同的晶粒互相咬合, 裂纹不易扩展, 故生产中希望得到细小的等轴晶粒。但是, 等轴晶粒区的组织比较疏松, 因此力学性能较低。

1.2.3 合金

合金是由一种金属元素与其他的金属元素或非金属元素, 通过冶炼或其他方法结合而成的具有金属特性的物质。根据合金中各组元之间的相互作用不同, 固态合金的组织可以有固溶体、金属化合物和机械混合物三种。

(1) 固溶体

固溶体是在合金中一组元溶解其他组元, 或组元之间互相溶解所形成的一种均匀固相。其所溶解的物质, 即使是在显微镜下也不能区别出来。合金中, 保持原有晶格形式不变的组元称为溶剂, 一般在合金中的含量较高。以单个原子形式进入溶剂晶格的组元称为溶质, 在合金中的含量一般较少。

根据溶质原子在溶剂晶格中的位置不同, 固溶体可以分为间隙固溶体和置换固溶体。

在合金中无论是间隙固溶体还是置换固溶体, 在固溶体中由于溶入了溶质原子, 从而使溶剂晶格产生畸变, 晶格畸变严重阻碍了位错的运动, 使晶格间的滑移变得困难, 提高了合

金的塑性变形抗力,使合金的强度、硬度上升,塑性下降,这种现象叫做固溶强化。固溶强化是提高金属材料力学性能的重要途径之一。

(2) 金属化合物

组成合金的组元,按一定比例相互作用而形成的一种具有金属特性的固体物质。金属化合物的晶格形式不同于合金中任一组元的晶格类型,是一种具有较为复杂的晶体结构的新相。金属化合物的组成一般可用化学分子式来表示。

金属化合物的突出特点是熔点高,硬度高,脆性大。在合金中存在有金属化合物后,其强度、硬度和耐磨性有所提高,而塑性和韧性则降低。这种由于金属化合物均匀弥散地分布在基体组织上,使金属得到强化的方法,也是提高金属力学性能的重要手段。

(3) 机械混合物

在合金中,由两种或两种以上的相按一定的质量分数组成的物质叫做机械混合物。

在混合物中,各组成部分可以是纯金属、固溶体或金属化合物各自混合,也可以是它们之间的混合。混合物中的各相仍保持自己原有的晶格,在显微镜下可以明显地分辨出各组成部分的形态。

混合物的性能主要取决于各组成部分的性能以及它们的形态、大小及数量。

1.3 铁碳合金的组成与状态图

1.3.1 铁碳合金中的基本组织

纯铁虽然具有很好的塑性,但其强度较低,所以很少用纯铁制造机械零件,通常都使用铁和碳的合金。在铁碳合金中,基本组织主要有以下几种。

(1) 铁素体

碳溶解于 α -Fe中形成的间隙固溶体,叫做铁素体。用符号F表示。

由于 α -Fe的体心立方晶格中原子间空隙较小,所以在 α -Fe中碳的溶解度(溶碳量)很小,在727℃时最大溶解度(质量分数)仅为0.0218%。随着温度的下降, α -Fe中的溶碳量减小,在室温时几乎降到零。由于铁素体中的含碳量极少,所以铁素体的组织与性能与纯铁相似,即具有良好的塑性和韧性,强度与硬度较低。

(2) 奥氏体

奥氏体是碳溶解于 γ -Fe中形成的固溶体,用符号A表示。

由于在面心立方晶格中原子之间的间隙较大,故奥氏体的溶碳能力较强,在1148℃时溶碳量(质量分数)可达2.11%。随温度的下降,溶解度逐渐减小,在727℃时溶碳量(质量分数)为0.77%。

奥氏体的强度、硬度不高,但具有良好的塑性,绝大多数钢种在高温压力加工时都要求在奥氏体状态下进行。

(3) 渗碳体

碳在铁中的溶解能力是有限的,当碳的含量超过碳在铁中的溶解度时,多余的碳就会与铁以一定的比例化合成金属化合物,称为渗碳体,用分子式 Fe_3C 表示。

渗碳体的 w_{C} (含碳量,质量分数)为6.69%,具有复杂斜方晶体结构。渗碳体具有很高的硬度,而塑性和冲击韧度几乎为零,脆性很大。

(4) 珠光体

珠光体是铁素体和渗碳体的机械混合物，用符号 P 表示。它是渗碳体与铁素体片层相间、交替排列而成的混合物。

珠光体是 w_C 为 0.77% 的奥氏体的共析产物。其力学性能由渗碳体和铁素体的性质以及它们所占的比例决定，故珠光体的强度较高，硬度适中，具有一定的韧性。

(5) 莱氏体

莱氏体是 w_C 为 4.3% 的合金在 1148℃ 时从液相中同时结晶出奥氏体和渗碳体的混合物。用符号 L_d 表示，也叫高温莱氏体。

由于奥氏体在 727℃ 时还将转变成珠光体，所以在室温下的莱氏体的力学性能和渗碳体相似，硬度很高，很脆。

1.3.2 铁碳合金相图

铁碳合金相图是表示在极缓慢的加热（或冷却）条件下，不同成分的铁碳合金在不同温度时所具有的状态或组织的图形。

目前，应用的铁碳合金相图其 w_C 为 0~6.69%，因为更高含碳量的铁碳合金，脆性很大，加工困难，没有实用价值。因此，现在的铁碳合金相图只研究 Fe-Fe₃C（铁-渗碳体）部分，如图 1-11 所示。

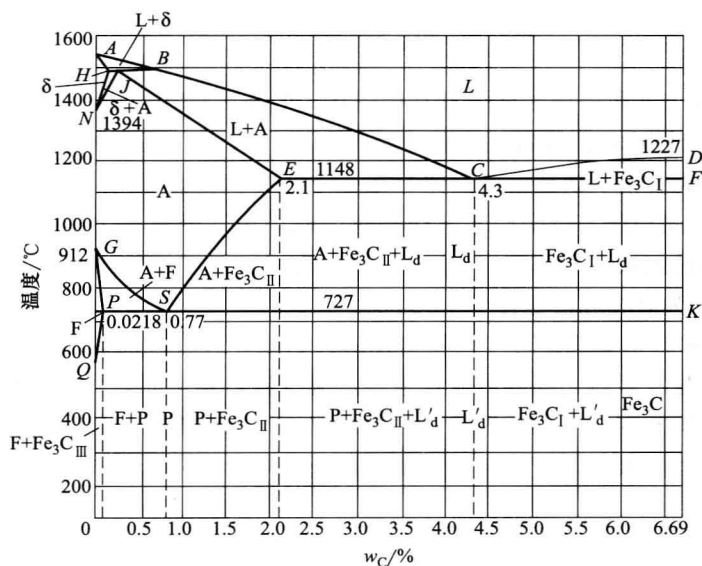


图 1-11 铁-渗碳体相图

(1) Fe-Fe₃C 相图的简化

为叙述简便，在分析铁碳合金相图时，将图中的左上角部分（液态向 δ -Fe 及 δ -Fe 向 γ -Fe 的转变）予以省略。这样做既不影响对常用铁碳合金的分析，又不影响实际生产中对绝大多数钢种热处理及热加工工艺问题的分析。经简化后的 Fe-Fe₃C 相图如图 1-12 所示。

(2) Fe-Fe₃C 相图中点、线的含义

Fe-Fe₃C 相图中的特性点和特性线国内外都使用统一的字母表示。

① 特性点。相图中各特性点的温度、成分及其意义见表 1-1。