

机械工程技术

门书春 主编

机械工程技术



中国建材工业出版社

机械工程技术

主 编 门书春
副主编 赵红霞

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

图书在版编目(CIP)数据

机械工程技术/门书春主编. —北京:中国建材工业出版社,1996.10

普通高等学校教学参考书

ISBN 7-80090-528-4

I. 机…… I. 门…… III. 机械工程-基础知识-高等学校-教学参考教材 N. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第11290号

内 容 简 介

本书以“掌握基本理论,强化实际应用,培训基本技能”为原则,系统介绍机械工程技术知识。全书共分三篇,第一篇为金属材料及热处理,主要介绍金属材料的机械性能,钢的组织及热处理和常用金属材料;第二篇为机械加工基础,主要介绍金属的热加工和切削加工基本知识;第三篇为机械设备的安装、维护、故障诊断,修理技术及机械设备综合管理知识,本篇内列举了大量厂矿典型实例。

本书可作为普通高等学校及职工大学非机械类专业的教材和工厂企业尤其是建材企业职工继续教育的教材,亦可作为工程技术人员的参考书。

机 械 工 程 技 术

主 编 门书春

副 主 编 赵红霞

责任编辑 赵从旭

中国建材工业出版社出版

(北京百万庄国家建材局内 邮政编码:100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

北京京东印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:16 $\frac{1}{4}$ 字数:380千字

1996年10月第1版 1996年10月第1次印刷

印数:1—2000册 定价32.00元

ISBN 7-80090-528-4/TH·16

前 言

本书以“掌握基本理论,强化实际应用,培养基本技能”为原则,系统地介绍机械工程技术知识。全书共分三篇共十章,主要内容包括:金属材料的机械性能;钢的组织及其热处理方法;常用金属材料;金属的热加工及切削加工;机械设备的磨损及润滑;机械设备的故障及诊断技术、修理技术、安装技术;机械设备的综合管理等。

本书可以作为普通高等学校及职业大学非机械类、近机械类专业的教材,可以作为工厂企业尤其是建材企业职工继续教育的教材,亦可以供工程技术人员阅读和参考。

本书的编写力求贯彻少而精和理论联系实际的原则,着重基本概念和原理的阐述,突出理论知识的运用,加强针对性和实用性。本书内列举了大量厂矿典型实例,选摘一些常用国家标准数据,并且提供部分规范化综合管理的范例,以便于读者实际应用。

本书由门书春任主编,赵红霞任副主编,黄玉兰参加编写。其中,门书春编写第六章至第九章,赵红霞编写第一章、第三章至第五章,黄玉兰编写第二章和第十章。全书由李俊成、赵祖潭担任主审。

限于编者水平,本书中的缺点和不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

1996年8月

目 录

| | |
|---------------------------------|-------|
| 第一篇 金属材料及其热处理 | (1) |
| 第一章 金属材料的机械性能及试验方法..... | (1) |
| 第二章 钢的组织及其热处理方法..... | (4) |
| 第一节 钢的组织..... | (4) |
| 第二节 钢的热处理方法..... | (15) |
| 第三章 常用金属材料..... | (23) |
| 第一节 钢..... | (23) |
| 第二节 铸铁..... | (30) |
| 第三节 有色金属..... | (31) |
| 第四节 材料选择后般原则..... | (38) |
| 第二篇 机械加工基础 | (40) |
| 第四章 金属的热加工..... | (40) |
| 第一节 铸造..... | (40) |
| 第二节 锻压..... | (50) |
| 第三节 焊接..... | (58) |
| 第五章 金属的切削加工..... | (71) |
| 第一节 概述..... | (71) |
| 第二节 车削加工..... | (76) |
| 第三节 刨削加工和铣削加工..... | (81) |
| 第四节 钻削和镗削..... | (85) |
| 第五节 磨削加工..... | (88) |
| 第六节 各种切削加工对零件结构工艺性的要求..... | (94) |
| 第七节 零件的加工工艺..... | (98) |
| 第三篇 机械设备安装维护检测修理技术 | (107) |
| 第六章 机械设备的磨损及润滑..... | (107) |
| 第一节 摩擦..... | (107) |
| 第二节 磨损..... | (113) |
| 第三节 润滑材料及其选择..... | (121) |
| 第七章 机械设备的故障及诊断技术..... | (154) |
| 第一节 机械零件的失效与机械设备的故障..... | (154) |
| 第二节 机械设备的诊断技术..... | (158) |
| 第三节 典型机械设备的故障及处理..... | (165) |

| | |
|----------------------|-------|
| 第八章 机械设备的修理技术..... | (168) |
| 第一节 磨损零件的修理方法..... | (168) |
| 第二节 机械损伤零件的修理方法..... | (183) |
| 第三节 转子的平衡..... | (189) |
| 第四节 修理的基本工艺过程..... | (201) |
| 第九章 机械设备安装技术..... | (204) |
| 第一节 安装前的准备工作..... | (204) |
| 第二节 机械设备的安装..... | (219) |
| 第十章 机械设备综合管理..... | (233) |
| 第一节 概述..... | (233) |
| 第二节 常规设备管理..... | (234) |
| 参考文献..... | (250) |

第一篇 金属材料及其热处理

第一章 金属材料的机械性能及试验方法

金属材料的性能主要是指机械性能、工艺性能、物理性能和化学性能。金属材料的物理性能包括比重、熔点、导电性、导热性和膨胀性。由于机械零件的用途不同,对金属物理性能的要求也就不同,如飞机要用比重小的材料,发动机活塞用膨胀性小的合金。金属合金的物理性能对其加工工艺性有一定的影响,如熔点不同的金属,熔炼工艺就有很大差别。

金属材料的化学性能是指金属材料在室温和高温情况下抵抗活泼介质对其侵蚀的能力。主要的化学性能有抗氧化性,耐热性和化学稳定性。

金属的工艺性能是物理、化学和机械性能的综合,是指金属材料是否易于加工成型的性能。

金属材料在加工过程或使用过程中,都要受到不同形式的外力作用,如拉力、压力和剪力等。机械零件受外力作用时,对金属材料有一定的破坏作用。因此,金属材料具有一定抵抗外力作用而不破坏的性能,这种性能称为机械性能。金属材料的机械性能有:强度、硬度、塑性、冲击韧性及疲劳强度等,它们是在专门的试验机上测定出来的。

一、强度和塑性

1. 强度

强度是指金属材料抵抗塑性变形和断裂的能力,抵抗外力的能力越强,则强度越高。

要使设备经久耐用,就必须提高材料的强度。根据受力状况不同,金属材料的强度可分为抗拉、拉压、拉剪、抗弯强度等。但最常用的强度是抗拉强度,测量抗拉强度的方法是拉伸实验。

2. 塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力,金属受力时,产生的塑性变形越大,则塑性越好。

材料塑性指标可以通过拉伸实验,在测定强度的同时确定出来,金属材料常用的塑性指标有:延伸率和断面收缩率。延伸率及断面收缩率越大,其塑性越好。

二、硬度及其试验法

1. 硬度

硬度是指金属材料抵抗其它硬物体压入表面的能力,压坑越浅,则硬度越高。

硬度通常是机械零件设计要求的条件之一。一般地讲,材料的硬度越大,其耐磨性越好。

硬度试验是金属性能试验中最简单的一种。它无需专门试样,又不损坏被测金属,故应用广泛。

2. 硬度试验法

(1) 布氏硬度。布氏硬度是用一定直径的淬硬钢球,以相应的试验压力压入试样表面。经规定的保荷时间后,卸除测试力,测量试样表面的压痕直径,以压痕球状表面积所承受的平均负荷作为布氏硬度值,其原理如图 1-1 所示,布氏硬度值用 $HBS(HBW)$ 来表示。

$$HBS(HBW) = 0.102 \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 $HBS(HBW)$ ——布氏硬度值, N/mm^2 ;

P ——加在淬硬钢球上的负荷, N ;

D ——淬硬钢球直径, mm ;

d ——压痕平均直径, mm 。

压头为钢球时用 HBS ,适用于布氏硬度值在 450 以下的材料,如铸铁和有色金属等;压头为硬质合金时用 HBW ,适用于布氏硬度值在 650 以下的材料。

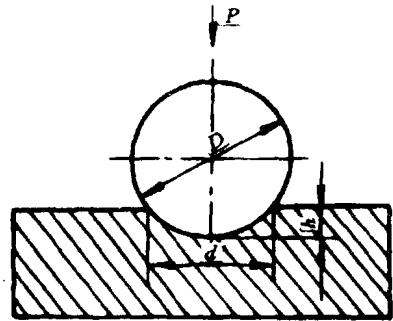


图 1-1 布氏硬度试验原理示意图

(2) 洛氏硬度试验。由于布氏硬度不能用来测定成品和硬度高于 $HB650$ 的材料,因而采用另一种试验方法——洛氏硬度试验。

洛氏硬度是以压头压入材料压痕的深度表示材料的硬度值。压痕越深,表示材料越软,硬度值越低。洛氏硬度有三种标尺,这三种标尺的试验规范、符号见表 1-1。

表 1-1 三种洛氏硬度标尺的试验规范及应用范围

| 标尺 | 硬度值符号 | 测量范围 | 压头类型 | 总载荷(N) | 应用范围 |
|----|-------|--------|----------------|----------------|-------------|
| A | HRA | 60~85 | 顶角 120° 金刚石圆锥体 | 588.4(60kgf) | 硬质合金或表面处理工件 |
| B | HRB | 25~100 | 直径 1.588mm 钢球 | 980.7(100kgf) | 退火工件、有色金属工件 |
| C | HRC | 20~67 | 顶角 120° 金刚石圆锥体 | 1471.1(150kgf) | 淬火、回火后的工件 |

注: $1kgf=9.8N$ 。

三、韧性及其试验法

1. 韧性

金属材料抵抗冲击载荷而不致破坏的性能称为韧性。

韧性是金属材料性能的一个重要特性。在实际工作中,有许多材料虽然在缓慢加力的情况下,显示出很好的抵抗能力,但是在受冲击力作用下,材料的抵抗能力就显得很差。例如用铸铁材料制作的零件,虽然在静载荷作用下,有一定的抵抗外力能力,但受冲击作用就很容易断裂。冲击韧性是衡量材料抵抗冲击载荷的强度指标,金属材料韧性的好坏通过冲击试验来测定。

2. 冲击试验

冲击试验所用试样见图 1-2。

试验时,将试样放在摆锤试验机(图 1-3)上的支座上,然后抬起摆锤升高值为 h_1 ,摆锤下落时,打断了试样又上升了 h_2 。与摆锤连在一起的时针 4 在刻度盘上记录了摆锤所占的角度。

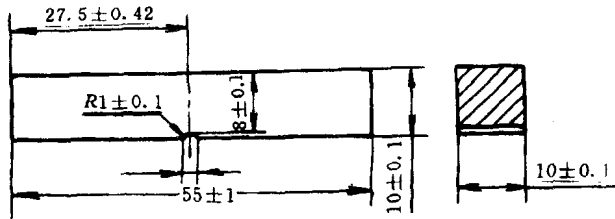


图 1-2 冲击韧性的标准试样

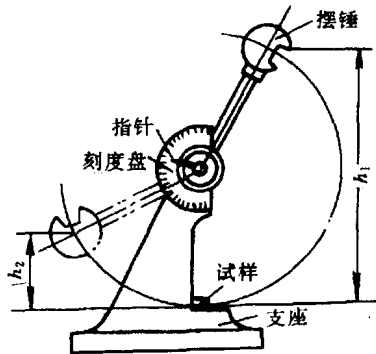


图 1-3 摆锤冲击试验机示意图

要想测定单位面积上的冲击力,将是很困难的。但测量单位面积上所消耗的功,则比较方便。所以,这种方法较为实用。

韧性值的大小用冲击值来表示。

$$\alpha_k = \frac{A}{F} = \frac{P(h_1 - h_2)}{F}$$

- 式中
- P ——摆锤重量, N;
 - h_1 ——摆锤在冲击前被抬高度, m;
 - h_2 ——摆锤冲击后上升的高度, m;
 - F ——试样缺口处截面积, cm^2 ;
 - A ——摆锤冲断试验所消耗的功, J;
 - α_k ——冲击值, J/cm^2 。

机器零件在冲击负荷作用下,经受一次大能量冲击而破坏的情况很少,大多数情况是由小能量多次冲击的损伤累积,引起裂纹的产生和扩展,从而造成破坏。实践证明,金属材料承受小能量多次冲击的能力,主要决定于金属材料的强度,材料的强度高,寿命就长。因此,在选材时,过份追求高的冲击值是没有必要的。

第二章 钢的组织及其热处理方法

第一节 钢的组织

一切固态物质,根据其内部原子的聚积状态不同,可分为晶体和非晶体两大类。晶体内部的原子在空间作有规则的排列。食盐、金钢石、石墨和所有的金属都是晶体。非晶体物质的内部原子是杂乱无章的堆积,玻璃、沥青、石蜡和松香都是非晶体。

一、纯金属及合金的构造

1. 纯金属的构造

利用 X 射线结构分析法,已经测出了各种晶体原子排列的规律,证明原子在空间都是按一定的形式规则排列的。如图 2-1a 所示,为了便于分析和描述晶体中原子排列的情况,把每一个原子看成一个小球。把这些小球用线条连接起来,这样就得到了一个空间的格架。这种用线条连接起来的空间格架,称为晶格,如图 2-1b 所示。晶体最小的组成单元称为晶胞,如图 2-1c 所示。晶胞中各棱边的长度为晶格常数,晶胞可以描述晶体。所以,研究晶体结构只需考虑晶胞的特征就可以了。

金属的晶体结构类型很多,常见的有下列三种:

体心立方结构 体心立方结构晶胞如图 2-2 所示。立方体的八个角上和立方体中心各有一个原子,Cr、Mo、V 和 α -Fe(温度低于 912℃ 的纯铁)等,都是这种晶体结构,这些金属一般有较好的强度和塑性。

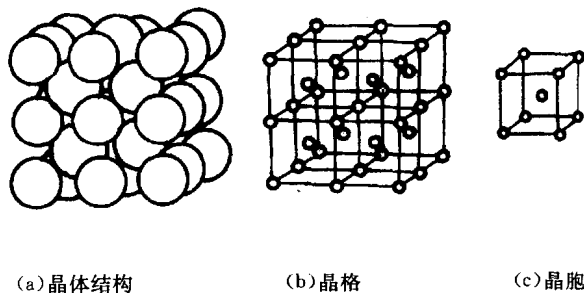


图 2-1 晶体内部结构示意图

面心立方结构 面心立方结构的晶胞如图 2-3 所示。立方体的八个角和立方体的六个面的中心各有一个原子。Al、Pa、Cu 和 γ -Fe(温度在 912~1394℃ 时的纯铁)等都是这种晶体结构。这类金属的塑性好。

密排六方晶格 密排六方晶格的晶胞如图 2-4 所示,它是一个六方柱体,在柱体的十二个角上和上、下底面的中心各有一个原子;在上、下底面之间还有三个原子,Mg、Zn、Be 等都

具有这种晶体结构。

各类金属因晶体结构不同,所以性能也不同。属于同一类型的晶体结构,因晶格常数不同,性能也不同。

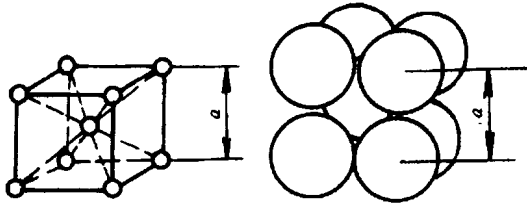


图 2-2 体心立方晶胞

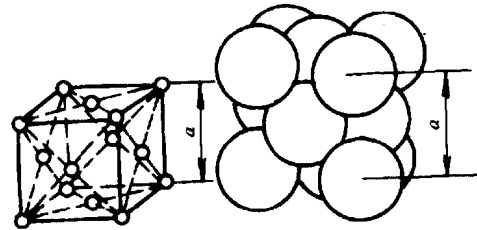


图 2-3 面心立方晶胞

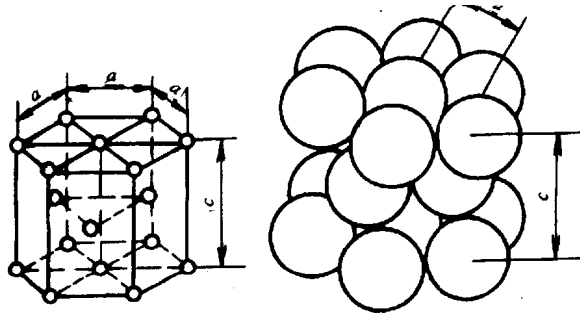


图 2-4 密排六方晶胞

2. 金属的结晶

金属从液体状态转变为固体状态的凝固过程,即从液体状态转变为晶体状态的过程称为结晶。

纯金属的结晶过程可以用热分析的方法来研究。当金属缓慢冷却时,观察记录温度随时间变化的情况,将数据描绘在温度—时间坐标图上,便得到纯金属结晶的冷却曲线,如图 2-5a 所示,从冷却曲线上我们可以看出,纯金属冷却到一定温度时,出现一水平线段,这时因结晶时放出大量的结晶潜热,补偿了金属液向周围散失的热量。所以,温度并不随着时间的增长而下降,这一对应温度就是纯金属理论结晶温度 (T_0)。金属发生结构变化的温度称相变点,结晶温度是相变点的一种。在实际结晶过程中,金属液都是冷却到理论结晶温度 T_0 以下某个温度 T_n 时才开始结晶(图 2-5b)。这一现象称之为过冷,理论结晶温度与实际结晶温度之差 ΔT 称为过冷度,金属的过冷度不是恒定值,它和冷却速度有关。冷却速度越快,金属的实际结晶温度越低;反之,金属冷却速度越慢,过冷度越小,金属液的实际结晶温度越高。

实践证明,金属冷却到结晶温度时,首先在金属液内部,有一些原子自发聚积在一起,并按金属晶体的固有规则排列起来,成为结晶核心称之为晶核。然后,其它一些原子按固有的规律向这些晶核积聚,形成许多小晶体。在小晶体长大的同时,新的晶核又不断产生。在整个结晶过程中,晶核的形成和成长不断地进行,一直到金属液消耗殆尽,晶体互相接触,结晶过程终结。图 2-6 是金属液的结晶过程示意图。

晶核的长大,是向散热的方向发展,按一定的排列方式生长,并具有规则的外形,但生长

的晶核彼此接触后,规则的外形便遭破坏。凝固后,形成了许多外形不规则、大小不等、排列方向不相同的小颗粒晶体,这些小颗粒晶体称之为晶粒。晶粒与晶粒之间的界面称之为晶界。固态金属就是由许多小颗粒晶体组成的多晶体,如图 2-7 所示。

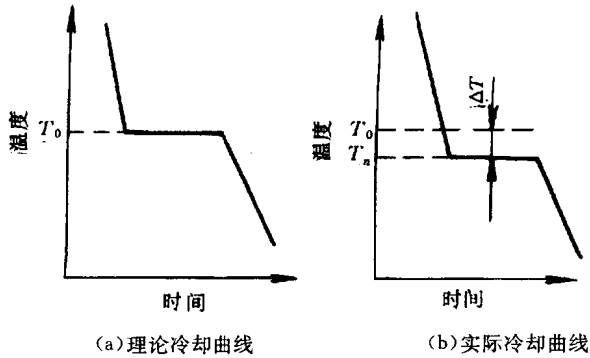


图 2-5 纯金属的冷却曲线

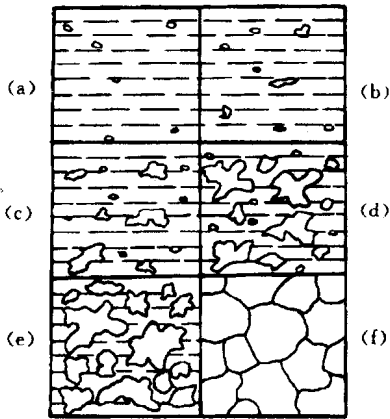


图 2-6 金属液结晶过程示意图

(a) 生核; (b)~(e) 晶核长大和生核; (f) 晶体

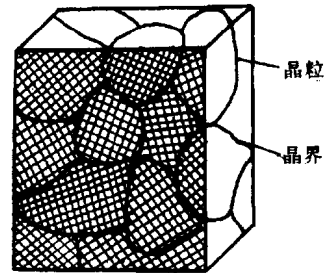


图 2-7 多晶体示意图

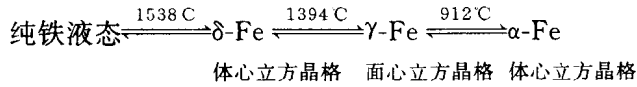
结晶时,冷却速度越快,所得到的晶粒越细,金属的强度、硬度越高,塑性和韧性越好。生产中常用改变浇注温度和冷却条件,采用变质处理和电磁振动、机械振动等方法来细化晶粒。

3. 金属的同素异构转变

大多数金属在固态下的晶格是保持不变的。但是,有些金属,如 Fe、Sn、Ti、Mn 等在固态下,随着温度的变化,其晶体结构也发生变化,即从一种晶体结构过渡到另外一种晶体结构。金属在固态下发生的晶格形式的转变称为同素异构转变。

同素异构转变也是一种结晶过程。它同样包含着晶核的形成和晶核的长大两个过程,又叫重结晶。结构转变同样有结晶潜能的放出和过冷现象。

图 2-8 是纯铁冷却曲线。纯铁结晶为固体后,继续冷却到 1394℃ 和 912℃ 时先后两次发生结构转变。在 1538~1394℃ 之间纯铁具有体心立方晶格,称为 δ 铁;在 1394~912℃ 之间具有面心立方结构,称之为 γ -Fe;在 912℃ 以下具有体心立方结构,称为 α -Fe。这些转变表示如下:



铁在固态下发生同构异素转变,这是由铁的内部结构决定的,铁的同素异构转变是钢能够进行热处理的依据。

4. 合金的晶体结构

纯金属虽然得到了一定的应用,但在工业生产上常用的金属材料都是合金。所谓合金,是一种金属元素与其它金属或非金属元素,通过熔化或其它方法结合成的具有金属特性的物质。工业上广泛采用的碳素钢和铸铁就是以铁和碳为主要元素而组成的合金。组成合金最基本的独立的单元称为组元。按照组元的数目,合金可分为二元合金,三元合金和多元合金。

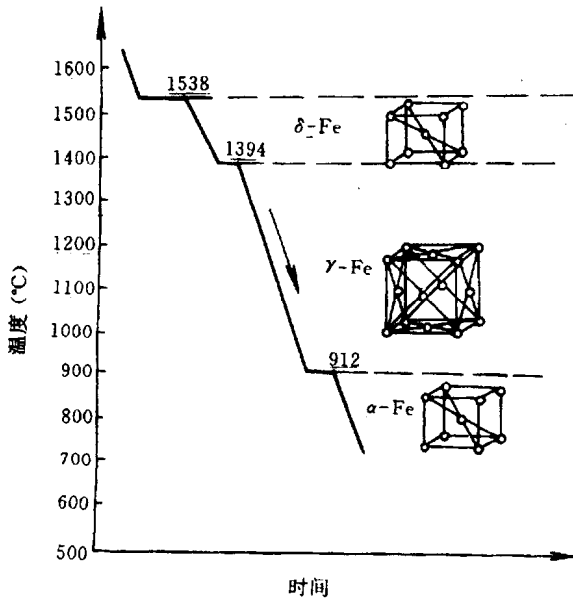


图 2-8 纯铁的冷却曲线

合金中具有同一化学成分、同一晶格形式以界面分开的各个均匀组成部分叫做相,如纯铁在不同温度下可以出现不同的相:液相, δ -Fe、 γ -Fe、 α -Fe。

合金的结构比纯金属复杂。组成合金的组元之间相互作用,可以形成固溶体、金属化合物和混合物。

(1) 固溶体 固溶体是合金中的一组元(溶剂)溶解其它组元(溶质),或者组元之间相互溶解而形成的一种固相。固溶体的结构与溶剂结构相同。它是一种均匀的物质,其中溶解的组元在显微镜下也看不出来。

各种元素的原子大小、化学性质不同,它们做为溶质和溶剂形成固溶体时,将使溶剂的晶格发生畸变,晶格常数也发生变化,结果使合金的强度、硬度提高,而塑性下降,溶入的溶质原子愈多,引起晶格的畸变也越大,强度越高,这种现象称之为固溶强化。

(2) 金属化合物 金属化合物是由两组元的相互作用而形成的一种具有金属特性的物质。它的晶体结构与性能与两组元不同,如铁碳合金中铁和碳组成的化合物称为渗碳体,化

学式是 Fe_3C ，其晶体结构与性能和铁、碳不同。金属化合物一般都有硬度高和脆性大的特点。

(3) 混合物 混合物是纯金属、固溶体或化合物按一定的重量比例组成的均匀的物质。混合物中各组成部分仍按自己原来的晶格形式结合而成晶体。

绝大多数工业用合金都是混合物。它们的性质取决于组成混合物各部分的性能、形状、大小和分布。

二、二元合金状态图

1. 相图的概念

合金的结晶过程要比纯金属复杂。不同成分的合金有不同的结晶过程、不同的相组成和组织状态。要用图表的方法来描述二元合金的结晶过程，必须用温度和成分为两个坐标轴，来反映合金状态与成分及温度之间的关系，这种图叫相图。

相图是在十分缓慢的冷却速度下得到的。非常接近平衡条件，因此，合金的组织状态为平衡组织。故相图又叫状态图或平衡图。

2. 二元合金状态图的绘制

二元合金状态图是通过试验的方法建立起来的一种简明图表。下面以铅锡合金为例，说明二元合金相图的建立。

首先配制若干组成分不同的铅锡合金。然后，测出每组合金的冷却曲线，如图 2-9a、图 2-9c 所示。从冷却曲线上确定结晶转变温度。将结晶转变温度画在以温度—成分为坐标的图上，并将同类型的结晶转变点连接起来，便获得如图 2-9b 所示的铅锡合金相图。

从图 2-9 可以看到，纯铅和纯锡的冷却曲线线上各有一水平段，这就是它们的结晶温度，在其它合金的冷却曲线上，除了水平线段外，还有一个转折点，表示这些合金都是在一个温度范围内进行结晶的。

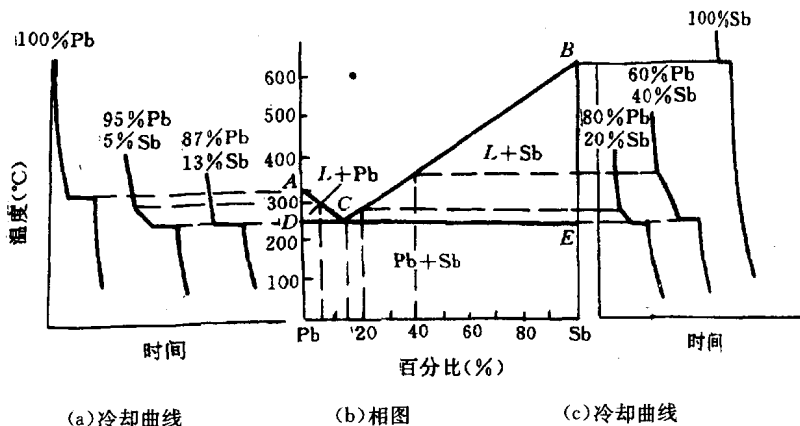


图 2-9 铅锡合金的相图建立

图 2-9b 中 ACB 是合金开始结晶温度的连线，称为液相线。 DCE 线是结晶终止温度的连线，称为固相线。当成分为 87% 的铅和 13% 的锡的合金，冷却到 245℃ 时（到 C 点时），将从金属液中间时结晶出铅和锡的混合物。这种在恒温下同时从金属液中结晶出两种固相的反应称为共晶反应，共晶反应的产物是共晶体（锡+铅）， C 点称为共晶点，其它成分的铅锡

合金, 结晶后由纯金属(铅或者锡)和共晶体(铅+锡)组成。

三、二元合金相图的类型

二元合金相图种类很多, 形状也不相同。但是, 都可以分成若干个基本相图进行分析。

1. 匀晶相图

A、B 两组元在液态下无限互溶, 在固态下形成无限固溶体的相图即匀晶相图。例如 Cu-Ni、Cu-Cr 等合金相图都是匀晶相图。

(1) 相图的认识

匀晶相图如图 2-10 所示。图中 a 、 b 两点分别是组元 A、B 的熔点。上凸曲线 ab 是液相线。它表示在冷却时, 开始结晶的温度或在加热时合金溶化终了线; 下凹曲线 ab 是固相线, 它表示在冷却时结晶终了的温度或在加热时, 熔化开始的温度。

液相线、固相线把相图分成三个区。液相线以上是液相区 L ; 固相线之下是固相区 α ; 液相线与固相线之间是两相区 $\alpha + L$ 。

(2) 合金的结晶过程分析

任选一成分的合金 X, 其结晶过程借助于冷却曲线来说明, 如图 2-11 所示。

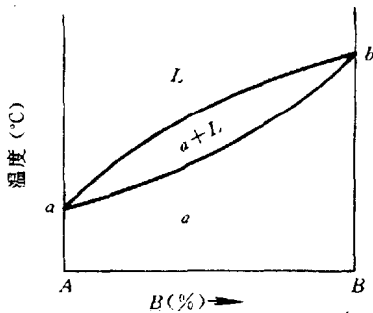


图 2-10 匀晶相图

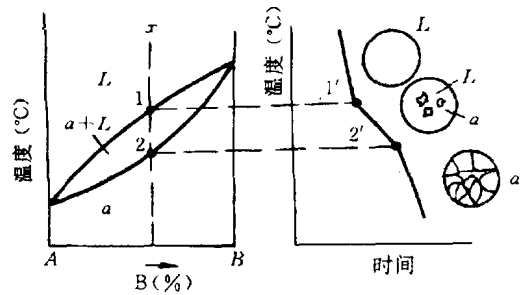


图 2-11 匀晶相图中合金的结晶过程

做合金 X 的垂线, 则垂线上任意一点所在的相区都表示合金在该温度下存在的状态。设该垂线分别与液相线、固相线交于 1、2 两点。当合金缓慢冷却时, 在冷却曲线上为 1'、2' 点分别与相图上 1、2 点对应。1' 点以上为简单冷却, 从 1 点开始, 由液态合金中结晶出 α 固相, 并随着温度的下降, α 固溶体量增加, 液体量减少。冷却到 2 点时, 液相 L 消失, 合金全部结晶为成分为 X 的 α 固相。2 点以下的冷却是简单冷却。室温时的组织为 α 固溶体晶粒。

在 1 → 2 点的结晶过程中, 由于结晶潜热的释放, 使冷却曲线上 1' → 2' 段变得平缓。

在单相区, 相的成分就是合金的成分; 在两相区, 两相的成分和相对重量是变化的, 它们的重量、成分可用杠杆定律来确定。

(3) 杠杆定律

我们用杠杆定律来确定两相区某一温度时两平衡相的成分和他们的相对重量。

如图 2-12 所示, 欲知合金 X 在温度 T_1 时的液相、固相的成分, 可过 T_1 做水平线与合金 X 的成分垂直线交于 X 点, 与液相线、固相线交于 L_1 、 α_1 点。则温度为 T_1 的液相成分为 L_1 在横坐标上的投影 L_1' 的值; 固相线成分为 α_1 在横坐标上的投影点 α_1' 的值。

不难看出, 固相线、液相线的另外一含义, 即它们表示平衡共存的固、液两相随温度而变化的情况。这个意义, 同样适用于其它两相区。即平衡共存的两相成分, 在温度改变时, 分别

沿两相边界线而变化。

仍以上述合金为例,假定合金X的总重量为1,当温度为 T_1 时,平衡共存的液、固两相重量分别为 Q_L 和 Q_a ,则它们的重量和成分满足下列关系:

$$\begin{cases} Q_L + Q_a = 1 \\ Q_L L_1 + Q_a a_1 = X_1 \end{cases}$$

由此可得: Q

$$Q_L = \frac{a_1 - X_1}{a_1 - L_1} \quad Q_a = \frac{X_1 - L_1}{a_1 - L_1}$$

由图 2-12 可知,横坐标之差 $a_1 - L_1$; $a_1 - X_1$, $X_1 - L_1$ 分别为线段 $\overline{L_1 a_1}$ 、 $\overline{X_1 a_1}$ 和 $\overline{L_1 X_1}$ 。

故

$$Q_L \overline{L_1 X_1} = Q_a \overline{X_1 a_1}$$

由上式可知,如果以合金X上某一点为支点,以该点通过该点的水平线被相区边界线所截得的线段为杠杆,则杠杆一端对应相的重量与相应臂长的乘积等于另一端对应相的重量与相应臂长的乘积。这就是杠杆定律。

2. 共晶相图

A、B 两组元在液态下无限互溶,在固态下有限互溶,具有共晶转变的相图称为共晶相图。如 Sn-Sb、Pb-Sb、Al-Si 等合金的相图即是。

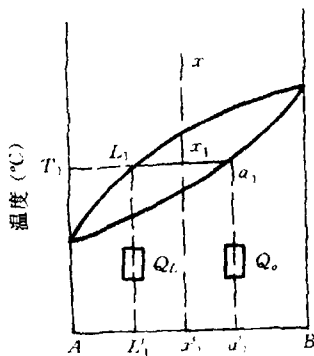


图 2-12 杠杆定律计算图

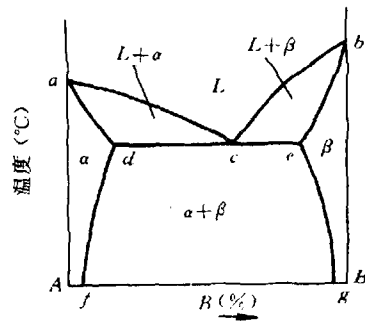
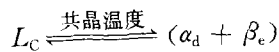


图 2-13 共晶相图

图 2-13 为共晶相图。图中 a 、 b 两点分别为组元 A、B 的熔点。曲线 abc 为液相线,曲线 $adceb$ 为固相线。水平线 dce 以上的相图可以看成是两个匀晶相图各取一部分的组合。

合金系中有三个单相:液相 L ; B 在 A 中的固溶体 α ; A 在 B 中的固溶体 β 。 α 和 β 的最大溶解度分别为 d 、 e 两点所表示的成分。随着温度的降低,两相的溶解度分别沿曲线 df 和 eg 变化。

共晶相图的特征是,有共晶点 C 和共晶线 dce 。共晶成分(c 点所表示的成分)的液相在共晶温度(c 点所在温度)会发生共晶反应,同时结晶出两种一定成分的相。它细密具有独特的组织外貌(如层状、点状等),称之为共晶体。其反应为:



凡是在共晶线范围内的合金,结晶时都有共晶反应发生。

有关共晶合金的结晶过程和组织在这里不再介绍。

3. 共析相图

在一定温度下,由一种固相同时析出两种新固相的转变叫共析转变。~~具有共析转变的相图称之为共析相图。~~铁碳合金中相图中的共析反应部分属于此类相图(见本节图 2-14 所示)。共晶反应和共析反应很相似,区别仅在于共析是在固态下发生的转变,因原子扩散困难,易于过冷,所以共析体更加致密。当新生相与母相的比容相差较大时,可引起一定的内应力。

除上述相图外,还有其它的相图,如发生包晶反应的相图和组元间形成稳定化合物的相图等。

四、铁碳合金

钢和铁是工业上应用最广泛的合金,它们主要由铁和碳两个组元组成。各种成分的钢和铸铁组织都不相同,因此,它们的性能和应用也不一样。

1. 铁碳合金的基本组织

在液态时,铁和碳溶解为一个均匀的液相。在固态时,可以形成固溶体、化合物和混合物。

(1)铁素体。碳溶于 α -Fe中的固溶体称为铁素体,用符号F来表示,铁素体保持 α -Fe的体心立方晶体结构。

碳在 α -Fe中的溶解度很小,在727℃时溶解度仅为0.0218%,在室温时,溶解度仅为0.0008%。铁素体因含碳量低,机械性能与纯铁相似;强度和硬度不高,塑性和韧性很好。

(2)奥氏体。碳溶于 γ -Fe中的固溶体称为奥氏体,用符号A来表示,奥氏体保持 γ -Fe的面心立方结构。

碳在 γ -Fe中的溶解度较大,在1148℃时可达2.11%。随着温度的降低,碳在 γ -Fe中的溶解度降低,到727℃时,溶解度仅为0.77%,稳定的奥氏体在碳素钢内存在的最低温度是727℃。由于碳的大量溶入,使奥氏体具有一定的强度和硬度。奥氏体的塑性好,是大多数钢在锻造或轧制时所需求的组织。

(3)渗碳体。渗碳体是含碳量为6.69%的铁和碳的金属化合物,其分子式是 Fe_3C ,常用符号 C_m 来表示。渗碳体有复杂的晶体结构,它与铁和碳的晶体结构截然不同,其硬度很高,塑性很差,是一种脆而硬的组织。渗碳体在钢中主要起强化作用。随着钢中含碳量的增加,渗碳体的数量增多,钢的强度和硬度提高,而塑性下降。

(4)珠光体。珠光体是铁素体和渗碳体的混合物,用符号P来表示。它是渗碳体铁素体片层相交,交替排列而成的组织。

在平衡条件下,珠光体的含碳量达0.77%。由于珠光体是由软的铁素体和硬的渗碳体片层相间的结构,故其机械性能取决于渗碳体和铁素体的性质和各自的特征。它的强度较高,塑性、韧性和硬度介于渗碳体和铁素体之间。

(5)莱氏体。在高温时,莱氏体是奥氏体和渗碳体的混合物,用Le表示。因奥氏体在727℃转变为珠光体,所以在727℃以下,莱氏体由珠光体和渗碳体组成,这种混合物称为莱氏体用Le'表示。

莱氏体的性能与渗碳体相近,硬度高,塑性差。