



焊接常用方法操作技术系列

HANJIE CHANGYONG FANGFA CAOZUO JISHU XILIE

钎焊

一本通

洪松涛 林圣武 郑应国 胡宝良 主编

焊接基础知识

焊接应力变形

焊接接头常见缺欠与检验

钎料与钎剂

钎焊工艺

火焰钎焊

炉中钎焊

感应钎焊及真空钎焊

焊接与切割安全技术

上海科学技术出版社

焊接常用方法操作技术系列

钎焊一本通

洪松涛 林圣武 主编
郑应国 胡宝良

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钎焊一本通 / 洪松涛等主编. —上海:上海科学技术出版社, 2014. 1

(焊接常用方法操作技术系列)

ISBN 978 - 7 - 5478 - 1979 - 1

I. ①钎… II. ①洪… III. ①钎焊-基本知识 IV.
①TG454

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 215918 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.625

字数: 180 千字

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 1979 - 1/TG · 66

定价: 32.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书共分九章,其中第一至第三章主要介绍焊工必须熟悉和了解的焊接的基础知识以及焊接应力与变形、钎焊接头的常见缺欠与检验的相关内容。第四至第八章比较详细地叙述钎料与钎剂的特性、分类及选用原则,重点对火焰钎焊、炉中钎焊、感应钎焊及真空钎焊的特点与工艺作较为详细的叙述,并辅以适量操作实例,分别对火焰钎焊、炉中钎焊、感应钎焊及真空钎焊焊接工艺注意事项作适当的介绍。第九章主要介绍焊接作业人员必须关注并掌握的焊接与(热)切割的安全技术。

本书可供初、中级焊接工人阅读,也可供技工学校及职业学校焊接专业师生参考。

前 言

随着科学技术与生产的不断发展,焊接结构已被广泛地应用在各行各业之中。市场需求的优质产品离不开优秀的工程技术人员与具有精湛技艺的操作工人。“焊接常用方法操作技术系列”丛书,介绍目前焊接行业较为广泛应用的焊条电弧焊、气体保护电弧焊、等离子弧焊接与切割、气焊与气割、电阻焊、钎焊六种方法。本丛书系统介绍相关焊接方法的基础知识及操作技术,使读者能加强对基础知识、基本理论的理解,以达到提高实际操作水平的目的。

“焊接常用方法操作技术系列”丛书,适用于初、中级焊接技术工人阅读,也可供技工学校及职业学校焊接专业师生参考使用。

本丛书由洪松涛、林圣武、郑应国、胡宝良编写,参加编写的人员还有郑祺、姚舍吾、沈安松、彭晔华、戴四鸣、张利萍等。全书由林圣武审定。

本丛书中不妥之处,敬请广大读者指正。

编 者



目 录

第一章	焊接基础知识	1
第一节	金属学知识.....	1
第二节	金属材料知识	18
第三节	焊缝形式的表示方法及钎焊接头的基本形式 ...	38
第四节	钎焊的基本原理	49
第二章	焊接应力与变形	56
第一节	焊接应力与变形的概念	56
第二节	焊接残余变形	63
第三节	焊接残余应力	80
第三章	钎焊常见缺欠与检验	89
第一节	钎焊接头的常见缺陷	89
第二节	钎焊接头缺欠的检验	93
第三节	钎焊质量的控制	99
第四章	钎料与钎剂	102
第一节	钎料.....	102
第二节	钎剂.....	126
第五章	钎焊工艺	136

第一节	零件表面的清理、表面镀覆及焊后清洗	136
第二节	钎焊件的装配及钎料添加	142
第三节	钎焊的焊接参数	148
第六章	火焰钎焊	153
第一节	手工火焰钎焊的设备与工具	153
第二节	手工火焰钎焊工艺	163
第三节	手工火焰钎焊举例	168
第七章	炉中钎焊	178
第一节	炉中钎焊的基本原理及特点	178
第二节	炉中钎焊设备	182
第三节	炉中钎焊工艺	183
第八章	感应钎焊及真空钎焊	193
第一节	感应钎焊	193
第二节	真空钎焊	206
第九章	焊接与切割安全技术	223
第一节	焊接作业中发生触电事故的原因及防范措施	223
第二节	焊割时发生火灾、爆炸事故的原因及防范措施	227
第三节	焊接作业的卫生防护	239
第四节	焊接及热切割现场作业的安全技术	258
参考文献		269

第一章

焊接基础知识

焊接是通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充材料,使工件达到结合的一种方法。焊接的对象不仅仅是金属之间的焊接,如同种钢、异种钢之间的焊接;有色金属之间的焊接;钢与有色金属之间的焊接,还有金属与非金属之间的焊接等。

本章主要以金属为焊接对象,对金属的结构、结晶过程及金属的力学与工艺性能等金属学的基础知识作一简要的介绍。并以铁碳合金为主线,以铁-渗碳体相图为基础,对钢材的基本组织结构及相关的热处理知识,作较详细的分析与介绍。同时介绍了常用钢材、有色金属与焊缝符号的表示方法以及钎焊接头的基本形式和确定其合适间隙等相关内容。

第一节 金属学知识

1. 金属的结构

不同的金属材料具有不同的力学性能,但即便是同一种金属材料,在不同的条件下(如经热处理后),其力学性能也不尽相同。这种差异是由其化学成分及其组织结构所决定的。

1) 纯金属的结构

(1) 晶体与非晶体 自然界中所有的固态物质,均以晶体与非晶体的形态存在。晶体是指原子在三维空间,按一定规律作周期性排列的固体,固态的金属都是晶体。晶体都具

有一定的熔点、硬度、塑性及导电性、导热性等特征。而非晶体则其内部原子的空间排列是杂乱无序的,更无晶体所具有的特征,如普通的玻璃。

(2) 晶格与晶胞 为形象地表示晶体内部原子在空间按一定规则排列的状态,可将原子看作是一个个小球,而晶体就是由这些小球有规则地堆垛而成的,如图 1-1 所示。

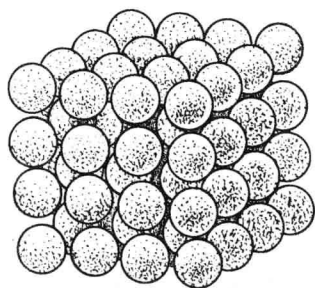


图 1-1 晶体中原子排列示意图

为更清楚地表明原子在空间排列的规律性,可将小球简化成一个点,用假想的连线将这些点连接起来,就构成了有明显规律性的空间格架。这种描述晶体中原子排列规律的空间格架称为晶格,如图 1-2a 所示。

能够完整反映晶格特征的最小几何单元称为晶胞。晶胞的棱边长度称为晶格常数,如图 1-2b 所示。

(3) 常见金属晶格类型 最常见的金属晶格有体心立方晶格、面心立方晶格与密排六方晶格。

① 体心立方晶格。它的晶胞是一个立方体,在立方体的八个顶角与立方体的中心各有一个原子,如图 1-3a 所示。如 α -铁、铬(Cr) 等。

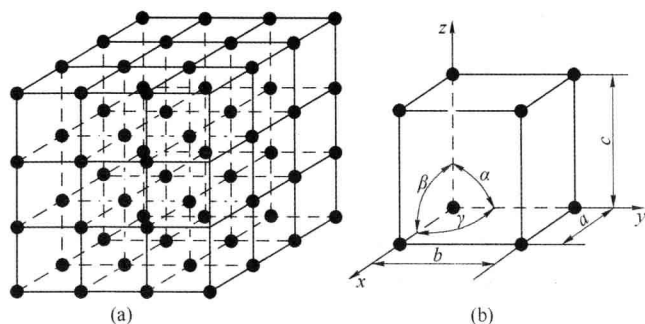


图 1-2 晶格与晶胞

(a) 晶格; (b) 晶胞与晶格常数

② 面心立方晶格。它的晶胞也是一个立方体,在立方体的八个顶角与立方体六个面的中心各有一个原子,如图1-3b所示。如 γ -铁、铜(Cu)等。

③ 密排六方晶格。它的晶胞是一个正六方柱体。在六方柱体的十二个顶角及其上下两个底面中心各有一个原子,六方柱体中心还有三个原子,如图1-3c所示。如锌(Zn)、镁(Mg)等。

(4) 金属的同素异构转变 固态下,大部分金属只有一种晶格类型,但也有少数金属具有两种或两种以上晶格类型。这类金属在冷却或加热过程中,随着温度的变化,其晶体结构也随之发生转变。

金属在固态下,随着温度的改变,由一种晶格类型转变为另一种晶格类型的过程,称为同素异构转变(又称重结晶)。固态下,同一种金属的不同晶体结构称为该金属的同素异构体。

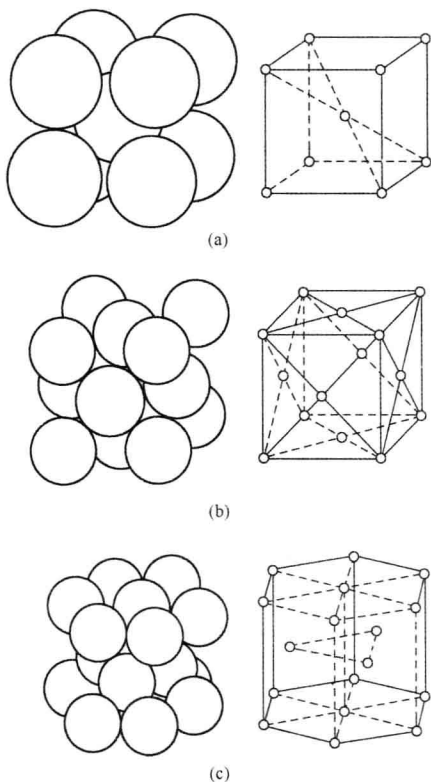


图 1-3 常见金属晶格类型

(a) 体心立方晶格；(b) 面心立方晶格；(c) 密排六方晶格

在金属晶体中，铁是最典型的具有同素异构转变的金属，如图 1-4 所示。

金属同素异构转变的过程，也就是原子重新排列的过程，其有恒定的转变温度。铁的同素异构转变是热处理之所以能改变钢材性能的根本原因。

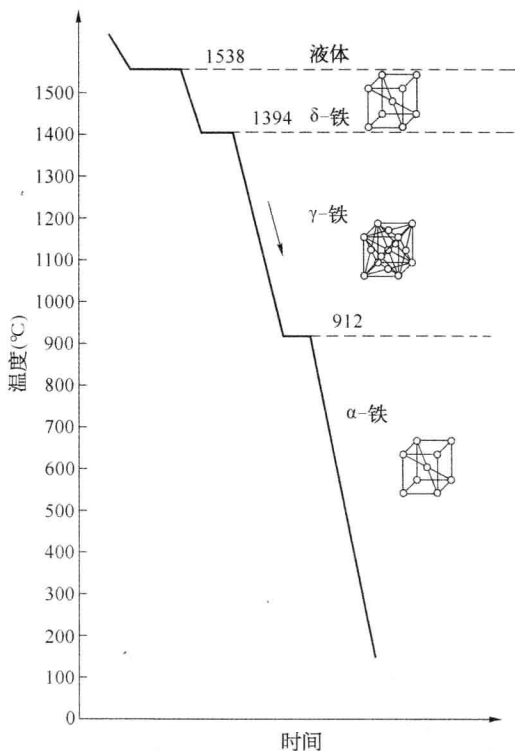


图 1-4 纯铁在冷却过程中的同素异构转变

2) 合金的晶体结构

合金是指两种或两种以上的金属或金属与非金属，经熔炼或烧结而成的具有金属特性的物质。

合金中的原子也与纯金属一样，在空间按一定的几何规则排列，但与纯金属相比要复杂得多。

合金的性能取决于合金的组织结构，合金的组织主要有固溶体、金属化合物及机械混合物三种类型。

(1) 固溶体 组成这类合金的组元(独立的物质)在液态时相互溶解,当合金凝固成固态后,组元之间仍能互相溶解而形成均匀一致的仍然保持其中某一组元晶格类型的固体合金。根据固溶体原子排列的情况,可分为置换固溶体及间隙固溶体,如图 1-5 所示。

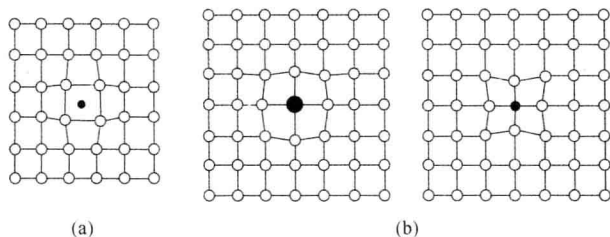


图 1-5 固溶体结构示意图

(a) 间隙固溶体; (b) 置换固溶体

① 间隙固溶体。某一元素晶格上的原子没有减少,而另一元素的原子嵌入其原子的间隙中形成的固溶体,称间隙固溶体。

② 置换固溶体。某一元素晶格上的原子,部分地被另一元素原子所取代的固溶体,称置换固溶体。

(2) 金属化合物 指组成合金的组元按照一定的原子数量之比相互化合生成的一种完全不同于任一组元晶格的具有金属特性的化合物。

(3) 机械混合物 组成合金的各组元在固态下既不能互相溶解,又不能形成化合物,而以混合物形式组合在一起时,称机械混合物。

2. 金属的结晶

金属由液态转变为固态的过程称作结晶。焊接时,焊缝

中的金属也经过从熔化到结晶的过程,这一过程是金属原子由不规则排列逐步过渡到有规则排列的过程,结晶后所形成的组织,将极大地影响到金属的加工性能及使用性能。因此金属的结晶对改善金属材料的性能具有重要的意义。

(1) 纯金属的冷却曲线与过冷渡 结晶过程是一个十分复杂的过程,一般采用热分析法来进行研究,即让熔融金属缓慢冷却,记录下其温度随时间变化的情况,并描绘在温度—时间的坐标图上,所得曲线即为纯金属凝固过程的冷却曲线,如图 1-6 所示。

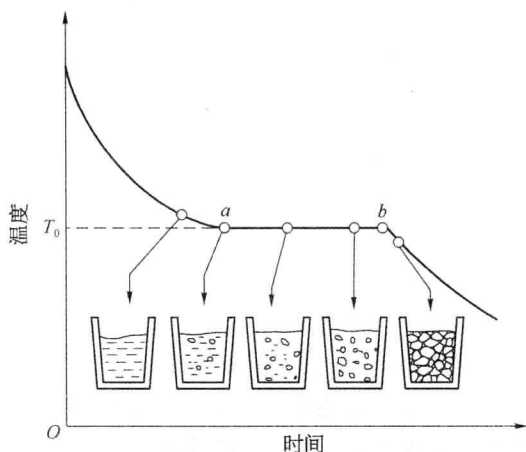


图 1-6 纯金属凝固过程的冷却曲线

实际上,金属的冷却或加热不可能是极其缓慢的,金属液体也不可能在到达图中 T_0 温度就开始结晶,而总是在低于理论结晶温度 T_0 的某一温度 T_n 下开始结晶,这一现象称为“过冷”。理论结晶温度与实际结晶温度的差值称为过冷度 $\Delta T (\Delta T = T_0 - T_n)$ 。过冷度的大小与冷却速度有关,冷却速

度越大,开始结晶温度越低,即过冷度越大;反则反之。图 1-7 即为纯金属凝固时过冷度的示意图。

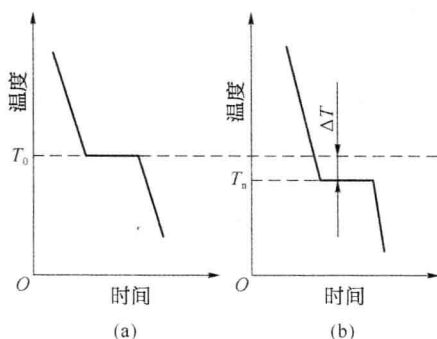


图 1-7 纯金属凝固时过冷度的示意图

(a) 理论结晶温度; (b) 实际结晶温度与过冷度

(2) 纯金属的结晶过程 液态金属的结晶是在一定过冷度的条件下,从液态中首先形成一些微小晶体,这些微小晶体称为“晶核”。随着温度下降,晶核不断长大,直到各晶体之间相互接触,液体完全消失。所以,结晶就是形核与晶核长大的过程。图 1-8 即为纯金属结晶过程示意图。

(3) 晶粒大小对力学性能的影响 金属结晶后,晶粒大小对其力学性能有着重要的影响。实践证明,在室温下,金属材料的晶粒越细,其强度与韧性就越高,因此控制金属结晶后的晶粒大小,对改善金属材料的力学性能具有重要的意义。

3. 金属的铸锭组织及缺陷

(1) 铸锭的组织及其性能 铸锭的结晶过程遵循结晶的普遍规律。如果将一个铸锭剖开,典型的剖面具有三个不同特征的晶区,如图 1-9 所示。

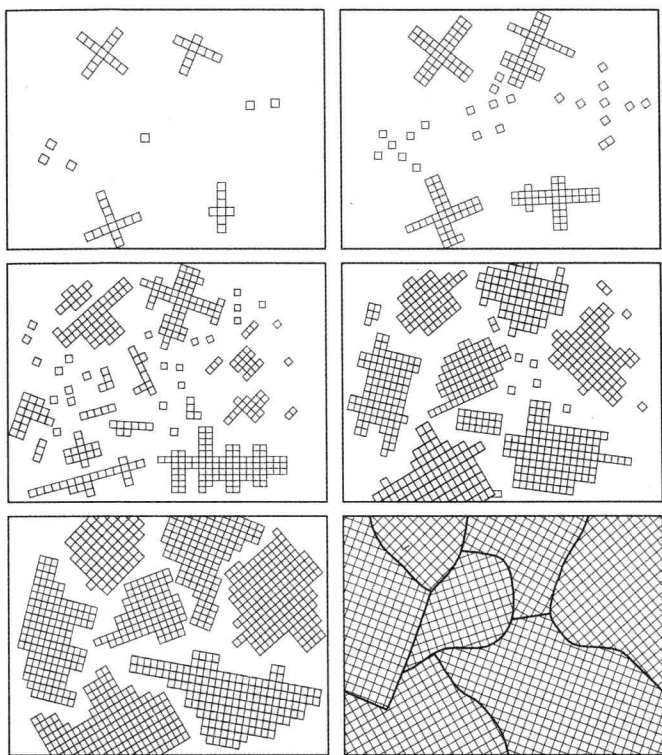


图 1-8 纯金属结晶过程示意图

① 表面细晶区。高温的金属熔液注入铸模后,与冷铸模接触的金属表层液体迅速冷却,在较大的过冷度下自发形核结晶,形成一层很薄的细晶区,先结晶的金属也是所含杂质最少的部分。

② 柱状晶区。在表面细晶区形成的同时,模壁的温度由于被液态金属加热而迅速升高,使液态金属冷却速度减慢,结

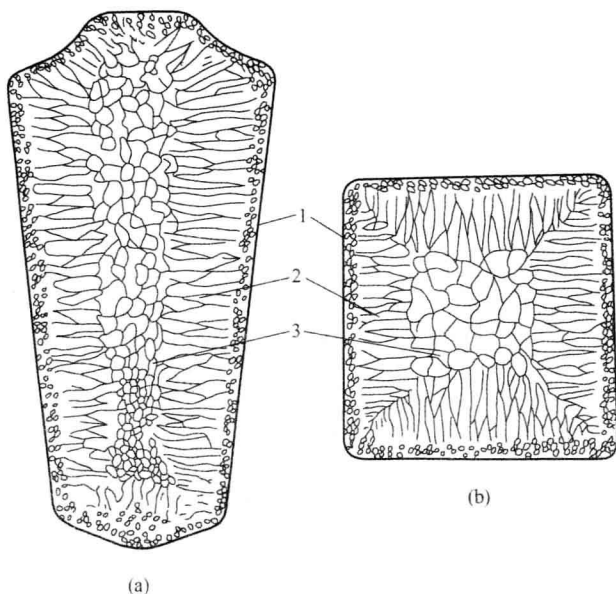


图 1-9 铸锭的组织构造示意图

(a) 纵向剖面; (b) 横向剖面

1—表面细晶区; 2—柱状晶区; 3—中心等轴晶区

晶的过冷度减小, 自发形核困难。此时, 表面层的晶粒便向内生长, 因受到相邻晶粒生长的限制, 只能逆散热方向向铸模中心延伸, 从而形成了垂直于模壁的柱状晶粒区。

③ 中心等轴晶区。随着柱状晶的发展, 经过散热, 铸模中心部分液态金属的温度降至熔点以下, 液体金属中杂质微粒的表面成为形核的“现成表面”, 降低了形核时对过冷度的要求, 于是在剩余液体中非自发形核。由于此时的散热已经失去了方向性, 晶核在液体中可自由生长, 在各个方向上的长大速度差不多相等, 因此长成了等轴晶, 直至与柱状晶相遇,