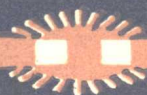


钢筋气压 焊接技术

吕莉娟 张鸿志 著



453
78

学 术 期 刊 出 版 社

钢筋气压焊接技术

吕莉娟 张鸿志 著

学术 期刊出版社

内 容 提 要

本书详细介绍了钢筋气压焊接的基础理论、气压焊接设备及焊接材料、钢筋机械性能和化学成分、气压焊接施工工艺和操作人员以及焊接接头质量检验评定等内容。该书还对气压焊接工人的技术培训工作提出了科学的方法。

钢筋气压焊接技术

吕莉娟 张鸿志 著

责任编辑：桂民荣

学术期刊出版社出版(北京市海淀区学院南路86号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市平谷县大北印刷厂印刷

开本：787×1092 毫米1/32印张：4.375 字数：98 千字

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷

印数：1—8 550 定价：2.60元

ISBN 7-80045-374-X/TU·13

前 言

在工业与民用建筑的钢筋混凝土结构施工中，有大量的钢筋需要进行各种位置的连接。过去，这种连接多采用绑扎搭接和电焊焊接方法。接头采用绑扎搭接，其连接可靠性差又耗费钢材。采取电弧焊接，费工费料。其他一些焊接方法，虽然也能节省钢材，但由于用电量太大，设备笨重或一次投资大等原因，未能得到普遍地推广应用。

钢筋气压焊是一种钢筋连接的新工艺，具有接头连接安全可靠、不消耗熔焊剂、节约钢材、可焊接各种位置接头、设备简单轻巧、操作技术容易掌握、投资少、见效大等优点，因此已在我国各类建筑特别是高层建筑施工中得到推广应用。

本书详细地介绍了钢筋气压焊接的基础理论、气压焊接设备及焊接材料、钢筋机械性能与化学成分、气压焊接施工工艺和操作技术以及焊接接头质量检验评定等内容，同时对气压焊接工人的技术培训提出了一套科学的方法。此书可供从事钢筋焊接的施工单位用作职工技术培训教材，也可供建筑设计、科研单位和大专院校、技工学校有关人员阅读参考。

由于编者水平所限，收集资料不够多，因此在编写中疏漏和不当之处在所难免，欢迎读者指正。

本书在编写过程中得到彭圣浩高级工程师的帮助并协助审校，特表示感谢。

目 录

第一章 气压焊接的基本理论	(1)
第一节 钢筋气压焊接的概念.....	(1)
第二节 金属学基础知识.....	(1)
一、金属原子结构的特点及金属结合	(2)
二、金属的晶体结构	(3)
三、铁碳合金相图	(5)
第三节 气压焊机理分析.....	(9)
第四节 气压焊基本参数的选择.....	(12)
一、焊接顶压力	(13)
二、焊接温度	(16)
三、焊接火焰	(19)
第二章 气压焊设备及焊接材料	(23)
第一节 气压焊设备.....	(23)
第二节 供气系统.....	(24)
一、氧气瓶	(24)
二、乙炔瓶	(25)
三、减压器	(28)
四、乙炔发生器	(32)
五、中压(封闭式)水封回火防止器	(37)
六、橡皮气管	(38)
第三节 焊接机具.....	(39)
一、焊炬	(39)
二、焊接卡具	(44)

三、加压器	(46)
第四节 气压焊用焊接材料	(50)
一、氧气	(50)
二、乙炔	(51)
三、电石	(53)
第三章 钢筋	(54)
第一节 钢筋的类别和技术条件	(54)
一、热轧低合金结构钢钢号表示方法	(54)
二、热轧钢筋分类	(55)
第二节 钢筋的化学成分和焊接性能	(57)
一、钢筋的化学成分分类	(57)
二、化学成分对钢材性能的影响	(58)
三、钢筋的焊接性能	(62)
第三节 钢材的机械性能	(65)
第四章 气压焊接施工	(71)
第一节 现场气压焊施工组织	(71)
第二节 气压焊设备使用要求	(74)
一、供气设备的使用	(75)
二、多嘴环管焊炬的使用	(76)
三、焊接卡具的使用	(78)
四、加压器的使用	(79)
五、辅助工具的使用	(81)
第三节 钢筋气压焊施工流程	(82)
一、施工流程图	(82)
二、施工准备	(82)
三、钢筋加工	(87)
四、气压焊操作要点	(88)
第四节 气候条件与气压焊	(96)

第五节	气压焊接头质量缺陷分析·····	(99)
第五章	钢筋气压焊接头的金相组织及机械性能·····	(102)
第一节	钢筋的金相组织·····	(102)
第二节	气压焊接头的金相组织和性能·····	(102)
第三节	钢筋气压焊接头的机械性能·····	(105)
第四节	气压焊接头缺陷的宏观金相组织·····	(110)
第六章	钢筋气压焊接质量检验·····	(111)
第一节	钢筋气压焊接质量检验方法的分类·····	(111)
第二节	钢筋气压焊接头质量检验方法·····	(113)
一、	非破坏性检验·····	(114)
二、	破坏性检验·····	(115)
第三节	气压焊质量评定标准·····	(117)
一、	外观检查的质量评定标准·····	(117)
二、	拉伸试验的质量评定标准·····	(118)
三、	弯曲试验的质量评定标准·····	(118)
第四节	气压焊接头外形尺寸检查工具的使用 方法·····	(119)
第七章	气压焊安全施工·····	(121)
第一节	对安全工作的一般要求·····	(121)
第二节	供气设备安全使用注意事项·····	(121)
第三节	多嘴环管焊炬及电动工具安全使用要求·····	(126)
第四节	现场施工安全操作规定·····	(128)
第八章	气压焊工人技术培训·····	(130)
第一节	培训方法·····	(130)
第二节	气压焊工考试·····	(133)

第一章 气压焊接的基本理论

第一节 钢筋气压焊接的概念

目前钢筋气压焊接有两种，一种是焊接温度低于被焊钢筋的熔点，并施加一定的顶压力，使接头处产生必要的塑性变形，两根钢筋结合为一体的塑性焊接；另一种是钢筋接头处被加热到熔化状态，施加一定的冲击压力，由熔化钢筋的冷却和共同结晶使两根钢筋结合为一体的熔性焊接。

气压焊系采用氧-乙炔焰对钢筋端头进行加热。塑性焊接由于不需要把钢筋加热到熔化状态，气体的消耗量比熔性焊接少，两种焊接需要的轴向压力也不一样。塑性焊接的外形比熔性焊接外形美观、平滑、均匀。但为了钢筋牢固地结合，塑性焊接要求焊前钢筋端面要经过细致的加工，保证清洁、光整的平面。熔性焊接的金属端面不需进行细致的加工，在加热时金属表面首先熔化，在受到冲击压力时，金属表面层被挤出。

塑性气压焊接适用于建筑业的钢筋焊接，因这种方法的焊接所需的设备小巧，结构简单，操作工艺容易掌握，施工方便，不需要强电源，适用于各种位置的现场焊接，接头的机械性能容易保证。目前，国内外钢筋焊接多采用这种方法。

第二节 金属学基础知识

气压焊接之所以能把两根钢筋牢固地结合在一起，使钢

筋的机械性能基本不改变,其根本原因就在于气压焊过程中,金属内部原子的相互作用。为此,本节简单介绍有关金属学的基础知识。

自然界的一切物质都是由原子构成的。根据原子在空间排列是否规则,可将固态物质分为晶体和非晶体两种。原子杂乱无序排列的物质叫非晶体,如玻璃、沥青等。原子有规则排列的物质叫晶体,如盐、冰、铁、金刚石等。所有固态金属都属于晶体。

金属的性能取决于其结构,即取决于其中原子间的结合和原子在空间上的相互配置情况。

一、金属原子结构的特点及金属结合

金属的结构,在相当程度上依赖于组成原子本身的结构。金属原子结构的特点在于其最外层的电子数很少,金属原子外层的电子与核的结合力较弱,它很容易丢失其外层电子并使自己成为正离子。

处于聚积状态的金属,其全部或大部分原子,将它们的外层电子贡献出来为所有原子所共有;共有化了的电子在金属中自由运动,丢失电子后原子的剩余部分是一个正离子,这些共有化了的电子和正离子之间的相互作用,使金属原子结合起来,这种性质的结合称为金属结合。金属结合又叫做金属键。

在金属中,正离子(或原子)围绕着某一固定位置振动,振动的振幅随温度升高而加大。物质对热能的传递是靠原子的振动或电子的运动来完成的,由此可以说明金属有良好的导热性。当金属在原子层间作相对位移时,正离子仍和自由电子保持着结合,金属具有良好的导电性,也是由于自由电子定

向运动的结果。因此金属具有塑性。

二、金属的晶体结构

原子之间的结合是关于固态金属结构的一个重要方面。另外一个方面是原子在空间上的配置情况。

1. 晶格结构

晶体中的原子在空间按有规则的几何形状排列着，这种构成原子在晶体中排列方式的空间格架叫做晶格。金属晶体是由无数个比较简单格子按着规则而整齐地排列着。

单位晶格的棱边长度称为晶格常数，其单位为 $\text{\AA}$ （读作“埃”， $1 \text{\AA} = 10^{-8} \text{cm}$ ）。常见的晶格类型有三种，如图1-1所

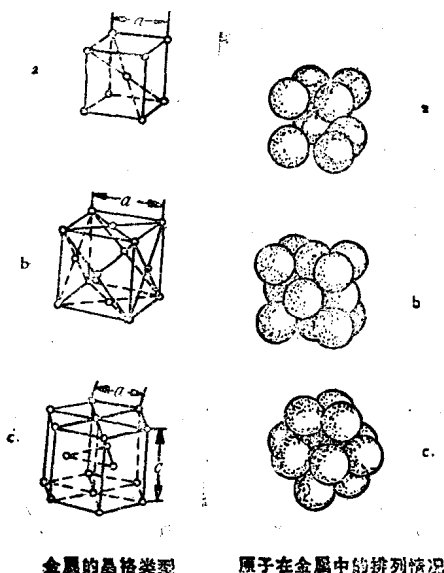


图 1-1

a—体心立方晶格；b—面心立方晶格；c—密排六方晶格

示。a表示体心立方晶格，b表示面心立方晶格，c表示密排六方晶格。

铁(Fe)在不同温度下具有不同的晶体结构。这种在固态下晶体结构随温度变化而改变的过程，叫做同素异构转变。

2. 合金的结构

工业上使用的金属材料，绝大多数不是纯金属而是合金，合金中各组成物质的原子在空间也是按一定规则排列。但合金的晶体结构比较复杂，有三种基本组织：固溶体、金属化合物和机械混合物。

(1)固溶体：我们把糖溶于水，可得到糖的水溶液——糖水，亦称糖在水中的液溶体。水是溶剂，糖是溶质。如果糖水结冰，便是糖在固态水中的固溶体。合金中的固溶体含义与此相似，所谓固溶体，就是合金中的一种原子溶解在另一种元素的晶格中所形成的固态溶体。固溶体中，含量较多的元素称为溶剂，含量较少的元素称为溶质，溶剂总是保持原有的晶格结构不变。

固溶体可分为置换式固溶体和间隙式固溶体两种基本类型（见图1-2）。

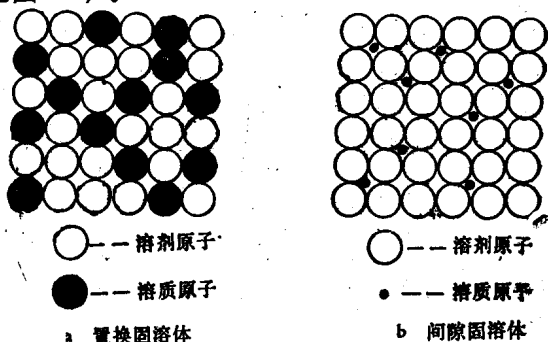


图 1-2 固溶体的两种类型

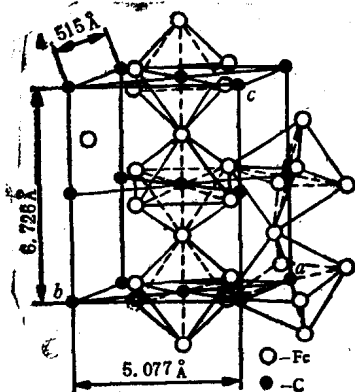


图 1-3 Fe_3C 的晶体构造

(2) 金属化合物：合金中两种或两种以上元素，按一定原子数目的比值相互化合而形成的一种新物质称为金属化合物。金属化合物的晶格不同于任何一组成元素的晶格。金属化合物的性质完全不同于组成它的各元素，其最显著的特征是：硬度高，脆性大，有的熔点也很高。例如：渗碳体(Fe_3C)见图1-3。

(3) 机械混合物：由两种或两种以上具有不同晶体结构的物质机械地混合在一起而得到的组织叫机械混合物。在机械混合物中，各组成物质仍保持其原有的晶体结构和性能。机械混合物的性能主要取决于各组成物质的性能和相对量。例如：珠光体、莱氏体。

三、铁碳合金相图

铁碳合金有钢和铸铁两大类。铁碳合金相图是表示在平衡条件下，铁碳合金的成分、温度与组织结构之间的相互关系。

气压焊接的加热温度是以铁碳合金相图为依据选择的。因此需要了解铁碳合金相图。

1. 钢铁的基本组织

铁和碳无论在液体或固体状态下，均可发生相互作用。在铁碳合金中，经常见到的有下面五种基本组织：

(1) 铁素体：碳溶解于 $\alpha\text{-Fe}$ 中所形成的固溶体称为铁素

体。铁素体溶解碳的能力很小,在 910°C 以下时,铁素体中碳的溶解量在 723°C 最高,约为 0.02% ,在室温时为 0.006% 以下。

铁素体为体心立方晶格,由于其含碳量很少,所以它的性能近于纯铁,是一种很软而又很韧的组织。

(2) 奥氏体:碳溶解于 $\gamma\text{-Fe}$ 中所形成的固溶体称为奥氏体。奥氏体在 1130°C 时溶解碳最多,达到 2% ,在 723°C 时溶解碳为 0.8% 。奥氏体是面心立方晶格,仅存在于 723°C 以上。奥氏体的塑性很好。

(3) 渗碳体:铁和碳相互作用形成的化合物 Fe_3C 被称为渗碳体。渗碳体的含碳量为 6.67% ,其晶体结构很复杂,硬度很高,塑性很差,脆性很大,不能进行切削加工。

(4) 珠光体:由铁素体和渗碳体组成的机械混合物(共析体)称为珠光体。珠光体的含碳量为 0.8% ,一般情况下,珠光体中铁素体和渗碳体呈层状交替分布。

(5) 莱氏体:由奥氏体和渗碳体组成的机械混合物(共晶体)称为莱氏体。莱氏体的含碳量为 4.3% ,性能特点硬而脆。

2. 铁碳合金相图

从图1-4可以看出,实际上应用的铁碳合金相图其含碳量仅为 $0\sim 6.67\%$,因为更高含碳量的铁碳合金脆性很大,加工困难,没有使用价值。

相图中纵坐标表示温度,由下往上表示温度升高。横坐标表示含碳量,从左向右表示含碳量逐渐增加,含铁量逐渐减少。

图中 $ABCD$ 线称为液相线,此线以上合金处于液体状态。称为液相区。

$AHJEC$ 午线称为固相线,此线以下合金处于固体状态。

称为固相区。

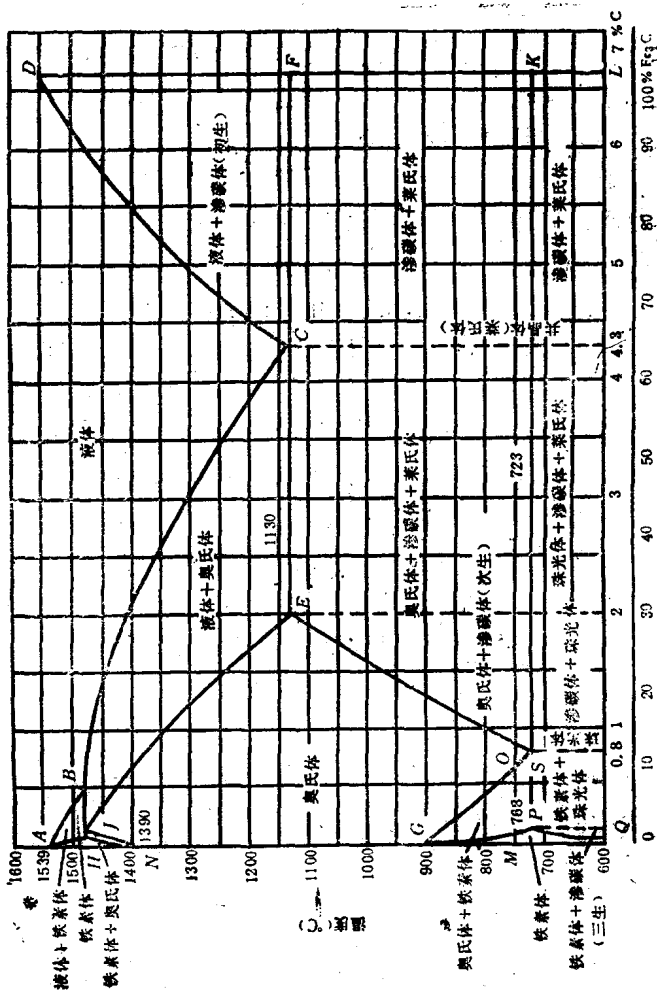


图 1-4 铁碳合金相图

液相线和固相线之间的区域,是液相和固相同时存在区。

(1) 钢和铸铁的分类: 在铁碳合金相图中, 通常可按含碳量不同将钢和铸铁分类。含碳量小于2%的铁碳合金为钢; 含碳量大于2%的铁碳合金为铸铁。由此可知, 钢和铸铁最基本的区别是含碳量的不同。

在钢的部分, 含碳量为0.8%的铁碳合金称为共析钢; 含碳量小于0.8%的称为亚共析钢; 含碳量大于0.8%的称为过共析钢。

(2) 加热过程中钢组织的变化: 由于钢筋气压焊中的钢筋属于亚共析钢范围, 这里仅讲亚共析钢加热过程中组织的变化。

当加热温度在 723°C 以下时, 钢的组织保持其室温状态下的组织, 铁素体+珠光体; 当加热温度超过 723°C 时, 钢的组织转变为铁素体+奥氏体; 当加热温度超过GS线 (通常把GS线称为铁素体全部转变为奥氏体的临界线, 把转变时的温度叫做临界温度), 这时钢的组织全部转变为奥氏体。当加热温度继续升高, 超过AE线时, 钢就开始熔化; 再超过AC线时, 钢就全部熔化成液体 (见图1-5)。

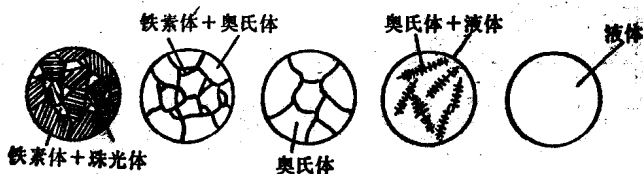


图 1-5 加热过程中亚共析钢组织的转变

(3) 加热对钢的机械性能的影响: 当钢加热时, 其强度和硬度降低, 塑性会提高。加热温度越高, 强度和硬度越低, 塑性越高。但是, 钢在加热的整个过程中, 其机械性能并不是

均匀的变化。例如碳钢，当加热到 300°C 左右时，强度急剧达到最大值，塑性却反而降到最低值，这种现象叫做钢的“蓝脆”性。超过这个温度以后，则随着温度的升高，强度极限不断下降，而塑性不断上升。当加热到 1000°C 以上时，各种钢的强度极限都很低，而塑性相当高。但当接近熔点时，塑性又会重新下降。钢筋气压焊就是利用金属材料在高温塑性区具有良好的塑性来实现的。

第三节 气压焊机理分析

气压焊为什么能把两根钢筋牢固地接合成一体？由金属学得知，成为一体就意味着接合处的原子排列与每个钢筋内的原子排列完全形成了同一状态。

气压焊工艺看上去比较简单，实际上机理比较复杂，它是由各种阶段综合而成的：焊接表面的接触；表面上的氧化膜和吸附层的清除；材料变形时原子的激活；扩散过程、再结晶等。

两钢筋端面的实际接触（物理接触）是形成焊接接头的先决条件，一般认为金属在不熔化的情况下，要形成焊接接头就必须使表面接近到原子之间力的作用范围内。

建筑中所用钢筋一般为低碳钢，由铁碳状态图得知，在塑性状态焊接时，它的金相组织为奥氏体，奥氏体的晶格常数为 $3.64\text{ \AA}$ ，铁原子半径为 $1.23\text{ \AA}$ ，碳原子的半径为 $0.77\text{ \AA}$ 。实际固体金属表面无论经过怎样细致的加工，它总还是有微观的不平度和粗糙度，精车之后其粗糙度仍为 $0.32\sim 0.63\mu\text{m}$ ，而两金属接触面之间的距离要接近到 $(1\sim 5)\times 10^{-7}\text{cm}$ 时，原子间的引力才开始起作用。如果没有压力作用，不产生塑性变形的接触，只能是微观突出点上原子间的相互作用，实际表面相互接触的面积很小，要由单纯的粘合点扩展到整个表面的

实际接触,需依靠金属在接触处的塑性变形来实现。压力增大使焊接表面紧密接触的比例迅速增大,界面孔洞的消失加快。所谓界面孔洞就是微观凹凸不平的焊接表面在焊后残留下来的微小孔洞。这些孔洞不但影响接头性能,还阻碍着晶粒生长和晶界穿过原始界面的移动。接触区内的塑性变形决定于温度和压力。

金属的表面,在大气压力下,无论采用什么样的方法进行处理,也不会维持纯金属的表面,在空气中一切金属表面的微观凸出点和凹坑一瞬间就会被氧化膜、水、气体和油质的吸附分子层覆盖起来,金属表面一旦与介质接触,就会导致单分子层的瞬间形成,在实际条件下,金属的表面具有复杂的吸附体系(见图1-6)在原发现的表面上,通常有一层与金属牢牢结合在一起的氧化层,其厚度可达到几十个埃,在氧化层的上面还可能有气体和水的吸附层。一般机械加工,表面上完全透明的氧化膜厚度一般不超过 3×10^{-6} cm热变色层(如用砂轮锯下料造成蓝色氧化层)的厚度为 $(4 \sim 50) \times 10^{-6}$ cm,完全明显的氧化皮的厚度大于 5×10^{-6} cm。

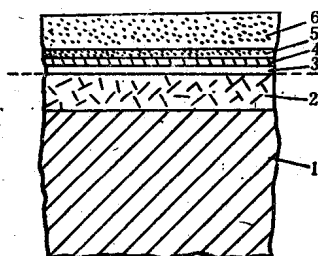


图 1-6 金属表面吸附层的基本组成示意图

1—金属；2—变形区；3—氧化层；4—气体吸附层；5—小吸附层；
6—极化分子层

两金属形成实际接触面时,所产生的结合力还不足以产