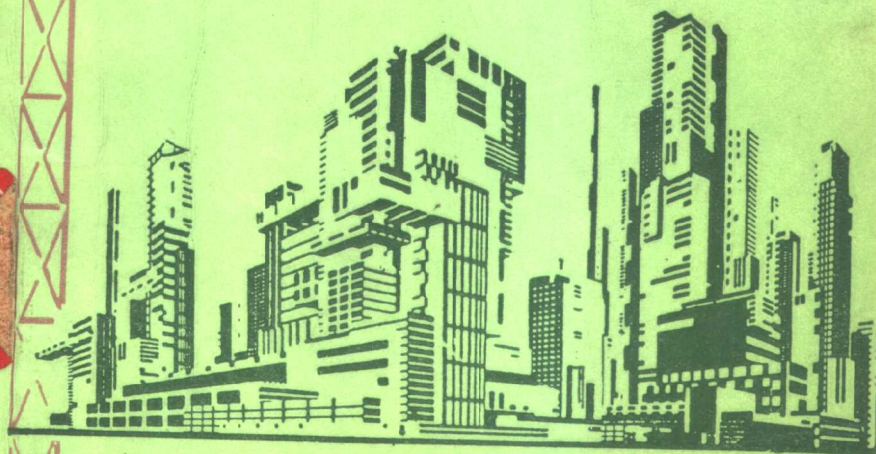


电焊工 基本技术

DIANHANGONG JIBEN JISHU



金盾出版社

电焊工基本技术

高忠民 编著

金盾出版社

(京)新登字 129 号

内 容 提 要

本书从有关电焊技术的基本知识入手,全面叙述了钢铁及有色金属的性能、牌号和可焊性,电弧焊原理,电焊条和焊接设备,手工电弧焊工艺和各种金属材料及其结构的焊接方法;还介绍了电焊工必须了解的有关焊接应力与变形、焊接缺陷及焊接质量检验、焊接安全技术等方面的知识。

图书在版编目(CIP)数据

电焊工基本技术/高忠民编著. —北京:金盾出版社,1995. 1

ISBN 7-80022-955-6

I. 电… II. 高… III. 电焊-技术 IV. TG443

金盾出版社出版、总发行

北京太平路5号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:8214039 8218137

传真:8214032 电挂:0234

封面印刷:北京文物出版社印刷厂

正文印刷:北京1202工厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:9.5 字数:210千字

1995年1月第1版 1995年1月第1次印刷

印数:1-21000册 定价:6.30元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

焊接技术是制造金属结构和零部件常用的工艺方法。随着现代建筑施工技术的不断发展,手工电弧焊、氩弧焊等电弧焊接技术的应用越来越广泛。在施工、安装现场,电焊工所占的施工人员比例也越来越大,因此提高电焊工的技术水平,对提高焊接施工质量具有重要的意义。

本书共分十一章,从有关电焊技术的基本知识入手,比较全面系统地叙述了钢铁及有色金属的性能、牌号和可焊性,电弧焊原理,电焊条和焊接设备,手工电弧焊工艺和各种金属材料及其结构的焊接方法;并介绍了电焊工必须了解的有关焊接应力与变形、焊接缺陷及焊接质量检验,焊接安全技术方面的知识;还介绍了氩弧焊和二氧化碳保护焊技术。本书在编写中基本上贯彻执行了国家标准局最新发布实施的新标准,并引用了新标准中的常用规范和图表。

本书完稿后承蒙北京城建三公司副总工程师申忠兴同志审定,特在此致谢。由于作者水平有限,难免会有错误和不足的地方,恳切期望读者批评指正。

作 者

1994年6月

目 录

第一章 钢的基本知识	(1)
第一节 钢的性能	(1)
第二节 钢中常见的组织	(7)
第三节 铁—碳平衡状态图和钢的热处理	(12)
第四节 合金元素在钢中的作用和钢中的有害杂质 及有害气体	(17)
第五节 钢的分类及牌号	(19)
第二章 手工电弧焊原理	(22)
第一节 焊接电弧及其特性	(22)
第二节 焊接熔池的形成和结晶	(27)
第三节 熔化金属与气体的相互作用	(30)
第四节 焊渣的作用	(34)
第五节 焊接接头组织	(39)
第三章 电焊条	(45)
第一节 电焊条的分类及特性	(45)
第二节 电焊条的型号	(49)
第三节 电焊条的选用	(54)
第四节 电焊条的保管、使用与鉴定	(61)
第四章 手工电弧焊设备	(68)
第一节 对电焊机的基本要求	(68)
第二节 交流手工电弧焊机	(72)
第三节 直流手工电弧焊机	(79)

第四节	电焊机的维护与故障排除	(87)
第五节	手工电弧焊工具	(92)
第五章	手工电弧焊工艺	(98)
第一节	手工电弧焊基本操作技术	(99)
第二节	一般焊接规范	(120)
第三节	焊接接头	(126)
第四节	金属结构焊接工艺	(131)
第五节	管焊接工艺	(141)
第六章	常用钢材的焊接	(154)
第一节	碳素钢的焊接	(154)
第二节	低合金钢的焊接	(159)
第三节	耐热钢的焊接	(167)
第四节	高合金钢的焊接	(172)
第七章	气体保护电弧焊	(178)
第一节	氩弧焊	(178)
第二节	二氧化碳气体保护焊	(192)
第八章	铜、铝、铸铁的焊接	(202)
第一节	铜的焊接	(202)
第二节	铝的焊接	(208)
第三节	铸铁的焊接	(212)
第九章	焊接应力和焊接变形	(220)
第一节	焊接应力和焊接变形的产生	(220)
第二节	焊接变形的种类及焊接应力的分布	(223)
第三节	防止变形的措施	(226)
第四节	焊接变形的矫正	(231)
第五节	焊接应力的降低和消除	(234)
第六节	焊接接头的焊后热处理	(238)

第十章 焊接缺陷及质量检验..... (241)

第一节 焊接检验..... (241)

第二节 常见的电焊缺陷..... (243)

第三节 焊接质量检验..... (258)

第十一章 电焊工安全技术..... (263)

第一节 电焊机设备的安全技术..... (263)

第二节 电焊工操作安全技术..... (268)

第三节 电焊工劳动保护..... (272)

附 录

一、常用钢的种类、牌号、机械性能及可焊性 (277)

二、常用灰口铸铁的牌号及机械性能 (281)

三、手工电弧焊用碳钢焊条 (282)

四、低合金钢焊条 (284)

五、熔敷金属化学成分 (286)

六、焊接接头的基本型式与基本尺寸 (292)

第一章 钢的基本知识

焊接是重要的金属加工工艺,焊接的主要对象是钢材。目前在生产的钢材中将近一半要通过焊接才能成为金属结构,投入使用。在各种焊接方法中,电焊是应用最广泛、最重要的一种基本焊接方法。掌握一定的钢材知识能为正确选用焊接材料和焊接工艺给予理论上的指导;运用这些知识,可以了解、分析焊接过程中的基本规律,从而保证焊接质量。

第一节 钢的性能

钢的性能包括钢的物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能。

一、物理性能

被焊钢材的物理性能主要指比重、熔点、热膨胀性和导热性等。

(一)比重(γ) 单位体积中钢的重量称为钢的比重,单位为 g/cm^3 。铁的比重是 $7.8\text{g}/\text{cm}^3$,不同的钢材,其比重也稍有不同。

(二)熔点 金属开始熔化时的温度称为熔解温度,简称熔点。液态金属开始凝固时的温度称为凝固温度,简称凝固点。纯金属的熔点为一固定温度,例如纯铁为 1538°C 。对于合金来说,熔化或凝固,都是在一定的温度范围内进行的,其熔点(或凝固点)不是一个固定的温度值,而是一个温度范围。钢

是铁碳合金,其熔点为 $1300\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 。

(三)热膨胀性 一般固体物质受热后,在其长度、宽度和高度方向上的尺寸都要增加,这种现象就称为热膨胀性。固体的温度由 0°C 起上升 1°C 所引起的长度(宽度或高度)的增加量与其在 0°C 时的长度(宽度或高度)之比称为线膨胀系数,用 α 表示。线膨胀系数大的材料,在焊接时产生的变形就大。例如,不锈钢的线膨胀系数为 $0.0000201/^{\circ}\text{C}$,低碳钢为 $0.0000148/^{\circ}\text{C}$,前者约为后者的 1.5 倍,所以在同样的焊接条件下,不锈钢焊件的变形要大得多。

(四)导热性 物体传导热量的能力称为导热性。钢材传导热量的能力用导热系数来表示,记为 λ ,是以一厘米厚的钢材,两面温差为 1°C ,在一秒钟内,每平方厘米面积上由一面向另一面传导的热量来表示,单位为卡/厘米²·秒·度($\text{Cal}/\text{cm}^2\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C}$)。例如不锈钢的导热性比低碳钢差,因此不锈钢热影响区温度高,焊接变形大。

二、化学性能

被焊钢材的化学性能主要指抗腐蚀性能和抗氧化性能等。

(一)抗腐蚀性能 钢材在周围介质(大气、水蒸气、酸、碱、盐等)的侵蚀作用下被破坏的现象称为腐蚀。钢材抵抗各种介质侵蚀的能力称为钢材的抗腐蚀性能。

(二)抗氧化性能 钢材的抗氧化性能主要指在一定温度和介质条件下抵抗氧化的能力。抗氧化性能差的材料在高温下很快被周围介质中的氧所氧化,形成氧化皮并逐渐剥落,又使新的表面被氧化。有些钢材在高温下不被氧化而能稳定工作,是由于其表面在高温下迅速形成了一层非常致密、稳定的

薄的氧化膜,使内部的钢材不能继续氧化。实际上这层氧化膜起着防护作用,使钢材具有抗氧化性能。耐热钢和不锈钢的抗氧化性能较好。

三、机械性能

被焊钢材的机械性能包括常温机械性能和高温机械性能。

(一)常温机械性能 包括硬度、强度、弹性与塑性、韧性等。

1. 硬度。是衡量钢材软硬的一个指标,表示钢材抵抗其它更硬的材料压入的能力。硬度可以用不同的方法,在不同的仪器上测定,经常有三种硬度值:

(1)布氏硬度,符号为 HB。HB 后面是具体硬度数值,如 HB240,称为布氏硬度 240。测布氏硬度时,将一个淬火的钢球压向被测材料,测出压痕面积。压力载荷与压痕面积之比值就是布氏硬度值,布氏硬度值的单位是千克力/毫米²(kgf/mm²)。布氏硬度使用比较广泛。

(2)维氏硬度,符号为 HV。HV 后面是具体硬度数值。测试原理与布氏硬度相同,但压头为金刚石正四棱锥。由于压痕较小,适合于测量焊接热影响区的硬度分布情况。

(3)洛氏硬度,分许多种,常见的符号有 HRB 和 HRC,其硬度值没有单位,用来表示、测量硬质材料的硬度。

2. 强度。在外力作用下钢材抵抗变形及破坏的能力称为强度。强度可分为抗拉、抗压、抗弯、抗扭和抗剪强度。最常用的有抗拉极限强度和屈服极限强度。

(1)抗拉极限强度,用 σ_b 表示,指钢材在拉断时,单位面积上所承受的最大拉力,在拉伸试验机上测量。把待测材料加

工成标准的板状拉伸试样或圆柱形拉伸试样,在试验机上拉断,用试样的横截面面积去除最大拉伸载荷,即得抗拉强度。按下式计算:

$$\sigma_b = P_b / A_0$$

式中 σ_b ——抗拉极限强度(MPa);

P_b ——拉伸过程中的最大载荷(N);

A_0 ——试样的原始横截面积(mm²)。

(2)屈服极限强度,用 σ_s 表示,指钢材在开始塑性变形时单位面积上所能承受的拉力,这一指标表示钢材抵抗塑性变形的能力。在试件的拉伸过程中,试件的变形随拉伸载荷的增加而增加,当载荷增加到一定值时,即使不再增加拉力,试件仍然不断拉长,达到一定变形后才停止。把载荷不再增加时而变形仍然产生的现象称为屈服现象。发生屈服现象时所产生的变形,在去掉拉力后也不能恢复原状,所拉长的这一部分变形成了永久变形,叫做塑性变形。屈服极限强度按下式计算:

$$\sigma_s = P_s / A_0$$

式中 σ_s ——屈服极限强度(MPa);

P_s ——出现屈服现象时的载荷(N);

A_0 ——试样的原始横截面积(mm²)。

金属结构在承载时不允许产生不可恢复的永久变形,即截面上单位面积上所分布的载荷(工作应力)不允许达到屈服极限强度,因此屈服极限强度是钢材的重要常温机械性能指标。

3. 弹性与塑性。钢材在载荷作用下产生变形,一旦载荷消失仍能恢复原状的性质叫做弹性;当载荷消失后不能恢复原状,而仍保持变形状态的性质叫做塑性。钢材的塑性常用三

个指标表示,即延伸率、断面收缩率和冷弯性能。

延伸率和断面收缩率是在做拉伸实验中测量抗拉极限强度的同时测出来的。延伸率按下式计算:

$$\delta = (L - L_0) / L_0 \times 100\%$$

式中 δ ——延伸率(%);

L_0 ——试样标距长度(5倍或10倍试样直径, mm);

L ——拉断后标距长度伸长后的长度(mm)。

断面收缩率按下式计算:

$$\psi = (F_0 - F) / F_0 \times 100\%$$

式中 ψ ——断面收缩率(%);

F_0 ——试样原始横截面面积(mm²);

F ——拉断处试样的横截面面积(mm²)。

冷弯实验是把试样绕在一定直径的轴上进行弯曲,检查弯曲外表面的塑性。把出现第一条裂纹时的角度称为弯曲角,用 α 表示,单位为角度。如果无裂纹时,一直弯曲到180°,按照技术规范选取轴的直径与试样厚度的比值。

冷弯实验对检验焊接接头的质量具有重要的意义,不仅可以检验接头各部位的塑性,还可以检验有无缺陷裂口,特别是焊接裂纹,一旦有裂纹,就会产生大裂口。

4. 韧性。在冲击载荷作用下钢材抵抗破坏的能力称为韧性。用冲击实验测定材料的冲击韧性。在冲击的试样上开有V型或U型缺口,测量试样冲击断裂时吸收的能量。冲击韧性按下式计算:

$$a_k = A_k / F_0$$

式中 a_k ——冲击韧性(N·m/cm²);

A_k ——冲击试验时所用冲击功($N \cdot m$)；

F_0 ——试样缺口部位原始截面面积(cm^2)。

(二) 高温机械性能

1. 蠕变。钢材在一定温度和应力(截面上单位面积上分布的载荷)作用下,随着时间的增长,慢慢地发生塑性变形的现象叫做蠕变。工程上用蠕变极限作为衡量指标,一般是指工作 10 万小时总变形量为 1% 时的应力值,有时也用在规定时间内使钢材发生一定量的总变形的应力值来表示。

2. 持久强度。指钢材在高温和应力的长期作用下抵抗断裂的能力,常以高温运行 10 万小时断裂时的应力作为持久强度。

3. 热脆性。钢的冲击韧性在高温和应力的长期作用下产生下降的现象称为热脆性。温度越高,应力作用时间越长,钢的热脆性也就越显著。

四、工艺性能

钢的工艺性能包括可切削性、可铸性、可锻性和可焊性等。

(一) 可切削性 指钢材接受切削加工的能力,即钢材经过切削加工而形成合乎要求的工件的难易程度。

(二) 可铸性 指钢材铸造时的流动性、收缩性和偏析的趋向。流动性好,则充满铸型的能力好。收缩性指钢材在冷却和凝固时钢材体积的收缩。把铸件在凝固后其化学成分的不均匀性称为偏析。

(三) 可锻性 指钢材在压力加工时能改变形状而不产生裂纹的性能。钢材适于锤锻、轧制、拉拔、挤压等加工,具有良好的可锻性。

(四)可焊性 指钢材在给定的焊接工艺和焊接结构条件下,获得预期焊接接头质量要求的性能。由于焊缝主要经历的是冶金、结晶过程,而焊缝周围的热影响区主要经历的是焊接热循环过程,所以钢材的可焊性应从钢材的冶金可焊性和热可焊性两个方面来考虑。

第二节 钢中常见的组织

一、钢的晶体结构

构成物质的基本颗粒(原子、分子或离子)有规律地排列,凡具有这样特征的材料叫做晶体。各种金属及其合金都是晶体,金属的基本颗粒是原子。为了研究方便,把各原子用假想的线段连接起来,形成的立体方格结构称为晶格。通常是取晶格中能代表晶格特征的最小单元即“晶胞”来描述晶体结构的类型和原子在晶体内部的排列规律。

晶体中所有基本颗粒都按共同的规律排列,这样的晶体称为单晶体。由许多杂乱无章排布的单晶体所组成的晶体称为多晶体。在多晶体中的每一个小的单晶体称为晶粒。晶粒之间的边界称为晶界。单晶体与多晶体的示意图见图 1-1。普通金属材料都是多晶体,在钢材的晶体结构即多晶体的晶界处,由于晶格排列方向极不一致,犬牙交错,相互咬合,从而加强了金属的结合,金属的晶粒越细,其机械性能就越好。

由上所述,钢材的各项性能除了与其化学成分有关外,还与钢材的晶体结构有关。同样化学成分的钢材,若晶体结构不同时机械性能就有很大差别。热处理就是根据这一原理发展起来的。

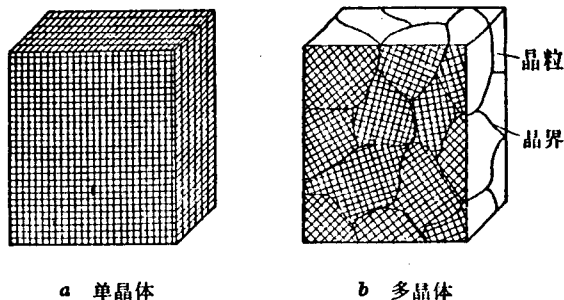


图 1-1 单晶体与多晶体的结构示意图

钢材的晶格或晶胞的形式,最常见的有两种类型:一种是体心立方晶格,其特点是金属原子占据着立方体的八个顶角和中心,如图 1-2a 所示。另一种是面心立方晶格,金属原子除占据立方体的八个顶角外,立方体的六个面的中心也各有一个金属原子,如图 1-2b 所示。

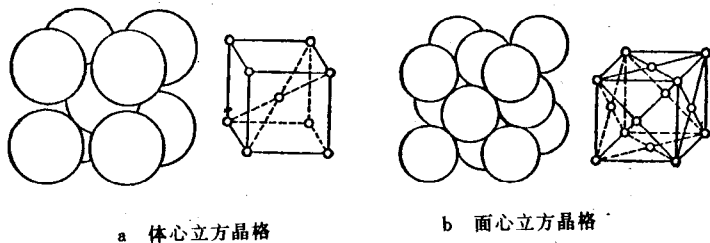


图 1-2 体心立方晶格和面心立方晶格

二、钢中常见的组织

钢中常见的组织可以从合金组织和显微组织两方面叙述。

(一)合金组织 两种或两种以上的元素(其中至少一种是金属元素)熔合在一起,叫做合金。钢和铸铁都是铁和碳组成的合金,在钢中碳的含量一般不超过2%,铸铁中含碳量在2.5%~4%之间。在钢中铁与碳的合金组织有:一种是碳溶于铁中形成的固溶体;另一种是碳与铁化合形成的化合物;此外还可以形成由固溶体和化合物组成的机械混合物。

1. 固溶体。是一种物质均匀地溶解在另一种物质内形成的合金组织。根据原子在晶格上的分布形式,固溶体可分为置换固溶体和间隙固溶体。如果某一元素晶格上的原子部分地被另外一种元素的原子替代,就称为置换固溶体;如果另外一种元素的原子挤入元素的晶格之间的空隙中就称为间隙固溶体。图1-3为固溶体的示意图。

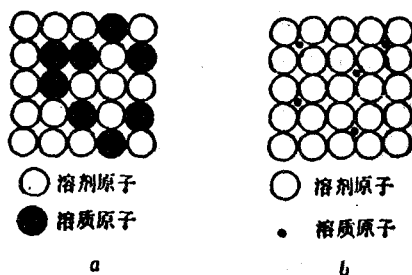


图 1-3 固溶体示意图

(a)置换固溶体 (b)间隙固溶体

由于各种元素的原子大小差别,造成固溶体的晶格发生扭曲。扭曲的晶格增加了金属塑性变形的阻力,表现为固溶体的强度和硬度要比纯金属高。

2. 化合物。指合金的元素的原子按一定数量比化合而形成的金属化合物;金属化合物的基本特点是熔点高、硬度高、

脆性大、塑性低。

(二)钢的显微组织 从钢材上取一小块试样,经磨平、抛光、腐蚀以后在金相显微镜下观察钢的显微组织。在常温下钢的显微组织主要有以下三种基本类型:铁素体、渗碳体和马氏体。

1. 铁素体。在常温下铁的晶体结构是体心立方晶格,称这种组织为 α 铁,碳原子分布在晶格的间隙处,这种碳在 α 铁中的固溶体称为铁素体。由于体心立方晶格中的间隙很小,容纳的碳原子数量有限。铁素体在室温下的含碳量只有0.008%。铁素体的强度非常低,但塑性非常好。钢材在室温下都是铁素体和渗碳体的机械混合物,因此钢材在显微组织中铁素体含量多时,强度较低,塑性好。

2. 渗碳体。渗碳体是铁和碳的金属化合物,分子式为 Fe_3C ,称为碳化三铁。钢中的碳大都以渗碳体形式存在。渗碳体是又硬又脆的组织,硬度为HB800。随着钢材含碳量的增加渗碳体数量相应增加。常焊接的碳钢,渗碳体只占10%以下,其余为铁素体。在低碳钢中铁素体占90%以上,渗碳体更少。

3. 马氏体。马氏体是碳原子在 α 铁中的过饱和固溶体。含碳量较高的钢淬火后得到这种组织。由于从高温快速冷却时,多余的碳来不及析出,只能塞在 α 铁的晶格内呈过饱和状态,使晶格产生畸变。马氏体又硬又脆,硬度随含碳量增加而增加,只有要求硬度高的零件才希望获得马氏体组织。

三、钢材在加热和冷却过程中的组织变化

了解钢材在加热和冷却过程中的组织变化,对于分析热处理作用、掌握钢材在焊接时加热和冷却过程中的组织和性