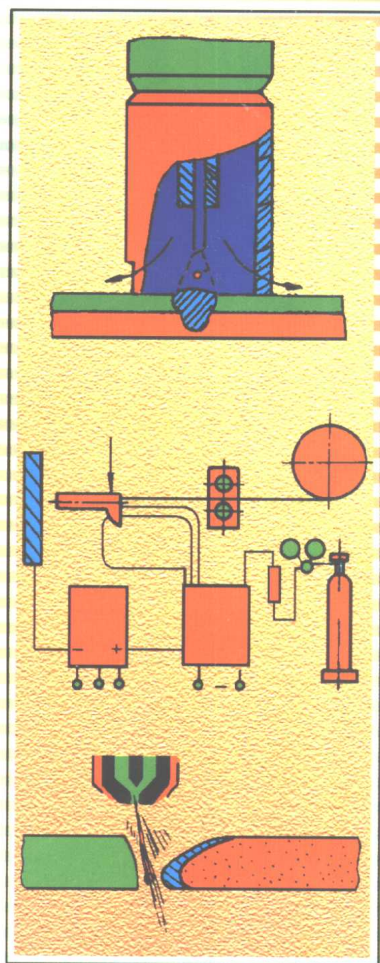
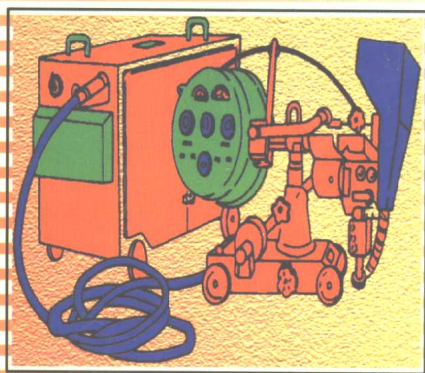


职业技能培训丛书

特种焊接工基本技术



金盾出版社

职业技能培训丛书

特种焊接工基本技术

丛书主编 刘 森

编 委 刘春生 石通灵 徐 威

张 浩 于连沧

本书主编 张京新 冯海明 甄继德

编 者 陈 彬 张京锋 高连峰

张小亮 张 浩

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书着重介绍特种焊接工应知应会的基本知识和操作技能。其主要内容有:金属材料及钢的热处理,焊接电弧及焊接冶金,埋弧自动焊工艺及设备,气体保护焊工艺及设备,等离子弧焊接和切割工艺及设备,电渣焊工艺及设备,钎焊工艺,电阻焊工艺及设备,几种钢铁材料的焊接特点,有色金属的焊接,焊接应力与变形以及焊接检验等。本书内容通俗实用,既可作为培训教材,也可供有关人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

特种焊接工基本技术/张京新等主编;陈彬等编著. --北京:金盾出版社,1998.9
(职业技能培训丛书)
ISBN 7-5082-0558-8

I. 特… II. ①张…②陈… III. 焊接-技术培训-学习参考资料 IV. TG4

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:68214039 68218137

传真:68276683 电挂:0234

封面印刷:北京 2207 工厂

正文印刷:北京 3209 工厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:7.5 字数:165千字

2001年6月第1版第4次印刷

印数:33001—41000册 定价:7.50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

参照原机械工业部、劳动部颁布的《机械工业工人技术等级标准》及《国家职业技能鉴定规范》的基本要求,针对目前机械工业各工种职工的实际情况和培训军地两用人才的需要,我们组织编写了这套为培养与提高初、中级机械作业工人技术素质的“职业技能培训丛书”。

这套丛书包括了机械工业中的车工、钳工、热处理工、锻工、铸工、机修钳工、模具钳工、电镀工、磨工、刨工、镗铣工、特种焊接工、装涂工、管道工、维修电工、内外线电工等主要工种。丛书按工种分册编写,陆续出版。每个分册的内容在编排上,采取初、中级工的基础知识、专业知识以及相关知识集中在一起的形式,便于读者查阅。在论述过程中,密切注意理论联系实际,针对《规范》所规定的技能要求作详细的分析。技能要求的实际操作部分,读者应结合各自的实际工作有意识地加强训练,以适应初、中级工人的技术培训与技能鉴定的需要。

鉴于作者知识水平的局限,书中所述内容难免有谬误之处,敬请广大读者予以批评指正。

作 者

1998年2月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、焊接的分类及特点	(1)
二、焊接结构及优点	(4)
三、特种焊接的概念	(5)
第二章 金属材料及钢的热处理	(7)
一、金属材料的性能	(7)
二、常用金属材料	(11)
三、钢的热处理	(17)
第三章 焊接电弧及焊接冶金	(24)
一、金属焊接的方式	(24)
二、焊接电弧及其产生	(24)
三、焊接电弧的热量和温度分布	(26)
四、手工电弧焊电源	(28)
五、焊接冶金的基本知识	(35)
第四章 埋弧自动焊工艺及设备	(38)
一、埋弧自动焊的原理及特点	(38)
二、埋弧自动焊设备	(39)
三、埋弧自动焊的工艺参数	(47)
四、埋弧自动焊工艺	(53)
五、带极埋弧堆焊	(61)
六、埋弧自动焊质量分析	(62)
第五章 气体保护焊工艺及设备	(66)
一、CO ₂ 气体保护焊	(66)

二、钨极氩弧焊·····	(83)
三、熔化极氩弧焊·····	(89)
四、气体保护焊所用保护气体·····	(94)
第六章 等离子弧焊接和切割工艺及设备 ·····	(98)
一、等离子弧·····	(98)
二、等离子弧焊接 ·····	(100)
三、等离子弧切割 ·····	(105)
四、等离子弧堆焊和喷涂 ·····	(108)
第七章 电渣焊工艺及设备 ·····	(114)
一、电渣焊的基本原理及特点 ·····	(114)
二、丝极电渣焊工艺 ·····	(117)
三、丝极电渣焊设备 ·····	(120)
第八章 钎焊工艺 ·····	(122)
一、钎焊的种类 ·····	(122)
二、钎料和熔剂 ·····	(122)
三、常用金属材料的钎焊工艺 ·····	(124)
第九章 电阻焊工艺及设备 ·····	(128)
一、对焊 ·····	(128)
二、点焊 ·····	(135)
三、缝焊 ·····	(142)
四、电阻焊设备及特性 ·····	(145)
第十章 几种钢铁材料的焊接特点 ·····	(147)
一、几种钢材的焊接特点 ·····	(147)
二、铸铁的焊接特点 ·····	(157)
第十一章 有色金属的焊接 ·····	(169)
一、铜及铜合金的焊接 ·····	(169)
二、铝及铝合金的焊接 ·····	(179)

第十二章 焊接应力与变形	(190)
一、焊接应力与变形的概念	(190)
二、焊接应力与变形产生的原因	(191)
三、焊接应力与变形对焊件结构的影响	(192)
四、防止和减少焊接应力与变形的措施	(192)
第十三章 焊接检验	(197)
一、焊接接头破坏性检验	(198)
二、焊接接头非破坏性检验	(204)
附录 焊缝坡口的基本形式和尺寸	(213)

第一章 绪 论

焊接是现代工业中用来制造或修理各种金属结构和机械零件、部件的主要方法之一。焊接是使两件分离的金属材料通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用充填材料,使金属通过原子或分子间的相互扩散与结合而形成一个不可拆卸整体的一种加工方法。焊接不仅可以使金属材料永久地连接起来,而且也可以使某些非金属材料达到永久连接的目的,如玻璃焊接、塑料焊接等。

一、焊接的分类及特点

目前焊接的种类很多,按焊接过程的特点,通常把它分为熔焊、压焊和钎焊三类。

(一) 熔焊

通过一个集中的热源,产生足够高的温度,将焊件接口处局部加热到熔化状态,不加压力完成焊接的方法称熔焊。常见的熔焊方法有下列几种:

1. 电弧焊 电弧焊包括手工电弧焊和自动电弧焊。它是利用电弧产生的热量使焊件接合处的金属成熔化状态,互相融合,冷凝后结合在一起的一种焊接方法。这种方法的电源可以用直流,亦可用交流。它所需的设备简单,操作灵活,对空间不同的位置,不同接头形式,短的或曲折的焊缝均能方便地进行焊接。因此,电弧焊是目前生产中使用最广泛的一种焊接方法。

电弧焊有熔化极和不熔化极两种。不熔化极电弧焊用碳棒作电极,也叫碳弧焊。这种方法的特点是在较小的电流下仍能稳定燃烧,目前除用于焊接厚度小于3mm的薄钢板和低熔点的有色金属外,生产中已很少应用。熔化极电弧焊,就是用常见的金属焊条作电极,目前所用的手工电焊,就是指熔化极电弧焊。

2. 埋弧自动焊 这种焊接方法的焊接电弧被掩埋在颗粒状焊剂的下面,在焊丝和焊件之间引燃电弧后,产生的热使焊件、焊丝和焊剂同时熔化,并部分蒸发。金属和焊剂的蒸发气体形成了一个充气的气泡,使它与空气隔绝,电弧就在气泡内燃烧。随着焊机自动向前移动,电弧不断熔化前方的焊件、焊丝及焊剂,而熔池后方的边缘开始冷却凝固形成焊缝,熔渣也随后冷凝形成渣壳。焊接电源通常采用容量较大的弧焊变压器。埋弧自动焊是目前仅次于手工电弧焊,而应用最广泛的一种焊接方法。

3. 气焊 利用可燃气体燃烧时所放出的热量来焊接金属的一种加工方法,最常用的是氧-乙炔焊。

4. 电渣焊 利用电流通过液体熔渣产生的电阻热作为焊接热源的一种熔焊方法。按所用电极形状的不同,它又可分为丝极电渣焊、板极电渣焊和熔嘴电渣焊等。

5. 电子束焊 利用高速和聚焦的电子束冲击置于真空或非真空的焊件所产生的热能,熔化焊件接头处进行焊接的方法。

6. 氩弧焊 利用氩气作为保护介质的一种电弧焊方法。按所用电极不同分为非熔化极(用熔点较高的钍钨棒或钨棒作电极)氩弧焊和熔化极(用金属焊丝作电极)氩弧焊两种。

7. 二氧化碳气体保护焊 利用二氧化碳气体作为保护

介质的电弧焊接方法。它是以焊丝作电极,以自动或半自动方式进行焊接。目前应用较多的是半自动二氧化碳气体保护焊。

(二) 压焊

焊接过程中不论对焊件加热与否,必须对焊件施加一定的压力,使两个接合面紧密接触,促进原子间产生结合作用,以获得两个焊件牢固连接的焊接方法。常用的压焊方法有:

1. 电阻焊 电阻焊又名电阻对焊,是将焊件装配成对接接头,使其端面紧密接触,用强电流通过两个被焊焊件的接触面产生电阻热,加热至熔融状态,然后迅速施加顶锻力完成焊接的方法。电阻焊按接头形式可分为对焊、点焊和缝焊(滚焊)三种。

(1) 对焊:使两个被焊焊件沿整个接触面连接的焊接方法。

(2) 点焊:将焊件装配成搭接接头,并压紧在两电极之间,利用电阻热熔化母材金属形成焊点的电阻焊方法。

(3) 缝焊(又称滚焊):将焊件装配成搭接接头,并置于两滚轮电极之间,当压紧焊件的滚轮电极通电并转动时,焊件从两滚轮电极之间通过,形成一条连续焊缝的焊接方法。

2. 闪光对焊 焊件装配成对接接头,接通电源,然后逐渐移动焊件使之局部接触,强电流通过这些局部接触(实质是点接触),产生电阻热,加热这些接触点(产生闪光),使端面金属熔化,迅速对焊件加压完成焊接的方法。按具体操作方法不同,又可分为连续闪光对焊和预热闪光对焊两种。

3. 摩擦焊 实质上与电阻焊一样,只是加热方法不同。利用焊件表面相互摩擦所产生的热,使接触面达到半熔化状态,然后迅速加压完成焊接的一种方法。

4. 超声波焊 利用频率为 15~20kHz 超声波的高频振荡,使焊件接头结合在一起的一种焊接方法。

(三) 钎焊

采用比焊件熔点低的金属材料作钎料,将焊件接触表面清洗干净,以搭接型式进行装配,把钎料放于装配间隙内或间隙附近将其加热到高于钎料熔点,低于焊件熔点的温度。熔化后的液态钎料流布在焊件间隙内,充填焊件接头间隙,冷凝后与焊件连接成一体。这种焊接方法叫钎焊。常用的钎焊方法有:火焰钎焊、烙铁钎焊、高频钎焊、炉中钎焊、盐浴钎焊、真空钎焊等。

二、焊接结构及优点

(一) 焊接结构的应用

用焊接方法制造的金属结构称焊接结构。焊接结构已作为一种基本工艺方法在许多工业部门中应用,如建筑钢结构、船体、车辆、锅炉及压力容器等几乎全部取代了铆接结构。不少过去一直用整铸、整锻方法生产的机件改成焊接结构后,大大简化了生产工艺,降低了成本。并成功地焊接了不少重大产品,如 12000t 水压机、225000kW 水轮机工作轮、25000t 远洋货轮、直径为 16m 的大型球罐、原子反应堆、人造卫星等。有些构件(如大型反应堆压力容器等),如果不采用焊接结构,实际上是不可能实现的。由此看出,焊接在整个工业中的地位是相当重要的。

(二) 焊接结构的优点

焊接结构之所以能在工业生产中得到广泛的应用,是因为它具有下列优点。

1. 节省金属材料

与铆接结构相比较,用焊接结构有下列因素可使结构节省金属材料。

(1) 结构构件的工作截面可以充分利用。

(2) 结构形状的合理化。

(3) 接合构件的重量减轻。在焊接结构中,焊缝重量一般为制件重量的 $1\% \sim 2\%$;但在铆接结构中,铆钉重量要达制件重量的 $3.5\% \sim 4\%$ 。例如,起重机采用焊接结构,其重量可以减轻 $15\% \sim 20\%$;建筑钢构件采用焊接结构,其重量可以减轻 $10\% \sim 20\%$ 。

与铸造结构相比,焊接结构比铸钢件重量可减少 $20\% \sim 30\%$;比铸铁件重量可减少 $50\% \sim 60\%$ 。

2. 降低成本 焊接设备比铆接和铸造简单,设备的单价也低。焊接结构的工序数少,所用劳动工时也少。

3. 焊缝的紧密度和气密性高 焊接结构具有一些用别的工艺方法难以达到的性能。例如储气罐、锅炉、油罐车及造船生产中要求的紧密度和气密性等。

三、特种焊接的概念

在通常情况下,把手工电弧焊、气焊以外的焊接方法称为特种焊接。这些焊接方法是在科学技术不断发展的基础上,为满足对焊接技术愈来愈高的要求而发展起来的。它一方面满足了现代各工业部门对焊接的要求;另一方面扩大了焊接工艺的使用范围,填补了用手工电弧焊和气焊无法进行的焊接空白。这些焊接方法对焊件表面质量要求不高,不受焊点距离和焊件厚度的影响,而且焊接质量好、强度高;同时,可以

焊接很厚的工件,无论多厚的焊件均不需要开坡口,只要使焊件接口之间有一定的间隙即可。特种焊接不仅是一种优质、高效、低成本的焊接方法,同时,为生产、制造大型构件和重型设备开辟了新的途径。

第二章 金属材料及钢的热处理

焊接的主要对象是金属材料。掌握金属材料和钢的热处理基本知识对在实际工作中正确合理地选择焊接材料和焊接工艺有很重要的意义;同时,运用这些知识,可以了解、分析焊接过程中的规律,从而保证焊接质量。

一、金属材料的性能

金属材料具有多方面的性能。在金属材料的各种性能中,与焊接工艺有关的主要是金属材料的机械性能和工艺性能。

(一) 金属材料的机械(力学)性能

金属材料的机械性能是指材料受外力作用时对变形和破坏的抵抗能力(又称力学性能)。机械性能好的材料,受外力作用时不容易产生超过允许范围的变形或破坏。材料受的外力,按外力作用的情况可分为静力(外力是缓慢作用于材料上)、动力(外力是突然作用于材料上)两种。为了区别材料受不同外力作用的抵抗能力。常用的机械性能有强度、刚度、弹性、塑性、硬度、冲击韧性和抗疲劳性等。上述性能,一般可以通过试验来测定。

1. 强度 材料在外力的作用下,抵抗塑性变形和破坏的能力称为强度。由于外力作用在材料上的方式有拉力、压力、弯曲力、剪切力等形式,所以强度也相应分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。

通过拉伸试验可测得金属材料的强度和塑性。其强度指

标有弹性极限、屈服极限和强度极限。

材料的强度都是以应力来表示。材料受到外力作用时，在材料内部会产生其大小与外力相等的抵抗力(称内力)。单位横截面积上的内力称为应力，用符号 σ 表示，即

$$\sigma = \frac{P}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 P ——材料承受的外力 (N)；

A_0 ——材料的原始横截面积 (mm^2)。

(1) 弹性极限 σ_e (又称弹性强度)：弹性极限是材料保持完全弹性变形时所能承受的最大应力。

$$\sigma_e = \frac{P_e}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 P_e ——材料能承受最大弹性变形时的外力 (N)。

工程上将材料抵抗弹性变形的能力称刚度。

(2) 屈服极限(强度) σ_s ：屈服极限是材料在外力作用下开始产生明显塑性变形的最低应力。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 P_s ——材料产生屈服时的外力 (N)。

(3) 强度极限(抗拉强度) σ_b ：强度极限是材料在破断前所能承受的最大应力。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0} (\text{MPa})$$

式中 P_b ——试样在破断前所能承受的最大外力 (N)。

金属构(零)件在工作中一般不允许产生少量塑性变形和破断，所以屈服极限和强度极限是工程技术上最重要的机械性能指标之一。

2. 塑性 材料在外力作用下产生不能恢复原来形状的变形称塑性变形。产生塑性变形而不破断的能力称为材料的塑性。金属材料的塑性好坏指标用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示。即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试样原来的标距长度(mm);

l_1 ——试样拉断后的标距长度(mm);

A_0 ——试样的原始截面积(mm²);

A_1 ——试样断裂处的最小横截面积(mm²)。

金属材料具有一定的塑性可提高构(零)件的使用可靠性,防止突然断裂和能顺利地进行各种变形加工(如轧制、锻造、冲压等)。

3. 硬度 硬度是指金属表面抵抗其它更硬物体压入的能力或者是金属表面局部抵抗塑性变形或破坏的能力。硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。材料的硬度可以采用各种硬度试验机来测定。由于硬度测定设备简单,操作方便,又不损坏零件,且硬度与强度有一定的联系,因此,它被广泛应用于检验零件的质量和工艺的合理性。常用的有布氏硬度(HBS、HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)和维氏硬度(HV)。

4. 冲击韧性 材料抵抗冲击载荷(外力)而不破裂的能力称冲击韧性或冲击值,用 α_k 表示。

由于受冲击载荷工作的构件,很少是受大能量一次冲击而破坏的,因此用一次冲击确定的数值来判别在工作中承受

小能量多次重复冲击的构(零)件抵抗冲击的能力,是不适合的。因此,冲击韧性数值一般只作为选择材料的参考。

5. 疲劳强度 工程上指的疲劳强度,是指金属构(零)件在一定的重复交变载荷作用下而不断裂的最大应力。一般规定:对于钢铁材料为 $N=10^7$ 次;有色金属为 $N=10^8$ 次(N 为交变次数)。

材料疲劳断裂的原因是很复杂的,一般认为由于材料内部的缺陷(如局部强度较低)或加工过程中形成局部应力集中等因素造成。

(二) 金属材料的工艺性能

金属材料在加工(如切削加工、焊接、锻造等)过程中所表现出来的性能称工艺性能。它包括可延展性、可锻性、可切削性、可铸造性和可焊接性等。

1. 可延展性 金属材料可拉、拔、辗轧成各种线材或板材的性能称可延展性。它与金属的纯度、塑性、加工温度有关。纯铜、低碳钢、纯铝的可延展性较好。

2. 可锻性 金属材料承受压力加工,改变原来形状而不产生裂纹的能力称可锻性。它与金属的纯度、塑性、加工温度有关。钢在高温状态下可锻性好,黄铜和铝合金在冷态下有良好的可锻性。

3. 可切削性 金属材料被刀具切削成型的难易性能称可切削性。它与金属的机械性能有关。钢的硬度在 HB160~200 范围内和铸铁、铜合金、铝合金等都有较好的切削性。

4. 可铸造性 金属材料加热熔化后,浇入铸型里凝固形成各种形状制品的性能称可铸造性。它与金属的流动性、收缩性和熔点有关。

5. 可焊接性 用局部加热的方法,使金属材料在给定的