

一技之长
丛书

焊工



操作技能

HANGONG CAOZUO JINENG



丘宏星 陈太贵 编

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



焊工

操作技能

江苏工业学院图书馆

JIANGSU INDUSTRIAL COLLEGE LIBRARY

藏书 丘豪 陈太贵 编

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工操作技能/丘宏星, 陈太贵编. —福州: 福建科学技术出版社, 2009. 6

(一技之长丛书/程周主编)

ISBN 978-7-5335-3366-3

I. 焊… II. ①丘…②陈… III. 焊接—基本知识 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 078569 号

- 书 名 焊工操作技能
一技之长丛书
- 编 者 丘宏星 陈太贵
- 出版发行 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
- 网 址 www.fjstp.com
- 经 销 各地新华书店
- 排 版 福建科学技术出版社排版室
- 印 刷 人民日报社福州印务中心
- 开 本 889 毫米×1194 毫米 1/32
- 印 张 6
- 字 数 149 千字
- 版 次 2009 年 6 月第 1 版
- 印 次 2009 年 6 月第 1 次印刷
- 书 号 ISBN 978-7-5335-3366-3
- 定 价 10.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

焊接是工业生产中的一项重要加工技术，在机械、电力、建筑、交通、石油、化工等工业部门中得到广泛的应用。焊工是重要的特殊工种，焊工的焊接技术水平直接影响到焊件的质量，从而影响到产品的质量、使用寿命和安全。因此，对焊工进行技能培训是一项十分重要的工作。为了适应焊工岗位培训和提高技能水平的需要，我们根据《中华人民共和国工人技术等级标准》对初级焊工的要求，并结合相关企业的生产实践和焊工培训教学经验，编写了这本书。

本书坚持理论与实践相结合的原则，在内容上注重实用性和技术性；以大量图表，用简练文字，结合生产实例，较全面地介绍了常用的焊接技术；采用最新焊接技术国家标准和有关规范，计量单位全部采用国际单位制；内容除解决初级焊工在实际生产中经常遇到的技术问题外，也考虑到中级焊工知识面的需要。尽量做到使读者易学、易会，能在较短时间内掌握并提高焊接技能。

本书编写过程中，参阅了大量的资料，并得到有关企业焊接技术人员的支持和帮助，在此特向有关人员表示衷心感谢。由于水平有限，经验不足，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

第一章 焊工基础知识	(1)
一、常用金属材料及性能	(1)
(一) 金属材料分类	(1)
(二) 金属材料性能	(2)
二、焊接方法分类与选用	(5)
(一) 焊接方法分类及特点	(5)
(二) 常用焊接方法的比较和选用	(5)
三、焊接电弧和金属的熔焊原理	(11)
(一) 焊接电弧	(11)
(二) 电弧焊熔滴过渡	(16)
(三) 焊接冶金原理	(18)
四、焊接接头及焊缝形式	(21)
(一) 焊接接头基本类型	(21)
(二) 坡口	(25)
(三) 焊缝形式	(27)
(四) 焊缝符号	(27)
五、焊件热处理	(39)
(一) 焊前预热	(39)
(二) 消氢处理	(40)
(三) 焊件常用的热处理方法	(41)
第二章 焊条电弧焊	(42)
一、焊条电弧焊电源	(42)
(一) 弧焊电源的分类及要求	(42)

(二) 弧焊电源选择、安装和使用	(50)
二、常用焊接辅助设备与工具	(53)
(一) 电焊钳	(53)
(二) 面罩及护目镜	(54)
(三) 焊接电缆	(55)
(四) 橡胶气管	(56)
(五) 焊缝检验尺	(57)
(六) 焊条保温筒及烘干箱	(58)
(七) 坡口加工机及角向磨光机	(59)
三、焊条	(60)
(一) 焊条组成与分类	(60)
(二) 焊条型号和牌号	(62)
(三) 焊条选用	(69)
(四) 焊条保管和使用	(70)
四、焊条电弧焊基本操作	(72)
(一) 引弧、运条及收弧	(72)
(二) 焊缝连接	(77)
(三) 焊件对接装配和定位焊、打底焊	(78)
(四) 各种位置的焊条电弧焊操作技术	(80)
五、焊条电弧焊焊接技术	(91)
(一) 单面焊双面成形技术	(91)
(二) 管板焊件焊接技术	(97)
(三) 管管焊件焊接技术	(103)
(四) 薄板焊接技术	(109)
六、焊接缺陷及其防止	(110)
(一) 焊接表面尺寸不符合要求	(111)
(二) 气孔	(111)
(三) 焊接裂纹	(112)
(四) 咬边	(114)

(五) 凹坑	(114)
(六) 焊瘤	(115)
(七) 夹渣	(116)
(八) 塌陷	(116)
(九) 烧穿	(117)
(十) 未焊透	(117)
(十一) 未熔合	(118)
第三章 电阻焊	(119)
一、电阻焊概述	(119)
(一) 电阻焊分类及应用	(119)
(二) 电阻焊用电极材料	(120)
(三) 常用材料的电阻焊焊接性	(122)
二、电阻点焊	(122)
(一) 电阻点焊原理、设备及方法	(122)
(二) 电阻点焊操作技术	(125)
三、电阻凸焊	(131)
(一) 电阻凸焊特点、应用及设备	(131)
(二) 电阻凸焊操作技术	(132)
第四章 气焊与气割	(134)
一、气焊	(134)
(一) 气焊特点	(134)
(二) 气焊的焊接材料	(134)
(三) 气焊设备及工具	(136)
(四) 气焊火焰	(145)
(五) 气焊操作技术	(147)
(六) 常用金属材料气焊	(152)
二、气割	(155)

(一) 气割原理及条件·····	(155)
(二) 手工气割·····	(156)
(三) 碳钢气割工艺·····	(163)
(四) 气割缺陷及其防止措施·····	(167)
第五章 焊接安全技术·····	(170)
一、焊接的危险、有害因素及安全技术·····	(170)
(一) 焊接的危险、有害因素·····	(170)
(二) 焊接安全技术·····	(173)
二、焊接劳动保护·····	(179)
(一) 焊工个人劳动防护用品·····	(179)
(二) 焊接危害因素防护·····	(181)
(三) 改善安全卫生条件的焊接技术措施·····	(182)
主要参考资料·····	(184)

第一章 焊工基础知识

在现代工业生产中，焊接是一种重要的金属加工工艺，大量应用于机械、汽车、石油、化工、造船、建筑、电力、冶金、电子、航空、航天等工业部门。目前，焊接技术已发展成为一门独立的学科，焊接技术的应用范围越来越广。

一、常用金属材料及性能

（一）金属材料分类

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料两大类。黑色金属材料主要指钢和铸铁，黑色金属材料以外的其他金属材料统称为有色金属材料。

1. 钢

（1）按用途分类

①建筑及工程结构用钢。有普通碳素钢、钢筋钢、低合金高强度钢等。

②机械制造用钢。有调质钢、易切削钢、渗碳钢、冷塑性成型用钢等。

③工具钢。有碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢。

④特殊性能钢。有不锈钢耐酸钢、耐热钢、耐磨钢、低温用钢、电工用钢、电热合金等。

⑤专业用钢。有船舶用钢、桥梁用钢、压力容器用钢、锅炉用钢等。

（2）按质量分类。根据钢中有害元素硫、磷的含量，可分为普通钢、优质钢、高级优质钢。

(3) 按化学成分分类

①碳素钢。有工业纯铁（含碳量 $\leq 0.0218\%$ ）、低碳钢（含碳量 $< 0.25\%$ ）、中碳钢（含碳量 $0.25\% \sim 0.60\%$ ）、高碳钢（含碳量 $> 0.60\%$ ）。

②合金钢。有低合金钢（含合金元素总量 $< 5\%$ ）、中合金钢（含合金元素总量 $5\% \sim 10\%$ ）、高合金钢（含合金元素总量 $> 10\%$ ）。

(4) 按冶炼方法分。有沸腾钢、镇静钢、半镇静钢。

2. 铸铁

铸铁是含碳量 $> 2.11\%$ 的铁碳合金，有铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁和合金铸铁等。

3. 有色金属材料

常用有色金属材料可分为：

①铝及铝合金。有纯铝、变形铝合金、铸造铝合金。

②铜及铜合金。有纯铜、黄铜、青铜、白铜。

③钛及钛合金。有工业纯钛、钛合金。

④镁合金。有变形镁合金、铸造镁合金。

⑤镍及镍合金。有纯镍、耐蚀镍合金、热强镍合金、抗氧化镍合金。

(二) 金属材料性能

金属材料性能分为使用性能和工艺性能。使用性能指金属材料在使用过程中所表现出来的性能，包括物理性能（如密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性、磁性等）、化学性能（如耐腐蚀性、抗氧化性等）、力学性能等；工艺性能指金属材料在制造工艺过程中适应加工的各种性能。

1. 金属材料力学性能

力学性能指金属在各种不同性质的外力作用下，所表现出来的抵抗变形和破坏的能力，包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳

强度等。

(1) 强度。它指金属材料在外力的作用下, 抵抗塑性变形或断裂的能力, 主要有:

①屈服强度(屈服点)。它指在拉伸过程中, 载荷不增加, 试样(指试验用的材料)仍能继续伸长时的最小应力, 用代号 σ_s 表示。

②抗拉强度。它指试样在拉断前所承受的最大应力, 用代号 σ_b 表示。

(2) 塑性。它指金属材料在拉断前产生塑性变形的能力, 主要有:

①伸长率。它指拉伸后试样上标距的伸长与原始标距的百分比, 用代号 δ 表示。

②断面收缩率。它指试样拉断后, 缩颈处横断面积的最大缩量与原始横断面积的百分比, 用代号 ψ 表示。

(3) 硬度。它指材料抵抗硬物体压入其表面的能力。根据测试压头、载荷和试验方法的不同, 硬度可分为布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等。

①布氏硬度。其测试方法简单, 测量值较准确。压头为淬火钢球时用 HBS 表示, 压头为硬质合金时用 HBW 表示。它适用于测量灰铸铁、有色金属及其合金, 以及各种退火、正火、调质钢等金属材料, 但不能用于成品件和薄件的测量。

②洛氏硬度。其测试效率高、压痕小, 可测量软的、硬的或厚度较薄的成品, 但测量值不够准确。常用的有 3 种硬度标尺, 分别用 HRA、HRB、HRC 表示。

③维氏硬度。测试时压痕浅, 适宜测量零件表面硬化层、化学处理层(如渗碳、渗氮层)以及很薄零件的硬度, 测量值比布氏和洛氏硬度精确。它用 HV 表示。

(4) 冲击韧性。它指金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力。目前, 常用一次摆锤冲击弯曲试验来测定。冲击韧性用冲

击韧度 α_k 表示。

(5) 疲劳强度。它指金属材料在无限多次交变应力的作用下而不破坏的最大应力。实际上金属材料不可能做无数次交变载荷试验, 所以一般规定: 对于黑色金属应力循环次数达 10^7 次而不断裂的最大应力称为疲劳强度 (疲劳极限), 对于有色金属、不锈钢等应力循环次数达 10^8 次而不断裂的最大应力称为疲劳强度。

2. 金属材料工艺性能

工艺性能是指金属材料对不同加工方法的适应能力, 包括铸造性能、锻造性能、焊接性能和切削加工性能。工艺性能是生产过程中制订加工工艺考虑的重要因素, 它直接影响到零件的制造工艺和质量。

(1) 铸造性能。它指金属及合金在铸造中获得优良铸件的能力。衡量铸造性能的指标有流动性、收缩性和偏析倾向等。金属和合金的流动性越好、收缩性越小、偏析倾向越小, 其铸造性能越好。

(2) 锻造性能。它指金属材料利用锻压加工获得优良锻件的难易程度。锻造性能的好坏主要与金属的塑性和变形抗力有关, 塑性越好、变形抗力越小, 锻造性能越好。

(3) 焊接性能。它指金属材料对焊接加工的适应性, 也就是在一定的焊接工艺条件下, 获得优质焊接接头的难易程度。对于同一种金属材料, 如果采用不同的焊接方法或焊接材料, 其焊接性能可能会有很大的差别。对于碳钢和低合金钢, 焊接性能主要与金属材料的化学成分有关 (其中碳的影响最大)。低碳钢具有良好的焊接性能, 而高碳钢和铸铁的焊接性能较差。

(4) 切削加工性能。它指金属材料切削加工的难易程度。它由工件切削后的表面粗糙度及刀具的使用寿命等来衡量。一般认为金属材料具有适当的硬度 ($170 \sim 230\text{HBS}$) 和足够的脆性时, 较易切削加工。

二、焊接方法分类与选用

(一) 焊接方法分类及特点

1. 焊接方法分类

焊接方法种类很多,按焊接过程的特点可分为熔化焊、加压焊、钎焊三类。

(1) 熔化焊。它指利用局部加热,将两焊件的接合处加热到熔化状态,并形成共同熔池,凝固后形成牢固接头的方法。按照热源的不同,可分为电弧焊、电渣焊、气焊、铝热焊、等离子弧焊、电子束焊、激光焊等。

(2) 加压焊。它指利用施加足够的压力,加热或不加热,使两焊件结合面紧密接触并产生一定塑性变形,形成牢固接头的方法。按照加热方法的不同,可分为冷压焊、摩擦焊、电阻焊(对焊、点焊、滚焊)、爆炸焊、扩散焊、超声波焊等。

(3) 钎焊。它指利用某些熔点低于被连接焊件材料熔点的熔化金属(钎料)作为连接的填充物,通过其熔液渗透、浸润作用,填充在焊件连接处的间隙中,液态钎料和母材相互熔解和扩散,凝固后形成牢固接头的方法。按照加热形式的不同,可分为烙铁钎焊、火焰钎焊、炉中钎焊、高频感应钎焊、真空钎焊等。

2. 常用焊接方法特点及应用

常用焊接方法特点及应用见表 1-1。

(二) 常用焊接方法的比较和选用

在焊接生产中,焊接方法是制定焊接结构制造工艺方案必须首先考虑的。焊接方法的选用取决于焊件材料、焊接接头的质量要求、焊件结构尺寸、焊接设备、焊接工艺、焊接成本等。选用的原则是在保证焊件质量符合相应的质量标准和满足产品的技术

表 1-1 常用焊接方法特点及应用

种 类	焊接方法	主要特点	应 用
熔 化 焊	焊条电弧焊	采用手工操作, 具有设备简单、易于操作、适用性较强的优点。但焊材的利用率较低, 劳动强度大, 难以实现机械化和自动化生产	焊接各种黑色金属, 也可用于某些有色金属的焊接。对不规则的焊缝较适宜
	埋弧焊	在焊剂层下, 焊丝端与焊件之间燃烧的电弧熔化母材和焊丝而形成焊缝。具有焊丝熔敷率高、熔深大、劳动条件好等特点	碳钢、低合金钢、不锈钢和铜等材料的中、厚板焊接。较适于平焊位置的焊接, 对于其他位置焊接, 必须采取特殊的保护措施
	熔化极气体保护焊	利用外加保护气体作为电弧介质, 以隔离空气, 防止空气侵入焊接区。常用的保护气体有 Ar、He、N ₂ 、CO ₂ 及混合气体。其生产效率较高, 质量较好, 成本较低	惰性气体保护焊适于碳钢、合金钢及铝、铜、钛等金属材料焊接。二氧化碳气体保护焊适于焊接碳钢, 堆焊一般用于低合金钢及耐热耐磨钢
	钨极氩弧焊	以惰性气体 (常用氩气) 作保护气体, 钨极为不熔化电极的电弧焊。具有焊接电弧稳定性好, 热量集中, 熔池金属不发生氧化反应等优点。但生产效率较低, 成本较高, 不宜用于厚壁件焊接	焊接各种钢材和合金, 特别适于薄壁焊件和难焊位置的焊接
	电渣焊	利用电流通过液态熔渣所产生的电阻热来熔化金属, 其热影响区宽, 晶粒易长大, 焊后需热处理	碳钢、低合金钢厚壁结构件, 容器的纵缝和环缝, 以及厚的大钢件、铸件、锻件的焊接
	等离子弧焊	利用等离子弧加热焊件, 能量密度大、热量集中、熔深大、热影响区小, 且焊接速度快、生产效率。但焊接设备较复杂。按特点可分为大电流、脉冲、微束等离子弧焊等	碳钢、低合金钢、不锈钢、耐热钢, 以及铜、镍、钛及其合金等材料的焊接。微束等离子弧焊可焊金属箔及细丝

续表

种 类	焊接方法	主要特点	应 用
熔化焊	气 焊	利用可燃气体与氧混合燃烧的火焰加热焊件。其设备简单,操作方便,但加热区较宽,焊件变形较大,生产效率较低	焊接各种金属材料,特别是薄件焊接、管子的全位置焊接,零件预热,火焰钎焊、堆焊,以及火焰矫正
	电阻焊	利用电流通过焊件产生的电阻热来加热焊件,使之呈塑性状态或局部熔化状态,然后加压使之连接在一起。按焊接形式不同分点焊、缝焊、凸焊、对焊等。其生产效率、节省材料、成本低,易于实现自动化生产	焊接各种钢、铝及铝合金、铜及铜合金等材料,主要用于焊接薄板(厚度3毫米以下)焊件
加压焊	摩擦焊	利用焊件接触面的相互旋转摩擦产生的热量,使局部达到热塑性状态,加压后形成焊接接头。可焊金属范围广,特别适于焊接异种金属,且接头质量好,易于自动化生产	铝、铜、钢及异种金属材料焊接
	冷压焊	不需外加热源,利用压力使金属产生塑性变形,将焊件焊接在一起	塑性较好的金属,如铝、铜、铅、钛等材料的焊接
钎 焊	烙铁钎焊	利用电烙铁或火焰加热的烙铁,局部加热焊件。其焊接温度低,要用钎料	钎焊导线、电子元件、电路板及一般薄件,使用的钎料熔点低于300℃
	电阻钎焊	利用电阻加热焊件,加热速度快,生产效率高	钎焊铜及铜合金、银及银合金、钢、硬质合金材料,常用于钎焊刀具、电器元件等
	火焰钎焊	利用气体火焰加热焊件,设备简单、通用性好	钎焊钢、不锈钢、硬质合金、铸铁及铜、银、铝等有色金属材料

要求的前提下,尽可能地提高生产效率、降低成本,获得最大的经济效益。

1. 焊条电弧焊

焊条电弧焊是各种电弧焊方法中使用最早,目前仍广泛应用的焊接方法。它用手工操纵焊条进行焊接。焊条作为电极和填充金属,电弧在焊件和焊条端部之间燃烧,电弧柱温度达 5000°C 以上,焊条药皮在电弧的作用下产生气体保护电弧,并形成熔渣覆盖熔池表面,防止周围空气与熔化金属发生作用。

焊条电弧焊设备简单、轻便、操作灵活,可用于各种位置及各种装配条件下的焊接,但劳动强度大,焊接环境较差,易发生职业病。在大批量生产的情况下,焊条电弧焊往往被经济性、环保性更好的熔化极气体保护焊和埋弧焊所取代。

2. 埋弧焊

埋弧焊以连续送进的焊丝作为电极和填充金属。在焊接时,焊接区上面覆盖一层焊剂,电弧在焊剂层下燃烧,将焊件和焊丝熔化而形成焊缝。埋弧焊可分为自动埋弧焊和半自动埋弧焊两种。半自动埋弧焊的焊枪笨重,送丝准确率低,生产中应用不及自动埋弧焊广。

埋弧焊可采用较大的焊接电流,对于 I 形坡口,一次可焊透厚 20 毫米的对接接头,而且焊缝质量较好、焊接效率高、无弧光,特别适于大型焊件的长直缝和环缝的焊接。

3. 熔化极气体保护焊

熔化极气体保护焊利用连续送进的焊丝与焊件之间产生的电弧来熔化焊件和焊丝而形成焊缝,而由喷枪喷出的气体保护电弧和熔池金属。通常熔化极气体保护焊用的保护气体有 Ar (氩气)、He (氦气)、 CO_2 (二氧化碳),或这些气体的混合气体。以 Ar 或 He 为保护气体时,称为熔化极惰性气体保护焊 (MIG 焊);以惰性气体与氧化性气体的混合气体为保护气体时,或以 CO_2 气体及 CO_2 与 O_2 的混合气体为保护气体时,称为熔化极活

性气体保护焊 (MAG 焊)。

熔化极气体保护焊是一种优质、高效、低成本的焊接方法,可方便地进行各种位置的焊接,而且焊接速度较快,熔敷效率高,易于实现机械化和自动化生产,但保护气体易受环境影响(风力干扰)。

纯 CO_2 气体保护焊的优点是焊接变形小,热影响区窄,焊接成本低,焊接质量较好,但焊缝成形欠佳,焊接飞溅较多。采用不同比例的 Ar、 CO_2 混合气体保护焊能克服纯 CO_2 气体保护焊的缺点,使焊接飞溅减少,焊缝成形得到改善。但电弧的热量增大,焊薄板时热影响区较宽,焊接变形较大,焊接成本高,焊枪寿命缩短。因此,在焊接厚 5 毫米以下的薄板时,应选择纯 CO_2 气体保护焊。

4. 钨极氩弧焊

钨极氩弧焊 (TIG 焊) 是一种非熔化极气体保护焊,利用钨极和焊件之间的电弧来熔化焊件和焊丝而形成焊缝。在焊接过程中钨极不熔化,只起电极的作用,焊丝可用手工或由独立的送丝机构送入熔池。保护气体由焊炬的喷嘴喷出,可采用 Ar、He、Ar+He 及 Ar+ H_2 (氢气) 气体,最常用的是 Ar 气体。

钨极氩弧焊能有效控制热输入,焊接电弧稳定,广泛用于焊接薄板和各种焊缝的打底焊。这种焊接方法几乎可以焊接所有的金属,并且焊接质量较高,但焊接速度较慢。采用直流电时可焊接碳钢、低合金钢、不锈钢、耐热耐蚀合金、钛及其合金、镍及其合金、铜及其合金。采用交流电时可焊接铝及其合金、镁及其合金等。

5. 等离子弧焊

等离子弧焊也是一种非熔化极电弧焊,利用焊件与电极之间的压缩电弧实现焊接,通常所用的电极为钨极。进行等离子弧焊时,必须向焊枪压缩喷嘴输送离子气,向焊枪保护气罩输送保护气体,以保护焊接熔池和近缝区金属。焊接时可加填充金属,也