

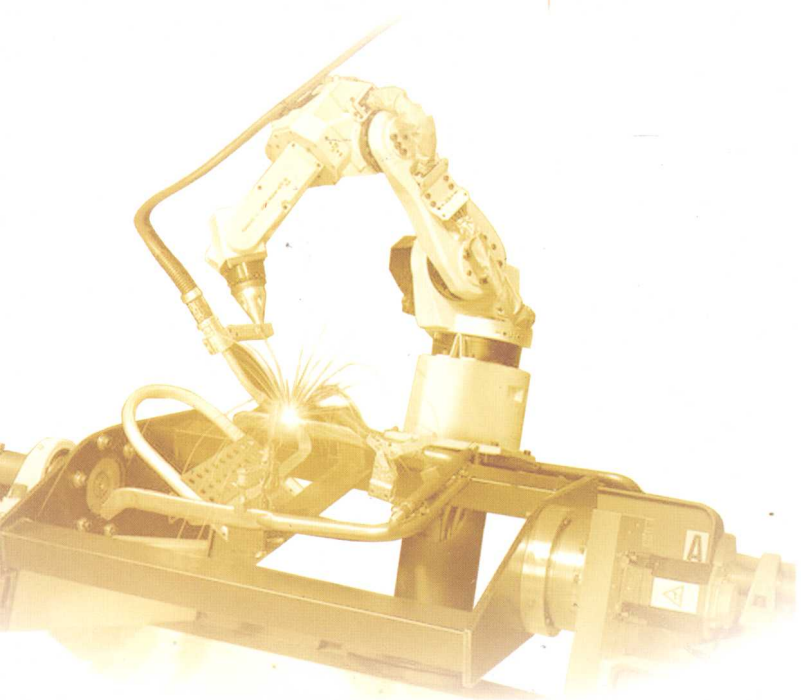


高职高专“十二五”规划教材

焊接方法与操作

主编 高卫明

主审 高风林



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件

内 容 简 介

本书根据高职高专焊接专业的培养目标,基于焊接职业岗位和工作过程对知识、能力、素质的要求,以各种焊接方法的实践操作能力为主线,结合典型生产案例,通过校企合作编写而成。本书内容包括焊条电弧焊、埋弧焊、钨极氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、熔化极氩弧焊、混合气体保护焊、等离子弧焊接与切割等的基本理论及操作技术,共10个学习情境。在编写中理论联系实际,注重实践性、启发性、科学性,力求做到概念清晰、重点突出。对基础理论部分以必需和够用为原则,以强化应用为重点,体现了面向生产实际、突出职业性的精神。

本书可作为高职高专院校和其他职业学校焊接专业教材,也可供从事焊接生产方面的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接方法与操作 / 高卫明主编. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.8

ISBN 978-7-5124-0658-2

I. ①焊… II. ①高… III. ①焊接工艺 IV.

①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 249072 号

版权所有,侵权必究。

焊接方法与操作

主 编 高卫明

主 审 高凤林

责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:454千字

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷 印数:3000册

ISBN 978-7-5124-0658-2 定价:34.00元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

随着生产的发展和科学技术的进步,焊接技术在国民经济发展中起着越来越重要的作用,并广泛应用于宇航、航空、核工业、造船、建筑及机械制造等工业部门,在我国的国民经济发展中,尤其是制造业发展中,焊接技术是一种不可缺少的加工手段。本书是根据教育部高职高专教育的教学改革指导思想和培养目标编写而成的。该书在内容上与实际工作紧密结合,在形式上充分体现“基于工作过程导向”的职业教育理念。该书以校企合作制订的《焊接生产岗位职业标准》为依据,参照国家职业技能鉴定标准中应知应会的内容和要求,及结合相关企业职工队伍素质和企业整体素质的建设需求而编写的。

本书内容包括焊条电弧焊、埋弧焊、钨极氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、熔化极氩弧焊、混合气体保护焊、等离子弧焊接与切割等的基本理论及操作技术,共10个学习情境。每个学习情境又分为若干任务,各任务均按照高职学生的认知规律设计为“任务分析—相关知识—工作过程—拓展与延伸”的学习流程,各个模块之间有紧密的前后关联性。在“任务分析”中,主要介绍相关焊接方法的实质、特点及应用;在“相关知识”中,主要介绍掌握相关操作技能所必需的理论知识;在“工作过程”中,主要介绍相关焊接方法的焊接工艺及操作要点;在“拓展与延伸”中扩大学生的知识面,强化对学生实际能力的培养。

本书由四川航天职业技术学院高卫明副教授主编,严天明副教授任副主编,其中学习情境2、6、10由高卫明编写;学习情境1、4由严天明编写;学习情境3、5、7、8、9由闫霞编写。全书由中国航天运载火箭技术研究院特级技师高风林主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,教材中如有不妥和错漏之处,恳请广大读者批评指正,以期再版时更加完善。

编 者
2012年5月

目 录

学习情境一 焊接方法分类、应用及发展概况		(三)引出线	18
		(四)焊缝尺寸符号及其标注方法 ..	19
任务一 焊接的分类及常用电弧焊的分类	1	任务四 焊条电弧焊工艺	21
一、任务分析	1	一、任务分析	21
二、相关知识	1	二、相关知识	21
(一)焊接方法的分类	1	(一)焊接工艺参数	21
(二)电弧焊的分类	1	(二)线能量	24
任务二 各种焊接方法的应用范围、焊接技术发展现状及趋势	3	三、工作过程——焊条电弧焊操作方法 ..	26
一、任务分析	3	(一)基本操作方法	26
二、相关知识	3	(二)各种焊接位置上的操作要点 ..	31
(一)各种焊接方法的应用范围	3	(三)焊接工件的组对和定位焊	36
(二)焊接技术的发展现状与趋势	7	四、拓展与延伸——提高焊条电弧焊生产率	
学习情境二 焊条电弧焊		的途径	37
任务一 焊条电弧焊概述	11	(一)采用高效率焊条和专用焊条 ..	38
一、任务分析	11	(二)高效率重力焊接法	38
二、相关知识	11	(三)单面焊双面成形	39
任务二 焊接接头形式和焊缝形式	12	任务五 焊条电弧焊焊接缺陷分析	39
一、任务分析	12	一、任务分析	39
二、相关知识	12	二、相关知识	39
(一)焊接接头形式	12	(一)焊接缺陷的危害	39
(二)焊缝形式	15	(二)外部缺陷	40
任务三 焊缝的符号	16	(三)内部缺陷	41
一、任务分析	16	任务六 典型焊接接头的焊接	46
二、相关知识	16	一、任务分析	46
(一)基本符号	16	二、相关知识	46
(二)辅助符号	17	(一)低碳钢平板对接焊条电弧焊横焊	
		技能训练实例	46
		(二)低碳钢平板的立对接焊技能训练	
		实例	48

学习情境三 埋弧自动焊

任务一 埋弧自动焊概述 52

一、任务分析 52

二、相关知识 52

（一）埋弧自动焊的焊接过程 52

（二）埋弧自动焊的特点 52

（三）埋弧自动焊的分类 54

（四）埋弧自动焊的应用 54

任务二 埋弧自动焊电弧的调节原理 ... 55

一、任务分析 55

二、相关知识 55

（一）等速送丝式埋弧自动焊机的工作
原理 55

（二）变速送丝式埋弧焊机的工作原理
..... 58

任务三 埋弧焊的焊接材料 60

一、任务分析 60

二、相关知识 60

（一）焊 丝 60

（二）焊 剂 61

（三）焊丝与焊剂的选配 62

任务四 埋弧自动焊焊接工艺 63

一、任务分析 63

二、相关知识 63

（一）焊缝形状和尺寸 63

（二）焊接工艺参数对焊缝质量的影响
..... 63

（三）埋弧焊焊接规范的选择原则及选
择方法 66

（四）埋弧焊的常见缺陷及防止方法 ...
..... 66

三、工作过程——埋弧焊操作技术 67

（一）焊前检查及准备 67

（二）埋弧焊操作技术 68

四、扩展与延伸——埋弧焊新技术 72

学习情境四 钨极氩弧焊

任务一 氩弧焊的原理、分类、及特点 ... 74

一、任务分析 74

二、相关知识 74

（一）钨极氩弧焊的原理 74

（二）钨极氩弧焊的分类 75

（三）钨极氩弧焊的工艺特点 75

（四）钨极氩弧焊的电流种类和极性
..... 77

（五）钨极氩弧焊的应用范围 81

任务二 钨极氩弧焊设备及焊接材料 ... 82

一、任务分析 82

二、相关知识 82

（一）钨极氩弧焊设备的分类及型号
..... 82

（二）钨极氩弧焊机简介 84

（三）钨极手工氩弧焊枪 86

（四）供气系统 86

（五）水冷系统及送丝机构 87

（六）钨极氩弧焊设备的技术参数 ... 87

（七）钨极氩弧焊的焊接材料 89

任务三 钨极氩弧焊焊接工艺 96

一、任务分析 96

二、相关知识 96

（一）钨极氩弧焊焊接过程的一般程序
..... 96

（二）焊前准备 96

（三）钨极氩弧焊焊接参数及其选择
..... 99

（四）常见焊接缺陷及预防 102

三、工作过程——钨极氩弧焊的操作技术
..... 105

（一）钨极氩弧焊的基本操作方法
..... 105

（二）各种位置手工钨极氩弧焊的焊接
..... 112

四、拓展与延伸——特种钨极氩弧焊技

术介绍	124
(一) 脉冲钨极氩弧焊	124
(二) 热丝钨极氩弧焊	127

学习情境五 熔化极氩弧焊

任务一 熔化极气体保护焊的原理、
分类及特点

129

一、任务分析	129
二、相关知识	129
(一) 熔化极气体保护焊的原理	129
(二) 熔化极气体保护焊的分类	130
(三) 熔化极氩弧焊的特点及适用范围	130

任务二 熔化极氩弧焊的熔滴过渡

132

一、任务分析	132
二、相关知识	132

任务三 熔化极氩弧焊设备及材料

136

一、任务分析	136
二、相关知识	136
(一) 熔化极氩弧焊设备的分类	136
(二) 熔化极氩弧焊设备的组成	137
(三) 保护气体和焊丝	138

任务四 熔化极氩弧焊焊接工艺

140

一、任务分析	140
二、相关知识	140
(一) 熔化极氩弧焊的工艺参数	140
(二) 常用材料的熔化极氩弧焊工艺	143

三、工作过程——熔化极氩弧焊操作工艺
要点

150

四、扩展与延伸——特种熔化极气体保
护焊

151

(一) 脉冲熔化极氩弧焊	151
(二) 熔化极气体保护气电立焊	152
(三) 窄间隙熔化极气体保护焊	153
(四) 多丝 MIG/MAG 焊	153

学习情境六 二氧化碳气体保护电弧焊

任务一 二氧化碳气体保护电弧焊的
分类及特点

155

一、任务分析	155
二、相关知识	155
(一) CO ₂ 气体保护电弧焊的分类	155
(二) CO ₂ 气体保护电弧焊的特点	155
(三) CO ₂ 气体保护焊的冶金特点	156

任务二 CO₂ 气体保护焊的熔滴过渡
及飞溅问题

158

一、任务分析	158
二、相关知识	158
(一) CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡分类	158
(二) CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡	158
(三) 二氧化碳气体保护焊的飞溅问题	161

任务三 CO₂ 气体保护焊的焊接材料及设备
.....

164

一、任务分析	164
二、相关知识	164
(一) CO ₂ 气体保护焊的焊接材料	164
(二) 二氧化碳气体保护焊的设备	165

任务四 CO₂ 气体保护焊焊接工艺

168

一、任务分析	168
二、相关知识	168
(一) 二氧化碳气体保护焊工艺参数的选 择	168
(二) 焊接过程中各种因素对 CO ₂ 焊质 量的影响	171
三、工作过程——CO ₂ 气体保护焊的操作	171

(一) CO ₂ 气体保护焊的基本操作技术	171
(二) 典型焊接接头——板-板对接焊接	179
(三) CO ₂ 气体保护焊焊接实例	180
四、拓展与延伸——药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	186
(一) 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊分类	187
(二) 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊的特点	188
(三) 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊对焊接设备的要求	188
(四) 药芯焊丝的选用	188
(五) 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊的焊接工艺参数	189
任务五 CO₂ 气体保护焊焊接工艺的综合运用	190
一、任务分析	190
二、相关知识	190
(一) 管-板的 CO ₂ 气体保护焊焊接	190
(二) 管-管的 CO ₂ 气体保护焊焊接	191

学习情境七 混合气体保护焊

任务一 混合气体保护焊的特点及熔滴过渡	193
一、任务分析	193
二、相关知识	193
(一) 混合气体保护焊的特点	193
(二) 混合气体保护焊的熔滴过渡	194
任务二 混合气体保护焊设备及保护气体	195
一、任务分析	195
二、相关知识	196
(一) 混合气体保护焊设备	196
(二) 混合气体保护焊的保护气体	196

任务三 混合气体保护焊工艺	199
一、任务分析	199
二、相关知识	200
(一) 混合气体保护焊焊接材料的选用	200
(二) 混合气体保护焊的工艺参数	204
三、工作过程——混合气体保护焊的操作工艺要点	208
(一) 低合金钢的混合气体保护焊	209
(二) 耐热钢的混合气体保护焊	211
(三) 奥氏体不锈钢的混合气体保护焊	213

学习情境八 等离子弧焊接与切割

任务一 等离子弧的特点、类型及适用范围	216
一、任务分析	216
二、相关知识	216
(一) 等离子弧的特点	216
(二) 等离子弧的类型	218
(三) 等离子弧焊的适用范围	219
任务二 等离子弧焊设备及材料	220
一、任务分析	220
二、相关知识	220
(一) 等离子焊设备	220
(二) 电极材料及气体	224
任务三 等离子弧焊工艺	226
一、任务分析	226
二、相关知识	226
(一) 等离子弧焊工艺参数	226
(二) 强流等离子弧焊工艺	227
(三) 微束等离子弧焊工艺	230
(四) 等离子弧焊的焊接缺陷	234
(五) 常用等离子弧焊接材料的操作工艺要点	234

任务四 等离子弧切割	238	二、相关知识	255
一、任务分析.....	238	(一) 扩散焊接的基本原理.....	255
二、相关知识.....	238	(二) 扩散焊接的主要特点与应用.....	255
(一) 等离子弧切割的工作原理.....	238		
(二) 等离子弧切割的特点.....	239	任务六 电子束焊	256
(三) 等离子弧切割工艺.....	239	一、任务分析.....	256
学习情境九 其他焊接方法简介		二、相关知识.....	256
任务一 电渣焊	244	(一) 电子束焊接原理.....	256
一、任务分析.....	244	(二) 电子束焊接特点.....	256
二、相关知识.....	244	(三) 电子束焊接的应用.....	257
(一) 电渣焊的基本原理、特点与分类.....	244	任务七 激光焊	258
(二) 电渣焊过程.....	247	一、任务分析.....	258
(三) 电渣焊用焊接材料.....	248	二、相关知识.....	258
(四) 电渣焊的工艺参数选择原则.....	249	(一) 激光焊接原理.....	258
(五) 电渣焊设备.....	250	(二) 激光焊的特点.....	259
任务二 钎 焊	251	(三) 激光焊接工艺方法.....	259
一、任务分析.....	251	学习情境十 焊接安全与防护	
二、相关知识.....	251	任务一 焊接有害因素的来源、危害及防护	
(一) 钎焊的原理及优缺点.....	251		260
(二) 钎焊的分类.....	251	一、任务分析.....	260
任务三 电阻焊	252	二、相关知识.....	260
一、任务分析.....	252	(一) 弧光辐射来源、危害及防护.....	260
二、相关知识.....	252	(二) 焊接烟尘和有毒气体的来源、危害及防护.....	263
(一) 电阻焊的原理.....	252	(三) 高频电磁辐射的来源、危害及防护.....	266
(二) 电阻焊的特点.....	252	(四) 热辐射的来源、危害及其防护.....	268
(三) 电阻焊的应用.....	253	(五) 射线的来源、危害及其防护.....	269
任务四 摩擦焊	253	(六) 焊接噪声的危害及防护.....	270
一、任务分析.....	253	任务二 焊工作业人员劳动防护要求	
二、相关知识.....	254		270
(一) 摩擦焊接的基本原理.....	254	一、任务分析.....	270
(二) 摩擦焊接的焊接过程.....	254	二、相关知识.....	270
任务五 扩散焊	255	参考文献	273
一、任务分析.....	255		

焊接方法分类、应用及发展概况

知识目标

1. 了解焊接的分类及常用电弧焊的分类；
2. 熟悉各种焊接方法的应用范围；
3. 了解焊接技术的发展现状与趋势。

任务一 焊接的分类及常用电弧焊的分类

一、任务分析

了解焊接的分类及常用电弧焊的分类方法,有利于进一步了解各种焊接方法的应用范围、焊接技术发展现状及趋势等有关基础知识。

二、相关知识

(一) 焊接方法的分类

根据热源的性质、形成接头的状态及是否加压来划分,焊接主要分为熔化焊、钎焊、压焊三种。

1. 熔化焊

熔化焊是将焊件接头加热至熔化状态,不加压力完成焊接的方法。它包括气焊、电弧焊、电渣焊、激光焊、电子束焊、等离子弧焊、堆焊和铝热焊等。

2. 压 焊

压焊是通过对焊件施加压力(加热或不加热)来完成焊接的方法。它包括爆炸焊、冷压焊、摩擦焊、扩散焊、超声波焊、高频焊和电阻焊等。

3. 钎 焊

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料,在加热温度高于钎料低于母材熔点的情况下,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙,并与母材相互扩散实现连接焊件的方法。它包括硬钎焊、软钎焊等。

(二) 电弧焊的分类

电弧焊是以电弧作为热源的形式,将电能转变为热能以熔化金属、实现焊接的一种熔化焊

方法,是现代焊接方法中应用最为广泛,也是最为重要的一类焊接方法。

利用电弧作为热源的熔焊方法,称为电弧焊。可分为焊条电弧焊、埋弧自动焊和气体保护焊三种。焊条电弧焊的最大优点是设备简单,应用灵活、方便,适用面广,可焊接各种焊接位置和直缝、环缝及各种曲线焊缝;尤其适用于操作不便的场合和短小焊缝的焊接。埋弧自动焊具有生产率高、焊缝质量好、劳动条件好等特点。气体保护焊具有保护效果好、电弧稳定、热量集中等特点。

埋弧焊又可分为自动与半自动埋弧焊,但埋弧半自动焊设备过于笨重,已逐渐淘汰,而改用 CO_2 气体保护焊或焊条电弧焊。

气体保护焊的分类方法有三种:

1. 按保护气体的种类分

气体保护焊按保护气体的种类分,可分为氩弧焊、氦弧焊、氮弧焊、氢原子焊、二氧化碳气体保护焊以及混合气体保护焊等。

上述的保护气体中,氩气、氦气是惰性气体,一般用于化学性质比较活泼的金属的焊接。氩气的保护效果好,使用也最普遍。氦气由于价格昂贵,且气体消耗量大,常与氩气等混合使用。氮气、氢气是还原性气体。其中由于氮气不溶于铜,故多用于铜及铜合金的焊接。氢气则主要在氢原子焊中作保护气体。此外,氮气、氢气也常与其他气体混合使用。二氧化碳气体是氧化性气体。由于二氧化碳气体的来源丰富、成本低,因此应用也比较广泛,主要用于碳素钢及合金钢的焊接。

混合气体就是在一种保护气体中加入适量的另一种(或几种)其他气体。这样做能细化熔滴、增加电弧析出的热量及提高焊接质量,所以也被广泛采用。常用的各种保护气体及其主要用途如表 1-1 所列。

2. 按电极的形式分

气体保护焊按电极的形式可分为非熔化极气体保护电弧焊及熔化极气体保护电弧焊。

非熔化极气体保护焊是指钨极惰性气体保护焊(GTAW),即使用纯钨或活化钨(钍钨、铈钨等)电极的惰性气体保护焊。常用的是钨极氩弧焊(TIG 焊)。熔化极气体保护焊是指使用熔化电极的气体保护焊。按焊丝性能及结构的不同,又分为实心焊丝及药芯焊丝气体保护焊两类。

① 实心焊丝气体保护焊中有如下三种:

- 熔化极惰性气体保护焊(MIG 焊),如 Ar 保护焊、He 保护焊及 Ar+He 保护焊等。
- 富氩混合气体保护焊(如 $\text{Ar}+\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}+\text{CO}_2$ 、 $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$ 等)具有氧化性气体的活性混合气体保护焊,即属 MAG 焊。

- CO_2 气体保护焊,包括 CO_2+O_2 气体保护焊,均属活性气体保护焊(MAG 焊)。

② 药芯焊丝气体保护焊中有如下三种:

- CO_2 保护焊。
- CO_2+Ar 保护焊。
- 自保护焊(由焊芯药粉中造气剂造出保护气)。

3. 按操作方法分

气体保护焊按操作方法可分为手工气体保护焊、半自动及自动气体保护焊。

表 1-1 常用的保护气体及其主要用途

保护气体	其他化学成分及其体积分数	化学性质	焊接方法	适用的母材
Ar		惰性	熔化极、钨极	铝及铝合金
Ar+ He	He 10%			
Ar				钛、锆及其合金
Ar+ He	He 25%			
Ar				铜及铜合金
Ar+ He	He 50%或 He 70%			
N ₂			熔化极	
Ar+ N ₂	N ₂ 20%			
Ar+ O ₂	O ₂ 1%~2%			不锈钢及高强度钢
Ar+ O ₂ + CO ₂	O ₂ 1%~2% ; CO ₂ 5%	氧化性		
Ar		惰性	钨极	
Ar+ O ₂	O ₂ 1%~5%或 20%	氧化性	熔化极	碳钢及低合金钢
Ar+ CO ₂	CO ₂ 20%~30%			
Ar+ CO ₂ + O ₂	CO ₂ 15% ; O ₂ 5%			
CO ₂				
Ar		惰性	熔化极、钨极	镍基合金
Ar+ He	He 15%~20%			
Ar+ H ₂	H ₂ <6%	还原性	钨极	

注：表中“体积分数”可用希腊字母 Ψ(某物质的化学符号)(%)表示，如 Ar+He 的混合气体中，He 的体积分数为 10%，即可表示为 Ψ(He)=10%(或 0.10)。

任务二 各种焊接方法的应用范围、 焊接技术发展现状及趋势

一、任务分析

了解各种焊接方法的应用范围、焊接技术发展现状及趋势，便于在实际焊接生产中选择适应的焊接方法，降低成本，提高各种焊接方法的经济性。

二、相关知识

(一) 各种焊接方法的应用范围

1. 手工电弧焊的应用

手工电弧焊的应用虽因气体保护电弧焊和其他高效焊接方法的发展而有所减少，但仍然是常用的焊接方法；用于多品种、小批量的焊接件最为经济；在许多安装焊接和修补焊接中还

不能为其他焊接方法所取代。但焊工的操作技术水平对手工电弧焊质量影响很大,因此焊工必须接受严格培训,方能从事此种焊接工作。

2. 埋弧焊应用

埋弧焊是以连续送给的焊丝作为电极和填充金属。焊接时,在焊接区的上面覆盖一层颗粒状焊剂,电弧在焊剂层下燃烧,将焊丝端部和局部母材熔化,形成焊缝。在电弧热的作用下,上部分焊剂熔化熔渣并与液态金属发生冶金反应。熔渣浮在金属熔池的表面,一方面可以保护焊缝金属,防止空气的污染,并与熔化金属产生物理化学反应,改善焊缝金属的成分及性能;另一方面还可以使焊缝金属缓慢冷却。埋弧焊可以采用较大的焊接电流。与手弧焊相比,其最大的优点是焊缝质量好,焊接速度高。因此,它特别适于焊接大型工件的直缝式环缝,而且多数采用机械化焊接。

埋弧焊目前主要用于焊接各种钢板结构。可焊接的钢种包括碳素结构钢、不锈钢、耐热钢及其复合钢材等,还适用于压力容器的环缝焊和直缝焊,锅炉冷却壁的长直焊缝焊接,船舶和潜艇壳体的焊接,起重机械(行车)和冶金机械(高炉炉身)的焊接等。此外,用埋弧焊堆焊耐磨耐蚀合金或用于焊接镍合金、铜合金也是较理想的。

3. 气体保护焊的应用

根据所采用的保护气体的种类不同,气体保护焊适用于焊接不同的金属结构。例如,CO₂气体保护焊适用于焊接碳钢、低合金钢,而惰性气体保护焊除了可以焊接碳钢、低合金钢外,也适用于焊接铝、铜、镁等有色金属及其合金。某些熔点较低的金属,如锌、铅、锡等,由于焊接时容易蒸发出有毒的物质,或污染焊缝,因此很难采用气体保护焊进行焊接甚至不宜焊接。

气体保护焊方法特别适合于焊接薄板。不论是熔化极气体保护焊工艺还是非熔化极气体保护焊工艺,都可以成功地焊接厚度不足 1 mm 的薄板。采用气体保护焊工艺焊接中,厚板有一定的限制。一般说,当板厚超过一定限度后,其他电弧焊方法(如埋电弧焊或电渣焊)的生产效率和成本都比气体保护焊高。

气体保护焊根据实际生产中应用材质的具体情况,也可焊接厚板材料。例如,在铝合金焊接中,厚度 75 mm 的工件采用大电流熔化极惰性气体保护焊(MIG),双面单道焊即可完成。从生产效率上看,熔化极气体保护焊高于非熔化极气体保护焊,从焊缝美观上看,非熔化极气体保护焊(填丝或不填丝)没有飞溅,焊缝成形美观。就焊接位置而言,气体保护焊方法适合于焊接各种位置的焊缝,特别是 CO₂ 气体保护焊由于电弧有一定的“吹力”更适合全位置焊接。由于各种气体保护焊采用的保护气体不同,每种方法具体的适应性也不同。比如,氩气比空气的密度大,因而氩弧焊更适合于水平位置的焊接,氦气比空气的密度小,氦弧焊适合于空间位置特别是仰焊位置的焊接,但实际应用较少。

几种常用气体保护焊方法的应用范围如下。

(1) CO₂ 气体保护焊

CO₂ 气体保护焊一般用于汽车、船舶、管道、机车车辆、集装箱、矿山和工程机械、电站设备、建筑等金属结构的焊接生产。CO₂ 气体保护焊可以焊接碳钢和低合金钢,并可以焊接从薄板到厚板的不同的工件。采用细丝、短路过渡的方法可以焊接薄板;采用粗丝、射流过渡的方法可以焊接中、厚板。CO₂ 气体保护焊可以进行全位置焊接,也可以进行平焊、横焊及其他空间位置的焊接。

药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊是近年来发展起来的采用渣—气联合保护的适用性广泛的焊接工艺,主要适合于焊接低碳钢、500 MPa 级的低合金高强钢、耐热钢以及表面堆焊等。通常药芯焊丝气体适合于中厚板进行水平位置的焊接,一般用于对外观要求较严格的箱形结构件、工程机械,是用于焊接碳钢和低合金钢的重要焊接方法之一,具有很大的发展前景。

(2) 熔化极气体保护焊

熔化极惰性气体保护焊(MIG)可以采用半自动或全自动焊接,应用范围较广。MIG 焊可以对各种材料进行焊接,但近年来碳钢和低合金钢等更多地采用富氩混合气体保护焊进行焊接,而很少采用纯惰性气体保护焊;熔化极惰性气体保护焊一般常用于焊接铝、镁铜、钛及其合金和不锈钢。熔化极惰性气体保护焊可以焊接各种厚度的工件,但实际生产中一般焊接较薄的板,如厚度 2 mm 以下的薄板采用熔化极惰性气体保护焊的焊接效果较好。熔化极惰性气体保护焊可以实现智能化控制的全位置焊接。

熔化极活性气体保护焊(MAG)因为电弧气氛具有一定的氧化性所以不能用于活泼金属(如 Al、Mg、Cu 及其合金)的焊接。熔化极活性气体保护焊多应用于碳钢和某些低合金钢的焊接,可以提高电弧稳定性和焊接效率。熔化极活性气体保护焊在气体制造、化工机械、工程机械、矿山机械、电站锅炉等行业得到广泛应用。

(3) 非熔化极惰性气体保护焊

非熔化极惰性气体保护焊又称为钨极氩弧焊(TIG)。除了熔点较低的铅、锌等金属以外,对大多数金属及其合金,采用钨极氩弧焊进行焊接都可以得到满意的焊接接头质量。TIG 焊可以焊接质量要求较高的薄壁件,如薄壁管子,管-板、阀门与法兰盘等。TIG 焊适合于焊接各种类型的坡口和接头,特别是管接头,并可进行堆焊,最适合于焊接厚度 1.6~10 mm 的板材和直径 25~100 mm 的管子。对于更大厚度的板材,采用熔化极气体保护焊更加经济实用。

TIG 焊可以焊接形状复杂而焊缝较短的工件,通常采用半自动 TIG 焊工艺;形状规则的焊缝可以采用自动 TIG 焊工艺。

(4) 等离子弧焊

等离子弧焊适合于手工和自动两种操作,可以焊接连续或断续的焊缝。焊接时可添加或不添加填充金属。一般 TIG 焊能焊接的大多数金属,均可用等离子弧焊进行焊接,如碳钢、低合金钢、不锈钢、铜合金、镍及镍合金、钛及钛合金等。低熔点和低沸点的金属(如铅、锌等)不适合等离子弧焊。

手工等离子弧焊可进行全位置焊接,而自动等离子弧焊通常是在平焊位置进行焊接。等离子弧焊适于焊接薄板,不开坡口并且背面不需要加衬垫。等离子弧焊最薄可焊接厚度 0.01 mm 的金属薄片,板厚超过 8 mm 的金属一般不采用等离子弧焊进行焊接。

4. 钎焊的应用

钎焊的能源可以是化学反应热,也可以是间接热能。它是利用熔点比被焊材料的熔点低的金属作钎料,经过加热使钎料熔化,靠毛细管作用将钎料吸入到接头接触面的间隙内,润湿被焊金属表面,使液相与固相之间互相扩散而形成钎焊接头。因此,钎焊是一种固相兼液相的焊接方法。钎焊加热温度较低,母材不熔化,而且也不需施加压力。但焊前必须采取一定的措施清除被焊工件表面的油污、灰尘、氧化膜等。这是使工件润湿性好、提高接头质量的重要保证。钎料的液相线温度高于 450℃ 而低于母材金属的熔点时,称为硬钎焊;低于 450℃ 时,称为软钎焊。根据热源或加热方法不同钎焊可分为火焰钎焊、感应钎焊、炉中钎焊、浸沾钎焊和电

阻钎焊等。钎焊时由于加热温度比较低,故对工件材料的性能影响较小,焊件的应力变形也较小。但钎焊接头的强度一般比较低,耐热能力较差。钎焊可以用于焊接碳钢、不锈钢、高温合金、铝、铜等金属材料,还可以连接异种金属、金属与非金属。适于焊接受载不大或常温下工作的接头,对于精密的、微型的以及复杂的多钎缝焊件尤其适用。

5. 电渣焊的应用

如前面所述,电渣焊是以熔渣的电阻热为能源的焊接方法。焊接过程是在立焊位置、在两工件端面与两侧水冷铜滑块形成的装配间隙内进行。焊接时利用电流通过熔渣产生的电阻热将工件端部熔化。根据焊接时所用的电极形状,电渣焊分为丝极电渣焊、板极电渣焊和熔嘴电渣焊。电渣焊的优点是:可焊的工件厚度大(从 30 mm 到大于 1 000 mm),生产率高,主要用于在断面对接接头及丁字接头的焊接。电渣焊可用于各种钢结构的焊接,也可用于铸件的组焊。电渣焊接头由于加热及冷却均较慢,其热影响区宽、显微组织粗大、韧性,因此焊接以后一般须进行正火处理。

6. 高能束焊的应用

这一类焊接方法包括电子束焊和激光焊。

(1) 电子束焊的应用

电子束焊是以集中的高速电子束轰击工件表面时所产生的热能进行焊接的方法。电子束焊接时,由电子枪产生电子束并加速。常用的电子束焊有:高真空电子束焊、低真空电子束焊和非真空电子束焊。前两种方法都是在真空室内进行的,焊接准备时间(主要是抽真空时间)较长,工件尺寸受真空室大小限制。电子束焊与电弧焊相比,主要的特点是焊缝熔深大、熔宽小、焊缝金属纯度高。它既可以用在很薄材料的精密焊接,又可以用在很厚的(最厚达 300 mm)构件焊接。所有用其他焊接方法能进行熔化焊的金属及合金都可以用电子束焊接。目前主要用于要求高质量的产品的焊接,还能解决异种金属、易氧化金属及难熔金属的焊接。但不适于大批量产品。

(2) 激光焊的应用

激光焊是利用大功率相干单色光子流聚焦而成的激光束为热源进行的焊接。这种焊接方法通常有连续功率激光焊和脉冲功率激光焊。激光焊优点是不需要在真空中进行,缺点则是穿透力不如电子束焊强。激光焊时能进行精确的能量控制,因而可以实现精密微型器件的焊接。它能应用于很多金属,特别是能解决一些难焊金属及异种金属的焊接。

7. 摩擦焊的应用

摩擦焊是以机械能为能源的固相焊接。它是利用两表面间机械摩擦所产生的热来实现金属的连接的。摩擦焊的热量集中在接合面处,因此热影响区窄。两表面间须施加压力,多数情况是在加热终止时增大压力,使热态金属受顶锻而结合,一般结合面并不熔化。摩擦焊生产率较高,原理上几乎所有能进行热锻的金属都能摩擦焊接。摩擦焊还可以用于异种金属的焊接。目前主要适用于横断面为圆形的最大直径为 100 mm 的工件。

(二) 焊接技术的发展现状与趋势

1. 常用焊接方法的发展现状与趋势

(1) 焊条电弧焊的发展现状与趋势

20 世纪 70 年代,西方国家以焊条电弧焊的焊接为主。从当时各国焊条占焊接材料总产量的比例看,美国和西欧约 70%,日本达 87%。随着焊接生产机械化、自动化的发展,以及 CO₂ 气体保护焊技术的普及,使得焊条产量逐步减少,实心焊丝和药芯焊丝的比例逐步上升,到了 80 年代,美国和西欧焊条占焊接材料总产量的比例已下降到 40%。1982 年日本焊条占焊接材料总产量的比例已小于 50%,以后逐年快速下降,1990 年为 24.5%,1997 年以后下降到 20%以下。

而我国的焊条电弧焊应用还是比较多,从电焊条工业上看就能反映我国焊条电弧焊的发展状况。我国的焊条产业实际上是从 20 世纪 50 年代逐步发展起来的,至今无论从生产规模、产量、消耗量等方面来看,堪称世界第一,现已是焊接材料生产和消费大国。但我国还不是焊接材料生产强国,就产品结构来说,焊条的主导产品 E4303 普通结构钢焊条已呈饱和状态,但市场上急需的高品质、特种焊条尚不能满足需求。管线用纤维素型和低氢型全位置焊焊条、船舶行业使用的高效铁粉焊条、石油化工行业短缺的超低碳专用不锈钢焊条、交流施焊的高塑性低氢焊条,都还有待进一步开发。我国手工焊用电焊条约占总产量的 79%,而发达国家只在 20%~30%(日本为 19%,美国为 29%,西欧为 26%)。由此看来,焊条电弧焊在我国的焊接结构生产中仍发挥着不可取代的作用。

(2) 埋弧焊的发展现状与趋势

埋弧焊(含埋弧堆焊及电渣堆焊等)是一种重要的焊接方法,其固有的焊接质量稳定、焊接生产率高、无弧光及烟尘很少等优点,使其成为压力容器、管段制造、箱型梁柱等重要钢结构制作中的主要焊接方法。近年来,虽然先后出现了许多种高效、优质的新焊接方法,但埋弧焊的应用领域依然未受任何影响。从各种熔焊方法的熔敷金属重量所占份额的角度来看,埋弧焊约占 10%,且多年来一直变化不大。

(3) 惰性气体保护焊发展现状与趋势

1) 钨极惰性气体保护焊(TIG)

钨极惰性气体保护焊可以焊接几乎所有的金属,主要有直流、交流、脉冲、热丝等工艺方法。其中热丝钨极氩弧焊是一种特殊的气体保护焊工艺方法,其焊接效率高,但对于电阻低的铝、铜等金属不宜采用。目前钨极氩弧焊主要还是应用于不锈钢、碳钢、铝及铝合金等的焊接。

2) 熔化极惰性气体保护焊(MIG)

熔化极惰性气体保护焊目前主要应用于有色金属及不锈钢的焊接,其中铝及铝合金、铜及铜合金以及不锈钢的熔化极惰性气体保护焊焊接已经达到了长足的发展。例如,对于铝及铝合金的熔化极惰性气体保护焊焊接中的焊丝,针对被焊材料的不同,相应地有不同种类焊丝的选择,并且在焊接工艺参数上主要包括短路过渡熔化极惰性气体保护焊、脉冲熔化极惰性气体保护焊、射流过渡熔化极气体保护焊以及大流量熔化极惰性气体保护焊。由于熔化极惰性气体保护焊方法操作简单方便,通常可以进行对接立焊、横焊、仰焊以及船形焊、水平角焊等位置的焊接。

(4) 活性气体保护焊发展现状与趋势

1) 实心焊丝 CO₂ 气体保护焊

CO₂ 气体保护焊作为一种高效节能的焊接方法在西方发达国家已经有非常广泛的应用,比如在日本 1996 年 CO₂ 焊机的年销售台数占总焊机销售台数的 42%,已成为日本国内焊接领域应用最广泛的焊接方法。目前我国 CO₂ 气体保护焊技术在汽车制造、造船、机车车辆、工程机械等机械加工制造业已经得到广泛应用。同时在我国很多焊机领域,尤其是焊接工程量较大的石油化工、电力建设、建筑施工领域,CO₂ 气体保护焊技术的应用还处于逐步推广发展的阶段。

由于 CO₂ 焊接技术具有焊接质量好、综合成本低、利于节能降耗等优点,因此 CO₂ 焊接技术在汽车制造、工程机械等行业得到推广应用。在石油化工、电力建设施工过程中,大多数为耐压容器和管道的焊接对焊缝质量要求较高,尤其是对焊缝中缺陷的控制较严格。CO₂ 气体保护焊由于受焊接设备、材料、环境等诸多因素的影响,对焊接工艺的要求相对较高。尤其是焊接设备、焊丝、气体三大因素,如选择不当,会直接影响焊接质量。石油化工、电力建设工程很多是在野外露天进行,作业环境较差,受气候的影响也比较大,如储油储气罐、输油气管道的焊接等。

野外露天施工现场采用 CO₂ 气体保护焊,如果有风的影响、焊接工艺采用不当或气候的变化等会影响 CO₂ 气体保护效果,容易产生焊接气孔等缺陷,这也是 CO₂ 焊接技术在室外工作中需要解决的问题。由于 CO₂ 焊方法存在诸多优点,在电力建设、石油化工施工领域推广 CO₂ 焊接技术对于企业降低生产成本,提高管理水平,增加经济效益有着重要的意义。而且近年来,国内 CO₂ 气体保护焊设备、材料的迅速发展为 CO₂ 焊接技术的推广打下了良好的基础。因此 CO₂ 焊接技术在化工、石化施工领域的推广应用有着良好的前景。

综上所述,CO₂ 气体保护焊设备在石油化工、电力建设施工上的推广应用有着良好的前景,而且目前国内从设备、材料、工艺等方面也已经具备了在该领域广泛使用的条件。CO₂ 焊接技术的推广应用必将为国内石化、电力施工企业带来可观的经济效益。

2) 药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊

药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊是目前发展比较快、较实用的一种新型的焊接方法。20 世纪 80 年代细焊丝的出现,使得药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊不仅仅用于大型和中型结构件的焊接,在小型及精密结构件的焊接中也发挥了重要的作用。药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊在国外的工业生产中已经得到了很大的发展,例如:在日本几乎所有的造船厂都使用细焊丝的药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊工艺;而在美国从造船、海洋结构,到普通制造业,从薄板到厚板,从大型企业到小型厂家越来越广泛地采用这种先进的焊接方法。

我国的药芯焊丝 CO₂ 气体保护焊的发展也经历了从粗丝到细丝的发展。目前随着国内药芯焊丝的发展,已经逐步在海洋石油钻井平台、特大储罐、造船工业、机械制造、原子能工业、石油管道等方面得到推广应用,并且随着焊接人员的操作技术的提高,将会使我国的焊接工业水平得到较大的提高。

3) 混合气体保护焊

混合气体保护焊由于具有良好的焊接工艺性能,焊缝成形美观,目前被广泛应用于汽车、压力容器、集装箱及阀门等的焊接。采用自动混合气体保护焊对钢板组合件进行焊接,其生产效率是自动焊的 3 倍,同时可以大大降低工人的劳动强度,改善焊缝的外观质量和均匀性。

2. 现代焊接技术的发展趋势

(1) 提高焊接生产率是推动焊接技术发展的重要驱动力

提高生产率的途径有以下两个。第一提高焊接熔敷率,例如三丝埋弧焊,其工艺参数分别为 220A/33V、1400A/40V、1100A/45 V。采用坡口断面小,背后设置挡板或衬垫,50~60 mm 的钢板可一次焊透成形,焊接速度可达到,0.4 m/min 以上,其熔敷率与焊条电弧焊相比在 100 倍以上。第二个途径则是减少坡口断面及金属熔敷,近十年来最突出的成就就是窄间隙焊接。窄间隙焊接采用气体保护焊为基础,利用单丝、双丝、三丝进行焊接,无论接头厚度如何,均可采用对接形式,例如钢板厚度为 50~300 mm,间隙均可设计为 13 mm 左右,因此所需熔敷金属量成数倍、数十倍地降低,从而大大提高生产率。窄间隙焊接技术关键是看如何保证两侧熔透和保证电弧中心自动跟踪并处于坡口中心线上;为此,世界各国开发出多种不同的方案,因而出现了多种窄间隙焊接法。

电子束焊、等离子焊、激光焊时,可采用对接接头,且不用开坡口,因此是更理想的窄间隙焊接法,这也是它广泛受到重视的原因之一。

最新开发成功的激光电弧复合焊接方法可以提高焊接速度,如 5 mm 的钢板或铝板,焊接速度可达 2~3 m/min,可获得好的成形和质量,焊接变形小。

(2) 提高准备车间的机械化、自动化水平是当前世界先进工业国家的重点发展方向

为了提高焊接结构的生产效率和质量,仅仅从焊接工艺着手有一定的局限性,因而世界各国特别重视车间的技术改造。准备车间的主要工序包括材料运输,材料表面去油、喷砂、涂保护漆;钢板画线、切割、开坡口;部件组装及点固。以上工序在现代化的工厂中均已采用机械化、自动化。其优点不仅是提高了产品的生产率,更重要的是提高了产品的质量。

(3) 焊接过程自动化、智能化是提高焊接质量稳定性、解决恶劣劳动条件的重要方向

我国在焊接自动化及智能化的发展大致体现在以下 8 个方面。

① 机器人焊接技术由于其良好的控制柔性和软硬件成本的迅速降低,将得到极大地发展并成为制造业自动化焊接技术的首选。

② 焊缝形式单一的标准化的自动化焊接在金属结构制造和金属结构安装行业将得到极大发展:如:窄间隙焊接专机、管-管焊接专机、管-板焊接专机、管-法兰焊接专机、相贯线焊接专机、表面堆焊焊接专机等。

③ 针对特定行业具体金属结构件的非标自动化焊接专机技术将继续得到发展的智能化焊接专机技术。

④ 大型的自动化焊接装备技术。

⑤ 自动化焊接车间技术。

⑥ 自动化焊接车间的网络化、数字化管理,远程控制技术。

⑦ 焊缝的自动检测、跟踪和补偿技术,电弧的检测与自动补偿技术。

⑧ 可视化焊接技术的开发与应用。

(4) 新技术、新材料的发展不断推动焊接技术的前进

焊接技术自发明至今已有百余年历史,几乎可以满足当前工业中一切重要产品生产制造的需要。但是新技术发展仍然迫使焊接技术不断前进。微电子技术的发展促进微型连接工艺的和设备的发展;陶瓷材料和复合材料的发展促进了真空钎焊、真空扩散焊;宇航技术的发展也将促进空间焊接技术的发展。