

【 就业·创业·立业技能培训丛书 】

# 焊工

## 快速入门

刘春玲 主编



就业指导 创业帮手 立业之本



国防工业出版社

National Defense Industry Press

就业·创业·立业技能培训丛书

# 焊工快速入门

刘春玲 主编



国防工业出版社

·北京·

件丛所部册对业立·业防·业兼

图书在版编目(CIP)数据

焊工快速入门/刘春玲主编.—北京:国防工业出版社,2007.6

(就业·创业·立业技能培训丛书)

ISBN 978-7-118-05157-5

I.焊... II.刘... III.焊接—基本知识 IV.TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 063494 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 9 $\frac{1}{2}$  字数 283 千字

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 23.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 《就业·创业·立业技能培训丛书》

## 编委会

### 编委会主任

长三角国家高技能人才培训中心主任

德国职业教育培训中国项目总监

马库斯·卡曼

### 编委会委员

长三角国家高技能人才培训中心

夏祖印

长三角国家高技能人才培训中心

刘春玲

长三角国家高技能人才培训中心

郝友军

长三角国家高技能人才培训中心

康志威

长三角国家高技能人才培训中心

宋智斌

上海涂料研究所

李群英

江南大学机械学院

张能武

江苏华富电子有限公司

张军

复芯微电子技术咨询公司

王吉华

上海申宏制冷设备有限公司

王亚龙

上海旭菱电梯有限责任公司

徐峰

## 《就业·创业·立业技能培训丛书》

会 委 编

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争事实,并日益严重,这已引起中央领导和社会各界广泛关注。

面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能培训领域。同时,社会上掀起尊重技能人才的热潮,营造出一个有利于技能人才培养与成长的轻松、和谐的社会环境。

为认真贯彻党的十六届五中全会精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,国防工业出版社特邀请长三角国家高技能人才培训中心组织有关专家编写了《就业·创业·立业技能培训丛书》。

该套丛书前期先出版《车工快速入门》、《钳工快速入门》、《焊工快速入门》、《铣工快速入门》、《钣金工快速入门》、《模具工快速入门》、《涂装工快速入门》、《电工快速入门》、《维修电工快速入门》、《电机维修工快速入门》、《电梯维修工快速入门》、《制冷工快速入门》等12本,后期将根据市场的需求陆续推出技术工人技能快速入门丛书,以飨读者。

本套丛书的编写以企业对人才需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学员职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。同时,在编写

过程中力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理、叙述通俗”的特色,为此在编写中从实际出发,简明扼要,没有过于追求系统及理论深度,突出“入门”的特点,使具有初中文化程度的读者就能读懂学会,稍加训练就可掌握基本操作技能,从而达到实用速成、快速上岗的目的。

本套丛书便于广大技术工人、初学者、爱好者自学,掌握基础理论知识和实际操作技能;同时,也可作为职业院校、培训中心、企业内部的技能培训教材。我们真诚地希望本套丛书的出版对我国高技能人才的培养起到积极的推动作用,能成为广大读者的“就业指导、创业帮手、立业之本”,同时衷心希望广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议。

丛书编写委员会

2007年1月于上海

## 前 言

焊接技术被广泛应用于船舶、车辆、航空、锅炉、压力容器、电机、冶炼设备、石油化工机械、矿山、起重、建筑及国防等各个行业。正是由于焊接技术的广泛应用,所以焊接技术质量的可达性、安全性关系着国计民生的大事,其焊接质量的好坏,关系着社会的安全和稳定。

我国焊接行业经过多年的发展壮大,目前已形成一批有一定规模的企业,可以满足国民经济的需求。在科学技术飞速发展的今天,焊接业已经完成了其自身的蜕变。焊接已经从一种传统的热加工工艺发展到了集结构、力学、电子等多门类科学为一体的综合工程学科。而且,随着相关学科技术的发展和进步,不断有新的知识融合在焊接技术之中。在加入 WTO 后,我国焊接工业的发展充满了机遇和挑战。为了帮助广大技术工人,特别是中青年技术工人提高操作技能和技术水平,我们组织编写了《焊工快速入门》。

《焊工快速入门》是依据《国家职业标准》初、中级焊工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书在编写时遵循了实用性、先进性和针对性的原则,对几种常用的焊接方法及操作技能,特别是对手工操作的焊接工艺和操作方法进行了详细的介绍。

本书通俗易懂、实用性强,易于焊接施工有关技术人员掌握并提高技能,是焊工工作中的好帮手。本书可供初级技术工人培训和自学之用,也可作为技工学校、中等职业技术学校的生产实





# 目 录

<b>第一单元 焊接基础知识</b> .....	1
课题一 焊接方法的分类及其选择 .....	1
课题二 焊接接头及焊缝 .....	6
<b>第二单元 焊接材料</b> .....	15
课题一 焊条 .....	15
课题二 焊丝 .....	22
课题三 焊剂 .....	28
<b>第三单元 焊接设备及工具</b> .....	34
课题一 焊接设备及其使用 .....	34
课题二 焊接辅助设备及其工具 .....	38
<b>第四单元 常用焊接技术</b> .....	46
课题一 手工电弧焊 .....	46
课题二 埋弧焊 .....	73
课题三 钨极氩弧焊 .....	85
课题四 CO <sub>2</sub> 气体保护焊 .....	103
课题五 等离子弧焊接与切割 .....	121
课题六 气焊与气割 .....	153
课题七 电阻焊 .....	178
课题八 电渣焊 .....	210
<b>第五单元 焊接缺陷与检验</b> .....	220
课题一 焊接缺陷 .....	220
课题二 焊接质量检验 .....	234
<b>第六单元 电焊安全技术</b> .....	257
课题一 焊接作业的危险因素和有害因素 .....	257

课题二 焊接安全技术·····	264
课题三 焊接劳动保护·····	278
焊工初级工知识要求试题·····	291
焊工初级工知识要求试题答案·····	295
焊工中级工知识要求试题·····	298
焊工中级工知识要求试题答案·····	301
参考文献·····	303

# 第一单元 焊接基础知识

## 课题一 焊接方法的分类及其选择

### 1. 焊接方法的分类

常用的焊接方法有手工电弧焊、CO<sub>2</sub>焊、埋弧焊、钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊、电渣焊、电子束焊、激光焊、电阻焊、钎焊等。

(1) 手工电弧焊。它是目前应用最广泛的一种焊接方法,其优点是应用灵活、方便、适用性最强,而且设备简单,特别适合于焊接全位置短焊缝、自动焊难以焊接的焊缝。手工电弧焊时,焊件厚度不受限制,但焊件厚度较大时经济效益降低,而且随着厚度的增大,焊接缺陷增多。因此,工件厚度较大时应尽量采用埋弧焊或电渣焊。

手工电弧焊的主要缺点是生产效率低、劳动强度大,对焊工技术水平的依赖性强且对焊工健康的影响大。

(2) 埋弧自动焊。这种焊接方法适合于厚度在4mm以上的低碳钢、低合金钢、不锈钢等的焊接。一般情况下,只能进行平焊及船形焊。埋弧焊允许使用的电流较大,熔敷速度及熔透能力大,中等厚度的板可不用开坡口,焊接生产效率比手工电弧焊高得多。这种方法的焊缝质量稳定、劳动条件好且对焊工的技术水平依赖性小。

这种方法的缺点是设备价格较高,对装配要求较高,且适用性较差(不能进行空间位置的焊接、薄板的焊接、短焊缝的焊接等)。

(3) 电渣焊。一种适用于大厚度钢板的高效焊接方法,板件厚度超过30mm时就可考虑采用电渣焊。厚度大于50mm时,电渣焊的经济效益就超过埋弧焊。电渣焊有丝极、板极及熔嘴电渣焊三种。变断面或断面复杂的焊件必须采用熔嘴电渣焊。

电渣焊是利用电阻热熔化金属的焊接方法,整个焊接过程中无电

弧和飞溅,生产率高,热效率高达 80%(埋弧焊为 60%),且电能与焊接材料消耗比弧焊少(仅为 1/20)。电渣焊的缺点是焊缝及热影响区的组织粗大,降低了焊接接头的塑性与冲击韧性,焊后必须对工件进行正火处理。

(4) 熔化极气体保护焊。常用的熔化极气体保护焊有  $\text{CO}_2$  焊、熔化极惰性气体保护焊(MIG)以及活性气体保护焊(MAG)。

$\text{CO}_2$  焊是一种生产率高、成本低的焊接方法。主要用于低碳钢及低合金钢的焊接。其优点是可进行各种位置的焊接,既可焊薄板,也可焊厚板,而且焊接速度较快,熔敷效率较高,便于实现自动化。

熔化极惰性气体保护焊可焊接所有金属。由于焊丝的载流能力大,与非熔化极惰性气体保护焊相比,该方法的熔深能力大,焊接生产效率。特别适用于有色合金、不锈钢的中厚板的焊接。活性气体保护焊主要用于低碳钢、低合金钢及不锈钢的焊接。

(5) 非熔化极气体保护焊(TIG)。用钨作电极,用惰性气体作保护气体的一种焊接方法。优点是焊接质量好,可焊接所有金属,特别适合于焊接铝、钛、镁等活性金属以及不锈钢,也用于重要钢结构的打底焊。由于受钨极载流能力的限制,所焊的焊件厚度有限,焊接速度及生产率也较低。

(6) 电阻焊。一种机械化程度及生产效率较高的焊接方法。主要用于焊接厚度小于 3mm 的薄件,对于棒材、轴、钻杆、管子等可进行电阻对焊。电阻焊接头质量对焊接部位的污染物非常敏感,焊前准备工作要求较严格,必须清除接头处的油污、锈、氧化皮等,生产中应有相应的辅助设备。电阻焊主要适用于大批量生产,电阻焊机的功率一般较大,结构复杂,价格贵。

(7) 等离子弧焊。等离子弧是一种压缩的钨极氩弧,具有较高的能量密度及挺直度。利用穿孔工艺进行焊接时,对于一定厚度范围内的大多数金属,可以采用单面焊双面成型方法进行焊接。采用微束等离子工艺进行焊接时,可焊接超薄板(可焊接的最薄厚度为 0.01mm)。这种方法的缺点是设备较复杂,对焊接工艺参数的控制要求较严格。

(8) 高能束焊接。主要有激光束及电子束两种。由于激光束及电

子束的能量密度大,因此,这两种焊接方法具有熔深大、熔宽小、焊接热影响区小、焊接变形小、接头性能好的特点,既可对很薄的材料进行精密焊接,又可对很厚的材料进行焊接。由于设备价格较贵,运行成本也较高,目前主要用于质量要求高的产品以及难焊材料的焊接。

(9) 钎焊。加热温度较低,母材不熔化,因此焊接热循环对母材性能的影响较小,焊件变形及残余应力也较小。这种方法不但可焊接几乎所有的金属,而且还可焊接异种金属、金属与非金属以及非金属与非金属,尤其适合于焊接形状复杂的制品。但钎焊接头强度不高、工作温度较低。因此一般用于受载荷不大、工作温度较低的接头的焊接。

(10) 气焊。过去常用氧-乙炔火焰进行焊接,现在一般用氧-丙烷火焰进行焊接。由于加热温度低、能量密度小,所以生产效率低、热影响区及焊接变形大。这种方法的应用已越来越少,目前主要用于维修、小批量薄板的焊接以及铸铁的焊接。

## 2. 焊接方法的选择

选择的焊接方法首先应能满足技术要求及质量要求,在此前提下,尽可能地选择经济效益好、劳动强度低的焊接方法。表1-1给出了不同金属材料所适用的焊接方法。不同焊接方法所适用材料的厚度不同。

不同焊接方法对接头类型、焊接位置的适应能力是不同的。电弧焊可焊接各种形式的接头,钎焊、电阻点焊仅适用于搭接接头。大部分电弧焊接方法均适用于平焊位置,而有些方法,如埋弧焊、射流过渡的气体保护焊不能进行空间位置的焊接。表1-2给出了常用焊接方法所适用的接头形式及焊接位置。

尽管大多数焊接方法的焊接质量均可满足实用要求,但不同方法的焊接质量特别是焊缝的外观质量仍有较大的差别。产品质量要求较高时,可选用氩弧焊、电子光束、激光焊等;质量要求较低时,可选用手工电弧焊、CO<sub>2</sub>焊、气焊等。

自动化焊接方法对工人的操作技术水平要求较低,但设备成本较高,管理及维护要求也较高。手工电弧焊及半自动CO<sub>2</sub>焊的设备成本低,维护简单,但对工人的操作技术水平要求较高。电子束焊、激光焊、



材料	厚度 /mm	手工电弧焊	熔体保护焊			管状焊丝气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	电渣焊	气电立焊	电阻焊	闪光焊	气焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	硬钎焊					软钎焊
			喷射过渡	脉冲喷射	短路过渡													火焰钎焊	感应加热钎焊	电阻加热钎焊	浸渍钎焊	红外線钎焊	
铝及其合金	≤3	△	△			△	△			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△			△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△				△					△			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	≥19	△						△	△		△			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
钛及其合金	≤3			△		△	△			△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△			△	△			△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△			△	△			△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	≥19	△	△							△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
铜及其合金	≤3	△	△			△	△				△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△			△					△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19										△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	≥19										△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
镁及其合金	≤3	△	△			△									△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△			△					△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△								△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	≥19	△	△								△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
难熔金属	≤3			△		△	△				△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△			△					△				△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19										△												
	≥19																						

△—被推荐的焊接方法

表 1-2 常用焊接方法所适用的接头形式及焊接位置

适用条件		手工电弧焊	埋弧焊	电渣焊	气体保护焊				氩弧焊	等离子焊	气电立焊	电阻点焊	缝焊	凸焊	闪光对焊	气焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	钎焊
					喷射过渡	潜弧	脉冲喷射	短路过渡													
接头形式	对接	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A		A	A	C	
	搭接	A	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A		B	A	A	
	角接	A	A	B	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	A	C		A	A	C	
焊接位置	平焊	A	A	C	A	A	A	A	A	C	—	—	—	—	A	—	—	A	A	—	
	立焊	A	C	A	B	C	A	A	A	A	—	—	—	—	A	—	—	C	A	—	
	仰焊	A	C	C	C	C	A	A	A	C	—	—	—	—	A	—	—	C	A	—	
	全位置	A	C	C	C	C	A	A	A	C	—	—	—	—	A	—	—	C	A	—	
设备成本		低	中	高	中	中	中	中	低	高	高	高	高	高	高	低	高	高	高	高	低
焊接成本		低	低	低	中	低	中	低	中	中	低	中	中	中	中	中	高	低	高	中	中
A—好, B—可用, C—一般不用																					

## 课题二 焊接接头及焊缝

### 一、焊接接头形式和坡口

虽然新的焊接方法不断出现,焊接接头的类型也日益增多,但应用最广泛的焊接方法仍是熔焊,特别是在锅炉及压力容器生产中。本课程将以熔焊接头为重点进行叙述。

#### 1. 焊接接头的形式

焊接接头的形式主要有对接接头、角接接头、T形接头和搭接接头4种,其次还有卷边接头、锁底接头、套管接头及斜T形接头等。

锅炉压力容器上应用较多的主要是对接接头(如板与板、管与管的纵、环焊缝连接的对接接头),其次是T形接头,如插入式或骑座式接管与筒体、接管与接管以组合焊缝连接的接头,以及锅炉、换热器的管子与管板和膜式壁等以角焊缝连接的T形接头等。某些较重要的设备,如反应容器的裙式支座筒体的连接则采用斜T形接头形式,而一



些接管或人孔与法兰的连接,多为对接接头(工作压力较高时),有时也采用套入式的套管接头。

(1) 对接接头。指在同一平面上两板件相对端面焊接而形成的接头。这种接头从力学角度看是比较理想的接头形式,它的受力状况较好,应力集中较小;能承受较大的静载荷或动载荷,接头效率高。是焊接结构和锅炉压力容器受压元件应用最多的接头形式。为保证焊接质量、减少焊接变形和焊接材料的消耗,需要把工件的对接边缘加工成各种形式的坡口,再进行焊接。坡口形式主要分为 I 形坡口、V 形坡口、Y 形坡口、U 形、J 形及双 U 形或 UY 组合形坡口,单边 V、双 V 形或双 Y 形坡口等。常见的坡口形式见图 1-1 所示。一般,钢板厚度在 6mm 以下,可开 I 形坡口(即不开坡口),但重要结构厚度 3mm 时,就应开坡口;厚度 6mm~26mm 时,采用 V 形或 Y 形坡口;厚度 12mm~60mm。可开成双 Y 形或双 V 形坡口,它可比单 Y 或单 V 形坡口减少填充金属量近 50%左右,焊后变形也较小。U 形及双 U 形坡口的填充金属量更少,焊后变形更小,但加工困难,一般用于重要结构件的焊接。

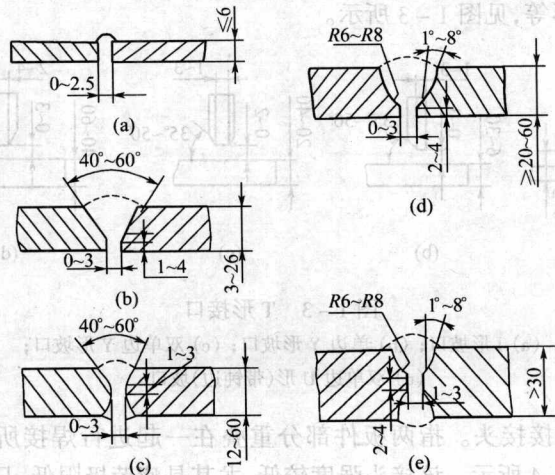


图 1-1 对接接头坡口形式

(a) I 形坡口; (b) Y 形坡口; (c) 双面 Y 形坡口;  
 (d) 带钝边 U 形坡口; (e) 带钝边双面 U 形坡口。