



“十二五”国家重点图书出版规划项目
国际化焊接工程技术人员基础教程

焊接生产

Welding Production

● 主 编 贺文雄

● 副主编 杨秀英 周慧琳 韩彩霞

哈尔滨工业大学出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目
国际化焊接工程技术人员基础教程

焊接生产

Welding Production

- 主 编 贺文雄
- 副主编 杨秀英 周慧琳 韩彩霞

哈尔滨工业大学出版社

内容提要

本书主要包括:焊接工艺评定与工艺规程、焊接母材的备料及成形加工、焊接工艺装备、弧焊电源的要求与选用、焊接基本操作与焊工考试、焊接结构的装配与焊接、焊接生产质量标准与质量控制、焊接质量检测与评定、焊接生产的组织与管理、典型焊接结构的生产。本书对焊接生产各个环节的介绍既全面又简明,而且实用,特别是结合了与焊接生产相关的一些国际、国内以及行业标准。

本书既可以作为焊接专业方向本科、高职、高专的教材或参考书,也可以作为从事焊接生产的工程技术人员培训教材或参考书。

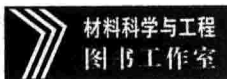
图书在版编目(CIP)数据

焊接生产/贺文雄主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5603-4793-6

I. ①焊… II. ①贺… III. ①焊接-高等学校-教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 131255 号



责任编辑 何波玲

封面设计 高永利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 19.5 字数 445 千字

版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4793-6

定 价 36.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

“十二五”国家重点图书出版规划项目
国际化焊接工程技术人员基础教程

编 审 委 员 会

主 任 赵洪运

副主任 单方利 魏守东 贺文雄 张洪涛

委 员 隋少华 赵 强 杨玉芳 史 菲 李玉华 姜 良

丘志坚 宋金虎 王现荣 杨秀英 周慧琳 韩彩霞

孙清洁 陈 波 周 利 刘 多 王春雨 姚 旺

郭 宁 王 廷 宋晓国 王立跃 林 宁 奚道友

郭翠爱 孙花勋 王 磊 张金娟 陶 醉 范蕙萍

陈 伟

前 言

制造业是一个国家的支柱产业,制造业的技术水平反映一个国家的科技发展水平和经济竞争实力。改革开放三十多年来,我国已经发展成为制造业大国,正在向制造业强国迈进。

焊接作为一种重要的制造工艺,已广泛应用于机械制造、石油化工、交通运输、海洋船舶、建筑桥梁、采矿冶金、能源动力、航空航天、电子信息等工业部门。可见,焊接在发展经济、创造财富、巩固国防、带动就业以及改善人民生活等方面的重要性。

当前,我国的钢产量已高居世界第一,如按 40% 的钢铁材料需经过焊接加工才能成为可用的构件和产品计算,我国不仅是钢铁生产与消费大国,也是世界上最大的焊接产品制造国。由于我国经济正趋于全球化,制造业正趋于国际化,因此与国际接轨、按国际标准进行焊接生产也是必然趋势。

本书以焊接生产工艺流程为主线,广泛吸纳了国内焊接生产企业的成熟技术和生产实践经验,并结合了与焊接生产相关的一些国际、国内以及行业标准,全面介绍了焊接生产的各个环节。同时,本书还根据企业对不同层次焊接人才的需求,增加了焊接基本操作与焊工考试内容。因此,本书的知识体系较完整,适用范围较广,且内容简明,便于自学,适合培训。

本书第 2 章由威海职业技术学院韩彩霞编写,第 3 章第 1 节与第 4 章第 4 节由安徽机电职业技术学院王立跃编写,第 6 章第 2 节由威海克莱特风机厂陈伟编写,第 8 章与第 10 章由河南机电高等专科学校焊接教研室周慧琳编写,第 9 章由沈阳理工大学应用技术学院杨秀英编写,其余各章节由哈尔滨工业大学(威海)贺文雄编写,全书由贺文雄统稿。在编写过程中获得了哈尔滨工业大学(威海)冯吉才教授、赵洪运教授、隋少华教授的指导和帮助,在此深表感谢! 本书参阅了大量的文献资料,在此一并向援引参考文献的所有作者表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中的疏漏与错误之处在所难免,敬请使用本书的教师与读者批评指正。

编 者

2014 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 焊接生产的地位与特点	1
1.1.1 焊接生产的地位	1
1.1.2 焊接生产的特点	1
1.2 焊接生产的现状	2
1.2.1 焊接生产材料的现状	2
1.2.2 焊接生产设备的现状	2
1.3 焊接生产技术的发展趋势	2
1.3.1 新材料用于焊接生产的趋势	2
1.3.2 焊接生产设备的发展趋势	2
1.3.3 焊接生产工艺的发展趋势	5
第 2 章 焊接工艺评定与工艺规程	7
2.1 焊接工艺评定	7
2.1.1 焊接工艺评定概述	7
2.1.2 焊接工艺评定试验简述	12
2.2 焊接工艺规程	18
2.2.1 焊接结构工艺性审查	18
2.2.2 工艺规程的内容与编制	23
2.3 焊接结构生产工艺流程概述	28
2.3.1 生产准备和原材料处理	29
2.3.2 基本元件加工	29
2.3.3 装配与焊接	29
2.3.4 质量检验及修整处理	30
思考题	31
第 3 章 焊接母材的备料及成形加工	32
3.1 母材的准备	32
3.1.1 母材的预处理	32
3.1.2 母材的矫正	33
3.1.3 放样、划线与号料	35
3.2 母材的下料与边缘加工	38
3.2.1 机械切割方法及设备	38

3.2.2	热切割方法及设备	40
3.2.3	边缘加工方法及设备	49
3.3	母材的成形	52
3.3.1	压延成形	52
3.3.2	弯曲成形	54
3.3.3	卷制成形	60
3.3.4	水火成形	64
	思考题	65
第4章	焊接工艺装备	66
4.1	工件的定位	66
4.1.1	工件的定位原理	66
4.1.2	定位器	68
4.1.3	零件的定位方法	69
4.2	装配焊接夹具与胎具	70
4.2.1	概述	70
4.2.2	装焊夹具	71
4.2.3	装焊用胎架	75
4.3	焊接变位机械	75
4.3.1	焊件变位机械	75
4.3.2	焊机变位机械	83
4.3.3	焊工变位机械	87
4.4	焊接生产的自动化与机器人	89
4.4.1	焊接中心和焊接自动机	89
4.4.2	焊接机器人	93
	思考题	96
第5章	弧焊电源的要求与选用	97
5.1	弧焊电源的分类	97
5.1.1	交流弧焊电源	97
5.1.2	直流弧焊电源	99
5.1.3	脉冲弧焊电源	100
5.1.4	各种弧焊电源的对比	100
5.2	对弧焊电源的要求	101
5.2.1	对弧焊电源外特性的要求	101
5.2.2	对弧焊电源调节性能的要求	105
5.2.3	对弧焊电源动特性的要求	108
5.3	弧焊电源的选择与使用	109
5.3.1	焊接电源的选择	109

5.3.2	弧焊电源的安装	111
5.3.3	弧焊电源的使用	112
5.3.4	弧焊电源铭牌简介	113
思考题		114
第 6 章	焊接基本操作与焊工考试	115
6.1	电弧焊的基本操作方法	115
6.1.1	焊条电弧焊的操作方法	115
6.1.2	半自动 CO ₂ 气体保护焊的操作方法	119
6.1.3	手工钨极氩弧焊的操作方法	124
6.1.4	埋弧焊操作技术	127
6.2	焊工考试	128
6.2.1	国内焊工考试的标准与要求	128
6.2.2	国际焊工考试的标准与要求	139
思考题		147
第 7 章	焊接结构的装配与焊接	148
7.1	焊前清理	148
7.2	焊接结构的装配	149
7.2.1	装配方式的分类	149
7.2.2	装配的基本条件	150
7.2.3	定位原理及零件的定位	152
7.2.4	装配中的测量	152
7.2.5	装配用工夹具及设备	156
7.2.6	装配的基本方法	158
7.2.7	装配中的定位焊	161
7.2.8	装配工艺过程的制定	162
7.2.9	典型结构件的装配	164
7.3	焊接结构的焊接工艺	168
7.3.1	焊接工艺制订的内容和原则	168
7.3.2	焊接方法、焊接材料及焊接设备的选择	168
7.3.3	焊接参数的选定	169
7.4	焊接前后的加热措施	169
7.4.1	预热	169
7.4.2	后热	170
7.4.3	焊后热处理	171
思考题		171
第 8 章	焊接生产质量标准与质量控制	173
8.1	焊接生产的质量标准体系	173

8.1.1	焊接生产质量标准体系的基本概念	173
8.1.2	焊接生产质量标准体系简介	176
8.1.3	焊接生产质量影响因素	180
8.1.4	焊接生产质量的保证	183
8.2	焊接生产质量控制	186
8.2.1	焊前质量控制	186
8.2.2	焊接过程中的质量控制	189
8.2.3	焊后质量控制	191
8.2.4	焊接质量的可追溯性控制	193
	思考题	193
第9章	焊接质量检测与评定	194
9.1	焊接缺陷的种类	194
9.1.1	焊接缺陷及其分类	194
9.1.2	常见焊缝缺陷的基本特征	195
9.2	焊接检测方法的质量评定	197
9.2.1	外观检测	198
9.2.2	射线探伤	199
9.2.3	超声波探伤	213
9.2.4	磁力探伤	223
9.2.5	渗透探伤	228
9.2.6	其他检测方法	231
9.3	焊接缺陷的修复	233
	思考题	237
第10章	焊接生产的组织与管理	238
10.1	焊接生产的组织与管理基础知识	238
10.1.1	焊接生产的组织形式	238
10.1.2	焊接生产的管理	243
10.2	焊接生产的组织与实施	246
10.2.1	焊接生产的成本管理	246
10.2.2	焊接生产的技术准备	248
10.2.3	焊接生产的实施准备	251
10.2.4	焊接生产的组织实施	255
10.3	焊接生产的现场管理	256
10.3.1	焊接生产现场的定置管理	256
10.3.2	焊接生产现场的质量管理	258
10.4	焊接生产中的劳动保护与安全技术	260
10.4.1	焊接清洁生产的内容与现状	260

10.4.2	焊接生产中的劳动保护·····	260
10.4.3	焊接生产中的安全技术·····	264
思考题	·····	266
第 11 章	典型焊接结构的生产 ·····	267
11.1	桥式起重机桥架的焊接生产工艺·····	267
11.1.1	桥式起重机的结构与技术标准·····	267
11.1.2	主梁及端梁的制造工艺·····	268
11.1.3	桥架的装配与焊接工艺·····	272
11.2	压力容器的焊接生产·····	273
11.2.1	压力容器的结构与技术标准·····	273
11.2.2	薄壁圆柱形容器的制造·····	275
11.2.3	球形容器的制造·····	279
11.3	船体的焊接生产·····	285
11.3.1	船舶结构的类型及特点·····	285
11.3.2	船舶结构焊接的工艺原则·····	286
11.3.3	整体造船中的焊接工艺·····	288
11.3.4	分段造船中的焊接工艺·····	288
11.4	桁架的焊接生产·····	294
11.4.1	桁架的结构特点及技术要求·····	294
11.4.2	桁架的装配工艺·····	296
11.4.3	桁架的焊接工艺·····	297
思考题	·····	298
参考文献	·····	299

第1章 绪 论

1.1 焊接生产的地位与特点

1.1.1 焊接生产的地位

焊接是一种将材料永久连接成为具有一定功能、结构的材料加工技术。通过焊前准备、装配焊接、焊后处理等一系列工艺过程,得到所需的焊接产品,称为焊接生产。

焊接生产是一种基本的、应用十分广泛的工业生产方式。据国外权威机构统计,目前各种门类的工业制品中,半数以上都需要采用一种或多种焊接技术才能制成。采矿与冶金、汽车与轨道车辆、船舶与舰艇、航空与航天器、水力与火力发电站、石油与化工设备、机床与工程机械及农业机械、电器与电子产品、大型建筑与高架桥梁及地铁、石油与天然气输送管道、高能粒子加速器与核反应堆等几乎所有工业部门,都离不开焊接生产。可见,焊接已经渗透到制造业的各个领域,直接影响到产品的质量、可靠性和寿命,以及生产的成本、效率和市场的稳定。

焊接生产的产品——焊接构件通常是金属结构件,现已发展为陶瓷、塑料、复合材料等多种材料,但仍以金属为主。金属中又以钢材为主,当前需要经过焊接加工的钢材约占总用钢量的45%以上。

1.1.2 焊接生产的特点

1. 焊接生产的优点

- ①可实现不同厚度、不同形状以及不同材料的连接。
- ②刚度大,整体性好。
- ③生产效率高。
- ④质量减轻,生产成本低。

2. 焊接生产的缺点

- ①焊接结构是不可拆卸的。
- ②易产生残余应力和变形。
- ③焊缝易产生裂纹、夹渣、气孔等缺陷。

1.2 焊接生产的现状

1.2.1 焊接生产材料的现状

世界工业发达国家在 20 世纪末的焊接结构用钢量中占钢产量的 60% 以上,而我国目前只占 40% 左右,尚有一定的差距。在焊接材料的生产上,从美国、日本等工业发达国家焊接材料构成来看,美国焊条产量占焊接材料的 20%,焊丝占 79% 左右;日本焊条产量占焊接材料 15%,焊丝占 84% 左右。而我国焊接材料中焊条仍占很大比例,焊条生产总量约占焊接材料总量的 50% 以上,焊丝占 50% 以下。焊丝产量的增长及其在焊接材料中比重的增加,是衡量焊接自动化程度的一个重要标志。按熔敷金属计算,我国焊接机械化、自动化率仍不足 50%,而世界工业发达国家一般都在 80% 以上。从以上这些数据不难看出,我国焊接材料的生产与发达国家还存在很大的差距。

1.2.2 焊接生产设备的现状

在焊接设备方面,美国平均年产焊机为 30 万台,有 500 个品种,日本也有 200 个品种。虽然我国到 2012 年为止,可生产的焊机产品为 45 个系列,560 个品种,但与国外的差距依然存在。我国生产的焊机中手工焊条电弧焊机仍占很大比例,超过 50%,它反映我国焊接生产中采用的焊接方法以手工电弧焊为主。 CO_2 气体保护焊经过近 20 多年的推广应用,虽然取得了一些成效,但进展仍比较缓慢, CO_2 焊机的应用比例仍偏低。此外,TIG 焊机品种较少,焊机的自适应控制技术尚待进一步开发,特种焊的推广应用难度更大。

目前,我国已是世界钢产量第一大国,也是焊接生产用钢量第一大国。同时,我国的焊接生产也在走出国门,如大量的出口加工、对外承包工程等,促使我国的焊接生产走向国际化、与国际接轨、符合国际标准。可见,我国虽然已经是一个焊接生产大国,但由于焊接生产技术与工业发达国家之间还存在较大的差距,致使我国还远不够成为焊接生产强国。

1.3 焊接生产技术的发展趋势

1.3.1 新材料用于焊接生产的趋势

对于传统钢铁产品的焊接开始转向对于新一代结构或功能材料的焊接,如微合金控轧控冷钢、超细晶粒钢、低合金高强钢、双相钢、高铬钼钢、纯铬、铝锂合金、钛合金、特殊的纤维增强合金等。西方发达国家以钢材为中心的焊接时代正进入到焊接各种非铁金属时代。

1.3.2 焊接生产设备的发展趋势

焊接生产设备总的发展趋势是:焊接电源逆变化,焊机控制数字化,焊接生产自动化、高效化。

1. 逆变焊接技术

逆变焊机继续向纵深发展的几个方面:普及性提高、功率制造能力增强、小型化。逆变焊机现已成为电焊机行业的主流趋势。目前,逆变焊机在基础技术层面上已经趋于成熟,当前的技术竞争主要体现在逆变焊机相关电源技术的外延和逆变焊机相关焊接工艺技术的深化两个方面。

国外逆变焊机中的软开关电源技术并不十分普遍,特别是 20 kHz 的逆变焊机多数仍以硬开关为主,但其所用开关器件的容量余度比国内焊机大很多,从而保证了逆变电源的高可靠性。国外的软开关电源技术主要是针对工作在 60 ~ 120 kHz 的高频大功率的焊机,主要是为了提高电源的响应速度,便于更精密的波形控制过程。

2. 数字化控制焊接技术

如今,在国际上数字化控制已属平常,数字化控制焊机甚至已经不再是销售的卖点。在芬兰 KEMPPI 和奥地利 Fronius 的推动下,数字化焊机已进入产品规模化生产阶段。

逆变电源的高响应速度为焊接控制技术提供了一个理想的功率平台,数字化技术在焊接电源中的应用进一步提高了电源控制技术的水平和可操作性。逆变焊机的数字化控制无疑会有强势的发展,因为它在控制方面极大地简化了电路结构,提高了焊机控制系统的稳定性,方便了应用。数字化的最大优势还在于与逆变焊机相结合后可以承载先进的焊接工艺技术。

数字化技术可以提高控制系统的抗干扰性和控制精度,从而提高焊机的焊接精度、可靠性和稳定性等整机性能。同时,还可通过变换外特性曲线、输出电流波形、动态特性参数等,实现多种焊接方法、多种焊材、多功能、多焊接参数的调节及其最佳匹配的控制,在把焊机做成“精品”的同时,把焊接工艺、焊件也做成“精品”。

数字化控制的逆变焊机的最大优势体现在 GMAW(熔化极气体保护焊)过程中,因此除了电源问题之外,送丝机的控制也非常重要。如果没有稳定送丝速度,很多先进的控制方法都无法实现,如脉冲 MIG 的核心问题就是电流波形与送丝速度之间的合理搭配。目前,国内脉冲 MIG 焊机的主要差距不是在电源方面,而是在送丝机方面。国外同类产品都是采用具有速度反馈控制的送丝机,而国内大多还在使用电压反馈控制的送丝机。随着焊接工艺要求的提高,对于送丝机要求不仅仅是速度稳定,对于响应速度的要求也越来越高。数字化控制的交流伺服电机已经替代传统的直流电机在高档焊机的送丝机中使用,由此可见逆变焊机的数字化控制从电源部分扩展到送丝机也是一种发展趋势。

3. 自动化焊接技术

焊接自动化就是要通过先进的焊接工艺、材料、设备、自动化控制系统和焊接胎夹具、装卡定位及其运动系统的有机集成,实现对待焊工件的高效率、高品质、低成本的批量化规模生产,以保证高品质产品的稳定、一致化批量的产出。焊接自动化主要包括焊接机器人和焊接自动化专机。

在焊接领域,自动化程度最高的就是工业机器人。欧美等国家工业机器人的运用已经非常广泛,大规模应用工业机器人使成套装备满足自动化、柔性化、多功能化是今后的发展趋势。在焊接自动化技术和设备方面展现最突出的有:激光及其复合焊接机器人,弧

焊机器人,点焊机器人专用伺服点焊枪,以及自动焊接、智能化焊接必需的各种焊缝跟踪技术。

机器人与激光焊接相结合是实现高效化和高柔性化的完美结合。点焊机器人专用电动伺服点焊枪是通过交流伺服电机带动电极进给来施加焊接压力的,各参数都可以精确地进行控制。同时,伺服焊枪应用于点焊工业后,由于改变电极压力、响应时间短,因此能够满足电阻点焊中瞬间锻压力的响应要求。于是,针对目前的汽车行业应用的镀锌钢板、铝合金和超高强钢的需求量日益增多,运用伺服焊钳的电极力可控特性,并结合其他的技术特性,优化焊接参数为实现对这类难焊材料的焊接与质量控制开辟了良好的应用前景。如德国的尼玛克(NIMAK)等机器人厂家均推出了配置电伺服点焊钳的机器人。

专用自动焊接设备就是为用户专门定制的焊接设备。不少焊接自动化厂家逐步认识到模块化设计的重要性,积极进行自动化焊接设备的模块化设计和生产管理,取得了长足的进步。这表明,模块化是自动化专用焊机的发展方向。

4. 高速高效焊接技术

除焊接机器人自动化的高效化以外,随处可见的就是熔化极焊接的广泛应用。熔化极焊接除个别特殊情况外,几乎全是 MIG/MAG 焊机,适应集装箱等行业需要的薄板高速高效焊接的需求。如德国克鲁斯公司的 TANDEM 焊接系统,焊接 2~3 mm 薄板的焊接速度可达 6 m/min,焊接 8 mm 以上厚板的熔敷效率可达 24 kg/h。在焊接一些要求控制线能量的低合金高强度钢等材料时,气体保护焊是替代埋弧焊工艺的最新选择。

为实现高效化焊接,过去仅仅限于改变焊接参数和保护气体等方法。如今,逆变焊机表现出了极大的生命力,因为其工作频率高而使焊机具有体积小、质量轻、节能、省材、降耗和动态响应快、效率高、焊接性能好等特点,正在逐步成为弧焊电源的主流。正是在逆变式焊接电源的平台上,借助计算机技术,用现代科学手段来不断解决气体保护焊接提出的更高的技术要求。

5. 多丝焊接技术

近年来,双丝、三丝以及四丝、五丝等多丝埋弧焊频频出现,应用于诸多行业。

LINCOLN(美国林肯公司)的多丝埋弧焊接技术,采用 1 000 A 级的 AC/DC 逆变式弧焊电源供电和数字化协同控制技术。第一根焊丝由 2 个 1 000 A 级的 AC/DC 逆变式弧焊电源并联供电,其余焊丝均由 1 000 A 级 AC/DC 电源供电,主要用于厚壁管道的高速焊接。据介绍,双丝焊比单丝焊提高焊速 30%,增加输入热能 23%;四丝焊比三丝焊提高焊速和生产率均达到 35%,将焊速从 1.7 m/min 提高到 2.3 m/min。

ESAB(瑞典伊萨公司)的四丝和六丝埋弧焊接技术,所用的电源均为 1 200 A 级的可控硅直流弧焊电源,而且均采用一头(一个焊炬/嘴)双丝、两头四丝和三头六丝进行多丝埋弧焊接,每一头双丝由一个 1 200 A 级的电源供电,其生产效率较高。据介绍,四丝($2 \times \phi 2.5$ mm)与单丝($1 \times \phi 4$ mm)焊比较,熔敷金属量从 12 kg/h 提高到 38 kg/h。

提高生产效率的另一种技术是采用一个多功能的弧焊电源,备有 2~4 个送丝系统及其控制驱动单元。根据焊接材料、焊接方法的不同需求选用其中相应的一个送丝系统和控制单元,很快进入所需的焊接状态,大幅度减少辅助时间。

1.3.3 焊接生产工艺的发展趋势

任何一个重要的新技术、新方法(如 STT、CMT、Cold Arc 等),无不与焊接工艺相关。这说明逆变焊机产品的技术竞争焦点已经开始从电源技术、控制技术转移到焊接工艺性能方面。逆变焊机对于电焊机行业的影响无疑是一场电源技术的革命,但是对于整个焊接领域来说,与其说是电源技术的革命,不如说是焊接工艺技术的革命。可以说,逆变焊机促进了焊接工艺技术的深化。特别是数字化技术搭载在逆变焊机的技术平台上进一步改变了电焊机行业的技术状态。可以看到:从单纯的电源技术向与先进焊接工艺技术结合已成为一种趋势,研究焊接电弧行为将成为今后电焊机行业技术发展的一个重要方面。

对于国内电焊机行业来说,能否实现这个转移是一个新的、更严峻的挑战,因为要在焊接工艺方面实现技术突破绝不会比突破逆变焊机电源技术瓶颈的过程容易。这是我们要面对的一个新挑战。或许它将决定一个企业在新一轮竞争中的成败。目前,北京工业大学、成都电焊机研究所等国内的焊接技术研究机构和各国厂家都在积极探索“如何应用新的方法提高焊接质量,实现“少飞溅和无飞溅”“少气孔和无气孔”“如何应用新的方法降低焊接成本,用最小的能量输入实现最快的焊接速度”。

1. 表面张力过渡

针对在 CO_2 气体保护焊中所出现的一系列问题,美国林肯电气公司研制出一种新的专利技术——表面张力过渡(Surface Tension Transfer, STT)技术并成为 CO_2 焊接领域的较大突破。自从该公司的 Stava 高级工程师首次提出以来,迅速引起了世界焊接界的关注。目前,这一新型工艺已经成熟,已在工业生产中获得了应用。

STT 控制的焊接方法就是从根本上解决了短路过渡时液态“小桥”气化爆断的问题,其核心在形成短路“小桥”后焊接电流瞬间减小,在表面张力、重力和电磁力的作用下,拉断金属“小桥”,使熔滴由短路过渡转变为自由过渡。这种方法其实质就是利用电弧本身作为传感器来检测电弧电压,根据电压来判断熔滴过渡的瞬时形态,从而根据检测到的电弧电压的变化,按照 STT 的要求控制瞬时电弧电流的变化,利用表面张力的作用达到熔滴平稳过渡的目的。

STT 技术与以往的 CO_2 焊接技术的区别在于:它能根据短路“小桥”和缩颈“小桥”的状态改变电流。精确供给电弧能量,而通常的 CO_2 焊接的电弧状态和能量供给没有很好地对应,电弧能量供给并不精确,从而产生了大量飞溅。通过试验验证,STT 技术的飞溅率为 1% 左右,通常的 CO_2 焊接飞溅率为 10% 左右。可以看出,STT 技术与普通 CO_2 焊接相比,其飞溅率降低了 90%,而且,焊接质量明显优于普通 CO_2 焊接。

2. 冷金属过渡

福尼斯公司的冷金属过渡(CMT)技术的核心是:电弧燃烧过程中,焊丝向熔池方向运动,当焊丝与熔池接触时,电弧熄灭,焊接电流减小,短路接触时,焊丝回抽帮助熔滴脱落,保持很小的短路电流,焊丝再向熔池方向运动,冷金属过渡过程重复进行。CMT 熔滴过渡的方式新颖,与传统焊接工艺比较,过渡熔滴温度相对较低,可以实现异种金属连接,可以把焊丝的熔化和过渡分别作为两个相对独立的过程,对于焊接线能量的控制更加灵

活。通过精确的弧长控制,CMT 过程结合脉冲电弧,实现了无飞溅焊接,大大降低了焊接的热输入。通过控制脉冲电弧影响热输入量,实现无电流状态下的熔滴过渡。母材熔化时间极短,起弧速度提高了两倍,热输入低,焊接变形小,搭桥能力显著提高,焊接性能优异,焊缝成形美观。据了解,国内不少高校都在积极开展冷金属过渡焊接系统的研究。

3. 全新的交流短路过渡焊接法

为适应低热输入和低飞溅的 CO_2/MAG 焊接要求,日本 OTC 公司和松下公司分别推出了交流 CBT 方法和采用 BB 技术的低飞溅全数字 CO_2/MAG 焊机。德国克鲁斯公司的 GLC353CP 焊机和日本 OTC 公司生产的 DL350 数字逆变式 MIG/MAG 焊机,采用全新的交流短路过渡焊接法,这是焊接电源在正极(EP)和负极(EN)的输出极性之间相互切换进行焊接的方法。据介绍,与传统的逆变气体保护焊接方法相比,飞溅附着量明显降低。据 OTC 公司介绍,采用 $\phi 1.2 \text{ mm}$ 焊丝 250 A CO_2 气体保护焊接,传统的逆变 CO_2 气体保护焊飞溅产生量是 2.4 g/min,而采用交流 CBT 方法的 CO_2 气体保护焊飞溅产生量仅仅是 1.2 g/min,飞溅量降低了一半。

4. 精确控制下的短路过渡技术

美国米勒公司的 RMD 焊接是一种精确控制下的短路过渡技术,通过检测短路电流发生的时间及时控制焊接电流和焊接电压,可以精确控制熔池,是一种动态控制技术。采用 RMD 技术的根焊焊缝不仅熔合好,而且大小间隙均可实现填充。此外,对焊接飞溅、热影响区以及平稳过渡的优化都明显强于传统的纤维素焊条根焊,焊接性能优异,可以实现管道焊接的所有工艺,十分适合野外环境下的施工作业。

第2章 焊接工艺评定与工艺规程

美国机械工程师学会(American Society of Mechanical, ASME)编写的《锅炉与压力容器法规》第9卷QW—200.1条款,对焊接工艺规程定义如下:焊接工艺规程是一种经过评定合格的焊接工艺文件,以指导按法规的要求焊接产品焊缝。焊接工艺规程是规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件,也就是将工艺路线中的各项内容,以工序为单位,按照一定格式写成的技术文件。

一般来说,焊接工艺规程必须以相应的焊接工艺评定为依据,并应由相应的“焊接工艺评定报告”指导编制的。

在焊接产品制造过程中,产品的焊接工艺是否合理、先进,关系到产品的质量。通过金属焊接性试验或根据有关焊接性能的技术资料,可以制定产品的焊接工艺,然而,这样制定的焊接工艺不能直接用于焊接施工。为了确保产品的质量,在正式焊接施工之前,还必须进行焊接工艺评定。不仅如此,对于已经评定合格并在生产中应用得很成熟的工艺,若因某种原因需要改变一个或一个以上的焊接工艺参数,也需要重新进行焊接工艺评定。

2.1 焊接工艺评定

世界上许多国家,对于重要的焊接结构都制定了焊接工艺评定标准或法规,我国也制定了一些焊接产品的焊接工艺评定标准,如《钢制压力容器焊接工艺评定》(JB 4708—2000)、《蒸汽锅炉安全技术监察规程》中的附录I“焊接工艺评定”、《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》(GB 50236—1998)、《建筑钢结构焊接工艺规程》(JGJ 81—2002)中的第五章“焊接工艺试验”、《石油天然气金属管道焊接工艺评定》(SY/T 0452—2002)等,这些标准由于是针对不同的产品或者制定的部门不同,在一些细节上有一些差异,但其基本要求都是相同的。

2.1.1 焊接工艺评定概述

1. 焊接工艺评定的概念、目的和依据

(1) 焊接工艺评定的概念

焊接工艺评定是指为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性而进行的试验过程及对试验结果的评价。

通过焊接工艺评定应该得到指导生产的焊接工艺,它是制定焊接工艺规程的重要依据。所以凡是重要的焊接结构如锅炉、压力容器、压力管道、桥梁、重要的建筑结构等,在制定焊接工艺规程之前都要进行焊接工艺评定。

(2) 焊接工艺评定的目的

《钢制压力容器焊接工艺评定》(JB 4708—2000)标准规定受压元件焊缝,与受压元