



HANJIE JISHU

NENGSHOU JUEJI JUEHUO

焊接技术 能手 绝技绝活

湖北省职工焊接技术协会 编



化学工业出版社

焊接技术能手 绝技绝活

湖北省职工焊接技术协会 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接技术能手绝技绝活/湖北省职工焊接技术协会编.
北京: 化学工业出版社, 2008. 10
ISBN 978-7-122-03697-1

I. 焊… II. 湖… III. 焊接-基本知识 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 138677 号

责任编辑: 周 红
责任校对: 周梦华

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 20½ 字数 419 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2008-49 号

编辑委员会

主 任 张远温
翟 波
副主任 王思本
朱德孝
委 员 (按姓氏笔画排序)
王小宝 王思本 王海鹏
朱德孝 张远温 张殿忠
邵敬联 周兆乾 黄元龙
翟 波

编审人员

主 编 张远温
陈忠兵
副 主 编 刘志久
张 玮
何安平
其他编写人员 (以姓氏笔画排序)
王玉松 王宝才 张 辉
陆仁发 陈小艺 林 杰
林志华 范绍林 胡煌辉
郭克智 贾鸿谟

前言

一个强盛的民族、伟大的国家，需要强大的科技、强大的工业支撑；一个强大的科技、强大的工业，离不开先进的装备与技术，离不开优秀的人才及一大批掌控先进装备的精英和技术能手。

我国是当今世界迅速崛起的发展中国家，现代工业建设的持续发展，急需大量有知识又有高超实际操作能力的复合型技能人才，焊工更是如此。随着制造业学科交叉、综合化，柔性、集成化，智能、数字化，精密、微型化，高效、清洁化的发展总趋势，焊接在及时吸收了主流学科之精华的同时，已经从一门应用学科，发展成为一门先进的制造技术，其在国民经济建设中的显赫作为和丰实贡献，令世人瞩目；焊接工作者在献身焊接事业中亦创造出无数令人叹服的绝技绝活。为尽快培养和提高焊工的综合技能水平，全国总工会等部委自1987年起至今已举办过四届全国焊工技术比赛和两届全国职工职业技能大赛焊工比赛；期间，相关协会和行业也举办过多届焊工比赛，造就了数以百计的全国技术能手，培养出一大批高技能人才。为弘扬和推广他们的高超技艺，自2003年起作为中国焊接博览会的配套活动之一，焊接博览会组委会与相关协会一道分别在武汉、东莞、沈阳、上海和青岛连续举办过五届“全国焊接劳模、技术能手精英演示会”，陈刚、张军、马晓东、郭伟、周海涛等全国焊工状元与其他技术能手共30余人次应邀参加了演示会，使当地数万名焊工亲眼目睹了焊接精英们的经典绝技和绝活。早在1991年中国职工焊接协会原技艺委员会在信阳和1992年在锦西分别举办过“焊接技艺”和“铸铁焊接一绝”培训班。与此同时，借推介焊接新技术、新设备之机，还专程拜访了“三顶压焊”、“水泥切割”和“铸铁焊补大王林振胜”等高人和前辈……凡此种种，均旨在挖掘、推广焊接技艺中的绝技绝活，为广大焊工提供一个腾飞、跨越的平台。“绝技绝活”是指或新颖实用、或独特实用、或还没被大多数焊工掌握的技能技巧，它们均具有广阔的应用范围和应用前景。

我国拥有百余万名焊工，号称焊接大国。能用高超的焊接技能或技术解决焊接实际难题并创造奇迹的人虽数以万计，但焊工作为焊接工程的主角，在焊接已经渗透到制造业的各个领域，并直接影响到制品的质量、可靠性和寿命以及生产成本、效率和市场反应速度的今天，仍显人才匮乏和跟不上发展的需求。为此，湖北省职工焊接技术协会和化学工业出版社凭借着热情和智慧独辟蹊径推出该

书，旨在携手推进我国焊接技能的跨越发展。

本书共收录了 71 篇文章。这 71 项“绝活”均由钢铁冶金、水利电力、石油化工、机械电子、交通运输和煤炭等行业的 96 人次共同整理并经实践演绎升华而完成。他们中获全国特级劳模、劳模和技术能手者有 19 人次；获省级劳模和技术能手者有 29 人次。从而，铸就了该书实用、精练的特点。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 篇 黑色金属焊接操作技法

1-1 锅炉受热面排管镜面焊	2
1-2 内填丝手工钨极氩弧焊操作技法	8
1-3 水平固定密排管手工 TIG 打底层焊接操作技法	11
1-4 压力管道的 TIG 摇摆焊	15
1-5 板对接仰焊单面焊双面成形操作技法	19
1-6 纤维素焊条向下立焊工艺要点	24
1-7 “下向焊”在高压输送管道焊接中的应用	27
1-8 SA213-T91 钢焊接操作技法	32
1-9 A335 P91 钢焊接工艺与操作技法	38
1-10 P91 钢大径管水平固定焊接操作方法	44
1-11 铁素体不锈钢的脉冲电流熔化极气体保护焊	47
1-12 GMAW 实心焊丝焊接 1Cr18Ni9Ti 板的操作要点	50
1-13 电站凝汽器不锈钢管板手工钨极氩弧焊操作技法	54
1-14 X12CrNiSi1636 奥氏体耐热钢焊接新工艺	60
1-15 细径薄壁不锈钢管的氩弧焊焊接	64
1-16 换热器内凹式管头的焊接	66
1-17 球形储罐 16MnR+0Cr18Ni9 不锈钢复合钢板的焊接	71
1-18 不锈钢复合钢板的焊接要点与技巧	78
1-19 煤矿瓦斯监测探头的陶瓷与不锈钢焊接	84
1-20 高合金小径管焊缝背面充氩保护工艺改进	87
1-21 电弧切割混凝土操作工艺	90
1-22 用堆焊法巧取断螺栓	92
1-23 电厂汽轮机高压螺栓取出办法	94
1-24 焊接缺陷试样的制备	96
1-25 被磁化管道的焊接	100
1-26 焊工几个实用的小技巧	103
1-27 弧焊机器人高速焊接工艺的改进	105
1-28 焊接机械手在异形梁焊接上的应用	108

1-29	弧焊设备中“推力电流”旋钮和“防触电开关”的正确使用	111
1-30	时代公司新型数字化焊机的应用	113

第 2 篇 有色金属焊接操作技法

2-1	铝及铝合金现场安装焊缝焊接气孔的消除方法	126
2-2	铝合金车体门角的焊接难点及解决方法	140
2-3	铝及铝合金脉冲 MIG 焊	144
2-4	交流 TIG 双人双枪共熔池对弧焊接铝及铝合金	148
2-5	铝及铝合金水平固定管焊接操作技法	151
2-6	铝合金车体支座塞块焊接裂纹的消除	154
2-7	钛及钛合金管的“断弧法”操作技法	157
2-8	工业纯钛管道的焊接和返修工艺及操作技法	160
2-9	电站烟囪内筒钛-钢复合板的焊接	166
2-10	紫铜管的手工钨极氩弧焊	169
2-11	锆材的焊接技术与操作技法	172
2-12	自行车用 AZ61A 镁合金的 TIG 焊	181
2-13	焊机并联焊接大截面金属镍棒	186
2-14	镀层板材的 MIG 电弧钎焊	189

第 3 篇 熔化极气体保护焊焊接技法

3-1	熔化极气体保护焊优越性的综合比较分析	194
3-2	CO ₂ /MAG 焊接管道时的设备选择和操作技法	199
3-3	改进的 CO ₂ /MAG 焊接方法在锅炉压力容器上的应用	202
3-4	GMAW/GTAW 焊接保护气体的选择	205
3-5	薄板对接高速自动焊的改进及其在集装箱制造中的应用	208
3-6	实心焊丝 CO ₂ 垂直固定焊未熔合的产生原因及处理	211
3-7	不锈钢板药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊对接立焊操作技法	214

第 4 篇 焊接带压堵漏技法

4-1	φ219mm 上水管道横向断裂带压堵漏	220
4-2	几种焊接堵漏方法	225
4-3	带压焊接的实践与应用	228
4-4	变压器油箱的带压堵漏	233
4-5	管道的焊接带压堵漏	239

第 5 篇 焊接接头焊后热处理技法

5-1	新型电磁感应加热方法在焊接热处理中的应用	246
-----	----------------------------	-----

5-2 热再热蒸汽管耳轴的焊接热处理 258

5-3 大径厚壁 P91 钢焊接接头焊接热处理 264

5-4 管道异形构件连接焊缝焊后热处理 270

第 6 篇 焊接修复技法

6-1 用“焊条刮研法”修复铸铁腔孔 282

6-2 加热减应补焊法 284

6-3 锅炉高过联箱管座裂纹修复 289

6-4 汽轮机叶片的焊接 291

6-5 汽轮机缸体 40CrMoV 偏心销堆焊修复 295

6-6 TIG 焊修复 9Cr2Mo 大型支承辊表面损伤 299

6-7 维修专用焊条在高铬铸铁叶轮补焊中的应用 302

6-8 吸风机叶轮热喷涂后出现大面积裂纹补焊工艺 306

6-9 电弧喷涂技术在变电站接地网防腐中的应用 310

6-10 风机叶轮补焊及喷涂修复 312

6-11 大型立车主轴与托盘的不预热焊接 315

第①篇

黑色金属焊接操作技法

作者简介

姓 名：高俊杰

工作单位：上海电力安装第一工程公司

联系方式：021-65434771-3039

技术专长：高合金钢镜面焊焊接

荣誉称号：全国第二届职工职业技能大赛焊工比赛第三名，全国技术能手，上海市五一劳动奖章，国家电网公司生产技能专家

1 工程背景

上海外高桥电厂三期工程 $2 \times 1000\text{MW}$ 超超临界锅炉采用塔式、单炉膛结构，省煤器、过热器、再热器等受热面的蛇形管管排全部采用卧式布置。由于组件的管排数量巨大，炉形结构紧凑，使得蛇形管管子节距很小，以一级再热器为例，其管子节距和焊口布置如图 1 所示。从图中可以看出，大量现场安装焊口焊接时局部位置肉眼无法看到，难以采用通常的焊接操作法完成整个焊口的焊接。为了保证焊接质量，决定采用镜面焊法，即在焊口位置附近放置一面镜子，利用镜子的反射成像原理，通过观察镜子内的影像来进行焊接。两台机组在锅炉岛需要采用镜面焊焊接的焊口情况如表 1 所示。

表 1 锅炉岛需要采用镜面焊焊接的焊口情况统计

序号	组件名称	材质	规格/mm	焊丝牌号	数量/道
1	省煤器进口连接管	SA210C	$\phi 42.2 \times 6.78$	TGS-50	1246
2	省煤器出口连接管	SA210C	$\phi 42.2 \times 6.21$	TGS-50	1246
3	一级再热器进口连接管	SA213-T12	$\phi 57.2 \times 3.81$	TGS-1CM	1424
4	一级再热器出口连接管	SA213-T91	$\phi 57.2 \times 3.81$	MTS-3	1424
5	二级过热器进口连接管	SA213-T91	$\phi 48.3 \times 7.33$	MTS-3	1246
汇总合计					6586

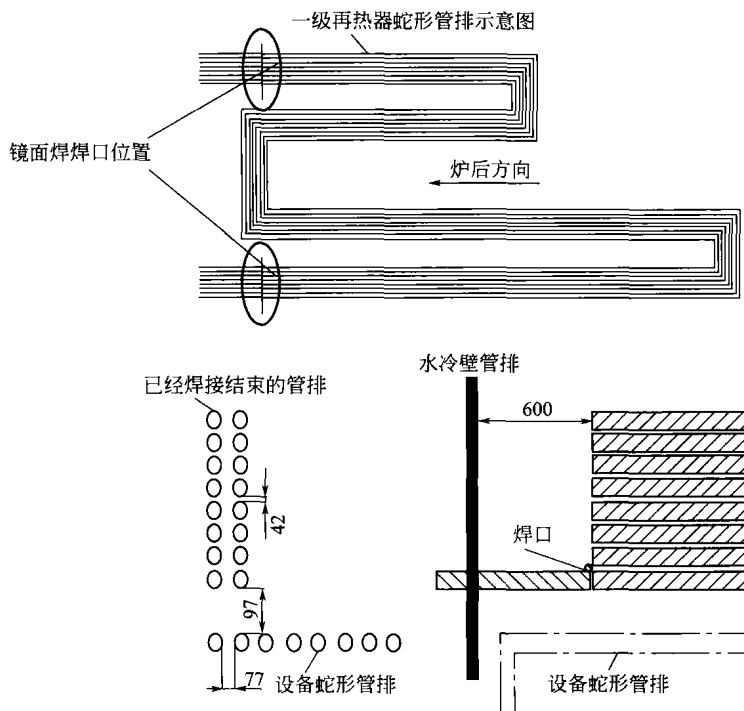


图 1 现场焊接焊口位置布置

2 镜面焊焊接工机具

(1) 镜面焊用镜子

整个结构由头部、中部和尾部组成（图 2）。头部是一块用作影像观察的不锈钢双面镜，厚度为 1mm。尾部是一块强磁场吸附件，主要起固定镜架的作用。中部是一根挠性金属软管，连接头部和尾部，其中与头部连接采用万向节，使镜子可以 360° 旋转。使用中可以通过拗弯挠性金属软管将强磁场吸附件放置在合适的位置。

(2) 焊枪

由于管排节距小，刚性氩弧焊枪不能满足现场焊接的要求，故焊接中使用可以 360° 旋转的挠性氩弧焊枪，见图 3。

(3) 焊机和焊接方法

采用 WS-400 型逆变直流弧焊机；手工钨极氩弧焊打底、填充和盖面。

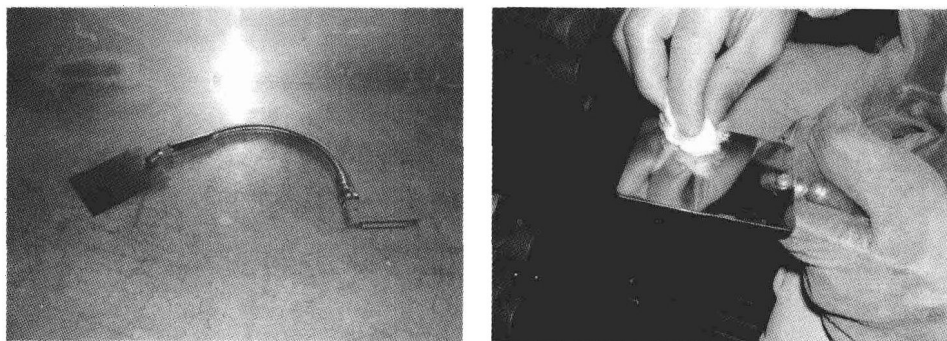


图2 镜面焊用镜子

(4) 充气小室

通过充气小室对 T91 等高强度材料进行背面充氩保护。充气小室采用可溶性纸制作，在管子内封堵距离为距坡口 200mm 以上，以防焊前预热及焊接过程中烧损。



图3 挠性氩弧焊枪

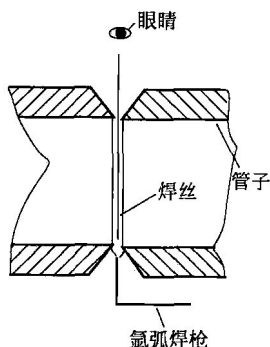


图4 内加丝法焊接

3 对口间隙

由于管排位置的限制，平焊位置打底焊采用外加丝，而仰焊位置打底焊只能采用内加丝的方法保证根部焊缝质量。内加丝法见图4。

对口时仰焊位置坡口间隙 2.0~2.5mm，平焊位置坡口间隙 2.8~3.0mm。采用这样的间隙的原因是：焊丝直径为 $\phi 2.4\text{mm}$ ，从平焊位置内加丝时送丝方便自如，并且能方便地通过对口间隙观察到熔池，仰焊位置不易产生内凹；平焊位置会因为焊缝收缩达到适宜的间隙，避免平焊打底位置产生焊瘤，并可以减小焊后管子对口弯折。

4 镜子的放置

放置的镜子，第一要便于通过镜子的反射，清楚地观察到熔池和坡口；第二不能影响焊枪的摆放位置和焊接过程中焊枪运作、行走、摆动，见图 5。

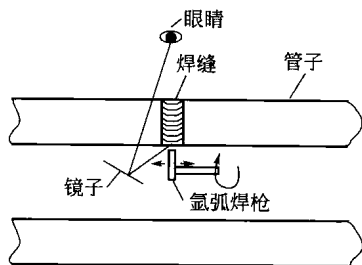


图 5 镜子的摆放

镜面焊时由于强烈的弧光反射，很难像常规焊接时对熔池观察得一样清楚；并且通过镜子看到的是没有立体效果的焊缝平面影像，镜子里的影像与实际相反，手的动作与眼睛看到的也反向，容易造成操作错觉。这些都要求焊工在焊前进行专门的操作培训。

5 点固焊

由于仰焊位置采用了内加丝法焊接，点固焊的位置放在时钟 3 点或 9 点处。这样在氩弧焊打底的过程中，能够方便地通过平焊位置的对口间隙观察焊缝根部熔池。这一点和常规焊接时点固焊位于仰焊或平焊的位置是不同的。

6 打底层焊接

打底层焊接采用内加丝法，可以利用镜子观察和对口间隙观察来完成打底焊缝下半部分（图 6）。打底的关键是要掌握好氩弧焊枪的角度。焊接过程中焊嘴要始终保持在焊缝中心区域，并随着熔池均匀地左右摆动向前推移。从仰焊位置到立焊位置的打底采用断续加丝法，当焊丝末端送入熔池边缘被熔化后，即将焊丝移离熔池，稍停，再将焊丝末端送入熔池边缘，依次断续地点滴送入熔池。特别注意的是，一定要等两侧钝边金属熔化后再加丝，否则容易产生未熔合缺陷。从立焊位置进入平焊位置时，将内加丝改为外加丝，焊丝端部紧贴在钝边位置，用连续加丝法均匀地将焊丝送入熔池，这样打底焊缝反面成形比较平整。

在打底的整个过程中必须使熔池完全打开，在视觉上熔池有滚动的情况时再加丝。这样可以防止焊缝冷却收缩时产生细小裂纹以及缩孔现象。为了得到良好的对口间隙，必须采用两侧对称焊。

7 填充层焊接

焊口封底完成后，焊缝下半部分肉眼无法观察到，而且焊接位置决定了焊工只能采用下蹲或俯卧在管子上的姿势来完成焊口的下半部分，因此仍需要采用镜

面焊进行填充和盖面。

焊前先用镜子观察焊缝坡口两侧是否有凹槽，中间是否有凸起，如果有，必须把焊缝打磨平整，以避免钨极移动过程中发生碰撞。焊丝也必须结合具体的焊接位置和焊缝的弧度，适当拗曲变形，这样既便于拿焊丝的手选择相对开阔的位置，动作灵活，容易将焊丝送抵熔池，又可以防止焊丝干扰焊工的视线，见图7。

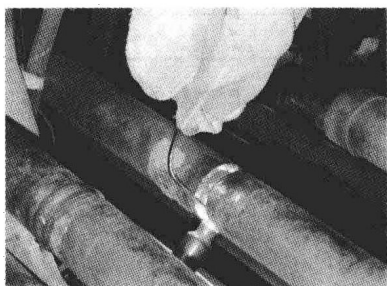


图6 打底焊接采用内加丝法



图7 填充层焊接时，焊丝拗曲变形，焊工通过镜子观察焊缝

通过镜子观察熔池，弧光反射非常强烈，难以清楚地看见氩弧焊枪的钨棒，送丝时容易引起焊丝与钨棒碰撞，造成钨棒尖端形状改变，影响电弧的稳定性。因此焊接过程中焊丝必须紧贴焊缝，连续送丝，以减少或避免上述情况的发生。

对于管壁较厚的焊口必须采用多层多道焊。弧状焊丝紧贴坡口一侧，减小摆动幅度和送丝动作，使焊道较薄。焊完一道再焊另一道，这样可以降低焊缝层间温度，防止焊缝夹渣，防止温度过高引起根部焊缝二次熔化。

8 盖面层焊接

盖面前首先检查填充焊缝的表面成形，清理附着在焊缝表面的氧化物和杂物，使焊缝周向和横向平滑均匀，为盖面焊创造良好的条件。

焊接时，应以两侧坡口线为基准线（图8），熔池向母材侧延伸0.5~1mm

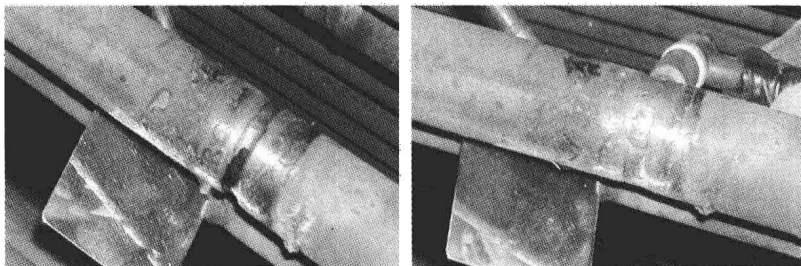


图8 盖面焊时，要注意控制焊缝宽度、高度和平直度

的距离,使焊缝的宽度比坡口宽度增加 $1\sim 2\text{mm}$,并始终保持这一宽度;焊缝的加强高应呈弧形,两侧低、中间略微高一些,并在焊缝的周向上保持这一高度;还应以两侧坡口线为基准线,焊接时一直保持这一直线度。只要做到以上三点,就能获得良好的焊缝尺寸和外观成形。

9 小结

外高桥三期工程的现场焊接实践,使我们对镜面焊有了较全面的认识,对焊接过程中碰到的各种问题,找到了切实可行的解决措施。总结起来,镜面焊的技术要点主要有以下方面。

① 必须配备合适的焊接机具,如专用镜子和挠性氩弧焊枪等。

② 氩弧焊打底仰焊位置必须采用内加丝法,送丝时采用往复运动断续点滴法,这种方法有利于确保焊缝根部焊透,防止内凹缺陷。严格控制对口间隙,为内加丝创造良好的焊接条件。

③ 采用小的线能量,严格控制层间温度,以保证接头的组织和性能要求。

④ 焊工需要经过专门的培训考试后才能较好地承担该焊接工作。



专家点评

上海外高桥电厂二期工程 $2\times 900\text{MW}$ 机组和三期工程 $2\times 1000\text{MW}$ 机组的锅炉均为塔式结构,其最大特点是锅炉占地面积小,但炉架高,锅炉受热面排管全部采用卧式布置,管排节距很小,其中约有几千道焊口由于管排节距较小,焊口的局部位置肉眼无法看到,无法采用正常的焊接操作法完成整个焊口的焊接,只能借用镜面的反射成像原理,通过观察镜子内的熔池来进行焊接,于是产生了一种新型的焊接操作法——镜面焊。

镜面焊最大的难点不在打底层焊接,而在填充层和盖面层的焊接。由于打底层可采用内加丝法,通过坡口间隙观察打底层焊缝成形的好坏,而填充和盖面的焊接,因管排节距较小,此时局部焊缝则无法看到,只能借助镜面来观察。这种情况下的焊接,如不经过专门培训,没有扎实的焊接基本功是不可能完成的,也不可能焊出优质的焊接接头。镜面焊操作法的要点:焊接时焊丝紧贴焊缝,连续送丝,焊枪作小幅摆动,焊枪应选用可作 360° 旋转的挠性氩弧焊枪。

上海外高桥电厂 $2\times 900\text{MW}$ 和 $2\times 1000\text{MW}$ 机组工程上万道镜面焊焊口,机组运行至今无一焊口泄漏,证明镜面焊操作法为解决特殊困难位置的焊接起到了关键性的作用。上海电力建设有限责任公司所属上海电力安装第一工程公司和第二工程公司,在掌握镜面焊操作法上已形成了一套成熟的操作工艺。

点评人

林志华 上海电力建设有限责任公司 021-64336865

1-2

内填丝手工钨极氩弧焊操作技法

作者简介

姓 名: 汪涛(高级技师)

工作单位: 湖北省电力公司生产技能培训中心

联系方式: 武汉江岸区湖北省电力建设技工学校, 邮编430061, 电话13871514155

摇摆滚动手工钨极氩弧焊操作技法最初在我国核电站建设中得到使用。用摇摆滚动的方法对焊接熔池温度进行控制, 使熔池温度最高点的位置不断改变, 并使熔池不断向前移动, 是一种焊缝背面及表面成形良好的新颖焊接方法。它独特的操作技法及稳定的焊接质量逐渐被焊接工作者认可。

由于火电站锅炉安装的特殊性, 特别是锅炉密集性管排, 摇摆滚动手工钨极氩弧焊在安装过程中受到空间位置的限制。为此, 通过一段时间的研究和实际培训, 我们提出了新的氩弧焊“内填丝”焊接工艺。

新的氩弧焊“内填丝”焊接工艺, 综合了摇摆滚动手工钨极氩弧焊工艺和常规手工钨极氩弧焊工艺的特点, 在不改变原有焊接设备及焊接工艺的情况下, 采用常规氩弧焊的工具及设备, 操作过程中模拟摇摆滚动法的操作动作, 以期达到或接近摇摆滚动法的工艺效果。

1 “内填丝”手工钨极氩弧焊工艺的主要特点

① 对口间隙介于摇摆滚动手工钨极氩弧焊和常规手工钨极氩弧焊之间, 一般控制在 3.5~4.5mm, 对于高合金钢选用 4.0~5.0mm, 而常规手工钨极氩弧焊对口间隙为 2.5~3.0mm, 如图 1 所示。

② 碳钢和低合金钢采用 $\phi 2.5\text{mm}$ 实心焊丝, 高合金钢采用 $\phi 1.6\text{mm}$ 实心焊丝。细直径焊丝的优点是焊枪在焊接时, 其热源主要对准两侧的坡口, 坡口熔化了, 就可克服未熔合缺陷, 热源的中心具有极高的峰值温度, 焊枪摇摆, 即可立即熔化焊丝, 而不同于常规手工钨极氩弧焊, 需要刻意用焊枪热源去熔化焊丝,