

大厚板双面双 TIG 电弧打底焊熔池成形特性

刘殿宝, 张广军, 吴 林

(哈尔滨工业大学 金属精密热加工国家级重点实验室, 哈尔滨 150001)

摘 要: 采用视觉图像监测法对新开发的双面双 TIG 电弧错位同步打底焊熔池成形特性进行了研究。结果表明,根部预留间隙是保证打底焊根部熔合的有效措施,可以实现大厚板不清根焊接。脉冲 TIG 焊是大厚板打底焊的优选方法,峰值期间电弧熔化能力强,坡口根部两侧边缘熔化良好。基值期间熔池迅速凝固,防止了下淌。双 TIG 电弧错位同步打底焊时,后电弧的加入导致两弧之间工件高温区增加,前电弧熔池拉长。焊缝宏观金相显示母材充分熔化,没有侧壁未熔合,焊缝正表面成形圆滑过渡,没有气孔、裂纹、夹渣、咬边等成形缺陷。

关键词: 双面双弧; 打底焊; 大厚板; 熔池成形特性; 根部熔合

中图分类号: TG402 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2012)03-0037-04



刘殿宝

0 序 言

厚度大于 40 mm 的大厚钢板结构在船舶、压力容器等行业广泛应用^[1],目前生产中大厚板焊接的工艺还很落后^[2],需要碳弧气刨清根,导致工序多、焊接质量差、效率低、自动化程度低,严重制约了产品的生产制作^[3]。为此大厚板的高效高质量焊接方法成为研究的热点之一,例如双丝焊、激光复合焊等^[4,5]。

近年来,提出了大厚板双面双弧焊接新工艺(double-sided double arc welding, DSDAW)。采用双面双弧脉冲钨极氩弧焊(TIG)焊接打底,双面双弧熔化极气体保护焊(MAG)焊接填充盖面。实践证明,此新工艺焊接效率提高3倍以上^[6,7]。为了更进一步了解双面双弧焊,开展了焊接基础系列研究。文中作为研究成果的一部分,重点讨论大厚板双面双弧焊的焊缝根部熔合问题,为取消清根工序提供理论支持。

1 双面双 TIG 电弧打底焊工艺

以横焊为例,加工出双面对称坡口,根部留有一定装配间隙,如图1所示。

打底焊采用双面双 TIG 电弧错位(两弧间距为 20 ~ 50 mm)同步同时进行焊接,其原理如图2所

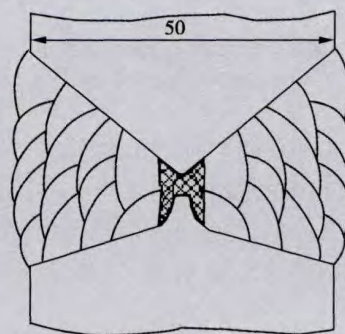


图1 坡口形式(mm)

Fig. 1 Shape of groove

示。前电弧在一侧坡口内采用单面焊双面成形技术填丝实现根部间隙熔透和打底焊缝双面成形;后电弧在另一侧坡口中已熔透成形打底焊缝的背部进行填充焊接,对处于高温的打底焊缝背部进行保护,同

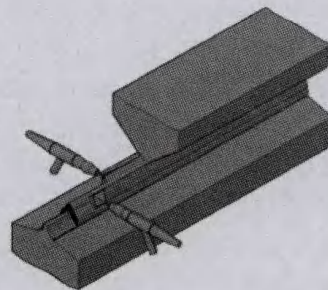


图2 错位同步双 TIG 电弧打底焊

Fig. 2 Schematic diagram of DSDAW backing welding

时增加根部焊缝的熔敷效率和有效厚度,还对已熔透打底焊缝和热影响区起到退火焊道作用。

2 打底焊熔池图像动态观察

为了深入研究双面双弧打底焊熔池的成形特性,开发了如图 3 所示的熔池动态图像采集系统。

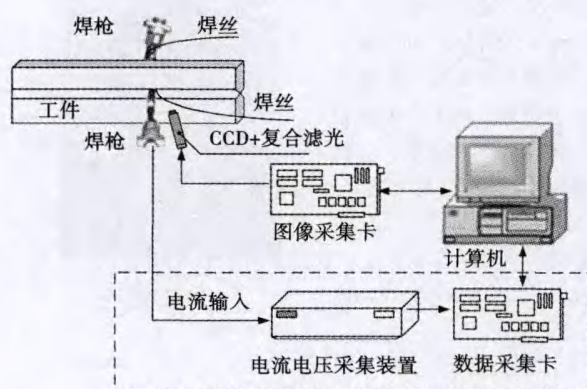


图 3 熔池动态图像采集系统
Fig. 3 Imaging system of welding pool

传感器为普通的工业 CCD 摄像机,利用焊接电流实时检测实现取像时刻的外同步,采用复合滤光技术降低了弧光的干扰。自行开发的取像软件实现了熔池图像的连续采集、存储、回放、分析等功能。

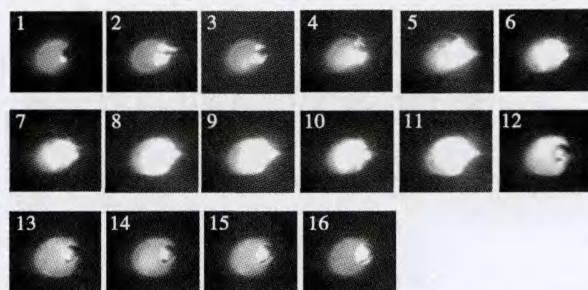
3 试验结果与分析

3.1 单 TIG 电弧打底焊

图 4 为单 TIG 电弧打底焊背面观察到的熔池图像,图 5 为单 TIG 电弧打底正面观察到的熔池图像。由图 4 和图 5 可见:(1)在预留间隙的情况下,厚板 TIG 电弧打底焊完全可以实现单面焊双面成形。对于厚板焊接来说 TIG 电弧电压比较低,熔深比较浅,为了保证根部熔透,工件装配时坡口预留间隙很重要。有了间隙根部两侧易熔化,形成连续的熔池,可避免根部未熔合缺陷的发生。(2)脉冲 TIG 焊是厚板打底焊缝的优选焊接方法。脉冲电流峰值期间,熔化能力强,电弧热源覆盖整个根部,坡口两侧边缘熔化,同时焊丝熔化,形成一个完整的熔池;基值电流期间图像表明,坡口两侧边缘熔化良好。基值期间熔池易保持,并迅速凝固,有效防止液态熔池下淌。(3)背面熔池边缘圆滑,成形良好,根部完全熔化,不需要反面清根工序。

3.2 双 TIG 电弧打底焊

图 6 为双 TIG 电弧打底焊后焊面观察到的熔池



(a) 一个周期内连续的反面图像 (间隔 40 ms)



(b) 基值期间典型熔池图像



(c) 峰值期间典型熔池图像

图 4 单 TIG 电弧打底焊背面观察到的熔池图像

Fig. 4 Welding pool image of single TIG arc viewing from backside

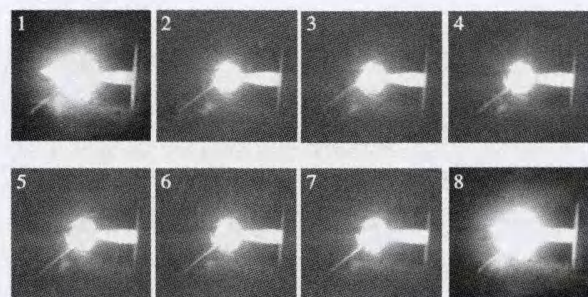
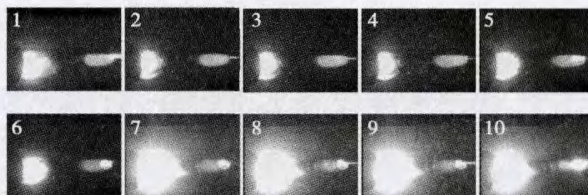


图 5 单 TIG 电弧打底焊正面观察到的熔池图像 (间隔 40 ms)

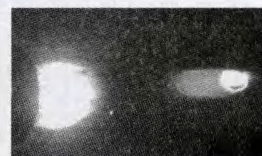
Fig. 5 Imaging from frontside during TIG welding



(a) 一个周期内连续的熔池图像 (间隔 40 ms)



(b) 基值期间典型图像

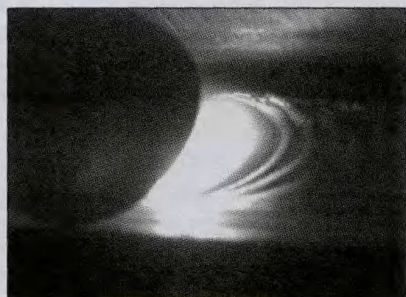


(c) 峰值期间典型图像

图 6 双 TIG 电弧打底焊从后焊面观察到的熔池图像

Fig. 6 Imaging from backside during double TIG arc welding

图像,图7为双TIG电弧打底焊后焊道的熔池图像。



(a) 后焊道正面观察图像



(b) 后焊道背面观察图像

图7 后焊道观察图像

Fig. 7 Images viewing rear weld

由图6和图7可见:(1)由于采用错位同步方式,两个电弧一前一后(间距为20~50 mm),根部熔透主要靠前电弧的单面焊双面成形。(2)与单TIG电弧(图4)相比,双TIG电弧焊接时,先焊道的熔池明显拉长,表明后热源的加入导致两弧之间工件上的高温区增加,温度梯度降低,散热变差,高温熔池保持的时间延长,更有利于根部熔透。(3)后电弧在坡口另一侧对已熔透成形打底焊缝的背部进行填充焊接,增加根部焊缝的熔敷效率和有效厚度,还对已熔透打底焊缝和热影响区起到退火焊道的作用。(4)后焊道成形体现横焊的特点,上薄下厚。(5)后热源对先焊道有二次加热处理作用,热处理的效果取决于二次升温的最高温度和冷却速度等。

3.3 双弧打底焊缝宏观金相组织

图8为双面双TIG电弧打底1道时焊缝横截面宏观金相组织形貌。从图8中可以看出,焊缝与母材熔合情况良好,没有未熔合、气孔、裂纹、夹渣、咬边等缺陷。焊缝正表面成形圆滑过渡,焊缝根部熔合良好。

打底第1道根部焊缝最小有效厚度为4.7 mm,热影响区(HAZ)宽度为3 mm左右。先焊道热源对中,成形对称。后焊道热源稍偏下,再加上横焊因素,成形向下偏。后焊道的熔深达4 mm。后焊道焊

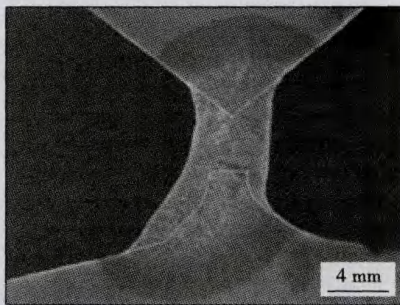


图8 双弧打底焊缝宏观金相组织形貌

Fig. 8 Root weld macrostructure

缝的柱状晶结晶形态明显,而先焊道的柱状结晶已不明显,后焊道对先焊道有热处理作用。先焊道部分重熔,没有熔化的部分成为后焊道的热影响区。

与老工艺相比,双面双弧焊接新工艺最显著的特征是通过采用双TIG电弧根部打底焊缝,实现了取消碳弧气刨清根工艺环节,由一面坡口焊接改为两面坡口同时焊接,简化了生产工序(由原来的19个工艺环节减为8个工艺环节),降低了施焊难度,焊接效率成倍地提高,焊接质量更加稳定可靠。图9为采用双面双弧新工艺焊接的完整焊缝宏观形貌。

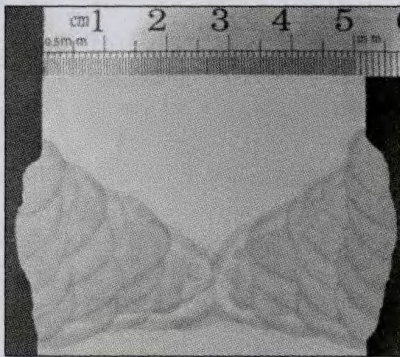


图9 完整焊缝宏观形貌

Fig. 9 Macrostructure of whole weld

4 结 论

(1) 大厚板实现不清根焊接是完全可行的,装配时坡口根部预留间隙是保证根部熔合的有效措施。

(2) 在有间隙的情况下,脉冲TIG焊是大厚板打底焊的优选焊接方法。既有一定的熔化能力,电弧力又不是很大,熔池容易保持。

(3) 双面双弧焊是大厚板焊接的全新工艺,实现了不清根焊接,焊接质量和效率得到大幅提升,并

为大厚板的自动化焊接提供了工艺保障.

参考文献:

- [1] 张 蕾, 李亚江, 蒋庆磊. 淬火 + 回火低合金高强钢焊接的研究现状[J]. 现代焊接, 2010(10): 17 - 21.
Zhang Lei, Li Yajiang, Jiang Qinglei. Present situation of study on the welding of quenching + tempering low-alloy and high-strength steel[J]. Modern Welding Technology, 2010(10): 17 - 21.
- [2] 赵伯健, 曹凌源, 郑惠锦, 等. 船舶高效焊接工艺及装备[J]. 国防制造技术, 2010(3): 5 - 11.
Zhao Bojian, Cao Lingyuan, Zheng Huijin, *et al.* High efficiency welding technology and equipment in shipping[J]. Defense Manufacturing Technology, 2010(3): 5 - 11.
- [3] 邹家生. 造船工业及焊接技术的现状和发展[J]. 现代焊接, 2008(4): 1 - 6.
Zou Jiasheng. The present situation and development of shipping industry and welding technology[J]. Modern Welding Technology, 2008(4): 1 - 6.
- [4] Gao M, Cao Y, Zeng X Y, *et al.* Mechanical properties and mi-

crostructures of hybrid laser MIG welded dissimilar Mg-Al-Zn alloys[J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2010, 15(7): 638 - 645.

- [5] Sharma A, Chaudhary A K, Arora N, *et al.* Estimation of heat source model parameters for twin-wire submerged arc welding[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2009, 45(11/12): 1096 - 1103.
- [6] Liu Dianbao, Zhao Huihui, Li Fuquan, *et al.* Numerical simulation of dynamic thermal process during double-sided asymmetrical TIG backing welding of large thick plates[J]. China Welding, 2011, 20(1): 44 - 48.
- [7] 刘殿宝, 李福泉, 谭财旺, 等. EH36 钢厚板双面双弧打底焊焊缝组织及性能研究[J]. 焊接学报, 2011, 32(1): 81 - 84.
Liu Dianbao, Li Fuquan, Tan Caiwang, *et al.* Microstructure and performance of backing weld joint of EH36 steel thick plate by double-sided arc welding[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2011, 32(1): 81 - 84.

作者简介: 刘殿宝,男,1966 年出生,博士研究生,研究员. 主要从事焊接工艺与焊接冶金方面的研究. 发表论文 10 篇. Email: hld6499@yahoo.com.cn

通讯作者: 张广军,男,博士,教授. Email: zhanggj@hit.edu.cn

[上接第 36 页]

- [3] 甘卫平, 范洪涛, 许可勤, 等. Al-Zn-Mg-Cu 系高强铝合金研究进展[J]. 铝加工, 2003, 161(3): 6 - 12.
Gan Weiping, Fan Hongtao, Xu Keqin, *et al.* Study progress of Al-Zn-Mg-Cu series high strength aluminium alloys[J]. Aluminium Fabrication, 2003, 161(3): 6 - 12.
- [4] 李先聚. 喷射成形 7055 铝合金组织和性能的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [5] 黄光杰, 汪凌云. 热处理对 2024 铝合金组织和性能的影响

[J]. 重庆大学学报, 2000, 23(4): 99 - 102.

Huang Guangjie, Wang Lingyun. The influence of heat treatment on the microstructures and properties of 2024 aluminum[J]. Chongqing University Journal, 2000, 23(4): 99 - 102.

作者简介: 严 铿,男,1961 年出生,教授,硕士研究生导师. 主要从事新材料焊接以及焊接新工艺和搅拌摩擦焊工艺研究. 发表论文 50 余篇. Email: yankeng@126.com