

文章编号:1002-025X(2004)03-0059-02

振动调制工艺在控制焊接变形中的试验研究

朱政强¹, 陈立功¹, 倪纯珍¹, 姚达毛², 鲍立曼²

(1.上海交通大学 材料科学与工程学院, 上海 200030; 2.中国科学院 等离子体物理研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要: 在介绍振动调制工艺原理的基础上, 通过振动调制工艺在平板对接接头上的试验应用, 分析了振动调制工艺在控制焊接变形方面的应用。试验结果表明该工艺对于厚板对接角变形, 振动的效果不是非常明显, 但是对横向收缩量的影响效果明显。

关键词: 振动调制工艺; 焊接变形; 平板对接;

中图分类号: O324; TG407 **文献标识码:** B

振动调制工艺(也称做振动焊接)是在振动时效(VSR)基础上发展起来的一项新的焊接辅助工艺, 在国外已有相关的研究和应用报道。作为一项新兴工艺, 振动调制工艺的推广和应用必将对我国焊接生产行业带来巨大的经济效益。笔者结合HT-7U超导托卡马克国家大科学工程建设项目, 为解决其工程构件的焊接应力变形, 引入振动调制工艺, 开展了相关的试验研究。

1 振动调制工艺原理及特点^[1-7]

振动调制工艺是指在焊接过程中根据不同构件施加不同参数的机械振动, 即在振动条件下进行的焊接。在焊接过程中, 对焊件一定频率范围内的轻微振动, 势必对焊接熔池产生一定的作用:

(1) 焊缝金属在熔融状态下, 振动可以使组织发生变化, 细化晶粒, 使焊缝的力学性能得到提高。

(2) 在有温度场作用下, 焊缝处的屈服强度很低。因此, 振动容易使热应力场梯度减小, 故使最后的焊接残余应力降低或均化。

(3) 由于振动, 在结晶过程中使气泡、杂质等容易上浮, 氢气易排除, 焊缝与母材过渡连接均匀、平缓, 减小应力集中, 提高焊接质量。

此项技术从开始焊接就起到细化晶粒的作用, 然后, 在热状态下通过热塑性变形调整应变来减小残余应力, 可有效防止焊接裂纹的形成和工件的畸变, 提高构件的疲劳寿命, 增强焊缝的力学性能。

焊接变形是焊接应力的外观表征之一, 振动调制工艺可以减小焊接残余应力, 也必然减小焊接变形。

2 HT-7U超导托卡马克振动调制试验背景

HT-7U是我国的重大科技工程项目, 它应用低温超导的纵场磁体系统和极向场超导系统而受到国内外聚变界的广泛关注。在工程构件的生产过程中, 由于使用的是薄不锈钢板焊接, 焊接的残余应力和残余变形均很大, 如果不能及时消除焊接残余应力和残余变形, 在将来温度梯度高的环境下使用会带来不可想象的后果。为了有效地消除焊后的残余应力和残余变形, 确保工程的顺利完成, 考虑使用振动调制(振动焊接)工艺技术。

2003年上半年, 在合肥中科院等离子体物理研究所和

收稿日期: 2003-09-30; 修回日期: 2004-04-17

横向收缩变形、纵向收缩变形和侧弯变形, 满足了设计要求和批量生产的需要。

表3 直流埋弧焊焊接工艺参数

材料	材料厚度 /mm	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /(mm·s ⁻¹)
碳钢	6	3	300-320	28-30	270
碳钢	8	3	310-330	28-30	230
碳钢	10	3	380-400	30-32	190
碳钢	12	3	430-470	30-34	180

参考文献:

- [1]姜焕中. 焊接方法及设备(第一分册)[M]. 北京:机械工业出版社, 1981.
- [2]美国焊接学会. 焊接手册(第七版 第二卷 焊接方法)[M]. 北京:机械工业出版社, 1988.
- [3]周振丰. 金属熔焊原理及工艺[M]. 北京:机械工业出版社, 1981.
- [4]王震澄. 气体保护焊工艺和设备[M]. 北京:国防工业出版社, 1982.
- [5]《实用钣金技术手册》编写组. 实用钣金技术手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.

作者简介: 李敬晔(1969—), 男, 高级工程师, 长期从事机械设计及相关工艺工作。

芜湖锅炉厂进行了振动调制工艺初步试验。设备采用国产ZH-A型振动焊接控制仪、YC-300WP4VTA型交直流两用脉冲焊机和上海交通大学焊接研究所开发的加速度传感测量系统。

在相同焊接参数下对316L不锈钢试件进行振动调制焊接和常规焊接。焊接完成后分别测试焊接后的试样变形，来评价振动调制工艺在不锈钢氩弧焊接过程中对提高焊接质量、减小焊接变形的作用。试验装置见图1。



图1 厚板焊接试验装置图

这里只对振动调制工艺控制焊接变形方面进行试验研究，而振动对接头的金相组织、应力分布、冲击韧度及焊缝疲劳性能方面的影响效果还有待于下一步的继续研究。

3 试验方法和步骤

由于不锈钢板的厚度为30 mm，所以在焊接过程中采用多层焊，焊接层数为12层。两种试验方法中的焊接参数均保持不变，焊接电流保持在(200±1) A，电弧电压保持在40 V，氩气流量保持在10 L/min。振动调制试验过程中保持焊缝位置的振动加速度大小恒定，试验中利用上海交通大学自制的有源传感器进行适时监控^[4]。测量系统为自制的电容加速度传感器，带低通滤波，供电为5 V的电池电源。灵敏度为200 mV/g；示波器为泰克液晶TDS220示波器，具有RS-232接口，图片可传送到计算机。试验波形图见图2、图3。

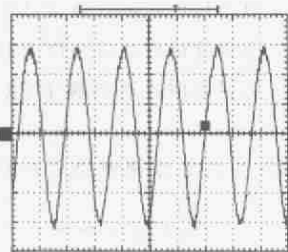


图2 在试板上实测的振动波形
(加速度传感器位于试板外)

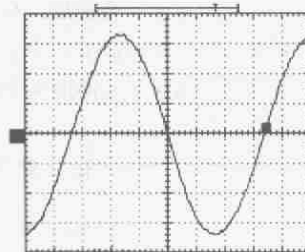


图3 在试板上实测的振动波形
(加速度传感器位于试板上)

4 试验结果及讨论

试验装置以及约束条件如图1所示，图4为测量用简图。焊接前后分别记录试件8个位置的厚度值 b 及板材宽度值 a (图4)，以便计算试件变形量及变形角度。

焊接前在边 b_1b_2 和边 b_3b_4 上用夹具夹牢进行全约束，如图1所示；焊后去掉夹具，测量边 b_1b_2 、 b_3b_4 、 b_5b_6 和 b_7b_8 相对于水平面的角度；同时测量 a_1 、 a_2 和 a_3 相对于原始长度 a 的焊接收缩量。试验结果见图5和图6。

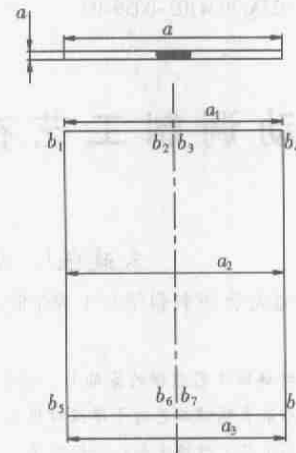


图4 厚板对接试验测量示意图

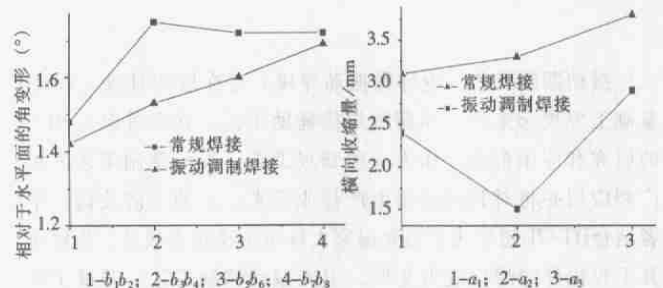


图5 相对于水平面的角变形

图6 试件横向收缩量的比较

由图5和图6可以看出振动调制焊接条件下，焊接角变形和横向的收缩量均有所降低，其中角变形平均下降6.5%，横向收缩量平均下降33%。可见对于厚板对接角变形，振动的效果不是非常明显，但是对横向收缩量的影响效果明显。

参考文献:

- [1] 朱政强, 陈立功, 倪纯珍. 振动焊接工艺的研究现状及发展方向[J]. 焊接, 2003, (5): 5-7.
- [2] Goncharevich I F, Frolov K V and Rivin E I. Theory of vibratory technology[M]. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1990.163-177.
- [3] 陈金涛, 宫照坤, 曲 牡, 等. 振动焊接对焊缝力学性能影响[J]. 大连理工大学学报, 2001, 41(1): 35-37.
- [4] 张国福, 宋天民, 伊成江, 等. 机械振动焊接对焊缝及热影响区金相组织的影响[J]. 焊接学报, 2001, 22(3): 85-87.
- [5] 管建军, 宋天民, 张国福, 等. 机械振动对焊接熔池金属凝固过程的影响[J]. 抚顺石油学院学报, 2001, 21(4): 51-54.
- [6] 张德芬, 宋天民, 陈孝文. 机械振动焊接对残余应力的影响及机理分析[J]. 抚顺石油学院学报, 2001, 21(1): 53-56.
- [7] 王承明. 低应力预处理技术在钻采设备上的应用与分析[J]. 石油矿场机械, 2000, 29(4): 25-27.
- [8] 柳 佳, 朱政强, 陈立功. 应用ADXL50设计的加速度——频率测量仪器[J]. 自动化与仪器仪表, 2004, 30(3): 30-32.

作者简介: 朱政强(1976—), 男, 湖北英山人, 上海交通大学材料科学与工程学院在读博士生, 从事焊接结构强度及断裂方面的研究。