

铝合金交流脉冲双面弧焊工艺试验及特点分析

董红刚¹, 吴 林², 高洪明²

(1. 大连理工大学 材料工程系, 辽宁 大连 116024)

2. 哈尔滨工业大学 现代焊接生产技术国家重点实验室, 哈尔滨 150001)

摘 要: 通过工艺试验, 详细分析了 LY12CZ 铝合金板交流脉冲等离子弧 (PA) - 钨极氩弧 (GTA) 双面弧焊 (DSAW) 的工艺特点。通过与常规钨极氩弧焊和等离子弧焊工艺比较, 发现该工艺可以显著增加熔深, 减小焊后热变形, 提高焊接生产效率。分别采用多孔喷嘴和单孔喷嘴进行了对比试验, 其中采用多孔喷嘴能够有效防止双弧的产生, 采用单孔喷嘴能够获得较大熔深。当采用小孔型交流脉冲双面弧焊工艺焊接铝合金时, 由于小孔的存在, 焊接过程中阴极雾化效果降低, 影响焊缝成形及质量。

关键词: 铝合金; 等离子弧 (PA); 双面弧焊; 小孔

中图分类号: TG 444 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253 - 360X(2005) 11 - 55 - 04



董红刚

0 序 言

焊接技术在制造业中占有举足轻重的地位, 它在汽车、船舶、海洋、航空航天等工业部门都得以广泛应用。提高焊接生产效率, 降低生产成本, 已成为焊接工作者们追求的一大目标, 近几年在焊接领域出现了很多与此相关的新发明、新技巧, 单电源双面电弧焊接工艺就是其中一项^[1, 2]。在该工艺过程中, 工件不接电, 而是将两把焊枪连接于同一台焊接电源的两极, 这样两个电弧就会串联起来工作。Zhang^[3]在对不锈钢板进行小孔型双面弧焊工艺试验中发现, 当在焊接过程中有小孔存在的情况下, 根据最小电压原理, 部分电流将直接穿过小孔, 小孔型双面弧焊的热输入量较常规等离子弧焊至少减少 70%。试验表明, 该工艺具有增加熔深、减小焊后工件热变形等等优点, 尤其适用于中厚板的焊接。

作者以 6 mm 厚 LY12CZ 铝合金板作为焊接材料, 研究等离子弧 (PA) 和钨极氩弧 (GTA) 相组合的双面电弧焊接过程的工艺特点, 以进一步推动其在工程实用性方面的发展。

1 试 验

对于规格为 6 mm × 100 mm × 2 201 mm 的

LY12CZ 铝合金板, 采用交流脉冲双面电弧焊接工艺在平焊位置进行了试验。铝合金双面弧焊工艺试验装置原理图见图 1。

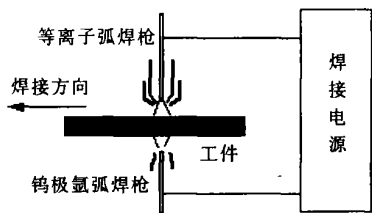


图 1 铝合金双面弧焊试验装置原理图

Fig 1 Schematic diagram of experimental system for aluminum alloy DSAW process

在进行双面电弧焊接工艺试验的过程中, 部分焊接工艺参数设定见表 1。

2 试验结果

采用不同的喷嘴结构做了大量试验, 为方便起见, 根据喷嘴形式的不同, 分为多孔喷嘴和单孔喷嘴加以介绍, 其中多孔喷嘴是在中心孔周围均布有 8 个 $\phi 0.8$ mm 的小孔。

2.1 多孔喷嘴

在图 2 中, 离子气流量为 3 L/min 而焊接峰值电流和基值电流仅为 90 A / 56 A 即可以一次性焊透工件。当将峰值电流升高至 120 A, 离子气流量增加至 4.5 L/min 时, 从图 3 所示焊缝宏观照片中, 可

收稿日期: 2005 - 05 - 28

基金项目: 国防科技重点实验室基金资助项目
(51471050103ZS6103); 高等学校重点实验室访问学者基金资助项目

表 1 铝合金 PA-GTA 双面电弧焊接工艺参数

Table 1 Welding parameters of aluminum alloy PA-GTA double sided arc welding process

等离子焊枪 喷嘴孔道比 $\beta(\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1})$	等离子焊枪 钨极内缩 $t(\text{mm})$	等离子焊枪 喷嘴高度 $h(\text{mm})$	氩弧 弧长 $l(\text{mm})$	PA 保护气 流量 $q_{\text{PA}}(\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$	GTA 保护 气流量 $q_{\text{GTA}}(\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$	等离子焊枪 钨极直径 $D_{\text{等}}(\text{mm})$	氩弧焊枪 钨极直径 $D_{\text{氩}}(\text{mm})$	脉冲 频率 $f(\text{Hz})$	清扫比 (%)	焊接 速度 $v(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$
2.8	3	5	2	10	10	3	3	2.5	50	2

以看出焊缝熔合线的形状由束腰形扩展成几乎平行状态, 熔池下塌也有轻微增加。这表明, 在焊接速度一定的情况下, 焊接电流或离子气流量增加, 均能增加焊缝熔深。

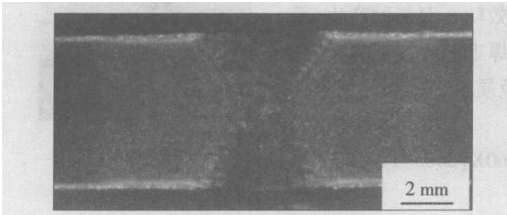


图 2 双面弧焊焊缝横截面宏观照片
Fig 2 Macrograph of weld cross section for DSAW process
注: 材料 LY12CZ 铝合金; 板厚 6 mm; 焊接电流 90 A /56 A; 离子气流量 3 L /min

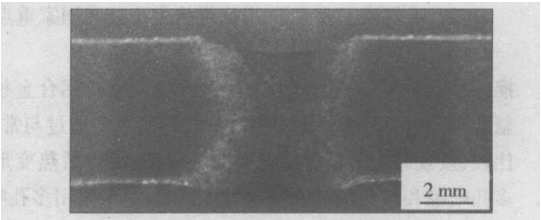


图 4 双面弧焊焊缝横截面宏观照片
Fig 4 Macrograph of weld cross section for DSAW process
注: 材料 LY12CZ 铝合金; 板厚 6 mm; 焊接电流 90 A /48 A; 离子气流量 2.5 L /min

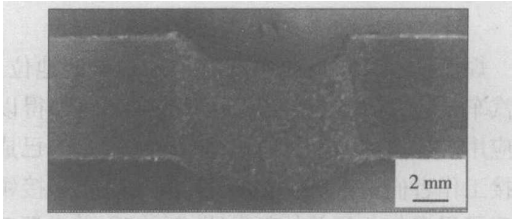


图 5 双面弧焊焊缝横截面宏观照片
Fig 5 Macrograph of weld cross section for DSAW process
注: 材料 LY12CZ 铝合金; 板厚 6 mm; 焊接电流 110 A /40 A; 离子气流量 2.5 L /min

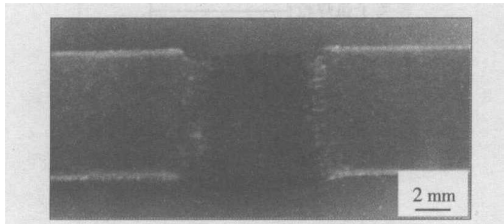


图 3 双面弧焊焊缝横截面宏观照片
Fig 3 Macrograph of weld cross section for DSAW process
注: 材料 LY12CZ 铝合金; 板厚 6 mm; 焊接电流 120 A /56 A; 离子气流量 4.5 L /min

2.2 单孔喷嘴

图 4 ~图 6 中所显示的焊缝宏观照片, 均为采用单孔喷嘴所得到的试验结果。离子气流量为 2.5 L /min, 焊接峰值电流和基值电流为 90 A /48 A 时, 工件处于熔透状态, 对比图 2 和图 4 可以发现, 在相同的焊接电流和焊接速度下, 与多孔喷嘴相比, 单孔喷嘴可以得到更大的熔深。当增加焊接电流和离子气流量, 熔池下塌增加, 而且熔池的下塌是整体性的。

在试验过程中发现, 当等离子弧焊枪采用多孔喷嘴时, 焊接工艺参数调节空间比较大, 而且能够有效地防止双弧的产生, 焊接过程比较稳定。而采用

单孔喷嘴时, 焊接过程中容易产生双弧, 离子气流量的调节范围较小, 在焊缝熔透的情况下, 离子气流量稍微增加即将导致熔池下塌严重或者产生咬边缺陷, 影响焊接质量。

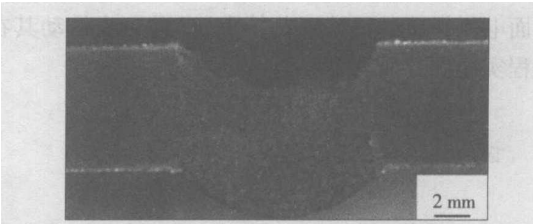


图 6 双面弧焊焊缝横截面宏观照片
Fig 6 Macrograph of weld cross section for DSAW process
注: 材料 LY12CZ 铝合金; 板厚 6 mm; 焊接电流 107 A /38 A; 离子气流量 3 L /min

当采用常规单面交流等离子弧焊接 6 mm 厚铝合金板时,为实现一次性焊透,焊接电流达到 300 A,离子气流量为 4~5 L/min。如果采用常规单面交流脉冲钨极氩弧焊 LY12CZ 铝合金,当板厚仅为 2.5 mm 时,焊接峰值电流和基值电流已分别达到 140 A 和 52 A,当板厚达到 6 mm 时,焊前试件必须开坡口,而且增加焊接层数^[4]。由此可见,双面弧焊增加熔深的效果是相当显著的。而且,在双面电弧焊接过程中,由于在焊件两侧同时存在电弧加热,焊后工件热变形很小。

一般来讲,采用常规单面小孔型等离子弧焊接工艺焊接铝合金,能够有效消除气孔,保证焊缝质量,提高焊接生产效率。在铝合金的 PA-GTA 双面弧焊试验过程中,并没能建立稳定的小孔效应。当熔池中产生小孔,小孔凝固后焊缝表面就会出现黑色的氧化物夹渣,所形成的焊缝照片见图 7。

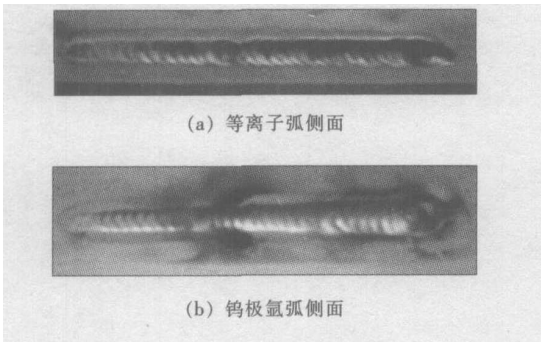


图 7 铝合金双面弧焊过程中出现穿孔的试验结果
Fig 7 Weld appearance of Aluminum alloy DSAW with keyhole

3 铝合金双面弧焊工艺特点分析

对 6 mm 厚 LY12CZ 铝合金板进行的 PA-GTA 双面电弧焊接,采用的是交流脉冲电流,从所得的试验结果可知,焊接时的脉冲平均电流仅为 73 A 时,试件就被一次性焊透,电弧电压为 32 V。若采用常规的交流等离子弧焊,一次性焊透相同厚度的铝合金工件所须采用的焊接电流为 300 A,焊接电压为 18 V。采用常规的钨极氩弧焊,一次性焊透相同厚度的铝合金工件所需采用的焊接电流为 280 A 左右,而且还必须开坡口,焊接层数为 2 或 3 层。高洪明博士采用交流双面 GTA 焊焊接同样厚度的同种铝合金板,一次性焊透所需焊接电流为 100 A,总的焊接电压为 30 V^[5]。可见,如果采用相同的焊接工艺,PA-GTA 双面电弧焊接工艺可以一次性焊透更

厚的试件,能够极大地提高焊接生产率。

由于铝合金材料表面有一层致密的氧化膜,在焊接时,熔化金属以及处于高温下的铝合金很容易发生再氧化。而在钨极氩弧焊中采用反极性时,可以有效去除氧化膜,因此对于铝合金的焊接,宜采用交流电流。在采用 PA-GTA 双面弧焊工艺焊接铝合金板时,由于电弧是在工件的两个侧面进行加热,为去除工件上下表面的氧化膜,也采用了交流电流。当采用 PA-GTA 双面电弧熔入焊时,得到了质量可观的焊缝。但是,若采用 PA-GTA 双面电弧小孔焊,一旦小孔建立,两把焊枪所产生的两个电弧将通过熔池中的小孔连为一体。这时,尽管采用的是交流电流,但是在工件表面已经不能产生阴极雾化作用,所得到的焊缝中会产生夹渣。这就是图 7 中形成小孔后焊缝呈现黑色的原因。铝合金的 PA-GTA 双面电弧熔入焊和小孔焊过程中电流变极性时工件上阴极雾化效果比较图见图 8。

一种理想的情况是,在采用 PA-GTA 双面电弧小孔焊工艺焊接铝合金板时,在工件上产生的小孔孔径比较小,两个电弧并没有完全的串联为一个整体。也就是说仍然有足够比例的焊接电流从工件流过,这样在工件熔池表面上仍然能够聚集足够的负离子,进而产生阴极雾化效果。这种状态如果存在,其可调焊接工艺区间有多大,还有待于做进一步的研究。

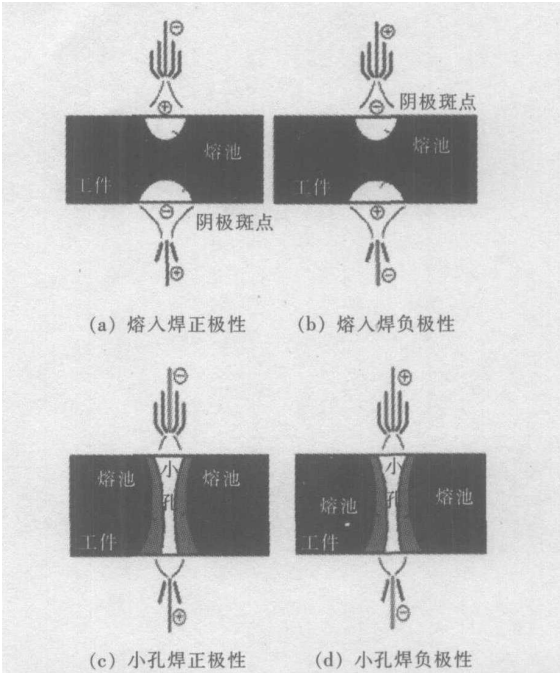


图 8 铝合金双面电弧熔入焊和小孔焊时工件上阴极雾化效果比较图
Fig. 8 Schematic diagram of aluminum alloy double sided arc penetration and keyhole welding

4 结 论

- (1) 采用交流脉冲 PA –GTA 双面弧焊工艺焊接铝合金板可以显著增加焊缝熔深, 减少焊后工件热变形, 提高焊接生产效率。
- (2) 采用多孔喷嘴可以有效防止焊接过程中双弧的产生, 可调焊接工艺区间较大, 而采用单孔喷嘴可以获得更大的熔深。
- (3) 采用小孔型交流脉冲 PA –GTA 双面弧焊工艺焊接铝合金板时, 阴极雾化效果受到负面影响, 获得良好的焊缝质量比较困难。

参考文献:

[1] Zhang Y M, Zhang S B. Double sided arc welding increases

weld joint penetration [J]. Welding Journal 1998 77(6): 57 – 61
[2] Zhang Y M, Zhang S B. Method of arc welding using dual serial opposed torches[J]. U S Patent 1999 (5): 990 446
[3] Zhang Y M, Zhang S B, Jiang M. Keyhole double Sided arc welding process[J]. Welding Journal 2002 81(11): 249 s – 255 s
[4] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册: 焊接方法及设备(第 1 卷) [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995. 131 – 150.
[5] 高洪明. 双面电弧焊接熔池温度场与流场数值模拟及其机理探讨 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2001

作者简介: 董红刚, 男, 1975 年 10 月出生, 工学博士, 讲师。主要研究先进材料连接技术、焊接工艺及热过程数值模拟, 发表论文 10 余篇。
Email donghg@dlut.edu.cn

Structure design of mobile welding robot based on rotating arc sensor for bending weld

MAO Zhi-wei, ZHANG Hua, ZHENG Guo-yun (Robot and welding automation laboratory Nanchang University, Nanchang 330029, China). p51 – 54

Abstract: A mobile welding robot based on rotating arc sensor for bending weld was introduced in this paper. Two middle wheels drove the robot, and two universal wheels were placed in front and the rear of the robot to balance the robot body. It not only enhances the quickness of the robot, but also decreases the difficulty of control. Two DC servomotors controlled the cross-slider. A rotating arc sensor was integrated into welding torch. The structure of sensor was compact and real-time. The connection block of the welding torch and cross-slider was the combination structure. A connection block with rotational joint was used when the angle of welding seam changed frequently or greatly. The robot's structure was compact and agile, which can realize automatic welding of the planar bending weld and the planar fillet weld seam.

Key words: rotating arc sensor; mobile welding robot; fillet weld seam

Experimental characteristic analyses of pulsed AC double-sided arc welding process on aluminum alloy

DONG Hong-gang¹, WU Lin² and GAO Hong-ming² (1. Laboratory of Special Processing of Raw Materials, Department of Materials Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 2. State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p55 – 58

Abstract: The experimental characteristics of pulsed alternating current plasma arc (PA)-gas tungsten arc (GTA) double-sided arc welding process on LY12CZ aluminum alloy were analyzed in detail. Experimental results showed that, compared with regular GTAW and PAW process, the pulse AC PA-GTA double-sided arc welding process can remarkably increase the weld penetration, diminish heat distortion and improve the weld efficiency. Plentiful experiments with multi-nozzle and single nozzle showed that double arc on the plasma arc torch can be prevented effectively with multi-nozzle, and deeper penetration can be reached with single nozzle. Arc cleaning action effect falls after the keyhole was established during keyhole pulsed AC PA-GTA double-sided arc welding process on aluminum alloy, which influences the shape and quality of the weld.

Key words: aluminum alloy; plasma arc (PA); double-sided arc welding; keyhole

Porosity formation mechanism in laser welding 1420 Al-Li alloy

WANG Wei¹, XU Guang-ying¹, DUAN Ai-qin², WANG Xu-you¹, BA Rui-zhang² (1. Harbin Welding Institute, Harbin 150080, China; 2. Beijing Aeronautical Manufacturing Technology Research Institute, Beijing 100024, China). p59 – 62

Abstract: Compared with the traditional 2000 and 7000 series aluminum alloys, 1420 Al-Li alloy decreases density by 12% and increases Young's modulus (E) by 8%, and has excellent corrosion resistance and high temperature properties. Laser welding, as a fast and efficient welding method, has a serious porosity formation tendency in welding 1420 Al-Li alloy. The possible mechanism of porosity formation in laser welding 1420 Al-Li alloy were systematically analyzed. It indicated that the surface impurity is main hydrogen source and must be cleaned up thoroughly. Moreover, alloy elements such as Mg and Li, not only increase the hydrogen solution capacity in weld pool, but also increase the instability of keyhole tip. In order to minimize this instability and improve fluidflow in weld pool appropriate penetration mode should be employed.

Key words: Al-Li alloy; laser welding; porosity

Arc sensor tracking monitoring control system based on LabVIEW

BAI Shao-jun, BAI Li-jun, LI Xi-gong, YIN Shu-yan (College of Mechanical Engineering & Applied Electronic Technology Beijing University of Technology, Beijing 100022, China). p63 – 66

Abstract: The welding parameter monitoring and tracking control system of arc sensor was developed with LabVIEW. Arc sensor tracking monitoring system based on the virtual instrument was discussed. This instrument possessed the ability to analyze on-line and display of electrical parameter wave of the arc sensor. It could control the rotating torch scanning velocity and welding speed as well as implement logical control. Design method and the control flowchart of the arc sensor tracking and monitoring software were realized using LabVIEW.

Key words: arc sensor; parameters monitoring; virtual instrument

Influences of FSW parameters on mechanical properties of LF6/LD10 aluminum alloy

YU Yong-zheng (China FSW Center, Beijing 100024, China). p67 – 70

Abstract: Mechanical properties of welded joint of LF6/LD10 aluminum alloy by FSW were studied. The results showed that welding process parameters have an essential effect on mechanical properties of LF6/LD10 aluminum alloy joint. With low rotation speed, raising welding speed can improve tensile strength of the joint; when rotation speed got higher, changing welding speed was for nothing. When welding speed