

Al-Mg 合金间隙脉冲焊修工艺

沈 维^a, 原津萍^b, 杨军伟^a, 梁志杰^b

(装甲兵工程学院 a. 装备再制造工程系 b. 全军装备表面工程重点实验室, 北京 100072)

摘 要: 针对普通脉冲氩弧焊焊接铝合金存在温度高、热变形大的问题, 研发了间隙交流脉冲氩弧焊焊修工艺, 并进行了试验, 测试分析了堆焊层及热影响区的显微硬度、显微组织以及焊缝上标定点及试板中局部区域的温度场分布。结果表明, 热影响区宽度随焊接电流的增大而增大, 焊接热量输入也增多。在相同电流条件下, 间隙脉冲焊接热量累积较少, 热影响区小, 晶粒相对细小, 硬度值相对较高。与连续脉冲焊接相比, 间隙脉冲焊修工艺作用到基体上的能量比较少, 相对比较集中, 热量累积较少, 使整个热影响区的温度上升比较平缓, 温度较低, 晶粒相对细小, 堆焊层及热影响区硬度高。

关键词: Al-Mg 合金; 间隙脉冲氩弧焊; 显微硬度; 温度; 显微组织

中图分类号: TG444.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2011)06-0083-04

Pulsed Welding Repairing Technology of Al-Mg Alloys

SHEN Wei^a, YUAN Jin-ping^b, YANG Jun-wei^a, LIANG Zhi-jie^b

(a. Department of Equipment Remanufacture Engineering, b. Key Laboratory for Surface Engineering of PLA, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing 100072)

Abstract: An experimental investigation of ac pulsed argon arc welding of the Al-Mg alloy was carried out under the condition of the defects of the high temperature and thermal deformation. The Vickers microhardness profiles were measured by microhardness tester. The temperature of the calibration point was examined by FlirA20. And the microstructure of the welded joints was examined by means of Olympus optical. The experiment results show that the width of HAZ increases while the current increases and welding heat input increases. In the same current conditions, the pulsed welding heating heat accumulation become less, the microstructure is better and the microhardness become higher. Compared with argon arc welding, the energy on the Al-Mg alloy is lesser, and relatively concentrated, which make the temmperature of the whole HAZ rises slowly. It was effective to resist the less heat accumulation, the better microstructure and the higher microhardness of the clad layer and HAZ.

Key words: Al-Mg alloy; intermittence pulsed tungsten argon arc welding; microhardness; temperature; microstructure

0 引 言

由于铝具有储量大、开采与冶炼工艺相对较易、加工性能好、密度小、比强度高、导电性好、外观美、价格适中等特点, 使铝及其合金不但在航空、航天、舰船等军事工业, 而且在建材、家电、电力和电信线缆等民用工业中占有重要的地位, 起着日益重要的作用, 它是 20 世纪发展最快的金属材料^[1]。由于铸造铝合金固有的特点和现有工艺的局限性, 难以避免铸件中疏松、缩孔、气孔及氧化夹杂等缺陷。这些缺陷明显降低了铸件的力学性能, 容易在工件表面形成裂纹和划痕,

因而出现了许多铝合金零件的表面修复技术。目前常用的是非熔化极或熔化极焊接方法来焊接修复铝合金, 但是, 这两种焊接方法在焊接修复过程中, 易出现气孔、裂纹、变形等缺陷^[2]。基于这一点, 文中研究了间隙交流脉冲氩弧焊焊接铸造铝合金的工艺。

1 技术原理

间隙交流脉冲氩弧焊原理是利用占空比控制盒调节交流脉冲氩弧焊的能量输出, 减少过多的能量输出, 使修补材料和工件迅速熔结在一起, 达到修补的目的^[1-3], 其设备脉冲示意图如图 1 所示。

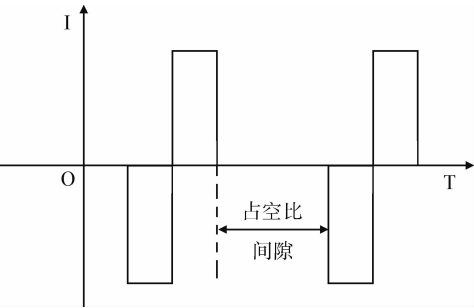


图 1 设备原理图

Fig. 1 The principle of the equipment

2 试验方法

2.1 试样制备方法

焊接材料为 $\Phi 1.2\text{ mm}$ 的 S311 焊丝, 基体材料为 $100\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 的 Al-Mg 系铝板, 其化学成分见表 1, 焊接电弧长度 4 mm , 焊接氩气流量 10 L/min , 通过焊缝成形试验, 选定焊接电流分别为 200 A 、 150 A , 占空比为 50% , 分别采用普通脉冲氩弧焊和间隙交流脉冲氩弧焊制备试样。对比不同工艺对焊接温度场以及堆焊层的表面形貌、微观组织和显微硬度的影响。

表 1 Al-Mg 合金的化学成分(质量分数/%)

Table 1 Chemical composition of Al-Mg alloy(wt%)

Mg	Mn	Fe	Al
1.19	1.02	1.38	96.41

2.2 性能测试及分析方法

FlirA20 红外测温仪测温, 将试样加热至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 并测温, 通过调整发射率参数使测试温度与试样实际温度一致。用 Canon A610 数码相机获取焊道宏观形貌。取距堆焊层起始点 7 cm 处为标定点, 并截取此点纵向剖面, 制成金相试样, 用 $7\% \text{ HF} + 10\% \text{ HCL} + 17\% \text{ HNO}_3 + 66\% \text{ H}_2\text{O}$ 配成的腐蚀液侵蚀试样后, 在 Olympus 金相显微镜下观察堆焊层显微组织。HX-1000B 视频显示维氏硬度计从“堆焊层-界面-基体”依次连续测试硬度, 测试间距 $300\text{ }\mu\text{m}$, 试验载荷 100 g , 加载时间 30 s 。

3 试验结果与分析

3.1 焊缝表面形貌

图 2 和图 3 分别是连续交流脉冲和间隙交流脉冲氩弧焊制备的堆焊层表面形貌。可以看出, 焊道成形良好, 未见有气孔和微裂纹存在。

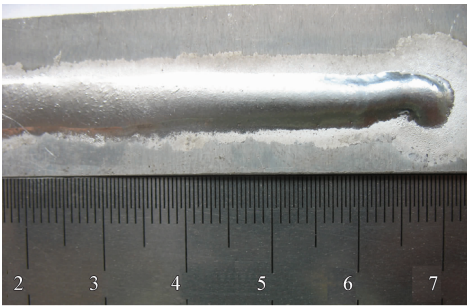


图 2 连续交流脉冲堆焊层表面形貌

Fig. 2 Morphology of the clad layer prepared by continuous pulsed tungsten argon arc welding

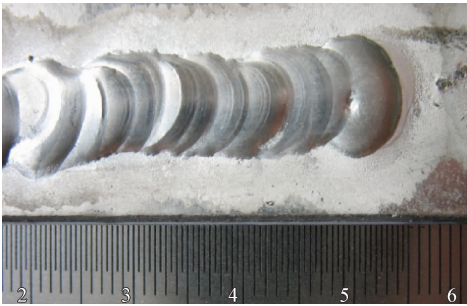


图 3 间隙交流脉冲堆焊层表面形貌

Fig. 3 Morphology of the clad layer prepared by intermittence pulsed tungsten argon arc welding

3.2 显微硬度

图 4 是焊接电流分别为 200 A 和 150 A 时采用间隙交流脉冲氩弧焊和普通交流脉冲氩弧焊得到的试样的显微硬度。由图 4 可以看出, 从“堆焊层-界面-基体”硬度值总体变化趋势比较平缓, 靠近界面融合线附近的热影响区硬度略有下降^[3]。

3.3 试样温度场测试

图 5 为试样在间隙交流脉冲氩弧焊和连续交流脉冲氩弧焊条件下试板中某区域的平均温度随时间变化的曲线。随着时间的延长, 试样的温度也随着提高。但对比两条温度曲线, 间隙脉冲试样的平均温度低于连续脉冲试样, 并随着焊接电流的增大, 试样的平均温度上升速度加快。

图 6 分别为焊接电流为 200 A 和 150 A 采用连续和间隙脉冲工艺焊接时所经历的焊接热循环曲线。间隙脉冲工艺由于两个脉冲之间有一个短暂的冷却过程, 温度明显低于连续脉冲工艺条件下两脉冲间的温度, 在焊接完成时, 间隙脉冲条件下试件的焊接终了温度较低。这主要是由于间隙脉冲工艺的热输出少于连续脉冲工艺, 热量累积较少的缘故。

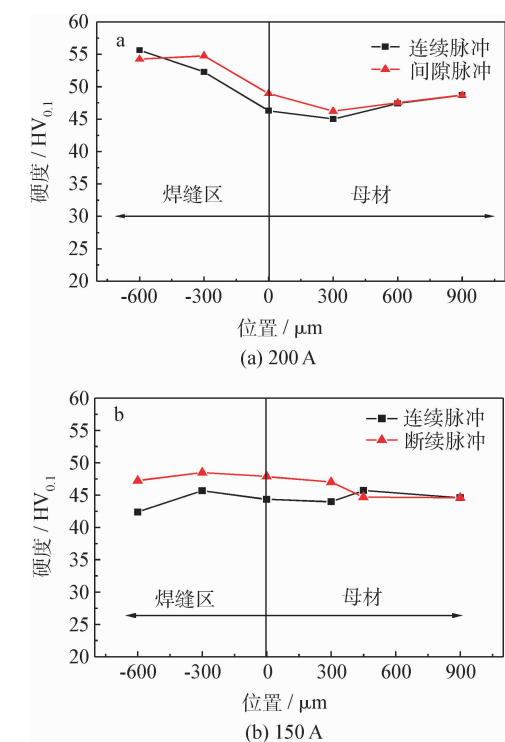


图 4 堆焊层显微硬度分布

Fig. 4 Microhardness distribution of the clad layer

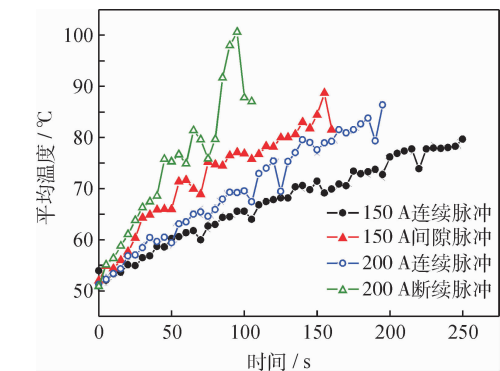


图 5 试样温度曲线

Fig. 5 Temperature curves of the samples

3.4 堆焊层显微组织分析

图 7 分别为焊接电流为 200 A 和 150 A 采用连续和间隙脉冲工艺焊接时堆焊层的显微组织。从图 7 中可知,在连续脉冲工艺条件下,由于热输入高,导致母材对基体的稀释率大,在母材与基体之间产生了较宽的过渡区,且连续脉冲条件下的热影响区宽度明显比间隙脉冲得到的大。

焊接电流为 200 A 时的焊接热影响区宽度大于 150 A 时的焊接热影响区宽度。对比显微组织照片可以看出,间隙脉冲条件下得到的组织相对细小。靠近熔合线的焊缝晶粒由于散热速

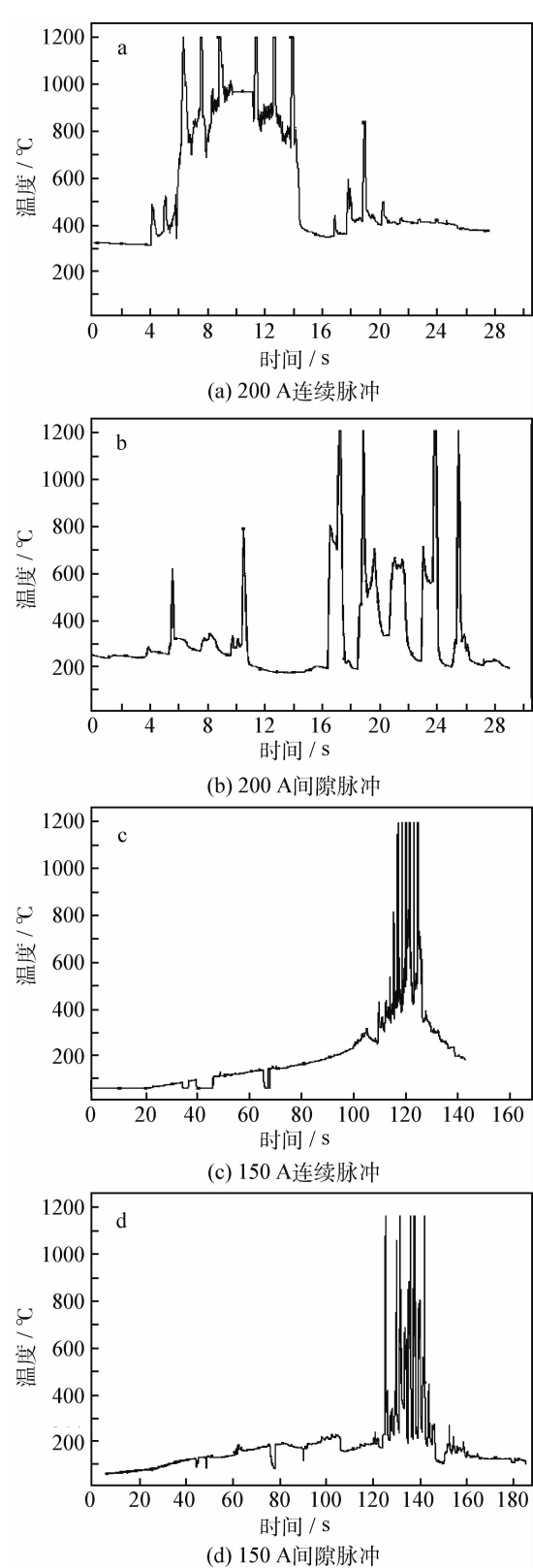
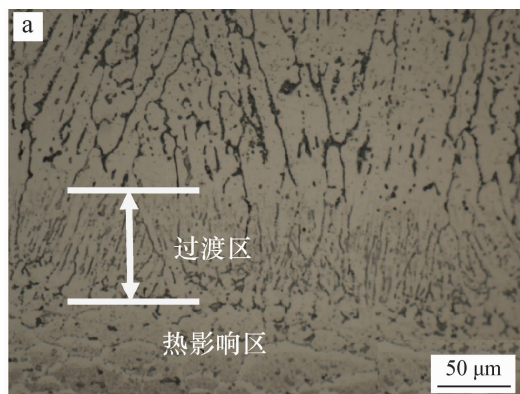


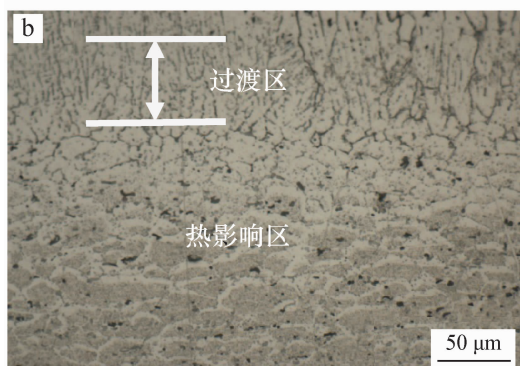
图 6 标定点的热循环曲线

Fig. 6 Thermal cycle curves of the calibration point

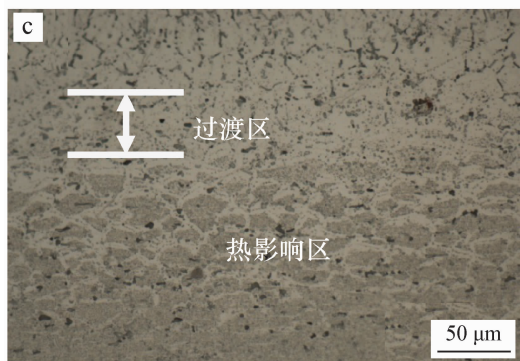
度相对较快,晶粒有长大的趋势,因此其组织沿散热方向呈粗大的柱状晶^[4-5]。



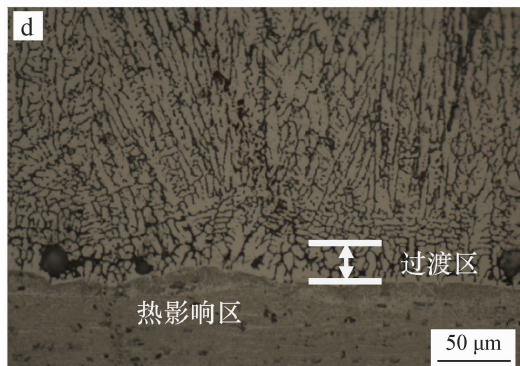
(a) 200 A连续脉冲



(b) 200 A间隙脉冲



(c) 150 A连续脉冲



(d) 150 A间隙脉冲

图7 堆焊层显微组织

Fig. 7 Microstructure of the clad layer

综上所述,由于间隙交流脉冲氩弧焊作用到基体上的能量比较少,相对比较集中,热量累积较少,使整个热影响区的温度上升比较平缓,温度较低,所形成的晶粒比较细小,提高了堆焊层和热影响区的材料硬度^[6-8]。

4 结 论

(1) 熔合线附近的热影响区是堆焊层硬度值最低的区域,焊接热影响区的硬度值随距熔合线距离的增大而变大。热影响区的宽度随焊接热输入的增大而增大。在相同电流条件下,采用间隙脉冲焊接,堆焊层及热影响区的平均硬度值高于连续脉冲。

(2) 在相同电流条件下,连续脉冲焊接热量累积明显,焊件温度升高相对较快,在焊接标定点处,连续脉冲下的温度远高于间隙脉冲下的温度。

(3) 受焊接热量的影响,温度高,晶粒粗化。热影响区宽度随焊接电流的增大而增大,焊接热量输入也越多。在相同电流条件下,间隙脉冲焊接热量累积较少,热影响区小,晶粒相对细小,硬度值相对较高。

参考文献

- [1] 梁志杰, 孟令东, 杨军伟, 等. 类激光高能脉冲精密冷补技术的研究与发展 [J]. 第八届表面工程学术会议, 2004: 394-398.
- [2] 张庆, 孟令东, 杨军伟, 等. 高能脉冲精密冷补技术用于修复零件表面局部缺损研究 [J]. 中国表面工程, 2010, 23(1): 12-15.
- [3] 杨军伟, 张庆, 孟令东. 类激光高能脉冲冷补技术用于铸造缺陷的修复 [J]. 铸造技术, 2011(5): 622.
- [4] Stauffer Herbert. Problems by welding aluminium matrixcomposites [C]. European Conference on Laser Treatment of Materials. 1998, Hanover, Germany: 259-264.
- [5] 陈茂爱, 陈俊华, 高进强. 复合材料的焊接 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [6] 吴林. 焊接手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [7] 李同道, 王勇, 赫庆坤, 等. 45 钢多次激光相变硬化组织与性能研究 [J]. 中国表面工程, 2007, 20(2): 33-36.
- [8] 胡仲翔, 杨军伟, 李强. 微区脉冲点焊技术用于模具修复 [J]. 中国表面工程, 2002, 15(1): 21-23.

作者地址: 北京市丰台区杜家坎 21 号

100072

装甲兵工程学院 装备再制造工程系

Tel: 158 1116 4366

E-mail: 76177571@qq.com