

异厚度铝合金激光拼焊残余应力场测试研究

熊进辉¹, 余淑荣^{1,2}, 樊丁^{1,2}, 张明文¹

(1. 兰州理工大学 有色金属合金省部共建教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730050;

2. 兰州理工大学 甘肃省有色金属新材料省部共建国家重点实验室, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 采用小孔释法检测异厚度铝合金激光拼焊后的残余应力场, 分析残余应力产生的原因和规律, 对比薄厚两板残余应力场的差异。测量分析结果表明: 异厚度铝合金激光拼焊残余应力场分布规律与普通熔焊方法相似, 但分布区域较窄; 薄板残余应力场与厚板分布相似, 但残余应力值范围较大。

关键词: 铝合金; 激光拼焊; 异厚度; 残余应力; 小孔释法

中图分类号: TG456.7; TG404

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2006) 19-0063-02

Measuring on Residual Stresses Field of Aluminum Alloy of Different Thickness in Laser Welding

XIONG Jin-hui¹, YU Shu-rong^{1,2}, FAN Ding^{1,2}, ZHANG Ming-wen¹

(1. Key Lab. of Non-ferrous Metal Alloys, The Ministry of Education; Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China;

2. State Key Lab. of Gansu Advanced Non-ferrous Metal Materials, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China)

Abstract: The residual stress of aluminum alloy of different thickness in laser welding was measured by a hole-drilling technique, the rule and reason of producing residual stress were analyzed. The differences between thin plate and thick plate were compared. The results show that the residual stress distribution of different thickness in laser welding is similar to that in traditional fusion welding process, but the zones of distribution are narrower; the residual stress distribution of thin plate in laser welding is similar to that of the thick plate, but the zones of distribution are bigger.

Key words: aluminum alloy; laser welding; different thickness; residual stress; hole-drilling technique

目前国际上对于交通工具如汽车、火车等的开发研究正向着高效能、低能耗、低排放方向发展。剪裁拼焊板(Tailored Welded Blanks)是近年来发展起来的一种新技术, 激光剪裁拼焊板是将不同材质、不同厚度的板料经过剪裁后, 用激光焊接拼成各种坯板, 然后整体冲压成形的一种加工工艺。剪裁拼焊钢板在汽车工业中的使用, 有效地节省了材料, 降低了车体重量, 从而获得了很大的经济效益。而铝合金剪裁拼焊板目前还没有实际应用于交通工具, 国际上对铝合金剪裁拼焊板的研究是一个前沿热点^[1]。

激光焊接是一个快速而不均匀的热循环过程, 焊缝附近会出现很大的温度梯度, 在焊后的结构中也会出现不同程度的残余应力和变形。一般认为铝合金焊缝中的焊接残余应力可以达到

0.6~0.8 σ_s ^[2], 但对于能量集中、焊接速度快的激光焊接来说, 其焊接残余应力可达到屈服极限。高的焊接残余应力可能引起脆性断裂、疲劳断裂、应力腐蚀破坏, 这些都成为影响焊接结构质量和使用性能的重要因素。所以, 准确的测量与认识异厚度铝合金激光拼焊残余应力场, 分析其产生的规律, 对控制焊后残余应力与变形, 提高焊接结构质量和使用性能都有很深刻的现实意义。

1 试验方法与设备

1.1 试样材料与规格

试验用材是防锈铝合金 5A06 (旧牌号 LF6), 所用异厚度铝合金激光拼焊板试样尺寸见图 1。

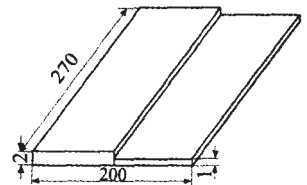


图 1 拼焊板试样外观尺寸

1.2 激光焊接系统

试验所用激光加工系统为德国 ROFIN 公司的射频激励扩散冷却 CO₂ 激光加工系统, 最大输出功率 3 kW, 最小光斑直径 0.15 mm, 波长 10.6

收稿日期: 2006-07-06

作者简介: 教育部“春晖计划”资助项目(Z2004-1-62008); 甘肃省自然科学基金资助项目(3ZS041-A25-031)

作者简介: 熊进辉(1980-), 男, 甘肃兰州人, 硕士研究生, 主要研究方向为激光焊接及其数值模拟; 电话: 0931-2976097; E-mail: xiongjinhui@126.com

μm 。激光为连续输出,模式 TEM01,辅助气体为氩气,常用压力 2 N/cm^2 。

1.3 残余应力测试设备与方法

采用小孔释放法^[3]对拼焊板试样进行残余应力应用测试。测试在常温下进行,采用 BE120-2CA-K 电阻应变花及相应胶水贴片,应变仪采用 XL2101B6 型静态电阻应变仪,测量应变的变化,同时连接计算机,通过相应的测试软件对测试的应变值进行处理,直接得出小孔附近的残余应力分布。钻孔直径为 2.0 mm 。钻孔停止后,观察应变仪动态读数,等待读数稳定后,取几次数据的平均值作为测试结果。

测试点位置按下面两种方式布置:第一种方式可以对比沿焊缝方向薄厚两板残余应力分布,薄厚两板的测量点距焊缝中心 5 mm ,两端的测量点距端面 45 mm ,中间的测量点位于板件中心;第二种方式可以对比垂直于焊缝方向薄厚两板残余应力的分布,薄厚两板的测量点距焊缝中心的距离分别为 2 mm 、 5 mm 、 15 mm 、 25 mm 。

2 检测结果与分析

测量点按方式一排布时,薄厚两板纵向、横向残余应力沿焊缝方向的分布如图 2 所示(激光焊接参数:功率 1.5 kW 、焊速 1.1 m/min 、离焦量 -0.9)。因测试点距焊缝中心 5 mm ,远离热影响区,则其纵向应力处于压应力区范围,所以测得的纵向应力都是压应力,且中心位置的压应力高于两端。异厚度铝合金激光拼焊残余应力场分布规律与普通熔焊方法相似,但分布区域较窄。薄板残余应力分布规律与厚板相似,但由于在同种热输入情况下,薄板熔宽比厚板宽,薄板的塑性变形范围大于厚板,因此残余应力值范围相应较大,在同一测量点,其测量值比厚板更偏向于拉应力。

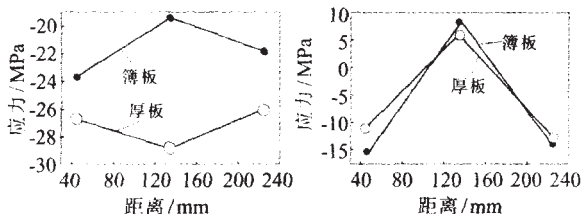


图 2 沿焊缝方向的应力分布(a-纵向;b-横向)

对于横向应力,其分布规律为沿焊缝方向,两端为压应力,中心部分为拉应力。由于薄板的残余

应力场范围较大,在同一测量点,薄板的应力值大于厚板,且分布更倾斜。

测量点按方式二排布时,薄厚两板纵向、横向残余应力在焊缝垂直方向的分布如图 3 所示(激光焊接参数:功率 1.5 kW 、焊速 1.2 m/min 、离焦量 -2)。可见,焊缝及其附近区域中的纵向应力是拉应力,远离焊缝处逐渐过渡到压应力。薄板残余应力范围更大,热影响区更宽,拉应力范围比厚板宽。铝材热影响区的纵向应力较低,最大仅为 $0.4\sim 0.6$ 。造成这种情况的原因,可能是由于铝的导热系数较高,使热场的等温线接近于正圆形,与沿焊缝同时加热的模型相差悬殊,因而平面变形假设与实际出入较大。在焊接过程中材料受热膨胀,实际上受到的限制比平面假设时要小,因此压缩塑性变形降低,残余应力因而降低。

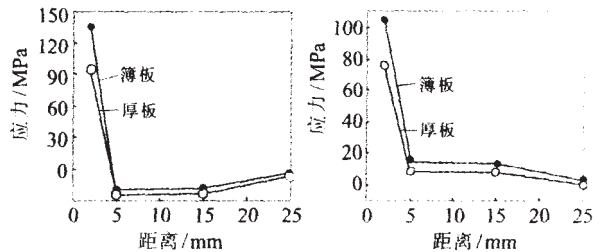


图 3 垂直焊缝方向上的应力分布(a-纵向;b-横向)

焊缝中心的横向应力为拉应力,并随着距焊缝的距离增加而减小。相同测量点,薄板残余应力大于厚板,即薄板残余应力场范围比厚板大。横向应力的来源主要有两个,一是焊缝及其附近的塑性变形区的纵向收缩引起的;二是由焊缝及其附近塑性变形区的横向收缩的不同时性所引起的。

3 结论

利用小孔释放法测试异厚度铝合金激光拼焊后的残余应力场,对结果进行分析发现,异厚度铝合金激光拼焊残余应力场分布规律与普通熔焊方法相似,但分布区域较窄。薄板应力分布规律与厚板相似,但残余应力场范围较大。

参考文献:

- [1] 余淑荣,樊丁,陈剑虹,等.铝合金激光剪裁拼焊板技术[A].汽车焊接国际论坛论文集[C].上海:中国机械工程学会,2003.299-303.
- [2] 田锡唐.焊接结构[M].北京:机械工业出版社,1981.48.
- [3] 何小东,史交齐,冯耀荣.BT20 钛合金激光焊接残余应力场及热处理研究[J].热加工工艺,2005,(5):45-47.