

2A12铝合金TIG焊接头组织性能分析

李龙庆,王 艳,王君君,张 波

(西华大学 材料学院,四川 成都 610039)

摘要:采用普通交流TIG焊和随TIG焊旋转挤压两种方法对2A12铝合金薄板进行焊接,分别对焊接熔合区、热影响区和焊缝区的显微组织进行晶相分析。结果表明,与普通交流TIG焊相比,随TIG焊旋转挤压法对变形和气孔的控制效果较好,得到的焊缝组织晶粒细小而均匀,有效降低了残余应力,提高了焊接接头的力学性能。对焊接接头进行拉伸试验,拉伸试样断裂的位置均为焊缝区,焊缝在冷却过程中由于偏析而生成的低熔点共晶 θ 相和S相使得力学性能下降,且随焊旋转挤压法焊接接头的抗拉强度和屈服强度约为普通交流TIG焊接头的1.2倍。

关键词:2A12 铝合金;TIG 焊;随TIG 焊旋转挤压法

中图分类号: TG444+.72

文献标识码: B

文章编号: 1001-2303(2013)04-0080-03

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2013.04.18

Analysis on the microstructure and properties of welding joint of 2A12 aluminum alloy in TIG welding

LI Long-qing, WANG Yan, WANG Jun-jun, ZHANG Bo

(School of Material Science & Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: The ordinary alternating current(AC) tungsten inert gas(TIG) welding and the rotating extrusion with TIG welding have been applied to weld 2A12 alloy, the microstructure of fusion zone, heat-affect zone and welding line zone were analysed respectively. The results showed that comparing with the ordinary AC TIG welding, the rotating extrusion with TIG welding have a good effect on controlling the deformation and pores, and the grain size of welding line was small and uniform. Decreasing residual stress and improving the mechanical properties of welding joint efficiently. The tensile tests showed that the fracture of tensile specimen is located in welding line. The mechanical properties of welding line decreased due to the segregation eutectic θ phase and S phase with low melting points generated in the cool process. The rotating extrusion with TIG welding is about 1.2 times tensile strength and yield strength of the ordinary AC TIG welding.

Key words: 2A12 Al alloys; TIG welding; rotating extrusion with TIG welding

0 前言

2A12 铝合金是典型的硬铝合金,具有较高的室温强度和良好的高温和超低温性能^[1],可以用于制作各种高负荷的零件和构件(但不包括冲压件锻件),如飞机上的骨架零件、蒙皮、隔框、翼肋、翼梁、铆钉等工作零件(150℃以下);但是由于 Al-Cu-Mg 系铝合金的焊接性较差,2A12 铝合金在熔焊时容易出现气孔、热裂纹和变形等问题^[2],一定程度上限制

了2A12 铝合金的应用。本研究通过采用随焊旋转挤压的方法在很大程度上改善了2A12 铝合金在TIG 焊时遇到的问题。

1 试验方法

试验所用基体材料为2A12 铝合金板,尺寸为150 mm×50 mm×3 mm,其主要化学成分和力学性能分别如表1、表2所示。

选用型号为WSE-315、500 交直流脉冲手工钨极氩弧焊机对2A12 铝合金进行焊接,焊接参数如表3所示。随TIG 焊旋转挤压基本原理如图1所示。

收稿日期:2012-08-01;修回日期:2012-10-22

作者简介:李龙庆(1988—),男,黑龙江齐齐哈尔人,在读硕士,主要从事铝合金连接技术的研究。

表1 2A12 铝合金化学成分 %

$w(\text{Cu})$	$w(\text{Mn})$	$w(\text{Mg})$	$w(\text{Fe})$	$w(\text{Si})$	$w(\text{Zn})$	$w(\text{Al})$
3.8~4.9	3.8~4.9	1.2~1.8	0.5	0.5	0.3	余量

表2 2A12 铝合金力学性能

抗拉强度	屈服强度	伸长率	断面收缩率	布氏硬度
σ_b/MPa	σ_s/MPa	$\delta/\%$	$\psi/\%$	/HB
470	330	17	30	105

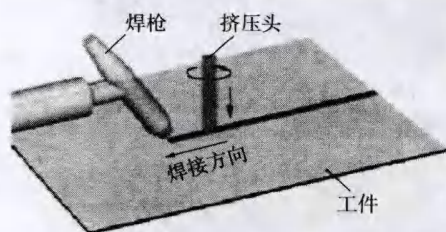


图1 随TIG焊旋转挤压基本原理

表3 焊接工艺参数

焊接工艺	焊接 电流 /A	起始 电流 /A	气体 流量 $Q/\text{L}\cdot\text{M}^{-1}$	焊接 速度 $v/\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$	钨极 直径 ϕ/mm
普通交流TIG焊	100	40	8	6	2.4
随TIG焊旋转挤压	100	40	8	6	2.4

2 试验结果分析

2.1 显微组织分析

将制好的试件抛光腐蚀(腐蚀液配方 $2\%\text{HNO}_3+5\%\text{HCl}+1\%\text{HF}$),利用光学显微镜进行观察,普通交流TIG焊和随TIG焊旋转挤压焊接头的显微组织如图2所示。

图2a和图2b是焊接接头熔合线附近的组织。熔合区是焊缝与母材交界的区域,组织呈现明显的不均匀性,晶粒大小不一。图2a左上方是近焊缝区组织,呈柱状树枝晶,但明显存在气孔缺陷,使得这一区域容易产生断裂,而随TIG焊旋转挤压方法熔合区内没有气孔的产生,见图2b。究其原因:在焊接过程中熔池溶入了大量的氢,随着温度的下降氢的溶解度急剧减小,同时由于铝合金冷却速度较快,铝合金的密度较小,形成的气泡受到的浮力较低^[9],熔合区边缘的气体没有得到充分的震动而难以排出,因而在此区域产生气孔;而随焊旋转挤压方法通过挤压有利于焊缝内部气体的释放,从而减少了气孔的产生,使焊缝区域更加致密,同时也减少了沿着气孔产生裂纹的可能。

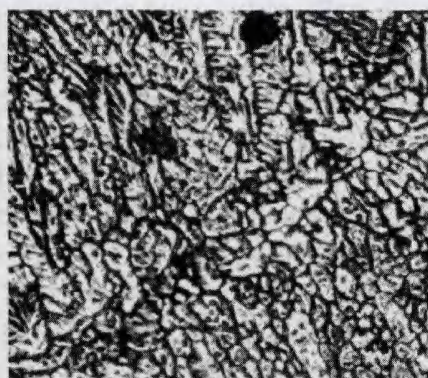
图2d为随TIG焊旋转挤压法得到的焊缝组织,在 α 基体上均匀分布着S(Al_2CuMg)相和 θ (Al_2Cu)相,相对于母材,硬脆相的含量明显降低,且大多数分布在晶界处,而与普通TIG焊缝相比较(见图2c),晶粒细小而均匀,主要是由于压头在焊缝冷却过程中对其有一个纵向压缩和周向的拉升,在结晶过程中由于受到外力作用使正在长大的晶体碎裂成几个结晶核心,并且由于震动,液态金属中的晶核提前形成,从而提高了形核率,细化了组织;随TIG焊旋转挤压法焊缝的强度高于普通TIG焊缝强度,但两者的强度均远远低于母材的强度,此区域在拉伸过程中很容易断裂。图2e为普通交流TIG焊热影响区显微组织,可以看出,其晶粒组织粗大,靠近熔合区晶粒长大,在枝晶交界处,白色的基体 α 相上方有大量粗大的S(Al_2CuMg)相沿着晶界析出,并且还有许多小S(Al_2CuMg)相颗粒镶嵌在 θ (Al_2Cu)相上,其中浅色的为 θ 相,深色的为S相;图2f所示其组织依然主要由 α 相、S相和 θ 相组成,但可以看出,热影响区中S相沿着晶界析出,数量较少,晶粒尺寸较小,由于交流TIG焊接热输入较大对热影响区的组织影响很大,而旋转挤压可以增大热量的传输从而使热量对热影响区的影响降低。

2.2 接头的力学性能

将制备好的试件在万能试验机上进行拉伸试验,结果如表4所示。对比表4和表2可知,随TIG焊旋转挤压方法得到的焊接接头的屈服强度和抗拉强度分别是母材的80%和65%,而普通交流TIG焊接头的屈服强度和抗拉强度分别是母材的68%和54%。主要是由于在焊接过程中局部产生集中热源,在被焊工件中造成了热源附近温度很高而远离热源的区域温度较低的不均匀温度场,在此温度场的驱使下,近缝区金属的热膨胀因受到两侧较冷部分的约束限制而产生弹塑性压缩变形;而随焊旋转挤压方法则是通过特定形状的挤压头对冷却过程中的焊缝金属施加适度的旋转挤压作用,由于电弧刚刚加热过的焊缝金属的温度较高,只需要很小的动力就可以使其产生较大的塑形延展变形,从而抵消焊缝及其附近区域的缩短变性,达到控制焊接变形和降低焊接残余应力的作用,同时起到了改善焊缝组织和性能的作用。

3 结论

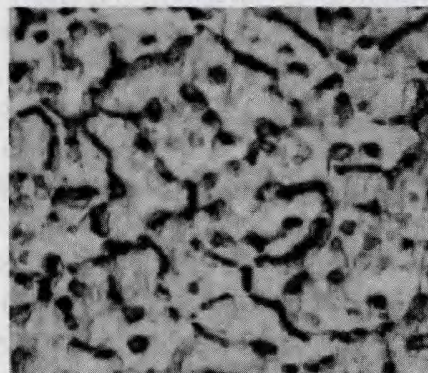
(1)随TIG焊旋转挤压方法与普通交流TIG焊



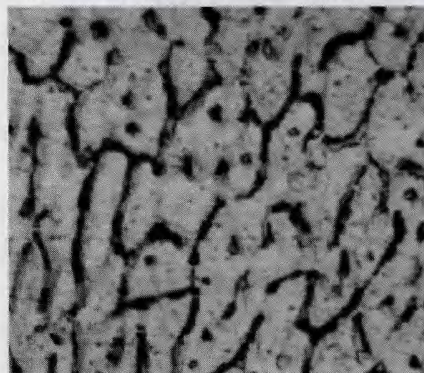
a 普通交流 TIG 焊熔合区显微组织(100×)



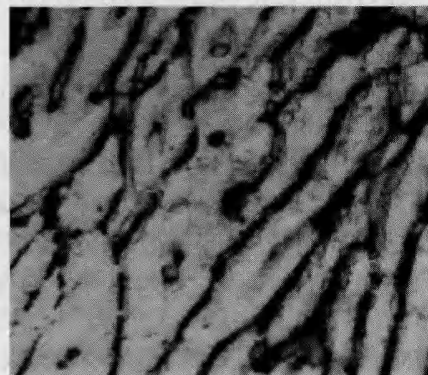
b 随 TIG 焊旋转挤压熔合区显微组织(100×)



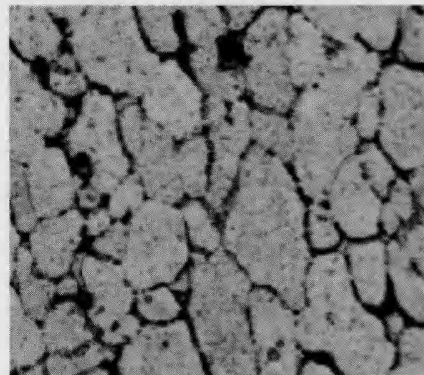
c 普通交流 TIG 焊焊缝区显微组织(400×)



d 随 TIG 焊旋转挤压焊缝区显微组织(400×)



e 普通交流 TIG 焊热影响区显微组织(400×)



f 随 TIG 焊旋转挤压热影响区显微组织(400×)

图2 普通交流 TIG 焊和随 TIG 焊旋转挤压 TIG 焊接头的显微组织

表4 焊接接头力学性能

焊接工艺	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	最大力 F/N	试样面积 S/mm ²
普通交流 TIG 焊	255	225	144 677.88	57.4
随 TIG 焊旋转挤压	305	265	16 991.99	57.8

比较,可以细化晶粒,减少焊接变形和降低残余应力,有效减少甚至消除熔合区的气孔缺陷。

(2)随 TIG 焊旋转挤压有效改善焊缝的力学性能,与普通交流 TIG 焊比较,焊接接头的抗拉强度

由 255 MPa 提高到 305 MPa,屈服强度由 225 MPa 提高到 265 MPa。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会焊接学会.焊接手册(第2卷)[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [2] 屈金山,张鑫,黎明.薄板Al合金的TIG焊接头性能研究[J].新技术新工艺,2006(2):3-5.
- [3] 李亚江.焊接冶金学—材料的焊接性[M].北京:机械工业出版社,2008:153-159.