

· 轻合金及其加工 ·

添加活性剂对 ZA14 铝合金 钨极氩弧焊接接头性能的影响

綦秀玲, 张 勇

(辽宁工程技术大学材料科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘 要:为了提高 ZA14 高强铝合金钨极氩弧焊的效率, 将粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 作为活性剂涂敷在试件表面, 采用钨极氩弧焊方式进行焊接。研究了粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 作为活性剂对焊缝深宽比、显微组织和接头的显微硬度的影响。结果表明, 粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 的涂敷均会使焊缝熔宽增加、熔深加大, 添加活性剂焊件的焊缝及焊接热影响区硬度高于常规焊接件的。

关键词: ZA14; 粉煤灰; TiO_2 ; 深宽比; 硬度

中图分类号: TG456.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1752(2015)06-0050-4

DOI: 10.13662/j.cnki.qjs.2015.06.012

Effect of added active flux on the aluminum alloy welding joint properties of ZA14 by the technology of TIG

Qi Xiuling and Zhang Yong

(College of Materials Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: When joining the work pieces by the technology of TIG, active flux of fly ash and fly ash with TiO_2 were utilized to increase the welding efficiency of the high strength aluminum alloy of ZA14. In order to study the effect of active flux on the depth to width ratio, microstructure and micro hardness of the joint, metallographic observation and hardness test were carried out. The experimental results showed that the width and depth were increased, while the hardness of the fly ash and fly ash with TiO_2 as active flux welding seam and HAZ kept higher value than normal welding work pieces.

Key words: ZA14; fly ash; TiO_2 ; depth to width ratio; hardness

铝合金具有重量轻(钨极氩弧焊)和耐腐蚀等优点,已在化工容器、航空航天、船舶车辆和电力电子等行业得到广泛应用,成为最常用的有色金属材料之一^[1~2]。对铝合金焊接方法和工艺的研究日益受到人们的重视。由于铝合金的导热系数和比热容都很大,焊接变形大。通常采用的都是能量集中的焊接方法,如钨极氩弧焊、等离子焊、电子束和激光焊等,其中以交流 TIG 钨极氩弧焊最为常见^[3]。但 TIG 焊所获得的单道焊缝的熔深较浅,有时还需要采取预热等工艺措施。从而增大了施工难度和焊接成本,降低了生产效率。

近年来, A-TIG (Activating flux TIG) 焊日益受到人们的重视,该方法通过传统 TIG 焊前将很薄的一层表面活性剂(简称 A-TIG 焊活性剂)涂敷在施焊板材表面可使得焊接熔深显著增加,达到传统 TIG 焊的 2~3 倍。从而大大提高了焊接生产效率,降低了生产成本。目前, A-TIG 焊接法已经应用于

焊接不锈钢、碳钢、C-Mn 钢、镍基合金及钛合金等多种金属材料^[4~6]。

粉煤灰,是从煤燃烧后的烟气中收捕下来的细灰,粉煤灰是燃煤电厂排出的主要固体废物^[7~8]。但同时,粉煤灰象其它矿产资源一样具有巨大的经济价值,是一种具有较高资源价值的物质。其化学成分主要为 SiO_2 、 Al_2O_3 和碱性金属氧化物的混合物,而金属氧化物可作为活性剂在钨极氩弧焊过程中起到增加熔池熔深的作用^[9]。

以 ZA14 铝合金作为试验材料,研究粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 对工件焊缝成形的影响,为确定 ZA14 铝合金所适用的活性剂,以及利用固体废弃物粉煤灰及其与氧化物的复合活性剂在焊接生产中的应用奠定研究基础。

1 A-TIG 工艺试验

1.1 试验材料

本试验所选用的材料是 2A14 铝合金,属于锻铝,是 Al-Mg-Si-Cu 系合金,其化学成分如表 1 所示。

表 1 2A14 铝合金的化学成分(质量百分比%)

Si	Cu	Mg	Mn	Ti	Zn
0.6~1.2	3.9~4.8	0.40~0.8	0.40~1.0	0.15	0.3

构成粉煤灰的具体化学成分含量,也就因煤的产地、煤的燃烧方式和程度等不同而有所不同。本实验中所用粉煤灰的化学组成见表 2。TiO₂ 经球磨后与粉煤灰的重量比按 1:1 进行混合后使用。

表 2 粉煤灰化学组成(质量分数,%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
50.8	28.1	6.2	3.7	1.2	0.8

1.2 A-TIG 工艺实验

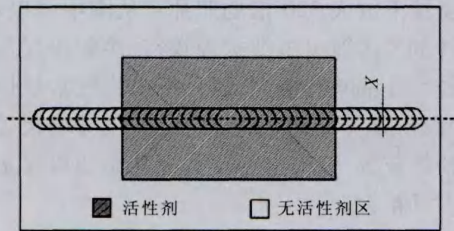


图 1 活性剂的涂敷方式

焊前先用丙酮擦拭试件表面以除去表面油污,

然后把铝合金试件表面用砂纸打磨,再用细钢丝刷刷净,直到露出金属光泽为止,将粉煤灰活性剂用丙酮稀释搅拌成糊状后用宽毛刷均匀地涂敷在试件表面,以遮盖原有的金属光泽为宜,厚度约为 0.1~0.2mm 之间。活性剂的涂敷方式如图 1 所示。

采用半自动 TIG 焊进行试件表面熔焊,均为单道焊,不添加焊丝。焊接过程中,保证所有焊接规范参数精确设定,要求焊枪严格沿着试件中心线行走。为了确保实验数据的一致性与可比性,无活性剂区和有活性剂区的焊缝由一道焊缝一次性焊接完成。每焊接完一道焊缝,要重新研磨钨极。焊接工艺参数见表 3。

表 3 焊接工艺参数

焊接电流 A	焊接速度 mm·min ⁻¹	氩气流量 L·min ⁻¹	弧长 mm	钨极直径 mm
120	200	8.0	3	2.4

2 试验结果及分析

2.1 焊缝形貌分析

焊接工艺试验发现:未涂敷活性焊剂时,焊接过程中电弧安静,噪声小,无金属飞溅,焊接后无需清除残余熔剂或焊渣,焊缝表面平整光滑,成形良好;涂敷活性剂后,焊接噪声变大,并且会产生少量的金属飞溅,成形的焊缝表面不平滑;而粉煤灰+TiO₂ 复合后对焊接电弧的影响更为强烈。焊缝表面如图 2 所示。从图 2 中可以看出,活性剂的添加会在一定程度上影响焊接电弧的形态,从而对焊缝的外观形貌产生影响。粉煤灰作为活性剂时,会对焊缝形貌的连续性产生影响,导致局部的咬边缺陷的产生。

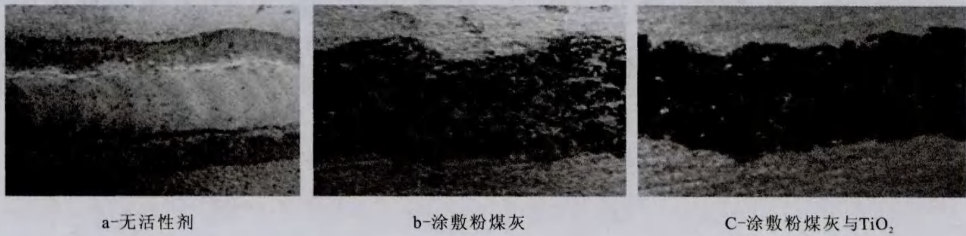


图 2 焊接接头形貌

图 3 所示为无活性剂的焊缝截面。由图 3 可见,该焊缝熔深很浅,熔宽也较窄,焊缝无裂纹、气

孔、夹杂等缺陷产生。图 4 所示为涂敷粉煤灰活性剂的焊缝截面,相比无活性剂的焊缝截面,熔深、熔宽均有所增加。图 5 为涂敷粉煤灰 + TiO_2 活性剂的焊缝截面,

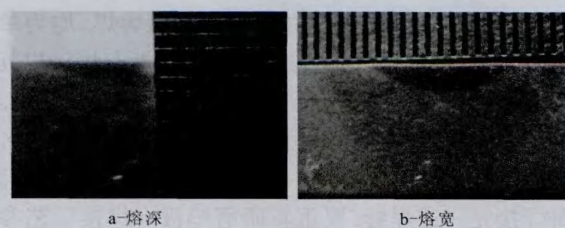


图 3 无活性剂焊缝截面

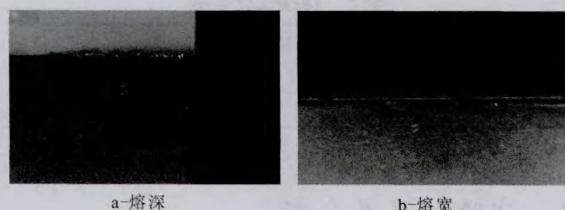


图 4 添加粉煤灰焊缝截面

相比无活性剂和粉煤灰的工件的焊缝截面,熔深、熔宽均有所增加。表 4 为涂敷各类型的活性剂焊缝的熔深、熔宽和熔深熔宽比值。由表 4 可知,添加粉煤灰后焊缝的深宽比增加,而添加粉煤灰 + TiO_2 后熔

深、熔宽的继续,两者在熔深的增加值大于熔宽的。说明了粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 作为焊接活性剂的可行性。



图 5 添加粉煤灰和 TiO_2 焊缝截面

表 4 焊缝熔深、熔宽、熔深熔宽比

活性剂种类	熔深,mm	熔宽,mm	熔深/熔宽
无活性剂	1.30	5.14	0.253
粉煤灰	2.31	7.07	0.327
粉煤灰 + TiO_2	3.15	7.65	0.412

2.2 金相组织分析

图 6 为焊缝金相组织在 XJL-02A 立式光学金相显微镜下放大 320 倍的照片。从图中可以看出,无活性剂的焊缝组织结构较致密,涂敷粉煤灰的焊缝晶粒尺寸都略有增大,而且析出物较常规焊缝增多,涂敷粉煤灰 + TiO_2 的焊缝晶粒尺寸增大较单独添加粉煤灰少,但析出物较常规和添加粉煤灰的焊缝增多且粗大。

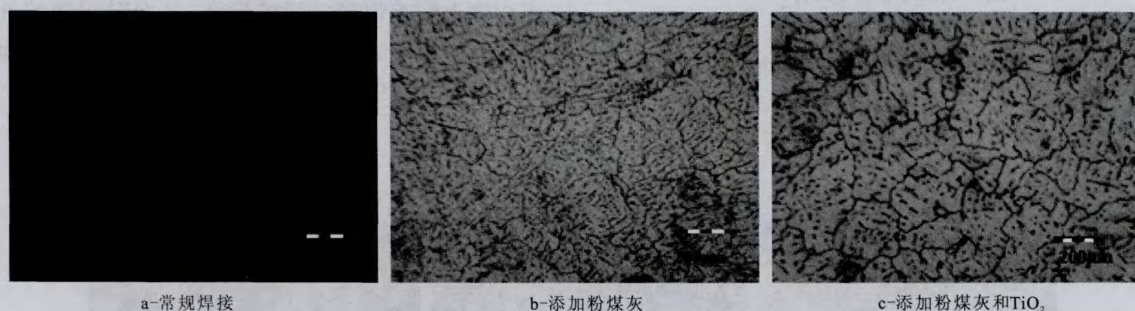


图 6 焊缝金相

2.3 硬度分析

硬度指标可间接地估计接头的强度、塑性以及接头产生裂纹的倾向,在本实验中使用 HVS-5 型数显小负荷维氏硬度计,试验力为 9.8N,加载时间

为 10s,测量点间距为 0.5mm。实验前对测试表面进行预处理,防止氧化物、污染物和油脂对实验结果产生干扰,保证在测量部位能够形成清晰的正方形压痕。实验结果见图 7。

如图 7 可见,无活性剂的焊缝中心处的硬度为 98.5HV。到达焊趾之前,硬度随离焊缝中心距离的增加而增大。当达到焊趾处(间距为 1mm),其硬度达到焊接接头部位的最大值为 134.5HV。热影响区部位的硬度,首先是随距焊趾距离的增加而下降,存在一个软化区,当距离再增加时,接头部位的硬度也随之增大。

涂敷粉煤灰焊接件的焊缝区硬度值为 104.6HV,硬度随焊缝中心距离的变化与无活性剂的类似。当达到焊趾处(间距为 1mm),其硬度达到焊接接头部位的最大值 130.2HV。涂敷粉煤灰 + TiO_2 焊接件的焊缝区硬度值为 118.30HV,焊趾处(间距为 1mm)硬度达到焊接接头部位的最大值 131.1HV。

通过实验观察发现,并结合哈尔滨工业大学提出的等离子体收缩观点^[10],即所谓的电弧收缩只是等离子体收缩,而不是整体电弧收缩。因此粉煤灰的加入使得熔宽增加,熔深也加大,并影响电弧力的作用,从而导致焊缝形貌和力学性能有所变化。

粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 活性剂焊接件焊缝及热影响区的过时效软化区硬度高于常规焊接件的。验证了在焊接时铝合金表面存在的粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 活性剂能够使电弧收缩,使热量集中,导致对焊缝的热输入增加,焊接接头部位晶粒粗大。粉煤灰作为活性剂的工件析出物的增多使得硬度增加,粉煤灰 + TiO_2 的工件析出物的增多,且晶粒增加程度较粉煤灰的少,因此工件的硬度增加较粉煤灰的高。电弧主要集中作用于斑点区,对焊接热影响区的热输入却有所降低,导致过时效软化的效应降低。

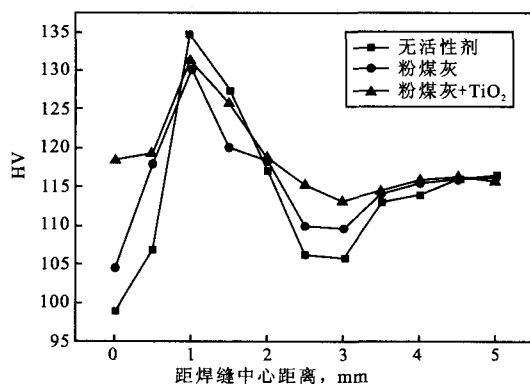


图 7 焊接接头显微硬度值 (HV)

3 结论

(1) 采用粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 作为活性剂在 ZA14 铝合金交流 TIG 焊时,能够增加焊缝熔深和熔宽,但采用活性剂焊接的工件焊缝表面不平整,焊缝局部易出现咬边。

(2) 采用粉煤灰活性剂的焊缝熔深为 2.31mm,熔宽为 7.07mm,深宽比为 0.327;粉煤灰 + TiO_2 作为活性剂的焊缝熔深为 3.15mm,熔宽为 7.65mm,深宽比为 0.412。这表明粉煤灰 + TiO_2 作为活性剂对增加焊缝熔深的作用较显著。

(3) 涂敷粉煤灰作为活性剂的焊缝晶粒组织较常规焊接件的晶粒粗大,粉煤灰 + TiO_2 作为活性剂的焊缝中析出物较常规焊接件的粗大,粉煤灰、粉煤灰 + TiO_2 的焊缝硬度较常规焊接件的高,焊接热影响区的硬度高于常规焊接件的。

参考文献:

- [1] 宋仁国. 高强度铝合金的研究现状及发展趋势[J]. 材料导报, 2000, (1): 20-21.
- [2] 潘志军, 黎文献. 高强铝合金的研究现状及展望[J]. 铝加工, 2001, 24(4): 3-9.
- [3] 刘志华, 赵兵, 赵青. 21 世纪航天工业铝合金焊接工艺技术展望[J]. 导弹与航天运载技术, 2002, (5): 65-70.
- [4] SHYU S W, HUANG H Y, TSENG K H, et al. Study of the performance of stainless steel A-TIG welds[J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 2008, 17(2): 193-201.
- [5] XU Y L, DONG, WEI Y H, et al. Marangoni convection and weld shape variation in A-TIG welding process[J]. Theoretical and Applied Fracture Mechanics, 2007, 48(2): 178-186.
- [6] Lueas W, Howes D. S. Activating flux increasing the Performance and Productivity of the TIG and Plasma Processes[J]. Welding and Metal Fabrication, 1996, (1): 11-17.
- [7] 卢国懿, 薛峰, 赵江涛. 对我国粉煤灰利用现状的思考[J]. 中国矿业. 2011, (20): 193-195.
- [8] 石磊. 粉煤灰的综合利用现状与展望[J]. 再生资源研究. 2006, (2): 41-44.
- [9] 袁玉兰, 王惜宝, 吴顺生, 等. 活性剂在焊接中的应用及展望[J]. 材料导报. 2005, 19(8): 66-68.
- [10] 杨春利, 牛尾诚夫, 田中学. TIG 电弧活性化焊接现象和机理研究(2)-活性化 TIG 焊接中的电弧现象[J]. 焊接, 2000, (5): 15-18.

(责任编辑 武红林)