

文章编号:1005-0523(2012)01-0020-04

# 3003 铝合金 A-TIG 焊表面活性剂实验

周泽杰, 黄志超, 曹高浩

(华东交通大学载运工具与装备教育部重点实验室, 江西 南昌 330013)

**摘要:**对 3003 铝合金进行交流活性钨极氩弧焊(A-TIG)焊接实验,选用氧化物  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  和卤化物  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$  作为活性剂,研究了单一成分表面活性剂对焊接熔深的影响。实验结果表明:涂敷活性剂可以一定程度的增加焊缝熔深;氧化物增加焊缝熔深的作用比卤化物大; $\text{TiO}_2$  作用最显著,熔深增加约 80%,且焊缝无裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

**关键词:**铝合金;A-TIG 焊;活性剂;焊缝熔深

**中图分类号:**TG444

**文献标志码:**A

铝合金具有密度小,比强度高,耐腐蚀性能好,导电导热性能好,易回收等一系列优点,在航天航空、汽车、电子等领域具有巨大的应用潜力,已成为工业生产中最常用的有色金属之一<sup>[1]</sup>。连接技术是实现其应用的关键,开发高质高效、节能降耗的先进连接技术已成为国内外研究热点。

钨极氩弧焊(tungsten inert gas weiding,简称 TIG 焊)是最常见的铝合金焊接方法,焊接接头质量好,可全方位焊接。但由于钨极载流能力有限,电弧热分散,单道焊接熔深浅,熔覆率低,焊接生产效率低,所以限制了它的应用<sup>[2]</sup>。

活性钨极氩弧焊(activating flux tungsten inert gas weiding,简称 A-TIG 焊)克服了传统焊接方法的缺陷,通过在待焊材料表面涂敷一定成分的活性焊剂,能明显增加焊缝熔深,显著提高焊接生产效率。该方法具有高效率、高质量、低能耗、低成本、焊接热输入小、焊接变形小、焊缝成形效果好等优点,具有明显的技术优势和广阔的应用前景。该技术正在应用于航空、火箭制造和原子能等工业技术领域<sup>[3-4]</sup>。

## 1 实验材料、方法及条件

### 1.1 实验材料

实验材料为 3003 铝合金,属于非热处理强化的铝锰防锈合金,强度中等,塑性及耐蚀性好,焊接性也很好,是目前铝合金焊接结构中应用最广的铝合金之一。试验用 3003 铝合金化学成分见表 1。待焊试样尺寸为 200 mm×80 mm×8 mm。

### 1.2 实验方法及条件

选用氧化物  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  和卤化物  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$  作为活性剂,用精度为 0.01 mg 电子天平进行称量。焊接设备为 WSME315 交直流脉冲 TIG 焊机,钨极为钍钨极。焊接方法为交流 TIG 焊,其焊接工艺参

表 1 3003 铝合金化学成分

Tab.1 Chemical composition of 3003 AA

| 元素 | 质量分数/% |
|----|--------|
| Cu | 0.080  |
| Mg | 0.008  |
| Mn | 1.070  |
| Fe | 0.430  |
| Si | 0.100  |
| Zn | 0.012  |
| Ti | 0.017  |
| Cr | 0.010  |
| Al | 98.273 |

收稿日期:2011-11-08

基金项目:江西省主要学科学术和技术带头人项目(20113BCB220210);江西省教育厅青年科学基金项目(GJJ11093);华东交通大学科研基金项目(10JD08)

作者简介:周泽杰(1979—),女,讲师,硕士,研究方向为材料连接。

数如表2所示。

表2 焊接工艺参数

Tab.2 Welding parameter

| 焊接电流/A | 焊接速度/mm·min <sup>-1</sup> | 氩气流量/L·min <sup>-1</sup> | 弧长/mm | 钨极直径/mm |
|--------|---------------------------|--------------------------|-------|---------|
| 140    | 110                       | 14                       | 3     | 2.4     |

焊前处理:用钢丝球刷净铝合金表面,直到露出金属光泽为止。然后用HF(5%)+HNO<sub>3</sub>(35%)+H<sub>2</sub>O(60%)的酸洗液将刚刷净的铝合金表面腐蚀几分钟,再用水冲洗干净,吹干。画线,做标记,最后将活性剂用丙酮溶解,搅拌成糊状后,再用毛刷均匀地涂敷在工件表面,以盖住原有的金属光泽为宜。试样一半涂敷活性剂,另一半不涂敷活性剂。

有活性剂区和无活性剂区的焊缝采用单道焊一次性焊接完成。观察焊接过程,并在焊接结束后,观察试件表面焊缝成形的情况。截取试样的焊缝横截面,在AD413ZT数码显微镜下观察并测量无活性剂作用以及涂敷活性剂后焊缝的熔深,以分析活性剂对焊缝熔深的影响。

2 试验结果及分析

2.1 活性剂对焊缝表面质量的影响

图1所示为活性剂对焊缝表面质量的影响,图示左半部分为无活性剂区焊缝表面,右半部分为涂敷活性剂后的焊缝表面。

通过实验发现,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。这是由于无活性剂时铝合金表面被空气氧化而形成一层致密的氧化层,交流氩弧焊的负极性半波对铝材表面氧化膜具有阴极清理作用,正极性半波时钍钨棒为阴极,具有较强的电子发射能力,焊缝表面质量良好。涂敷活性焊剂之后,铝材表面被活化剂覆盖,无法实现负极性半波的阴极清理作用,并且由于工频交流电源每秒有100次改变方向和经过零点,导致电弧稳定性差,表面成形差。



图1 活性剂对焊缝表面质量的影响  
Fig.1 Effect of activating flux on welding surface

2.2 活性剂对焊缝横截面的影响

图2所示为未涂敷活性剂的焊缝截面,熔深1.727 cm,熔宽5.0525 cm,焊缝无裂纹、气孔、夹渣等缺陷。涂敷活性剂焊缝横截面见图3~图7。其中,图3、图4和图5分别为涂敷卤化物CaF<sub>2</sub>、MnCl<sub>2</sub>和NaCl单组元活性剂焊缝,焊缝熔深分别为2.021 6 mm,1.942 7 mm和1.959 7 mm。可见熔深略有增加,增加约为0.2~0.3 mm,焊缝熔宽变化不大。涂敷CaF<sub>2</sub>焊缝表面有较大焊缝余高,且有气孔产生,气孔多分布在靠近熔合区的焊缝处。图6和图7分别为涂敷氧化物SiO<sub>2</sub>和TiO<sub>2</sub>单组元活性剂焊缝横截面,焊缝熔深分别为2.655 mm,3.119 mm,熔宽分别为6.238 mm,7.604 mm,较无活性剂时增加较多,且焊缝无裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

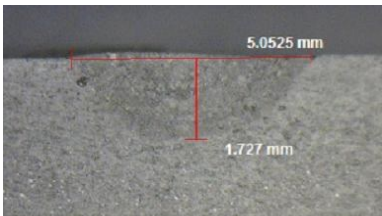


图2 无活性剂焊缝横截面(30X)  
Fig.2 Cross section of weld without flux

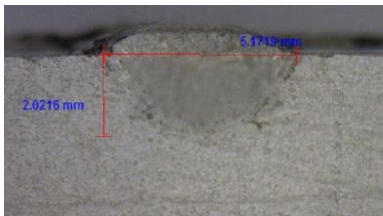
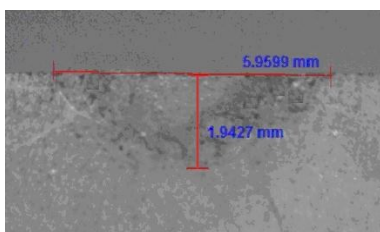
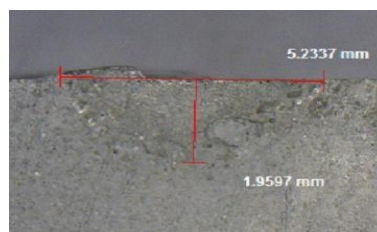
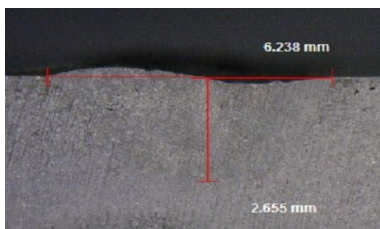
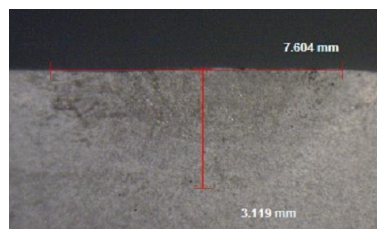


图3 涂敷CaF<sub>2</sub>焊缝横截面(30X)  
Fig.3 Cross section of weld with CaF<sub>2</sub>

图4 涂敷  $\text{MnCl}_2$  焊缝横截面(30X)Fig.4 Cross section of weld with  $\text{MnCl}_2$ 图5 涂敷  $\text{NaCl}$  焊缝横截面(30X)Fig.5 Cross section of weld with  $\text{NaCl}$ 图6 涂敷  $\text{SiO}_2$  焊缝横截面(30X)Fig.6 Cross section of weld with  $\text{SiO}_2$ 图7 涂敷  $\text{TiO}_2$  焊缝横截面(30X)Fig.7 Cross section of weld with  $\text{TiO}_2$ 

### 2.3 活性剂对焊缝熔深的影响

总体来看,涂敷活性焊剂均能一定程度的增加焊缝熔深,图8所示为在相同焊接条件下涂敷活性焊剂后相对于未涂敷活性焊剂的焊缝熔深增加百分比。由图可知,焊缝熔深随活性剂成分不同而不同,卤化物增加焊缝熔深不明显,氧化物增加焊缝熔深的作用要比卤化物大,其中以  $\text{TiO}_2$  增加熔深作用最显著,增加约80%。

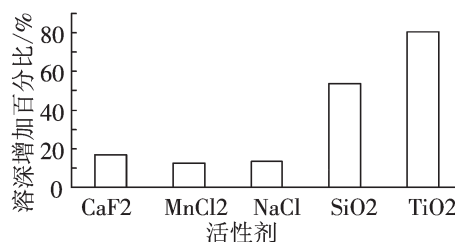


图8 活性剂增加焊缝熔深的百分比

Fig.8 Increment percentage of penetration

### 3 活性剂增加 A-TIG 焊熔深机理

A-TIG 焊接过程中,电弧发生收缩是 A-TIG 焊接熔深增加的重要原因之一。在电弧高温作用下活性剂蒸发,以原子形态分布在电弧周围,并与该区域的电子形成负离子,由于负离子质量比电子大很多,不能有效的参与电弧的导电,电弧导电能力下降,最终造成电弧收缩、集中,能量密度增加,熔深增加<sup>[5-10]</sup>。

### 4 结论

- 1) 在进行铝合金交流 TIG 焊时,在焊缝表面涂敷一定的活性剂可以一定程度的增加焊缝熔深。
- 2) 在进行铝合金 A-TIG 焊时,焊缝熔深随涂敷的活性剂的成分不同而不同,总体来看,卤化物增加焊缝熔深的作用不明显,氧化物增加焊缝熔深的作用要比卤化物大,其中以  $\text{TiO}_2$  作用最显著,熔深增加约 80%。
- 3) 交流 TIG 焊时无活性剂的表面成形良好,涂敷活性剂的表面成形变差。涂敷氧化物活性剂的焊缝没有裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

**参考文献:**

- [1] 周振丰. 焊接冶金学[M]. 北京:机械工业出版社,2005:122-140.
- [2] 贾鸿谟. 手工钨极氩弧焊技术及其应用[M]. 太原:山西科学技术出版社,2006:1-5.
- [3] 张瑞华,尹燕. 活性焊接法研究现状[J]. 现代焊接,2010,89(5):1-4.
- [4] 樊丁,黄勇. 铝合金交流A-TIG焊中活性剂和焊接参数对焊缝熔深的影响[J]. 甘肃工业大学学报,2003,29(3):6-9.
- [5] 刘凤尧,林三宝,杨春利,等. TIG焊活性剂对焊缝成形的影响[J]. 焊接学报,2002,23(1):1-4.
- [6] 樊丁,邵锋,黄勇. 活性剂对铝合金直流正接A-TIG焊熔深的影响[J]. 焊接技术,2007,36(2):20-22.
- [7] 黄勇,樊丁. 铝合金A-TIG焊活性剂研制及其熔深增加机理的研究[D]. 兰州:兰州理工大学:2003:25-48.
- [8] 刘凤尧,林三宝,杨春利,等. 活性剂涂敷量对A-TIG焊深影响研究[J]. 材料科学与工艺,2002:310-313.
- [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] 任雪婷. 不锈钢单组分活性剂A-TIG焊规范及活性机理的研究[D]. 大连:大连交通大学,2004:6-9.

## Experiment of A-TIG Welding with Activating Fluxes on 3003 Aluminum Alloy

Zhou Zejie, Huang Zhichao, Cao Gaohao

(Key Laboratory for Conveyance and Equipment of the Education Ministry of China, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** AC A-TIG welding on 3003 Aluminum alloy is investigated. The single component of oxide  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  and halide  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$  are served as activating fluxes to study the effect on weld penetration. The result shows that the A-TIG weld penetration with activating fluxes can be improved to a certain extent. The oxide has more effect to improve weld penetration than the halide.  $\text{TiO}_2$  has larger effect to improve penetration than any others, and penetration is improved about 80%, and there are no weld defects such as cracks, blowhole, and weld slag inclusions on weld joint.

**Key words:** aluminum alloy; A-TIG welding; activating flux; weld penetration