

表面活性剂对铝合金直流正接 A-TIG 焊熔深的影响

黄 勇^{1,2}, 樊 丁^{1,2}, 樊清华^{1,2}

(1. 兰州理工大学 甘肃省有色金属新材料国家重点实验室, 兰州 730050;

2. 兰州理工大学 有色金属材料先进加工成形技术教育部重点实验室, 兰州 730050)

摘 要: 试验利用铝合金直流正接 A-TIG 焊分别以 CaF_2 、 TiO_2 、 SiO_2 和自行研制的 AF305 铝合金 A-TIG 焊活性剂作为试验用表面活性剂, 研究了表面活性剂对焊接熔深的影响, 初步分析了表面活性剂增加铝合金 A-TIG 焊熔深的机理。发现焊接熔深变化随活性剂的不同而不同, 并且与焊接电压变化一致。认为热输入变化是影响熔深变化的重要因素, 尤其对于 SiO_2 , 焊接熔深与熔宽同步变化, 热输入增加是熔深增加的主要因素。

关键词: 表面活性剂; 直流正接 A-TIG 焊; 铝合金; 熔深; 热输入

中图分类号: TG444 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2004)05-60-03



黄 勇

0 序 言

近年来, 一种新型焊接方法——A-TIG (Activating flux TIG) 焊接法^[1] 日益受到人们的重视, 它是通过在传统 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使得焊接熔深显著增加的一种焊接方法。关于表面活性剂增加焊接熔深的机理已经成为国际上该领域的一个研究热点, 先后出现了不少理论, 其中最具有代表性的是“电弧收缩理论”^[2] 和“表面张力梯度改变理论”^[3], 但国际上对此还没有形成统一的看法^[4,5]。

由于在 A-TIG 焊接时, 焊接电弧和焊接熔池构成一个耦合系统, 表面活性剂对焊接电弧和焊接熔池的影响一般都同时存在, 要说明焊接过程中对增加熔深起关键作用的是电弧收缩还是表面张力温度梯度改变所引起的熔池内液体金属流动方向改变, 是电弧收缩导致熔池内液体金属流动方向改变还是金属流动方向改变引起了电弧收缩, 难度很大。但当采用直流正极性进行铝合金焊接时, 由于没有工件为阴极时的阴极雾化作用, 铝合金工件表面的致密氧化膜在焊接过程中仍然存在于熔池表面, 这样就把焊接电弧和焊接熔池分离开来, 使得表面活性剂不能进入焊接熔池, 不能对熔池内的表面张力起作用。该试验正是利用了铝合金直流正接 TIG 焊的这个特性通过研究表面活性剂对直流正接 TIG 焊接熔深的影响规律初步研究了表面活性剂增加铝合金 A-TIG 焊熔深的机理。

1 试验方法

试验选用的铝合金为 LF 21, 试件尺寸为 $200 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ 。试验用表面活性剂分别为 CaF_2 、 TiO_2 、 SiO_2 和自行研制的 AF305 铝合金 A-TIG 焊活性剂, 活性剂涂敷方式如图 1 所示。采用的焊接方法为直流正接 TIG 焊进行工件的表面熔焊。为了研究表面活性剂对不同状态 TIG 电弧的影响规律, 焊接电流分别取为 120 A、140 A、160 A 和 170 A, 其它焊接参数如表 1 所示。

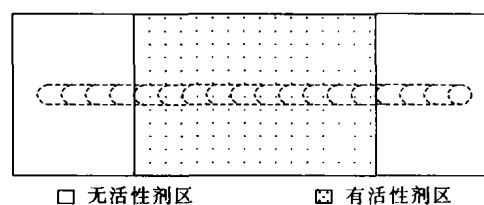


图 1 活性剂涂敷方式

Fig. 1 Coating method of activating flux

表 1 焊接参数

Table 1 Welding parameter

焊接速度 $v/(\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$	氩气流量 $q/(\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$	弧长 L/mm	钨极直径 d/mm	钨极尖端角度 $\theta/^\circ$
125	12	3	3.2	45

焊接前先用丙酮擦拭工件表面以除去表面油污, 然后用细钢丝刷刷净, 直到露出金属光泽为止。将活性剂用丙酮溶解, 搅拌成糊状后用毛刷均匀地涂敷在试件表面, 以遮盖原有的金属光泽为宜。由于铝合金焊接对焊接规范和散热条件变化很敏感,

为了保证试验数据的一致性与可比性,必须保证焊接过程中所有焊接规范参数精确设定和焊枪精确沿着试件中心线行走,并且无活性剂区和有活性剂区焊缝的焊接要一次完成。焊接结束后,测量出无活性剂作用时焊缝的熔深 D_0 和熔宽 W_0 以及有活性剂作用时焊缝的熔深 D 和熔宽 W 。由于该试验的最终目的是研究表面活性剂在不改变焊接熔池表面张力温度梯度时增加铝合金A-TIG焊焊接熔深的机理,为了避免焊接规范变化对焊缝成形的影响和对研究目的的干扰,这里只需比较不同表面活性剂对不同状态电弧所形成焊缝成形的影响程度,即比较不同活性剂对不同焊接电流时焊缝熔深增加比 D/D_0 和熔宽增加比 W/W_0 的影响。

2 试验结果

图2为活性剂和焊接电流对熔深的影响。可以看出,对于所有的活性剂, D/D_0 随焊接电流的变化都是先增加后减小。对于 CaF_2 和 TiO_2 ,熔深几乎没有增加,尤其是 CaF_2 ,其熔深都比无活性剂时小很多。对于 SiO_2 ,有活性剂时与无活性剂时相比较,熔深都有所增加,尤其是当焊接电流为140 A时, D/D_0 达到两倍以上。

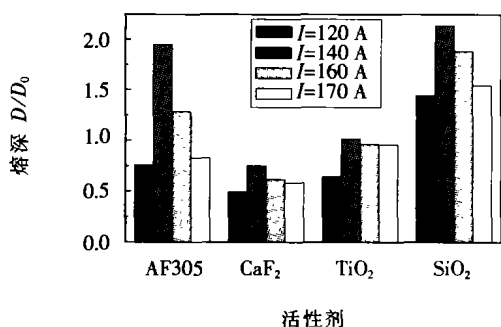


图2 活性剂对焊接熔深的影响

Fig. 2 Effect of flux on welding penetration

图3为活性剂和焊接电流对焊缝熔宽的影响。可以看出,对于 CaF_2 、 TiO_2 和多组元活性剂AF305, W/W_0 随着电流增加而逐渐变大。而对于 SiO_2 , W/W_0 随焊接电流的变化是先增加后减小。

图4为活性剂和焊接电流对焊缝深宽比 D/W 的影响。可以看出,对于 SiO_2 和多组元活性剂AF305, D/W 较大,尤其对于 SiO_2 ,当焊接电流为170 A时 D/W 接近于1,远远大于传统直流正接TIG焊的深宽比(一般为0.3~0.5);对于 CaF_2 、

TiO_2 , D/W 都较小。

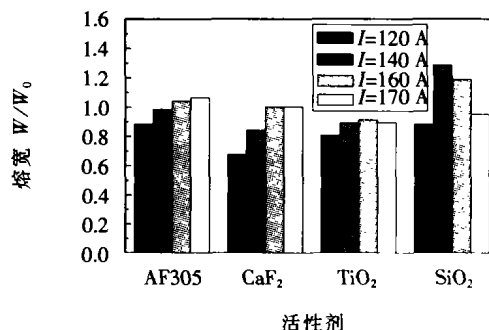


图3 活性剂对焊缝熔宽的影响

Fig. 3 Effect of flux on weld width

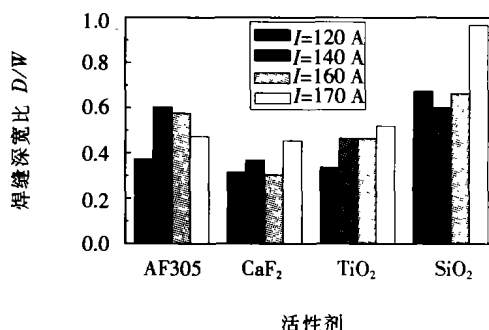


图4 活性剂对焊缝深宽比的影响

Fig. 4 Effect of flux on D/W ratio of weld

3 讨论

在铝合金的直流正接TIG焊中,金属表面的致密 Al_2O_3 薄膜将活性剂与焊接熔池隔离开来,使得活性剂不能进入到焊接熔池中,从而不会改变熔池的化学成分和熔池的表面张力,并且母材金属的化学成分也不会影响焊接电弧成分。表面活性剂对焊缝熔池产生影响只能通过作用于焊接电弧或者改变导电通道的电阻来实现。

根据以上试验结果可以看出,当不存在表面活性剂所导致的熔池内液体流态改变时,表面活性剂仍然能对铝合金直流正接TIG焊焊接熔深产生影响,而影响的大小则由于活性剂的不同而不同。当焊接规范相同时, CaF_2 和 TiO_2 所对应的 D/D_0 较小,而 SiO_2 和AF305所对应的 D/D_0 较大。根据以往的研究结果^[6],可以看出这与各活性剂对焊接时导电通道电阻的影响规律基本一致。对无活性剂时和有活性剂时的焊接电压进行测量,发现不同的活性剂所引起的焊接电压变化也不相同,例如在焊接电流为160 A时进行焊接,AF305的电压升高了

2 V, CaF_2 下降了 1~2 V, TiO_2 的电压却下降了 1 V, 而 SiO_2 的电压升高了 5 V。电压的这种变化与焊缝熔深的变化相一致。这种一致性说明了由于活性剂的引入改变了电弧的热输入, 从而最终影响到了焊缝熔深。尤其是 SiO_2 活性剂, 焊缝熔深和熔宽同步变化, 说明热输入增加是焊缝熔深增加的主要因素。这是因为不论是“电弧收缩理论”还是“表面张力梯度改变理论”, 当活性剂作用于 TIG 焊电弧时, 在焊接熔深增加的同时熔宽都是减小的。

图 5 为焊接电流为 160 A 时的电弧形态。可以看出, 对于上述四种活性剂, 有活性剂时的电弧与无活性剂时的电弧相比较, 电弧没有明显的收缩, 对于 CaF_2 、 TiO_2 和 SiO_2 三单组元活性剂相反却出现了扩展的迹象, 电弧形状由圆锥形变成了扁平状。由此可以看出焊接过程中出现的电压变化可能并不是由于电弧形态变化造成的。尤其对于 SiO_2 , 焊接电压升高而电弧形态扩展, 说明焊接电压升高并不是电弧收缩的结果, 这从另一个侧面说明热输入增加是 SiO_2 增加焊接熔深的主要因素。

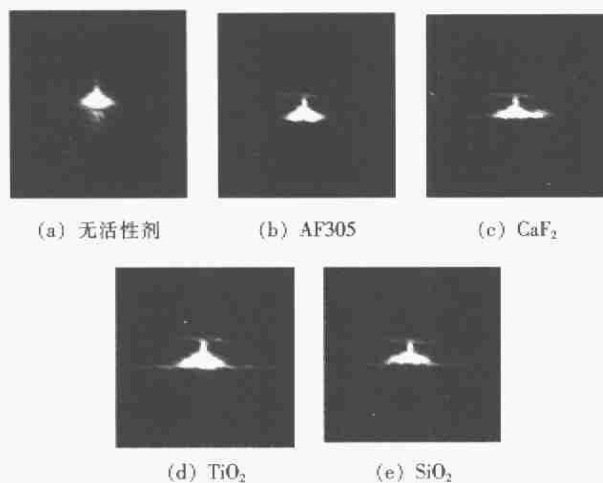


图 5 活性剂对电弧形态的影响 ($I=160\text{ A}$)

Fig. 5 Effect of flux on arc shape

对于同一种表面活性剂, 在试验范围内焊接熔深随电流先增加后减小, 则可能是由于随着电流增大, 电弧热增大, 电弧力增强, 从而使得熔深增大, 但当电流增加到一定程度, 由于热和电场的双重作用

使得活性剂熔化、分解和电离的程度加大, 从而使得导电通道电阻减小, 焊接熔深减小。有关机理还需要进一步研究。

4 结 论

(1) 在直流正接 A-TIG 焊中, CaF_2 和 TiO_2 单组元活性剂并不能使熔深增加; AF305 多组元活性剂对熔深的影响随焊接规范而变化; SiO_2 活性剂可使得熔深显著增加, 当焊接电流为 140 A 时 A-TIG 焊的熔深达到传统 TIG 焊的 2 倍多, 当焊接电流为 170 A 时, 焊缝深宽比 D/W 接近 1。

(2) 在直流正接 A-TIG 焊中, 熔深与焊接电压变化相一致, 表面活性剂所引起的热输入变化成为影响熔深变化的重要因素, 尤其对于 SiO_2 , 焊接熔深与熔宽同步变化, 热输入增加是熔深增加的主要因素。

参考文献:

- [1] 张京海, 鲁晓声, 余 巍. 304 不锈钢氩弧焊焊剂的研制[J]. 材料开发与应用, 2000, 15(6): 1-4.
- [2] Howse D S, Lucas W. Investigation into arc constriction by active fluxes for tungsten inert gas welding[J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2000, 5(3): 189-193.
- [3] Tannaka M, Shimizu T, Terasaki H, et al. Effects of activating flux on arc phenomena in gas tungsten arc welding[J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2000, 5(6): 397-402.
- [4] 樊 丁, 顾玉芬, 林 焰, 等. 低碳钢 A-TIG 焊接法的试验研究[J]. 甘肃工业大学学报, 2000, 26(3): 16-19.
- [5] Zhang Ruihua, Fan Ding. Weldability of activating fluxin A-TIG welding for mild steel[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2003, 24(1): 85-87.
张瑞华, 樊 丁. 低碳钢 A-TIG 活性剂的焊接性[J]. 焊接学报, 2003, 24(1): 85-87.
- [6] 黄 勇, 樊 丁. 铝合金交流 A-TIG 焊接熔深增加机理的研究——导电通道电阻对焊缝熔深的影响[J]. 焊接, 2003, (4): 9-11.

作者简介: 黄 勇, 男, 1972 年出生, 博士研究生。主要从事焊接电弧物理的研究, 发表论文 5 篇。

Email: hyorhot@tom.com