

活性化 TIG 焊中活性剂和焊接参数 对焊缝深宽比的影响

刘凤尧, 林三宝, 杨春利, 吴 林

(哈尔滨工业大学 现代焊接生产技术国家重点实验室, 哈尔滨 150001)

摘 要: 研究了在 TIG 焊中单一成分的活性剂(SiO_2 、 CaF_2 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 NaF)对不锈钢焊缝深宽比(D/W)的影响,并针对 SiO_2 活性剂,分别研究了活性剂的涂敷量和焊接规范参数(焊接电流、焊接速度和弧长)对 A-TIG 焊焊缝深宽比的影响。试验结果表明,焊道深宽比随活性剂涂敷量的增加而增大,在所选择的五种活性剂中,以 SiO_2 的影响最为显著。涂敷活性剂 SiO_2 的试件,随着焊接电流、焊接速度和弧长的增加,焊缝的深宽比与无活性剂时相比有明显的增加。在 TIG 焊中应用某种活性剂,使用原有的设备就能够大幅度提高焊缝的深宽比,从而降低生产周期和制造成本,具有很好的应用前景。

关键词: 活性化 TIG 焊; 活性剂; 深宽比; 焊接参数

中图分类号: TG444 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2002)02-05-04



刘凤尧

0 序 言

TIG 焊在控制电弧热输入、获得高质量焊缝成形方面有明显的优势,但该方法的缺点是生产效率低,一次可焊厚度较浅。近年来国外的科研机构和产业部门对活性化 TIG 焊(A-TIG)方法给予了很大的重视^[1-3],该方法在活性剂成分及涂敷量适宜的情况下,可以增加焊接熔深、提高焊接效率。目前对该方法的研究集中在以下几个方面:(1)活性剂成分的改进、新的活性剂的开发;(2)针对焊接母材(材料)的活性剂的研究与开发;(3)深入开展活性剂影响机理和焊接效果的研究;(4)涂敷技术和工艺的研究以及活性剂产品化等。

A-TIG 焊技术的基础研究,首先是进行各种单一成分活性剂作用效果的试验研究,一般是对较厚的试板,研究相同电弧参数下的熔深、熔宽变化情况,对使用该活性剂提高焊接效率有一个量的评定。

而熔深和熔宽都是焊缝成形的重要参数,深宽比在一定程度上能够体现方法的特点以及焊缝尺寸是否合格。

本文主要针对生产中常用的不锈钢材料 0Cr18Ni9,试验比较了五种活性剂对深宽比的影响,主要针对活性剂 SiO_2 ,分别研究了活性剂涂敷量、焊接电流、焊接速度、弧长对 A-TIG 焊焊缝深宽比的影响,这些工作为今后活性剂在 TIG 焊的生产中推广应用奠定了基础。

1 试验方法

试验采用 0Cr18Ni9 不锈钢试件,试件的尺寸为 150 mm × 50 mm × 6 mm。采用直流 TIG 平板堆焊。在相同的规范下,分别考察有活性剂和无活性剂两种情况下焊缝表面宽度和横截面熔深变化。所使用的焊接规范参数如表 1 所示。

表 1 焊接规范参数

Table 1 Welding specifications

Current I/A	Welding speed $v_w/\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	Flow rate of argon $q_g/(\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$	Arc length L/mm	Electrode diameter D/mm	Electrode tip angle $\theta(^{\circ})$
200	200	15	3	3.2	60

收稿日期:2001-10-19

基金项目:现代焊接生产技术国家重点实验室开放课题;黑龙江省留学回国基金(LC01714)

研究单一成分活性剂及涂敷量对焊接熔深的作用效果,对于选择活性剂、确定活性剂成分和配比、研究 A-TIG 焊熔深增加机理具有重要意义。然而

到目前为止,从事该项工作尚难以找到一种完全准确的活性剂涂敷及涂敷量测定的方法,因此本试验采用了自行设计的方法。试验首先用丙酮调和活性剂粉末成溶液。

用扁平毛刷把活性剂溶液均匀涂敷在试件整个表面上,等待丙酮完全挥发后,在试件表面长度方向上画线分隔出 $50\text{ mm} \times 90\text{ mm}$ 和 $50\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ 两部分区域,把 $50\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ 区域上的活性剂擦拭到承载物(滤纸)上,使用电子分析天平(精度 0.01 mg)测量该部分活性剂重量,并计算出单位面积上的活性剂涂敷量。在试件的涂敷过程中,尽可能地保证涂敷的均匀性,测量后选出涂敷量存在差别的试件进行焊接试验。

对不同活性剂涂敷量的试件,在相同焊接参数下进行焊接。每条焊道焊接前重新研磨电极及测试电弧长度,保证相同焊接条件。焊接后对各个焊道测量其表面熔宽和相同断面位置处的熔深。

2 试验结果及分析

2.1 五种活性剂对焊道深宽比的影响

为了观察活性剂对熔池尺寸的影响,采用表1所示焊接规范,进行无活性剂下和施加不同活性剂下的焊接试验。图1为无活性剂和不同活性剂对焊道深宽比的影响。从图中看出,五种活性剂都使深宽比显著提高,其中氧化物对不锈钢焊道深宽比的影响较大, SiO_2 的影响最大。图2为无活性剂和添加活性剂下焊道横截面形貌。

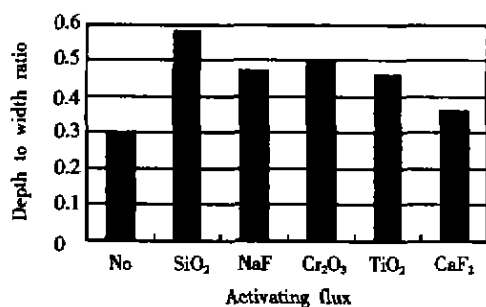


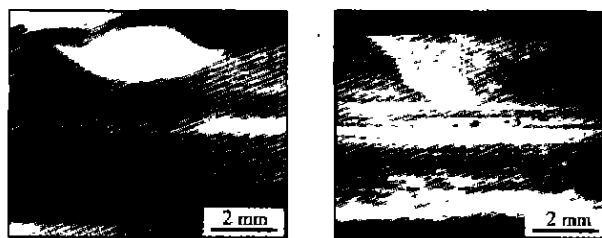
图1 无活性剂和不同活性剂的深宽比

Fig.1 D/W of welds coated without and with flux

由于 SiO_2 对焊道深宽比影响最大,所以以 SiO_2 作为研究对象,其它参数如表1所示,讨论活性剂涂敷量对焊道深宽比的影响以及在同一涂敷量 (3.55 mg/cm^2) 下焊接速度、焊接电流、弧长对焊道深宽比的影响。

2.2 活性剂涂敷量及焊接参数对深宽比的影响

在实际生产中,焊缝深宽比是一项重要的参数,



(a) Without flux

(b) With flux SiO_2

图2 无活性剂下和 SiO_2 活性剂下的熔深截面

Fig.2 Weld cross section without flux and with SiO_2

考察焊接参数对深宽比的影响具有重要意义。

(1) 在表1焊接规范条件下,对四种不同涂敷量 (SiO_2) 的试件进行平板堆焊,然后经切割、抛光、腐蚀、照宏观相片,最后,测得深宽比如表2和图3所示。结果表明,焊道深宽比随 SiO_2 涂敷量的增加而增大。

表2 活性剂 SiO_2 涂敷量对深宽比的影响

Table 2 Effect of coating quantity on D/W with flux SiO_2

Coating quantity of SiO_2 $d/(\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2})$	0.21	3.55	6.12	8.05
Depth/width	0.48	0.52	0.55	0.58

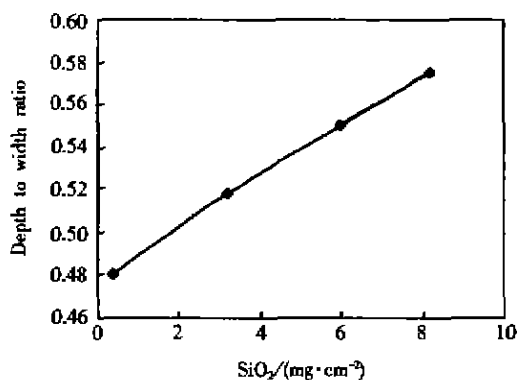


图3 活性剂 SiO_2 涂敷量对深宽比的影响

Fig.3 Effect of coating quantity of SiO_2 on D/W

(2) 通过改变焊接电流,从 100 A 逐渐增加到 300 A ,其它参数如表1所示,考察焊接电流的变化对深宽比的影响。图4为焊接电流对深宽比的影响,从图中看出,随着焊接电流的增加,施加活性剂 SiO_2 的焊道深宽比比无活性剂时的焊道深宽比大得多。

(3) 焊接速度从 1 mm/s 增加到 5 mm/s ,每 1 mm/s 为一档,其它参数如表1所示,考察焊接速度变化对深宽比的影响。图5为焊接速度对深宽比

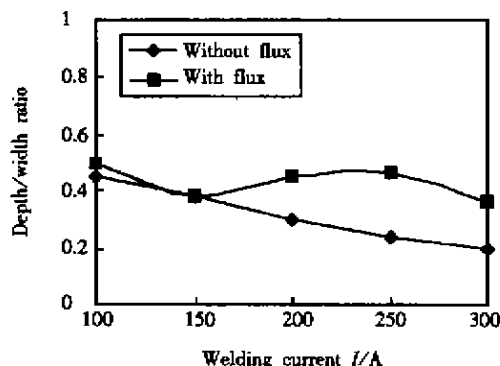


图4 焊接电流对深宽比的影响

Fig. 4 Effect of welding current on D/W

影响。从图中看出,随着焊接速度的增加,施加活性剂 SiO_2 后的焊道深宽比比无活性剂的焊道深宽比大得多。

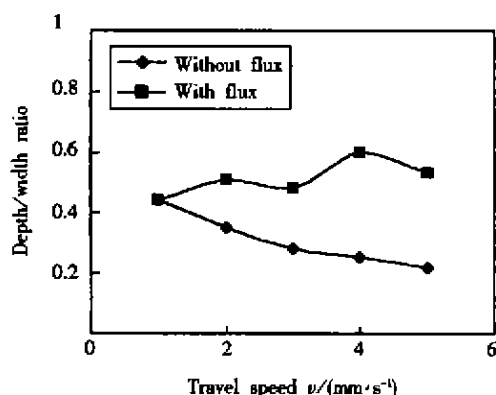


图5 焊接速度对深宽比的影响

Fig. 5 Effect of travel speed on D/W

(4) 弧长从 1 mm 增加到 5 mm, 每 1 mm 为一档, 其它参数如表 1 所示, 考察弧长变化对深宽比的影响。图 6 为弧长对焊道深宽比的影响。从图中看出, 随弧长的增加, 添加活性剂 SiO_2 的焊道深宽比比无活性剂时的焊道深宽比大得多。

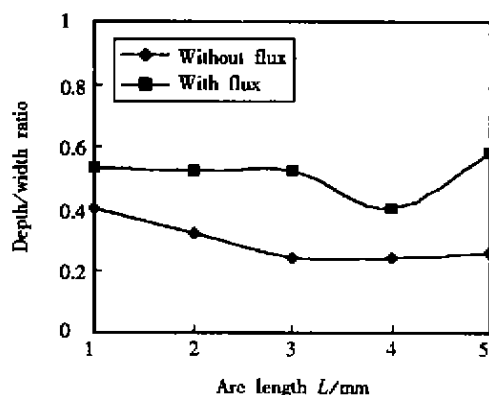


图6 弧长对深宽比的影响

Fig. 6 Effect of arc length on D/W

3 讨 论

到目前为止,人们认为“电弧收缩”和“熔池表面张力变化”是 A-TIG 焊接中活性剂增加焊接熔深的两项主要原因^[4-7]。

3.1 “电弧收缩”机理

试验观察结果表明,在熔池中添加硫化物、氟化物、氧化物后,熔池上的阳极斑点明显缩小,如图 7 所示,同时产生较大的熔深。综合试验现象及分析结果认为,添加活性剂后,熔池表面产生金属蒸汽的数量受到抑制,在金属蒸汽较少的情况下,只有阳极斑点附近较小范围的金属被升腾气化电离,使电弧导电通道紧缩,电弧压力增大,熔池内部金属液体流动加快,加大,加深,因而焊缝熔深增大。



图7 活性元素存在时的电弧阳极斑点区域收缩

Fig. 7 Arc constricting in anode spot when activating flux exists

文献[8]认为引入活性剂焊接接头的熔深发生了变化,其原因是熔池液态金属电流线变宽,形成了 Lorentz 力,由于导体的横界面发生了变化,产生了指向较大横界面的轴向分力,其大小可由式(1)决定

$$p = \mu_0 I_{\text{arc}}^2 \frac{\ln \frac{R_1}{R_2}}{4\pi}, \quad (1)$$

式中: R_1, R_2 为载流体横截面的半径 (mm); μ_0 为一定体积的磁导率。

由式(1)可知,电磁力的大小取决于焊接电流的大小和电流线加宽程度。在活性化焊接中阳极区斑点的半径要比常规焊的小得多,轴向电磁分力 p 增加,正是此力使得熔池液态金属从熔池表面向熔池底部形成有方向的流动。在这种高温的液态金属流的作用下,焊缝熔深加大。

3.2 “熔池表面张力变化”机理

在 TIG 焊中,表面活性元素如 S、O 等对熔池的流动有着很大的影响,而熔池的流动方向对熔合区几何形状的影响很大,在通常条件下,由表面张力温度梯度 dr/dt 决定,而表面张力随温度的变化而不