

不锈钢 A-TIG 焊焊缝背面保护剂研制

张瑞华¹, 李 辉¹, 冷小冰²

(1.兰州理工大学 甘肃省有色金属新材料省部共建国家重点实验室,甘肃 兰州 730050;
2.中山职业技术学院,广东 中山 528404)

摘要:针对不锈钢 A-TIG 焊接时的背面保护问题,研制了一种由 Al_2O_3 、 MgO 、 TiO_2 、 CaO 等组成的背面保护剂。采用定性打分法分析了单一保护剂对焊缝背面抗氧化性、成形性的影响,在此基础上结合 304 不锈钢合金的特点,选择保护剂的组成成分。利用正交试验、极差分析和方差分析得到了较优配方,可以有效防止焊缝背面氧化,保证背面成形良好。

关键词: 不锈钢;焊缝;保护剂;A-TIG 焊

中图分类号: TG421

文献标识码: A

文章编号: 1001-2303(2010)03-0049-03

Study on back shielding flux for A-TIG welding of stainless steels

ZHANG Rui-hua¹, LI Hui¹, LENG Xiao-bing²

(1.State Key Laboratory of Gansu Advanced Non-ferrous Metal Materials, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2.Zhongshan Polytechnic, Zhongshan 528404, China)

Abstract: The back shielding fluxes are developed for A-TIG welding of stainless steels. It consists of Al_2O_3 , MgO , TiO_2 , CaO and so on. The influence of various mono-components shielding fluxes on oxidation resistance are analyzed by means of mark. The components of shielding flux are confirmed according to the alloy system of stainless steels. A formula is obtained by orthogonal test, range analysis and variance analysis. The formula can protect the back of the welding seam to be oxidized.

Key words: stainless steels; welded seam; shielding flux; A-TIG

0 前言

不锈钢具有优良的耐蚀性、耐热性、抗氧化性和机械加工性能,广泛应用于医疗器械、石油化工和原子能等行业。随着 A-TIG 焊接技术的快速发展和应用^[1-4],焊接过程中的背面保护问题日益突出,目前采用的保护方法主要有:背面充氩保护、自保护药芯焊丝保护、陶瓷衬垫保护、混合气体保护等^[5-7],以上方法都存在一定的局限性,如在高空焊接或长管道焊接中,无法对焊缝背面进行有效的保护。近年来,一种新型的保护方法引起了人们的关注,即采用焊缝背面保护剂来防止焊缝背面氧化^[8],国外已经有类似的保护剂出售,但国内还鲜有报道。在此

针对不锈钢活性焊接时的背面保护问题,研制了保护剂的配方,并对保护机理进行了研究。

1 实验方法

根据化学物质的性质选定保护剂材料,主要为 TiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 等。采用电子天平进行称量,将称量的组分放入研钵中充分研磨均匀,以备使用。304 不锈钢试样尺寸为 $200\text{ mm} \times 80\text{ mm} \times 8\text{ mm}$,采用直边坡口,将两块试板不留间隙的对接,在两端将其点固。焊前使用砂纸仔细清理对接面和焊道两侧,使用扁平毛刷将糊状的不锈钢活性剂刷涂于待焊焊道正面。采用自制的粘结剂与保护剂按 1:5 的比例混合,搅拌均匀后加入丙酮调制成糊状刷涂于焊缝背面,厚度约 3~4 mm,待丙酮挥发后即可焊接。使用苏州华焊科技有限公司生产的 DIGITAL305 自动 TIG 焊机进行焊接,规范如表 1 所示。

采用定性打分法考察单一保护剂对焊缝背面抗氧化性和成形性的影响,在此基础上结合 304 不

收稿日期:2009-04-16;修回日期:2010-03-02

基金项目:甘肃省自然科学基金资助项目(0710RJZA064);广东省教育部产学研结合资助项目(2009B090300250);兰州理工大学博士基金资助项目

作者简介:张瑞华(1970—),男,甘肃景泰人,博士,副教授,主要从事活性焊接法、焊接过程数值模拟和激光加工等研究工作。

表 1 焊接规范
Tab.1 Welding specification

电流 I/A	焊接速度 v/mm·min ⁻¹	弧长 l/mm	电极直径 φ/mm	电极端头角度 θ/(°)
160	100	3	3	90

锈钢合金的特点选择保护剂的组成成分。利用正交试验、极差分析和方差分析,得到较优的配方。

2 实验结果

2.1 单一组元对焊缝背面抗氧化性和成形性的影响

各单一组元对焊缝背面抗氧化性和成形性的得分从高分到低分依次为:TiO₂、Al₂O₃、MgO、MnO、CaO、NaCl、NaF、V₂O₅、Fe₂O₃、SiO₂,如图 1 所示。

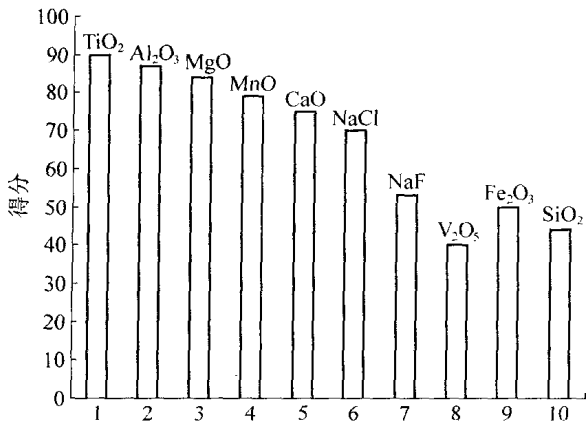


图 1 单一组元对焊缝背面抗氧化性、成形性的影响
Fig.1 Effect of mono-component on oxidation resistance and formability

TiO₂、Al₂O₃ 对焊缝背面抗氧化性和成形性影响较大,MgO、MnO 次之。虽然氟化物可以降低焊缝中氢的含量,但考虑到氟化物毒性较大,在保护剂的配方设计中尽量控制氟化物的含量。MnO 对焊缝有强氧化作用,故不采用。

2.2 正交方案设计

通过单一组元实验,挑选 TiO₂、Al₂O₃、MgO、CaO 为保护剂的基本成分,进行 3 水平 4 因素正交试验,因素水平如表 2 所示。

表 2 因素水平
Tab.2 Numerical value of factors %

等级	A w(TiO ₂)	B w(Al ₂ O ₃)	C w(MgO)	D w(CaO)
1	15	15	14	18
2	25	20	16	20
3	35	28	18	22

3 结果分析

3.1 极差分析

极差计算为

$$I_i = \frac{k_i}{N}$$

$$R = I_{i(\max)} - I_{i(\min)}$$

式中 i 为水平; N 为某因素中相同水平重复试验的次数; k_i 为正交表所在列第 i 水平的试验结果之和; I_i 为正交表所在列中水平相同的试验结果和的平均值; $I_{i(\max)}$ 为所在列的最大 I_i ; $I_{i(\min)}$ 为所在列的最小 I_i ; R 为所在列的极差值,其计算结果如表 3 所示。

表 3 正交实验结果

Tab.3 Analysis results of orthogonal test

实验号	因素				得分
	1(A)	2(B)	3(C)	4(D)	
1	1	1	1	1	85
2	1	2	2	2	75
3	1	3	3	3	78
4	2	1	2	3	82
5	2	2	3	1	87
6	2	3	1	2	82
7	3	1	3	2	84
8	3	2	1	3	80
9	3	3	2	1	95
I_1	79.333	83.667	82.333	89.000	
实验 I_2	83.667	80.667	84.000	80.333	
结果 I_3	86.333	85.000	83.000	80.000	
R	7.000	4.333	1.667	9.000	

由表 3 可见,较好的水平为 A₃、B₃、C₂、D₁。A、B、C、D 四因素对实验结果的影响顺序为 D>A>B>C,得到较优的组合为 D₁A₃B₃C₂。

3.2 方差分析

以偏差平方和最小的 MgO 作为误差因素,对其他 3 个因素做显著性检验。方差分析如表 4 所示,结果表明:TiO₂对结果有影响,Al₂O₃对结果影响小,CaO 对结果影响显著,四个因素对实验结果的影响主次顺序为 CaO>TiO₂>MgO>Al₂O₃,与极差分析结果一致。

3.3 最佳配方

根据各组元对焊缝背面抗氧化性和成形性的影响规律,调整各组元的含量,得到了比较满意的配

表 4 方差分析
Tab.4 Variance Analysis

方差来源	偏差平方和 S	自由度 f	均方差 S	F 值	临界值	显著性
因素 A	74.889	2	37.444 5	17.738	$F_{0.10}(2, 2)=9.00$	有影响
因素 B	29.556	2	14.778 0	7.000	$F_{0.05}(2, 2)=19.00$	影响小
因素 C	4.222	2	2.111 0	1.000	$F_{0.01}(2, 2)=99.00$	—
因素 D	156.222	2	78.111 0	37.002	—	影响显著
误差	4.222	2	2.111 0	—	—	—

方,范围如下: $w(\text{TiO}_2)=28\%\sim 35\%$ 、 $w(\text{MgO}+\text{CaO})<36\%$ 、 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)=25\%\sim 28\%$ 、 $w(\text{其他})<5\%$ 。该配方中增加 TiO_2 的含量,焊缝背面的抗氧化能力提高、焊缝背面成形变好,当 $w(\text{TiO}_2)=35\%$ 时,可使焊缝背面变得平滑。 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)=15\%\sim 25\%$ 时,随着 Al_2O_3 含量的变化,对焊缝背面成形基本无影响。 $w(\text{MgO})<16\%$ 时,随其含量的增加焊缝背面变得光滑,焊缝背面的抗氧化能力变化不大。 $w(\text{CaO})=18\%\sim 22\%$ 时,随着 CaO 含量的增加,焊缝背面的抗氧化能力降低,焊缝背面上的麻点逐渐增多,焊缝背面成形变差。

焊接结果如图 2 所示。由图 2 可见,焊缝在有保护剂的情况下,背面无氧化,呈现银白色的金属光泽,余高适中,成形良好。在无保护剂的情况下,焊缝背面被严重氧化,且焊缝较宽。

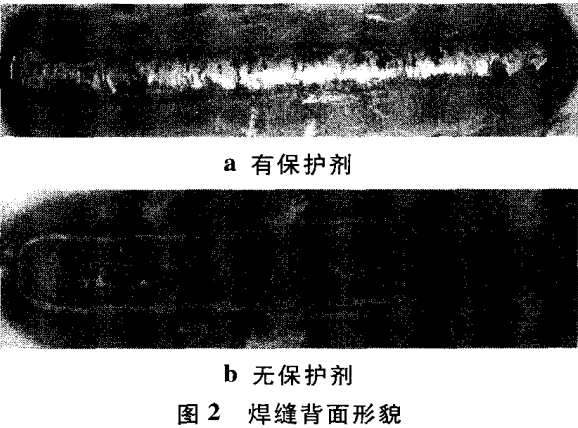


图 2 焊缝背面形貌

Fig.2 The back of welded seam with using the back shielding flux and no protecting

3.4 保护机理讨论

保护剂对焊缝背面的保护作用分为物理保护和化学保护。

(1)物理保护:保护剂涂刷在焊缝背面,在焊接过程中,保护剂隔离熔池底部与空气,起到保护作用。保护剂中的 Al_2O_3 是高熔点、稳定的氧化物,在熔池底部不易分解^[9],在保护剂中与粘结剂一起进行物理保护。

(2)化学保护:在保护剂中加入脱氧剂,可以与氧结合以抑制其氧化作用,防止焊缝表面形成氧化膜。 TiO_2 能够降低焊缝背面 FeO 的含量,从而避免了 FeO 与 $\alpha\text{-Fe}$ 结合覆盖在焊缝的背面使其氧化,起到化学保护的作用。

4 结论

(1)得到了各单-组元对焊缝背面的抗氧化性、成形性的影响规律。实验所涉及的各种单-组元保护剂都有不同程度的影响, CaO 、 TiO_2 对焊缝背面抗氧化性和成形性影响较大, Al_2O_3 、 MgO 次之。

(2)利用正交试验法所得的背面保护剂配方,可以使焊缝背面无氧化、成形良好。

(3)研制的保护剂的保护机理为物理保护和化学保护。

参考文献:

[1] Zhang R H, Fan D. Numerical simulation of effects of activating flux on flow patterns and weld penetration in ATIG welding[J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2007, 12(1): 15-23.

[2] 徐宏彤, 张瑞华, 尹 燕. 铸钢补焊用活性剂研制[J]. 电焊机, 2008, 38(7): 26-28.

[3] 张瑞华, 尹 燕, 水谷正海, 等. A-TIG 焊接熔池行为的观察[J]. 机械工程学报, 2009, 45(3): 115-118.

[4] 张瑞华, 尹 燕, 樊 丁. A-TIG 焊接熔池流体流动形态的测试[J]. 电焊机, 2008, 38(12): 26-28.

[5] 杨丽娟, 唐吉威. 锅炉压力容器制造常用背面保护方法探讨[J]. 电站系统工程, 2008(1): 1.

[6] 秦惠中, 郝世英, 石 凯, 等. 埋弧焊陶质衬垫单面焊双面成型技术研究[J]. 石油工程建设, 2001(8): 17-18.

[7] 李国栋. 不锈钢单面焊接头性能及背面保护机理的研究[D]. 北京: 北京工业大学.

[8] 吴 军, 魏 群, 卞 伟. TP1-TP304 钢用免充氩焊接保护剂性能测试[J]. 山东电力技术, 2006(1): 30-32.

[9] 苏仲鸣. 焊剂的性能与使用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989: 35-43.