

焊接工艺参数对奥氏体不锈钢焊接接头腐蚀行为的影响

罗辉¹, 赵忠魁¹, 冯立明¹, 周峥²

(1. 山东建筑工程学院 材料科学与工程学院, 山东 济南 250014; 2. 山东劳动职业技术学院 机制工艺系, 山东 济南 250022)

摘要:通过草酸腐蚀和硫酸-硫酸铁腐蚀实验,研究了奥氏体不锈钢焊接接头腐蚀与焊接热输入的关系。结果表明,随着焊接线能量的增加,其焊接接头腐蚀越严重。随着焊接线能量的增大,腐蚀率增大且有加速趋势。

关键词:不锈钢;焊接接头;线能量;腐蚀

中图分类号: TG142.75;TG457.11

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2005)06-0047-02

Effect of Welding Processing Parameter on Corrosion of Welding Seam of Austenite Stainless Steel

LUO Hui¹, ZHAO Zhong-kui¹, FENG Li-ming¹, ZHOU Zheng²

(1. Materials Sci. & Eng. School, Shandong Institute of Architecture and Engineering, Jinan 250101, China;

2. Dep. of Machine Manufacturing Process, Shandong Labor College of Vocation Technology, Jinan 250022, China)

Abstract: The relationship between the corrosion of weld joined of the austenite stainless steel and the heat-input of welding was researched through corrosion test of oxalic acid and sulphuric acid -ferric sulfate. The results show that the weld joined is corroded more seriously with the increase of the line-energy, and the corrosion rate increases and accelerates with the enhancement of line-energy of welding.

Key words: stainless steel, weld joined, line-energy, corrosion

奥氏体不锈钢具有很强的化学稳定性和足够的强度和塑性,以及良好的焊接性,广泛应用于化工、炼油、动力、航空、造船、医药等行业。不锈钢在使用过程中经常出现点蚀、应力腐蚀、刀蚀、晶间腐蚀等,导致产品报废。关于不锈钢的腐蚀已进行了大量研究,其中晶间腐蚀可导致晶粒的结合力丧失,是诱导其它腐蚀的主要原因^[1-5]。然而对于不锈钢焊接接头的腐蚀行为则研究较少。本文采用草酸腐蚀与 50%硫酸-硫酸铁腐蚀试验,研究不同焊接热输入时的焊接接头的腐蚀行为。

1 实验仪器及方法

(1) 草酸腐蚀 按 GB/T 4334.1-2000 配置 10%的草酸溶液^[2,3],截取焊接接头试样,焊缝位于试样中心。把焊缝横截面经细磨、抛光后,接电源正极,与草酸表面接触,且距阴极距离 20~30 mm。电流密度为 1A/cm²,腐蚀时间为 90 s,试样腐蚀后,用流水冲洗干净,吹干,最后在金相显微镜下观察全部腐蚀表面焊缝区金相组织。

(2) 硫酸-硫酸铁腐蚀实验 腐蚀试样的四周要

磨平, R_a 不小于 0.8。用积分法计算试样表面积,并用电子称称量(精确到 0.01 mg)。按 GB/T4334.2-2000 不锈钢硫酸-硫酸铁腐蚀实验方法配置腐蚀溶液 50%硫酸 600 ml,25 g 硫酸铁^[4]。在锥形烧瓶底部铺一层玻璃珠,锥形瓶上口有冷凝器,以保证实验溶液浓度不变。溶液量不小于 20 ml/cm²。每个带有锥形磨口并具有足够冷却效果的玻璃立式回流冷凝器的烧瓶只放一块试样。每次换试块,必须更新溶液。实验由温控加热器控制温度。实验时,先把配置的溶液加热至沸腾,再放入试样,并记录试样连续腐蚀时间,焊接接头 0.5 h,母材 8h。然后取出试样,在流水中用软刷子刷掉表面的腐蚀产物,洗净、干燥,称量(精确到 0.1 mg)。实验由温控加热器控制温度。腐蚀率按下式计算^[5]:

$$\text{腐蚀率} = (W_{\text{前}} - W_{\text{后}}) / (S \cdot t)$$

式中: $W_{\text{前}}$ 、 $W_{\text{后}}$ 分别为实验前后试样的质量(g); S 为试样的表面积(m²); t 为连续试验时间(h)。

2 实验材料及参数

采用 BX₃-250 型焊机,用直径 2.5 mm 的 A102 焊条,对 200 mm×50 mm×4 mm 的 0Cr18Ni9 奥氏体钢板进行焊接,焊接工艺参数见表 1。焊后截取 10 mm×10 mm×4 mm 的试样(1[#],2[#],3[#])进行草酸腐蚀实验,截取 30 mm×20 mm×4 mm 试样(4[#],5[#],6[#])进行硫酸硫酸铁晶间腐蚀试验(截取的试样焊缝位于中心)。

收稿日期:2005-03-18

作者简介:罗辉(1963-),女,山东定陶人,讲师,硕士,主要从事焊接工艺及结构研究,已发表论文 10 余篇;

电话:1385108739;E-mail:luohui@sdaei.edu.cn

表 1 焊接工艺参数

试样	焊接电流 /A	焊接电压 /V	焊速 /cm·s ⁻¹	线能量 /J·cm ⁻¹
1 [#] 、4 [#]	50	23.8	0.208	4900.7
2 [#] 、5 [#]	80	27.4	0.243	7594.0
3 [#] 、6 [#]	100	36.2	0.25	8867.9

3 试验结果与分析

3.1 草酸腐蚀

不同焊接参数时的焊缝晶间腐蚀状况见图 1。奥氏体不锈钢焊接时,其焊缝中的显微组织是由结晶方式及铁素体向奥氏体转化的固态相变共同决定的^[9],焊缝中的铁素体形态由骨架状向蠕虫状过渡。试样焊接区域的组织由几种类型的铁素体形态(蠕虫状、板条状、骨架状)共存,且不同位置处各铁素体形态所占比例不同,在焊缝中心以骨架状为主,偏离中心处以板条状为主,在熔合区附近则以蠕虫状为主。铁素体析出一般沿晶界分布,由于铬元素在奥氏体与铁素体中的扩散速度不同,加上晶界形成铬碳化物,因而造成两相交界处更易形成晶间腐蚀。又由于焊接时熔池体积小,冷却速度快,焊缝组织为柱状晶。随着焊接线能量的增加,焊缝组织越粗大,柱状晶越不明显,图 1 中 1[#]、2[#]、3[#] 试样焊缝晶粒依次增粗,且焊缝组织的晶界腐蚀沟槽越宽,表明焊缝的晶间腐蚀倾向越大。按 GB4554.1-84 评定 1[#]、2[#]、3[#] 焊缝组织晶间腐蚀等级均为 3 级,可见奥氏体不锈钢焊接接头的晶间腐蚀倾向较为严重。

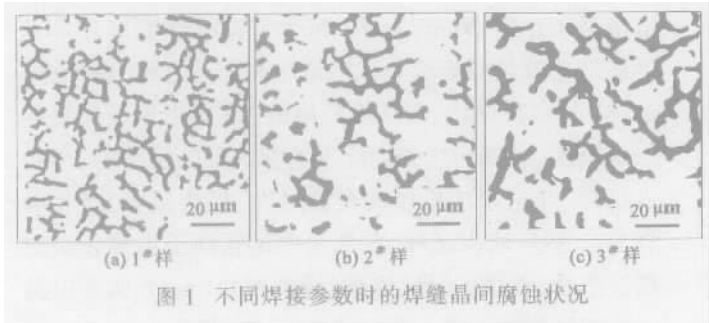


图 1 不同焊接参数时的焊缝晶间腐蚀状况

3.2 硫酸-硫酸铁晶间腐蚀

焊接过程中,焊缝两侧 2~3 mm 热影响区处可被加热到 400~800℃ 易造成晶粒粗大^[7]。这时由于碳原子活动能力增强扩散到晶界,使晶界上的碳的浓度增加。晶界碳原子易与铬原子结合,形成 Cr₂₃C₆。当 Cr₂₃C₆ 沿晶界析出时呈网状,贫铬区亦呈网状。晶界区含铬量降低,使其钝化能力下降,甚至消失。在腐蚀介质作用下晶界处连成网状的贫铬区便优先溶解而产生晶间腐蚀。使焊接接头的耐晶间腐蚀性性能下降。随着焊接线能量越大,焊接熔池高温停留时间就越长,不但焊缝晶粒粗大,而且晶界两侧的贫铬区越宽,腐蚀率也越大。腐蚀率与焊接线能量关系见图 2。当焊接线能量由

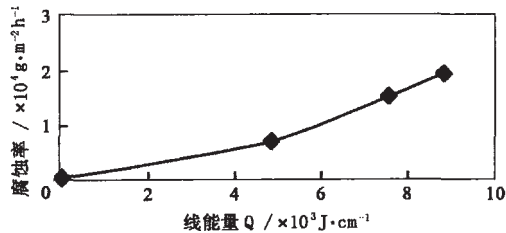


图 2 焊接接头线能量与接头腐蚀率关系曲线

4900.7 J/cm 增加到 8867.9 J/cm 时,其腐蚀率也由 7.13×10³ g/(m²·h)增加到 1.94×10⁴ g/(m²·h)。可见,随焊接线能量的增加,腐蚀率有加速趋势。

母材与焊接接头腐蚀后的宏观照片见图 3。母材是经过 1 100℃ 固溶处理,晶界也没有发生碳化铬的可能,其耐晶间腐蚀能力强,经过 8 h 硫酸-流酸铁溶液煮沸后只有轻微腐蚀,腐蚀率为 12.6 g/(m²·h)。焊接接头,由于焊接热循环的作用,改变了焊接接头的组织,腐蚀作用很剧烈。随着焊接线能量的增大,焊接接头的晶间腐蚀倾向也在增加。随焊接电流增大,焊接线能量增大,焊接接头腐蚀后的厚度变薄。在接头热影响区腐蚀形成的沟槽,其宽度也随焊接线能量的增大而加宽,进一步说明焊接热循环导致(下转第 50 页)

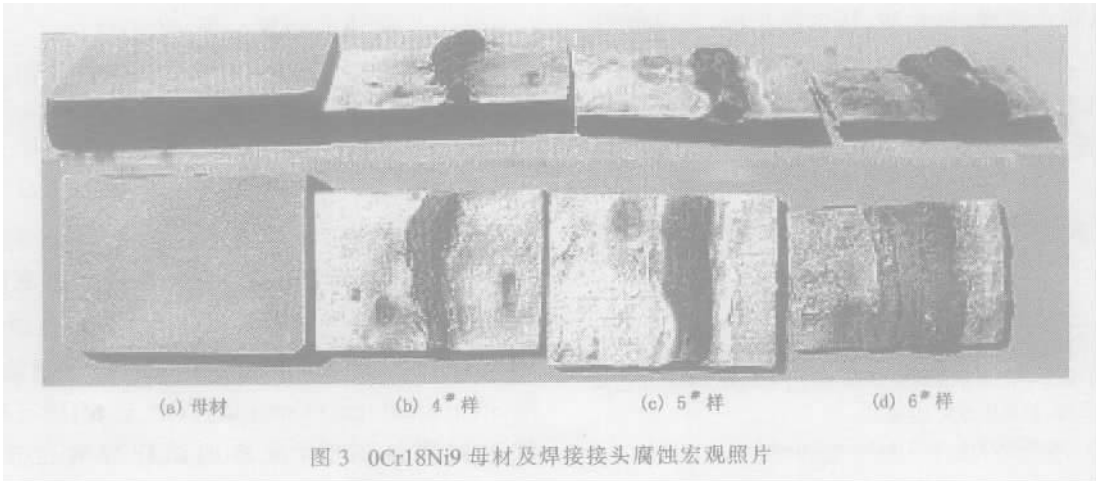


图 3 0Cr18Ni9 母材及焊接接头腐蚀宏观照片

表 2 正交试验方案及结果

试验方案	透气性	悬浮性(%)	涂层强度 /g	高温急热 抗裂性	pH 值
A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	0.868	94.2	156.3	I	9
A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	0.704	94.4	360	III	8
A ₁ B ₃ C ₃ D ₃	0.936	87.5	241.5	II	9
A ₂ B ₁ C ₂ D ₃	0.882	94	305	I	9
A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	0.734	88.8	364.5	II	8
A ₂ B ₃ C ₁ D ₂	0.809	87.6	113.25	II	9
A ₃ B ₁ C ₃ D ₂	0.599	97	324	I	9
A ₃ B ₂ C ₁ D ₃	0.685	88.8	390	III	9
A ₃ B ₃ C ₂ D ₁	0.634	84.6	398.5	I	8

(1)涂挂性 对不同结构的消失膜表面采用刷、浸、喷、淋等多种涂敷方法,都能在其表面形成一层均匀的涂层,说明研制的涂料热性能较好。

(2)触变性 消失模涂层根据铸件(模样)大小不同,一般在 0.5~2 mm 之间,为使消失模表面形成一层均匀的且具有一定厚度的涂料层,就要求涂料应具有好的触变性,使其同时具有一定的涂刷性和抗流淌性。从图 1 可见,涂料的表观粘度在恒定的剪切速率下随剪切时间的延长而大幅度降低。其触变性计算时,是将表观粘度 10 min 的读数(S')与 30 s 读数(S)带入下式,计算出触变性

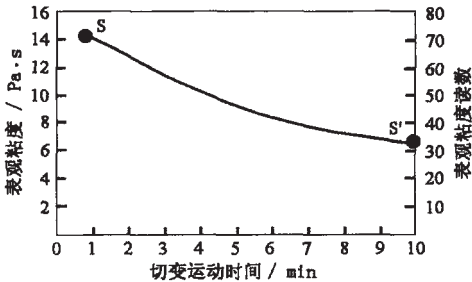


图 1 触变性曲线

即
$$\frac{S-S'}{S} \times 100 = \frac{73-33}{73} \times 100 = 54$$

(上接第 48 页)热影响区组织改变,造成晶界贫铬区,加速奥氏体不锈钢的腐蚀。

4 结论

- (1)奥氏体不锈钢焊接随着焊接线能量的增加,奥氏体晶粒易于粗大,同时热影响区敏化温度范围变宽,从而导致焊接接头的耐腐蚀性能下降。
- (2)随着焊接线能量增大,奥氏体不锈钢腐蚀率增大,并且腐蚀率有加剧趋势。

参考文献:

[1] 余家康. 光电化学微区成相技术和共振拉曼光谱方法评价敏化不锈钢的晶间腐蚀敏感性[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1997, 9(2): 153-155.
?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3 消失模水基涂料最佳配方性能

悬浮性 (%)	透气性 /cm ² /Pa·min	涂层强度 /g	密度 /g·cm ⁻³	触变性值	高温急热抗裂性	pH
98.5	0.954	358.5	1.6	54	1	9

该值远大于涂料触变性要求大于 20 的指标。

(3)其它性能 涂料最佳配方的性能参见表 3。

4 生产验证

在实验室进行浇注验证,采用 Al-5%Cu 合金,浇注温度 750℃,浇注试棒,涂料采用浸涂方法,涂层厚度 0.5~1.5mm。浇注系统涂涂料 2 遍以防止塌箱。浇注后可见铸件表面光洁,涂料成层状脱落。

生产验证中涂料用球磨机湿碾,混制工艺为:石英粉+膨润土(干混 4 h)→+水+糊精+硅溶胶+CMC 及助剂(湿混 4 h)→出料。

浇注铝合金阀体件及 HT 风扇外壳,浇注后表面光洁平整,棱角清晰,无粘层,尺寸精度高,涂层呈片状脱落。

5 结论

- (1)该涂料可用于消失模铸造有色合金及铸铁件与小型铸钢件。
- (2)该涂料性能优良,价格低廉,具有一定使用性及经济性。

参考文献:

[1] 沈嘉猷,杨正山. 造型材料测试技术[M]. 北京:机械工业出版社, 1987.
[2] 顾国涛. 铸造涂料触变性测试方法研究[J]. 铸造,1982,(3):19-24.

(责编/责校:张社会)

[2] 潘莹. 敏化奥氏体不锈钢的晶间腐蚀研究 [J]. 青岛化工学院学报, 1998, 19(4): 369-373.
[3] 史强. 利用标准作好不锈钢材料晶间腐蚀评定工作[J]. 腐蚀与防护, 2000, 21(4): 182-185.
[4] 许崇臣. 氮对高纯奥氏体不锈钢耐晶间腐蚀性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1997, 9(3): 192-195.
[5] 王荣滨. 18-8 型奥氏体不锈钢晶间腐蚀原因分析 [J]. 材料保护, 1999, 32(12): 31-32.
氏体钢焊接区域的金相组织及扫描电镜分析[J]. 山东工业大学学报, 1999, 29(2): 184-185.
[7] Gooch T G. Corrosion behavior of welded stainless steel [J]. Welding Journal, 1996, 75(5): 135-153.

(责编/责校:姜鸿恩)