

不锈钢 A-TIG 焊接头的抗腐蚀性能分析

胡礼木, 胡 波, 张永宏, 王永善

(陕西理工学院 材料科学与工程系, 陕西 汉中 723003)



胡礼木

摘 要: 用沸腾硝酸腐蚀法和室温硫酸加硫酸铜溶液浸蚀法对奥氏体不锈钢 TIG 焊和自制活性剂 A-TIG 焊接头进行了对比腐蚀试验。结果表明, 自制活性剂 A-TIG 焊接头在室温下具有良好的耐硫酸腐蚀能力, 比 TIG 焊接头有更强的抗沸腾硝酸腐蚀能力。焊缝金属的化学成分分析表明, 自制活性剂在焊接过程中能抑制金属中 Cr、Ni 等合金元素的烧损, 因此提高了 A-TIG 焊接头的抗腐蚀性能。

关键词: 不锈钢; A-TIG 焊; 抗腐蚀性能

中图分类号: TG444 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2006)07-034-03

0 序 言

活性钨极氩弧焊(A-TIG)由于能显著提高 TIG 焊缝的熔深, 可在 I 形坡口的情况下一焊透 12 mm 厚的低合金钢板或不锈钢板^[1,2], 从而大大提高了 TIG 焊的生产率, 节约了能源, 降低了生产成本。这项由乌克兰巴顿焊接研究所在 20 世纪 60 年代发明的先进技术到 20 世纪 90 年代引起了世界范围内焊接界的高度重视, 纷纷投入人力、物力进行开发研究并取得了长足进展。目前, A-TIG 焊已经用于低碳钢、低合金钢、不锈钢以及钛合金和镍基合金的焊接, 铝合金的 A-TIG 焊正在研究开发中^[3]。

与普通 TIG 焊相比, 用 A-TIG 焊接不锈钢不仅能有效地增加焊缝的熔深, 还能改善焊缝金属的抗

点蚀性能^[4]。这一点对于不锈钢焊接结构十分重要, 开展这方面的研究工作无疑是很有必要的。作者利用自制活性剂焊得的奥氏体不锈钢 A-TIG 焊接头进行了腐蚀试验。

1 试验材料与方法

1.1 试样的制取

在 5 mm 厚 1Cr18Ni9Ti 不锈钢板上, 用表 1 中所示焊接参数堆焊, 获得未涂活性剂 TIG 焊接头和涂有自制活性剂的 A-TIG 焊接头, 用水冷砂轮切割机截取焊接接头试样, 尺寸约为 20 mm × 20 mm × 5 mm, 其中 A-TIG 焊接头试样 3 个, TIG 焊接头试样 2 个, 依次打上标记, 再用砂纸打磨光洁, 用天平称重, 精确到 0.001 g。

表 1 试样堆焊所用参数

Table 1 Welding parameters

焊接电流 I/A	电弧电压 U/V	焊接速度 $v/(mm \cdot min^{-1})$	氩气流量 $Q/(L \cdot min^{-1})$	电极直径 d/mm
130	13	100	6	3.2

1.2 沸腾硝酸腐蚀法^[5]

将试样浸入盛有 600 mL 65% 硝酸水溶液的容器中, 用玻璃支架使试样保持在溶液中。该容器带有回流冷凝装置, 可保持溶液的浓度恒定。再将容器置入恒温水箱中, 使水保持沸腾状态。每 48 h

为一周期, 更换一次硝酸溶液。5 个周期后, 取出试样, 用水冲净, 风干, 称重。

1.3 室温腐蚀试验法

按 100 mL H_2SO_4 , 100 g $CuSO_4$ 和 1000 mL 蒸馏水的比例^[5]配成溶液盛入瓶中, 将切割好的试样打磨光滑, 称重后浸入, 用塑料薄膜封口, 置于室内。试验从 2003 年 7 月 1 日开始, 到 2004 年 12 月 15 日

收稿日期: 2005-06-30

基金项目: 陕西省教育厅专项科研计划资助项目(02JK132)

取出称重,历时 534 天,两个暑期。

2 结果与分析

2.1 沸腾硝酸法腐蚀试验结果

沸腾硝酸法腐蚀试验结果列于表 2。由表 2 可

见,编号为 1,2 的 TIG 焊接头试样的质量分别减少了 0.060 g 和 0.034 g, 平均腐蚀速率为 0.163 g/(m²·h)。而编号为 3,4,5 的 A-TIG 焊接头试样的质量分别减少了 0.024 g,0.027 g 和 0.028 g, 平均腐蚀速率为 0.091 g/(m²·h)。显然,A-TIG 焊接头的抗腐蚀能力优于 TIG 焊接头。

表 2 沸腾硝酸法腐蚀试验结果
Table 2 Corrosion test results with boiling nitric acid method

试样编号	状 态	腐蚀前质量 M_0/g	腐蚀后质量 M_1/g	质量损失 $\Delta M/g$	腐蚀速率 $R/(g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1})$
1	TIG	14.841	14.781	-0.060	0.208
2	TIG	16.097	16.063	-0.034	0.118
3	A-TIG	15.905	15.881	-0.024	0.083
4	A-TIG	16.900	16.873	-0.027	0.094
5	A-TIG	15.814	15.786	-0.028	0.097

2.2 室温腐蚀试验结果

室温腐蚀试验结果列于表 3,由表 3 可见,在室温下,浸泡于 H₂SO₄ 和 CuSO₄ 水溶液中长达 534 天

的两种接头试样的失重都只在 0~2 mg 之间。这说明用自制的活性剂焊得的奥氏体不锈钢 A-TIG 焊接头在室温下具有长期耐硫酸腐蚀的能力。

表 3 室温腐蚀试验结果
Table 3 Results of corrosion test at room temperature

试样编号	状 态	腐蚀前质量 M_0/g	腐蚀后质量 M_1/g	质量损失 $\Delta M/g$
1	TIG	26.062	26.060	-0.002
2	A-TIG	27.052	27.051	-0.001
3	A-TIG	24.662	24.660	-0.002
4	A-TIG	27.201	27.201	-0.000

2.3 显微分析

TIG 焊和 A-TIG 焊焊缝金属表面沸腾硝酸法腐蚀后的显微形貌分别见图 1 和图 2。



图 1 TIG 焊焊缝金属腐蚀后表面形貌
Fig.1 Micro-appearance of TIG weld surface after corrosion



图 2 A-TIG 焊焊缝金属腐蚀后表面形貌
Fig.2 Micro-appearance of A-TIG weld surface after corrosion

由图可见,TIG 焊和 A-TIG 焊的焊缝金属组织都是由单一奥氏体胞状柱晶组成,晶粒粗细相同;经

沸腾硝酸法腐蚀后,TIG 焊缝表面比 A-TIG 焊缝表面均匀腐蚀较严重,晶间腐蚀痕迹更明显。

2.4 化学成分分析

对母材及焊缝金属的化学成分进行了化验,结

果列于表 4。由表 4 可见,与母材相比,TIG 焊缝金属中的合金元素含量都有所降低,而 Cr 和 Ni 的含量降低幅度较大;A-TIG 焊缝金属中的 C 和 Ti 含量几乎没有变化,而 Cr 和 Ni 的含量也下降甚微。

表 4 化学成分化验结果(质量分数,%)

Table 4 Results of chemical analysis

试样编号	状 态	C	Cr	Ni	Ti
1	母 材	0.058	18.32	9.62	0.51
2	TIG 焊缝	0.050	15.21	7.96	0.45
3	A-TIG 焊缝	0.060	18.15	9.58	0.50
4	A-TIG 焊缝	0.063	18.25	9.60	—
5	A-TIG 焊缝	0.058	18.20	9.53	—

C、Ni、Cr、Ti 都是奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9Ti 中的重要元素。其中 C 和 Ni 能扩大 γ 区,有利于获得单一的稳定的奥氏体组织;Cr 是提高钢的电极电位,增强其耐电化学腐蚀能力的关键元素,但同时又是扩大 δ 区的元素;Ti 是稳定化元素,能优先与 C 化合形成 TiC 以减小 Cr 与 C 化合成 $Cr_{23}C_6$ 的倾向,能防止晶间贫 Cr 引起的晶间腐蚀现象。

为了获得抗腐蚀性能符合要求的奥氏体不锈钢,铬镍当量比(铬当量 $Cr_{eq} = Cr\% + Mo\% + 1.5Si\% + 0.5Nb\%$,镍当量 $Ni_{eq} = Ni\% + 30C\% + 0.5Mn\%$)必须适当。因此要求 1Cr18Ni9Ti 中,Cr、Ni 的含量分别在 17%~19% 和 8%~11% 的范围内。

普通 TIG 焊时,由于电弧高温会造成焊接熔池中 Cr、Ni 等元素的蒸发和烧损,使焊缝中的 Cr、Ni 含量下降,Cr、Ni 含量如果低于规定值的下限,不锈钢的抗腐蚀性能就会大大下降。

A-TIG 焊时,涂于工件表面的活性剂在电弧高温的作用下首先蒸发分解,一方面形成较高的气体分压,可以抑制熔池中 Cr、Ni 等元素的蒸发;另一方面,活性剂的气体可以起到压缩电弧的作用,从而缩小熔池表面积,进一步减小 Cr、Ni 等元素的蒸发倾向。

由于上述原因,如表 4 所示,A-TIG 焊焊缝金属中,Cr、Ni 等元素的含量与母材中的相比虽有所下降,但下降甚微,Cr、Ni 含量没有超出规定的范围;而普通 TIG 焊焊缝金属中的 Cr、Ni 含量下降较多,甚至低于规定值的下限。因此普通 TIG 焊焊缝

的抗腐蚀性能不如 A-TIG 焊焊缝的。

3 结 论

(1) 自制活性剂奥氏体不锈钢 A-TIG 焊接头在室温下具有良好的耐硫酸腐蚀的能力,比 TIG 焊接头有更强的抗沸腾硝酸腐蚀的能力。

(2) 自制活性剂在奥氏体不锈钢 A-TIG 焊过程中能抑制钢中 Cr、Ni 元素的烧损,因此改善了接头焊后的耐腐蚀性能。

参考文献:

- [1] Lucas W, Howse D. Activating flux increasing the performance and productivity of the TIG and plasma processes[J]. Welding and Metal Fabrication, 1996(1):11-17.
- [2] Andson P C J, Wiktorowicz R. Improving productivity with A-TIG welding[J]. Welding and Metal Fabrication, 1996(3):108-109.
- [3] 黄 勇,樊 丁.表面活性剂对铝合金直流正接 A-TIG 焊熔深的影响[J].焊接学报,2004,25(5):60-62.
- [4] 胡礼木.活性焊剂 TIG 焊不锈钢接头的性能研究[J].陕西工学院学报,1998,14(1):4-8.
- [5] 约翰 塞德赖克斯 A.不锈钢的腐蚀[M].吴 剑,译.北京:机械工业出版社,1986.

作者简介:胡礼木,男,1946 年 8 月出生,教授。主要从事焊接冶金与工艺方面的教学和科研工作,发表论文 30 余篇。

Email: hulumh@163.com