

双相不锈钢 2507 焊接工艺及腐蚀性研究

马艳强, 王 槐

(云南华联锌锡股份有限公司, 云南 文山 663701)

摘要: 超级双相不锈钢 2507 是一种强度高, 价格低廉且具有较强抗腐蚀性的材料, 被广泛应用于石油和天然气开采等腐蚀性较强的环境中。本文主要通过双相不锈钢 2507 的焊接试验以及焊接后的力学试验和抗腐蚀试验进行测量分析, 试验结果表明, 本次试验所选用的焊接工艺参数能够达到理想的强度和韧性, 同时可满足抗腐蚀性的标准。

关键词: 双相不锈钢 2507; 焊接工艺; 抗腐蚀性

中图分类号: TG457.11

文献标识码: A

文章编号: 1002-5065(2017)17-0265-2

Double phase stainless steel 2507 welding process and corrosion research

MA Yan-qiang, WANG Huai

(Yunnan hualian zinc indium co., LTD., Wenshan 663701, China)

Abstract: Super double phase stainless steel 2507 is a kind of material with high strength, low price and strong corrosion resistance, which is widely used in the corrosive environment of oil and gas exploitation. This article mainly through to the 2507 duplex stainless steel welding test and welding after the mechanical test and corrosion test measurement analysis, test results show that the welding process parameters can achieve ideal selected for testing the strength and toughness, and can meet the standard of corrosion resistance.

Keywords: double phase stainless steel 2507; Welding process; Corrosion resistance

当前, 双相不锈钢在我国的应用发展迅速, 在煤电、造纸、建筑桥梁、石油化工以及海洋开采等与我国工业密切相关的领域都有所涉及, 但是双相不锈钢的焊接技术在一些对性能要求较高的关键领域的技术开发仍处于初级阶段。本研究针对 SAF2507 双相不锈钢的细嫩特点, 采用了 GTAW 和 SMAW 两种方式进行焊接对比试验, 并对两种工艺的焊后接头进行力学性能测试和抗腐蚀性测试, 分析了金相组织比例, 旨在为我国的 2507 双相不锈钢应用提供参考作用^[1]。

1 材料和方法

1.1 焊接工艺和焊接材料的选择

GTAW 焊接工艺所选用的 ER2594 焊丝直径为 $\phi 2.4$ mm, 保护气体为 $\varphi(\text{Ar})98\% + \varphi(\text{N}_2)2\%$, 流量 12 L/min, 焊速为 12 ~ 14 cm/min, 热输入 10.0 ~ 12.0 kJ/cm, 层间温度不超过 150 °C; 而 SMAW 焊接工艺则选用 E2594 焊条, 焊条直径为 $\phi 3.2$ mm, 焊速保持在 21 ~ 23 cm/min, 热输出 10.0 ~ 12.0 kJ/cm。焊接坡口为 70° 的 V 形坡口, 根部间隙和钝边分别为 2 mm 和 1 mm。(焊材与板材的化学成分见表 1)

表 1 母丝与焊丝的化学成分 (%)

材料	ω (C)	ω (Cr)	ω (Ni)	ω (Mo)	ω (Mn)	ω (Si)	ω (N)	ω (S)	ω (P)
SAF2507	0.030	25.000	7.000	4.000	1.200	0.800	0.300	0.020	0.035
E2594	0.030	25.000	10.000	3.600	1.300	0.500	0.230	0.025	0.030
ER2594	0.030	25.000	10.000	4.000	0.400	0.300	0.230	0.020	0.030

1.2 试验方法和标准

采用 ASTM A370 标准截取试样分别对两种工艺的焊

后接头进行拉伸试验, 试验使用的器械为 WDW-20 万能试验机, 分别选取两种工艺的焊后接头各 3 个进行测试, 取 3 个焊后接头的测试平均值作为最后的抗拉伸强度测试数据。在冲击试验中所采用的标准是 GB/T229-2007 标准, V 形缺口冲击试样规格为 5 mm × 10 mm × 55 mm, 采用 JB-300B 试验机对对接头处的焊缝和热影响区进行常温冲击试验。对金相比例进行测定时使用的是 Image-Pro Plus 6.0 图像分析软件。在进行点腐蚀试验时, 采用的是 ASTM G48 标准, 将尺寸规格为 10 mm × 10 mm × 3 mm 的试样分别浸泡于 6% FeCl₃ 溶液中 1 d, 试验过程中温度保持在 50 °C ± 1 °C。称重试样腐蚀前后重量, 并采用 $v = \frac{W_0 - W_1}{S \cdot t}$ 对其腐蚀速率进行计算, 式中 v 代表腐蚀速度 (单位: mg/dm²h⁻¹); W_0 与 W_1 分别代表试样在试验前后的质量 (单位: mg); S 代表的是试样的总面积 (单位: dm²); t 则是代表时间 (单位: h)。

2 试验结果和分析

2.1 金相组织和相比例分析

图 1 是两种不同工艺的焊后接头区域组织照片。两种工艺在试验中采用的焊材 Ni 含量都比母材要高, 但是在 GTAW 工艺中, 焊接时会采用 $\varphi(\text{Ar})98\% + \varphi(\text{N}_2)2\%$ 作为保护气体, 这样一来, 不但避免了焊缝中金属由于溶化所导致的 N 损失, 同时还有效的促进了奥氏体在焊缝中的形成^[2]。在 GTAW 工艺的焊缝中, 奥氏体相的含量是 52%, 而 SMAW 工艺, 其焊缝中的奥氏体含量则只有 45%, 焊缝区的双相组织配比会直接影响到双相不锈钢的焊接质量, 最为理想的状态是铁素体和奥氏体各占 50%, 可以认为 GTAW 焊接工艺更加优秀。

2.2 力学性能测试结果及分析

根据表 2 中的拉伸试验和冲击试验结果中可以看出, 两

收稿日期: 2017-09

作者简介: 马艳强, 生于 1986 年, 男, 本科, 云南马关人, 工程师, 研究方向: 矿山、湿法冶金设备维护管理。

种焊接工艺的接头断裂位置都在母材上,因此可以判断两者的强度都能达到合格标准。GTAW 焊接工艺中采用了 ϕ (Ar)98%+ ϕ (N₂)2% 作为保护气体进行保护,气体中的氩气将空气有效的隔绝在外,保护效果更加良好,加入了 2%N₂后,不仅提高了焊缝中的奥氏体,而且还能强化N的间隙溶固,从表2中还可以看出,GTAW 焊接工艺的焊后接头在热影响区和焊缝区的冲击功均大于 SMAW,其主要原因是 GTAW 工艺中因为N的加入,降低了氮化物在焊缝中的析出,从而让奥氏体的含量得到增加,进而改善了焊缝的冲击韧性。

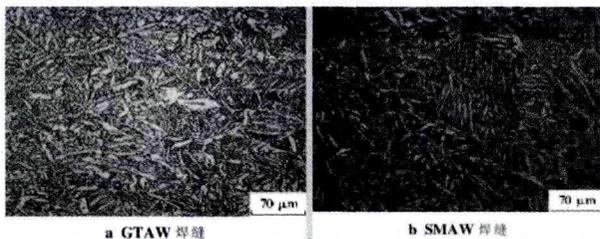


图1 GTAW和SMAW焊缝区的金相组织

表2 SAF2507双相不锈钢焊接接头力学性能试验结果

焊接方法	抗拉强度 σ_b /MPa	延伸率 δ /%	断裂位置	$A_{KV}/J(20^\circ C)$	
				焊缝	热影响区
GTAW	838	14.9	母材	82	119
SMAW	793	11.3	母材	75	103

2.3 点腐蚀实验结果及分析

通过对两种工艺的焊缝区域进行点腐蚀试验后得出,同样在6%FeCl₃浓度下的腐蚀溶液中,采用GTAW焊接工艺

相较于 SMAW 焊接工艺的焊缝耐点腐蚀性更加优秀,并且 GTAW 的焊缝耐点腐蚀性也与母材的耐点腐蚀性结果更为接近,决定双相不锈钢焊缝耐点腐蚀性的主要因素是焊缝中的奥氏体和铁素体相比例。通过本次试验得出,由于GTAW 工艺中保护气体N₂的加入,在奥氏体的转变中起到了良好的促进作用,同时还提高了焊缝中金属的含氮量,因此其腐蚀电为得到了提高。

同时还有有效的降低了Cr₂N的析出,使得焊缝中金相比例更接近母材,两相分布也相对均匀,因此在耐点腐蚀性方面有较好的表现。

3 结论

①采用加入了N₂作为保护气体的GTAW焊接工艺,其接头处的双相比例与SMAW焊接工艺相比更加优秀,两者焊缝区的奥氏体比例分别为52%和45%,GTAW焊缝中的奥氏体含量更加接近理想比例。②拉伸试验中,两种工艺的焊后接头断裂位置都位于母材上,在同样的线能量中,GTAW工艺的焊后接头表现出来的延伸率以及抗拉伸强度都比SMAW工艺要高。③GTAW焊接工艺在6%FeCl₃浓度溶液中的焊缝耐点腐蚀性相比SMAW焊接工艺表现更加优秀。

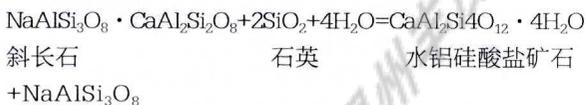
参考文献

- [1] 程巨强,李杰,弥国华等.2507超级双相不锈钢的组织、性能及其焊接工艺[J].焊接技术,2014,(03):24-28.
- [2] 孙松召,陈敏,林祥等.超级双相不锈钢2507焊接质量的控制[J].中国特种设备安全,2013,(09):28-31.

(上接264页)

3 斜长石形成水铝硅酸盐矿石

斜长石反应生成水铝硅酸盐矿石的反应方程式:



钠长石

根据研究表明, Ca²⁺的含量越高斜长石的稳定性越差,更易发生反应且斜长石反应的选择性明显,往往是钙长石单元发生反应而保留了钠长石单元,且在开放体系中有额外Na⁺参与的情况下,钙长石生成水铝硅酸盐矿石会伴随生成钠长石,通过计算可以看出 $\Delta G > 0$ 的最低温度在30℃左右(40MPa),所以30℃即为计算的温压条件下的最低反应温度,并有计算得出了不同压力条件下, $\Delta G = 0$ 时的温度值。

斜长石生成水铝硅酸盐矿石所需的最低温度与压力之间呈负相关关系。即随着埋深与压力的增加,该反应的发生所需的温度更低,反应速度也更快,按正常的压力梯度下,该反应在浅埋藏条件下就可以自发进行,随温度升高,长石的蚀变形成水铝硅酸盐矿石的反应趋势加强,温度的升高有利于斜长石的溶解并形成水铝硅酸盐矿石。

4 早期火山物质水化形成水铝硅酸盐矿石

在地层水和一系列构造、成岩等作用的影响下,使原本不稳定的火山玻璃和长石类矿物发生水解作用,使其中的K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺等离子释放出来,提高了水溶液的PH值,使溶液呈强碱性。在火山堆积物余热或深部热液的影响下,岩层温度升高,促使碱性溶液与Si、Al等物质作用形成沸石。

5 结论

(1)高岭石与方解石反应形成水铝硅酸盐矿石的温度应在150℃以上,如果考虑考虑地层压力的影响,该温度应该更高,在埋深2000m时,按地层压力20MP,则高岭石与石英反应的温度应在170℃以上。因此与延长组水铝硅酸盐矿石的发育关系不大。

(2)斜长石形成水铝硅酸盐矿石的温度在30℃时即可发生,为延长组水铝硅酸盐矿石发育的主要因素。

早期火山物质也是延长组水铝硅酸盐矿石发育的因素之一。

参考文献

- [1] 杨晓萍,袁泽楠.鄂尔多斯盆地上三叠统延长组浊沸石的形成机理、分布规律与油气关系[J].沉积学报,2002,(04):628-632.
- [2] 黄可,钟怡江,刘磊,侯典吉,胡中杰.成岩体系中斜长石向浊沸石转变的热力学过程[J].成都理工大学学报(自然科学版),2016,(04):497-506.
- [3] 杨晓萍,张宝民,雷振宇,陶士振.含油气盆地中浊沸石的形成与分布及其对油气勘探的意义[J].中国石油勘探,2006,(02):33-38+71.