

文章编号:1673-9981(2014)02-0134-03

蒙乃尔合金焊接技术在海上油田钢构件防腐中的应用

杨尚玉,杨炳发,王培永,徐玉强,庞成礼,刘继颖

海洋石油工程股份有限公司,天津 300462

摘 要:采用蒙乃尔薄板套筒包裹的方法对海洋工程用碳钢结构在海水溅射区进行防腐保护,并对蒙乃尔合金薄板的焊接性、焊接接头形式的设计及焊接工艺的制定进行了探讨.结果表明,采用手工钨极氩弧焊进行焊接施工的焊缝外观合格,力学性能符合 ASME IX 标准中相关章节的要求.宏观金相观察结果表明,焊缝中未见气孔、未熔合及裂纹等缺陷.
关键词:蒙乃尔 400 合金;焊接技术;海洋工程
中图分类号:TG406;TG457.19 **文献标识码:**A

根据海洋环境条件、腐蚀特点和平均腐蚀率的不同,钢结构在海洋环境中可分为五大腐蚀区:海洋大气区、海水飞溅区、潮差区、全浸区和海泥区,其中海水飞溅区对钢构件的腐蚀最为严重^[1-2].这是由于在飞溅区氧最充分,氧的去极化作用促进了钢结构的腐蚀,同时,浪花对保护膜的冲击破坏也使腐蚀加速.对位于该部位的构件的防腐一般采用加重防腐涂层及有机覆盖层等措施,在某海上油田开发项目中,由于对导管架在海水飞溅区的腐蚀控制要求较为严格,采用了蒙乃尔合金(Monel 400)包裹的方式进行防腐,为碳钢构件在海水飞溅区的防腐提供了

一种新的解决途径.
Monel 400 合金是一种 Ni-Cu 合金.此合金在氢氟酸和氟气介质中具有优异的耐蚀性,对热浓碱液也有优良的耐蚀性.同时还耐中性溶液、水、海水、大气、有机化合物等的腐蚀.该合金的一个重要特征是一般不产生应力腐蚀裂纹,切削性能良好. Monel 400 合金在 ASME IX《焊接和钎焊工艺,焊工、钎焊工、焊接和钎焊操作工评定标准》中的材料 UNS 编号为 N04400,板材标准号为 SB127,其化学成分和力学性能分别见表 1 和表 2.

表 1 Monel 400 板材的化学成分
Table 1 Chemical composition for Monel 400 plate

元素	C	Mn	Fe	S	Si	Cu	Ni	Al	Co	P
含量 w/%	0.11	1.02	1.94	0.001	0.16	31.80	64.90	0.03	0.03	0.010

表 2 Monel 400 板材的力学性能
Table 2 Mechanical properties for Monel 400 plate

性能参数	屈服强度 Re/MPa	抗拉强度 Rm/MPa	断后伸长率 δ _s /%
标准值	≥195	≥485	≥35
实测值	396	794	43.0

1 Monel 400 的焊接性

Monel 400 合金对杂质敏感性大,焊缝易出现针状气孔、裂纹、夹渣及脆性共晶体.由于 Monel 400 的合金化元素较多,在焊接熔池状态下的液态

收稿日期:2014-02-04
作者简介:杨尚玉(1981-),男,河北人,工程师,硕士.

金属十分粘稠,流动性差,不恰当的操作会导致咬边和夹渣,焊接 1.6~3.0 mm 的薄板时,其焊缝易出现局部过热,使焊缝呈蓝色或深蓝色.另外,与不锈钢或碳钢不同的是,Monel 合金焊材只能形成浅熔深,这些熔融的镍合金材料在熔池表面向四周辐射的特性称为“马拉贡尼效应”.因此,在焊接 Monel 400 套筒的过程中,应制定合理的焊工工艺,确保焊接接头的牢固性和致密性,同时避免温度过高对焊接接头的影响,以提高整个套筒的耐蚀性能.

2 接头设计及焊接工艺

该项目中的导管架需要在海水溅射区包裹 Monel 400 薄板的面积约为 230 m². 在实际的施工过程中,不仅涉及到 Monel 400 合金套筒之间的焊接,还涉及到在套筒上下两端的 Monel 400 合金板材与碳钢的焊接,为了保证焊接质量,应根据不同的构件结构设计适宜的接头形式及焊接工艺.

2.1 拉筋套筒的接头形式

拉筋构件的结构简单,为保证焊缝质量,包裹的 Monel 合金套筒之间(包括环缝和纵缝)以及套筒与两端碳钢之间均采用搭接接头,其中套筒之间的搭接量至少应有 25 mm,为密封角焊缝.

2.2 导管架套筒接头形式

相对于拉筋,导管架的结构略为复杂.由于过渡

段以及与拉筋焊接节点的存在,给现场施工带来了一定的困难.考虑到贴合强度和贴合紧密程度的要求,过渡段的环缝采用对接接头,在专用车间内预制完成,其余焊缝采用搭接接头.

2.3 焊接工艺

在施工过程中,套筒在专用车间进行板材的下料、卷制和预制,然后运输到现场进行组对和焊接.由于采用的是厚度仅为 3 mm 的 Monel 400 合金薄板且包裹面积不大,并考虑到该焊接接头宜在惰性气体保护气氛以及采用较小的焊接热输入进行焊接,最终确定采用手工钨极氩弧焊(GTAW)进行焊接.

3 焊接设备及工艺评定

3.1 焊接设备

GTAW 采用的焊机为唐山松下产业机器有限公司生产的 YE-300WP5HGE/G 焊机,钨极直径为 2.0 mm,配备了自动钨极打磨机,用于焊前对钨极的打磨.

3.2 焊接材料

焊接 Monel 400 合金的焊丝为 ERNiCu-7,焊接 Monel 400 合金与碳钢的焊丝为 ERNi-1,两种焊丝的化学成分列于表 3. 保护气体为氩气,纯度为 99.99%.

表 3 ERNiCu-7 和 ERNi-1 焊丝的化学成分
Table 3 Chemical composition for ERNiCu-7 and ERNi-1 wire

焊丝	元素含量 w/%									
	C	Mn	Fe	S	Si	Cu	Ni	Al	Ti	P
ERNiCu-7	0.04	3.53	0.64	0.001	0.88	29.43	63.45	0.03	1.99	0.004
ERNi-1	0.05	0.42	0.13	0.001	0.48	0.01	95.46	0.13	3.27	0.001

3.3 焊接工艺评定试验

焊接工艺评定试验的标准为 ASME IX,共进行了两组实验.其中一组用于评定 Monel 400 板材的对接,试验板材厚度为 3 mm,焊接示意图如图 1(a)所示;另一组用于评定 Monel 400 与碳钢的搭接,试验板材厚度分别为 3 mm 和 16 mm,焊接示意图如图 1(b)所示.

焊前应对坡口及其两侧 25 mm 范围内进行打

磨清除氧化物,随后用丙酮清洗.同时用丙酮对每根焊丝的表面进行清洗,去除标识墨迹等污物.

在对接接头的背部贴附半圆形槽子,四周用锡纸密封,提前充氩气(如无法保证背部有氩气保护,应背部打磨清根).

焊前不需预热,层间温度不宜高于 100 ℃,电弧极性为直流正接,焊接参数列于表 4.

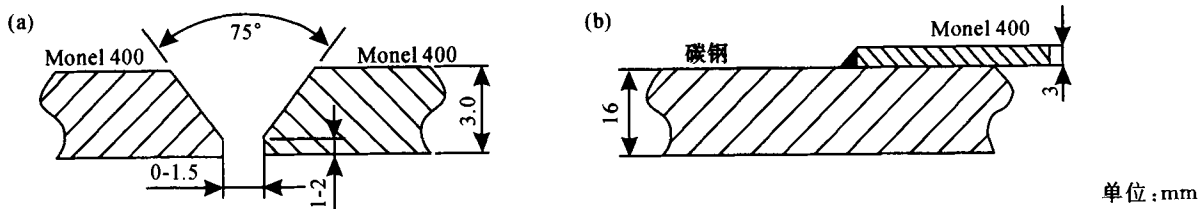


图 1 接头形式及尺寸
Fig. 1 Joint forms and sizes

表 4 焊接参数
Table 4 Welding parameters

接头形式	焊接层次	焊丝牌号	直径/mm	电压/V	电流/A	氩气流量/(L·min ⁻¹)		热输入/(kJ·mm ⁻¹)
						正面保护	背面保护	
对接	打底	ERNiCu-7	1.6	9~12	65~85	12~15	15	0.5~1.2
	填充	ERNiCu-7	1.6	9~13	80~110	12~15	15	0.5~1.0
搭接	/	ERNi-1	1.6	10~12	130~170	15~20	/	0.8~2.0

3.4 焊缝检验及结果

焊缝外观检验合格后,先按照 ASME V 规范进行渗透探伤(PT),再按 ASME IX 规范中相关章节的标准进行力学性能检验。

将搭接接头五等分取样后,分别进行机加工,对五个样品的横断面进行宏观和金相观察的结果表明,接头的根部焊透,焊缝中未见气孔、未熔合及裂纹等缺陷,检验合格.对接接头的抗拉强度为 545 MPa 和 546 MPa,弯曲试验件的测试面无任何缺陷.试验结果表明,其力学性能符合 ASME IX 规范,检验结果合格。

4 结 论

(1)采用包裹蒙乃尔合金(Monel 400)套筒的防

腐技术对海上油田导管架的海水溅射区域进行防腐,是一种有效可行的技术方案。

(2)从材料特性和现场施工条件确定了适宜的套筒焊接接头形式,采用 GTAW 焊接 Monel 400 套筒,检测结果表明,焊缝的质量和力学性能均符合 ASTM IX 规范的要求。

参考文献:

[1] 王钰. 胜利海上油田钢结构腐蚀防护技术分析[J]. 腐蚀与防护, 2004, 25(7): 311-314.
[2] 赵琪慧. 海上平台腐蚀与涂装设计[J]. 中国涂料, 2005, 20(6): 40-42.

The application of welding technology for Monel on offshore oil steel structure anticorrosion

YANG Shangyu, YANG Binfa, WANG Peiyong, XU Yuqiang, PANG Chengli, LIU Jiying
China Offshore Oil Engineering Co., Ltd, Tianjin 300462, China

Abstract: The anticorrosion method of splash zone for offshore oil engineering carbon steel structure using the method of Monel plate sheathing is introduced, and the weldability of Monel plate, field joint design and welding procedure specification are discussed. The results show that the appearance of welds is acceptable which were done by using Gas Tungsten Arc Welding process, the Mechanical properties of joint conform to the requirements of the relevant sections in ASME IX standards. The Macro metallographic observation results show that there is no porosity and incomplete fusion and cracks and other defects in the weld.

Key words: Monel 400 alloy; welding technology; offshore oil engineering