

理论与实验研究

新型钛铜复合管在流动海水中的腐蚀行为

韩东锐¹, 王戈², 贾思洋¹, 李超¹

(1. 钢铁研究总院 青岛海洋腐蚀研究所, 山东 青岛 266071;

2. 海军装备技术研究所 青岛室, 山东 青岛 266012)

摘要: 设计了循环管路, 通过海水管路冲刷腐蚀试验, 对比研究了新研制的爆炸焊钛铜复合管与铜管的耐海水腐蚀性能。宏观和微观腐蚀形貌以及微观成分分析表明, 在海水冲刷作用下, 铜管受到腐蚀, 微观表面呈现颗粒状形貌, 钛铜复合管无腐蚀, 表现出了良好的应用性能。

关键词: 爆炸焊; 钛铜复合管; 流动海水; 腐蚀

中图分类号: TG172.5 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)04-0001-03

Corrosion Behavior of New Type Ti-Cu Composite Pipe in Flowing Seawater

HAN Dong-rui¹, WANG Ge², JIA Si-yang¹, LI Chao¹

(1. Qingdao Research Institute for Marine Corrosion, Central Institute for Iron and Steel, Qingdao 266071, China;

2. Qingdao Lab, Navy Equipment Technology Institute, Qingdao 266012, China)

Abstract: Cycle pipeline of Ti-Cu composite pipes and Cu pipes were assembled for flowing seawater test. Anti-corrosion properties of Ti-Cu composite pipes by explosive welding and Cu pipes in flowing seawater were studied. Macroscopic and microscopic corrosion morphology and microscopic components analysis showed that, after flowing seawater test, Ti-Cu composite pipe isn't corroded; however, Cu pipe is corroded and its microscopic corrosion morphology is granule. It was concluded that the applied performance of Ti-Cu composite pipes is better.

Key words: explosive welding; Ti-Cu composite pipe; flowing seawater; corrosion

爆炸焊是利用炸药爆炸时的可控能量, 使两种或两种以上的金属形成高性能的冶金的结合方法^[1-2], 其焊接过渡区具有金属的塑性变形、熔化和扩散等微观特征。爆炸焊具有优异的焊接性^[3], 能够简单、迅速和强固地将任意不同的金属材料焊接起

来, 以组成复合材料、过渡接头、复合设备和复合零部件^[4]。

文中通过海水管路冲刷^[5]腐蚀试验, 研究了新研制的爆炸焊钛铜复合管及其焊缝部位的耐海水腐蚀性能。

收稿日期: 2012-02-10

作者简介: 韩东锐(1979—), 男, 山东青岛人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为金属材料在自然环境中的腐蚀。

1 试验

1.1 材料

流动海水管路试验材料包括Ti-Cu复合管和Cu管,管路分为直管构件和弯管构件,管件内径为36.4 mm,直管长约400 mm,弯管为直角弯管。直管中部有焊缝,焊接工艺为内层Ti与Ti对焊,外层Cu与Cu对焊。复合管法兰面处Ti管翻出。这样保证了介质只与Ti接触,Cu管作为骨架对内部的Ti管起到支撑作用。Ti-Cu复合管实物如图1所示。

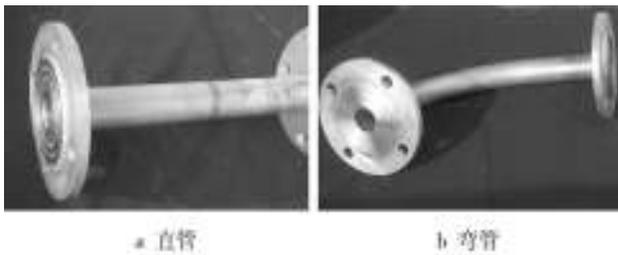


图1 Ti-Cu复合管照片

Fig. 1 Photo of Ti-Cu composite pipe

1.2 管路组装

将各段试验管路通过法兰连接至整个循环管路中,法兰之间加橡胶密封垫,螺栓紧固件外加塑料绝缘套,如图2所示。使各管件与整个循环管路之间保持电绝缘。

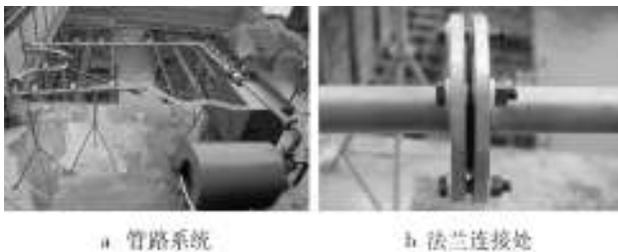


图2 组装管路照片

Fig. 2 Photo of assembled pipes

1.3 试验方法

试验介质为青岛海域的海水,循环冲刷,流速为10 m/s,固相颗粒质量浓度为2 kg/m³,试验温度保持

在25 ℃以上。

试验周期为30 d。试验过程中,定期测量管状、弯头构件的腐蚀电位。试验结束后,解剖管状构件和弯头构件,观察记录管状构件和弯头构件的腐蚀形貌。

2 结果与讨论

2.1 腐蚀形貌

图3、图4分别是Ti-Cu复合管和Cu管流动海水试验后,将管路构件沿轴向用线切割剖开的形貌照片。可以看出,Ti-Cu复合管法兰、内壁、焊缝外观完好,直管Ti-Cu复合层结合良好,弯管在弯曲位置稍有剥离,这是在弯管的过程中造成的。Cu管试验后,内壁失去Cu本身的金属光泽,焊缝位置有轻微的腐蚀痕迹。

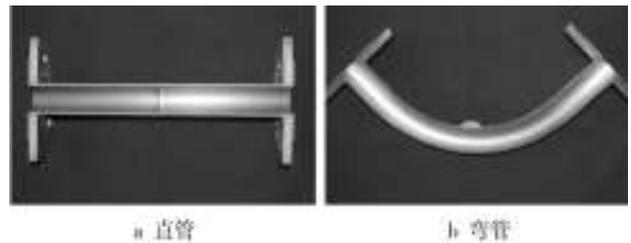


图3 Ti-Cu复合管冲刷试验后腐蚀形貌

Fig. 3 Corrosion morphology of Ti-Cu composite pipe after flowing seawater test

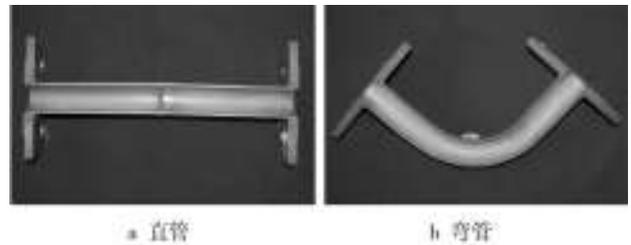


图4 Cu管冲刷试验后腐蚀形貌

Fig. 4 Corrosion morphology of Cu pipe after flowing seawater test

2.2 腐蚀电位

图5是Ti-Cu复合管和Cu管自腐蚀电位随时间的变化曲线,测量时使用银/氯化银参比电极,文中

数据均已换算成相对于饱和甘汞电极的数据。由图5中曲线可以看出,两种管路初期电位波动较大,呈现逐渐增大趋势,400 h后,电位趋于稳定。Ti-Cu复合管初始电位为98 mV,稳定电位为400 mV;Cu管初始电位为-231 mV,稳定电位为53 mV。

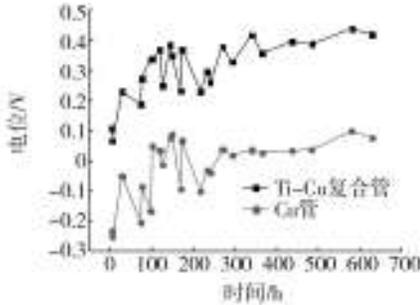


图5 管路自腐蚀电位随时间变化

Fig. 5 Corrosion potential of pipes changes with time

Ti-Cu复合管在内壁Ti管完整的情况下,实际测量得到的是Ti的自腐蚀电位,而不是Ti-Cu的偶合电位,因此可以通过测量Ti-Cu复合管的自腐蚀电位,大体判断Ti管的完整情况。自腐蚀电位测量结果说明,通过爆炸焊工艺可以较好地将Ti管和Cu管结合在一起,同时又能保证Ti管的完整性,以发挥Ti管的耐海水腐蚀性能。

2.3 微观分析

图6、图7分别是Ti-Cu复合管、Cu管的微观腐蚀形貌和腐蚀产物成分分析结果。

由图6可见,Ti-Cu复合管无腐蚀,表面沉积了薄薄的一层Fe和Cu的氧化物,使用盐酸溶液(市售盐酸与水体积比为1:1)可以很容易地将该层氧化物擦除,露出银白色的Ti基体。

由图7可见,Cu管在海水冲刷作用下,受到腐蚀,微观表面呈现颗粒状形貌。由图7b可以看出,产物的主要成分为Fe,Cu和Zn的氧化物,以及从Ag/AgCl参比电极溶入海水中又被置换出来的单质Ag。

Ti-Cu复合管和Cu管的微观腐蚀形貌和腐蚀产物成分分析表明,在同样的服役条件下,Ti-Cu复合管比Cu管表现出了更好的耐蚀性。

3 结论

1) 通过爆炸焊工艺可以较好地将Ti管和Cu管

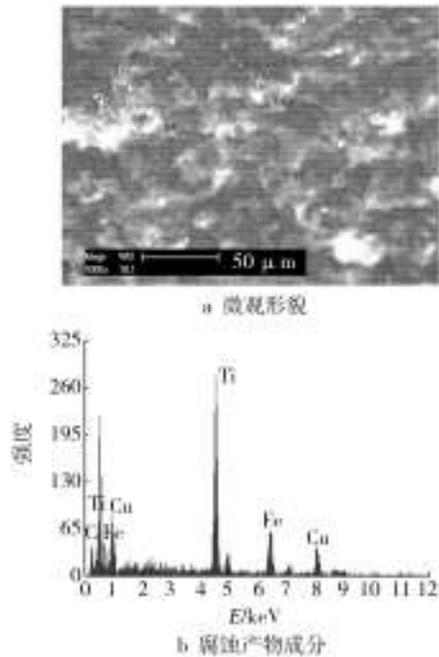


图6 Ti-Cu复合管微观分析

Fig. 6 Micro-analysis of Ti-Cu composite pipe

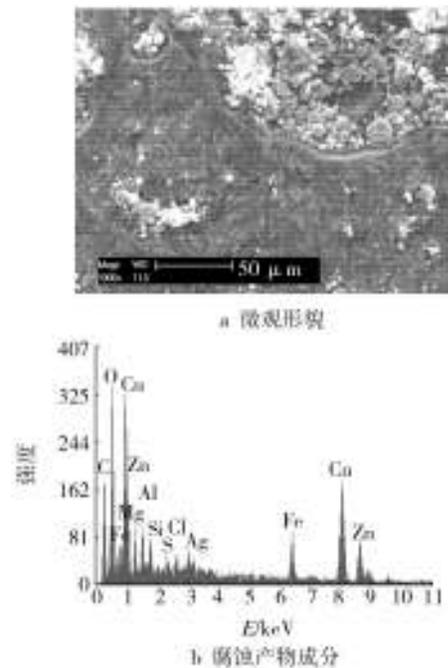


图7 Cu管微观分析

Fig. 7 Micro-analysis of Cu pipe

结合在一起,同时又能保证Ti管的完整性,以发挥Ti管的耐海水腐蚀性能。

(下转第7页)

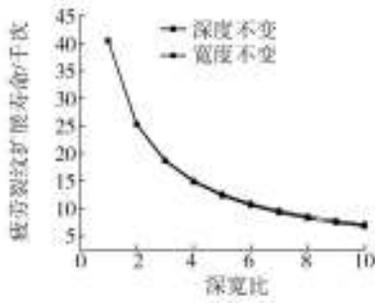


图9 不同深宽比下疲劳裂纹扩展的影响曲线

Fig. 9 The curve of fatigue crack growth under different ratio of pitting depth and width

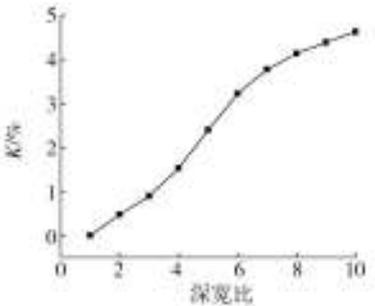


图10 不同深宽比下相对影响系数K曲线

Fig. 10 The relative influence coefficient K curve under different ratio of pitting depth and width

貌统计分析,可以将腐蚀坑近似成半椭球形损伤进行评定计算。

2) 腐蚀坑深度和宽度对疲劳裂纹扩展寿命影响都较大,且随着深宽比的增大,裂纹扩展寿命逐渐趋于稳定。

3) 随着腐蚀坑的深宽比增大,腐蚀坑的深度相对于宽度对裂纹扩展寿命的影响逐渐增大。

参考文献:

- [1] 苏维国,穆志韬,刘涛,等. 基于损伤检测的腐蚀疲劳寿命预测概率模型[J]. 装备环境工程, 2009, 6(5): 33—38.
- [2] 朱做涛,穆志韬,陈定海,等. 基于中值寿命和特征寿命相当的腐蚀当量折算关系研究[J]. 机械强度, 2011, 33(2): 253—257.
- [3] KEITH Van Der Walde. Corrosion—Nucleated Fatigue Crack Growth[D]. USA: Purdue University, 2005: 80—124.
- [4] 叶彬,朱做涛,穆志韬. 铝合金材料腐蚀形貌裂纹及扩展分析[J]. 装备环境工程, 2011, 8(4): 54—58.
- [5] DU M L, CHIANG F P, KAGWADE S V. Influence of Corrosion on the Fatigue Properties of Al 7075-T6[J]. Journal of Testing and Evaluation, 1998, 26(3): 260—268.
- [6] MEDVED J J, BRETON M, IRVING P E. Corrosion Pit Size Distributions and Fatigue Lives—A Study of the EIFS Technique for Fatigue Design in the Presence of Corrosion [J]. Int J Fatigue, 2004, 26: 71—80.
- [7] LIN X B, SMITH R A. Finite Element Modeling of Fatigue Crack Growth of Surface Cracked Plate—Part III: Stress Intensity Factor and Fatigue Crack Growth Life[J]. Fracture Mech, 1999, 63: 541—556.

(上接第3页)

2) Ti-Cu 复合管经海水冲刷试验后无腐蚀; Cu 管受到海水腐蚀及冲刷的作用,失去 Cu 本身的金属光泽,焊缝位置有轻微的腐蚀痕迹,微观表面呈现颗粒状形貌。

参考文献:

- [1] 梁希坤. 爆炸焊的原理和潜能[J]. 铁道机车车辆工人, 1996(2): 24—26.

- [2] 藤田昌大,张丽英. 爆炸焊及其应用[J]. 国外舰船技术, 1982(4): 6—15.
- [3] 郑远谋. 不锈钢-碳钢爆炸复合板和爆炸焊接机理探讨 [J]. 广东有色金属学报, 1993, 3(2): 133—138.
- [4] 郑远谋. 爆炸焊与异种金属的焊接[J]. 焊接技术, 2001, 30(5): 25—26.
- [5] 王春涛,章海,朱从容. 海水循环水管道复合防护技术应用[J]. 表面技术, 2005, 34(3): 69—70, 75.