

5083 铝合金与 2205 不锈钢在天然海水中的电偶腐蚀行为

刘宇, 石勇, 李宁, 张海宽

(海军驻葫芦岛四三一厂军事代表室, 葫芦岛 125004)

摘要:研究了 5083 铝合金与 2205 不锈钢在不同面积比条件下青岛天然海水环境中的电偶腐蚀行为, 得到了电偶混合电位和电偶电流。结果表明, 2205 不锈钢与 5083 铝合金形成电偶时, 由于自腐蚀电位的差值较大, 容易造成明显的电偶腐蚀。无论阴阳极面积相等还是在大大阳极小阳极的情况下, 5083 铝合金与 2205 不锈钢均形成电偶腐蚀, 都会加速 5083 铝合金的腐蚀, 2205 不锈钢则会受到保护。因此, 在海水环境中要避免这两种材料的直接接触, 必须采取绝缘防护措施。

关键词:5083 铝合金; 2205 不锈钢; 天然海水; 电偶腐蚀

中图分类号: TG172.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-748X(2012)06-0532-03

Galvanic Corrosion Behavior Between 5083 Aluminium Alloy and 2205 Stainless Steel

LIU Yu, SHI Yong, LI Ning, ZHANG Hai-kuan

(Military Representative Office of Naval in 431 Factory, Huludao125004, China)

Abstract: The galvanic potential and current between 5083 aluminium alloy and 2205 stainless steel in seawater of Qingdao offshore were studied. The results showed that due to the big potential difference, an obvious galvanic corrosion between these two types of materials in natural seawater occurred. Whether the surface area of 5083 Al alloy was small or not, its corrosion rate was accelerated, at the same time the 2205 steel was protected. So, it should be avoided for these two materials to contact directly in seawater.

Key words: 5083 aluminium alloy; 2205 stainless steel; natural seawater; galvanic corrosion

0 引言

两种不同电势的材料, 在介质中直接或经过其他导体形成电连接, 使电流从一种材料经过电介质外部流向另一种材料, 致使电位高的材料腐蚀被抑制, 电位低材料腐蚀加速的现象, 称为电偶腐蚀 (galvanic corrosion)。生产、生活以及自然环境中, 电偶腐蚀普遍存在^[1]。电势不同的两种材料形成电偶腐蚀后, 由于阴阳极的相互极化, 会使阴极反应和阳极反应在同一个电位下进行, 这个电位是电极反应相互耦合后的混合电位, 它低于阴极反应的平衡电位而高于阳极反应的平衡电位^[2]。电偶电流是电偶腐蚀回路中流过的电流, 它反映电偶腐蚀的快慢及严重程度。目前, 通常采用腐蚀电流作为电偶腐蚀敏感性的一个重要评价指标, 而且已经制定

了相应的电偶腐蚀评价标准, 如航空标准 HB5374 和国标 GB/T15748。因此, 电偶混合电位和电偶电流是考察电偶腐蚀的重要参数。

铝合金的基体材料是铝, 而铝是活性很高的金属, 具有较大的电负性, 其平衡电位为 -1.67 V (SHE), 远低于铁的平衡电极电位 -0.44 V (SHE), 因此为铝成为牺牲阳极来保护钢铁结构的腐蚀提供了热力学上的可能性, 但纯铝表面容易形成致密的氧化膜而使腐蚀电位正移。铝合金作为反应阳极, 具有电容量大、费用较低、寿命较长、重量较轻等突出优点, 铝合金中的合金元素也会限制或表面形成连续致密的氧化膜, 从而促进表面的活化, 使铝合金具有较负的电极电位^[3]。

铝合金与电位较高的金属材料接触, 容易形成电偶腐蚀, 使自身的腐蚀加速。5083 铝合金是海洋轻型船舶中使用的主要壳体材料, 如果与其他材料形成电偶腐蚀, 5083 铝合金由于自腐蚀电位低, 通

收稿日期: 2011-08-09

通讯作者: 刘宇, 工程师, xinyi@sunrui.net

常会作为电偶反应的阳极,使其腐蚀速度加快,降低材料的使用寿命。因此,在船舶上使用 5083 铝合金时,要合理选择搭配材料,防止与 5083 铝合金形成电偶腐蚀。

通过对目前在役某型铝壳船现场勘验,发现在尾板法兰处存在着 5083 铝合金与不锈钢材料偶合相连的现象,虽然在初始设计时曾经考虑了绝缘措施,但是通过实测发现两者已经电导通,海水是一种很强的腐蚀环境,5083 铝合金船体在海水中能否安全运行是使用部门极为关心的问题。为此,有必要对 5083 铝合金和不锈钢叶片之间的电偶腐蚀行为进行深入研究。

1 试验

采用高阻抗电压表和饱和甘汞电极测定电偶混合电位、自腐蚀电位。利用 ZF-3 小型恒电位仪测定电偶电极的电偶电流。试验用 5083 铝合金和 2205 不锈钢的化学成分如表 1 和表 2 所示。

表 1 5083 铝合金的名义化学成分 (%)

Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
0.1	0.4	0.4	0.4~1.0	4.0~4.9	0.25	0.05~0.25	0.15	余量

表 2 2205 不锈钢的化学成分 (%)

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	N	Fe
0.02	0.7	0.025	0.001	0.4	22.4	5.8	3.3	0.16	余量

制作面积比为 1:1 的电偶电极:切一段柱状 5083 铝合金电极,长度约为 1 cm,一端连接一根铜导线,另一端打磨光滑。分别用砂轮切一块 2205 不锈钢钢板材料,处理一个表面,使其与 5083 铝合金电极工作表面具有相同的面积,然后分别将 5083 铝合金与 2205 不锈钢钢板作为电偶电极封装到 PVC 管中。

制作面积比为 20:1 的电偶电极:取一段 5083 柱状铝合金,切去一部分,做成底面为 0.25 cm² 的柱状,底面打磨光滑。切取面积为 5 cm² 的 2205 不锈钢钢板,使其与 5083 铝合金电极工作面积比为 20:1,然后分别将 5083 铝合金与 2205 不锈钢钢板作为偶合电极封于 PVC 管中。电极结构示意图见图 1 所示。

试验使用的溶液为青岛小麦岛附近天然海水,海水的盐度约为 3.5‰。

2 结果与讨论

将制作好的电偶电极短接后放入海水体系中,

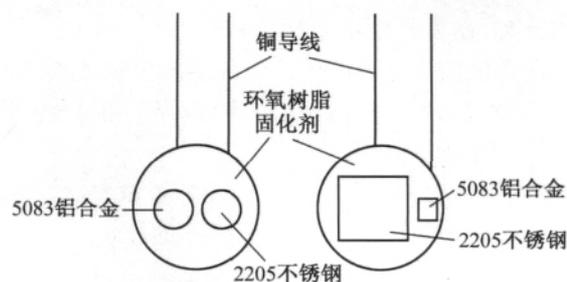


图 1 5083 铝合金与 2205 不锈钢钢板组成的电偶电极

使其形成电偶腐蚀。浸泡一段时间后,利用电压表和饱和甘汞电极测定不同材料之间的电偶混合电位和相互极化后的自腐蚀电位。并利用 ZF-3 小型恒电位仪测定不同材料之间的电偶电流。

2.1 2205 不锈钢和 5083 铝合金面积比为 1:1 时的混合电位和电偶电流

考察 5083 铝合金和 2205 不锈钢在面积相同时形成的电偶腐蚀行为,每隔一段时间测定混合电位、电偶电流和电偶腐蚀后的自腐蚀电位。

从图 2 可以看出,形成电偶腐蚀时,混合电位约为 -700 mV 左右,5083 铝合金是电偶腐蚀的阳极,自腐蚀电位更靠近 5083 铝合金。虽然随着浸泡时间的增长,2205 不锈钢和 5083 铝合金的自腐蚀电位的差值由于相互极化而有所下降,但是自腐蚀电位仍然相差较大。从图 3 可以看出,在经历了初期电偶电流的迅速下降之后,电偶电流基本稳定,5083 铝合金起到了牺牲阳极的作用。

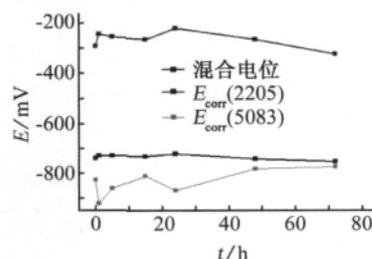


图 2 1:1 时偶合不同时间后的混合电位和自腐蚀电位

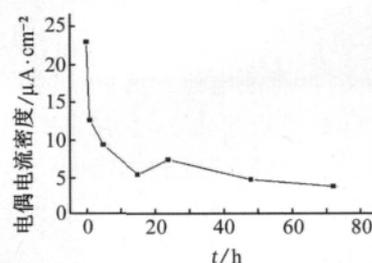


图 3 1:1 时偶合不同时间后的电偶电流密度

2.2 2205 不锈钢和 5083 铝合金面积比为 20:1 时的混合电位和电偶电流

阳极表面不均匀的电位分布会引起电偶电流不

均匀分布,在大阴极小阳极条件下会导致局部阳极材料在即使较低电偶电位差时也会发生快速损坏而失效,不均匀的电流分布还可能因阳极局部电流密度过大而导致电偶反转^[4]。

由上步试验可知,2205 不锈钢和 5083 铝合金形成电偶腐蚀时,5083 铝合金是电偶腐蚀的阳极,2205 不锈钢是阴极。随着电偶腐蚀的进行,阳极表面产物的积累,阳极表面不均匀的电位分布会造成电偶电流在 5083 铝合金表面的不均匀分布。如果 5083 铝合金表面阳极电流密度过大,形成化学转化膜或致密的腐蚀产物膜,引起自腐蚀电位升高,可能会引起电极的反转。因此,考察 2205 不锈钢和 5083 铝合金在大阴极小阳极情况下形成电偶后电极反转的可能性。

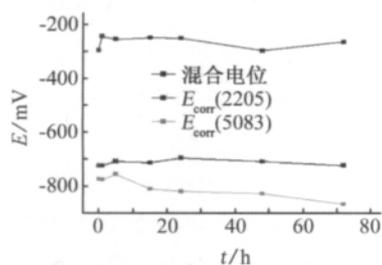


图 4 20 : 1 时偶合不同时间的混合电位和自腐蚀电位

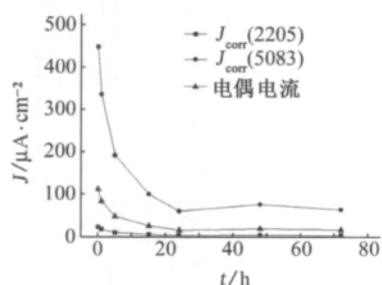


图 5 20 : 1 时偶合不同时间后的电偶电流

从图 4 可以看出,在浸泡时间内,2205 不锈钢与 5083 铝合金在暴露面积比为 20 : 1 的情况下,其混合电位基本仍然维持在 -700 mV 左右,5083 铝合金始终是电偶反应的阳极,且混合电位更靠近 5083 铝合金的自腐蚀电位。两种材料的自腐蚀电位随浸泡时间的增长变化不大,其自腐蚀电位维持了较大的差值,没有电极反转的倾向。从图 5 可以看出,5083 铝合金的电偶电流在经历了浸泡初期的大幅下降之后,基本稳定 70 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 左右,而阴极电流密度始终较小,在经历了一段时间浸泡后,电偶体系逐渐稳定了下来,电偶电极没有发生反转的倾向。这也说明,虽然 5083 铝合金阳极的电流密度较大,但并没有导致表面形成化学钝化膜和致密的腐

蚀产物,因而 5083 铝合金的腐蚀被加速,腐蚀破坏严重。

3 结论

当 5083 铝合金与 2205 不锈钢在海水中形成电偶腐蚀时,两种材料的混合电位相对稳定,浸泡一段时间后,自腐蚀电位和电偶电流密度也相对稳定下来,其自腐蚀电位的差值仍较大,阳极电流也没有导致钝化膜的形成,两种材料不会出现阴阳极的反转倾向,5083 铝合金成了保护 2205 不锈钢的牺牲阳极材料,不断进行活性阳极溶解。无论阴阳极面积相等还是在大阴极小阳极的情况下,5083 铝合金与 2205 不锈钢形成电偶腐蚀,都会加速 5083 铝合金的腐蚀,而 2205 不锈钢则会被保护起来。因此,在海水环境中要避免这两种材料的直接接触。

参考文献:

[1] 张远声. 腐蚀破坏事例 100 例[M]. 北京:化学工业出版社,2000.
 [2] 曹楚南. 腐蚀电化学原理[M]. 北京:化学工业出版社,1985.
 [3] 孔小东,朱梅五,丁振斌,等. 铝合金牺牲阳极研究进展[J]. 稀有金属,2003,27(3):376-381.
 [4] 魏宝明主编. 金属腐蚀理论及应用[M]. 北京:化学工业出版社,1984.

(上接第 488 页)

类似钝化的特性,更好地阻滞了电极反应的发生。

(2) 添加 8% 和 12% SiO_2 的有机膜试样之所以会较大地增强镀锌层的阳极极化作用,其原因可能是由于涂膜中的 SiO_2 与锌层表面发生化学反应生成性能稳定的 ZnSiO_3 化合物,也可能是膜中胶态 SiO_2 的溶解-再沉积所致。

参考文献:

[1] 夏正斌,涂伟萍. 水性金属防护涂料的研究进展[J]. 材料保护,2003,36(4):5-8.
 [2] 王兴业,王同恩. 硅溶胶建筑涂料的研制及应用[J]. 材料工程,1994(4):21-23.
 [3] 董松. 硅溶胶-丙烯酸酯乳液外墙涂料的配制[J]. 现代涂料与涂装,2001(5):15-16.
 [4] 王慧中,能焰,龙光斗. 电化学方法研究含锌涂层的防腐性能[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),1994,28(4):520-524.