

钼酸钠对靶用 5083 铝合金耐蚀性能影响的研究

杨志成¹, 周宽², 田志强³

(1.中国人民解放军 92419 部队, 辽宁 兴城 125106; 2.中国人民解放军 73306 部队, 福建 莆田 351111; 3.武汉军械士官学校 枪械系, 武汉 430070)

摘要: 目的 提高靶用 5083 铝合金材料的耐蚀性。方法 分别运用阳极极化、交流阻抗及 EDS 等试验技术研究钼酸钠对 5083 铝合金在 3%氯化钠溶液中的耐蚀性能影响。结果 钼酸钠加入 3%氯化钠溶液以后, 该铝合金的腐蚀电位下降, 点蚀电位与腐蚀电位分离, 维钝电流减小, 阻抗值增大, 抗点蚀能力提高。结论 钼酸钠对 5083 铝合金产生缓蚀作用。

关键词: 5083 铝合金; 耐蚀性; 交流阻抗

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.03.024

中图分类号: TJ04

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2016)03-0147-04

Effect of Sodium Molybdate Inhibitor on Corrosion Resistance of 5083 Aluminum Alloy Used for Drone

YANG Zhi-cheng¹, ZHOU Kuan², TIAN Zhi-qiang³

(1.No.92419 Unit of PLA, Xingcheng 125106, China; 2.No.73306 Unit of PLA, Putian 351111, China;

3.Department of Firearm, Wuhan Ordnance Petty Officer Academy of PLA, Wuhan 430070, China)

ABSTRACT: **Objective** To improve the corrosion resistance of 5083 aluminum alloy used for drone. **Methods** The polarization, electrochemical impedance spectrum and energy dispersive spectrometer were employed to study the effect of sodium molybdate inhibitor on the corrosion resistance of 5083 aluminum alloy in 3% NaCl solution. **Results** After addition of sodium molybdate in the 3% NaCl solution, the corrosion potential was decreased and separated from the pitting potential, the passivated current was reduced, the impedance was increased, and the capability of inhibiting pitting was promoted. **Conclusion** Sodium molybdate had corrosion inhibition effect on 5083 aluminum alloy.

KEY WORDS: 5083 aluminum alloy; corrosion resistance; alternating current impedance

5083 铝合金材料作为航空靶标领域不可缺少的材料^[1-3], 在海洋环境中, 易发生结构腐蚀破坏^[4], 而影响到装备的安全性和使用寿命, 因此展开对 5083 铝合金材料的腐蚀与防护研究很重要, 可为靶标的安全使用和维护保养提供依据。5083 铝合金由于本身的耐蚀性^[5-7]很好, 因此可作为航空靶

标材料广泛使用, 然而由于点蚀等局部腐蚀的发生, 容易造成结构的损坏^[8-10]。笔者选用 5083 铝合金作为研究对象, 采用电化学试验方法, 结合金相组织观察和能谱分析研究钼酸钠对其耐蚀性能的影响, 为此种铝合金装备的安全使用和日常维护奠定基础。

收稿日期: 2016-01-13; 修订日期: 2016-02-23

Received: 2016-01-13; Revised: 2016-02-23

作者简介: 杨志成 (1982—), 男, 吉林舒兰人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为金属材料的腐蚀与防护等。

Biography: YANG Zhi-cheng (1982—), Male, from Shulan, Jilin, Master, Engineer, Research focus: corrosion & protection of metal materials.

1 试验

1.1 材料

试验材料为靶用 5083 铝合金,其主要成分(以质量分数计)为 Fe 0.4%, Mn 0.6%, Si 0.4%, Mg 4.9%, Cr 0.08%, Cu 0.1%, Al 余量。

1.2 仪器与测试方法

试验仪器采用 CHI600c 电化学工作站,极化试验和交流阻抗试验均采用三电极体系,参比电极为饱和甘汞电极,辅助电极为铂电极,试验介质选择浓度分别为 0, 0.01, 0.05, 0.1 mol/L 钼酸钠的 3%NaCl 溶液。极化试验的扫描速度为 1 mV/s,交流阻抗的信号幅值为 10 mV,频率范围为 50 mHz ~ 20 kHz。

将试样用水砂纸打磨至 1500#,用 W0.5 金刚石研磨膏机械抛光,无水乙醇去脂后,冷风吹干,进行金相组织观察。电化学试验完成后,用蒸馏水清洗表面,快速吹干后进行能谱分析。

2 试验结果及分析

2.1 极化试验

5083 铝合金在不同浓度钼酸钠、中性 3%NaCl 溶液中的极化曲线如图 1 所示。

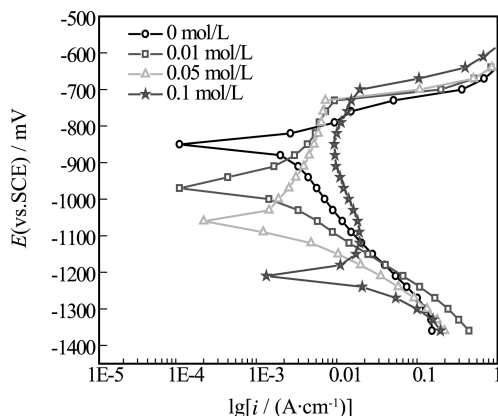


图 1 5083 铝合金在不同浓度钼酸钠的 3%NaCl 溶液中的极化曲线

Fig.1 The polarization curves of 5083 aluminum alloy in 3% NaCl solution containing different concentrations of sodium molybdate

观察图 1 中的极化曲线特点变化可以看出,

溶液中加入钼酸钠以后,促使 5083 铝合金的极化曲线上出现了明显的钝化特征,并且钝化特征是随着钼酸钠浓度的增加而逐渐变得明显。腐蚀电位下降,点蚀电位与腐蚀电位分离,分离程度是随着钼酸钠浓度的增加而逐渐增大,而且更重要的是维钝电流依然保持很小,从而提高了抗点蚀的能力。结合文献[11],钼酸根离子被铝还原的产物吸附在电极表面反应的活性点上,铝电极阳极区表面带正电荷,溶液中的阴离子先通过静电吸附到电极表面,然后在电极表面与铝离子或铝原子形成配位键,阻止了阳极腐蚀的继续发生,起到缓蚀作用。

2.2 交流阻抗试验

5083 铝合金在不同浓度钼酸钠、中性的 3%NaCl 溶液中的交流阻抗的 Nyquist 图如图 2 所示。

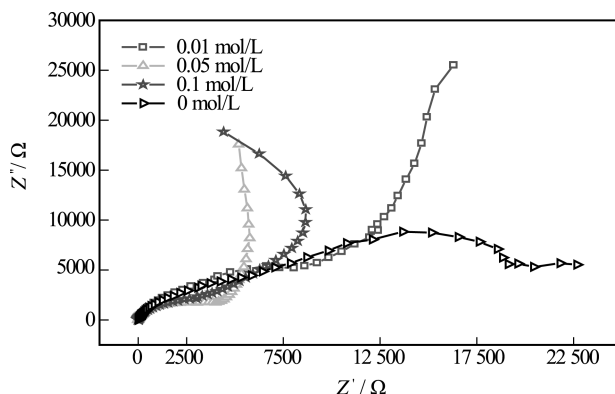


图 2 5083 铝合金在不同浓度钼酸钠的 3%NaCl 溶液中的 Nyquist 图

Fig.2 The Nyquist curves of 5083 aluminum alloy in 3% NaCl solution containing different concentrations of sodium molybdate

观察 Nyquist 图特点,并运用如图 3 所示的模拟电路和 ZSimpWin 分析软件进行拟合^[12],得到的结果见表 1。

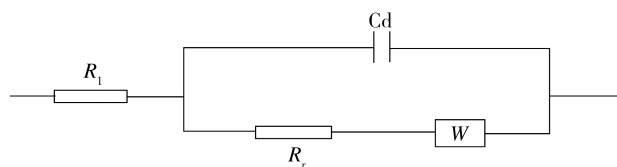


图 3 5083 铝合金在不同浓度钼酸钠的 3%NaCl 溶液中交流阻抗的模拟等效电路

Fig.3 The equivalent circuits to model the impedance behaviour of 5083 aluminum alloy in 3% NaCl solution containing different concentrations of sodium molybdate

表 1 5083 铝合金在不同浓度钼酸钠 3%NaCl 溶液中交流阻抗拟合结果

Table 1 The fitting results of electrochemical impedance spectrum of 5083 aluminum alloy in 3% NaCl solution containing different concentrations of sodium molybdate

钼酸钠浓度/(mol·L ⁻¹)	R_1/Ω	$C_d/(\times 10^{-5}F)$	R_r/Ω	W/Ω
0.01	0.780 5	6.446	3 430	0.000 280 1
0.05	0.748 5	6.675	2 063	0.000 629 3
0.1	0.778	6.43	1 890	0.000 445
0	0.5521	1.086	1 965	—

观察图 2 的图谱特征,可以看出,溶液中加入钼酸钠后,促使低频部分出现了 Warburg 阻抗。表明有扩散的物质传递过程出现,即为扩散控制体系,因此可采用图 3 的模拟电路进行模拟,其中 R_r 为电荷传递电阻, W 为浓差极化电阻。根据交流阻抗的测试原理^[13], Nyquist 图中曲线直径即 R_r 值的大小,反映阻抗的大小,分析 R_r 值的变化规律,即可得出阻抗的变化规律。比较结果发现,加入钼酸钠以后,阻抗变大,缓蚀作用产生,但随着钼酸钠浓度的增加, 阻抗存在变小的趋势,当浓度达到 0.1 mol/L 时,阻抗小于未加入之时。由此可见,钼酸钠浓度在 0.05 mol/L 范围内时,其加入增大了 5083 铝合金的阻抗,产生了缓蚀作用。

2.3 金相分析试验

该试验研究的 5083 铝合金,在金相显微镜下观察到的组织特征如图 4 所示。

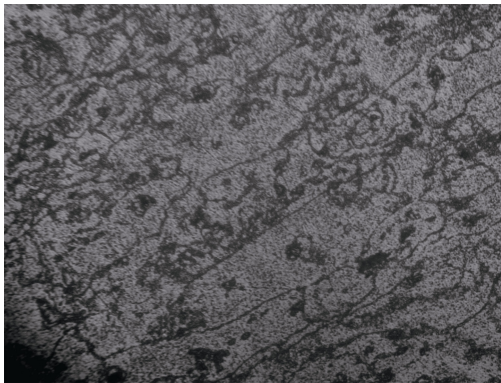


图 4 5083 铝合金的显微组织
Fig.4 The microstructure of 5083 aluminum alloy

从图 4 可以看出,铝合金的显微组织总体上为 α 固溶体基体+第二相粒子。5083 铝合金中第二相呈枝丫状,多在晶界析出,呈网状分布。第二相上,易造成腐蚀孔洞,对合金耐蚀性不利^[14]。钼酸钠的

加入,在一定程度上阻滞第二相处出现点蚀,从而提高了铝合金的耐蚀性。

2.4 EDS 试验

5083 铝合金在加有钼酸钠的 3%NaCl 溶液中极化后的成分分析图谱如图 5 所示。

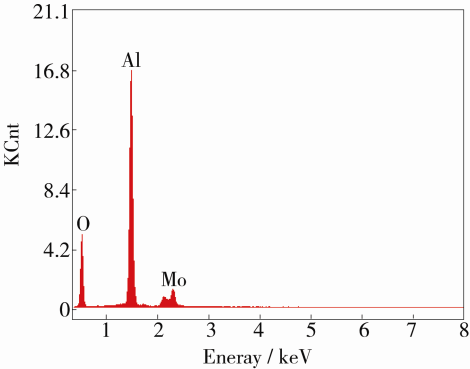


图 5 5083 铝合金在含有钼酸钠 3%NaCl 溶液中极化后的成分分析

Fig.5 The composition of 5083 aluminum alloy polarized in 3% NaCl solution containing sodium molybdate

分析图 5 可知,5083 铝合金表面存在钼酸盐成分,钼酸盐属于氧化膜型缓蚀剂,与铝形成中性的铝钼酸盐复合物覆盖在铝表面,形成保护性缓蚀膜,从而减小腐蚀。钼酸盐这种缓蚀效果的关键是投加之后使铝的点蚀电位趋于惰性,电流密度下降,提高了抗点蚀的作用^[15]。

3 结语

钼酸钠加入 3%NaCl 溶液以后,5083 铝合金的腐蚀电位下降,点蚀电位与腐蚀电位分离,维钝电流减小,提高了抗点蚀的能力,5083 铝合金的阻抗值增大,可见钼酸钠的加入可以提高 5083 铝合金缓蚀作用。

综合极化曲线试验、交流阻抗试验、金相分析及能谱分析试验的结果,钼酸钠对 5083 铝合金具有缓蚀作用。

参考文献:

[1] 孙志华, 刘明辉, 张晓云, 等. 2D12 铝合金腐蚀性能研究[J]. 航空材料学报, 2006, 26(3): 297—298.
SUN Zhi-hua, LIU Ming-hui, ZHANG Xiao-yun, et al. Study on the Corrosion Behavior of 2D12 Aluminum Alloy[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2006, 26(3):

- 297—298.
- [2] 罗来正, 肖勇, 陈智君, 等. 航空用 2D12 铝合金在海洋大气环境中的腐蚀行为研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(4): 39—41.
LUO Lai-zheng, XIAO Yong, CHEN Zhi-jun, et al. Research on Corrosion Behavior of 2D12 Aluminum Alloy for Aircraft in Marine Atmospheric Environment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(4): 39—41.
- [3] 陈珊, 李国明, 常万顺, 等. 5083 铝合金电化学性能影响因素[J]. 装备环境工程, 2013, 10(1): 22—25.
CHEN Shan, LI Guo-ming, CHANG Wan-shun, et al. Research of Influential Factors on Electrochemical Behavior of AA5083[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(1): 22—25.
- [4] 张幸, 何卫平. 飞机外场腐蚀损伤检测方法研究[J]. 装备环境工程, 2014, 11(6): 116—123
ZHANG Xing, HE Wei-ping. Investigations on Outfield Detection Methods for Corrosion Damages of Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 116—123.
- [5] 杨铁军, 李国明, 陈珊, 等. 船用铝合金点蚀及阴极保护研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(2): 88—91.
YANG Tie-jun, LI Guo-ming, CHEN Shan, et al. Study of Hull Aluminum Alloy Pitting and Its Protection Potential[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(2): 88—91.
- [6] 王洪仁, 吴建华, 王均涛, 等. 5083 铝合金在海水中的腐蚀电化学行为及活性氯影响研究[J]. 电化学, 2003, 9(1): 60—65.
WANG Hong-ren, WU Jian-hua, WANG Jun-tao, et al. Study on the Corrosion & Electrochemical Properties of Alloy AA5083 and the Effect of Active Chlorine in Seawater[J]. Journal of Electrochemistry, 2003, 9(1): 60—65.
- [7] 彭文才, 侯健, 郭为民, 等. 温度和溶解氧对 5083 铝合金海水腐蚀性的影响[J]. 装备环境工程, 2010, 7(3): 22—26.
PENG Wen-cai, HOU Jian, GUO Wei-min et al. Effect of Temperature and Dissolved Oxygen on Corrosion Performance of Alloy 5083 in Seawater [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(3): 22—26.
- [8] HOSIN Z, EL-HOU A D, EL-SHAWEH F. A Study on the Corrosion Behavior of Aluminum Alloys in Seawater[J]. Materials & Design, 2008, 29(4): 801—805.
- [9] 钱建才, 许斌, 邹洪庆, 等. 2A12 铝合金硬质阳极氧化及膜层性能研究[J]. 表面技术, 2014, 43(5): 37—41.
QIAN Jian-cai, XU Bin, ZOU Hong-qing, et al. Preparation and Properties of Hard Anodic Oxide Coating on 2A12 Aluminium Alloy[J]. Surface Technology, 2014, 43(5): 37—41.
- [10] 杨景伟, 赵永岗, 孙杰, 等. 铝合金铬酸阳极氧化后表面缺陷分析[J]. 表面技术, 2014, 43(2): 72—74.
YANG Jing-wei, ZHAO Yong-gang, SUN Jie, et al. Defect Analysis of the Aluminum Alloy Substrate after Chromic Acid Anodizing[J]. Surface Technology, 2014, 43(2): 72—74.
- [11] 木冠南, 周俊, 李向红, 等. 钼酸钠对铝在磷酸中的缓蚀作用[J]. 清洗世界, 2004(12): 1—3.
MU Guan-nan, ZHOU Jun, LI Xiang-hong, et al. Inhibitive Action of Sodium Molybdate on Aluminum in Phosphoric Acid[J]. Cleaning World, 2004(12): 1—3.
- [12] 宋诗哲. 腐蚀电化学研究方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988: 163.
SONG Shi-zhe. Research of Corrosion Electrochemistry[M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 1988: 163.
- [13] 刘鹏举, 方夏, 姚成. 硫酸介质中四唑类化合物对紫铜的缓蚀作用[J]. 南京工业大学学报(自然科学版), 2012, 34(2): 127—131.
LIU Peng-ju, FANG Xia, YAO Cheng. Corrosion Inhibition of Tetrazoles for Copper in H_2SO_4 Solution[J]. Journal of Nanjing University of Technology(Natural Science Edition), 2012, 34(2): 127—131.
- [14] 陈珊, 李国明, 常万顺, 等. NaCl 溶液 pH 值对 5083 铝合金腐蚀的影响研究[J]. 装备环境工程, 2011, 5(8): 5—7.
CHEN Shan, LI Guo-ming, CHANG Wan-shun, et al. Influence of NaCl Solution pH on Corrosion Behavior of AA5083[J]. Equipment Environmental Engineering, 2011, 5(8): 5—7.
- [15] 李茂东. 钼酸盐对铝缓蚀性能的研究[J]. 材料保护, 1998, 31(11): 29—31.
LI Mao-dong. Study on Inhibitive Action of Molybdate on Aluminum[J]. Materials Protection, 1998, 31(11): 29—31.