

DOI: 10.3969/j.issn.1006-4729.2014.02.011

磁场作用下苯并三氮唑对黄铜的缓蚀性能研究

韩建勋, 葛红花, 叶明君, 许贺丽

(上海电力学院 环境与化学工程学院, 上海 200090)

摘要:采用极化曲线和交流阻抗谱研究了苯并三氮唑(BTA)对黄铜/模拟水腐蚀体系的缓蚀作用,以及电磁场作用下BTA对黄铜电极缓蚀性能的变化.结果显示,BTA对该体系有较好的缓蚀作用;电磁处理和BTA联合作用时,腐蚀电流密度较缓蚀剂单独作用时进一步下降;电磁处理促进了缓蚀剂BTA在金属表面的吸附;在一定时间范围内,磁处理时间越长,BTA对黄铜电极的缓蚀性能越好.

关键词:黄铜;模拟水;电磁处理;苯并三氮唑;缓蚀

中图分类号: TG174.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-4729(2014)02-0145-04

Corrosion Inhibitor Performance Research of Brass Electrode Under the Action of BTA and Magnetic Treatment

HAN Jianxun, GE Honghua, YE Mingjun, XU Heli

(School of Environmental and Chemical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: Corrosion inhibition of BTA to brass/simulated water system and the influence of electromagnetic processing to corrosion inhibition is carried out by using polarization curves and Electrochemical Impedance Spectroscopy. The results show that BTA has good corrosion inhibition to the system; compared with BTA treatment, the corrosion current densities decreases further after BTA and electromagnetic treatment. Electromagnetic processing promotes the adsorption of BTA on the surface of brass. During the electromagnetic processing, the longer time treatment is, the better corrosion inhibition performance within a period of time.

Key words: brass; simulation cooling water; electromagnetic processing; BTA; corrosion inhibition

工业冷却水系统^[1]在运行过程中常常会遇到一些问题,如结垢、腐蚀、微生物滋长等,尤其是在浓缩倍率提高以后,这些问题显得尤为突出.目前,循环冷却水系统中广泛采用添加水处理剂的

方式解决上述问题,虽然阻垢缓蚀效果不错,但是考虑到经济成本和对环境保护的要求,^[2]这些药剂的长期使用将受到限制.而应用电场、磁场进行冷却水处理的技术,成本低、无污染,往往可集阻

收稿日期: 2012-07-09

通讯作者简介: 葛红花(1967-),女,博士,教授.主要研究方向为金属腐蚀与防护,工业冷却水处理. E-mail: gehonghua@shiep.edu.cn.

基金项目: 上海市重点科技攻关项目(10DZ2210400, 11DZ2210500);上海市教育委员会科创重点项目(12ZZ173).

垢、除垢、缓蚀、杀菌、灭藻等多种功能于一身,得到业界的广泛关注和青睐。^[3-4]

磁场水处理技术属于物理水处理技术,由于其具有投资成本少、运行维护费用低、绿色环保等优点,在锅炉及管道用水、工业循环冷却水、中央空调冷却用水等领域得到了广泛应用.作为一种绿色环保的新型水处理技术,已经在防垢与除垢应用方面取得了一些令人满意的成果,^[5-7]但对金属的腐蚀和缓蚀方面的研究还很少.因此,探讨磁场水处理技术的缓蚀效果,拓宽磁处理的应用范围,具有十分重要的意义.本文主要研究了磁场和苯并三氮唑(BTA)的联合作用对黄铜电极的缓蚀效果.

1 实验部分

1.1 实验用水

实验用水为模拟冷却水,其成分如表 1 所示.

表 1 模拟冷却水成分					
Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺
20	6	122	360	300	379

1.2 电极制备

实验材料为 HSn70-1 黄铜,将黄铜板材加工成工作面积为 1 cm² 的试片,在工作面的背面焊上导线,用环氧树脂封装非工作面.实验前用 0 ~ 6#砂纸逐级打磨试片工作面,然后用酒精脱脂,并用去离子水冲洗.

1.3 电化学测试

在 CHI660 电化学工作站上进行交流阻抗谱和极化曲线测试,其中交流阻抗谱测试的频率范围为 0.05 ~ 10⁵ Hz,交流激励信号幅值为 5 mV,极化曲线扫描速度为 1 mV/s.测定时采用三电极体系,以饱和甘汞电极为参比电极,铂电极为辅助电极.

2 结果与讨论

2.1 缓蚀剂 BTA 对黄铜电极缓蚀性能的影响

图 1 为黄铜电极在含有不同浓度缓蚀剂 BTA 的模拟水中浸泡 1 h 后的极化曲线.

由图 1 可以看出,模拟水中 BTA 的加入起到了较好的缓蚀效果,极化曲线的阴阳极极化率均出现增大,腐蚀电流密度降低.缓蚀剂浓度越大,黄铜电极的腐蚀电流密度 I_{corr} 越小.不含缓蚀剂时, I_{corr} 为 1.36 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$;缓蚀剂 BTA 的浓度为 7 mg/L 时, I_{corr} 为 0.088 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$.缓蚀剂的加入使 I_{corr} 下降了一个数量级以上,显示出较好的缓蚀效果.黄铜电极的阴极极化曲线和阳极极化曲线的塔菲尔斜率均随着缓蚀剂浓度的增加而增大,这说明 BTA 同时抑制了黄铜/模拟水腐蚀体系的阳极反应和阴极反应;同时,腐蚀电位发生负移,这说明 BTA 对阴极反应的抑制作用更强.

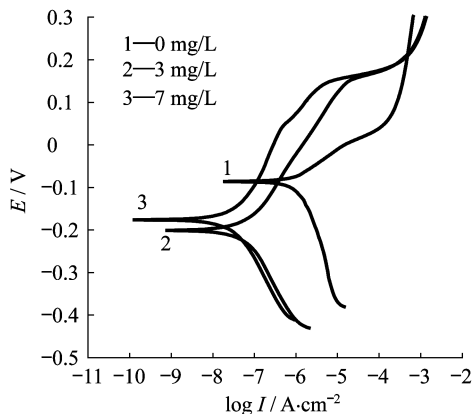


图 1 黄铜电极在含不同浓度 BTA 的模拟水中浸泡 1 h 后的极化曲线

BTA 对黄铜的缓蚀性能与电极的浸泡时间有较大关系,图 2 为黄铜电极在 BTA 浓度为 3 mg/L 的模拟水中浸泡不同时间后的极化曲线.

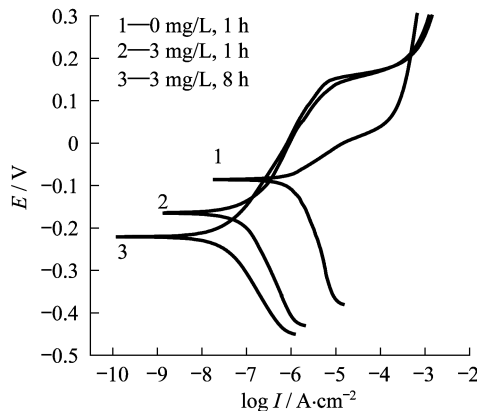


图 2 黄铜电极在含 3 mg/L BTA 的模拟水中浸泡不同时间后的极化曲线

由图 2 可以看出,在缓蚀剂浓度为 3 mg/L 时,黄铜电极的腐蚀电流密度 I_{corr} 随着浸泡时间的延长

而降低,浸泡 1 h 时的 I_{corr} 为 $0.187 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, 浸泡 8 h 后的 I_{corr} 为 $0.034 4 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, 降低了 5 倍多, 这说明浸泡时间的延长使得 BTA 对黄铜的缓蚀性能提高. 另外, 阴极极化曲线和阳极极化曲线的塔菲尔斜率均随着浸泡时间的延长而增大, 这说明电极反应阻力逐渐增大, 浸泡时间的延长可以更有效地抑制黄铜/模拟水腐蚀体系的阳极反应和阴极反应.

2.2 磁处理对黄铜电极缓蚀性能的影响

经过不同时间的磁处理后, 黄铜电极在模拟水中的 Bode 图如图 3 所示.

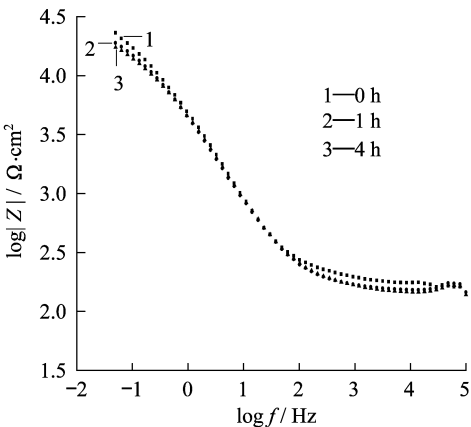


图3 黄铜电极在不同磁处理时间后的模拟水中的 Bode 示意

由图 3 可以看出, 磁处理后的电极/模拟水体系的阻抗模值 $|Z|_{0.05}$ 有略微减少, 由未经处理的 $23.05 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 降低到磁处理 4 h 后的 $17.36 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$, 磁处理 4 h 与磁处理 1 h 后的阻抗模值 $|Z|_{0.05}$ 变化不大. 由此表明, 电磁处理对黄铜在无缓蚀剂的模拟水中有一定促进腐蚀的作用, 这可能是由于磁处理会使水溶液中溶解氧浓度发生变化导致的.

2.3 磁场和 BTA 联合作用时对黄铜电极缓蚀性能的影响

图 4 为磁处理前后黄铜电极在模拟水中的极化曲线. 由图 4 可以看出, 磁处理和缓蚀剂联合作用可以对黄铜起到更好的保护效果. 经过 BTA 和磁处理联合作用后, 腐蚀电流密度进一步降低, 由只有 1 mg/L BTA 时的 $0.275 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 降低到与磁处理联合作用后的 $0.083 9 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. 同样, 磁处理和缓蚀剂联合作用后, 腐蚀体系的阴、阳极反应均受到抑制.

图 5 为不同磁处理时间下黄铜电极的极化曲线. 由图 5 可以看出, 在一定时间范围内, 磁处理时间越长, 黄铜电极的腐蚀电流密度越会显著减小. 当 BTA 浓度为 1 mg/L 时, 腐蚀电流密度由空白实验的 $1.363 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 降低至 $0.017 62 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, 下降了近两个数量级, 可见磁处理时间的延长可以提高电极的缓蚀性能.

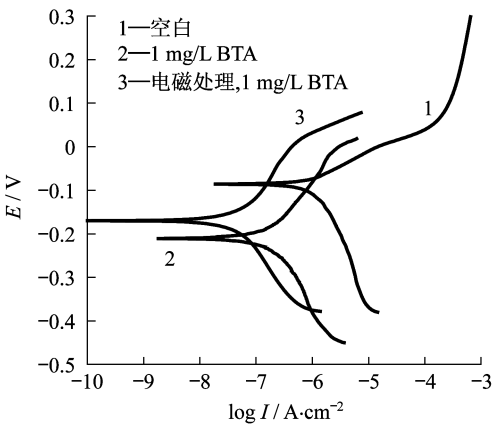


图4 磁处理对黄铜电极极化曲线的影响

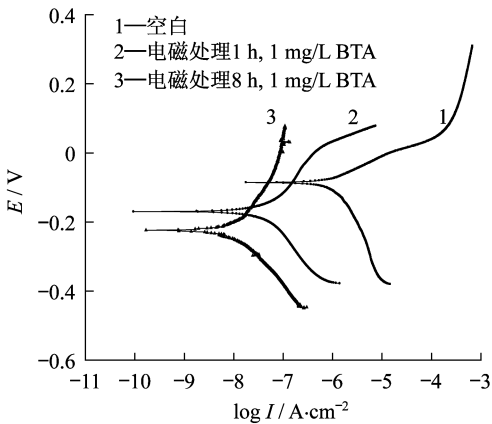


图5 不同磁处理时间对黄铜电极极化曲线的影响

2.4 EDS 分析

表 2 为黄铜电极在含 7 mg/L BTA 的模拟水中浸泡 8 h 后(磁处理前后)的 EDS 分析结果.

表 2 黄铜表面的 EDS 分析结果				%
水处理方法	C	O	Cu	Zn
7mg/L BTA	14.33	2.70	51.60	31.36
7mg/L BTA + 磁处理	48.36	19.55	20.39	11.70

表 2 表明, 在含 BTA 的溶液中, EDS 图谱显示黄铜表面存在 C, O, Cu, Zn 等元素, 其中以 Cu

和 Zn 元素为主, C 的存在应该与缓蚀剂在表面的吸附有关. 当 BTA 与磁处理联合作用时, 黄铜表面的 C 和 O 含量显著增加, 如 C 含量由磁处理前的 14.33% 增加到磁处理后的 48.36%, 这说明磁处理促进了 BTA 在黄铜表面的吸附, 提高了黄铜的耐蚀性能.

3 结 论

(1) 模拟水中 BTA 的加入使黄铜电极获得了良好的缓蚀效果, 在一定浓度范围内, 缓蚀剂浓度越大, 浸泡时间越长, 缓蚀效果越好; BTA 抑制了黄铜/模拟水腐蚀体系的阳极反应和阴极反应.

(2) 磁处理可以在一定程度上促进黄铜/模拟水体系的腐蚀速度. 磁处理和 BTA 联合作用时, 腐蚀速度较缓蚀剂单独作用时有进一步下降; 在一定时间范围内, 延长磁处理时间, 可以提高黄铜电极的缓蚀性能.

(3) EDS 分析显示磁处理促进了 BTA 在黄铜表面的吸附, 使黄铜的耐蚀性能更强.

参考文献:

- [1] 周本省. 工业水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 10-15.
- [2] 贾丰春, 李自托, 董泉玉. 工业循环冷却水阻垢剂研究现状与发展[J]. 工业水处理, 2006, (26): 12-14.
- [3] 陈臻. 基于电磁场的除垢防垢技术研究[D]. 东营: 中国石油大学, 2008.
- [4] 吴智慧, 陈永昌, 邢小凯, 等. 电磁抗垢机理的实验研究[J]. 水处理技术, 2006, 32(4): 49-52.
- [5] LIBURKIN V G, KONDRATEV B S, PAVLYUKOVA T S. Action of magnetic treatment of water on structure formation of gypsum[J]. Glass Ceram, 1986(1): 101-105.
- [6] 龚晓明, 葛红花, 刘蕊. 磁场水处理阻垢机理及其应用研究[J]. 工业水处理, 2010, 8(30): 10-14.
- [7] 张娟, 李周, 陈畅, 等. BTA 及其复配铜缓蚀剂的研究进展[J]. 中南大学材料科学与工程学院学报, 2008, 9(22): 83-85.

(编辑 白林雪)

(上接第 122 页)

负荷在 55 MW 以下时, 采用 7.7 MPa 定压运行方式; 中间负荷时则采用滑压运行方式. 在低负荷时, 定滑定运行方式较纯滑压方式下机组效率提高 1.6% 左右, 经济效益显著.

4 结 论

(1) 经安全经济性分析可知, 该机组可以适应变负荷运行的需要, 满足煤气调峰的要求, 可以充分利用钢厂富裕煤气, 减少煤气放散率, 且可以承担基本负荷定压运行, 也可以承担中间负荷滑压运行.

(2) 变负荷时采用定滑定运行方式可以提高机组效率, 最低负荷应控制在 50 MW 以上.

(3) 正常情况下, 滑压变负荷运行时负荷变化率应控制在 ≤ 2 MW/min, 汽压变化率应控制

在 $\leq 0.2 \sim 0.3$ MPa/min, 以确保机组安全运行.

(4) 钢厂通过进一步节能改造措施, 降低各工序能耗, 可以提高供电厂的煤气使用量及机组平均负荷, 进一步提高机组的热效率.

参考文献:

- [1] 范从振. 锅炉原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986: 246-263.
- [2] 周云龙, 程卓明, 蔡毅, 等. 电站锅炉低负荷水循环可靠性试验[J]. 东北电力学院学报, 1997, 17(1): 1-7.
- [3] 陈冬林, 杨继明, 周志成. 锅炉变负荷调峰运行汽包寿命损耗的试验研究[J]. 湖南电力, 1999(6): 3-6.
- [4] 郑体宽. 热力发电厂[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986: 236-244.

(编辑 胡小萍)