

[文章编号] 1004- 0609(2000)05- 0653- 03

LC4 铝合金的土壤盐浓差宏电池腐蚀^①

孙 成, 李洪锡, 张淑泉, 高立群

(金属腐蚀与防护国家重点实验室, 中国科学院金属腐蚀与防护研究所, 沈阳 110015)

[摘 要] 利用湿砂土作为模拟土壤, 通过失重法及电化学方法相结合, 研究了盐浓差(2.0% Cl^- 及 0.02% Cl^-) 对 LC4 铝合金的宏电池腐蚀的影响规律。结果表明: 位于高盐土壤中的试样为宏电池阳极而加速腐蚀, 宏电池作用强度达到 4.2 倍。

[关键词] LC4 铝合金; 土壤盐浓差; 宏电池腐蚀

[中图分类号] TG 172.4

[文献标识码] A

土壤是一种由固、液、气三相组成的复杂体系。在固体颗粒构成的骨架内充填着各种矿物盐, 如氯化物盐, 钠、钾、镁的硫酸盐等。由于土壤含有一定水分, 在水分的水化作用下, 土壤中的 Cl^- 及 SO_4^{2-} 存在差异。其中 Cl^- 是影响土壤腐蚀性的主要因素^[1, 2]。由于土壤种类繁多、各种土壤中 Cl^- 差异较大, 因此埋地金属构件(如钢管、铝、铅护套电缆), 由于土壤中盐含量不同易形成盐浓差宏电池腐蚀^[3, 4]。宏电池腐蚀的形式为局部腐蚀, 易造成地下金属设施的腐蚀破坏^[5~8]。因此研究土壤盐浓差对金属材料的宏电池腐蚀作用规律具有十分重要的意义, 能够为地下金属设施的防腐蚀提供科学依据。

1 实验方法

1.1 实验材料

实验材料为 LC4 铝合金, 将试样加工成 50 mm × 50 mm × 4 mm 规格, 试样用 600# 水砂纸打磨, 再用无水乙醇、丙酮除油后, 编号、称重。试件周围用石蜡沥青密封, 试样暴露面积为 24 cm², 然后置于干燥器中备用。试验后, 试样用磷酸加铬酐除去腐蚀产物, 计算出试样的失重和最大点蚀深度。

1.2 试验土样制备

由于土壤是由很多物质构成的复杂混合物, 在实验室中很难模拟, 因此可利用易于控制的砂土作为试验的模拟土样。土样经自然风干后, 用 1 mm 筛除去土块杂物, 放入烘箱, 在 105 ℃下烘 3~ 5 h;

试验土样含水量配比为 15%, 用含 NaCl 18% 及 1.8% 的蒸馏水溶液配制 Cl^- 含量为 2% 及 0.02% 的两种土样, 两土样的含氧量可以认为相同。

1.3 实验装置及测试方法

实验装置如图 1 所示, 宏电池试样竖直平行埋入土样中, 试样间距 20 cm, 试样顶部距土样表面 7.5 cm。实验箱的两侧放入两种含盐量不同的湿砂, 在其交界处放置一半透膜, 在测量电池电流时将开关 K_2 断开, K_1 连通, 测量结束后, K_1 断开, K_2 连通。测量开路电位时, K_1 和 K_2 均断开, 待试样电位稳定后测得试样的开路电位。测试仪器采用 273 型恒电位仪和配套的微机软件, 参比电极采用 Cu/CuSO₄ 电极, 试验周期为 30 d。

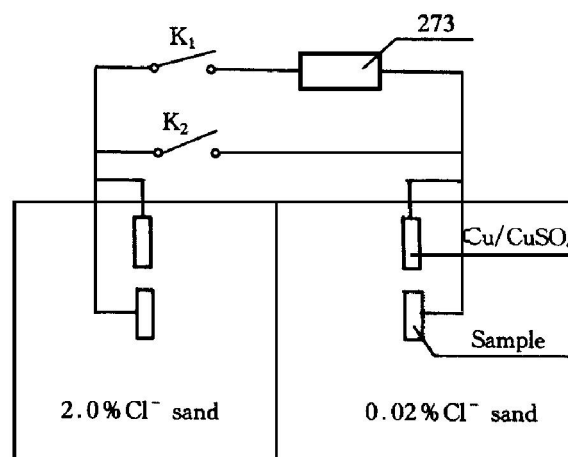


图 1 试验装置

Fig. 1 Experimental installation

① [基金项目] 国家自然科学基金资助项目(59899140)及国家重点基础研究专项经费资助项目(G19990650)

[收稿日期] 1999- 09- 27; [修订日期] 2000- 03- 10

[作者简介] 孙 成(1965-), 男, 副研究员。

2 实验结果与讨论

2.1 LC4 铝合金土壤盐浓差宏电池腐蚀

当两种土样中两个试样短接后就构成了宏电池,高盐土样中试样为宏电池阳极,低盐土壤中试样为阴极,两试样间有宏电池电流流过,试样的电位也会发生变化。图2和3分别为LC4铝合金的宏电池的电流密度以及宏电池阴阳极试样的偶合电位、开路电位随时间的变化情况。从图2可以看出,宏电池电流与电动势随着试验的进行逐渐减小,当试验进行到12d时,宏电池电流降低到接近零,从12d到20d之间,宏电池电流与电动势基本上在零点附近,在试验进行到20d以后,宏电池电流与电动势迅速增大,在29d时达到最大值。这说明电动势作为宏电池电流的推动力对宏电池电流的影响是极为重要的。从图3可以看出,当宏电池两试样联通后,其偶合电路及开路电位均负移,阴阳极的开路电位差逐渐减少,试验进行到第15d时,阴阳极的开路电位差趋于零,此时的宏电池电流也趋于零。从第20d开始,偶合电位及开路电位均迅速负移,其中高盐土样中宏电池阳极开路电位负移幅度较大,而低盐土样中宏电池阴极开路电位负移幅度较小,偶合电位与高盐土样中宏电池阳极的开路电位较接近,这说明此盐浓差宏电池腐蚀主要受阴极控制。试验初期(1~15d),由于试件表面有一层氧化铝薄膜,阻挡了土壤中 Cl^- 对铝合金的腐蚀,因此宏电池腐蚀电流较小,随着试验进行,土壤中 Cl^- 破坏了试件表面氧化铝薄膜的完整性,产生了点蚀,使宏电池阳极电位迅速负移及宏电池电流急剧增大。

宏电池两试样的开路电位之差,即宏电池电动势是宏电池腐蚀的推动力,宏电池电流用下式

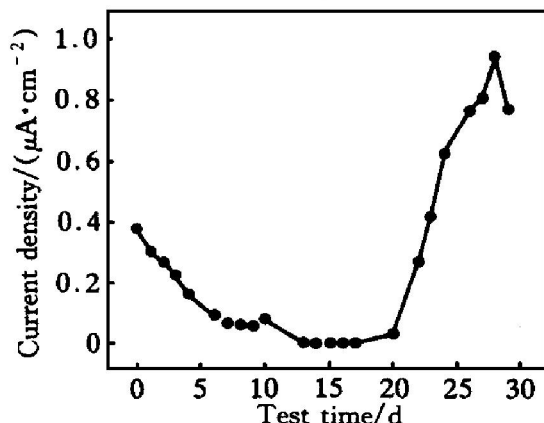


图2 宏电池电流随试验时间的变化曲线

Fig. 2 Variation of cell current with test time

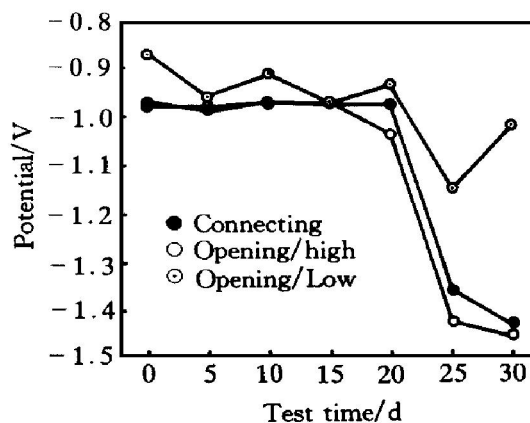


图3 试样电位随试验时间的变化曲线

Fig. 3 Variation of sample potential with test time

表示:

$$I_g = (E_a - E_c) / (R_a + R_c + R + R_l) \quad (1)$$

式中 R_a —阳极的极化电阻, R_c —阴极的极化电阻, R —介质回路的电阻, R_l —导线电阻, E_a —宏电池阳极开路电位, E_c —宏电池阴极开路电位。

图4为两试样的开路电位差随试验时间的变化情况,比较图2与图4,宏电池电流与两试样的开路电位差的变化趋势基本相似。

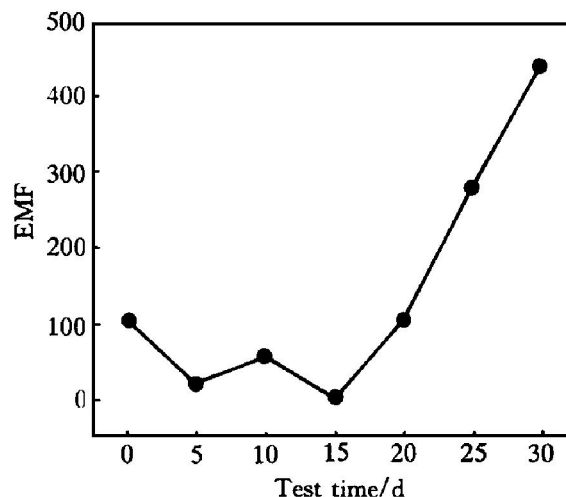


图4 试样的开路电位差随试验时间的变化曲线

Fig. 4 Variation of electromotive force with test time

2.2 土壤盐浓差宏电池作用强度

土壤盐浓差宏电池腐蚀使其阳极加速腐蚀,对阴极则起部分保护作用。根据谢建辉等^[9]的研究结果,宏电池作用强度为

$$r = I_a / I_{\text{corr}} \quad (2)$$

式中 I_a 为宏电池作用下阳极试样的腐蚀失重, I_{corr} 为宏电池阳极试样处于同种环境下自然埋藏试样的腐蚀失重。

根据腐蚀失重计算的土壤盐浓差宏电池的作用

表 1 宏电池作用强度对比

Table 1 Comparison of rate of macrocell effect in soils

Soil (2. 0% Cl ⁻)						Soil (0. 02% Cl ⁻)		
Natural		Anode		Rate of macrocell		Natural	Cathode	Rate of CP / %
Mass loss / mg	Pitting depth / mm	Mass loss / mg	Pitting depth / mm	Mass loss / mg	Pitting depth / mm	Mass loss / mg	Mass loss / mg	
10. 9	0. 05	33. 8	0. 2	3. 1	4. 2	7. 0	4. 5	35. 7

强度为 3. 1 倍, 上述实验数据都是试样的平均腐蚀失重值, 而不论是自然腐蚀还是宏电池腐蚀, 试样的腐蚀形式均为局部腐蚀。分别测量了上述试样的最大点蚀深度, 其中自然腐蚀试样最大点蚀深度 D_N 为 0. 05 mm, 而宏电池阳极试样的最大点蚀深度 D_m 为 0. 21 mm, 如果借用宏电池作用强度的概念, 以 D_m/D_N 表征宏电池点蚀程度, 其作用强度达到 4. 2 倍。表 1 对比了两种计算宏电池强度方法的差别, 可见, 利用最大点蚀深度来评价宏电池作用强度比用计算平均腐蚀失重更为可靠。

3 结论

LC4 铝合金在土壤盐浓差(2. 0% Cl⁻ 及 0. 02% Cl⁻) 构成的宏电池中, 在高盐土壤中试样为宏电池阳极, 加速腐蚀; 而在低盐土壤中试样为宏电池阴极, 而减缓腐蚀, 宏电池作用强度达到 4. 2 倍。

[REFERENCES]

[1] WANG Ka-rjun(王开军). 土壤盐分与金属电极电位的变化 [J]. Corrosion Science and Protection Technology (腐蚀科学与防护技术), 1994, 6(4): 358.

[2] ZHANG Dao-ming(张道明) and LIU Ji-wang(刘继旺). 谈谈土壤腐蚀 [J]. Oil Gasfield Surface Engineering(油田地面工程), 1990, 9(6): 41.

[3] TIAN Yu-lin(田玉林). 异性土壤中钢质管道的腐蚀 [J]. Oil & Gas Storage and Transportation(油气储运), 1985, 4(1): 51.

[4] 角田知己, 秋庭彻郎. 土壤腐蚀性评价的新观点 [J]. Foreign Oil & Gas Storage and Transportation(国外油气储运), 1990, 8(2): 47.

[5] Corrosion and Protection Society of China. 自然环境的腐蚀与防护 [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1998. 258.

[6] WENG Yong-ji(翁永基), et al. 埕岛海域钢构件宏电池腐蚀的研究 [J]. Oil & Gas Storage and Transportation(油气储运), 1997, 16(10).

[7] Greene N K. Corrosion of steel piles [R]. Corrosion' 95, paper No. 17.

[8] Burda P A. Differential aeration effect on corrosion of the soil [J]. Effects of soil characteristics on corrosion, ASTM STP1013, 18.

[9] XIE Jian-hui(谢建辉), et al. A3 的氧浓差宏电池腐蚀作用的研究 [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing(北京科技大学学报), 1994, 16(3): 59.

Salt concentration difference macrocell corrosion for
LC4 aluminium alloy in soil

SUN Cheng, LI Hong-xi, ZHANG Shu-quan, GAO Li-qun
(State Key Lab for Metals Corrosion and Protection;

Institute of Metals Corrosion and Protection, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, P. R. China)

[Abstract] The effect of salt concentration difference macrocell (2. 0% Cl⁻ and 0. 2% Cl⁻) on the corrosion of LC4 aluminium alloy was studied in the simulated soil of moisture sands by means of mass loss and electrochemistry. It is shown that the corrosion rates of samples in the higher salt concentration soil were accelerated as cathods, and the rate of the macrocell effect was 4. 2 times.

[Key words] LC4 aluminium alloy; salt concentration in soil; macrocell corrosion

(编辑 彭超群)