

文章编号: 1671-6612 (2021) 06-856-05

沿海地区空调翅片腐蚀机理及腐蚀影响因素研究

朱天笑¹ 毕海权¹ 段小东² 王宏林¹

(1. 西南交通大学机械工程学院 成都 610031;

2. 中铁二院工程集团有限责任公司 成都 610031)

【摘要】 通过现场调研, 文献查阅, 总结了沿海地区空调翅片腐蚀机理及腐蚀过程: 由于沿海地区湿度大, 超过了金属铝的腐蚀临界湿度; 同时盐雾沉降在翅片表面, 与翅片表面的液膜形成盐溶液, 破坏了氧化铝钝化膜, 两者共同导致了沿海地区翅片迅速腐蚀。通过盐雾试验, 设置不同大小、间距、表面平整度的翅片, 测试上述三种因素对翅片腐蚀速率存在的影响。试验结果表明, 翅片大小对腐蚀速率影响较小, 翅片间的间距及翅片表面平整度对腐蚀速率有明显的影响。

【关键词】 空调翅片; 防腐; 大气腐蚀; 盐雾试验

中图分类号 TQ15 文献标识码 A

Research on Corrosion Mechanism Coastal Fin and Corrosion Factors

Zhu Tianxiao¹ Bi Haiquan¹ Duan Xiaodong² Wang Honglin¹

(1. School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031;

2. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd, Chengdu, 610031)

【Abstract】 Through field investigation and literature review, this article summarizes the corrosion mechanism and corrosion process of air-conditioning fins in coastal areas: due to the high humidity in coastal areas, it exceeds the corrosion critical humidity of metal aluminum; at the same time, the salt spray settles on the surface of the fins, and the fin surface The liquid film forms a salt solution, destroying the alumina passivation film, and the two together lead to rapid corrosion of the fins in coastal areas. Through the salt spray test, fins of different sizes, spacings, and surface flatness were set to test the influence of the above three factors on the corrosion rate of the fins. The test results show that the size of the fin has little effect on the corrosion rate, and the spacing between the fins and the flatness of the fin surface have a significant effect on the corrosion rate.

【Keywords】 air conditioning fins; anti-corrosion; atmospheric corrosion; salt spray test

作者简介: 朱天笑 (1995.10-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为制冷系统节能及优化, E-mail: zhu0015@icloud.com
通讯作者: 毕海权 (1974.12-), 男, 博士, 教授, E-mail: bhquan@163.com

收稿日期: 2020-12-21

0 引言

近年来, 随着生活水平日益提高, 人们对室内环境的舒适度要求越来越高, 空调设备的普及程度也越来越高。据统计局数据, 2016年全国居民每百户空调保有量为90.90台, 内销量方面, 空调全年内销为6049万台, 空调设备已经深刻的影响着日常生活。

但是, 在一些环境特殊的地区, 空调设备自身的维护和使用寿命却成为了一个大问题。在高湿且冬季温度较低的贵州等地, 空调外机冬天会出现结霜的现象, 阻碍外机翅片换热, 不利于空调系统的运行。类似于海南等沿海地区, 湿度大, 盐度高, 外机设备极易发生腐蚀现象, 导致外机失去原有功能。

1 外机腐蚀现状及腐蚀机理



图 1 直接暴露在大气中的室外机组翅片

Fig.1 Outdoor unit fins directly exposed to the atmosphere

通过现场调研,发现海南地区很多空调外机翅片仅使用 2、3 年之后便被严重腐蚀,无法使用。由于翅片需要大量换热,而且需要考虑到外机风阻的问题。所以现行的外机形式基本都是翅片直接暴露在空气中,防腐方式基本都是常规的涂层防腐。存在的问题是,如果涂层较薄,一旦出现涂层破坏,或者涂层没有全面覆盖翅片的情况,暴露的部分便会出现点蚀,进而发展成全面腐蚀,最终翅片被破坏。



图 2 海口市被腐蚀的外机翅片

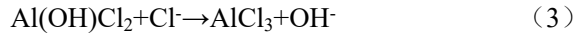
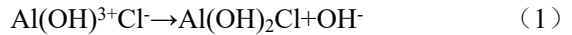
Fig.2 Corroded outer machine fins in Haikou

空调翅片腐蚀属于金属腐蚀中的电化学腐蚀。电化学腐蚀是指金属表面与电解质溶液发生电化学反应而引起的破坏在反应过程中发生的是氧化还原反应,而且反应过程中有电流产生。金属的电化学腐蚀实质是短路的电偶电池作用的结果。这种原电池又称为腐蚀电池。电化学腐蚀是最普遍、最常见的腐蚀。金属在大气海水土壤和各种电解质溶液中的腐蚀都是此类。

在沿海地区,随着金属设备周围盐雾浓度的升高,腐蚀产物中 O 含量急剧增加,说明腐蚀产物主要为 Al、O 化合物,主要是 Al_2O_3 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

接下来发生离子与氧化膜的化学反应,氧化膜

的减薄、破裂和裸露铝直接溶解。 Cl^- 通过竞争吸附,经过一系列的反应,最终产物为可溶于水的 AlCl_3 ,反应步骤为^[1]:



通过对腐蚀产物的能谱分析,发现所有的腐蚀样品中均检测到 Cl 元素,Cl 元素是典型的导致金属材料发生局部腐蚀的元素,也是促进腐蚀加剧的主要元素,主要是由于空调所在环境大气中盐粒子含量较高,盐粒子吸附于材料表面所致。空调发生失效的主要原因是由于其关键零部件及材料被腐蚀所致,大气中高 Cl^- 浓度进一步促进了腐蚀反应。

从腐蚀机理来,空调零部件及材料的腐蚀实质上为金属在液膜下的化学或电化学反应,而空气湿度过大或者降雨会使金属表面形成一层薄液膜,液膜为金属材料腐蚀提供电离环境,且在海洋大气环境中,由于海风的作用会在表面沉积海盐粒子。海盐粒子不仅具有很强的吸湿性,可以延长表面的润湿时间,还可在液膜中形成 Cl^- 浓度很大的强腐蚀介质,对金属材料具有极强的侵略性,大大加速腐蚀过程^[2]。

为了节省空间,增大散热面积,翅片布置的密度较大,翅片间的缝隙很小,导致翅片极易附着液滴,发生缝隙腐蚀。金属部件在介质中,由于金属与金属或金属与非金属之间形成特别小的缝隙,使得缝隙内的介质处于滞留状态,从而引起缝内金属加速腐蚀,这种现象称为缝隙腐蚀^[3]。由于缝隙内外氧气浓度的差异导致溶液内离子的迁移,进而促使缝隙腐蚀的发生,形成了缝隙腐蚀的自催化过程^[4,5]。

2 盐雾试验介绍

现阶段测试某种材料(方案)的防腐效果主要有两种手段:长时间天然环境下的试验和高强度的利用设备的盐雾试验。由于实际环境下测试通常需要几年甚至十几年,时间成本太高,所以选择进行盐雾试验,在短时间内测试不同工况的腐蚀。

盐雾试验是一种主要利用盐雾试验设备所创造的人工模拟盐雾环境条件来考核产品或金属材料耐腐蚀性能的环境试验。通过高强度的盐雾喷雾,以及高温高湿的人工环境,使试验样品在短时间内

发生腐蚀现象，从而对腐蚀影响因素及规律进行分析。

大量实验证明，传统盐雾试验方法仅能作为一种人工加速腐蚀试验方法，对有保护层或无保护层的金属进行性能测试，不能用来换算材料或保护层在某一实际使用环境下的寿命。由于各种单一的盐雾试验对大气暴露实验的模拟性不好，其主要原因是盐雾试验不具有“湿润-干燥”循环过程，而在自然条件下，试样上由雨、雾等型形成的液膜有一个由厚变薄、由湿变干的周期性循环。基于此，本次实验采用周期喷雾复合腐蚀的方式模拟天然环境下金属腐蚀的过程^[6]。



图3 盐雾试验机原理图

Fig.3 Schematic diagram of salt spray testing machine

盐雾试验机利用喷头向试验箱内喷盐雾，通过箱底的加热水维持箱内的温度恒定。箱内的相对湿度由于盐雾的大量进入，维持在 95~100%之间。由调节阀控制喷雾强度，进而控制盐雾试验的强度。

3 试验过程及结果

根据盐雾试验国家标准 GB6458-86，设定以下试验参数。

表1 盐雾试验设定工况

Table 1 Salt spray test setting conditions

试验箱温度 (°C)	每 80cm ² 喷雾量 (mL/h)	氯化钠浓度 (g/L)	PH	压力桶温度 (°C)
35	1.2	50	6.5~7.2	47

试验共进行 720 小时，其中喷盐雾进行 350 小时，35°C 恒温湿热环境静置 70 小时，关闭试验机，大气环境静置 300 小时。大气温度维持在 18~20°C 左右。

试验所用样品为 6063 型铝合金 5 种规格的铝合金翅片，尺寸分别为①100mm×30mm×15mm、

- ②100mm×28mm×15mm、③50mm×50mm×20mm、
- ④50mm×45mm×18mm、⑤40mm×40mm×20mm。

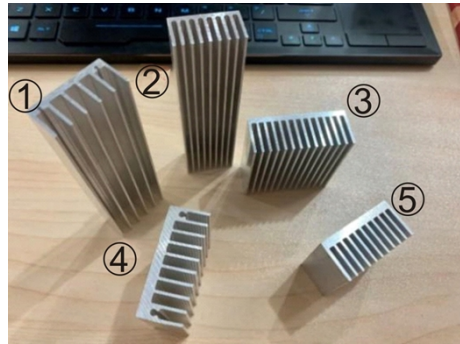


图4 五种翅片样品

Fig.4 Five kinds of fin samples

其中，①、②号翅片外尺寸差距不大，翅片间距②号较小；③、④号翅片间距有差异，③号间距小，但③号翅片表面平整，④号翅片表面有整齐的纹理；③、⑤号翅片间距相同，且表面均光滑，⑤号外尺寸小于③号。

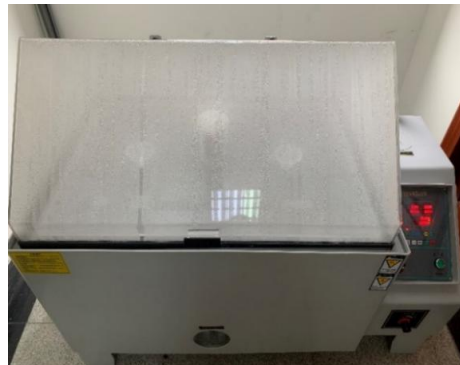
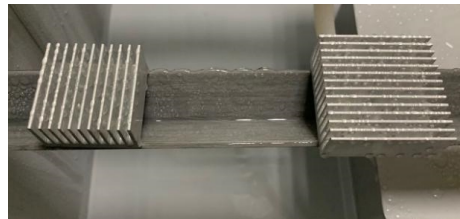
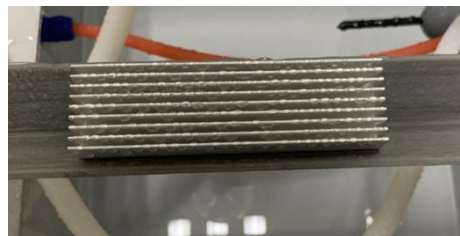


图5 喷盐雾阶段示意图

Fig.5 Schematic diagram of the salt spray stage



(a) ⑤、③号翅片

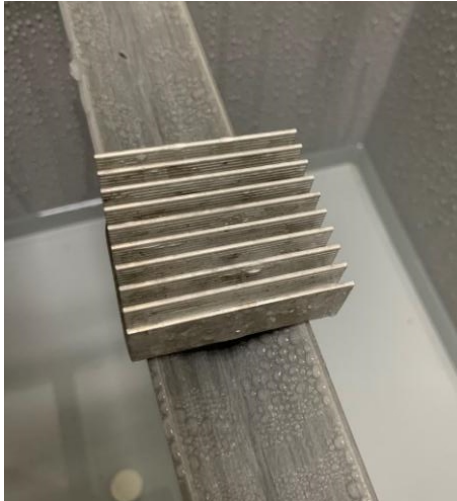


(b) ②号翅片

图6 10小时喷盐雾后翅片情况

Fig.6 Fin after 10 hours of spraying salt spray

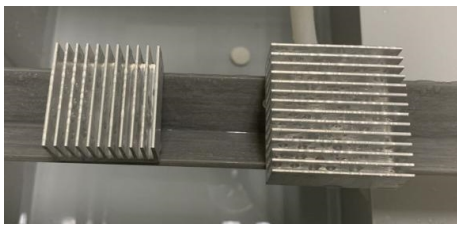
喷雾 10 小时后, 所有规格的翅片表面残留有含盐液滴, 但表面均没有腐蚀现象出现。



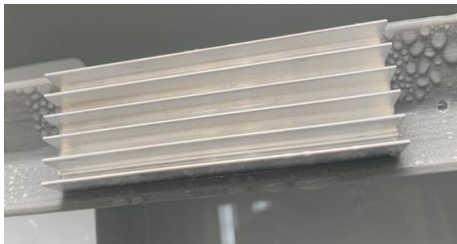
(a) ④号翅片



(b) ②号翅片



(c) ⑤、③号翅片



(d) ①号翅片

图 7 50 小时喷雾后翅片

Fig.7 Fin after 50 hours of spraying salt spray

喷雾 50 小时后, 其中④、②号翅片表面出

现了腐蚀发黑现象, 另外三个翅片表面均没有腐蚀现象。①号翅片由于表面光滑, 间距较大, 翅片表面残留的液滴也很少。



(a) ④号翅片



(b) ②号翅片

图 8 350 小时喷雾后②、④号翅片

Fig.8 Fin after 350 hours of spraying salt spray



图 9 350 小时喷雾后⑤、③、①号翅片

Fig.9 Fin after 350 hours of spraying salt spray

现了明显的腐蚀现象, ①号翅片只出现轻微腐蚀现象。

金蕾^[7]等对于模拟海洋环境的加速试验研究发现, 盐雾-湿热循环试验 (5%NaCl) 与 3%NaCl 盐雾试验的加速性较好, 其加速倍率分别为 52 和

31。即通过盐雾-湿热循环试验 168 小时相当于万宁站户外暴露 1 年,通过 3%NaCl 盐雾试验 283 小时相当于万宁站户外暴露 1 年。试验结果与文献结果基本一致。

表 2 试验前后翅片样品质量

Table 2 Fin sample quality before and after the test

	试验前质量 (g)	试验后质量 (g)
1 号	43.55	44.00
2 号	51.00	52.15
3 号	60.88	62.00
4 号	47.59	48.52
5 号	41.00	41.89

喷雾后,由于翅片的腐蚀产物还未脱落,金属单质腐蚀成为化合物,所以翅片增重。②~⑤号翅片增重均在 2%左右,①号翅片的增重较小,与所观察试验现象吻合。

试验过程中,②、④号最先出现腐蚀,而后③、⑤号均在喷雾 80 小时左右开始出现腐蚀;最终,在喷雾 350 小时之后,②~⑤号翅片表面出现了较严重腐蚀现象,翅片整体发黑变色,而①号翅片变化不明显。

对比翅片①、②号,外形尺寸、表面平整度基本一致,间距不同,②号腐蚀更加严重。由于 2 号翅片部分间距较小,在湿度较大时,水的表面张力会导致更多的含盐液滴残留。液滴的增加导致了翅片表面液膜厚度的增加,最终导致腐蚀更加严重^[8]。

对比③、④号翅片,外形尺寸、翅片间距均相近,翅片表面平整度不同,④号比③号更早发生腐蚀现象。④号翅片表面的波纹使翅片表面的液膜厚度不均,导致液膜较厚处与较薄处氧气含量不同,形成氧浓差腐蚀,导致腐蚀现象更早出现。

②、④号翅片表面残留盐溶液的增加,作为翅片腐蚀的两大因素,本身也会加速腐蚀的发生^[6]。翅片间距较小还可能导致缝隙腐蚀发生,进一步加速腐蚀。①号翅片间距大,表面光滑,基于此,①号腐蚀最缓慢。

对比③、⑤号翅片,翅片间距、翅片表面平

整度均相近,仅翅片本身大小有差异。③、⑤号翅片腐蚀的进程及最终的腐蚀程度均相近。所以翅片大小对翅片的腐蚀速率没有明显影响。

4 结论

通过对沿海地区翅片的腐蚀机理研究及盐雾试验结果的分析,得出以下结论:

(1) 翅片的铝金属在腐蚀过程中先形成氧化铝、氢氧化铝,它们再与氯化物反应生成氯化铝,被完全腐蚀。

(2) 氯离子等阴离子破坏了致密的氧化铝膜,翅片不断被腐蚀,导致沿海地区翅片较内陆地区使用寿命短的重要原因。

(3) 翅片的间距、表面平整度对腐蚀速率有影响,而翅片大小对腐蚀速率的影响较小。

参考文献:

- [1] 杨帆.Cl⁻浓度对 0359 铝合金在模拟海洋大气环境中腐蚀的影响[J].现代机械,2012,(1):79-81,94.
- [2] 杨阳,陶友季,祁黎,等.空调关键零部件及材料在热带海洋环境中的腐蚀原因分析[J].环境技术,2020,(2):34-40.
- [3] 丁佳伟.不锈钢缝隙腐蚀行为的多物理场仿真模拟[D].合肥:中国科学技术大学,2020.
- [4] MATTHIAS Rossmann. Solute solubility as criterion for the appearance of amorphous particle precipitation or crystallization in the supercritical antisolvent (SAS) process[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2012,(66): 350-358.
- [5] 孙志华,李金桂,李牧铮.金属材料大气腐蚀加速试验研究的发展趋势[J].材料工程,1995,(12):41-42,27.
- [6] 卢振永.氯盐腐蚀环境的人工模拟试验方法[D].杭州:浙江大学,2007.
- [7] 金蕾,唐其环,彭长灏,等.大气腐蚀的模拟加速试验方法研究[J].腐蚀科学与防护技术,1995,(3):214-215.
- [8] ZY Chen, F Cui, RG Kelly. Calculations of the Cathodic Current Delivery Capacity and Stability of Crevice Corrosion under Atmospheric Environments[J]. Electrochemical Society, 2008,155(7):360-368.