

空调热交换器铝翅片材耐蚀亲水性涂膜的研制^①

庞 欣 甘卫平 吉冬英

(中南工业大学材料科学与工程系, 长沙 410083)

摘 要 针对空调机使用过程中出现的白粉与水桥问题, 对其铝翅片进行了处理。经铬酸盐氧化处理, 耐蚀性能提高, 其上再涂覆环氧树脂膜后, 耐蚀性更有显著提高, 可减少白粉问题, 所配制的亲水膜使铝箔与水的接触角从未处理前大于 90° 降至 $30\sim 40^\circ$, 能消除水桥的影响。成膜剂中亲水官能团与水的羟基形成氢键结合是有机、无机及有机-无机复合 3 种不同系列亲水膜亲水的实质。为提高涂膜亲水性, 添加表面活性剂十二烷基磺酸钠的量有一最佳值, 约为成膜剂的 7.5% (体积百分比)。

关键词 空调器 铝 翅片材 亲水 涂膜

空调机铝翅片工作在干湿交替的环境中, 其表面形成的 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 氧化层从空气出口以面粉状喷出, 带来机器寿命减少和环境污染两方面的问题^[1], 进行耐蚀性涂膜处理是解决这一问题的有效途径。此外, 翅片材表面温度比空气的露点还低, 空气中的水分冷凝附着在翅片上, 形成“水桥”, 导致风阻增加, 能耗加大, 解决方法有两种: 一是亲水性涂膜处理, 二是憎水性涂膜处理。后者在实践中没有达到预期效果, 而使亲水性涂膜处理成为当前主要发展方向。

空调热交换器表面涂膜处理技术是九十年代发展起来的新技术, 有关涂料配方及工艺控制等关键技术在国外仍属专利技术, 国内研究刚刚起步。

本文拟通过一系列实验, 对涂膜成分配方及作用机理作初步探讨。

1 耐蚀、亲水性涂膜处理

实验材料采用 0.10 mm 厚 AA1050 铝箔 ($\text{Al} \geq 99.5\%$), 试样尺寸 100 mm $\times$ 50 mm, 不同涂层各取平行试样 5 个, 各种处理工艺代号见表 1。

表 1 涂层处理工艺及代号

处理方法	
A	未作处理
B	脱脂+ 铬酸盐氧化
C	B+ 耐蚀膜
D	C+ 有机亲水膜
E	C+ 无机亲水膜
F	C+ 复合亲水膜

“+”号表示再接下一道工序。

涂膜前进行永久性氧化, 形成均匀、致密的氧化膜, 有利于膜层粘结均匀^[2]。目前亲水性涂膜主要分为 3 个系列: 有机树脂系、有机-无机复合系、无机水玻璃系, 其组成特性各不相同, 本工作对这 3 类不同配方进行了初步比较。

本工作对处理液各组分的用法及用量配比, 以及涂膜浸渍时间、干燥时间、干燥温度等工艺参数分别做了大量对比实验, 通过实验结果分析最终确定本研究的涂膜实验成分配方及工艺列于表 2。

2 膜层性能测试

不同涂层处理配方、工艺及膜层综合性能检测的结果见表 3。

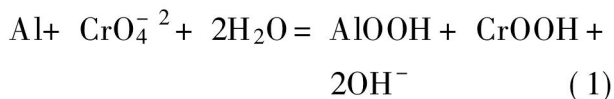
① 收稿日期: 1997- 03- 04; 修回日期: 1997- 05- 13

庞 欣, 女, 25 岁

3 分析与讨论

3.1 耐蚀性能

试片氧化处理反应式^[5]如下:



反应生成的 AlOOH 与 CrOOH 转变成相应的难溶晶体附着在铝表面,与氧化膜一起阻挡了腐蚀介质的侵入。本实验的耐蚀膜主要组分是分子量小、交联密度大的 E-44 环氧树脂,其结构中含有不易水解的脂肪羟基和醚键,使之能够附着界面表面而产生电磁引力;并且在固化时活泼的环氧层中含有稳定的苯环醚键,结构致密,在铝箔表面与外界之间形成一层致密的物理屏障,阻挡了腐蚀介质向铝基体的扩

表 2 涂膜实验配方及处理条件

涂膜类别	涂膜配方	处理条件
耐蚀底层膜	20 g 环氧树脂+ 250 ml 乙酸乙酯+ 10 g 聚酰胺树脂+ 250 ml 冰乙酸	混合液中浸 10 min, 晾干 10 min, 80 °C 恒温 15 min
无机亲水膜	40% Na ₂ SiO ₃ (M = 3.3) 溶液 150 ml, 聚丙烯酰胺 2 g, 氟硅酸钾 2 g	浸 15 min, 180 °C 恒温 15 min
复合亲水膜	40% 硅溶胶 20 ml, 聚丙烯酰胺 2 g, 氟硅酸钾 0.2 g	浸 10 min, 160 °C 恒温 10 min
有机亲水膜	5 g CMC 溶于 500 ml 水中	浸 10 min, 200 °C 恒温 2 min

散,显著提高表面抗蚀能力^[6]。

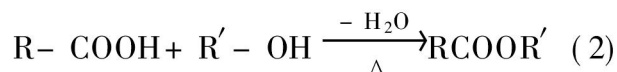
3.2 亲水膜

3.2.1 不同亲水膜的成膜机理

经过亲水膜涂层处理后,铝箔表面与水的浸润性有明显改善,达到了“亲水”的效果。不同系列的亲水膜其成膜机理、亲水机理也各不相同。

(1) 本实验中有有机亲水膜成膜剂为分子量较小的水溶性纤维素 CMC, 其分子式为

$(\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH})_n$, 在 200 °C 加热干燥时, 相邻分子中的羧基 -COOH 与羟基 -OH 发生缩合形成酯键:

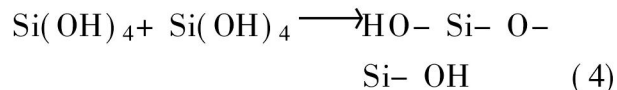


多个分子可以在不同方向缩合, 形成高分子聚合物膜。

(2) 无机亲水膜的成膜剂为模数是 3.3 的 Na₂SiO₃, 它溶于水发生如下离解反应^[7]:



式中 Si(OH)₄ 为胶体粒子, 加热干燥时胶体粒子逐渐靠近, 相邻粒子表面的硅醇键 Si-OH 之间发生缩合, 形成以 -Si-O-Si- 为主链的三维网状结构^[8], 其反应式如下:



上式中 Si 和 O 原子分别可在多方向成键, 从而构成链状或网状膜。从图 1 可清晰看到所

表 3 膜层性能检测

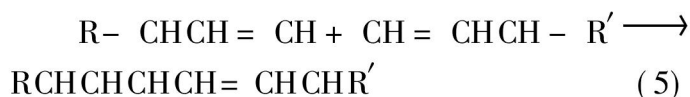
实验结果	耐蚀性 (中性盐雾实验 144 h)		初期亲水性 (膜层涂装后)	亲水性			耐溶剂性 (三氯乙烯 中煮 5 min)	耐热性	
				亲水持续性(干湿交替)				300 ℃, 5 min	400 ℃, 5 min
	腐蚀速度/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	点蚀级数 ^[3]		接触角/(°)	100 回	200 回		300 回	质量减少
			接触角/(°)						
A	8.71	—	72	—	—	—	—	—	—
B	3.96	—	67	—	—	—	—	—	—
C	0.149	10.0	> 90	> 90	> 90	> 90	< 1%	不变	不变
D	1.45	9.0	46	48	49	50	1%	不变	不变
E	4.72	8.0	30	33	35	36	5%	不变	微黄
F	1.75	8.5	33	35	37	38	2%	不变	不变

(1) 中性盐雾腐蚀实验腐蚀液为 3.5% NaCl 水溶液, 调整 pH 值至 6.5~7.2, 试样尺寸 150 mm × 50 mm, 石蜡封边, 实验箱工作条件按国家标准 GB6458-86^[4]执行。

(2) 亲水持续性干湿交替实验, 在流水中浸渍 2 min、干燥 6 min 为一回。

形成的链式结构。由于这种无机膜较脆, 通常应加入高分子聚合物(如聚丙烯酰胺)分散在 $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ 间隙中以提高其韧性。

(3) 在复合系亲水膜中, 有机成膜剂与无机成膜剂可以分别单独成膜, 也可相互形成化学结合而共同成膜。本实验中采用的硅溶胶与聚丙烯酰胺之间不发生化学结合, 为各自交联成膜。硅溶胶的成膜过程实质与 Na_2SiO_3 的反应一致, 聚丙烯酰胺的成膜过程为相邻分子中的丙烯基发生聚合反应的过程:



由于两种成膜剂各自反应, 又相互影响, 混为一体, 无法直接观察到膜层的结构状态。



图1 无机硅酸钠亲水膜 SEM 照片

3.2.2 亲水膜亲水机理

3 种不同类型亲水膜实质上具有同一的亲水微观机理, 即含有大量易与水结合的羟基 $-\text{OH}$, 从而能够吸住水分, 达到亲水效果。不同亲水膜由于其亲水基团的数量与强弱不同, 亲水能力大小也不同。为提高膜层的亲水性, 可添加具有强亲水基团的表面活性剂。

3.2.3 表面活性剂

表面活性剂具有极性头、非极性尾的典型结构。极性头吸引 $-\text{OH}$ 形成氢键, 能与水形成强烈的相互作用, 是国外专利技术保密的关键之一。本文在无机亲水膜中添加一定量常用

的表面活性剂十二烷基磺酸钠进行初步研究。图2为十二烷基磺酸钠添加量对无机亲水膜浸润性的影响。从图中看出, 表面活性剂的用量有一最佳值 7.5% (体积分数), 在这一点亲水膜与水的接触角最小, 即亲水性最好。用量过少或过多都会降低膜层的亲水性。这是由于当表面活性剂用量少时, 在涂层内形成单层排列, 其憎水基指向底层的环氧树脂耐蚀膜亲水基指向外(水层), 因此活性剂越多, 亲水性越好; 当活性剂用量过多时, 便开始形成双层排列, 第二层与第一层首尾相接, 憎水基朝外, 导致亲水性变差。

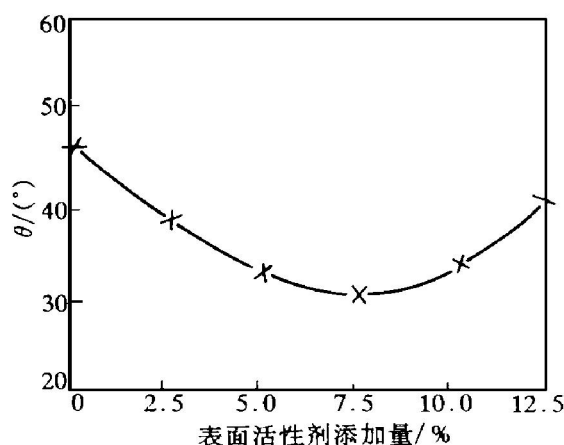


图2 表面活性剂对涂膜接触角(θ)的影响

4 结论

(1) 空调热交换器用铝翅片材经铬酸盐氧化处理, 耐蚀性能提高; 其上再涂覆环氧树脂膜后, 耐蚀性更有显著提高, 可作为亲水性涂膜的预处理和耐蚀底层膜, 减少因腐蚀而产生的白粉现象。

(2) 本实验配方的三类亲水膜均达到亲水效果, 使铝箔与水的接触角从处理前大于 90° 降至 $30\sim 40^\circ$, 能够起到消除水桥的作用。

(3) 成膜剂中亲水官能团与水的羟基形成氢键结合是有机、无机及有机-无机复合 3 种不同系列亲水膜的共同亲水实质。

(4) 为提高涂膜亲水性添加表面活性剂十

二烷基磺酸钠的量有一最佳值(约为成膜剂的 7.5%)。低于此值随活性剂用量增大,涂膜亲水性增加;高于此值则活性剂的增多反而导致亲水性下降。

参考文献

- 1 清谷明弘. 住友轻金属技报, 1994, (1, 2): 1- 16.
- 2 小泉宗荣. 金属表面技术, 1986, 9: 503- 509.
- 3 国际标准 ISO1462- 1973(E).
- 4 中国国家标准 GB6458- 86.
- 5 吴纯素(编著). 化学转化膜. 北京: 化学工业出版社, 1988: 72.
- 6 王致禄, 陈道义(编). 聚合物粘胶剂. 上海: 上海科技出版社, 1985: 82- 83.
- 7 张 策. 涂料工业, 1993, 1: 15.
- 8 戴至成, 刘洪章(主编). 硅化合物的生产与应用. 成都: 成都科技大学出版社, 1994: 170.

ANTI-CORROSIVE AND HYDROPHILIC COATINGS ON ALUMINIUM FIN MATERIALS FOR AIR CONDITIONER

Pang Xin, Gan Weiping, Ji Dongying

*Department of Materials Science and Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083*

ABSTRACT Aimed at the white powder and water bridge problems raised in the working process of air conditioners, the surfaces of the aluminium fins were treated with different coatings. The corrosion resistance of the fin stocks was enhanced after the chromate oxidation treatment and the subsequent coating of epoxy resin film, thus the corrosion resultant, white powder, was diminished. The hydrophilic coatings used can eliminate the effect of the water bridge, by reducing the contact angle between water and the surface of aluminium fins from more than 90° before coating to $30\sim 40^\circ$ after coating. The common essence of hydrophilicity of the tested coatings is the hydrogen bond formed between the hydrophilic groups of the former film and the hydroxyl groups of water. The optimal concentration of sodium dodecane-sulphonate, which acts as the surface active agent, added to the coatings to improve the hydrophilicity is 7.5% (in volume).

Key words air conditioner aluminium fin material coating

(编辑 黄劲松)