

# 模拟大气环境下 LY12 铝表面上液膜形成过程的环境扫描电镜研究

姚 珩 黄彦维 李春艳 薛 涛 张长亮  
(天津大学材料学院 天津大学分析测试中心 天津 300072)

**摘要:** 采用环境扫描电子显微镜模拟大气环境并实时观察积有灰尘、油污、盐粒的 LY12 铝表面上液膜形成过程。分析表明,受到以上污染的样品表面比洁净的样品更容易形成液膜,为大气腐蚀的发生创造了条件。

**关键词:** 环境扫描电镜 铝 大气腐蚀 液膜

**中图分类号:** TG174.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-4537(2006)01-0031-03

## 1 引言

在通常的环境条件下,金属在大气中腐蚀,表面都会形成一层很薄的水膜。城市环境大气中含有较多的二氧化硫和氮氧化物,海洋环境大气中的微小水滴含有较高浓度的氯离子,这些物质很容易进入金属表面的薄液膜,为金属的电化学腐蚀提供条件。表面结露并形成液膜是金属大气腐蚀的早期阶段,环境条件和金属表面的各种污染物都会对液膜形成和金属大气腐蚀行为产生影响。

徐乃欣等曾利用光学显微镜和照相装置研究了金属表面结露行为的影响因素<sup>[1]</sup>,得到了较好的结论。但是由于此方法实时性不好,只能孤立研究影响金属表面结露行为的影响因素,因此需要寻求一种更好的研究方法。

环境扫描电子显微镜在观察物质表面形貌方面有很大的应用。同时利用环境扫描电子显微镜可以在一定的范围内调节样品表面附近的压力、温度或湿度,无需对含水、含油、被污染的样品进行任何处理就可以实现高分辨动态观察,基于上述特点,本文利用环境扫描电镜近似模拟大气环境下 LY12 铝表面液膜的形成过程,研究了几种典型的污染物对液膜形成的影响,类似的研究方法目前还没有见到。

## 2 试验方法

实验材料为 LY12 铝合金,试样尺寸为 5 mm × 5 mm × 1.8 mm。试样表面用砂纸逐级抛光,再用蒸馏水、乙醇冲洗。实验共准备了分别沾有灰尘、油污

和盐粒的三组试样。

用 PHILIPS XL-30 ESEM 环境扫描电镜模拟大气环境,调节样品附近的湿度和样品台的温度,改变样品室内水蒸汽的压力,在不同放大倍数下,观察样品表面液膜的形成和变化过程。

## 3 结果和讨论

### 3.1 积灰尘的 LY12 铝表面上的结露

一般说来,积尘的金属表面比较容易受腐蚀,这一方面是由于一部分固体沉积物本身就是腐蚀性物质(如硫酸铵),另一方面是固体沉积物同金属表面形成缝隙的毛细凝聚作用,使得在较低的相对湿度下,固体沉积物下面就会有水珠凝聚,形成液膜,空气中的氧或其它氧化性的物质穿过液膜,造成金属腐蚀<sup>[2~4]</sup>。

在液膜形成的模拟实验中,为使样品室中具有合适的湿度,同时又满足电镜气体二次电子探测器工作和获得较高质量电子束的要求,将水蒸汽压力设定为 667 Pa。根据压力、温度和湿度的换算关系(表 1),改变温度即可获得实验所需的各种湿度值。

Table 1 Relationship among temperature, pressure and relative humidity

T/°C	RH						
	P/Pa	100	95	90	85	80	75
0		613	573	547	520	480	453
1		653	627	587	560	520	493
2		707	667	627	600	560	533
3		760	720	680	640	600	560
4		813	773	733	693	653	613

定稿日期:2005-05-10

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(G19990650)

作者简介:姚珩,1956生,男,天津人,教授,博导,研究方向为测试计量技术与仪器

图 1 是样品台温度为 0.5℃, 压力为 667 Pa 的环境扫描电镜照片. 在实验中, 当温度降至 0℃ 时, 积尘区铝表面开始结露, 随后露珠增大, 渐渐连成液膜(图 1 中衬度较低的区域). 选择了不同的区域, 在多种放大倍数下观察液膜成长动态过程. 当温度降到 -1℃ 时, 洁净区的铝表面也开始结露.

### 3.2 积油污的 LY12 铝表面上的结露

温度降至 0℃ 时, 结露先发生在油污区, 随着时间的延长, 露珠逐渐变大, 沿着油污区扩展而变成液

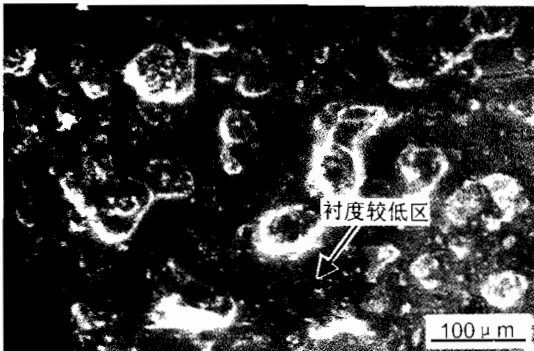


Fig. 1 Photograph of liquid film on dust - covered Al surface at 0.5℃, 667 Pa

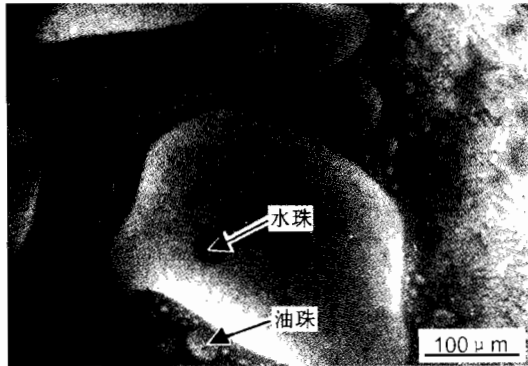


Fig. 2 Photograph of liquid film on Al surface covered by oil smear at 0℃, 667 Pa

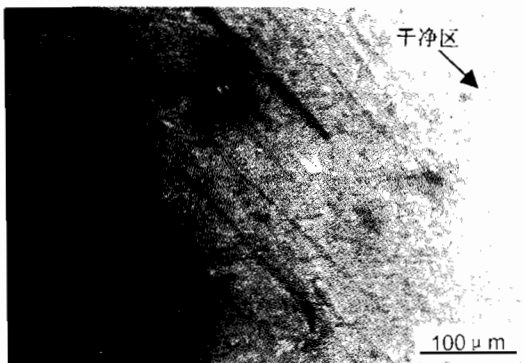


Fig. 3 Photograph of Al surface covered by oil smear at 1.0℃, 667 Pa

膜. 和无油污区相比较, 油渍增加了铝表面的可浸润性, 所以有利于液膜的形成.

由于油和水密度不同, 并且两者相容性差, 看到“镶嵌”在油中的水珠和漂浮在水上的油珠(图 2, 衬度较高的为水珠, 衬度较低的为油珠). 而干净区铝表面则没有露珠出现(图 3).

### 3.3 积盐粒子的 LY12 铝表面上的结露

在海洋大气中各种金属较容易腐蚀<sup>[5,6]</sup>, 因为金属表面处于湿润状态, 有充分的氧和较高浓度的氯离子供应, 使金属表面不能生成具有保护性的氧化物膜, 所以很容易被腐蚀. 同时 NaCl 有很强的吸湿性, 并能溶于金属表面液膜, 形成强腐蚀性的介质, 它对金属腐蚀行为的影响是很大的, 因此这部分研究很具实际意义.

试验采用 NaCl 饱和溶液, 滴于样品表面. 样品在室温下放置, 随着溶液不断蒸发, 盐粒子析出(图 4). 当温度降至 2.8℃ 时, 盐粒子区结露, 进而形成液膜(图 5). 而无盐区仍然保持着原来的状态.

液膜中渗透力极强的  $Cl^-$  对金属腐蚀的影响是很大的, 若  $Cl^-$  含量增多, 则电导率变高, 在这种腐蚀介质存在的条件下, 金属表面难以保持稳定的钝态, 易产生孔蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀等<sup>[7]</sup>.

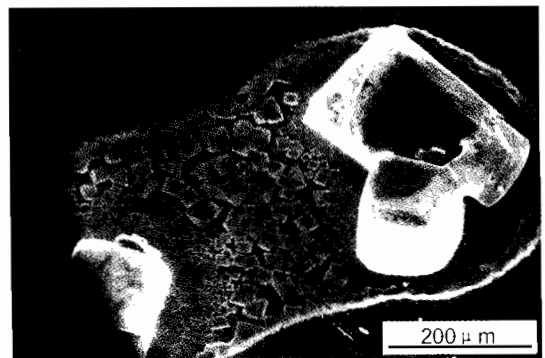


Fig. 4 Photograph of salt - covered Al surface at 4.0℃, 667 Pa

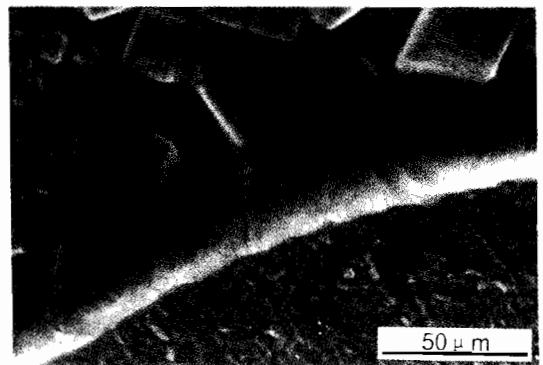


Fig. 5 Photograph of liquid film on salt - covered Al surface at 2.8℃, 667 Pa

## 4 结论

(1)利用环境扫描电镜,模拟大气环境研究受污染的金属表面的水膜形成过程是可行的.此方法分辨率高,实时性强,适合用于研究大气腐蚀,很有特色.

(2)与洁净样品相比,积尘、油污、盐粒子金属表面较容易结露形成液膜,为发生电化学反应创造了条件,加速了大气腐蚀的发生.

## 参考文献:

[1] Xu N X, Zhao L Y, Ding C H, et al. Some factors affecting dewing behavior on mild steel surface during atmospheric corrosion[J]. Corros. Prot., 2001, 22(12): 523

(徐乃欣,赵灵源,丁翠红等.碳钢大气腐蚀时表面结露行为的某些影响因素[J].腐蚀与防护,2001,22(12):523)

- [2] Biestek T. Atmospheric Corrosion[M]. New York: John Wiley, 1982. 631
- [3] Firel J J. Atmospheric corrosion products on Al, Zn and Al - Zn metallic coatings[J]. Corrosion, 1986, 42: 422 - 426
- [4] Almeida M, Morcillo M, Rosales B. Atmospheric corrosion of zinc [J]. Br. Corros. J., 2000, 35: 289 - 296
- [5] Feliu S, Morcillo M, Chico B. Effect of distance from sea on atmospheric corrosion rate[J]. Corrosion, 1999, 55: 883 - 891
- [6] Vilche J R, Varela F E, Acuna G, et al. A survey of argentinean atmospheric corrosion: I - aluminium and zinc samples[J]. Corros. Sci., 1995, 37(6): 941 - 961
- [7] Huang S J. Corrosion and Protection for Metal[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1987: 208  
(黄淑菊.金属腐蚀与防护[M].西安:西安交通大学出版社, 1987:208)

## LIQUID FILM FORMATION ON LY12 AL SURFACE IN SIMULATED ATMOSPHERIC ENVIRONMENT BY USING ENVIRONMENTAL SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

YAO Pei, HUANG Yanwei, LI Chunyan, XUE Tao, ZHANG Changliang

(Analysis Center of Tianjin University, School of Material of Tianjin University, Tianjin 300072)

**Abstract:** The atmospheric environment was simulated by using environmental scanning electron microscope and the formation process of the water film on the LY12 Al surfaces contaminated by dust, oil and NaCl was observed. The investigation showed that the water film is easier to form on the contaminated samples than on clean samples, which results in atmospheric corrosion.

**Key words:** environmental scanning electron microscope(ESEM), aluminium, atmospheric corrosion, liquid film