

· 镁 硅 钛 ·

沿海某型飞机镁合金零部件腐蚀与表面防护

朱绒霞^{1,2}, 马康民¹, 徐可为², 杜红亮¹

(1. 空军工程大学工程学院, 陕西 西安 710038;

2. 西安交通大学材料与工程学院, 陕西 西安 710049)

摘要: 针对沿海某型飞机镁合金零部件出现的腐蚀现象, 分析、归纳出其腐蚀类型为点蚀和电化学腐蚀; 潮湿的盐雾环境和化学氧化膜的薄而软是引起腐蚀的主要原因。镁合金微弧氧化陶瓷膜的耐蚀性能比化学氧化膜和阳极氧化膜有大幅度的提高, 可以防止潮湿的盐雾腐蚀。

关键词: 镁合金; 腐蚀类型; 盐雾; 微弧氧化

中图分类号: TG172.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-1752(2004)06-0039-03

Corrosion of Magnesium Alloys Components for Coastal Aircraft and Surface Protection

ZHU Rongxia^{1,2}, MA Kangmin¹, XU Kewei², DU Hongliang¹

(1. The Engineer Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038;

2. School of Materials and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

Abstract: According to corrosion of magnesium alloy components for coastal aircraft, it is induced that corrosion types are pitting and electro-chemical corrosion; It is mainly reason that wet and salt spray environment and thin film of chemical oxidation. Corrosion resistances of magnesium alloys by microarc oxidation are superior to chemical oxidation and anodic oxidation, so this film may protect magnesium alloy components from salt spray environment.

Key words: magnesium alloy, corrosion types, salt spray, microarc oxidation

位于沿海机场的某型飞机终年飞行、停放于环境相对恶劣的海洋大气, 长期处在高湿度、高温、高盐分的大气中, 机场相对湿度在 80% 以上的时间高达 40%, 年平均降水量 1622.32mm, 年平均降水日 134 天。雨水、潮湿的海洋大气给飞机结构件, 特别是镁合金零部件造成严重的腐蚀, 以至于严重影响飞行任务的完成。本文通过对镁合金部件的腐蚀类型、腐蚀原因及表面防护方法进行了分析, 认为镁合金表面微弧氧化陶瓷膜能有效的阻止沿海飞机镁合金零部件的腐蚀。

1 镁合金零部件腐蚀类型

沿海某型飞机在使用仅两年左右的时间, 就出现了镁合金部件的腐蚀现象, 且其腐蚀状况比较严重。镁合金腐蚀通常发生在两个典型部位: 主起落架刹车装置和主起落架支柱上电动液压开关。

1.1 点蚀

点蚀一般发生在主起落架刹车装置的镁合金轮

箍边缘、刹车壳体, 根据仅使用两年的某型飞机镁合金部件腐蚀损伤统计结果, 20% 的飞机已发生此类腐蚀现象。轮箍边缘、刹车壳体的镁合金部件, 其表面涂有一层绿色防护漆, 在起飞、降落过程中, 这些部件受气流的冲刷, 表面防护漆层脱落, 使基体金属裸露, 与潮湿盐雾环境直接接触, 再加上露天停放, 下雨时雨水被风吹到这些部位, 就在这些部位形成小阳极, 防护漆层未脱落的表面形成大阴极, 使镁合金部件表面产生了坑坑洼洼的点蚀。

1.2 电化学腐蚀

据统计, 主起落架支柱上镁合金电动液压开关的腐蚀率约为 70%。腐蚀主要发生在其上、下部。距上、下部越远, 腐蚀越轻, 中间基体没有腐蚀, 而在上、下部与此开关接触的是钢件, 镁合金与异金属接触时, 而镁合金相对于其它工程用金属而言都是阳极, 异金属为阴极, 因此, 电动液压开关的腐蚀是电化学腐蚀。镁合金作为阳极发生的反应为: $Mg = Mg^{2+} + 2e$ 。

2 腐蚀原因分析

镁的平衡电位较低(-2.34V), 在常用介质中的电位也都很低, 如在 NaCl 溶液中, 镁在所有结构金属中具有最低电位, 化学活性很高, 此外, 镁的氧化膜疏松($\Phi = 0.79$), 不像氧化铝膜那样致密而有保护性, 所以镁合金的耐蚀性能较差。特别是在潮湿的空气、含硫气氛和海洋大气中, 均会遭受严重点蚀和电化学腐蚀。

2.1 pH 和氯离子的影响

腐蚀介质的性质对镁合金腐蚀具有很大的影响作用。镁合金在酸性或中性溶液中易受腐蚀, 但在碱性环境中特别是在强碱性($\text{pH} > 10.5$)却相当稳定, 不会受到腐蚀, 有耐盐雾腐蚀性能, 且腐蚀介质的 pH 为 13~14 时, 温度变化对镁合金的点蚀影响不大^[1]。但是, 腐蚀介质中的氯离子的浓度对点蚀形成影响很大。镁是一种自然钝化的金属, 当镁合

金在非氧化性介质中遇到 Cl^- 时, 钝化膜极易破坏, 在自腐蚀电势下就会发生点蚀^[2]。在中性或碱性盐溶液中也发生点蚀, 重金属污染物能加速镁合金的点蚀^[3]。

某型飞机所处的沿海机场, 雨水的 pH 值为 3.5~5.0^[4], Cl^- 浓度约为 61mg/L, 盐雾中 Cl^- 为 0.3774mg/m³。在这种潮湿的盐雾环境下, 镁合金零部件的表面防护层一旦被破坏, 就可能引发点蚀。如果不及时修复镁合金的点蚀坑, 就可能诱发出应力腐蚀开裂或腐蚀疲劳的发生。

2.2 气候条件的影响

某型飞机服役的环境属于亚热带气候区, 有明显的海洋性气候特点。1985 年至 1995 年机场的气象资料统计结果显示: 机场的平均气温 22.9℃, 相对湿度 81.8% (见表 1), 年平均降水量 1622.32mm, 年平均降水日 134 天 (见表 2)。机场距大海仅十公里, 长年盛行东南风。

表 1 某型飞机服役机场的年降水量与年降水日统计

年分	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	平均
年降水量, mm	2228.8	1339.1	1534.0	1411.6	2543.9	1449.8	1288.8	1317.7	1355.9	1753.6	1622.32
年降水日, d	100	149	147	142	152	122	121	132	138	133	134

表 2 某型飞机服役机场的相对湿度与平均气温

	年平均最大值	年平均最小值	年平均
相对湿度, %	95.2	63.1	81.8
平均气温, ℃	27.5	18.9	22.9

2.3 镁合金零部件的表面处理

镁合金是航空制造业广泛使用的一种金属材料。目前, 镁合金的表面处理多采用化学氧化再涂漆的表面防护方法, 这样形成的表面膜薄软, 在使用过程中很容易被划伤、擦伤, 而使镁合金暴露出来, 形成阳极, 发生腐蚀现象, 特别是在沿海潮湿的盐雾情况下, 镁合金部件腐蚀问题更显严重。

综上所述可知: 某型飞机镁合金零部件腐蚀的原因有两个, 一是镁合金表面化学氧化膜耐蚀性能差; 二是潮湿的盐雾环境更加速了镁合金腐蚀。

3 镁合金表面防护新技术

防止镁合金零部件腐蚀可以从两方面考虑: 一是改变使用环境; 二是提高零部件本身的耐蚀能力。

沿海地区服役飞机的的镁合金零部件的腐蚀, 服役环境无法改变, 而镁合金表面化学氧化膜在该环境中已起不到防护作用, 因此, 寻找新的表面防护方法是十分必要的。

微弧氧化(Microarc Oxidation)又称微等离子氧化, 是一项在有色金属表面原位生长陶瓷膜的新技术。20 世纪 80 年代中后期成为国际研究热点^[5], 国内 20 世纪 90 年代中期开始了此项技术的研究。微弧氧化采用较高电压, 将工作区域普通阳极氧化的法拉第区引入到高压放电区, 可在铝、镁、钛等金属及其合金表面形成一层结合强度较高的陶瓷氧化膜。有关镁合金微弧氧化膜耐蚀性能已有如下一些研究。

3.1 微弧氧化陶瓷膜比化学氧化膜和阳极氧化膜的耐蚀性能有大幅度提高

蒋百灵等^[6,7]以西飞公司用作飞机骨架的 MB8 镁合金化学氧化试样为标准, 与微弧氧化试样进行耐蚀对比研究, 结果表明: 微弧氧化陶瓷膜的耐蚀性能远优于化学氧化膜。Zouzulín 等^[8]研究了 AZ91D

和 AE41A 镁合金微弧氧化陶瓷膜,得到了比 HAE 和 No17 工艺所得膜的耐磨耐蚀性能更好的 MgO 膜。郝建民等^[9]研究结果也表明:与阳极氧化铝处理比较,镁合金经过微弧氧化处理后交流阻抗值大幅度增大;在 5% NaCl 溶液中的腐蚀电流比经过阳极氧化处理的小近 3 个数量级(见表 3)。薛文斌等^[10]对 MB15 镁合金进行 2 小时的微弧氧化处理,得到由立方结构的 MgO 和分量的 MgAl₂O₄ 尖晶石组成的致密氧化膜,膜厚超过 100 μ m,大大提高了镁合金的耐蚀性。

表 3 试样的腐蚀电流

处理方式	厚度, μ m	I_{corr}, μ A
微弧氧化	5	39.0
微弧氧化	10	81.1
微弧氧化	20	51.7
阳极氧化	15	14200

3.2 微弧氧化膜与防护漆层有很高的结合力

Zozulin 等^[8]研究结果又表明:微弧氧化膜层由内部致密层和外部疏松层构成,疏松层含有许多微小的盲孔,与防护底漆(三聚氰胺聚脂)的结合力比 HAE 和 No17 得到膜的结合力强,使耐盐雾腐蚀能力更加提高。

4 结 论

(1) 沿海某型飞机镁合金零部件的腐蚀类型为

点蚀和电化学腐蚀;引起腐蚀的主要原因是潮湿的盐雾环境和化学氧化膜的耐蚀性能差。

(2) 微弧氧化陶瓷比化学氧化膜和阳极氧化膜具有高的耐蚀性能,可以代替化学氧化膜对镁合金零部件的保护。

参考文献:

- [1] Ambat R, Aung N N, Zhou W. Evaluation of micro-structural effects on corrosion behavior of AZ91D magnesium alloy [J]. Corrosion science, 2000, 42(10): 19-21.
- [2] Tunold R, Holtan H, Berfe M B H, et al. The Corrosion of magnesium in aqueous solution containing chloride ions [J]. Corrosion science, 1977, 17: 353-356.
- [3] Froats A, Aune T K, Hawke D, et al. Metals Handbook [M]. Ohio: ASM, 1987, 13: 740-754.
- [4] 飞机结构腐蚀疲劳 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1992.
- [5] Ditttrch K H. Structure and properties of ANOF layers. Crystal research and technology [J]. 1984, 19(1): 93-99.
- [6] 蒋百灵, 张淑芬. 氧化镁陶瓷层的组织结构及耐蚀性能 [J]. 西安理工大学学报, 2000, 16(4): 327-329.
- [7] 蒋百灵, 张淑芬, 吴建国. 镁合金微弧氧化陶瓷层耐蚀性的研究 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002, 22(5): 300-302.
- [8] Alex J. Zozulin, Duane E. Bartak. Anodized Coatings for Magnesium Alloys [J]. Metal Finishing, 1994, 92(3): 39-43.
- [9] 郝建民, 陈宏, 张荣军 等. 微弧氧化和阳极氧化处理镁合金的耐蚀性对比 [J]. 材料保护, 2003, 16(1): 20-21.
- [10] 薛文斌, 来永春, 邓志威 等. 镁合金微等离子体氧化膜的特性 [J]. 材料科学与工艺, 1997, 5(2): 89-92.

(责任编辑 何允平)

· 书 讯 ·

2000 年度~2003 年度《轻金属》杂志合订本,分别收录了当年刊载的轻金属业界的新技术、新工艺及先进的生产管理方面的论文数百篇。主要内容包括轻金属矿山、氧化铝、电解铝、镁硅钛、碳素、轻合金及加工、轻金属设备、控制。还刊载了大量的国际、国内轻金属行业的技术信息。

每年度合订本工本费 124.00 元/套,需要订阅的单位或个人请直接与《轻金属》编辑部联系。

联系电话:(024)23261062

通信地址:辽宁省沈阳市和平北大街 184 号 邮政编码:110001