

缓蚀剂及其在飞机上的应用

朱辰, 邱实

(中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: 飞机结构的腐蚀不但严重危害飞行安全,而且会造成巨大的经济损失。为了让缓蚀剂作为控制腐蚀产生及其扩展的一种有效手段,在飞机维护中得到更广泛的使用,总结了美国军方对缓蚀剂的分类及使用要求和范围,介绍了目前国内外军用和民用飞机中缓蚀剂的应用情况,分析了缓蚀剂在国内的应用前景,提出了开发自主知识产权缓蚀剂产品的建议。

关键词: 缓蚀剂; 飞机; 应用

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.05.019

中图分类号: TB304; TG172 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)05-0090-04

Corrosion Inhibitors and Their Application in Aircraft

ZHU Chen, QIU Shi

(China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, China)

Abstract: Corrosion of aircraft structures is not only a serious hazard to flight safety, but also causes huge economic losses. Corrosion inhibitors as an effective approach for controlling corrosion had already been widely used in aircraft maintenance. We summarized the classification and scope of corrosion inhibitors in U.S. military, introduced the application of corrosion inhibitor of domestic and foreign military as well as civilian aviation, analyzed the prosperous application of corrosion inhibitor in domestic, and proposed the recommendations of exploiting corrosion inhibitor of autonomous intellectual property.

Key words: corrosion inhibitor; aircraft; application

结构表面和内部的腐蚀一直是飞机日常维护和保养中难以规避的问题,不论是民用飞机还是军用飞机,每年都要在腐蚀防护方面用去大量的经费^[1-3]。美国海军航空兵在飞机维护中的指导思想是:高度重视腐蚀发生前的预防处理,及时采用防腐蚀新技术,对飞机防腐蚀措施逐步修改完善,尽量减少腐蚀发生后的修理工作。

我军现役飞机尤其是经常在沿海地区飞行的飞机腐蚀问题更为突出^[4]。主要是由于沿海地区湿度大(75%~80%),多海雾,大气中含盐量高,且工业污染加剧了腐蚀。如飞机停放时,机身、机翼下壁距地面较近,地面水蒸气蒸发凝结于下壁上,使机身-机翼长期处于潮湿环境,水、凝露和水蒸气进入非密封的铆接缝隙处,从而造成严重腐蚀。针对这些造成

收稿日期: 2013-05-10

作者简介: 朱辰(1981—),男,吉林临江人,工程师,主要研究方向为腐蚀防护与控制。

腐蚀的原因,除了在结构设计时注意密封、排水外,日常维护过程中使用水置换型缓蚀剂作为控制腐蚀的一种方法,在国外飞机上已使用多年。美军的缓蚀剂外场应用研究表明:采用缓蚀剂进行外场维护,降低了费用,平均了工时,减轻了劳动强度。以往美军每架飞机每个维护周期平均需要 2000 美元更换零件,20 个工时用于维护和更换部件,采用缓蚀剂后,只需要 100 美元和花费 5 个工时更换零件,而国内尚没有用于军机外场维护用的缓蚀剂产品。

1 缓蚀剂简介及分类

缓蚀剂也叫防腐剂,一般将主要应用于钢铁表面的叫防锈剂或防锈油,主要应用于铝合金表面的叫缓蚀剂。目前应用较为普遍的缓蚀剂均是水置换型,这类缓蚀剂具有良好的渗透性和水置换性,能迅速脱除金属表面和结构缝隙中的水分,同时沉积上一层保护膜,有效延缓金属材料的腐蚀。国内外针对水置换型缓蚀剂机理进行了大量细致的研究工作,提出了水置换缓蚀剂的脱水机理可从扩展力、极性基团和表面张力、接触角和水置换能等理论解释,脱水添加剂在水中微溶、不产生乳化时脱水效果较好。

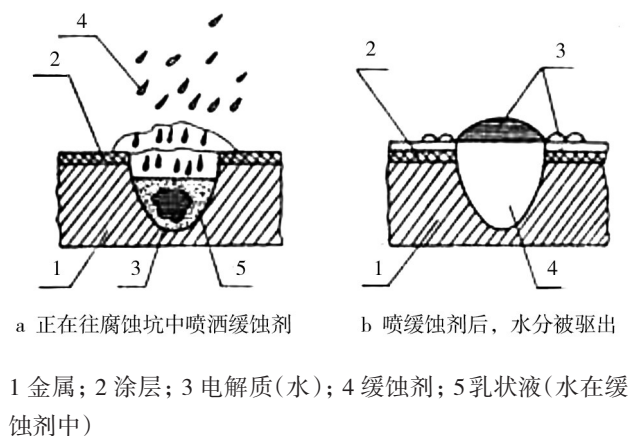


图1 缓蚀剂作用原理示意

Fig. 1 Mechanism of corrosion inhibitors on metal surface

根据美国空军规范 TO 1-1-691(2003)“航空及非航空设备清洗、腐蚀防护与控制”中列出了缓蚀剂分类使用范围^[5],如图2所示。

低级润滑 I 型和 II 型为水置换型薄膜渗透润滑缓蚀剂,可以用于飞机、武器系统很少移动或相对运

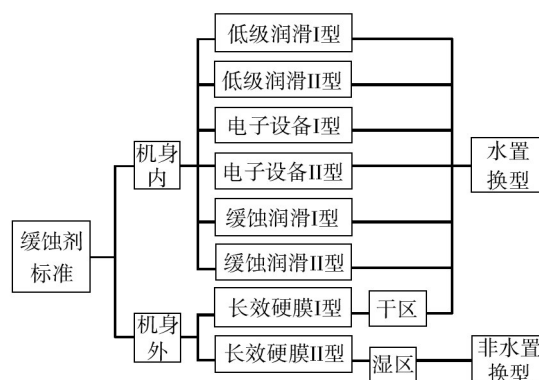


图2 缓蚀剂标准分类使用示意

Fig. 2 The schematic of standard application category of corrosion inhibitors

动不频繁的铰链和装配连接件的清洗、润滑和维护,也可以直接用在武器装备的外部,可以使用刷涂、浸涂或使用压力容器喷涂。低级润滑 II 型缓释剂在 $-54\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间有着一定的润滑功能,是较好的水置换润滑缓蚀剂。由于低级润滑 I 型缓释剂在低温时黏性会降低或者变成凝胶,当温度低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时就不能使用。

缓蚀润滑型和电子设备型同为薄膜水置换型缓蚀剂,提供内部保护和短期保护。这些良好的缓蚀剂可以提供不超过 $15\text{ }\mu\text{m}$ 的软膜,很容易使用溶剂去除,但不能用于氧气系统装置。这两类缓蚀剂可以采用蘸涂、刷涂或用压力容器进行喷雾。缓蚀润滑 I 型通常用于移动或滑动等需要润滑的部位并形成软薄膜,例如铰链或炸弹架部件。又因为其有较强水置换能力,对那些排水不畅的部位有良好的保护作用。但这种缓蚀剂可以很容易被雨水冲走或在清洗过程中冲走,所以需要经常喷涂。缓蚀润滑 II 型虽然也是油性薄软膜,水置换型缓蚀剂,但渗透性能较缓蚀润滑 I 型弱一些,起到一定的润滑功能。电子设备型缓蚀剂可以形成极薄的膜,有很强水置换能力,只允许电子电气设备的内部使用,可以有效地保护内部电子电气设备。尽管这些缓释涂层是绝缘的,但也可以在接头上使用,因为它可以很容易使用机械方法和通过接触去除而不影响电和信号的传导。

长效硬膜 I 型缓蚀剂^[6]是一种低渗透性能的水置换缓蚀剂,可以形成透明的、干的半软膜,它可以用于金属裸露部位或涂层系统被破坏的部位,能够

长期进行防护。由于具有油漆的特征,故不能提供润滑,并且阻碍电流传导。

长效硬膜Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ型缓蚀剂为三种不同等级的非水置换型缓蚀剂,为黏性材料,蜡状油脂,可提供长期的腐蚀防护,对积水区或水流经结构可提供较好的腐蚀防护,可以使用刷涂或浸涂。长效硬膜Ⅱ型为黑色厚硬膜缓蚀剂,使用溶剂油或脱脂剂去除困难。可以在飞机的内部和外部甚至在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区域使用,提供最好的缓蚀效果。若用在低于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区域会造成开裂和脱落。长效硬膜Ⅲ型为棕色厚软脂质膜防腐剂,使用溶剂油或脱脂剂去除,在相对严酷的条件下和接触的地方使用,满足最大防护要求。也可以用在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下,由于具有黏性不能用于频繁接触的地方。长效硬膜Ⅳ型厚软蜡质膜缓蚀剂,风干后形成一层半透明的薄膜,可以在相对严酷的、接触的地方使用,特别适合用在涂抹水置换缓蚀润滑型缓蚀剂处理过的表面,最低使用温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2 国外缓蚀剂的应用状况

早在1975年的美国空军腐蚀工作座谈会上就强调开展缓蚀剂的研究和应用。1979年8月在美国麦克迪尔空军基地开始进行用含有缓蚀剂的水溶液清洗F-14飞机表面污物的试验。试验飞机都是在海面执行低空巡航任务的。

1989—1990年美国空军在夏威夷、巴拿马、北加利福尼亚和肯塔基四个地区80架飞机上进行了12个月应用缓蚀剂试验。同时,澳大利亚航空实验室(ARL)针对缓蚀剂对机体结构材料中在各种环境下的耐腐蚀能力和使用寿命进行了大量的室内实验和外场应用研究。

美海军1997年部署在波斯湾某航母上的7架ES-3A型反潜机2000年在大西洋舰队、太平洋舰队的几十架S-3B型反潜机采用ACF-50缓蚀剂,飞机腐蚀率大大降低。

美国的缓蚀剂外场应用研究表明,采用缓蚀剂进行外场维护,可明显降低维护费用、节约工时、减轻劳动强度。以往美国空军每架飞机每个维护周期(一般不超过2个月)平均需要20个工时、2000美元来更换零件,采用缓蚀剂后,只需要5个工时、100美

元更换零件,而且减少了机械师每周3个工时的防腐蚀维护工作。

目前美英等国已将缓蚀剂列为军机腐蚀控制维护技术的一项重要内容。图3和图4为美国E-2C鹰眼舰载预警机和黑鹰直升机缓蚀剂应用的具体部位。



图3 E-2C鹰眼舰载预警机

Fig. 3 E-2C shipboard early warning airplane

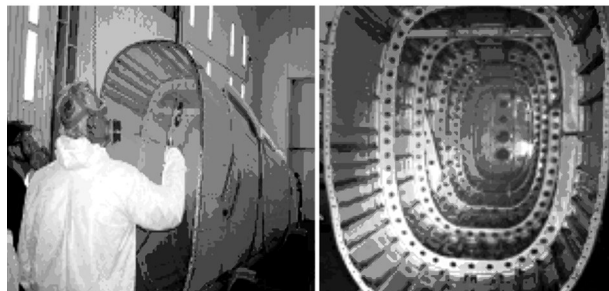


图4 黑鹰直升机机身内部喷涂缓蚀剂

Fig. 4 Application of corrosion inhibitors in Black Hawk helicopters

国外民用飞机公司在飞机制造、使用维护和修理过程中,均规定要使用缓蚀剂。如波音飞机公司专门颁发了DX-4190《腐蚀控制手册》,规定要求使用缓蚀剂进行飞机结构的腐蚀防护。随着缓蚀剂研制水平的提高并不断总结使用经验,从1975年开始,先后制定出BMS3-23, BMS3-26, BMS3-29和BMS3-35等缓蚀剂产品规范。目前,波音公司所有新生产的飞机已经全部使用BMS3-35缓蚀剂。

另外,国外在缓蚀剂产品开发方面也不断进步。澳大利亚航空实验室通过研究缓蚀剂的作用机理,开发出了六种常牌号的脱水防锈剂ardrox3961(油膜)、mobilama(油膜)、amlguard(硬膜)、boeshieldT9(软膜)、tectyl472b(油膜)、wd40(油膜),并针对机体结构材料在各种环境下的耐腐蚀性能

和使用寿命方面作了比较系统的实验室和外场研究^[7-9]。研究结果证实了脱水防锈剂能有效抑制飞机主要结构材料的均匀腐蚀、点蚀、缝隙腐蚀、电偶腐蚀,降低应力腐蚀裂纹的扩展速率。

3 国内缓蚀剂的应用需求及前景

民用航空方面,国内主要航空公司的执行航班主要为波音和空客两种进口机型,在维修和保养过程中都严格参照国外手册和标准执行,需要在特定的飞机部位喷涂缓蚀剂。根据航空飞行安全要求,民航飞机通常每6年检查(6C)后需要进行全面大修,需要全部重新喷涂缓蚀剂。另外,每隔2年和4年也需要对飞机进行检查(2C和4C)后修理并喷涂缓蚀剂,缓蚀剂的使用量为大修的1/6。因此,民航飞机在每年的各类C检过程中缓蚀剂的用量非常可观,尤其是在十二五期间,国内民航飞机每年会增加200余架次,缓蚀剂的用量也会随之成倍增长。以波音757飞机为例,在每6年的检查(6C)大修过程中缓蚀剂的用量约为150 L,价格接近20万元。

军用方面,目前我国军用飞机很少使用缓蚀剂,随着海洋防御战略的实施,军用飞机的使用环境将变得非常恶劣,腐蚀防护将变得更加重要,从国外军用飞机的使用经验来看,水陆两栖飞机、海军沿海机场飞机、舰载机、护航直升机等机型长期处于腐蚀环境和介质中,更急需使用缓蚀剂一类的相关维护产品以缓解日益严重的腐蚀问题,一旦被军方认可并纳入到采购计划,军用飞机缓蚀剂的用量将存在巨大潜在市场。

4 展望

腐蚀防护产品系列属于高技术、高附加值产品,

产业门槛高,需要依托强大的科研技术开发实力支撑,属于市场中的蓝海范围。目前,国内还没有一家专门从事机用缓蚀剂生产的厂家和相关产品,民航所用的缓蚀剂全部依赖进口产品。开发出性能优良的缓蚀剂产品,尽快实现产业化、市场化,逐步取代进口产品的垄断地位,具有重大的军事、社会和经济意义。

参考文献:

- [1] 李家柱,孙志华. 飞机防腐蚀排水化合物的研究简介[C]// 飞机结构腐蚀疲劳学术研讨会论文集. 1995.(余不详)
- [2] 陆峰. 脱水防锈剂的研究与应用[C]// 第九届全国缓蚀剂学术讨论会论文集. 1995.(余不详)
- [3] 任三元,曹定国,王文亮. 航空装备腐蚀防护控制技术进展与展望[J]. 装备环境工程,2008,5(3):40—44.
- [4] 刘元海. 典型海洋大气环境当量加速试验环境谱研究[J]. 装备环境工程,2011,8(1):48—52.
- [5] TO 1-1-691,航空及非航空设备清洗、腐蚀防护与控制[S].
- [6] 张亚娟,刘一鸣,蒋军亮,等. AV30涂料应用于飞机结构件防腐性能的研究[J]. 装备环境工程,2008,5(3):12—15.
- [7] WILSON L, DEVEREUX S G. Effect of Some Water Displacing Corrosion Preventives on Corrosion of Aluminum Alloys 7075-T651 and 2024-T6, AD-A139501[R].
- [8] WILSON L, DEVEREUX S G. An Assessment of the Corrosion Potential of Chemical Used in Penetrant Testing Towards Aircraft Structural Materials, AD-A112191[R].
- [9] WILSON L, DEVEREUX S G. The Effect of Water Displacing Corrosion Preventives on Stress Corrosion Cracking of Aluminum Alloy 7075-T651, AD-A122268[R].