

# 去腐蚀产物膏及氧化膏性能研究

王强, 刘波, 孙志华, 姜国杰

(中航工业北京航空材料研究院 航空材料先进腐蚀与防护航空科技重点实验室, 北京 100095)

**摘要:** **目的** 研究自主研发的BT-2G钢腐蚀产物去除和快速磷化膏、ALT-1铝合金去腐蚀产物膏以及LYG-2铝合金局部化学氧化膏性能。**方法** 观察并检测各种膏体的外观、流淌度、处理时间,并研究BT-2G处理样品的漆膜结合力及氢脆性能,ALT-1的去腐蚀效率和基体腐蚀性,LYG-2处理样品的漆膜结合力和耐蚀性。**结果** 各种膏体均匀浓稠,流淌度均小于1 mm,在3 h内均可以完成处理过程,另外,BT-2G处理的样品可以通过漆膜结合力和氢脆测试,ALT-1的去腐蚀效率大于90%且对基体基本无腐蚀性,LYG-2通过漆膜结合力测试且中性盐雾72 h无腐蚀。**结论** 各种膏体均满足飞机外场维修使用要求,可应用于维护/维修。

**关键词:** 腐蚀产物;膏;维护/维修;局部氧化

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2016.01.006

**中图分类号:** TJ07; TG174 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2016)01-0029-04

## Performance of Rust Removal Paste and Oxidation Paste

WANG Qiang, LIU Bo, SUN Zhi-hua, JIANG Guo-jie

(Aviation Key Laboratory of Science and Technology on Advanced Corrosion and Protection for Aviation Material, AVIC Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the performance of BT-2G steel rust removal and rapid phosphating paste, ALT-1 aluminium alloy rust removal paste and LYG-2 aluminium alloy partial oxidation paste which are developed by ourselves. **Methods** The appearance, the mobility and the reaction time of different pastes were observed and tested, the coating binding force and the hydrogen embrittlement of BT-2G were studied as well as the rust removal efficiency and the corrosivity for matrix of ALT-1 and the coating binding force and the corrosion resistance of LYG-2. **Results** The pastes were uniform thick liquids, the mobility was less than 1 mm, the process can be completed within 3 h. Moreover, the samples which were treated with BT-2G can pass the test of coating binding force and hydrogen embrittlement, the rust removal efficiency of ALT-1 was above 90%, ALT-1 had no corrosion influence on matrix. The samples treated with LYG-2 can pass the test of coating binding force and there was no corrosion after neutral salt spray for 72 h. **Conclusion** The pastes can satisfy the request of airfield maintenance, and can be applied in the aircraft maintenance/repair.

**KEY WORDS:** corrosion product; paste; maintenance/repair; partial oxidation

收稿日期: 2015-09-25; 修订日期: 2015-10-12

Received: 2015-09-25; Revised: 2015-10-12

作者简介: 王强(1985—),男,内蒙古人,硕士,工程师,主要研究方向为材料腐蚀与防护。

**Biography:** WANG Qiang(1985—), Male, from Inner Mongolia, Master, Engineer, Research focus: materials corrosion and protection.

飞机在外场服役过程中,会不可避免地发生局部区域的腐蚀,如机身蒙皮、机翼壁板螺钉连接部位、油箱等部位<sup>[1]</sup>。如果不及时维修和维护,腐蚀将快速蔓延,之后将严重影响飞机零部件的结构强度。飞机将在大修之前被迫停止使用,甚至引发飞行过程中的事故,造成巨大的损失。为预防上述问题的发生,飞机的日常维修维护至关重要<sup>[2]</sup>。

目前飞机外场维修主要采用机械打磨去除腐蚀产物,之后使用磷化溶液处理钢零部件,或者使用 Alodine1200S 处理铝合金零部件。机械打磨的缺点在于不能完全去除腐蚀产物,残留的腐蚀产物为飞机的安全留下隐患。如果使用溶液处理零部件,溶液中的酸性物质可能流入缝隙中,造成其他腐蚀,而且对于垂直于水平面的部位,流动的溶液也无法处理<sup>[3-4]</sup>。

基于上述原因,开展了中航工业北京航空材料研究院自主研发的 BT-2G 钢腐蚀产物去除及快速磷化膏、ALT-1 铝合金去腐蚀产物膏、LYG-2 铝合金局部化学氧化膏的性能研究。上述产品可以有效去除腐蚀产物,并形成磷化膜或氧化膜,而且流淌度低,不会渗透进入缝隙,也可以处理溶液无法处理的零部件。由于膏体可以长时间附着在零件表面,去腐蚀效果和形成的氧化膜或磷化膜的性能也优于溶液处理后的零件<sup>[5-7]</sup>。

## 1 实验

BT-2G 钢腐蚀产物去除及快速磷化膏的性能试验内容包括:外观、流淌度、处理时间、漆膜结合力和氢脆;ALT-1 铝合金去腐蚀产物膏的性能试验内容包括:外观、流淌度、处理时间、去腐蚀效率和基体腐蚀性;LYG-2 铝合金局部化学氧化膏的性能试验内容包括:外观、流淌度、处理时间、漆膜结合力和耐蚀性。其中外观采用目视法观测,流淌度的测定方法如下:制备尺寸为 90 mm × 120 mm × 0.5 mm,并有 10 mm × 10 mm 缺口的金属片模板,以及尺寸为 90 mm × 120 mm 的玻璃板。将金属片模板平放在玻璃板上,在缺口处涂满软膏并刮平,取走模板,让玻璃板在空气中垂直放置 30 min,测量膏体向下流淌的距离,处理时间的测定方法为记录试样颜色发生变化的时间。漆膜结合力的测定参照 GB/T 9286 漆膜划格试验<sup>[8]</sup>和 GB 1720 漆膜附着力测定法<sup>[9]</sup>。氢脆试验参照 HB 5067.1 氢脆试验方法<sup>[10]</sup>。去腐蚀效率的测定方法如下:测定使用去腐蚀膏 1 次去除的质量和腐蚀产物的总质量。基体腐蚀性的测定方法如下:测量未发生腐蚀试样使用去腐蚀膏前后的质量差。耐蚀性的测定参照 ASTM

B117 中性盐雾试验<sup>[11]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 BT-2G 性能研究

BT-2G 钢腐蚀产物去除及快速磷化膏的性能试验结果:外观为白色均匀浓稠物,流淌度为 0.5 mm,处理时间为 1.5 h,漆膜结合力等级为 0 级,氢脆试验 200 h 后不break。该结果说明,BT-2G 可以作用于任何位置和状态的零部件表面而不会流淌,其优点为膏体中的化学物质长时间作用于涂覆区域而且不污染其他区域,也不会污染操作环境。处理时间为膏体完成腐蚀产物清除及磷化过程所需的时间,作用前后的试样表面形貌如图 1 所示。可以看出,0Cr18Ni11Nb 不锈钢和 45# 钢的原始试样表面有较多腐蚀产物,经 BT-2G 处理 1.5 h 后,表面红色锈蚀消失,不锈钢表面生成浅灰色的膜层,而 45# 碳钢表面生成深灰色的膜层。表明腐蚀产物已去除干净,而且试样表面生成了灰色的磷化膜层。

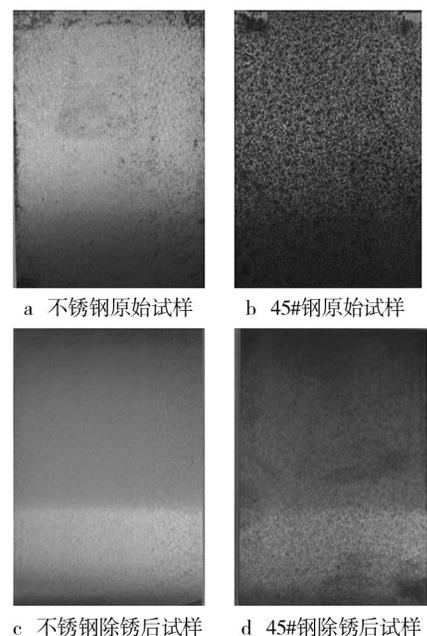


图1 BT-2G 除锈前后表面形貌

Fig.1 Surface morphology of removing rust before and after using BT-2G

参照 GB/T 9286 漆膜划格试验和 GB 1720 漆膜附着力测定法测试 0Cr18Ni11Nb 不锈钢和 45# 钢经 BT-2G 处理后试样与有机漆膜的结合力,其中漆膜选用 H06-0371 高固体份环氧底漆,测试结果照片如图 2 所示。可以看出,采用两种测试方法获得的测试结果

一致,不锈钢和碳钢的漆膜结合力均为0级。表明经BT-2G处理后试样表面形成的磷化膜具有提高漆膜结合力的效果。

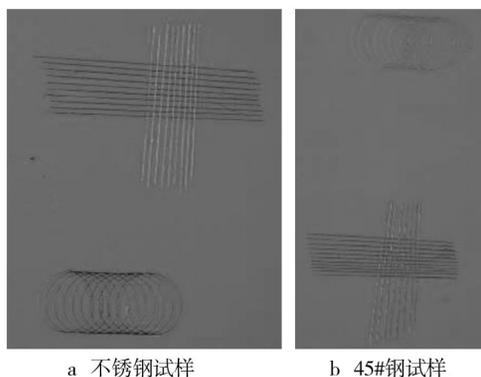


图2 漆膜结合力测试结果  
Fig.2 The result of binding force test

经BT-2G处理1 h的30CrMnSi氢脆试棒(缺口强度 $\sigma_{BH}$ 为1958.6 MPa)氢脆试验200 h后不发生破断,表明BT-2G不会对高强度钢产生氢脆影响。

## 2.2 ALT-1性能研究

ALT-1铝合金去腐蚀产物膏的性能试验结果:外观为亮橙色均匀浓稠物,流淌度为0.4 mm,处理时间为1.5 h,去腐蚀效率为90%,基体腐蚀性为 $5 \text{ mg/dm}^2$ 。该结果说明,ALT-1可以作用于任何位置和状态的零部件表面而不会流淌,其优点为膏体中的化学物质长时间作用于涂覆区域而且不污染其他区域,也不会污染操作环境。处理时间为膏体完成腐蚀产物清除所需的时间,作用前后的试样表面形貌如图3所示。其中选用HB 5257 腐蚀产物清除中铝合金腐蚀产物清除方法作为对比试验<sup>[12]</sup>。从图3中可以看出,化学溶液方法和ALT-1均可以清除铝合金表面的腐蚀产物,

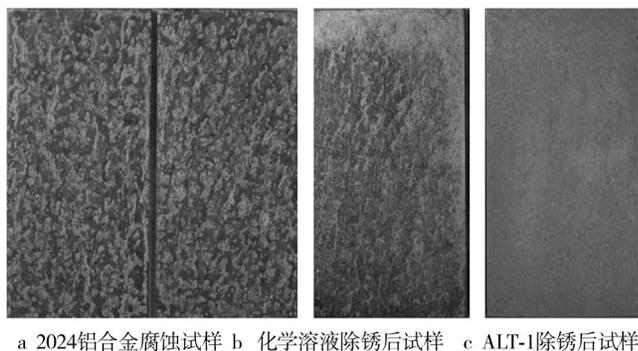


图3 ALT-1和化学溶液除油除锈前后表面形貌

Fig.3 Surface morphology of removing rust before and after using ALT-1 and chemical solution

但ALT-1具有更好的清除效果。通过计算可知,ALT-1的去腐蚀效率可达90%。另外,ALT-1对于铝合金基体基本无腐蚀,对基体质量影响为 $5 \text{ mg/dm}^2$ 。

## 2.3 LYG-2性能研究

LYG-2铝合金局部化学氧化膏的性能试验结果:外观为橙色均匀浓稠物、流淌度为0.3 mm、处理时间为1 h、漆膜结合力等级为0级、中性盐雾72 h后试样表面无任何腐蚀点。该结果说明,LYG-2可以作用于任何位置和状态的零部件表面而不会流淌,其优点为膏体中的化学物质长时间作用于涂覆区域而且不污染其他区域。另外,处理完成后的LYG-2为干粉状,便于清理和收集,不会污染环境。处理时间为膏体氧化所需的时间,作用前后试样的表面形貌如图4所示。LYG-2处理后的试样表面呈金黄色,中性盐雾72 h后试样表面无任何腐蚀点。

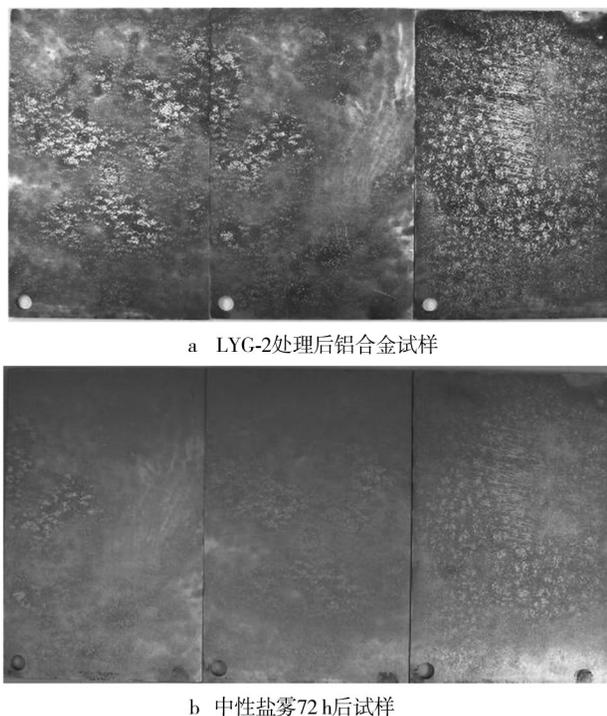


图4 LYG-2处理试样形貌及中性盐雾72 h试样形貌

Fig.4 Surface morphology of samples treated with LYG-2 and after neutral salt spray for 72 h

参照GB/T 9286 漆膜划格试验和GB 1720 漆膜附着力测定法测试2024经LYG-2处理后试样与有机漆膜的结合力,其中漆膜选用H06-0371高固体份环氧底漆,测试结果照片如图5所示。从图5中可以看出,采用两种测试方法获得的测试结果一致,漆膜结合力均为0级。表明经LYG-2处理后试样表面形成的氧化膜具有提高漆膜结合力的效果。

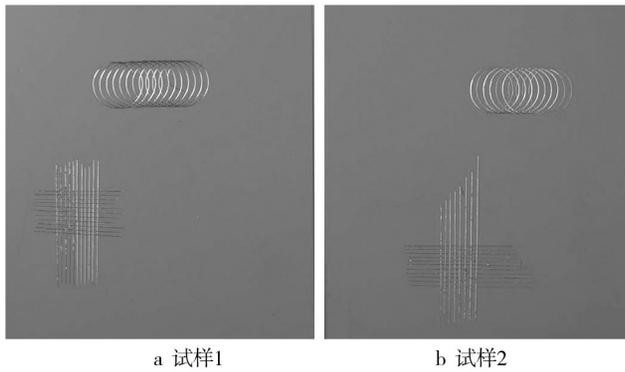


图5 漆膜结合力测试结果

Fig.5 The result of binding force test

### 3 结论

BT-2G 钢腐蚀产物去除及快速磷化膏为白色均匀浓稠物,流淌度为 0.5 mm,处理时间为 1.5 h,不会造成氢脆,在钢表面生成的磷化膜与有机漆膜的结合力为 0 级;ALT-1 铝合金去腐蚀产物膏为亮橙色均匀浓稠物,流淌度为 0.4 mm,处理时间为 1.5 h,去腐蚀效率为 90%,对金属基体无腐蚀性;LYG-2 铝合金局部化学氧化膏为橙色均匀浓稠物,流淌度为 0.3 mm,处理时间为 1 h,生成的膜层漆膜结合力为 0 级,中性盐雾 72 h 不发生腐蚀。

#### 参考文献:

- [1] 陈群志,王逾涯,崔常京,等. 老龄飞机结构的腐蚀问题与对策[J]. 装备环境工程,2014,11(6):1—9.  
CHEN Qun-zhi, WANG Yu-ya, CUI Chang-jing, et al. Corrosion Problems and Countermeasures of the Aging Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 1—9.
- [2] 孙志华,汤智慧,李斌. 海洋环境服役飞机的全面腐蚀控制[J]. 装备环境工程,2014,11(6):35—39.  
SUN Zhi-hua, TANG Zhi-hui, LI Bin. Comprehensive Corrosion Control of Naval Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 35—39.
- [3] 江莉,曹刚,林安. A3 钢在不同化学清洗液体中的腐蚀失重分析[J]. 装备环境工程,2005,2(5):69—72.  
JIANG Li, CAO Gang, LIN An. Corrosion Weight Loss Analysis of A3 Steel in Different Chemical Washing Liquids[J]. Equipment Environmental Engineering, 2005, 2(5): 69—72.
- [4] HB/Z 5080, 钢零件磷化工艺[S].  
HB/Z 5080, Phosphating Process of Steel Parts[S].
- [5] 李孟,黄河,朱立群. 环保高效除锈膏的研究[J]. 电镀与涂饰,2005,25(3):20—22.  
LI Meng, HUANG He, ZHU Li-qun. Study on Eco-friendly Efficient Rust Removal paste[J]. Electroplating and Finishing, 2005, 25(3): 20—22.
- [6] 杨小林,傅春霞,叶爱英. 不锈钢氧化皮常温清洗膏[J]. 腐蚀与防护,2009,30(5):335—336.  
YANG Xiao-lin, FU Chun-xia, YE Ai-ying. Quick Pickling of Oxide Layer on Stainless Steel at Room Temperature[J]. Corrosion and Protection, 2009, 30(5): 335—336.
- [7] 李昌木. 一种新型快速除锈膏的研制[J]. 表面工程资讯,2004(5):35—36.  
LI Chang-mu. Study on a New Fast Rust Removal Paste[J]. Information of Surface Engineering, 2004(5): 35—36.
- [8] GB/T 9286, 色漆和清漆 漆膜的划格试验[S].  
GB/T 9286, Paints and Varnishes—Cross Cut Test for Film[S].
- [9] GB 1720, 漆膜附着力的测定法[S].  
GB 1720, Adhesive Force Test Method for Film[S].
- [10] HB 5067.1, 镀覆工艺氢脆试验 第一部分:机械方法[S].  
HB 5067.1, Test Methods for Hydrogen Embrittlement Evaluation of Plating Processes—Part 1: Mechanical Method[S].
- [11] ASTM B117, Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus[S].
- [12] HB 5257, 腐蚀试验结果的质量损失测定和腐蚀产物的清除[S].  
HB 5257, Weight Loss Measure of Corrosion Test Result and Cleaning of Corrosion Products[S].
- [13] SH/T 0212, 防锈油脂除膜性试验法[S].  
SH/T 0212, Rust Preventive Oils and Greases—Test Method of Removability[S].
- [14] Q/AVIC 03018, 飞机硬膜脱水防锈剂[S].  
Q/AVIC 03018, Specification for Water-displacing Corrosion Preventive Compound with Hard Film for Aircraft[S].
- [15] GB/T 1728, 漆膜、腻子膜干燥时间测定法[S].  
GB/T 1728, Coatings and Putty Films—Determination of Drying Time[S].
- [16] SH/T 0215, 防锈油脂沉淀值和磨蚀性测定法[S].  
SH/T 0215, Rust Preventive Oils and Greases—Determination of Precipitation Number and Wearability[S].
- [17] Q/AVIC 03018, 飞机硬膜脱水防锈剂[S].  
Q/AVIC 03018, Specification for Water-displacing Corrosion Preventive Compound with Hard Film for Aircraft[S].
- [18] GB/T 1728, 漆膜、腻子膜干燥时间测定法[S].  
GB/T 1728, Coatings and Putty Films—Determination of Drying Time[S].
- [19] SH/T 0215, 防锈油脂沉淀值和磨蚀性测定法[S].  
SH/T 0215, Rust Preventive Oils and Greases—Determination of Precipitation Number and Wearability[S].
- [20] SH/T 0212, 防锈油脂除膜性试验法[S].  
SH/T 0212, Rust Preventive Oils and Greases—Test Method of Removability[S].
- [21] GB/T 10125, 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验[S].  
GB/T 10125, Corrosion Tests in Artificial Atmospheres—Salt Spray Tests[S].
- [22] HB 5455, 铝合金剥层腐蚀试验方法[S].  
HB 5455, Test Method of Exfoliation Corrosion for Aluminium Alloys[S].
- [23] ASTM D4587, Standard Practice for Fluorescent UV-Condensation Exposures of Paint and Related Coatings[S].

(上接第 23 页)