

# 中间涂层系统用可选择性退漆剂的研究

程健丽, 毛景, 徐小芳, 丁瑶, 邱太文  
(上海飞机制造有限公司, 上海 201324)

**摘要:** 以应用于航空材料表面中间涂层新型涂层系统的可选择性退漆剂为对象, 研究了可选择性退漆剂材料成分, 可选择性退漆剂对金属基材的影响, 以及退漆过程中退漆效率的影响因素。

**关键词:** 航空; 可选择性退漆剂; 红外; 氢脆; 浸没腐蚀

**中图分类号:** TQ636.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2025)01-0008-03

## Study on Selective Paint Stripper for Intermediate Coating System

CHENG Jian-li, MAO Jing, XU Xiao-fang, DING Yao, QIU Tai-wen  
(Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd., Shanghai 201324, China)

**Abstract:** In this paper, selective paint stripper for a new type of intermediate coating system applied to the surface of aviation materials were studied. The composition of selective paint stripper was studied, and influence of selective paint stripper on metal substrate was studied, as well as the influencing factors of paints stripper during paint stripping process.

**Key words:** aviation; selective paint stripper; infrared analysis; hydrogen; embrittlement; immersion corrosion

## 0 引言

随着世界航空制造业的发展, 飞机上复合材料的应用比例越来越高。如波音 B787 采用复合材料比例达到 50%<sup>[1]</sup>, 新材料与新工艺的应用对涂层体系也提出了新的要求。由于复合材料的敏感性, 传统的涂层系统采用相应的化学退漆剂引起复合材料性能下降而不予采用<sup>[2]</sup>; 如采用打磨的除漆的方法, 易产生大量粉尘, 尤其对于大部件复合材料, 不仅耗费人力而且影响工人身体健康。针对民航飞机的整机退漆问题, 相关的航空涂料供应商开发出可选择性退除的涂层系统, 该涂层系统在退漆时显示了良好的效果, 对复合材料性能影响小, 可完整保留底漆。空客公司在 A350 机型(复合材料结构质量占全机结构质量的 52%) 上应用了可选择性退除的中间涂层系统<sup>[3]</sup>。因此针对使用中间涂层系统的飞机的退漆剂选择问题是后续飞机维修喷漆的重要环节。

收稿日期: 2024-07-24

作者简介: 程健丽(1985—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事飞机表面涂装工作。E-mail: chengjianli1228@126.com。

本文选用知名涂料供应商 PPG 的可选择性涂层系统进行退漆试验, 通过试验对可选择性退漆剂的材料进行分析, 以及对金属基材的影响和退漆工艺性能进行研究<sup>[4-6]</sup>。

## 1 中间涂层系统和可选择性退漆剂概述

### 1.1 中间涂层系统

中间涂层是底漆和面漆中间施工的一层涂层, 涂层通常较薄, 是为了方便后期退漆时能完整保留底漆而采用的一层涂层。由底漆、中间涂层和面漆组成的新型涂层系统为中间涂层系统。

### 1.2 可选择性退漆剂

一种专门针对中间涂层系统开发的退漆剂, 相比于传统的二氯甲烷类退漆剂, 属于更加温和型产品, 在航空类产品退漆时, 针对中间涂层系统, 可有效退至中间涂层, 避免退至底漆对基材产生影响。

## 2 试验部分

### 2.1 材料

#### 2.1.1 基材

基材包括 2024 包铝合金、2024 裸铝合金、7075 包铝合金、7075 裸铝合金、钛合金和不锈钢材料。

2.1.2 试验材料

中间涂层系统采用的是 PPG 的中间涂层, 牌号 F565-4010, 底漆牌号 CA7049, 底色漆清漆涂层系统, 可选择性退漆剂为汉高退漆剂 1270-5 产品。

2.2 试验内容

2.2.1 材料鉴定试验

通过对退漆剂开展 GC-FID 分析, 确定其主要成分含量, 结合红外光谱测试, 鉴定材料化学结构, 确定其主要成分。

2.2.2 金属腐蚀试验

对不同的金属基材, 如铝合金、钛合金和不锈钢材料开展浸没腐蚀试验, 研究退漆剂对金属材料的腐蚀性影响。通过氢脆试验, 研究退漆剂对高强度钢的腐蚀性影响; 通过夹层腐蚀试验, 对比去离子水对铝合金基材的腐蚀性, 研究退漆剂对铝合金金属基材的影响。

2.2.3 退漆效率工艺试验

研究温度、相对湿度和是否含有中间涂层对退漆效率的影响。

3 试验结果

3.1 材料鉴定试验

3.1.1 气相色谱仪分析

通过 GC-FID 分析, 可选择性退漆剂 1270-5 产品的苯醇含量达到 40% 以上。

3.1.2 红外光谱分析

退漆剂红外光谱如图 1 所示, 通过光谱确定可选择性退漆剂的主要成分, 具体分析如下:

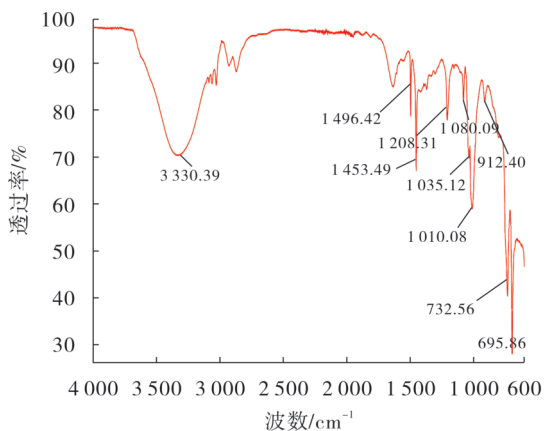


图 1 可选择性退漆剂红外光谱

从可选择性退漆剂 1270-5 材料的红外光谱分析结果可知: 3 330  $\text{cm}^{-1}$  为 O—H 的伸缩振动峰, 为醇类典型的吸收峰; 1 150~1 050  $\text{cm}^{-1}$  处的吸收峰一般为醇、醛或酯等含有 C—O 键的有机化合物的伸缩振动峰, 1 010  $\text{cm}^{-1}$  处的强吸收峰为苯甲醇 C—O 键的

伸缩振动峰; 1 496  $\text{cm}^{-1}$  和 1 453  $\text{cm}^{-1}$  两处强吸收峰, 为苯环上 C=C 的伸缩振动峰; 730 ~720  $\text{cm}^{-1}$  处强红外吸收峰, 是由—CH<sub>2</sub>—键对称完全形成的, 一般—CH<sub>2</sub>—支链越多峰值越强, 732  $\text{cm}^{-1}$  处为苯甲醇的—CH<sub>2</sub>—结构; 695  $\text{cm}^{-1}$  处吸收峰一般为 C—Br 件的伸缩振动。从红外光谱分析图谱结果可知, 可选择性退漆剂的主要成分为苯醇。

3.1.3 pH 试验

依据 ASTM E 70 的要求开展试验, 25 °C 时, 退漆剂的 pH 测试值为 11.8~12.2, 为碱性退漆剂。

3.2 退漆剂对基材的影响

3.2.1 浸没腐蚀失重试验

依据 ASTM F 483, 试验件尺寸为 50 mm×25 mm×1.5 mm, 每组 3 个, 其中 2024 包铝合金、钛合金和不锈钢无需进行表面处理, 2024 裸铝合金进行阿洛丁 1200S 处理, 7075 裸铝合金进行铬酸阳极化处理。对试验件干燥并称量, 分别在 1270-5 退漆中浸泡 48 h, 取出试验件, 清洗干燥并称量, 计算浸泡退漆剂前后质量损失, 测试结果如表 1 所列。

表 1 浸没腐蚀失重试验

项目	2024 包铝	2024 裸铝	7075 裸铝	钛合金	不锈钢
技术要求/mg	±10	±10	±10	±10	±10
测试要求/mg	10	10	10	10	10
测试结果/mg	0.1	0.2	1.9	0.2	0.5
结果	符合要求	符合要求	符合要求	符合要求	符合要求

试验件表面未产生明显的腐蚀, 通过 48 h 的浸没腐蚀试验后, 不同材料失重质量均小于 10 mg, 符合航空用退漆剂对金属基材浸没腐蚀要求。

3.2.2 抗氢脆能力

大中型民航客机起落架一般选用高强度钢制造, 因此在使用化学退漆剂产品对整机退漆时, 要考虑化学材料对钢基材的影响。本试验采用氢脆试验, 评价退漆剂对钢基材的影响。本试验采用 ASTM F 519 1a1 型试棒, 材料为 4340 钢, 强度为 1 780~1 915 MPa。本试验将试样加载到缺口极限抗拉强度的 45%, 样品连续暴露在退漆剂中 150 h, 未产生脆性断裂, 符合退漆剂抗氢脆能力要求, 通过抗氢脆试验结果表明, 1270-5 退漆剂可用于高强度钢基材的退漆使用。

3.2.3 夹层腐蚀试验

依据 ASTM F 1110 要求试验, 采用试验件 7075 无包覆层铝合金, 进行铬酸阳极化处理; 7075 包覆层铝合金, 进行铬酸阳极化处理。评定腐蚀按照 ASTM F 1110 化学品的一般验收要求, 腐蚀级别为 0~4 级, 要

求≤2级,本试验同时对比了 ASTM D 1193 IV型水,试验结果如表 2 所列。结果表明:相对腐蚀程度为 0 级,无可见腐蚀,不出现褪色。同 ASTM D 1193 IV型水相比,腐蚀程度低,腐蚀程度一致,说明 1270-5 退漆剂可用于现场使用。

表 2 夹层腐蚀试验结果

试件	a	b
1270-5	0	0
ASTM D 1193 IV型水	0	0

### 3.3 影响退漆效率的因素

#### 3.3.1 温度对退漆效率的影响

不同温度下的退漆结果如表 3 所列。结果表明:温度越高,在相同湿度和漆层厚度的条件下,退至底漆的时间越短,残留漆占比越少。根据分子热力学定律,温度越高,分子运动加剧,溶剂分子的活性越大,渗透能力越强,面漆表面退漆剂渗透至中间涂层的所需时间越短,引起面漆树脂分子的溶胀,与中间涂层剥离。所以温度越高,退漆剂退漆效率越高。

#### 3.3.2 湿度对退漆效率的影响

不同湿度下的退漆结果如表 4 所列。结果表明:低

的相对湿度,会明显降低退漆效果,这是因为湿度大,使退漆剂在基材表面的渗透能力增强,渗透至中间涂层时间短,从而提升退漆效率。

表 3 温度对退漆效率的影响

温度/℃	开始起泡时间/min	退至底漆时间/min	残留漆占比/%
15	180	225	45
20	160	190	40
25	145	165	30

表 4 相对湿度对退漆效率的影响

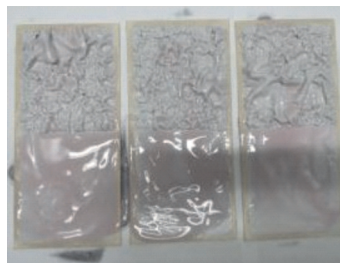
项目	相对湿度/%		
	10	72	76
开始起泡时间/min		168	156
退至底漆时间/min	1 020	200	175
残留漆占比/%	50	40	30

#### 3.3.3 中间涂层对退漆效率的影响

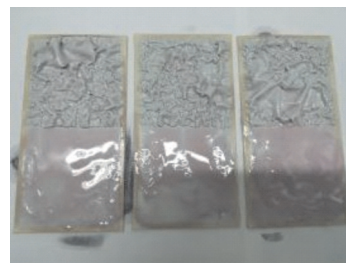
本试验通过开展对比试验,验证涂层系统是否含有中间涂层对退漆效率的影响。试验在温度为 22℃ 条件下开展,试验件 3 件,每件上部为“底漆+中间涂层+面漆”涂层系统,下部为“底漆+面漆”涂层系统,刮涂施工可选择性退漆剂 1270-5,试验结果如图 2 所示。



25 min退漆效果



75 min退漆效果



9 h后退漆效果

图 2 退漆效果

从图 2 可以看出,含有中间涂层的涂层系统,在涂覆完退漆剂后 25 min 开始发生化学反应,70 min 退漆完成,同时不含有中间涂层的涂层系统,退漆 9 h 后,面漆保留完整,未退漆。试验结果表明:可选择性退漆剂对无中间涂层的涂层系统不能高效退漆。

同时本试验同步开展了“底漆+中间涂层”的涂层退漆试验,试验温度为 22℃,试验件为 3 件,刷涂施工退漆剂,试验结果如图 3 所示。

从图 3 可以看出,中间涂层在施工退漆剂后 15 min,此时中间涂层不是完整的涂层,而是呈糊状,此时中间涂层应与退漆剂发生化学反应,从而使得中间涂层快速剥离退除。中间涂层表面施工退漆剂的试验结

果,可以解释无中间涂层的涂层系统退漆,由于可选择性退漆剂为苯醇类产品,退漆效率低,施工后不能够溶胀面漆,故不能用于无中间涂层的涂层系统退漆。使用中间涂层后,退漆剂通过渗透作用渗透至面漆和中间层的界面时,退漆剂和中间涂层发生化学反应,中间涂层软化呈糊状,降低了面漆与中间涂层的附着力,此时的面漆因溶胀产生的作用力远大于中间涂层和面漆的结合力,从而有效退除面漆,保留底漆。

## 4 结语

1)可选择性退漆剂为碱性退漆剂,主要成分为苯醇类产品;2)可选择性退漆剂对金属基材无腐蚀性影响,可用于航空使用;3)可选择性退漆(下转第 26 页)