

浅析打磨对涂装质量的影响

尹中秋¹, 胡剑锋¹, 毛喆², 黄红武²

(1.空军装备部驻郑州地区军事代表室, 郑州 450005; 2.航空工业郑飞公司热表处理厂, 郑州 450005)

摘要: 在对产品最终喷涂前, 对原有漆层打磨是必不可少的工序, 打磨质量好坏对后续涂装的外观质量、漆膜性能都有影响。本文列举了打磨中常见的一些典型问题, 如打磨与清洗的顺序错误、打磨与喷涂的时间间隔过长、打磨砂纸选取不当、打磨损伤基材镀覆层、漆屑清理方式和打磨不充分等, 对这些问题的影响进行了介绍, 并提出了工艺细化和监管管理方面的措施, 确保对漆层打磨的质量可控, 为后续的涂漆奠定基础。

关键词: 漆膜; 打磨; 问题; 监管; 质量

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2025)04-0045-04

Analysis of the Influence of Grinding on Coating Quality

YIN Zhong-qiu¹, HU Jian-feng¹, MAO Zhe², HUANG Hong-wu²

(1. Military Representative Office of Air Force Equipment Department in Zhengzhou, Zhengzhou 450005, China;

2. Heat Treatment and Surface Treatment Plant of Zheng Fei Company of Aviation Industry, Zhengzhou 450005, China)

Abstract: Before the final spraying of the product, polishing the original paint layer is an essential process, and the quality of polishing has an impact on the appearance quality and paint film performance of subsequent coatings. This article provides examples of common typical problems in polishing, such as incorrect sequence of polishing and cleaning, excessive time interval between polishing and spraying, improper selection of polishing sandpaper, cleaning methods for paint chips on the substrate plating layer caused by polishing damage, and insufficient polishing. The impact of these problems is introduced, and measures for process refinement and regulatory management are proposed to ensure the quality of paint layer polishing is controllable, laying a foundation for subsequent painting.

Key words: paint film; polishing; problem; supervision; quality

0 引言

在对多层涂层系统的实际涂装施工中, 大多需要分阶段施工, 即底漆、面漆分阶段喷涂。一般是零件进行阳极化、磷化、电镀等表面处理后, 需要在 24 h 内喷涂底漆, 以保证底漆与零件的结合力^[1]。喷涂底漆后的各类零件陆续进入装配车间进行产品的装配, 待产品装配完工后再整体喷涂面漆。在零件经喷涂底漆后进行装配到整个产品喷涂面漆, 这一时间间隔长短不一, 有时长达数月或更长时间。因此, 在喷涂面漆前, 需要

对原有漆膜进行清洗、打磨, 以保证漆层间的结合力。打磨作为喷涂前必不可少的准备工序, 其打磨质量的好坏对后续漆膜的外观和性能都有影响。

1 打磨简介

GB/T 5206—2015《色漆和清漆术语和定义》中 2.222 给出了打磨的定义: “使底材变平整和/或变粗糙的打磨过程”。在对原有漆层打磨时, 常使用尼龙毛毡或砂纸, 进行手工打磨或设备打磨。对于外形复杂的零件, 采用手工打磨的方式居多。不论哪种打磨, 其目的都是为了增加后续涂层的结合力。打磨主要能起到以下两个方面的作用。

1.1 减少分子间距离

漆膜分子间在范德华力的作用下产生相互吸引与

收稿日期: 2024-01-10

作者简介: 尹中秋(1981—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事质量管理体系管理及质量监督工作。E-mail: xysw2019@sina.com。

相互排斥。按照兰纳德-琼斯势能方程:

$$E = E_{\text{吸引}} + E_{\text{排斥}} = -\frac{A}{r^6} + \frac{B}{r^{12}} \quad (1)$$

其中: E 为两分子间总的相互作用势能; A 、 B 分别为吸引和排斥常数; r 为两分子间的距离。

由上述的势能方程可以看出, 缩小两分子间的距离 r 可以增强 $E_{\text{吸引}}$ 。在涂层打磨过程中, 去除了原漆膜表面如油、灰尘等附着物, 减少了后续喷涂的漆膜分子与原底漆分子间距离, 使漆膜间的结合力增强。

1.2 粗化底漆表面

通过打磨使原漆膜表面粗化, 增大了表面积, 使原有漆膜的表面张力变大, 更利于后续喷漆时涂料的润湿。同时, 表面因打磨形成微观下凹凸不平的表面, 更有利于涂料的渗入, 形成“抛锚效应”, 使结合力增强^[2]。

2 打磨常见问题

2.1 打磨与清洗的顺序错误

很多企业认为对原有漆层进行清洗、打磨是喷涂的辅助工序, 在工艺规程中不够重视, 并没有对清洗、打磨进行进一步的要求。造成生产实践中, 很多操作者认为清洗和打磨之间无先后顺序, 还有的认为打磨后还要清理漆屑, 将清洗放在打磨工序之后。这种做法存在极大的风险, 一般都采用 180# 航空汽油对原有漆层进行清洗, 将漆层表面的油污等通过汽油的挥发而去除, 若先打磨后用汽油清洗, 一方面, 制件表面原有的油污可能是油或脂。脂是固体, 有较小但确定的屈服点^[3], 黏附在漆层表面会形成一层塑性膜, 在对漆层打磨过程中, 可经打磨去除。但油是液体, 在打磨过程中, 油会完全从接触点挤出, 存在向打磨后的漆层渗入的可能, 后期通过清洗等手段不能彻底清除。另一方面, 汽油是一种石油产品, 除绝大部分是挥发成分外, 含有 1% 左右的残留物, 残留物主要是不能挥发的重油、焦油, 很难从涂层表面擦洗干净^[4]。漆层内有油污、重油等物质, 都会影响漆层间的结合力, 漆膜在按 GJB 150.9A《军用装备实验室环境试验方法 第 9 部分: 湿热试验》进行环境试验时, 这些部位的漆膜层间附着力差, 会造成水分子积聚, 形成渗透压, 使水分子渗入的数量和速度加快, 漆膜的附着力更多地被破坏, 造成起泡现象^[5]。因此, 在对已有漆膜喷涂面漆前, 应严格遵循以下顺序: 清洗→打磨→清理漆屑→喷涂面漆。

2.2 打磨后不及时喷涂

很多企业的生产组织并不均衡, 常常是月初闲、月底忙, 喷漆作为产品的最终工序, 往往在月底来喷漆的产品比较集中, 造成喷漆厂房拥挤, 场地受限。而作为喷漆的整个工序来说, 喷涂的时间并不长, 较多的人工

时间是在清洗、打磨和对不喷涂部位的防护上。而前期喷涂的产品还需在漆膜干燥后喷涂标识, 对缺陷部位进行修补等, 喷漆厂房的场地因拥挤而导致后续产品一时不能进入喷漆厂房。有的管理者就成了突击队, 组织人员对这些产品先进行清洗、打磨和防护, 待喷漆厂房腾出空间后, 可立即进行产品的喷涂。这种做法是交叉作业, 有利于生产进度的提升, 但有时往往忽略打磨与喷涂的时间间隔。如某产品各零件原喷涂 H06-2 锌黄环氧树脂底漆, 组装成成品后, 需喷涂 13-2 白色聚氨酯磁漆。在对原有 H06-2 漆层打磨后放置 3 d 才进行 13-2 面漆喷涂, 待漆层干燥后, 按 HB 6733—1993《飞机零部件和整机涂装工艺质量控制》中的干胶带试验法进行漆层结合力检查, 即用宽 25 mm 的 3M 胶带贴在漆层表面, 用手指压紧胶带后, 垂直于漆层表面快速揭下胶带, 发现存在局部漆层脱落的现象, 如图 1 所示。



图 1 干胶带试验后漆层脱落

经打磨后的漆膜表面粗化, 表面积增加, 其漆膜表面张力和吉布斯函数增大。吉布斯函数降低的过程, 是自发自程^[6]。该产品打磨后放置了 3 d, 其间打磨好的漆膜表面会自发地从周边吸引气体分子、粉尘微粒等到表面, 以降低漆膜表面张力及表面吉布斯函数, 造成打磨好的漆膜表面存在粉尘等污染, 形成低表面张力区, 而洁净漆膜的表面张力很高^[7]。直接喷涂面漆后, 喷涂后的漆膜会由低表面张力处自动向高表面张力处铺展, 最终达到整个表面的表面张力一致。因粉尘污染表面能低的表面, 其表面的润湿张力太小, 与后续喷涂的涂膜在其表面难以自发展布, 这种表面张力严重不匹配的现象, 影响漆膜层间的结合力, 导致干胶带试验后漆层脱落。打磨和涂装的时间间隔应控制在 24 h 内, 若超过该时间的限制, 应重新对漆层进行清洗、打磨^[8]。而这项要求, 在实际生产中常被忽视, 在产品集中喷漆时, 会导致质量问题的发生。

2.3 打磨砂纸过粗

一般涂料都按 GB/T 1771—2008《漆膜、腻子膜打磨性测定法》进行打磨性测定。因而漆膜都具有一定的打磨性, 即经过砂纸打磨后, 较容易形成平滑无光的表

面。一般要求对原有漆层均匀打磨,以便打磨形成的边缘交接平缓过渡,不能形成台阶状^[9]。在对打磨所用砂纸选择上,砂纸的型号和其目数有关,型号越大,表示在每平方英寸面积上的磨粒数量越多,自然磨料越细,打磨后产生的表面平滑。一般对打磨所用砂纸要求在320目左右,用力均匀打磨3~6个来回^[10],就可将原漆层打毛,又可防止将漆膜打磨得过于粗糙。在实际工作中,有的操作者图快,用目数较小的砂纸对漆膜进行打磨,喷涂后漆膜外观存在明显的砂纸打磨痕迹,造成漆层外观质量不佳。

2.4 打磨损伤

有的操作者错误地认为底漆打磨后还需喷漆,即使将基体的原有镀覆层损伤也无所谓,造成对产品基体打磨过重。尤其是采用气动设备对产品进行打磨时,因操作者操作不当而出现打磨过重的情况更为常见。如图2所示,在对底漆打磨时,损伤了基体的铝合金氧化膜层。

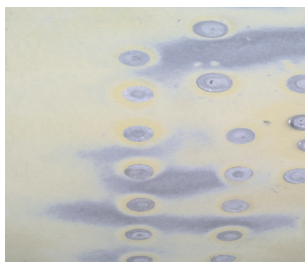


图2 打磨损伤基体镀覆层

漆层虽然能够通过隔离大气让制件具有优良的抗腐蚀性,但漆膜属于半透膜^[11],存在一定的孔隙,水分子能够透过漆膜到达制件基体表面,原有的镀覆层的损伤,会因水分子的存在导致基体抗腐蚀性差。随着使用时间的延长,基体会生锈,锈蚀物的体积大会产生应力将漆层从内顶开,进而加速制件的腐蚀。因此,基体镀覆层的损坏,会降低整个产品由“镀覆层+漆层”构成的防腐系统的能力,不能达到预期的使用寿命。

2.5 漆屑的清理

对打磨产生的漆屑必须进行清理,否则不仅会因漆屑的存在使后续喷涂的漆膜表面形成颗粒,影响外观质量,还会影响面漆和底漆二者之间漆膜的结合力。对于产品存在封闭结构的情况,打磨产生的漆屑容易进入产品内部^[12],形成多余物。在对打磨后产生漆屑的清理方面,HB 6733—1993《飞机零部件和整机涂漆工艺质量控制》中2.6.2.1规定:“漆层表面经打磨后,用黏性抹布轻轻地沾去粉尘,不允许用力反复擦拭”,HB/Z 5005—2004《铝合金零、部件涂漆工艺》6.4.1规定:“用黏性抹布擦去磨屑,并用细白布蘸底漆稀释剂

或二甲苯擦拭打磨表面”。从这两个标准可以看出,对磨屑的清理,不能采取用力反复擦拭的方法,这样会导致细微的磨屑渗入打磨好的漆层表面。同时,也不能用汽油擦拭,以避免重油残留的影响。底漆稀释剂或二甲苯纯度高,可作为清洗磨屑的溶剂。

2.6 耐热漆打磨

耐热漆也常称之为高温漆,常采用有机硅树脂。这是因为硅原子和氧原子形成 $d-p\pi$ 键,使Si—O键的键能比普通有机高聚物中的C—C键能大,热稳定性好^[13]。其漆层表面形成高度交联的稳定的Si—O—Si键,在受热时既能防止主链的断裂降解,又可保护漆膜内部不受高温的影响。但是,漆层表面的Si—O—Si结构对称且不含双键,因极性相互抵消,致使整个分子呈现非极性的特点,导致漆膜后表面具有低的自由能^[14]。因此,在对已经干燥后的耐热漆膜进行打磨时,必须对原有漆层进行全覆盖的打磨,以此来增加漆膜的润湿能力,使后续喷涂的漆膜能在底漆表面铺展。若存在对原有耐热漆层打磨不充分的现象,在没有打磨的漆层上喷涂面漆,会因底漆的表面张力小而使二者间附着差,在使用中会出现面漆脱落的现象。

3 控制措施

3.1 工艺细化

在涂漆工艺规程中将打磨的步骤、要求进行细化分解,明确打磨的砂纸、方式和后续对磨屑清理的方法等。尤其对于密闭的零件,其磨屑进入较难清理,可采用打磨后协调装配车间对产品局部分解后,再用吸尘器将漆屑吸除。

边缘棱角部位要采用手工打磨,对产品中间部位的平面可采用打磨机打磨,使用打磨机时,应将打磨机放在漆面上再启动,不得将运转的打磨机直接放在漆面上进行打磨,以防止打磨印痕和磨穿现象。控制对漆层的打磨深度,打磨前与打磨后的漆层厚度一般相差 $10\ \mu\text{m}$ 左右^[15],既要起到粗化原有漆面的效果,又要防止打磨过程中损伤产品原有的镀覆层。

3.2 监督管理

3.2.1 控制砂纸

为防止砂纸的错误使用,应明确禁止向涂装工段发放小于320目以下的砂纸。若喷漆是单独成立的车间,可不采购低于规定要求目数的砂纸。这样,从管理上杜绝了打磨时使用错误砂纸的现象。

3.2.2 过程监督

检验人员对打磨后质量进行检查,要求对原有漆层打磨充分性、无遗漏,尤其对于耐热型的漆,在打磨后必须仔细检查,确保对原有底漆打磨充分。同时,要检查打磨后不能损伤基体的镀覆层。检验人员应对打

磨过程进行监督,打磨完成后表面不能受到污染,并且打磨后应在 24 h 内进行喷涂,否则要求重新进行清洗、打磨处理。

3.3 异常问题处理

对于在现场出现打磨漆层而造成基体镀覆层损伤的情况,根据不同镀层采取相应的补救措施。对于铝合金阳极氧化膜层的损伤,可采用先化学氧化并喷涂底漆的方式修补。对于钢铁制件镀层的损伤,可采用刷镀后喷底漆的方式。总之,出现基体镀覆层损伤的情况,操作者不能直接进行面漆的喷涂,而是由技术人员制定相应的返修方案。

4 结语

在涂装行业内有“三分油漆,七分施工”的说法,可见涂装质量的好坏决定了漆膜的质量,进而影响被涂制件的功能。而对原有漆层的打磨是面漆涂装前处理中的重要一环。打磨的充分性、正确性以及与前后工序的协调性,都对漆层的外观和功能有重要的影响。在涂装过程中,要引起涂装管理人员和操作人员对打磨工序的重视,明确具体的操作步骤,细化操作要求,并不断总结完善,为高质量的涂装奠定基础。

参考文献:

- [1] HB/Z 102—2000 机载设备“三防”涂层涂漆工艺[S].
[2] 官仕龙.涂料化学与工艺学[M].北京:化学工业出版社,2019:227.

- [3] 李强,雒建斌.接触力学与摩擦学的原理及应用[M].北京:清华大学出版社,2011:168.
[4] 何鼎,雷骏志,华信浩,等.航空涂料与涂装技术[M].北京:化学工业出版社,2000:259
[5] 毛喆,黄红武,胡剑锋.漆层湿热试验中起泡原因分析及控制措施[J].材料保护,2017,50(9):99-102.
[6] 天津大学物理化学教研室.物理化学[M].北京:高等教育出版社,2008:164
[7] 郑顺兴.涂料与涂装原理[M].北京:化学工业出版社,2013:100.
[8] GJB 4439—2002 军用飞机喷漆通用要求[S].
[9] 潘继民.涂装技术 1000 问[M].北京:机械工业出版社,2013:111.
[10] 陈治良.现代涂装手册[M].北京:化学工业出版社,2009:581.
[11] 毛喆,尹中秋,胡剑锋,等.漆膜颗粒的产生原因及控制措施[J].电镀与精饰,2022,41(1):35-39.
[12] 毛喆,胡剑锋,黄红武.涂装过程多余物的类型及控制[J].现代涂料与涂装,2019,22(6):19-21.
[13] 鲁钢,徐翠香,宋艳.涂料化学与涂装技术[M].北京:化学工业出版社,2019:117.
[14] 彭行东,毛喆,黄红武.H61-83 和 H61-1“湿碰湿”涂装工艺研究[J].现代涂料与涂装,2018,21(5):25-27.
[15] 冯立明,管勇.涂装工艺学[M].北京:化学工业出版社,2017:273. ◆

(上接第 24 页)和品控使用比较普遍的都是 6 号转子(锥体),转速 750 r/min,剪切速率为 2 500 s⁻¹,量程在 0~10 Pa·s。如果需要测试个别超出 10 Pa·s 的树脂黏度,可以采取升高检测温度或者降低转速(降低转速可以增大满量程)来实现,同样如果需要测试 1 Pa·s 以下的树脂黏度,可以降低检测温度(如 175 ℃)来实现。

2.4.3 时间依赖性

在剪切作用下,聚酯树脂的黏度是渐变的,而不是突变的,GB/T 9751.1—2008 7.3 条款有关数据的稳定时间是这样描述的:“启动转子,当数据显示稳定时,记录读数。如果读数在 15 s 后仍没有稳定,则记录 15 s 时的读数”。

2.5 环境的影响因素

黏度计应放置在温度、湿度可以调节的房间内,控制环境温度在 10~30 ℃,相对湿度在 20%~70% 范围内。仪器要尽可能地保持水平摆放,并且要远离振动源、风口等其他对检测过程有干扰的风险因素。

3 结语

粉末涂料用聚酯树脂的熔体黏度检测结果受人、机、料、法、环等多个因素的影响,针对不同实验室的检测数据之间存在的差异,判断检测数据是否准确有效,应该至少从这 5 个方面去分析和查找原因。

参考文献:

- [1] 史铁钧,吴德峰.高分子流变学基础[M].北京:化学工业出版社,2011.
[2] 何曼君,张红东,陈维孝,等.高分子物理[M].3 版.上海:复旦大学出版社,2015. ◆

