

商用车金属保险杠漆膜脱落失效分析与建议

冯力伟

(北京福田戴姆勒汽车有限公司, 北京 101400)

摘要: 主要介绍了某商用车生产公司接市场客户反馈车身外饰件金属保险杠在使用过程中出现漆膜脱落问题的分析与处理过程。针对市场反馈故障件,通过对客户工作现场确认,同时进行宏观、微观失效分析以及材质成分分析,明确了故障原因并提出改进建议,为产品制造质量提供了有利保障,并为后续工艺的升级改善提供借鉴。

关键词: 商用车; 漆膜脱落; 故障件

中图分类号:TQ639 文献标志码:B 文章编号:1007-9548(2024)02-0040-04

Analysis and Rectification Suggestions for the Problem of Paint Film Peeling of Metal Bumpers for Commercial Vehicles

FENG Li-wei

(Beijing Foton Daimler Automotive Co., Ltd., Beijing 101400, China)

Abstract: This article introduces the analysis and treatment process of a commercial vehicle company receiving feedback from market customers that the paint film peels off the metal bumper of the exterior trim of the body during use. In response to the market feedback of faulty parts, through the confirmation of the customer's work site, at the same time, macro and micro failure analysis and material composition analysis were carried out. The cause of the fault was clarified and suggestions for improvement were put forward. It provides a favorable guarantee for the manufacturing quality of the product and provides reference for the upgrading and improvement of the subsequent process.

Key words: commercial vehicles; paint film peeling; faulty parts

0 引言

随着中国汽车工业的快速发展,客户需求不断提升,产品定制化需求日益增加,无论是轿车还是商用车在车身整体造型和外观设计得到空前的发展,车身外观漆膜的质量及感知也越来越被客户关注。产品漆膜性能的可靠性,决定着车身外观的品质和用户的体验与满意程度,影响着车企的品牌荣誉与形象。

众所周知,车身漆膜主要有两个作用,一是可以使整车具有良好的耐腐蚀性能,保护内部的板材免受水汽、油污以及大气中酸碱成分等物质的侵蚀,延长整车寿命;二是可以使整车具备优异的外观装饰性,提升客

户的购买意愿。漆膜质量直接影响着客户的感知与直观评价,因此,车身漆膜质量被各大主机厂列为重点检查项目。本文通过对市场反馈漆膜脱落问题进行失效分析,并根据解析提出改进建议与整改措施。

1 背景介绍

某商用车车企在2021年度上半年斩获某物流公司定制的百台轿运车订单,并于当年7月交付客户使用。客户在使用过程中,其中一些车辆车身金属保险杠漆膜发生不同程度的脱落问题,引发客户强烈抱怨。市场服务部得到信息后,积极作出回应^[1]。为了尽快解决客户抱怨,减少对客户的影响,公司立即安排工作组赶赴车辆使用现场进行分析确认。工厂一方面立即生产新产品为客户进行更换,第一时间解决客户抱怨,减少对客户运营的影响。同时,工作组取回故障件,并开展专项分析整改,为后续避免类似问题再次发生提供改

收稿日期:2023-03-09

作者简介:冯力伟(1989—),男,硕士,工程师,主要从事整车防腐与质量管理工作。E-mail:1318206093@qq.com。

进借鉴。

2 失效分析

2.1 试验策划

本次失效分析将通过采用宏观微观分析、新老产品对比,识别出差异点,最终锁定漆膜脱落原因。主要试验内容如下:使用光学显微镜进行宏观分析,初步确认故障模式;然后通过扫描电镜进行微观分析,确认层间分离具体部位;再者,通过 X 射线能谱仪、傅里叶显微红外光谱仪、气相-质谱联用仪等对分离部位分析,识别元素差异,确认涂料、外界腐蚀物等影响因素;最后,通过耐水试验等进行失效验证,并对故障产品生产作业环境进行确认,最终锁定原因。

2.2 试验样品准备

根据本试验策划安排,为快速找到故障原因,选用对比分析,找到差异点。因此,对市场返回失效件漆膜表面进行初步观察,选取漆面异常的部位,截取试验样品(编码 S211119036-01A);同时选择新生产产品截取同样部位,并制成试验样品(编码 S211119036-03)。

2.3 体视观察

利用体视显微镜对样品 S211119036-01A 鼓泡部位进行观察,较大鼓泡表面观察到蓝色漆膜存在自然破损,而非使用过程中发生干涉、磕碰^[2],可轻易揭开使之与样品分离,漆膜附着力差,可初步判定问题发生在面漆与电泳漆之间。将样品 S211119036-03 蓝色漆膜表面剥离,利用固化胶使其与样品分离,观察到漆膜内表面粘接大量黄色底漆,其附着力较高,如图 1 所示,可初步判定底漆与基体之间附着力较好^[3]。

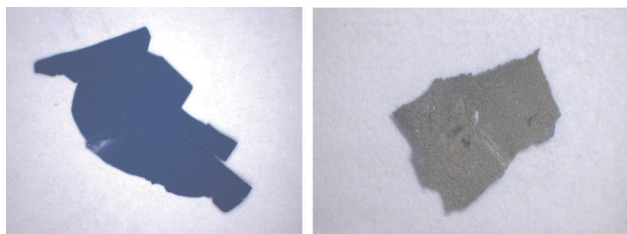


图 1 样品体视显微镜图片

2.4 切片分析

利用金相显微镜对样品 S211119036-01A 鼓泡纵切面进行观察,膜层结构分为蓝色面漆、黄色底漆、白色过渡层和金属基材。鼓泡处位于底漆和面漆之间,由界面处分离;局部可观察到蓝色漆膜切面中部凸起,涂层疑似发生溶胀;蓝色面漆和黄色底漆之间的微裂纹在金相显微镜下反光,发亮处无异常物质;两层之间局部区域观察到微小颗粒,但不与任何一层漆膜相连,为灌胶过程或磨样过程引入的外来杂质,如图 2 所示。对

比观察新喷涂合格样品 S211119036-03 纵切面,蓝色漆膜和黄色漆膜界面处无明显缝隙,粘接良好。

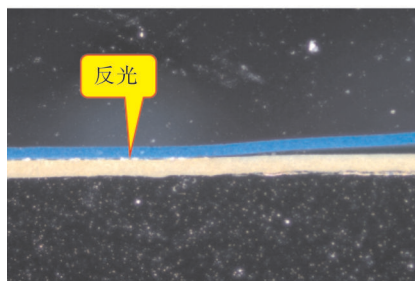


图 2 样品 S211119036-01A 鼓泡处切片金相显微镜图片

利用扫描电子显微镜以及 X 射线能谱仪对样品 S211119036-01A 涂层之间颗粒元素及含量进行分析,主要元素为 Fe 和 Cu。对样品 S211119036-01A 鼓泡处元素及含量进行分析,区域 1 为黄色底漆,主要元素为 C 和 O, Al、Si、Ti, 来源于黄色底漆中的无机填料,区域 2 和 3 均为蓝色面漆,可看到区域 2 溶胀位置含氧量(25.9%)相比于区域 3 未溶胀区域(18.1%)较高,区域 4 为金属基材 Fe,如图 3 所示。新喷涂正常样品 S211119036-03 蓝色漆膜区域 1 含氧量为 19.7%,与脱落样件未溶胀区域 3 含氧量近似。

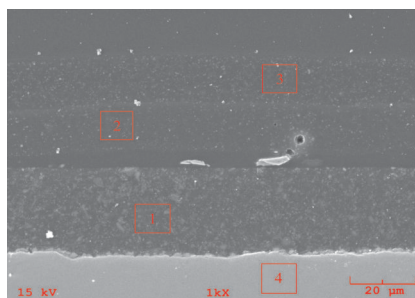


图 3 样品 S211119036-01A 鼓泡处切片

同样,利用扫描电子显微镜对样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 膜层厚度进行测量,失效样件蓝色漆膜厚度平均值为 28.9 μm ,而新喷涂样件蓝色漆膜厚度平均值为 18.9 μm ,存在一定差异,但对附着力无影响。

2.5 形貌分析

利用扫描电子显微镜对样品 S211119036-01A 鼓泡位置蓝色面漆表面形貌进行观察,蓝色面漆内表面(即与黄色底漆接触面)表现较为粗糙,存在大量孔洞以及微裂纹,如图 4 所示。对比蓝色面漆外表面,其平整度较高,无明显破损形貌。孔隙的存在会使漆膜容易吸收水分,影响漆膜的附着力和耐水性。

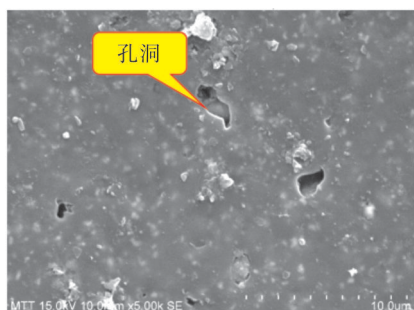


图4 样品 S211119036-01A 鼓泡处内表面 SEM 照片

2.6 材质分析

2.6.1 傅里叶变换红外分析(FTIR 分析)

利用傅里叶显微红外光谱仪对样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 蓝色面漆主成分进行分析, FTIR 谱图显示均为聚苯乙烯改性丙烯酸聚氨酯, 其中 1725 cm^{-1} 和 1690 cm^{-1} 分别归属于丙烯酸酯和氨基甲酸酯中 $\text{C}=\text{O}$ 伸缩振动; 1239 cm^{-1} 和 1164 cm^{-1} 为丙烯酸酯中 $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 对称与反对称伸缩振动; 聚苯乙烯特征吸收峰为 3082 cm^{-1} 、 3060 cm^{-1} 、 1030 cm^{-1} 、 845 cm^{-1} 。两者面漆 FTIR 谱图匹配相似度为 98.06%, 主成分无明显差异。

对样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 黄色底漆主成分进行分析, FTIR 谱图显示均为环氧树脂, 其中 1606 cm^{-1} 、 1512 cm^{-1} 、 1230 cm^{-1} 、 1183 cm^{-1} 、 829 cm^{-1} 为环氧树脂特征吸收峰; 1079 cm^{-1} 以及 $800\sim 600\text{ cm}^{-1}$ 宽强谱带归属于环氧涂料中高岭土和二氧化钛特征吸收峰。两者黄色底漆 FTIR 谱图匹配相似度为 99.44%, 主成分无明显差异。

2.6.2 气相色谱分析(GCMS 分析)

利用气相-质谱联用仪 (GCMS) 分别对样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 蓝色面漆、样品 S211119036-01A 和 S211119036-04 黄色底漆中的有机助剂进行分析, 分别取等量样品于玻璃瓶中, 加入四氢呋喃溶液, 在超声波振荡萃取 60 min 后过滤, 通过 GCMS 测其成分。从谱峰对比分析结果可以看到, 样品 S211119036-01A 蓝色面漆中丙二醇甲醚醋酸酯 (RT: 4.00 min, 匹配度 94%)、乙二醇丁醚醋酸酯 (RT: 6.00 min, 匹配度 95%) 和四甲基苯 (RT: 6.30 min) 含量高于样品 S211119036-03, 其余有机助剂成分及含量无明显差异。

2.6.3 热裂解分析(Py-GCMS 分析)

利用热裂解气相-质谱联用仪 (Py-GCMS) 分别对样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 蓝色面漆进行分析, 严格制取等量样品直接进样, 在设置环境中加热使其裂解为可挥发的小分子, 进行定向和定量的分

析。通过气相色谱质谱联用仪检测并分析聚合物成分。从谱峰对比分析结果可以看到, 两者成分无明显区别。通过以上试验, 对比失效样品和正常样品对应位置材质成分差异, 分析并排查本体材料是否一致, 进一步确认是否存在外来物质污染和影响等。

2.6.4 TGA 分析

利用热失重分析仪对样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 蓝色面漆进行热失重分析。从蓝色面漆谱图上看, 样品 S211119036-01A 最初的失重 (0.81%) 为聚合物体系中含水量以及小分子含量, 样品 S211119036-03 无明显最初失重台阶, 脱落样品蓝色面漆含水量及小分子含量高于正常样品。两者主失重台阶均为丙烯酸聚氨酯主体树脂分解, 前者起始分解温度为 $275.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 后者起始分解温度为 $274.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 无明显区别, 表明两者热稳定性相近。

2.7 表面接触角分析

通过验证, 两种漆膜以及两者界面处均未检测到外来杂质腐蚀和异常元素, 结合以上分析结果, 以接触角表征界面处亲水性差异。利用水滴角测试仪对样品 S211119036-01A 和 S211119036-04 蓝色面漆与黄色底漆界面处进行表面湿度分析。通过液体-固体-气体接合点中水珠曲线的终点和固体表面的接触点测定出相界面夹角, 以此表征平坦固体表面湿度, 样品 S211119036-01A 表面接触角平均值为 49.25° , 表明其亲水性更强; 样品 S211119036-03 表面接触角平均值为 88.67° , 表明其疏水性更强。

2.8 耐水性验证

分别截取样品 S211119036-01A 和 S211119036-03 两块, 放入盛有去离子水的干净烧杯中, 以锡纸封口并转移至预先调至温度为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中, 试验 15 h, 观察漆膜对高湿热环境抵抗能力。样品 S211119036-01A 蓝色面漆试验后出现大量不同程度的鼓泡; 样品 S211119036-03 试验前后漆膜表面无明显差异。

2.9 综合分析

通过切片分析可知, 溶胀区域较正常区域含氧量相对较高; 形貌分析结果表明, 蓝色漆膜鼓泡处内表面存在大量孔洞, 严重影响面漆附着力和耐水性; 材质分析结果显示, 脱落样件和新喷涂正常样件蓝色面漆和黄色底漆主成分无明显差异; TGA 结果显示两者热稳定性无明显差异, 但脱落样件蓝色面漆含水量略高于正常样件; 从底漆的表面接触角结果可知, 两者相差近 40° , 脱落的底漆含水量明显高于未脱落的底漆, 底漆含水量较高, 导致蓝色面漆吸收里面的水分, 在表面形成大量孔洞, 从而降低漆膜附着力使其起泡并脱落, 与耐水性验证结果一致。

3 生产现场确认

该车身外饰件金属保险杠采用底漆(电泳)+面漆(素色漆)涂装工艺,具体工艺如下:对金属保险杠毛坯件进行检查→上挂→预脱脂→脱脂→水洗1→水洗2→纯水洗→新鲜纯水洗→吹水→水分烘干→强冷→检查→室外贮存→面漆线上线→电泳漆膜打磨、擦净→检查→喷色漆→流平→烘干→强冷→检查→下挂→精修、点补。

众所周知,前处理是涂装作业的基础,是必不可少的重要工序,前处理的质量决定着漆膜性能的好坏^[4]。通过对生产作业工艺流程确认,金属保险杠整个电泳过程未发现异常,电泳完毕后下线到室外贮存再转运至喷涂线,但转运贮存过程无防护,室外贮存过程中电泳漆膜表面污染风险较大,雨雪天气表面易存留雨水等物质,不但给后续色漆喷涂前擦净带来较大的工作量,而且对喷涂的面漆质量也带来较大风险。同时在喷涂线对电泳漆膜打磨擦净工序进行确认,电泳漆膜表面清洁不到位,擦净之后存在残留物。

对故障件生产日期及当时生产天气情况确认,该批产品生产期间发生降雨,因此,可以确认该批次金属保险杠底漆(电泳漆)表面存留雨水。

4 结语

金属保险杠漆膜脱落的原因是产品电泳完毕后室

外贮存未有效防护,表面存留雨水,且在喷涂线擦拭时处理不到位,造成底漆表面残留较多的水分,导致底漆与面漆间未形成紧密牢固连续的涂层,分子间的凝聚力下降^[5],致使漆膜附着力差,结合面处发生溶胀,最终导致漆膜脱落。

建议:1)针对涂装过程所生产的电泳小件及外饰底材件,在其喷涂前对贮存转运以及防护等工艺流程进行优化,增加防护设施,避免水汽等附着在底漆表面;2)针对涂装所生产电泳小件及外饰底材件,对其色漆喷涂前擦净工艺进行优化,增加酒精擦拭。

参考文献:

- [1] 阿火.车身上的“牛皮癣”吉利金刚车身油漆脱落[J].当代汽车,2007(8):64-65
- [2] 苏玉霞,李飞,葛强,等.影响汽车保险杠油漆附着力的因素[J].电镀与涂饰,2020(7):1250-1256.
- [3] 郝志强,冉瑞.一次后门油漆涂膜脱落问题的排查与解决[J].现代涂料与涂装,2022(4):59-61.
- [4] 何凡,袁天元,张潇东,等.汽车塑料件漆面起泡问题分析及解决方案[J].电镀与涂饰,2021(4):781-784
- [5] 李振,李川,赵成林.汽车漆膜脱落问题的分析与解决[J].现代涂料与涂装,2018(3):57-58.

(上接第21页)剂,加入二氧化钛、溶剂等制备的膨胀型防火阻燃涂料具有低水溶性、良好的分散性和优异的热稳定性和无迁移性能。能够在火焰作用下形成稳定的膨胀炭化层,是一种优良的膨胀型阻燃材料。

2)APP-PER-Mel在燃烧过程中发挥着协同阻燃的作用,其中APP受热分解产物磷酸和聚偏磷酸,会造成PER的脱水分解。同时,由Mel热解产生的NH₃,有助于形成均匀致密的炭化层,发挥出良好的阻燃隔绝作用。

3)扫描电镜分析表明,材料炭化层空腔结构形态与阻燃效果的关系密不可分。XRD分析表明,炭化层表面白色物质主要由TiO₂和TiP₂O₇组成。形成的白质通过凝聚相阻燃机理,起到阻燃和隔热作用,从而保护内基体材料。

参考文献:

- [1] 姜英涛.涂料基础[M].北京:化学工业出版社,2004:8-20.
- [2] Bugajny M, Le Bras M. Short communication: new approach to the dynamic properties of an intumescent material [J].Fire and Materials,1999,23:49-61.

- [3] Chuen-shii Chou, Sheau-horng Lin, Chin-i Wang. Preparation and characterization of the intumescent fire retardant coating with a new flame retardant [J]. Advanced Powder Technology, 2009(2):169-176.
- [4] 杨志国.膨胀型防火涂料及防火机理研究综述[J].当代化工,2017(9):1923-1926.
- [5] 陈鹏飞.环氧膨胀型防火涂料生烟特性的分析与研究[D].青岛:青岛科技大学,2015.
- [6] 扈中武,王华进,谷晓昱,等.膨胀型阻燃涂料的研究进展[J].高分子通报,2013(4):179-185.
- [7] 赵潘宇,范金福,刘猛,等.膨胀型防火涂料研制及阻燃机理研究进展[J].涂层与防护,2018(10):44-48.
- [8] 姜定,杨成志,田瑶珠,等.膨胀型阻燃涂料对木材的阻燃性能[J].高分子材料科学与工程,2016(12):49-54.

