

基于 A3 报告解决汽车尾门铰链电泳针孔问题

邹 飞, 周金波, 冯 晶, 陈 卓
(上汽大通汽车有限公司无锡分公司, 江苏 无锡 214107)

摘要: 本文以汽车涂装为背景, 将 A3 报告应用于涂装车间电泳涂装一次性合格率的提高。针对现场调研并结合 5W2H 充分描述了汽车尾门铰链电泳针孔问题, 通过 4M1E 分析确定了尾门铰链镀锌膜过厚(8~13 μm)是该问题的要因, 进一步采取降低尾门铰链零部件镀锌电流密度的方式来控制镀锌层膜厚范围(2~4 μm), 从而基本解决了该质量缺陷, 为汽车尾门铰链电泳针孔问题的解决提供了有效思路。

关键词: 汽车涂装; A3 报告; 电泳针孔; 汽车尾门铰链

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)12-0065-04

Research on the Electrophoretic Pinhole Defect of Tailgate Hinge Based on A3 Report

ZOU Fei, ZHOU Jin-bo, FENG Jing, CHEN Zhuo

(Wuxi Branch, SAIC MAXUS Automobile Co., Ltd., Wuxi 214107, Jiangsu, China)

Abstract: Based on the background of automobile painting, A3 report is applied to the improvement of one-time qualification rate of electrophoretic painting in painting workshop. By the field investigation and the 5W2H-way, this paper fully describes the needle hole problem of the electrophoretic pinhole defect of tailgate hinge. Through 4M1E analysis, it is determined that the thick galvanized film (8~13 μm) of the tailgate hinge is the main cause of this defect. The quality defect is basically solved by controlling the thickness range(2~8 μm) of the galvanizing layer by reducing the galvanizing current density density of the tailgate hinge parts. This article provides an effective way to solve the problem of the electrophoretic pinhole defect of tailgate hinge.

Key words: automobile painting; A3 report; electrophoretic pinhole; tailgate hinge

0 引言

阴极电泳是一种常用的表面处理技术, 广泛应用于涂装工业, 特别是汽车工业。当产品处于阴极电泳环节时, 涂料带正电荷, 带正电荷的涂料会聚集在阴极, 产品作为阴极置于其中。涂料粒子在直流电的作用下发生迁移, 从而在被涂物表面沉积形成涂层^[1]。在实际生产中, 最为常见的缺陷问题是电泳针孔, 呈现状态为电泳涂料层干燥后表面出现许多如同针尖刺过一样的小凹坑, 此缺陷将大大降低整车的防腐能力。

当前, 同行业专家们已对阴极电泳针孔问题进行深入研究。陀家暉等^[2]针对发盖电泳针孔问题进行系统分析, 并通过调整槽液参数及优化车身后部电泳电压解决了此问题; 姚士聪等^[3]分析了某主机厂汽车外板电泳针孔缺陷问题, 得出了热浸镀锌铁合金镀层中铁含量越高越易导致外板电泳针孔缺陷的结论; 朱晨冲^[4]深入研究了阴极电泳线出现的车身裙边电泳膜层针孔问题, 通过调整溶剂参数、优化侧循环压力等措施解决了此问题。

A3 报告是一种由丰田公司创造的问题解决方法, 它通过将问题描述、原因分析、解决措施和实施计划整合于一张 A3 纸上的结构化方式来进行记录和沟通。杨林丽等^[5]将 A3 报告与质量管理体系相结合, 通过解

收稿日期: 2024-04-02

作者简介: 邹飞(1986—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装工艺及质量优化工作。E-mail: zoufei@saicmotor.com。

决质量管理体系运行过程中的共性问题,提高了产品质量、降低了运营成本并提升了工作效率。王轶宁等^④基于 A3 报告优化胸痛中心诊疗服务流程,有效提升 STEMI 患者绕行急诊科直达导管室的比例。因此,本文采用 A3 报告作为技术解决思路,针对电泳涂装过程中汽车尾门铰链电泳针孔问题进行系统性分析与研究,以期通过关键举措的实施降低问题频次,进一步提高产品电泳涂装质量的可靠性。

1 A3 报告概述

A3 报告(A3 Report)是一种由丰田公司创造的问题解决方法,已经被广泛应用于丰田和其他组织中,有助于促进团队沟通、加速问题解决和持续改进。其主要流程包括:1)主题确认,根据实际情况可分为提案型、计划进展型、信息型及问题描述型;2)问题描述,基于 5W2H 概述问题出现的背景与因素;3)目标状态,明确要达到的目标及预期结果;4)原因分析,基于 4M1E 识别根本原因,并确定影响问题发生的因素;5)制定策略,提出针对根本原因的改进方案;6)实施计划,确保所有相关人员理解并按照计划执行;7)跟进,确保改善措施的执行情况,并评估其对问题解决和目标达成的影响。其问题分析步骤及过程见图 1。

图 1 A3 报告模板

2 尾门铰链电泳针孔问题的 A3 报告分析

2.1 确认主题

质量小组统计了 2023 年 10 月至 12 月 B 车型电泳涂装的质量问题数据,可知其中占比最高的是电泳针孔问题,占电泳涂装质量问题的比例为 41.5%;进一步结合图表分析电泳针孔区域,可得 B 车型尾门铰链区域所出现的电泳针孔问题频次占比较大,占全部问题的 98.9%。因此,质量小组决定以“解决汽车尾门铰链电泳针孔问题”作为本次 A3 报告的课题,主题类型为问题解决型。

2.2 问题描述

通过 5W2H 分析法描述 B 车型尾门铰链电泳针孔问题,见表 1。尾门铰链电泳针孔呈现出密集且无规则分布的点状凹坑,用手摸有触感,尺寸范围 0.5~1.5 mm,形状类似于针孔,见图 2。这类质量问题发生后需要在线打磨去除,费时费料且影响整体防腐性能,若返修不到位,还会影响到后道中、面涂的喷涂效果。

表 1 5W2H 分析

问题	说明
Who(谁)	涂装车间电泳打磨班组
What(什么)	B 车型尾门铰链区域出现电泳针孔
When(何时)	B 车型投产以来
Where(何地)	前处理电泳段
Why(为什么)	影响一次性电泳涂装合格率
How(怎么样)	尾门铰链电泳针孔呈现出密集且无规则分布的点状凹坑
How much(程度)	频次占 B 车型电泳质量问题的 41.5%

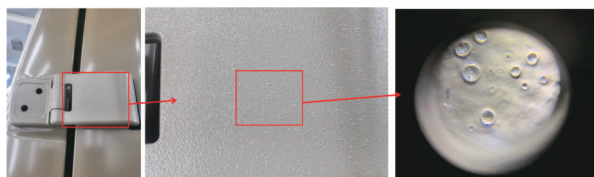


图 2 尾门铰链电泳针孔状态

2.3 目标状态

由 2.1 节可以看出,如果完全解决了 B 车型尾门铰链电泳针孔问题,那么 B 车型电泳涂装质量问题将会减少 41%,其一次性电泳涂装合格率将大幅提升。质量小组通过对标同行业(北汽福田、上汽依维柯、江铃全顺)尾门铰链的质量外观状态,从设备能力、技术难度方面综合考虑,预计能将尾门铰链电泳针孔问题减少 90%以上,故质量小组以此作为改善目标。

2.4 原因分析

对 B 车型尾门铰链电泳针孔问题进行头脑风暴,基于 4M1E(人、机、料、法、环)5 个方面展开系统研究。整理后,分析得出其末端影响因子有 15 个,见表 2。同时,对相应末端因素逐一进行分析讨论,将各项末端因素分类,找出了影响问题的主要原因,其中,通过预擦洗工位检查并打磨 B 车型尾门铰链表面后可有效降低电泳针孔问题频次,质量小组分析得出尾门铰链镀锌层膜厚过厚是影响电泳针孔问题的要因。

2.5 制定对策

质量小组针对要因提出相应对策,并对对策的有效性、可实施性进行研讨,分别采用降低镀锌液锌盐浓

表 2 末端因素分析

可能因素	末端因素	确认内容	确认方法	确认结果	是否要因
人	人员加料操作规范	前处理电泳加料是否按照加料规程操作	工艺纪律抽查	NOK	否
	前处理电泳循环量	排除循环量不足导致电泳气泡缩孔	检查电泳循环泵与循环状态	NOK	否
机	前处理电泳喷嘴状态	分析喷嘴对电泳缺陷处的冲洗能力	检查疏通喷嘴	NOK	否
	铰链导电性	铰链导电性差或者不导电	将铰链车门件与车身用导电夹连接	NOK	否
	电泳电压	电泳电压是否异常高	降低电泳 1 段、2 段电压设定值各 20 伏	NOK	否
	白车身铰链零件	白车身铰链零件本身是否异常	预擦洗检查重打磨铰链验证	OK	是
料	前处理参数	前处理槽液参数是否影响	对脱脂剂及表面活性剂调整验证	NOK	否
	电泳槽液参数	电泳槽液参数是否影响	对电泳固体份及总酸值参数调整验证	NOK	否
	槽液表面张力调节剂	调整表面张力,让气泡更容易破裂	添加表面张力调节剂	NOK	否
法	铰链底材润湿时间	延长槽液对底材的润湿时间	在电泳入槽前用超滤液对铰链进行擦拭	NOK	否
	电泳升压斜率	电泳升压斜率太快	利用泳板装置验证降低电泳升压斜率: 在 1.5 min 内升压至 150 V,然后用 2 min 升压至 280 V	NOK	否
	电泳烘烤温度及时间	电泳烘烤是否烘烤升温过快	用小烘箱验证,20 min 升温至 100 °C,保温 30 min 后升温至 180 °C	NOK	否
	降低电泳膜厚	降低整体膜厚,减轻缩孔状态	将电压由 60 V、260 V、280 V 降低至 60 V、220 V、260 V	NOK	否
环	槽液电导率	降低电解反应的剧烈性	排放部分超滤液,槽液电导率从 1 800 μS/cm 降低至 1 500 μS/cm	NOK	否
	电泳槽送风情况	缺陷区域干湿度受电泳槽影响	关闭送风 2 h 验证	NOK	否

度、降低电镀时间、降低电镀电压、使用辅助剂或控制电流密度等方式来减少尾门铰链零部件镀锌层膜厚,从而有效解决 B 车型尾门铰链电泳针孔问题。

2.6 实施计划

基于镀层光谱分析仪对现有 B 车型尾门铰链镀锌层膜厚的分析,可知现有的镀锌层膜厚为 8~13 μm (符合镀锌层膜厚规定要求),因此,质量小组通过人工打磨的方式来降低镀锌层膜厚,并对膜厚 2~4 μm、4~6 μm、6~8 μm、8~10 μm 及 10~12 μm 的 5 组尾门铰链零部件进行随车电泳测试。通过 20 轮验证可得 2~4 μm 这一组未出现电泳针孔问题,故将尾门铰链零部件镀锌层膜厚标准定为 2~4 μm,那么采取何种措施来批量控制尾门铰链零部件镀锌层膜厚显得十分重要,因此,质量小组与供应商一同做了以下测试:

1) 采取降低电镀时间的方式,该方式缩短产品在镀液中的浸镀时间从而降低锌层的厚度,但电镀时间不足存在漏镀风险,也有可能導致其他工艺时间不足,例如脱脂、清洗、钝化等;

2) 采取降低电镀电压的方式,该方式能够减缓电镀速率并节省原料,但存在产品漏镀、花斑及结晶粗大等缺陷;

3) 采取添加辅助剂的方式,该方式通过添加特定

类型的辅助剂(如抑制剂、增效剂)来影响锌层的生长速率和膜厚,但会增加额外成本;

4) 采取降低镀锌液锌盐浓度的方式,该方式可有效减缓镀层形成并降低锌盐成本,但浓度控制过低则会导致产品漏镀、皱纹及发黑等缺陷;

5) 采取控制电流密度的方式,该方式通过增加或减小电流密度,可以控制锌离子的沉积速率,从而影响锌层的厚度。同时电流密度是总电流与总电镀面积的比值,不用调整锌盐与添加剂保持了槽液的稳定性,不用调整镀件入料滚动方式保持入料均匀性等,降低调整带来的质量风险,减少调整幅度,保证调整工艺实施的稳定性。

通过上述减少镀锌层膜厚的测试与分析,得出批量控制 B 车型尾门铰链零部件镀锌层膜厚最有效的方式是控制镀锌电流密度。

2.7 跟进

2.7.1 检验成效

为比较改善前后的成效,质量小组将通过控制镀锌电流密度而减少镀锌层膜厚的 B 车型尾门铰链零部件,按照产品车的要求进行了小批量工艺验证,采取“1+10+100+.....+n”台次的阶梯式实车测试,总计循环测试 2 000 台,未出现尾门铰链电泳针孔问题导致的

车辆返修情况,可知该问题得到彻底解决。

2.7.2 巩固措施

为防止同样问题再发生,质量小组采取了2项固化措施:1)与SQE、供应商一同明确尾门铰链零部件的镀锌层膜厚标准(控制在2~4 μm);2)对镀锌层减薄后的尾门铰链零部件进行实物封样,并将实测数据进行存档)。

2.7.3 提出尚未解决的问题

基于帕累托法则,质量小组通过分析涂装车间内部现有质量问题与频次,发现电泳花斑和前盖(冷轧板)电泳凹坑占有质量问题的80%以上。这两项缺陷的改善,将作为下一阶段A3报告研究的关键方向。

3 结语

本文基于A3报告深入研究了汽车电泳过程中尾门铰链的电泳针孔问题,找到了尾门铰链镀锌膜过厚(8~13 μm)是该问题的要因,并通过控制镀锌电流密度来减少镀锌层膜厚的措施解决该缺陷问题,不仅提

高了涂装车间一次性电泳涂装合格率,而且节省了针孔问题打磨、修补的返工成本。此外,文中A3报告的案例实施可为其他类似问题的解决提供有效参考。

参考文献:

[1] 张灿生.浅析汽车电泳针孔的解决[J].汽车实用技术,2020(11):177-179.

[2] 陀家晖,郑福斌,苏和.车身发盖电泳漆膜针孔分析及解决措施[J].现代涂料与涂装,2021(9):59-61.

[3] 姚士聪,孙鹏,颜晨曦,等.合金化热镀锌板阴极电泳针孔缺陷原因分析[J].电镀与涂饰,2022(22):1621-1626.

[4] 朱晨冲.车身裙边阴极电泳针孔原因分析及解决措施[J].科技与企业,2015(10):254-255.

[5] 杨林丽,汪小文,倪伟强,等.浅谈A3报告在质量管理体系中的应用[J].汽车实用技术,2020(11):225-227.

[6] 王轶宁,成琼,陈建萍,等.精益A3管理工具在提高STEMI患者绕行急诊科直达导管室的应用与探讨[J].医院管理论坛,2022(8):45-47.



(上接第49页)提供了宝贵经验,也为其他企业在面对类似问题时提供了参考和借鉴。通过持续改进和创新,以及不同方面的创新,企业可以在激烈的市场竞争中保持领先地位,实现长期发展和可持续增长。

参考文献:

[1] 杨彭.设计与技术:产品创新过程中意义研究转向[J].艺术与设计(理论),2023(6):73-77.

[2] 田红娜,毕克新,李海涛.基于技术预见的制造业绿色工艺创新战略制定研究[J].软科学,2012(5):10-14.

[3] 王核成,钟炜.数字化情境下传统制造业企业如何实现商业

模式创新?——基于星星冷链的案例研究[J].信息与管理研究,2024(Z1):65-75.

[4] 刘凯都,王忠畅,于开平.新形势下企业管理的创新路径分析[J].商业观察,2023(8):94-96.

[5] 陈元,宁宁.企业市场营销战略创新分析[J].中外企业家,2015(25):98-99.

[6] 谷宝华,韩昊澄.促进高新技术企业迭代创新的意义及策略[J].经济研究导刊,2022(8):25-27.

[7] 陈劲,曲冠楠,王璐瑶.有意义的创新:源起、内涵辨析与启示[J].科学研究,2019(11):2054-2063.



《现代涂料与涂装》征订启事

《现代涂料与涂装》期刊是由中昊北方涂料工业研究设计院有限公司主办的全国性科技期刊,国内外公开发刊,国际连续出版物号:ISSN 1007-9548,国内统一连续出版物号:CN 62-1135/TQ;本刊是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;《中国学术期刊(光盘版)》《中国期刊网》《万方数字化期刊群》《维普资讯》全文收录期刊;美国《化学文摘》(CA)收录期刊。突出实用性与理论性相结合的报道理念,侧重于企事业单位的研究成果传播,为实际生产遇到的问题提供参考和解决方案。本刊为月刊,每月20日出版,大16开本,彩版印刷,每期定价15.00元。

请根据您的方便,选择以下方式订阅:

- 1.通过当地邮局订阅,国内邮发代号54-65,全年180元。
- 2.直接向本刊编辑部订阅,纸质版全年282元(含快递费),电子版全年120元。

收款单位:中昊北方涂料工业研究设计院有限公司
 开户行:中国建设银行股份有限公司兰州拱星墩支行
 账号:6200 1360 0190 5150 0638



编辑部订阅二维码