

浅谈镀锌板车身电泳针孔的排查和解决

汪金东¹, 许能才¹, 李文鹏², 周磊², 赖云飞², 倪海华¹, 李建国¹, 陈道飞¹

(1.合众新能源汽车股份有限公司,浙江桐乡 314500; 2.零跑科技股份有限公司,浙江金华 321000)

摘要: 漆膜表面出现的细小孔状现象,包括针状小孔及类似皮革毛孔的孔状特征,统称为针孔。该问题严重影响车身的附着效果与外观质量,根据产生阶段不同,可分为电泳过程中形成的底漆针孔和喷涂过程中产生的面漆针孔。本文聚焦镀锌板车身在电泳环节前盖与后尾门出现的针孔问题,现场通过随车挂板验证,精准定位问题工序,并从现场工艺参数、各槽槽液参数、产品质量、设备能力等多维度进行排查与验证,最终成功解决了该问题。

关键词: 镀锌板; 电泳; 针孔; 阳极化

中图分类号: TQ639

文献标志码: A

文章编号: 1007-9548(2025)11-0023-04

A Brief Discussion on the Detection and Resolution of Pinholes in Galvanized Plate Body Electrocoating

WANG Jin-dong¹, XU Neng-cai¹, LI Wen-peng², ZHOU Lei², LAI Yun-fei², NI Hai-hua¹,
LI Jian-guo¹, CHEN Dao-fei¹

(1.Hozon New Energy Automobile Co., Ltd., Tongxiang 314500, Zhejiang, China;

2.Leapmotor Technology Co., Ltd., Jinhua 321000, Zhejiang, China)

Abstract: The fine hole-like phenomena on the surface of the paint film, including needle-like small holes and hole-like features similar to those of leather pores, are collectively referred to as needle holes. This issue seriously affects the adhesion effect and appearance quality of the vehicle body. Depending on the different stages of occurrence, it can be divided into primer needle holes formed during the electrophoretic process and topcoat needle holes generated during the spraying process. This article focuses on the needle hole problems that occur on the front cover and rear tailgate of the galvanized sheet vehicle body during the electrophoretic process. Through on-site verification using the vehicle-mounted bracket, the problem process was accurately located, and the investigation and verification were carried out from multiple dimensions such as on-site process parameters, parameters of each tank solution, product quality, and equipment capacity. Finally, the problem of electrophoretic needle holes was successfully solved.

Key words: galvanized sheet; electrophoresis; pinhole; anodization

0 引言

在社会经济不断发展、人员出行需求日益多样化的当下,出行方式愈发丰富多元,然而汽车凭借其高

效、便捷、灵活等显著优势,始终在出行领域占据着首要地位。自汽车诞生以来,历经漫长的发展历程,它不仅成为人们日常出行不可或缺的伙伴,更为社会经济的运转、人员与物资的流通提供了强大的支撑,极大地提升了人们的生活品质与社会效率。

随着国家对汽车年检政策进行深度调整与优化,6~10年、15年以上汽车的年检规定迎来放宽变更。这一政策的变革,既体现了国家对汽车行业发展的科学

收稿日期: 2024-04-09

作者简介: 汪金东(1981—),男,大专,工程师,主要从事汽车涂装前期规划、后期现场调试、工艺管理及技术支持等工作。E-mail: wangjindong@honzonauto.com。

引导,也对汽车质量水平提出了更为严苛的要求。在汽车使用周期延长的背景下,确保15年以上汽车的安全驾驶成为关键,而电泳车身质量作为汽车整体质量的重要组成部分,其重要性愈发凸显。电泳车身质量直接关系到汽车的防腐性能,优良的防腐性能能够有效延长汽车的使用寿命,降低维修成本,保障车辆在各种复杂环境下的安全稳定运行。因此,如何提升汽车防腐性能,始终是各主机厂不懈探索的课题。

在众多提升车身防腐性能的方法中,采用镀锌板材是各汽车厂最为有效的策略之一。镀锌板材凭借其独特的锌层保护机制,能够有效抵御外界环境的侵蚀,为车身提供可靠的防腐保障。然而,由于镀锌板材与冷轧板材在基材特性上存在显著差异,在电泳过程中,镀锌板材极易出现各种缺陷。其中,受击穿电压大小不同的影响,针孔缺陷成为镀锌板电泳过程中频繁出现的问题。针孔缺陷不仅会破坏电泳涂层的完整性,降低车身的防腐能力,还可能影响汽车的整体美观度,给汽车的质量与安全带来潜在隐患。因此,深入研究并解决镀锌板电泳过程中的针孔缺陷问题具有重要意义。

1 电泳针孔缺陷描述

为增强车身防腐性能,新款新能源车外板全部采用镀锌板。在前期车型调试阶段,电泳车身后盖前端、后尾门外表局部区域出现针孔现象。现场发现转挂工位的电泳湿膜下目视密集针孔,针孔呈现棱角突出且露底,直径0.2~0.5 mm。前盖偶发,连续过车时后尾门全部存在针孔缺陷,车身后有空位或连续生产的最后车身无针孔现象,后尾门为冷轧板材或无后尾门车型生产时正常。

表1为现场电泳工艺流程,由电泳双工位浸槽、UF喷淋工位、UF1浸洗槽、UF2浸洗槽、纯水浸洗槽、纯水喷淋工位组成。

表1 现场电泳工艺流程

工序	处理方式	备注
电泳主槽	全浸通电	双工位槽
UF喷淋工位	喷淋	
UF1浸洗	喷+浸+喷	单工位槽
UF2浸洗	喷+浸+喷	单工位槽
纯水浸洗	喷+浸+喷	单工位槽
纯水喷淋	喷淋	

电泳工位为双工位槽,全浸通电、槽内通电行走,不带电出槽,整体通电时间190 s左右。整流系统采用IGBT模块化供电,通电电压分为低、中、高三段电压,

并可设置电压的软启时间,整个车型根据车身长度分为10个区域,可分区域调整电压大小;另根据车型外形尺寸的不同,可识别不同车型,并针对性地设置通电电压和时间。

2 针孔异常调查

现场排查发现电泳车身针孔主要出现在镀锌板车身后盖前端(少量)和后尾门外表面,表现为大面积聚集形式,连续过车前盖、后尾门相交部位出现针孔,其他车型无此缺陷。经初步确认,车身在电泳槽内成膜过程中形成大量针孔现象,是电泳槽体两台车身后、后同时通电产生阳极化现象所致。缺陷位置需进行人工全打磨处理,将表面磨至平整、无触感状态。为排查针孔根本原因,制定了对各工位槽液、处理效果、底材质量等分段验证方案。

2.1 硅烷槽液参数检测

现场对硅烷槽液日常参数化验分析,排除硅烷成膜不良造成的底材影响,结果见表2。

表2 硅烷槽液参数日常检测结果

项目	管控范围	检测结果
pH	4.0~6.0	4.85
游离氟/ $\times 10^{-6}$	15~80	48.5
电导率/ $(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$	$\leq 3\ 500$	1\ 995
活化点/pt	3.0~7.0	4.67
铜离子/ $\times 10^{-6}$	1.0~3.0	1.72

经排查硅烷槽液日常化验、检测,参数均在工艺管控范围内,通过现场镀锌板随车挂板验证,未发现针孔缺陷。

2.2 电泳槽液参数检测

现场取样电泳槽液进行参数化验分析,排查槽液参数异常产生针孔的影响,结果见表3。

表3 电泳槽液参数日常检测结果

项目	管控范围	检测结果
固体分/%	23 \pm 2	21.9
pH	5.7 \pm 0.3	5.5
电导率/ $(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1})$	1\ 400 \pm 400	1\ 345
颜基比/%	14 \pm 4	17.1
MEQ值	22~28	26.7
溶剂含量/%	0.2~1.0	0.88
泳透力/%	≥ 60	60.1

通过上述检测结果排除了槽液参数影响,同时取样现场电泳槽液离线进行泳板试验,排查电泳电压设

置与漆膜外观的关系,结果见表4。

表4 电泳电压与漆膜外观验证结果

一段电压/V	二段电压/V	三段电压/V	漆膜外观
190	330	340	少量针孔
190	320	330	针孔≤10
190	300	320	无针孔
170	330	340	针孔≤10
170	320	330	无针孔
170	300	320	无针孔
150	330	340	无针孔
150	320	330	无针孔
150	300	320	无针孔

验证结果:当一段电压降低时,漆膜上膜过程减缓,针孔改善明显;当二段电压下降时,针孔改善较小;当三段电压降低时,针孔改善明显,电压基本已达到镀锌板的上限。

试验结果分析:验证结果表明,现场电压设置过高对后尾门针孔缺陷有一定影响,但四门电泳过程中后尾门电压压差更大,结果反而无针孔。

2.3 前处理、电泳分段挂板验证

过程中通过底材、脱脂段、硅烷段、电泳段分段排查验证,利用镀锌板、冷轧板随车悬挂的方式进行验证,并通过分段打磨后尾门针孔区域来排查影响针孔的因素。各工位生产过程分段验证分析结果见表5。

表5 各工位生产过程分段验证分析

验证项目	验证结果
白车身状态	底材目视无异常,打磨白车身后尾门区域,针孔无改善
硅烷车身状态	硅烷膜目视无异常,打磨硅烷车身后尾门区域,针孔无改善
硅烷槽液参数状态	槽液各项参数均满足工艺管控范围,线上挂板无针孔
电泳槽液参数状态	槽液各项参数均满足工艺管控范围,线下泳板无针孔
电泳湿膜状态	泳后纯水浸洗后确认,后尾门外表面目视白色点状小孔
镀锌板随线	镀锌板随线挂板(后尾门区域),有针孔
冷轧板	冷轧板随线挂板(后尾门区域),个别位置针孔

验证结果:镀锌板车身针孔由电泳槽内两台车同时通电,电泳阳极化反应引起。

2.4 针孔的根本原因分析

现场电泳为矩形双工位槽,通电方式为“全浸到

通电,泳后断电出槽”工艺。连续过车时,一工位的车入槽到通电处于低压升中压阶段,二工位的车高压结束断电开始出槽,二工位车后尾门附近阳极受一工位车通电影响,导致后尾门区域局部出现(阳)极化现象,确认为要因之一。

第一工位车身入槽开始全浸通电,第二工位车身仍处于高压(340 V)通电状态,低压190 V,中压330 V,高压340 V。伴随着电压逐步升高,电解反应加剧,漆膜外观变得粗糙,导致大量针孔出现,确认电泳电压参数设定较高为要因之一。

2.5 针孔临时解决措施

新车型全车外板采用的是镀锌板,因镀锌板导电性更好,上膜速率高,击穿电压相对较低;结合涂料厂家材料性能一般镀锌板击穿电压小于330 V(包含压损),而冷轧板的击穿电压小于350 V(包含压损)。现场结合车身漆膜厚度和车身面积大小,冷轧板车身电泳电压设定值为:低压170 V,中压290 V,高压310 V;而镀锌板车身更长、电泳面积更大,电泳电压设定值为:低压190 V,中压330 V,高压340 V。针对针孔现象,现场临时解决措施是下调电泳电压至击穿电压330 V以下,但电泳车身的防腐和膜厚将无法满足工艺要求(≥18 μm)。现场通过参数验证和调整,将一段电压降低至150 V,延长一段电泳上膜时间7~15 s,通过降低车身上膜速率,增加上膜车身表面电阻,减缓高压段反应,并对后尾门、前盖局部区域二段和三段电压各降低20 V,有效解决了针孔问题的发生。

2.6 针孔永久解决措施

现场通过调整和验证,解决针孔缺陷的措施主要确定两点:

1)延长低压段通电时间,降低低压段、后尾门和前盖局部区域电压,通过调整电泳电压和优化各段通电时间的方案,增加低压段上膜车身表面电阻,减缓高压段反应的程度,降低针孔现象出现的概率,但不能彻底解决针孔。

2)通过对现场IGBT模块化整流设备程序进行优化,延长二工位车身通电时间,使车身出槽时仍处于带电状态,减少后尾门局部区域受电场影响造成的针孔,从而彻底解决后尾门区域因局部极化问题引起的针孔现象。

3 常见电泳针孔原因分析与解决

现场电泳针孔受工艺、材料、设备等影响,主要分为两类:一是湿膜针孔,二是干膜针孔。

3.1 湿膜针孔(车身进入烘房前湿膜上目视针孔)

原因1:车身电泳电压过高或升压软启过快,电流冲击大或瞬时冲击激烈,形成大量气泡。

解决方法:降低电压,延长各段的软启动时间。

原因 2:溶剂含量偏低。

解决方法:在槽液中补加溶剂,溶剂含量不能超过产品范围。

原因 3:槽液温度过低。

解决方法:根据涂料厂家不同,将槽液温度控制在中上水平。

原因 4:槽液 pH 低。

解决方法:将 pH 控制在 5.4~6.0,使漆膜厚度满足产品要求。

原因 5:槽液杂质过多导致电导率过高。

解决方法:通过超滤、过滤除去槽液中的杂质离子。

3.2 烘干后针孔

原因 1:固体含量过低。

解决方法:补加原漆以提高固体含量,保持中上水平。

原因 2:溶剂含量过低。

解决方法:提高溶剂含量,但不能超过产品范围。

原因 3:槽液中混入了油或油脂等杂质。

解决方法:使用除油滤袋过滤槽液中的油脂等杂质。

4 结语

在汽车制造领域,随着市场需求的多元化与对车辆品质要求的持续提升,生产线投入镀锌板新车型的调试与试生产成为推动行业发展的重要举措。然而,在实际生产过程中,后尾门出现针孔问题这一状况,犹如一道棘手的难题横亘在生产团队面前。针孔缺陷不仅破坏了电泳漆膜的完整性,更对车身的整体防腐性能构成了严重威胁,若不及时解决,将直接影响新车型的市场竞争力与消费者的使用体验。

面对这一挑战,现场生产团队迅速行动,以严谨的科学态度与专业精神,展开了全面而深入的分析、排查与验证工作。通过细致研究镀锌板与冷轧板不同的性能和特点,我们深刻认识到,由于两者在材质结构、化学稳定性等方面存在显著差异,生产过程中槽液参数、

工艺参数、设备参数的设置绝不能一概而论。

在槽液参数方面,镀锌板对溶液的酸碱度、电导率等指标更为敏感,需要精准调控以确保电泳过程的稳定性;在工艺参数上,电压、时间等关键因素需根据镀锌板的特性进行优化,避免因参数不当引发针孔等缺陷;在设备参数方面,输送速度、温度控制等环节的微小偏差都可能影响最终的涂装质量。

在不断验证与调整的过程中,生产团队秉持精益求精的态度,经过多次的试验与改进,最终成功找到了针孔问题的根本原因,并采取了有效的解决措施。这一成果的实现,不仅确保了不同板材共线生产目标的顺利达成,更从根本上解决了电泳漆膜的缺陷问题。

如今,经过优化后的生产线,车身整体防腐性能得到了大幅提升。这一改变不仅为新车型的市场推广奠定了坚实基础,更为企业在激烈的市场竞争中赢得了优势。未来,我们将继续秉持创新精神,不断探索优化生产工艺,为汽车制造业的高质量发展贡献更多力量。

参考文献:

- [1] 王锡春,吴涛.涂装车间设计手册[M].3版.北京:化学工业出版社,2023:114-115.
- [2] 刘永福,黄超群.浅谈机盖前沿电泳针孔分析与解决[J].现代涂料与涂装,2020,23(1):63-65.
- [3] 李欣闻,王亮,刘锐锋.电泳缩孔缺陷分析及解决方案浅析[J].现代涂料与涂装,2020,23(2):33-35.
- [4] 李舫.阴极电泳漆膜在镀锌板材上出现针孔弊病的探讨[J].现代涂料与涂装,2021,24(7):52-54.
- [5] 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,2021,24(9):59-61.
- [6] 吴为,刘海军,杨超华,等.车身阴极电泳击伤问题浅析[J].现代涂料与涂装,2022,25(2):33-34.
- [7] 刘益阳.阴极电泳涂装中漆膜常见的问题及解决措施[J].现代涂料与涂装,2022,25(1):45-48.
- [8] 张明士.电泳涂装通电方式及过程[J].现代涂料与涂装,2022,25(10):64-66.



欢迎订阅

欢迎投稿

欢迎刊登广告