

轻卡车架电泳涂膜缩孔问题分析与改善

吴 为, 刘海军, 杨超华, 何劲迪
(东风汽车股份有限公司, 湖北 襄阳 441004)

摘要: 结合轻卡车架电泳涂膜缩孔问题, 分析验证其产生原因, 制定相应的对策并进行可行性分析, 最终采用喷嘴对挂钩连接处进行针对性冲洗, 改善效果良好。

关键词: 车架; 缩孔; 喷嘴

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)07-0029-03

Analysis and Improvement of Electrophoretic Coating Shrinkage of Light Truck Frame

WU Wei, LIU Hai-jun, YANG Chao-hua, HE Jin-di
(Dongfeng Automobile Co., Ltd., Xiangyang 441004, Hubei, China)

Abstract: Combined with the problem of electrophoretic coating shrinkage of light truck rack, the causes were analyzed and verified, and corresponding countermeasures were formulated and feasibility analysis was conducted. Finally, the nozzle was used to wash the hook connection, and the improvement effect was good.

Key words: frame; shrinkage; spray nozzle

0 引言

车架属于车下部件, 主要起承受自重、载重、冲击、震动等作用, 其使用条件苛刻, 对防腐性能的要求很高^[1-2]。而车架电泳涂装的涂膜质量好坏会直接影响到车架防腐性能, 进而影响车架的使用寿命, 甚至会影响整车的安全性能。电泳涂膜缺陷主要为颗粒、缩孔、针孔、流痕、花斑等, 一般采用打磨平整后补漆的返工方案。

我公司轻卡车架涂装生产线采用磷化前处理工艺配套“底面合一”的黑色电泳底漆工艺, 在涂装轻卡车架时, 电泳涂膜会有缩孔问题产生, 表面凹凸不平, 有时甚至暴露金属底材, 此问题产生的频率约为 12%, 产生此缺陷的车架同样需要对缺陷位置进行打磨后补漆处理, 返工费时费力, 严重影响生产节拍, 解决此问题刻不容缓。本文分析了车架电泳涂膜缩孔问题产生的原因并给出相应的对策, 随对策实施车架电泳缩孔

不良问题得到较大程度改善。

1 车架电泳缩孔问题的具体表现

我公司轻卡车架在前处理-电泳底漆处理并经烘干后表面出现缩孔问题, 表现为凹坑, 有些存在气泡炸裂状, 有时甚至暴露金属底材。车架前处理电泳线输送方式为双普链输送^[3-4], 线体为连续式涂装线体, 采用 4 个挂钩为组, 钩挂一个车架工件。车架前处理电泳底漆线的工艺流程为: 预脱脂→脱脂→水洗 1→水洗 2→表调→磷化→水洗 3→水洗 4→第一纯水洗→电泳→UF1→UF2→第二纯水洗→电泳烘干, 其中: 脱脂、磷化、水洗 4、电泳 4 个工序的槽体为“船型”槽体, 车架完全浸没在槽液中进行处理, 行进方式为驼峰行进; 其他各工序均为喷淋处理, 采用喷嘴喷射液体对车架表面进行处理, 行进方式为水平行进。车架电泳涂膜缩孔问题的产生位置主要为车架后出电泳烘干炉一侧的下翼面和挂钩孔附近以及车架横梁表面, 此缺陷产生的频率约为 12%(其中挂钩孔附近的缩孔缺陷又占总缩孔缺陷的 80%左右), 现场排查跟踪发现与车架型号无明显关联, 各种车架型号均会出现, 无明显规律。

收稿日期: 2023-10-08

作者简介: 吴为(1994—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事汽车涂装工艺设计及其管理工作。E-mail: gf-wuwei@dfac.com。

2 车架缩孔问题可能的原因分析及试验验证

2.1 车架工件表面油污重

产生缩孔缺陷的主要原因是工件在电泳过程中或电泳后被致缩孔物(油、硅油、灰尘等与电泳涂料不相容的粒子)混入电泳涂膜中或涂膜表面,使得电泳烘干时流展能力不均衡,从而形成缩孔缺陷^[5-6]。车架工件表面油污过重,可能会超出预脱脂、脱脂等工序对油污清洗的能力,从而使得车架电泳涂膜产生缩孔缺陷。

为验证车架表面油污重是否是导致电泳涂膜缩孔问题的根本原因,采用3种方案进行平行验证,试验过程及结果见表1。试验发现:无论采用溶剂擦拭,还是使用400#砂纸打磨工件表面至金属底色,均无明显改善,说明车架表面油污重不是车架电泳涂膜产生缩孔缺陷的根本原因。

表1 针对车架工件油污重的试验验证

| 序号 | 试验过程 | 试验结论 |
|----|-------------------------------------|-------|
| 1 | 上挂前对缺陷部位用溶剂擦拭,溶剂使用无水乙醇(分析纯),试验20台车架 | 无明显改善 |
| 2 | 上挂前对缺陷部位用400#砂纸打磨见金属底色,试验20台车架 | 无明显改善 |
| 3 | 车架进电泳槽前对缺陷部位用400#砂纸打磨见金属底色,试验20台车架 | 无明显改善 |

2.2 脱脂系统参数异常

预脱脂、脱脂的参数异常,如预脱脂和脱脂温度、游离碱度、喷淋压力等参数低于工艺参数范围,均可导致除油效果不佳,从而产生缩孔缺陷。为此,排查现场喷淋压力(工艺范围0.10~0.12 MPa)和槽液循环压力(工艺范围0.05~0.12 MPa),发现压力参数均处于中上线,无明显异常;预脱脂和脱脂槽液温度工艺范围为50~60℃,现场为节能降耗将温度实际控制在52~54℃,虽处于中下限,但仍然在工艺范围内,无明显异常;预脱脂和脱脂游离碱度工艺范围为8~14 pt,现场实际为10 pt左右,无明显异常,继续加料会带来辅料消耗增加并引起后续水洗槽清洗压力增加;预脱脂和脱脂碱比工艺要求 ≤ 2.1 ,现场实际为1.0~1.5,车间按期换槽作业,槽液更新正常,不存在槽液老化导致的清洗效果不佳问题。此外,若脱脂系统参数异常产生,其产生缩孔的位置应不固定,所有部位均可能出现缩孔问题。

综上,脱脂系统参数排查发现无明显异常,且若为此原因,则会导致车架各处均可能出现缩孔,而非固定位置,因此判定脱脂系统参数异常并非车架电泳涂膜产生缩孔缺陷的根本原因。

2.3 车架悬链系统涂油多滴落到车架表面

车架悬链系统在进行设备维修保养时若涂油过

多,在车架进行前处理电泳过程中滴落到车架上,可能产生缩孔缺陷。现场观察发现,悬链涂油部位下方均有接油盘进行收集,接油盘亦无明显开裂破损,悬链滴油基本可以排除。此外,如果由于悬链系统滴油导致缩孔,应主要分布在上翼面、腹面和横梁上表面,与实际分布产生缩孔的位置存在较大差异,因此排除车架悬链系统涂油多滴落到车架表面为车架电泳涂膜产生缩孔缺陷的根本原因。

2.4 电泳槽液污染严重

若电泳槽由于前处理长期带液进入油污含量高,也会导致工件电泳涂膜表面产生缩孔。如为此原因其产生缩孔的位置应不固定,所有部位均可能出现缩孔问题,与实际不符,排除此原因。

2.5 前处理液残留滴落到车架表面

前处理液与电泳槽液的成分及电导率差异性较大,若车架夹缝或者挂钩连接处存在前处理高浓度残液,电泳过程中流出或者滴落到车架表面附近,可能会引起局部电泳反应剧烈或者在电泳烘干时滴落到电泳漆膜表面,从而产生缩孔。分析车架前处理电泳线工艺流程不难发现,仅水洗4为浸槽水洗,其他水洗工序(水洗1、水洗2、水洗3、第一纯水洗等电泳前水洗工序)均为喷淋水洗,行进方式为水平行进,喷淋设计为上下设置喷嘴喷淋;而车架纵梁多为双层板结构,存在缝隙,纵梁与横梁连接处也同样存在缝隙,喷淋处理难以将夹缝中的前处理液充分稀释,会有相当一部分前处理液由于表面张力的作用残存于夹缝中。此外,挂钩处未设计喷淋进行冲洗,以稀释降低其表面前处理液体的浓度,仅有水洗4浸槽清洗,同样可能存在前处理液残存在挂钩链条连接处。

首先,为验证前处理液滴落到车架表面是否会产生缩孔缺陷,采用距离电泳工序近的磷化工序槽液进行实验室模拟验证,主要试验过程及结果如下。

1)在实验室模拟电泳之前,将前处理液滴落到车架表面是否产生缩孔缺陷。分别按磷化液:纯水=1:1、1:3、1:5、1:10、1:15(体积比)稀释后,在电泳前将其滴3~4滴在Paltec标准磷化板(150 mm×70 mm)上,再放入微型电泳槽进行电泳,每种浓度各做2块板。电泳温度30.0℃,电泳时间3 min,电泳电压250 V,烘干条件180℃/20 min,结果见表2。试验发现:随着磷化液稀释浓度降低,缩孔缺陷降低或者消除,在磷化液:纯水=1:15稀释时,涂膜外观平整光滑,无异常;磷化液:纯水=1:1或磷化液:纯水=1:3稀释时,电泳后涂膜表面存在大量缩孔缺陷,与车架实际缩孔缺陷吻合,因此判定电泳前有高浓度前处理残液滴落或流出到车架工件表面,会导致电泳涂膜产生缩孔缺陷。

表2 前处理残液滴落到车架表面试验验证

| 序号 | 稀释比例 | 试验结果 |
|----|-------------|----------------------------|
| 1 | 磷化液:纯水=1:1 | 电泳涂膜表面存在大量缩孔缺陷,与现场实际缩孔状态吻合 |
| 2 | 磷化液:纯水=1:3 | 电泳涂膜表面存在大量缩孔缺陷,与现场实际缩孔状态吻合 |
| 3 | 磷化液:纯水=1:5 | 电泳涂膜表面仍存在缩孔缺陷,但程度和数量均有所降低 |
| 4 | 磷化液:纯水=1:10 | 电泳有流痕状印记,基本上无缩孔缺陷 |
| 5 | 磷化液:纯水=1:15 | 电泳涂膜平整光滑,无明显异常 |

2)在实验室模拟电泳烘干前,前处理液滴落到车架表面,即先对标准磷化板进行电泳,再将磷化槽液滴3~4滴到电泳涂膜表面,试验2块板。电泳温度30.0℃,电泳时间3min,电泳电压250V,烘干条件180℃/20min。此试验磷化槽液不进行稀释,直接使用磷化槽液原液。试验发现:磷化槽液原液滴落到电泳湿膜表面再进行电泳,电泳涂膜表面形成流痕缺陷,流痕位置泛白,并无缩孔缺陷产生。因此判定电泳涂膜缩孔缺陷并非电泳烘干过程中产生,而是在电泳过程中产生的。

此外,分析电泳行进过程不难发现:电泳槽为浸没处理的船型槽体,车架先入槽侧倾斜向下入槽,前处理残液被兜在缝隙中,待出槽后才会流出,不会产生电泳缩孔缺陷;后入槽侧由于倾斜入槽,前处理残液由于重力作用加之悬链运行过程中存在抖动,导致前处理残液流出或滴落,残液主要在下翼面附近和横梁表面附近,导致局部电泳反应剧烈,产生缩孔缺陷。

在得出以上结论之后,人工对现场车架进行纯水冲洗验证,主要冲洗车架纵梁夹缝、纵梁与横梁连接处夹缝以及挂钩链条连接处,现场冲洗200台车架跟踪验证,发现冲洗之后缩孔缺陷由不作处理的12%降低到5%左右,效果较为明显。因此判定电泳前有高浓度前处理残液滴落或流出到车架工件表面,是车架电泳涂膜产生缩孔缺陷的根本原因。

3 车架电泳缩孔问题的改善方向

3.1 打胶将车架缝隙封死

前期试验在上挂前使用焊装常用的密封胶将所有缝隙打胶处理,直接消除缝隙,电泳缩孔问题改善效果很好,但打胶耗时很长,现场批量生产不现实,且会带来很高的辅料成本,此方案不太可行。

3.2 增加缝隙间距或者开孔引流

当缝隙宽度>5mm时,有利于液体流出,但对于精度控制要求较高且会增加铆接位置应力,可能降低车架整体强度。开孔或开槽引流也是一种看似可行的方案,但由于缩孔位置每种车架还是存在差异,每次出

现的位置也不完全一致,另外开孔和开槽过多也会降低车架整体强度,此方案不具备普适性,操作难度大,不作考虑。

3.3 将水洗4改为热水洗

液体温度升高,表面张力作用会减弱,使得夹缝残液容易清洗和流出。每年夏季(6~10月份)车架电泳涂膜缩孔比例确实有所下降,这与理论推测吻合,方案基本可行。考虑到现场仅有水洗4为浸槽水洗,可将该槽槽液温度提升到40~50℃,应有明显改善。此方案需要对槽液进行加热,会带来能耗成本的大幅增加,暂缓实施。

3.4 在电泳入槽处增加一道新鲜超滤液喷淋

由于车架电泳时倾斜入槽,如在入槽处增加新鲜超滤液喷淋可以对夹缝针对性清洗,应有明显效果。此方案需要对现有设备进行改造,新增超滤设备和喷淋泵,会带来投资成本和能耗成本增加,此方案暂缓实施。

3.5 将喷淋段也改成驼峰行进

如果将现有喷淋处理的行进方式均改为驼峰行进,利用液体自身重力以及倾斜一定角度后喷淋可以起到冲洗稀释作用,电泳缩孔问题应有改善。但由于车间布局紧凑,喷淋段间距很短,无法实现驼峰行进的改造,此方案不可行。

3.6 采用万向喷嘴针对性冲洗

由于挂钩孔附近产生的缩孔缺陷占总缩孔缺陷的比例在80%左右,选择优先解决挂钩孔处缩孔问题;又由于前期产线设计时未设计对挂钩连接处进行喷淋冲洗,因此考虑使用可变方向的万向竹节喷嘴(扁嘴扇形喷头)对挂钩进行针对性冲洗,以起到稀释降低其上前处理液浓度的功效。此方案不需要大额投资,只需要采购一批万向竹节喷嘴安装在水洗3、水洗4、第一纯水洗等工序,安装在挂钩两侧专门针对挂钩进行冲洗即可,优先实施。万向竹节喷嘴安装试验2个月,车架电泳涂膜缩孔缺陷占比从12%下降到0.7%左右,有较大改善。

4 结语

本文结合车架电泳涂膜缩孔问题,着重从车架工件表面油污重、脱脂系统参数异常、车架悬链系统涂油多滴落的车架表面、电泳槽液污染严重、前处理液残留滴落到车架表面等方面进行分析和试验验证,最终确认车架电泳涂膜缩孔问题产生于电泳过程中,是由于车架夹缝及挂钩连接处前处理残液流出或滴落导致。针对此问题,给出6项对策并逐一进行可行性分析,最终发现采用万向竹节喷嘴冲洗挂钩连接处成本低,效果好,经验证车架电泳涂膜缩孔缺陷占比从12%下降到0.7%左右,有较大改善。(下转第35页)