

电泳漆老化问题分析与对策

刘晶, 陈云鹏

(长城汽车股份有限公司生产技术开发中心, 河北 保定 071000)

摘要: 通过可行性分析及实验室试验, 研究电泳漆长时间缺少更新, 出现老化现象后槽液参数及性能试验的变化。详细分析了采用电泳烘干降节拍方式解决电泳漆老化问题时的风险管控和问题验证, 为今后电泳漆老化现场调试应用提供参考性建议。

关键词: 电泳漆; 老化; 性能; 降节拍

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)12-0051-03

Analysis and Countermeasures of Aging Problems of Electrophoretic Paint

LIU Jing, CHEN Yun-peng

(Production and Development Technology Center of Great Wall Motor Company, Baoding 071000, Hebei, China)

Abstract: Through the feasibility analysis and laboratory test, the changes of bath parameters and performance tests after the lack of renewal of electrophoretic paint for a long time and the aging phenomenon were studied. The risk control and problem verification of electrophoretic paint aging were analyzed in detail, and some suggestions were provided for the field debugging and application of electrophoretic paint aging.

Key words: electrophoretic paint; aging; performance; downbeat

0 引言

近年来, 随着汽车行业的快速发展, 许多主机厂面临产能不足的问题, 进而“疯狂”建造新工厂或收购其他主机厂, 来提升自身产能, 但由于汽车消费市场的变化, 许多车企在收购工厂后或者建厂完成后, 都面临着停产问题。涂装车间的电泳工序作为整车防腐最重要的工序之一, 电泳漆膜各项性能在整车耐腐蚀方面起到了关键作用, 但由于车间停产或产量降低, 电泳漆的更新无法满足产品要求, 因此都会存在槽液老化现象。

1 问题现状

乘用车某工厂涂装车间使用的 A 公司的阴极电泳漆, 2020 年 12 月份电泳投槽完成, 2021 至 2022 年

涂装车间处于生产状态, 但产量较低, 电泳漆更新置换率低, 2023 年 1 月车间彻底停产后, 停止向电泳槽补加电泳涂料, 置换率持续降低, 表 1 为电泳漆 2021 至 2023 年的年置换率, 而 A 公司电泳涂料的产品技术协议要求槽液更新周期 ≥ 0.1 TO/月 (月置换率 $1 - \text{EXP}(-\text{TO 值}) = 1 - \text{EXP}(-0.1) = 9.5\%$), 实际电泳漆置换率远低于产品要求, 更新周期 (TO) 指的是补给新漆总量/槽液原漆总量^[1]。

表 1 2021 至 2023 年置换率

| 年份 | 年产量/台 | 补加新漆量/t | 年置换率/% |
|--------------|-------|---------|--------|
| 2021 | 5 425 | 45 | 21.5 |
| 2022 | 7 731 | 64 | 26.2 |
| 2023(1~6 月份) | 0 | 0 | 0 |

收稿日期: 2023-09-22

作者简介: 刘晶(1995—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装工艺设计及管理、现场新车型调试验证等工作。E-mail: 870181349@qq.com。

由于生产计划调整, 涂装车间计划 2023 年 7 月复产, 为防止电泳漆老化导致漆膜出现防腐等功能性问题, 需对目前电泳漆状态进行全面的性能检测验证, 并

制定详细验证方案,保证电泳漆性能满足工艺要求。

2 性能试验分析

2.1 电泳槽液参数确认

现场电泳槽液的工艺参数直接影响着电泳漆膜的性能,因此在生产前需对现场槽液进行全面检测,共计检测 14 项参数,其中固体分、溶剂含量、pH、L 效应 4 项参数存在异常(见表 2),需对异常参数进行调整。

表 2 槽液异常参数

| 项目 | 性能要求 | 结果 | 判断 | 调整方案 |
|--------|---------|------|-----|------------------|
| 固体分/% | 19~22 | 19.1 | 合格 | 参数偏下限,需补加树脂和颜料 |
| pH | 5.6~6.4 | 6.3 | 合格 | 参数偏高,需补加酸 |
| 溶剂含量/% | 0.5~1.9 | 0.4 | 不合格 | 补加混合溶剂,提高溶剂含量 |
| L 效应/级 | ≥9 | 6 | 不合格 | 补加酸和溶剂,改善表面粗糙和颗粒 |

2.1.1 槽液固体分与 pH 的分析及调整

电泳槽液固体分是电泳涂装重要参数之一,它的高低直接影响漆膜质量,正常生产情况下,化验室必须每天进行化验,并根据化验结果进行参数调整,调整方案主要是按一定比例补加树脂和颜料。电泳槽液的 pH 过高会导致漆膜膜厚下降,电泳漆的水溶性变差,易结块产生颗粒,调整方案主要是通过补加酸来降低槽液 pH,因此为了提升固体分和降低 pH,车间按照要求补加了树脂、颜料和酸,将固体分和 pH 参数调整到最优范围。

2.1.2 槽液溶剂的分析及调整

电泳槽液溶剂含量同样是电泳涂装的重要参数之一,A 电泳厂家的溶剂含量要求控制在 0.5%~1.9%。由于该工厂长时间处于停产状态未正常补加药剂且溶剂本身具有一定的挥发性,因此槽液内溶剂含量已低于工艺范围,溶剂含量过低会导致漆膜膜厚变低、流平性变差、粗糙度变差^[2]。调整方案主要是补加溶剂,将溶剂含量调整到中值,调整完后电泳漆膜的外观及粗糙度得到了很大改善。

2.1.3 L 效应的分析及调整

L 效果是考核被涂物的水平面和垂直面的电泳漆膜质量。如果 L 板水平面和垂直面的漆膜光滑度和粗糙度无差异,则认为 L 效果好,如果存在较大差异,则认为 L 效果不好。通过试验表明,原槽液 L 效应平面粗糙,调整方案主要是通过补加酸和溶剂,补加酸可以增加树脂水溶性,减少颗粒,补加溶剂可以提升漆膜流平性。调整完参数后的槽液的 L 效应合格,粗糙度也

得到很大改善,对比数据见表 3。

表 3 参数调整后 L 效应及粗糙度对比

| 电泳槽液 | 固体分/% | pH | 溶剂含量/% | L 效应/级 | 粗糙度/ μm |
|--------|-------|-----|--------|---------|--------------------|
| 原槽液 | 19.1 | 6.3 | 0.42 | 6(表面粗糙) | 0.456 |
| 补加树脂颜料 | 21.3 | 6.2 | 0.41 | 6(表面粗糙) | 0.452 |
| 补加酸 | 21.3 | 5.7 | 0.43 | 8(平整光滑) | 0.365 |
| 补加溶剂 | 21.2 | 5.7 | 1.7 | 9(平整光滑) | 0.321 |

2.2 漆膜性能试验

2.2.1 烘烤条件确认

电泳槽液参数无问题后进行泳板检测漆膜性能,发现按照最低固化窗口要求 160 °C×15 min 条件下,耐丙酮擦拭出现失光问题,进一步进行梯度试验,结果见表 4。

表 4 烘烤固化梯度试验

| 电泳槽液 | 电泳条件 | 不同烘烤条件下耐溶剂(丙酮)擦拭试验 | | | |
|-------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | 160 °C× 15 min | 170 °C× 15 min | 170 °C× 25 min | 170 °C× 30 min |
| 原槽液 | 31 °C, | × | △× | △ | ○ |
| 调整后槽液 | 260 V, 3 min | × | △× | △ | ○ |

注:×为漆膜完全失光,△×为漆膜中度失光,△为漆膜轻微失光,○为漆膜无失光变色现象,下同。

由表 4 可知,目前的电泳漆在 170 °C×30 min 下才能完全固化,补加药剂对漆膜固化条件无影响。

经过分析发现出现失光问题的主要原因是电泳漆置换率低,电泳涂料内有机铋催化剂的稳定性变差,出现水解,导致固化时功能树脂封闭异氰酸酯(电泳固化时的固化剂)的速度变慢,最终出现固化不良问题。

有机铋催化剂是一种环保型催化剂,主要成分是月桂酸铋,该化合物具有低成本、易处理、低毒性和低放射性等绿色安全特性,随着国际环保要求加严,有机铋催化剂逐步取代有机锡(通过调整添加量可获得相同的催干速度),以符合欧盟的出口标准,含锡催化剂的耐水解稳定性强,但毒性高,因此目前国内大部分不出口欧盟的主机厂仍使用含锡催化剂的电泳涂料。

2.2.2 漆膜性能验证

为了不影响其他性能项目进行,将电泳漆膜的固化条件调整为 170 °C×30 min(保证漆膜完全固化),进行漆膜性能试验,共计检测 21 项,均满足工艺要求。通过以上性能试验可证明,目前的电泳漆虽出现老化现象,但在保证其能完全固化的条件下,漆膜各项性能仍

能满足产品要求。

3 制定详细实施方案

3.1 更新置换电泳漆

采用直接更新置换部分原槽液，排放部分电泳原

槽液，补加新的树脂和颜料，随着新漆的加入，电泳漆的固化条件会随之降低，通过实验室模拟，当更新70%原槽液时，漆膜能在160℃×15min条件下完全固化。槽液更新率与漆膜固化条件关系见表5。

表5 实验室模拟更新验证

| 电泳槽液 | 模拟条件 | 不同烘烤条件下耐溶剂(丙酮)擦拭试验 | | | |
|-------|-----------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | | 160℃×15min | 170℃×15min | 170℃×25min | 170℃×30min |
| 无更新 | 现场原槽液 | × | △× | △ | ○ |
| 更新25% | 300g新配+900g现场槽液 | × | △ | ○ | ○ |
| 更新50% | 600g新配+600g现场槽液 | △× | ○ | ○ | ○ |
| 更新70% | 840g新配+360g现场槽液 | ○ | ○ | ○ | ○ |

3.2 降低电泳烘干节拍

由于电泳漆老化后固化条件发生变化，因此可采用降低电泳烘干节拍的方式，来保证电泳漆完全固化。上述试验表明，现场原槽液在170℃×30min条件下固化，电泳车身内外板、内腔均需满足此要求才行，参考电泳漆老化前测量的炉温曲线，需将电泳烘干总时间增加20min，节拍降低44s。

为确保制定方案的可行性，对车身内腔位置炉温进行实际测量，保证内腔位置炉温满足170℃×30min。需提前在白车身上开孔，并进行封堵，在电泳完成后，在电泳后湿膜检验工位将炉温仪探头放进去，最后将孔洞再次进行封堵测量炉温，测量后的炉温曲线上所有内腔位置实际炉温均大于170℃×30min，满足工艺要求。

为保证全车内腔均完全固化，对电泳车身进行拆解，对车身A柱加强板下部、B柱加强板下部、下边梁加强板、地板纵梁、车身三层板以上内腔位置进行耐丙酮擦拭验证，擦拭结果均合格。

小结：由于本次复产计划产量较低且后续计划暂不确定，结合成本和周期考虑，最终车间采用了电泳烘

干降节拍的生产方式。

4 风险管控及问题验证

4.1 节拍降低风险

涂装电泳烘干节拍降低后，烘烤时间变长，白车身需要在涂装电泳烘干固化的所有材料均需进行过烘烤验证，规避产品在耐久、安全、防腐等方面的失效。需要电泳烘干进行固化的产品主要涉及焊装的各种胶类，包括点焊密封胶、点焊结构胶、减震膨胀胶、折边胶、夹胶板/结构胶块等，涂装主要涉及电泳漆，除此之外，容易被忽视的是，白车身钢板也是需要电泳烘干进行硬化处理的。

4.2 烘干时间延长对焊装胶的影响

烘干节拍调整完之后，采用调试车对焊装白车身涂胶位置进行实际炉温测量，确认焊装胶位置的实际温度，通过对比炉温曲线及焊装胶的固化窗口，确认焊密封胶、减震膨胀胶、折边胶3种产品实际温度超出产品固化要求，点焊结构胶、夹胶板/结构胶块实际温度在固化窗口内，针对超出产品固化要求的3种产品，安排胶厂家进行过烘烤验证，均无问题(见表6)。

表6 炉温对比和过烘验证

| 类别 | 测量位置 | 实际最高温度与时间 | 产品最高固化要求 | 判定 | 过烘烤验证 |
|----------|-------|------------|------------|-----|-------|
| 折边胶 | 机盖包边 | 170℃×39min | 170℃×38min | 不合格 | 合格 |
| 减震膨胀胶 | 后门内表面 | 170℃×37min | 170℃×35min | 不合格 | 合格 |
| 点焊密封胶 | 中地板 | 170℃×37min | 170℃×35min | 不合格 | 合格 |
| 点焊结构胶 | 顶盖内板 | 170℃×37min | 170℃×40min | 合格 | 不涉及 |
| 夹胶板/结构胶块 | B柱下部 | 170℃×36min | 200℃×30min | 合格 | 不涉及 |

4.3 烘干时间延长对涂装漆的影响

由于车身外板的实际炉温必然大于车身内板的炉温，为确认电泳车身上最高温度，采用调试车对电泳车

身外板(机盖外板、四门外板、后背门、大顶)进行炉温测量，确认后背门外板为炉温最高点170℃×41min，该温度处于电泳漆的固化窗口范围内，(下转第57页)