

薄膜前处理车身打磨印问题的分析与解决

陈嘉, 顾宏

(上汽大众汽车有限公司, 上海 201805)

摘要: 介绍了薄膜前处理工艺在应用调试阶段产生的电泳后外观问题, 从车身板材打磨方式优化、硅烷预处理优化以及电泳槽液优化等方面进行充分试验, 深入分析和验证了该问题的成因, 并从硅烷预处理工艺的日常维护、参数优化及电泳参数优化等方面提出解决方案。

关键词: 薄膜前处理; 打磨印; 外观; 电泳

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)05-0060-04

Analysis and Solution of Sanding Marks on the Car Bodies with Thin-film Pretreatment

CHEN Jia, GU Hong

(SAIC Volkswagen Automobile Co., Ltd., Shanghai 201805, China)

Abstract: In this paper, appearance issue after E-coating in the commissioning of thin-film pretreatment process was focused. The optimization of the body plate grinding method, the optimization of silane pretreatment and the optimization of electrophoresis tank fluid were fully tested. The causes of the problem are analyzed and verified in depth. Solutions are put forward from the aspects of silane pretreatment process daily maintenance, parameter optimization and electrophoresis parameter optimization.

Key words: thin-film pretreatment; sanding marks; appearance; CED

0 引言

薄膜前处理作为一种较为先进的预处理工艺在国内已经在一定程度上得到了推广与应用。与传统磷化工艺相比, 薄膜前处理车身生产过程更为环保, 所需能耗显著降低, 适用于多种金属基材^[1], 单车制造成本减少, 现场生产更加友好。但相对而言, 薄膜技术对工艺过程控制要求有所提高, 这主要是由于磷化膜的膜厚通常为 1~2 μm , 而薄膜层是纳米级别的转化膜, 其膜厚不到磷化膜的 1/10。薄膜层的表面阻抗比传统磷化要低很多^[2], 同时基材表面的缺陷也不易被遮盖, 这些都能引起电泳在电沉积过程中反应相对剧烈和涂层厚度不均一, 导致外观橘皮等缺陷^[3]。

收稿日期: 2023-10-26

作者简介: 陈嘉(1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事新建涂装车间项目、油漆可制造性分析及防腐材料的开发和认可工作。

E-mail: chenjia@csvw.com。

本文以薄膜调试过程中一个具有代表性的白车身打磨印引起的外观缺陷问题为例, 结合实验室工艺模拟验证, 通过现场工艺参数的优化, 有效解决了该问题。同时, 对后续工艺过程控制中可能产生的其他类似外观问题的解决也有一定参考价值。

1 问题描述

在薄膜投槽初期, 新车型车身上的打磨印比较多, 在对这些调试车进行薄膜预处理和电泳之后发现:

1) 同一辆调试车, 其白车身的多个打磨印的电泳外观橘皮非常严重。且这些打磨印的外观缺陷大多在热镀锌板材上发生, 且发生概率很高; 冷轧板表面无此问题。

2) 白车身的打磨露底部位, 即打磨到冷轧板基材目视有明显凸起, 且电泳后外观粗糙, 见图 1 中 A。

3) 白车身打磨印的交界处, 即在镀锌层和基材冷轧 Fe 层的边缘处, 橘皮尤其严重, 形成了一个非常明显的环状, 见图 1 中 C。

4)用膜厚仪测量打磨印区域的膜厚发现:打磨到基材的C区域与周边正常部位(图1中B)区域电泳总膜厚基本无差异。

对该辆调试车的多个打磨印缺陷点分别进行电泳打磨和不开磨处理,然后进行后续的正常面漆和清漆工艺,结果发现:若该缺陷不进行电泳打磨,面漆后对该打磨印区域无法形成遮盖,面漆后有明显的凸起感,造成严重的油漆外观质量问题。为便于后续问题的分析,将中间凸起的“A”区域称之为“高原”;将打磨交接处的“C”区域称之为“天使环”。

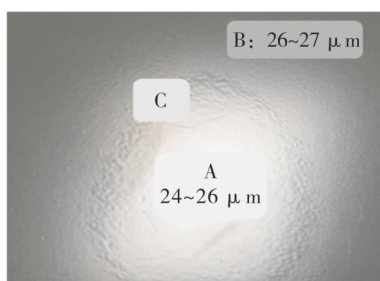


图1 打磨印外观缺陷

2 问题分析和模拟验证

通常,电泳后的打磨印缺陷是薄膜工艺调试初期遇到的一个典型问题。这一问题涉及到多道重要工序,包括白车身的打磨方式,进入预处理前的车身表面状态,预处理和电泳工序等。需要针对这些潜在的风险因素逐一进行试验验证和分析,通过现场参数的优化调整找到问题的解决方案。

2.1 车身打磨方式优化分析和验证

通过调研其他主机厂的常规解决方法,发现大多采用优化车身打磨方式来解决该问题。为此,我们先在实验室进行了对比模拟验证,试验方式如下:

1)针对试验的热镀锌板材分别选择打磨不露底(在镀锌板表面打磨部分镀锌层,厚度2~3 μm)和打磨露底(打磨到基材)两种方式进行缺陷处理。

2)针对打磨露底的板材在打磨交界处C区域选择常规和扩大打磨边界的两种处理方式(见图2),通过800目细砂纸对交界处进行平缓过渡。

3)为模拟缺陷板材在不同车身区域的状态,进行垂直和水平两种方式随车进行预处理和电泳挂板。

针对缺陷板材,分别进行薄膜硅烷和传统磷化预处理进行交叉验证,试验结果见图3~4。

1)打磨未露底区域对比:传统磷化工艺和薄膜硅烷工艺都覆盖良好,无差异。

2)打磨露底区域对比:传统磷化工艺在电泳后的遮盖力明显好于硅烷工艺;硅烷工艺的“高原”部位有

明显凸起感,打磨交界处有明显的橘皮“天使环”。

3)优化打磨过渡边界后,传统磷化工艺表现更加优异;硅烷工艺的外观略有改善,缺陷状态与之前差异不大。

4)车身不同区域对比:无论采用哪种方式打磨和预处理方式,水平和垂直挂的板材在外观上都无明显差异。

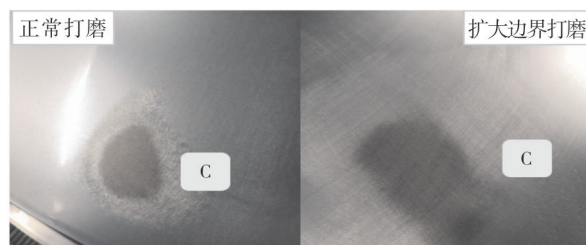


图2 打磨印边界扩大示意图对比

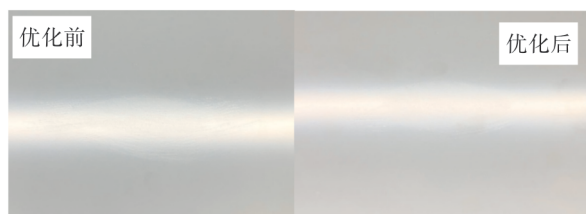


图3 传统磷化工艺打磨方式优化前后对比



图4 薄膜工艺打磨方式优化前后对比

考虑到试验板材的露底打磨和边界过渡都是通过手工操作的,与车身的机器打磨和熟练工的手工过渡可能存在差异,所以针对车身打磨印也采取优化打磨过渡边界的方式进行试验验证。试验结果发现:通过扩大边界过渡的打磨优化方式,对电泳后的外观只能起到较少的改善作用,略微改善了整个打磨印区域的外观目视粗糙度,中间的“高原”凸起依然存在。说明优化打磨方式不是解决该问题的主要手段。

2.2 车身打磨印表面状态分析和验证

2.2.1 车身打磨印清洁处理

针对“高原”凸起区域,我们怀疑是否因为打磨露底区域存在打磨后残留的疏松锌层,或者由于调试车存放时间较长,表面产生了一些不可见的氧化产物导致后道工序清洗不干净引起电泳后的凸起感。所以,在

进入预处理工序前,先对打磨露底区域进行酒精擦拭尝试,但是没有效果。之后,又分别进行了脱脂剂和溶剂擦拭,但是电泳后的外观都没有得到改善。说明预处理前对打磨露底区域进行清洁没有效果。

2.2.2 车身打磨印涂油保护

既然清洁没有效果,我们就对露底的区域先用砂纸打磨,去除可能存在的疏松锌层以及氧化物,然后再采用现场常规使用的防锈油进行涂油保护处理。然后再进行薄膜和电泳处理,但是电泳后的外观结果表明:对打磨印区域进行打磨+涂油保护后,电泳后的外观仍然没有改善。

2.3 预处理工序分析和验证

2.3.1 脱脂后水洗优化

进一步分析发现:在打磨露底的“高原”区域和非打磨区域的电泳总膜厚几乎无差异,在有些露底打磨区域还出现了冷轧板区域的膜厚高于周边正常区域的膜厚。通常在采用涡流膜厚仪进行测量时,校准冷轧板为基板,其膜厚测量值状态为“0”,即在基板冷轧板测量的膜厚可以基本等同于电泳涂层的膜厚;而在镀锌层上测量得到的膜厚是镀锌层和电泳涂层的总膜厚。在同一个电泳条件下,在冷轧板和镀锌板的电泳涂层的膜厚差异不大,但是现在却出现了冷轧板上的电泳涂层膜厚明显比镀锌板的电泳涂层膜厚高5~6 μm。导致这个问题发生的原因可能有2个:1)打磨露底的冷轧板表面可能形成了微刻蚀,导致了总膜厚的增加;2)在后续电泳过程中,电沉积的反应速度在露底冷轧表面过于激烈,在相同时间内电泳涂层在该区域增加过快导致总膜厚的增加。

解决可能存在的微刻蚀问题,通常采取的办法是在水洗阶段加入一定浓度的缓蚀剂。所以尝试在脱脂后的两个水洗槽内分别添加了一定量的缓蚀剂,增加水洗过程的刻蚀保护作用。电泳后的结果表明:1)原本的“高原”凸起消失了,且整个打磨印区域目视平整,外观橘皮状态明显转好;2)膜厚仪测量发现:“高原”区域总膜厚比周边正常总膜厚底5~6 μm。说明通过脱脂后的水洗优化解决了打磨印的“高原”凸起问题,且高原橘皮有明显改善;3)但是打磨印交界的“天使环”依然存在。

2.3.2 硅烷槽参数优化

由于打磨露底部位钢铁表面和周围镀锌层存在表面阻抗值的差异,会干扰电泳过程的电沉积反应。另外,薄膜反应中的 Cu^{2+} 在打磨印边缘的沉积(见图5)会进一步加大表面的阻抗差异,影响电泳的沉积。所以在确保薄膜膜重的前提下,对硅烷槽进行了部分排槽,降低槽液中 Cu^{2+} 的含量,即把 Cu^{2+} 含量从原来的 $4.5 \times$

10^{-6} 降低到 2.0×10^{-6} 。电泳后的结果发现:“天使环”的橘皮有所好转,但和正常区域的外观比较还是有差异,问题没有得到彻底解决。

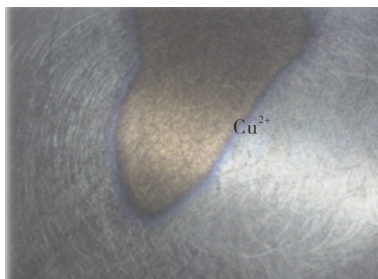


图5 Cu^{2+} 在打磨印边缘沉积

2.4 电泳工序的分析和验证

2.4.1 电泳电压优化

根据上述阻抗分析,尝试通过优化电泳电压段彻底解决打磨印问题。对于电压段来说,对反应控制影响最大的是电泳的入槽电压段。现场采用的是IGBT整流系统,可以进行多段电压的分段控制。在确保内腔膜厚符合要求的情况下,通过多次尝试,把入槽电压段从原本的“平整”状态优化为“线性”状态(见图6)。通过这一优化,粗糙的“天使环”消失,“高原”区域的外观更好(见图7)。在后续面漆工艺验证中发现,面漆后的这些打磨印完全能够覆盖,无需电泳的二次打磨。

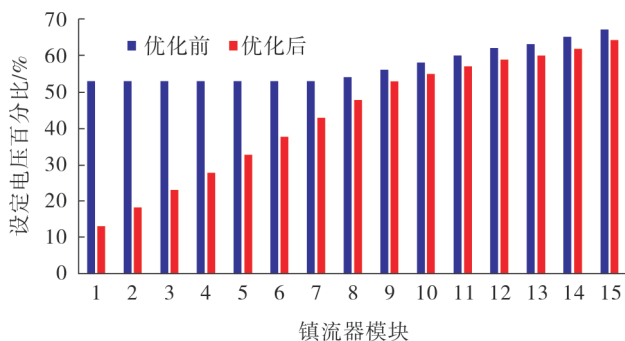


图6 电泳电压优化前后对比

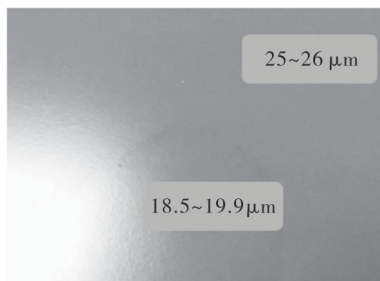


图7 优化后的打磨印电泳外观

2.4.2 电泳槽液电导的优化

在后续不断的过车中,我们发现在叶子板前端的

打磨印偶尔还会发生橘皮现象,但是没有“高原”。

首先,尝试对该区域进行打磨方式的优化,即扩大大边界的过渡,电泳后该区域的外观平整,问题得到解决。之后,对薄膜硅烷处理后的试验板材进行了交叉挂板,一个是与硅烷槽匹配的新投槽的 A 家电泳槽;另外一个运行多年的 A 家电泳槽。通过一段时间的现场挂板发现:运行多年的老电泳漆外观保持稳定,无“天使环”橘皮;但是与硅烷匹配的新投槽的电泳漆,在“天使环”区域外观表现不是很稳定,会偶尔发生粗糙的橘皮现象。

同样的槽液为什么会发生不同的结果呢?对比槽液参数不难发现,新配槽液的电导率相对较高,在 $1\ 600\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 左右,且处于项目调试阶段,每天的过车车辆非常少,槽液的转化率很低;而老槽的电泳漆电导率在 $1\ 400\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 左右,每天双班生产,槽液的转化率高。较高电导率的电泳槽液反应活性高,造成涂膜橘皮等问题^[3]。叶子板前端的打磨印区域离阳极又较近,而薄膜的阻抗值比磷化膜低很多,电泳沉积反应相较于其他区域更加剧烈,容易造成外观的橘皮缺陷。随着产量的逐步提升,电泳槽电导率的逐步下降,车身外表面的打磨印问题最终得到了彻底解决。

3 解决措施

根据上述分析结果,我们把打磨印问题分成“高原”和“天使环”2个部分,通过采取以下4个措施对该

问题进行解决:1)在预处理脱脂槽的两个水洗工序添加缓蚀剂,解决打磨印“高原”的凸起问题。2)优化电泳入槽电压,解决打磨印“天使环”的橘皮问题,同时进一步改善“高原”区域的电泳外观。3)适当降低硅烷槽的 Cu^{2+} 含量,优化“天使环”的粗糙问题。4)通过过车走线,提高电泳槽液的转化率,逐步降低电泳槽液电导率,使槽液达到最佳平衡状态,稳定了电泳外观表现。

4 结语

打磨印是硅烷投槽初期都会遇到的一个问题,而我们遇到的是一个多因素叠加的缺陷问题。加上整个爬坡速度非常缓慢,问题解决的过程复杂且有反复。对比其他主机厂的打磨印问题,如果没有“高原”凸起的问题以及爬坡速度较快的话,在调试初期可以通过暂时的优化打磨方式进行过车走线,通过走线加快新配电泳槽的置换,电泳槽液的电导率以及相关参数会逐步达到一个平衡,打磨印的问题就比较容易解决。

参考文献:

- [1] 张茹,陈慕祖.硅烷技术在前处理中的实际应用[J].现代涂料与涂装,2009(4):46-47.
- [2] 闫斌,陈宏霞,陈嘉宾.功能性有机硅烷膜对金属腐蚀防护的研究现状及展望[J].材料保护,2009(3):54-57.
- [3] 邢汶平,钱伯容,杜安梅,等.绿色汽车涂料与涂装技术[M].北京:中国标准出版社,2022.

(上接第 59 页)

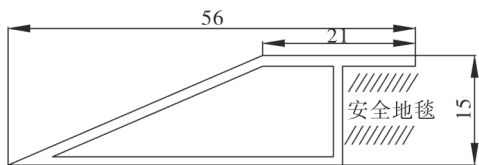


图2 安全地毯倾斜角压边

2.4 安全地毯在涂装车间的应用探索

伴随着工业信息化的发展,汽车制造行业对生产设备的智能化需求不断上升,特别是 AGV 在汽车行业的广泛应用,带动了国内汽车生产模式的全新变革。越来越多的机器代替了人工,则机器对人造成伤害的潜在风险就更高。虽然汽车涂装车间的喷涂机器人基于严格的洁净度要求,多是安装在带有安全门锁功能的封闭室体内部,不再需要额外的安全地毯防护,但仍不乏有许多应用工况值得我们去探索。除了上述作为安全通道的实际应用以外,在工件返修、离线打磨、下线报交等输送设备区的人工操作工位,堆垛机、拆垛机、

移栽机等独立的单体可动设备的操作检修区,以及物流和存储区的人工检修工位等,都可以使用安全地毯代替传统的机械屏障或是其他需依赖机械实体的防护装置,来实现更加便捷、高效的安全保护功能。

3 结语

随着工业生产的自动化程度不断提高,人们对安全生产的要求也愈来愈高。因此,更加人性化、智能化的安全保护装置的研发和使用也是工厂和机器安全保护技术发展的必然趋势。目前,人们已设计研发出了一体成型的超薄安全地毯,适用性更强。可以肯定,安全地毯作为一种新型的保护开关,以其安装简单灵活、保护可靠性强、自动化程度高等特点,必将在汽车涂装生产领域得到更加广泛的应用。

参考文献:

- [1] 王晓强,戴荣聚,张海春.安全地毯在冲压生产线中的应用[J].锻压装备与制造技术,2006(2):35-36.
- [2] 施迈赛工业开关制造(上海)有限公司.铺安全地毯走安全之路[J].自动化博览,2008(6):98-99.