

汽车涂装漆膜缺陷分析

吴文娇

(北京奔驰汽车有限公司,北京 100176)

摘要: 根据某汽车厂特有的 IP2 工艺喷涂特点,对汽车涂膜常见缺陷的种类、成因及防治措施进行介绍。对涂装车间 IP2 工艺发生频率较高的漆片、纤维、缩孔进行详细分析,并根据缩孔成因制定缺陷来源数据库,防止缺陷源的输入,做到从根本上减少缺陷发生,对缩孔的预防有很好的指导意义。

关键词: 涂装; IP2 工艺; 数据库; 缺陷成因; 防治

中图分类号:TQ639 文献标志码:B 文章编号:1007-9548(2024)01-0060-04

Defect Analysis of Automobile Painting Surface

WU Wen-jiao

(Beijing Benz Automotive Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: According to the unique characteristics of IP2 process painting in an automobile factory, the common defects' types, causes and prevention measures were introduced. The painting chip, fiber and crater in IP2 process were analyzed in detail. The database of crater was developed to prevent the input of defect sources and reduce crater fundamentally, which had a good guiding significance for the prevention of crater.

Key words: painting; IP2 process; database; defect and root cause; prevention

0 引言

近几年汽车行业发展迅速,汽车品牌日益增多,用户选择空间越来越大,市场竞争也越加激烈,为保持市场竞争力,各家汽车品牌除了提高自己的品牌宣传力及性能优势,更多地转向了汽车的外观装饰性,以使用户有更好的品牌体验。影响汽车外观最大的问题就是漆膜缺陷,修复外观缺陷一方面需要消耗人力、物力,造成成本的损失,另一方面会显著降低车间的产量。据某汽车涂装车间统计,点补一台车的成本约为 989 元,如果缺陷面积大,点修补无法完成缺陷的修复,还需要进行重新打磨、返喷,这会造成更大的经济损失。如果能及时快速找出缺陷来源,在生产过程中预防缺陷产生,不仅可以提高车间一次合格率,避免点修补,在节约修复缺陷成本的基础上,还能提高车间日产量,减少员工加班,且能提高车身漆面外观质量,对汽车企业来

说,不失为一个好方法。

1 汽车涂装工艺介绍

汽车涂装工艺在我国汽车行业发生过多次变革更新,传统的汽车涂装工艺是在电泳底漆烘干之后进行中涂,然后烤干,再进行色漆 1、色漆 2 的喷涂,之后进入闪干烤箱,再进行清漆喷涂,最后进入大烤箱,进行整体烘干,该工艺简称 3C2B,也称“干碰湿”工艺。新型的涂装工艺取消中涂烤箱,从电泳烤箱出来先后直接进行色漆 1、色漆 2 的喷涂,再进行小烤箱闪干,然后喷涂清漆,最后进入大烤箱,即将中涂、底漆、清漆三层在湿态连续喷涂后一起进行烘干,该工艺也称为“湿碰湿”工艺,简称 IP2 工艺,也称为 3C1B 工艺。

新型 IP2 工艺在采用高效率涂装技术的同时,在不影响涂层质量及外观的基础上,膜厚降低了约 20 μm ,缩减了喷涂材料的使用量。据统计,较之传统的喷涂工艺,新型涂装工艺降低了 20% 的油漆使用量。在厂房建筑方面,减少了中涂喷漆线及中涂烤箱,节省投资。对传统涂装工艺及 IP2 新型涂装工艺进行了对比,结果见图 1。

收稿日期:2023-03-13

作者简介:吴文娇(1987—),女,硕士,工程师,主要从事漆膜缺陷分析工作。E-mail:wuwenjiao789@163.com。

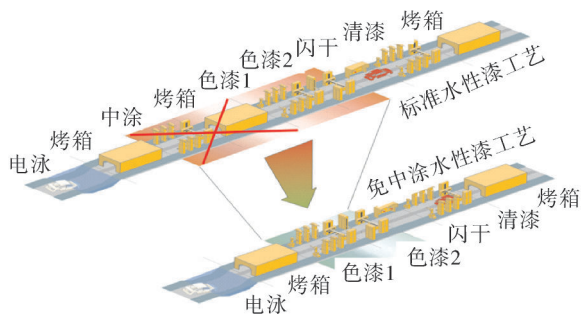


图1 传统涂装工艺与IP2工艺的对比

2 汽车涂装常见缺陷

新型涂装工艺的生产过程中会产生一些特有的缺陷,取消中涂后,漆膜降低,对电泳车身的缺陷覆盖性降低,比如电泳留痕、电泳缩孔、装焊胶、板材缺陷等,这些都对喷涂质量有了更高要求。

喷涂缺陷种类繁多,找到其产生的根本原因,分类清楚,才能有效避免并减少缺陷的产生。现将传统及新涂装工艺中常见的喷涂缺陷及产生的根本原因、防治方法进行介绍。

2.1 漆片

漆片是指不同于车身的异色片状缺陷,根据损伤来源,漆片可分为电泳漆片、支具漆片、机器人漆片、滑撬漆片等。

2.1.1 电泳漆片

电泳漆片多在BC1层,形状为不规则的片状,电泳漆片的显微照片见图2。产生原因主要有两种:1)电泳打磨过程中操作者使用刮刀后产生的片状电泳漆没有清除干净,落在车身上,进入喷漆室后在喷漆室送风的带动下,落至车身其他位置,该类电泳漆片的产生过程见图3。为避免该类电泳漆片,需要操作者在电泳打磨过程中,严格按照操作指导书,正确使用刮刀,并使用粘布将其彻底擦拭干净。2)车身四门两盖的铰链,开关过程中铰链摩擦产生,铰链产生电泳漆片。为减少此类缺陷的产生,涂装车间一般在电泳打磨后用高温胶带遮蔽靠近车身外板的铰链,避免摩擦过程中的电泳漆片对车身喷涂产生影响。

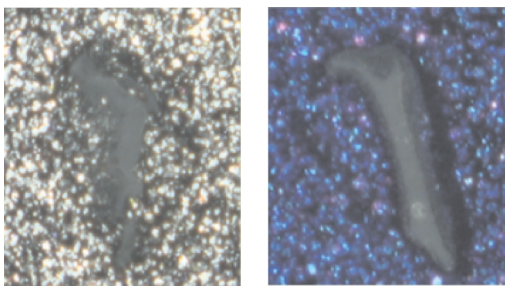


图2 电泳漆片 50倍显微照片

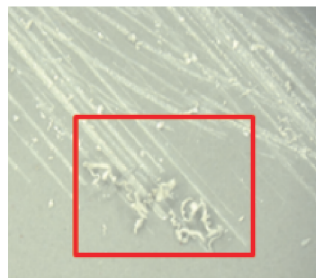


图3 打磨过程中产生的电泳漆片

2.1.2 支具漆片

支具漆片为形状不规则的片状结构,多为夹杂黑色塑料支具的颜色,如图4所示。该缺陷主要分布在四门内板,车身支具附近,通常车身上产生支具漆片的位置会发现支具有损坏,支具损坏的漆皮在喷漆室送风或者烤箱吹风的带动下吹落在支具附近的门内板区域。



图4 支具漆片 50倍显微照片

2.1.3 滑撬漆片

滑撬漆片多含有油泥污染,主要分布于外板。产生原因为滑撬底面的积漆或者油泥附着,在车身运行过程中,滑撬与滚轮刚蹭产生。要避免该类缺陷,需要定期对滑撬进行清洗,国外涂装车间多设有高温高压滑撬清洗装置,以减少该类缺陷的产生,但该装置价格昂贵,国内多采用人工定期清洗滑撬,但难以保证清洗质量及频次。

2.1.4 机器人漆片

机器人漆片是近几年国内涂装车间提高自动喷涂装置后逐渐产生的,主要分布于车身外板,喷涂过程中,开门机器人钩子与车门接触位置滑动造成,如果钩子与车门接触时压力过大,会对漆膜造成损伤,喷涂过程中损伤的漆膜被吹至车身,造成机器人漆片。要控制机器人缺陷,需要定期对开门机器人钩子校准,确保压力在正常的范围内。图5展示了某涂装车间某车型开门钩子对车门划伤程度示意,该车型前门较重,较后门钩子压力大,划伤较严重。

2.2 纤维

纤维主要来源有油漆材料、喷涂环境或烤箱环境,呈细丝状,颜色各异,个别汽车厂也出现过团状纤维,

频次不高。常见的纤维成分有人造纤维、棉纤维等,可根据现场缺陷的颜色、直径、形貌及分布涂层缩小查找范围,追查缺陷来源。

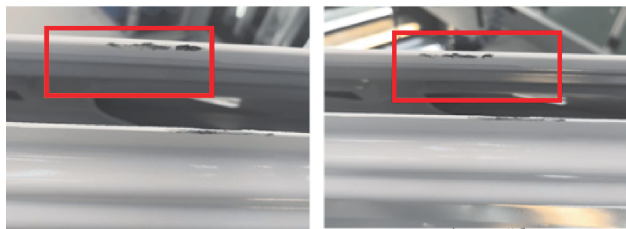


图5 某车型四门机器人钩子划伤程度

棉质纤维多呈扁平/弯曲状,在同轴光下容易观察,主要来源是操作者衣服、手套或清理人员所用的抹布。

合成纤维形态规整,横截面均一,在涂层中经常弯曲成马蹄状,主要来源为合成材料制成的手套、连体服或者机器人罩衣、套袖等。另外操作者连体服或者使用的手套有破损,也是纤维缺陷的主要来源,因此在涂装车间中使用“无纤维”材料是我们通常采用的手段。

所谓“无纤维”通常是涂装车间的一种检测入场材料的方法,一般材料在进入涂装车间前需要进行潜纤维测试,测试出每平方米纤维产生量。涂装车间使用的材料需要每平方米纤维产生量小于 100 000 个,超过

这个数值,该材料会被定义为高含尘量,杜绝在喷漆车间使用。

2.3 缩孔

2.3.1 缩孔介绍

缩孔一般呈火山口状的凹坑,直径在 0.5~3.0 mm,有的露底,有的不露底,根据缩孔产生的涂层分布可分为电泳缩孔和面漆缩孔。缩孔的主要原因为电泳涂膜或面漆涂膜中有尘埃、油污或者与涂料不相容的粒子,成为陷穴中心,使烘干初期的流展能力不均衡,从而产生缩孔。缩孔不仅影响涂膜外观质量,而且露底的缩孔破坏了涂膜的完整性,用一般的打磨、抛光方法无法完全消除。缩孔缺陷一旦产生,很难在短时间内找到根本原因并消除,有时能够持续几周,如电泳槽液被污染导致的缩孔,即使找到污染源,也可能要影响几个星期或几个月。

2.3.2 缩孔产生原因

在涂装环境中,被喷涂车身上,涂装介质或涂料中如果存在导致缩孔的物质,都会在车身上产生缩孔。经过缩孔测试,有机硅化合物、润滑脂、油、表面活性剂、蜡、水等,由于其表面张力与涂料的表面张力差别很大,致使不能融合和被涂面润湿不良,产生反拨或使涂膜局部收缩现象,从而形成缩孔。根据众多汽车厂的实践经验,导致漆膜产生缩孔的物质及危害见表 1。

表 1 可能导致缩孔缺陷的数据

类别	对象	有害物质源	有害物质种类	危害
人员	操作者	劳保用品,化妆品,手汗	有机硅,油脂	污染车身及工装设备
	涂装系统	法兰垫,密封圈,电缆,塑料管路及管件等非金属材料的零部件	有机硅,油脂	污染喷涂环境
设备	喷漆室送风系统	过滤材料,密封垫,风机传动皮带及各种非金属结构件	有机硅	污染喷涂环境
	烤箱	过滤材料,风管软接材料,密封胶,电缆等	有机硅	污染烘干环境
	输送链	非金属结构件,电缆,行程开关,润滑脂等	有机硅,油	污染工件及输送链通过的环境
涂装工具	喷涂系统	压缩空气,打磨工具,机器人密封圈	有机硅,水分,油	污染涂料及车身
材料	喷涂材料	抹布,清洁度不够的油漆	有机硅,油脂	污染车身
	焊接材料	部分结构胶,防焊渣飞溅剂等	有机硅	污染车身,将有害物质带入涂装车间
环境	厂房	玻璃密封胶,带非金属材料的阀门	有机硅	污染车间环境,可能会污染车身

在表 1 所列物质中,有机硅是最敏感的危害物,研究表明,即使浓度被稀释至 1~10 mol/L,也会对车身造成缩孔。日常有硅油、硅氧树脂、硅酮橡胶等在日常生活及工业中经常被制成黏结剂,各种添加剂、刹车液、脱模剂、化妆品等可直接接触污染,也可呈雾状、尘埃状污染车身、工艺设备、涂料、涂装环境等。

2.3.3 缩孔的防治方法

缩孔在涂层中分布较深,无法像杂质颗粒那样采用简单的打磨抛光方法消除,需要彻底打磨透,如果污

染源较深,还需要将涂层全部磨掉露底,然后喷涂点补底漆,清理干净,再重新喷涂,修补成本很高,并带来打磨污染,对车间环境也有很大威胁,并且点补返修后的外观及质量均受到很大影响,因此预防缩孔的产生是根本。涂装车间一般从以下几方面进行缩孔的预防:

1) 涂装车间的厂房建设时,严格杜绝使用含有机硅的材料、零部件及设备。为防患于未然,冲压,装焊及白车身运输过程中也应确保车身部件不与含硅酮类物质接触,减少白车身的污染。对于周末及小长假,应对

车间生产线进行排空,防止未喷涂车身长时间放置被污染。对于不可避免的情况,在喷涂前应该进行车身的清洁。

2)油漆供应商在原材料的制备过程中,努力提高油漆的抗缩孔性能。如果油漆中颜料、溶剂、助剂等选择配比不当,可能会导致油漆的抗缩孔性能差。

3)如果车间内空气的清洁度差,送风系统中油水含量不合格,有尘埃、喷溅物或其他种涂料喷雾或有机化合物污染源的场合。研究表明,高温高湿度的环境,气温过低的环境,或油漆与喷涂车身温差大的时候也极易产生缩孔。因此应该定期清理厂房、设备,更换过滤袋,检测喷漆室送风的油水含量,保持喷涂环境和送风系统的清洁度。

4)日常生产中应将导致缩孔缺陷的物质建立缩孔数据库,纳入车间管理系统。定期对进入涂装车间的材料、设备及人员进行检控,防止带入产生缩孔的物质,污染车间环境及车身。

2.4 其他常见缺陷

2.4.1 针孔

漆膜表面上产生的针状小孔,较之缩孔更深更细,一般由涂料中残留的空气或喷涂时卷入的空气造成。形成原因一般有几种:涂装环境过热、气压太低、漆膜太厚或板材缺陷。

为避免针孔的产生,需要定期监控喷漆室温湿度,控制漆膜厚度,定期监控烤箱的炉温曲线,确保喷涂后烘干的升温适宜,以确保涂料中没有残存的空气。

2.4.2 焊球

焊球多分布在白车身,少数在电泳层。在显微镜下,能看到缺陷呈金属光泽,边缘发亮。该缺陷主要是因为白车身处理不干净,带入电泳槽产生,焊球部分是中空的,因此能悬浮在电泳槽里。据统计,槽里直径 $>50\ \mu\text{m}$ 的焊球或金属颗粒不能完全被后面的涂层覆盖,从而形成缺陷。为避免该缺陷,需要保证白车身的洁净度,以及白车身打磨后应保证处理干净。

(上接第42页)100%,彻底解决工件尾部固定位置缩孔问题。并将槽液杂质离子检测、预防、纠正等措施加入电泳槽日常管理及维护工作中,同时将杂质离子浓度数据新增为超滤液排放量的考虑因素之一,进而彻底解决此类问题再发。

4 结语

阴极电泳涂装具有诸多优势,但缩孔问题是困扰现场涂装的一大难题。缩孔问题不仅涉及涂料的生产制造、运输、投槽、施工各个环节,还与工件的前处理、

2.4.3 装焊胶

装焊胶分布在板材或电泳层,颜色多为红色、绿色、黑色等,这与各汽车厂焊装车间使用的胶有关,白车身上的装焊胶回溶至电泳槽,在电泳工艺过程中,又被吸附到车身上。避免该类缺陷的途径与焊球一样,需要保证白车身的清洁度,并定期清理电泳槽。

2.4.4 橘皮

车身橘皮即漆膜的鲜映性是指漆膜表面投影镜物的清晰度,能够直接反应漆膜外观装饰性能,如果鲜映性不好,漆膜表面不光滑,类似橘子皮,简称橘皮。橘皮的产生主要与3个方面有关:1)板材平整度差;2)油漆的流平性差;3)喷涂时油漆的雾化不良或漆膜厚度不足。为避免橘皮的产生,需要提高板材的平整度,选用流平性好的油漆,调整合适的喷涂参数,确保喷涂机器人的雾化性能。

2.4.5 流漆

该缺陷无需借助显微镜,目视即可辨别,一般为喷涂时流量大,导致膜厚过高,或者油漆黏度低造成。为避免该类缺陷,需要定期检测喷漆室温湿度,确保油漆喷涂时在合适的温度。监控油漆来料的黏度,确保喷涂时油漆在合适的黏度范围。

3 结语

通过对新型涂装IP2喷涂技术的研究分析,总结了IP2工艺中常见的喷涂缺陷,分析了这些常见缺陷的根本原因、缺陷形貌、显微照片、防治措施等。针对频发缺陷,对漆片,纤维,缩孔进行了详细原因分析、产生途径及预防措施介绍,对涂装车间缺陷的预防具有指导意义。

参考文献:

- [1] 王锡春.汽车涂装工艺技术[M].北京:化学工业出版社,2005:146-188.
- [2] 李玉杰,宋扬,刘涛.汽车涂装缺陷分析及典型缺陷判别[J].汽车工艺与材料,2019(1):38-45.

涂装设备关系密切。在进行缩孔形成因素排查时,需对各个环节进行系统性排查,从而给出有效应对措施。

在新产品投产时,由于产品的尺寸规格发生变化,或者底材差异、结构复杂度变化等,往往会出现各种各样的问题,需要技术人员更加关注这些变化带来的影响,分析其中的关键技术问题,从根本上解决漆膜缺陷。本文从发现缩孔问题、成因排查、原因分析及问题解决等方面进行了论述,希望对各位同行能有所借鉴。