

车门包边焊缝密封胶开裂问题分析与解决

吴为, 卢娇

(东风汽车股份有限公司, 湖北 襄阳 441004)

摘要: PVC 焊缝密封胶开裂问题极易造成车身漏水或者焊缝暴露, 进而导致焊缝贴合位置流黄水的锈蚀问题出现。结合轻客车型左前车门包边 PVC 焊缝密封胶开裂问题, 重点分析验证了作业人员、材料性能、输送及烘干设备和焊接钣金结构等方面因素, 发现左前车门焊缝密封胶开裂的根本原因为该处位置焊接工程作业时结构胶涂抹缺失, 导致该处包边钣金的强度不足, 包边钣金在面漆烘烤过程中热胀冷缩产生应力释放导致胶条开裂, 随着对策实施问题得以解决。

关键词: 焊缝密封胶; 车门; 钣金结构

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)03-0045-03

Analysis and Solution of Crack in Sealant of Door Hemming Weld

WU Wei, LU Jiao

(Dongfeng Automobile Co., Ltd., Xiangyang 441004, Hubei, China)

Abstract: The cracking of PVC weld sealant is very easy to cause water leakage or weld exposure of the car body, which will lead to the corrosion problem of yellow water flowing at the weld joint position. Combined with the crack problem of PVC weld sealant for the left front door of light passenger vehicles, the factors such as operators, material properties, conveying and drying equipment and welded sheet metal structure were analyzed and verified. It was found that the root cause of the crack of the left front door weld sealant was the lack of structural adhesive during the welding work at this position, which led to the insufficient strength of the bonded sheet metal. The stress release of the bonded sheet metal caused by thermal expansion and cold contraction during the baking process of the finish coat led to the crack of the adhesive strip. With the implementation of the countermeasures, the problem was resolved.

Key words: weld sealant; front door; sheet metal structure

0 引言

汽车涂装主要有两方面作用, 一是使得车身具有良好的防腐蚀性能, 二是赋予车身丰富的色彩, 提升车身的美观性^[1]。车身防腐蚀性能是评估整车品质的重要指标之一, 主要在于电泳底漆、焊缝涂胶、车底抗石击涂料喷涂、空腔注蜡等方面, 其中, 焊缝涂胶通过对车身焊缝位置进行涂胶密封, 可以使得车身具备良好的密封性和防水性, 同时可以起到降噪的目的, 对于车身涂装具有重要意义。

目前, 主流的汽车制造企业普遍采用的是以聚氯乙烯(PVC)为主体树脂的焊缝密封胶(固体分通常>90%), 其中添加有增塑剂、填充剂、稳定剂等呈现白色黏稠膏状^[2-5], 涂胶部位通常为汽车门盖、车顶、车底、车内等处的焊缝或小孔洞。

汽车涂装过程中 PVC 焊缝密封胶主要存在胶条开裂、胶条气泡等问题, 其中胶条开裂问题极易造成车身漏水或者焊缝暴露, 进而导致焊缝贴合位置出现流黄水的锈蚀问题。我公司轻客涂装车间主要生产东风御风车型和东风睿立达车型, 某次在生产御风车型时, 左前车门靠近轮罩弧度位置的包边 PVC 焊缝密封胶宽胶胶条出现批量开裂问题, 返工一般采用自干型焊缝密封胶填充缝隙、修整胶型后喷涂与车身同色修补

收稿日期: 2025-04-21

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

漆的方式进行处理,严重影响车间作业现场的生产节拍和生产效率,浪费大量的人力物力财力。本文重点从作业人员、材料性能、输送及烘干设备和焊接钣金结构等方面因素进行分析,推断出左前车门焊缝密封胶开裂的根本原因是该处焊装结构胶涂抹缺失,包边钣金在面漆烘烤过程中热胀冷缩产生应力释放,导致胶条开裂。

1 车门包边 PVC 焊缝密封胶开裂问题的具体表现

我公司轻客涂装车间某次在生产东风御风车型时,出现左前车门包边宽胶胶条批量开裂(如图1所示),具体表现为:面漆后发现左前车门贴近轮罩的弧度位置的包边 PVC 焊缝密封胶宽胶胶条中段出现长度 10 cm 左右的裂缝,批次数量达到 95 台,左前车门上其他几条宽胶胶条无明显异常;右前车门、侧滑门、机盖以及后背门的同样胶型的包边宽胶胶条无明显异常,另外,试制中的东风睿立达车型的五门一盖的包边位置的宽胶胶条也均无明显异常。



图1 左前车门包边 PVC 焊缝密封胶开裂

2 原因分析及验证

2.1 作业人员未按工艺要求作业

在轻客涂装车间作业现场,对门盖 PVC 焊缝密封胶涂胶工位进行观察,发现轻客车型的机盖、左右前车门、侧滑门以及左右后背门宽胶涂胶的作业人员均为同一个人。左前车门靠近轮罩弧度位置包边宽胶胶条开裂缺陷对应位置的涂胶要求为涂宽胶,宽胶胶条两头靠近边角处刮胶处理,确保包边缝隙涂有焊缝密封胶。因此,缺陷位置仅需要进行涂宽胶作业,作业内容相对简单,无需进行其他特殊操作。连续作业观察 10 台同样车型,发现作业人员严格按照要求操作。左右前车门结构对称,且仅左前车门固定位置出现包边宽胶胶条开裂,所有门盖的其他包边宽胶胶条并无异常,因此,此问题可以排除涂装工程涂胶作业人员技能不足或者不按工艺要求作业的因素。

2.2 PVC 焊缝密封胶材料性能不佳

我公司涂装车间使用的 PVC 焊缝密封胶生产厂

商为广东时利和汽车实业集团有限公司,焊缝密封胶产品的型号为 TESEAM PSN 29 X3,左前车门靠近轮罩弧度位置包边宽胶胶条开裂问题出现的时段,对应使用的焊缝密封胶生产批次为 2024-06-02。

针对该批次的 PVC 焊缝密封胶,对材料的基本性能进行了测试(见表1所列),结果显示该批次密封胶基本性能达标,并且对应缺陷出现的位置及车型固定,因此排除因材料性能不佳导致左前车门包边宽胶出现开裂问题。

表1 2024-06-02 批次 PVC 焊缝密封胶性能测试

项目	测试方法	性能要求	检测结果
外观	QB/NE 005—2005 5.5	均质无分层,无结块、结皮或混入其他杂质	合格
密度(20℃) /(g·cm ⁻³)	QB/NE 005—2005 5.6	1.5±0.10	1.54
旋转黏度 (20℃)/(Pa·s)	QB/NE 005—2005 5.7	80~170	120.1
固体分/%	QB/NE 005—2005 5.8	≥95	98.36
流动性/mm	QB/NE 005—2005 5.10	≤5	0
刷涂性	QB/NE 005—2005 5.11	无刷痕	合格
附着力/%	QB/NE 005—2005 5.12	内聚能破坏	100

2.3 PVC 焊缝密封胶混入空气或水分

当 PVC 焊缝密封胶本身或者其输送系统混入水分或者空气时,再经涂胶烘干炉预烘烤或面漆烘烤,在高温加热的作用下,焊缝密封胶中混入的水分或空气就会受热剧烈膨胀,从而产生小气泡,甚至可能会出现气泡破裂导致胶条开裂的情况^[6-9],因此需要分别进行排查。首先,为了排查焊缝密封胶材料本身是否吸潮或者生产厂家在封装时是否混入空气,针对此批次 PVC 焊缝密封胶,从新开封的胶桶内挖取一定量的焊缝密封胶涂布在色板上,并用刮板轻刮多次。发现焊缝密封胶表面外观致密且均匀,轻刮无明显气孔出现。再将轻刮多次的色板放到撬体上,随生产线经过涂胶烘干炉预烘干及面漆烘干的烘烤,发现涂布在色板上的焊缝密封胶烘烤后呈米白色,颜色表现正常,无过烘现象(过烘即过度烘烤,一般出现在设备异常长时间烘烤或烘干炉温度过高时,焊缝密封胶颜色一般会发黄,严重时甚至会变成浅棕色)。而且并没有气泡或者焊缝密封胶开裂问题,因此排除焊缝密封胶材料本身混入水或者空气的可能。再对输送系统进行排查,发现胶桶与输胶泵之间、输胶泵与输送管路之间以及输送管路与末端胶枪之间的连接,肉眼观察并无明显异常,压力在工艺要求范围内,也无焊缝密封胶泄漏情况。因此,采用

上述类似排查方法,直接从末端胶枪处挤出一定量的焊缝密封胶到色板上,随生产线经过预烘烤和面漆烘烤工序。发现挤出到色板上的密封胶胶条烘烤后呈米白色,颜色正常,无过烘现象,且没有气泡或胶条开裂问题。

此外,对该批次车身生产连续性进行了排查。发现该批次车辆均在涂完焊缝密封胶当天或次日上午便经过了涂胶烘干炉预烘烤,且与面漆喷涂烘烤时间均不超过 24 h。焊缝密封胶涂抹后停留时间相对较短,放置导致受潮的可能性不大。并且,如果因为长时间停产放置导致受潮,应当表现为整车上所有的焊缝密封胶胶条均有可能出现异常,而不是仅出现在固定的车型以及固定的位置。另外,车门靠轮罩弧度位置的包边焊缝密封胶胶条开裂呈现出长裂缝(长达 10 cm 左右)并非胶气泡炸裂产生的短裂缝(一般长度小于 1 cm),因此经过上述试验验证和理论分析,基本排除 PVC 焊缝密封胶材料自身混入空气或者水分、输送系统混入空气或水分以及涂胶后长时间放置导致受潮的可能性。

2.4 面漆烘干左右两侧存在差异

现场对左前车门靠近轮罩弧度位置包边宽胶胶条开裂问题发生的工序位置进行了进一步摸排,在胶烘干炉出口连续观察了 10 台发现,左前车门靠近轮罩的弧度位置包边宽胶胶条经过胶烘干炉预烘烤后,呈现米白色,包边宽胶胶条外观平整光滑,没有明显开裂的情况,手触包边宽胶胶条发现胶条表干,轻触不会造成胶条变形,但由于未完全烘干固化,使劲按压会变形甚至会出现破裂。面漆烘干炉入口前对上述经胶烘干炉预烘干的 10 台车身进行观察发现,缺陷对应位置的包边宽胶胶条在喷涂完面漆后经面漆闪干炉(60~80 °C)后仍然没有明显异常。后续又在面漆烘干炉出口对这 10 台车身进行了后续跟踪,发现经面漆烘干炉烘烤后,左前车门对应弧度位置的包边宽胶胶条均出现了开裂的情况,而且并非固定颜色,脂玉白、琉璃青、雕锡银等颜色均出现包边宽胶胶条开裂异常,因此判定左前车门靠轮罩弧度位置的包边宽胶胶条开裂问题产生于面漆烘烤冷却的过程中,另外由于各种颜色均有异常,并且产生包边宽胶胶条开裂的位置固定,其他位置并无明显异常,因此可以基本排除油漆和焊缝密封胶配套性差导致胶条开裂的可能性^[9]。

我公司轻客涂装车间面漆烘干炉对于工件温度和烘烤时间的相关工艺要求为 130~150 °C(20~30 min),怀疑可能是由于车身左右两侧进行面漆烘烤时升温速率或者烘烤温度存在差异,甚至左侧存在过烘的情况,左前车门升温快或者烘烤温度相对右侧高导致的。因

此,针对左右前车门外板进行面漆炉温测试,发现左右前车门外板的升温速率及工件温度并无显著性差异;并且为了节能降耗,在不突破工艺范围的前提下现场实际采用的是偏中下线的烘烤温度和烘烤时间,并不会产生过烘的情况,因此排除面漆烘烤时左右两侧存在差异或者过烘的可能性,但左前车门包边焊缝密封胶宽胶胶条开裂问题产生的工序确实出现在面漆烘烤冷却的过程中。

2.5 包边压合异常或者结构胶缺失

结合上述涂装工程的 PVC 焊缝密封胶材料、焊缝密封胶输送设备、焊缝密封胶涂胶工位作业人员等相关条件的试验验证、现场摸排以及理论分析,基本可以排除涂装工程内部异常的可能性,因此需要继续往前工序排查。由于涂装工程面漆烘烤冷却后左前车门包边宽胶胶条产生开裂异常,应为该处钣金结构在烘烤冷却的过程中释放的应力超过 PVC 焊缝密封胶的抗拉伸强度,因此推测可能是左右前车门的包边压合程度或者结构胶涂抹存在差异。针对此两种可能性,首先对左右前车门靠近轮罩对应的弧度位置包边涂抹焊缝密封胶之前的状态又进行了观察,连续观察 5 台,发现左右前车门宽胶胶条开裂对应位置的包边贴合程度肉眼观察没有可见差异,包边的宽度也均为 5~6 mm,包边后前车门内外板贴合缝隙目视相当;又去焊装工程的左右前车门包边结构胶涂抹和包边滚压的作业现场进行了观察,发现御风车型的左右前车门的结构胶涂抹是左右分开的两个工位,作业人员也是左右分别一个人,左右工位连续观察 5 个前车门的结构胶涂抹发现,左前车门涂抹的结构胶宽度 3 mm 左右,右前车门涂抹结构胶宽度 2 mm,都在工艺范围内,但是发现左侧涂抹长度明显较右侧短。联系焊装工艺一起现场确认发现,左侧结构胶涂抹长度不能满足工艺要求,右侧长度正常(在两头包边变窄的位置断涂,防止涂装烘烤后包边结构胶溢胶)。

为了验证是否为左前车门对应位置包边结构胶涂抹较短导致缺陷,要求焊装工程立即整改,要求左侧车门外板结构胶涂抹长度保持和右侧长度一致,后续跟踪发现整改后的御风车型左前车门靠轮罩弧度位置的包边 PVC 焊缝密封胶宽胶胶条开裂问题消除。因此,分析左前车门包边焊缝密封胶开裂问题产生的根本原因为该处结构胶缺失,导致该处钣金的强度不足,从而导致该处钣金在面漆烘烤冷却过程中,由于热胀冷缩释放的应力超过了 PVC 焊缝密封胶的抗拉伸强度,进而导致焊缝密封胶沿着包边缝隙被撕裂产生长裂缝问题。

(下转第 56 页)