

客车车身底漆附着力影响因素及提升措施

陈艳艳, 朱 广, 王利民, 黄斐荣

(比亚迪汽车工业有限公司, 广东 深圳 518118)

摘 要:针对客车车身涂装过程中底漆附着力不良问题,根据附着力原理,从涂装材料、涂装前表面处理和涂装工艺出发,分析影响底漆附着力的因素,并提出提升措施。

关键词:客车车身;底漆;附着力;影响因素

中图分类号:U466

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2024)03-0059-04

Influence Factors and Promotion Measures of the Primer Adhesion on Bus Body

CHEN Yanyan, ZHU Guang, WANG Limin, HUANG Feirong

(BYD Automobile Industry Co., Ltd., Shenzhen 518118, China)

Abstract: For the problem of poor adhesion of the primer on the bus body existing in the painting process, this paper analyzes the influence factors according to the adhesion mechanism from several aspects like coating, surface treatment, and painting process, and proposes promotion measures.

Key words: bus body; primer; adhesion; influence factors

客车车身的涂装主要包括底漆、中涂和面漆。面漆的光泽、附着力、耐水性和耐候性等均取决于底漆的附着力。如果底漆的附着力差,喷涂在基材上会起泡、起皮甚至脱落,失去对基材的保护功能,而且还会影响后续涂层施工。所以,研究客车车身底漆附着力的影响因素并寻找提升措施对客车车身涂装具有重要意义。影响基材与底漆之间附着力的主要因素除了底漆的性能和施工的工艺技术外,还与基材的表面性能和涂装前的表面处理等密切相关。本文从附着力原理出发,详细介绍客车车身底漆附着力的影响因素及提升措施。

1 附着力原理

目前,国内外学者提出了5种附着力理论,分别为机械连锁理论、物理吸附理论、化学键理论、扩散理论及静电理论。根据附着力理论,涂层与基材表面的附着机理可归纳为^[1]:

1) 机械连锁作用。基材表面很粗糙,存在很多空隙,涂装时涂料渗透到空隙中,涂膜固化后形成很强的机械附着力。机械附着力与基材的粗糙度、多孔性以及形成涂膜的强度有关。

2) 物理吸附作用。涂料与基材表面完全润湿后,涂膜与基材表面之间存在一种分子层面的相互作用力,主要由氢键和范德华力组成。这些物理吸附作用是涂料与基材结合的主要原因。

3) 化学键作用。涂料中的活性基团与基材表面极性物质发生化学反应,形成一种比物理吸附更强的化学键。涂膜附着力的本质是涂料与基材表面极性基团的相互作用,而这种相互作用取决于基材的表面张力^[2]。

4) 扩散作用。这是行业中最常见的一种理论,其假设涂膜附着力直接与涂料分子进入基材的能力有关。一旦分子扩散到基材中,会在衍射剂和基材之间发生静电或机械连锁现象,从而增强附着力^[3]。当

收稿日期:2023-11-24。

第一作者:陈艳艳(1995—),女,硕士;主要从事客车车身底漆附着力研究工作。E-mail:chen2929437392@163.com。

通讯作者:黄斐荣(1989—),男,博士;助理工程师;主要从事客车油漆外观质量提升研究工作。E-mail:hfeirn101006@163.com。

涂料与基材同为高分子材料时,涂装过程中涂料中的溶剂使基材表面溶胀,涂料中的分子和基材的分子在界面互溶,并相互扩散,最终使界面消失。

5) 静电作用。当涂层与基材之间的静电荷作用力不同时,它们可以互相作电子供体和受体,从而形成一个双层的静电子层,引起静电吸引。

2 底漆附着力影响因素及提升措施

2.1 基材表面性能

基材本身对底漆附着力的影响首先取决于基材表面性能,即基材表面能。只有提高基材表面能或降低涂料的表面能,才能使涂料与基材更好地结合。但降低涂料的表面能很难,而提高基材的表面能相对容易实现。对于金属基材和复合材料基材,基材本身特性对附着力的影响最终取决于对基材表面的处理,具体提升措施会在 2.2 节中详细论述。

2.2 涂装前基材表面处理

基材表面处理是为了得到所需基材表面洁净度、表面粗糙度及化学成分。这三者直接影响着涂层的附着力。一般来说,基材表面处理有打磨、去除油污/锈蚀/其他污染物和表面活化,以保证底漆能够充分与基材接触,从而形成良好的物理结合。打磨的作用是使基材形成粗糙不平的凹凸面,增加有效附着面积,从而提高底漆附着力;除油污等污染物的作用是使基材表面有良好的洁净度,增加涂料在基材表面的铺展,从而提高底漆附着力;对基材表面进行活化的作用是形成特殊的化学成分膜,从而提高涂料与基材间的结合力和防护性。

2.2.1 金属基材涂装前表面处理

金属表面有污染物(如灰尘、油脂、盐等)会影响涂层的附着力,大部分水溶性污染物可用水和清洗剂彻底清洗。对于金属基材的表面处理主要有打磨、氧化和磷化。钢铁容易发生化学氧化或电化学腐蚀,表面生成氧化皮或铁锈。打磨不仅可用于基材表面除铁锈,形成更多的锚固点,还可用于除去基材的氧化皮及旧涂层^[4]。

铝合金与氧的结合力强,易在空气中形成氧化膜,该氧化膜有一定的耐蚀性,但厚度较薄、疏松、不均匀。如果直接在这层氧化膜上涂装会使涂膜的附

着力变弱,易受到化学物质的腐蚀和损坏。所以需要先除去铝合金在空气中形成的这层疏松的氧化膜,再对其进行表面氧化处理,形成一层具有一定厚度的氧化膜,该氧化膜可防止氧化腐蚀和其他化学腐蚀的损伤,也有利于后续的涂装。经过新的氧化处理后的铝合金表面能获得更好的表面洁净度。氧化处理的方法主要包括化学氧化和电化学氧化^[5]。化学氧化主要采用铬酸氧化,形成的氧化膜多孔,有良好的吸附能力。该工艺简单、操作方便、生产效率高、成本低、不受工件形状大小限制。电化学氧化最常用的是硫酸阳极氧化。

镀锌钢板表面平滑,与涂层的附着力差,且涂料中的游离成分易与锌发生化学反应生成金属皂,影响涂膜的固化和性能,所以常用磷化的措施改变其表面的状态,增加涂膜的附着力。磷化措施可使镀锌钢板表面在极短的时间内形成有磷酸锌的致密薄膜,但在磷化的预处理中应尽量采用缓和的试剂,避免使用强酸、强碱,否则易侵蚀镀锌钢板表面。

2.2.2 复合材料的表面处理

复合材料一般极性小或无极性,不易与底漆反应形成化学键,若不对复合材料表面进行增加基材表面极性的处理,涂层附着力就弱;其次,复合材料制品表面常有残余的脱模剂,若不处理除掉表面残余的脱模剂,涂料不易润湿,从而使附着力变差;最后,复合材料是不良导体,易产生静电黏附灰尘,若不对复合材料进行表面除尘,就会因基材表面洁净度差而影响涂层附着力。所以,涂装前需对复合材料进行表面预处理,改变基材表面极性以使基材表面更洁净,从而提升附着力。复合材料的表面处理主要包括脱脂除尘和表面改性。

1) 脱脂及除尘。复合材料表面油污和残存的脱模剂易引起漆膜缩孔,附着力不好,可用碱性水溶液、表面活性剂溶液或有机溶剂处理。用表面活性剂溶液洗涤,可兼具除尘、防静电作用。

2) 表面改性。表面改性可在基材表面形成活性基团,可以提高基材表面张力,从而增强涂层与基材之间的结合力。复合材料表面改性处理方式有化学氧化法、火焰处理和表面改性剂处理等。

①化学氧化主要使用铬酸氧化。经过氧化处理

后,表面的油污、脱模剂、增塑剂等有机杂质被氧化,使得各个分子链上活性部位的含氧基团数量增加,增强极性,提升表面能,从而提高润湿性。用铬酸湿化学氧化^[6]聚碳酸酯表面,铬酸的强氧化性使聚碳酸酯的表面生成3个极性基(即羟基、磺酸基和羧基),从而提高基材的粗糙程度和润湿性。用铬酸氧化高分子量聚乙烯纤维^[7],发生夺氢反应,使纤维表面部分分子链断裂形成自由基,然后被氧化成羟基或羧基,使纤维表面整体酸性官能团提高,并且使表面粗糙度明显提高。

②火焰处理主要是提高表面极性。利用等离子火焰对塑料基材表面进行灼烧,通过高温将氧原子引入基材表面形成极性官能团,促进基材表面与涂料发生化学反应形成化学键,从而提高附着力。例如对聚丙烯(PP)保险杠进行火焰处理^[8],从而提高基材与涂层的附着力,且高温能使基材表面油污和杂质蒸发,起到清洁表面的作用。火焰处理需要很高的温度,通常使用机器人处理,在机械手臂上安装火焰发生设备和火焰刷子。

③表面改性剂处理。表面改性剂又称偶联剂,是一种同时含有亲无机基团和亲有机基团两种不同性质官能团的物质^[9]。最常用的为硅烷偶联剂,其亲有机基团能与各类有机树脂、橡胶、塑料和黏合剂发生反应,亲无机基团可与玻璃纤维、陶瓷、无机粉末和金属基材表面相结合,在无机物和有机物的界面之间架起“分子桥”,把两种性质的材料紧密结合起来^[10]。在复合材料表面涂一层硅烷偶联剂,偶联剂在基材表面形成一层化学膜,之后再喷涂底漆,偶联剂中的功能基和底漆层成膜物中的基团将发生化学反应^[11]。硅烷偶联剂中的氨基可与底漆中的环氧基反应;偶联剂中的烯基可与底漆中含双键的成膜物(醇酸树脂、不饱和树脂等)反应产生共价键,从而增加涂层附着力。

2.3 涂装底漆的选择

涂料中的活性基团极性越强,相对分子质量越大,则涂料成膜物质与基材的分子间作用力越强,从而底漆附着力越强。根据成膜物质的基体树脂类型可分为丙烯酸树脂、环氧树脂和聚氨酯树脂等涂料。其中环氧树脂漆具有良好的附着力和防腐能力,常用

作车辆零部件的底漆涂层;丙烯酸树脂漆的特点是干燥迅速且环保性能好,常用作中涂涂层;聚氨酯树脂在硬度、光泽等方面的性能较好,常用作面漆涂层。

底漆作为与基材直接接触的涂层,必须具备以下几个功能^[12]:①优良的附着力,既能牢固地附着在各种基材上,又易与中涂层相结合,起着重要的过渡承接作用;②优良的填充性,可清除被涂材料表面的孔洞、纹理,使其平整、丰满,并改善整层涂层的光泽度和丰满度,以及整体涂料的装饰效果;③优良的打磨性,经打磨后能得到平整光滑的表面。

环氧树脂涂料分子中含有强极性的醚键、羟基,因此能与基材,尤其是金属表面形成较强的附着力,且固化后形成的内应力较低。环氧树脂底漆包括:高温烘干底漆、双组分底漆和单组分常温自干型底漆。双组分环氧底漆具有良好的附着力、耐蚀性、封闭性和耐酸碱性,并且涂膜具有良好的柔韧性和较高的硬度,对镁铝合金、轻金属、钢、玻璃钢等都具有优异的附着力^[13]。双组分环氧底漆能与多种面漆调配,如硝基漆、过氧乙烯漆、热塑性丙烯酸漆、聚氨酯漆、氨基漆和热固性丙烯酸漆等。所以,底漆一般选用环氧树脂底漆,文献[14]中通过实验对比了单组分环氧底漆和双组分环氧底漆,结果表明,后者的耐腐蚀性提高了4倍以上。我司现用的车身底漆分为水性环氧树脂和油性环氧树脂两大类。

2.4 涂装工艺控制

涂装工艺对涂膜质量有重要影响。涂装工艺包括涂料喷涂方式及涂膜固化工序。涂料喷涂方式的选择会影响底漆喷涂的压力、枪嘴口径,进而影响涂膜厚度;涂膜固化工序会影响涂装外观质量,若涂料固化工序选择不当,不仅会造成涂装质量缺陷,还会使底漆失去作用。所以,应合理选择底漆喷涂方式和涂膜的固化工序,以确保底漆能与基材结合。

2.4.1 涂料喷涂方式

底漆的涂装方式主要有手工刷涂、压缩空气喷涂和无气高压喷涂。底漆的喷涂方式会影响涂层厚度及其均匀性。手工刷涂操作方便,但效率低,费时费工,且外观差。压缩空气喷涂效率高,涂层厚度均匀,可根据涂料的种类与粘度调整喷涂参数。无气高压喷涂使用高压柱塞泵,直接将油漆加压,形成高压力

的油漆喷出枪口形成雾化气流作用于物体表面,喷涂效率高,但操作复杂。

我司现用的底漆喷涂方式为压缩空气喷涂,所用喷枪为虹吸式(下壶式),涂料杯位于喷嘴的后下方,喷涂时利用气流作用,将涂料吸引至枪体内,并在喷嘴处由压力差引起漆雾。水性漆中含水量较高,喷漆时需要严格控制温度与湿度。当湿度大于75%时,漆膜可能产生流挂^[15]。水性环氧底漆的施工环境湿度需控制在30%~70%。压缩空气喷涂枪的嘴口径应控制在1.6~1.8 mm,喷涂压力为4.0~5.0 bar。

我司采用压缩空气喷涂底漆,涂膜厚度由喷枪喷涂压力、喷枪与工件的距离以及喷涂遍数决定。不同厚度的涂膜对涂层防腐性能和附着力影响较大。涂膜厚度过厚,涂膜在垂直基材方向上的收缩应力增强,使涂膜与基材间的作用力削弱,降低涂膜的附着力;涂膜厚度过薄,涂膜的防腐性能降低,外界的水分、化学介质易进入涂层基材表面,引起涂层起泡脱落。所以,在底漆喷涂过程中需将涂层厚度控制在规定范围内,水性环氧底漆的膜厚控制在20~40 μm ,油性环氧底漆的膜厚控制在40~60 μm 。

2.4.2 涂膜固化工艺

涂膜固化工艺对底漆附着力也有影响。自然干燥可以节约能源且不会影响涂膜质量,但固化速度慢。我司实际生产发现,若选择自然干燥,会影响生产节拍;选择烘烤干燥可加快生产节拍,但要根据基材与涂料选择合适的温度,否则可能会导致基材(如复合材料)发生烘烤变形。

涂膜的固化速度与涂料的特性和固化方法有关。油性漆常采用自然干燥固化工艺,硝基漆常采用自干或低温($\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)烘干固化工艺,醇酸树脂漆常采用中温($100\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$)烘干固化工艺,氨基醇酸树脂漆常采用高温($\geq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$)烘干固化工艺^[16]。固化温度对环氧底漆的施工及性能有重要影响。固化温度不同,参加反应基团、聚合物的交联、相转变等不完全相同,固化后底漆的性能也就不同。温度过低,固化时间长,影响生产节拍;温度过高,影响底漆的防腐性能。

3 结束语

本文分析了客车涂装过程中影响底漆附着力的因素和提升底漆附着力的措施。客车车身油漆涂膜附着力受多种因素影响,要保证客车底漆涂层与基材表面之间的附着力,要从涂装材料、涂装前表面处理和施工工艺等多方面考虑。

参考文献:

- [1] 尹正宏,睦军燕,汪金奇.铁路客车涂膜附着力影响因素探讨[J].现代涂装,2013,16(2):43-45.
- [2] 马振海,刘双,张保祥.汽车保险杠涂层附着力研究[J].涂料工业,2013,43(12):56-60.
- [3] 宋海泉,朱广,郭瑞,等.客车车身油漆外观光泽影响因素及提升措施[J].客车技术与研究,2024,46(2):55-58.
- [4] 尧华.胺类固化剂结构与环氧聚硅氧烷杂化涂层性能关系的研究[D].上海:上海大学,2015.
- [5] 冯立明,张殿平,王绪建.涂装工艺与设备[M].北京:化学工业出版社,2013:46-47.
- [6] 张旋,钟艳莉,颜悦.聚碳酸酯表面铬酸预处理对涂层附着性能影响[J].材料科学与工艺,2019,27(2):29-35.
- [7] 吴乐芳,王利民,唐翌翀,等.客车车身表面涂装橘皮表现的改善措施[J].客车技术与研究,2023,45(6):50-52.
- [8] 谷晓杰.汽车保险杠蒙皮涂层涂装中火焰处理的应用与分析[J].涂层与防护,2019,40(5):49-53.
- [9] 杨兴娟,修志锋,尤丛赋,等.PET薄膜表面改性研究进展[J].工程塑料应用,2015(4):148-152.
- [10] 乔红斌,余金阳,古绪鹏,等.硅烷偶联剂在涂料与涂装中的应用进展[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2008,25(4):379-382.
- [11] 胡玲,陈向,黄茂韶,等.客车车身油漆色差原因及控制[J].客车技术与研究,2024,46(1):59-62.
- [12] 张育波,秦中海,雷晓进,等.水性环氧底漆及其制备方法[J].涂料工业,2020,50(5):41-45.
- [13] 张湘衡.汽车车身涂装工艺系列讲座(三)——底涂层的施工[J].汽车维修与保养,2009(1):80-82.
- [14] 姜秀祥.新底漆选用和涂装工艺改进的研究[J].制造技术与机床,2011(7):51-52.
- [15] 王浩,路慧喜,徐春.水性漆在汽车车身涂装上的应用[J].涂料工业,2010,40(4):33-36.
- [16] 王锡春.谈汽车车身涂装工艺的发展趋势[J].上海涂料,2009,47(3):42-46.