

客车顶棚 PP 板胶粘研究

周 月, 宋树森

(扬州亚星客车股份有限公司, 江苏 扬州 225116)

摘 要:介绍聚丙烯(PP)板的特性及其表面处理几种常用方案,选择简单易行且粘接性能改善效果明显的表面处理法,基于试验探寻出适用于 PP 板的底涂剂和粘接胶,从而成功利用胶粘取代铆钉固定 PP 板,提高了客车外观的精细化水平。

关键词:客车; 顶棚; PP 板; 胶粘; 底涂剂

中图分类号:U466

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2023)03-0048-04

Study on the Adhesion of Polypropylene Plate on Bus Ceiling

ZHOU Yue, SONG Shusen

(Yangzhou Yaxing Bus Co., Ltd., Yangzhou 225116, China)

Abstract:The authors introduce the characteristics of polypropylene (PP) plate and several schemes commonly used for its surface treatment, select a simple and easy surface treatment method with obviously adhesion performance improvement effect, and find out the primer and adhesion suitable for PP plate based on the test, so as to successfully use adhesive instead of rivet to fix PP plate, and improve the refinement level of bus appearance.

Key words:bus; ceiling; PP plate; adhesion; primer

聚丙烯(PP)板是一种无毒、无臭、无味的高结晶聚合物,是目前所有塑料中较轻的品种之一。它具有较好的耐冲击性,机械性质强韧^[1],表面刚度及抗划痕特性好,且不存在环境应力开裂问题,被广泛用于客车顶棚的制造。但其表面能低、极性小、润湿性差,不易与含有极性官能团或极性成分的材料直接粘接。同时,由于 PP 板的较高结晶度导致化学稳定性好,其溶胀和溶解都比非结晶高分子困难,因此 PP 板表面难以通过胶粘与其他材料黏附。我司客车顶棚 PP 板原先采用铆钉固定,虽然牢固但美观性不足,逐渐不能满足客车精细化、美观化要求,急需改进。本文介绍我司成功利用胶粘取代铆钉固定并对其进行试验的过程。

1 PP 板表面常用处理方法

结晶性较高是 PP 板难以涂装的主要原因,处理

方法一般是通过表面引入极性基团实现 PP 板表面活化,从而提高其附着强度。主要方法如下:

1.1 酸液氧化液法

利用酸液的氧化性对 PP 板表面分子进行强氧化作用,从而在其表面引入羧基、醛基、羰基等极性基团。其中最典型且效果最好的是硫酸-重铬酸盐氧化处理液,但铬酸盐与硫酸具有腐蚀性且污染较重,在保障操作者的安全和处理废液方面存在困难。

1.2 火焰处理法

用高温火焰瞬时烧烤 PP 板表面,利用火焰中大量且具有强氧化性的离子与 PP 板表面发生脱氢和氧化反应,在表面生成羧基、羟基、羰基等含氧极性基团和不饱和双键,从而提高 PP 板表面的活化性。

1.3 紫外照射法

用紫外线对 PP 板表面处理会引起 PP 板表面的分子链结构断裂,引发交联反应,使得 PP 板表面发

收稿日期:2023-02-02。

第一作者:周 月(1997—),女,助理工程师;主要从事客车涂装技术的应用及客车其他化工材料的应用工作。E-mail:3242204291@qq.com。

生氧化,从而改进 PP 板的润湿性能和黏合性能。紫外线的处理结果与照射环境、照射时间、照射波长有关。例如:以中压汞灯为光源,在照射温度为 40 ℃ 的空气环境中,处理 24 h 后表面氧化形成羧基、羟基等,可提高 PP 板的附着性^[2]。紫外照射法设备投资费用高,参数控制要求严格且处理时间较长,难以在实际生产中推广使用。

1.4 表面涂覆处理

通过溶液或熔融方式将含极性基团的热塑性物质涂覆在 PP 板表面,如用氯化等规聚丙烯在 PP 板表面涂覆一层薄膜,PP 板与其他材料的热压粘接强度很好^[3]。

1.5 其他处理方法

除了以上几种方法,还有机械处理法、电晕处理法^[4]、低温等离子法^[5-6]及表面接枝改性法^[7-8]等。但是这些方法均存在成本昂贵、对设备要求高、可控性差等缺点,难以在工业生产中广泛应用^[9]。

综上所述,简单易行且改善效果明显的处理方法为火焰处理法和表面涂覆处理法。但考虑到我司的生产节奏较慢且目前只在高档出口车上使用顶棚胶粘工艺,对我司而言,表面涂覆处理法是最简单最经济的处理方法。下面就对表面涂覆处理方法展开试验研究。

2 样件试验

2.1 试验材料

A 公司的卡瑞得清洗剂 C-95,166 粘接胶(PU 胶),182 高温粘接胶(PU 胶),177T 粘接胶(MS 胶),卡瑞得 518 中性硅酮粘接胶(SR 胶);B 公司的 1007 塑料专用底涂剂、9331A 粘接胶(MS 胶)、6134 粘接胶(SR 胶);C 公司的 491-84C 附着力促进剂(塑料底漆);D 公司的 PP 蜂窝板。

2.2 表面底涂剂的选型

底涂剂是在粘接胶或胶黏剂施工过程中预先涂覆在基材表面的溶液状物质。表干后的底涂剂会在基材表面形成一层牢固的膜,起到引入极性基团、润湿基材、增大基材表面张力等作用。

根据 PP 板的属性选择 2 种塑料底涂剂进行试验,具体过程如下:取 27 块 PP 蜂窝板用卡瑞得清洗

剂 C-95 清洁后分成 3 组,分别是 166(PU)组、9331A(MS)组、6134(SR)组。每组密封胶有 3 种处理方式,即分别与经过 1007 底涂处理、491-84C 底涂处理以及无任何处理的 PP 蜂窝板进行粘接,每组中每种处理方式均做 3 块样板,试验结果取平均值,结果见表 1。

表 1 PP 板剥离结果

粘接胶	处理方式	剥离结果
166(PU)	1007 底涂	黏附破坏
	491-84C 底涂	黏附破坏
	无任何处理	无粘接力
9331A(MS)	1007 底涂	100%内聚层破坏
	491-84C 底涂	70%内聚层破坏
	无任何处理	无粘接力
6134(SR)	1007 底涂	100%内聚层破坏
	491-84C 底涂	50%内聚层破坏
	无任何处理	无粘接力

注:表中“黏附破坏”为粘接不良,“内聚层破坏”为粘接良好。

由表 1 可知,经过表面底涂剂处理后的 PP 板与不同种类粘接胶的粘接效果不同,而未经任何处理的 PP 板与试验所用的 3 种粘接胶均无粘接效果。这可能是由于 PP 板表面存在一定的微观且均匀的粗糙结构,当液体状态的底涂剂刷涂到其表面后就会浸入到这种微观结构中,固化后涂膜发生交联反应,底涂剂就能牢牢地黏附在 PP 板上,即产生了机械锚合作用;同时,底涂剂中的溶剂对 PP 板塑料表面有一定的溶蚀作用,能产生良好的湿润,从而为实现良好的粘接创造了前提条件;另一方面,PP 分子中含有一定的极性基团,在底涂剂溶剂的侵蚀下这些极性基团被激活,从而可与底涂剂中的一些极性基团形成化学键,固化后二者形成交联^[10]。

由表 1 还可知,1007 底涂剂处理过后的 PP 板表面胶粘性能明显优于附着力促进剂 491-84C 处理过的 PP 板的胶粘性能,这可能是因为 1007 塑料专用底涂剂以氯化聚丙烯(CPP)作为底漆树脂,根据“相似相容”原理,氯化聚丙烯与 PP 板相容性好,远胜于以环氧树脂作为底漆树脂的 491-84C 附着力促进剂。因此,下面选择 1007 塑料专用底涂剂作为 PP 板底涂

进行介绍。

2.3 粘接胶与 1007 底涂剂的相容性

1007 塑料专用底涂剂与 PP 板相容性好,但不足以保证良好的粘接效果,只有底涂剂对基材和粘接胶都具有良好的相容性时才能起到桥梁的作用,从而提高基材与胶之间的粘接力。因此需要进行粘接胶与 1007 底涂剂相容性试验。

取 18 块 PP 蜂窝板用卡瑞得清洗剂 C-95 清洁后分成 6 组,分别是 166(PU)组、9331A(MS)组、6134(SR)组、182(PU)组、177T(MS)组、518(SR)组,每组粘接胶均与用 1007 底涂剂处理后的 PP 板进行粘接试验,每组试验均做 3 次,试验结果平均值见表 2。

表 2 粘接胶与 1007 塑料底涂剂的配套性

粘接胶	剥离结果	粘接胶	剥离结果
166(PU)	黏附破坏	182(PU)	黏附破坏
9331A(MS)	内聚层破坏	177T(MS)	95%内聚层破坏
6134(SR)	内聚层破坏	518(SR)	内聚层破坏

注:表中“剥离结果”的含义与表 1 相同。

由表 2 可知,与 1007 底涂剂粘接后在剥离试验中达到 100%内聚层破坏的粘接胶有 9331A(MS)、6134(SR)、518(SR),这几种粘接胶配套性良好;其余粘接胶均配套不良。

2.4 粘接选型分析

根据表 2 试验结果,9331A(MS)胶、6134(SR)胶与 518(SR)胶均与 1007 底涂配套效果良好,达到 100%内聚层破坏,综合以下 2 点原因,最终只采用 9331A(MS)胶作为胶粘剂。

1) 相较于 SR 粘接胶,MS 胶的拉伸强度、剪切强度更高,固有弹性更好。3 种胶的主要性能参数见表 3。从表 3 中可以看出,9331A(MS)胶在拉伸强度、剪切强度、断裂伸长率方面性能更佳。一般而言,SR 密封胶受制于自身原因,其剪切强度不超过 2.0 MPa,低于 MS 胶;同时相较于 SR 密封胶,MS 胶断裂伸长率更高,固有弹性更好。MS 胶的固有弹性能吸收和补偿动态载荷,均匀传递力。事实上客车在弯曲工况与扭转工况下行驶时,顶棚上应力分布不均匀,最大值相差可达到几十 MPa^[11]。因此,选用断裂伸长率高、固有弹性好、可吸收和补偿动态载荷能力更佳的

MS 胶作为顶棚胶粘剂更为合适。

表 3 试验用粘接胶主要参数

粘接胶	拉伸强度/MPa	剪切强度/MPa	断裂伸长率/%
9331A(MS)	2.9	2.0	400
6134(SR)	1.7	1.3	280
518(SR)	1.0	0.8	300

2) 相较于 SR 胶,MS 胶的环保性能更加优越。6134 与 518 是硅酮胶会释放甲醛等挥发性有机物,VOC 含量较高并伴随着刺激性气味,适用于车身外部粘接作业;而 9331A(MS)胶不含甲醛和异氰酸酯,VOC 含量低且无刺激性气味,更加绿色环保。

2.5 底涂有效刷涂次数和底涂开放时间

底涂刷涂到基材后会在基材表面形成一层膜,这层膜过薄或过厚都会对附着力产生不利的影响。同时,表面涂覆处理具有时效性,若打粘接胶间隔时间过短,底涂来不及成膜;若间隔时间过长,底涂长期暴露于空气中存在失效的风险。因此把握底涂有效刷涂次数和底涂开放时间在生产中是十分必要的。

2.5.1 底涂有效刷涂次数

取 3 块 PP 板用卡瑞得清洗剂 C-95 整板清洁后每块板均划分 A、B、C、D、E 5 个区域,所有区域均用 1007 底涂进行表面处理,其中 A 区刷涂 1 遍,B 区刷涂 2 遍,C 区刷涂 3 遍,D 区刷涂 4 遍,E 区刷涂 5 遍,每遍间隔 15 min,刷涂完毕后等待 10 min 打 9331A,3 组试验结果的平均值见表 4。

表 4 底涂刷涂遍数对粘接性能(刀割剥离性能)影响

底涂刷涂遍数	破坏形式	残胶厚度
1 遍	内聚层破坏	√
2 遍	内聚层破坏	√
3 遍	内聚层破坏	×
4 遍	60%内聚层破坏	×
5 遍	50%内聚层破坏	×

注:表中“内聚层破坏”为粘接良好,√表示正常,×表示过薄。

由表 4 可知,底涂刷涂遍数为 1 遍和 2 遍时破坏形式为 100%内聚破坏,且残留在基材上的残胶厚度正常。当刷涂次数在 3 遍以上时破坏形式开始出现黏附破坏,且从第 3 遍起残胶厚度过薄(此现象对粘接效果存在不良影响)。

2.5.2 底涂开放时间

取1块PP板用卡瑞得清洗剂C-95整板清洁后划分A、B、C、D、E、F、G 7个区域,所有区域均用1007底涂剂刷涂一遍进行表面处理,随后打上9331A粘接胶。其中A区间隔10 min、B区间隔1 h、C区间隔4 h、D区间隔10 h、E区间隔24 h、F区间隔36 h、G区间隔96 h进行打胶处理,每组试验均做3次。试验结果平均值见表5。

表5 底涂开放时间对粘接效果的影响

底涂开放时间/h	刀割剥离性能	
	破坏形式	残胶厚度
0.17	内聚层破坏	✓
1	内聚层破坏	✓
4	内聚层破坏	✓
10	内聚层破坏	✓
24	内聚层破坏	✓
36	内聚层破坏	✓
96	40%内聚层破坏	×

从表5可知,1007底涂剂刷涂96 h后再打粘接胶,其刀割剥离性能的破坏形式下降至40%以下。虽然1007底涂剂的开放时间较长,但是考虑到开放时间过长,剪切强度存在下降的可能,且底涂剂是现涂现用工艺,建议尽量在12 h内进行打胶粘接作业,以保证底涂剂和粘接胶间的粘接可靠性。

3 样车验证

3.1 施工工艺

将与PP板粘接的骨架区域及PP蜂窝板背面用卡瑞得清洗剂C-95清洁,间隔10 min后在PP蜂窝板背面刷涂1007底涂剂1~2遍,同时将9331A粘接胶打在顶骨架下表面,具体打胶部位如图1所示,间隔10~20 min后进行顶棚与骨架粘接,要求打胶胶层底宽、高度均为8 mm。

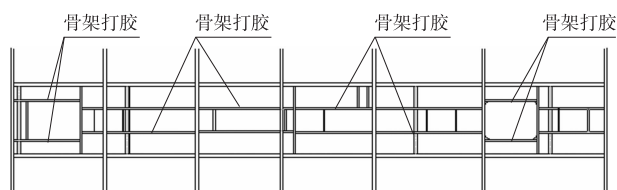


图1 某车型顶棚打胶部位示意图

3.2 粘接要点

PP板表面及骨架粘接面用卡瑞得清洗剂C-95进行清洁,确保清洁干燥,无灰尘、油污、水渍;等待10~15 min后将1007底涂剂刷涂在PP板粘接面1~2遍;清洁后等待10~15 min将9331A密封胶打在顶骨架下表面,间隔10~20 min后进行顶棚与骨架粘接。

3.3 粘接后效果

顶棚采用无铆钉纯胶粘工艺后整体美观大方,无脱落、无明显波浪不平等问题,大大提升了客车顶棚的观赏性,效果如图2所示。



图2 顶棚胶粘效果图

4 结束语

随着客车精细化、轻量化、绿色、舒适成为主要发展方向,“以塑代钢”成为解决客车工业发展的重要方案,在当前车用塑料中,聚丙烯是用量最大、使用频次最高、增长速度最快的品种,而整车内饰胶粘同样是不可避免的发展趋势。因此,聚丙烯板纯胶粘工艺将在客车领域中得到广泛应用;研发出聚丙烯板通用的免底涂密封胶以适用于各种改性聚丙烯板将成为研究热点。

参考文献:

- [1] 甄涛. 聚丙烯生产工艺和应用新进展[J]. 化学工程与装备, 2010(6): 131-132.
- [2] 王锐锋, 张广宏, 申太英. 聚丙烯塑料(PP)涂装前的表面处理[J]. 现代涂料与涂装, 2011, 14(2): 58-59.
- [3] 陈明安, 张新明, 雷秋玲, 等. 提高聚乙烯与聚丙烯板卷材表面粘接性能的途径[J]. 中国塑料, 2000, 14(11): 16-21.

(下转第58页)

3 结束语

通过提升格栅精度、优化胎具结构、完善工艺标准、控制施工过程、提升外检管控、控制悬架预装等措施,板簧车型推进线合格率由 70% 提升至 100%,空悬车型推进线合格率由 60% 提升至 83.26%,减少了后续修校及市场问题,保证车辆安全性的同时提升了产品质量。

参考文献:

- [1] 陈文弟. 客车制造工艺技术[M]. 北京:人民交通出版社, 2002:233-238.
- [2] 孙贵斌. 客车制造工艺[M]. 北京:机械工业出版社,2014: 73-77.
- [3] 徐中明,李晓,刘和平. 纯电动汽车动力总成悬置系统的优化[J]. 汽车工程,2012,34(9):806-810.
- [4] 李中好. 双横臂独立悬架前轮摆振与陀螺效应的动力学研究[J]. 汽车工程,2017,39(6):698-701.
- [5] 郑亮. 汽车前轮摆振试验研究[J]. 客车技术与研究,2006, 28(3):25-27.
- [6] 李胜,林逸. 汽车转向轮摆振研究[J]. 汽车技术,2004 (11):16-19.
- [7] 辛雨,赵春艳,李玉军. 某纯电动汽车悬置减震性能优化研究[J]. 道路与安全,2015,15(1):35-40.
- [4] BRIGGS D, KENDALL R C, BLYTHE R A, et al. Electrical discharge treatment of polypropylene film[J]. Polymer, 1983, 24(1):47-52.
- [5] 刘学恕,金杰. 低温等离子体对 F24 表面处理的研究[J]. 化学与粘合,1995(1):1-5.
- [6] 刘学恕,姚耀光,金杰,等. 低温等离子体对聚偏氟乙烯表面处理的研究[J]. 广州化学,1992(3):28-34.
- [7] EASTMAN CHEM CO. ADHESION-PROMOTING PRIMER COMPOSITIONS FOR POLYOLEFIN SUBSTRATES: EP99933614. 2[P]. 2006-05-17.
- [8] EAGAN L R, WILLIAMS A K, CHEEK M A. MODIFIED CHLORINATED CARBOXYLATED POLYOLEFINS AND THEIR USE AS AHESION PROMOTERS; US11218071[P]. 2011-11-15.
- [9] 王新良,伍川,董红,等. 提高硅橡胶/聚丙烯界面粘接强度的底涂剂性能研究[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版),2017,16(4):337-342.
- [10] 郭志光,顾卡丽,李健,等. PP 板表面涂料的研制[J]. 现代涂料与涂装,2003(3):10-12.
- [11] 施康. 蒙皮对客车车身底架和顶棚结构强度和刚度的影响[J]. 汽车研究与开发,2000(6):33-36.

(上接第 51 页)