

涂装基材表面清洁度、粗糙度及底漆种类对其底层附着力的影响

肖松

(湖南联诚轨道装备有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 通过在不同清洁度、不同粗糙度的基材表面, 涂装施工不同底漆涂层, 采用拉拔法对涂层附着力进行量化法测量, 然后对所得的附着力数值进行对比分析, 得知基材表面清洁度、粗糙度和不同底漆种类对涂层附着力的影响程度, 以指导涂装工艺工作。

关键词: 清洁度; 粗糙度及底漆种类; 涂层附着力拉拔数值

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2025)01-0067-03

Influence of Surface Cleanliness, Roughness and Primer Types on Adhesion to Coating Substrate

XIAO Song

(Hunan Lince Rolling Stock Equipment Co., Ltd., Zhuzhou 412001, Hunan, China)

Abstract: This paper quantifies the coating adhesion by using different primers on the surface of substrates with different cleanliness and roughness, and then compares and analyzes the adhesion values measured through a pull-off method. It determines the influence of substrate surface cleanliness, roughness, and different types of primers on the coating adhesion, aiming to guide the coating process work.

Key words: cleanliness; roughness and primer types; pull-off values of the coating adhesion.

0 引言

涂装是现代产品制造工艺中的一个极为重要工序, 它所涂装的涂层具有保护、装饰、标志作用, 并可赋予涂层特殊的功能。评价涂层质量标准主要从外观、附着力、厚度、色差、光泽等几个方面进行, 其中附着力尤为重要。因为附着力不合格将会直接导致涂层脱落, 使涂层完全失效, 致使用户遭受经济损失, 不可避免进行重新涂装。为确保产品出厂时涂层附着力合格, 现场常规检测附着力的方法, 主要采用依据 ISO 2409《色漆和清漆 划格试验》或 GB/T 9286《色漆和清漆 划格试验》进行划格法抽检, 以定性评判涂层附着力合格与否。但由于划格法检测附着力的方法具有破坏性和随

机性, 它所能抽检的部位也是极为有限的, 因此只有整个涂层附着力比较相近、一致时, 该方法才会有可行性, 否则可能导致误判。因此为保证涂层附着力比较均匀一致, 就必须从设计和工艺方法上, 确保涂装体系整体附着力优良一致, 其中涂装前表面的清洁度、粗糙度基本一致和选用底漆种类尤为重要。

底涂层与基材之间的附着力, 主要是通过喷砂或打磨使基材表面粗糙, 因为任何用于涂装的基材表面都不能是光滑的, 只有通过打磨或喷砂获得良好的表面粗糙度, 不但更加容易润湿, 而且会有一定的凹陷或者空隙, 调稀涂料进行渗透以形成物理锚栓增加附着力; 其次靠底涂层成分中分子与基材分子之间的范德华力, 且该引力的大小与他们之间距离的 6 次方成反比, 所以喷涂前表面不能有灰尘和油污, 否则就会拉大它们分子之间的距离, 从而降低涂层附着力; 再次就是通过增加底漆涂料中极性基团数量, 以增加与基材表

收稿日期: 2023-12-27

作者简介: 肖松(1972—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装工艺及涂料研发工作。E-mail: xsong158@126.com。

面附着力。此外,底漆层异常干燥(如温度过高或过烘烤时间过长)都会降低附着力;复合涂层之间还有各涂层之间附着力,会受溶剂溶解能力及是否为同种成膜材料的影响等,本文不再分析。现仅就影响底漆/底层与基材之间附着力的主要因素——基材表面清洁度、粗糙度及底漆种类分析如下。

1 不同清洁度附着力数值对比

为了对比基材表面清洁度对附着力影响,对 A4 纸大小的 5083-H22 铝板(5 mm 厚)8 块采用风动打磨机(P60 目打磨)打磨后,用压缩空气吹灰,分别用无纺布擦灰和无尘粘布擦拭除尘两种不同处理方法,得到不同清洁度等级表面,并按照 GB/T 18570.3—2005《涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)》评定表面清洁度等级。评级试板表面代表性放大 50 倍照片见图 1~2。然后在温度 32 ℃、相对湿度 65%条件下喷双组分 RAL3012 米红色环氧底漆 90~120 μm (分 3 次喷,中间间隔 10~15 min),60 ℃烘烤 2 h,在 (23±2) ℃、相对湿度 50%箱中放置 2 d。采用德国进口的原装 QNIX4500 测厚仪检测底漆层厚度;附着力数值采用标格达全自动数显拉开法附着力 BGD500/S 测试仪,拉拔试验采用 3M-420 环氧结构胶进行胶接试验头,并按要求进行附着力拉拔数值(取 5 点平均数值)检测,结果见表 1。附着力拉拔测试界面代表性照片(放大 50 倍)见图 3~4。



图 1 1# 试板喷砂粘灰清洁度等级 I 级照片



图 2 5# 试板打磨擦灰清洁度等级 V 级照片

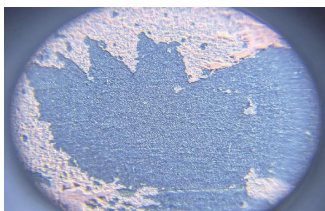


图 3 V 级清洁度拉拔分离面外貌(深色为基材)

表 1 各试板清洁度等级、底漆厚度和附着力数值参数

| 试板编号 | 表面清洁度等级 | 底漆层厚度/μm | 附着力/MPa |
|------|-------------|----------|---------|
| 1# | I 级/除尘粘布除尘 | 105~125 | 10.81 |
| 2# | I 级/除尘粘布除尘 | 100~120 | 9.69 |
| 3# | II 级/除尘粘布除尘 | 95~120 | 9.38 |
| 4# | II 级/除尘粘布除尘 | 95~115 | 8.96 |
| 5# | V 级/无纺布除尘 | 85~110 | 5.57 |
| 6# | III 级/无纺布除尘 | 95~120 | 6.03 |
| 7# | IV 级/无纺布除尘 | 110~130 | 5.94 |
| 8# | III 级/无纺布除尘 | 90~120 | 6.83 |

注:①喷底漆前只打磨后用无尘粘布粘灰或无纺布擦灰,不用清洗剂进行清洗;②除尘粘布是一种以纱布为基材、浸透了树脂、呈粘性的洁净制品,常用于从所有表面去除尘埃。



图 4 I 级清洁度拉拔分离面外貌(深色为基材)

从以上附着力拉拔数值和拉拔后分离界面可以看出:打磨后用除尘粘布除尘喷涂的底漆涂层附着力拉拔均值 9.71 MPa 比普通的无纺布除尘再喷涂的底漆涂层附着力拉拔均值 6.09 MPa 要高约 60%,且从分离界面图中也可看出黏附更牢固。

2 不同粗糙度附着力数值对比

分别采用风动打磨机(P60 目打磨)和喷砂(细砂 30 目)两种方法,对 A4 纸大小的 5083-H22 铝板(5 mm 厚)进行表面粗化处理,以获得不同粗糙的表面,再使用清洗剂将表面完全清洗干净,干后按照上述同样的喷涂工艺喷双组分 RAL3012 米红色环氧底漆进行制板,采用德国进口的原装 QNIX4500 测厚仪检测表面粗糙度数值和底漆层厚度;按照上述同样的方法测定附着力拉拔数值,各试板有关工艺及涂层参数见表 2。喷砂和打磨后放大 50 倍代表性照片见图 5~6。



图 5 铝板喷砂粗糙度 22~31 μm 照片

表2 各试板粗糙度、底漆厚度和附着力数值参数

| 试板编号 | 表面粗糙度 Ra/ μm | 底漆层厚度/ μm | 附着力/MPa |
|------|-------------------------|----------------------|---------|
| 9# | 18~30(喷砂) | 80~100 | 13.51 |
| 10# | 20~30(喷砂) | 85~110 | 11.14 |
| 11# | 25~34(喷砂) | 105~125 | 14.69 |
| 12# | 22~31(喷砂) | 95~126 | 13.03 |
| 13# | 5~9(P60 目打磨) | 85~110 | 11.10 |
| 14# | 6~9(P60 目打磨) | 95~120 | 10.88 |
| 15# | 5~8(P60 目打磨) | 95~115 | 12.06 |
| 16# | 5~8(P60 目打磨) | 90~120 | 9.36 |

注:喷底漆前打磨试板和喷砂试板均用清洗剂进行彻底清洗。

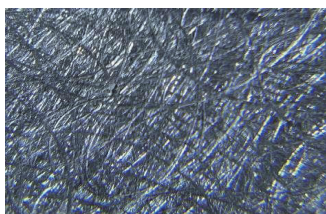


图6 铝板打磨粗糙度 5~9 μm 照片

从以上附着力拉拔数值和拉拔后分离界面可以看出:喷砂清洗后喷涂底漆涂层附着力拉拔均值 13.09 MPa,比打磨清洗后喷涂底漆涂层附着力拉拔均值 10.85 MPa 要高约 20%,且从分离界面图中也可看出黏附更牢固。同时,13#~16# 试件附着力拉拔数值与 1#~4#、5#~8# 对比,同样是打磨工艺,因为清洁工艺不同清洁度不同,附着力拉拔数值相差 60%以上。

3 不同底漆附着力数值对比

制板采用 A4 纸大小、材质 5 mm、5083-H22 铝板,采用风动打磨机打磨(P60 目)工艺,并使用清洗剂彻底清洗干燥后,分别采用双组分 RAL3012 米红色环氧底漆/双组分 RAL9016 白色聚氨酯底漆喷涂按上述涂装工艺处理好的试板,采用上述类似的测试方法,测得各试板有关工艺和涂层参数见表 3。

表3 环氧底漆/聚氨酯底漆在打磨表面测得的涂层参数

| 试板编号 | 底漆种类 | 底漆层厚度/ μm | 附着力/MPa |
|------|-------|----------------------|---------|
| 17# | 环氧底漆 | 70~85 | 10.88 |
| 18# | 环氧底漆 | 70~90 | 11.89 |
| 19# | 环氧底漆 | 85~100 | 11.46 |
| 20# | 环氧底漆 | 85~100 | 12.53 |
| 21# | 聚氨酯底漆 | 80~105 | 6.88 |
| 22# | 聚氨酯底漆 | 75~100 | 7.59 |
| 23# | 聚氨酯底漆 | 70~95 | 6.94 |
| 24# | 聚氨酯底漆 | 75~102 | 7.21 |

从以上附着力拉拔数值和拉拔后分离界面可以看出:双组分 RAL3012 米红色环氧底漆涂层附着力拉拔均值 11.69 MPa,比双组分 RAL9016 白色聚氨酯底漆涂层附着力拉拔均值 7.155 MPa 要高约 60%,黏附更牢固。

4 结语

在多年的涂装工艺研究工作中,因轨道交通行业对涂装质量要求较高,尤其是对附着力要求高,所以特进行本底层附着力黏附强度数值的研究。

1) 清洁度对附着力的影响

1#~4#、13#~16#、17#~20# 这 3 组试板,均采用相同的打磨工艺、底漆和制作工艺,得到的表面清洁度等级应为相似的,所以附着力拉拔数值较为接近,且均值 10.75 MPa;而 5#~8# 试板组,其制作材料、工艺和参数均相近,仅因为清洁后表面清洁度较差,附着力拉拔均值只有约 6.1 MPa,下降了近 40%,由此可见清洁度在涂装作业的重要性。

2) 粗糙度对附着力的影响

9#~12# 试板采用喷砂工艺,而 13#~16# 试板采用打磨工艺,其他制作材料、工艺和参数均相近,仅因为表面粗糙度相差,喷砂附着力拉拔均值为 13.09 MPa,而打磨附着力均值为 10.85 MPa,仅相差约 20%。按照一般涂装要求附着力应优于 1 级,对应的拉拔数值约 2 MPa,而轨道交通行业最低要求附着力拉拔数值大于 3 MPa,最高要求大于 5 MPa,因此从试验数值看,只要打磨仔细彻底,清洁到位,是完全能满足涂装技术要求的。

3) 不同底漆种类对附着力的影响

底漆种类因含极性基团的不同而导致底漆层与基材面附着力差异,现已知的底漆种类中双组分环氧底漆与基材表面的附着力最优,其他底漆种类相对差一些。本试验采用双组分聚氨酯底漆(17#~20# 试板)与双组分环氧底漆(21#~24# 试板)进行对比试验,双组分环氧底漆附着力拉拔均值 11.69 MPa,比双组分聚氨酯底漆涂层附着力拉拔均值 7.16 MPa 要高约 60%,因此可见底漆种类对附着力的影响还是很大的。◆

