

玻璃钢船艇涂料喷涂工艺研究

覃万云

(湖北三江船艇科技有限公司, 湖北 孝感 444200)

摘要: 三人乘用水上摩托艇外壳采用模压玻璃钢成型(SMC)之后表面喷漆工艺,要求外观高光亮,适合于淡水、海水高速运行环境,对涂料和涂装都提出了较高的要求。通过对涂料及其涂装工艺的深入研究,研制出了符合要求的涂料组合及切实可行的涂料喷涂工艺方法,满足了产品的需要,并为同类产品的涂料工艺提供了有效的参考。

关键词: 玻璃钢; 船艇; 涂料喷涂; 工艺

中图分类号: TQ633; TQ639.8

文献标识码: A

文章编号: 1007-9548(2011)02-0063-03

Study on Paint-spraying Process of GFRP Boats Coatings

Qin Wanyun

Abstract: The three-passenger water motorboat followed by SMC molding, it was subjected to paint spraying, requiring highly bright appearance as well as endurance of travelling on fresh water and sea water, the paint and spraying process were highly demanded. Suitable paint combination and practical coating-process were obtained by exploring the paint and coating process which satisfied the needs of the product and also providing the reference for the similar products.

Key words: glass fiber reinforced plastic (GFRP), motorboat, paint-spraying, process

1 引言

三人乘用水上摩托艇由于在水上高速运动,既要求有很好的耐海水冲刷和腐蚀性能,同时又要求有艳丽、光亮的外观颜色,以达到较好的视觉效果。目前国内尚无现成的涂料和涂覆工艺可以直接借用。通过综合分析,从产品基材的特性着手,按照涂料选择、工装设备制做、施工工艺实施等方面逐一深入研究和试验,研制出了适合在模压玻璃钢艇身(SMC)外表面涂覆的涂料及工艺方法,达到了预期目的,其良好的耐高速海水冲刷和腐蚀性能、炫丽的色彩和整体外观形象都得到了用户的称赞,总体水平达到国际一流水准。

2 玻璃钢艇涂料技术要求

2.1 外观要求

要求涂层光滑平整、光色均匀、分色清晰,不允许

有流疤、集结的砂粒、皱皮、漏漆缺陷,漆膜丰满光亮。

2.2 涂料性能要求

附着力: ≤ 1 级(GB/T 9286);铅笔硬度: $\geq H$ (GB/T 6739);光泽度: $\geq 95\%$ (GB/T 9754);耐水性: ≥ 700 h(GB/T 5209),漆膜表面无变化,艇身在淡水和海水环境中长期使用时,不得出现掉漆、起皮以及鼓泡等现象;耐候性: ≥ 700 h(GB/T 18645),漆膜表面符合GB/T 1766中0级标准,2年内漆膜完整,不起泡、粉化、开裂,光泽度 $\geq 60\%$;耐腐蚀性:在中性盐雾中700 h无变化(GB/T 1771);漆膜厚度: $100 \sim 120 \mu\text{m}$ (GB/T 1764)。

3 玻璃钢艇用涂料的研究

市场上的涂料种类繁多、千变万化,但简单、单纯地选择其中的任何一种或一类涂料都不能达到摩托艇

涂料的要求。因此,根据玻璃钢艇身涂料的使用要求,研制合适的涂料是玻璃钢涂料喷涂工艺研究的基础。

(1)底漆的作用:①封闭、填充作用,也就是填补缺陷,基材上细小的缺陷,在清理之后喷涂底漆进行封闭、填充;②保护、隔离,提高涂料附着力,在基材和面漆之间起着承上启下的作用;③具有打磨性,可以消除面漆喷涂之前的 SMC 表面细微不平缺陷,同时可提高涂膜表面的丰满度。以丙烯酸、聚氨酯、环氧树脂为主要成膜物质的涂料,可满足附着力强、耐水、耐腐蚀的要求,其中丙烯酸树脂漆具有高光泽,耐候性好,常用来制作面漆;聚氨酯树脂漆常用作家具漆;环氧树脂漆因其不耐候,常在室内使用和用作底漆。而且市场上丙烯酸树脂漆、聚氨酯树脂漆比环氧树脂漆的价格相对要高,因此,选用环氧树脂漆比较符合要求。

环氧树脂的分类及用途见表 1。

表 1 环氧树脂的分类及作用		
分 类	用 途	
缩水甘油醚类	缩水甘油醚	大多数环氧树脂涂料由此物质成膜制成
	缩水甘油酯	典型的代表是粉末涂料中的 TGIC(异氰尿酸三缩水甘油酯)
	缩水甘油胺	涂料中不常用
非缩水甘油类	此类树脂产量较少,用于辐射固化的阳离子聚合涂料	

缩水甘油醚构成的环氧树脂,具有高度活泼性,使环氧树脂能与多种类型固化剂发生交联反应形成三维网状结构的高聚物。由于分子链中固有的极性羟基和醚键的存在,使其对各种物质具有很高的黏附力,环氧树脂中含有芳香醚键,漆膜经日光(紫外线)照射后易降解断链,所以户外耐候性差。环氧树脂不耐户外日晒,漆膜容易失去光泽,然后粉化,不宜用作户外的面漆,本设计用作底漆。

由于环氧基团的活泼性,其能与胺类、酚类、羧基等发生反应,形成具有不同性能的漆膜。因为胺类(多元胺)能在常温下固化环氧树脂,低温烘烤可以加速涂料的固化,故选用多元胺类产品作为环氧底漆的固化剂,环氧漆和固化剂共同构成了双组分涂料。同时为了提高生产效率,适合生产线运行,专门制作了低温(80℃)烘烤设备。

(2)面漆的作用:①装饰作用,让艇身具有漂亮的外观;②保护作用,保护艇身免受空气、海水等的侵蚀。面

漆应有强的附着力,较高的硬度,耐水、防腐、耐候,同时具有易打磨、抛光性。

丙烯酸树脂的分类及作用见表 2。

表 2 丙烯酸树脂的分类、特点及用途			
分 类	特 点	用 途	
挥发型	常温自干,操作简单、方便,不需要烘干设备	可用于产品修补和有些不耐温的产品表面涂装	
交联型	常温交联	因交联固化后漆膜为网状结构,不熔不溶,提高了多方面的物理性能及防腐蚀、耐化学品性,由于树脂相对分子质量小,可在不太高的黏度下制成高固体分涂料,提高涂膜的丰满度	适用于常温和低温固化的产品表面涂装
	烘烤交联		在加热和辐射的状态下进行固化反应。适用于各种不同的产品表面涂装,主要是耐温和耐辐射产品
	辐射交联		

SMC 玻璃钢模压的艇身不耐高温,选择常温交联型涂料较为合适。常温交联型是侧链带羟基的丙烯酸酯树脂和多异氰酸预聚物分装而成。由于丙烯酸酯树脂和聚氨酯都具有良好的性能,所以其固化后的漆膜具有优异的丰满度、光泽、耐磨、耐划伤、耐水、耐溶剂及耐化学品腐蚀性,如采用脂肪族多异氰酸酯作固化剂时更有优良的耐候性、保光保色性和柔韧性。因此,双组分丙烯酸聚氨酯涂料是所需要的面漆方案。

4 玻璃钢艇涂料喷涂工艺设计

4.1 涂料喷涂工艺流程

涂料喷涂工艺流程如下:舰艇打磨→清洗→吹干→保护→上线→烘干→冷却→去静电→除尘→喷底漆→流平→升温→固化→冷却→下线→晾置→刮腻子→晾置→打磨→清理→刮灰→晾置→打磨→清洗→吹干→保护→上线→烘干→冷却→晾置→冷却→去静电→除尘→喷面漆→流平→升温→固化→冷却→下线→晾置→打磨→抛光→喷贴标识→晾置→包装。

4.2 工艺要点分析

工艺要点分析见表 3。

5 工艺验证

5.1 工艺方案验证

工艺方案验证见表 4。

5.2 涂料方案验证

涂料方案验证见表 5。

5.3 实施中涂膜质量问题、原因分析及解决措施

涂膜质量问题、原因分析及解决措施详见表 6。

6 结语

本文通过对玻璃钢船艇用涂料及涂装工艺的研

表 3 工艺要点分析

工序名称		要 点 分 析
打磨	基材	基材与底漆接触,要求两者之间具有较强的附着力;一方面,模压基材表面的波纹、不平、局部毛刺、飞边、表面油污、灰尘、脱膜剂等,必须彻底打磨、清理干净,确保涂料的附着力;另一方面,基材表面打磨不能太光,以干净、粗糙为原则,因此,打磨用砂纸是较粗型号的,一般选择 60°~100°、360°~400° 为宜
	腻子	SMC 模压材料表面有较多的细小孔洞、缺料等,需用双组分腻子填补,腻子填补工序由手工分次完成,腻子固化之后会变硬,而且不平整,需要打磨平整后才能满足喷漆的要求,腻子打磨比基材打磨要细致,选用 360°~400°、800° 左右的中粗砂纸较宜
	红灰	腻子填补的是较大的孔洞和缺陷,有些针孔类或腻子中的微小缺陷需用填眼灰填补,从而使后期喷漆效果更好,填眼灰为单组分,其各方面性能不如腻子,只能填眼,不能大面积使用,也不能大面积保留,填眼灰需要打磨干净,用 800°~1000° 砂纸打磨较宜
	面漆	面漆喷涂之后表面会不同程度地存在一些缺陷,如:流痕、气泡、多余物等,需要对其处理,在处理之前,要对缺陷处进行打磨处理,因面漆质量要求较高,一般选择 1500°~2000° 的细砂纸为宜
清洗		每道打磨工序之后都有一道清洗工序,目的是去除打磨之后余留的多余物。磨腻子、灰、面漆可以完全采用水磨
烘干	水分烘干	经过水磨和水清理后的产品表面会不同程度地存在一些水分,影响后期的涂料喷涂,因此在喷漆之前需要增加一道水分烘干工序,确保喷涂表面水分彻底清除
	涂料烘干	虽然选用的是常温可固化的涂料系列,但因其固化时间太长(充分固化需 7 d 以上),不能满足生产线及批量生产的要求,环氧涂料本身的固化温度不能低于 10 ℃,另外,喷涂好的涂料长期存放不固化,对停放间的环境要求很高,且停放场地较大,不经济。若环境要求达不到,会影响涂料质量,因此工艺上采用了低温固化的措施,以加速涂料的固化,确保涂料质量和效率
冷却	冷却擦净除静电	经过水分烘干之后的产品表面温度较高,如立即喷漆会出现诸如“痱子”等不良现象,需要使其温度尽快降低到喷涂温度,工艺上采用了强冷的措施;玻璃钢属于非金属材料,产品表面易产生静电,影响涂料的附着力,在喷漆之前设置除静电工序;同时喷漆之前要求产品表面充分干净,采取了洁净压缩空气吹、清水清洗等工序,同时在喷漆之前设置了擦净工序,采取专用的黏性擦布去除其它方法不易去掉的多余物,确保充分洁净
	涂料冷却	涂料烘烤之后温度较高,不能很快降温,影响后期操作,需要对其强制冷却,使其快速冷却,满足生产要求
喷漆		涂料的最佳喷涂温度为 15~25 ℃,最佳湿度为 55%~75%,底漆与基材间、底漆与面漆间均要求有极好的附着力,面漆是 95% 的高光涂料等,这些都要要求喷漆须在良好的环境中进行;环氧和丙烯酸聚氨酯涂料均有毒,喷涂时会污染环境、伤害操作者,须采取措施控制喷涂环境,工艺上设计制做了无尘喷漆室,通过升降温的方式控制环境温、湿度,采用封闭式喷漆确保漆雾不扩散、抽风系统保持良好的通风、过滤系统确保喷涂空气和排除空气的洁净
流平		涂料喷涂之后不能立即进入烘干间,防止涂料表面出现“痱子”等缺陷,需要流平以消除橘皮等,让稀释剂部分挥发,使涂料分布尽量均匀、平整、一致,流平环境应洁净,温湿度适宜,通风良好

表 4 工艺方案验证

工艺参数	最佳参数值	控制方法	工艺参数	最佳参数值	控制方法
喷漆温度	15~25 ℃	温度低时,加热处理;温度高时,降低涂料黏度或用慢干稀料	流平时间	12 min	按节拍运行
喷漆湿度	55%~75 %	加温除湿	水分烘干时间	12 min	按节拍运行
喷漆黏度	13~17 s	温度低时取上限,温度高时取下限	冷却、擦净时间	12 min	按节拍运行
喷枪口径	1.8~2.0 mm	选用 1.8~2.0mm 口径的喷枪	涂料升温过渡时间	12 min	按节拍运行
喷涂距离	200~300 mm	培训、掌握	涂料固化时间	36 min	按节拍运行
喷涂速率	40~60 cm/s	培训、掌握	涂料冷却时间	12 min	
搭接宽度	1/3~1/2	培训、掌握	基材清理	干净	表面全打毛,无光滑表面
空气洁净度	10 000 级	定期更换过滤棉,涂前清洁环境	刮腻子	无缺陷	肉眼观察,表面平整
空气油水	无	油水分离器	晾置	干燥	1 h 以上,腻子打磨不发黏
喷涂压力	0.5~0.8 MPa	空压机控制	刮灰	无针眼	肉眼观察,表面无针孔
喷枪运行方向	前后 2 遍纵横交错	培训、掌握	晾置	干燥	产品刮完灰后可直接进入打磨工序
每遍间隔时间	3~5 min	按节拍运行	面漆外观	无缺陷	肉眼观察,表面无缺陷,抛光处理

究,设计出了符合要求的涂料组合及切实可行的涂料喷涂工艺,并在生产实际中得到应用,取得了良好的效果,产品主要用于出口,得到了用户的充分肯定和

认同,对同类产品的研究具有一定的借鉴意义和参考价值。

(下转第 68 页)

泳输送方式,如德国 DURR 公司设计的 RoDiP-3 输送机系统,EISENMANN 公司设计的 Vario-Shuttle 多功能穿梭式输送机系统等都是目前先进的输送机系统。

4.1 输送机运行方式

RoDiP-3 输送机系统及 Vario-Shuttle 多功能穿梭式输送机系统在槽内可 360°自由翻转,并且车身在工艺槽内能小幅度地摆动,采用 RoDiP-3 及 Vario-Shuttle 输送机系统的电泳在提升轿车车身防腐性能方面的优点有以下几点:

(1)彻底消除了车身后盖、车顶盖内的气泡;能有效地排除轿车车身内腔及车身底部的空气,而传统的摆杆链出入槽的角度约 45°,车顶盖内等部位的气泡不能彻底清除,无法泳涂上电泳膜,使此部位的防腐性能不能达到要求。RoDip-3 技术可以实现车身在槽内 360°翻转,彻底消除气泡缺陷,提高整车的防腐性能。

(2)由于车身翻转出槽,有利于槽液快速从车内流回主槽,可缩短相对沥液时间。生产过程中可减少电泳漆被车身连续带入后面的超滤液槽,降低超滤液槽的固体含量,从而提高电泳湿膜车身的清洗效果,能够改善烘烤后的电泳漆膜外观;

(3)电泳漆膜均匀,车身内腔膜厚提高;RoDip-3 系统涂装后的外表面膜厚波动小于 1.5 μm ,而普通电泳外表面膜厚波动在 4 μm 左右。测试数据显示平面和

垂直面的膜厚差距在 1~2 μm 。采用 RoDip-3 技术可提高电泳漆的泳透率,保证车身内腔膜厚大于 12 μm ,大大提高了车身内表面的防腐蚀能力。

4.2 前处理电泳相关工艺设备

在设计涂装车间时,对前处理及电泳的附属设备选择也是至关重要的,如果选错不当,会造成脱脂不尽、磷化车身颗粒较多等问题,同样也会对轿车车身的防腐性能产生严重影响。目前,各轿车厂家普遍使用的设备有:前处理除铁屑系统、除油系统、磷化除渣系统、RO 系统等,这些辅助系统能有效除去槽液中的油污、铁屑等,保持槽液的稳定性,从而能够保证产品的一致性和满足轿车车身防腐性能的需要。

5 结语

随着新工艺、新技术的不断涌现,如纳米陶瓷材料和硅烷技术,能取代现有的表调、磷化、钝化工艺。对于现代汽车尤其是轿车,人们不仅追求线条流畅的外形,而且对汽车的外观质量、装饰和使用寿命也提出很高的要求。汽车业的发展变化对涂料提出高品质、低消耗和环保技术等要求,这些都对现代汽车涂层材料和工艺提出挑战。提高汽车的耐蚀性和外观质量,着重是提高设计的合理性及应用先进的防腐工艺和材料。

收稿日期:2010-03-12

(上接第 65 页)

表 5 涂料方案验证

性能	底漆	底漆+面漆	测量方法	结果	说明
附着 力/级	0	0	GB/T 9286—1988	合格	
硬度		H	GB/T 6739—1996	合格	
光泽 度/%		98,96	GB/T 9754—1988	合格	
耐水性		10 d	50℃水浴加热 不少于 84 h	合格	0.5%盐水 4 个月浸泡无变化
耐候性		800 h	GB/T 1865—1997	合格	12 个月露天环境存放无变化
耐腐蚀性		1 000 h	GB/T 1771—1991	合格	天然海水浸泡 4 个月无变化
耐油性		无变化	93#汽油 4 h	合格	
膜厚/ μm	45~65	100~120	GB/T 1764—1979	合格	
外观 质量		偶有 多余物	目测	合格	局部抛光处理

表 6 涂膜质量问题、原因分析及解决措施

现象	原因分析	解决措施
痂子	①漆膜下陷入水气或污物之后不能及时排出产生;表面水气或油污未除净,环境污染或操作者手指上的油脂等;②空气湿度太高造成水分渗入	①检查喷涂基材表面应无油污和水分,加强升温烘烤和涂前擦尘控制,操作人员操作之前吹净灰尘,密闭操作;②空气湿度控制在要求范围之内;③采用慢干涂料或降低涂料黏度的方法,减慢涂料干燥速率,让水气充分排出
针眼 气孔	模压玻璃钢表面针孔、气孔缺陷较多,若前期处理不充分,会导致涂料表面针眼、气孔较多	①提高模压件模压质量,减少表面针眼、气孔;②增加刮腻子刮灰的次数,减少缺陷数量;③增加喷底漆工序,弥补针眼和气孔
流挂	①涂料黏度过低;②一次涂装过厚;③喷涂气压过小、距物面太近、喷枪移动速率过慢、有重叠喷涂现象等	加强操作人员培训,使其充分掌握喷漆要领
橘皮	①涂料黏度过高;②溶剂挥发过快;③流平时间不够	①调整涂料黏度;②选用慢干稀释料;③按要求时间流平

收稿日期:2010-10-08