

电泳涂装工艺参数对铝型材涂膜质量的影响

柯跃虎

(广东鸿昌化工有限公司, 广东 顺德 528329)

摘 要: 针对自行开发合成的铝型材丙烯酸阳极电泳涂料, 探讨了漆液固体含量、电泳电压、电泳时间、漆液 pH、助溶剂等电泳涂装因素对涂膜外观和厚度的影响。

关键词: 铝型材; 电泳涂料; 丙烯酸树脂

中图分类号: TQ639

文献标识码: B

文章编号: 1007-9548(2010)07-0051-04

The Influence of Electrophoretic Coating Process Parameters to Coating Quality of Aluminum

KE Yue-hu

Abstract: Self-developed aluminum acrylic anode electrophoresis paint was prepared, the influence such as lacquer solid points, electrophoresis voltage, electrophoresis time, paint fluid pH value and cosolvent factors to electrophoretic coating appearance and thickness of film were discussed.

Key words: aluminum profile, electrophoretic coating, acrylic resin

1 引言

电泳涂料是为电泳涂装工艺而开发的一种涂料, 它是一种水溶性或水乳化型涂料, 在水中能够离解为带电荷的大分子离子, 在直流电电场的作用下, 移向与本身极性相反的极板(被涂物)上, 在其表面沉积析出。电泳涂膜具有高耐候性、高耐蚀性、高透明度、装饰性好、环保安全的特点, 已经成为我国铝型材加工的重要材料。

影响电泳涂装的因素很多^[1], 施工条件(如电泳电压、电流密度、电沉积时间、搅拌、阴阳极面积比及极间距等)和漆液参数(如固体含量、pH、颜基比、助溶剂等)的变化都将对电泳效果产生不同的影响。

针对合成的丙烯酸阳极电泳涂料^[2], 主要探讨了漆液固体含量、电泳电压、电泳时间、漆液 pH、助溶剂等因素对涂膜外观和厚度的影响。

2 试验部分

2.1 原料

甲基丙烯酸甲酯(MMA)、甲基丙烯酸(MAA)、甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)、甲基丙烯酸乙酯(EMA)、甲基丙烯酸异冰片酯(IBMA)、苯乙烯(St)、丙烯酸丁酯(BA)、六甲氧甲基三聚氰胺, 均为工业级; 偶氮二异丁腈(AIBN)、异丙醇、甲基异丁基甲酮、二甲氨基乙醇,

均为化学纯, 自制蒸馏水。

2.2 树脂组成及配比

树脂组成及配比见表 1。

表 1 基料树脂组成及配比

原料名称	用量 /%	原料名称	用量 /%
MAA	8~10	IBMA	3~5
MMA	10~18	St	12~15
HEMA	12~25	BA	30~35
EMA	10~15	AIBN	1.3~1.5

2.3 丙烯酸树脂的合成工艺

在装有回流冷凝管、温度计、搅拌器的 500 mL 四口烧瓶中, 加入 50 g 异丙醇与甲基异丁基甲酮的混合溶剂, 水浴情况下搅拌升温至 75~80 ℃。按上述配方将单体和引发剂 AIBN 的 100 g 混合物在 2.0~2.5 h 内滴加完毕。保温 1 h 后补加少量的引发剂, 升温至 85 ℃后继续保温 2~3 h, 最终得到无色或浅黄色的丙烯酸树脂(固含量 65%左右)。

2.4 透明阳极电泳涂料的配制

在上述得到的树脂中加入 10 g 六甲氧甲基三聚氰胺, 搅拌均匀后加入 6.6 g 二甲氨基乙醇, 搅拌 10 min 后再加入 750 g 去离子水, 充分搅拌均匀, 配成树

脂固体含量为12%的电泳涂料。

2.5 电泳

以不溶性导体作阴极,以前处理过的铝型材作为阳极进行阳极电泳试验。所接电压为120 V的直流电压,电泳时间1~2 min。得到的不溶性涂膜经水洗晾干后,分别在160℃、30 min,170℃、20 min条件下固化,涂膜光泽良好。

2.6 分析测试

涂膜性能测试按照相关国家标准进行;红外表征用Spectrum2000 FT-IR进行。

3 结果与讨论

3.1 槽液固体含量对涂膜厚度和外观的影响

在电压为120 V、pH为7.8、电泳时间为2 min、电泳槽液温度为(25±2)℃的条件下,探讨了槽液固体含量对涂膜厚度及外观的影响,结果见图1和表2。

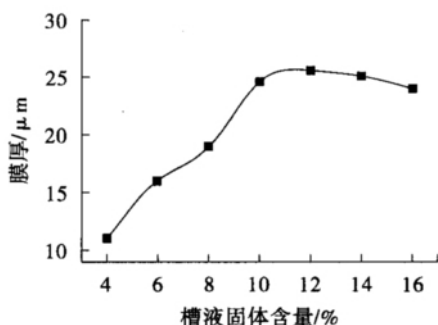


图1 槽液固体含量对涂膜厚度的影响

表2 槽液固体含量对涂膜外观的影响

固体含量/%	涂膜外观
4	膜薄,有针孔
6	膜平整,有细微针孔
8	膜平整光亮
10	膜均匀平整光亮
12	平整,有少量橘皮,不光亮
14	橘皮严重
16	膜粗糙,大量橘皮

从图1和表2可知,在一定范围内,涂膜厚度随槽液固体含量的增加而增加。当固体含量达到约12%时,膜厚达到最大值。固体含量进一步增加,膜厚反而减少,原因可能是由于固体含量过高时,体系黏度大,不利于粒子的泳动。从涂膜外观来看,当固体含量过高时,电沉积速率加快,涂膜表面产生橘皮,光洁度下降。另一方面,如果固体含量过低,形成的涂膜很薄,有细微针孔出现,同时低固体含量会加速槽液的水解,使槽液的稳定性变差,也将导致形成的涂膜外观性能变差。结合涂膜外观及厚度因素,电泳液固体含量控制在

10%左右较理想。

3.2 电泳时间对涂膜厚度和外观的影响

从通电开始到电沉积结束所用的时间称为通电时间。在电流电压为120 V,固含量为10%,pH为7.8,电泳槽液温度为(25±2)℃的条件下,考察了电泳时间对涂膜厚度和外观的影响,结果见图2和表3。

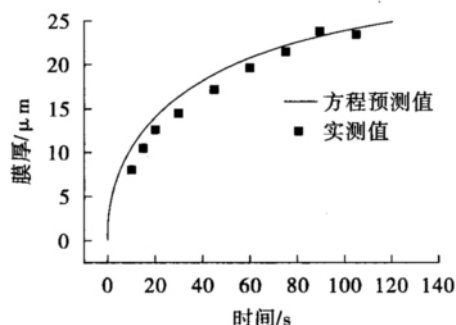


图2 电压120 V时涂膜厚度随时间增长的实测值与方程预测值比较

表3 电泳时间对涂膜外观的影响

电泳时间/s	涂膜外观
60	膜薄,平整,有小针孔
80	平整光亮,有细微针孔
100	平整光亮
120	平整光亮,丰满度高
140	平整,少量橘皮,不光亮
160	橘皮严重

在电压为120 V,且在一定的时间范围内,涂膜厚度与时间的关系可用下述方程表示^[3]:

$$t=386.36-114.46 \ln(29.24-\delta)-3.91\delta$$

从图2可以看出,通电过程中,涂膜逐渐增厚,刚开始随着时间的延长增厚较快,但由于所形成涂膜的非导电性,当膜厚增加到一定值时,进一步延长电泳时间并不能增加涂膜的厚度,而从表3发现,电泳时间过长反而加剧了副反应,导致涂膜外观形态变差。本试验条件下电泳时间控制在1.5~2.0 min内较为适宜。另外要注意,当电泳过程基本结束后,应尽快从电泳槽中取出被涂物。否则,涂膜将发生再溶解而变薄。

3.3 槽液 pH 对涂膜厚度和外观的影响

在电压为120 V、固含量为10%、电泳时间为2 min、电泳槽液温度为(25±2)℃的条件下,考察槽液pH对涂膜厚度及外观的影响,结果见图3和表4。

从图3和表4可以看出,当pH控制在7.8左右时,涂膜的厚度较大,且涂膜外观也较好,针孔出现极少。当pH大于9.0时,针孔大量出现。由于pH过高时,电泳时运动的固体粒子较多,电极反应太快,涂层

不均匀,最为严重的是,沉积在工件上的涂膜被再溶解的趋势加大,被回溶的量随 pH 偏离程度的增长而增加,使沉积出的涂膜变薄,失光甚至露底。但如果 pH 过低时,槽液亲水性将下降,从而产生凝聚,槽液稳定性变差。试验的 pH 一般控制在 8.0 左右。

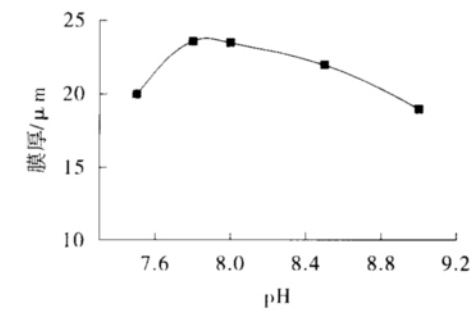


图3 槽液pH对涂膜厚度的影响

表 4 槽液 pH 对涂膜外观的影响

pH	涂膜外观
7.5	平整,光亮
7.8	平整光亮,膜丰满
8.0	平整光亮
8.5	平整,有细微针孔,光泽低
9.0	膜薄,水洗后有脱落,针孔多,不光亮

3.4 电泳电压对涂膜厚度和外观的影响

在固含量为 10%、pH 为 7.8、电泳时间为 2 min、电泳槽液温度为 (25±2) °C 的条件下,考察电泳电压对涂膜厚度及外观的影响,结果见图 4 和表 5。

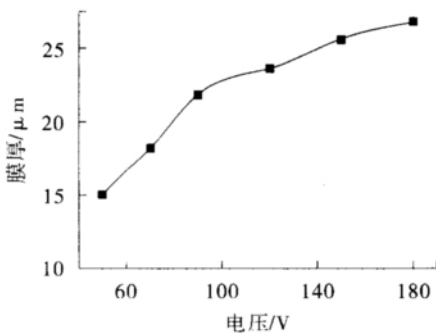


图4 电泳电压对涂膜厚度的影响

从图 4 和表 5 可以看出,在电泳过程中,电压的增高有利于涂膜厚度的增加。电压较低时,电极反应缓慢,电沉积量少,涂膜薄。电压继续升高时,电场作用力强,电沉积量增加较快。但电压过高,电解反应加剧,电极表面会产生大量气体,涂膜厚度过大,膜层粗糙,气泡针孔多,烘烤后外观很差,涂膜有脱落现象,这样的涂层已达不到装饰和保护的目的了。因此,在保证涂膜

厚度及泳透力的前提下,应尽可能采用低的电压进行沉积。这样既可减少高电压引起过强的电解反应,也可降低对电源容量的要求。本试验中电压选择在 120 V 左右。

表 5 电泳电压对涂膜外观的影响

电泳电压 /V	涂膜外观
50	涂膜薄,有细小针孔
70	膜薄,较致密,光泽差
90	膜较致密,光泽好
120	平整光亮,丰满度好
150	有细微针孔
180	针孔多,涂膜部分脱落

3.5 槽液温度对涂膜厚度和外观的影响

在固体含量为 10%、电压为 120 V、电泳液 pH 为 7.8、电泳时间为 2 min 的条件下,探讨了涂膜厚度及外观与槽液温度之间的关系,结果见图 5 和表 6。

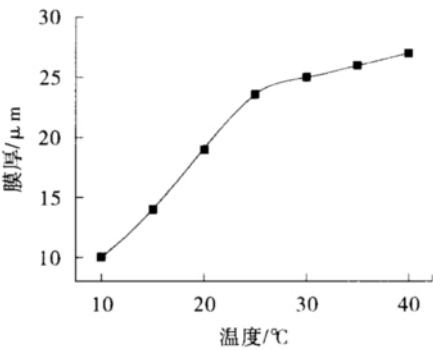


图5 槽液温度对涂膜厚度的影响

表 6 槽液温度对涂膜外观的影响

槽液温度 /°C	涂膜外观
10	膜较薄,致密平整,针孔多
15	膜薄,致密平整,有细微针孔
20	平整光亮
25	平整光亮
30	膜平整,有细微针孔
35	膜粗糙,针孔较多
40	膜粗糙,有堆积现象

从图 5 和表 6 可以看出,随着槽液温度的上升,涂膜厚度也增加。原因可能是槽液温度升高时,水溶性树脂粒子的布朗运动加剧,漆液黏度下降,树脂泳动速度加快,电沉积效率提高。同时,分解电压下降,涂膜的电阻值也下降,从而有利于膜厚的增加。但槽液温度过高时,涂膜外观发生不利变化,这可能是由于槽液中有关组分挥发加快,树脂分子发生氧化、聚合和交联的可能

性增加,从而导致漆液变质,槽液稳定性下降。此外,温度过高时由于电极反应太快,涂膜外观出现针孔,严重时漆膜表面有波浪状的堆积。

若在较低温度下进行电沉积,如 15℃以下,虽然可以得到细致平整的涂膜,但沉积量很小,涂膜很薄,对涂膜的遮盖力有影响。另外可能由于漆液温度过低,槽液黏度大,电沉积过程中产生的气泡难于消除,从而容易出现针孔缺陷。

3.6 助溶剂对涂膜厚度和外观的影响

将采用在不同助溶剂进行溶液聚合得到的丙烯酸树脂进行电泳涂装,在固体含量为 10%、电压为 120 V、电泳液 pH 为 7.8、电泳时间为 2 min、槽液温度为 (25±2)℃、固定助溶剂含量占最终树脂 35% 的条件下,考察了不同助溶剂对涂膜性能的影响,结果见表 7。

表 7 不同助溶剂对涂膜外观的影响

助溶剂类型	涂膜外观	膜厚 / μm
丙二醇甲醚	膜粗糙,有大量针孔	21.1
异丙醇	涂膜平整,膜薄,欠丰满	20.8
甲基异丁基甲酮	涂膜平整,有针孔	20.4
异丙醇 + 甲基异丁基甲酮	平整,有光泽,有细微针孔	22.4
异丙醇 + 丙二醇甲醚	平整,光亮,丰满度好	23.6

注:混合溶剂二者比例为 2:1。

从表 7 可以看出,助溶剂种类不仅对树脂的水溶性、稳定性有影响,而且对涂料的电沉积特性有很大的支配作用。不同助溶剂对涂膜外观及厚度有着较大影响,单一溶剂一般较难取得理想的外观,而采用 2 种溶剂进行组合,电沉积涂膜外观可以得到较大改善。通过比较,上述组合中,异丙醇+丙二醇甲醚的效果相对较好。

在确定采用异丙醇+丙二醇甲醚混合溶剂作为助溶剂后,其二者的配比对电泳后涂膜的影响也要进行考虑。不同配比对涂膜外观的影响见表 8。

表 8 不同助溶剂配比对涂膜外观的影响

异丙醇: 丙二醇甲醚	涂膜外观	膜厚 / μm
3:1	光亮平整,有细微针孔	21.3
2:1	光亮平整,膜丰满,表面无针孔	23.5
1:1	光泽较亮,表面无针孔	18.9
1:2	有一定光泽,水洗后少许涂膜脱落	20.3
1:3	光泽暗,表面粗糙,有针孔	25.2

从表 8 可以看出,当异丙醇与丙二醇甲醚的配比为 2:1 时,所得到的电泳涂膜外观较好,膜厚适中。

4 结语

(1)采用合成的基料树脂,配制成电泳漆液,对电泳工艺参数进行了分析,结果表明,针对特定的电泳漆液,其工艺参数各有特点,对本试验配制的电泳漆液,电泳工艺参数控制在如下范围获得的涂膜厚度与外观较好:漆液固体含量为 8%~12%;电泳电压为 90~150 V;电泳时间为 90~120 s;漆液 pH 为 7.8~8.2;漆液温度为 20~25℃。

(2)不同的助溶剂对涂膜外观有一定的影响,本试验中考察了几种助溶剂对涂膜性能的影响,最终选定异丙醇+丙二醇甲醚组合,两者比例为 2:1 时涂膜具有较佳的外观。

收稿日期:2009-12-14

(上接第 50 页)有中涂层的试板上。

验证:先检查湿膜上的针孔和缩孔状况(区分深缩孔、浅缩孔及鱼眼形缩孔和针孔),烘烤后在室温下保持 15 min,检查缩孔和针孔状况。要求无缩孔和针孔。

(3)手工清洗试用

上述缩孔/针孔试验合格后,在喷房手工喷涂段安装压力罐用于换色时清洗手工喷枪和管路,使用 4~8 h,观察每次换色后出炉车身涂膜表面有无缩孔/针孔、串色情况。

(4)喷涂机器人连接压力罐试用

前 2 个试验完成后,将压力罐连接喷涂机器人并使用 8~24 h,观察设备运行有无异常和每次换色后出炉车身涂膜表面有无缩孔/针孔、串色情况。

6 经济效益分析

喷涂机器人消耗的清洗溶剂占涂装作业清洗溶剂使用量的 80%以上,通常单车消耗在 2 kg 以上。一条年产 12 万辆的生产线,年耗量在 240 000 kg,1 kg 单价为 15 元改为单价为 12 元的清洗溶剂,每年可以节约 72 万元。因此选用价格低廉、清洗能力较好的清洗溶剂,是每个涂装作业厂的需要,但满足相应的技术要求也是相当重要的。

7 综述

涂装机器人使用清洗溶剂是值得深入研究的,选用得当不仅可以使设备和涂装质量得到保证,而且成本也可以得到有效控制。

收稿日期:2009-12-22