

Study on the Conductivity and Shielding Effectiveness of Waterborne Conductive Coatings

Tian-hou Sun^{1,2}, Jian-guo Deng¹, Jun-hua Zhang²

¹New Materials R & D Center, Institute of Chemical Material, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900

²State Key Laboratory of Polymer Materials Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065

Email:suntianhou@163.com

Abstract: A waterborne conductive coating, based on conductive silver-coated copper powders with flake-shaped particles as filler and latex of waterborne polyurethane and latex of waterborne acrylic as binder, was prepared. The influences of binder, content of conductive filler, and film thickness on coatings performance was described. The results show that the shielding effectiveness of the coating is better.

Keywords: waterborne; conductive coatings; electromagnetic shielding

水性导电涂料导电性能及屏蔽效能研究

孙天厚^{1,2}, 邓建国¹, 张军华²

¹中国工程物理研究院化工材料研究所新材料研发中心, 绵阳 621900

²四川大学高分子材料工程国家重点实验室, 成都 610065

Email:suntianhou@163.com

摘要: 研制了以镀银铜粉为导电填料, 水性聚氨酯乳液和水性丙烯酸乳液为成膜树脂的水性导电涂料。分析了成膜树脂、填料含量、涂层厚度对涂膜导电性能和其它物理性能的影响, 测试结果表明该涂料有较好的电磁屏蔽效能。

关键词: 水性; 导电涂料; 电磁屏蔽

1 前言

随着电子工业和分子产业的迅速发展, 越来越多的电子产品外壳大多采用轻便的塑料作为壳体, 使得电磁波干扰和信息泄漏问题日益突出^[1]。为了保证电子电器设备正常操作, 保护环境, 保护人体健康, 降低电磁辐射污染, 在塑料表面涂覆导电涂料是赋予塑料产品具有屏蔽电磁波功能的有效手段。目前, 国内的电磁屏蔽导电涂料研究主要集中在溶剂型导电涂料, 而这类导电涂料在使用过程中会挥发出大量的有害物质, 对环境和人们的健康造成有害影响^[2,3]。因此, 本文以水性聚氨酯和水性丙烯酸混合乳液为成膜树脂, 镀银铜粉为导电填料, 制备了一种针对 ABS 塑料板材水性导电涂料, 并讨论了成膜树脂、导电填料的含量以及涂层厚度对涂层导电性能和其它物理性能的影响。

2 实验部分

2.1 原料

水性聚氨酯乳液、水性丙烯酸乳液, 珠海吉力化工企业有限公司; 镀银铜粉, 平均粒径 27 μ m, 北京特保导电粉体发展中心; 蒸馏水。

2.2 导电涂料及试样的制备

将镀银铜粉、水性乳液、蒸馏水、适量的溶剂和助剂按一定比例在容器中混合, 经过充分搅拌分散制成涂料。实验采用 ABS 板为基材, 将 ABS 样板用乙醇擦洗, 清洗干净后, 在烘箱中烘干待用。然后将制备好的水性导电涂料喷涂在 ABS 基材表面, 室温下干燥固化, 待涂层完全干燥后进行导电性能、电磁屏蔽性能、物理性能测试。

2.3 性能测试与表征

采用 SW-II 型智能化数字微欧仪测试涂层的表面电阻。

采用德国 EPK 公司的 QuintSonic 超声波涂层测厚仪测试涂层厚度。

采用英国 CamScan 公司的 Apollo300 高分辨扫描

电子显微镜对干燥后涂层表面微观形貌进行观察。

采用法兰同轴设备和安捷伦 8720ET 网络分析仪测试涂层电磁屏蔽效能。

实验采用 ABS 板为基材在其表面涂覆导电涂料，这里我们选取水性聚氨酯乳液和丙烯酸乳液作为成膜树脂，测试了三种乳液制成的导电涂料性能，测试结果如表 1 和图 1 所示。

3 结果与讨论

3.1 成膜树脂对涂层性能的影响

Table 1. Influence of different resin on film properties
表 1. 不同成膜树脂对涂层性能的影响

成膜树脂	表面电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$)	涂层厚度 (μm)	附着力
水性聚氨酯乳液	0.251	50±1	好
水性聚氨酯和水性丙烯酸混合乳液	0.292	49±1	好
水性丙烯酸乳液	0.69	52±1	较差

由表 1 和图 1 可以看出，采用水性聚氨酯乳液作为成膜树脂，涂层的导电性能和附着力最好，但水性聚氨酯乳液成本较高；水性丙烯酸乳液成本较低，但

附着力较差；综合考虑涂料的导电性能、物理性能以及成本因素，水性聚氨酯和丙烯酸乳液混合使用时，涂料综合性能最佳。

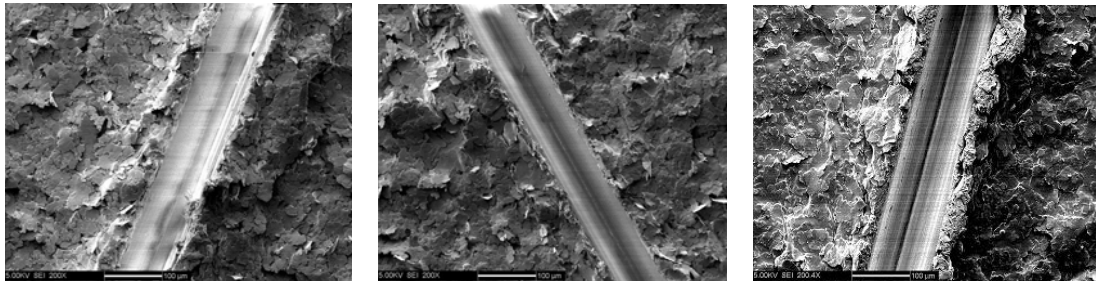


Figure 1. SEM photographs of the scratches different resin prepared electromagnetic shielding coating

图 1. 不同树脂制成的电磁屏蔽涂料表面划痕 SEM 图

成膜树脂依次为：水性聚氨酯和丙烯酸混合乳液，水性聚氨酯乳液，水性丙烯酸乳液

3.2 镀银铜粉含量对涂层导电性能的影响

改变镀银铜粉含量测得导电涂层表面电阻如图 2 所示，随着镀银铜粉含量的增加，涂层的表面电阻逐渐减小。当镀银铜粉含量为 8% 时，涂层表面电阻较大，此时隧道效应起主要作用^[4]；镀银铜粉含量在 8%~20% 之间时，涂层表面电阻迅速下降，此时导电通道起主要作用^[4]；当镀银铜粉含量超过 25% 以后，涂层表面电阻下降趋于平缓；若继续增加镀银铜粉含量，致使成膜树脂量相对减少，出现掉粉现象。

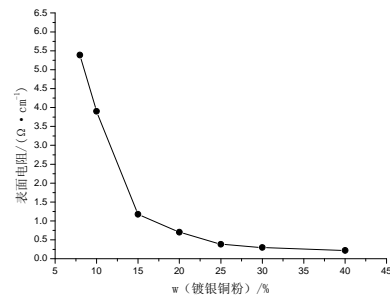


Figure 2. Influence of silver-coated copper powders content on film conductivity

图 2. 镀银铜粉含量对涂层导电性能的影响

3.3 涂膜厚度对涂层导电性能和屏蔽性能的影响

分别测定了不同涂层厚度的表面电阻（图3左），随着漆膜厚度的增加，涂层表面电阻下降。涂膜较薄

时随着漆膜厚度的增加，表面电阻下降较快；当漆膜的厚度增大到一定程度时，涂层表面电阻变化趋于平缓并保持一定数值。

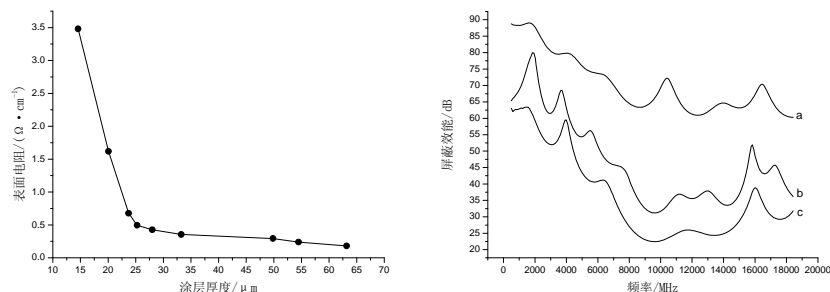


Figure 3. Influence of film thickness on film conductivity and Shielding effectiveness

图3. 涂膜厚度对涂层导电性能和屏蔽性能的影响
右图 a, b, c 涂层厚度依次为: 115 μm , 94 μm , 82 μm

由不同厚度导电涂层的电磁屏蔽效能测试结果（图3右）可以看出，随着导电涂层厚度的增加，涂层的屏蔽效能也随之增加；随着电磁波频率的增加，导电涂层的屏蔽效能呈下降趋势；并且随着涂层厚度的增加，涂层屏蔽效能的下降趋势逐渐减弱。

4 结论

掺合型导电涂料不仅需要考虑导电性能，同时还要考虑涂层的使用性能；随着导电涂层厚度的增加，涂层表面电阻呈下降趋势，当达到一定厚度以后时，变化趋于平缓并保持在一定值；而涂层屏蔽效能随涂层厚度的增加持续增强，并受电磁波频率增加的影响逐渐减小；

References (参考文献)

- [1] Yong Li. Electromagnetic radiation and electromagnetic shielding coating applications[J]. Chemistry and Adherence, 2000, (4): 189-191(Ch).
李勇. 电磁辐射与电磁屏蔽涂料的应用[J]. 化学与粘合, 2000,(4): 189-191.
- [2] Che Li. Application and Development of Waterborne Coatings[J]. Decoration Refurbishment Centre, 1999, (1): 14-15(Ch).
李澈. 论健康型涂料: 水性涂料的应用与发展[J]. 装饰装修天地, 1999, (1): 14-15.
- [3] Hongwu Li, Wanxia Huang, Denggao Guan, Mingjing Tu. Research of the waterborne Ni-based electromagnetic shielding coating[J]. Journal of Functional Materials and Devices, 2004, 10(1): 107-110(Ch).
李洪武, 黄婉霞, 管登高, 涂铭旌. 水性镍基电磁屏蔽涂料的研究[J]. 功能材料与器件学报, 2004, 10(1): 107-110.
- [4] Xiaosen Wu, Xueao Zhang, Wenjian Wu. The Mechanism and Military Application of Electrical Conducting Paint[J]. Shanghai Coating, 2005, 43(7/8): 29-34(Ch).
吴晓森, 张学骛, 吴文健. 导电涂料的原理及其军事应用[J]. 上海涂料, 2005, 43(7/8): 29-34.