

一种含银电热浆料的研制

刘瑞平

(贵研铂业股份有限公司, 昆明 650106)

摘 要: 研究了以微量银粉、石墨粉、碳黑、填充料(滑石粉、利德粉和氧化铝粉)及聚合物树脂粘合剂, 配制电热浆料。用平均粒径小于 $1.5\ \mu\text{m}$ 的超细银粉(2%), 与石墨粉、碳黑、填充料(合计 67%)及聚合物树脂粘合剂(31%)混合配制成电热浆料, 粘覆在酚醛树脂板上室温固化后, 所得电热膜具有较低的电阻率及较好的附着力, 可用作薄型电暖器加热片。

关键词: 电热浆料; 酚醛树脂板; 电阻率; 附着力

中图分类号: O614.122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2017)S1-0100-03

Preparation of an Electrothermal Slurry Containing Silver

LIU Ruiping

(Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Kunming 650106, China)

Abstract: An electrothermal slurry are prepared by micro-silver powder, graphite powder, carbon black, filler (talc, lithopone, alumina powder) and polymer resin adhesive. The electrothermal slurry was prepared by mixing together 2% silver powder (average particle size less than $1.5\ \mu\text{m}$), 67% graphite powder, carbon black and filler, 31% polymeric resin adhesive. Then the slurry was adhered to the phenolic resin plate and solidified in room temperature. The electrothermo film showed low resistivity and good adhesion. And it can be used as heating piece for light-weight electric heater.

Key words: electrothermal slurry; phenolic resin plate; resistivity; adhesion

电加热领域有电阻加热、电磁感应加热和微波介质加热 3 种类型, 其中使用最广泛的是电阻加热方式。电阻加热中用电热丝加热的方式已延续了 100 多年。1950 年代初国外开始进行在不同场合电热浆料用代替金属电热丝的研究; 1960 年代初有了电热膜, 应用但仅限于航天、航空军事等少数高耗费领域; 1970 年代末期电热膜技术已在许多国家得到开发应用; 1980 年代末期我国研制出一种陶瓷型电热膜技术, 并用于家电产品, 如电加热玻璃咖啡壶、电煮锅等。但陶瓷型电热膜技术成膜需在 600°C 左右高温处理, 制备工艺较复杂, 因此它只能限制在耐高温的基体材料上成膜。

本文旨在研制一种原材料成本低, 材料易于处理及制造工艺简单的电热浆料, 并且更适合产品的

工业化生产, 配以合适的基体材料制作成薄型电暖器以适应市场的需要。

1 实验部分

1.1 电热浆料的制备

用平均粒径小于 $1.5\ \mu\text{m}$ 的微量超细银粉, 粒径小于 300 目的碳黑、石墨和金属粉末, 以及填充料(滑石粉、利得粉和氧化铝粉混合而得), 以聚合物树脂、稀释剂和分散剂为载体。选择不同材料配比, 掺合调成糊状制得电热浆料。

1.2 基板材料

基板材料要求具有良好的电气绝缘性, 阻燃性, 耐热性, 可装饰性, 通过空气与外界产生生热交换。

常用的基板材料有酚醛树脂、玻璃、石棉板、石膏板、搪瓷等绝缘物体，或经绝缘处理后的金属板。本文将厚度 0.8 mm 的酚醛树脂板剪裁为 600×400 mm 或 700×1000 mm 的板材用于涂敷电热浆料、布置电路。

1.3 电极布置及接插方式的制作

将厚度小于 0.05 mm 的铜片裁剪成宽约 5 mm 的长条，粘复在基板上，布置成平行的 2 条电极，从电极上引出接线，按上插线片。

1.4 性能测试

将电热浆料粘覆在酚醛树脂板上，采用一定的条件固化为涂层膜，考察其电性能及基板变化情况。

2 结果与讨论

2.1 材料的选择

电热浆料是一种聚合物浆料，一般由预聚体、稀释剂、交联剂、金属粉末以及其他添加剂组成。预聚体为主要组分含有活性基团，其为固化后的聚合物基体提供分子骨架，预聚体也是粘结强度的主要来源。聚合物电热浆料的力学性能和粘接性能主要由聚合物材料决定。电热浆料应用的基体对粘接强度、固化前的粘度、固化后的韧性、耐腐蚀性等都有严格的要求。常用的聚合物材料包括环氧树脂、硅树脂、聚酰亚胺树脂等^[1-2]。

本文研制的电热浆料以微量银粉、石墨粉、碳黑为导电相，聚合物树脂作为粘接相，以滑石粉、利德粉、氧化铝粉作为填充料，用过搅拌混合使其均匀分散在聚合物树脂粘合剂中，形成膏状聚合物电热浆料。粘接相是一种低分子量聚合物，浆料的粘度可以通过添加溶剂或稀释剂(单体)进行控制。其导电机理是在填料分散情况下，导电填料形成链锁接触，这种接触是靠粘合剂干燥固化时的凝聚力形成的。固化前浆料处在绝缘或大电阻状态，经干燥固化后，填料就互相靠近，形成电链锁接触结构，构成导电通路。银具有优异的导电性能，本研究中添加少量银粉提高了浆料的导电性^[3-4]。

为了确保能得到所需的方阻，对电热浆料进行了掺杂。选择一种较容易挥发的溶剂，其在固化时降低固化温度、缩短固化时间和，使得固化后方阻值能稳定在一定范围，又不影响浆料的发热性能。石墨具有六方晶体结构，具有各向异性，同时由于石墨层间距离较大，结合力较弱，选用醋酸乙烯树脂为粘结剂，用甲醇、水等作稀释剂，用滑石粉作

为填充剂，研制的聚合物电热浆料，经印刷、喷涂等工艺成膜，可在室温固化，固化后的表面形貌如图 1 所示。

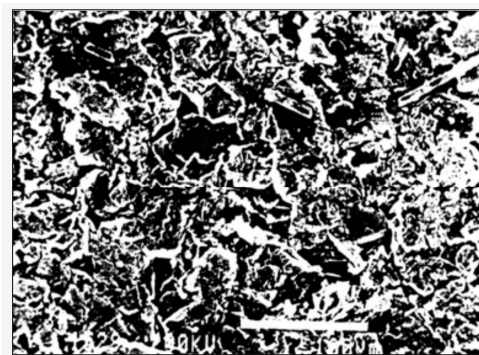


图 1 固化后电热浆料的 SEM 图像

Fig.1 SEM image of solidified electrothermal slurry

欲使电阻值尽快达到稳定，可适当提高固化温度。电阻的最高固化温度由基板材料的耐热程度来确定，而固化时间决定了产品的生产率。为了提高生产率，需要最佳的固化时间，采用紫外照射或在 100℃ 左右烘烤，可以缩短固化时间，满足生产要求。

2.2 不同树脂制作的电热浆料性能比较

树脂材料是确保电热浆料附着力的关键材料，也是电热浆料印刷性能的可控材料。本文采用环氧树脂、硅酸盐树脂、酚醛树脂、醋酸乙烯树脂、醇酸树脂等 5 种聚合物树脂作为粘接相，制作成 5 种电热浆料，将其涂覆在酚醛树脂板为基材成膜，对其性能指标进行对比，结果如表 1 所列。

表 1 不同树脂制备的电热浆料成膜性能

Tab.1 Performance of films prepared by electricthermo slurry with different resin

No.	树脂类型	附着力	固化温度/℃	方阻/(kΩ/□)	基板
1 [#]	环氧树脂	一般	>150	1~2	变形
2 [#]	硅酸盐树脂	差	20~100℃	>2	变形
3 [#]	酚醛树脂	好	>150℃	1~2	变形
4 [#]	醋酸乙烯树脂	优	20~100℃	0.3~1	不变形
5 [#]	醇酸树脂	一般	>150℃	1~2	变形

从表 1 中可以看出，1[#]、3[#]和 5[#]号电热浆料粘覆在酚醛树脂板层上具有较好的附着力，但固化温度相对较高，从而使基板产生变形。2[#]号电热浆料虽然固化温度低，但附着力较差，无法使用。上述

结果表明环氧树脂、酚醛树脂、硅酸盐树脂和醇酸树脂,存在固化后交联密度高,内应力大、质脆,耐热性、耐冲击性、耐开裂性和耐湿热性较差等缺点,不能很好地用于结构材料等类型的复合材料,限制了它在此类电热浆料中的应用。

以醋酸乙烯树脂制备所得 4[#]浆料固化温度低,附着力优,基板不变形。最终选用醋酸乙烯树脂添加纳米颗粒对其树脂进行改性、增韧,使得 4 号电热浆料具有能满足使用要求的附着力最终确定的电热浆料配方为:平均粒径小于 1.5 μm 的超细银粉添加量为 2%,石墨粉、碳黑、填充料(合计 67%),聚合树脂粘合剂(31%)。该浆料在较低温度即可固化,能满足基板材料的工作温度要求,且有利于规模化生产。

2.3 产品应用性能

将制备所得电热浆料喷涂在 400×600 mm 的绝缘材料板上,在室温或紫外线照射下固化 30 min。经测试,得到的导电膜方阻为在 0.3~1 $\text{k}\Omega/\square$,电加热片在 220 V, 50 Hz 下消耗功率<400 W,工作温度<95℃。

将电加热片封装成厚度尺寸不大于 2 mm 的薄型电暖器。经云南省产品质量监督检验所检验,其电气强度、绝缘电阻、工作温度和消耗功率等各项指标均合格。已实现批量生产供货。

该电热板可用于家庭和办公室等场地地取暖用,具有较强的装饰性。该电热板也可用于工业上某些加热过程会分解可燃气体的环境中作为安全加热元件,具有较好的应用前景。

3 结 论

1) 超细银粉的加入改善了电热浆料成膜后的导电性能。

2) 以醋酸乙烯树脂作为粘结相,浆料成膜固化温度低、附着性好,不会造成酚醛树脂基板变形。

3) 优化配方制得的浆料成膜后可用于薄型电暖器生产。

参考文献:

- [1] 《电子工业常用胶粘剂》编写组. 电子工业常用胶粘剂[M]. 北京: 国防工业出版社, 1982.
- [2] 郭淑静. 国内外涂料助剂品种手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [3] 谭富彬, 赵玲, 孙文通, 等. 聚合物导电银浆[J]. 贵金属, 1991, 12(4): 37-40.
- [4] 谭富彬, 赵玲, 刘林, 等. 片状银粉的特性及其电性能[J]. 贵金属, 1999, 20(2): 10-15.