

灌封技术在电子产品中的应用

高 华¹, 赵海霞²

(1. 中国电子科技集团公司第 20 研究所, 陕西 西安 710068; 2. 金陵科技学院, 江苏 南京 210038)

摘 要: 主要概述了灌封技术在电子产品中的应用、灌封对象的选择、灌封材料的优选以及灌封时注意的几个问题。

关键词: 灌封技术; 电子产品; 环氧树脂; 硅橡胶

中图分类号: TQ323.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001 - 3474(2003)06 - 0257 - 03

Application of Pouring Technology to Electronic Production

GAO Hua

(1. CETC No. 20 Research Institute, Xi'an 710068, China;

2. Jinling Institute of Technology, Nanjing 210038, China)

Abstract: Summarize mainly application of pouring technology to electronic optimizing, choosing of pouring object, primary of pouring material and several attentive aspects.

Key words: Pour technology; Electronic production; Epoxy resin; Silicon rubber

Document Code: B **Article ID:** 1001 - 3474(2003)06 - 0257 - 03

灌封工艺技术是采用固体介质未固化前排除空气填充到元器件周围, 达到加固和提高抗电强度的作用。例如, 户外工作, 舰船舱外的电路板, 为了防止湿气、凝露、盐雾对电路的腐蚀, 需要对电路板进行灌封; 为提高海上工作的电子设备的三防性能, 所有的变压器、阻流圈, 要求灌封、裹复、包封或封端; 为提高机载、航天电子设备抗振能力, 对某些电路板需要进行固体封装或局部加固封装; 某些电缆插头座, 防止焊点腐蚀或折断, 需灌封。

1 灌封对象的选择

编写灌封工艺, 必须考虑它所针对的灌封对象。一般来说, 设计图纸或技术条件有特殊要求需灌封全部或其中一部分; 产品要求气密试验而安装插头座不是密封结构, 如电连接器插头插座等; 产品在室外或在舰船甲板上工作部件的电路板; 有抗冲击、振动要求, 元器件需加固的部位, 如减振器、铁芯等; 插

头接点间隙小, 为提高接点强度或防盐雾腐蚀, 增强焊点强度, 防止导线折断的插头尾部需灌封; 高压部件或在低气压下工作的电路等。

2 灌封材料的选择

灌封材料是灌封技术的基础, 熟悉灌封材料的性状, 选择合理的灌封材料, 是灌封工艺成败的关键, 我们应根据电子产品不同性能以及使用环境的要求, 选择不同性能的灌封材料, 尽可能发挥各种材料的优点, 以满足产品设计的要求。电子工业中常用的灌封材料有环氧树脂、有机硅弹性体和聚氨酯。其中环氧树脂和有机硅弹性体应用最为广泛。

用于电子产品灌封的环氧树脂应满足以下要求: (1) 能承受树脂固化过程中产生的内应力; (2) 能承受冷热环境交变产生的应力; (3) 能承受电器运行时的温度; (4) 能承受短路时的热应力; (5) 树脂固化时放热小; (6) 树脂适用于浇注; (7) 树脂固化后具有

作者简介: 高 华(1973 -), 女, 毕业于延安大学, 主要从事电子产品的防护工作。

一定的电气性能。环氧树脂主要有双酚 A 环氧树脂、酚醛环氧树脂和脂环族环氧树脂三大类。在环氧灌封材料中,常选用低分子量的双酚 A 环氧树脂,如:E-44、E-51、E-39D 等作为灌封材料,这一类树脂具有粘接性高,收缩率低(收缩率低于 2%),耐热性好、化学惰性、灌注工艺好、价格低廉等优点,缺点是脆性大,韧性不足,固化时有一定的内应力,一般应用在一些高压部件上,如:高压变压器,集电汇流环等。

硅橡胶可在 $-60\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 长期保持弹性,固化时不吸热、不放热,固化后不收缩,对材料粘接性好,并具有优良的电性能和化学稳定性能,能耐水、耐臭氧、耐气候,用其灌封电子产品后,可以起到防潮、防腐蚀、防震、防尘的作用,提高使用性能和稳定参数。硅橡胶又根据所含组份的不同分为单组份和双组份,常用的单组份硅橡胶有 GD-414 和 GD-406 等,它的最大优点比起双组份而言是操作简单易行,一般应用在电连接器插头座和灌封时的堵封上;双组份硅橡胶分缩合型和加工成型,缩合型硅橡胶在二丁基硅酸锡作为催化剂、正硅酸乙酯作为固化剂的情况下交联成弹性体,具有优良的电气性能,耐水、耐气候老化性能,缺点是固化后的弹性体与金属的粘接性能较差,所以灌封时组件表面一般应涂有交联剂,一般应用其灌封电源组合、电路板等。加工成型硅橡胶又命名为 GN 型硅凝胶,其优点是对金属不会产生腐蚀,且无毒,在密封容器内,高温下不会象双组份缩合型硅橡胶那样由弹性体变为流体,并且表面与深层同时熟化,熟化后,强度高,透明,收缩率低,对应力敏感的元器件如铁氧体、坡莫合金器件更为合适,并可作为无壳机构的灌封件,这类加成型硅凝胶是无线电子工业和其它工业部门可广泛推广的性能良好的材料。缺点是易中毒,切忌工作环境和工件表面沾有含有氮、硫、磷的化合物及金属有机酸。

聚氨酯灌封材料兼有弹性、透明、低硬度、对各种材料有良好的粘接力(它在低温下的粘接强度甚至高于室温下的粘接强度),良好的电性能以及低温柔性的性能,但是聚氨酯材料有毒,对人体健康有害,选用时应采用低毒的聚氨酯材料,一般应用在内部结构复杂的电子元件和电器设备的封装,如洗衣机电脑板、洗碗机线路板、电缆接头和终端等。

一般来说,我们对灌封材料的性能有以下几方

面的要求。

(1) 电性能方面

在各种不同的频率下:介电损耗正切值 $\tan\delta$ 低,介电系数值 ϵ 低且稳定,体积电阻率 ρ_v 和表面电阻率 ρ_s 值高,长期受潮后允许下降,但不得低于 $5 \times 10^9 \Omega$,击穿电压高,受潮后不得低于 10 kV/mm (测试样板厚度为 2 mm 时)。

(2) 物理化学性能要求

导热性能良好,对高压变压器,灌封材料导热系数应 $\geq 0.4\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$;线胀系数低,能承受急剧的温度变化冲击;灌封器件材料粘接性好,不脱层,固化收缩率低;热畸变温度高于器件工作温度;防潮性好,不长霉;耐化学腐蚀性,尤其耐油或其它工作环境中接触的化学物质;具有抗辐射性,在一般剂量下不产生降解;黏度低,有渗透性,具有合适的工艺性能及较长的适用期;聚热时,放热峰要平稳。

3 常用典型封装材料性能及应用特性对比

常用典型封装材料的性能及应用特性对比见表 1。

4 灌封工艺

灌封工艺按电器绝缘处理方式不同可分为模具成型和无模具成型两种。模具成型又分为一般浇注和真空灌注两种。在其它条件相同时采用真空灌注的体系性能较好。为了保证产品灌封质量,根据灌封材料的不同,编制不同的可行性典型工艺规程,并严格按工艺规程操作。一般灌封工艺流程如图 1 所示。

5 灌封工艺必须注意的几个问题及改正措施

5.1 模具准备

由于灌封胶料大多易流动,粘接性好,而且价格昂贵,为了不造成胶料到处漏流、浪费胶料和污染环境,对于模具成型的灌封工艺模具设计是必不可少的,由于灌封组件是多种多样的,我们不可能设计统一结构形式的模具。一般设计模具应做到:

- (1) 便于组装,便于拆卸;
- (2) 配合紧密,防止胶液漫流;
- (3) 支撑底面平整,固化后胶体厚度应一致;
- (4) 便于控制灌封高度。

5.2 工件清洗

工件的清洗也是灌封工艺重要的一环,一般用无水乙醇、汽油、丙酮或二甲苯清洗两到三遍为好,特别是有焊点的地方,一定要清洗干净,以防引起催

化剂的中毒。如选用有机硅凝胶作为灌封原料的电子产品，切忌表面沾有含有氮、硫、磷的化合物及金属有机酸接触，否则胶料不能硫化。

表1 常用典型封装材料的性能及应用特性对比

性能材料	RTV 硅橡胶	LTV 硅凝胶	聚氨酯橡胶	环氧树脂
粘度	中等	中等	偏高	低(热)
脱泡工艺性	易	难	难	易
操作时间	短	较长	较长	较长
热化速度	快	快	中等	中等
反应副产物	水 醇	无	无	无
固化后性状	弹性体	弹性体	弹性体	刚性
固化后颜色	无色、半透明	无色透明	浅黄色透明	浅黄色透明
强度	差	好	好	最好
固化收缩率/%	0.1~0.8	0.1	5	2
线胀系数℃	3×10^{-4}	2.8×10^{-4}		6×10^{-5}
自熄性	差	良	差	需用溴化环氧或加阻燃剂
可返修性	好	好	良	差
使用温度 t/℃	-60~180	-60~180	-50~80	-55~100
体积电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{cm}$	2×10^{14}	2×10^{14}	2×10^{12}	2×10^{15}
介质系数 10 MHz	2.60~3	2.6~2.8	4~4.4	3.2~3.4
损耗角正切 $\tan\delta$	3×10^{-3}	2.8×10^{-3}	2.5×10^{-2}	3
主要优点 主要缺点 应用对象	价格低 强度差 家用电器	强度好 价格高 军用产品	价格低 强度好 电性能差 家用电器	价格低 强度好 应力大 无法返修 军用家用电器

5.3 真空排泡

灌封材料中混有大量气泡，不仅影响产品外观质量，更重要的是影响产品的电性能和机械性能。对于有机硅材料而言，由于其韧性好，灌封材料中存在大量气泡，主要影响电子产品的电性能，机械性能一般不考虑；而对于环氧灌封材料而言，气泡的存在，不仅影响其电性能，更重要的是影响其机械性能，无论是胶体中的内应力，还是外来的应力，都使它不能连续、均匀地传递，造成应力在气泡处的集中，容易产生裂纹或开裂，使灌封失败。为此，胶料混合后，应采用真空设备进行排泡处理。在真空排泡过程中，采取真空与常压相继进行，在胶料不溢出的前提下，真空度尽量高。排泡时间的长短，以基本

上无气泡为准。解除真空后，胶面上有个别小泡，可用干净的大头针挑破，切不可用嘴吹。

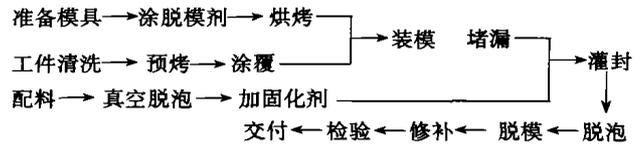


图1 灌封工艺流程图

5.4 修补

现代电子产品，不仅三防后要满足其电性能测试，外表美观也是不容忽视的，所以，对灌封脱模后的元器件，如其表面有少量气泡缺陷或裂痕，应重新配料补好，以达到元器件既电性能合格，又外表美观的目的。

6 结束语

实践证明，灌封技术作为电子产品防护的手段之一，对电子产品起到了防潮、防霉、防盐雾的作用，增加了电子产品在恶劣环境下的可靠性，是其他防护工艺不可代替的。随着科学技术的发展，灌封材料也在不断地改进、更新，具有更高综合性能的灌封材料不断被研制出来，灌封技术也将应用于更广泛的领域。

参考文献：

[1] 电子设备三防技术手册[M].北京：兵器工业出版社。
 [2] 赵怀东，刘文静.有机硅凝胶在灌封技术中应用[J].航天制造技术，2002。
 [3] 计伟荣.干式变压器环氧树脂浇注工艺探索[J].浙江工业大学学报，1995。
 [4] 高 潮.环氧包覆材料的发展与现状[J].西安交通大学电信学院，2002. (收稿日期：2003-08-26)

(上接第256页)布，镀层厚度与孔隙率，铝基材表面粗糙度，化学镀液成分与状态，镀层与铝基体的结合力及其镀覆工艺(前处理、搅拌、清洗)与后处理(化学钝化、热处理)等。

参考文献：

[1] 刘定福.第4届全国化学镀会议论文集[C].1998.83-89。
 [2] 康 凯.第4届全国化学镀会议论文集[C].1998.91-94。
 [3] 蔡亚光.第5届全国化学镀会议论文集[C].2000.43-47。
 [4] C Kerr.97美国化学镀镍年会论文集[C].77-89。
 [5] GB/T 13913-92 自催化镍-磷镀层技术要求和试验方法[S]。
 [6] MIL-C-26074E[S].1998.

收稿日期：2003-06-26