

# 电容搪锡微裂纹原因分析及预防对策

成 钢

(兰州物理研究所, 兰州 730000)

**文 摘** 就 CC4L 型高频多层瓷介电容器在手工搪锡生产过程中本体出现微裂纹、引线松动的问题, 从电容的结构、特性和制造工艺等方面分析了裂纹产生的原因, 并设计了五组试验对裂纹原因进行分析验证, 结果表明, 裂纹产生的原因是搪锡时温度过高, 搪锡时间过长, 并在引线上加上了不恰当的外力; 同时提出了预防裂纹产生的操作工艺要点。

**关键词** 电容, 微裂纹, 搪锡

## Analysis and Countermeasure of Micro-Crack in Capacitor Tinning

Cheng Gang

(Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou 730000)

**Abstract** This article analyse the reason why micro-crack and lead loosening appeared on CC4L high frequency multilayer ceramic capacitor during the manufacture process of the capacitor and tinning with handwork and other way. The results of five groups tests indicate that the cracks were caused by high temperature, long tinning time and unapt force to the lead. At last, the main operating method is pointed out to prevent the cracks.

**Key words** Capacitor, Micro-crack, Tinning

### 1 问题概述

在某电子产品的生产过程中, 操作人员在对其产品使用的 CC4L 型陶瓷电容引线搪锡处理时, 发现最后搪锡的一只电容本体出现明显裂纹。

对当天搪锡的所有电容用 40 倍体视显微镜进行检查, 发现多只电容存在不同程度的微裂纹。

用放大镜对已电装结束的电子电路板组件逐个进行检查, 发现 CC4L-50-300 型电容有 2 只被检出有微裂纹, 该产品共用 60 只陶瓷电容。

搪锡过程是按照以往的操作经验进行的, 具体方法如下: 用镊子夹住电容的一条引线, 用电烙铁对另外一条引线进行搪锡, 一条引线的一面搪完锡冷却后再搪引线另外一面, 冷却后按照同样的方法对另一条引线进行搪锡。焊料为 Sn63Pb37 芯部包有焊剂的焊锡丝, 直径  $\Phi 1$  mm, 烙铁为 HAKKO-936 温控烙铁, 自述当时的焊接温度 260-280 $^{\circ}\text{C}$ , 加热时间 2-3 s。

### 2 机理分析

对于在搪锡过程以及焊装后出现微裂纹现象, 首先要从电容的结构和生产工艺开始查找原因。

#### 2.1 电容结构和特性

CC4L 型为 I 类温度补偿型高频多层瓷介电容器。矩形、环氧树脂包封、圆形引线径向引出, 适于印制电路板插装。用于谐振回路、耦合电路及要求低损耗、电容量高稳定和绝缘电阻高的电路中。结构示意图见图 1。(所有文中引用的参数皆出于宏明电子公司公布的相关数据)。

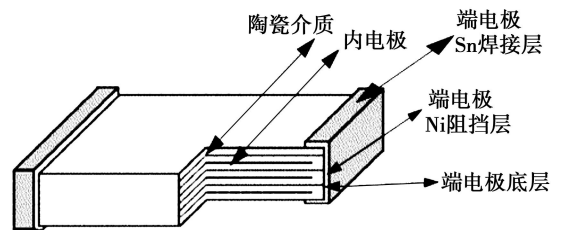


图 1 电容结构示意图

Fig. 1 Structure figure of capacitor

电容从结构上分内电极和外电极, 内层电极为 Ag/Pd 材料, 陶瓷介质与之交替叠层, 提供电极板正对面积。外电极又叫端电极, 外层电极同片式电阻相同, 也是三层结构, 包括基层、阻挡层、焊接层。基层为铜金属电极或银金属电极, 与内电极相连接; 阻挡

层,即 Ni/Cd 镀层,起热阻挡作用,可焊的镍阻挡层能避免焊接时 Pb/Sn 层熔落;焊接层即 Pb/Sn 镀层,提供焊接金属层。通过(基层)烧结、(阻挡层和焊接

层)电镀工艺形成外层焊极。

## 2.2 生产工艺

陶瓷电容制造工艺流程见图 2。

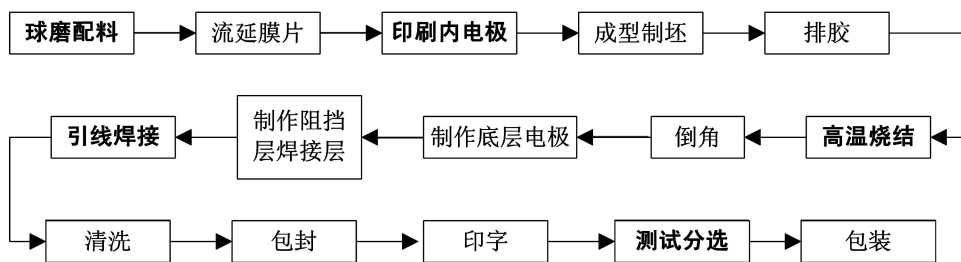


图 2 制造工艺流程图

Fig. 2 Flow chart of capacitor fabrication

在图 2 中,黑体字的是较为关键的工序,对电容的整体性能和可靠性影响较大,其制造过程大部分与表面贴装电容相同。

CC4L 型高频多层瓷介电容器是在多层陶瓷电容制作结束后,在外层焊极上通过浸焊工艺焊出电容引线,其焊接温度为 300-350℃;最后进行环氧树脂材料(牌号 DK18-05)包封,形成成品电容。

从电容的结构分析和生产工艺可以得知,径向引线引出的电容和表面贴装电容(SMD)起核心结构是相同的,唯一的区别是在电容端电极增加了引线,并进行了环氧树脂材料包封,而电容产生微裂纹的部位正好是端电极与引线的焊接位置。因此,产生微裂纹的原因与搪锡过程中不恰当的外力和搪锡温度有关。

## 3 试验验证

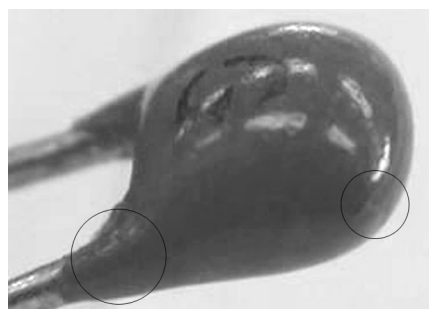
根据初步分析结果,设计了几组不同的试验方案对分析结果进行验证。

验证一:电容出现开裂情况后,单独对一只完好的电容进行了不同温度下的焊接试验,型号 CC4L-50-22p。方法:用镊子同时夹住电容两条引线的端部,保持引线之间不发生移动,用镊子配合焊料在引线上进行搪锡加热,加热时间 3-5 s,加热温度分别为 260、280、300、350、400℃。每加热一次,冷却后在显微镜下检查一次电容本体和引线结合部位外观情况,未见异常。

验证二:取试件 5 件,按照操作人员的搪锡方法,用镊子夹住电容其中一条引线,对另一引线的端部搪锡,搪锡温度 300℃左右,加热时间 2-3 s,搪锡后,显微镜检查未见产生新的裂纹及裂纹扩大。

验证三:取试件 2 件,搪锡加热温度 300℃左右,加热时间 20-25 s,加热部位距离电容本体 2 mm,烙铁端部附着有已熔化的焊锡,将引线浸入熔化的焊锡中加热。20 s 左右发现引线变形,经仔细观察发现是

引线与本体出现转动,证明电容端电极与引线之间的焊料已经熔化。该搪锡操作的加热过程在显微镜下进行观察。其中一只电容的引线在发生转动几次后,电容本体出现微裂纹;另一只电容在第二次加热发生转动后稍微向两侧反向用力,电容被加热的一条引线根部发生开裂,引线向一边撇开,见图 3。



(a) 出现微裂纹



(b) 包封开裂

图 3 电容损坏照片

Fig. 3 Photos of disabled capacitor

验证四:对已经发生本体微裂纹的电容有裂纹一侧的引线进行加热,温度 350℃左右,加热 20 s 后,与引线相连的裂纹内发生引线上的焊料渗入和溢出情况,裂纹内呈现焊剂和包封材料起泡现象,见图 4。

验证五:冷却后,对电容本体发现裂纹的电容引线两端加力,约 9.8 N 左右,电容引线从本体分离,并带有微量的端电极材料,残留的焊料有明显的方形端

电极形状,见图5。



(a)



(b)

图4 电容包封材料起泡照片

Fig.4 Photos of disabled capacitor



图5 电容引线彻底脱落照片

Fig.5 Photo of disabled capacitor

对于引线已经脱落的电容用细的金属丝搭接在电容本体端电极上进行测量。从测试结果可以看出,无论电容是否受损或引线脱落,其电容值仍在公差允许的范围之内,说明电容本体未受严重损坏。

#### 4 试验情况分析

根据厂家提供的数据,其引线与本体焊接温度为300–350℃。结合实际试验情况,在290–300℃加热,加热时间在10 s以上时,电容引线与本体端电极之间的焊料极可能发生熔化。在发生熔化时,引线不受外力时,随着温度的回落,引线与本体端电极会重新焊接。从陶瓷电容制造的工艺方法来看,在制造过程中多次经过高温烧结工序,承受800–1 000℃的温

度,因此在均匀缓慢加热的情况下,电容本身具有较高的耐温性。

带引线陶瓷电容的外表包封为环氧树脂,据厂家资料介绍,该材料在较高温度时其材料强度降低,400℃时已碳化。在试验中,300℃的试验条件下,引线受力时电容本体开裂,说明此时包封材料的强度明显降低,已经无法起到固定引线的作用;另一方面,包封材料对电容器的包封本身也不单是从强度角度出发考虑的,它兼有外观,电极防潮等多种功用(主要是用于防潮目的)。因此温度的骤变和高温度下的受力会直接影响到电容的焊接质量以及使用时的可靠性。

从理论上讲,在不受外力的情况下,引线与端电极的重新焊接不会对电容的性能造成太大的影响。已经严重开裂的电容,其焊极端有可能已经发生二次熔化变形或者包封材料破坏。

如果较长的时间而且温度较高,端电极焊料熔化,引线将应力传递给外层的包封材料,包封材料受热强度降低,最后造成本体开裂。

#### 5 结论

在CC4L型电容手工搪锡时,引线与本体之间出现裂纹的主要原因是因为:搪锡温度过高,搪锡时间过长,致使电容包封内的瓷介电容本体与引线之间的焊料熔化,包封层强度降低,此时在引线上加上了不恰当的外力,造成电容开裂,严重的会造成引线脱落。

#### 6 工艺对策

(1)元器件引线的校直必须采用平口钳夹直引线,不允许用镊子或钳子捋直引线。

(2)带引线的瓷介电容器在进行烙铁焊时,应注意烙铁功率不大于25 W,焊接温度不超过250℃,焊接时间不超过5 s。带引线的瓷介电容器在进行浸焊和波峰焊时,焊接温度应不超过260℃,焊接时间不超过5 s。

(3)在搪锡时,元器件的引线不得受外力作用,用工具夹持元器件时,应加在被搪锡引线的根部2 mm处,保留引线根部2–3 mm的不搪锡长度;或者用工具夹在被搪锡引线端头。总之,引线与本体之间不得受力,对于体积较小的元器件更应注意。

(4)一些对热较为敏感的元器件,搪锡时必须采用适当的散热措施,将元器件本体用酒精棉球包覆或者使用散热夹进行散热。

(编辑 任涛)