

浅析灌封材料对网络变压器的重要性

王永林 张文欢

陕西长岭迈腾电子股份有限公司 陕西 宝鸡 721001

摘要: 近几年来随着国家电子元器件国产化不断加快的需求, 军用网络变压器的国产化进程也在不断的加快, 这就要求军用网络变压器的耐振动及冲击性良好。进口网络变压器大多采用塑压模式解决耐振动及冲击性能, 国产化网络变压器采用环氧灌封来解决该问题。

关键词: 灌封; 开裂; 回流焊

1 引言

在一些特殊环境条件下使用的网络变压器, 需要固定牢靠, 以防止器件在机械振动、冲击过程中线包松动导致导线发生开路而引起产品失效; 其次网络变压器为表贴式器件, 表贴式器件的焊接方式为“回流焊”或“重熔群焊”, 回流焊的最高焊接温度为215℃~265℃, 这就要求网络变压器在该温度不能出现开裂、起泡等不良现象。本文通过网络变压器灌封材料的选择来说明灌封材料对网络变压器性能的重要性。

2 灌封的概念

灌封是利用模具或现有的外壳, 将配制好的混合料在常压或真空状态下灌封进去, 使灌封料在固化后把整个器件封闭起来, 达到防潮, 提高机械强度和绝缘性能的目的。

3 网络变压器灌封胶的选择

3.1 灌封胶的分类

按化学成分分类, 灌封胶分为环氧类灌封胶、硅胶类灌封胶及PU类(聚氨酯类)灌封胶。

3.2 各类灌封胶的优缺点

3.2.1 环氧类灌封胶优缺点

优点: a.性能好, 适用期长, 适合大批量自动生产线作业; b.粘度小, 渗透性强, 可充分填充器件和壳体之间的缝隙; c.灌封和固化过程中, 填充剂等粉体组分沉降小, 不分层; d.固化放热峰低, 固化收缩小; e.固化物电气性能和力学性能优异, 耐热性好, 对多种材料有良好的粘结性, 吸水性和线膨胀系数小, 在冷热交替过程中外观变化小, 回流焊过程中耐开裂性能优良, 且发生形变量较小。

缺点: a.网络变压器线包所用磁芯为锰锌铁氧体, 磁导率为5000左右(-40℃~150℃)。该磁导率磁芯机械应力非常敏感, 环氧树脂灌封胶固化过程产生的较大机械应力导致网络变压器电感量大幅下降, 从而影响信号传

输的准确性。通过试验对比灌封材料对电感量的影响。见表1:

表1 灌封前后产品电感量测试情况

项目	磁芯材料	磁芯规格	导线规格	绕制匝数
	A043	2.92×1.63×1.78	0.10	13匝
序号	1	2	3	4
灌前电感量	518μH	511μH	514μH	529μH
灌后电感量	206μH	203μH	207μH	215μH

由表1可看出电感量数值下降约60%, 远远超出所要求的数值。故灌封材料的选择对网络变压器的性能尤为重要。

3.2.2 有机硅灌封胶的优缺点

优点: a.固化后呈半凝状态, 材质较软, 能够消除大多数的机械应力并起到减震保护作用; b.对许多基材的粘结性和密封性良好, 具有极好的抗冷热性, 使用温度范围较宽, 在-50℃~200℃长期使用; c.优异的耐候性, 在室外很长时间仍可以起到较好的保护作用; d.具有优异的电气性能和绝缘能力, 提高电子元器件的使用稳定性; e.具有返修能力, 可快捷方便的将密封后的元器件取出修理和更换^[1]。

缺点: a.固化后机械强度较差, 在高温下形变较大, 回流焊过程中硅橡胶发生形变影响网络变压器的焊接可靠性, 因此直接用有机硅灌封胶灌封网络变压器是不能满足要求的; b.粘结性较差。

3.2.3 聚氨酯灌封胶(PU)的优缺点

优点: a.耐低温性能良好, 对一般灌封材质均具备较好的粘结性, 粘结力介于环氧树脂及有机硅之间; b.聚氨酯灌封胶固化后具有弹性, 材质较软, 因此应力极小。

缺点: a.耐高温能力差且容易起泡, 必须采用真空脱泡, 使用温度范围较窄, 一般在-40℃~130℃, 机械性能差, 在回流焊过程中容易开裂; b.固化后胶体表面不平滑且韧性较差, 抗老化能力、抗震和紫外线都很弱。

3.3 各类灌封胶单独使用在网络变压器上的局限性

从以上各类灌封胶的优缺点对比可发现单独使用环氧树脂灌封胶可以满足网络变压器灌封对于机械强度及高温下形变小的要求,但不能满足网络变压器灌封对于灌封胶机械应力小的要求,因此直接用环氧树脂灌封胶灌封网络变压器是不能满足要求的。

单独使用有机硅橡胶可以满足网络变压器灌封对于灌封胶机械应力小的要求,但不能满足网络变压器灌封对于机械强度及高温下形变小的要求,因此直接用有机硅橡胶灌封网络变压器是不能满足要求的^[2]。

而使用聚氨酯灌封胶即不能满足网络变压器对灌封胶机械强度的要求,也不能满足在回流焊过程中不开裂的要求,所以网络变压器的灌封胶不考虑用聚氨酯灌封胶。

从以上分析可得出网络变压器的灌封胶可用环氧树脂灌封胶和有机硅橡胶两种灌封胶配合使用,即用机械应力较小的有机硅作为保护层和裹覆层,用环氧树脂灌封胶作为主灌封料是可以满足网络变压器的灌封要求的。

4 网络变压器裹覆胶即有机硅灌封胶的选择及涂覆方式

有机硅灌封胶的种类很多,不同种类的有机硅灌封胶在粘度、耐温性能、绝缘性能、粘结性能及软硬度等方面有很大差异;而网络变压器的裹覆胶我们仅考虑它的粘度及对磁芯的保护作用即可。

4.1 网络变压器裹覆层厚度

作为网络变压器的裹覆(缓冲)层,厚度既不能太厚,也不能太薄,原因在于有机硅固化物在高温下的膨胀远远大于环氧树脂灌封料在高温下的膨胀,如有机硅固化层太厚就会导致在回流焊过程中使环氧树脂灌封层开裂,如有机硅固化层太薄,起不到缓冲的作用,从而起不到对磁芯的保护作用;缓冲层厚度一般在0.2mm左右的厚度为最佳,所以在选择有机硅灌封料时应考虑到它的粘度,因为粘度直接影响有机硅灌封胶的固体含量,即固化后保留到磁芯表面的裹覆层厚度。

4.2 网络变压器裹覆层涂覆方式

裹覆层的涂覆方式:刷涂方式、注胶方式及浸涂方式。

刷涂方式不易保证网络变压器的每个部位都刷到,也不易保证厚度的均匀性,产品合格率较差。

注胶方式不易保证厚度的均匀性,且容易使胶液粘到壳体内壁,影响后续的环氧树脂灌封。

线圈浸涂方式即可以避免以上两种涂覆方式的缺点,也可便于操作。

4.3 四款不同粘度的有机硅灌封胶试验对比

四款不同粘度的有机硅分别进行试验,试验前后测试结果见表2、表3、表4。

表2 浸涂有机硅1前后变压器电感量测试情况

项目	磁芯材料	磁芯规格	导线规格	绕制匝数
	A043	2.92×1.63×1.78	0.10	13匝
浸涂有机硅	有机硅1: 粘度500cps			
	环氧树脂灌封			
序号	1	2	3	4
灌封前电感量	525μH	517μH	521μH	531μH
灌封后电感量	513μH	509μH	513μH	519μH
回流焊后	完好	开裂	开裂	完好

表3 浸涂有机硅2前后变压器电感量测试情况

项目	磁芯材料	磁芯规格	导线规格	绕制匝数
	A043	2.92×1.63×1.78	0.10	13匝
浸涂有机硅	有机硅2: 粘度200cps			
	环氧树脂灌封			
序号	1	2	3	4
灌封前电感量	519μH	516μH	543μH	526μH
灌封后电感量	506μH	501μH	521μH	509μH
回流焊后	完好	完好	完好	完好

表4 浸涂有机硅3前后变压器电感量测试情况

项目	磁芯材料	磁芯规格	导线规格	绕制匝数
	A043	2.92×1.63×1.78	0.10	13匝
浸涂有机硅	有机硅3: 粘度80cps			
	环氧树脂灌封			
序号	1	2	3	4
灌封前电感量	519μH	516μH	543μH	526μH
灌封后电感量	368μH	375μH	389μH	377μH
回流焊后	完好	完好	完好	完好

从以上表格的试验数据可以得出,有机硅灌封胶的粘度越大,浸涂后网络变压器表面的缓冲层越厚,对磁芯的保护作用越好,网络变压器电感量下降越少,但在回流焊过程中环氧树脂灌封层容易开裂;有机硅的粘度越小,浸涂后变压器表面的缓冲层越薄,回流焊过程中灌封料越不容易开裂,但对磁芯的保护作用越差,网络变压器电感量下降越;从表4的试验数据可看出粘度为200cps的有机硅灌封胶既可保证网络变压器对于电感量的要求,也可满足回流焊后灌封层不开裂的要求,经综合考虑,选择粘度为200cps的有机硅3作为网络变压器的裹覆层^[3]。

5 选择环氧树脂灌封料的注意事项

环氧树脂灌封胶的种类很多,不同种类的环氧树脂灌封胶在粘度、硬度、使用温度、玻璃化温度、可操作时间、绝缘性能、粘结性能等方面都有很大差异;而

对于网络变压器的灌封胶我们仅考虑它的粘度、使用温度、可操作时间、玻璃化温度及在回流焊过程中耐开裂等性能即可。

5.1 温度要求：在-40℃~130℃的温度冲击过程及回流焊过程中不发生形变及开裂，这就要求灌封体的玻璃化温度要尽可能高，长期使用温度至少为130℃。

5.2 硬度要求：网络变压器对灌封胶的硬度要求较高，应在邵氏D70以上，这样使得网络变压器在高强度振动及冲击过程中，可以牢靠的固定变压器。

5.3 粘度要求：灌封料粘度要小，这样灌封料流动性好，易于操作，固化后表面平整、光亮。

5.4 可操作时间：网络变压器的灌封如是手工灌封，还应考虑灌封料的可操作时间，如可操作时间太短不利于批量生产。

通过以上要求综合考虑，选择了某一款环氧树脂灌封料进行试验，其中环氧树脂参数见表5，试验结果见表6。

表5 环氧树脂参数

环氧树脂灌封料	混合比例	粘度	可操作时间	固化温度及时间
	4:1 (重量比)	10000cps	30min	120℃/2h
	使用温度	邵氏硬度	玻璃化温度	抗电强度
	-50℃~250℃	Shore D85	150℃	17kV/mm

表6 环氧树脂灌封后产品的测试结果

项目	磁芯材料	磁芯规格	导线规格	绕制匝数
		A043	2.92×1.63×1.78	0.10
有机硅3浸涂：粘度200cps				
环氧树脂灌封				
序号	1	2	3	4
灌前电感量	530μH	516μH	520μH	511μH
灌后电感量	516μH	501μH	502μH	498μH
回流焊后	完好	完好	完好	完好
温度冲击	完好	完好	完好	完好
机械振动	完好	完好	完好	完好

从表6可得出，网络变压器在灌封后电感量下降不到5%，完全可以满足网络变压器的电感量要求；且网络变压器在经过各种环境试验后，无开裂、鼓包等机械物理损伤，完全符合要求，所以所选的有机硅灌封胶及环氧树脂灌封料配合使用完全可满足网络变压器的灌封要求。

6 结论

网络变压器灌封料的关键是灌封料种类的选择及工艺的设置，其中有机硅裹覆层及环氧树脂灌封层的性能直接影响网络变压器的灌封质量。选择合适的有机硅灌

封胶以及环氧树脂灌封胶，灌封后的网络变压器不管是外观还是可靠性都会满足各种军用环境条件下的使用。

参考文献

[1]王全保、徐士佐.电子变压器手册全书[M]辽宁科学技术出版社,1998(1版),5-8
 [2]赵世琦,环氧树脂灌注料的开裂及解决办法[M]绝缘材料通讯,1998,6-8
 [3]王红,崔健.设备及工艺条件对灌封胶性能的影响[J]有机硅材料,2015,29-31