

温度循环应力筛选



1. 应力筛选定义:

应力筛选 (Environmental Stress Screening, 简称 ESS) 是产品在设计强度极限下, 运用加速技巧外加环境应力, 如: 预烧 (burn in)、温度循环 (temperature cycling)、随机振动 (random vibration)、开闭循环 (power cycle) .. 等方法, 透过加速应力来使潜存于产品的瑕疵浮现 [潜在零件材料瑕疵、设计瑕疵、制程瑕疵、工艺瑕疵], 以及消除电子或机械类残留应力, 还有消除多层电路板间的杂散电容, 将澡盆曲线里面的早夭期阶段的产品事先剔除与修理, 使产品透过适度的筛选, 保存澡盆曲线的正常期与衰退期的产品, 以避免该产品于使用过程中, 受到环境应力的考验时而导致失效, 造成不必要的损失, 虽然使用 ESS 应力筛选会增加时间及成本, 但是对于提高产品出货良率与降低返修次数, 有显著的效果, 进而对于总成本反而会降低。另外客户信任度也会大幅提升, 一般针对于电子零件的应力筛选方式有预烧、温度循环、高温、低温老化; 通常 PCB 印刷电路板的应力筛选方式为温度循环, 针对于电子成品的应力筛选为: 通电预烧、温度循环、随机振动, 另外应力筛本身是一种制程阶段的过程, 而不是一种试验, 筛选是 100% 对产品进行的程序。

2. 应力筛选适用产品阶段:

研发阶段、批量生产阶段、出厂前 (筛选试验可以在元件、器件、连接器等产品或整机系统中进行, 根据要求不同可以有不同的筛选应力)

3. 应力筛选方法比较:

3.1. 恒定高温预烧 (Burn in) 的应力筛选, 是目前电子 IT 产业常用析出电子元器件缺陷的方法, 但是这种方式比较不适合用于筛选零件 (PCB、IC、电阻、电容), 根据统计在美国使用温度循环对零件进行筛选的公司数要比使用恒定高温预烧对元件进行筛选的公司数多 5 倍。

3.2. GJB/DZ34 表示温度循环和随机振动筛选出缺陷的比例, 温度约占 80%, 振动约占 20% 各种产品中筛出缺陷的分情况

硬体类型	ESS 所在组装等级	ESS 应力筛选出缺陷百分率	
		温 度	振 动
飞机发电机	单元	55	45
电脑电源	单元	88	12
航空电子设备电脑	单元	87	13
舰载电脑	单元	93	7
接收处理机	单元	71	29
惯导装置	单元	77	23
接收系统	单元	87	13
机载电脑	模块	87	13
控制指示器	单元	78	27
接收发射器	模块	74	26
筛选出缺陷百分率之平均值		79	21

3.3. 美国曾对 42 家企业进行调查统计, 随机振动应力可筛出 15~25% 的缺陷, 而温度循环可筛选出 75~85%, 如果两者结合叠加的话可达 90%。

3.4. 藉由温度循环所筛选出的产品瑕疵类型比例: 设计裕度不足: 5%、生产做工失误: 33%、瑕疵零件: 62%

4. 温度循环应力筛选的故障诱发及故障模式对产品的影响:

4.1 温度循环诱发产品故障之原因: 当温度在上、下极限值温度内进行循环时, 产品产生交替膨胀和收缩, 使产品中产生热应力和应变。如果产品内部有瞬时的热梯变(温度不均匀性), 或产品内部邻接材料的热膨胀系数彼此不匹配时, 则这些热应力和应变将会加剧变化。这种应力和应变在缺陷处变大, 这种循环使缺陷变大, 最终可大到能造成结构故障并产生电性能故障。例如, 有裂纹的电镀通孔其周围最终完全裂开, 引起开路。热循环使焊接和印刷电路板上电镀通孔.. 等产生故障的首要原因, 因此温度循环应力筛选尤其最为适用于印刷电路板结构的电子产品。

4.2 温度循环所激发出的故障模式对产品的影响如下:

- 使涂层、材料或线头上各种微观裂纹扩大
- 使粘接不好的接头松弛
- 使螺钉连接或铆接不当的接头松弛
- 使机械张力不足的压配接头松弛
- 使质量差的焊点接触电阻加大或造成开路
- 粒子、化学污染
- 密封失效
- 包装问题, 例如保护涂层的连结
- 变压器和线圈短路或断路
- 电位计有瑕疵
- 焊接和熔接点接续不良
- 冷焊接点

- m. 多层板因处理不当而开路、短路
- n. 功率晶体管短路
- o. 电容器、晶体管不良
- p. 双列式集成电路破损
- q. 因毁损或不当组装, 造成几乎短路的线匝或电缆
- r. 因处理不当造成材质的断裂、破裂、刻痕.. 等
- s. 超差零件与材质
- t. 电阻器因缺乏合成橡胶缓冲涂层而破裂
- u. 晶体管发涉及金属带接地出现发样裂纹
- v. 云母绝缘垫片破裂, 导致晶体管短路
- w. 调协线圈金属片固定方式不当, 导致不规律输出
- x. 两极真空管在低温下内部开路
- y. 线圈间接性的短路
- z. 没有接地的接线头
- a1. 元器件参数漂移
- a2. 元器件安装不当
- a3. 错用元器件
- a4. 密封失效

5. 温度循环应力筛选的应力参数及其对严酷程度的影响:

5.1 温度循环应力筛选的应力参数主要包括: 高低温极值范围、驻留时间、温变率、循环数。

高低温极值范围: 高低温极值范围愈大, 所需循环数愈少, 成本愈低, 但是不可以超过产品可承受的极限, 不引发新的故障构因为基本原则, 温度变化的上下限差距不要少 90° C, 典型的变化范围为-54° C 到 55° C。

驻留时间: 另外驻留时间也不可以太短, 否则来不及使待测品产生热胀冷缩的应力变化, 至于驻留时间多少, 不同产品的驻留时间皆不相同, 可以参考相关行业标准或行业规范要求。

循环数: 至于温度循环应力筛选的循环数, 也是考量产品特性、复杂度、温度上下限以及筛选率综合予以定立, 其筛选数也不可超过, 否则会让产品产生不必要的伤害, 也无法提高筛选率, 温度循环数从 1~10 个循环[普通筛选、一次筛选]到 20~60 个循环[精密筛选、二次筛选]都有, 针对去除最可能发生的工艺(workmanship)缺陷, 大约需要 6~10 个循环才能够有效去除, 另外针对于温度循环的有效性, 主要取决于产品表面的温变率, 而不是试验箱内之温变率。

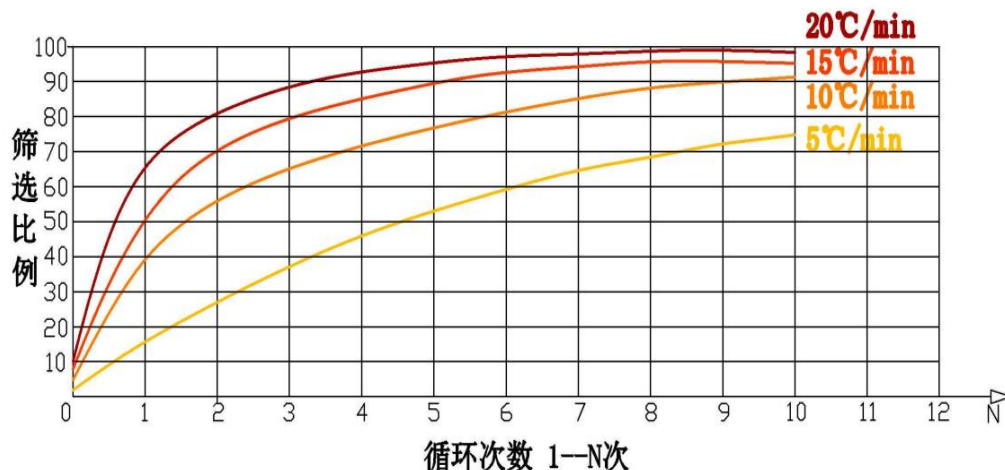
5.2 温度循环严酷程度及效果的主要影响参数有下列 7 项:

- (1) 温度范围(Temperature Range)
- (2) 循环数(Number of Cycles)
- (3) 温度变率(Temperature Rate of Chang)
- (4) 驻留时间(Dwell Time)
- (5) 风速(Airflow Velocities)
- (6) 应力均匀度(Uniformity of Stress)
- (7) 功能测试与否(Product Operating Condition)

温变率及循环数对筛选率的比较表:

特别说明: 假设高低温差(R)固定的条件下, 其循环数也固定, 温变率越高其筛选率也会有所提高,

如试验条件及规范有规定固定的温变率, 则增加循环数也可提高筛选率, 但其筛选率有一定限度, 并没有办法成线性提高。



温度循环循环数:

- MIL-STD-2164 (GJB 1302-90): 在缺陷剔除试验中, 温度循环数为 10、12 次, 在无故障检测中则为 10~20 次或 12~24 次针对去除最可能发生的做工 (workmanship) 缺陷, 大约需要 6~10 个循环才能够有效去除, 1~10 个循环 [普通筛选、一次筛选]、20~60 个循环 [精密筛选、二次筛选]。
- DOD-HDBK-344 (GJB/DZ34) 初始筛选设备和单元一级采用 10~20 个循环 (通常 ≥ 10), 元件级采用 20~40 循环 (通常 ≥ 25)。

温变率:

- MIL-STD-2164 (GJB1032) 明确说明: [温度循环的温度变化率 5°C/min]
- DOD-HDBK-344 (GJB/DZ34) 组件级 15°C/min、系统 5°C/min
- 一般未规定温变率的温度循环应力筛选, 其常用的度变化率通常为 5° C/min.
- IEC60068-2-14/GBT2423. 22 . . .
- AEC-Q200
- JEDEC 之 JESD22

6. 应力筛选试验条件及行业标准或规范

温度循环应力筛选试验条件:

试验标准		高温设定 (°C)	低温设定 (°C)	温度变化速率	保持时间	循环次数
IEC 60068-2-14 环境试验 第 2-14 部分: 试验 N: 温度变化 GB/T2423.22 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Nb: 温度变化		+175±2	-65±3,	1±0.2 °C/min	3 h, 2 h, 1 h, 30 min, or 10 min, 如无规定则为 3h	2 循环, 或其它规定
		+155±2	-55±3,	3±0.6 °C/min		
		+125±2	-40±3,	5±1 °C/min		
		+100±2	-25±3,	10±2 °C/min		
		+85±2	-10±3	15±3 °C/min		
		+70±2	-5±3			
		+55±2	+5±3			
IEC 61747-5 液晶和固态显示器件第 5 部分_环境、耐久性和机械试验方法		+100±2	-50±3	1±0.2 °C/min	3 h, 2 h, 1 h, 30 min, or 10 min, 如无规定则为 3h	2 循环, 或其它规定
		+95±2	-45±3	3±0.6 °C/min		
		+90±2	-40±3	5±1 °C/min		
		+85±2	-35±3	10±2 °C/min		
		+80±2	-30±3	15±3 °C/min		
		+75±2	-25±3			
		+70±2	+20±3			
		+65±2	-15±3			
		+60±2	-10±3			
		+55±2	-5±3			
		+50±2	+5±3			
		+45±2				
		+40±2				
		+35±2				
JESD22-A104C 试验方法 A104C: 温度循环 IEC 60749-25 半导体器件-机械和气候 试验方法 第 25 部分: 温度循环	A	+85 (+10,0)	-55 (0,-10)	15°C/min 或更低, 首选速率为 10°C 至 14°C/min	1、5、10、15min	部件: 3cph, 焊料互连: 1-2cph 锡须循环速率: 3cph(应为每小时约 3 次)
	B	+125 (+15,0)	-55 (0,-10)			
	C	+150 (+15,0)	-65 (0,-10)			
	G	+125 (+15,0)	-40 (0,-10)			
	H	+150 (+15,0)	-55 (0,-10)			
	I	+115 (+15,0)	-40 (0,-10)			
	J	+100 (+15,0)	-0 (0,-10)			
	K	+125 (+15,0)	-0 (0,-10)			
	L	+110 (+15,0)	-55 (0,-10)			
	M	+150 (+15,0)	-40 (0,-10)			
JESD22-A105-B	N	+85 (+10,0)	-40 (0,-10)	5.5°C/min	10min	1000
		+85 (+10,0)	-40 (0,-10)			

功率与温度循环		+125 (+15,0)	-40 (0,-10)	6.25°C/min		
MIL-STD-810H 环境工程方面的注意事项和实验室测试		工作极限温度	工作极限温度	≥10°C/min	小于任何组件材料的预期寿命	
GB31241-2014 便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全要求		+75±2	-40±2	≥3.83°C/min	6h	10
GB/T 31467.3-2015 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第3部分: 安全性要求与测试方法		+85±2	-40±2	≥4.17°C/min	8h	5
MIL-STD-2164 电子设备环境应力筛选方法 GJB 1032—90 电子产品环境应力筛选方法 HB6206-89 机载电子设备环境应力筛选方法		工作极限温度 (+10,0)	工作极限温度(0,-10)	5°C/min	一个循环时间: 3h20min 或 4h	10~12 次 (缺陷剔除试验); 10~12 次或 12~24 次 (无故障检验)
MIL-HDBK-2164A 电子设备环境应力筛选过程		工作极限温度	工作极限温度	10°C/min		10
GJB/Z 34-93 电子产品定量环境应力筛选指南		+85	-55	15°C/min	达到温度稳定的时间	≥25
		+70	-55	5°C/min	达到温度稳定的时间	≥10
MIL-HDBK-344A 电子设备环境应力筛选	组件	+85	-55	30°C/min	达到温度稳定的时间	≥25
	设备或系统	+70	-55	5°C/min	达到温度稳定的时间	≥10
HB/Z 213-92 机载电子设备环境应力筛选指南	组件	+85	-55	15°C/min	达到温度稳定的时间	20~40
	设备或系统	+70	-55	5°C/min	达到温度稳定的时间	10~20
IPC-9701 表面贴装锡焊件性能测试方法与鉴定要求	TC1	+100	0	≤20°C/min	10min	200
	TC2	+100	-25			500
	TC3	+125	-40			1000
	TC4	+125	-55			3000
	TC5	+100	-55			6000
NABMAT-9492 美军海军制造筛选		+55 (常用)	-53 (常用)	1~40°C/min	内部零件稳定在规定温度的 5°C 范围内	10
SAE J1211 电子设备设计用推荐环境规程		+85~+150	-40	4~6°C/min	8h/cycle; 24h/cycle	/

7. 应力筛选专门名词整理:

Part (元器件)	产品中可以拆装的最小可分辨项目, 如分立半导体器件、电阻、集成电路、焊点和连接器等。
Assembly (组件)	设计成可装入某一单元并与类似或其他元件一起工作, 且由一定数量的元器件组成的组合件, 如印制线路板元件、电源模块和磁心存贮器模块等。
Unit (单元)	装在机箱内的一些机箱内含元器件和(或)组件。它能完成一个特定功能或一组功能, 并且可作为一个独立的部分从系统中更换, 如自动驾驶仪的计算机和甚高频通讯设备的发射机。
Equipment/System (设备或系统)	互连或组装在一起后, 能执行完整功能的若干单元的总称, 如飞行控制系统和通讯系统。
Item (产品)	可以单独考虑的任一元件、单元、设备或系统的统称。
Defect (缺陷)	产品中可能导致出现故障的固有或诱发的薄弱点。
Patent defect (明显缺陷)	用常规的检查、功能测试和其他规定的方法, 而不需用环境应力筛选可发现的缺陷。
Latent defect (潜在缺陷)	用常规的检查、功能测试和其他规定的方法不能发现的缺陷。其中一部分缺陷若不用环境应力筛选将其排除, 则在使用环境中可能会以早期故障形式暴露出来。
Escaped defect (漏筛缺陷)	引入缺陷中用筛选和检测未曾发现, 漏入到下一组装等级的部分。
Defect density (缺陷密度)	一组(批)产品中每个产品所含缺陷的平均数。缺陷密度可分为引入缺陷密度、漏筛缺陷密度、残留缺陷密度和观察到的残留缺陷密度。
Part fraction defective (元器件缺陷率)	以百万分之一 (ppm) 为单位表示的一组元器件中有缺陷元器件所占的比例。
Fallout (析出量)	在应力筛选期间或在应力筛选之后立即检测到的故障数。
Screenable latent Defect (可筛选出的潜在缺陷)	现场使用中应判为是以早期故障形式析出的缺陷, 定量筛选中可把故障率大于的潜在缺陷作为要筛选出的潜在缺陷。
Stress screening (应力筛选)	将机械应力、电应力和(或)热应力施加到产品上, 以使元器件和工艺方面的潜在缺陷以早期故障形式析出的过程。
Screen parameter (筛选参数)	筛选度公式中的诸参数, 如振动量值, 温度变化速率和持续时间等。
Screening strength (筛选度)	产品中存在对某一特定筛选敏感的潜在缺陷时, 该筛选将该缺陷以故障形式析出的概率。
Test detection efficiency (检测效率)	检测充分程度的度量, 它是由规定检测程序发现的缺陷数与筛出的总缺陷数之比。
Test strength of screening (筛选检出度)	用筛选和检测将缺陷析出的概率, 它是筛选度和检测效率的乘积。
Thermal survey (热测定)	使受筛产品处于规定温度下, 并在产品内有关的部位测量其热回应特性的过程。有关部位可以是热惯性最大的部位, 也可以是关键部位。
Vibration survey (振动测定)	使受筛产品经受振动激励, 并在产品内有关部位测量其振动回应特性的过程。有关部位可以是预计回应最大部位, 也可以是关键部位。
Selection/placement of screening (筛选的选择和安排)	系统地选择最有效的应力筛选并把它安排在适当的组装级上的过程。
Yield (筛选成品率)	经筛选交收时, 设备内可筛选出的潜在缺陷为零的概率。

应力筛选专门名词缩写词:

ESS: 环境应力筛选

ICA: 电路分析仪

LBS: 负载板短路测试仪

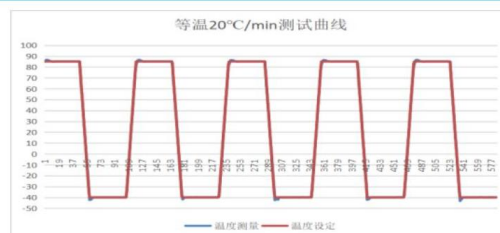
FBT: 功能板测试仪

ICT: 电路测试仪

MTBF: 平均故障间隔时间

8. 应力筛选设备选型:

快速温（湿）度循环试验箱 Thermal cycle test chamber



实用新型专利: 一种高低温交变湿热试验箱的节能控温系统 ZL2019221942311.1

实用新型专利: 一种高低温交变湿热试验箱的节能制冷系统 ZL201922189626.2

软件著作权: 线性 25 度/min 升降速率温度循环试验箱测控软件 (N0.3459558)

CE 安规认证: 高低温交变湿热试验箱 AT58250SC01008502

1. 设备介绍 Device introduction:

温度循环试验箱用于模拟: 在一特定的高温与低温区间范围内, 让试样承受特定速率的温度变化并通过不断的循环; 用以评估试样的耐温度变化可靠性或去除电子产品焊接部位的应力。适用的对象包括金属, 塑料, 橡胶, 电子元器件等各类材料或汽车电子, 航空电子, 军品及消费电子产品; Thermal cycle test chamber using: At a specific temperature and low temperature range, the sample is subjected to temperature changes at a particular rate and through constant cycles; To reliability evaluation of sample resistance to temperature change or remove the stress of the welded parts gathered in electronic products. Applicable to metal and plastic, rubber, electronic components and other kinds of materials or automotive electronics, avionics, military and consumer electronic products.

2. 设备特点 Device features:

2.1. 设备节能环保性: 采用公司自行研发的控制软件“线性 25 度/min 升降速率温度循环试验箱测控软件 N0.3459558”, 结合实用新型专利节能技术“一种高低温交变湿热试验箱的节能制冷系统 ZL201922189626.2”, 设备能耗与同行传统控制方式相比, 正常运行能耗节约使用成本 30%; The control software developed by the company “measurement and control software n0.3459558 of linear 25 degree min temperature rise and fall rate temperature cycle test chamber” is adopted, combined with the patented energy-saving technology of utility model “an energy-saving refrigeration system zL201922189626.2 of high and low temperature alternating damp heat test chamber”. Compared with the traditional control mode in the same industry, the energy consumption of the equipment is reduced by 30%;

2.2. 设备安全可靠: 单次无故障连续运行 2400 小时以上; 整机运行寿命达 100000 小时以上, 安规性能通过欧盟 CE 安规检测认证 (CE 证书: AT58250SC01008502)。More than 2400 hours of single fault free continuous operation; The operating life of the whole machine is more than 100000 hours, the safety performance has passed the EU CE safety inspection certification (CE certificate: at58250sc01008502).

3. 设备规格 Device specification:

型号 Model No.	TC-II-225GE5/10/15/20/25	TC-II-408GE5/10/15/20/25	TC-II-1000GE5/10/15/20/25
内容积 Internal volume	225L	408L	1000L
内箱尺寸 Internal size	W60×H75×D50cm	W80×H85×D60cm	W100×H100×D100cm
外部尺寸 External size	W120×H210×D180cm	W140×H225×D208cm	W128×H208×D220cm
快温变范围 Rapid temp. change rang	-70℃~+180℃		
湿度功能 Humidity function	Can be customized (Routine humidity range:10%~98%R.H, Model No+ “H”)		
温度波动度 Temperature fluctuation	≤±0.5℃		
温度均匀度 Temp. uniformity	≤2.0℃		
温度偏差 Temp. deviation	≤±2.0℃		
升降速率 Heating /cooling rate	Routine: 5℃/min; 10℃/min; 15℃/min, 20℃/min, 25℃/min and can be customized		