

筛选技术概述和新的筛选方法

刘杭生

(广达测试公司, 美国)

摘要: 筛选是一种发现产品潜在缺陷的、极为有效的方法。这是一种将产品一边运转一边快速加温和降温, 然后在达到高低温极限时再加上振动, 有时还加上湿度、电源开/关、抽真空等应力, 促使产品缺陷在短时间内暴露出来的过程。由于这个过程既费时又费钱, 所以这种筛选方法一直没有得到广泛的应用。为了解决这些问题, 提出一种新的筛选方法, 可以将筛选的时间从几天降到几分钟, 并节省大量的费用, 从而提高产品的质量和可靠性。

关键词: 筛选; 温度循环; 振动

中图分类号: TB 24

文献标识码: A

文章编号: 1672-5468 (2005) 04-0055-05

Environmental stress screening overview and new approach

LIU Hang-sheng

(Quanta Laboratories, America)

Abstract: It is well known that environmental stress screening (ESS) is a very effective tool to find the weaknesses in a product. With the weaknesses corrected by design/manufacturing process changes, the reliability of the product is significantly increased. However, because the long time and higher cost, required for this process, most of the products still choose not to include this very beneficial procedure in the manufacturing process. A new approach that will reduce the ESS process time from days to minutes is proposed to alleviate this problem. A new patent pending production line environmental stress screening utilizing this approach has been developed and is described in detail.

Key words: screen; temperature cycle; vibrate

1 引言

所谓筛选 (ESS), 即是在产品开发的生产过程中, 应用振动、温度循环或开/关循环、低气压循环等应力来加速发现产品潜在缺陷的一种方法。

目前最典型的筛选过程如图 1 所示。虽然筛选中可以施加多种环境应力, 但从经济的角度以及所取得的效果来看, 目前用得比较多的是温度循环加上随机振动 (如图 2 所示)。而以往常用的带电加温虽然也能发现一些问题, 但效果并不明显。

收稿日期: 2005-07-01

作者简介: 刘杭生 (1935-), 男, 浙江杭州人, 在美国华盛顿大学取得硕士学位后, 在加州大学伯克利分校取得机械工程博士学位, 1985 年在加州圣·克拉拉县 (Santa Clara) 创办广达测试公司, 获得 3 项环境测试发明专利, 目前正在申请生产线环境测试技术发明专利, 在中国的北京、西安、济南、苏州、昆山、东莞、深圳等 7 个城市致力于为中国的企业提供测试服务的工作。

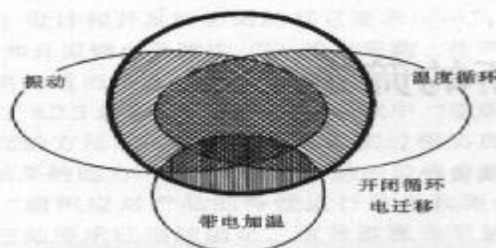


图1 综合应力筛选效果

对产品进行 10~40 °C/min 的温变速率的温度循环

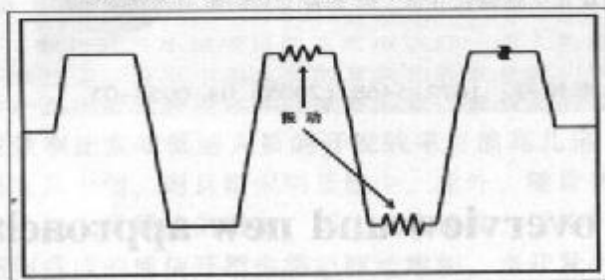


图2 典型的温度与振动所组合的产品筛选

2 筛选的作用

筛选是一个发现产品潜在缺陷、提高产品质量、保证产品在使用寿命期内安全、可靠地工作的有效措施，体现在：

a) 可以找出产品的缺陷。经过设计改进和生产工艺的改良后可提高产品的可靠性。

b) 在开发产品时，可以发现和改正产品缺陷，达到较好的产品设计效果。

c) 可以加快产品缺陷暴露的时间，缩短新产品的的设计周期并加快改进设计和生产过程的时间，从而延长产品的销售寿命，提高产品的利润率。

d) 在批量生产时，可以有效地筛除不良的产品，从而提高产品的可靠性。

e) 有利于寻找产品在生产过程中发生质量和可靠性问题的根源，从而尽快地解决存在的问题。

f) 可以尽早地发现生产过程中的产品问题，防止因操作人员、技术人员和无经验人员的过失而造成的大量损失。

g) 可以大幅度地提高产品的可靠性，从而增加产品的价值和利润。

h) 可以大大减少产品的故障率，提高产品的

市场竞争力。

3 筛选技术的发展

刚开始时，一般采用振动、冲击、温度循环和带电加温等应力进行筛选，而且往往每次仅施加一种应力。后来也采用带电加温的方法，但是这种单项应力筛选的效果却十分有限，所以从20世纪70年代末和80年代初起，开始采用多项应力的筛选方法。由于经济和技术的原因，一般采用高温变率的温度循环和振动的环境应力筛选方法，而且该方法的筛选效果比带电加温要好得多，可将大部分有缺陷的产品筛选出来。

目前为大部分人所接受的筛选方法有以下3种：

a) 高加速寿命试验（HALT: Halt-Highly Accelerated Life Testing）

在进行新产品开发时，一般是先施加高低温应力进行温度循环，剔除那些在产品使用、储存或运输时不能承受温度应力的元件和部件。然后再用振动来筛选，并逐渐地增加振动强度，直到发现缺陷为止（找出发生缺陷的原因，并将缺陷消除）；继续增加振动强度和消除缺陷，一直到振动强度达到产品可能遭遇的最高强度为止。当产品通过这些单项应力的筛选后，再做综合温度循环和振动筛选，直到产品的缺陷都得到改正为止，此时这个产品的设计已非常地可靠。

b) 高加速应力筛选（HASS: Hass-Highly Accelerated Stress Screening）

这是用于生产线上的筛选方法。它的过程与HALT相类似，只是其振动强度比HALT减少一半。这是因为，产品在经过HALT后已接近损坏的边缘，不堪再用，而HASS又是用于待销售的产品，不能把它们振坏。所以只能把HASS的振动强度减到HALT的一半。根据材料钢的疲劳应力图（如图3所示）可知，当应力减少一半以后，在使

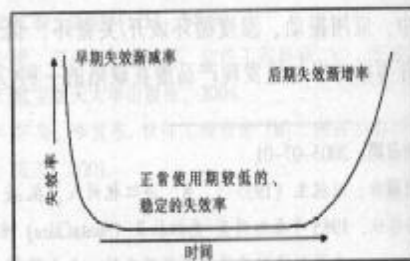


图3 失效率的“浴盆”曲线

筛选时所用掉的寿命不到1%，而用不到1%的寿命来做筛选被认为是可以接受的。因此，HASS是一种在生产过程中用来剔除不良品以提升产品可靠性的、极为有效的方法。

c) 筛选强度验证 (POS: Proof - Screening)

这是用来验证 HASS 振动强度是否过强的一种方法。它是把 HASS 过程连续做 10~30 遍（次数的多少以所需 HASS 的消耗寿命而定，次数愈多，则产品经过 HASS 后的寿命愈长）。若产品仍然没有坏，则表示 HASS 的振动强度并未过强，不会缩短产品的使用寿命。虽然已把 HASS 的振幅的强度降到 HALT 的一半，但为保险起见，可以用 POS 来独立验证这个强度。而且作者认为也可以用 POS 来验证 HASS 的振动强度是否太弱。在做 POS 过程中，若在第一遍找出很多不良品后，在第二、第三……遍时仍然能够发现一些不良品，则表示需要继续加强 HASS 的振动强度。否则，将无法筛选出那些在 POS 第二、第三遍……中才可能发现的不良品。

由于上述筛选过程花时比较多，费用较高，除了可靠性要求很高的产品，或者是为了开发新产品以外，其实一般的产品以往都是不做筛选的，而且每个公司进行筛选的标准也有很大的差异，或者仅使用 1~2 种筛选应力。但是，当筛选过程逐渐自动化，所需时间慢慢减少，费用逐渐降低时，大多数产品也都会将筛选程序包括在生产过程中，所用的标准也将比较统一，并且会增加一些应力项目。

4 筛选时间的选择

实践证明，在产品开发和生产过程的每一个阶段都需要做筛选（如图 4 所示）。当然，收效最大



图 4 筛选时间的选择

的就是在产品的开发期和样品期。因为在这个阶段只有几件样品，容易更改，所需的费用也相对比较少。在试生产和批量生产期同样也需要做筛选，否则，一旦出现问题，一大批产品都会存在同样的缺陷，将造成重大的损失。如果不能进行 100% 的筛选，则至少需要进行抽样筛选，这样才能及时地发现问题，以减少损失。

5 各种筛选设备的优劣比较

目前用于筛选的设备主要有以下几种，它们的优缺点如下：

5.1 单轴电磁振动台（如照片 1 所示）

a) 优点

- 1) 使用广泛；
- 2) 大多数工程师都熟悉；

3) 能对振动频谱编程；

4) 整个平台的振动强度较为平均；

5) 比较容易安装测试件。



照片 1 单轴电磁振动台

b) 缺点

- 1) 一次只能测试一个轴向；
- 2) 筛选需要较长的时间。

5.2 单轴液压振动台（如照片 2 所示）

a) 优点

1) 能对振动频谱编程；

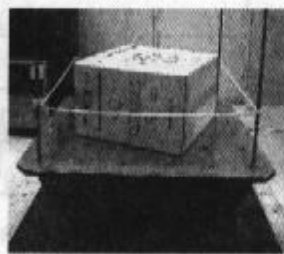
2) 整个平台的振动强度较为平均；

3) 比较容易安装测试件；

4) 可以测试较大的试件。

b) 缺点

- 1) 只限于较低频率的振动；
- 2) 一次只能测试一个轴向；
- 3) 筛选需要较长的时间。



照片 2 单轴液压振动台

5.3 气锤冲击测试台（如照片 3 所示）

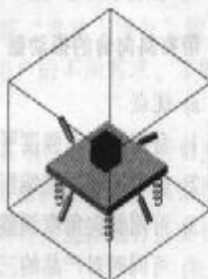
a) 优点

1) 比较容易安装测试件；

2) 可以测试大型的试件。

b) 缺点

1) 振动强度在台面各处的差别很大



照片 3 气锤冲击测试台

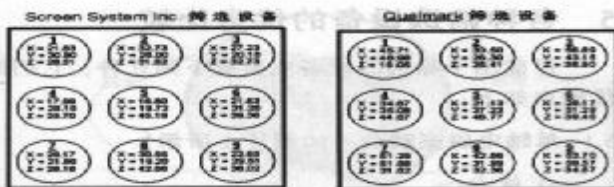
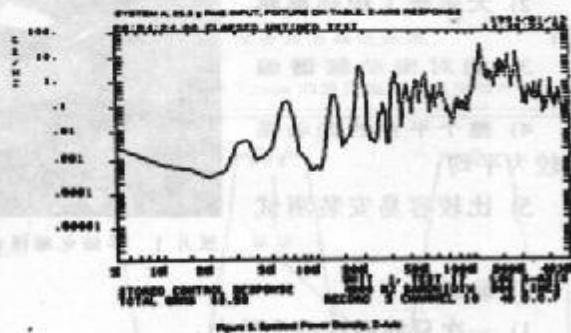
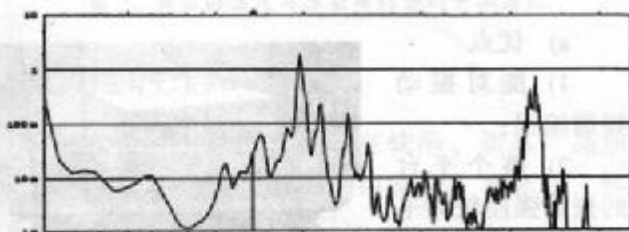


图5 筛选设备的台面振动强度 (G rms) 分布图



(注释: 在低频范围内没有足够的能量引起产品共振)

图6 气锤式筛选系统频谱



(注释: 在高频范围内有破坏性能量)

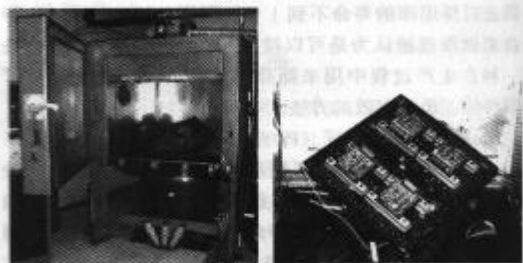
图7 气锤式筛选系统频谱

(如图5所示), 低频率的振动能量极少, 而高频率的振动能量超强 (如图6所示), 并且大多数的能量都集中在 2 000~20 000 Hz 之间 (如图7所示), 实际上, 自然界中极少有如此高频率的振动, 筛选条件与实际情况不符;

- 2) 无法控制 3 个轴向之间的振动强度;
- 3) 设备的维修难。

5.4 带有斜向台的振动器 (如照片4所示)

- a) 优点
 - 1) 台面的振动强度平均;
 - 2) 能对振动频谱编程;
 - 3) 可用斜向角度调整 3 个轴向之间的施加力;
 - 4) 可同时对产品的三轴加力, 省时省钱;
 - 5) 维修容易, 费用低;



照片4 带有斜向台的振动器

6) 温箱和振动台可分别使用, 节省费用。

b) 缺点

1) 三轴施加力的相位相同, 被认为有可能不及独立相位施加力有效, 但在实际使用中, 此设备的筛选结果优良;

2) 由于安装面为斜面, 安装试件较为困难。

6 目前存在的问题

目前, 筛选还面临一些问题, 诸如:

- 1) 没有一个被大多数人都接受的筛选方法;
- 2) 无公认、有效的筛选设备;
- 3) 筛选时间太长, 费用太高, 使大多数厂商都不太愿意做筛选而无法提高产品的可靠性。

上述问题中, 尤其是第3个问题对筛选的普及性影响最大, 所以解决这个问题将是我们的当务之急!

为什么筛选要花这么多的时间呢? 主要的原因是机件都被包在外壳之中, 制冷和加热都相当困难, 更谈不上高温变速率的制冷和加热, 而有效的筛选需要高温变率的温度循环。如果没有高温变率的温度, 就要增加循环的次数, 从而导致筛选时间的大幅度增加。

7 一个新的筛选方法

为了解决上述问题, 使筛选成为一个经济又实用的程序, 作者建议使用下面这个新的筛选方法。

由于电子板在箱柜中要达到高温变率的温度循环几乎是不可能的, 如果将电子板放在整机中一起筛选的话, 则体积大、重量重, 需要一个很大的系统来做筛选, 既费时又费钱, 而且筛选的效果也有限。但是, 如果先对一台整机进行筛选, 把结构和部件连接的问题都找出来, 并加以改

进，就会获得很好的筛选效果。这是因为，这些都是机械性的问题，经过设计和生产工艺的改良以后，极少有机会再度发生，而剩下的问题绝大部分都在电子板上。这时再对电子板进行筛选，把有问题的元件和电子板剔除，产品的可靠性就可以得到大幅度的提升。由于电子板的体积小、重量轻，筛选所需的设备要小得多，也便宜得多；另外，由于电子板不在箱柜里，而是曝露在空气

中，制冷和加热都可以达到很高的温变率，这样进行筛选不但要有效得多，而且所需的时间也可以大大减少，从而可以大幅度地降低筛选的费用。

为此，作者专门设计了一套生产线上运用这个新方法的筛选设备（目前正在申请专利）。对这个设备的特点和操作程序将在下一期作详细的介绍。（待续）