

高加速应力筛选(HASS)概述

林 震

(中国工程物理研究院电子工程研究所, 四川 绵阳 621900)

摘 要: 高加速应力筛选(HASS)是一种新兴的试验技术, 用于产品的生产阶段。在暴露和剔除产品的制造和工艺缺陷、提高可靠性、降低野外失效和返修率等方面非常有效。从研究开发 HASS 的背景出发, 介绍了 HASS 的目的及作用, 重点探讨了高加速的基本原理、典型的 HASS 过程。

关键词: 高加速应力筛选; 高加速寿命试验; 环境应力筛选; 筛选验证

中图分类号: TB 24 **文献标识码:** A

Review on Highly Accelerated Stress Screen

LIN Zhen

(IEE OF CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: Highly Accelerated Stress Screen(HASS) is an emerging technology, which is performed during production phase to find the weak reliability links in the product. It is very effective in discovering manufacture - related problems, improving reliability and reducing the number of infant mortality failures of products. This paper introduces the background and the purposes of HASS, and discusses its fundamental principles.

Keywords: HASS; HALT; ESS; POS

1 研究开发高加速应力筛选(HASS)的背景

现在的产品对强度和可靠性的要求越来越高。从 20 世纪 70 年代初期起, 一般的可靠性试验变得越来越难满足产品的要求。往往不能发现设计缺陷, 使产品的质量受到很大的影响, 从而造成大量的意外失效。即使已顺利通过了设计阶段的鉴定试验和生产阶段的验收试验的产品, 其残留的潜在缺陷仍然很多, 存在使用可靠性水平低, 平均故障间隔时间(MTBF)短, 外场返修频繁的问题。

1979 年, 美国海军(NAVMAT)的首席代表 Willoughby W J 先生开始提出环境应力筛选(ESS)方法。他在文章里介绍了详细的 ESS 实施方法: 在生产过程中, 使用温度循环和随机振动的方法去筛选制造和工艺方面的缺陷。即使如此, 仍然存在不能发现其它大量的缺陷, 造成产品早期失效的问题。

Willoughby W J 提出的 ESS 方法主要是采用美军标(MIL)所规定的试验去克服产品的薄弱环节, 而 MIL 试验都是些模拟试验, 无法提供足够的应力去暴露产品的潜在缺陷^[1]。

20 世纪 80 年代末, Hobbs G K、Gray K A 和

收稿日期: 2002-06-17 修回日期: 2002-09-23

作者简介: 林震(1976-), 男, 广东梅县人, 中国工程物理研究院电子工程研究所助理工程师, 主要从事环境试验技术研究工作。

Condra L W 等人研究并提出了两种新的试验方法:高加速寿命试验(HALT)和高加速应力筛选(HASS)。这是两种激发试验,它与模拟试验的思路恰好相反。模拟试验的特点是模拟真实环境,确保试验过关,即产品不出现失效就算通过;而 HALT/HASS 是用人为的施加环境应力的方法,快速激出并清除产品的潜在缺陷来达到提高可靠性的目的,因此试验时不仅不要求获得通过,反而要求激出的潜在缺陷越多越好。我们在进行 HALT 与 HASS 试验时,为了发现产品的薄弱环节、潜在缺陷及提高产品的可靠性,所使用的产品应力量级远远高于技术条件所规定的值。

国外多年的实践证明,HALT 与 HASS 过程的结合对暴露产品的潜在缺陷、改进产品的强度和可靠性非常有效。本文主要探讨 HASS,对 HALT 不作过多的介绍。

2 HASS 的目的和作用

HASS 其实是一个过程,而不是一种确切的试验。它用于产品的生产阶段,其目的是暴露和剔除产品的制造和工艺缺陷,确保产品在 HALT 过程获得的高可靠性、高强度不因制造过程而降低,对产品的质量和可靠性进行监控。在产品的生产阶段,常常因为自动或手动装配及温度处理等过程引入潜在缺陷。HASS 过程(如果实施正确)能把潜在的缺陷转化为显性缺陷。对显性缺陷进行识别和维修后,在产品离开车间时,其最终的质量和可靠性将达到很高的水平,野外失效率和返修率则将降到最低水平。

3 HASS 的基本原理

总的来说,HASS 是利用高机械应力与高变温率来实现高加速的。

3.1 疲劳损伤和机械应力之间的关系

提高应力能加速产品失效,疲劳损伤与机械应力具有如下关系:

$$D \approx n \sigma^{\beta}$$

式中 D ——累积的疲劳损伤;

n ——应力循环次数;

σ ——机械应力,即单位面积的作用力(由热膨胀,静载荷,振动或任何其它导致机械应力的作用所引起);

β ——疲劳试验确定的材料常数,其变化范围为 8~12。

3.2 温度变化率与激发缺陷所需温度循环次数之间的关系

温度循环属热疲劳性质,Smithson S A 先生在 1990 年环境科学学会年会发表的论文中给出了如表 1 所示的不同温变率下的筛选效果。

表 1 筛选效果相同条件下不同温变率与循环次数的关系

温变率/ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$)	循环次数	min/次	筛选时间 t/h
5	400.0	66.0	440.0
10	55.0	33.0	30.0
15	17.0	22.0	6.0
18	10.0	22.0	3.0
20	7.0	18.3	3.0
25	4.0	16.5	1.9
30	2.2	13.2	0.9
40	1.0	8.0	0.1

表 1 说明温变率为 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 下进行 400 个 66 min/次的温度循环与温变率为 $40^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 下进行 1 个 8 min/次循环的效果是一样的,而两者所花的时间比则达到 4 400:1。筛选应力越高,产品的疲劳和破坏越快,有缺陷的高应力部位累积疲劳损伤比低应力部位要快得多,这样,就有可能使产品内有缺陷元器件与无缺陷元器件在相同应力下拉开疲劳寿命的档次,使缺陷迅速暴露的同时,无缺陷部位的损伤也很小。

HASS 试验的应力量级与暴露出的缺陷数量是成比例的(非线性)。因此,筛选的强度越高,暴露的缺陷越多(如图 1 所示)^[3]。

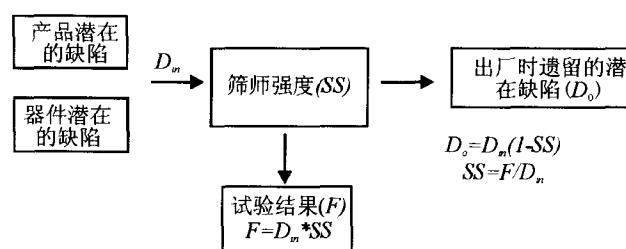


图 1 筛选强度与暴露缺陷的关系

4 典型的 HASS 过程

典型的 HASS 过程包括 HASS 设计、筛选验证 (POS) 和产品 HASS 这 3 部分。HASS 设计和筛选验证的目的是提供一种最快、最有效的筛选方法。筛选的有效性是指能快速找到产品的缺陷而又不会严重影响产品的寿命 (损失的寿命不能超过 5%)。产品 HASS (Production HASS) 又分成 4 个步骤^[5]：

- 1) 加速筛选 (Precipitation screen), 把潜在的缺陷转变成显性缺陷;
- 2) 检测筛选 (Detection screen), 找出显性缺陷;
- 3) 失效分析;
- 4) 实施改进措施

在产品 HASS 中, 对失效的根本原因进行分析和实施改进措施是其核心内容。因此, 在 HASS 过程中不能放过任何一个被激发出的故障, 是设计问题就要改进设计; 是工艺问题就要改进工艺。只有采取有效的纠正措施, 才能加速设计和工艺的成熟, 才能充分发挥 HASS 的长处。

4.1 HASS 设计

4.1.1 试验夹具的设计

在 HASS 设计开始前, 必须设计一个特殊的、专用的夹具。这个夹具必须满足以下两个要求:

- 1) 适用于振动和温度试验, 并能同时试验多个产品 (根据具体情况);
- 2) 能提供合适的振动传输比、热均匀性和均衡的温度变化率。

夹具上应标明产品的具体安装位置, 并确定每个产品位置的应力量级等。一般来说, 在最高和最低的振动响应处放置工作样本, 非功能性样本则放在其它的位置。

4.1.2 筛选剖面的设计

筛选剖面包括应力类型 (振动、温度、电应力等)、应力量级、驻留时间、试验顺序等。每个应力的极限值都基于前面 HALT 的结果, 所以在实施

HASS 前, 必须先进行 HALT, 找出产品在不同应力下的工作与破坏极限 (如工作温度下限、破坏振动极限等)。通常情况下, 加速筛选极限值介于工作极限与破坏极限之间; 检测筛选极限值介于 FLT (即基本技术极限, 产品设计所规定的极限) 与工作极限值之间 (如图 2 所示)。图 3 是一个典型的

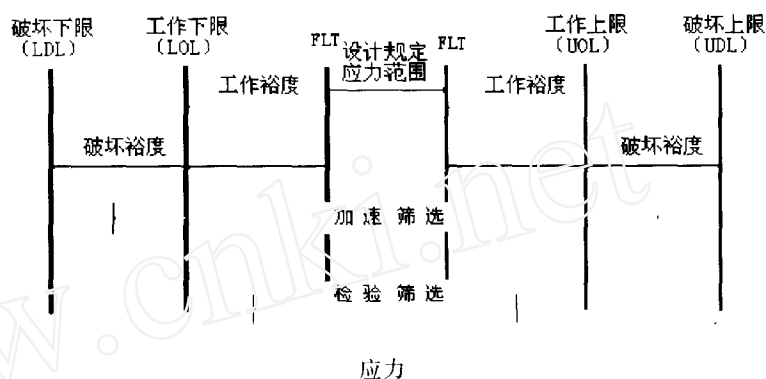


图 2 HASS 极限值的选择

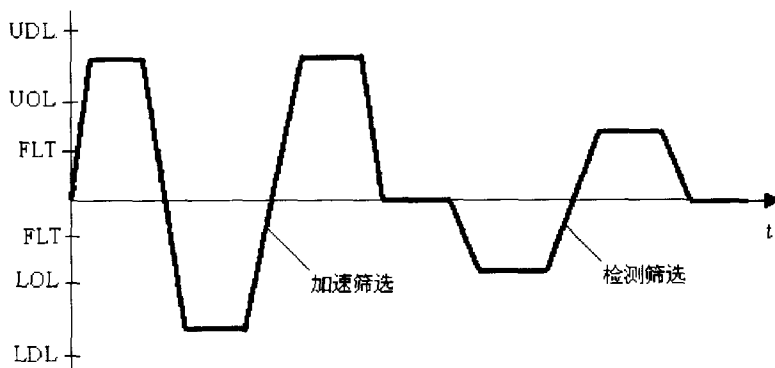


图 3 典型的 HASS 温度剖面

HASS 温度剖面。

设计出一个好的筛选剖面是 HASS 项目最关键的一步。筛选剖面设计是一个反复试验论证的过程, 表 2 列出了 4 种典型的筛选剖面设计方法^[11]。

4.2 筛选验证

设计了最初的 HASS 剖面后, 必须对其进行验证。筛选验证 (POS: Proof-of-screen) 过程用于确定筛选不会引入缺陷或严重影响产品的寿命。

4.3 产品 HASS

对筛选剖面进行验证后, 就可以对产品进行筛选, 而且, 必须对整个筛选过程一直进行监控。筛选剖面可以根据生产过程和使用现场的一些数据进

表 2 HASS 筛选剖面设计的 4 种典型方法

序号	应力确定过程	所需样本数量	所需时间	适应性
方法 1	选一个低于 HALT 工作极限应力作为筛选的初始剖面, 运行 50 次。如果样本产品发生失效, 则降低应力再试验, 直到运行 50 次没有失效发生为止。接着把“种子”样本(注: “种子”样本是指故意引入生产缺陷的产品, 例如虚焊、裂纹等)投入试验中, 看看该筛选剖面能不能暴露缺陷。	1	4 天	适用于能产生“种子”样本的产品
方法 2	与方法 1 一样, 选一个低于 HALT 工作极限的应力作为筛选的初始剖面, 然后运行 50 次。若有失效, 则降低应力再试验。如此反复, 直到运行 50 次没有失效发生为止。然后极限值稍稍往上调, 重复上面的过程, 直到发生一个失效为止。这一步是为了保证极限值有足够的筛选力度。	1	与方法 1 相比, 整个过程需花费更长的时间(5 天左右)。	产品比较昂贵, 无法提供大量的产品用于试验; 产品的野外失效率较高, 利用该方法可优化 HASS 剖面。
方法 3	选一个比 HALT 破坏极限稍低一点的应力作为筛选的初始剖面, 运行 50 次。因接近破坏应力, 失效可能性极大, 重复试验, 直到运行 50 次不发生失效为止。这种方法的优点是能发现更多的失效, 因此可确信该方法确定的筛选非常强, 完全能够发现生产过程中的各种问题。	3~4	特别费时, 比方法 2 还长。	试验产品相对较便宜, 可提供相对较多的产品用于 HASS 设计所需的试验; 野外可靠性极差, 有利于优化 HASS 剖面。
方法 4	与方法 1 和方法 2 一样, 选一个低于 HALT 工作极限的应力作为筛选的初始剖面, 然后运行 50 次。如果失效, 把筛选量级降低一些, 又运行 50 次, 如此反复, 直到运行 50 次再没有发生失效为止。	1	2 天	适用于只对统计样本做筛选(不要求做 100% 的 HASS, 只要求发现大致的工艺问题)的产品。

行适当的调整。不过, 每次调整都必须慎重考虑, 分析清楚。如果筛选漏掉了缺陷, 必须分析出原因, 如果必要的话, 就要对筛选进行修改; 如果在筛选过程中出现一个高失效率, 就要仔细分析原因, 了解是否筛选过程变更所致。不管是哪个应力变了, 都必须重新进行一次筛选验证(POS)^[5]。

5 结束语

HALT 是进行 HASS 的前提, 只有完成了适当的 HALT, 而且所发现的问题均已得到解决, 才允许进行 HASS。Hobbs G K 先生认为不管采用什么筛选方法, 筛选过程总要消耗产品一部分的疲劳寿命, 如果使用应力和破坏应力之间的裕度很小, 就根本不能运用任何应力筛选方法进行筛选。因此, 必须根据 HALT 得到的工作极限和破坏极限, 摸清

产品的设计裕度, 制订 HASS 方案, 确定 HASS 的量级, 以保证筛选所消耗的疲劳寿命的量是可以接受的。

虽然目前 HASS 仍然是一门新兴的技术, 但是, HASS 已经在国外(如美国、日本、新加坡和西欧各国等)得到广泛的开展, 并取得了大量的研究成果, 其研究项目已经深入到 HASS 的每个细节里面, 非常详细。但是, 由于保密的原因, 直到目前为止还没有制定任何相关的试验标准。

参考文献:

- [1] Silverman M. HASS Development Methodology: How to Develop a Screen, When to Change a Screen, and When to Reprove Ascreen[R]. C. R. E. QualMark® Corporation, Santa Clara ARTC Division, 2000.

- [2] Michael Pecht. Why the Traditional Reliability Prediction Models do not Work – is There an Alternative?[R]. CALCE Electronic Packaging Research Center, 2000.
- [3] Gilbert Bastien MSME P. E. Introduction to HALT and HASS. [J]. COTS, 2001, (9): 5 – 10.
- [4] Leonard C T, Pecht M. How Failure Prediction Methodology Affects Electronic Equipment Design. [J]. Quality and Reliability Engineering International, Vol. 6, 1990, b(2): 243 – 249.
- [5] Silverman M. Summary of HALT and HASS Results at an Accelerated Reliability Test Center[R]. C. R. E. Qual-Mark Corporation, Santa Clara ARTC Division, 2002.

附录 1

HALT — “Highly Accelerated Life Test” 的首写字母缩写, 即高加速寿命试验, 是由 Hobbs 工程公司的总裁 Gregg Hobbs G K 博士最早提出来的。HALT 常用的应力有温度步进应力、六自由度的随机振动、快速温度变换、温度与振动的综合应力、极限电压、极限频率及其它有利于发现产品设计和制造缺陷的应力。HALT 用于产品的设计阶段。它不是采用一般模拟实际使用环境进行的试验, 而是人为地施加步进应力, 在远大于技术条件规定的极限应力下快速进行试验, 找出产品的各种应力下的工作极限与破坏极限。利用该方法可迅速地找出产品设计及制造的缺陷、改善设计缺陷、增加产品可靠性并缩短上市时间, 同时可建立设计能力、产品可靠度的基础资料以及未来研发工作的重要依据。

信息与动态

杰尔系统公司向华为公司提供全套光网络芯片

杰尔系统公司最近与华为技术公司达成了一个数百万美元的合作协议, 即华为公司将采用该公司的全套 IC 芯片, 应用于其城域网和接入网的高速光网络系统。在这项数百万美元的交易中, 杰尔公司将为华为公司提供用于线路卡的芯片。该芯片能够在光传输网络中处理多种网络协议、信道、距离及速度, 并且具有先进的技术特性和功能, 可提高当今高速光纤城域网和接入网的性能, 降低设备成本。

华为公司是中国最大的网络设备供应商, 也是全球增长最快的设备供应商之一, 同时, 它又是中国领先的电信服务供应商, 为固话网、移动电话网和数据通讯网运营商提供通信设备和网络方案。其光通信系统应用于亚洲、欧洲、非洲及南美洲的网络中。市场咨询公司 (RHK) 的最近一份报告就将华为公司列为亚太地区市场的第一位, 其 2001 年光传输产品占市场总额的 15.4%; 随着华为公司的发展全球化, 2001 年它的海外销售额更增长了 156%。

RHK 还认为, 2002 ~ 2006 年中国将保持亚太地区最大电信市场的地位。杰尔公司的接入与传输产品部副总裁 Mark Granahan 先生表示: “长期以来, 华为公司为城域网和接入网提供高性能、低成本的网络设备。作为该公司的主要 IC 供应商, 杰尔公司将全力以赴地为它提供最先进的 IC 产品, 并协助它以最低的成本为客户带来更多、更灵活的系统方案。”

华为公司的高级副总裁、光网络业务部部长张平安先生说: “华为一直在寻找能提供传输方案的长期战略伙伴, 协助公司开拓全球市场。杰尔公司能够提供低成本、高可靠性并且功能丰富的解决方案, 一直是我们首选的厂家。它的产品大大缩短了华为 Optix(tm) 2.5 G、10 G SDH

系统和 Optix(tm) 城域网系统的上市时间。采用它的方案, 我们可以帮助客户以最低成本实现多种网络服务。我们将联同其他领先的国际运营商, 采用杰尔公司的产品进行设备现场试验。”

据了解, 杰尔公司将向华为公司提供包括组帧器 (Framer)、指针处理器、交叉连接、数据引擎以及混合信号收发器在内的 7 种光网络 IC。在光传输芯片中, 目前杰尔公司向华为公司提供 MARS 2.5 G 和 MARS 10 G 组帧器, 这是杰尔公司最近发布的高集成光传输系统级芯片 (SoC) 系列中的两个重要 IC, 这些芯片由业界最完善的线路卡子系统组成, 能支持城域网和接入网中原有设备及新购设备的现有功能、应用、速率和协议。

此前, 杰尔公司就设计成功领先的网络汇集芯片和交换芯片并应用在华为公司的设备中, 从而促成了这次的合作。杰尔公司的中国董事总经理梁宜先生表示: “这次合作令杰尔公司与华为公司的伙伴关系扩展到其它重要的网络应用和产品领域。我们在光网络领域拥有技术专长, 能够为它提供完整的线路卡解决方案。”另外, 华为公司在多业务接入平台技术中也采用了杰尔公司的 8207 CelXpres (tm) 异步传输模式 (ATM) 交换芯片, 并在宽带多业务及接入平台中采用杰尔公司的 ATM 端口控制器 (APC) 处理芯片。

据介绍, 杰尔系统的解决方案满足了同步数字系列 (SDH)、多业务传输平台 (MSTP) 及 DWDM 平台对光线路与交换机光纤卡、复用与数字交叉连接卡的要求, 可支持 OC-3、OC-12、OC-48 和 OC-192 等 SONET/SDH 业务, 也支持 ATM、SONET 数据包传输 (PoS) 和 SONET 千兆以太网 (GEoS) 等数据服务。 (本刊讯)