



NCCET'09

第十三届 计算机工程与工艺会议 论文集

张民选 主编

西北工业大学出版社

第十三届 计算机工程与工艺 会议论文集

张民选 主编

西北工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

第十三届计算机工程与工艺会议论文集/张民选主编. 西安:西北工业大学出版社,2009.8
ISBN 978-7-5612-2616-2

I. 第… II. 张… III. 电子计算机-学术会议-文集 IV. TP3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 138730 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844,88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本:889 mm×1 194 mm 1/16

印 张:26.125

字 数:788 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~500 册

定 价:108.00 元

第十三届计算机工程与工艺学术年会组织机构名单

会议主办单位 中国计算机学会计算机工程与工艺专业委员会

会议承办单位 西北工业大学计算机学院

大会主席 张民选

会议顾问 彭心炯

程序委员会

主席 陈书明

副主席 樊晓桢

委员 (按姓氏笔划为序)

吕春阳 许西荣 孙永节 赵晓芳

贾建援 韩 炜 陶友传 蒋 江

组织委员会

主席 张盛兵

副主席 蒋 江

委员 王党辉 韩 茹 张 萌 王丽萍 周海亮

前 言

中国计算机工程与工艺专业委员会成立于 1988 年,致力于探讨计算机工程与工艺中所面临的各种问题与挑战,为广大专家学者提供一个学术研究及工程经验交流的平台。专业委员会在计算机工程与工艺相关领域积极开展学术交流活动,先后组织举办了十三届全国性学术会议,召开了“电磁兼容性”、“结构与 CAD”等四次专题讨论会。专业委员会学习和落实计算机学会制定的组织原则与有关精神,坚持学术为上,将每届学术会议组织得有声有色,保证入选论文的高质量,使学术会议取得令人满意的效果。

本次学术年会共收录近百篇来自全国各高校、研究所的高水平学术论文,其内容覆盖计算机结构、工艺与应用,I/O、互联与系统集成,高性能计算与微处理器设计,SoC 技术,低功耗与高可靠性设计,集成电路,模拟、测试与验证等方面。所收录论文质量较高,研究靠近国际前沿,具有一定的学术代表性。

为了提高会议影响力,增大学术交流力度,本次学术年会论文集由西北工业大学出版社正式出版。

在此,首先,要感谢长期以来关注并支持本会议的广大论文作者,你们的支持是本会议发展的根本动力与学术源泉;其次,要感谢计算机工程与工艺专业委员会,你们的智力支持是本会议得以茁壮发展的强大后盾与坚实支撑;最后,要感谢西北工业大学的樊晓桢教授、张盛兵教授、王党辉副教授、韩茹老师、张萌老师以及国防科技大学的蒋江老师、王丽萍老师等,你们的默默努力是会议得以顺利召开的有力保障。

最后,需要特别感谢的是 Cadence 公司。作为本会议的长期合作伙伴,同时也是本次学术年会的赞助商,Cadence 公司给我们提供了大量的支持。我代表中国计算机工程与工艺专业委员会对此表示由衷的感谢。

张民选

2009 年 7 月 27 日

感谢会议赞助单位：

Cadence 公司 (EDA)

The logo consists of the word "cadence" in a lowercase, sans-serif font, with a horizontal bar over the "a". A small "TM" trademark symbol is positioned to the upper right of the word. The text is white and is centered within a solid black rectangular background.

cādence™

cādence™

目 录

一、结构、工艺与应用

铍青铜弹簧夹时效工艺及改进.....	王立志	刘超	田慧	罗锡	(1)
一种机载电子设备的散热设计方法.....	张丰华	杨林	文雯	高涛	(4)
新一代军用 PCB 高密度电子组装中 X 光分层检测技术的应用	李渭荣				(7)
在 CAM350 软件中研究钻孔文件宏的编制思路	吴恒	冯波	李玢		(11)
基于热扩散模型的片内多核处理器布图规划研究	查那日苏	何立强	魏凤歧		(15)
标准单元版图自动实现技术研究	周勇	刘征	许邦建		(20)
TiO ₂ 薄膜电阻开关特性研究	孙鹤	仲海钦	张超	方粮	(23)
介孔二氧化硅薄膜组装金量子点阵列的研究	仲海钦	池雅庆	孙鹤	方粮	(27)
0.13 μ m 高可靠标准单元库版图的分析与设计	杨博	马卓	韩龙	陈书明	(31)
基于 SKILL 语言的多边形间距线宽自动修复设计.....	元磊	马卓	韩龙	刘衡竹	(33)
InfiniBand DDR 串行背板的传输性能仿真和分析	郑浩	孙军	金利峰		(38)
热管散热器的热模拟	袁华	薛建顺	陈玉军		(40)

二、I/O、互联与系统集成

Wishbone 片上总线协议的形式化建模与模型检验分析.....	谭华	古天龙	常亮		(45)
X-DSP 多功能语音串口设计	江双双	许邦建	孙锁林	杨京飞	(51)
传输模式扩展的 I ² C 控制器设计与实现	蒋永花	胡春媚	陈书明		(55)
片上长互连最需优化节点的查找算法	李玮	马卓	韩龙	刘衡竹	(59)
X-DSP 循环寻址和位反向寻址的设计与实现	蒲伟	王勋	陈海燕		(61)
一种新型的 InfiniBand 网络接口实现模型	沈利	管剑波	孙志刚		(64)
I/O 库 ESD 保护电路模拟与分析	苏渊	马卓	韩龙	衣晓飞	(67)
X-DSP 中基于同步的主机接口的设计与实现	唐冬灯	吴虎成	肖义		(70)
0.13 μ m 下的标准 I/O 库的精粹电路研究	王静	马卓	韩龙	邢座程	(73)
InfiniBand 胖树子网故障模式及影响度分析	童心	孙志刚			(76)
DSP 中 Expansion Bus I/O 接口的实现	王怡龙	罗恒	方粮		(81)
USB(PS/2)鼠标的固件开发	吴茶花	陈跃跃	毛二坤	谢石磊	(84)
通用片上虚通道路由器设计	朱红雷	彭元喜			(88)
基于 X-DSP 的 DMA 的设计与实现	肖义	刘宗林	许邦建	马卓	唐冬灯(92)

三、高性能计算与微处理器设计

嵌入式微处理器的可测性技术研究	刘 兴	张盛兵	黄小平(95)
基于 UltraSPARC 体系结构的 TLB 失效处理机制研究	黄安文	高 军	张民选 谢 胡(99)
一种基于多总线结构的 DSP 访存控制器	黄 虹	陈海燕	彭元喜(104)
64 位加法器的电源网格优化	贾 权	陈建梅	张民选(109)
X-DSP 处理器中软件流水循环缓冲的设计与实现	薛 杨	杨 惠	李 勇 陈书明(112)
基于 ERC32 的 VxWorks BSP 研究和设计	刘继福	吴家铸	刘衡竹(116)
TMS320C6700 系列 DSP 程序优化技术研究	宋 辉	刘衡竹	孙海燕(119)
一种基于 CUDA 的并行排序算法设计与实现	谭 霜	蒋 江	马安国(122)
X 处理器指控优化技术	杨 惠	孙永节	薛 杨(127)
DSP 中对数压扩算法的设计与实现	杨京飞	许邦建	江双双(131)
X-DSP 中 GPIO 部件的逻辑设计与实现	疏 凤	鲁健壮	彭元喜(135)
YHFT-DX 指令派发部件的全定制设计与优化	杨唐第	李 勇	李振涛(138)
CPU-GPU 异构系统上应用映射的若干优化策略	蔡 晶	马安国	邢座程(142)
基于图式理论和元认知理论的计算机专业英语写作的策略研究	燕 莉	王丽萍	(146)

四、SoC 技术

SoC 体系结构处理器关键技术和研发现状

.....	张民选	孙彩霞	贾小敏	齐树波	孙 岩	何小威(149)		
多核处理器片上互连技术.....	王海霞	王惊雷	李崇民	汪东升(155)				
SoC 体系结构级功耗模拟与优化技术.....	邢座程	马安国	张承义	李晋文	周宏伟	王永文(161)		
片上网络接口设计与分析.....	王进祥	孙思月	付方发(167)					
众核互连结构性能评估.....	施晶晶	丁亚军(172)						
基于虚拟机的 SoC 仿真原型 VMSIM	安建峰	樊晓桢(177)						
基于 FC 接口 SoC 软硬件协同设计验证平台构建与实现								
.....	田 泽	韩 炜	蔡叶芳	郭 蒙	赵 强	杨海波	李 攀	黎小玉(181)
基于 RS232 的 SoC 硬件调试器	段青亚	陈亚萍	刘文平(186)					
基于 MBI 板小型化 SoC 设计与实现	韩 炜	田 泽	赵 强	张荣华	郭 蒙	蔡叶芳(191)		

五、集成电路

一种 DDR2 SDRAM 控制器的设计和实现	范仕钦	李 勇	刘 胜(197)	
一种 16×32 位多功能乘法器的设计	辜选琼	李振涛	李少青(201)	
基于 FPGA 设计与实现 SDRAM 控制器	黄宇浩	陈胜刚	陈跃跃	吴家铸(206)
L2 Cache tag 阵列中 27 位比较器的设计与实现	井 源	林 杨	方 粮	李少青(209)
高速 CAM 的匹配优化技术	李晓静	刘萍萍	乐大珩	李少青(213)
基于加法进位链的时间数字转换电路设计		王 雷	郑 然(217)	
用于迟滞开关电源的可调单边迟滞比较器	仇 岩	王 佳	郑 然(221)	

基于 ASIC 的 SDRAM 控制器的设计与验证	王红军	樊晓恒	黄小平(225)
SRAM 译码器设计优化研究	李宗昂	马卓	韩龙 郭阳(229)
一种有限域乘法器的设计与实现		刘军伟	孙永节(234)
32 位动态稀疏树加法器自动噪声分析与电路优化	刘尧	易峰任	李振涛 陈书明(237)
宽调节范围时钟发生器的设计方法	吕郁	马卓	孙永节(241)
一种新的两级高增益 SRAM 灵敏放大器	马蕊	李少青	张民选(246)
EDGE 调制解调模块的设计与实现	庞海朋	曲绍卫	张民选(250)
600MHz 13 读/9 写寄存器文件的优化设计	宋芳芳	李振涛	陈吉华(254)
一种用于 DC-DC 转换器的 CMOS 振荡器	谭晓强	马卓	吴家铸 陈跃跃 丁军锋(258)
基于斩波运放的带隙基准电路的实现		王兴意	陈怒兴(263)
“漏斗”移位器的设计与实现	徐庆光	李振涛	刘仲(265)
CMOS 平面螺旋电感设计	薛颜	陈怒兴	李华 何小威(269)
一种浮点融合乘加部件的设计与实现	尹一笑	孙岩	黎渊 张民选(273)
基于 RapidIO 的 8b/10b 编码解码器的设计	钟金弟	陈海燕	陈跃跃(278)
650ps SIMD 移位器设计与实现	张子杰	李振涛	刘衡竹(283)
EDGE 交织器的设计与实现	郑涛	赵振宇	邢座程 崔海龙(286)
0.13 μ m 2.5Gb/s CMOS 限幅放大器的设计与实现	张旭光	马卓	陈吉华 肖海鹏 唐李红(291)
一种产生参考电压的方法		叶涛	陈跃跃(296)
SEC-DED 码的编译码算法研究与实现	徐海波	刘冬培	刘衡竹(298)

六、低功耗与高可靠性设计

同时多线程处理器中基于线程级的功耗评估	张朝中	何立强	徐晓东(303)
抗单粒子闩锁的标准单元设计	方益	陈吉华	梁斌(309)
低功耗通用循环冗余校验编/译码器设计与实现	曲绍卫	庞海朋	邢座程(313)
降低 SRAM 静态功耗的技术综述	史妮妮	马卓	孙永节(317)
防 DPA 攻击的 LBDL 标准单元库的设计与实现	吴静	蒋江	乐大珩 李少青(322)
静态随机存储器抗辐射加固技术研究	向文超	刘必魁	郭阳(327)
一种新型加固的 SRAM 单元设计	肖伟	张甲兴	孙岩 李少青 张民选(332)
SRAM 中动态电压控制低漏流技术	赵亮	马卓	韩龙 陈书明(336)
两种高速加固 CAM 单元的研究与设计	张甲兴	高昌垒	孙岩 李少青(341)
一种抗单粒子瞬变(SET)的差分压控振荡器电路	郭斌	赵振宇	李少青 蒋仁杰 赵学谦(346)
CAM 单元和匹配线的低功耗设计	张文耀	乐大珩	刘萍萍 李少青(351)
一种基于时间延迟的新型双模冗余触发器设计	高昌垒	肖伟	孙岩 李少青 方粮(354)
X-DSP 流水线保护逻辑的设计实现	杨洪杰	彭元喜	陈海燕(358)
加法器溢出处理的优化设计与实现	刘凯峰	吴虎成	李振涛(361)

七、模拟、测试与验证

基于 GPU 平台的 SimpleScalar 并行模拟实现	张广勇	何立强	徐晓东(367)
ADC 静态参数的测试方法比较	崔海龙	陈怒兴	张宏伟 石大勇 郑涛(372)
全定制宏模块自动时序建模方法的研究与实现	付志刚	李振涛	孙永节(376)
SRAM 辐射效应测试系统设计	王振	刘必慰	陈跃跃(380)
实时追踪调试优化系统仿真器的设计与实现	王雪梅	陈跃跃	刘衡竹(384)
VxWorks 最小内核裁剪分析与验证	吴家铸	谭明	刘衡竹(387)
YHFT-DX 处理器模拟验证自动化	杨唤荣	刘胜	李勇 孙永节(391)
一种双岛单电子晶体管的快速蒙特卡洛模拟方法	张超	隋兵才	方粮(394)
深亚微米 CMOS 器件总剂量辐照效应模型研究进展	滕浙乾	梁斌	孙锁林(398)
基于 Verilog-A 的锁相环单粒子效应混合模拟技术	赵学谦	赵振宇	张民选 李少青 郭斌(403)

一、结构、工艺与应用

铍青铜弹簧夹时效工艺及改进 Improvement of Heat Treatment Process for Beryllium Bronze Spring Clamp

王立志 刘超 田慧 罗锡*

Wang Lizhi Liu Chao Tian Hui Luo Xi

(中国航空计算技术研究所 西安 710068)

(China Aeronautics Computing Technique Research Institute)

摘要:本文分析了影响铍青铜热处理机械性能的因素,并通过工艺试验,改进了淬火状态的铍青铜(QBe2 Y)弹簧夹的时效工艺。在经过 $260 \pm 5^\circ\text{C}$, $1 \sim 2\text{ h}$ 时效处理后,可取得较高的强度和韧性,能够满足弹簧夹的使用性能和寿命要求。

关键词:铍青铜 弹簧夹 时效 改进

1 引言

铍青铜是一种优质弹性材料,具有高的强度、硬度、弹性,耐磨、耐蚀、耐寒,无磁性、导电导热性能好,冲击无火花等优异性能,因而被广泛应用于仪器、仪表工业、电子电器工业和航空航天工业中的弹簧和其他弹性元件。随着科学技术的发展,对弹性元件的性能要求越来越高。不但要有好的强度、硬度和弹性,还要求有良好的抗疲劳、抗松弛性能。

国内目前使用的铍青铜带材主要有 QBe1.7, QBe1.9, QBe2 等牌号。我所某计算机产品上的弹簧夹,其材料为淬火状态的铍青铜(QBe2)带材,厚度为 0.4 mm 。针对弹簧夹的工作条件,我们进行了大量生产实验,优化时效工艺参数,确定最佳工艺方案,获得了较好的韧性和弹性的配合,延长了使用寿命。

2 弹簧夹失效分析及性能要求

本文研究的弹簧夹(见图 1)使用原理为:将手柄压入弹簧夹的开口处,利用弹簧夹的弹性将手柄夹

紧,防止手柄在受冲击的状态下随意活动。近几年来,弹簧夹在频繁压入和松出过程中,出现弯边处断裂。经过专业机构对断裂实物外观检测:弯边裂纹处呈断裂延伸状态,检测断裂件硬度 HV 为 $390 \sim 410$, 韧性差是导致弹簧夹断裂的主要原因。

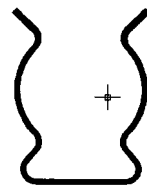


图 1

根据工作条件和失效形式,要求弹簧夹夹紧可靠、韧性好、使用寿命长。经过大量的工艺试验,最终我们将 QBe2 的热处理工艺参数由原 $(310 \pm 5)^\circ\text{C}$, 2.5 h 正常时效改为 $(260 \pm 5)^\circ\text{C}$, $1 \sim 2\text{ h}$ 的欠时效。欠时效完成后硬度 HV 为 $350 \sim 370$, 延伸率 $\delta = 9.5\%$ 。

* 作者简介:王立志,男,工程师,从事机载电子设备结构工艺研究;刘超,男,工程师,研究方向为机载电子设备结构工艺;田慧,女,高级工程师,研究方向为高性能机载电子设备结构工艺;罗锡,男,工程师,研究方向为机载电子设备结构工艺。

通信地址:(710068)中国航空工业第六三一研究所。E-mail:wlyz2010@sina.com

3 铍青铜时效处理机理及工艺

3.1 铍青铜时效处理机理

铍青铜固溶处理后,获得了过饱和的 α 固溶体及良好的塑性,之后的时效处理会使铍青铜的组织和性能发生显著变化。时效处理过程实际上是固溶体分解的过程,一方面是从过饱和的 α 固溶体中不断析出 γ 相,另一方面是 β 相也发生分解,从 β 相中不断析出 γ 相,引起合金的显著强化。低温时效时,扩散速度小,发生两相分解,新相质点小而多,强化速率较小;而在较高温度时效时,则因扩散速度增大,新相成核率小,长大快,所以强化速率加大。可见,时效温度对时效效果的影响很大。

时效硬化不仅与时效温度及时间有关,而且与合金的含铍量,尤其是与 α 固溶体的过饱和度也有密切关系。时效时硬度极大值及其出现的速率均随过饱和度的增加而增大。 α 固溶体的晶粒越大,时效硬化的速率就越小,强化效果就越差,因此,正确选择固溶温度、加热时间及冷却介质,以便获得具有足够过饱和度及细晶粒的 α 相,对铍青铜的热处理具有重要意义。

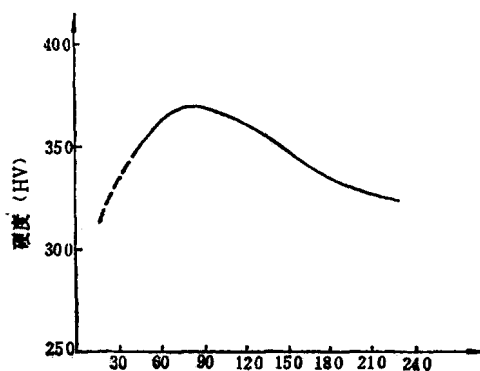


图2 QBe2 Y不同时间下的时效硬化曲线

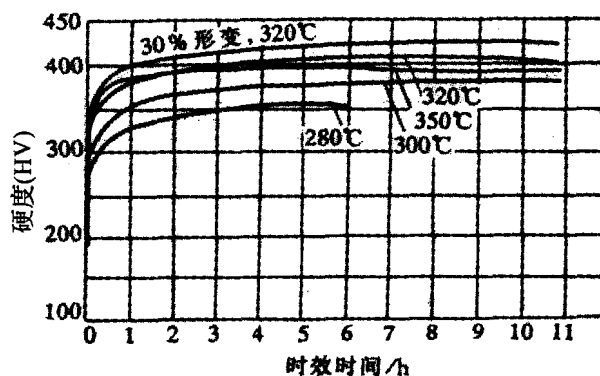


图3 QBe2 Y不同温度下的时效硬化曲线

3.2 铍青铜零件的时效处理工艺

时效时间(见图2)及温度(见图3)的确定取决于零件的技术要求。针对QBe2材料弹性与时效的关系(见图4),在最大强化的情况下,时效温度为310~330℃,保温时间为90~120min,显微硬度HV可达到380~410。在较低温度下时效,会获得较低的硬度,时效温度为260~280℃,保温时间为90~120min,显微硬度HV可达到350~370。因材料批次不同,铍青铜的化学成分和组织状态会有区别,故材料批次更换,时效规范也将有所变动。因此,在大量零件时效前,应先做时效规范摸底试验,然后大批量时效,可确保零件质量。

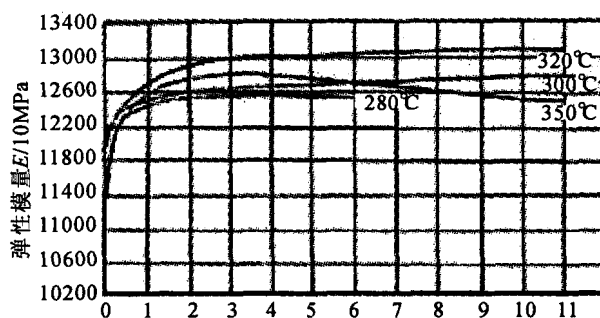


图4 QBe2 Y不同时效的弹性曲线

4 弹簧夹的时效工艺及改进

4.1 设计要求

设计图纸要求用0.4mm厚铍青铜(QBe2)带材加工弹簧夹,经时效处理后,硬度HV>350、零件弹性好、韧性好、几何尺寸稳定,使用时不产生塑性变形和断裂。

4.2 弹簧夹的时效工艺改进

由于弹簧夹结构的特殊性,时效温度高时,弹簧夹硬度高、定型好,但较高的硬度对弯边和孔(或缺口)敏感性强,弯折处易产生应力集中甚至断裂。相反,时效温度低时,韧性好、不易断裂,但弹簧夹定型不好,卡紧力不够,影响弹簧夹使用寿命。相关资料介绍,实现铍青铜硬度和强度峰值的时效温度在300~350℃之间。在生产中时效工艺参数的制定不应单一追求高硬度或高强度,应保证弹簧夹高弹性又不易

断裂的使用性能要求,原时效工艺只考虑了时效的峰值效应,而忽视了弹簧夹应有良好的韧性。为此我们在保证弹簧夹工作弹性的情况下,主要从降低弹簧夹硬度,提高弹簧夹韧性入手,做了大量弹簧夹时效试验。由于所选用的 QBe2 带材为淬火状态,该状态强度最低、塑性最高,利于加工成型,所以时效就成为保证弹簧夹性能要求的关键工序,而时效温度、时效时间则是影响弹簧夹弹性和韧性的关键参数。因此,我们对时效温度、时间等参数修改了多次并进行试验对比,最终将弹簧夹时效工艺参数由原 $(310 \pm 5)^\circ\text{C}$, 2.5 h 正常时效改为 $(260 \pm 5)^\circ\text{C}$, 1~2 h 的欠时效(由于 γ 强化相析出不充分,未达到最高的强度和硬度),将硬度 HV 值控制在 350~370,铍青铜时效工艺曲线见图 5。

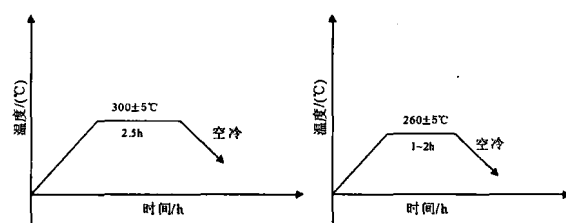


图 5 改进前后时效工艺曲线

工艺更改前后试验数据对比见表 1。

表 1 铍青铜弹簧夹时效数据对比表

项目	参数	时效	时间	硬度 HV	抗拉	伸长率 $\delta/(\%)$	备注
		温度	$\frac{\text{h}}$		强度 σ_b		
		$^{\circ}\text{C}$			MPa		
峰值时效		310	2.5	390~410	1250	7.5	手感硬
欠时效		260	1~2	350~370	1100	9.5	韧性好

4.3 改进效果

通过以上工艺改进,弹簧夹韧性有了明显提高。我们对改进后的弹簧夹进行模拟拔插试验,将弹簧夹以实际使用状态进行安装,在 110min 内进行了 10 000 次手动模拟拔插试验,弹簧夹无明显变化,强度和使用寿命满足设计要求。

5 小结

对常规工艺的改变是建立在大量的工艺试验基础上的。弹簧夹经过采用铍青铜(QBe2)欠时效工艺,虽然牺牲了部分硬度、弹性,但塑性、韧性和耐疲劳性明显提高,能更好地满足用户使用方面的要求,收到很好的效果。且经过最终产品使用的反复验证,其可靠性满足了产品需要,解决了生产中的实际问题。

参考文献

- [1] 孙瑜,封勇. 铍青铜热处理研究. 工艺与材料.
- [2] 狄平. 铍青铜形变时效工艺的优化. 金属热处理.
- [3] 雷廷权,傅家骥. 金属热处理方法 500 种. 北京:机械工业出版社,1998:548-550.
- [4] 樊东梨. 热处理技术数据手册. 北京:机械工业出版社,2000.
- [5] 铍青铜弹性元件的热处理. 北京:机械电子工业部,1989.

一种机载电子设备的散热设计方法

a Method of Heat Dissipation Design for Airborne Electronic Equipment

张丰华 杨林 文雯 高涛*

Zhang Fenghua Yang Lin Wen Wen Gao Tao

(中国航空工业计算技术研究所 西安 710068)

(China Aeronautics Computing Technique Research Institute)

摘要:机载电子设备散热环境恶劣,本文针对机载电子设备热设计方法进行研究,提出了一种新的机载电子设备散热方法。该方法在模块采用贴附冷板通过机箱两侧插槽传导散热的基础上,增加了模块顶部至机箱盖板的散热通路,可使模块温度下降 $6\sim 14^{\circ}\text{C}$,并将该方法应用于某机载电子设备热设计中,同时应用Flotherm软件进行热仿真验证,最终完成产品热设计。该产品经过各种环境实验验证,获得了较好的效果。

关键词:机载计算机 热设计 热仿真 Flotherm

1 引言

随着机载电子产品技术飞速发展,性能要求越来越高,高能耗、高密度成为机载电子设备的突出特征,因此,热设计成为电子设备结构设计的重要环节。电子产品内部模块功耗分布不均匀,经常出现功耗集中于某模块的情况。由于机载环境限制,实际中只能采取自然散热方式,这样大功率模块产生的热量如不能快速及时导出设备外部,将会对电子设备性能产生严重影响。

随着热仿真技术的发展,产品热设计依赖实验验证的程度降低,只需在设计初期进行详细热设计,然后对设计方案进行仿真对比验证及回馈修改,就能达到满足产品设计要求的目的。

本文将新型散热方法应用于某机载计算机热设计,通过了仿真与实际验证。

2 机载电子设备模块冷板散热方法

本文提出的新型散热方法是在贴附冷板散热方法的基础上改进而成的。目前机载电子设备自然散热模块主要有两种结构形式:传统冷板和贴附冷板。

传统冷板主要应用于包含DIP封装形式器件较

多的模块。冷板采用薄板结构(见图1),冷板与印制板三防粘接为一体,冷板根据器件封装开孔或开槽。器件发出热量通过器件腹部接触和四周三防胶传到冷板。如果某器件需重点散热,则在该芯片处加装散热器,这样模块的散热途径如图2所示(忽略印制板导热)。

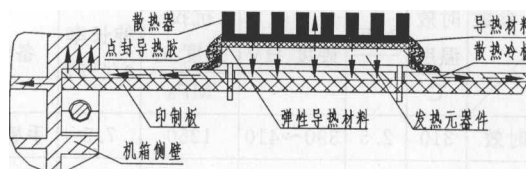


图1 传统冷板结构图

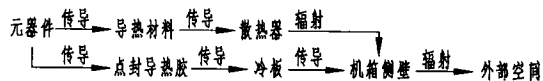


图2 传统冷板散热通路

贴附冷板主要应用于包含BGA封装形式器件较多的模块。贴附冷板采用高导热材料整体铣削加工而成,冷板覆盖在模块器件上端,散热板与器件之间装配高效导热材料形成导热通路,如图3所示(忽

* 作者简介:张丰华,男,助工,研究方向为电子设备结构设计;杨林,男,助工,研究方向为电子设备结构设计;文雯,女,研究方向为电子设备电源结构设计;高涛,助工,研究方向为电子设备结构设计。

通信地址:(710068)西安市90号信箱四室。E-mail:zhfahua@126.com

略印制板导热)。

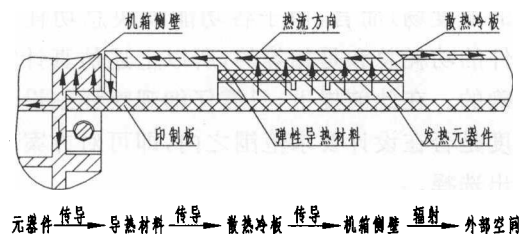


图3 贴附冷板结构及散热通路图

无论是采用传统冷板还是贴附冷板的模块,散热主要通过模块两侧传导散热。当模块楔形锁紧条锁紧后,模块冷板两侧与机箱插槽紧密接触形成传导散热通路,模块顶端与机箱并不接触。

新的散热方法与上述方法不同之处在于:模块冷板顶端与机箱盖板之间加装高效导热材料(见图4),形成新的散热通路。经过对比研究多种机载计算机模块,其贴附冷板顶部面积均大于模块冷板单侧与机箱插槽接触面积。增加顶部散热通道,理论上模块向外界传导热量的能力可提高50%以上。为进一步提高散热能力,可在盖板外侧加工散热齿,增大散热面积。经过仿真验证,采取新型散热方法可使单模块温度下降 $6\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。

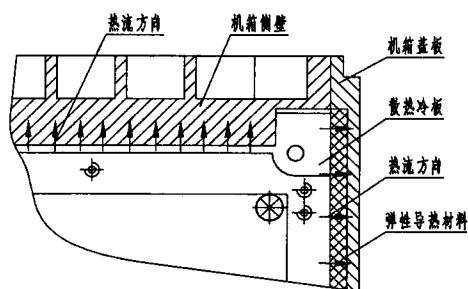


图4 新型散热方法结构图

采取新型散热方式需要注意以下几方面:

(1)在模块顶部增加散热通路时,设计上要保证尺寸公差合适,间隙大小在可控范围之内,以免加工及装配累积误差过大,超过导热材料允许变形范围。模块顶部导热材料选择除要求导热率高,变形能力要强之外,由于盖板经常拆卸维修,所以导热材料必须不能污染环境,并且可反复使用。

(2)设计时尽量将印制板完全嵌入冷板之内,锁紧条直接铆接在冷板上,这样冷板顶部面积更大,传导效果会更好。

(3)模块内部导热材料应具备高导热率,高弹性,

低接触应力的特点。间隙预留应考虑冷板加工变形和导热材料压缩量。如果导热材料压缩量过大,产品所承受初始压力过大,在振动条件下就容易导致器件管脚断裂。一般不应依据导热材料压缩比率来进行设计,而应以实际压缩量作为设计依据,并且应根据器件高度变化适时对导热材料厚度做出调整。

下面将此散热方式应用于某机载计算机热设计进行仿真及实际验证。

3 某机载设备热设计条件

功耗要求小于等于100W,环境温度区间为 $-40\sim +60^{\circ}\text{C}$,外形尺寸为 $194\text{mm}\times 124\text{mm}\times 328\text{mm}$,内部装配10个功能模块。

模块功耗分布不均,最低功耗为6W,最高功耗为15.2W(第6模块)。第6模块功耗高是因为其多使用工业器件,工业器件工作温度范围为 $-40\sim +85^{\circ}\text{C}$,因此确定该模块最高设计温度应小于 $+85^{\circ}\text{C}$ 。散热方式只能采用自然散热。三维图形如图5所示。

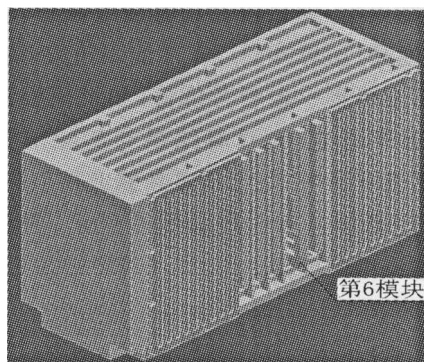


图5 某机载计算机三维仿真模型

4 某机载设备热仿真计算过程

4.1 仿真条件设定

热仿真软件采用Flotherm7.1进行,热仿真环境温度定为 60°C ,整机仿真功耗实际分配为94W。

4.2 三维模型建立

首选热仿真软件进行三维建模,也可用其它三维软件建模后导入热仿真软件。三维模型建完后赋予其三维特征热设计参数,如材料、功耗等。具体参数应该是一个逐渐完善的过程。在产品加工完成后对其进行热测试,然后对仿真参数进行回馈修改,经过

多次完善,即可获得有参考价值的仿真初始设定参数。

建立模型时必须对产品进行简化处理,主要包括细节简化和大特征简化。细节简化主要是去除螺孔和圆角等对散热不产生影响的特征,这样做的好处是简化计算模型,减少网格数量,提高计算效率。大特征简化主要是指对重点关注模块详细建模,而其它模块采取简化模型。这样做的好处是不改变产品整体散热特征,突出关注重点,节省建模及赋值工作量。

本次仿真模型重点关注第6模块,对其进行详细建模,采取新型散热方法。其它模块采取简化处理,采用普通散热方法。

4.3 仿真计算过程

自然散热情况下,仿真计算空间范围在X,Y,Z三个方向上尺寸不小于模型尺寸的3倍,模型应位于仿真计算区域中心位置。自然散热仿真计算不能忽略辐射散热。在自然散热情况下,根据参考文献[1],辐射散热量可占整机散热量的42%。

计算结束后,如果模型计算曲线收敛,表示计算结果可信度高;如果模型计算曲线不收敛但在低水平稳定,计算结果有一定参考价值;如果模型计算不收敛且在高水平稳定,则计算结果与实际情况相差较大,结果不具有参考意义,应重新修改模型再次计算。

本方案模型计算曲线如图6所示,曲线收敛性好,计算结果可信度高。

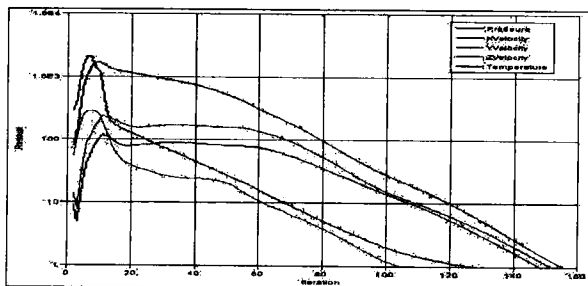


图6 仿真计算曲线

4.4 计算结果分析

由于设计初期无法详细提供模块上每个元器件的具体位置及功耗等参数,热仿真分析结果只是按照平均热耗散功率计算分析得出的结果。这样分析结果与实际各功能模块上的元器件热状态并不一致,实际模块上各元器件温度有的比分析结果低。有的比

分析结果高。但就各模块对外部的影响(即各功能模块周围的温度场)而言,由于各功能模块总功耗与其上元器件的功耗总和是相等的,所以上述仿真计算结果是准确的。在此前提下,只需仔细观察详细设计模块的温度是否在设计要求范围之内,即可对方案的可行性做出选择。

采用新型散热方法后,某机载设备仿真计算结果如图7所示。

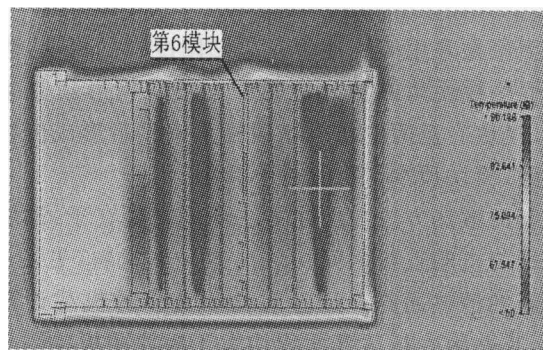


图7 产品内部温度剖面图

由图7可以看出,采用新型散热方法的第6模块仿真温度在78℃左右,远低于85℃设计要求,而其它小功耗模块温度均在84℃以上。该结果表明第6模块散热设计合理有效,其它模块采取第6模块散热设计方法,在自然散热条件下可以满足热设计要求。

5 结论

机载电子产品采用自然散热方式,具有成本低和可靠性高等特点。在保证设备可靠性的前提下,采用自然散热始终是最优的选择。随着电子产品对性能需求不断提高,对产品热设计也提出了更高的要求,如何充分挖掘自然散热的潜力,在机载电子设备热设计中占有非常重要的地位。

本文提出了一种新型散热方法,并将其应用于某机载电子设备热设计中,通过仿真验证,满足各项环境实验测试的要求,达到了预期目标,证明了该新型散热方法的有效性。

参考文献

- [1] 余建组,高红霞,等. 电子设备热设计及分析技术. 2版. 2008.
- [2] 姜红明,焦超峰,等. 综合应用 Inventor 和 FLOTHERM 对系统实施热设计. 电子机械工程,2007.

新一代军用 PCB 高密度电子组装中 X 光分层检测技术的应用

New Generation Military PCB High Density Assembly X ray Lamination Test Technology Application

李渭荣*

Li Weirong

(中国航空计算技术研究所 西安 710068)

(China Aeronautics Computing Technique Research Institute)

摘要:随着新一代军用电子产品出现,推动了军用 PCB 组装技术向高密度、高可靠性的方面发展,于是对高密度组装的检测技术提出了更高的要求。本文从军用高密度组装电路的设计布局入手,对 X 光分层检测技术在新一代军用电子模块组装中的应用进行分析和论述,并提出了一些建议和方法,可供组装检测过程中借鉴,以达到提高军用高密度组装中产品质量可靠和稳定的目的。

关键词:PCB 检测技术 UFBGA CSP SOC SPC 临界缺陷 空洞 IPC

1 引言

随着新一代军用电子产品出现,推动了军用 PCB 组装技术向高密度、高可靠性的方面发展,于是对高密度组装的检测技术提出了更高的要求。X 光分层检测技术此时突显了它的强大功能和优越性。本文将结合实际工作中的体会和经验,就 X 光分层检测技术在新一代军用 PCB 组装中的应用作出分析和论述。

2 新一代军用高密度组装电路的设计布局

目前,在军用电子产品领域,新一代军用产品的各种电子系统为高密度组装的设计布局,采用的 SMD 数量的比例已经从过去 10% 发展到目前 90% 的数量级。整个模块中 SMD 数量与通孔器件数量比为 9:1;平均每 5mm² 的板面就要排布 2 个器件;采用的单个芯片的 IO 端子数量达到 1 760 个。

为了达到体积小、功能强的目标,模块设计中采用了封装等级和先进性较高的超细间距 UFBGA、倒装片式精细间距 FFBGA、CSP、系统级芯片 SOC、精细间距 FPQFP 等集成度较高、IO 端子数量较多的

芯片。器件间距已从过去标准间距 1.5、1.27 减小到 1.0、0.8、0.5、0.4 的微间距,引脚之间的空隙达到 0.1 mm。阻容器件已经从过去所采用 1206、0805 封装发展到了使用 0603、0402 封装的阻容元件,体积减小为过去的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$;连接器也从过去的通孔形式发展到使用国外 AMP PLUG ASSY 的外形尺寸较小的表贴 PMC 插座(IO 端子的直径仅有 0.3mm、连接器高度为 8.4mm),ASP-105884-01 连接器(底部阵列 IO,直径仅有 0.6mm,连接器高度为 3mm)。随着军用电子模块器件排布密度的增大和 IO 端子数的增加,传统的检测方法和技術已远远不能满足组装生产的需要。

3 X 光分层检测技术的应用

3.1 X 光分层检测技术的特点

X 光分层检测技术能够检测锡铅焊点的虚焊、桥连、立碑、焊料不足、空洞、漏装(焊)、成形不良等等,检测覆盖率可达到 97% 以上;同时由于 X 光的检测覆盖度较高,可以对肉眼检测不到的位置进行检测,尤其是对于 BGA、CSP、PGA 等隐藏焊点的器件可以

* 作者简介:李渭荣,女,工程师,研究方向为电装工艺。