

航天器导热脂出气性能试验

颜则东 王先荣 王 鹤 姚日剑

(兰州物理研究所真空低温技术与物理国防科技重点实验室,兰州 730000)

文 摘 利用自行研制的空间出气分子污染低温凝结效应环模测试设备,原位、定量测试航天器导热脂的出气性能,给出相应的实验测试数据和分析结论,并结合以往星上数据分析了该材料在航天器上使用的可能性,为该材料在航天器上的使用提供设计依据。

关键词 导热脂,材料出气,总质量损失,可凝挥发物

Outgassing Experiment of Thermal Conductive Grease on Spacecraft

Yan Zedong Wang Xianrong Wang Yi Yao Rijian

(National Key Laboratory of Vacuum & Cryogenics Technology and Physics, Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou 730000)

Abstract Contamination sensitive device and thermal control capability were affected by outgassing of thermal conductive grease on spacecraft. Outgassing of thermal conductive grease was detected by contamination condensation effect equipment. The experiment data and analysis conclusion are given in this paper. The data show outgassing of thermal conductive grease can satisfy spacecraft using.

Key words Thermal conductive grease, Material outgassing, Total mass loss (TML), Collected volatile condensed materials (CVCN)

1 引言

随着我国航天器研发和制造技术的发展,星载电子设备和电子元器件不断向小型化多功能方向发展,其结果是在有限的航天器内环境中积累了更多的热量^[1]。如不能及时散热会使星载设备失效。目前,我国航天器主要使用导热脂解决星载电子器件的散热问题。其主要方法是在导热脂中加入适量的高导热填料,如 Al、Cu、Ag 等金属粉末填料; Al₂O₃、MgO 等金属氧化物类填料; SiC、AlN、Si₃N₄ 等非金属导热填料。该种导热脂在空间航天器温度控制中起到了重要的作用,在长达 7 年使用中,某型号服务舱南板某仪器温度变化为 10℃,而服务舱北板某仪器温度变化仅为 4℃,但是该种导热脂在 15 年卫星服役器件是否具有好的空间真空挥发和热控性能,是开展本次试验的一个重要目的,本文就针对这个问题开展星用导热脂真空出气性能讨论。

2 实验

2.1 导热脂

实验所用的导热脂是用硅油与导热填料组成的硅脂^[2],导热填料使用有绝缘的 ZnO 粉末,其粉末颗粒直径为 0.1~0.2 μm。经过测试,综合性能最佳的导热脂为 77-09 脂,其组分为:57# 硅油与 ZnO 质量比为 1:2.5;密度为 5.5 g/cm³;饱和蒸气压 (20℃) < 1 × 10⁻⁵ Pa,涂抹方便;接触热导率为 7.04 W/(m·K)。虽然该材料具有较多优点,但也有缺点:在使用时不易掌握,经接触挤压后会流出,从而影响其他表面;长期存放或填充后,导热脂中的硅油会析出和迁移;温度超过 180℃ 后,硅油会强烈挥发;虽然其饱和蒸气压很低,但在超高真空中也会挥发,难以用于光学性能要求高的部件。

2.2 试验条件及过程

2.2.1 试验条件

收稿日期:2007-08-01

基金项目:真空低温技术与物理国防科技重点实验室基金项目(9140C5503050603)

作者简介:颜则东,1973 年生,博士研究生,主要从事航天器污染控制与防护研究

参照 QJ1371—88标准《真空中材料可凝挥发物测试方法》进行测试。测试导热脂在模拟空间真空环境下的总质量损失 (TML)和可凝挥发物 (CVC)M) 随着时间的变化趋势。测试了 17 个时间段该材料的 TML 和 CVC)M)。试验中导热脂受热温度 (125 ± 1) ,CVC)M)收集温度 (25 ± 1) 。真空系统模拟空间真空环境,真空度优于 1 mPa,真空仓内气体达到分子流状态。测试时间为 8 640 min。

2.2.2 试验过程

测试前准备工作:对试验样品按要求进行预处理,预处理条件为真空度大于 0.1 Pa,温度为 125 ,时间 60 h,检查试验设备连线并清洗真空系统;开始试验,按标准要求,系统抽真空,时间为 6 min,真空度达到 8.2×10^{-4} Pa时,拿出一个样品,在电子天平上称量其

质量变化和可凝挥发物的质量变化^[3],按表 1 规定的时间和真空度情况下重复上述步骤,直到 17 个时间段全部完成试验;最后关闭真空系统和测量测试系统。

2.3 试验仪器

试验测试所使用的设备主要包括星用非金属材料出气性能测试设备^[4]和电子微量天平。星用非金属材料出气性能测试设备的主要技术参数:极限真空度优于 5×10^{-5} Pa;污染源温控范围 20 ~ 200 ;制冷温控范围 - 100 ~ 25 ;石英晶体微量天平,测试分辨率为 1×10^{-8} g,电子微量天平,分辨率为 1×10^{-6} g。

3 结果及分析

按照试验测试条件,在模拟空间真空环境下,测试了导热脂 17 个时间段真空出气性能,测试数据如表 1 所示。

表 1 样品状态及试验测试数据

Tab 1 Sample status and experiment data

时间 /min	舟质量 /mg	舟和样品初质量 /mg	舟和样品末质量 /mg	收集板初质量 /mg	收集板末质量 /mg	TML /%	CVC)M) /%	真空度 / 10^{-4} Pa
6	94.67	201.91	201.91	42.27	42.27	0.00	0	8.2
12	99.63	195.44	195.41	43.07	43.07	0.03	0	8.2
18	90.03	205.51	205.46	44.34	44.34	0.04	0	8.2
24	101.42	202.54	202.46	49.69	49.69	0.08	0	8.2
42	103.28	195.70	195.55	49.57	49.58	0.16	0.01	8.2
60	93.67	195.77	195.62	49.71	49.72	0.15	0.01	7.3
90	99.95	194.83	194.69	50.20	50.21	0.15	0.01	7.3
180	94.96	186.87	186.61	50.49	50.50	0.28	0.01	7.3
360	95.55	185.16	184.90	42.23	42.24	0.29	0.01	6.4
720	94.13	208.84	208.52	37.87	37.88	0.28	0.01	4.2
1080	95.13	206.06	205.66	39.48	39.49	0.36	0.01	4.1
1440	93.47	181.69	181.36	46.90	46.91	0.37	0.01	4.0
2520	93.20	194.71	194.32	39.80	39.82	0.38	0.02	2.3
3600	93.00	200.13	199.65	43.87	43.90	0.45	0.03	1.4
5400	98.62	203.31	202.83	42.30	42.34	0.46	0.04	0.92
7200	93.04	182.42	181.98	46.48	46.53	0.49	0.05	0.93
8640	101.97	210.89	210.35	38.13	38.19	0.50	0.05	0.87

综合上述试验结果,导热脂在经过 8 640 min 的真空出气试验后,该种导热脂的 TML 为 0.50% 和可凝挥发物 CVC)M) 为 0.05%,其 TML 随着时间的变化趋势和 CVC)M) 随着时间的变化趋势分别见图 1、图 2。

经试验测试该种导热脂在空间具有良好的稳定性,在航天器服役 15 年时间内,不会因真空质损而导致电子设备温度过高,满足航天器在轨使用要求。

试验测试后期,该种导热脂的真空出气量呈现出缓慢递减,并趋近饱和的一种状态^[5]。

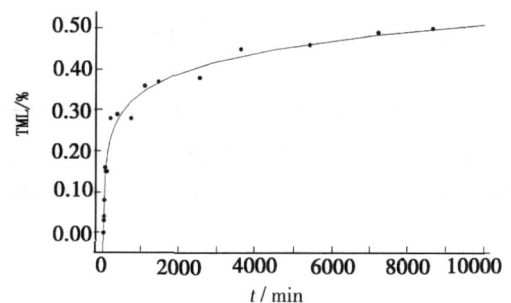


图 1 TML 随着时间的变化趋势

Fig 1 Figure of TML with time

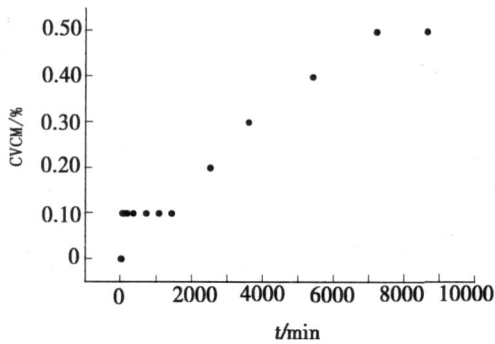


图 2 CVCM 随时间的变化趋势

Fig 2 Figure of CVCM with time

4 结论

导热脂经过 8 640 min 的寿命考核试验,证明其在模拟空间真空环境下满足国际卫星通用标准的使用要求,经过试验测试,经过 7 200 min 后, TML 趋于饱和达到 0.49%, CVCM 趋于饱和达到 0.05%。经

(编辑 任涛)

过试验测试该种导热脂在空间具有良好的稳定性,在航天器服役 15 年时间内,不会因为真空质损而导致电子设备温度过高,满足航天器在轨使用要求。

参考文献

- 1 Dyer J S, Benson R C, Phillips T E et al. Outgassing analyses performed during vacuum bakeout of components painted with chenglaze Z306/9922. SPIE, 1992; 1 754: 177
- 2 任红艳,胡金刚.接触热阻与接触导热填料.宇航材料工艺,1999;29(6):11~15
- 3 王先荣,柴强,曾克仁.卫星胶粘剂出气性质测试和预处理结果分析.中国空间科学技术,1996;(6):62~64
- 4 王先荣,马文杰.污染低温凝洁效应设备的研制.宇航学报,2002;32(3):68~71
- 5 姚日剑,王先荣,王鹤.星用非金属材料出气成分测试分析.真空与低温,2005;(2):98~103

《宇航材料工艺》征订启事

·中国科技论文统计用刊·中国中文核心期刊

·国际宇航文摘 (IAA)、美国化学文摘 (CA)、金属文摘 (METAD EX) 收录核心期刊

- 《宇航材料工艺》创刊于 1971 年,是国内外公开发行的国家级技术类期刊
- 入《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网及万方数据数字化期刊群等
- 在第二届国家期刊奖评比活动中获百种重点期刊奖
- 由航天材料及工艺研究所主办
- 主要报道我国材料及工艺的科技进展、科研成果和工程实践
- 主要栏目有:专论、综述、计算材料学、新材料新工艺、测试分析、工程实践、知识窗、科技信息、成果简介以及会议信息等
- 适合于航空航天、冶金、石油化工、机械电子、轻工、汽车、造船等部门,从事材料工艺研究生产的科研技术人员、管理人员及高校师生阅读

刊号 CN 11—1824/V,国际标准刊号 ISSN 1007—2330,双月刊 64 页,国际大 16 开本,激光照排,逢双月出版,每期 15.00 元,全年 90.00 元,2008 年的征订工作已经开始,欢迎各界读者从速订阅。

本刊参加了天津半导体杂志社的联合征订,可汇款至天津半导体杂志社,邮编 300220,注明“订阅宇航材料工艺,代号 9769”。也可直接在编辑部订阅。

信汇:

开户银行:工行方庄支行东高地分理处

帐户名称:航天材料及工艺研究所

帐号:0200006509008800374(务必将订单与银行回执复印件寄回)

邮汇:北京市 9200 信箱 73 分箱 18 号,《宇航材料工艺》编辑部

邮编:100076

电话:010-68383269

联系人:任涛