

小直径热虹吸管传热性能实验研究

李奇贺, 赵孝保

(南京师范大学动力工程学院, 210042, 南京)

[摘要] 进行了小直径热虹吸管性能试验, 试验结果表明: 热管运行时, 管内流型及流型变化对热管壁面温度有影响, 表面温度波动大; 热源温度对热管内流型有影响, 热源温度越高, 冷凝段温差越小; 热源温度低时, 热管长度对表面温度影响大; 加热段长度越长, 热管表面温度越高; 热管传输功率并不随热源温度升高而线型增加。

[关键词] 小直径, 热虹吸管, 传热性能, 流型

[中图分类号] TK172.4; [文献标识码] B; [文章编号] 1672- 1292(2002)02- 0047- 04

0 引言

小直径热虹吸管(miniature heat pipe)因为具有起动迅速、传输功率大和易于小型化等优点, 完全符合电子元器件向小型化发展所需要的散热装置的要求, 所以越来越受到人们的重视. 本文以封闭空间热管内液体沸腾和蒸汽凝结传热作为研究对象, 进行了热管等温性、冷凝段表面温度与管长及热源温度关系、加热段长度对表面温度影响、热管启动运行用负荷及热管传输功率等实验, 对小直径热虹吸管内的汽液两相流动与传热作了分析, 实验结果与分析为小直径热虹吸管在电子元件散热冷却中的应用提供了参考.

1 实验装置

小直径热虹吸管性能实验装置如图 1 所示, 恒温水浴提供了恒定温度下的加热热源, 保持热管蒸发段恒温 and 加热均匀, 热管冷凝段采用空气自然对流换热冷却, 沿冷凝段设置 4 对测温热电偶, 测量热管冷凝段外壁面温度, 热电偶与惠普数据采集系统连接, 自动记录数据并处理成温度随时间变化的曲线, 热电偶用标准温度计进行对比校验, 保证了测试系统、数据和方法的可靠. 试验主要进行了小管径铜- 水重力热管性能测试与分析, 实验工况如表 1.

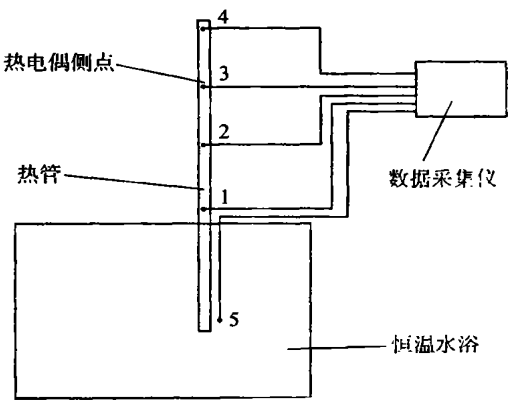


图 1 实验装置示意图

2 试验结果与分析

2.1 热管起动实验

图 2 的热源温度为 90 , 热管长度为 300 mm, 加热段长度为 75 mm 时热管起动性能曲线, 每个测点的时间间隔为 5 s. 热管表面温度从 10.1 升至

表 1 实验工况

管径/mm	管长/mm	加热段长度/mm	热源温度/
6 1	300	75/ 100	60/ 70/ 80/ 90
6 1	500	100/ 125/ 167	60/ 70/ 80/ 90
6 1	700	175/ 233	60/ 70/ 80/ 90

收稿日期: 2002- 03- 10
基金项目: 江苏省高校自然科学研究经费资助(01KJB47003) .
作者简介: 李奇贺, 1972- , 南京师范大学动力工程学院工程师, 主要从事传热、热管技术等方面的研究

71.5 所用的时间为 50 s. 图中的 4 条曲线从上至下分别是 1[#]、2[#]、3[#] 和 4[#] 点测试数据, 由测试数据可知, 热管壁面温度变化基本上一致, 说明热管起动性能和均温性能都比较好.

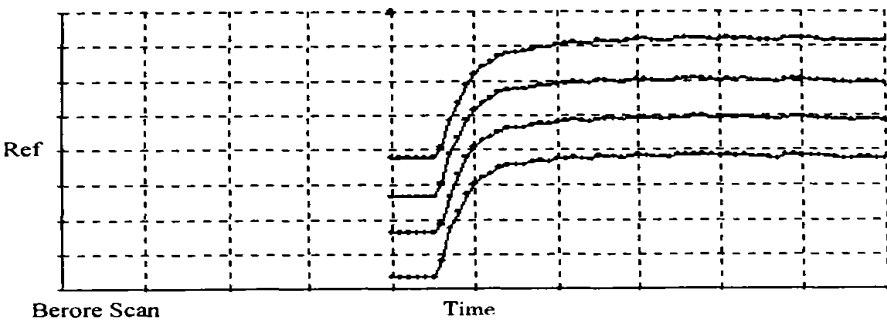


图 2 热管启动时表面温度随时间的变化

2.2 热管甩负荷试验

热管长度为 700 mm, 热源温度为 70 , 室温为 14 , 热管甩负荷试验结果如图 3. 甩负荷前 1[#]、2[#]、3[#] 和 4[#] 点的壁面温度分别为 58.8 、58.7 、58.7 和 59.1 , 经过 11 min 的自然冷却后, 温度分别达到了 16.6 、16.6 、16.5 、16.6 .

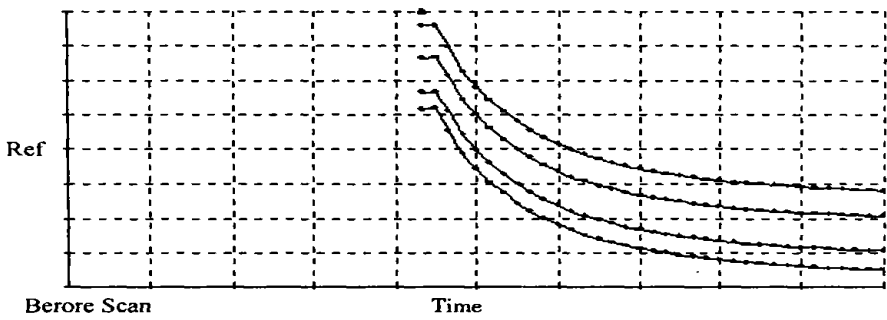


图 3 热管甩负荷时表面温度随时间的变化

2.3 热管运行试验

热管长度为 300 mm, 加热段长度为 100 mm, 热源温度分别为 70 和 90 时, 热管运行状态下, 壁面温度变化分别如图 4 和图 5 所示, 图中从上到下的曲线表示 1[#]、2[#]、3[#] 和 4[#] 测点. 图中可见, 热源温度为 90 时热管壁面上各测点温度波动频率和幅度几乎一致, 温度波幅较大, 在 2.0~ 2.1 之间; 而热源温度为 70 时各测点温度波动频率和时间差异比较大, 波幅小, 在 1.2~ 1.4 之间. 试验结果预示着在不同热源温度下, 热管内汽液两相流动及流型可能有较大的差异.

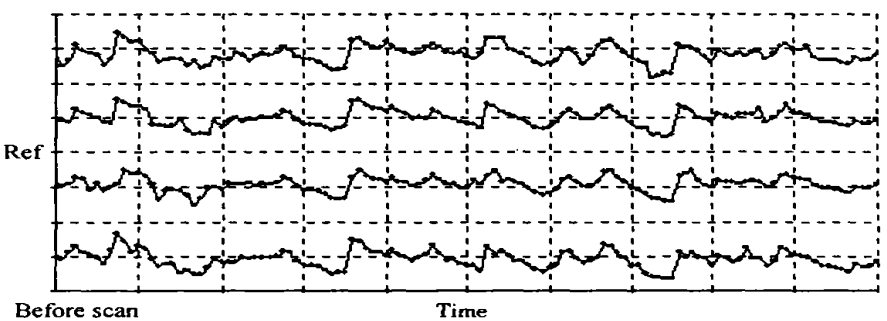


图 4 热管 70 运行过程中表面温度的波动

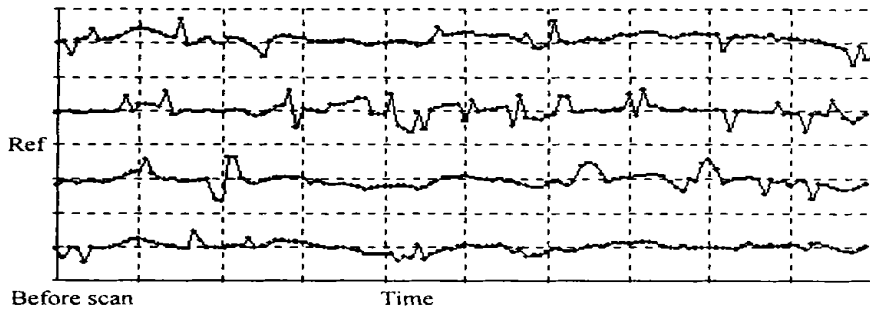


图5 热管90 运行过程中表面温度的波动

2.4 热管传输功率

图6的热管长度为500 mm,加热段长度为125 mm时,热管传输功率随热源温度变化曲线.热管冷凝段外设置水冷却套管,测得冷却水进出口温度和流量,可以得到热管传输功率.图中随热源温度升高,热管传输功率增大,但在试验温度范围内,传输功率并不是随热源温度升高而线性增加.

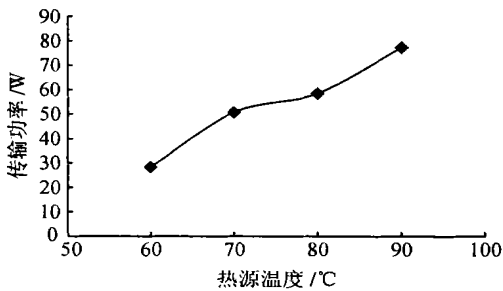


图6 热管传输功率随热源温度的变化

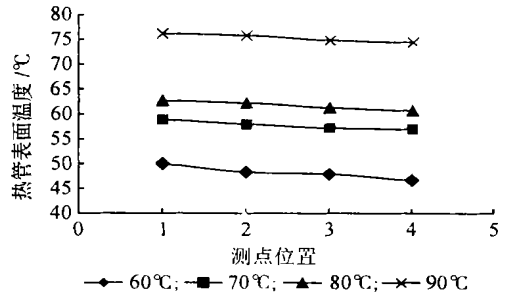


图7 热源温度对热管表面温度的影响

2.5 均温性能试验

管径为6 mm,管长为300 mm,加热段长度为100 mm,在不同热源温度下热管冷凝段表面温度变化曲线如图7.在热源温度分别为60、70、80和90时冷凝段1[#]与4[#]测点间的温差分别为3.3、1.9、2.0和1.7.由此说明重力热管在垂直状态下工作时冷凝段壁面温度沿管长衰减,并随热源温度的升高衰减逐渐减小.热源温度越高,热管的均温性能越好.图7中,热源温度为70和80时热管表面温度相差小,说明热管壁面温度并不是随热源温度升高而线性升高.小直径热管内进行着复杂的汽液两相流动与传热,蒸发段和冷凝段的汽液两相流动流型变化及转换与加热热源温度及加热负荷变化间的关系复杂,试验结果预示着热源温度不同,热管内汽液两相流动流型变化不同,热源温度为70和80时,热管内可能有相同的流型.

2.6 热管长度与表面温度及热源温度关系试验

图8表示热管长度分别为300 mm、500 mm和700 mm,加热段长度都为热管管长的1/3,即分别为100 mm、167 mm和233 mm,测得的热管表面温度随热源温度变化实验曲线.实验过程中恒温水浴温度分别为60、70、80和90,室温为14.图8中,热管长度增加,热管表面温度增大,热源温度低时,热管长度对表面温度有影响,热源温度较高时,管长300 mm和500 mm时热管表面温度基本上一致,长度越长,热管壁面温度越高.实验结果同样预示着不同热源温度时,热管内汽液两相流动和流型变化不同,对小直径热管内的汽液两相流动和流型变化以及传热性能的影响有重要的理论研究价值.

2.7 加热段长度对热管表面温度的影响

热管长度为500 mm,加热段长度分别为100 mm、125 mm和167 mm时,热管表面温度随热源温度

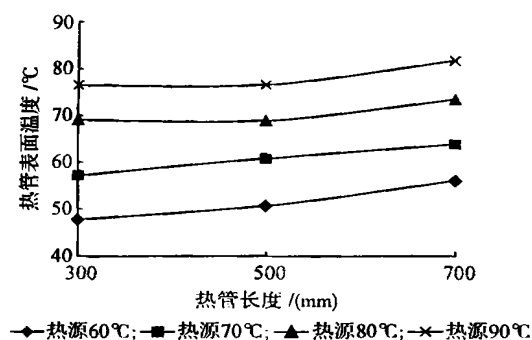


图8 热管长度对表面温度的影响

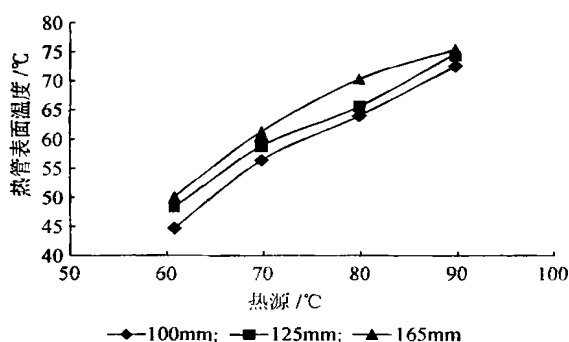


图9 加热段长度对热管表面温度的影响

变化曲线如图9。实验结果表明, 加热段长度越长, 壁面温度越高。热源温度高, 壁面温度相差小。不同加热段长度时, 热管壁面温度随热源温度变化趋势有所不同。

3 结论

本文对具有小空间特性的铜-水热虹吸管进行了基础性实验研究。小空间热管在较高的热源温度下具有良好的均温性能。热管长度和加热段长度越长, 热管壁面温度越高。高热源温度时, 长度对壁面温度影响减小。小空间热管具有较好的启动、运行和甩负荷性能。热管传输功率并不随热源温度升高而线性增大。小空间内汽液两相流动、流型及流型变化对实验结果有重要影响。

[参考文献]

- [1] 庄骏, 张红. 热管技术及其工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [2] 池田义雄等. 实用热管技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988.
- [3] 黄问盈. 热管与热管换热器设计基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.

Experimental Study on Heat Transfer Performance of Miniature Thermosiphon Pipe

Li Qihe, Zhao Xiaobao

(College of Power Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

Abstract: This paper deals with the experimental Study on the heat transfer performance about a single miniature thermosiphon pipe. The results show that: the two-phase flow pattern and its transform greatly affect the pipe surface temperature during the heat pipe running. The heating source temperature has some effect on the flow pattern change; the higher the heating source temperature, the smaller the temperature difference along the condensing section of the pipe. The pipe length also affects the surface temperature especially at the low heating source temperature. The surface temperature will increase as the length of heating section becomes longer, and there is nonlinear relation between the heat transfer power and the heating source temperature.

Key words: miniature pipe, thermosiphon pipe, heat transfer, flow pattern

[责任编辑: 刘健]