

文章编号:1000-582X(2003)04-0115-03

乙醇三维内微肋热管的传热性能*

德军,辛明道

(重庆大学工程热物理研究所,重庆 400044)

摘要:采用实验研究的方法对三维内微肋热管的强化传热特性进行研究,首次报道了以乙醇为工质的三维内微肋热管的传热性能。在实验范围内,与光管相比,竖直放置时,沸腾换热系数可以提高98%~190%,凝结换热系数可以提高76%~178%。三维内微肋结构能够同时明显地强化热管的沸腾换热与凝结换热,可以有效地减小热管的内热阻。

关键词:热管;三维内微肋;强化传热;沸腾;凝结

中图分类号:TK124

文献标识码:A

合理利用能源对国民经济发展起着极大的推动作用,因而提高换热装置的效率具有重要的现实意义。热管是一种高效传热元件,近年来已得到广泛的应用。在热传递温差不大的场合,热管的内热阻将成为制约其传热能力的关键因素,因此热管的内部传热强化仍是国内外研究者感兴趣的课题之一。微肋管是近年来出现的传热强化管,对于管内沸腾与凝结传热都具有明显的强化作用。同时,微肋管加工简单,成本较低,在汽液相变传热中,其强化因子明显大于代价因子,传热性能优于其它型式的内肋管,因而被誉为“最有希望、最有前景”^[1]的强化管。

1 新型传热强化管

重庆大学工程热物理研究所研制出的新型三维内微肋换热强化管,已在制冷机蒸发器和凝结器中作为强化传热元件进行了系统实验^[2-4],研究结果表明,三维内微肋管具有非常优良的换热特性和流动阻力特性。这种新型三维内微肋管能够采取机械加工的方法制得,对沸腾与凝结传热都具有显著的强化作用。把这种强化管用于热管,可以同时加强对加热段与冷凝段的传热进行强化,能够较大地提高热管的整体性能,因此具有较高的实用价值。新型换热强化管强化传热机理在于:三维内微肋结构使加热段大大增加了汽化核心的数量,使得形成核态沸腾所需的过热度降低^[5],强化了沸腾换热;而在冷凝段,由于微肋沟槽内液体表面张力的作用,拉薄了凝结液膜的厚度,降低了凝结热阻,提高了凝结换热系数;此外,微肋结构扩展了有效换热

面积也有利于强化传热。同时,微肋结构还会起到毛细抽吸作用有助于提高热管的传热性能。

在中常温范围内,由于水具有价廉易得、传输因子高等优点,通常是热管工质的首选,但是在某些电子散热等场合有时需要在0℃以下的环境中工作,水热管可能会出现启动困难的缺点;而已醇的凝固点为-114.5℃、无毒、化学性质稳定,可以满足低温下的工作要求。因此,选用乙醇为工质对新型三维内微肋重力热管(即两相闭式热虹吸管)进行传热性能实验有着实际的应用价值。

2 实验装置与测量

实验热管为铜管,加热段长 $L_h=600$ mm,冷凝段长 $L_c=500$ mm,绝热段长 $L_a=100$ mm,热管长1 200 mm。微肋管的结构参数见表1,实验装置如图1所示,三维内微肋的内表面结构和外形照片如图2所示。

热管的加热段采用电阻丝加热,冷凝段采用水冷,冷却水首先经过高位水箱稳压再进入冷凝段冷却热管。功率采用精度为0.5级的电压表与电流表测量。温度采用直径为0.2 mm的铜-康铜热电偶测量,热电势通过HP3457A/HP3488A数据采集处理系统进行采集、处理显示为数字信号。

实验参数的变化范围为:热流密度为5~30 kW/m²,工作温度为40~95℃,倾角为2°~90°。对于充液率的选择,由前期以水为工质的强化传热实验表明,三维内微肋热管在保证不发生干涸时,充液率对传热性能的影响很小,因此选取充液率为20%。

* 收稿日期:2002-11-07

基金项目:国家重点基础研究专项经费资助项目(G2000026305)

作者简介:德军(1976-),男,内蒙呼盟人,重庆大学硕士研究生,主要从事传热传质方向的研究。

表1 微肋结构参数

外径/mm	内径/mm	肋头数	螺旋角一度	螺旋角二度	肋顶角度	肋高/mm	轴向肋间距/mm	周向肋间距/mm	肋密度齿/cm ²	面积比
12.7	11.2	60	88.5	18	45	0.20	1	0.6	170	1.73

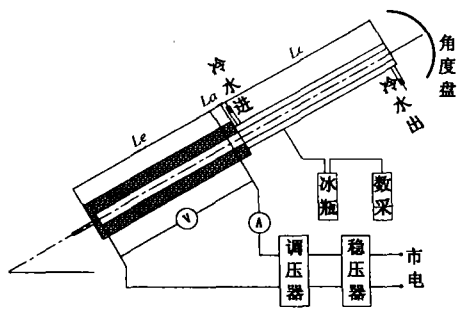
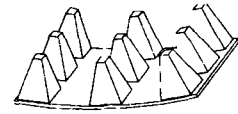


图1 实验装置图



(a)微肋示意



(b)外型照片

图2 三维内微肋管

3 实验结果

图3、图4分别示出在热管竖直放置和充液率为20%时,加热段及冷凝段的换热系数随工作温度之间的变化关系。此处,沸腾换热系数 h_b 、凝结换热系数 h_c 的定义分别为

$$h_b = q_b / (T_w - T_{sat})$$

$$h_c = q_c / (T_w - T_{sat})$$

其中, q_b 、 q_c 分别为加热段热流密度与冷凝段热流密度; T_{sat} 为工质的饱和温度,即热管的工作温度 T_w ,

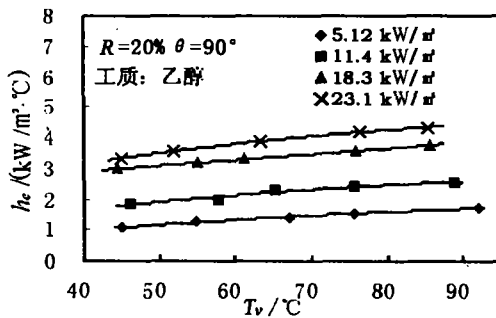


图3 沸腾换热系数随工作温度的变化

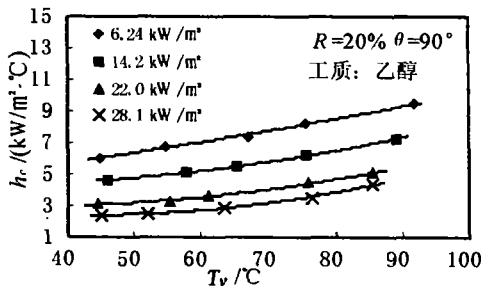


图4 凝结换热系数随工作温度的变化

由绝热段壁面测得; T_w 为热管加热段或冷凝段的平均壁温。结果表明:在实验范围内,三维内微肋热管沸腾换热系数随着工作温度的升高而增大,随着热负

荷的增大而增大;凝结换热系数随着工作温度升高而增大,随着热负荷的增大而降低。

图5、图6、图7、图8所示为三维内微肋热管与光管热管^[6]在竖直放置时的传热性能对比。由图可以看出无论是对加热段还是对冷凝段,三维内微肋结构都对传热产生明显的强化作用,并且随着工作温度升高强化效果更为显著。在图5、图6所示的工况下,加热段功率为11.6 kW/m²,工作温度变化范围为46~89℃时,沸腾换热系数可以提高117%~140.8%,凝结换热系数可以提高159%~177.9%;在图7、图8工况下,工作温度为54.2℃,加热段功率变化范围为5~24 kW/m²时,沸腾换热系数可以提高103%~169%,凝结换热系数可以提高76.1%~166.9%;在全部实验范围内,沸腾换热系数可以提高98%~190%,凝结换热系数可以提高76%~178%,三维内微肋热管的传热性能明显优于光管热管。

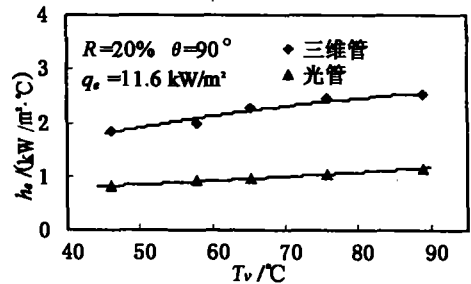


图5 不同 T_v 下三维管与光管沸腾换热系数的比较

工程实际应用中,由于场地的限制有时需要将热管倾斜放置,因此有必要了解热管倾角对传热性能的影响。图9、图10分别示出不同倾角下热管加热段与冷凝段的传热性能。在12°倾角以内加热段与冷凝段的换热系数首先随着倾角的增大而迅速增大,当倾斜角度超过12°,换热系数的变化趋于平缓,并存在一最

佳角度使得换热系数为最大值。从图中可以看出,充液率为 20% 时,加热段的最佳倾角大约在 30° ~ 45° 范围内;冷凝段的最佳倾角大约在 30° 左右。

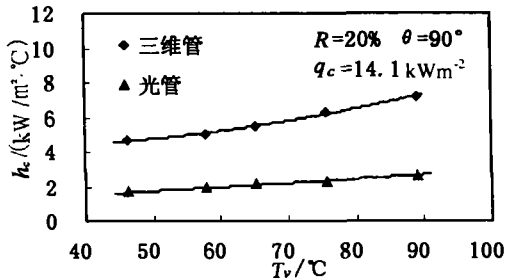


图 6 不同 T_v 下三维管与光管冷凝换热系数的比较

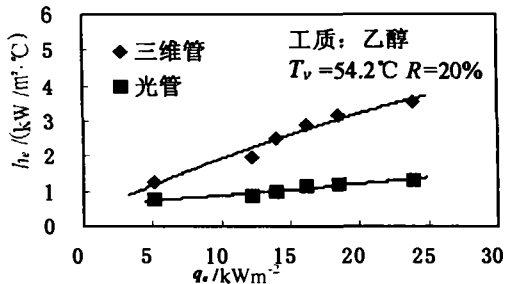


图 7 不同 q_c 下三维管与光管冷凝换热系数的比较

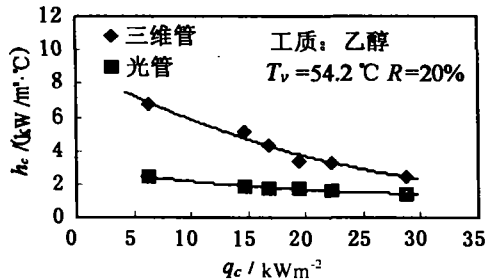


图 8 不同 q_c 下三维管与光管冷凝换热系数的比较

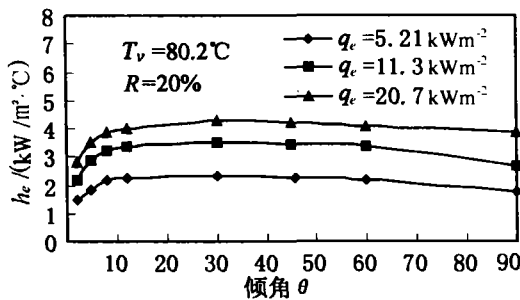


图 9 倾角对沸腾换热系数的影响

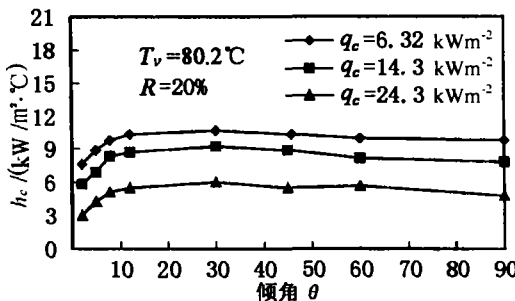


图 10 角对冷凝换热系数的影响

参考文献:

- [1] PATE M B. Heat exchangers for air conditioning and refrigeration industry state-of-the-art [J]. Heat Transfer Engineering, 1991, 12(3): 127 - 133.
- [2] 辛明道, 陈清华, 崔文智, 等. 在新型水平三维内微肋管中的 R134a 的凝结传热 [J]. 化工学报, 2000, 51(3): 368 - 371.
- [3] 辛明道, 周杰, 张昱, 等. R134a 在水平三维内微肋管内的沸腾换热 [J]. 工程热物理学报, 2001, 22(1): 95 - 97.
- [4] 陈清华, 崔文智, 辛明道, 等. R134a 过热蒸汽在水平三维内微肋管内的凝结换热特性 [J]. 工程热物理学报, 2000, 21(4): 483 - 486.
- [5] 辛明道. 沸腾传热及强化 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1987.
- [6] 柯玲. 发电机冷风器用低温水热管的实验研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 1994.

Heat Transfer Performance of Ethanol Tree-Dimensional Inner Micro-Fin Heat Pipe

DE Jun, XIN Ming-dao

(Institute of Engineering Thermophysics, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Experimental study is done to obtain the heat transfer augmentation property of three-dimensional inner micro-fin heat pipe and the heat transfer performance of ethanol three-dimensional inner micro-fin heat pipe is reported. At the range of the experiment, three-dimensional inner microfin heat pipe can increase mean boiling heat transfer coefficient by 98% ~ 190% and increase mean condensing heat transfer coefficient by 76% ~ 178% compared with smooth heat pipe. The three-dimensional inner microfin structure can greatly enhance both boiling heat transfer and condensing heat transfer, and decrease heat pipe's inner heat resistance effectively.

Key words: heat pipe; three-dimensional inner microfin; heat transfer enhancement; boiling; condensing

(责任编辑 陈移峰)