

文章编号: 1003-7837(2006)01-0067-04

热型连铸法制造 CPU 散热用槽道式平板热管

张晓东, 黎沃光

(广东工业大学材料与能源学院, 广东 广州 510643)

摘要:圆管式普通热管和槽道式平板热管相比,槽道式平板热管与 CPU 直接接触,具有传热能力高、工作稳定的优点,但其制造工艺复杂。本文提出的热型连铸法可直接铸出截面形状复杂的槽道式平板热管,且制作工艺简单。

关键词:普通热管; 平板热管; 传热能力; 热型连铸

中图分类号: TG249.7 **文献标识码:** A

目前,计算机 CPU 芯片的热流量已由十多瓦增加到几十瓦,并有继续增长的趋势,如 Pentium4 的热流量为 80 W。CPU 散热器的常规解决方法是增大散热器的散热面积和采用 CPU 专用风扇强化对流换热。但 CPU 的散热表面尺寸远小于贴附其上的散热器,导致导热线路较短的中部翅片承担着主要的散热任务,两侧翅片的作用较小,难以满足 CPU 的散热要求。采用 CPU 专用风扇也有隐患,当风扇发生故障时,可能导致 CPU 短时间内烧损,甚至烧毁,且大功率风扇产生的噪音也较大。

热管散热的热量导出率高、体积紧凑、无噪音及可靠性高,是首选的 CPU 散热方式。热管散热器是利用管内高真空状态的液态工质受热后相变为等温的饱和蒸气,蒸气携带大量的汽化潜热,由蒸发段越过绝热段,运动到冷凝段,与冷凝段的管壁发生对流传热,将热量传给管壁,再向外传给管外的散热片。饱和蒸气则在管壁凝结成液体,由管芯所形成的毛细力回流到蒸发段再循环,完成传热过程。由于热管的传热是在等温状态下完成,沿途热损失几乎为零。冷凝段的长度只受机箱内部空间和布局的限制。液体的汽化潜热很大,理论上热管的导热系数是铜的几十倍。基于以上几点,热管散热器可将 CPU 的热量引离,又可加长冷凝段的长度以增加散热片的数

量,提高散热效率。

目前,国内外已有多种形式的 CPU 热管散热器^[1-2]。国内销售的 CPU 热管散热器大都是带鞍座三管结构(圆管型普通热管)、丝网管芯,其结构复杂,耗铜量大,价格为 300~400 元/件。国外有扁平型或平板型热管,日本古河电工用于电子电器的微型热管有标准型(圆形)和扁平型(flattening)。扁平型是采用网芯,其截面尺寸为厚 2 mm,宽分别为 3.7、5.3 和 8.5 mm。

平板型热管结构简单,可与 CPU 表面直接接触,接触面和 CPU 表面大小相当,能大大提高热管的散热性能。本文比较了几种热管的传热能力及加工工艺,提出用热型连铸法制造槽道式平板热管。

1 热管传热能力分析^[3-5]

1.1 热管传热学模型

按描述对流传热的牛顿冷却公式,热管的总传热能力可以写为:

$$\Phi = kA\Delta T \quad (1)$$

式中: Φ —热管的总传热量, W; k —热管的总传热系数, W/(m²·K); A —热管的基准散热面积, m²; ΔT —发热器件表面温度即热管的蒸发段外表面温

收稿日期: 2005-11-01

作者简介: 张晓东(1980-),男,河南驻马店人,硕士研究生。

度 T_i 与热管冷凝段周围冷却气流温度 T_c 之差, 即:

$$\Delta T = T_i - T_c \quad (2)$$

式(1)中 A 和 ΔT 一般是指定的或已知的, 要求得热管的总传热能力 Φ , 只需求出总传热系数 k , 为此, 将(1)式改写为

$$1/k = A\Delta T/\Phi = AR \quad (3)$$

式(3)中 R 是当基准面积 A 为单位面积时热管的总热阻, 按传热学理论, 它也是各串联传热环节中的热阻之和。因此, 传热系数问题就转化为求解热管的总热阻。

1.1.1 槽道式平板热管的热阻

槽道式平板热管的截面呈矩形, 管芯为槽道式。热管直接与 CPU 接触, 传热路径短。其以热阻方式给出的传热模型为:

$$\Phi \rightarrow R_{hpi} - R_{hvp} - R_{ct} - R_{hpc} - R_{hpo} \rightarrow \Phi$$

其中, Φ —传热量; R_{hpi} —从热管蒸发段外壁到内壁的导热热阻; R_{hvp} —蒸发段的传热热阻; R_{ct} —热管内饱和蒸气传递热阻(由于是等温传热, 可以忽略); R_{hpc} —冷凝段蒸气与内壁的传热热阻; R_{hpo} —冷凝段内壁到冷凝段外壁的导热热阻。总热阻 R 为:

$$R = R_{hpi} + R_{hvp} + R_{ct} + R_{hpc} + R_{hpo}$$

1.1.2 圆管式普通热管的热阻

圆管通过铜鞍座与 CPU 接触。鞍座的一面是平面, 与 CPU 接触; 另一面有圆弧槽与热管接触。CPU 的热量经鞍座传给热管。这种热管以热阻方式给出的传热模型为:

$$\Phi \rightarrow R_{sad} - R_{con1} - R_{hpi} - R_{con2} - R_{ss} - R_{hvp} - R_{ct} - R_{hpc} - R_{ss} - R_{con2} - R_{hpo} \rightarrow \Phi$$

与槽道式平板热管相比热阻增加了以下几项:

R_{sad} —鞍座热阻; R_{con1} —鞍座和圆管的接触热阻; R_{con2} —圆管内壁和丝网管芯的接触热阻; R_{ss} —丝网热阻。

1.1.3 两种热管的比较

槽道式平板热管可与 CPU 的表面直接接触, 温度分布均匀, 没有鞍座热阻和接触热阻, 传热路径短, 传热能力高。圆管加鞍座结构的热管, 其鞍座有一个平面可以和 CPU 表面直接接触, 另一面则有几个孔和圆管接触, 工艺上很难做到完全接触, 会产生一个接触热阻, 且鞍座本身就是一个很大的热阻。两种热管的管芯分别采用槽道和网芯。

槽道的传热效率和工作稳定性均优于网芯。槽道可促进核态沸腾, 液体流动阻力小, 径向热阻小, 工作可靠。网芯的液体流动阻力大。此外, 由于网芯

与管壳接触及网芯的层间接触不紧密, 有较大的径向热阻。需用弹簧将其紧压在管壁上或烧结在管壁上, 否则会造成热管工作不稳定。热管的传热是靠管内高真空下工作液体蒸发吸热进行的。工作液体在热管内的蒸发有表面蒸发和核态沸腾两种形式。表面蒸发面积大, 传热能力大; 核态沸腾是在液体内部生成气泡, 增加蒸发面积, 提高传热能力。但如果气泡不能及时上浮到液体表面, 就会降低液体的导热效率, 引起加热表面的过热。采用网芯结构就容易滞留气泡, 破坏热管的正常工作。槽道式管芯则无此问题。相反, 槽道的尖角处还容易成为气泡的形核核心, 促进气泡的形成, 提高传热效率。

通过对两种热管的比较可知, 槽道式平板热管具有传热路径短、温度分布均匀、传热效率高等优点。

1.2 槽道式平板热管制造中存在的问题

目前, 制造槽道式平板热管壳通常采用挤压及控制的方法, 做出的槽道很宽; 较窄槽道的热管需用腐蚀及电火花加工; 对于更窄槽道的热管需先在铜板上加工出槽道后, 再组焊成管壳。如 LIN 等^[6]用 0.1 mm 厚的铜箔加工成肋片, 在铜板上组成宽 0.203 mm, 高 0.89 mm 的槽道, 加工十分困难。开口式槽道如三角形、矩形及梯形等较易加工, 但毛细力较小; 收口式槽道如倒梯形, 燕尾槽^[2], 毛细力大, 但加工困难。所以, 尽管槽道管芯相对丝网管芯有很多优点, 但由于槽道尺寸太小, 一些细微结构加工困难, 加工费用昂贵, 实际应用远不如网芯普遍。

综上所述, 槽道式平板热管的传热效率和工作稳定性优势明显。如果能找到一种简便方法加工槽道式平板热管, 解决槽道的毛细力小的问题, 就能推广槽道式平板热管的应用。

2 热型连铸法制造槽道式平板热管

2.1 热型连铸

热型连铸 (Ohno Continuous Casting, 简称 OCC) 是将定向凝固和连续铸造结合起来的高技术连铸工艺, 由日本千叶工业大学教授大野笃美于 1978 年发明。它是用加热的铸型代替普通连铸的水冷结晶器。金属在铸型内被加热至熔点以上而保持液态。在铸型外冷却成铸件, 使铸件向着铸型方向定向凝固。通过控制铸型温度、冷却距离、连铸速度、金属液压头等工艺参数, 控制凝固界面在铸型出口附近。这样, 铸件和铸型的摩擦力就很小, 可以铸出截

面形状复杂、壁薄、细小的铸件,且铸件表面光洁,尺寸准确.由于热型连铸法可以很方便地铸出所需要的槽道,给热管设计提供了很大的方便和灵活性.常用的水平热型连铸装置示意图如图 1 所示.

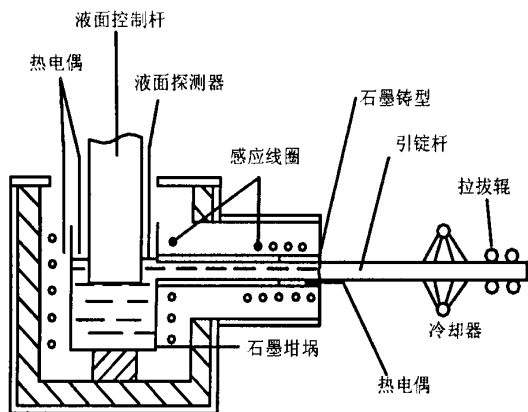


图 1 水平式热型连铸示意图

Fig. 1 Horizontal Ohno continuous casting

2.2 热型连铸法制造热管

日本三井公司已成功地开发了各种截面形状复杂的热型连铸铜管.如带有内外肋片、双层壁及多通道等特征的铜管,其肋片厚度仅 0.3 mm,管壁厚 0.5 mm,可用作高性能换热器、热管和感应加热线圈等^[7].用作空调换热器的带肋片铜管的传热系数是无肋片铜管的 3~5 倍^[8].本文作者也于 2000 年研制成功具有内肋片的铜管,肋片高 1 mm,厚 0.3 mm.内肋片管的内部形状和热管管壳的槽道形状非常相似.将内肋片管连铸技术用于热管管壳,理论和技术上都是可行的.

采用热型连铸法直接连铸出带轴向内肋片的平板铜管作为管壳,肋片间形成槽道.改变肋片的间距和倾角,从而改变槽道的有效毛细半径,改变毛细力.其结构及原理如图 2 所示.由图 2 可见,弯曲后间距=弯曲前间距 $\times \sin\alpha$. α 为肋片倾角.改变 α 就可改变肋片间距,从而改变毛细半径,而蒸发面积没有减小.

2.3 热型连铸法的优点

热型连铸法的优点较多:(1)制作工艺简单,工序少;(2)传统工艺是采用挤压成型,很难得到截面形状复杂的产品,采用热型连铸法理论上可以得到任何截面形状复杂的产品,且表面光滑,用热型连铸法可直接铸出带肋片的平板热管管壳,并弯曲肋片

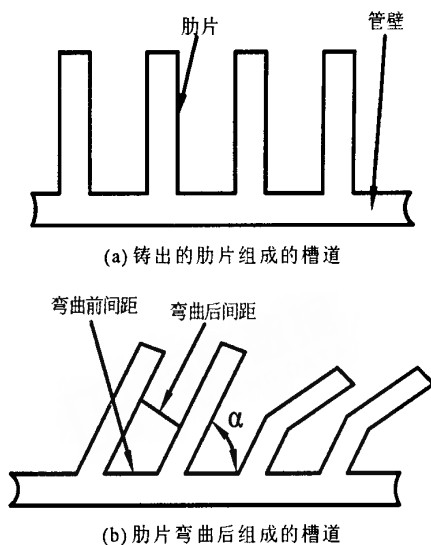


图 2 连铸的肋片及弯曲示意图

Fig. 2 Rib of Ohno continuous casting and bending

形成收口槽道,消除槽道加工的困难;(3)用单一的铜作为管材,保证了管壳的高导热性,连铸法制造的管壳是一体的,热管的工作稳定性和可靠性大大提高,整个系统的散热效率得到很大提高.

3 结 论

圆管式普通热管和平板槽道式热管的传热能力相比,槽道式平板热管具有传热效率高和工作稳定等优点.但是窄槽槽道式热管加工困难,成本高.采用热型连铸法制造热管,可解决加工和成本的问题,有助于推广槽道式平板热管使用.

参考文献:

- [1] Khrustalev D, Faghri A. Estimation of the Maximum Heat Flux in the Inverted Meniscus Type Evaporator of a Flat Miniature Heat Pipe[J]. Int J Heat and Mass Transfer, 1996, 39: 1899-1909.
- [2] 张丽春,马泽同,张正芳,等.燕尾槽微小型热管的实验研究[J].工程热物理学报, 2004, 25(3): 493-495.
- [3] Cao Y, Gao M, Beam J E, et al. Experiments and Analyses of Flat Miniature Heat Pipes[J]. Journal of Thermophysics and Heat Pipes, 1997, 11(2): 158-164.
- [4] Rengasamy P. Novel Groove-Shaped Screen-Wick Miniature Heat Pipe[J]. J Thermophysics and Heat Transfer, 2002, 16(1): 17-21.
- [5] 殷际英.一种热管式 CPU 芯片散热器的原理结构设计[J].轻工机械, 2004, (1): 106-107.

- [6] Lin L C, Ponnappan Rengasamy, Leland John. High Performance Miniature Heat Pipe[J]. Int J Heat and Mass Transfer, 2002, 45: 3131-3142.
- [7] Soda H, Chabchoub F. Experimental Study of the Horizontal Ohno Continuous Casting System[J]. Canadian Metallurgical Quarterly, 1992, 31(3): 231-239.
- [9] Soda H, Lchinose A, Getal M. A New Fabrication Method for the Casting of Cored Materials[J]. Cast Metals, 1992, 5(2): 95-102.

Manufacturing flat heat pipe with grooves used on CPU heat emission by OCC

ZHANG Xiao-dong, LI Wo-guang

(Faculty of Material and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643, China)

Abstract: By comparison with general round heat pipe and flat heat pipe with grooves, the later closely contacts CPU, so it is characterized by high heat transfer capacity and stable operation, but the manufacturing process is complex. Perplexing section shape flat heat pipe with grooves is directly cast by Ohno continuous casting method in the paper, and the process is simple.

Key words: general heat pipe; flat heat pipe; heat transfer capacity; Ohno continuous casting(OCC)