

混炼机转子自蒸发循环冷却技术的研究

张 琳

(江苏石油化工学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 对混炼机转子自蒸发循环冷却技术进行了模拟试验研究。研究表明, 采用自蒸发循环旋转热管冷却技术冷却连续混炼机的转子具有高效的导热性、良好的表面均温性、无泄漏等优点。同时试验也表明, 充液比、工作温度和转速对其传热性能有影响。

关键词: 连续混炼机; 冷却技术; 旋转热管

中图分类号: TQ330.4⁺3 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2002)10-0607-03

连续混炼机是一种既能连续工作, 又保持了密炼机优异混合特性的新型橡塑混炼机, 它可以在很宽范围内完成混合、造粒的任务, 越来越受到人们的青睐。但是, 如果连续混炼机的转子在连续旋转工作过程中产生的热量不能及时移走, 就会影响产品的质量, 同时热应力会严重破坏转子的强度, 缩短其寿命。具有“超导体”的热管技术已经在工业余热回收中发挥了重要作用, 其中, 旋转热管冷却技术国外已成功用于异步电机、封闭式直流电机中, 可使电机的输出功率提高 25%~100%, 同时转子的温度明显降低, 轴向温度分布非常均匀; Judd R L^[1] 采用旋转热管技术冷却铣床的主轴, 轴承温度可降低 50%。本工作意在将具有自蒸发循环节水型的高效旋转热管冷却技术应用用于连续混炼机, 并进行了模拟试验研究。

1 工作原理

设计时把连续混炼机转子的内部设计成两端封闭、内部充有一定工质的真空空心轴, 转子工作部分作为旋转热管的热源段——蒸发段, 蒸发段在旋转工作过程中产生的热量会使内部工质自行蒸发汽化成蒸汽, 蒸汽流到转子的另一段——冷却段, 把热量传给管外的冷却介质, 同时凝结成液体, 冷凝液在管内台阶形成的静压差和离心力的

作用下再流回到蒸发段, 继续吸热蒸发, 蒸汽回到冷凝段冷凝, 如此循环往复, 不断将转子旋转工作过程中产生的热量及时移走, 其工作原理如图 1 所示。

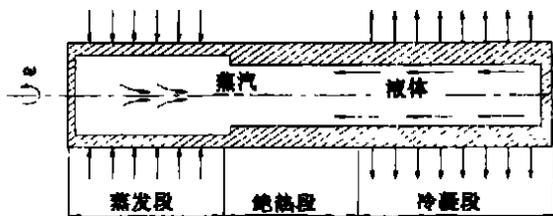


图 1 台阶型旋转热管工作原理示意

2 模拟试验

自蒸发旋转热管冷却技术的传热性能试验装置如图 2 所示。由变频调速电机实现旋转热管的变速转动, 其转速由数字式光电测速仪测量; 热管蒸发段由管状电炉以辐射方式模拟加热, 加热功率可调; 热管冷凝段焊有高频螺旋翅片并置于小型风洞中, 通过测量风洞进出口的温度及流量实现热管输出功率的测量; 热管的管壁温度和管内工作温度由轴端式集流环通过滑环将镍铬-镍硅热电偶测得的温度信号传出来, 并由数字温度显示仪显示。试验所用的自蒸发旋转热管内部工质为水, 试验元件的具体结构尺寸如图 3 所示。

3 结果与分析

3.1 启动性能

自蒸发旋转热管启动性能及等温性能是衡量

作者简介: 张琳(1969-), 女, 江苏南京人, 江苏石油化工学院讲师, 现在南京理工大学动力学院攻读博士学位, 主要从事化工机械的研究和教学工作。

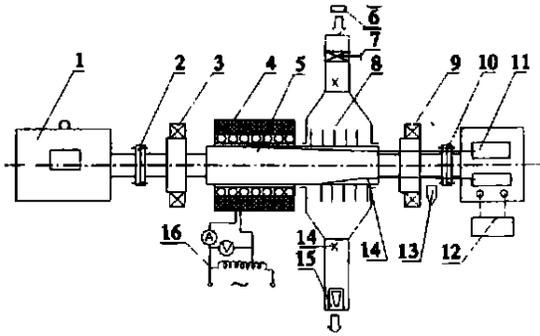


图2 旋转热管试验装置示意

1—调速电机；2—电机联轴节；3—轴承；4—电炉；5—旋转热管；
6—鼓风机；7—流量调节阀；8—螺旋翅片；9—轴承；10—集
流环联轴节；11—集流环；12—温度显示仪；13—测
速仪；14—测温电偶；15—流量计；16—变压器

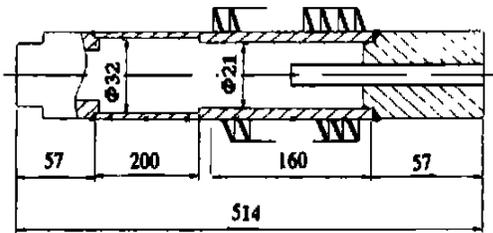


图3 旋转热管结构示意图

旋转热管冷却技术传热性能的重要指标。旋转热管的启动性能采用图2所示的试验装置。试验时旋转热管的冷凝段处于自然对流条件下，随着模拟输入功率的增大，记录热管不同位置的管壁温度，其启动性能曲线如图4所示。由图4可见，旋转热管在1~2 min内能迅速启动。旋转热管冷却技术的启动性能取决于热管制造中达到的真空度。真空度越高，启动性能就越好；反之亦然。良好的启动性能可保证连续混炼机的转子一进入旋转工作状态，自蒸发循环冷却技术就开始发挥冷却作用。

3.2 等温性能

自蒸发循环旋转热管在不同工作温度时的管壁温度曲线如图5所示。由图5可见，旋转热管在工作时具有良好的等温性。其等温性能与启动性能类似，取决于热管制造中达到的真空度，真空度越高，等温性能就越好。

连续混炼机在对胶料进行混合、造粒的过程中，温度对产品质量的影响很大；混炼过程中转子的轴向温度分布不均匀也会影响产品的质量。自

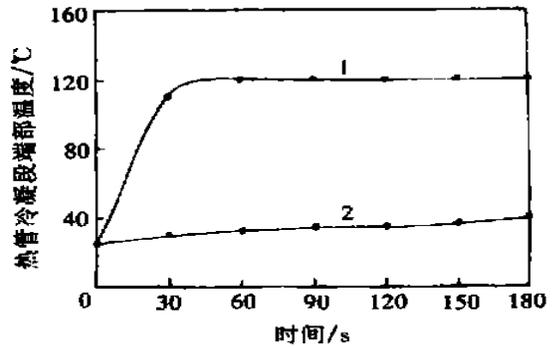


图4 启动性能曲线

1—热管；2—非热管

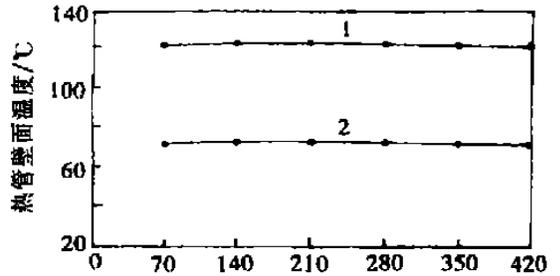


图5 旋转热管的等温曲线

转速 $800 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ；充液比 15%。
输入功率：1—320 W；2—190 W

蒸发循环旋转热管冷却技术在这方面可以发挥水冷所没有的独特优势，由于它是自蒸发循环的相变传热，一方面传热效率很高，另一方面轴向温度分布非常均匀，这为产品的均匀化提供了保证。

3.3 工作温度对传输功率的影响

对于几何尺寸一定的旋转热管转子，其转速、工作温度和充液比是影响其传热性能的重要参数。工作温度对传输功率的影响如图6所示。从图6可看出，在相同转速下，传输功率随工作温度的升高而提高，原因是旋转热管转子是依靠其内部工质水的汽化来传递热量的，内部工作温度越高，水的汽化潜热越大，从而传递的热量越多。

3.4 充液比对传输功率的影响

充液比对传输功率的影响如图7所示。从图7可看出，在相同转速下，自蒸发循环旋转热管转子在不同充液比下传输的功率是不一样的，在工作温度 $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时，旋转热管转子的最佳充液比为25%左右。

3.5 转速对传输功率的影响

转速对传输功率的影响如图6和7所示。从

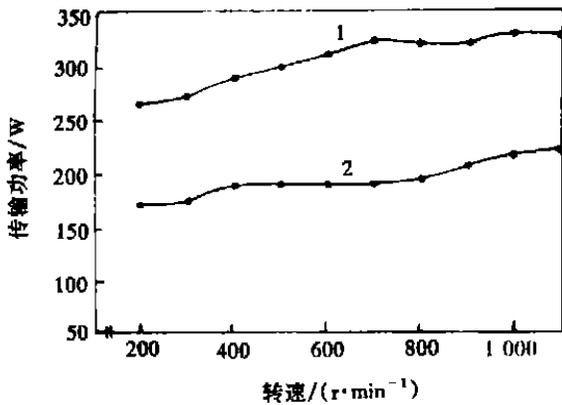


图 6 转速和工作温度对传输功率的影响曲线
充液比 15%；工作温度：1—120 °C；2—70 °C

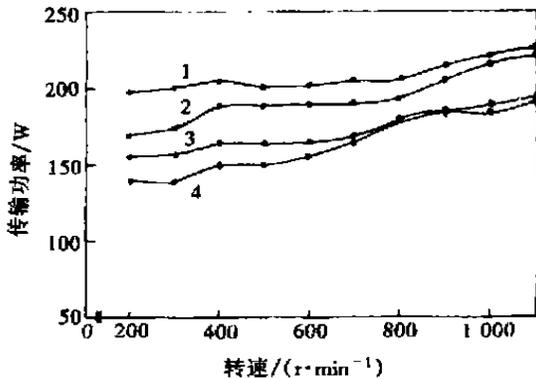


图 7 转速和充液比对传输功率的影响曲线

工作温度 70 °C；充液比：1—25%；2—15%；3—45%；4—8%

图 6 和 7 可看出，在工作温度和充液比一定的情况下，随着转速提高，旋转热管转子的传输功率有所提高，但影响不是很显著。原因是随着转速的提高，台阶型旋转热管转子冷凝液的回流将加快，冷凝段的液膜厚度减小^[2]，冷凝传热系数有所增大，相应的蒸发段的液膜厚度增大，蒸发传热系数

随之减小。因此总的说来，转速对旋转热管转子的传输功率影响不是很显著。

4 结论

(1) 自蒸发循环旋转热管型转子启动迅速，具有高效的导热性，能及时把转子在旋转过程中产生的热量通过旋转热管内部工质的自行蒸发-冷凝循环由冷凝段移走，防止转子热变形。

(2) 自蒸发循环旋转热管型转子具有良好的表面均匀性，可保证连续混炼机的混合、造粒产品质量均匀。

(3) 采用自蒸发循环旋转热管冷却技术冷却混炼机的转子，可以做到绝对无泄漏，同时可以节约大量的冷却水。

(4) 对于几何尺寸一定的自蒸发循环旋转热管型转子，其工作转速、充液比和工作温度都会影响其传热性能：①在相同的转速和充液比下，工作温度越高，旋转热管转子传输的热量越大；②在工作温度相同时，旋转热管转子传输的热量随充液比的不同而不同；③在相同的工作温度和充液比下，旋转热管转子传输的热量随转速的提高而略有升高，但变化不是很显著。

参考文献:

- [1] Judd R L, Aftab K. Investigation of the use heat pipes for machine tool spindle bearing cooling[J]. International Journal of Mechanical Tools & Manufacture, 1994, 34(7): 1 031.
- [2] 张琳. 水平同轴台阶型旋转热管充液量的研究[A]. 中国工程热物理学会. 中国工程热物理学会第十届年会论文集传热质学[C]. 北京: 中国工程热物理学会, 2001. 887.

收稿日期: 2002-04-18

Rotating heat pipe cooling technique with self-evaporating circulating liquid for rotor in continuous mixer

ZHANG Lin

(Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

Abstract: The rotating heat pipe cooling technique with self-evaporating circulating liquid for the rotor in continuous mixer was investigated by a simulating experiment. The results showed that the rotating heat pipe cooling technique featured efficient heat conductivity, uniform temperature on the surface of rotor and no leakage; and the heat transmission was influenced by inflating factor of liquid, working temperature and rotor speed.

Keywords: continuous mixer; cooling technique; rotating heat pipe