

高效换热管内齿成型技术的实验研究

李德华
(珠海格力电器股份有限公司 广东 珠海 519070)

摘要: 目前高效换热管内齿成型方式主要为挤压成型, 针对现有生产工艺内齿成型时齿宽大, 进而造成整管重量大, 材料浪费严重及管内压降大, 换热效率低等问题。本文拟以 $\phi 19$ 冷凝管为实验对象, 通过模拟仿真、分析, 开发全新内芯头, 实现减小内齿成型宽度, 从而实现整管重量、管内压降的降低及管内换热效率提升的目的。本文研究表明: 通过开发全新内芯头后, 实现内齿更易成型, 成型齿宽更小, 管内压降减小, 管内换热效率提升。

关键词: 高效换热管; 内齿成型; 管内压降; 换热效率

0 引言

随着科技进步发展及出行交通方式的高速发展, 地铁、机场、大型商城等对商用空调的需求越来越大, 近些年是商用空调的飞速发展期, 同时又带动了高效换热管的快速发展。目前高效换热管的生产工艺技术还处于发展期, 随着经济和技术的发展, 高效换热管生产技术必将向更高层次的水平推进。在商用空调中, 高效换热管起着承压、换热的作用, 其能效的高低决定了整个机组能效高低。在高效管热管中, 成本其中的一个影响因子为重量。成型齿宽越大, 其内齿截面积越大, 理论重量越大, 导致相同制冷量的机组高效换热管使用量越大、整体重量越大、成本越高。内齿重量占整管重量的 29% 左右, 相对减小内齿重量, 对高效换热管的不良影响降至最低, 能有效减小整体重量, 降低成本。因此, 本文主要通过模拟仿真、分析得出最优的内齿结构, 通过开发相应工艺技术, 制备出内齿改善后的高效换热管。并对比分析改善前后的内齿齿形、重量、压降及换热效率的变化。

1 技术方案

1.1 仿真分析

在其内齿数及成型高度相同时, 通过内齿结构仿真、分析, 如图 1, 由图 (a) 可知: 传统的芯头结构, 其内齿附近热量较为集中, 散热慢。由图 (c) 可知改善后的芯头结构, 内齿附近热量较低, 能够较及时的散热。

由此可得: 改进后的芯头结构, 能有效降低管内的压降, 增大扰流强度, 提升换热效率。由此, 内齿结构如图 1 中的 (d) 时, 其管内压降、换热效率达到状态更优。

1.2 芯头设计

根据模拟仿真分析得出的内齿结构, 在传统芯头基础上

改变内齿的结构。设计开发如图 2 的芯头。外径为 16.5mm, 内齿数为 50。

2 内齿成型加工实验

整个试验的变量为采用传统芯头齿或改善后的芯头。其他试验条件保持一致, 如表 1。

2.1 试验材料

表 1 试验条件

试验序号	管坯	垫片	成型刀组	内芯头
1	j19mm×1.2mm×2 500mm	0.20	1 号刀组	j16.6mm×50mm (齿根无过渡圆弧, 齿宽 0.80mm)
2	j19mm×1.2mm×2 500mm	0.20	1 号刀组	j16.6mm×50mm (齿根增加过渡圆弧, 齿宽 0.6mm)

2.1.1 试验管坯

本文试验均选用相同的管坯, 外径 19mm、壁厚 1.2mm、长度 2500mm。采用相应工具对各参数进行测量, 确认符合使用要求; 对管坯表面进行检查, 确认无油污、明显磕碰变形、严重氧化等现象。

2.1.2 工装模具

2.1.2.1 垫片选取

本文试验所用垫片全部为 0.20mm 厚、外径为 45mm 的垫片。装配前用千分尺和游标卡尺对垫片厚度、外径进行测量, 确认符合使用要求, 且垫片表面无变形、破损等。

2.1.2.2 刀组刀具选取

整个试验过程采用同一组刀, 所用工装刀具部分特性如表 2。

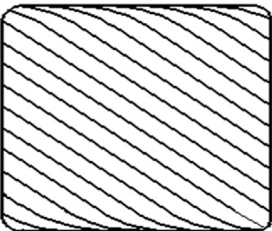


图 2 芯头

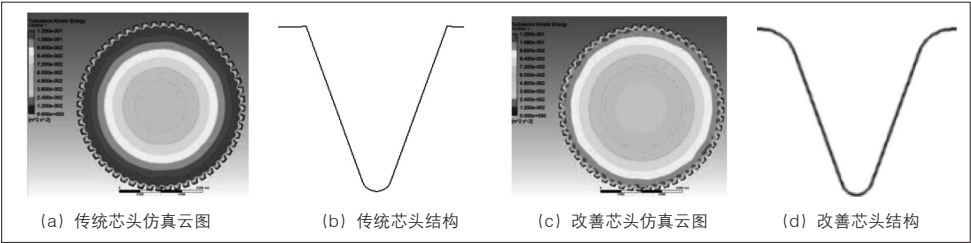


图 1 内齿结构仿真

表 2 刀具部分特性

刀具类型	厚度/mm	外径/mm
成型刀具	0.53	46.5
内芯头	50	16.65

2.2 试验设备

本文试验采用的设备为翅片成型机部分参数如下: 设备加工直径能力: 16 ~ 28mm; 设备转速:

600 r/min; 加工进刀位置: 71 650; 加工润滑液: 铜材切削液。

2.3 试验过程

保持其他条件不变情况下, 分别采用传统芯头及改善后的芯头, 在自动加工条件下, 分别加工 6 支高效换热管, 加工完成后防护保留后续检测分析用。

3 实验结果与分析

3.1 齿形对比分析

样品研磨取样: 在传统内芯头与改进内芯头制备的样品中各随机选取 1 支高效换热管。试样要求: 长度 10 ~ 20mm, 研磨后试样厚度 $1/2 D \pm 1\text{mm}$, 剖面纵向无偏斜; 手工在平台上或研磨机上研磨剖面, 按顺序用 800#、1200# 水砂纸研磨管壁毛边; 研磨标准以两边壁厚处无飞边毛刺, 翅根、内齿轮廓明显可见, 壁厚面光亮无明显粗拉道为准。

试样研磨后, 采用翅型检测仪显微镜, 对内芯头齿形及试样的齿形进行观察对比, 如图 3 所示。由图 (a)、(c)

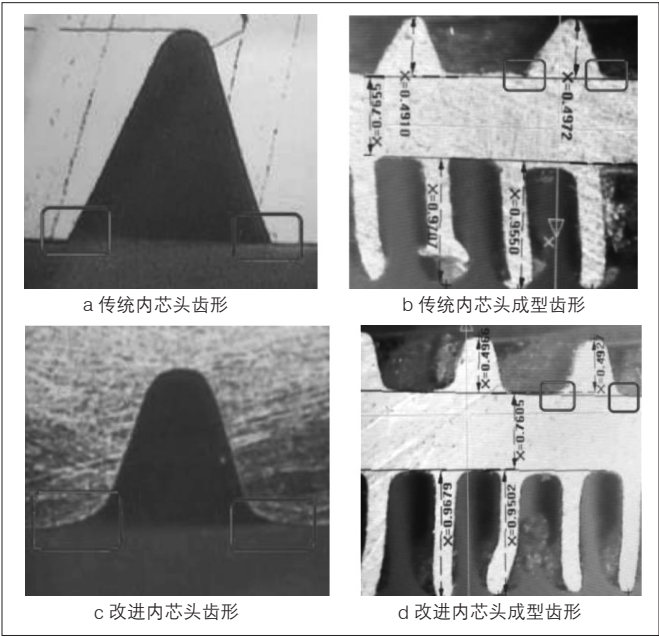


图 3 内芯头齿形及成型齿形
可知: 改进内芯头在翅根位置增加了过渡圆弧, 由图(a)与(b)及 (c) 与 (d) 可知: 高效换热管成型内齿与内芯头齿形是一致的, 这是由于内齿成型方式为挤压成型, 内齿齿形由内芯头控制; 由图 (b)、(d) 可知: 芯头改进前后外齿成型高度及壁厚是相近的, 这是由于加工过程只是改变了内齿的尺寸, 其他条件不变, 不影响外齿及壁厚的加工。

3.2 单管重量对比分析

换热管的重量变化对比主要是通过设计理论值与实际称重进行的。j 19×2 m 冷凝管设计理论重量如表 3。理论

表 3 冷凝管设计重量

管型	外翅重量	管壁重量	内齿重量	总重量
j 19×2 m 冷凝管 (改进前)	0.2042 kg	0.6972 kg	0.3752 kg	1.2766 kg
j 19×2 m 冷凝管 (改进后)	0.2042 kg	0.6972 kg	0.2503 kg	1.1647 kg

降 重 为 (1.276 6-1.164 7) /1.276 6=8.8 %。

在加工的样品中, 各随机选取 2 支高效换热管, 在中间截取 2 m 的长度, 利用电子天平分别测量 4 支样品的重量, 如表 4。传统芯头加工的换热管平均重量为 1.265 kg; 改进芯头加工换热管平均重量为 1.16kg, 相较于传统芯头降重 8.3%。与理论值 8.8% 相近, 主要为内齿的降重。

3.3 管内压降及换热效率对比分析

在传统内芯头加工样品及改进内芯头加工样品中各随机选取 1 支高效换热管进行管内压降测试。如图 4 中的 (a) , 当水流速度在 2 m/s 时, 改进内芯头加工样品管内阻力系数降低 3.11 %。这是由于内齿宽度减小后, 内齿之间的间距增大, 液体在内齿间流动时, 内齿对液体的阻力减小。

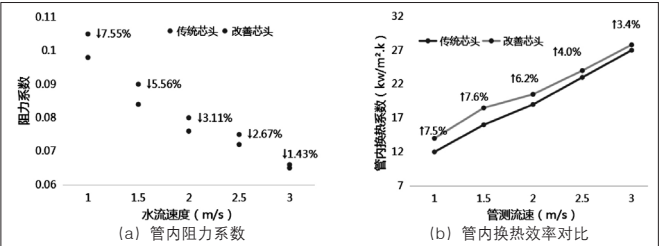


图 4 单管测试对比

随机各选取 1 支高效换热管进行管内换热效率测试, 测试样品管长度为 2500mm, 采用锯片对样品进行锯切, 保留长度 2500mm。由图 4 中的 (b) 可知, 当流速为 2m/s 时, 改进芯头加工的高效换热管管内换热系数提升 6.2 %。这是由于内齿宽度减小后, 液体在管内流动的阻力系数降低, 根据液体的层流原理, 液体流动速度更快, 与管内的接触面积越大, 在其他条件一定的情况下, 换热面积越大, 换热效率越高。

4 结语

本文以 $\phi 19$ 冷凝管为试验对象, 通过对传统芯头与改进芯头的加工样品的齿形、重量、管内压降及管内换热效率的对比, 得出如下结论: 在其他条件不变时, 芯头改善后, 不影响外翅及壁厚的成型, 内齿齿形与内芯头齿形一致; 内齿宽度减小后, 内齿重量降低 33.3%, 整管重量的降低主要为内齿重量的降低, 从而实现整管重量降低 8.3%; 内齿宽度减小后, 液体在管内流动阻力减小, 管内阻力系数降低 3.11%; 由于内齿宽度减小, 管内阻力系数降低, 液体与管内接触面积增大, 换热面积增大, 管内换热系数提升 6.2%。

参考文献:

[1] 陆明华. 高效换热铜管生产技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2018.
[2] 郭莉. 冷凝管生产技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
[3] 陶文铨. 传热学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.

作者简介: 李德华 (1985-), 男, 黑龙江海伦人, 工程师, 本科, 研究方向: 冷水机组壳管换热器、高效换热管工艺开发。