



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103335552 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201310267871. 5

CN 201653223 U, 2010. 11. 24, 全文.

(22) 申请日 2013. 06. 28

JP H08146170 A, 1996. 06. 07, 全文.

(73) 专利权人 华中科技大学

CN 201497419 U, 2010. 06. 02, 说明书第

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037 号

24 - 27 段, 说明书附图 1 - 5.

审查员 贾月

(72) 发明人 范爱武 王飞龙 王特 杨金国  
刘伟

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 曹葆青

(51) Int. Cl.

F28F 13/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 203464832 U, 2014. 03. 05, 权利要求 1 -  
5.

CN 202002543 U, 2011. 10. 05, 全文.

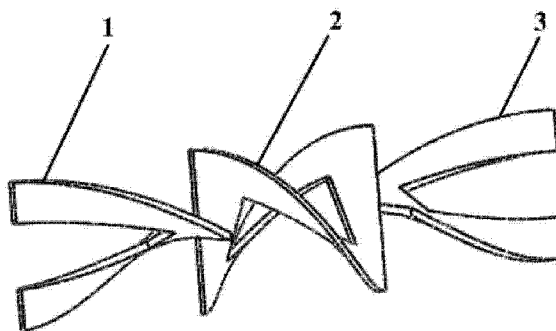
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种强化管内对流换热的扰流元件

(57) 摘要

本发明公开了一种强化管内对流换热的扰流元件, 扰流元件分为多个周期, 每个周期由三段中心掏空的短扭带组成, 其中, 中间段的外径与强化管内径相同, 第一段和第三段的外径比强化管内径小或者相等; 相邻的两段扭带之间成  $0 \sim 90^\circ$ 。作为改进: 扰流元件的扭距为  $40 \sim 200\text{mm}$ ; 相邻两段之间的夹角为  $30 \sim 60^\circ$ ; 中间掏空部分的直径不超过管子内径的  $1/2$ ; 每个周期内, 第一段的边缘、第三段的边缘与管子内壁之间的间隙宽度均为  $0 \sim 2\text{mm}$ 。为了便于两段扭带间的连接, 在连接处保留了未完全掏空的部分。本发明能有效改善管内对流换热的综合性能, 提高能量的利用效率, 改善设备的经济性。



1. 一种强化管内对流换热的扰流元件,其特征在于,扰流元件分为多个周期,每个周期由三段中心掏空的短扭带组成,其中,中间段的外径与强化管内径相同,第一段和三段的外径比强化管内径小或者相等;

相邻的两段扭带交叉成  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,以增强对流体的扰流作用;

所述中心掏空的短扭带使得其中心部分的边缘与流体之间的相互作用,以对管中心区域的流体造成扰动,强化流体之间的掺混和流体与管壁之间的对流换热;

所述扭带与管内壁之间形成狭缝,以增强流体对边界层的冲刷作用,并强化换热。

2. 根据权利要求1所述的扰流元件,其特征在于,扰流元件的扭距为  $40 \sim 200\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的扰流元件,其特征在于,中心掏空部分直径不超过管子内径的  $1/2$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的扰流元件,其特征在于,每个周期内,第一段的边缘、第三段的边缘与管子内壁之间的间隙宽度均为  $0 \sim 2\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求3所述的扰流元件,其特征在于,每个周期内,第一段的边缘、第三段的边缘与管子内壁之间的间隙宽度均为  $0 \sim 2\text{mm}$ 。

## 一种强化管内对流换热的扰流元件

### 技术领域

[0001] 本发明属于强化传热的技术领域,具体为一种强化管内对流换热的扰流元件,该元件的存在可以起到很好的扰流作用,促进流体与管壁之间的换热。

### 背景技术

[0002] 在强化换热的技术领域,管内强化换热技术是工业应用涉及最广的。管内强化换热技术有三类,即异型管、翅片管和插入物。

[0003] 所谓的异型管就是相对于普通的圆管和方管而言,通过改变管的结构形式,利用管壁的凸起增强对流体边界层的扰动,阻碍边界层的发展,变形的通道既可以延长流体在管内流动的路径,又可以使流体产生旋流扰动边界,从而达到强化换热的目的。翅片管就是在管内壁加工各种几何结构的翅片,翅片的存在可以增加管内对流换热的面积,还可以起到破坏边界层的作用。插入物是插入管内的扰流元件,相对于异型管和翅片管的结构固定,管内插入物可以进行更换,因而对于换热器整体而言,使用管内插入物可以方便地对换热器进行改造,节约了改造成本。管内插入物的这种拆装方便的特点也使得它在除垢方面具有突出的优势。另外,管内插入物的方式比异型管和翅片管更容易对流通道进行设计,使流体产生特定的流场结构。基于以上优点,对管内插入物的研究一直是强化换热的热点领域。

[0004] 常见的管内插入物有漩涡发生器、螺旋线圈、锥形环、锥形片以及螺旋扭带等。漩涡发生器的原理是利用其一定的攻角使流体产生一定强度的纵向涡,并在一定的压力推动下,其尾迹可以稳定地延伸到下游比较远的地方,带动下游流体旋转,冲刷壁面,对边界层产生扰动从而强化传热。螺旋线圈主要是使管壁附近的流体产生旋流,周期性地扰动边界层,阻止其的发展。锥形环/片是利用其迅速收缩和扩张的流通面积,使湍流程度变得更加剧烈。螺旋扭带是管内插入物中的一种常用形式,通常是用宽度与管子内径相等的钢带沿流体通道轴向扭转而成。为了进一步提高扭带的强化换热效果,很多学者对传统扭带进行了改进,例如窄边扭带、多头扭带、以及扭带与其他管内插入物进行组合的方式。然而,这些新的方式增加的阻力一般都比较小,使得换热的增强往往被增加的泵功消耗所抵消,达不到良好的热-水力学综合性能。

### 发明内容

[0005] 为克服现有技术存在的上述问题,本发明提出了一种强化管内对流换热的新型扰流元件,它具有换热速率快、阻力系数较小、热-水力学综合性能好等优点。

[0006] 本发明提供的一种强化管内对流换热的扰流元件,其特征在于,扰流元件分为多个周期,每个周期由三段中心掏空的短扭带组成,其中,中间段的外径与强化管内径相同,第一段和第三段的外径比强化管内径小或者相等;相邻的两段扭带之间成  $0 \sim 90^\circ$ 。

[0007] 上述技术方案可以采用下述方式中一种或任几种进行改进:(一)扰流元件的扭距为  $40 \sim 200\text{mm}$ ;(二)相邻两段之间的夹角为  $30 \sim 60^\circ$ ;(三)中间掏空部分的直径不超过管子内径的  $1/2$ ;(四)每个周期内,第一段的边缘、第三段的边缘与管子内壁之间的间

隙宽度均为  $0 \sim 2\text{mm}$ 。

[0008] 在强化管内插入本发明之后所具有的技术效果：

[0009] (1) 流体在整体上仍然能形成纵向旋流,增强不同温度的流体之间的混合,起到强化换热的效果。

[0010] (2) 相邻短扭带之间成一定角度,能起到更好的扰流效果,增强对流体边界层的扰动,阻碍边界层的发展,促进换热。

[0011] (3) 扭带与管子内壁之间形成狭缝,能增强流体对边界层的强烈冲刷作用,从而能强化换热。此外,该区域相当于一个微通道,其水力直径减小了,也能强化换热。

[0012] (4) 虽然采用交替轴方式在一定程度上会增大流动阻力,但是扭带中心部分被掏空后,流体在管子中心高速区受到的阻力会减小。因此,与传统扭带相比,中心掏空的交替轴扭带的阻力变化不大。

[0013] (5) 扭带被掏空之后,其中心部分的边缘与流体之间的相互作用会对管子中心区域的流体造成一定的扰动,从而强化流体之间的掺混,使得中心部分的流体温度更加均匀,而管子壁面处的流体温度梯度更大,从而强化了流体与管壁之间的对流换热。

[0014] (6) 由于换热有较大幅度的增强,而阻力变化不大,因此,热-水力学综合性能会有显著的提高。

[0015] (7) 与管子内径相等的那段扭带(贴壁段)不仅能起到对整个扰流元件的支撑作用,还具有类似肋片的导热作用。另外,贴壁部分还能破坏边界层的发展,更好地强化壁面处的换热。

[0016] 总之,从大的方面讲,本发明同时考虑了强化传热与流动减阻两个方面,因此能获得良好的热-水力学综合性能。单从强化传热来讲,其中综合应用了流体的纵向旋流、对边界层的冲刷、阻碍边界层的发展、肋片的导热效应、管子中心区的扰动等多种机理。因此,这是一种新的、有前景的强化管内传热的扰流元件。

## 附图说明

[0017] 图 1 是本发明的三维效果图；

[0018] 图 2 是安装有本发明的圆管的三维效果图；

[0019] 图 3 是努塞尔数  $Nu$  随雷诺数  $Re$  的变化图；

[0020] 图 4 是阻力系数  $f$  随雷诺数  $Re$  的变化图；

[0021] 图 5 是热-水力学综合性能指标  $PEC$  随雷诺数  $Re$  的变化图。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明。在此需要说明的是,对于这些实施方式的说明用于帮助理解本发明,但并不构成对本发明的限定。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0023] 如图 1、2 所示,本发明提供了一种强化管内对流换热的扰流元件,整个扰流元件分为多个周期,每个周期由三段中心掏空的短扭带组成,即第一段 1、中间段 2 和第三段 3。第一段 1 与中间段 2、中间段 2 与第三段 3 分别交叉成  $0 \sim 90^\circ$  (优选为  $30 \sim 60^\circ$ ),这样可以更好的对流体起到扰流作用。三段扭带的中间均被掏空,可以减小一定的阻力。为

了便于各段之间的连接,段 1 与段 2、段 2 与段 3 接合处的中心部分保留了部分实体。

[0024] 各段之间,以及各周期之间均通过焊接或其它方式固定连接。

[0025] 其中,中间段 2 的外径与强化管 4 的内径相同,其他两段 1、3 的外径比圆管 4 的内径小,也可以与管子 4 的内径相等,即每个周期内第一段和第三段的边缘与管子内壁之间间隙的宽度为 0 ~ 2mm。此外,相邻的两段扭带之间成一定角度。为了便于两段扭带间的连接,在连接处保留了未完全掏空的部分。

[0026] 可以通过扰流元件每个周期中各段的长度、各段之间的交叉角度,以及中间掏空部分的尺寸来进一步优化该扰流元件的性能,如扰流元件的扭距为 40 ~ 200mm,中间掏空部分直径不超过管子内径的 1/2,相邻两段之间的夹角为 30 ~ 60°。

[0027] 实例:

[0028] 管长 100mm,管径 20mm,管内填充的扭带分成三段,分别占 1/4、1/2、1/4 个节距,对应长度分别为 25mm、50mm、25mm,掏空的长度尺寸分别为 20.5mm、41mm、20.5mm,宽度均为 9mm,相邻两段之间成 60° 夹角,扭带整体的宽度为 20mm,厚 1mm。第一段和第三段与壁面的间隙为 1mm,中间段与管子内壁接触。应用通用的 CFD 计算软件 Fluent 进行了模拟,有关结果与光管和内置传统扭带的强化管进行了对比,如图 3、图 4、图 5 所示。

[0029] 图 3 反映的是努塞尔数 Nu 随雷诺数 Re 的变化。从图 3 可以看出,本发明较光管而言,各工况下的 Nu 值均有明显的提高,且本发明比安装传统扭带的圆管又有一定的提高。结合已知的数据,可知本发明与光管相比,Nu 提高了 10 ~ 13 倍,与安装传统扭带的圆管相比,Nu 最多提高了约 20%。

[0030] 图 4 反映的是阻力系数 f 随 Re 的变化。图 4 表明,虽然本发明的阻力系数比光管的阻力系数增大了很多,但是本发明与安装传统扭带的圆管阻力系数差不多。结合具体数据可知,本发明阻力系数是光管的 7 ~ 10 倍,阻力系数增加的幅度较 Nu 增加的幅度明显小;同时,本发明的阻力系数跟安装传统扭带的圆管比较,最大的增幅也只有 4%,比相同条件下 Nu 的增幅(20%)要小。

[0031] 图 5 反映的是热-水力学综合性能指标 PEC 随 Re 的变化。从图 5 可以看出,本发明跟安装传统扭带的圆管比,PEC 值有了显著的提高,从得到的数据可知提高幅度最高达 17%,可见本发明具有优异的热-水力学综合性能。

[0032] 以上所述为本发明的较佳实施例而已,但本发明不应该局限于该实施例和附图所公开的内容。所以凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改,都落入本发明保护的范围。

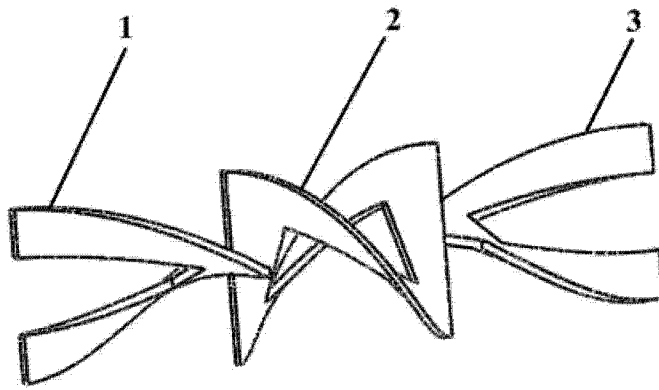


图 1

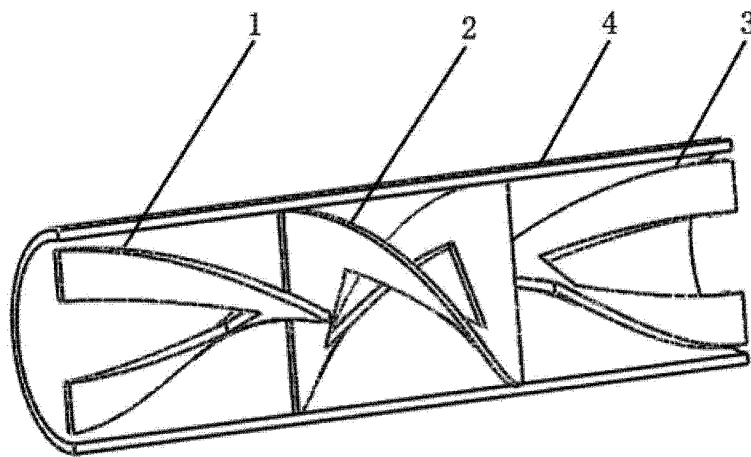


图 2

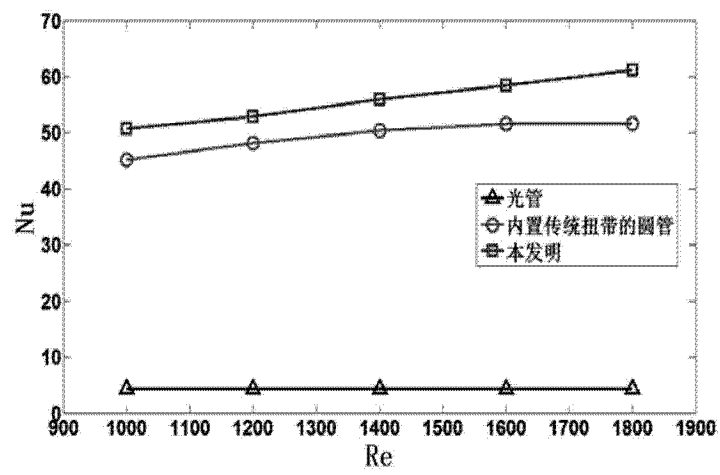


图 3

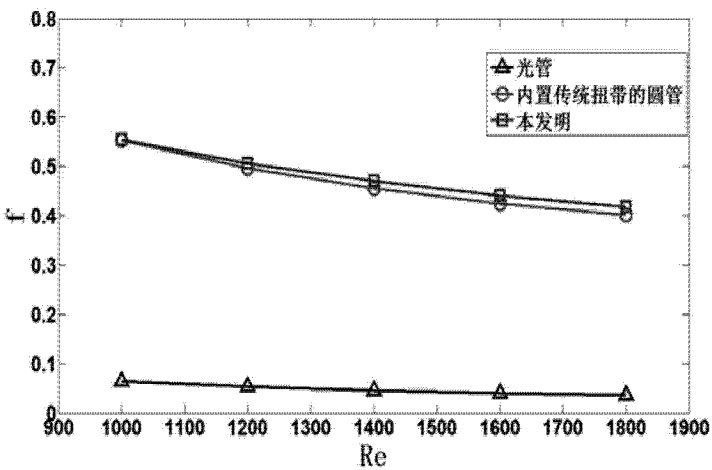


图 4

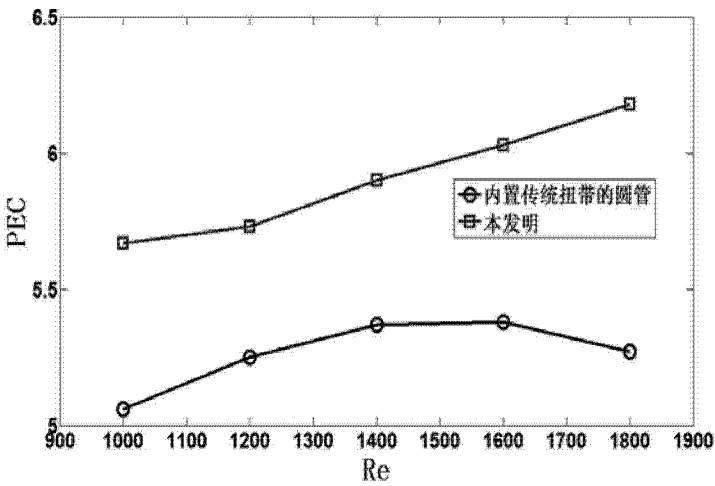


图 5