

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F28F 13/02 (2006.01)

F28G 3/06 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820233742.9

[45] 授权公告日 2009年10月28日

[11] 授权公告号 CN 201335646Y

[22] 申请日 2008.12.23

[21] 申请号 200820233742.9

[73] 专利权人 北京化工大学

地址 100029 北京市朝阳区北三环东路15号

[72] 发明人 杨卫民 李锋祥 阎华 丁玉梅

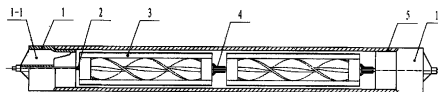
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 实用新型名称

一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置

[57] 摘要

本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置是一种用于管式换热设备换热管的内插件强化传热装置。该装置由转子、管端挂件、支撑轴和限位铆钉构成。两个管端挂件分别固定在换热管的两端；换热管内放置一个或多个转子；转子可成组排列，每组之间由限位铆钉间隔；支撑轴穿过转子的轴孔和限位铆钉，两端固定在管端挂件上。转子由驱动翅、扰动翅、支撑环和轴孔构成，可将换热管内流体分为驱动区和剪切扰动区两部分，扰动翅可为直翅或与驱动翅旋向相反的螺旋翅，且与管壁间具有很小的间隙，以实现对流体边界层的充分剪切扰动。该装置通过增强的流体边界层剪切扰动和径向混流作用，使自身具有换热管在线清洗和强化传热的双重功能。



- 1、一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，主要包括转子、管端挂件、支撑轴和限位铆钉，其特征在于：转子由支撑环、驱动翅、扰动翅和轴孔构成；转子可单个、多个或分组安装于换热管内，转子的外径略小于换热管的内径，转子轴孔直径略大于支撑轴外径；对于转子组，转子成组排列，每组之间由限位铆钉间隔，支撑轴穿过转子的轴孔和限位铆钉，支撑轴两端固定在管端挂件上，支撑轴可为刚性或柔性。
- 2、根据权利要求1所述的一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其特征在于：转子可采用高分子材料或金属材料制成。
- 3、根据权利要求1所述的一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其特征在于：转子可有多个支撑环。
- 4、根据权利要求1所述的一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其特征在于：转子的扰动翅为直翅或与驱动翅旋向相反的螺旋翅，扰动翅的螺旋角不大于驱动翅的螺旋角。
- 5、根据权利要求1所述的一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其特征在于：转子的扰动翅数目可大于等于2，且均匀分布于转子外侧圆周方向。
- 6、根据权利要求1所述的一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其特征在于：转子的驱动翅数目可大于等于2，且均匀分布于转子内侧圆周方向。
- 7、根据权利要求1所述的一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其特征在于：转子的驱动翅和扰动翅上可以有开孔。

一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置

技术领域

本实用新型涉及一种用于管式换热设备换热管内的内插件强化传热装置，特别是利用换热管内流体提供驱动力的在线清洗和强化传热装置。

背景技术

管式换热器换热管结垢导致传热效率下降、流体流动阻力增大，从而增加企业能源费用和生产成本，甚至还会形成垢下腐蚀，造成安全隐患，缩短换热设备的使用寿命。清洗和检修都会妨碍生产的低成本运行。

内插件强化传热技术因具有强化传热与在线清洗双重功效而倍受青睐，在管式换热设备中广为应用，关于内插件技术的研究也是层出不穷。螺旋扭带作为内插件强化传热技术的典型代表，广大科研工作者和工程技术人员对其在理论、实验、模拟等方面开展了广泛而深入的研究，并形成了一些公认的概念和专有的专利技术。“换热管内除垢防垢的清洗装置”（ZL 95236063.2）公开了一种装置，该装置由换热管内装设的螺旋扭曲带构成，扭曲带的径向尺寸小于换热管的内径，在换热管进液口端装有轴向挂件，其中部有流孔，轴向挂件的头部有一个轴孔，轴孔内装销轴，销轴的尾部与扭曲带连接。“双扰流螺旋式强化换热及自动除垢装置”（ZL 03114761.5）公开了一种强化换热及自动除垢装置，该装置除了设有螺旋扭带、挂件之外，螺旋扭带设置在螺旋管内，靠通过螺旋管内的流体流动带动螺旋扭带转动。“转子式自清洁强化传热装置”（ZL 200520127121.9）由转子、挂件、轴线及限位铆钉组成，挂件安装在换热管两端，轴线通过挂件轴孔，使转子沿换热管轴线排列，转子在流体冲击下做旋转运动，从而达到强化传热与在线清洗的目的。“低流速管内自动清洗及传热强化螺旋齿管”（ZL 02277260.X）利用齿管内滚珠的离心力产生齿管的径向扰动，提高污垢清洗的效率和均匀性，首次提及了将换热管内流体分区的思路，且其中认为换热管内的流体在螺旋流道内产生快速的螺旋线流动。高翔等更分别在他们的论文“螺旋肋片形成非衰减性旋流的强化传热性能”（化工学报，2003年，54卷，9期）和“衰

减性旋流强化传热性能的研究”（中国电机工程学报，2003年，23卷，5期）中阐述了衰减性螺旋流和非衰减性螺旋流的概念并进行了比较实验研究，发现非衰减性螺旋流具有较高的强化传热性能。

然而，在不考虑在线清洗的情况下，大量的研究都表明内插件技术的强化传热性能较各种强化管（翅片管、波纹管、横槽管等）存在较大的差距，而其根本原因在于管内的流场分布。针对这一问题，申请人利用流场可视化技术对一种内插件（ZL 200520127121.9）的管内流场进行了研究，发现管内的螺旋流并不如前人研究中描述的那样明显，且内插件对流体边界层的剪切扰动更为不足。转子在换热管内遵循阻力最小原理，通过自身的旋转而尽量降低对流体流动的阻碍，从而流体的旋转并不显著，这可能是内插件技术强化能力不足的根本原因。在该研究发现的基础之上，提出一种具有更好强化传热性能同时兼具在线清洗功能的内插件技术成为水到渠成。

实用新型内容

本实用新型提供一种用于管式换热设备的换热管内边界层剪切扰动径向混流装置。它具有在线清洗和强化传热的功能，将换热管内流体分为驱动区和扰动区，通过合理配置驱动翅和扰动翅的尺寸和形状达到扰动翅对流体边界层的充分剪切扰动，使得边界层流体具有附加的切向速度，在扰动区形成非衰减性螺旋流，从而大幅减薄传热边界层并破坏污垢生长条件，延长污垢诱发期和减少污垢生长量。

本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置是一种用于管式换热设备换热管的内插件强化传热装置。该装置由转子、管端挂件、支撑轴和限位铆钉构成。两个管端挂件分别固定在换热管的两端；换热管内放置一个或多个转子；转子可成组排列，每组之间由限位铆钉间隔；支撑轴穿过转子的轴孔和限位铆钉，两端固定在管端挂件上。

转子由驱动翅、扰动翅、支撑环和轴孔构成，可将换热管内流体分为驱动区和剪切扰动区两部分；驱动翅较扰动翅具有更大的受力面，提供转子旋转的动力并决定转子的转动方向；扰动翅可为直翅或与驱动翅旋向相反的螺旋翅，且与管壁间具有很小的间隙，以实现对流体边界层

的充分剪切扰动。转子可采用注塑一体成型，亦可由装配而成。该装置通过增强的流体边界层剪切扰动和径向混流作用，使自身具有换热管内在线清洗和强化传热的双重功能。

转子具有两个以上的扰动翅，扰动翅在转子周向均匀布置以保证转子旋转时的动平衡。在保证强度和寿命的前提下，扰动翅、驱动翅和支撑环都具有最小的厚度，以减小流体流动阻力。扰动翅可为直翅或与驱动翅旋向相反的螺旋翅。扰动翅和驱动翅螺旋角的匹配通过实验、模拟和优化获得。转子的外径略小于换热管内径，转子的轴孔直径略大于支撑轴外径。转子可采用高分子材料注塑一体成型，也可以用金属翅片装配而成。由于金属翅片具有很高的导热系数，更有利于换热管内流体的热量交换；而高分子材料注塑一体成型更适于批量加工制造。

管端挂件与换热管承插连接。管端挂件的侧壁以及轴向开有进流孔，以使得换热器管程的介质顺畅地流入换热管内，进流孔的总面积基本与换热管的内截面面积相等。管端挂件的端头有一个轴孔，轴线穿过轴孔固定在管端挂件上。

支撑轴可以为柔性或刚性，柔性支撑轴固定呈拉紧状态，使其中心线与换热管中心线重合。支撑轴两端可以通过打结、缠绕，或借助限位铆钉等对其进行固定。刚性支撑轴会给安装带来不便，但是能更好地保证转子在流体介质的作用下自如转动。两端的限位可以通过铆压，或借助限位铆钉、螺丝实现。

限位铆钉由金属材料制成，呈阶梯结构，有一中心孔，孔径同转子轴孔径保持一致；限位铆钉同转子接触一端具有迎水凹面，以便在铆钉与转子间形成润滑液膜；另一端长度要符合安装尺寸，钳口可以方便地对其进行钳夹固定在轴线上。其主要用于转子之间的限位，以及转子与管端挂件之间的限位。

运行时，管程流体介质通过管端挂件上的进流孔流入换热管中，转子在中心驱动区流体的推动下旋转，扰动区在驱动区的带动下对流体边界层产生剪切扰动，实现防垢除垢和强化传热。扰动翅使得流体在轴向流动的同时发生周向流动，即形成非衰减性螺旋流。形成螺旋流的同时，

在驱动区流体和扰动区流体介面处产生压力差，从而促进中心流体与近壁面流体的径向混合和热量交换。

本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，针对传热过程最关注的边界层提出解决方案，在保留在线清洗功能的基础上可进一步提高换热性能。本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置制造、组装、使用、更换方便，转子可采用注塑一体成型，亦可由装配而成。该装置通过增强的流体边界层剪切扰动和径向混流作用，使自身具有换热管内在线清洗和强化传热的双重功能。本实用新型适用于管式换热设备，包括卧式换热器和立式换热器、凝汽器以及需要清理直管内结垢的场合。

附图说明

图 1 是本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置的组装结构示意图。

图 2 是本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置的扰动翅为直翅的转子的结构立体图。

图 3 是本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置的扰动翅为螺旋翅的转子的结构立体图。

图中：1—管端挂件，1-1 进流孔，2—支撑轴，3—转子，3-1 支撑环，3-2 扰动翅，3-3 驱动翅，3-4 轴孔，4—限位铆钉，5—换热管。

具体实施方式

本实用新型一种换热管内边界层剪切扰动径向混流装置，其结构如图 1、图 2 和图 3 所示，该装置由管端挂件 1、支撑轴 2、转子 3 和限位铆钉 4 构成，安装在换热管 5 上使用。每根换热管 5 使用 2 个管端挂件 1，管端挂件 1 的侧壁开有进流孔 1-1，两管端挂件 1 分别与换热管 5 的两端固定连接，管端挂件 1 端头上的轴孔与换热管 5 同心。转子 3 结构可如图 2 和图 3 所示，由支撑环 3-1、扰动翅 3-2、驱动翅 3-3 和轴孔 3-4 构成。扰动翅 3-2 可为直翅（如图 2），亦可为与驱动翅 3-3 旋向相反的螺旋翅（如图 3）。支撑轴 2 穿过转子 3 的轴孔 3-4、限位铆钉 4 和管端挂件 1 上的轴孔拉紧固定在两头的管端挂件 1 上。转子 3 的外径略小于

换热管 5 的内径，转子 3 的轴孔 3-4 内径略大于支撑轴 2 的外径。

实施例：换热管内边界层剪切扰动径向混流装置的主要参数为：换热管 5 长度为 2000mm，其内径为 $\Phi 23\text{mm}$ ，转子 3 外径 $\Phi 22\text{mm}$ ，转子为 POM（聚甲醛）材料注塑成型，扰动翅为直翅且高度为 3mm，驱动翅直径 14mm，螺旋角为 72° ，支撑环厚度 1mm，转子长度 50mm。经实验测试得到，在较低雷诺数（1000-3000）条件下，本实用新型装置较现有转子传热性能提高约两倍，而阻力仅为其 1.2 倍。

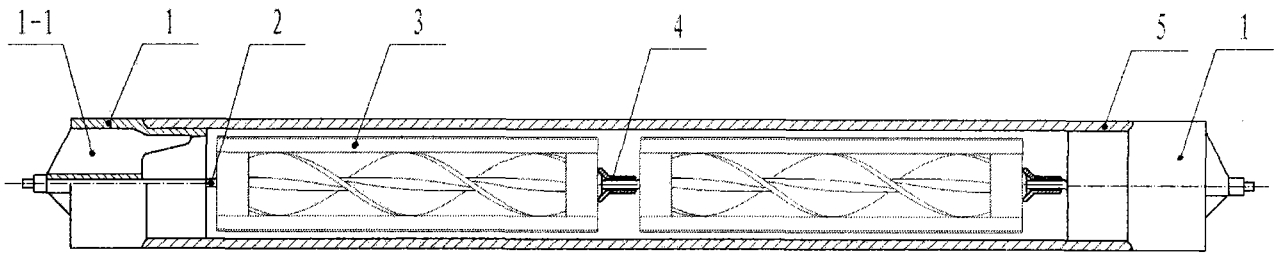


图 1

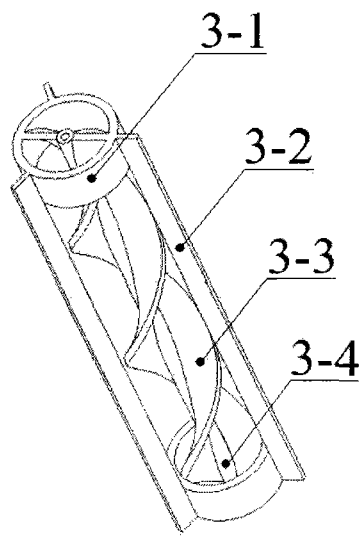


图 2

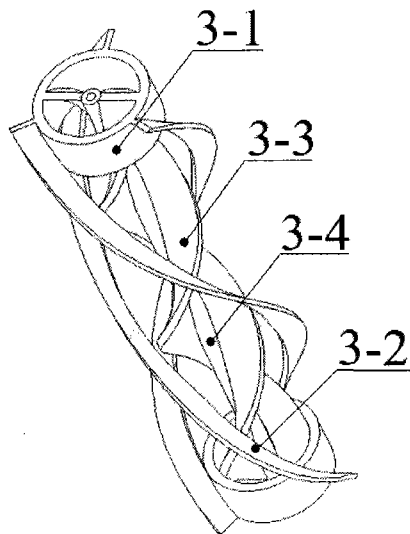


图 3