(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210751324 U
(45)授权公告日 2020.06.16

(21)申请号 201921056778.9

(22)申请日 2019.07.08

(73)专利权人 中国科学院理化技术研究所
地址 100190 北京市海淀区中关村东路29号

(72)发明人 张化福 杨俊玲 董艳华 张骥 张钰 张振涛

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002
代理人 韩世虹

(51)Int.Cl.
B01D 1/22(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

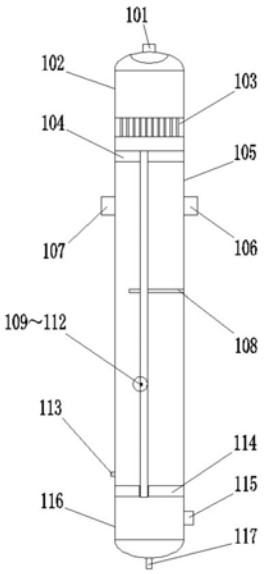
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)实用新型名称

一种降膜蒸发系统

(57)摘要

本实用新型涉及蒸发设备技术领域，公开了一种降膜蒸发系统，包括蒸发器；蒸发器包括筒体和换热管，筒体内部上方横置设有上管板，筒体内部下方横置设有下管板，换热管固定设置在上管板和下管板之间；上管板和/或下管板上设有第一通孔，第一通孔的直径大于换热管的外径，换热管的顶端和/或底端从第一通孔中穿出；换热管外部在第一通孔处的间隙通过汽封密封。本实用新型提供的一种降膜蒸发系统，通过设置换热管的端部与管板之间采用间隙配合连接，使得换热管可沿轴向方向上下自由伸缩，避免了温度应力冲击，提高蒸发系统的使用寿命；且该换热管的连接结构无需另外设置其他部件，结构简单，便于安装。



CN 210751324 U

1.一种降膜蒸发系统，包括蒸发器；所述蒸发器包括筒体和换热管，所述筒体内部上方横置设有上管板，所述筒体内部下方横置设有下管板，所述换热管固定设置在所述上管板和下管板之间；其特征在于，所述上管板和/或所述下管板上设有第一通孔，所述第一通孔的直径大于所述换热管的外径，所述换热管的顶端和/或底端从所述第一通孔中穿出；所述换热管外部在所述第一通孔处的间隙通过汽封密封。

2.根据权利要求1所述的降膜蒸发系统，其特征在于，所述换热管的内壁上设有碳纳米管涂层，所述碳纳米管涂层从所述换热管的内壁表面至中心部位依次包括金属氧化物层，以及液态金属层结合碳纳米管层。

3.根据权利要求1所述的降膜蒸发系统，其特征在于，所述筒体内部、所述上管板的上方设有分布器，所述分布器包括若干个平行设置的分布板，所述分布板横置在所述筒体中且所述分布板上均匀设有若干个第二通孔。

4.根据权利要求1所述的降膜蒸发系统，其特征在于，所述蒸发器还包括至少一个折流板；所述折流板设置在所述上管板和所述下管板之间，所述折流板上设有若干个第三通孔，换热管从第三通孔中穿过且与所述折流板固定连接。

5.根据权利要求1至4任一所述的降膜蒸发系统，其特征在于，还包括：压缩机、分离器、循环泵和冷凝罐；所述分离器底部的液体出口与所述循环泵的进口相连，所述循环泵的出口与所述筒体顶部的第一进口相连；

所述分离器顶部的气体出口与所述压缩机的进口相连，所述压缩机的出口与所述筒体侧壁上位于所述上管板和下管板之间的第二进口相连；

所述筒体侧壁上所述下管板的下方设有第一出口，所述第一出口连通于所述分离器；所述筒体侧壁上所述上管板和下管板之间的下方还设有第二出口，所述第二出口连通于所述冷凝罐。

6.根据权利要求5所述的降膜蒸发系统，其特征在于，所述筒体侧壁上所述上管板和下管板之间还设有第三进口，所述第三进口用于通入外界蒸汽；所述筒体的底端面上设有第三出口，所述第三出口连通于所述分离器；所述分离器上或所述分离器与所述循环泵之间的管道上设有进料口。

7.根据权利要求6所述的降膜蒸发系统，其特征在于，所述压缩机的进口管道以及出口管道上，所述循环泵的进口管道以及出口管道上，以及所述筒体与所述分离器之间的管道上分别设有波纹管补偿器。

8.根据权利要求3所述的降膜蒸发系统，其特征在于，所述换热管外部与所述筒体之间的蒸汽压力大于所述换热管内部的压力，且压力差为30-80kPA；所述第一通孔的直径与所述换热管的外径之差为0.1-0.4mm；所述第二通孔的直径为6-12mm；所述换热管的外径为25-57mm；所述换热管的径高比为1/50-1/150；所述换热管内部物料的流速为10-30m/s。

一种降膜蒸发系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及蒸发设备技术领域，特别是涉及一种降膜蒸发系统。

背景技术

[0002] 传统蒸发换热设备存在温度应力破坏问题。由于蒸发器的换热管与筒体同时受到温度变化影响，换热管和筒体受到的拉伸膨胀量是不同的，因此，往往需要在筒体上设置波纹管补偿器，以抵消膨胀过程不同步带来的差异，降低对蒸发器的应力破坏。

[0003] 蒸发工序作为工业生产过程的高耗能操作单元，在制盐行业蒸发能耗占比更大，蒸发能耗成本占总成本的70％以上。蒸发相变过程在换热管内等位置，因大量溶剂蒸发引起成垢离子快速过饱和而析出成垢，对蒸发器危害巨大，蒸发表面结垢会导致换热效率急剧下降，能耗损失急剧上升。据统计，每增加1毫米的水垢，会导致换热效率降低10％-20％，煤的消耗增加1.5％-2％，甚至更多。每年因换热器结垢造成的损失巨大，而且水垢会减小管道的流通截面积，降低流通介质的流量和效率，还会因腐蚀导致管道穿孔，造成破坏性事故。

[0004] 传统蒸发换热设备为避免温度应力破坏问题往往需要在筒体上设置波纹管补偿器，导致结构复杂，不便于连接安装的问题。

实用新型内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 本实用新型的目的是提供一种降膜蒸发系统，用于解决或部分解决传统蒸发换热设备为避免温度应力破坏问题往往需要在筒体上设置波纹管补偿器，导致结构复杂，不便于连接安装的问题。

[0007] (二)技术方案

[0008] 为了解决上述技术问题，本实用新型提供一种降膜蒸发系统，包括蒸发器；所述蒸发器包括筒体和换热管，所述筒体内部上方横置设有上管板，所述筒体内部下方横置设有下管板，所述换热管固定设置在所述上管板和下管板之间；所述上管板和/或所述下管板上设有第一通孔，所述第一通孔的直径大于所述换热管的外径，所述换热管的顶端和/或底端从所述第一通孔中穿出；所述换热管外部在所述第一通孔处的间隙通过汽封密封。

[0009] 在上述方案的基础上，所述换热管的内壁上设有碳纳米管涂层，所述碳纳米管涂层从所述换热管的内壁表面至中心部位依次包括金属氧化物层，以及液态金属层结合碳纳米管层。

[0010] 在上述方案的基础上，所述筒体内部、所述上管板的上方设有分布器，所述分布器包括若干个平行设置的分布板，所述分布板横置在所述筒体中且所述分布板上均匀设有若干个第二通孔。

[0011] 在上述方案的基础上，所述蒸发器还包括至少一个折流板；所述折流板设置在所述上管板和所述下管板之间，所述折流板上设有若干个第三通孔，换热管从第三通孔中穿

过且与所述折流板固定连接。

[0012] 在上述方案的基础上，还包括：压缩机、分离器、循环泵和冷凝罐；所述分离器底部的液体出口与所述循环泵的进口相连，所述循环泵的出口与所述筒体顶部的第一进口相连；所述分离器顶部的气体出口与所述压缩机的进口相连，所述压缩机的出口与所述筒体侧壁上位于所述上管板和下管板之间的第二进口相连；所述筒体侧壁上所述下管板的下方设有第一出口，所述第一出口连通于所述分离器；所述筒体侧壁上所述上管板和下管板之间的下方还设有第二出口，所述第二出口连通于所述冷凝罐。

[0013] 在上述方案的基础上，所述筒体侧壁上所述上管板和下管板之间还设有第三进口，所述第三进口用于通入外界蒸汽；所述筒体的底端面上设有第三出口，所述第三出口连通于所述分离器；所述分离器上或所述分离器与所述循环泵之间的管道上设有进料口。

[0014] 在上述方案的基础上，所述压缩机的进口管道以及出口管道上，所述循环泵的进口管道以及出口管道上，以及所述筒体与所述分离器之间的管道上分别设有波纹管补偿器。

[0015] 在上述方案的基础上，所述换热管外部与所述筒体之间的蒸汽压力大于所述换热管内部的压力，且压力差为30-80kPA；所述第一通孔的直径与所述换热管的外径之差为0.1-0.4mm；所述第二通孔的直径为6-12mm；所述换热管的外径为25-57mm；所述换热管的径高比为1/50-1/150；所述换热管内部物料的流速为10-30m/s。

[0016] (三)有益效果

[0017] 本实用新型提供的一种降膜蒸发系统，通过设置换热管的端部与管板之间采用间隙配合连接，使得换热管可沿轴向方向上下自由伸缩，避免了温度应力冲击，提高蒸发系统的使用寿命；且该换热管的连接结构无需另外设置其他部件，结构简单，便于安装。

附图说明

[0018] 图1为本实用新型实施例中蒸发器的结构示意图；

[0019] 图2为本实用新型实施例中碳纳米管涂层的结构示意图；

[0020] 图3为本实用新型实施例中降膜蒸发系统的示意图。

[0021] 附图标记说明：

[0022] 1—蒸发器； 2—压缩机； 3—分离器；

[0023] 4—冷凝罐； 5—循环泵； 6—蒸汽阀门；

[0024] 101—第一进口； 102—上管箱； 103—分布器；

[0025] 104—上管板； 105—主体蒸发段； 106—第二进口；

[0026] 107—第三进口； 108—折流板； 109—换热管；

[0027] 110—金属氧化物层； 111—液态金属层； 112—碳纳米管层；

[0028] 113—第二出口； 114—下管板； 115—第一出口；

[0029] 116—下管箱； 117—第三出口。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和实施例，对本实用新型的具体实施方式作进一步详细描述。以下实例用于说明本实用新型，但不用来限制本实用新型的范围。

[0031] 在本实用新型的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

[0032] 本实用新型实施例提供一种降膜蒸发系统，参考图1，包括蒸发器1；蒸发器1包括筒体和换热管109，筒体内部上方横置设有上管板104，筒体内部下方横置设有下管板114，换热管109通过上管板104和下管板114固定。筒体内部空间被上管板104和下管板114分为了三段。且上管板104和下管板114与筒体的内侧壁密封连接使得筒体内的三段空间相互隔离。换热管109设置在筒体内部的中段，且分别与筒体内的上段和下段连通。

[0033] 其中，换热管109外壁面与上管板104、下管板114以及中段筒体之间形成降膜蒸发器1的壳程；换热管109内壁与上段筒体、下段筒体之间形成降膜蒸发器1的管程。管程和壳程相互独立。壳程内通入加热介质例如蒸汽，对管程内的物料进行加热蒸发。

[0034] 上管板104和/或下管板114上设有第一通孔，第一通孔的直径大于换热管109的外径，换热管109的顶端和/或底端从第一通孔中穿出，相应的，换热管109的底端与下管板114固定连接或者换热管109的顶端与上管板104固定连接。换热管109可在一端通过管板进行固定，在另一端与管板间隙配合连接。即换热管109的一端与管板固定连接，对换热管109进行固定；另一端与管板间隙配合连接。以换热管109的顶端与上管板104固定连接，底端与下管板114间隙配合连接为例：

[0035] 换热管109的顶端可穿过上管板104，且换热管109的外侧壁与上管板104之间固定密封连接。而在下管板114上设置第一通孔，换热管109的底端从第一通孔中穿过下管板114，且换热管109的外侧壁与下管板114上第一通孔的内壁之间预留一定间隙。进一步地，换热管109的底端可穿过第一通孔伸出下管板114，且伸出长度可为10-30mm。

[0036] 换热管109也可在两端同时与管板间隙配合连接。此时，换热管109可通过其他部件实现固定，例如可在换热管109的任何部位设置连接件实现与筒体的固定连接进行固定。

[0037] 换热管109外部在第一通孔处的间隙通过汽封密封。可采用壳程的热源蒸汽通过与管程的压力差实现该间隙处的密封作用，将管程的物料和壳程的热源蒸汽隔绝。

[0038] 本实施例提供的一种降膜蒸发系统，通过设置换热管109的端部与管板之间采用间隙配合连接，使得换热管109可沿轴向方向上下自由伸缩，避免了温度应力冲击，提高蒸发系统的使用寿命；且该换热管109的连接结构无需另外设置其他部件，结构简单，便于安装。

[0039] 在上述实施例的基础上，进一步地，参考图2，换热管109的内壁上设有碳纳米管涂层，碳纳米管涂层从换热管109的内壁表面至中心部位依次包括金属氧化物层110以及液态金属层111结合碳纳米管层112。

[0040] 碳纳米管涂层从换热管109的内壁表面开始，第一层设置金属氧化物层110，金属氧化物层110的厚度可为100-200nm；可为氧化镁铝硅层，设置金属氧化物层110可提高换热管109内壁表面的平整性，以降低与物料间的摩擦，减少结垢。然后是液态金属层111结合碳纳米管层112。液态金属层111结合碳纳米管层112指的是液态金属层111与碳纳米管层112之间结合形成的涂层。第二层先设置液态金属层111，作为金属催化剂用于生长碳纳米管阵

列，控制碳纳米管密度，实现定向生长。液态金属可为铁钴镍铜锰钼；液态金属层111的厚度可为1-50nm。第三层为碳纳米管层112，其中碳纳米管的直径优选为10-20nm，碳纳米管层112的厚度可为0.1-1mm。碳纳米管层112呈毛刷状，可具有毛刷的功能，实现阻垢。

[0041] 在上述实施例的基础上，进一步地，筒体内部、上管板104的上方设有分布器103，分布器103包括若干个平行设置的分布板，分布板横置在筒体中且分布板上均匀设有若干个第二通孔。

[0042] 具体的，分布器103可采用2-3层的多孔分布板组成。分布板上第二通孔的孔径可为6-12mm；可较好的对通过的物料进行分布。多层分布板平行设置，且多层分布板上的第二通孔可一一上下对应设置，也可不对应交叉设置，不做限定。物料由降膜蒸发器1筒体顶端的物料进口进入，经分布器103均质处理后，物料沿分布器103的圆孔进入换热管109并浸润内壁，物料自上而下流动。

[0043] 在上述实施例的基础上，进一步地，蒸发器1还包括至少一个折流板108；折流板108设置在上管板104和下管板114之间，折流板108上设有若干个第三通孔。换热管109从第三通孔中穿过且与折流板108固定连接。折流板108与换热管109可通过焊接连接。

[0044] 折流板108起到阻止壳程热源蒸汽快速下降以及改变热源蒸汽流向的作用，有利于热源蒸汽与物料之间的充分换热。折流板108厚度设计5-15mm。可沿换热管109的轴向设置多个折流板108，任意相邻的两个折流板108间距控制在1-1.5m。在折流板108上设置若干个第三通孔用于与换热管109连接，可便于通过调节与换热管109连接的第三通孔来调整折流板108在筒体内的位置，更好的起到折流作用。

[0045] 在上述实施例的基础上，进一步地，参考图3，一种降膜蒸发系统还包括：压缩机2、分离器3、循环泵5和冷凝罐4。分离器3底部的液体出口与循环泵5的进口相连，循环泵5的出口与筒体顶部的第一进口101相连。通过循环泵5将分离器3内的物料通过第一进口101输送至管程空间进行蒸发。

[0046] 分离器3顶部的气体出口与压缩机2的进口相连，压缩机2的出口与筒体侧壁上位于上管板104和下管板114之间的第二进口106相连。压缩机2抽取分离器3顶部的蒸汽输送至壳程空间，作为热源蒸汽。

[0047] 筒体侧壁上下管板114的下方设有第一出口115，第一出口115连通于分离器3；筒体侧壁上上管板104和下管板114之间的下方还设有第二出口113，第二出口113连通于冷凝罐4。每次蒸发后的物料经由第一出口115进入分离器3中进行汽液分离。换热后的热源蒸汽经第二出口113进入冷凝罐4中进行冷凝回收。分离器3中的物料循环多次进行蒸发。

[0048] 在上述实施例的基础上，进一步地，筒体侧壁上上管板104和下管板114之间还设有第三进口107，第三进口107用于通入外界蒸汽；第三进口107用于向壳程空间通入外界蒸汽作为热源蒸汽。筒体的底端面上设有第三出口117，第三出口117连通于分离器3；第三出口117设置在筒体的底端面上，便于顺利排出管程空间中所有的物料。分离器3上或分离器3与循环泵5之间的管道上设有进料口。初始可通过进料口进行上料。

[0049] 在上述实施例的基础上，进一步地，压缩机2的进口管道以及出口管道上，循环泵5的进口管道以及出口管道上，以及筒体与分离器3之间的管道上分别设有波纹管补偿器。筒体与分离器3之间的管道具体可为第一出口115与分离器3之间的管道以及第三出口117与分离器3之间的管道。

[0050] 在上述实施例的基础上，进一步地，换热管109与筒体之间的蒸汽压力大于换热管109内部的压力，且压力差为30-80kPA；该压力差值即可实现汽封密封，同时安全性较好，且易于实现。第一通孔的直径与换热管109的外径之差为0.1-0.4mm；该间隙大小可满足换热管109与筒体的温度应力变形，使得二者互不影响，提高结构的稳定性，且该间隙大小易于实现汽封密封。

[0051] 第二通孔的直径为6-12mm。换热管109的外径为25-57mm；换热管109的径高比为1/50-1/150。该换热管109尺寸可使物料较好的形成膜状，有利于提高换热蒸发效率。换热管109内部物料的流速为10-30m/s，有利于提高蒸发效率。

[0052] 进一步地，蒸发器1的传热温差优选4-7℃。压缩机2的蒸汽饱和温升依据待处理物料性质而定，当物料是硫酸钠溶液时，压缩机2的饱和温升优选10-12℃；当物料是氯化钠溶液时，压缩机2饱和温升优选15-17℃；当溶液是硝酸钠溶液时，压缩机2的饱和温升优选20-22℃。

[0053] 在上述实施例的基础上，进一步地，一种降膜蒸发方法，利用上述任一实施例中所述的降膜蒸发系统，该方法包括：在换热管109外部与筒体之间的壳程空间与换热管109内部的管程空间之间形成压差；向分离器3内加入物料，在物料液位达到第一预设值时，启动循环泵5按照预设流速将物料注入管程空间；继续向分离器3内加入物料，在物料液位达到第二预设值时，停止加料。

[0054] 在上述实施例的基础上，进一步地，在换热管109外部与筒体之间的壳程空间与换热管109内部的管程空间之间形成压差，具体包括：在压缩机2为螺杆或罗茨型式时，启动压缩机2，并通过压缩机2的运行在壳程空间和管程空间之间形成压差；在压缩机2为离心型式时，启动压缩机2，同时向壳程空间输入外界蒸汽，形成压差。

[0055] 上述实施例中提供的一种降膜蒸发系统的具体加料操作过程为：当压缩机2为螺杆或罗茨型式时，执行第一操作步骤；当压缩机2为离心型式时，执行第二操作步骤。第一操作步骤为：开启压缩机2，依靠压缩机2的抽吸和增压作用，在蒸发器1管程和壳程之间形成稳定压差。第二操作步骤为：开启筒体上的第三进口107，即打开与外界蒸汽源连接的蒸汽阀门6，向蒸发器1壳程输送新鲜蒸汽，依靠蒸汽自身压力，在管程和壳程之间形成压差，实现密封条件。

[0056] 向降膜蒸发器1进料，待液位到达分离器3第一液位设定值时，开启循环泵5，继续进料；进料位置可设置在循环泵5入口或者分离器3的汽相空间筒体段。当物料液位到达所述分离器3第二液位设定值时，停止进料，完成进料过程。

[0057] 该降膜蒸发系统在加料完成后进入料液浓缩阶段，具体为：来自分离器3的物料，首先进入循环泵5，经循环泵5增压后输入降膜蒸发器1的顶部物料入口即第一进口101；经分布器103处理后，进入换热管109，在换热管109内壁形成液膜，与管外的蒸汽进行热交换；物料被加热气化，产生的汽液混合物下落至降膜蒸发器1的底部，经过与分离器3连通的管路，进入分离器3，实现汽液分离；分离的液体下沉至底部，再次进入循环泵5，完成下一次循环，料液达到指定浓度时，排出系统。

[0058] 之后冷凝水采出阶段：经分离器3分离的二次蒸汽上升，经分离器3顶部蒸汽出口即气体出口排出，进入蒸汽压缩机2；经增温增压后进入降膜蒸发器1的壳程，与管程的物料发生热交换，凝结后形成冷凝水，从降膜蒸发器1的底部冷凝水出口即第二出口113排出，经

连接管道流至冷凝罐4，冷凝水最终从冷凝罐4排出。

[0059] 在上述实施例的基础上，进一步地，本实施例提供一种降膜蒸发器1及其使用方法，针对降膜蒸发器1使用的特殊条件和工况下，蒸发器1工作过程存在温度应力破坏的问题，在换热管109与管板的连接方式上进行改造。该降膜蒸发器1包括上管板104、换热管109、折流板108、下管板114、上段筒体、中段筒体、下段筒体。筒体内上管板104以上为上段筒体，上管板104和下管板114之间的为中段筒体，下管板114以下为下段筒体。

[0060] 上段筒体与上管板104、物料进口即第一进口101之间，组成上管箱102；中段筒体与上管板104、换热管109、折流板108、下管板114、蒸汽进口即第二进口106和第三进口107、冷凝水出口即第二出口113之间，组成主体蒸发段105；下段筒体与物料出口即第三出口117、旁通出口即第一出口115之间，组成下管箱116；上管箱102与主体蒸发段105之间为可拆式连接，主体蒸发段105与下管箱116之间为可拆式连接，可采用法兰连接。

[0061] 换热管109与下管板114采用间隙配合连接，换热管109外壁与下管板114第一通孔内壁之间预留一定间隙，间隙大小为0.05-0.2mm，采用蒸发器1壳程的热源蒸汽实现密封作用，将蒸发器1管程的物料和壳程的热源蒸汽隔绝。换热管109最低端伸出下管板114的长度为10-30mm。替代了传统的胀结和焊接方式，可解决温度变化引起蒸发器1换热管109与筒体之间膨胀量变化不同步，带来的应力破坏问题，换热管109沿上下轴向方向，可自由伸缩，灵活运动，避免了温度应力破坏，提高寿命。

[0062] 换热管109内壁表面镀上一层碳纳米管涂层，碳纳米管涂层包括氧化物层、液态金属层111结合碳纳米管层112，碳纳米管层112厚度为0.1-1mm。设置涂层可解决蒸发器1工作过程，设备结垢严重，性能衰减、热效率下降、能耗升高的问题。以换热管109内壁面作为基体，采用碳纳米管定向生长技术，在内壁面增加一个碳纳米管镀层，可起到阻垢除垢，增强换热作用。

[0063] 进一步地，本实施例提供一种MVR降膜蒸发系统，包含以上任意实施例中所述的降膜蒸发器1。MVR降膜蒸发系统由降膜蒸发器1、压缩机2、分离器3、循环泵5、冷凝水罐组成。

[0064] 降膜蒸发器1的蒸汽进口即第二进口106通过管路与压缩机2出口相连接；降膜蒸发器1的冷凝水出口即第二出口113通过管路与冷凝水罐进水口相连接；降膜蒸发器1的物料进口即第一进口101通过管路与循环泵5出口相连接；降膜蒸发器1的物料出口即第一出口115通过管路与分离器3物料进口相连接。

[0065] 具体地，压缩机2的出口与降膜蒸发器1的蒸汽进口即第二进口106相连接，压缩机2的进口与分离器3的蒸汽出口即气体出口相连接，压缩机2的进出口管道上设置波纹管补偿器。

[0066] 具体地，循环泵5的出口与降膜蒸发器1的物料进口即第一进口101相连接，循环泵5的进口与分离器3的物料出口即液体出口相连接，循环泵5的进出口管道上设置波纹管补偿器。

[0067] 与现有技术相比，本实施例提供的降膜蒸发器1及降膜蒸发系统具有以下优点：蒸发器1换热管109上采用碳纳米管镀层处理，起到类似于毛刷作用，实现阻垢除垢，高效换热。换热管109与管板之间的连接采用间隙配合，换热管109沿上下轴向方向可自由伸缩，避免了温度应力冲击，提高蒸发器1设备使用寿命。蒸发器1壳程的加热蒸汽介质，具有多重作用和效果，既回收了蒸发系统的二次蒸汽余热，又作为热源介质对管程物料加热，同时也作

为密封介质,防止管程物料泄漏至壳程。

[0068] 利用压缩机2自身的增压作用,实现蒸发器1壳程与管程之间的压差,无需额提供增压动力成本,运行过程无额外运行成本。本实施例提出的碳纳米管镀层结构及处理方法可同时适用于其他类型的蒸发器1或加热器,如强制循环加热器,升膜蒸发器1等。

[0069] 本实施例提出的换热管109与管板之间的间隙配合方式,可设置换热管109单独与下管板114间隙配合;或者换热管109单独与上管板104间隙配合;或者换热管109与上、下管板114同时间隙配合,此时可设置折流板108与筒体内壁相连,换热管109可通过折流板108或其他部件进行固定。

[0070] 进一步地,本实施例提供了一种蒸发量为5吨/小时的MVR降膜蒸发系统,其中物料组分为氯化钠溶液,进料质量浓度为4%,排料质量浓度为20%,MVR降膜蒸发系统各参数如下:

[0071] 优选的,蒸发温度为95℃,蒸发器1压力为84.6kPA,采用MVR降膜循环式蒸发工艺。优选的,降膜蒸发器1主要参数:换热面积400m^2,换热管109规格Φ38mm×1.2mm,换热管109长度8m,换热管109材质工业纯钛TA2,其他材质为2205不锈钢,筒体规格Φ1200mm×6mm,外部保温层厚度50mm。

[0072] 优选的,蒸汽压缩机2主要参数:水蒸汽饱和温升为10℃,流量为5t/h,采用螺杆式压缩机2,压缩机2电机功率为165kW。分离器3主要参数:筒体尺寸为Φ2200mm×8mm,筒体高度H=3000mm,筒体设置补强圈,补强圈间距1m,材质2205不锈钢,保温层厚度50mm。

[0073] 优选的,冷凝罐4主要参数:筒体尺寸为Φ1000mm×6mm,筒体长度H=1500mm,采用卧式结构型式,保温层厚度50mm,保温棉为岩棉。循环泵5主要参数:流量120m^3/h,扬程25m,材质为2205不锈钢,采用离心式水泵,进出口型式为平进上出型,水泵密封形式采用双端面机封。

[0074] 以上所述仅为本实用新型的较佳实施例而已,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

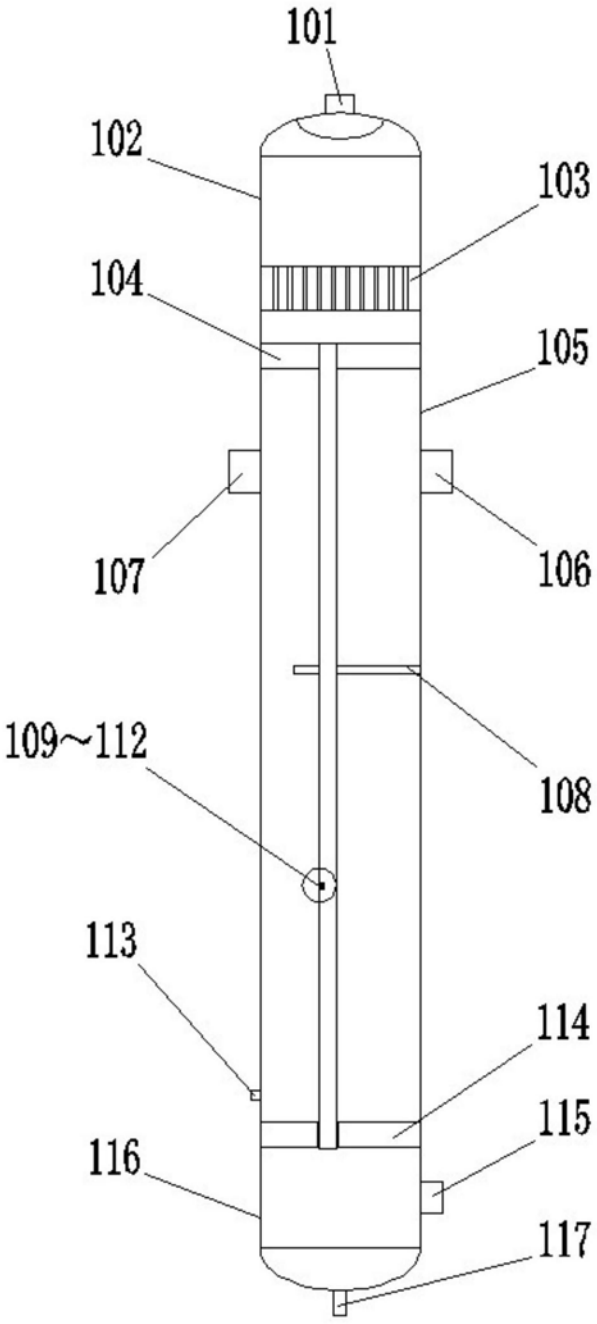


图1

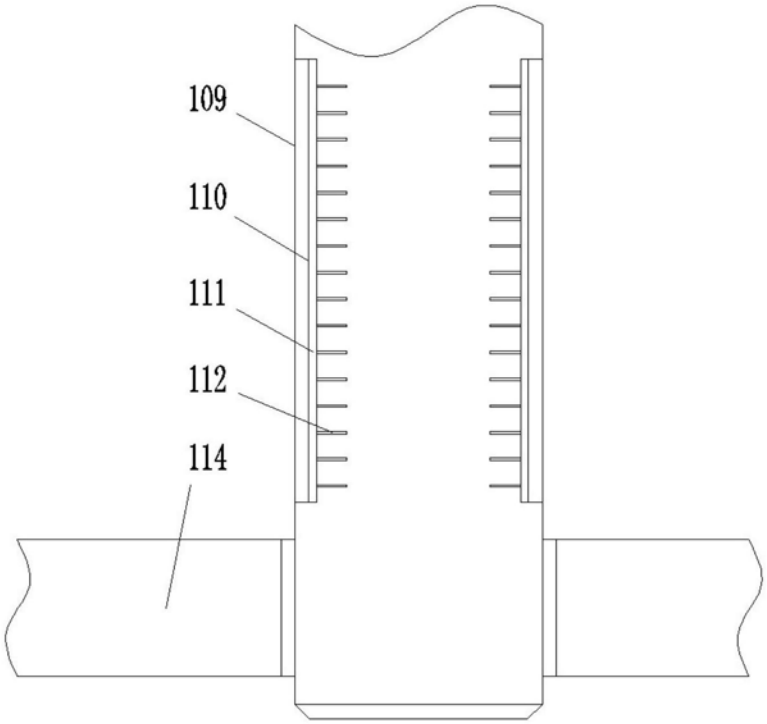


图2

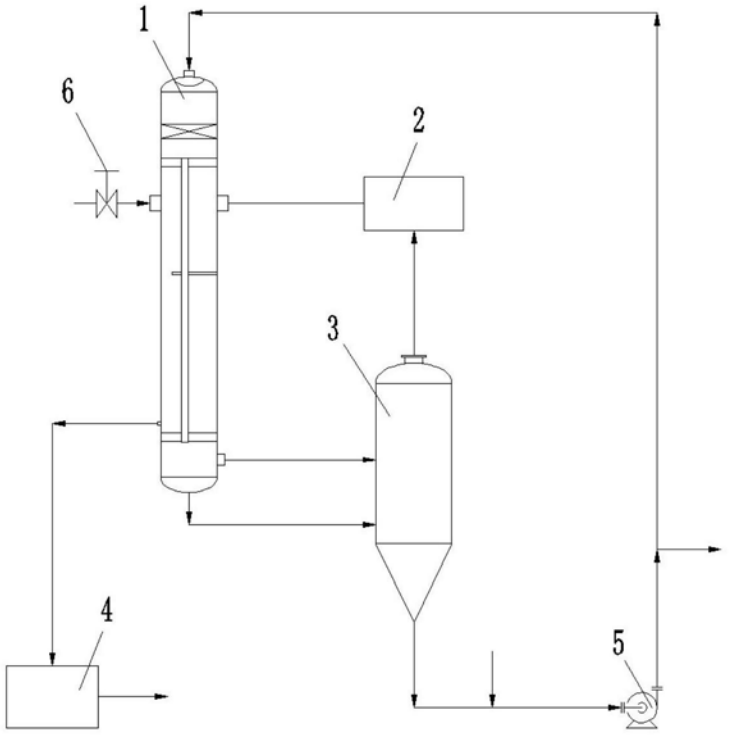


图3