



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116437993 A

(43) 申请公布日 2023.07.14

(21) 申请号 202080107222.7

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.11.16

B01D 19/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2023.05.16

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2020/082288 2020.11.16

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02022/100870 EN 2022.05.19

(71) 申请人 法玛通股份有限公司  
地址 德国埃尔朗根

(72) 发明人 马丁·贝内克 马尔科·贝韦尔  
约尔格·尼德迈尔

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

专利代理师 金成哲 张会娟

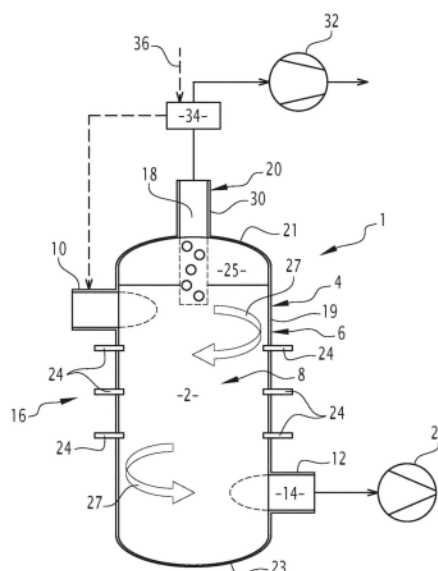
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

包括用于对含气液体进行脱气的系统的核电站

(57) 摘要

一种核电站包括用于对含气液体(2)进行脱气的系统(1),该系统(1)包括:分离容器(4),其具有界定内容积(8)的至少一个外壁(6)并且被构造为从含气液体(2)分离气体(18);至少一个入口(10),其适于将含气液体(2)引入到内容积(8)中;至少一个吸气管线(20),其附接至分离容器(4)并且适于从内容积(8)排出分离后的气体(18);以及至少一个出口(12),其适于从内容积(8)排出脱气后的液体(14);超声波发生器组件(16),其被构造为使含气液体(2)暴露于超声波。



1. 一种核电站,其包括用于对含气液体(2)进行脱气的系统(1),所述系统(1)包括:  
分离容器(4),其具有界定内容积(8)的至少一个外壁(6)并且被构造为从所述含气液体(2)分离气体(18);  
至少一个入口(10),其适于将所述含气液体(2)引入到所述内容积(8)中;  
至少一个吸气管线(20),其附接至所述分离容器(4)并且适于从所述内容积(8)排出分离后的所述气体(18);以及  
至少一个出口(12),其适于从所述内容积(8)排出脱气后的液体(14);  
超声波发生器组件(16),其被构造为使所述含气液体(2)暴露于超声波,  
其特征在于,所述超声波发生器组件(16)包括从所述分离容器(4)的所述外壁(6)伸入到所述内容积(8)中的至少一个超声波发生器(24)。
2. 根据权利要求1所述的核电站,其中,所述含气液体(2)包括水和至少一种气体以及相关的核素,所述气体从以下组合中选择:  
氢气;  
氧气;  
氮气;  
氙气;以及  
氦气。
3. 根据权利要求1或2所述的核电站,其还包括主反应堆冷却剂回路和副反应堆冷却剂回路,至少所述入口(10)与所述主反应堆冷却剂回路或所述副反应堆冷却剂回路流体连接。
4. 根据前述任一项权利要求所述的核电站,其中,所述至少一个超声波发生器(24)相对于所述外壁(6)垂直地从所述外壁(6)伸入到所述内容积(8)中。
5. 根据前述任一项权利要求所述的核电站,其中,所述外壁(6)包括侧壁(19),并且还包括通过所述侧壁(19)连接的上壁(21)和下壁(23)。
6. 根据权利要求5所述的核电站,其中,所述至少一个超声波发生器(24)从所述侧壁(19)伸出。
7. 根据权利要求5或6所述的核电站,其中,所述入口(10)和所述出口(12)相对于所述分离容器(4)的所述侧壁(19)切向地设置,以在所述分离容器(4)中产生所述含气液体(2)的离心流。
8. 根据权利要求1-6中任一项所述的核电站,其中,所述入口(10)包括被构造为将所述含气液体(2)以液滴形式扩散到所述内容积(8)中的至少一个喷射喷嘴(52)。
9. 根据权利要求8所述的核电站,其中,所述至少一个超声波发生器(24)至少部分地设置在所述喷射喷嘴(52)内。
10. 根据权利要求8所述的核电站,其中,所述至少一个喷射喷嘴(52)形成所述至少一个超声波发生器(24)。
11. 根据前述任一项权利要求所述的核电站,其中,所述脱气系统(1)包括设置在所述分离容器(4)的所述内容积(8)中的网格结构(40)。
12. 根据前述任一项权利要求所述的核电站,其中,所述脱气系统(1)包括被构造为将汽提气(46)引入到所述内容积(8)中的汽提气装置(44)。

13. 根据前述任一项权利要求所述的核电站, 其中, 所述脱气系统 (1) 包括被构造为接收分离后的所述气体 (18) 并且将分离后的所述气体 (18) 的至少一部分重新引入到所述分离容器 (4) 中以例如与另一种气体 (36) 组合的重组器 (34)。

14. 根据前述任一项权利要求所述的核电站, 其中, 所述超声波发生器组件 (16) 被设置为使得所述内容积 (8) 中的所述含气液体 (2) 被均匀地穿透。

15. 一种核电站, 其包括用于对含气液体 (2) 进行脱气的系统 (1), 所述系统 (1) 包括:  
分离容器 (4), 其具有界定内容积 (8) 的至少一个外壁 (6);  
至少一个入口 (10), 其适于将所述含气液体 (2) 引入到所述内容积 (8) 中;  
至少一个吸气管线 (20), 其附接至所述分离容器 (4) 并且适于从所述内容积 (8) 排出分离后的所述气体 (18); 以及  
至少一个出口 (12), 其适于从所述内容积 (8) 排出脱气后的液体 (14);  
超声波发生器组件 (16), 其被构造为使所述含气液体 (2) 暴露于超声波,  
所述至少一个入口 (10) 包括被构造为将所述含气液体 (2) 以液滴形式扩散到所述内容积 (8) 中的至少一个喷射喷嘴 (52)。

16. 根据权利要求 15 所述的核电站, 其中, 所述超声波发生器组件 (16) 包括设置在所述分离容器 (4) 上游的至少一个超声波发生器 (24)。

17. 根据权利要求 15 或 16 所述的核电站, 其中, 所述超声波发生器组件 (16) 包括从所述分离容器 (4) 的所述外壁 (6) 伸入到所述内容积 (8) 中的至少一个超声波发生器 (24)。

18. 根据权利要求 17 所述的核电站, 其中, 从所述分离容器 (4) 的所述外壁 (6) 伸出的所述至少一个超声波发生器 (24) 至少部分地设置在所述喷射喷嘴 (52) 内。

19. 根据权利要求 17 所述的核电站, 其中, 所述至少一个喷射喷嘴 (52) 形成从所述分离容器 (4) 的所述外壁 (6) 伸出的所述至少一个超声波发生器 (24)。

## 包括用于对含气液体进行脱气的系统的核电站

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括用于脱气的系统的核电站。

[0002] 本发明涉及核电站领域,特别是涉及核电站的操作。

### 背景技术

[0003] 在核电站中,可能需要为了多种原因而从含气液体中移除气体。例如,可能需要将气体与溶解有该气体的反应堆冷却剂分离。这种方法通常称为“脱气”或“除气”。

[0004] 在含气液体为反应堆冷却剂的情况下,移除氧气例如允许避免反应堆冷却剂在其中循环的管道系统内发生腐蚀。根据其他的例子,在核电站停堆的情况下可以移除氢气,或者在核电站的维护操作之前可以移除放射性核素。

[0005] 存在在包含有要被处理的液体的反应堆下方设置有超声波发射器的用于从含气液体中移除气体的系统。发射器因此通过反应堆的壁将超声波传递到要被处理的液体中,以允许对含气液体进行脱气。

[0006] 然而,这些系统不是完全令人满意的。例如,不是存在于反应堆中的所有液体都被超声波穿透,因此化合物的去除不是令人满意的。替代地,为了穿透所有液体,可能在反应堆中仅存在少量的液体,因此在指定时间内仅有少量液体可被处理来消除有机化合物。

[0007] 因此,本发明的目的是提供一种包括用于对含气液体进行脱气的系统的核电站,其允许进行十分有效的脱气。

### 发明内容

[0008] 根据一个方面,本发明涉及一种核电站,其包括用于对含气液体进行脱气的系统,该系统包括:

[0009] 分离容器,其具有界定内容积的至少一个外壁并且被构造为从含气液体分离气体;

[0010] 至少一个入口,其适于将含气液体引入到内容积中;

[0011] 至少一个吸气管线,其附接至分离容器并且适于从内容积排出分离后的气体;以及

[0012] 至少一个出口,其适于从内容积排出脱气后的液体;

[0013] 超声波发生器组件,其被构造为使含气液体暴露于超声波,

[0014] 超声波发生器组件包括从分离容器的外壁伸入到内容积中的至少一个超声波发生器。

[0015] 该脱气系统允许穿透整个含气液体,因为至少一个超声波发生器位于将气体排出的分离容器的内容积中。例如,由于没有容器的外壁位于至少一个超声波发生器与含气液体之间,因此含气液体被直接穿透,并且气体以可靠的方式从含气液体中释放,特别是不会例如由于壁而发生超声波的衰减。

[0016] 因此,该脱气允许在核电站中对含气液体进行有效的脱气。

[0017] 此外,由于至少一个超声波发生器伸入到将分离后的气体排出的分离容器的内容积中,因此可十分靠近气体的排出来发生气体与含气液体的分离。这允许在气体从分离容器中排出之前避免或至少减少溶解回液体中的气体的量。这种脱气系统因此允许进行十分有效的脱气,因为大量的气体与液体分离并且被排出。

[0018] 其他的实施方式可涉及一个或多个以下特征,它们可被结合成任何技术上可行的组合:

[0019] 含气液体包括水和至少一种气体以及相关的核素,气体从包括氢气、氧气、氮气、氙气以及氦气的组合中选择;

[0020] 核电站包括主反应堆冷却剂回路和副反应堆冷却剂回路,至少入口与主反应堆冷却剂回路或副反应堆冷却剂回路流体连接;

[0021] 至少一个超声波发生器相对于外壁垂直地从外壁伸入到内容积中;

[0022] 外壁包括侧壁,并且还包括通过侧壁连接的上壁和下壁;

[0023] 至少一个超声波发生器从侧壁伸出;

[0024] 入口和出口相对于分离容器的侧壁切向地设置,以在分离容器中产生含气液体的离心流;

[0025] 入口包括被构造为将含气液体以液滴形式扩散到内容积中的至少一个喷射喷嘴;

[0026] 至少一个超声波发生器至少部分地设置在喷射喷嘴内;

[0027] 至少一个喷射喷嘴形成至少一个超声波发生器;

[0028] 脱气系统包括设置在分离容器的内容积中的网格结构;

[0029] 脱气系统包括被构造为将汽提气引入到内容积中的汽提气装置;

[0030] 脱气系统包括被构造为接收分离后的气体并且将分离后的气体的至少一部分重新引入到分离容器中以例如与另一种气体组合的重组器;

[0031] 超声波发生器组件被设置为使得内容积中的含气液体被均匀地穿透。

[0032] 根据另一个方面,本发明涉及一种核电站,其包括用于对含气液体进行脱气的系统,该系统包括:

[0033] 分离容器,其具有界定内容积的至少一个外壁;

[0034] 至少一个入口,其适于将含气液体引入到内容积中;

[0035] 至少一个吸气管线,其附接至分离容器并且适于从内容积排出分离后的气体;以及

[0036] 至少一个出口,其适于从内容积排出脱气后的液体;

[0037] 超声波发生器组件,其被构造为使含气液体暴露于超声波,

[0038] 至少一个入口包括被构造为将含气液体以液滴形式扩散到内容积中的至少一个喷射喷嘴。

[0039] 其他的实施方式可涉及一个或多个以下特征,它们可被结合成任何技术上可行的组合:

[0040] 超声波发生器组件包括设置在分离容器上游的至少一个超声波发生器;

[0041] 超声波发生器组件包括从分离容器的外壁伸入到内容积中的至少一个超声波发生器;

[0042] 从分离容器的外壁伸出的至少一个超声波发生器至少部分地设置在喷射喷嘴内;

[0043] 至少一个喷射喷嘴形成从分离容器的外壁伸出的至少一个超声波发生器。

## 附图说明

[0044] 将在仅作为非限制性例子并且参考附图给出的下面的说明中进一步描述本发明的这些特征和优点,其中:

[0045] 图1是根据本发明的第一实施方式的包括用于对含气液体进行脱气的系统的核电站的一部分的示意性局部剖视图;

[0046] 图2是根据本发明的第二实施方式的与图1类似的示意性剖视图;

[0047] 图3是根据本发明的第三实施方式的第一实施例的与图1类似的示意性剖视图;

[0048] 图4是根据第三实施方式的第二实施例的与图3类似的示意性剖视图;并且

[0049] 图5是根据第三实施方式的第三实施例的与图3类似的示意性剖视图。

## 具体实施方式

[0050] 参考图1,根据第一实施方式的核电站包括用于对含气液体2进行脱气的系统1。在下文中,该系统1称为“脱气系统”。

[0051] 脱气系统1包括具有界定内容积8的外壁6的分离容器4、适于将含气液体2引入到内容积8中的至少一个入口10以及适于从内容积8排出脱气后的液体14的至少一个出口12。

[0052] 脱气系统1还包括被构造为将容纳在分离容器4的内容积8中的含气液体2暴露于超声波的超声波发生器组件16。

[0053] 脱气系统1还包括附接至分离容器4并且适于从内容积8排出分离后的气体18的至少一个吸气管线20。

[0054] 例如,核电站包括没有示出的主反应堆冷却剂回路、副反应堆冷却剂回路以及核反应堆堆芯。核电站例如包括轻水反应堆,特别是压水反应堆(PWR)或沸水反应堆(BWR),或者重水反应堆,例如CANDU(加拿大重水铀)反应堆。

[0055] 例如,主反应堆冷却剂回路与核电站的核反应堆堆芯流体连接,以循环主冷却剂。副反应堆冷却剂回路与主反应堆冷却剂回路流体分离。副反应堆冷却剂回路特别是被构造为循环副冷却剂来与主冷却剂进行换热。

[0056] 在所有的说明中,“含气液体”是其中包含有溶解气体的液体。该液体例如是用于直接或间接地冷却核电站的核反应堆堆芯的冷却剂。特别地,该冷却剂包括水。

[0057] 例如,要被脱气的含气液体2是主反应堆冷却剂回路的主冷却剂或副反应堆冷却剂回路的副冷却剂。

[0058] 在含气液体2是主冷却剂的情况下,入口10和/或出口12与主反应堆冷却剂回路流体连接。特别地,核电站被构造为使主冷却剂循环穿过核反应堆堆芯,随后通过入口10进入到分离容器4中,并且通过出口12再次随后返回至核反应堆堆芯。

[0059] 根据另一个例子,入口10和/或出口12与副反应堆冷却剂回路流体连接。在这种情况下,核电站被构造为使副冷却剂循环穿过副反应堆冷却剂回路,随后通过入口10进入到分离容器4中,并且通过出口12再次穿过副反应堆冷却剂回路。

[0060] 根据其他的例子,含气液体2是除主或副冷却剂之外的用于在核电站中循环的任何其他的含气液体。

[0061] 根据一个例子,含气液体2包括的气体量低于液体的饱和点。在这种情况下,含气液体2被指定为欠饱和液体。

[0062] 包含在含气液体2中的气体例如包括其中一种以下气体,并且优选由以下气体中的一种构成:氢气、氧气、氮气、氩气以及氦气。根据一个例子,含气液体2还包括与(多种)气体对应的核素。

[0063] 例如,包含在含气液体2中的气体包括惰性气体,并且优选由惰性气体构成,例如氦气(He)、氖气(Ne)、氩气(Ar)、氪气(Kr)、氙气(Xe)或放射性氦气(Rn)。

[0064] 根据一些实施方式,脱气系统1包括至少一个抽出泵22,以从分离容器4抽出脱气后的液体14。抽出泵22例如被设置为使脱气后的液体14从出口12循环至核反应堆堆芯,并且随后到达入口10。

[0065] 根据其他的实施方式,脱气系统1不包括这种泵。在这种情况下,出口12例如设置在分离容器4的下部中,以允许将脱气后的液体14从分离容器4中排出。

[0066] 整个脱气系统1优选被设计为通过含气液体2的连续流入和分离后的气体18与脱气后的液体14的连续流出而连续地操作。

[0067] 根据一个实施方式,脱气系统1被设计为可动系统,并且例如包括输送辊(没有示出)。作为替代,脱气系统1是固定式装置。

[0068] 分离容器4或罐特别是由外壁6界定。外壁6例如包括多个节段。例如,外壁6包括侧壁19,其例如是竖直壁。外壁6例如还包括分别位于其上端和下端的、通过侧壁19连接的上壁21和下壁23。

[0069] 竖直壁在脱气系统1操作时在竖直方向上延伸。

[0070] 特别地,分离容器4的内容积8具有圆柱形形状,其在横向上由侧壁19界定并且其分别在顶部和底部由上壁21和下壁23界定。例如,侧壁19具有圆形,从而相对于横穿分离容器4的中心的轴线旋转对称。

[0071] 分离容器4被设计为容纳含气液体,以用于通过内容积8中的超声波发生器组件16来处理,并且用于从含气液体2分离分离后的气体18。

[0072] 分离容器4被设计为在流通操作期间填充从入口10进入的含气液体2直到到达指定的设计填充液位。分离容器4还被设计为通过出口12作为液体出流或流排出脱气后的液体14。特别地,入口10被设置为在内容积8的位于所述内容积8的气体空间25下方的区域中排出含气液体2。

[0073] 超声波发生器组件16被构造为由于内容积8内的超声波能量应用而形成溶解在含气液体2中的气体的空化气泡。这些空化气泡通常是十分小的,并且聚集成大气泡且上升至液体的表面,以允许通过吸气管线20将分离后的气体18从分离容器4中抽出。

[0074] 超声波发生器组件16特别是在分离容器4中设置为使得内容积8中的含气液体2被超声波发生器组件16的超声波发生器24发出的超声波均匀地穿透。

[0075] “均匀”的表述特别是应理解为在被容纳在分离容器4中的整个液体中超声波的强度高于预定的下限阈值,并且低于预定的上限阈值。

[0076] 超声波发生器组件16包括从分离容器4的外壁6伸入到内容积8中的至少一个超声波发生器24。在这种情况下,超声波发生器24是超声波发生器组件16的超声波振荡器。

[0077] 总体上,超声波发生器24是产生超声波振动并且将振动能施加于气体、液体、固体

或组织的装置。超声波发生器通常包括附接至锥形金属棒的一堆压电换能器。棒的端部被施加于工作材料。通过分离的电源单元将超声波频率下振荡的交流电流施加于压电换能器。电流使它们扩张和收缩。有利地,电流的频率被选择为工具的谐振频率,使得整个超声波发生器作为半波长谐振器,在其谐振频率下通过驻波进行纵向振动。与超声波发生器一起使用的标准频率范围为20kHz到70kHz。通常,振动幅值较小,约为13至130微米。

[0078] 所述的或每个超声波发生器24向流过或存在于内容积8中的含气液体2施加振动。这导致空化,这是一种液体中压力的快速变化导致局部汽化并因此导致形成小的充满蒸汽的空腔的现象。换句话说,溶解的气体被困在可以容易地与内容积8内的含气液体2分离的微气泡中。

[0079] 基于操作条件和操作目的,如果一个以上的超声波发生器24设置在分离容器4中,一些超声波发生器24可被关闭为非启动状态。

[0080] 例如,特别是如图1所示,超声波发生器组件16包括六个超声波发生器24。在其他的例子中,超声波发生器组件16包括一个、两个或两个以上的超声波发生器24。

[0081] 根据一些实施方式,(多个)超声波发生器24从外壁6、特别是从侧壁19垂直地伸入到内容积8中。这特别是可在图1的例子中看到。

[0082] 在超声波发生器组件16包括一个以上的超声波发生器24的情况下,超声波发生器24例如彼此平行地延伸。

[0083] (多个)超声波发生器24优选伸入到内容积8的外周部分中。内容积8的外周部分例如是内容积8的每个位置与侧壁19的距离都小于分离容器4的最大水平直径的40%、优选小于20%的一部分。

[0084] 这种布置允许在内容积8的外周部分中实现气体与含气液体2的分离。

[0085] 通过超声波发生器组件16处理含气液体2允许低成本地进行脱气,其还是节能的、节省空间的、低维护的、易于安装和操作的、模块化设计的并且是可按需扩展或扩充的。

[0086] 例如,入口10和/或出口12相对于分离容器4的侧壁19切向地设置,以在分离容器4内产生含气液体2的离心流,如图1中的箭头27所示。

[0087] “相对于侧壁19切向地设置”的表述应理解为入口10和/或出口12被设置为使得横穿入口10或出口12的液体的流动方向在入口10或出口12设置的位置处基本上平行于侧壁19。

[0088] 根据一种替代或作为一种选择,脱气系统1包括没有示出的设置在内容积8内的被构造为产生含气液体2的离心流的旋转装置。

[0089] 含气液体2的离心流允许提高气体从含气液体2中的抽取,因为具有较低密度的介质被引导至内容积8的中心。因此,通过超声波发生器组件16形成在含气液体2内的小气泡(在下文描述)被引导至内容积8的中心,它们在此处聚集在一起成为可容易地通过吸气管线20抽出的大气泡。

[0090] 这种效果在将超声波发生器组件16与切向设置以获得离心流的入口10和出口12组合在一起的布置中是尤为重要的。

[0091] 吸气管线20包括与分离容器4的内容积8连接、特别是与气体空间25连接的出口管30。

[0092] 吸气管线20还可包括被构造为例如将分离后的气体18泵送至废气系统的真空泵

32。

[0093] 可选地或作为替代,吸气管线20还包括被构造为接收分离后的气体18并且将分离后的气体18的至少一部分重新引入到分离容器4中的重组器34。在一个例子中,重组器34被构造为将分离后的气体18的所述部分与重组气体组合。在图1所示的例子中,重组气体通过供应管线36被提供给重组器34。重组气体例如是氧气。

[0094] 重组器34被构造为特别是根据核电站的操作状态来操作。例如,在第一操作状态期间,重组器34被构造为接收氢气形式的分离后的气体18并且将该氢气的至少一部分重新引入到分离容器4中,可能是与通过供应管线36接收的作为重组气体的氧气组合。这例如允许保持含气液体2中的预定的氢气水平。

[0095] 在核电站的第二操作状态期间,重组器34不从分离容器4引入氢气。

[0096] 根据不同的操作状态操作重组器的能力例如允许避免氢气累积在脱气系统1中并因此提高了操作安全性。

[0097] 例如,第二操作状态下的核电站、特别是重组器34被构造为将空气和/或氧气以及氮气以防止爆炸并且例如允许化学计量反应的比例喷入到含气液体2中。例如,重组器34被构造为接收包含有氢气、氧气和氮气的入流并且提供包含水和氮气的出流。

[0098] 参考图2,示出了包括脱气系统1的核电站的第二实施方式。图1所示的实施方式的对应部分的附图标记是相同的。仅在下文中描述不同之处。

[0099] 超声波发生器组件16包括从下壁23伸出的至少一个超声波发生器24。根据一种替代(没有示出),至少一个超声波发生器24从上壁21伸出。

[0100] 即使没有在图2中示出,根据第二实施方式的核电站1的吸气管线20也可与上述的吸气管线相同。其特别是还可包括参考图1描述的可选的重组器34和/或抽出泵22。

[0101] 在这个实施方式中,脱气系统1还可包括设置在分离容器4的内容积8中的网格结构40。网格结构40例如包括彼此平行和垂直地延伸的多个杆42。

[0102] 例如,网格结构40被构造为黏合超声波发生器组件16产生的微气泡并且形成要从分离容器4脱气的大气泡。

[0103] 网格结构40例如还被构造为减少分离容器4内的含气液体2的湍流。

[0104] 例如,网格结构被优化为具有高表面积和/或承受与核电站中使用的流体的流体参数相关的冲击。

[0105] 根据一个例子,第二实施方式中的至少一个超声波发生器24延伸穿过网格结构40的一部分。

[0106] 脱气系统1例如还包括被构造为将汽提气46引入到内容积8中的汽提气装置44。汽提气例如从空气、氮气和氢气中选择。

[0107] 汽提气46允许通过通常称为“汽提”(stripping)的过程将气体与含气液体2分离。

[0108] 例如,汽提气装置44被构造为以气态形式、特别是在不具有液体部分或水蒸气的情况下将汽提气46引入到内容积8中。

[0109] 根据另一个例子,汽提气装置44被构造为以溶解的形式、例如与液体或水蒸气一起引入汽提气46。

[0110] 在图2所示的例子中,汽提气装置44包括延伸穿过分离容器4的外壁6、例如穿过下壁23的引入管48,其用于将汽提气46引入到内容积8中。汽提气装置44还可包括一组开口50

或喷嘴,其被构造为将汽提气46扩散到内容积8中。开口50例如位于引入管48的端部处。

[0111] 根据一个例子,汽提气装置44被构造为通过没有示出的专用连接管从重组器34接收至少一部分汽提气46。在这种情况下,汽提气46例如是氢气或氮气。

[0112] 上述实施方式的不同的特征可以任何技术上可行的方式组合。

[0113] 特别地,核反应堆的脱气系统1可包括参考第一实施方式的上述超声波发生器组件16与以下的组合:

[0114] 参考第二实施方式描述的网格结构40,;和/或

[0115] 参考第二实施方式描述的用于将汽提气46引入到内容积8中的汽提气装置44;和/或

[0116] 切向设置的入口10和/或出口12。

[0117] 上文描述的根据第一和第二实施方式的核电站具有多个优点。

[0118] 借助于包括从分离容器4的外壁6伸入到内容积8中的至少一个超声波发生器24的超声波发生器组件16,脱气系统1允许进行十分有效的脱气。

[0119] 此外,脱气系统1是十分紧凑的。因此,脱气系统1可容易地集成到现有核电站中。

[0120] 另外,上述的用于脱气的一个以上的技术的组合允许获得协同效应。特别地,多个这些技术在分离容器4中组合在一起与同样的技术一个接一个操作(例如,在成排设置的分离的设备中)相比产生了良好的分离效率,该分离效率是按每时间单位与含气液体分离的气体18的量测量的。

[0121] 例如,在第二实施方式中,直接设置在分离容器4内的超声波发生器组件16与通过汽提气装置44提供汽提气46组合允许从含气液体2中分离出大量的气体18。在系统1额外地包括网格结构40时实现了进一步的协同效应,因为分离后的气体的气泡黏在网格结构40上,因此分离后的气体18在从分离容器4排出之前很少或不会溶解回含气液体2中。

[0122] 在第一实施方式中,超声波发生器组件16与入口10和/或出口12的切向布置的组合允许从含气液体2分离和排出特别大量的气体,因为分离后的气体18由于入口10和/或出口12的切向布置而聚集在内容积8的中心,以从分离容器4排出。

[0123] 如果上述四个特征彼此组合将获得更好的结果,即:

[0124] 参考第一或第二实施方式描述的超声波发生器组件16;

[0125] 参考第二实施方式描述的网格结构40;

[0126] 参考第二实施方式描述的用于将汽提气46引入到内容积8中的汽提气装置44;以及

[0127] 切向设置的入口10和/或出口12。

[0128] 参考图3,示出了包括脱气系统1的核电站的第三实施方式。图1的对应元件的附图标记是相同的。仅在下文中描述不同之处。

[0129] 入口10例如包括被构造为将含气液体2以液滴形式扩散到内容积8中、特别是扩散到气体空间中的至少一个喷射喷嘴52。入口10还包括延伸穿过分离容器4的外壁6、例如上壁21的入口管54。入口管54被构造为将含气液体2输送给至少一个喷射喷嘴52。

[0130] 包括这种入口10的脱气系统1也被称为喷射型脱气系统。包括具有至少一个喷射喷嘴52的入口10的脱气系统1被构造为在气体空间25与液滴形式的含气液体2之间使用大接触表面,以从含气液体2释放要被分离的气体。例如,气体空间被设计为包括氮气。

[0131] 吸气管线20被构造为从分离容器4、特别是从气体空间25抽出分离后的气体18。

[0132] 根据一个例子,脱气系统1包括没有示出的气体干燥器,其被构造为从分离后的气体18中分离出诸如水的湿度。例如,气体干燥器设置在吸气管线20中。

[0133] 根据第三实施方式的第一实施例,特别是如图3所示,超声波发生器组件16包括设置在分离容器4的上游、例如设置在入口管54中的至少一个超声波发生器24。超声波发生器组件16特别是被构造为例如如上述那样以微气泡形式从含气液体2中分离出气体。在这种情况下,具有至少一个喷射喷嘴52的入口10特别是被构造为将具有微气泡的含气液体2引入到内容积8中,使得微气泡的气体与含气液体2分离。

[0134] 例如,分离容器4被设计为在内容积8的下部中接收特别是由于预期在分离容器4的气体空间25中发生的含气液体2的脱气而脱气的液体14或者至少部分被脱气的液体。

[0135] 特别是设置在分离容器4上游的超声波发生器组件16与包括至少一个喷射喷嘴52的入口10的组合提高了脱气的效率。例如,这种组合允许每时间单位从含气液体2中分离大量的气体,因为通过喷射喷嘴52扩散的含气液体2已经包括微气泡,并且这些微气泡中的气体因此容易且快速地与含气液体2分离并且从分离容器4排出。

[0136] 根据第三实施方式的第二实施例,特别是如图4所示,超声波发生器组件16包括从分离容器4的外壁6伸入到内容积8中的至少一个超声波发生器24。特别地,超声波发生器组件16包括至少部分地设置在喷射喷嘴52内的至少一个超声波发生器24。例如,喷嘴52从上壁21伸出并且超声波发生器24也从上壁21伸出。例如,超声波发生器24的端部设置在喷射喷嘴52的内部空间53中、特别是设置在喷射喷嘴52的用于以液滴形式将含气液体2扩散到内容积8中的主体55的内部空间53中。

[0137] 借助于至少部分地设置在喷射喷嘴52内的超声波发生器24,包含在含气液体2中的气体在含气液体2与分离后的气体一起以液滴形式扩散之前被分离。因此,分离后的气体18在从分离容器4排出之前很少或不会溶解回含气液体2中。

[0138] 本领域技术人员应理解第三实施方式的第一和第二实施例可以进行组合,使得超声波发生器组件16包括设置在分离容器4上游的至少一个超声波发生器24,并且至少一个超声波发生器24至少部分地设置在喷射喷嘴52内。

[0139] 根据第三实施方式的第三实施例,特别是如图5所示,超声波发生器组件16包括从分离容器4的外壁6伸入到内容积8中的至少一个超声波发生器24。特别地,超声波发生器组件16包括形成超声波发生器组件16的超声波发生器24的至少一个喷射喷嘴52。

[0140] 根据第三实施例,喷射喷嘴52被构造为产生超声波振动并且将振动能施加于要通过喷射喷嘴52扩散到内容积8中的含气液体2。喷射喷嘴52特别是被构造为以气泡形式分离包含在含气液体2中的气体。喷射喷嘴52因此被构造为将包括至少部分被脱气的液体并且还包括气泡的液滴扩散到内容积8中。

[0141] 例如,形成超声波发生器24的喷射喷嘴52包括至少一个压电换能器56并且喷射喷嘴52的主体58附接至压电换能器56。压电换能器56被构造为产生传递至主体58并因此进一步传递至要被扩散到内容积8中的含气液体2的超声波振动。

[0142] 例如,喷射喷嘴52在吸气管线20设置的位置从上壁21伸出。这特别是允许液滴预期被扩散到分离容器4的点(即,喷射喷嘴52)与从分离容器4抽出气体的点(即,吸气管线20)之间具有非常小的距离。特别地,借助于形成超声波发生器24的喷射喷嘴52,从含气液

体2分离出的气体被特别快地从分离容器4排出。

[0143] 此外,借助于形成超声波发生器24的喷射喷嘴52,分离后的气泡与液体一起以液滴形式扩散,这增大了液滴与包含在气体空间25中的气体之间的接触表面。因此,分离后的气体18在从分离容器4排出之前很少或不会溶解回含气液体2中。

[0144] 本领域技术人员应理解第三实施方式的第一和第三实施例可以进行组合,使得超声波发生器组件16包括设置在分离容器4上游的至少一个超声波发生器24,并且至少一个喷射喷嘴52形成超声波发生器组件16的超声波发生器24。

[0145] 本领域技术人员应理解根据第三实施方式的核电站可包括根据第一和/或第二实施方式的核电站的一个或多个特征。

[0146] 例如,在分离容器4被设计为接收仅在内容积8的下部中被部分脱气的液体的情况下,根据第三实施方式的核电站例如包括一个或多个以下特征:

[0147] 包括从分离容器4的外壁6伸入到内容积8中的至少一个超声波发生器24的超声波发生器组件16;

[0148] 脱气系统1包括参考第二实施方式描述的特别是设置在分离容器4的下部中的网格结构40;

[0149] 脱气系统1包括参考第二实施方式描述的用于将汽提气46引入到内容积8中的汽提气装置44;和/或

[0150] 入口10和/或出口12切向地设置。

[0151] 根据第三实施方式的核电站允许进行十分有效的脱气。另外,脱气系统1是十分紧凑的。因此,脱气系统1可容易地集成到现有核电站中。

[0152] 应注意,在额外包括以下内容的脱气的情况下可获得上面针对第一和第二实施方式描述的相同的优点:

[0153] 根据第一或第二实施方式的超声波发生器组件16;

[0154] 参考第二实施方式描述的网格结构40;和/或

[0155] 参考第二实施方式描述的用于将汽提气46引入到内容积8中的汽提气装置44;和/或

[0156] 切向设置的入口10和/或出口12。

[0157] 借助于被构造为将含气液体2暴露于超声波中的超声波发生器组件16与包括被构造为以液滴形式将含气液体2扩散到内容积8中的至少一个喷射喷嘴52的至少一个入口10相组合,脱气系统1还允许进行十分有效的脱气。

[0158] 此外,本领域技术人员应理解根据第一和/或第二实施方式的核电站可包括根据第三实施方式的核电站的一个或多个特征。

[0159] 例如,在根据第一和/或第二实施方式的核电站中,入口10包括被构造为以液滴形式将含气液体2扩散到内容积8中的至少一个喷射喷嘴52。

[0160] 例如,第一和/或第二实施方式中的喷射喷嘴52可包括上述的任何特征。例如,至少一个超声波发生器24至少部分地设置在喷射喷嘴52内。根据一种替代,喷射喷嘴52形成至少一个超声波发生器24。

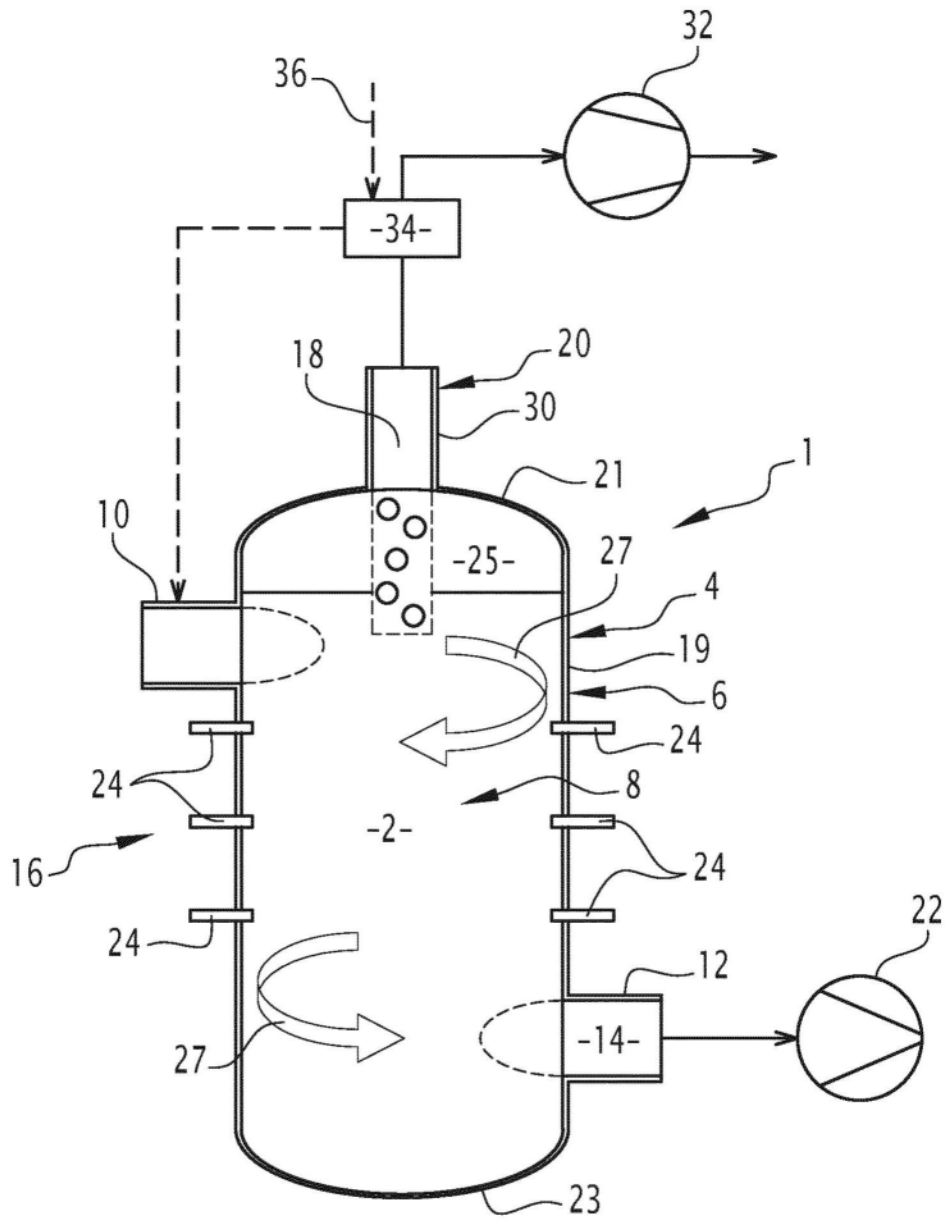


图1

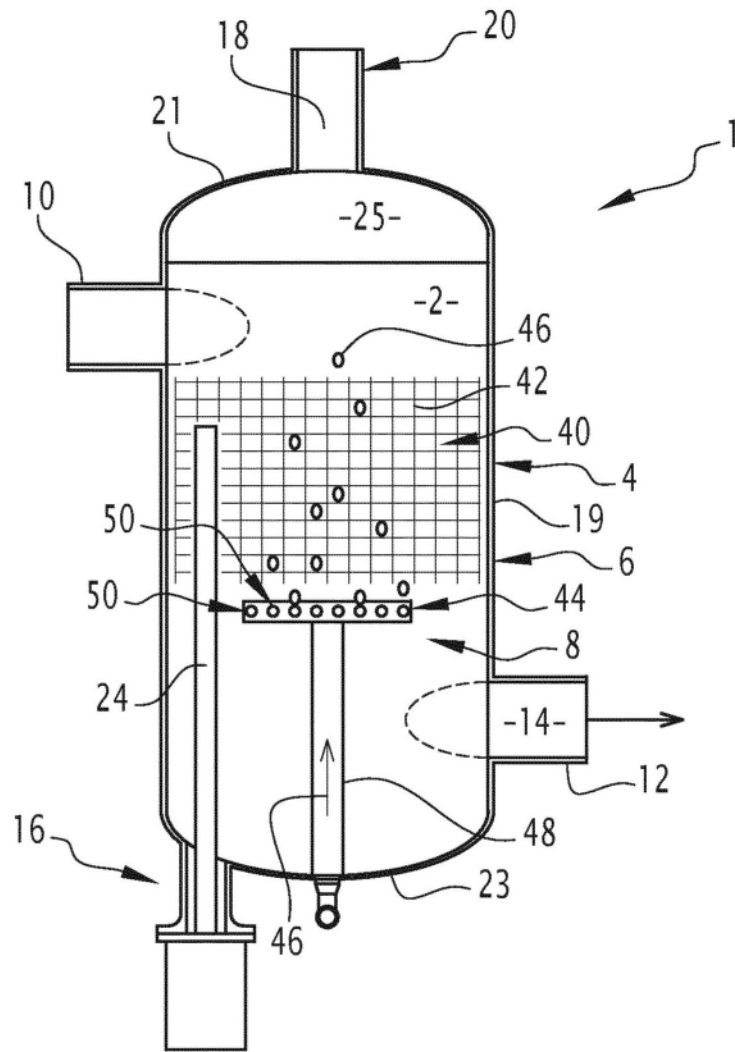


图2

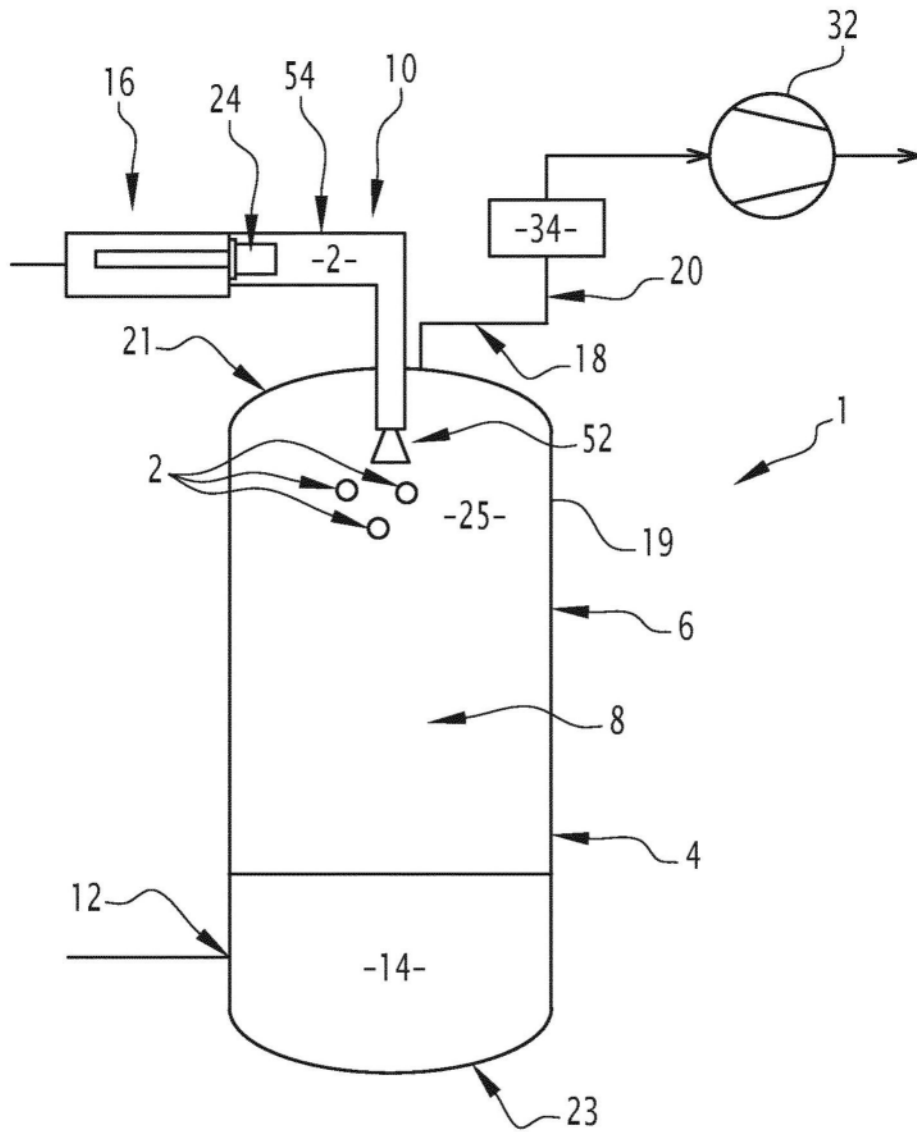


图3

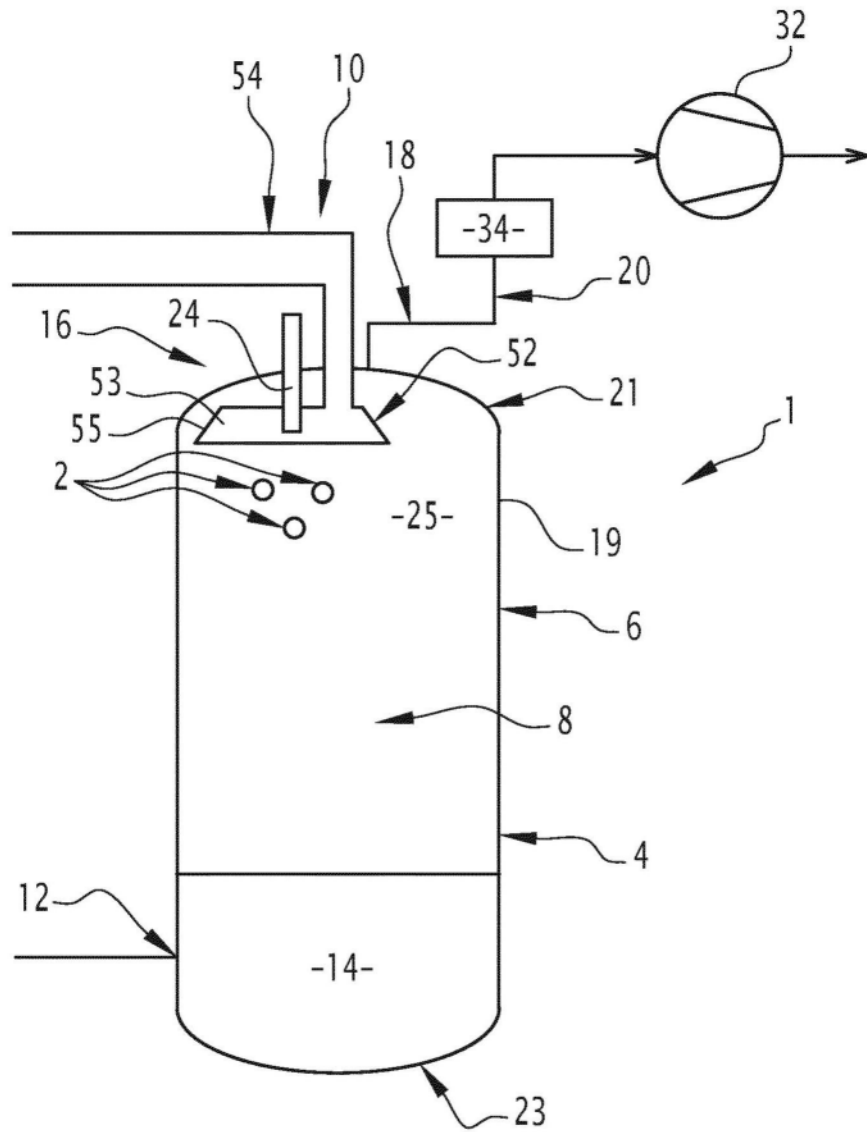


图4

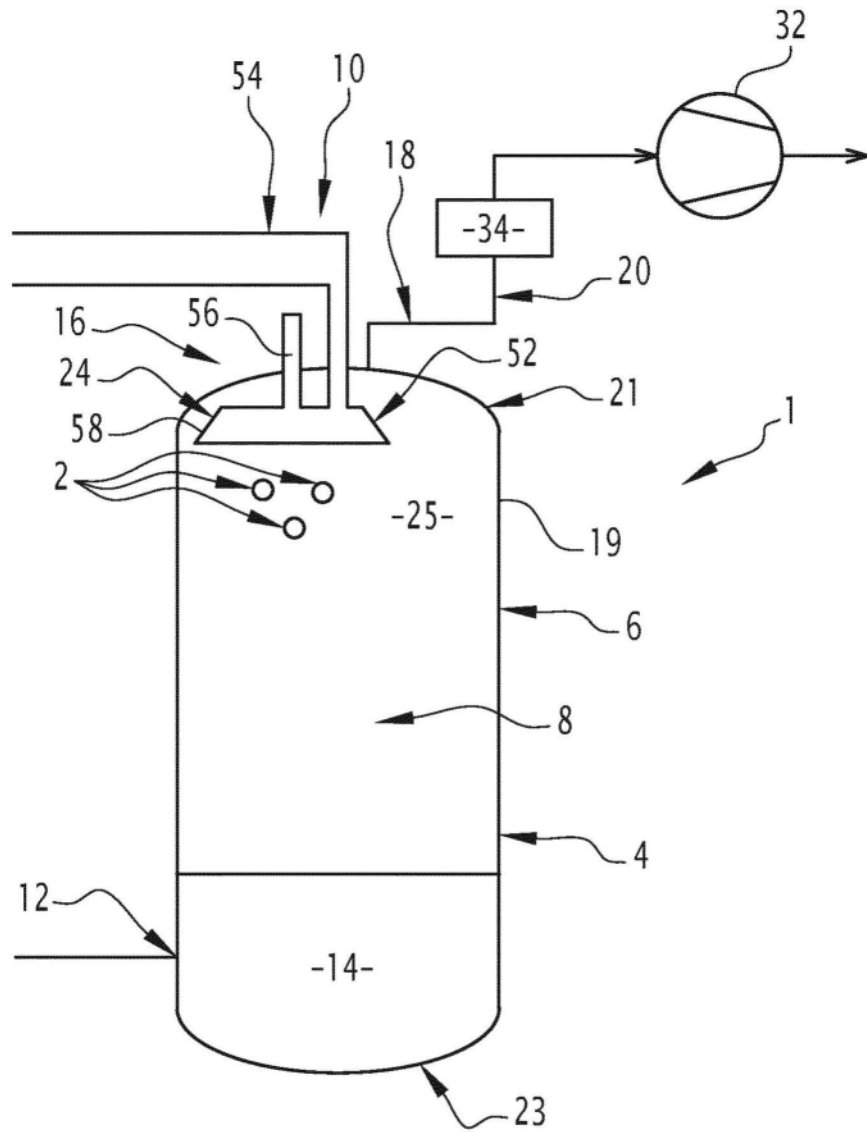


图5