

1. 一种用于在催化蒸汽重整工艺中从给水中移除溶解气体的方法,所述方法包括:

(a) 通过与来自所述催化蒸汽重整工艺的重整物流和来自所述催化蒸汽重整工艺的燃烧产物气流中的至少一个进行间接热传递,来在热交换器中加热锅炉给水流的第一部分或全部;

(b) 对所述锅炉给水流进行闪蒸,从而形成蒸汽和残余液体水,在闪蒸之前,所述锅炉给水流具有第一温度和第一压力;

(c) 用步骤(b)中形成的蒸汽从所述给水中汽提出溶解气体,从而用所述给水形成额外的锅炉给水;以及

(d) 结合所述额外的锅炉给水与所述残余液体水,以在所述催化蒸汽重整工艺中用作锅炉给水。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,从所述给水中汽提出的所述溶解气体形成排气流中的气体,所述排气流还包含蒸汽,以及其中,将处于所述给水的压力和温度的水转换成处于所述排气流的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的能量的至少 20% 由所述锅炉给水流提供。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,将处于所述给水的压力和温度的水转换成处于所述排气流的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的能量的至少 50% 由所述锅炉给水流提供。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,其特征在于,所述第一温度的范围为 110℃ 至 155℃,而所述第一压力的范围为 450 kPa 至 1500 kPa。

5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,其特征在于,在步骤(b)中闪蒸的所述锅炉给水闪蒸到小于 450 kPa 的压力。

6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,其特征在于,在步骤(a)中加热的所述锅炉给水流的所述第一部分或全部在加热之前具有小于 95℃ 的温度,以及范围为 450 kPa 至 1500 kPa 的压力。

7. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,其特征在于,进一步包括:

测量所述第一压力;

比较测量到的第一压力与所述第一压力的设定点压力标准;以及

响应于对测量到的第一压力与所述第一压力的所述设定点压力标准的比较,而用压力控制阀调节所述第一压力。

8. 根据权利要求1至3中的任一项所述的方法,其特征在于,所述锅炉给水流的所述第一部分在所述热交换器中被加热,而所述锅炉给水流的第二部分绕过所述热交换器;所述方法进一步包括:

(e) 在步骤(b)之前,使所述锅炉给水流的所述第一部分与所述锅炉给水流的所述第二部分混合。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述锅炉给水流的所述第一部分具有第一质量流率 F_1 ,而所述锅炉给水流的第二部分具有第二质量流率 F_2 ,其中,所述第一部分和所述第二部分以质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ 混合,所述方法进一步包括:

在步骤(b)之前且在步骤(e)之后,测量所述锅炉给水流(20)的温度;

比较测量温度与设定点温度标准；

当测量温度小于所述设定点温度标准所需要的温度时，提高所述质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ ；以及

当测量温度大于所述设定点温度标准所需要的温度时，降低所述质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ 。

10. 根据权利要求 1 至 3 中的任一项所述的方法，其特征在于，调整传送到所述热交换器的所述重整物流和所述燃烧产物气体流中的所述至少一个的质量流率，以控制以下两者之间的加热：所述锅炉给水流中的所述第一部分或全部，与所述重整物流和所述燃烧产物气体流中的所述至少一个。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，进一步包括：

在步骤 (b) 之前，测量所述锅炉给水流温度；

比较测量温度与设定点温度标准；

当测量温度小于所述设定点温度标准所需要的温度时，提高传送到所述热交换器的所述重整物流和所述燃烧产物气体流中的所述至少一个的质量流率；以及

当测量温度大于所述设定点温度标准所需要的温度时，降低传送到所述热交换器的所述重整物流和所述燃烧产物气体流中的所述至少一个的质量流率。

12. 根据权利要求 9 或 11 所述的方法，其特征在于，在步骤 (b) 中闪蒸的所述锅炉给水流在容器中闪蒸，所述方法进一步包括：

测量表示所述容器中的蒸气压力的压力；

比较测量压力与所述容器中的蒸气压力的设定点压力标准；

当测量压力小于所述容器中的所述蒸气压力的所述设定点压力标准所需要的压力时，改变所述设定点温度标准，以获得更高的测量温度；以及

当测量压力大于所述容器中的所述蒸气压力的所述设定点压力标准所需要的压力时，改变所述设定点温度标准，以获得更低的测量温度。

13. 根据权利要求 1 至 3 中的任一项所述的方法，其特征在于，通过与所述重整物流进行间接热传递来在所述热交换器中加热所述锅炉给水流中的所述第一部分或全部，所述方法进一步包括：

在变压吸附器中分离来自所述热交换器的所述重整物流，以形成氢产物气体和变压吸附器残余气体。

14. 根据权利要求 1 至 3 中的任一项所述的方法，其特征在于，通过与所述燃烧产物气体流进行间接热传递来在所述热交换器中加热所述锅炉给水流中的所述第一部分或全部，所述方法进一步包括：

在变压吸附器中分离来自所述催化蒸汽重整工艺的重整物流，以形成氢产物气体和变压吸附器残余气体，所述重整物流可为步骤 (a) 的重整物流；以及

在重整炉中的多个包含催化剂的重整管的外部，燃烧所述变压吸附器残余气体与氧化剂气体，从而形成所述燃烧产物气体流。

移除溶解气体以制备锅炉给水

技术领域

[0001] 本发明涉及移除溶解气体以制备锅炉给水。

背景技术

[0002] 引述 Mark 的机械工程师手册, 第六版 (McGraw-Hill Book 公司 1958 年出版, 编辑为 Theodore Baumeister), 第 6-126 页:

[0003] “在锅炉中从水中释放出的不可冷凝的气体可能是导致锅炉管、鼓、节热器和过热器腐蚀的最大单个原因。氧腐蚀会产生快速点蚀, 而且认识到, 腐蚀速率直接与给水的溶解氧浓度成比例。诸如二氧化碳、硫化氢和释放气态产物的化合物的其它溶解气体也会在高压和高温下加速侵蚀速率。

[0004] 在当代蒸汽站中通过机械 (真空) 和热脱气, 通过添加化学制品, 或者通过那些工艺的组合, 来实现从给水中移除气体。基本方法是通过在开放式加热器中或者在更高效 (被称为脱气加热器) 中直接接触蒸汽来加热水。一般而言, 水在成叠堆的金属盘上面进行喷射、雾化或滴流, 以呈现最大可行表面, 同时允许蒸汽进入且引导蒸汽, 以便在不可冷凝的气体闪蒸出溶液时清除它们。通过使用处于不小于 5psi (227F) 的蒸汽、高效分配以及自由地通过排气冷凝器排出, 可使残余氧降低到 0.005 毫升每升”。

[0005] 蒸汽是用于催化蒸汽重整工艺的给料。制备锅炉给水, 并且用锅炉给水产生蒸汽, 以在催化蒸汽重整工艺中使用。

[0006] 企业渴望有一种用于从给水中移除溶解气体的在热方面高效的方法。

发明内容

[0007] 本发明涉及催化蒸汽重整工艺。更特别地, 本发明涉及用于在催化蒸汽重整工艺中从给水中移除溶解气体的方法。

[0008] 存在在下面略述的方法的几方面。

[0009] 第 1 方面。一种用于在催化蒸汽重整工艺中从给水中移除溶解气体的方法, 方法包括:

[0010] (a) 通过与来自催化蒸汽重整工艺的重整物流和来自催化蒸汽重整工艺的燃烧产物气流中的至少一个进行间接热传递, 在热交换器中加热锅炉给水流的第一部分或全部;

[0011] (b) 对锅炉给水流进行闪蒸, 从而形成蒸汽和残余液体水, 在闪蒸之前, 锅炉给水流具有第一温度和第一压力;

[0012] (c) 用步骤 (b) 中形成的蒸汽来从给水中汽提出溶解气体, 从而用给水形成额外的锅炉给水; 以及

[0013] (d) 结合额外的锅炉给水与残余液体水, 以在催化蒸汽重整工艺中用作锅炉给水。

[0014] 第 2 方面。第 1 方面的方法, 其中, 从给水中汽提出的溶解气体形成排气流中的气体, 排气流还包含蒸汽, 以及其中, 将处于给水的压力和温度的水转换成处于排气流的质量

流率、压力和温度的蒸汽所需的能量的至少 20% 由锅炉给水流提供。

[0015] 第 3 方面。第 2 方面的方法, 其中, 将处于给水的压力和温度的水转换成处于排气流的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的能量的至少 50% 或至少 60% 或至少 70% 或至少 80% 或至少 90% 或 100% 由锅炉给水流提供。

[0016] 第 4 方面。第 1 方面的方法, 其中, 从给水中汽提出的溶解气体形成排气流中的气体, 排气流还包含蒸汽, 以及其中 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} > 0.2$, 其中 $Q_{BFW} = \dot{m}_B(\bar{H}_B - \bar{H}_Z)$, 以及 $Q_{DEA} = \dot{m}_C\bar{H}_C - \dot{m}_E\bar{H}_E - (\dot{m}_C - \dot{m}_E)\bar{H}_Z$, 其中, $\dot{m}_B$ 是锅炉给水流的质量流率, $\dot{m}_C$ 是给水的质量流率, $\dot{m}_E$ 是排气流的质量流率, $\bar{H}_B$ 是锅炉给水的比焓, $\bar{H}_Z$ 额外的锅炉给水的比焓, $\bar{H}_C$ 是给水的比焓, 而是 $\bar{H}_E$ 是排气流的比焓。

[0017] 第 5 方面。第 4 方面的方法, 其中, $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} > 0.5$, 或 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} > 0.6$, 或 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} > 0.7$, 或 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} > 0.8$, 或 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} > 0.9$, 或 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}} = 1$ 。

[0018] 第 6 方面。第 1 至 5 方面中的任一方面的方法, 其中, 第一温度的范围为 110℃ 至 155℃, 或 115℃ 至 155℃, 而第一压力的范围为 450kPa 至 1500kPa。

[0019] 第 7 方面。第 1 至 6 方面中的任一方面的方法, 其中, 在步骤 (b) 中闪蒸的锅炉给水闪蒸到小于 450kPa 的压力, 或者闪蒸到范围为 115kPa 至 170kPa 的压力。

[0020] 第 8 方面。第 1 至 7 方面中的任一方面的方法, 其中, 在步骤 (a) 中加热的锅炉给水流的第一部分或全部在加热之前具有小于 95℃ 或小于 65℃ 的温度, 以及范围为 450kPa 至 1500kPa 的压力。

[0021] 第 9 方面。第 1 至 8 方面中的任一方面的方法, 进一步包括:

[0022] 测量第一压力;

[0023] 比较测量到的第一压力与第一压力的设定压力标准; 以及

[0024] 响应于对测量到的第一压力与第一压力的设定压力标准的比较, 而用压力控制阀调节第一压力。

[0025] 第 10 方面。第 1 至 9 方面中的任一方面的方法, 其中, 锅炉给水流的第一部分在热交换器中被加热, 而锅炉给水流的第二部分绕过热交换器; 方法进一步包括:

[0026] (e) 在步骤 (b) 之前, 使锅炉给水流的第一部分与锅炉给水流的第二部分混合。

[0027] 第 11 方面。第 10 方面的方法, 其中, 锅炉给水流的第一部分具有第一质量流率 F_1 , 而锅炉给水蒸汽的第二部分具有第二质量流率 F_2 , 其中, 第一部分和第二部分以质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ 混合, 方法进一步包括:

[0028] 在步骤 (b) 之前且在步骤 (e) 之后, 测量锅炉给水的温度;

[0029] 比较测量温度与设定温度标准;

[0030] 当测量温度小于设定温度标准所需要的温度时, 提高质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$; 以及

[0031] 当测量温度大于设定点温度标准所需要的温度时,降低质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ 。

[0032] 第 12 方面。第 1 至 9 方面中的任一方面的方法,其中,调整传送到热交换器的重整物流和燃烧产物气体流中的至少一个的质量流率,以控制锅炉给水流的第一部分或全部和重整物流和燃烧产物气体流中的至少一个之间的加热。

[0033] 第 13 方面。第 12 方面的方法,其中,方法进一步包括:

[0034] 在步骤 (b) 之前,测量锅炉给水的温度;

[0035] 比较测量温度与设定点温度标准;

[0036] 当测量温度小于设定点温度标准所需要的温度时,提高传送到热交换器的重整物流和燃烧产物气体流中的至少一个的质量流率;以及

[0037] 当测量温度大于设定点温度标准所需要的温度时,降低传送到热交换器的重整物流和燃烧产物气体流中的至少一个的质量流率。

[0038] 第 14 方面,第 11 至 13 方面中的任一方面的方法,其中,在步骤 (b) 中闪蒸的锅炉给水流在容器中闪蒸,方法进一步包括:

[0039] 测量表示容器中的蒸气压力的压力;

[0040] 比较测量压力与容器中的蒸气压力的设定点压力标准;

[0041] 当测量压力小于容器中的蒸气压力的设定点压力标准所需要的压力时,改变设定点温度标准,以获得更高的测量温度;以及

[0042] 当测量压力大于容器中的蒸气压力的设定点压力标准所需要的压力时,改变设定点温度标准,以获得更低的测量温度。

[0043] 第 15 方面。第 1 至 14 方面中的任一方面的方法,其中,通过与重整物流进行间接热传递来在热交换器中加热锅炉给水流的第一部分或全部,方法进一步包括:

[0044] 在变压吸附器中分离来自热交换器的重整物流,以形成氢产物气体和变压吸附器残余气体。

[0045] 第 16 方面。第 1 至 15 方面中的任一方面的方法,其中,通过与燃烧产物气体流进行间接热传递来在热交换器中加热锅炉给水流的第一部分或全部,方法进一步包括:

[0046] 在变压吸附器中分离来自催化重整工艺的重整物流,以形成氢产物气体和变压吸附器残余气体,重整物流可为步骤 (a) 的重整物;以及

[0047] 在重整炉中的多个包含催化剂的重整管的外部,燃烧变压吸附器残余气体与氧化剂气体,从而形成燃烧产物气体流。

附图说明

[0048] 图 1 是根据本方法的、用于从给水中移除溶解气体的工艺的工艺流程图。

[0049] 图 2 是显示入口流和出口流的脱气器的图。

[0050] 图 3 是用于从给水中移除溶解气体的比较性工艺的工艺流程图。

[0051] 图 4 是根据本方法、用于用闪蒸和蒸汽喷射从给水中移除溶解气体的工艺的工艺流程图。

具体实施方式

[0052] 如本文所用,当应用于说明书和权利要求中描述的本发明的实施例中的任何特征时,冠词“一个”和“一种”表示一个或多个。使用“一个”和“一种”不会将含义局限于单个特征,除非明确陈述了这种限制。以单数或复数名词或名词短语开头的定冠词“该”表示特别规定的特征或多个特别规定特征,并且可具有单数或复数内涵,这取决于它使用的语境。形容词“任何”表示一个、一些或全部,而不区分任何数量。置于第一实体和第二实体之间的用语“和 / 或”表示下者中的一个:(1) 第一实体,(2) 第二实体,和 (3) 第一实体和第二实体。置于由 3 个或更多个实体组成的列表的最后两个实体之间的用语“和 / 或”表示列表中的实体中的至少一个,包括此列表中的实体的任何特定组合。

[0053] 短语“至少一部分”表示“一部分或全部”。流的至少一部分可具有与其所源自的流相同的组成部分。流的至少一部分可包括其所源自的流的特定成分。

[0054] 如本文所用,“第一”、“第二”、“第三”等用来在多个步骤和 / 或特征之中进行区分,而且不表明时间和 / 或空间中的相对位置。

[0055] 如本文所用,所有压力都是绝对压力,除非特别地说明是表压。

[0056] 本发明涉及催化蒸汽重整工艺。更特别地,本发明涉及一种用于在催化蒸汽重整工艺中从给水中移除溶解气体的方法。

[0057] 催化蒸汽重整工艺也被称为蒸汽甲烷重整 (SMR) 工艺或蒸汽重整工艺,它被定义为用来通过使烃和蒸汽在催化剂上反应来将重整器给料转换成合成气体的任何工艺。用语“合成气体”(通常被称为合成气)在本文中用来表示包括氢和一氧化碳的任何混合物。重整反应是吸热反应,并且一般可被描述成

$$\text{C}_n\text{H}_m + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow n\text{CO} + \left(\frac{m}{2} + n\right)\text{H}_2$$
。当

产生合成气时,产生氢。

[0058] 催化蒸汽重整器是用于执行重整反应的反应器。催化蒸汽重整器(也被称为蒸汽甲烷重整器)在本文中被定义为用来通过用燃料燃烧所提供的热而与蒸汽在催化剂上的反应来将包含元素氢和碳的重整器给料转换成合成气的任何燃烧炉。给料可为天然气、甲烷、石脑油、丙烷、精炼燃料气体、精炼废气,或者本领域中已知的其它适当的重整器给料。适当的运行温度在入口处的范围为 350℃ 至 650℃,以及在出口处的范围为 750℃ 至 950℃。适当的压力的范围为 1atm 至 50atm。催化蒸汽重整器的优选运行状况在本领域中是已知的。

[0059] 重整器包括:用于执行燃烧反应的燃烧区段(也被称为辐射区段);用于执行重整反应的多个包含催化剂的管,多个包含催化剂的管位于燃烧区段内,在那里,燃料在多个包含催化剂的管的外部燃烧,以对重整反应提供热,以及形成燃烧产物气体;以及在燃烧区段下游的热交换器区段,其用于接收来自燃烧区段的燃烧产物气体,以及将热从燃烧产物气体传递到其它工艺流。

[0060] 溶解气体可包括例如氮、氧和二氧化碳中的一个或多个。如背景部分中论述的那样,必须移除溶解气体,以防止锅炉管、鼓、节热器和过热器中有腐蚀。

[0061] 参照图 1 来描述方法。为了简洁和清楚,省略了对众所周知的装置、回路和方法的详细描述,以便避免多余的细节使本发明的描述模糊不清。

[0062] 方法包括通过与来自催化蒸汽重整工艺的重整物流 30 和来自催化蒸汽重整工艺

的燃烧产物气体流 32 中的至少一个进行间接热传递,来在热交换器 14 中加热锅炉给水流 20 的第一部分 22 或全部。如图 1 中显示的那样,一个或多个锅炉给水流 6 和 8 可结合起来形成锅炉给水流 20。锅炉给水流 20 可分成第一部分 22 和第二部分 24,第一部分 22 传送到热交换器 14,以被重整物流 30 和燃烧产物气体流 32 中的至少一个加热,而第二部分 24 则绕过热交换器 14。然后第一部分 22 和第二部分 24 在后面重新混合在一起。备选地,所有锅炉给水流 20 可传送到热交换器 14,以被重整物流 30 和燃烧产物气体流 32 中的至少一个加热。在加热之前,锅炉给水流 20 (和后续的第一部分 22) 可具有小于 95℃或小于 65℃的温度,并且可具有范围为 450kPa 至 1500kPa 的压力。

[0063] 热交换器 14 可为用于从重整物流 30 和 / 或燃烧产物气体流 32 中传递出热的任何适当的热交换器。虽然在图中显示为单个热交换器,但可使用一个或多个热交换器,这与在应用于任何特征时,冠词“一个”、“一种”和“该”表示一个或多个的意思相符。

[0064] 燃烧产物气体流 32 包括来自催化蒸汽重整器的燃烧区段的燃烧产物气体。在燃烧产物气体流 32 加热锅炉给水流的第一部分或全部的情况下,热交换器 14 可在重整器的所谓的对流区段中。

[0065] 由重整反应形成的工艺气体被称为重整物。如本文所用,重整物是包括氢和一氧化碳的、由烃和蒸汽的重整反应形成的任何混合物,并且包括已经在水-煤气变换反应中变换的重整物。重整物流 30 是包括来自催化蒸汽重整工艺的重整物的任何流,包括经变换重整物或以别的方式被修改的重整物。

[0066] 变换反应器(也被称为水-煤气变换反应器)和它们的运行在本领域中是众所周知的。可采用一个或多个变换反应器。变换反应器包括包含催化剂床的容器,CO 和 H₂O 流过催化剂床而形成 H₂和 CO₂。一个或多个变换反应器可为高温、中温、低温和 / 或等温变换反应器。高温变换反应器可在大约 350℃至 450℃下运行,并且典型地使用非贵金属催化剂,诸如 Fe₃O₄和 Cr₂O₃的混合物(即,大约 55 重量 % 的 Fe 和 6% 的 Cr)。低温变换反应器可在大约 200℃至 260℃下运行,并且可使用非贵重催化剂,诸如 Cu-ZnO-Al₂O₃,或 Cu-ZnO-Cr₂O₃。中温变换反应器与低温变换反应器在相同的温度范围中运行,并且使用类似的催化剂。低温变换反应器与高温变换反应器结合起来使用,而中温变换反应器可在没有上游高温变换反应器的情况下运行。中温变换催化剂设计成在催化剂床中经受较高的升温。在水-煤气变换反应之后,一些 CO 仍然存在,并且因此在变换反应器的流出物中存在 CO。

[0067] 变换反应器和适当的变换催化剂在本领域中是已知的。可使用任何适当的变换催化剂。本领域技术人员可容易地选择适当的变换催化剂。

[0068] 方法包括对锅炉给水流 20 进行闪蒸,从而形成蒸汽 26 和残余液体水 28。锅炉给水流 20 可在容器 90 中闪蒸,容器 90 可被称为脱气器。如果希望的话,可将额外的蒸汽流(未显示)引入到容器 90 中。

[0069] 在闪蒸之前,锅炉给水流 20 具有第一温度和第一压力。第一温度可在 110℃至 155℃或 115℃至 155℃的范围内。第一压力可在 450kPa 至 1500kPa 的范围内。

[0070] 锅炉给水可闪蒸到小于 450kPa 的压力,或者可闪蒸到范围为 115kPa 至 170kPa 的压力。

[0071] 方法进一步包括用闪蒸形成的蒸汽 26 和额外的蒸汽(如果添加了的话)从给水 10 中汽提出溶解气体,从而用给水 10 形成额外的锅炉给水 12。

[0072] 在容器 90 的汽提区段 80 中从给水 10 中汽提出溶解气体,而形成蒸气流 84 中的气体。蒸气流 84 包括蒸汽和由给水中汽提出的溶解气体形成的气体。从给水中汽提出的气体通过排气流 94 从容器 90 移除,排气流 94 还包含蒸汽。

[0073] 该方法不同于传统的脱气方法,因为不必将额外的蒸汽直接添加到脱气器。对锅炉给水进行闪蒸以产生用于汽提的蒸汽,而非直接喷射蒸汽的优点提高了从催化蒸汽重整工艺或燃烧产物气体流中回收的能量。在有利实施例中,未将额外的蒸汽添加到脱气器。但是,在原则上,方法可包括对锅炉给水进行闪蒸,以及还将蒸汽直接添加到脱气器。通过对锅炉给水进行闪蒸来产生更多用于汽提出的蒸汽,并且因此喷射的额外蒸汽越少,就可从催化蒸汽重整工艺或燃烧产物气体流回收越多能量,以及在产生额外的蒸汽时节约越多能量。

[0074] 可选择用于从给水中汽提出溶解气体的设计规范,例如,在排气流中的蒸汽量,表达成给水中的份额 ϕ 。例如,设计规范可为排气流中的蒸汽的质量流率是给水的质量流率的 0.5%(即, $\phi=0.005$)。从设计的观点看,这设定在排气流中形成蒸汽所需的能量的量。

[0075] 有利地,将处于给水流的压力和温度的水转换成处于排气流 94 的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的能量的至少 20% 由锅炉给水流 20 提供。可通过直接喷射蒸汽或其它热源来提供能量的平衡。更有利地,将处于给水流的压力和温度的水转换成处于排气流 94 的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的能量的至少 50% 或至少 60% 或至少 70% 或至少 80% 或至少 90% 由锅炉给水流 20 提供。最有利地,将处于给水的压力和温度的水转换成处于排气流 94 的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的所有能量都由锅炉给水流 20 提供。

[0076] 可根据物质和能量平衡容易地计算将处于给水流的压力和温度的水转换成处于排气流的质量流率、压力和温度的蒸汽所需的总能量,以及由锅炉给水流提供的能量百分比。蒸汽和水的焓可得自标准蒸汽表。可忽略溶解气体对能量和质量平衡的贡献。

[0077] 例如,参照图 2,可围绕脱气器形成物质和能量平衡,在那里,流 B 是经加热的锅炉给水,流 C 是给水,流 D 是喷射蒸汽,流 E 是排气流,流 Z 是离开汽提区段的额外的锅炉给水,而流 F 是离开脱气器的锅炉给水。

[0078] 可根据设计规范来将排气流 E 中的蒸汽的质量流率 $\dot{m}_E$ 计算成 $\dot{m}_E = \phi \times \dot{m}_C$, 其中, $\dot{m}_C$ 是给水流 C 的质量流率。

[0079] 脱气器的总质量平衡为 $\dot{m}_C + \dot{m}_B + \dot{m}_D = \dot{m}_E + \dot{m}_F$, 其中, $\dot{m}_C$ 是流 C 的质量流率, $\dot{m}_B$ 是流 B 的质量流率, $\dot{m}_D$ 是流 D 的质量流率, $\dot{m}_E$ 是流 E 的质量流率,而 $\dot{m}_F$ 是流 F 的质量流率。

[0080] 根据能量平衡,可用 $Q_{DEA} = \dot{m}_C \bar{H}_C - \dot{m}_E \bar{H}_E - (\dot{m}_C - \dot{m}_E) \bar{H}_Z$ 计算将处于给水流 C 的压力和温度的水转换成处于排气流 E 的质量流率 $\dot{m}_E$ 和压力和温度的蒸汽所需的总能量 Q_{DEA} , 其中, $\bar{H}_C$ 是流 C 的比焓, $\bar{H}_E$ 是流 E 的比焓, $\bar{H}_Z$ 是点 Z 处的比焓,该比焓是在脱气器温度和压力下离开汽提区段的饱和水(即,由给水形成的额外的锅炉给水)的焓。

[0081] 可根据蒸汽表来确定流 Z 中的离开汽提区段的水的比焓 $\bar{H}_Z$, 作为处于脱气器中的温度和压力的饱和水的焓。可根据蒸汽表来确定离开排气流 E 的蒸汽的比焓 $\bar{H}_E$, 作为处于

脱气器中的温度和压力的饱和蒸气的比焓。可根据给水流 C 的温度和压力以及适当的热力学属性表或计算来确定给水流 C 的比焓 $\bar{H}_C$ 。

[0082] 然后,由锅炉给水流提供的、用以将处于的给水流的压力和温度的水转换成处于排气流的质量流率、压力和温度的蒸汽的能量的百分比为 $\frac{Q_{BFW}}{Q_{DEA}}$, 将其表达成百分比,其中,

$Q_{BFW} = \dot{m}_B(\bar{H}_B - \bar{H}_Z)$, 其中, $\dot{m}_B$ 是锅炉水流 B 的质量流率, $\bar{H}_B$ 是锅炉给水流 B 的比焓, 而 $\bar{H}_Z$ 是处于脱气器温度和压力的饱和水的比焓。

[0083] 在喷射蒸汽流 D 的情况下,可根据 $Q_{steam} = \dot{m}_D(\bar{H}_D - \bar{H}_Z)$ 来计算来自蒸汽的能量贡献 Q_{steam} , 其中, $\bar{H}_D$ 是流 D 的比焓, 而 $\bar{H}_Z$ 是处于脱气器温度和压力的饱和水的比焓。在将蒸汽和经加热的锅炉给水引入到脱气器中而没有其它加热或冷却的情况下,能量平衡要求 $Q_{DEA} = Q_{steam} + Q_{BFW}$

[0084] 给水 10 包括常常所称的“补给水”。给水 10 还可包括来自重整物的水冷凝物。在将给水馈送到容器 90 之前,可调节给水。可通过沉淀和倾析,以及 / 或者通过过滤来移除悬浮固体。可对水进行化学处理和 / 或阳离子交换,以去除硬度。可对水去除矿物质,以完全移除溶解固体。

[0085] 方法进一步包括结合额外的锅炉给水 12 与残余液体水 28,以在催化蒸汽重整工艺中用作锅炉给水 40。

[0086] 方法可进一步包括在闪蒸之前,测量锅炉给水流 20 的压力;比较测量压力与压力的设定点压力标准;以及响应于对测量压力与设定点压力标准的比较,而用压力控制阀调节压力。如图 1 中显示的那样,锅炉给水流 20 在热交换器 14 中的压力可由压力控制阀 70 保持。保持压力,以避免热交换器中的锅炉给水流沸腾。

[0087] 例如可通过压力换能器来测量压力,以及通过压力控制器 25 来比较测量压力与设定点压力标准。压力控制器 25 可将信号发送给压力控制阀 70,以响应于测量压力来调节压力。压力控制器 25 和压力控制阀 70 可为单独的装置或单个单元。

[0088] 设定点压力标准例如可为设定点压力或设定点压力范围。设定点压力标准可包括死区。可使用任何适当的设定点压力标准或规范。

[0089] 可用任何多种方式控制锅炉给水流 20 在闪蒸之前的温度。

[0090] 例如,当锅炉给水流分成第一部分 22 和第二部分 24 时,第一部分 22 具有第一质量流率 F_1 ,而锅炉给水蒸汽的第二部分 24 具有第二质量流率 F_2 。在加热第一部分 22 之后,第一部分和第二部分以质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ 混合。

[0091] 为了控制温度,方法可进一步包括测量锅炉给水流 20 在混合之后和闪蒸之前的温度。例如可通过作为温度控制器 15 的一部分的热电偶来测量温度。然后可通过温度控制器 15 来比较测量温度与设定点温度标准。设定点温度标准例如可为设定点温度或设定点温度范围。设定点温度标准可包括死区。可使用任何适当的设定点温度标准或规范。

[0092] 响应于测量温度与设定点温度标准的比较,当测量温度小于设定点温度标准所需

要的温度时,增大质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$,而当测量温度大于设定点温度标准所需要的温度时,减小

质量流率比 $\frac{F_1}{F_2}$ 。如图 1 中显示的那样,第一部分 22 和第二部分 24 的相对质量流率由阀 50

调整。响应于测量温度与设定点温度标准的比较,控制器 15 将信号发送给阀 50,以提高或降低绕过热交换器 14 的锅炉给水的质量流率。备选地阀 50 可置于锅炉给水流的第一部分的管线中。

[0093] 传送更大部分的锅炉给水流通过热交换器 14 会提高锅炉给水流温度,而使更大部分的锅炉给水流绕过热交换器 14 会降低锅炉给水流在闪蒸之前的温度。

[0094] 备选地,可通过调整用来在热交换器 14 中加热锅炉给水流 20 的重整物流 30 的质量流率和 / 或燃烧产物气体流 32 的质量流率,来控制锅炉给水流 20 的温度。在这个备选方案中,方法包括测量锅炉给水流 20 在加热之后和闪蒸之前的温度。例如可通过作为温度控制器 15 的一部分的热电偶来测量温度。然后可通过温度控制器 15 来比较测量温度与设定点温度标准。设定点温度标准例如可为设定点温度或设定点温度范围。设定点温度标准可包括死区。可使用任何适当的设定点温度标准或规范。

[0095] 响应于测量温度与设定点温度标准的比较,当测量温度小于设定点温度标准所需要的温度时,提高传送到热交换器 14 的重整物流 30 和 / 或燃烧产物气体流 32 的质量流率,而当测量温度大于设定点温度标准所需要的温度时,降低传送到热交换器 14 的重整物流 30 和 / 或燃烧产物气体流 32 的质量流率。

[0096] 可通过形成重整物的旁通流 31 和 / 或燃烧产物气体的旁通流 33,以及使用阀 60 调整质量流率,来调整重整物流 30 和 / 或燃烧产物气体流 32 的质量流率。响应于测量温度与设定点温度标准的比较,控制器 15 将信号发送给阀 60,以提高或降低绕过热交换器 14 的重整物和 / 或燃烧产物气体的质量流率。

[0097] 控制锅炉给水流在闪蒸之前的温度可包括上面描述的一系列控制方法,但这可对方法增加多余的复杂性。

[0098] 可响应于容器 90 中的蒸气压力来调节由控制器 15 使用的设定点温度标准。这提供以下好处 / 优点:将排出流 94 的量控制到实现所需脱气水平的期望水平,以及最大程度地降低排气流中的能量和水损失。

[0099] 方法可进一步包括测量表示容器 90 中的蒸气压力的压力。可在容器 90 中和 / 或在容器 90 的出口管线中测量蒸气压力。蒸气压力可由作为压力控制器 45 的一部分的压力换能器测量。

[0100] 然后方法可进一步包括比较测量压力与容器 90 中的蒸气压力的设定点压力标准。然后控制器 45 发送信号,以在测量压力小于容器 90 中的蒸气压力的设定点压力标准所需要的压力时,改变设定点温度标准,以获得更高的测量温度,以及在测量压力大于容器 90 中的蒸气压力的设定点压力标准所需要的压力时,改变设定点温度标准,以获得更低的测量温度。

[0101] 设定点压力标准例如可为设定点压力或设定点压力范围。设定点压力标准可包括死区。可使用任何适当的设定点压力标准或规范。

[0102] 容器 90 中的液位可由液位控制器 35 控制。液位控制器 35 感测容器 90 中的液位,

并且通过阀 38 来控制给水 10 的流率。

[0103] 由于方法与催化蒸汽重整工艺结合,所以重整物可在变压吸附器中分离而形成氢产物气体和变压吸附器残余气体,并且变压吸附器残余气体可在重整炉中的多个包含催化剂的重整器管的外部与氧化剂气体燃烧,从而形成燃烧产物气体流。

[0104] 示例

[0105] 使用计算机模拟软件来模拟用于对水脱气的工艺,以确定工艺修改对能量效率的作用。

[0106] 示例 1- 比较例

[0107] 图 3 是比较例的工艺流程图。在表 1 中列出在工艺流程图中的多个点 (A-F) 处的流状况。

[0108] 具有在点 A 处指示的工艺状况的锅炉给水 220 传送通过热交换器 214,以通过间接与热的工艺流 230 进行热传递来交换热。在热交换之后,锅炉给水具有在点 B 处指示的工艺状况。

[0109] 表 1. 示例 1 的流状况。

	流	流率(kg/h)	温度(°C)	压力(kPa)
	A	136078	50	205
	B	136078	97	136
[0110]	C	158758	97	343
	D	4041	148	446
	E	794	108	136
	F	298082	103	136

[0111] 锅炉给水 220 在汽提区段 280 下面引入到脱气器 290 中,并且液体水 228 聚集在脱气器 290 的底部中。具有在点 C 处指示的工艺状况的补给水 210 在汽提区段 280 上面引入到脱气器 290 的顶部处。具有在点 D 处指示的工艺状况的蒸汽 200 在脱气器 290 的汽提区段 280 下面引入,以从补给水 210 中汽提出溶解气体。包括溶解气体且具有在点 E 处指示的工艺状况的排气流 294 被从脱气器 290 的顶部抽出。具有在点 F 处的工艺状况的锅炉给水 240 被从脱气器 290 的底部抽出。

[0112] 从热的工艺气体流中回收的能量为 7.5MW,这与锅炉给水从点 A 到点 B 所得到的焓增益相同。

[0113] 示例 2- 比较例

[0114] 图 3 是另一个比较例的工艺流程图。在表 2 中列出在工艺流程图中的多个点 (A-F) 处的流状况。与示例 1 相比,流 A 和 B 的压力提高。

[0115] 具有在点 A 处指示的工艺状况的锅炉给水 220 传送通过热交换器 214,以通过与热的工艺流 230 进行间接热传递来交换热。在热交换之后,锅炉给水具有点 B 处指示的工艺状况。

[0116] 表 2. 示例 2 的流状况。

[0117]

流	流率(kg/h)	温度(°C)	压力(kPa)
A	136078	50	1135
B	136078	97	1066
C	158758	97	343
D	4041	148	446
E	794	108	136
F	298082	103	136

[0118] 锅炉给水 220 引入到脱气器 290 中,并且液体水 228 聚集在脱气器 290 的底部中。具有点 C 处指示的工艺状况的补给水 210 在汽提区段 280 上面引入到脱气器 290 的顶部处。具有点 D 处指示的工艺状况的蒸汽 200 在脱气器 290 的汽提区段 280 引入,以从补给水 210 中汽提出溶解气体。包括溶解气体且具有点 E 处指示的工艺状况的排气流 294 被从脱气器 290 的顶部抽出。具有点 F 处的工艺状况的锅炉给水 240 被从脱气器 290 的底部抽出。

[0119] 从热的工艺气体流 230 中回收的能量为 7.5MW,这与在用流 A 形成流 B 时的焓增益相同。回收的能量与示例 1 相同,但是与示例 1 相比,流 A 和 B 的压力提高。这些结果显示压力对流 B 的焓的作用小。

[0120] 示例 3- 闪蒸例

[0121] 使用图 1 的工艺流程图来描述示例 3。

[0122] 在表 3 中列出在图 1 的工艺流程图的多个点 (A-F) 处的流状况,以及这个例子的模拟结果。

[0123] 具有点 A 处指示的工艺状况的锅炉给水 20 传送通过热交换器 14,以通过与热的工艺流 30、32 进行间接热传递来交换热,从而产生具有点 B 处指示的工艺状况的锅炉给水 20。

[0124] 表 3. 示例 3 的流状况。

[0125]

流	流率(kg/h)	温度(°C)	压力(kPa)
A	136078	50	1135
B	136078	124	1066
C	158758	97	343
D	-	-	-
E	794	108	136
F	294042	108	136

[0126] 锅炉给水 20 在汽提区段 80 下面且在液体水池上面引入到容器 90 中。具有点 C 处指示的工艺状况的给水 10 在汽提区段 80 上面引入到容器 90 的顶部处。不对容器 90 添加额外的蒸汽。锅炉给水闪蒸出的蒸汽 26 从给水 10 中汽提出溶解气体。包括溶解气体且具有点 E 处指示的工艺状况的排气流 94 被从容器 90 的顶部抽出,而具有点 F 处指示的工艺状况的锅炉给水 40 被从容器 90 的底部抽出。

[0127] 示例 3(闪蒸例)从热的工艺流中回收的能量为 11.8MW,而示例 1(比较例)仅为 7.5MW,从而对工艺产生更好的整体能量效率。

[0128] 示例 4- 具有蒸汽喷射的闪蒸

[0129] 使用图 4 的工艺流程图来描述示例 4。

[0130] 在示例 4 中,在排气流中形成蒸汽所需的能量的 20% 由锅炉给水流提供,而 80% 则由蒸汽喷射提供。

[0131] 在表 4 中列出在图 4 的工艺流程图的多个点 (A-F) 处的流状况以及这个案例的模拟结果。

[0132] 表 4. 流状况示例 4。

	流	流率(kg/h)	温度(°C)	压力(kPa)
	A	136078	50	1135
	B	136078	111.5	1066
[0133]	C	158758	97	343
	D	3233	148	446
	E	794	108	136
	F	297277	108	136

[0134] 具有点 A 处指示的工艺状况的锅炉给水 420 传送通过热交换器 414,以通过间接与热的工艺流 430 进行热传递来交换热,从而产生具有点 B 处指示的工艺状况的锅炉给水 420。

[0135] 锅炉给水 420 在汽提区段 480 下面且在液体水池上面引入到容器 490 中。具有点 C 处指示的工艺状况的给水 410 引入到容器 490 的顶部处。从锅炉给水中闪蒸出蒸汽,从而形成蒸汽 426 和残余液体水 428。具有点 D 处指示的工艺状况的蒸汽 400 在汽提区段 480 下面且在液体水池上面引入到容器 490 中。喷射蒸汽和从锅炉给水中闪蒸出的蒸汽从补给水 410 中汽提出溶解气体。包括溶解气体且具有点 E 处指示的工艺状况的排气流 494 被从脱气器 490 的顶部抽出。具有点 F 处的工艺状况的锅炉给水 440 被从容器 490 底部抽出。

[0136] 从热的工艺流示例 4 中回收的能量(具有蒸汽喷射的闪蒸例)为 9.8MW,而示例 1(比较例)仅为 7.5MW,从而对工艺产生更好的整体能量效率。

[0137] 示例 5- 具有蒸汽喷射的闪蒸

[0138] 使用图 4 的工艺流程图来描述示例 5。

[0139] 在示例 5 中,在排气流 494 中形成蒸汽所需的能量的 50% 由锅炉给水流 420 提供,而 50% 则由蒸汽喷射流 400 提供。

[0140] 表 5. 流状况示例 5。

	流	流率(kg/h)	温度(°C)	压力(kPa)
[0141]	A	136078	50	1135
	B	136078	116.3	1066
	C	158758	97	343
	D	2020	148	446
	E	794	108	136
	F	296064	108	136

[0142] 在表 5 中列出在图 4 的工艺流程图中的多个点 (A-F) 处的流状况以及这个案例的模拟结果。

[0143] 具有点 A 处指示的工艺状况的锅炉给水 420 传送通过热交换器 414, 以通过与热的工艺流 430 进行间接热传递来交换热, 从而产生具有点 B 处指示的工艺状况的锅炉给水 420。

[0144] 锅炉给水 420 在汽提区段 480 下面且在液体水池上面引入到容器 490 中。具有点 C 处指示的工艺状况的给水 410 引入到容器 490 的顶部处。从锅炉给水中闪蒸出蒸汽, 从而形成蒸汽 426 和残余液体水 428。具有点 D 处指示的工艺状况的蒸汽 400 在汽提区段 480 下面且在液体水池上面引入到容器 490 中。喷射蒸汽和从锅炉给水中闪蒸出的蒸汽从补给水 410 中汽提出溶解气体。包括溶解气体且具有点 E 处指示的工艺状况的排气流 494 被从容器 490 的顶部抽出。具有点 F 处的工艺状况的锅炉给水 440 被从容器 490 的底部抽出。

[0145] 与示例 1 (比较例) 的仅 7.5MW 相比, 从热的工艺流示例 5 中回收的能量 (具有蒸汽喷射的闪蒸例) 为了 10.5MW, 从而在锅炉给水被闪蒸时, 对工艺产生更好的整体能量效率。

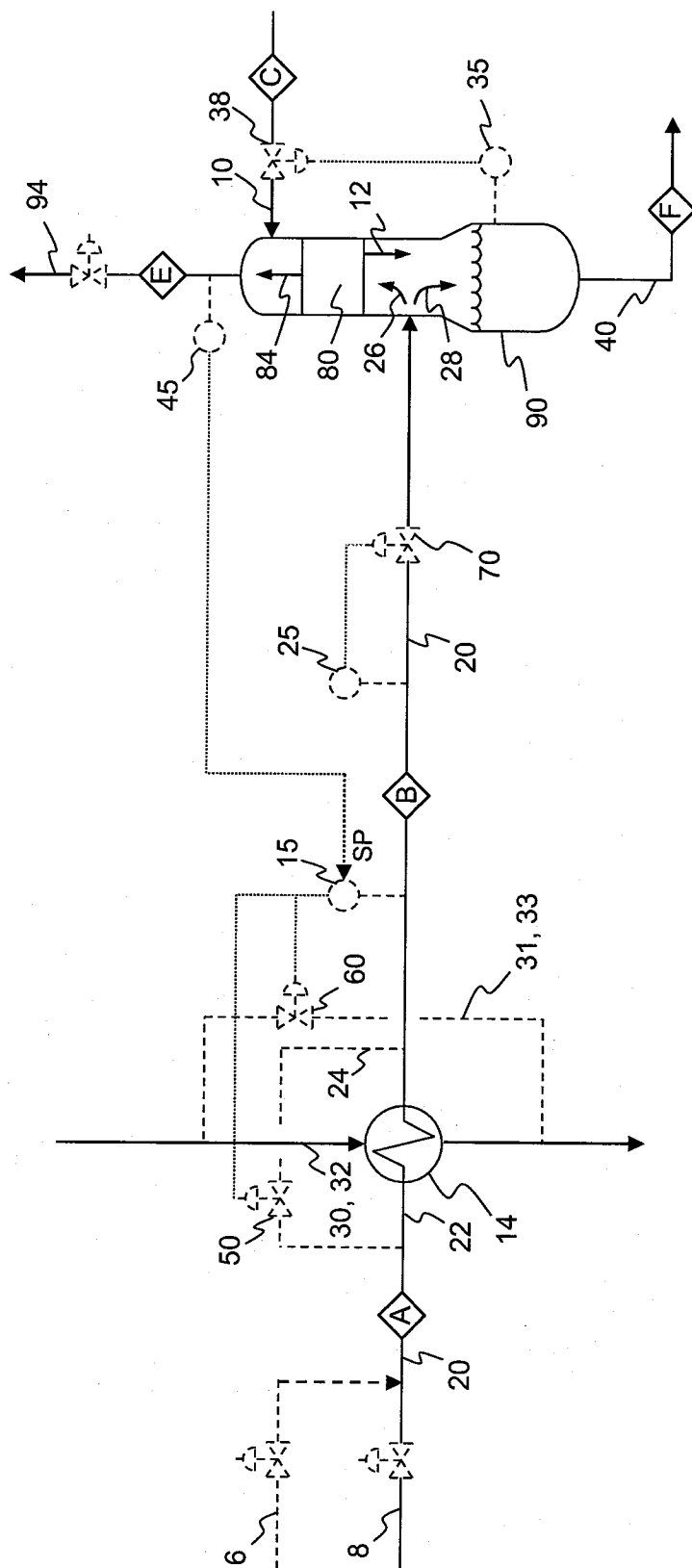


图 1

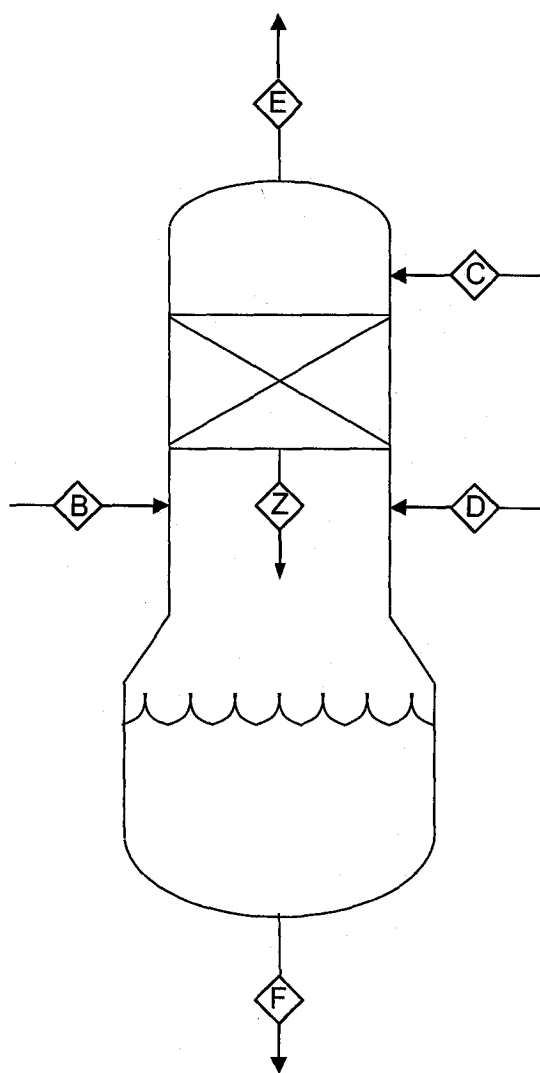


图 2

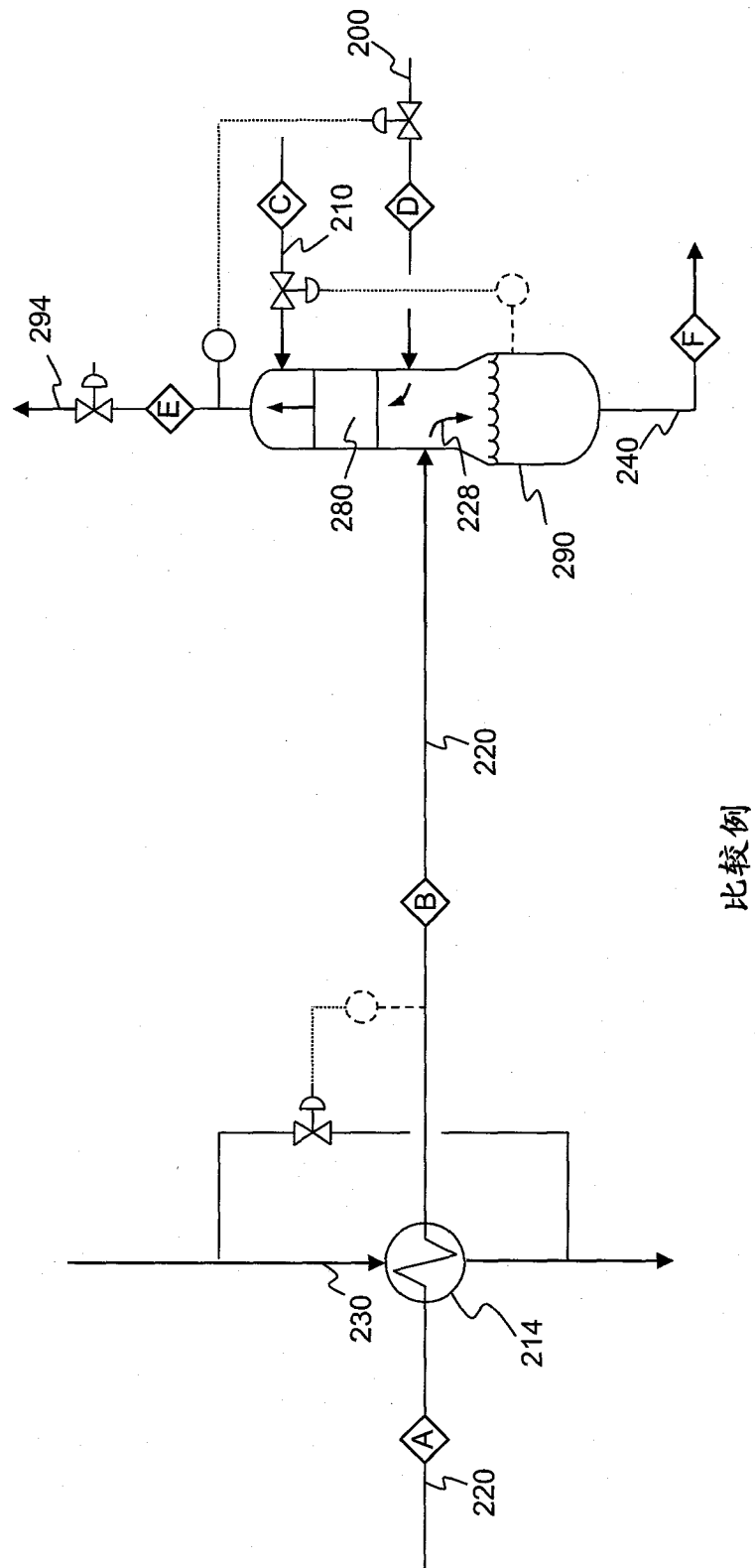


图 3

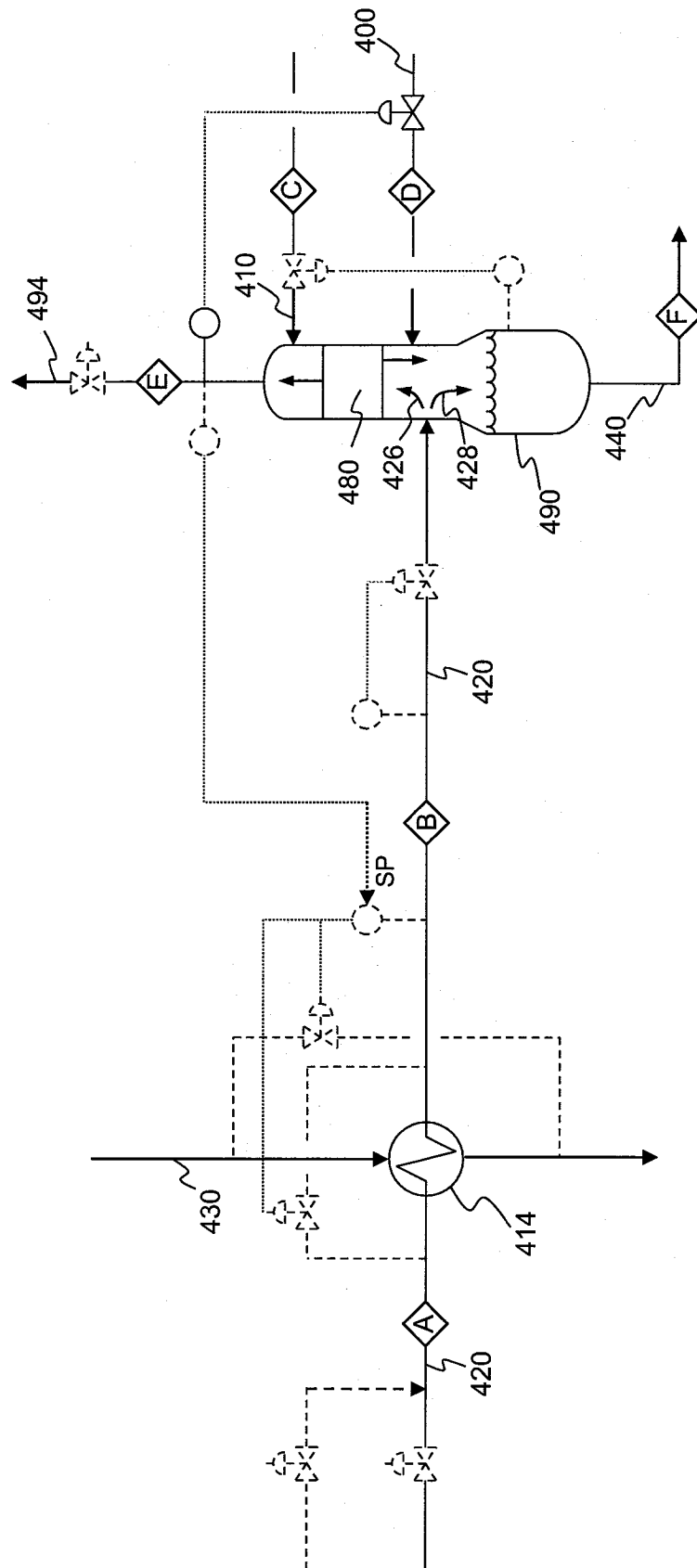


图 4