



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102665860 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 12

(21) 申请号 201080052620. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 09. 15

B01D 53/14 (2006. 01)

(30) 优先权数据

B01D 53/58 (2006. 01)

61/244, 191 2009. 09. 21 US

B01D 53/62 (2006. 01)

12/849, 085 2010. 08. 03 US

B01D 53/75 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 05. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/048853 2010. 09. 15

(87) PCT申请的公布数据

W02011/034873 EN 2011. 03. 24

(71) 申请人 阿尔斯通技术有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 F. Z. 科扎克 A. V. 佩蒂

R. 阿加瓦尔 R. S. 希维尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 林毅斌 林森

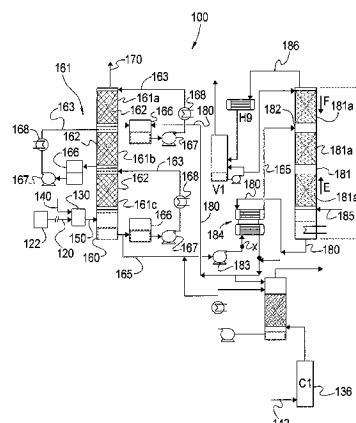
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

使洗涤器中使用的溶液再生的方法和系统

(57) 摘要

用于从溶液除去污染物使系统内溶液再生的方法和系统(100)。方法包括将溶液(165)从洗涤器(160)提供至汽提塔(181),溶液(165)包括从存在于洗涤器(160)中的烟道气流(150)除去的污染物,和使溶液与汽提塔(181)内的蒸汽(185)接触从而从溶液除去污染物和使溶液再生。汽提塔(181)在小于约700千帕的压力操作。



1. 一种从溶液除去污染物以使溶液再生的方法,所述方法包含:

将溶液从洗涤器提供至汽提塔,所述溶液包括从存在于洗涤器中的烟道气流除去的污染物;和

使溶液与汽提塔内的蒸汽接触,从而从溶液除去污染物和使溶液再生,其中汽提塔在小于 700 千帕的压力操作。

2. 权利要求 1 的方法,其进一步包含通过燃烧燃料源产生蒸汽。

3. 权利要求 1 的方法,其中污染物包含氨、二氧化碳或其组合。

4. 权利要求 3 的方法,其中除去的污染物是氨。

5. 权利要求 4 的方法,其进一步包含:

将氨提供至吸收系统;

将含二氧化碳的烟道气流提供至吸收系统;和

通过使含 CO₂ 烟道气流与氨在吸收系统中接触而从含 CO₂ 烟道气流除去二氧化碳(CO₂)。

6. 权利要求 1 的方法,其中溶液是水。

7. 权利要求 1 的方法,其中汽提塔在 68.947 千帕 -689.475 千帕压力操作。

8. 权利要求 1 的方法,其中汽提塔在小于 68.947 千帕的压力操作。

9. 一种从除氨溶液除去氨的方法,所述方法包含:

使除氨溶液与含氨烟道气流接触,从而形成含氨溶液;

将含氨溶液提供至汽提塔;和

使含氨溶液与汽提塔内的蒸汽接触,从而从含氨溶液除去氨,其中汽提塔在小于 700 千帕的压力操作。

10. 权利要求 9 的方法,其中除氨溶液包含水。

11. 权利要求 9 的方法,其中汽提塔在 68.947 千帕 -689.475 千帕压力操作。

12. 权利要求 9 的方法,其中汽提塔在低于 68.947 千帕压力操作。

13. 权利要求 9 的方法,其进一步包含:

将氨提供至吸收系统;

将含有二氧化碳的烟道气流提供至吸收系统;和

通过使含 CO₂ 烟道气流与氨在吸收系统中接触而从含 CO₂ 烟道气流除去二氧化碳(CO₂)。

14. 权利要求 13 的方法,其中吸收系统在 0-20 摄氏度温度操作。

15. 一种从溶液除去氨的系统,所述系统包含:

配置以接收含氨烟道气流和除氨溶液的洗涤器,含氨烟道气流与除氨溶液在洗涤器内接触以形成含氨溶液和含有减少氨的烟道气流;和

配置以从洗涤器接收含氨溶液的汽提塔,含氨溶液在汽提塔中接触蒸汽以从含氨溶液除去氨,其中汽提塔在小于 700 千帕的压力操作。

16. 权利要求 15 的系统,其进一步包含配置以从汽提塔接收氨的吸收系统,其中吸收系统利用氨从烟道气流除去二氧化碳(CO₂)。

17. 权利要求 16 的系统,其中吸收系统在 0-20 摄氏度的温度操作。

18. 权利要求 15 的系统,其中除氨溶液是水。

19. 权利要求 15 的系统,其中汽提塔在 68.947 千帕 -689.475 千帕的压力操作。
20. 权利要求 15 的系统,其中汽提塔在小于 68.947 千帕的压力操作。

使洗涤器中使用的溶液再生的方法和系统

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请要求 2009 年 9 月 21 日提交的美国临时专利申请号 61/244,191 的优先权,题为“Method and System for Regenerating a Solution Used in a Wash Vessel (使洗涤器中使用的溶液再生的方法和系统)”,其全部通过引用结合到本文中。

技术领域

[0002] 本发明公开的主题涉及从烟道气流除去二氧化碳(CO_2)和氨(NH_3)的系统和方法。更具体来讲,本发明公开的主题涉及采用汽提塔使用于从烟道气流除去氨的溶液再生的系统和方法。

背景技术

[0003] 世界上使用的大多数能量来自含碳和氢的燃料比如煤、油和天然气的燃烧。除了碳和氢以外,这些燃料含有氧、水分和污染物比如灰、硫(经常为硫氧化物形式,称为“ SO_x ”)、氮化合物(经常为氮氧化物形式,称为“ NO_x ”)、氯、汞及其它痕量元素。关于燃烧期间释放的污染物的损害效应的认识触发了对发电厂、精炼厂及其它工业过程的排放执行甚至更严格的限制。此类工厂的操作者实现污染物接近零排放的压力增大。

[0004] 针对实现污染物接近零排放的期望,已开发许多方法和系统。系统和方法包括但不限于脱硫系统(称为湿烟道气脱硫“WFGD”和干烟道气脱硫“DFGD”)、颗粒过滤器(包括例如袋滤室、颗粒收集器等),以及使用一种或多种从烟道气吸收污染物的吸附剂。吸附剂的实例包括但不限于活性炭、氨、石灰石等。

[0005] 已显示氨有效地从烟道气流除去 CO_2 , 以及其它污染物,比如二氧化硫(SO_2)和氯化氢(HCl)。在一项特定应用中,用氨从烟道气流吸收和除去 CO_2 在低温例如 0-20 摄氏度($0^\circ - 20^\circ\text{C}$)进行。为保护系统的效率,和符合排放标准,期望维持烟道气流处理系统内的氨。

[0006] 发明概述

根据本文说明的方面,提供了从溶液除去污染物以使溶液再生的方法,所述方法包含:将溶液从洗涤器提供至汽提塔,所述溶液包括从存在于洗涤器的烟道气流除去的污染物;和使溶液与汽提塔内的蒸汽接触,从而从溶液除去污染物和使溶液再生,其中汽提塔在小于 700 千帕的压力操作。

[0007] 根据本文说明的其它方面,提供了从除氨溶液除去氨的方法,所述方法包含:使除氨溶液与含氨烟道气流接触,从而形成含氨溶液;将含氨溶液提供至汽提塔;和使含氨溶液与汽提塔内的蒸汽接触,从而从含氨溶液除去氨,其中汽提塔在小于 700 千帕的压力操作。

[0008] 根据本文说明的其它方面,提供了从溶液除去氨的系统,所述系统包含:配置以接收含氨烟道气流和除氨溶液的洗涤器,含氨烟道气流与除氨溶液在洗涤器内接触以形成含氨溶液和含有减少的氨的烟道气流;和配置以从洗涤器接收含氨溶液的汽提塔,含氨溶液

接触汽提塔中的蒸汽以从含氨溶液除去氨,其中汽提塔在小于 700 千帕的压力操作。

[0009] 通过以下附图和详述举例说明上文描述的及其它特征。

[0010] 附图简述

现在参考附图,它们是示例性实施方案,其中相同元件具有相同编号:

图 1 是用于减少存在于烟道气流中的 CO_2 和氨量的系统的示意图;

图 2 是用于图 1 描述系统的吸收系统的一个实施方案的说明;

图 3 是用于图 1 描述系统的洗涤器的一个实施方案的说明。

[0011] 详述

在一个实施方案中,如图 1 显示,从溶液除去污染物,比如氨、二氧化碳 (CO_2) 及其组合的系统 100 包括几种设备和方法。用于系统 100 的设备和方法促进从烟道气流 120 除去多种污染物,所述烟道气流 120 由发电厂 122 中燃料的燃烧产生。

[0012] 烟道气流 120 由发电厂 122 中燃料的燃烧产生。烟道气流 120 可包括多种污染物,包括但不限于硫氧化物 (SO_x)、氮氧化物 (NO_x),以及汞、氯化氢 (HCl),颗粒物比如飞灰、 CO_2 等。虽然未显示于图 1,烟道气流 120 可经受处理以除去其中的污染物,例如通过烟道气脱硫方法和颗粒收集器处理,其可从烟道气除去 SO_x 和颗粒。

[0013] 仍然参考图 1,烟道气流 120 还可经受处理以通过使烟道气流 120 穿过吸收系统 130 除去其中的 CO_2 。虽然未显示于图 1,考虑 (contemplate) 烟道气流 120 可在进入吸收系统 130 之前通过冷却系统。冷却系统可使烟道气流 120 冷却至低于环境温度的温度。

[0014] 现在参考图 2,其中更详细地说明吸收系统 130,吸收系统通过使烟道气流接触氨化溶液或浆料 140 促进从烟道气流 120 吸收 CO_2 。在一个实施方案中,氨化溶液或浆料 140 可包括水溶液中溶解的氨和 CO_2 物种。在另一个实施方案中,除了溶解的氨、 CO_2 物种和水以外,氨化溶液或浆料 140 可包括碳酸氢铵的沉淀固体。

[0015] 在一个实施方案中,吸收系统 130 包括第一吸收器 132 和第二吸收器 134。但是,考虑吸收系统 130 可包括如图 2 说明的更多或更少的吸收器。

[0016] 如图 2 更详细地显示,将氨化浆料或溶液 140 以方向 A 引入吸收系统 130,如在第一吸收器 132 或第二吸收器 134 中,所述方向 A 与烟道气流 120 在吸收系统 130 中方向 B 的流动相反。当氨化浆料或溶液 140 接触烟道气流 120 时,将存在于烟道气流中的 CO_2 吸收并从中除去,从而形成富 CO_2 流 142 和含氨烟道气流 150 离开吸收系统 130。将至少一部分所得富 CO_2 流 142 从吸收系统 130 转移至再生塔 136 (图 1),其中可使富 CO_2 流 142 再生以形成氨化浆料或溶液 140,将其引入吸收系统 130。

[0017] 如上文提出,通过再循环来自吸收系统底部 (如富 CO_2 流 142) 的用过的氨化浆料或溶液,可将氨化浆料或溶液 140 提供至吸收系统 130。在另一个实施方案中,如下文更详细讨论,通过利用从系统 100 内的含氨烟道气流除去的氨,可将氨化浆料或溶液 140 提供至吸收系统 130。

[0018] 仍然参考图 2,在一个实施方案中,吸收系统 130 在低温,特别是在小于约 20 摄氏度 (20°C) 的温度操作。在另一个实施方案中,吸收系统 130 在约 0 摄氏度 - 约 20 摄氏度 (0°C - 20°C) 温度操作。在又一个实施方案中,吸收系统 130 在约 0 摄氏度 - 约 10 摄氏度 (0°C - 10°C) 温度操作。但是,系统在这方面无限制,因为考虑吸收系统 130 可在使用者和/或采用它的应用所期望或需要的任何温度操作。

[0019] 如图 1 显示,将离开吸收系统 130 的含氨烟道气流 150 引入洗涤器 160。系统 100 在这方面无限制,因为考虑洗涤器 160 可与产生含氨烟道气流的其它系统和方法联合使用,即可将洗涤器用于不含吸收系统 130 的系统。

[0020] 在一个实施方案中,洗涤器 160 减少存在于含氨烟道气流 150 中的氨及其它污染物的量,并形成含有减少氨的烟道气流 170。可将含有减少氨的烟道气流 170 释放至环境。虽然含有减少氨的烟道气流 170 可直接从洗涤器 160 释放至环境,但考虑可将含有减少氨的烟道气流 170 在排放至环境之前进一步处理,例如可将其通过直接接触冷却器冷却,或者在酸性溶液中洗涤以进一步减少污染物含量。

[0021] 另外,虽然未显示于图 1,考虑可在含有减少氨的烟道气流离开洗涤器 160 之前测量氨存在于含有减少氨的烟道气流 170 中的量或浓度。在另一个实施方案中,可在含有减少氨的烟道气流离开洗涤器 160 之后测量氨存在于含有减少氨的烟道气流 170 中的量或浓度。测量氨存在于含有减少氨的烟道气流 170 中的量让使用者在其释放至环境之前或之后就监测氨在含有减少氨的烟道气流 170 中的量。

[0022] 在一个实施方案中,洗涤器 160 配置以用洗涤器底部的开口 152 接受含氨烟道气流 150。虽然将开口 152 显示于洗涤器 160 底部,但考虑开口可在洗涤器的任何位置,且根据应用,不同系统之间的位置可不同。

[0023] 洗涤器 160 可具有一个或多个吸收段,总的在 161 显示,以促进从含氨烟道气流 150 吸收氨。在一个实施方案中,如图 3 显示,洗涤器 160 包括 3 个吸收段,第一吸收段 161a,第二吸收段 161b 和第三吸收段 161c。洗涤器 160 在这方面无限制,因为考虑洗涤器可具有比本文说明或描述更多或更少的吸收段。每个吸收段 161,如第一、第二和第三吸收段 161a、161b 和 161c,可包括质量转移设备 162 和溶液递送路径 163。

[0024] 质量转移设备 162 可包括填充,例如不规则填充、亲水填充和 / 或结构填充。不规则填充在本领域众所周知,指以无组织方式将填充材料引入吸收段。不规则填充的实例包括但不限于不同大小的塑料、金属和 / 或陶瓷填充材料,如具有不同直径的材料。不规则填充材料还可包括木材。亲水填充包括但不限于聚丙烯袋。

[0025] 结构填充在本领域众所周知,指以特定方式排列或组织的填充材料。通常,结构填充以一定方式排列以迫使流体采用复杂的路径,从而在液体与气体之间产生大接触表面积。结构填充包括但不限于用金属、塑料、木材等制成的结构。考虑不同的填充材料以不同的液体进入洗涤器 160 的流率促进氨除去或减少。另外,考虑不同的填充材料可在洗涤器 160 内提供更合适的压降。

[0026] 仍然参考图 3,将洗涤器 160 说明为配置以通过溶液递送路径 163 接收溶液 164。在一个实施方案中,溶液 164 从存在于洗涤器 160 中的含氨烟道气流 150 除去污染物。具体来讲,溶液 164 可以是含氨烟道气 150 除去氨的除氨溶液。从含氨烟道气流 150 除去氨导致形成含氨溶液 165 和含有减少的氨的烟道气流 170。

[0027] 在一个实施方案中,溶液 164 是水。在另一个实施方案中,溶液 164 是含有痕量污染物 (包括但不限于氨和二氧化碳 (CO₂)) 的水。

[0028] 将溶液 164 通过溶液递送路径 163 提供至洗涤器 160。如图 1 和 3 显示,每个吸收段 161 具有溶液递送路径 163,用于将溶液提供至各吸收段。

[0029] 在一个特定实施方案中,如图 3 显示,引入第一吸收段 161a 的溶液 164 包括溶液

164a,例如溶液 164a 来自吸收段 161a 底部,与由汽提塔 181 提供的水 180 合并。虽然本文未说明,但考虑引入第一吸收段 161a 的溶液 164a 不从第一吸收段 161a 底部再循环,而是从洗涤器 160 底部再循环,即从第三吸收段 161c 底部再循环。或者,引入第一吸收段 161a 的溶液 164a 可根本不从洗涤器 160 再循环,而是由汽提塔 181 提供的水 180。

[0030] 提供至第二吸收段 161b 的溶液 164 包括溶液 164b,是含有从底部吸收段 161b 再循环的低浓度氨和 CO_2 的水。溶液 164b 可以是例如穿过第一吸收段 161a 和第二吸收段 161b 的溶液 164a,以及穿过第一吸收段和第二吸收段的水 180,连同已穿过第二吸收段的溶液 164b 的组合。

[0031] 虽然本文未说明,考虑引入第二吸收段 161b 的溶液 164b 不从第二吸收段 161b 底部再循环,而是从洗涤器 160 底部再循环,即从第三吸收段 161c 底部再循环。或者,引入第二吸收段 161b 的溶液 164b 可根本不从洗涤器 160 再循环,而是由汽提塔 181 提供的水 180。

[0032] 提供至第三吸收段 161c 的溶液 164 包括溶液 164c,是含有从底部吸收段 161c 再循环的低浓度氨和 CO_2 的水。溶液 164c 可以是例如溶液 164,穿过第一、第二和第三吸收段 161a、161b 和 161c 的溶液 164a,以及穿过第二和第三吸收段的溶液 164b,连同穿过第一、第二和第三吸收段的水 180,和已穿过第三吸收段的溶液 164c 的组合。

[0033] 虽然本文未说明,考虑引入第三吸收段 161c 的溶液 164c 可根本不从洗涤器 160 再循环,而是由汽提塔 181 提供的水 180。

[0034] 如图 1 和 3 显示,在引入洗涤器 160 之前,从吸收段 161 底部再循环的溶液 164 可穿过贮存槽 166、泵 167 和热交换器 168。

[0035] 在各吸收段 161 顶部引入溶液 164。如图 3 显示,溶液 164 在方向 C 向下行进洗涤器 160 的长度 L。方向 C 与含氨烟道气流 150 向上行进洗涤器 160 长度 L 的方向 D 相反。可以理解,溶液 164 由于重力在方向 C 行进,而含氨烟道气流 150 由于几种因素(包括洗涤器 160 内的压降)在方向 D 行进。

[0036] 当溶液 164 在方向 C 行进时,它穿过各吸收段 161 的质量转移设备 162。同样,当含氨烟道气流 150 在方向 D 行进时,它穿过各吸收段 161 的质量转移设备 162。

[0037] 当溶液 164 在方向 C 向下行进洗涤器 160 的长度 L 或其一部分时,溶液的氨浓度增加,从而形成含氨溶液 165 离开洗涤器 160。相反,当含氨烟道气流 150 在方向 D 向上行进一定长度(如洗涤器 160 的长度 L 或其一部分)时,含氨烟道气流的氨浓度降低,从而形成含有减少氨的烟道气流 170 离开容器 160。

[0038] 在一个实施例中,将再循环的溶液 164a 在第一吸收段 161a 上方的洗涤器 160 顶部引入,在方向 C 向下行进洗涤器的长度 L。存在于离开第一吸收段 161a 的溶液 164a 的氨浓度高于进入第一吸收段 161a 的溶液 164 的氨浓度,因为溶液已接触在方向 D 向上行进洗涤器长度 L 的含氨烟道气流 150 并吸收其中的氨。在本实施方案中,在含氨烟道气流 150 中较大百分数的氨被从第一吸收段 161a 流向第二吸收段 161b 的溶液 164 吸收,因为溶液 164a “新鲜”,即尚未达到其最大氨负荷。

[0039] 如图 1 和 3 显示,溶液 164 落入洗涤器 160 底部,作为含氨溶液 165 从中除去,如图 1 显示,将含氨溶液 165 送至汽提塔 181,将其配置以通过至少一个开口(显示为开口 182)接收含氨溶液。

[0040] 在汽提塔 181 中,从含氨溶液 165 除去氨及其它污染物,比如 CO_2 以形成水 180。注意水 180 可以只是水 (H_2O),或者可以是具有例如痕量污染物比如氨的水。

[0041] 可将含氨溶液 165 通过泵 183 至热交换器 184 提供至汽提塔 181。在热交换器 184 中,将含氨溶液 165 用来自汽提塔 181 的水 180 加热。

[0042] 在提供至汽提塔 181 之前,可采集含氨溶液 165 的样品。例如,如图 1 显示,可在点 X 采集含氨溶液 165 的样品以测量存在于含氨溶液 165 中污染物(比如氨和 CO_2)的浓度。测量污染物的浓度可便于使用者改变系统 100 或汽提塔 181 的工艺参数。

[0043] 仍然参考图 1,在一个实施方案中,汽提塔 181 利用蒸汽 185 从含氨溶液 165 除去氨以及其它污染物,以形成将引入洗涤器 160 的水 180。在一个实施方案中,通过再利用系统 100 产生的热,例如由熔炉 122 产生的热,将蒸汽 185 提供至汽提塔 181。系统 100 在这方面无限制,因为考虑汽提塔 181 可利用其它技术以从含氨溶液 165 除去氨及其它污染物。

[0044] 通过从含氨溶液 165 除去氨,使溶液 164 再生,并作为水 180 提供至洗涤器。

[0045] 如图 1 显示,蒸汽 185 在汽提塔底部位置进入汽提塔 181。蒸汽 185 在方向 E 沿汽提塔 181 长度 Z 或其一部分行进。同时,含氨溶液 165 在方向 F 沿汽提塔 181 长度 Z 至少一部分行进,与蒸汽 185 行进的方向 E 相反。

[0046] 当含氨溶液 165 在方向 F 沿汽提塔 181 长度 Z 至少一部分行进时,它接触位于汽提塔中的质量转移设备 181a,以及汽提塔内在方向 E 沿汽提塔长度 Z 至少一部分行进的蒸汽 185。质量转移设备 181a 可以是填充材料,比如不规则填充材料或结构填充材料。汽提塔 181 可包括一个或多个质量转移设备 181a。如图 1 和 3 显示,汽提塔 181 具有三个质量转移设备 181a。但是,汽提塔 181 在这方面无限制,因为它可包括更多或更少质量转移设备 181a。

[0047] 蒸汽 185、质量转移设备 181a 的填充材料和含氨溶液 165 之间的接触导致从含氨溶液除去氨 186 以及形成无氨溶液,即水 180,从汽提塔 181 离开。

[0048] 在一个实施方案中,氨 186 在系统 100 再利用。例如,虽然未显示于图 1,考虑氨 186 作为氨化浆料或溶液 140 用于吸收系统 130。在系统 100 内再利用氨 186 防止或减少从系统释放至环境的氨量,这转而减少或消除对额外污染物补救方法的需要。而且,在系统 100 内再利用氨 186 减少系统需要的新鲜氨即非再循环氨的量。

[0049] 在一个实施方案中,汽提塔 181 在小于约 700 千帕 (700 kpasal) 的压力操作,它等于约 101 磅每平方英寸 [表压] (101psig)。在另一个实施方案中,汽提塔 181 在小于约 689.475 千帕 (689.475 kpasal) 的压力操作,它等于约 100 磅每平方英寸 [表压] (100psig)。在另一个实施方案中,汽提塔 181 在约 68.947 kpasal-约 689.475 kpasal 压力操作,它等于约 10 磅每平方英寸 [表压] (10 psig)-约 100 磅每平方英寸 [表压] (100 psig)。在又一个实施方案中,汽提塔 181 在小于约 68.947 kpasal 的压力操作,它等于约 10 磅每平方英寸 [表压] (10 psig)。

[0050] 汽提塔 181 在低压力,即小于约 700 kpasal 的压力操作,便于从引入汽提塔的溶液除去污染物。具体来讲,汽提塔 181 在小于约 700 kpasal 压力操作增加 CO_2 除去,这增加从含氨溶液除去氨的能力。

[0051] 另外,汽提塔 181 在低压力,即小于约 700 kpasal 的压力操作,便于将氨 186 直接送至吸收系统 130 用作氨化溶液或浆料 140,而不是对氨 186 进行进一步处理,如将其提

供至再生器中。在系统 100 内使用氨 186 可增加系统 100 的总效率和成本功效。

[0052] 术语“第一”、“第二”等在本文不表示任何顺序、数量或重要性,而是用于区分不同元件。术语“a”和“an”在本文不表示数量限制,而表示存在至少一个涉及物品。

[0053] 虽然已参考各种示例性实施方案描述本发明,本领域技术人员将理解,在不脱离本发明范围的情况下,可进行各种改变,且可用等价物代替其元件。此外,可在不脱离本发明基本范围的情况下进行许多修改以使特定情况或材料适应本发明的教导。因此,旨在本发明不限于作为实施本发明而考虑的最佳方式所公开的特定实施方案,而是本发明将包括落入所附权利要求范围内的所有实施方案。

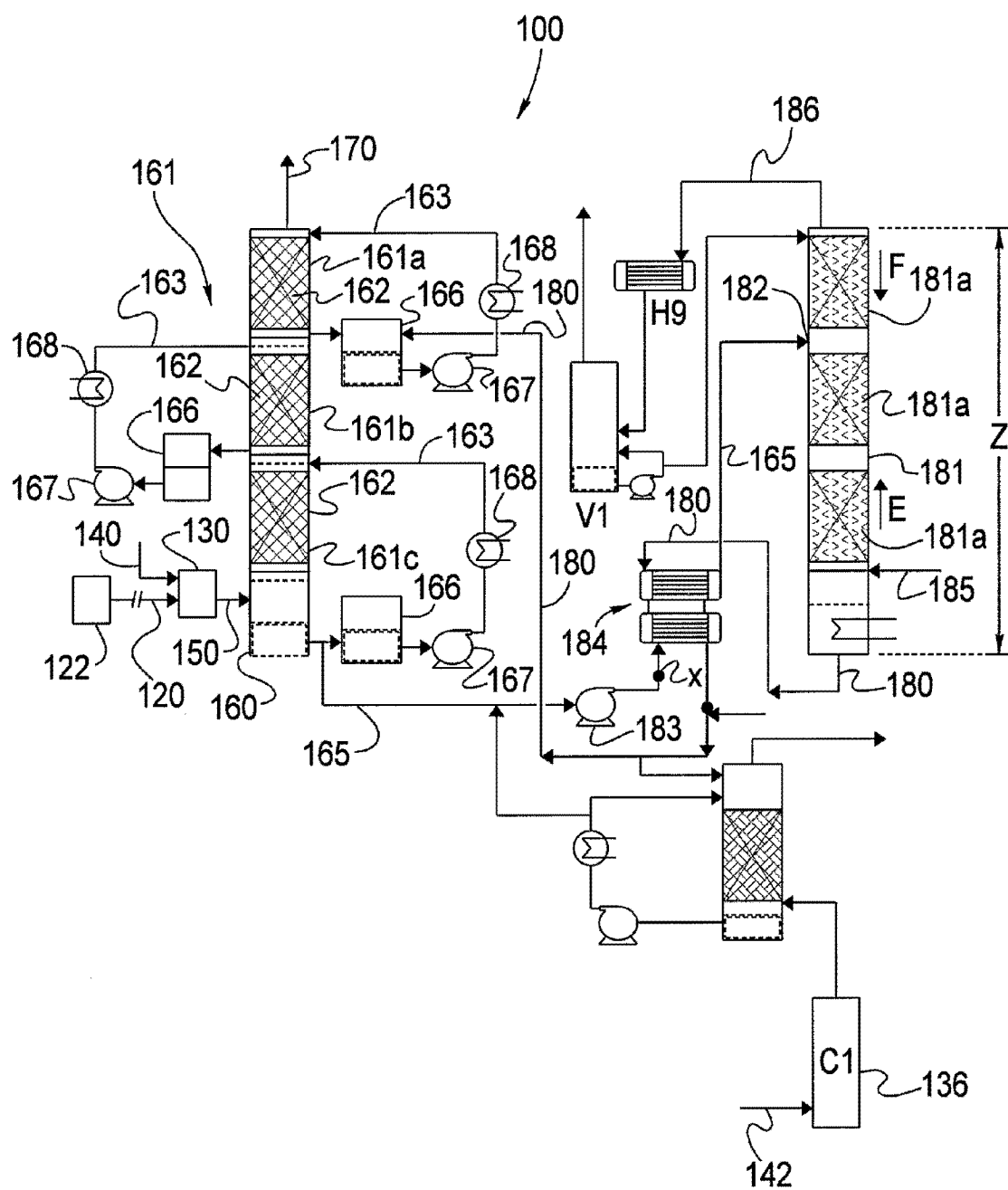


图 1

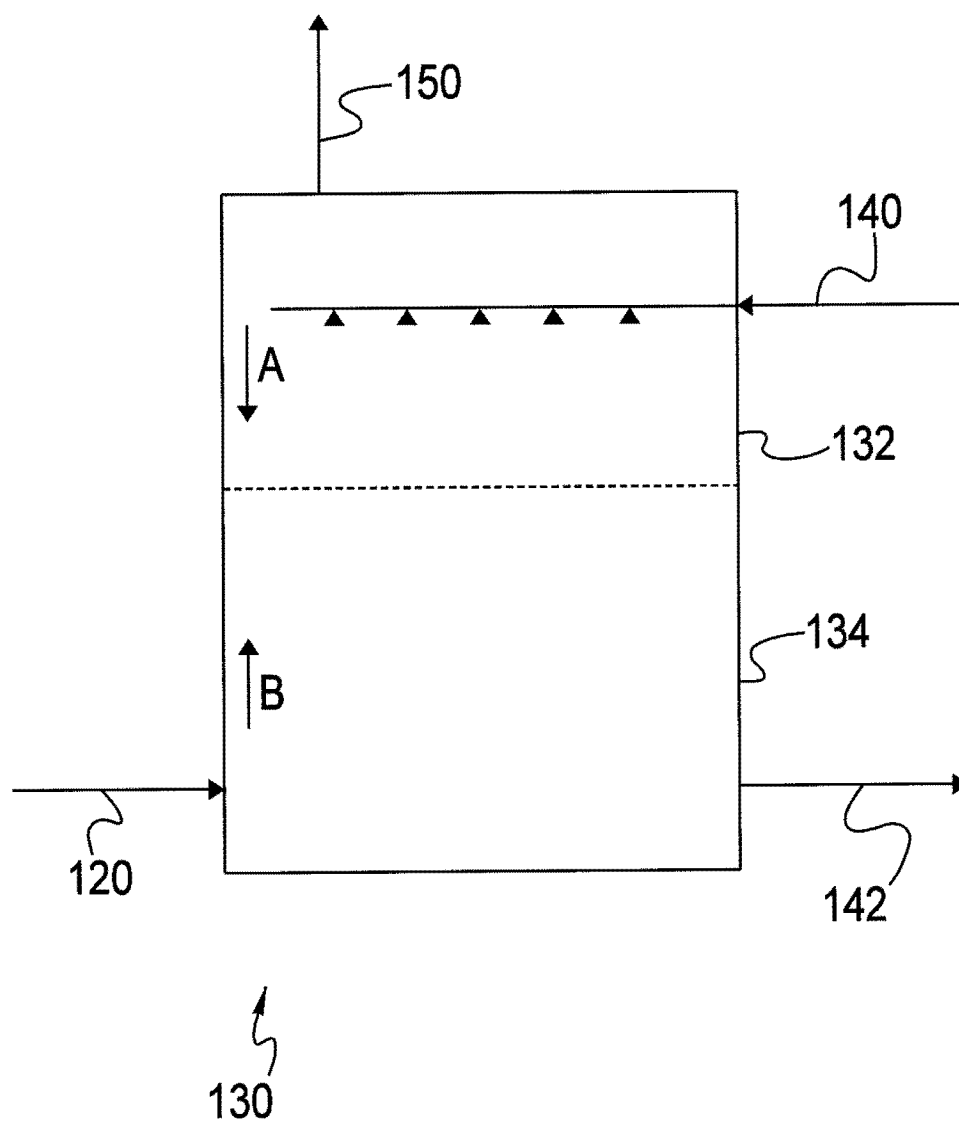


图 2

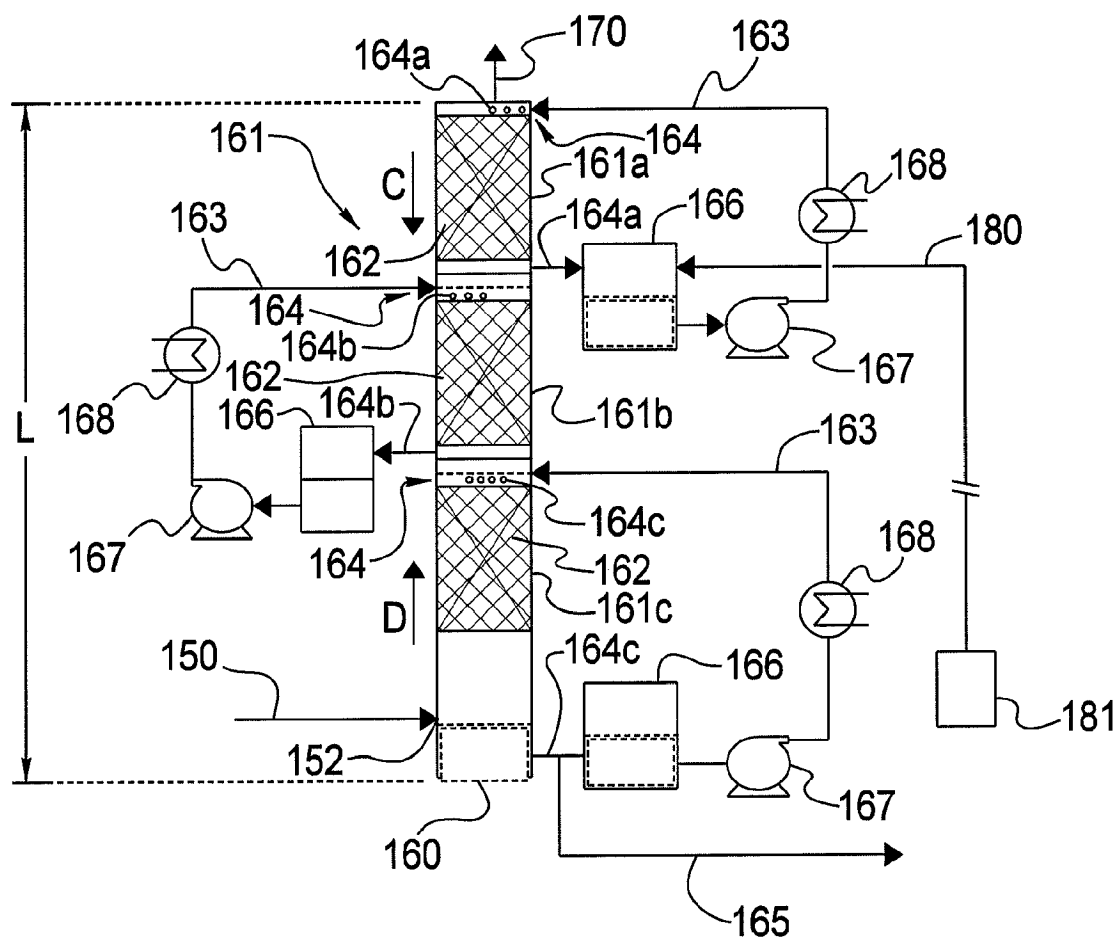


图 3