



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113423486 A

(43) 申请公布日 2021. 09. 21

(21) 申请号 201980072643.8

(22) 申请日 2019.10.30

(30) 优先权数据

62/752,836 2018.10.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.04.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2019/051536 2019.10.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/087167 EN 2020.05.07

(71) 申请人 斯万特有限公司

地址 加拿大不列颠哥伦比亚V5J 0B6

(72) 发明人 苏蕾·卡维

(74) 专利代理机构 北京乾诚五洲知识产权代理有限公司 11042

代理人 付晓青 杨玉荣

(51) Int.Cl.

B01D 53/02 (2006.01)

B01D 53/96 (2006.01)

B01J 20/02 (2006.01)

B01J 20/22 (2006.01)

B01J 20/283 (2006.01)

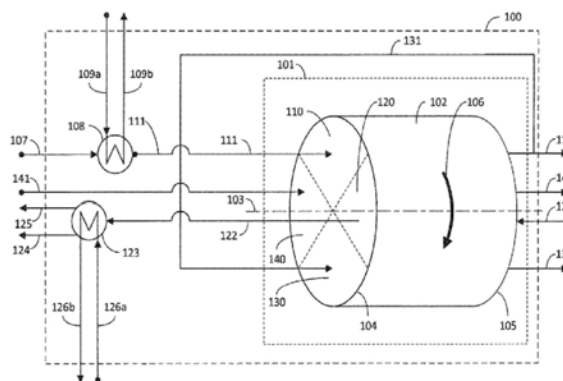
权利要求书3页 说明书17页 附图7页

(54) 发明名称

使用化学吸附剂的吸附气体分离方法

(57) 摘要

本发明提供了使用化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的吸附气体分离方法,用于从多组分流体混合物中分离第一组分,或者具体地说,用于从燃气气流中分离二氧化碳。所述吸附气体分离方法包括吸附步骤,其中,在吸附步骤的第一时期中回收第一产物流的第一部分,该第一产物流的第一部分包含第二组分例如氮气组分,且在吸附步骤的第二时期中回收第一产物流的第二部分,该第一产物流的第二部分包含第三组分,例如水组分。



1. 一种用于分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流的组分的吸附气体分离方法,所述吸附气体分离方法包括:

使所述供给流沿至少一个吸附剂通过;

使得所述供给流的所述第一组分吸附在所述吸附剂上;

产生第一产物流的第一部分;

产生所述第一产物流的第二部分;

使第一再生流沿所述吸附剂通过,用于从所述吸附剂解吸所述第一组分;

产生包含至少所述第一组分的第二产物流;以及

还包括以下至少一个:

回收以下至少一个:所述第一产物流的一部分所述第一部分、所述第二组分、一部分所述第二部分、所述第二组分或所述第三组分。

2. 根据权利要求1所述的吸附气体分离方法,还包括以下至少一个:使用所述第一产物流的所述第一部分和/或所述第二组分作为所述供给流和/或所述第一再生流的至少一部分;以及使用所述第一产物流的所述第二部分、所述第二组分和/或所述第三组分作为所述第一再生流的至少一部分。

3. 根据权利要求1所述的吸附气体分离方法,还包括:使第二再生流沿所述吸附剂通过,用于从所述吸附剂解吸所述第一组分和/或所述第三组分;以及至少以下一个:回收所述第一产物流的所述第一部分和/或所述第二组分的至少一部分,并使用所述第一产物流的所述第一部分和/或所述第二组分作为所述第二再生流的至少一部分;以及回收所述第一产物流的所述第二部分、所述第二组分和/或所述第三组分的至少一部分,并使用所述第一产物流的所述第二部分、所述第二组分和/或所述第三组分作为所述第二再生流的至少一部分。

4. 根据权利要求1、2或3所述的吸附气体分离方法,还包括:产生所述第一产物流的第三部分,回收所述第一产物流的所述第三部分和/或所述第一组分的所述至少一部分,以及使用所述第一产物流的所述第三部分和/或所述第一组分的所述至少一部分作为所述第一再生流的至少一部分、所述第二再生流的至少一部分和/或所述供给流的一部分。

5. 一种用于分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流的组分的吸附气体分离方法,所述吸附气体分离方法包括:

使所述供给流沿至少一个吸附剂通过;

使得所述供给流的所述第一组分吸附在所述吸附剂上;

产生包含至少所述第二组分和所述第三组分的第一产物流;

使第一再生流沿所述吸附剂通过,用于从所述吸附剂解吸所述第一组分;

产生包含至少所述第一组分的第二产物流;

其中,所述第一产物流的所述第三组分从所述第一产物流中回收。

6. 根据权利要求5所述的吸附气体分离方法,其中:当所述第一组分沿所述至少一个吸附剂通过时,所述第一组分吸附在该吸附剂上,并帮助解吸所述吸附剂上所吸附的任何第三组分,且所述解吸的第三组分形成所述第一产物流的一部分。

7. 根据权利要求5所述的吸附气体分离方法,其中:当所述第三组分沿所述至少一个吸附剂通过时,所述第三组分吸附在该吸附剂上,并帮助解吸所述吸附剂上所吸附的任何第

一组分,且所述解吸的第一组分形成所述第二产物流的一部分。

8. 根据权利要求5所述的吸附气体分离方法,其中:使所述第一再生流通过还包括使包含所述第三组分的所述第一再生流通过。

9. 根据权利要求8所述的吸附气体分离方法,其中:使所述第一再生流通过还包括使所述第一再生流在等于或大于所述第一再生流的冷凝温度的温度下通过。

10. 根据权利要求8或9所述的吸附气体分离方法,其中:使所述第一再生流通过还包括使附加包含所述第一组分的所述第一再生流通过。

11. 根据权利要求10所述的吸附气体分离方法,还包括:回收所述第一产物流的第一组分,并使得所述第一产物流的所述第一组分再循环作为所述第一再生流的至少一部分。

12. 根据权利要求5、8或9中任意一项所述的吸附气体分离方法,还包括:使得所述第一产物流的所述第三组分再循环作为所述第一再生流的至少一部分。

13. 根据权利要求5所述的吸附气体分离方法,还包括:使第二再生流沿所述吸附剂通过,用于从所述吸附剂解吸所述第一组分和所述第三组分中的至少一个,并产生第三产物流。

14. 根据权利要求13所述的吸附气体分离方法,还包括:回收所述第一产物流的第一部分,并使得所述第一产物流的所述第一部分再循环作为所述第二再生流的至少一部分。

15. 根据权利要求13或14所述的吸附气体分离方法,还包括:回收所述第一产物流的第二部分,并使得所述第一产物流的所述第二部分再循环作为所述第二再生流的至少一部分。

16. 根据权利要求13所述的吸附气体分离方法,还包括:从所述第一产物流中回收所述第二组分,并使得来自所述第一产物流的所述第二组分再循环作为所述第二再生流的至少一部分。

17. 根据权利要求13或14所述的吸附气体分离方法,还包括:使得所述第一产物流的所述第三组分再循环作为所述第二再生流的至少一部分。

18. 根据权利要求5或16所述的吸附气体分离方法,还包括:在第一时期中从所述第一产物流中回收所述第二组分。

19. 根据权利要求5、12或17所述的吸附气体分离方法,还包括:在第二时期中回收所述第一产物流的所述第三组分。

20. 根据权利要求11所述的吸附气体分离方法,还包括:在第三时期中回收所述第一产物流的所述第一组分。

21. 根据权利要求5、6、7或13中任意一项所述的吸附气体分离方法,其中:所述至少一个吸附剂是化学吸附剂、胺掺杂吸附剂、胺接枝二氧化硅、胺浸渍介孔二氧化硅、烷基胺浸渍多孔吸附剂、胺功能化多孔纳米聚合物、胺官能化有机骨架、胺官能化金属有机骨架、胺系多孔聚合物或它们的任意组合。

22. 根据权利要求5、6、7、10、11、13或20中任意一项所述的吸附气体分离方法,其中:所述第一组分是酸性气体或二氧化碳。

23. 根据权利要求5、16或18中任意一项所述的吸附气体分离方法,其中:所述第二组分是惰性组分或氮气。

24. 根据权利要求5、6、7、8、12、13、17或19中任意一项所述的吸附气体分离方法,其中:

所述第三组分是水、溶剂或可冷凝流体。

25. 一种用于分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流的组分的吸附气体分离方法, 所述吸附气体分离方法包括:

使所述供给流沿至少一个吸附剂通过;

使得所述第一组分吸附在所述至少一个吸附剂上;

产生包含至少所述第二组分和所述第三组分的第一产物流;

使第一再生流沿所述至少一个吸附剂通过;

从所述至少一个吸附剂解吸所述第一组分; 以及

回收所述解吸的第一组分,

其中, 在所述第一产物流中的所述第三组分的流量与在所述供给流中的所述第三组分的流量的比率在第二时期中比在第一时期中相对更大。

26. 根据权利要求25所述的吸附气体分离方法, 还包括: 在所述第二时期中回收所述第一产物流的所述第三组分。

27. 根据权利要求26所述的吸附气体方法, 还包括: 再循环所述回收的第三组分的至少一部分, 用作所述第一再生流的至少一部分。

28. 根据权利要求25所述的吸附气体分离方法, 还包括: 在所述第一期间中从所述第一产物流中回收所述第二组分, 其中, 在所述第一产物流中的所述第二组分的流量与在所述供给流中的所述第二组分的流量的比率在所述第一时期中比在所述第二时期中相对更大。

29. 根据权利要求25所述的吸附气体分离方法, 还包括: 使第二再生流通过, 用于从所述至少一个吸附剂中解吸所述第一组分和所述第三组分中的至少一个。

30. 根据权利要求29所述的吸附气体分离方法, 还包括: 使得所述回收的第二组分的至少一部分再循环, 用作所述第二再生物流的至少一部分。

31. 根据权利要求25至30中任意一项所述的吸附气体分离方法, 其中: 所述至少一个吸附剂为化学吸附剂、胺掺杂吸附剂、胺接枝二氧化硅、胺浸渍介孔二氧化硅、烷基胺浸渍多孔吸附剂、胺功能化多孔纳米聚合物、胺官能化有机骨架、胺官能化金属有机骨架、胺系多孔聚合物或者它们的任意组合。

使用化学吸附剂的吸附气体分离方法

技术领域

[0001] 本发明通常涉及用于使用固体化学吸附剂来从供给流中进行组分的吸附气体分离的方法。更具体地说,本发明涉及用于使用含胺的固体吸附剂来从供给流中进行酸性气体(例如二氧化碳)的吸附气体分离的方法。

背景技术

[0002] 在本领域中已知吸附气体分离方法和系统(例如温度摇摆吸附,压力摇摆吸附和分压摇摆吸附)用于多组分流体混合物的吸附气体分离。例如,可能需要气体分离的一种类型的工业处理包括燃烧处理,其中,氧化剂和含碳燃料燃烧,从而产生至少热量和燃气气流(也称为燃烧烟道气流)。从燃气气流中分离至少一个组分可能很有利,包括例如二氧化碳(CO₂)的燃烧后气体分离。

[0003] 在一个方面,在申请人的国际公开专利申请No.W02017/165974A1(标题为“ADSORPTIVE GAS SEPARATION PROCESS AND SYSTEM”)中公开了一种包括第一再生步骤、第二再生步骤的示例吸附方法以及包括该吸附方法的系统。W02017/165974A1公开了一种吸附气体分离方法,它使用第一再生步骤和第二再生步骤以及使用第一产物流作为第二再生步骤的第二再生流。

[0004] 化学吸附剂(例如胺掺杂吸附剂)已经展示了用于吸附气体分离方法和系统的所希望特征,例如在有H₂O时的较高CO₂吸附能力和CO₂/N₂选择性。不过,热和化学耐久性(例如化学吸附剂的吸附能力)在大量吸附-解吸循环后将显著降低。吸附能力的损失通常由于化学吸附剂与被吸附物(例如酸性气体或CO₂)的不希望反应、诱导降解机理和/或由流体流中存在的氧化剂来氧化(包括例如存在于解吸或再生流体流中的氧化剂)。当化学吸附剂暴露于升高温度时(例如在大于大约100℃的温度下),在中等氧气浓度的情况下(例如大约环境氧气浓度)和/或在低湿度或干燥条件下,氧化也可能发生和/或以较高速率增加。当化学吸附剂在相对较高温度和干燥条件下暴露于酸性气体(例如CO₂)时,可能会发生由吸附物或CO₂引起的降解机理。在流体流中的酸性气体或CO₂能够与吸附剂的胺位点相互作用,以便形成相对牢固结合的胺官能团或脲基团,在使用典型再生条件和能量的典型再生处理中,该胺官能团或脲基团可能阻碍CO₂的释放和湿度胺位点失活。

[0005] 美国专利No.9314730公开了一种使用湿供给气和/或湿清洗气来稳定含胺的CO₂吸附剂的性能的方法和系统以及一种通过在失活过程中形成的脲基团的水解来再生失活的含胺的CO₂吸附剂的方法。

[0006] 对于吸附气体分离方法,需要这样的化学吸附剂,该化学吸附剂有增加的耐久性 or 设计寿命,同时减少了源自吸附分离器和吸附系统外部的水量,这能够降低吸附气体分离方法和/或系统的复杂性、投资成本和操作成本。

发明内容

[0007] 在根据本发明的各种实施例中,提供了一种吸附气体分离方法,用于从供给流中

分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流组分。

[0008] 在本发明的广义方面,一种用于分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流的组分的吸附气体分离方法包括:使得供给流沿至少一个吸附剂通过,用于将供给流的第一组分吸附在吸附剂上;产生第一产物流的第一部分;产生第一产物流的第二部分;使得第一再生流沿吸附剂通过,用于从吸附剂上解吸第一组分;产生包含至少第一组分的第二产物流;回收第一产物流的第一部分和/或第二组分的至少一部分;以及回收第一产物流的第二部分、第二组分和/或第三组分的至少一部分。

[0009] 在本发明的另一广义方面,一种用于分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流的组分的吸附气体分离方法包括:使得供给流沿至少一个吸附剂通过,用于将供给流的第一组分吸附在吸附剂上;产生包含至少第二组分和第三组分的第一产物流;使得第一再生流沿吸附剂通过,用于从吸附剂上解吸第一组分;以及产生包含至少第一组分的第二产物流,其中第一产物流的第三组分从该第一产物流中回收。

[0010] 在本发明的另一广义方面,一种用于分离包含至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流的组分的吸附气体分离方法包括:使得供给流沿吸附剂通过,用于将供给流的第一组分吸附在吸附剂上;产生包含至少第二组分和第三组分的第一产物流;使得第一再生流沿吸附剂通过,用于从吸附剂中解吸第一组分;以及回收解吸的第一组分,其中在第一产物流中的第三组分的浓度或流量与在供给流中的第三组分的浓度或流量的比率将在第二时期中比在第一时期中相对更大。

附图说明

[0011] 下面将参考附图介绍根据本发明各种实施例的、用于从多组分流体混合物中进行至少第一组分的吸附气体分离的方法,附图中:

[0012] 图1a是本发明实施例的流程图,表示了用于从供给流中分离至少第一、第二和第三组分以及回收至少一部分第三组分以便作为一部分第一再生流进行再循环的方法的预备循环和稳定循环;

[0013] 图1b是本发明实施例的流程图,表示了用于从供给流中分离至少第一、第二和第三组分以及回收至少一部分第三组分以便作为一部分第一再生流进行再循环的方法的预备循环的步骤;

[0014] 图2是表示在使用物理吸附剂的吸附气体分离方法的吸附步骤中在从接触器回收的第一产物流中的二氧化碳(CO_2)、氮气(N_2)和水(H_2O)的浓度(体积)的曲线图;

[0015] 图3是表示在使用化学吸附剂(例如胺掺杂吸附剂)的吸附气体分离方法的吸附步骤中在从接触器回收的第一产物流中的二氧化碳(CO_2)、氮气(N_2)和水(H_2O)的浓度(体积)的曲线图;

[0016] 图4是本发明实施例的流程图,表示了用于从供给流中分离至少第一、第二和第三组分以及回收至少一部分第三组分以便作为一部分第一再生流进行再循环的方法的稳定循环的步骤;

[0017] 图5是根据图4的流程图;以及

[0018] 图6是表示包括吸附分离器的吸附气体分离系统或吸附分离系统的简化示意图,该吸附分离器有化学吸附剂或胺掺杂吸附剂。吸附气体分离器流体连接成接收一部分第一

产物流作为第二再生流。

具体实施方式

[0019] 本文使用的术语“化学吸附剂”是指包括(但不限于)胺掺杂吸附剂。

[0020] 本文使用的术语“胺掺杂吸附剂”是指包括但不限于胺接枝二氧化硅、胺浸渍介孔二氧化硅、烷基化胺浸渍多孔吸附剂、胺功能化多孔纳米聚合物、胺官能化有机骨架、胺官能化金属有机骨架、胺系多孔聚合物和/或它们的任意组合,并可以与它们互换地使用。

[0021] 本文使用的术语“供给流”是指包括燃气气流、烟道气流、处理供给流、处理流、处理废料流、环境空气流和/或它们的任意组合,并可以与它们互换地使用。

[0022] 本文使用的术语“第一组分”是指包括酸性气体组分、二氧化碳组分、氧化硫组分、氮氧化物组分或重金属化合物,并可以与它们互换地使用。

[0023] 本文使用的术语“第二组分”是指包括惰性组分、氮气组分或氧气组分,并可以与它们互换地使用。

[0024] 本文使用的术语“第三组分”是指包括水组分、溶剂或可冷凝流体,并可以与它们互换地使用。

[0025] 本文使用的术语“流量”是指与特殊流相关联的每单位时间摩尔或克的物质质量。

[0026] 本文使用的术语“预备循环”是指介绍了启动循环,该启动循环包括至少吸附步骤和随后的再生步骤,用于使吸附剂饱和或负载至少一个组分,准备稳定循环。

[0027] 本文使用的术语“稳定循环”是指介绍了处理循环,该处理循环包括至少吸附步骤和随后的再生步骤,其中,该处理循环重复进行,且从吸附分离器回收的第一产物流和/或第二产物流将在循环的任何给定时间都在流量和组分上基本类似。也可选择,在第一和第二产物流中包含的第一组分、第二组分和第三组分的整体量将在各循环中基本重复。

[0028] 本文使用的术语“吸附分离器”是指介绍了一种装置,该装置包含至少一个吸附剂,用于从供给流中分离至少一个组分。吸附分离器能够包括一个或多个接触器,各接触器能够包括至少一个吸附剂,且各子单元能够设置有基本类似或不同的吸附剂。术语“接触器”可以在本文中与所述“吸附分离器”互换地使用。吸附处理能够使用至少一个吸附分离器。在使用多个吸附分离器的应用中,各吸附分离器能够设置有基本类似或不同的吸附剂,且各吸附分离器能够在基本类似或不同的处理循环中操作。

[0029] 在吸附或吸附处理的某些操作条件下,例如,在低湿度或干燥的操作条件下在升高温度下和/或暴露于具有较高氧气水平的流体流中,化学吸附剂(例如胺掺杂吸附剂)可能在大量的吸附和解吸循环后降低或损失吸附能力或者降低耐久性,这可能是例如吸附剂位点失活和/或氧化的结果。为了减少吸附剂位点的失活和提高耐久性,优选是在吸附处理中使用包含水分和/或降低氧气水平(例如低于周围空气中的氧气浓度)的流体流。

[0030] 在一些地理位置和/或应用中,水的合适供给可能受到限制和/或成本高,这成为实施具有增加耐久性(由于采用包含水分的流体流)的吸附处理的障碍。优选是使得吸附处理减少或基本消除源自吸附气体分离处理和/或吸附气体分离器外部的水量,这导致有利地降低了吸附气体分离方法和/或吸附气体分离器的复杂性、资金成本和操作成本。

[0031] 根据本发明的实施例,提供了一种吸附气体分离方法(这里称为“吸附处理”),用于多组分流体混合物或供给流的吸附气体分离,该多组分流体混合物或供给流包括至少第

一组分(例如酸性气体组分、二氧化碳组分、氧化硫组分、氮氧化物组分或重金属化合物)、第二组分(例如惰性组分、氮气组分或氧气组分)和第三组分(例如水组分、溶剂或可冷凝流体)。在实施例中,吸附处理能够例如通过使用根据本发明实施例的吸附气体分离器(在本文中称为“吸附分离器”而合适地使得至少一部分第一组分从多组分流体混合物或供给流中分离,该多组分流体混合物或供给流能够包括例如由燃料燃烧器产生的燃气气流或烟道气流(在本文中称为“燃气气流”)、处理供给流、处理流、处理废物流、环境空气流和/或它们的任意组合,该吸附气体分离器包括至少一个接触器,该接触器有附接于其上的至少一个吸附剂。在一个方面,吸附处理能够特别适用于气体分离应用,其中,吸附分离器和/或至少一个接触器将:使用至少一个吸附剂,例如化学吸附剂,如胺掺杂吸附剂,包括但不限于胺接枝二氧化硅、胺浸渍介孔二氧化硅、烷基化胺浸渍多孔吸附剂、胺功能化多孔纳米聚合物、胺官能化有机骨架、胺官能化金属有机骨架、胺系多孔聚合物和它们的任意组合;使用至少一个包含水分的流体流来用于吸附处理;以及减少或基本消除源自吸附处理和/或吸附分离器外部的水量。在实施例中,吸附处理特别适合温度摇摆处理、分压摇摆处理、湿度摇摆处理、压力摇摆处理、真空摇摆处理和/或它们的任意组合。在另一实施例中,化学吸附剂或胺掺杂吸附剂能够是固体吸附剂。在一个实施例中,吸附处理能够包括多个步骤,其中,处理步骤在多个循环中循环地重复。在另一实施例中,吸附处理能够包括在稳定循环之前的至少一个预备循环,其中,为了能够和/或实现稳定循环而能够使用该至少一个预备循环,该稳定循环能够在需要时可选地基本连续地循环。

[0032] 在实施例中,吸附处理包括至少一个预备循环,其中,该至少一个预备循环能够用于使吸附剂(例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂)基本饱和或负载有一种或多种组分,例如第一组分(例如酸性气体组分、氧化硫组分、氮氧化物组分、二氧化碳(在本文中称为“CO₂”)组分或重金属化合物)和/或第三组分(例如水、溶剂或可冷凝气体),且该至少一个预备循环能够和/或实现稳定循环,然后,该稳定循环能够基本连续地循环和操作。在一个实施例中,吸附处理包括重复至少一个预备循环,直到第一产物流中的第三组分突破,形成和/或产生一部分第一产物流;直到第一产物流包括第三组分和/或第一产物流达到或获得等于或高于第三组分的预定阈值的量。在一个实施例中,吸附处理包括重复至少一个预备循环,直到第二产物流中的第一组分突破,形成和/或产生一部分第二产物流;直到第二产物流包括第一组分和/或第二产物流达到或获得等于或高于第一组分的预定阈值的量。

[0033] 图1a是本发明实施例的流程图,表示了吸附处理200的预备循环202和稳定循环210。至少一个预备循环202能够用于使得吸附剂基本饱和或负载有一种或多种组分,其中,在一个或多个预备循环202之后,能够进行产物流的测量,以便确定吸附剂是负载还是未负载。当吸附剂未负载时,重复预备循环206能够开始和重复预备循环202的。当吸附剂负载时,终止预备循环208能够导致终止预备循环202,和/或稳定循环210能够在需要时通过重复稳定循环212来重复,或能够通过终止稳定循环294和结束296来终止。

[0034] 图1b是本发明实施例的流程图,表示了吸附处理的预备循环的步骤。在实施例中,预备循环202包括吸附步骤222和至少一个再生步骤224。在一个实施例中,吸附步骤222还包括:可选的允许进入230,用于允许供给流进入和/或通过接触器;通过232,用于使供给流沿至少一个吸附剂(例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂)通过;吸附和产生234,用于在至少一个吸附剂上和/或吸附剂中吸附供给流的第一组分(例如酸性气体组分、氧化硫组分、氮氧

化物组分、CO₂组分或重金属化合物)和第三组分(例如水、溶剂或可冷凝流体),并产生第一产物流,该第一产物流包括第二组分,例如惰性组分、氮气(本文中称为“N₂”)组分或氧气组分,并可选地相对于供给流减少第三组分;以及回收236,用于可选地从接触器回收和/或排出第一产物流。在一个实施例中,再生步骤224还包括:可选的允许进入240,用于允许再生流(例如第一再生流,如包含第三组分的流体流)进入接触器;通过242,用于使再生流沿至少一个吸附剂通过;吸附244,用于将再生流的至少一部分第三组分吸附在该至少一个吸附剂上;解吸246,用于解吸在吸附剂上吸附的至少一部分第一组分;产生248,用于产生第二产物流,该第二产物流包括至少第一组分;以及回收250,用于可选地从接触器回收第一组分和/或第二产物流。在回收250和/或再生步骤224之后,能够进行决定204,例如,吸附剂负载或吸附剂未负载。当决定204的结果是吸附剂饱和或负载,并终止预备循环208时,预备循环202能够导致可选的结束258,随后进行吸附或吸附处理的稳定循环(图1b中未示出)。在还一实施例中,预备循环202包括(在再生步骤224之后和在决定204之前)可选的第二再生步骤(图1b中未示出)和/或可选的冷却步骤(图1b中未示出)。

[0035] 在一个实施例中,预备循环的吸附步骤和随后的至少一个再生步骤能够重复,这样,在吸附步骤和至少一个再生步骤中,第三组分(包含在供给流和/或再生流中)吸附在至少一个吸附剂上,直到吸附剂负载有第三组分。在使用吸附剂(例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂)的吸附处理的一个方面,在预备循环和/或稳定循环中,第三组分可以吸附到吸附剂上,并从例如吸附步骤传送至再生步骤,和/或从再生步骤传送至吸附步骤。

[0036] 在一个实施例中,当例如在吸附步骤中产生的第一产物流相对于供给流减少第三组分,和/或包含的第三组分的浓度或流量小于供给流中第三组分的浓度或流量时,接触器(该接触器有固定于其上的至少一个吸附剂)和/或该至少一个吸附剂能够认为是未负载。

[0037] 在另一实施例中,当在吸附步骤中产生的第一产物流相对于供给流富含第三组分,和/或包含的第三组分的流量大于供给流中第三组分的流量时,接触器和/或至少一个吸附剂能够认为是负载,这能够在吸附步骤中当供给流的第一组分吸附在至少一个吸附剂上,并帮助解吸(吸附在该至少一个吸附剂上的)任何第三组分(该第三组分能够形成第一产物流的至少一部分)时获得。

[0038] 在另一实施例中,当在再生步骤(或第一再生步骤)中产生的第二产物流相对于供给流富含第一组分,和/或包含的第一组分的浓度或流量大于供给流中第一组分的浓度或流量时,接触器和/或至少一个吸附剂能够认为是负载,这能够在再生步骤中当第一再生流的第三组分吸附在该至少一个吸附剂上,并帮助解吸(吸附在该至少一个吸附剂上的)任何第一组分(该第一组分可形成第二产物流的至少一部分)时获得。在另一实施例中,当从接触器或接触器的端部发生或检测到第一产物流中的第三组分和/或第二产物流中的第一组分突破时,当第一产物流包含第三组分时,和/或当第二产物流包含第一组分时,预备循环可以完成和终止,和/或开始随后的稳定循环。

[0039] 通常,用于吸附或吸附处理的供给流能够是具有多种组分的多组分流体混合物,其中,各单独组分能够对于在接触器中使用的吸附剂具有不同的亲和力。在实施例中,吸附处理能够包括第一组分、第二组分或惰性组分和第三组分的气体分离。在实施例中,第一组分能够包含酸性气体组分、氧化硫组分、氮氧化物组分、CO₂组分或重金属化合物;第二组分能够包含氮气(下文中称为“N₂”)组分,且第三组分能够包含水(下文中称为“H₂O”)组分。

[0040] 在本领域已知的典型吸附或吸附气体分离方法中,能够使用常规的物理吸附剂,例如沸石和活性炭,其中,第一组分或 CO_2 组分能够对于吸附剂具有相对中等或平均的亲合力(相对于在供给流或燃气气流中的其它组分),第二组分或 N_2 组分能够对于吸附剂具有相对较弱的亲合力,而第三组分或 H_2O 组分能够对于吸附剂具有相对较强的亲合力。

[0041] 图2是由本发明人通过测试使用物理吸附剂的典型已知的吸附气体分离方法而产生的数据结果的曲线图,该吸附气体分离方法在基本稳定循环中操作(在预备循环中操作之后)。y轴线表示体积浓度(百分数),x轴线表示时间(秒)。模拟典型燃气气流的流体流用作接触器的供给流,同时质谱仪用于测量从接触器产生和回收的第一产物流。用于质谱仪的传感器位于接触器的出口附近。附加测试使用燃气气流作为供给流来进行,表示了类似的结果。图2表示了在吸附处理的吸附步骤中从接触器(该接触器有固定于其上的至少一个物理吸附剂)回收的第一产物流的第一组分或 CO_2 (曲线10)、第二组分或 N_2 (曲线12)和第三组分或 H_2O (曲线14)的体积浓度。第一时期16能够代表当第二组分或 N_2 通过接触器时和/或在第一组分或 CO_2 从接触器的端部或出口突破之前的吸附步骤,而第二时期18能够代表在 CO_2 突破后的吸附步骤。在第一时期16中产生第一产物流的第一部分,在第一产物流的第一部分中第一组分或 CO_2 的浓度(曲线10)小于在供给流中第一组分或 CO_2 的浓度,在第一产物流的第一部分中第二组分或 N_2 的浓度(曲线12)大于在供给流中第二组分或 N_2 的浓度,而在第一产物流的第一部分中第三组分或 H_2O 的浓度(曲线14)与在供给流中第三组分或 H_2O 的浓度基本类似。在第二时期18产生第一产物流的第二部分,在第一产物流的第二部分中第一组分或 CO_2 的浓度(曲线10)接近在供给流中第一组分或 CO_2 的基本类似浓度,在第一产物流的第二部分中第二组分或 N_2 的浓度(曲线12)接近在供给流中第二组分或 N_2 的基本类似浓度,而在第一产物流的第二部分中第三组分或 H_2O 的浓度(曲线14)基本类似于在供给流中第三组分或 H_2O 的浓度。在第一产物流中第三组分或 H_2O 的浓度(曲线14)在第一时期16产生的第一产物流的第一部分中和在第二时期18产生的第一产物流的第二部分中都保持基本不变。在第一产物流中第二组分的浓度与在供给流中第二组分的浓度的比率在第一时期16产生的第一产物流的第一部分中比在第二时期18产生的第一产物流的第二部分中相对更大。在第一产物流中第三组分的浓度与在供给流中第三组分的浓度的比率在第一时期16产生的第一产物流的第一部分中和在第二时期18产生的第一产物流的第二部分中基本相同或基本类似。这样没有差异突出了现有吸附处理的缺点。

[0042] 与物理吸附剂相反,在本发明实施例中,能够这样的方式使用化学吸附剂(例如胺掺杂吸附剂),其中,第一组分(例如 CO_2)组分能够对于吸附剂具有相对较强的亲合力,第三组分(例如 H_2O 组分)能够对于吸附剂具有相对较强的亲合力,且第一组分和第三组分能够对于吸附剂具有相对增强的共吸附亲合力(相对于在供给流或燃气气流中的其它组分),而第二组分(例如 N_2)能够对于吸附剂具有相对较弱的亲合力,这样,第一组分和第三组分对于吸附剂具有在相同数量级的亲合力。

[0043] 图3是使用化学吸附剂(例如胺掺杂吸附剂)的本发明实施例的曲线图。y轴线表示体积浓度(百分数),x轴线表示时间(秒)。图3表示了由本发明人测试实施例的吸附或吸附处理而产生的数据结果,特别是在基本大约稳定循环中操作(在预备循环之后操作)的吸附气体分离处理的吸附步骤。使用模拟典型燃气气流的流体流作为用于接触器的供给流,同时使用质谱仪来测量从接触器产生和回收的第一产物流。用于质谱仪的传感器位于接触器

出口附近。附加测试使用燃气气流作为供给流来进行,表示了类似的结果。图3表示了从接触器回收的第一产物流的第一组分或 CO_2 (曲线20)、第二组分或 N_2 (曲线22) 和第三组分或 H_2O (曲线24) 的体积浓度。如图所示,第一时期26代表当第二组分通过接触器时和/或在第三组分(例如 H_2O) 和第一组分(例如 CO_2) 突破之前的吸附步骤,而第二时期28代表在第三组分突破时(和第一组分突破之前)的吸附步骤,第三时期30代表第一组分突破时的吸附步骤。在第一时期26中产生第一产物流的第一部分,在第一产物流的第一部分中第一组分或 CO_2 的浓度(曲线20) 小于在供给流中第一组分或 CO_2 的浓度,在第一产物流的第一部分中第二组分或 N_2 的浓度(曲线22) 大于在供给流中第二组分或 N_2 的浓度,而在第一产物流的第一部分中第三组分或 H_2O 的浓度(曲线24) 接近在供给流中第三组分或 H_2O 的基本类似浓度。还在第一时期26,在第一产物流的第一部分中第三组分或 H_2O (曲线24) 上的点27表示第三组分的浓度大于供给流中第三组分的浓度,这是用于第三组分吸附在吸附剂和由先前的再生步骤来传送。在第二时期28中产生第一产物流的第二部分,在第一产物流的第二部分中第一组分或 CO_2 的浓度(曲线20) 小于在供给流中第一组分或 CO_2 的浓度,在第一产物流的第二部分中第二组分或 N_2 的浓度(曲线22) 接近在供给流中第二组分或 N_2 的基本类似浓度,而在第一产物流的第二部分中第三组分或 H_2O 的浓度(曲线24) 大于在供给流中第三组分或 H_2O 的浓度。在第三时期30中产生第一产物流的第三部分,在第一产物流的第三部分中第一组分或 CO_2 的浓度(曲线20) 接近在供给流中第一组分或 CO_2 的基本类似浓度,在第一产物流的第三部分中第二组分或 N_2 的浓度(曲线22) 接近在供给流中第二组分或 N_2 的基本类似浓度,而在第一产物流的第三部分中第三组分或 H_2O 的浓度(曲线24) 接近在供给流中第三组分或 H_2O 的基本类似浓度。在第一产物流中第二组分的浓度与在供给流中第二组分的浓度的比率在第一时期26产生的第一产物流的第一部分中比在第二时期28产生的第一产物流的第二部分中相对更大。在第一产物流中第三组分的浓度与在供给流中第三组分的浓度的比率在第二时期28产生的第一产物流的第二部分中比在第一时期26产生的第一产物流的第一部分中相对更大。第一产物流中(特别是在第二时期28产生的第一产物流的第二部分中) 第三组分或 H_2O 的浓度分布图(曲线24),有利地使得能够将第三组分或 H_2O 回收和利用于吸附处理。

[0044] 在根据本发明的特殊实施例中,吸附分离器和/或接触器包括:至少一个吸附剂,例如化学吸附剂,如胺掺杂吸附剂,包括但不限于胺接枝二氧化硅、胺浸渍介孔二氧化硅、烷基化胺浸渍多孔吸附剂、胺功能化多孔纳米聚合物、胺官能化有机骨架、胺官能化金属有机骨架、胺系多孔聚合物以及它们的任意组合;以及可选的外壳(用于容纳该至少一个接触器)。化学吸附剂或胺掺杂吸附剂能够是固体。

[0045] 图4是本发明实施例的流程图,表示了用于吸附处理的稳定循环的步骤。在方法实施例中,吸附处理包括至少一个稳定循环210,该稳定循环210还包括至少吸附步骤260以及至少一个再生步骤262。在一个实施例中,吸附步骤260包括:允许进入270,用于允许供给流(例如由燃料燃烧器产生的燃气气流、处理供给流、处理流、处理废料流、环境空气流、或者它们的任意组合) 进入接触器;通过272,用于使供给流沿至少一个吸附剂(例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂) 通过;吸附和产生274,用于使得供给流的第一组分(例如酸性气体、氧化硫组分、氮氧化物组分、 CO_2 组分或重金属化合物) 吸附在至少一个吸附剂上,并产生第一产物流,该第一产物流包含第二组分(例如惰性组分、 N_2 组分或氧气组分) 和第三组分(例如

水、溶剂或可冷凝流体)；以及回收276，用于可选地从接触器中回收和排出第一产物流。在一个实施例中，至少一个再生步骤262包括：允许进入280，用于允许再生流(例如第一再生流，例如包括第三组分和可选的第一组分的流体流)进入接触器中；通过282，用于使再生流沿该至少一个吸附剂通过；吸附284，用于使得再生流的至少一部分第三组分吸附在该至少一个吸附剂上；解吸286，用于解吸在吸附剂上吸附的至少一部分第一组分；产生288，用于产生第二产物流，该第二产物流包含至少第一组分；回收290，用于可选地从接触器回收第一组分和/或第二产物流。在回收290和/或再生步骤262之后，能够进行决定292，例如重复的稳定循环212或终止稳定循环294。在重复稳定循环210和开始吸附步骤260之前，能够采用可选的第二再生步骤(图4中未示出)和/或可选的冷却步骤(图4中未示出)。终止稳定循环294能够导致结束296。在还一实施例中，稳定循环210包括(在再生步骤262之后和在决定294之前)可选的第二再生步骤(图4中未示出)、可选的调节步骤(图4中未示出)和/或可选的冷却步骤(图4中未示出)。在替代实施例中，稳定循环210包括决定292、重复稳定循环212和终止稳定循环294。

[0046] 在还一实施例中，吸附处理包括以下至少一个：在第一产物流中第三组分的流量与在供给流中第三组分的流量的比率在吸附步骤的第二时期产生的第一产物流的第二部分中比在吸附步骤的第一时期产生的第一产物流的第一部分中相对更大；从第一产物流中回收第三组分；从在吸附步骤的第二时期产生的第一产物流的第二部分中回收第三组分；再循环和/或使用从第一产物流中回收的至少一部分第三组分，用于使得至少一部分再生流(例如第一再生流和/或第二再生流)与产生产物流的接触器相同或不同的接触器(该接触器在相同或不同的稳定循环下操作)接触。

[0047] 在根据本发明的方法实施例中，在吸附处理的稳定循环中，初始或吸附步骤包括：可选地允许供给流(例如燃气气流、处理供给流、处理废物流、环境空气流和/或它们的任意组合)进入和通过至少一个接触器，该供给流有第一组分(例如酸性气体组分、 CO_2 组分、硫化硫组分、氮氧化物组分或重金属化合物)、第二组分(例如惰性组分、 N_2 组分或氧气组分)和第三组分(例如 H_2O 组分、溶剂或可冷凝流体)；使供给流沿至少一个吸附剂通过；以及在至少一个接触器的至少一个吸附剂上吸附供给流的至少一部分第一组分。当供给流接触至少该一个接触器的至少一个吸附剂(例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂)时，供给流的至少一部分第一组分(例如 CO_2 组分)和可选的第三组分(例如 H_2O)能够吸附(例如吸收和/或吸附)在至少一个吸附剂上，从而使得至少第一组分和可选的第三组分与供给流的剩余未吸附组分分离。

[0048] 在特殊的方法实施例中，吸附步骤还包括吸附步骤的第一时期(基本与吸附步骤同时)，其中，第一产物流的第一部分能够可选地从至少一个接触器回收，该第一产物流的第一部分有第二组分(例如 N_2 组分)，该第二组分的体积流量等于或大于例如大约80%、大约85%、大约90%或大约95%，可选地减少第一组分(例如 CO_2 组分)。在方法实施例中，吸附步骤的第一时期包括：可选地允许供给流进入包含至少一个吸附剂(例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂)的至少一个接触器；使得供给流沿至少一个吸附剂通过；在至少一个接触器的至少一个吸附剂上吸附供给流的至少一部分第一组分；产生第一产物流的第一部分；可选地从该至少一个接触器回收第一产物流的第一部分；可选地，使得第二组分(例如 N_2 组分)从第一产物流的第一部分中进一步分离和回收；以及回收或排出第一产物流的第一部分。

在实施例中,吸附处理能够包括:使用(并允许进入至少一个接触器中)第一产物流的第一部分的至少一部分和/或从第一产物流的第一部分回收的第二组分(例如 N_2 组分)来作为以下至少一个:在吸附步骤中的一部分供给流;在再生步骤中的至少一部分再生流;在第一再生步骤中的至少一部分第一再生流;和/或在可选的第二再生步骤中的至少一部分可选第二再生流。在一个实施例中,可选地从至少一个接触器回收的第一产物流的第一部分的至少一部分能够在排入大气之前进入下游气体处理装置中。在一个方面,当达到预定值时(例如,当经过预定的吸附时间时,和/或当在第一产物流的第一部分中获得第二组分或第三组分中的至少一个的预定流量时),能够完成和终止吸附步骤的第一时期,该吸附步骤的第一时期产生第一产物流的第一部分和/或回收第一产物流的第一部分。在一个方面,在完成和/或终止吸附步骤的第一时期和/或回收第一产物流的第一部分时,吸附步骤的随后第二时期和回收第一产物的第二部分能够跟随在吸附步骤的第一时期之后进行。

[0049] 在方法实施例中,吸附步骤还能够包括吸附步骤的第二时期(基本与吸附步骤同时),其中,能够可选地从至少一个接触器回收第一产物流的第二部分,该第一产物流的第二部分的第三组分(例如 H_2O 组分)的浓度或流量等于或大于例如大约第一组分的浓度或流量,可选地减少(相对于供给流)第一组分(例如 CO_2 组分)。在供给流有例如水分或燃气气流的实施例中,吸附步骤还能够包括吸附步骤的第二时期(基本与吸附步骤同时),其中,能够可选地从至少一个接触器回收和/或排出第一产物流的第二部分,该第一产物流的第二部分的第三组分(例如 H_2O 组分)有等于或大于例如大约2%、大约4%、大约6%、大约8%或大约10%体积浓度,可选地减少(相对于供给流)第一组分(例如 CO_2 组分)。在实施例中,吸附步骤的第二时期包括:可选地允许供给流进入至少一个接触器中,该至少一个接触器包括至少一个吸附剂,例如化学吸附剂和/或胺掺杂吸附剂;使供给流沿该至少一个吸附剂通过;在该至少一个接触器的至少一个吸附剂上吸附供给流的至少一部分第一组分;产生第一产物流的第二部分;可选地从该至少一个接触器回收第一产物流的第二部分;可选地从第一产物流的第二部分进一步分离和回收第二组分(例如 N_2 组分)和/或第三组分(例如 H_2O 组分)中的至少一个;以及可选地回收或排出第一产物流。在一个实施例中,在第一产物流中第二组分的浓度或流量与在供给流中第二组分的浓度或流量的比率在吸附步骤的第一时期产生的第一产物流的第一部分中比在吸附步骤的第二时期产生的第一产物流的第二部分中相对更大;和/或在第一产物流中第三组分的流量与在供给流中第三组分的流量的比率在吸附步骤的第二时期产生的第一产物流的第二部分中比在吸附步骤的第一时期产生的第一产物流的第一部分中相对更大。在实施例中,吸附处理能够包括使用以下至少一个(和允许进入至少一个接触器中):第一产物流的第二部分的至少一部分;从第一产物流的第二部分回收的第二组分(例如 N_2 组分);和/或从第一产物流的第二部分回收的第三组分(例如 H_2O 组分);作为以下的至少一部分:在再生步骤中的再生流、在第一再生步骤中的第一再生流和/或在第二再生步骤中的第二再生流。对于吸附处理,回收和使用包含第三组分(例如 H_2O 组分)的第一产物流的第二部分和/或从第一产物流的第二部分回收至少一部分第三组分能够有利地减少源自吸附处理和/或吸附分离器的外部供给源的水量,这能够降低设备的复杂性、资金成本和操作成本,和/或能够在水可能稀缺的地区中操作吸附处理。在一个实施例中,当达到至少一个预定阈值或值时(例如当经过预定的吸附时间时,当达到预定的吸附温度时,当在第一产物流的第二部分中达到第三组分或第一组分中的至少

一个的预定浓度或流量时,和/或在第一组分例如 CO_2 组分从接触器突破之前),通过例如终止允许供给流进入至少一个接触器中和/或使接触器或接触器的一部分离开吸附区域或供给流,能够完成和终止吸附步骤、吸附步骤的第二时期、产生第一产物流的第二部分和/或回收第一产物流的第二部分。在一个方面,在完成和/或终止吸附步骤、吸附步骤的第二时期和/或回收第一产物流的第二部分时,吸附步骤的随后可选第三时期和/或再生步骤(例如第一再生步骤)能够跟随在吸附步骤或吸附步骤的第二时期之后进行。

[0050] 在替代方法实施例中,吸附步骤还能够包括吸附步骤的第三时期(基本上与吸附步骤同时),其中,能够可选地从至少一个接触器回收第一产物流的第三部分,该第一产物流的第三部分有第一组分(例如 CO_2 组分),该第一组分的体积浓度或流量等于或大于例如大约在环境空气中第一组分的体积浓度或流量,可选地相对于供给流减少了第三组分(例如 H_2O 组分)。在方法实施例中,吸附步骤的第三时期包括:可选地允许供给流进入至少一个接触器中,该接触器包括至少一个吸附剂,例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂;使供给流沿至少一个吸附剂通过;可选地在该至少一个接触器的至少一个吸附剂上吸附供给流的至少一部分第一组分;产生第一产物流的第三部分;从该至少一个接触器回收第一产物流的第三部分;可选地从第一产物流的第三部分进一步分离和回收至少一个第一组分(例如 CO_2 组分);以及可选地回收或排出第一产物流。在替代实施例中,吸附处理包括采用以下至少一个(和允许进入至少一个接触器中):第一产物流的第三部分的至少一部分;和/或从第一产物流的第三部分回收第一组分(例如 CO_2 组分),作为:在再生步骤中的至少一部分再生流;在第一再生步骤中的至少一部分第一再生流;在第二再生步骤中的至少一部分第二再生流;和/或一部分供给流。在一个实施例中,当达到至少一个预定阈值或值时(例如当经过预定的吸附时间时,当达到预定的吸附或吸附剂温度时,当在第一产物流的第三部分中达到第一组分的预定浓度或流量时),通过例如终止允许供给流进入至少一个接触器中和/或使接触器或接触器的一部分离开吸附区域或供给流,能够完成和终止吸附步骤、吸附步骤的第三时期、产生第一产物流的第三部分和/或回收第一产物流的第三部分。在一个方面,在完成和/或终止吸附步骤、吸附步骤的第三时期和/或回收第一产物流的第三部分时,至少一个随后的再生步骤(例如第一再生步骤)能够跟随在吸附步骤或吸附步骤的第三时期之后进行。

[0051] 在方法实施例中,至少一个再生步骤(例如第一再生步骤)能够用于至少局部再生或解吸在至少一个接触器的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂上吸附的至少一部分第一组分(例如酸性气体组分、 CO_2 组分、氧化硫组分、氮氧化物组分或重金属化合物),并从该至少一个接触器回收相对于供给流富含第一组分的第二产物流。在一个实施例中,至少一个再生步骤(例如第一再生步骤)能够使用至少一个解吸机理,包括例如温度摇摆、分压摇摆、湿度摇摆、压力摇摆、真空摇摆、清洗、置换清洗以及它们的任意组合。在一个这样的方面中,至少一个再生步骤(例如第一再生步骤)能够例如在吸附步骤的第二时期、吸附步骤的第三时期或吸附步骤中的至少一个完成和终止时开始。在方法实施例中,再生步骤(例如第一再生步骤)能够包括使用允许再生流(例如第一再生流)进入具有所述至少一个吸附剂的至少一个接触器中,用于解吸在至少一个接触器的至少一个吸附剂上吸附的至少一部分第一组分。

[0052] 在方法实施例中,至少一个再生步骤(例如第一再生步骤)包括:可选地允许第一

再生流进入至少一个接触器中,该第一再生流有例如至少第三组分(例如 H_2O 或蒸汽组分)或者第一组分(例如,酸性气体组分或 CO_2 组分)和第三组分的混合物,并传递或产生足够的能量用于再生(例如,流温度高于在吸附剂上的第一组分的解吸温度),该接触器包括至少一个吸附剂,例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂;使第一再生流沿至少一个吸附剂通过;解吸在该至少一个吸附剂上吸附的至少一部分第一组分;产生第二产物流,该第二产物流相对于供给流富含第一组分;以及可选地从至少一个接触器回收相对于供给流富含第一组分的第二产物流。第一再生流还能够包括例如等于或大于大约0.01的、第三组分的分压与饱和压力的比率,这通过减少胺氧化产物的形成而有利地增加了化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的耐久性。使用具有降低氧气浓度的第一再生流(例如,基本蒸汽流、基本第二组分和第三组分的混合物、或者基本第一组分和第三组分的混合物)能够通过减少吸附剂的氧化而有利地增加化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的耐久性。实施例能够包括使用以下至少一个(和允许进入至少一个接触器中):在吸附步骤的第二时期产生和回收的第一产物流的第二部分的至少一部分;从在吸附步骤的第二时期产生和回收的第一产物流的第二部分中回收的第二组分和/或第三组分的至少一部分;在吸附步骤的第三时期产生和回收的第一产物流的第三部分的至少一部分;和/或从在吸附步骤的第三时期产生和回收的第一产物流的第三部分中回收的至少一部分第一组分;作为在再生步骤中的至少一部分再生流,或者作为在第一再生步骤中的至少一部分第一再生流。在一个方面,当达到至少一个预定阈值(例如,与经过的时间或持续时间有关的阈值、温度的阈值和/或选定组分的阈值浓度或流量)时,能够完成或终止第一再生步骤和第二产物流的回收。在一个方面,在完成和/或终止再生步骤例如第一再生步骤和/或第二产物流的回收时,第二再生步骤、冷却步骤或吸附步骤能够跟随在该再生步骤或第一步再生步骤之后进行。

[0053] 相对于使用单个再生步骤的吸附气体分离处理,使用多个再生步骤(例如第一再生步骤和第二再生步骤)的吸附气体分离处理能够有利地降低用于吸附组分的解吸和吸附剂的再生的蒸汽消耗、能量消耗和/或操作成本(相对于使用单个再生步骤的处理)。在国际公开专利申请W02017/165974A1中已知和公开了使用第一再生步骤和第二再生步骤的吸附气体分离方法。本发明教导了对于W02017/165974A1的改进,包括例如分离和使用从第一产物流的第二部分中回收的第三组分(例如 H_2O 组分)来用于吸附处理(例如在第一和/或第二再生步骤中允许回收的 H_2O 组分进入第一和/或第二再生流,或者利用回收的 H_2O 来补充第一和/或第二再生流);以及在第二再生步骤中使用和允许第一产物流的第二部分作为第二再生流,这能够提供具有更高 H_2O 浓度的第二再生流。

[0054] 在方法实施例中,在第一再生步骤之后的可选第二再生步骤能够可选地用于至少局部再生或解吸在至少一个接触器的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂上吸附的第一组分(例如酸性气体组分或 CO_2 组分)和/或第三组分(例如 H_2O 组分)中的至少一个的至少一部分,以及用于可选地从至少一个接触器回收相对于供给流富含第一组分和/或第三组分中的至少一个的第三产物流。在一个实施例中,第二再生步骤能够采用至少一个吸附机理,包括例如温度摇摆、分压摇摆、湿度摇摆、压力摇摆、真空摇摆、清洗、置换清洗、以及它们的任意组合。在一个这样的方面,例如,当第一再生步骤的完成和终止时,能够开始可选的第二再生步骤。

[0055] 在实施例中,第二再生步骤包括:可选地允许第二再生流进入至少一个接触器,该

第二再生流有例如基本第三组分、第二组分和第三组分、第一组分和第三组分、或者它们的组合,该接触器包括至少一个吸附剂,例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂;使第二再生流沿至少一个吸附剂通过;解吸在至少一个吸附剂上吸附的第一组分和/或第三组分中的至少一个的至少一部分;产生相对于供给流富含第一组分和/或第三组分中的至少一个的第三产物流;以及可选地从至少一个接触器回收相对于供给流富含第一组分和/或第三组分中的至少一个的第三产物流。第一组分是例如酸性气体组分、 CO_2 组分、氧化硫组分、氮氧化物组分或重金属化合物;第二组分是例如惰性组分,例如 N_2 组分,第三组分是 H_2O 组分、溶剂或可冷凝流体。第二再生流包括至少一个组分,该组分的分压小于在接触器中的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂上吸附的该至少一个组分的平衡分压。第二再生流还能够包括例如等于或大于大约0.01的、第三组分的分压与饱和压力的比率,这通过减少胺氧化产物的形成而有利地增加化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的耐久性。使用包括减少的氧气体积浓度的第二再生流能够通过减少氧化而有利地增加化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的耐久性。而且,使用第二再生流(该第二再生流包括例如等于或大于大约0.01的、第三组分的分压与饱和压力的比率,还包括降低的氧气体积浓度)能够通过减少脲基团的形成和氧化而有利地增加化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的耐久性。

[0056] 在实施例中,第二再生步骤包括:使用以下至少一个(和进入至少一个接触器中,该接触器包括至少一个吸附剂,例如化学吸附剂或胺掺杂吸附剂):在吸附步骤的第一时期中回收的第一产物流的第一部分的至少一部分;在吸附步骤的第一时期和/或第二时期从第一产物流的第一部分和/或第二部分中的至少一个回收的至少一部分第二组分(例如,惰性组分,例如 N_2 组分);在吸附步骤的第二时期中回收的第一产物流的第二部分的至少一部分;在吸附步骤的第二时期中从第一产物流的第二部分回收的至少一部分第三组分(例如 H_2O 组分);在吸附步骤的第三时期中回收的第一产物流的第三部分的至少一部分;和/或在吸附步骤的第三时期中从第一产物流的第三部分回收的至少一部分第一组分(例如酸性气体组分,例如 CO_2 组分);作为在第二再生步骤中的至少一部分第二再生流。第二再生步骤还包括:解吸在至少一个吸附剂上吸附的第一组分和/或第三组分中的至少一个的至少一部分;产生第三产物流,并可选地从至少一个接触器回收相对于供给流富含第一组分和/或第三组分中的至少一个的第三产物流。回收和使用第一产物流的第二部分和/或在吸附步骤的第二时期从第一产物流的第二部分回收的第三组分用作在第二再生步骤和/或吸附处理中的至少一部分第二再生流将有利地减少了源自吸附处理和/或吸附分离器的外部供给源的水量,这有利地降低了设备复杂性、资金成本和操作成本。当第二再生流在接触器内流动和接触至少一个吸附剂时,第二再生流使得至少一部分吸附组分从该至少一个吸附剂中解吸。在实施例中,温度的摇摆和/或在第二再生流以及吸附组分(例如第三组分和第一组分)的平衡分压之间的分压、浓度或流量的差异能够使得吸附的组分解吸。在一个这样的方面,第二再生料流和/或解吸组分的一部分能够形成和/或产生第三产物流,该第三产物流能够相对于供给流富含例如第一组分和/或第三组分。第三产物流能够可选地从至少一个接触器回收。在一个方面,当达到至少一个预定阈值(例如,与经过的时间或持续时间相关的阈值、温度的阈值、和/或选定组分的阈值浓度或流量)时,第二再生步骤和第三产物流的回收能够完成或终止。在一个方面,在完成和/或终止第二再生步骤和/或第三产物流的回收时,冷却步骤或吸附步骤能够随后在第二再生步骤之后进行。

[0057] 在替代实施例中,使用多个吸附分离器的吸附处理包括:从第一吸附分离器回收第一产物流的第一部分、第一产物流的第二部分和/或第一产物流的第三部分中的至少一个的至少一部分;允许第一产物流的第一部分、第一产物流的第二部分和/或第一产物流的第三部分中的至少一个进入第二吸附分离器 and 用作再生流、多个再生流和/或供给流中的至少一个的至少一部分。使用多个吸附分离器的吸附处理可以包括至少一个吸附分离器,该吸附分离器还包括至少一个化学吸附剂。使用多个吸附分离器的吸附处理可以包括:至少一个吸附分离器,该吸附分离器还包括至少一个化学吸附剂;以及至少一个吸附分离器,该吸附分离器还包括除了化学吸附剂之外的吸附剂。

[0058] 参考图5,在实施例中,用于分离具有至少第一组分、第二组分和第三组分的供给流中的组分的吸附处理500,包括:通过步骤510,该通过步骤510还包括使供给流沿吸附剂通过;吸附步骤512,该吸附步骤512还包括在吸附剂中和/或吸附剂上吸附第一组分;产生步骤514,该产生步骤514还包括产生包含第二组分和第三组分的第一产物流;回收步骤516,该回收步骤516还包括在第一时期中从第一产物流回收第二组分;回收步骤518,该回收步骤518还包括在第二时期中从第一产物流回收第三组分;再循环步骤520,该再循环步骤520还包括再循环或使用从第一产物流回收的至少一部分第三组分作为至少一部分再生流(例如第一再生流);通过步骤522,该通过步骤522还包括使第一再生流沿吸附剂通过;解吸步骤524,该解吸步骤524还包括从吸附剂解吸第一组分;产生步骤526,该产生步骤526还包括产生第二产物流,该第二产物流有从吸附剂解吸的第一组分;以及回收步骤528,该回收步骤528还包括从第二产物流回收第一组分。在实施例中,从第一产物流回收的第三组分或在第二时期中从第一产物流回收的第三组分能够再循环和用作第一再生流的一部分。

[0059] 在方法实施例中,吸附处理能够包括至少吸附步骤(包括例如吸附步骤的第一时期、吸附步骤的第二时期以及吸附步骤的可选第三时期)和再生步骤(例如第一再生步骤和可选的第二再生步骤),其中,步骤能够顺序地和可选地在多个循环中重复,例如大约3个循环、大约5个循环、大约10个循环或大约50个循环。

[0060] 图6是表示示例吸附气体分离系统或吸附系统100的简化示意图,该吸附气体分离系统或吸附系统100包括可选的换热器或直接接触冷却器108、具有运动接触器102的吸附气体分离器或吸附分离器101、以及冷凝器或(具体地说)冷凝换热器123。示例吸附气体分离器100设置成具有单个接触器102,该接触器102绕轴线循环或旋转通过四个固定区域,例如吸附区域110、第一再生区域120、可选的第二再生区域130和调节区域140,适用于根据上述吸附处理的示例实施例的应用。吸附气体分离器101流体连接成接收用于吸附分离系统的至少一部分供给流来作为供给流。在示例应用中,实施例吸附气体分离系统可以用于至少第一组分(例如酸性气体组分、二氧化碳组分、氧化硫组分、氮氧化物组分或重金属化合物)从供给流(例如由燃料燃烧器产生的烟道气流或燃气气流、处理流或空气流和/或它们的任意组合)中的吸附气体分离。燃气气流还包括第二组分(例如惰性组分,例如 N_2 组分)和第三组分(例如 H_2O 、溶剂或可冷凝流体)。

[0061] 示例吸附气体分离系统或吸附系统100包括可选的传热装置,例如直接接触冷却器或DCC 108、冷凝换热器123和示例吸附气体分离器或吸附分离器101,该示例吸附气体分离器或吸附分离器101包括外壳(图6中未示出)和接触器102。外壳(图6中未示出)可以帮助确定多个固定区域(表示在图6中的虚线之间),例如吸附区域110、第一再生区域120、第二

再生区域130和调节区域140,其中,这些区在外壳(图6中未示出)和接触器102内基本彼此流体分离。接触器102可以包括:多个基本平行的壁,这些壁可以在轴向相对的第一端104和第二端105之间确定多个基本平行的流体流动通道(图6中未示出),该流体流动通道沿平行于纵向轴线或第一轴线103的轴向方向来定向;至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出),该化学吸附剂或胺掺杂吸附剂在接触器102的壁内和/或壁上,包括但不限于胺接枝二氧化硅、胺浸渍介孔二氧化硅、烷基化胺浸渍多孔吸附剂、胺功能化多孔纳米聚合物、胺官能化有机骨架、胺官能化金属有机骨架、胺系多孔聚合物以及它们的任意组合;可选的多个连续的导电和/或导热丝(图6中未示出),这些导电和/或导热丝定向成基本平行于(和可选地基本垂直于)第一轴线103,它们可选地与在接触器102的壁(图6中未示出)内或壁上的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)直接接触。接触器102可以由任何合适的装置(图6中未示出)来提供动力,例如电马达(图6中未示出),该电马达使得接触器102沿由箭头106所示的方向绕第一轴线103循环或旋转,基本连续或间歇地通过固定区域,例如吸附区域110、第一再生区域120、第二再生区域130和调节区域140。

[0062] 多组分流体流源或供给源(例如燃烧器、处理流源和/或环境空气源,图6中未示出)可以流体连接成允许多组分流体混合物(例如燃气气流、处理流、环境空气流和/或它们的任意组合)作为供给流107进入吸附系统100、可选的传热装置(例如直接接触冷却器或DCC 108)和吸附分离器101。冷却剂源(图6中未示出)可以流体连接成允许冷却剂流109a进入DCC 108,并可选地从DCC 108回收冷却剂流109b。至少一部分供给流107可以进入DCC108中,以便降低供给流107的温度,例如等于或小于第一温度阈值,例如大约50℃,或者特别是大约40℃,或者更特别是大约30℃,用于产生供给流111。也可选择,DCC 108可以包括任何合适的换热装置,包括例如气-气换热器或气-液换热器。

[0063] DCC 108可以流体连接成允许供给流111进入吸附分离器101、吸附区域110和在吸附区域110内的一部分接触器102,以便沿基本从接触器102的第一端104至第二端105的方向流动。当供给流111在吸附区域110内接触至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)时,至少一部分第一组分(例如CO₂)可以吸附在至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)上,从而使得第一组分与供给流111分离。未吸附组分(例如第二组分或N₂)可以产生第一产物流112,该第一产物流112可以合适地相对于供给流111减少第一组分,并可以从在吸附区域110内的一部分接触器102的第二端105、吸附区域110、吸附分离器101和吸附系统100回收。吸附区域110、吸附分离器101和吸附系统100可以流体连接成将至少一部分第一产物流112引导至例如烟囱,用于分散和释放至大气中,或者引导至另一气体分离处理或引导至工业处理(图6中都未示出)。

[0064] 第一再生流源或低熵源(例如,多级汽轮机的低压级或超低压级、超低压汽轮机、低压锅炉或超低压锅炉,图6中都未示出)能够流体连接成允许第一再生流121(包括例如低熵蒸汽流)在等于或大于大约第一再生流121的冷凝温度的温度下进入吸附系统100、吸附分离器101、第一再生区域120和在第一再生区域120内的一部分接触器102,以便沿基本从接触器102的第二端105至第一端104的方向来流动,或沿相对于供给流111的流动方向基本逆流流动的方向来流动。当第一再生121在吸附分离器101的第一再生区域120内接触至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)时,组分(例如第三组分或H₂O)可以吸附在至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)上,从而置换在至少一个吸附剂上和/

或吸附剂中吸附的组分并产生吸附热,该吸附热可以与在第一再生流121中的热能一起帮助在第一再生区域120和吸附分离器101内解吸在吸附器102中的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)上吸附的至少第一组分的至少一部分。第一再生流121的一部分和/或解吸的组分(例如第一组分)能够产生第二产物流122,该第二产物流122可以相对于供给流111富含第一组分,并可以从在第一再生区域120内的一部分接触器102的第一端104、第一再生区域120和吸附分离器101回收。可选地,从在第一再生区域120内的一部分接触器102的第一端104和第一再生区域120回收的第二产物流122的第一部分可以相对于供给流111富含第一组分,并有较低的第三组分分压或较低的相对湿度,而从在第一再生区域120内的一部分接触器102的第一端104回收的第二产物流122的第二或随后部分可以相对于供给流111富含第一再生流的至少一个组分,例如第三组分。可选地,吸附分离器101可以流体连接成可选地至少周期性地从第一再生区域120(例如从第一再生区域120内的一部分接触器102的第一端104和可选的吸附分离器101)回收第二产物流122的第一部分,并允许第二产物流122的第一部分进入可选的吸附分离器101和第二再生区域130,例如进入第二再生区域130内的一部分接触器102的第二端105,作为在第二再生步骤中的至少一部分第二再生流(图6中未示出)。第二产物流122的第二部分可以在进入冷凝换热器123的产物回路(图6中未示出)内之前从第一再生区域120(例如从第一再生区域120内的一部分接触器102的第一端104)和吸附分离器101回收。

[0065] 冷凝器冷却剂源(图6中未示出)可以流体连接成允许冷却剂流126a进入冷凝换热器123的冷却回路或冷回路(图6中都未示出),并可选地从冷凝换热器123的冷却回路(图6中未示出)回收冷却剂流126b,以便从冷凝器123的产物回路或热回路(图6中都未示出)传递和除去热量。冷凝换热器123的产物回路(图6中未示出)可以与吸附式分离器101、第一再生区域120、在第一再生区域120内的一部分接触器102、可选的第二再生区域130和在第二再生区域130内的一部分接触器102、可选的压缩机(图6中未示出)、提纯或压缩的第二产物流的最终用户(图6中未示出)、以及可选的冷凝液罐、源或最终用途(图6中都未示出)流体连接。至少一部分第二产物流122可以从第一再生区域120(例如,从第一再生区域120内的一部分接触器102的第一端104)和吸附分离器101回收,并允许进入冷凝换热器123的产物回路(图6中未示出),以便降低第二产物流122的温度和/或从第二产物流122除去热量,从而使得可冷凝组分(例如第三组分或Fh0)至少局部冷凝和与第二产物流122分离,从而产生冷凝液流124和提纯的第二产物流125。当可冷凝组分冷凝时,可以在冷凝换热器123的产物回路(图6中未示出)以及流体连接的通道和/或部件(例如,吸附分离器101的第一再生区域120、吸附分离器101的可选第二再生区域130、以及在第一再生区域120和可选第二再生区域130内的至少一部分接触器102)中引起压力降低或真空。压力降低或真空可以有利地使得在第一再生区域120和/或第二再生区域130内的一部分接触器102中的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)上吸附的组分(例如第一组分和/或第三组分)进行真空辅助解吸。冷凝换热器123的产物回路(图6中未示出)可以流体连接成引导和允许冷凝液流124进入例如可选的泵和冷凝液罐、源或最终用途(图6中都未示出),还引导和允许提纯的第二产物流125通过可选的一个或多个泵(例如喷射器、真空泵、或可选地在低于环境的进口压力下操作的单级或多级压缩机)、可选的一个或多个阀(例如止回阀或节流阀)、可选的至少一个附加的冷凝换热器和/或冷凝器级以及可选的压缩机(用于增加提纯的第二产

物流的压力) 而进入提纯或压缩的第二产物流最终用途或用户(图6中都未示出)。可选地, 冷凝换热器123可以流体连接成引导和允许至少一部分提纯的第二产物流125进入可选的第一加热器或可选的辅助换热器(图6中都未示出)中和进入吸附分离器101、第二再生区域130和在第二再生区域130内的一部分接触器102中, 作为至少一部分第二再生流(图6中未示出)。

[0066] 在实施例中, 在吸附区域110内的一部分接触器102的第二端105(和吸附分离器101的一部分)可以流体连接和控制成至少周期性地回收和允许至少一部分第一产物流112(例如, 在吸附步骤的第二时期中相对于供给流111富含第三组分和减少第一组分的第一产物流112的一部分, 和/或在第一组分从接触器102的第二端105突破之前第一产物流112的一部分, 同时第三组分的分压比饱和压力等于或大于例如大约0.010)作为至少一部分第二再生流131而进入吸附式分离器101、第二再生区域130和在第二再生区域130内的一部分接触器102, 可选地沿基本从接触器102的第一端104至第二端105的方向来流动, 或者沿相对于供给流111的流动方向基本同向的流动方向来流动。

[0067] 第二再生流131可以进入吸附分离器101、第二再生区域130和在第二再生区域130内的一部分接触器102内, 以便沿基本从接触器102的第一端104至第二端105的方向来流动, 或者沿相对于供给流111的流动方向基本同向的流动方向来流动。第二再生流131可以包括例如第一组分、第二组分和/或第三组分, 其中, 至少一个组分(例如第三组分)的分压或浓度小于在第二再生区域130内的一部分接触器102中的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂上吸附的该至少一个组分(例如第三组分)的平衡分压, 同时第三组分的分压比饱和压力等于或大于例如大约0.010。第二再生流131的温度还可以等于或大于第三温度阈值, 例如大约第二再生流131的冷凝温度、大约80℃、大约70℃或大约60℃。当第二再生流131在第二再生区域130内的一部分接触器102中流动时, 分压摇摆和/或湿度摇摆可以使得在第二再生区域130内的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂(图6中未示出)上吸附的该至少一个组分(例如第三组分)的至少一部分至少局部解吸。第二再生流131的一部分和/或解吸的组分(例如第三组分和第一组分)可以产生第三产物流132, 该第三产物流132可以相对于供给流111富含至少一个组分, 例如第三组分和可选的第一组分。第三产物流132可以从在第二再生区域130内的一部分接触器102的第二端105、第二再生区域130、吸附分离器101和吸附系统100来回收。可选地, 第二再生区域130和吸附分离器101可以流体连接成引导和允许至少一部分第三产物流132进入吸附分离器101的吸附区域110而作为供给流107或供给流111的一部分, 或者进入多组分流体流源或供给源(图6中未示出)例如燃烧器(图5中未示出)而作为用于燃烧和产生燃气气流的一部分氧化剂流。

[0068] 接触器102的至少一部分、第二再生区域130和吸附分离器101可以与可选的压缩机(图6中未示出)流体连接, 该压缩机用于增加提纯的第二产物流125的压力, 例如多级压缩机的级间(图6中未示出)或可选压缩机(图6中未示出)的下游, 以便回收和允许相对于供给流111富含第一组分的流体流(例如至少一部分压缩的第二产物流)进入, 用作第二再生流的至少一部分(图6中未示出)。

[0069] 冷却剂源(例如环境空气)可以与风扇或鼓风机(图6中未示出)流体连接, 以便允许调节流141(例如空气流)在等于或低于第一温度阈值(例如大约50℃, 或特别是大约40℃, 或更特别是大约30℃)的温度下进入吸附系统100、吸附分离器101、调节区域140和在调

节区域140内的一部分接触器102,以便沿基本从接触器102的第一端104至第二端105的方向来流动,或沿相对于供给流或燃气气流111的流动方向基本同向的流动方向来流动。当调节流141在调节区域140内的一部分接触器102中流动时,调节流141可以增加或降低在调节区域140中的至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂的温度,和/或从至少一个化学吸附剂或胺掺杂吸附剂、在调节区域140内的一部分接触器102和调节区域140中清洗组分。调节流141和/或解吸或残留的组分可以产生第四产物流142,该第四产物流142可以从在调节区域140内的一部分接触器102的第二端105、调节区域140、吸附分离器101和吸附系统100回收。调节区域140、吸附分离器101和吸附系统100可以流体连接成引导和允许第四产物流142进入供给源(图6中未示出)例如燃烧器(图6中未示出),作为用于燃烧器的氧化剂流的一部分,或者进入烟囱(图6中未示出),用于分散和释放至大气中。

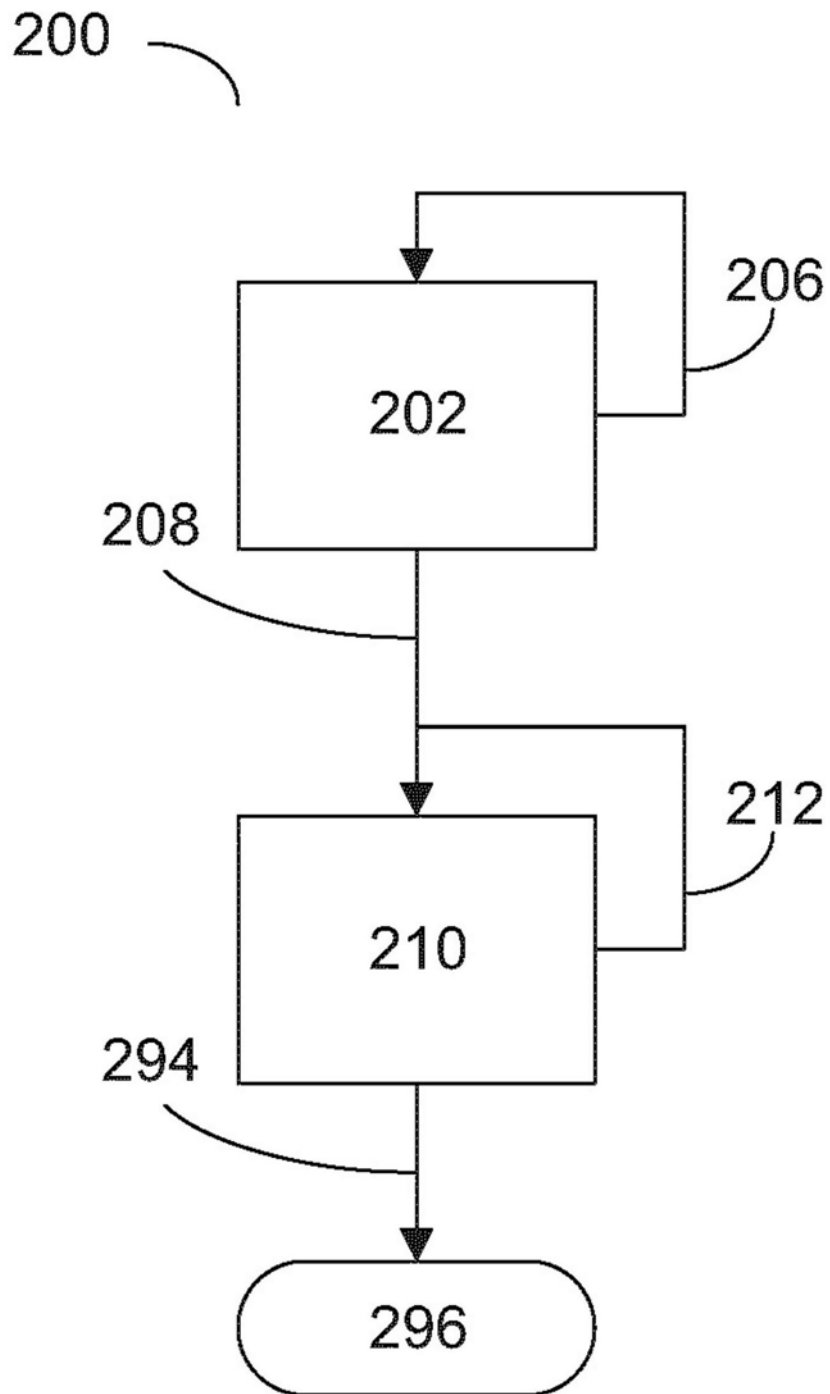


图1a

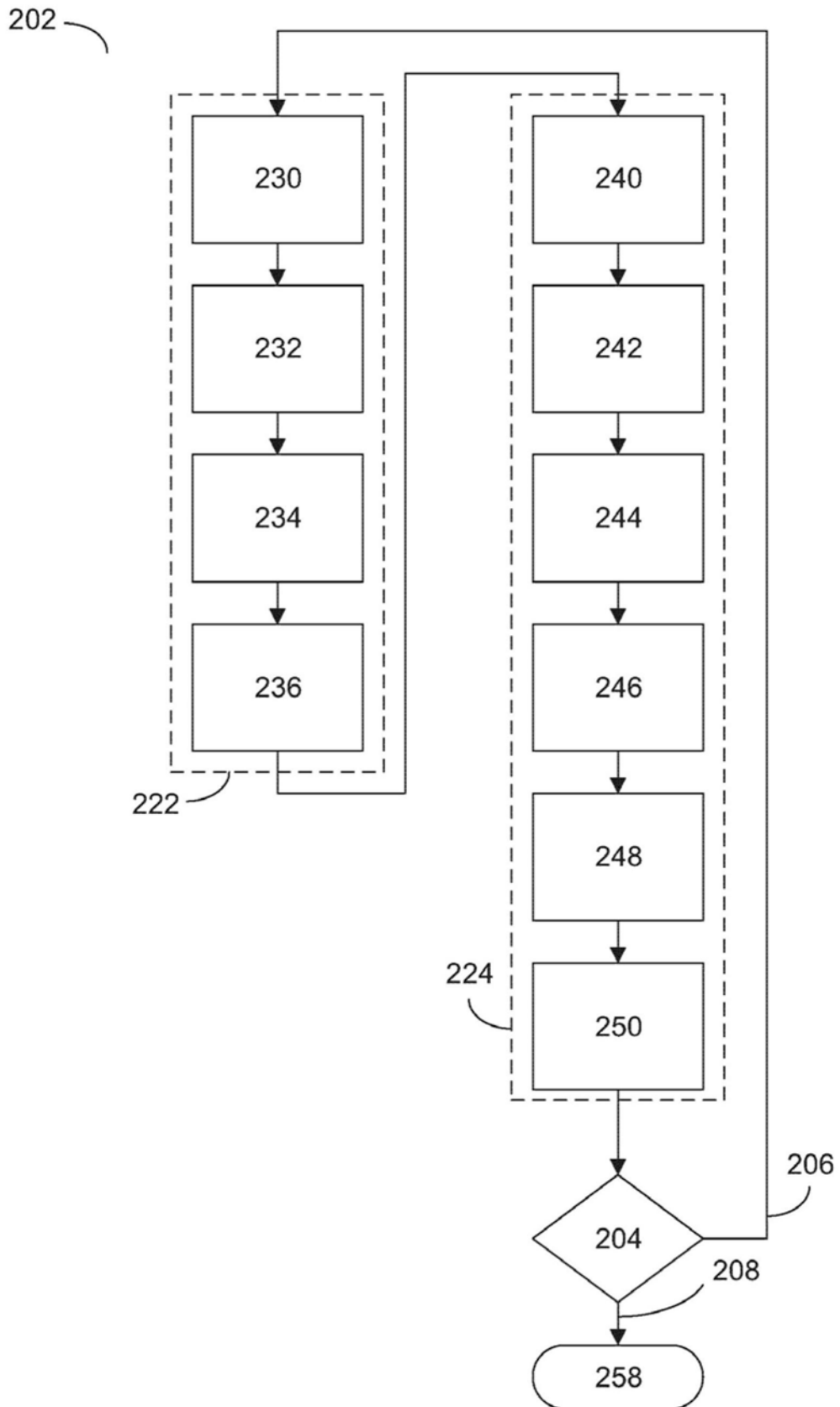


图1b

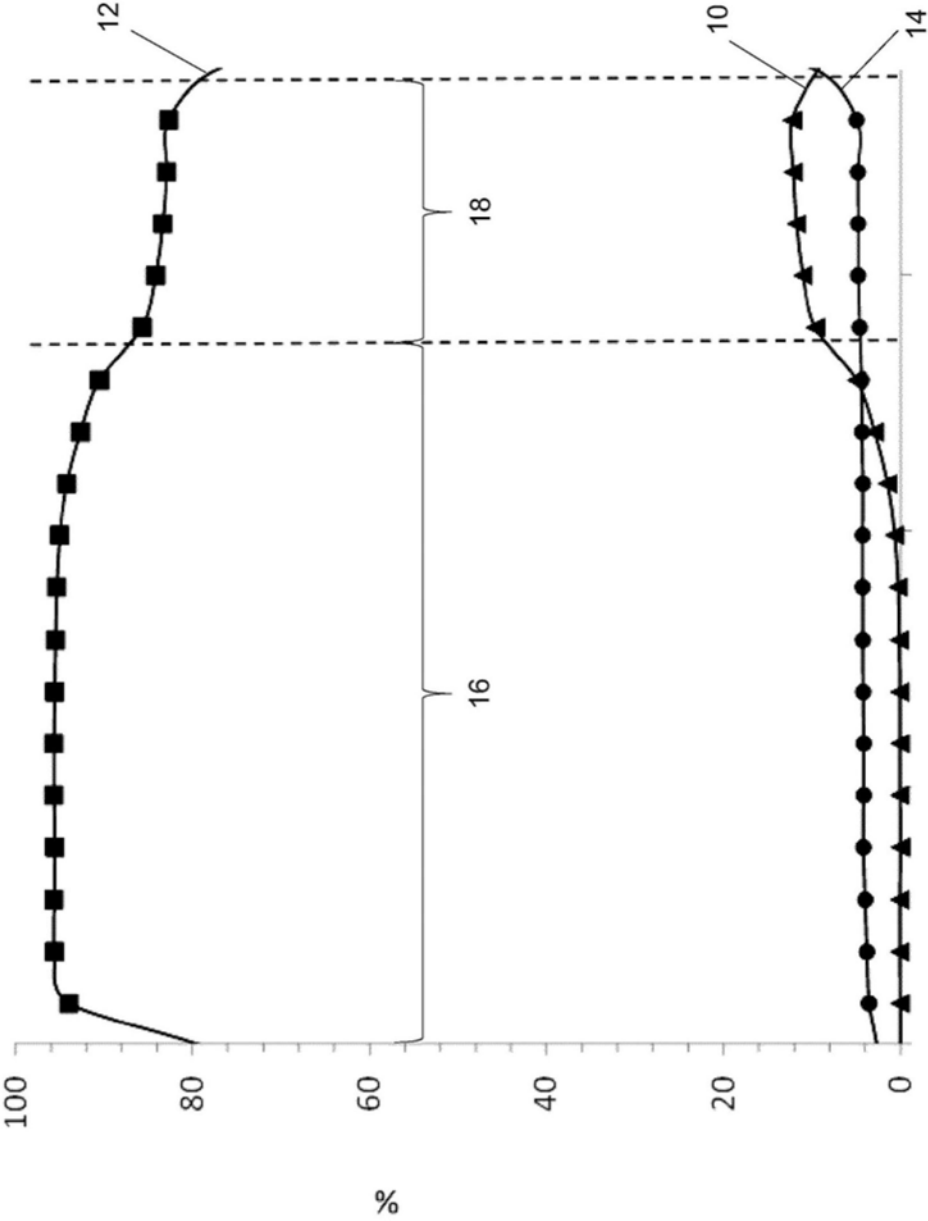


图2

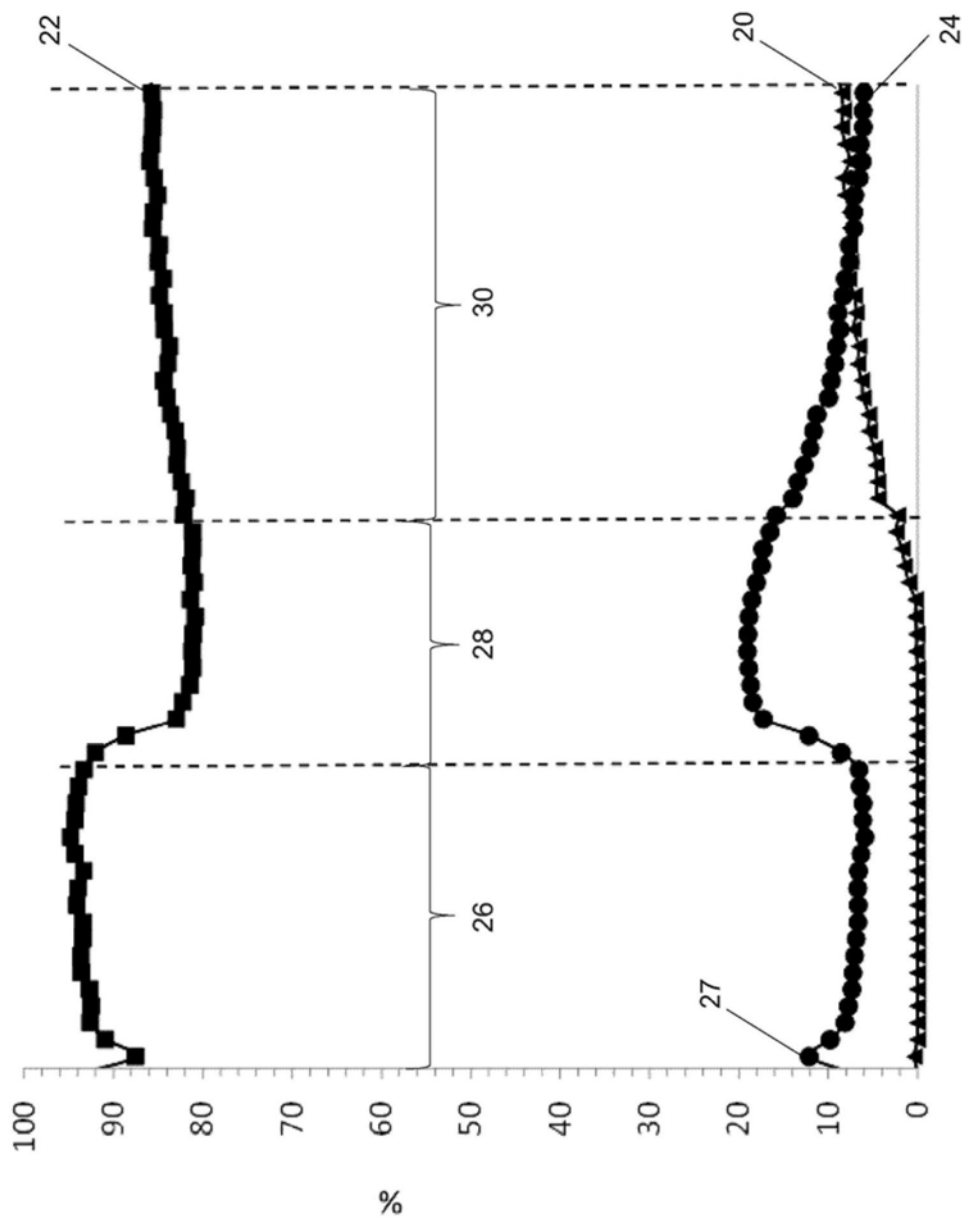


图3

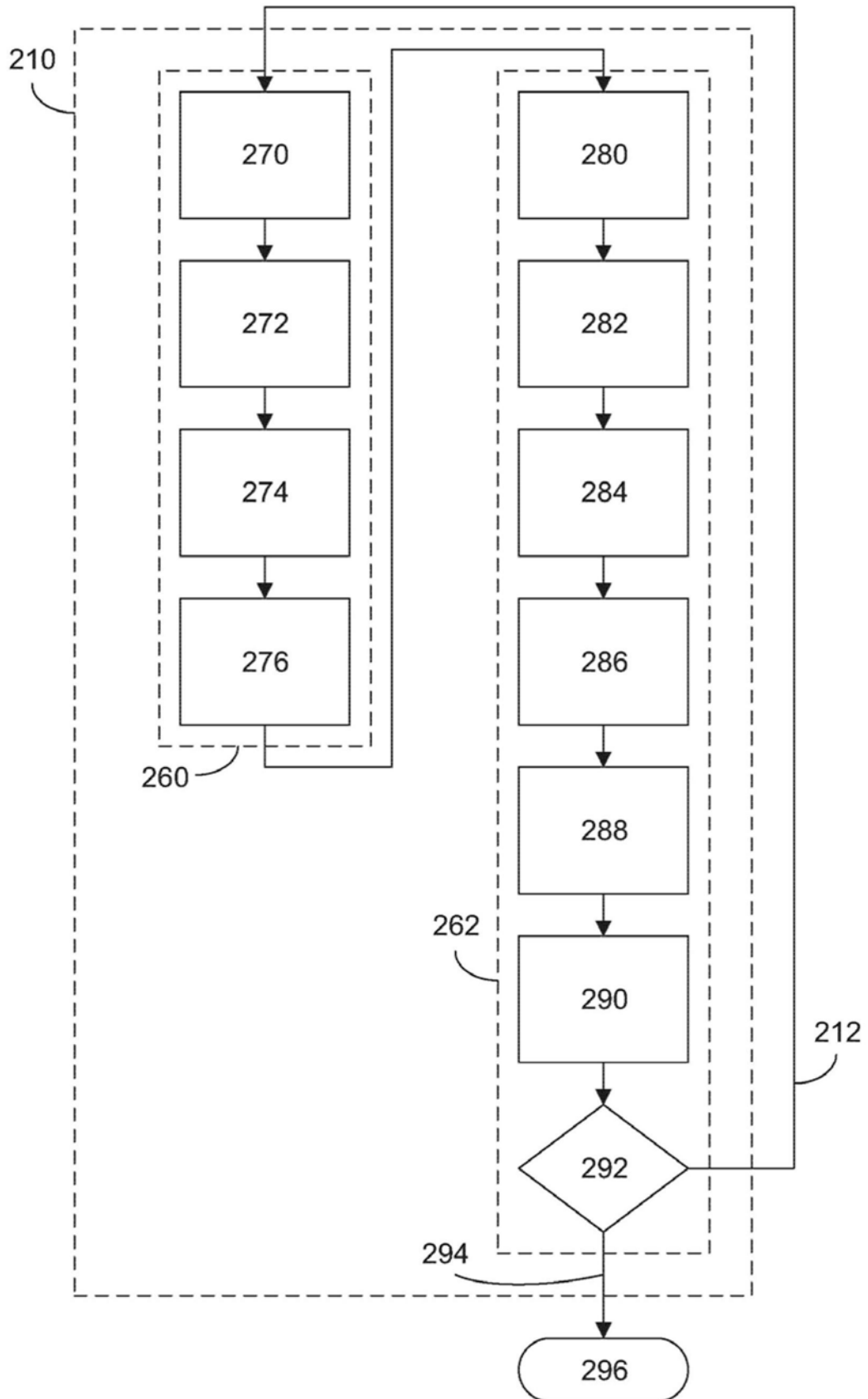


图4

500 —

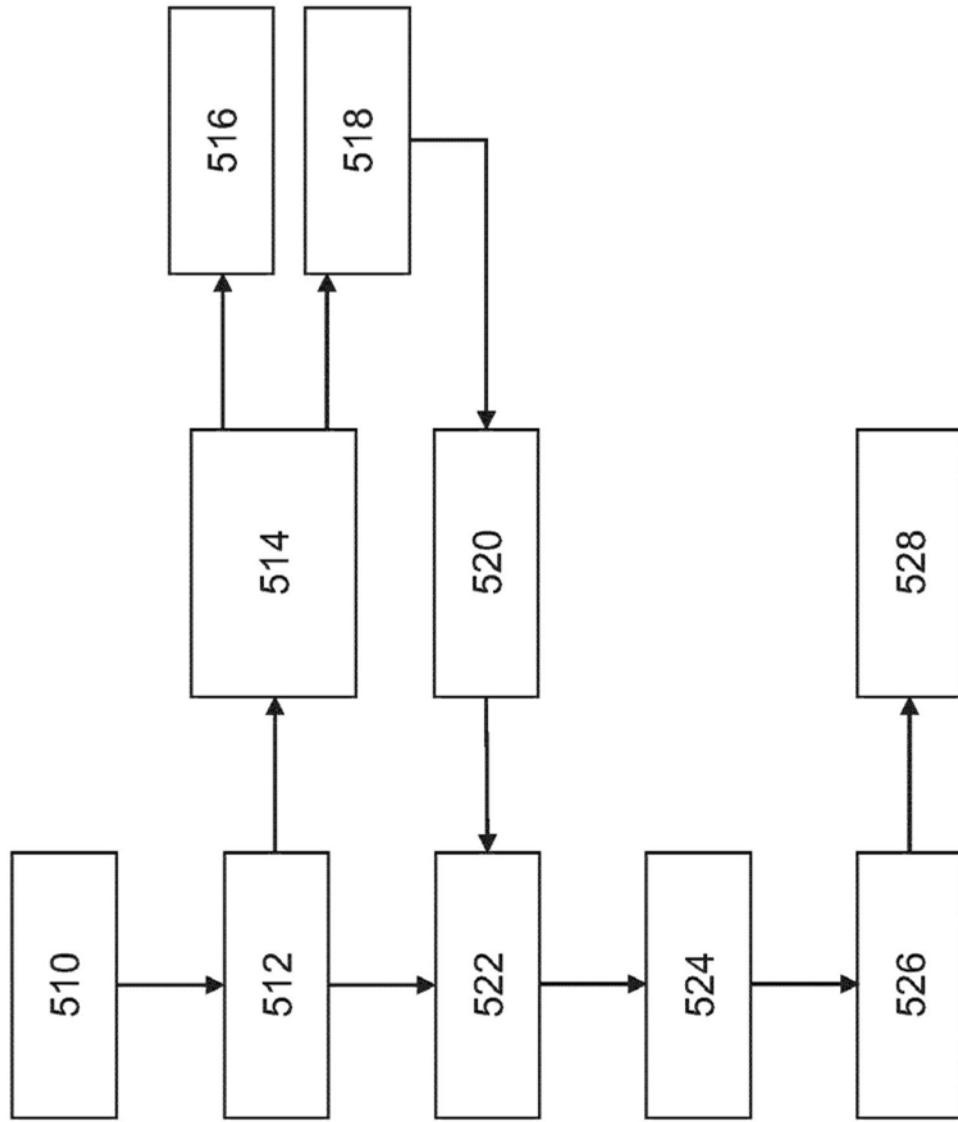


图5

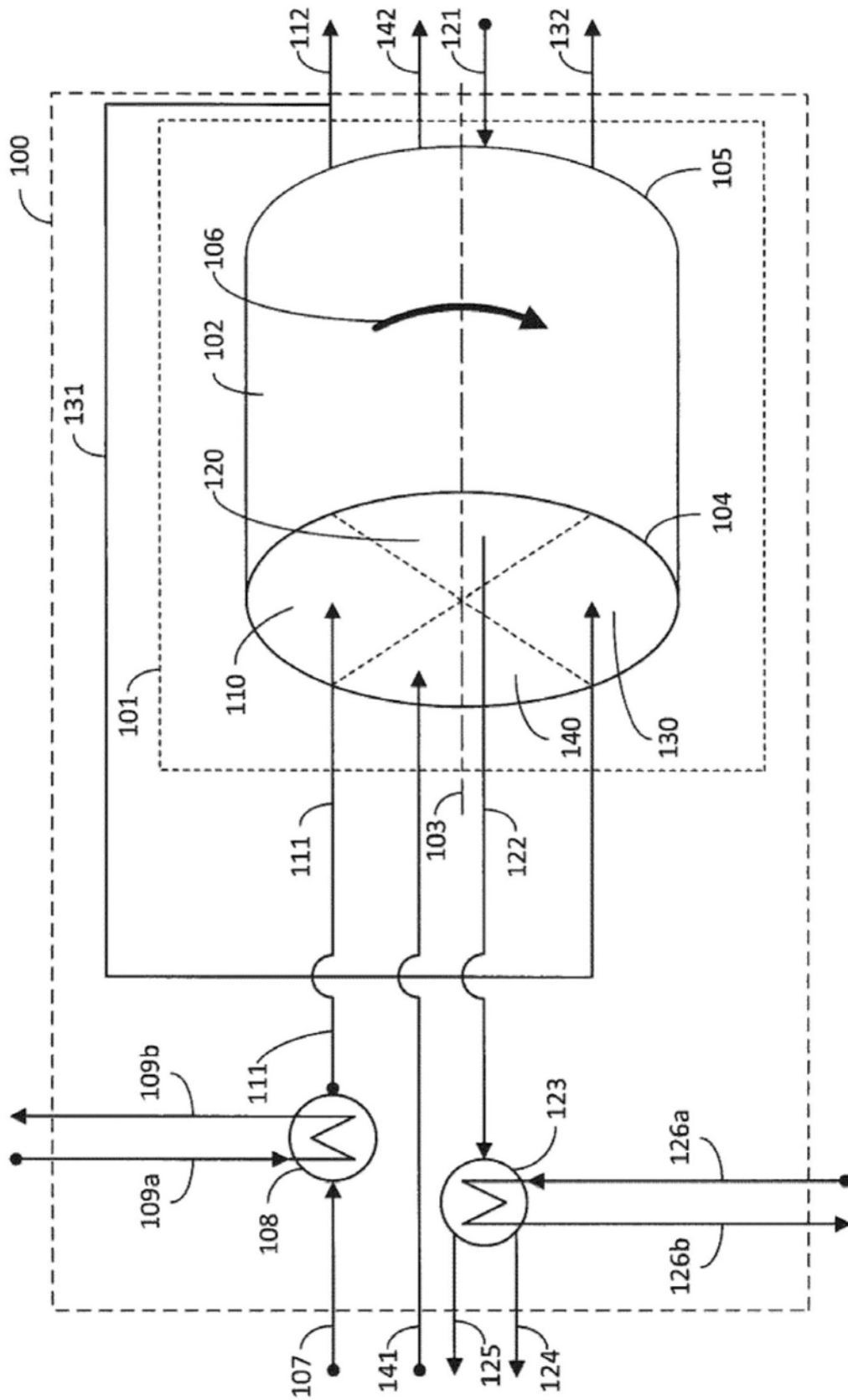


图6