



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110225789 A

(43)申请公布日 2019.09.10

(21)申请号 201780081330.X

(22)申请日 2017.11.15

(30)优先权数据

62/422,316 2016.11.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.06.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2017/057143 2017.11.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/092041 EN 2018.05.24

(71)申请人 八河流资产有限责任公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72)发明人 吕锡嘉 B·A·福里斯特

M·拉法蒂 D·比彻姆

D·A·弗里德

(74)专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713

代理人 康健 王思琪

(51)Int.Cl.

B01D 53/60(2006.01)

B01D 53/76(2006.01)

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/79(2006.01)

B01D 53/14(2006.01)

F23J 15/00(2006.01)

F23J 15/04(2006.01)

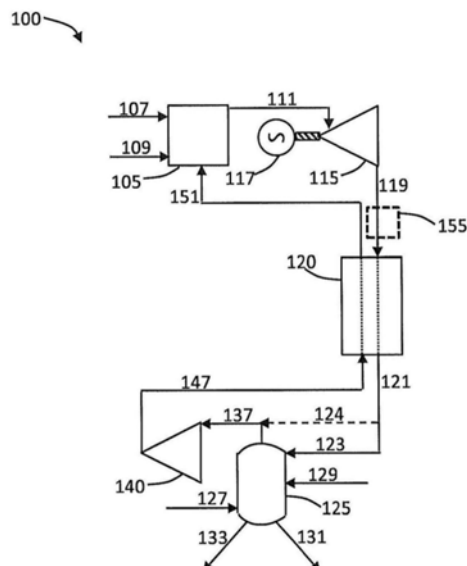
权利要求书3页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

通过与氧化剂和与水性物流接触除去工艺物流中的杂质

(57)摘要

本发明涉及用于改善工艺物流中一种或多种物质的除去的系统和方法,例如在电力生产工艺中形成的燃烧产物流。所述系统和方法尤其可以包括使工艺物流与高级氧化剂和水接触。



1. 用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的系统,所述系统包括:
工艺物流管线,其配置为用于传递包含所述一种或多种物质的工艺物流;
氧化反应单元,其配置为接收所述工艺物流;
水输入管线,其配置为用于将水传递给所述氧化反应单元;
高级氧化剂管线,其配置为用于将高级氧化剂传递给所述工艺物流管线、所述水管线和所述氧化反应单元中的一个或多个;
水输出管线,其配置为用于从所述氧化反应单元中除去水;和
产物管线,其配置为用于从所述氧化反应单元中除去产物。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述工艺管线中的一种或多种物质包括酸性气体、一氧化碳和烃中的一种或多种。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述工艺管线中的所述一种或多种物质包括 NO_x 、 SO_x 、 CO 、烃、 H_2 、 COS 和 H_2S 中的一种或多种。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述氧化反应单元是填充洗涤塔或水分离器。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述氧化反应单元配置为以相反的配置接收所述水和所述工艺物流。
6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述高级氧化剂包括除 O_2 以外适合原位提供活性氧物质的材料。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中所述高级氧化剂包括适合原位形成羟基自由基或过羟基自由基的材料。
8. 根据权利要求6所述的系统,其中所述高级氧化剂包括相对于标准氢电极 (NHE) 还原电位大于0.96伏特的材料。
9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述高级氧化剂选自过氧化物、超氧化物、臭氧、卤氧化物及其组合组成的组。
10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述高级氧化剂是具有式 X_zO_y 的卤氧化物,其中: X 是 Cl 、 Br 或 I ,并且:
如果 X 是 Cl ,则 z 是1且 y 是1、2、3或4;
如果 X 是 Br ,则 z 是1且 y 是1、2、3或4;和
如果 X 是 I ,则 z 为1且 y 为3。
11. 根据权利要求1所述的系统,包括在所述氧化反应单元上游的过滤单元。
12. 根据权利要求1所述的系统,还包括与所述产物管线一起布置并且配置为测量所述产物管线中的所述一种或多种物质的浓度的分析器。
13. 根据权利要求12所述的系统,还包括与所述分析器一起工作布置并且配置为控制所述高级氧化剂通过所述高级氧化剂管线的控制器。
14. 用于电力生产的系统,所述系统包括:
燃烧室,其配置为用于接收烃燃料、氧化剂和包含压缩 CO_2 的物流,并配置为用于输出燃烧工艺物流;
涡轮机,其配置为用于使所述燃烧工艺物流膨胀以产生电力并输出涡轮机排气工艺物流;
热交换器,其配置用于为冷却所述涡轮机排气工艺物流并输出冷却的工艺物流;和

压缩机,其配置为接收再循环物流;

其中,所述用于电力生产的系统与权利要求1所述用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的系统组合,使得所述氧化反应单元位于所述热交换器的下游且位于所述压缩机的上游。

15.氧化工艺物流中的一种或多种物质的方法,所述方法包括:

提供包含所述一种或多种物质的所述工艺物流;

使包含所述一种或多种物质的所述工艺物流通过氧化反应单元,使得包含所述一种或多种物质的所述工艺物流与水性物流混合;

使包含所述一种或多种物质的所述工艺物流与高级氧化剂在所述氧化反应单元内和所述氧化反应单元上游之一或者二者接触;

从所述氧化反应单元回收水;和

从所述氧化反应单元回收产物流;

其中所述一种或多种物质的至少一部分被所述高级氧化剂氧化。

16.根据权利要求15所述的方法,其中工艺管线中的所述一种或多种物质包括酸性气体、一氧化碳和烃中的一种或多种。

17.根据权利要求15所述的方法,其中工艺管线中的所述一种或多种物质包括 NO_x 、 SO_x 、 CO 、烃、 H_2 、 COS 和 H_2S 中的一种或多种。

18.根据权利要求15所述的方法,其中所述氧化反应单元是填充洗涤塔或水分分离器。

19.根据权利要求15所述的方法,其中所述氧化反应单元配置为以相反的配置接收所述水和所述工艺物流。

20.根据权利要求15所述的方法,其中所述高级氧化剂包含除 O_2 以外适合原位提供活性氧物质的材料。

21.根据权利要求20所述的方法,其中所述高级氧化剂包含适合原位形成羟基自由基或过羟基自由基的材料。

22.根据权利要求20所述的方法,其中所述高级氧化剂包含相对于标准氢电极(NHE)还原电位大于0.96伏特的材料。

23.根据权利要求15所述的方法,其中所述高级氧化剂选自由过氧化物、超氧化物、臭氧、卤氧化物及其组合组成的组。

24.根据权利要求23所述的方法,其中所述高级氧化剂是具有式 X_zO_y 的卤氧化物,其中:
X是Cl、Br或I,并且:

如果X是Cl,则z是1且y是1、2、3或4;

如果X是Br,则z是1且y是1、2、3或4;和

如果X是I,则z为1且y为3。

25.根据权利要求15所述的方法,包括将从所述氧化反应单元回收的所述水的至少部分再循环到水源。

26.根据权利要求15所述的方法,包括分析所述再循环物流以测量所述产物流中的所述一种或多种物质的浓度。

27.根据权利要求26所述的方法,包括基于测量的所述产物流中的所述一种或多种物质的浓度来调节接触所述工艺物流的所述高级氧化剂的浓度。

28. 电力生产方法,所述方法包括:

在压缩CO₂存在下用氧化剂燃烧燃料以形成包含一种或多种物质的燃烧工艺物流;
在涡轮机中使所述燃烧工艺物流膨胀以产生电力并输出涡轮机排气工艺物流;和
在回热式热交换器中冷却所述涡轮机排气工艺物流以提供冷却的工艺物流;

其中,所述用于电力生产的方法与权利要求15所述的用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的方法组合,使得通过所述氧化反应单元的包含所述一种或多种物质的所述工艺物流包含由所述回热式换热器提供的所述冷却的工艺物流。

29. 根据权利要求28所述的方法,还包括从所述回热式换热器过滤所述涡轮机排气物流和所述冷却的工艺物流中的一种或两种,以从其中除去颗粒、汞、钒和砷中的一种或多种。

30. 根据权利要求28所述的方法,包括将包含CO₂的物流压缩到适合输入到所述燃烧室的压力。

31. 根据权利要求30所述的方法,包括使包含CO₂的压缩物流通过所述回热式热交换器,使得相对于所述涡轮机排气工艺物流加热所述包含CO₂的压缩物流。

通过与氧化剂和与水性物流接触除去工艺物流中的杂质

技术领域

[0001] 本发明涉及用于从工艺物流,例如电力生产循环中的工作流体中去除不必要的气体的方法和系统。

背景技术

[0002] 化石燃料的燃烧主要导致 CO_2 和 H_2O 的形成。如果燃烧中使用的燃料或氧化剂供应含有硫和/或氮化合物,则除了主要副产物 CO_2 和 H_2O 之外,还会形成诸如硫氧化物(SO_x)和氮氧化物(NO_x)等杂质。除了可能形成 SO_x 和 NO_x 之外,化石燃料的非理想燃烧还会产生一氧化碳(CO),同时允许未燃烧的烃通过燃烧室滑动而不会发生部分氧化。另外,其他可燃气体如 NH_3 、 H_2S 和 COS 可以存在于排气流(exhaust stream)中。例如,当这种排气已经存在于输入燃料物流中时,由于滑动,至少一部分这样的气体可能保留在排气中。同样,当存在于作为围绕燃烧室的旁路提供的外部流动物流中时,这种气体可以存在于排气物流中。在某些情况下,提供给燃烧系统的燃料气还可能含有诸如 Hg 等污染物和其他痕量金属和细颗粒物质的污染物。鉴于各种排放控制要求,必须在烟气释放到环境之前除去这些物质组。

[0003] 常规的燃烧后 NO_x 除去通常通过选择性催化还原(SCR)进行。在这种工艺中,使烟气通过催化剂床,其中 NO_x 在升高的温度(例如,约 350°C 至约 450°C)下与 NH_4 接触。这种相互作用导致 N_2 和 H_2O 形成。

[0004] 通过烟气脱硫(FGD)在发电设施中除去 SO_x 。使碱性浆液与烟气接触,通过烟气中的 SO_x 化合物与浆液中的碱性化合物反应,使固体颗粒沉淀。石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)是这种相互作用的典型产物。FGD过程通常在大的洗涤塔(scrubbing column)中在接近环境压力和低温(例如,小于约 100°C)下发生。

[0005] 也可以使用称为加氢处理的替代燃烧前硫除去方式控制 SO_x 排放。在这种工艺中,气态燃料/液态燃料在环境温度或升高的温度(例如,约 300°C 至约 400°C)和升高的压力(例如,约30巴(bar)或更高)下通过催化剂床,以剥离原料中的 H_2S 。然后必须通过几种方法之一将 H_2S 转化为元素硫或硫酸。

[0006] 为了控制 CO 排放,可以使用催化氧化剂。烟气在升高的温度(例如,约 260°C 至约 500°C)下通过催化剂床,其中通过还原催化剂表面将 CO 转化为 CO_2 。应当注意的是,电力系统所用的大多数现代燃烧系统被设计成使 CO 形成最小化,因此不经常使用除去。

[0007] 用于除去废气(例如, H_2S 和 COS)的其他常规方法,包括易燃部分的燃烧(flaring)(或燃烧(burning))。最初这可能是简单的工艺,但是监管标准可以增加要求,例如提供洗涤单元(例如,FGD)以除去各种受管制的污染物。如果包括可燃气体的物流不被认为是“废”物流,则可能需要催化氧化。然而,这被理解为不希望的工作和成本增加的来源,因为需要预热载有烃的工艺流体以及提供用于注入工艺物流的催化剂和额外氧气的附加成本。

[0008] 通常使用袋过滤和静电沉淀(ESP)从废气(exhaust gas)中除去诸如 Hg 、痕量金属和颗粒物等污染物。这些工艺导致大量能量损失,这是由于随着作为靶向的细颗粒尺寸和充电ESP板以吸引阳离子和阴离子化合物所需的电能变化而在袋过滤时产生的压降。

[0009] 在加压半闭环再循环动力循环中,使用传统的SCR或FGD技术进行NO_x和SO_x控制可能是不合适的。现有设备经设计用于接近环境压力的操作,并且经设计通常用于许多不同的工艺气体组成。此外,当将碱性浆液用于FGD时,升高的废气压力增加了结垢和堵塞的可能性。这意味着必须在打开的塔(column)中进行洗涤(尺寸大于带有填料的塔)。关于SCR,希望省去现场NH₃处理。此外,将NO_x还原成N₂和H₂O导致进一步污染再循环工作流体。

[0010] 诸如Air Products提出的“铅室”概念等技术更有希望用于加压直接燃烧动力循环;然而,这些也有明显的缺点。虽然在过量的O₂和液态H₂O存在下,NO_x和SO_x能够彼此氧化成末端酸性物质,但是不能绝对地控制最佳的NO_x与SO_x比,并且NO_x与SO_x比在很大程度上取决于上游工艺的性能。这是因为这些物质是燃料衍生的杂质。鉴于实现接近完全去除SO₃需要最少量的NO₂,因此在洗涤塔中的有效停留时间必须足够大,以便将足够的NO转化为NO₂(以及允许NO₂溶解)。与仅仅热传递要求相反,这导致守恒塔(conservative column)过大,以满足质量转移要求。增加停留时间的替代方案是增加NO₂浓度。在再循环系统中,有一些巧妙的方法可以克服这种困境。这可以通过允许NO₂从塔中滑出(或使用外部源直接添加NO₂)使得其浓度可以在再循环工作流体中积聚来促进。然而,这增加了腐蚀的风险,并且如果尺寸和控制不正确,则可能导致整个工厂的排放。此外,通过“铅室”相互作用产生的酸性溶液促进Hg和其他痕量金属溶解到液相溶液中。鉴于从酸溶液中除去重金属会需要特殊处理,这种现象可能是有问题的。

[0011] Enviro Ambient设计了一种去除机制,即利用臭氧和过氧化氢将NO_x和SO_x氧化成酸。尽管避免了上述几个问题,但是这个特定系统不能容易地利用在高压下、存在过量氧气和液相水的情况下快速发生的天然NO_x和SO_x催化相互作用。由于需要多个阶段独立氧化每种物质,因此增加了发生的成本。结果是除去NO_x和SO_x所需的高级氧化剂的总量远大于所需的量。

[0012] 考虑到现代燃烧设计专门针对低CO形成,一般不考虑在电力系统中去除一氧化碳。然而,在富含CO₂的工作流体中,CO₂离解为CO是可行的,从而除了燃烧之外为形成提供了另一途径。此外,如果没有适当地控制燃烧过程的氧浓度,并且贫氧环境可以强烈地促进CO与未燃烧的烃一起形成。必须解决这个问题,以防止排放并避免金属渗碳。注入氧化催化剂可以有效地催化CO氧化成CO₂,但这通常仅在接近环境温度下在极长停留时间内发生。鉴于前述问题,本领域仍需要适合于去除气态物流(例如烟气)中的各种污染物的其他系统和方法。

发明内容

[0013] 在各个方面,本发明涉及可用于纯化各种工艺流体(process fluid)的系统和方法。特别是,本公开可以涉及纯化加压燃烧产物,包括但不限于气体,例如烟气。例如,所述系统和方法可特别用于除去诸如SO_x、NO_x、烃、CO和其他可燃气体等气体。在其他实施方案中,所述系统和方法可用于除去液体、固体或半固体,例如汞、痕量金属和颗粒。更具体而言,所述系统和方法可以有效地除去各种排放物,因此有利于满足排放法规和/或避免与工艺流体中待纯化的各种材料的存在相关的腐蚀速率增加。本公开的纯化实施方案可以应用于天然气燃烧循环、合成气(例如来自煤)燃烧循环,利用CO₂作为工作流体的半封闭电力生产循环,以及其他加压燃烧系统。在一个或多个实施方案中,需要在升高的压力下处理再循

环(或非再循环)工作流体的任何系统都可以采用本发明公开的系统和方法。

[0014] 在本公开的一个或多个实施例中, 加压涡轮机排气进入回热式热交换器, 其在那里被冷却。加压涡轮机排气可含有例如 NO_x 、 SO_x 、 CO 、 O_2 、 CO_2 、 H_2O 、未燃烧的烃、 H_2 和其他易燃的非烃类气体中的任何一种或多种, 以及汞、其他痕量金属和其他颗粒物。在一种配置中, 可以将流(flow)冷却到水的露点以下, 并且在排气中形成冷凝。在形成液体之前, 排气作为蒸汽相(vapor phase)通过吸附剂或吸收剂如颗粒活性炭(GAC)过滤, 其中捕获一部分Hg、痕量金属(例如钒和/或砷)和颗粒。在形成这种液相的实施方案中, 可以在物流进入氧化反应单元之前除去液相, 所述氧化反应单元可以是直接接触冷却器(例如, 洗涤器、混合器、注射器或经配置用于使气体与水性材料接触以进行热调节的类似组件)。通过再循环水流将蒸汽相逐渐冷却至接近环境温度, 所述再循环水流进而被外部冷却装置如冷却塔冷却。当气体冷却时, SO_x 和 NO_x 通过催化相互作用和可自由获得的氧气和液态水的存在转化为酸。酸沉淀到冷凝涡轮机废水中并落到洗涤器的底部, 它们在那里作为洗涤器液体质量平衡的一部分被除去。蒸汽相气体连同剩余的 SO_x 和 NO_x 含量以及可忽略不计地氧化成 CO_2 的 CO 的含量继续向上移动。

[0015] 鉴于直接接触冷却器的尺寸只是将气体冷却到设计温度(与质量转移相反), 气体在塔中的停留时间不足以大到使所有 SO_x 和 NO_x 完全转化为液相酸, 也不足以大到使所有 CO 完全转化 CO_2 。传感器(直接接触冷却器的上游或下游)表明, 在塔处滑动时, NO_x 、 SO_x 和 CO 的浓度在系统的循环流体中逐渐增大。满足一种或多种物质的浓度限制并开始在直接接触冷却器上游和/或直接接触冷却器中注入高级氧化剂。通过诸如文丘里注射器(venturi injector)等混合装置氧化剂可以作为再循环水喷雾的一部分注入, 或者作为液相或蒸汽相的独立物流注入。除了提供高级氧化剂外, 注入还可用于添加冷却水作为对洗涤器主要冷却机构的补充。注入臭氧(O_3)、过氧化物(H_2O_2)和/或其他高级氧化剂催化 NO 氧化成 NO_2 , SO_2 氧化成 SO_3 , CO 氧化成 CO_2 , 从而减少洗涤器中通过氧化和溶解除去总杂质所需的总停留时间。此时排气物流中的其他污染物同样在此处经受氧化。例如, 未燃烧的烃会被氧化成 CO_2 和 H_2O , 其他易燃气体会被氧化形成 CO_2 、 SO_2 、 NO_2 和/或 H_2O 。在优选的实施方案中, 在直接接触冷却器处或直接在其上游注入高级氧化剂, 以便在存在水时基本上防止酸沉淀。然而, 在各种实施方案中, 可以在涡轮机排气下游的一个或多个点直到并包括进入直接接触冷却器处, 注入高级氧化剂。这对于实现更高的氧化速率是有利的, 尤其是对于 CO 。高级氧化剂有利地催化存在于排气物流中的任何未燃烧的燃料和其他可氧化化合物的氧化。

[0016] 任选地, 可以通过系统中的一个或多个物流加热工艺物流。例如, 可以利用来自涡轮机排气物流或来自清洁的氧化后排气物流(vent stream)的热量。这对于在将工艺物流通入氧化催化床之前将具有高 CO 浓度的工艺物流加热至优选温度特别有利。然后可以在排气之前相对入口物流(inlet stream)冷却催化床反应器的出口物流(outlet stream)。

[0017] 以足够的速率连续加入氧化剂, 以将杂质浓度降低到其最大可允许的再循环流动限制以下。氧化剂的注入不仅减少了杂质除去所需的总停留时间, 而且还解决了由于缺乏可能存在的反应物而可能阻碍总杂质除去的过量 O_2 和 NO 的任何不平衡。

[0018] 作为高压系统, NO_x / SO_x 催化氧化用作除去大量酸性气体的主要手段, 同时高级氧化剂注入用作除去残留的 NO_x 和 SO_x 以及任何 CO 的抛光步骤。在一些实施方案中, 定制氧化反应塔的尺寸, 用于冷却再循环的流动气体而无需额外的化学相互作用停留时间, 同时控

制高级氧化剂流动以提供必要的除去速率。这种方法的目的是限制资本支出,并仅根据需要在注入补充氧化剂时增加运营支出。

[0019] 在一个或多个实施方案中,本公开可以提供了用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的系统。例如,所述系统可以包括:配置为传递包括一种或多种物质的工艺物流的工艺物流管线;配置为接收工艺物流的氧化反应单元;配置为将水传递给氧化反应单元的水输入管线;配置为将高级氧化剂传递给工艺物流管线、水管线和氧化反应单元中的一个或多个的高级氧化剂管线;配置为从氧化反应单元中除去水的水输出管线;和配置为从氧化反应单元中除去产物的产物管线。在其他实施例中,可以针对可以以任何顺序和数量组合的一个或多个下述陈述来定义所述系统。

[0020] 工艺管线中的一种或多种物质可包括酸性气体、一氧化碳和烃中的一种或多种。

[0021] 工艺管线中的一种或多种物质可包括 NO_x 、 SO_x 、 CO 、烃、 H_2 、 COS 和 H_2S 中的一种或多种。

[0022] 氧化反应单元可以是填充洗涤塔或水分离器。

[0023] 氧化反应单元可以配置为以相反的配置接收水和工艺物流。

[0024] 高级氧化剂可包含除 O_2 以外的适合原位提供活性氧物质的材料。

[0025] 高级氧化剂可包含适合原位形成羟基自由基或过羟基(perhydroxyl)自由基的材料。

[0026] 高级氧化剂可包括比标准氢电极(NHE)还原电位大于0.96伏特的材料。

[0027] 高级氧化剂可选自过氧化物、超氧化物、臭氧、卤氧化物及其组合。

[0028] 高级氧化剂可以是具有式 X_zO_y 的卤氧化合物,其中: X 是 Cl 、 Br 或 I ,并且:如果 X 是 Cl ,则 z 是1且 y 是1、2、3或4;如果 X 是 Br ,则 z 是1且 y 是1、2、3或4;如果 X 是 I ,则 z 为1且 y 为3。

[0029] 所述系统可以包括氧化反应单元上游的过滤单元。

[0030] 所述系统可以包括与产物管线一起布置并且配置成测量产物管线中的一种或多种物质的浓度的分析器。

[0031] 所述系统可以包括与分析器一起工作布置并配置成控制高级氧化剂通过高级氧化剂管线的控制器。

[0032] 在一些实施方案中,本公开可以提供用于电力生产的系统。例如,所述系统可以包括:燃烧室,其配置为接收烃燃料、氧化剂和包含压缩 CO_2 的物流,并配置为输出燃烧工艺物流;涡轮机,其配置为使燃烧工艺物流膨胀以产生电力并输出涡轮机排气工艺物流;热交换器,其配置为冷却涡轮机排气工艺物流并输出冷却的工艺物流;压缩机,其配置为接收再循环物流;其中,如本文另外描述,用于电力生产的系统与用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的系统组合,使得氧化反应单元位于热交换器的下游并位于压缩机的上游。

[0033] 在一些实施方案中,本公开可以提供用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的方法。例如,所述方法可以包括:提供包含一种或多种物质的工艺物流;使包含一种或多种物质的工艺物流通过氧化反应单元,使得包含一种或多种物质的工艺物流与水性物流混合;使包含一种或多种物质的工艺物流与高级氧化剂在氧化反应单元内和氧化反应单元上游中之一或两者接触;从氧化反应单元中回收(withdraw)水;从氧化反应单元中回收产物流;其中一种或多种物质的至少一部分被高级氧化剂氧化。在其他实施例中,所述方法可以根据一个或多个可以以任何顺序和数量组合的下述陈述来定义。

- [0034] 工艺物流中的一种或多种物质可包括酸性气体、一氧化碳和烃中的一种或多种。
- [0035] 工艺物流中的一种或多种物质可包括 NO_x 、 SO_x 、 CO 、烃、 H_2 、 COS 和 H_2S 中的一种或多种。
- [0036] 氧化反应单元可以是填充洗涤塔或水分离器。
- [0037] 氧化反应单元可以配置为以相反的配置接收水和工艺物流。
- [0038] 高级氧化剂可包含除了 O_2 以外的适合原位提供活性氧物质的材料。
- [0039] 高级氧化剂可包含适合原位形成羟基自由基或过羟基自由基的材料。
- [0040] 高级氧化剂可包括相对于标准氢电极 (NHE) 还原电位大于0.96伏特的材料。
- [0041] 高级氧化剂可选自过氧化物、超氧化物、臭氧、卤氧化物及其组合。
- [0042] 高级氧化剂可以是具有式 X_zO_y 的卤氧化合物, 其中: X是Cl、Br或I, 并且: 如果X是Cl, 则z是1且y是1、2、3或4; 如果X是Br, 则z是1且y是1、2、3或4; 如果X是I, 则z为1且y为3。
- [0043] 所述方法可以包括将至少一部从氧化反应单元回收的水再循环到水源。
- [0044] 所述方法可包括分析再循环物流以测量产物流中一种或多种物质的浓度。
- [0045] 所述方法可包括基于测量的产物流中的一种或多种物质的浓度来调节接触工艺物流的高级氧化剂的浓度。
- [0046] 在一些实施方案中, 本公开具体而言可以提供用于电力生产的方法。例如, 所述方法可以包括: 在压缩 CO_2 存在下用氧化剂燃烧燃料以形成包含一种或多种物质的燃烧工艺物流; 在涡轮机中使燃烧工艺物流膨胀以产生电力并输出涡轮机排气工艺物流; 在回热式热交换器中冷却涡轮机排气工艺物流以提供冷却的工艺物流; 其中如本文另外描述的, 用于电力生产的方法与用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的方法组合, 使得通过氧化反应单元的包含一种或多种物质的工艺物流包含由回热式热交换器提供的冷却工艺物流。可以根据以下陈述中的一个或多个进一步定义这种方法, 所述陈述可以以任何顺序和数量组合。
- [0047] 所述方法可以包括过滤涡轮机排气物流和来自回热式热交换器的冷却的工艺物流中的一种或两种, 以从中除去颗粒、汞、钒和砷中的一种或多种。
- [0048] 所述方法可以包括将包含 CO_2 的物流压缩至适合输入到燃烧室的压力。
- [0049] 所述方法可以包括使包含 CO_2 的压缩物流通过回热式热交换器, 使得相对于涡轮机排气工艺物流加热包含 CO_2 的压缩物流。
- [0050] 附图的简要说明
- [0051] 图1是本公开的实施方案的电力水生产系统的流程图, 其中处理燃烧产物流以去除一种或多种物质。
- [0052] 图2是本公开的实施方案的系统的流程图, 其中处理工艺物流以除去一种或多种物质; 和
- [0053] 图3是根据本公开的实施方案的用于电力生产和用于处理工艺物流以除去一种或多种物质的方法的流程图。

具体实施方式

[0054] 现在下文将参考附图更全面地描述本公开的一些方面, 附图示出了本公开的一些但非全部实施方式。实际上, 本公开的各种实施方式可以以许多不同的形式表达, 并且不应

该被解释为限于本文阐述的实施方式；相反，提供这些示例性实施方式使得本公开将是彻底的和完整的，并且将向本领域技术人员充分传达本公开的范围。如说明书和所附权利要求中所使用的，单数形式“一个/种(a)”、“一个/种(an)”、“所述(the)”包括复数指示物，除非上下文另有明确说明。

[0055] 在一个或多个实施方案中，本公开提供了用于从工艺物流中去除一种或多种物质的方法和系统。本文所用的术语“物质(species)”旨在涵盖可能存在于工艺物流中并且需要从中除去的任何杂质、污染物(contaminant)、污染物(pollutant)或废料。用于除去的物质尤其可以包括酸性气体、一氧化碳、未燃烧的烃或其他未燃烧的燃料、其他易燃材料、金属和其他颗粒。根据本公开的一个或多个实施方案，适合除去的物质的非限制性实例包括 NO_x 、 SO_x 、CO、烃(例如甲烷)、 H_2 、COS、 H_2S 、 NH_3 、汞、钒、砷和烟灰。

[0056] 本系统和方法特别适用于在发电循环中从工艺物流中去除一种或多种物质。更具体而言，发电循环可以是具有高压再循环工作流体(例如， CO_2 循环流体或其他循环流体)的循环。本公开可适用的示例性电力生产系统和方法描述于Allam等人的美国专利第8,596,075号、Allam等人的美国专利第8,776,532号、Palmer等人的美国专利第8,869,889号、Allam等人的美国专利第8,959,887号、Palmer等人的美国专利第8,986,002号、Palmer等人的美国专利第9,410,481号、Allam等人的美国专利第9,523,312号、Allam等人的美国专利第9,546,814号和Palmer等人的美国专利公开第2013/0118145号，其公开内容通过引用并入本文。因此，目前公开的系统和方法可以包含参考文献中描述的任何一个或多个组件和/或操作条件。

[0057] 在本公开的一个或多个电力生产实施例中，将再循环工作流体与燃料和氧化剂一起引入燃烧室中，以产生由 H_2O 、 CO_2 和本文另外描述的一种或多种其他物质组成的高压高温流体物流，流体物流被配置为驱动膨胀涡轮机并形成涡轮机排气。这种燃烧产物和循环工作流体的混合物可特别包括诸如 NO_x 、 SO_x 、CO等酸性气体和未燃烧的燃料(例如甲烷)。尽管特别适用于燃烧工艺，但应当理解，本公开涉及处理任何包括一种或多种杂质，特别是一种或多种酸性气体的工艺物流。因此，术语“工艺物流”旨在表示在工艺中产生的任何物流，使得所述物流包括经由本文进一步描述的方法和系统除去的酸性气体(或本文另外描述的其他物质)。因此，本文所用的工艺物流可以是来自电力生产工艺的燃烧室排气物流或涡轮机排气物流。尽管进一步的公开可以描述与燃烧工艺有关的方法和系统，但是这样的描述是示例性的，旨在提供与示例性实施例有关的本发明的完整描述，并且不旨在排除或放弃所公开的方法和系统应用于由其他工艺产生的物流。

[0058] 在一个或多个实施方案中，用于除去一种或多种物质的工艺物流优选是加压的。例如，工艺物流可以处于约1.5巴或更高，约2巴或更高，约5巴或更高，约10巴或更高，约20巴或更高，或约50巴或更高的压力下(例如，达到与现代工程装置一致的压力，例如高达300巴、400巴或500巴)。在各种实施方案中，工艺物流可以处于约1.5巴至约500巴，约2巴至约400巴，约5巴至约300巴，或约10巴至约100巴的压力下。根据本公开，在增加的压力下操作时实现氧化以除去一种或多种物质的能力可能是特别有益的，因为应当理解各种反应可以以压力依赖的速率进行。例如，在增加的压力下操作可以改善反应，其中反应活性是压力立方的函数。因此，由于能够在增加的压力下操作，本公开对于提供反应化学的非线性改进特别有益。

[0059] 除去一种或多种物质之前的工艺物流优选通过回收或其他方法基本上冷却至高于环境温度的温度。在涉及电力生产循环的实施方案中,在工艺物流经历冷却之后,必须排放至少一部分工艺物流以便维持与进入的燃料和氧化剂的质量平衡,同时将剩余部分再循环回到系统中。因此,希望在再循环和/或排放发生之前从工作流体中除去燃烧产生的水和酸性气体污染物,主要是 SO_x 和 NO_x ,以及一氧化碳和任何未燃烧的烃。

[0060] 在一些实施方案中,在引入高级氧化剂之前冷却工艺物流可能是有益的。例如,引入了高级氧化剂的工艺物流可以在低于约 500°C ,低于约 400°C ,低于约 300°C ,低于约 200°C 或低于约 100°C 的温度下(例如,具有约环境温度的最小值)。然而,氧化反应可以在各种温度下进行。因此,在各种实施方案中,可以在如下的任何压力范围下将高级氧化剂引入物流中:约 1000°C 至约 50°C 、约 1000°C 至约 100°C 、约 1000°C 至约 200°C 、约 500°C 至约 30°C 、约 400°C 至约 50°C 、约 300°C 至约 100°C 、约 200°C 至约 30°C 、约 150°C 至约 20°C 、约 150°C 至约 30°C 、约 100°C 至约 20°C 、约 90°C 至约 30°C 、约 70°C 至约 35°C 。

[0061] 在本公开的一个或多个实施方案中,在任选地冷却工艺物流之后,将工艺物流传递给氧化反应单元。氧化反应单元可以是配置为直接接触冷却工艺物流的任何装置。因此,它可以是洗涤器、混合器、注射器或配置为使气体与水性材料接触以进行热调节的类似组件。特别是,在一个或多个点将一个或多个冷却水的物流(任选地夹带高级氧化剂)注入氧化反应单元。可以将氧化反应单元优先配置为具有以下功能:1)将工艺物流冷却至接近环境温度;2)将水从工艺物流中分离出来;3)以及从工艺物流中除去不需要的物质(例如 SO_x 、 NO_x 、CO和未燃烧的烃)。

[0062] 在一些实施方案中,本发明的系统和方法可包括一个或多个过滤单元。优选地,过滤单元包括吸附剂,例如颗粒状活性炭(GAC),并且这种过滤单元可以位于本文所述的系统中的一个或多个相关点处,其中重金属(例如,汞、钒、砷等)的捕获可以是在引入高级氧化剂之前在蒸汽相中的捕获。过滤单元可以位于工艺物流冷却到水露点的点的上游或下游;然而,过滤单元优选位于可以注入高级氧化剂的任何点的上游,以防止任何活性过滤组分的失活。

[0063] 在本中应当理解,术语“气体”和“蒸汽”是可互换的。尽管通常认为术语“气体”意味着所有材料在室温下都处于气相中,并且术语“蒸汽”意味着在室温下包含气相和液相混合物的两相材料,但是出于本公开的目的,术语“气体”的使用不应视为排除存在任何液相材料,并且术语“蒸汽”的使用应被视为需要存在至少一些液相材料。因此,在使用术语“气体”和“蒸汽”时,应理解,除非特别指出,否则一部分材料可以是或可以不是液相。

[0064] 在进入氧化反应单元之前,任何 SO_2 和NO的一部分(例如衍生自燃烧)会通过气相 $\text{NO}/\text{O}_2/\text{SO}_2$ 反应机制转化为 SO_3 和 NO_2 。当工艺物流进入氧化反应单元并在水洗(不含氧化剂)存在下继续冷却时, SO_3 和 NO_2 将溶解在液相水中。当工艺物流移动通过氧化反应单元时,该 SO_2 和NO会在蒸汽相中继续氧化。随着冷却的继续,任何蒸汽相水都会冷凝出来。这将进一步促进液相中 H_2SO_4 和 HNO_3 的形成和除去。先前未被除去的任何 $\text{SO}_x/\text{NO}_x/\text{CO}$ 和烃将被氧化反应单元中的高级氧化剂除去。所述系统和方法能够利用独特的系统条件和 $\text{NO}_x/\text{SO}_x/\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ 反应机制来减少高级氧化剂的消耗,从而降低除去系统的操作成本。

[0065] 在一个或多个实施方案中,可以在工艺物流中的一个或多个位置处并且在一个或多个温度水平下提供高级氧化剂。如上所述,可以将高级氧化剂直接提供到氧化反应单元

中。可选地或另外地,可以在氧化反应单元的上游提供相同或不同的高级氧化剂,在此处工艺物流可以处于更高的温度。这能够选择性地除去任何 NO_x 、 SO_x 和 CO 。因此,应当理解,术语“氧化反应单元”的使用不应视为限制氧化反应在系统内的位置。虽然氧化可优选在氧化反应单元内发生,但应当理解,至少一部分氧化反应可在氧化反应单元的上游发生,这取决于高级氧化剂的注入位置。因此,在一些实施方案中,氧化反应单元可主要作为用于除去一种或多种氧化反应产物的分离装置操作。

[0066] 在工艺物流是来自电力生产循环的排气物流的实施方案中,电力系统优选在具有过量氧气的高压下操作。离开涡轮机的工艺物流可处于高于10巴的压力下,同时氧浓度高于0.1%摩尔。离开涡轮机的燃烧气体被引导到热交换器中,在热交换器中,它基本上被冷却到高于环境温度的温度然后再提供给氧化反应单元。燃烧衍生的水冷凝发生在换热器的下端。在该区域,如上所述,部分 SO_2 和 NO 通过气相 $\text{NO}/\text{O}_2/\text{SO}_2$ 反应机制转化为 SO_3 和 NO_2 。此后, SO_3 和 NO_2 溶解在燃烧衍生的冷凝水中,从而在热交换器中形成 H_2SO_4 和 HNO_3 。以下反应可以显示所述反应机制:

[0067] 反应1 $\text{NO} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$

[0068] 反应2 $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$

[0069] 反应3 $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$

[0070] 反应4 $3\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

[0071] 反应5 $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{SO}_3$

[0072] 反应6 $\text{NO} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

[0073] 如上所述,在本公开处理的工艺物流中存在 O_2 (从燃烧过工艺过量存在或添加到工艺物流中)可有利于减少必须添加的高级氧化剂的量。因此应当理解, O_2 可以是添加的氧化剂-即,除了 O_2 之外还可以添加高级氧化剂,并且添加到燃烧产物流中的 O_2 与高级氧化剂的比例可以变化。因此,本公开可以明确地排除在工艺物流中存在和/或添加 O_2 作为高级氧化剂。在一些实施方案中,存在于工艺物流中的 O_2 的量可以高达0.1%摩尔、0.2%摩尔、0.5%摩尔、1%摩尔或2%摩尔,而不认为是根据本公开添加的高级氧化剂的一部分。优选地,工艺物流不包括 O_2 或所包括的 O_2 的浓度为约0.01%摩尔至约2%摩尔,约0.05%摩尔至约1.5%摩尔,或约0.1%摩尔至约1%摩尔。

[0074] 尽管在一些实施方案中(如上所述)优选使用过量氧气的高压系统,但本公开还包括低压系统,包括不存在过量氧气的系统。在一些实施方案中,“低压”系统可以定义为在小于2巴的压力下排气操作的系统。应当理解,这种低压系统可能需要更多的高级氧化剂输入以实现 NO_x 、 SO_x 和/或 CO 的最佳除去。

[0075] 多种高级氧化剂可适用于本发明的使用。在一些实施方案中,术语“高级氧化剂”可包括通常认为在高级氧化工艺中可接受的任何材料。在一些实施方案中,术语“高级氧化剂”可包括除 O_2 之外原位提供活性氧物质的任何材料。在一些实施方案中,术语“高级氧化剂”可包括配置为原位形成羟基自由基的任何材料。在一些实施方案中,术语“高级氧化剂”可以包括气体、液体、含水盐或溶解的固体(即,形成悬浮液的溶解的固体)或溶解的气体形式的还原电位相对于标准氢电极(NHE)大于0.96V(伏特)的任何分子、化合物或其组合。可以例如使用三电极恒电位仪或类似装置直接测量还原电位。在某些实施方案中,术语“高级氧化剂”可包括本文明确举例说明的材料中的一种或任何组合。

[0076] 作为实例,适合本发明使用的高级氧化剂可包括过氧化物、超氧化物、臭氧或卤素氧化物中的一种或组合。卤素氧化物可以是具有式 X_zO_y 的化合物,其中: X 是Cl、Br或I;如果 X 是Cl,则 z 为1且 y 为1、2、3或4;如果 X 是Br,则 z 是1且 y 是1、2、3或4;如果 X 是I,则 z 是1且 y 是3。卤素氧化物的合适的示例性抗衡离子包括碱金属或碱土金属。作为具体实例,反应7-9分别显示了碘酸盐(IO_3^-)与 SO_2 、 NO 和 CO 之间的反应。

[0077] 反应7. $2IO_3^-(aq) + 5SO_2(g) + 4H_2O(l) \rightarrow I_2(l/g) + 5SO_4^{2-}(aq) + 8H^+(aq)$

[0078] 反应8. $2IO_3^-(aq) + 5NO(g) + 4H_2O \rightarrow I_2(l/g) + 5NO_3^-(aq) + 8H^+(aq)$

[0079] 反应9. $2IO_3^-(aq) + 6CO(g) \rightarrow I_2(l/g) + 6CO_2(g)$

[0080] 可在整个系统中的一个或多个位置将高级氧化剂添加到工艺物流中,以达到所需的氧化水平。添加到工艺物流中的高级氧化剂的量可以根据要除去的存在物质的类型,要除去的一种或多种物质的浓度以及反应动力学而变化,所述反应动力学可基于操作条件的压力。在一个或多个实施方案中,基于工艺物流(包括高级氧化剂)的总组成,所添加的高级氧化剂的总浓度可以为约0.1mol%至约20mol%。

[0081] 在本公开的一个或多个实施方案中,可以将气相、液相或固相的一种或多种高级氧化剂注入氧化反应单元中。高级氧化剂可以以水溶液提供,特别是可以注入进入氧化反应单元的水流中。优选地,高级氧化剂进入氧化反应单元的上部。可选地或另外地,可以将一种或多种气态高级氧化剂注入氧化反应单元的底部,与进入的工艺物流的注入相反。相反的注入配置可以产生流体湍流,以增强工艺物流和高级氧化剂的混合。可以基于氧化反应单元出口处存在的用于除去的一种或多种物质的浓度来调节高级氧化剂的流速。因此,所述系统尤其可以包括一个或多个气体检测器、液体检测器和/或质量检测器。在一些实施方案中,检测器可包括气相色谱(GC)、质谱仪(MS)、GC/MS、高效液相色谱(HPLC)等中的一种或多种。这种检测器在本文中可另外称为分析器。

[0082] 在注入氧化反应单元之前,可以任选地分解高级氧化剂,以产生高反应性中间体,例如羟基自由基($OH\cdot$)和过羟基自由基($\cdot HO_2$)。这可以有效地提高除去效率,并进一步减少高级氧化剂的消耗。它可以以各种方式进行,例如 H_2O_2 催化氧化,在臭氧存在下用催化剂氧化,或这些方法中的两种或更多种的组合。

[0083] 在示例性实施方案中,在将 H_2O_2 与水混合之前,任选地安装用于 H_2O_2 分解的催化剂床。 H_2O_2 的分解可以由基本上纯的金属如铁、银、铜、锰和镍或它们的氧化物如各种氧化铁(III)催化。 H_2O_2 的分解导致形成提高 $SO_x/NO_x/CO$ 氧化速率的高反应性羟基和过羟基自由基中间体。可以类似地处理其他高级氧化剂以分解形成反应性中间体。 H_2O_2 在金属表面上的分解可以根据下面提供的反应进行。

[0084] 反应10. $H_2O_2 + M^+ \rightarrow HO_2 + H^+ + M$

[0085] 反应11. $H_2O_2 + M \rightarrow M^+ + OH\cdot + OH^-$

[0086] 通过 OH 自由基进行 $SO_x/NO_x/CO$ 的氧化可以根据下文所示的反应进行:

[0087] 反应12. $CO + OH\cdot \rightarrow CO_2 + H\cdot$

[0088] 反应13. $NO + OH\cdot \rightarrow HNO_2$

[0089] 反应14. $NO + OH\cdot \rightarrow NO_2 + H\cdot$

[0090] 反应15. $SO_2 + OH\cdot \rightarrow HSO_3$

[0091] 在一个或多个实施方案中,本公开尤其可以配置为用于 CO 氧化。例如,可以将补充

催化床安装在氧化反应单元的上游。 CO_2 /工艺物流与臭氧(从进入蒸汽相的水注入过量)流过补充催化床并将CO氧化成 CO_2 。作为非限制性实例,催化剂可以是铂族金属(PGM),例如钌或铂,或钴的氧化物或合金,例如 Co_3O_4 或Fe-Co混合氧化物。在下列条件下,添加补充催化床对于选择性地将CO氧化成 CO_2 特别有用:1)显著较低的温度;2)较低的氧化剂浓度;3)较短的停留时间,转化为较小的反应体积。

[0092] 作为本公开的实施方式的一个实施例,图1示出了电力生产循环。如图所示,电力生产循环100包括燃烧室105,其中含碳燃料进料107和氧化剂进料109在再循环 CO_2 物流151存在下燃烧,形成高压、高温燃烧产物流111,燃烧产物流111在涡轮机115中膨胀以利用发电机117产生电力。在高温下来自涡轮机120的排气物流119(即,如本文所述的工艺物流)在回热式热交换器120中冷却,产生冷却的涡轮机排气物流121,其通常可以含有水、 CO_2 和一种或多种用于除去的物质,例如 NO_x 、 SO_x 和CO。可选地,过滤器单元155可以位于涡轮机119和热交换器120之间。或者,过滤器单元155可以位于燃烧室105和涡轮机115之间,以便过滤燃烧产物流111。或者过滤器单元155可以并入通过热交换器120的管线中,使得在部分冷却物流119之后但在物流119中的水蒸汽发生冷凝之前可发生过滤。物流121整个部分可以进入氧化反应单元125,氧化反应单元125包括输入的高级氧化剂物流127和任选的输入的水流129。水可以在氧化反应单元125中分离并作为物流131离开。可以回收基本上纯的 CO_2 产物流133,用于封存和/或二次使用,例如提高油采收率。再循环物流137可包含基本上纯的 CO_2 ,并且可在压缩机140中压缩这种再循环物流以形成高压再循环 CO_2 物流147。再循环物流137可视为产物流,因为 CO_2 可以为纯化系统的产物。在一些实施方案中,冷却的涡轮机排气物流121可以被分开,使得物流123是输入到接触单元125的第一部分,并且物流124是绕过接触单元并且与循环物流137合并的第二部分。如果需要的话,可以将额外量的高级氧化剂输入到例如物流119、物流121、物流123和物流124中的任何一个或多个中。高压再循环 CO_2 物流147被传递到回热式热交换器120,在那里它相对于冷却涡轮机排气物流119被加热,并作为物流151离开以输入到燃烧室105。前述内容因此代表了如何从工艺物流中除去一种或多种杂质或污染物的一个实例,根据图1的实例,所述工艺物流不需限于燃烧产物流。

[0093] 在本公开的一个或多个实施方案中,将高级氧化剂提供给工艺物流(直接地,在添加的水性物流中,或提供给氧化反应单元)的速率可以根据分析的下流化学组成而变化。由于增加的高级氧化剂成本,非常需要能够对高级氧化剂的化学计量添加提供精确控制。因此,本公开可以包括分析一种或多种输出物流的化学组成的实施方案,并且基于一种或多种输出物流中的一种或多种材料的浓度来控制高级氧化剂的添加速率。

[0094] 图2中举例说明了用于控制高级氧化剂输入到工艺物流的系统和方法。如图所示,从生产系统201的管线221中输出工艺物流。生产系统201可以是电力生产循环,例如图1的电力生产循环100;然而,电力生产系统201可以是输出工艺物流并且工艺物流包括适合经历本文所述氧化反应的一种或多种物质的任何系统。

[0095] 如本文另外描述,将管线221中的工艺物流输入氧化反应单元225。将来自高级氧化剂源260的高级氧化剂通过管线229输入到氧化反应单元225。可选地或另外,可以将管线229中的高级氧化剂传递到水管线227,以在传递到氧化反应单元225中之前与来自水源270的水混合。尽管未示出,但应理解,可将来自高级氧化剂源260的高级氧化剂(单独或与来自水源270的水组合)直接输入到氧化反应上游的管线221中。这可以替代地直接输入到氧化

反应单元225中或额外地直接输入到氧化反应单元225中进行。

[0096] 水通过管线231离开氧化反应单元225,并且再循环物流在管线237中离开。再循环物流可以视为产物流。再循环流通常可包含CO₂作为氧化反应的产物和/或作为来自工艺物流的再循环产物(例如,当CO₂在电力生产循环中用作工作流体时)。管线237中的再循环物流可以是基本上纯的CO₂物流。在其他实施方案中,管线237中的再循环物流可包括一定含量的一种或多种用于除去的物质。工艺条件可以使得一定含量的一种或多种用于除去的物质是可接受的或预期的。这可以表明高级氧化剂的添加处于期望的水平或者不需要高级氧化剂。可以通过分析器280或其他测量装置(例如,GC、MS、GC/MS、HPLC等)测量一种或多种物质的浓度。分析器280可以通过控制输入281与控制单元290通信,由此将测量值从分析器280传送到控制单元290。控制单元290可以执行考虑各种输入的一个或多个预定算法,所述输入包括通过系统的质量流、一个或多个管线中的氧含量、生产系统201中的反应化学计量,以及管线237中的一种或多种物质的含量。控制单元290然后可以向水源270、高级氧化剂源260、高级氧化剂管线229和水管线227中的一个或多个提供至少一个控制输出291。例如,控制输出291a可以激活高级氧化剂源260中的泵,和/或控制输出291b可以激活水源270中的泵(未示出)。另外或可选地,控制输出291a可以激活高级氧化剂管线229中的阀(未示出),和/或控制输出可以激活水管线227中的阀(未示出)。输出信号可以使较少或较多量的管线229中的高级氧化剂和管线227中的水中的一种或两种递送到氧化反应单元225。可以预先设定杂质、污染物或废料中一种或多种的特定的、可接受的浓度范围,并且当一种或多种物质中的任何一种的浓度超过预设范围时,测量所述物质浓度的分析器280可以将输出信号递送给控制器,控制器又可以发出适当的高级氧化剂注入系统的信号。可以继续注入高级氧化剂,直到分析器280记录返回到一种或多种物质的可接受范围,此时可以减少或完全暂停高级氧化剂的注入。以这种方式,本公开通过同时利用不需要的物质的氧化剂反应和高压催化相互作用,提供了与排放控制相关的资本支出和运营费用的成本有效调节。

[0097] 从前述内容可以看出,本公开因此提供了用于氧化工艺物流中一种或多种物质的系统。所述系统可以在各种实施方案中包括以下组件的组合:用于在一个或多个其他系统组件之间传递工艺物流的管线;至少一个氧化反应单元(例如,填充洗涤塔、水分离器或配置为将工艺物流与至少水直接混合的其他组件,所述水任选地包括高级氧化剂);一条或多条用于传递高级氧化剂的管线;一条或多条用于传递水的管线;一个或多个用于移动高级氧化剂的泵;一个或多个用于移动水的泵;一个或多个用于将高级氧化剂与水混合的混合器;一个或多个用于控制高级氧化剂流过高级氧化剂管线的阀;一个或多个用于控制水流过管线的阀;一条或多条用于从氧化反应单元中除去产物(例如循环物流,例如含CO₂物流)的管线;一个或多个用于测量或检测流过管线的物质的浓度的分析器;一个或多个配置为接收输入信号并传送输出信号的控制器;以及一个或多个配置为传递输入信号和/或输出信号的控制管线。在具体实施方案中,用于氧化一种或多种物质的系统可包括使得整个系统是电力生产系统的组件。因此,除了上述组件的任何组合之外,所述系统还可包括以下组件:燃烧室,其配置为在工作流体存在下在氧化剂中燃烧烃燃料并输出燃烧排气工艺物流;涡轮机,其配置为接收燃烧排气工艺物流,使燃烧排气工艺物流膨胀产生电力,并输出涡轮机排气工艺物流;回热式热交换器,其配置为接收涡轮机排气工艺物流并将热从涡轮机排气工艺物流传递到再循环物流;压缩机和/或泵,配置为接收和压缩再循环物流;管线,用于

在燃烧室、涡轮机、回热式热交换器、压缩机和/或泵以及上文另外所述其他组件之间传递工艺物流。应当理解,任何上述组件都可以包括至少一个输入,配置为接收工艺物流;和/或至少一个输出,配置为递送工艺物流。

[0098] 本公开还可以提供用于氧化工艺物流中的一种或多种物质的方法。如下面进一步描述,可以根据图3来限定这种方法。在操作305中,烃燃料在压缩CO₂存在下在氧气中燃烧,产生燃烧室排气工艺物流。在操作310中,燃烧室排气工艺物流在涡轮机中膨胀,产生电力和离开的涡轮机排气工艺物流。在操作315中,涡轮机排气工艺物流在回热式热交换器中冷却,产生冷却的工艺物流。应当理解,操作305、310和315可以在氧化方法与电力生产方法结合进行的实施方案中进行。因此,操作305、310和315可以由进一步的操作代替,由此提供冷却的工艺物流。在操作320中,使冷却的工艺物流通过氧化反应单元以从冷却的工艺物流中除去一种或多种物质。在操作325中,从氧化反应单元中回收水,并且任选地,将至少部分水再循环到水源中。在操作330中,从氧化反应单元回收包含CO₂的再循环物流。再循环物流可以视为产物流,因为CO₂可以是产物。在操作335中,将一部分再循环物流压缩至适合输入到燃烧室的压力。在操作340中,使压缩的再循环物流通过回热式热交换器以相对于涡轮机排气工艺物流加热。在操作345中,将再加热的再循环物流作为压缩的CO₂传递到燃烧室,用于燃烧操作305。还应当理解,操作335、340和345可以在氧化方法与电力生产方法组合进行的实施方案中进行。因此,操作335、340和345可以不存在或者用其他操作替换。在操作316(其在操作320之前或与操作320同时执行)中,将高级氧化剂注入冷却的工艺物流(直接或注入氧化反应单元)以氧化一种或多种物质。在操作331中,分析再循环物流以评估已经除去的一种或多种物质的浓度。在操作332中,基于在再循环物流中测量的物质浓度调节注入的高级氧化剂的浓度。在操作333中,排放至少一部分再循环物流(其可包括去除以用于封存或其他最终用途)。

[0099] 本发明所属领域的技术人员应当想到本发明的许多修改和其他实施例,具有前述描述和相关附图中呈现的教导的益处。因此,应当理解,本发明不限于所公开的具体实施方案,并且意欲修改和其他实施例包括在所附权利要求的范围内。尽管本文采用了具体术语,但它们仅以一般性和描述性意义使用,而不是出于限制的目的。

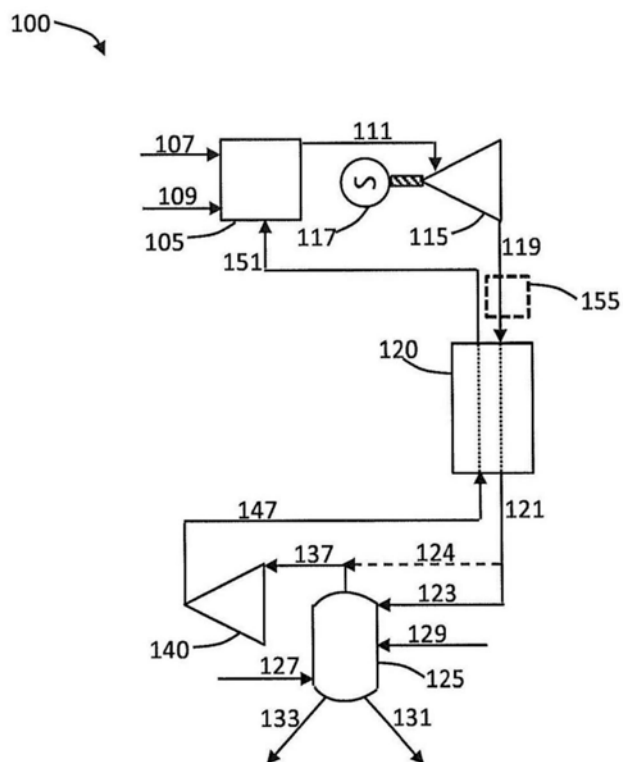


图1

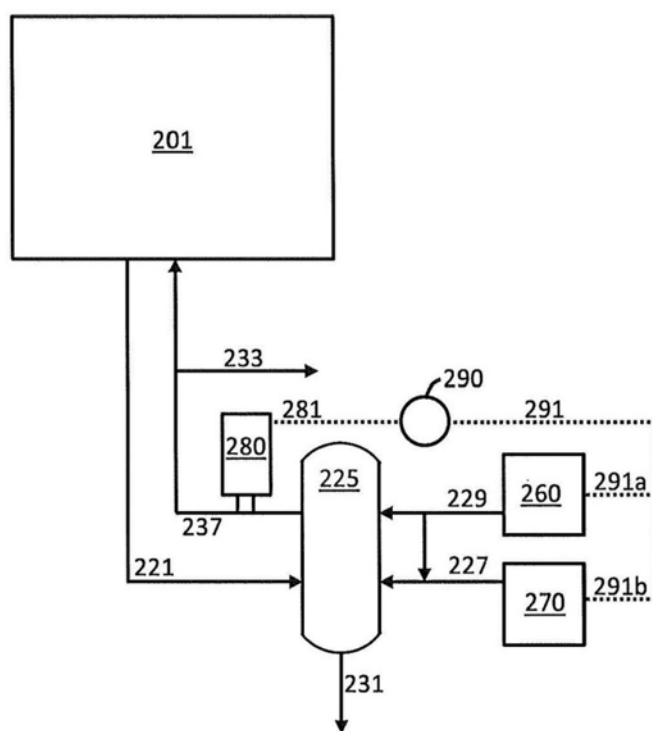


图2

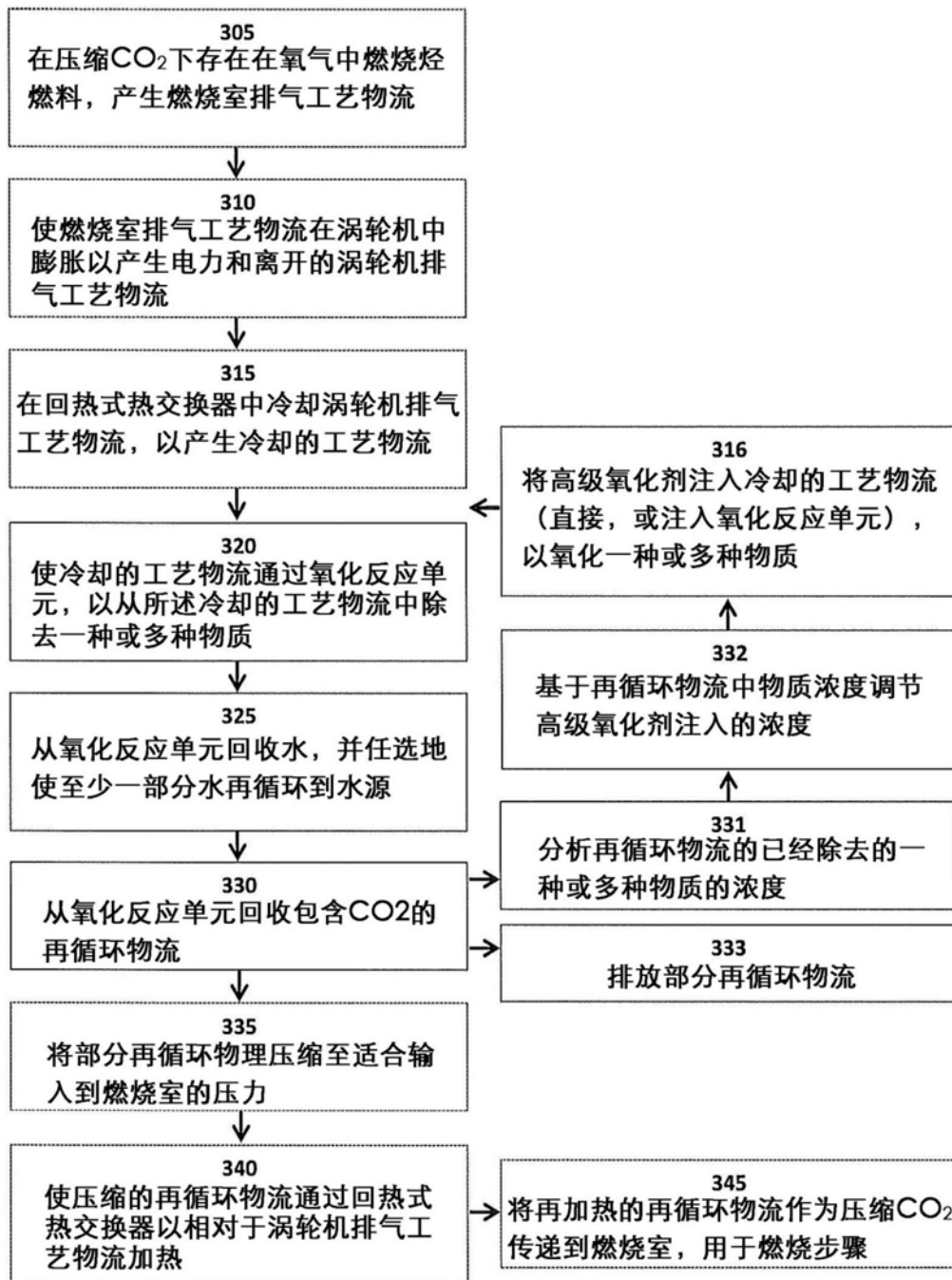


图3