



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113557080 A

(43) 申请公布日 2021.10.26

(21) 申请号 202180001704.9

(22) 申请日 2021.02.19

(30) 优先权数据

20158492.7 2020.02.20 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.06.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/054097 2021.02.19

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2021/165441 EN 2021.08.26

(71) 申请人 斗山能捷斯有限责任公司

地址 德国拉廷根

(72) 发明人 O·纳林 B·布罗奇 S·克鲁奇

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 张萍 杨思捷

(51) Int.Cl.

B01J 8/24 (2006.01)

B01J 8/00 (2006.01)

G25B 1/02 (2006.01)

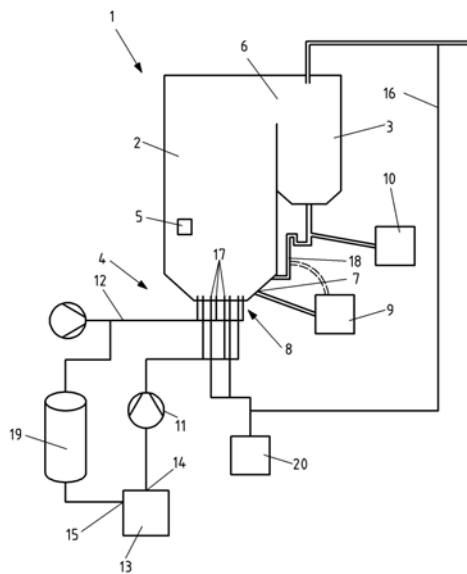
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

用于操作流化床设备的方法和流化床设备

(57) 摘要

本申请涉及用于操作流化床设备的方法并涉及流化床设备,所述方法包括以下步骤:1a) 向流化床反应器(1)的反应室(2)提供颗粒状金属,1b) 向流化床反应器(1)的流化底部(8)提供氧化剂,以致将包含颗粒状金属的颗粒状物质流化,其中颗粒状金属与氧化剂反应成颗粒状金属氧化物,1c) 从反应室(2)中取出颗粒状金属氧化物,1d) 储存经取出的颗粒状金属氧化物,2a) 向流化床反应器(1)的反应室(2)提供颗粒状金属氧化物,2b) 向流化床反应器(1)的流化底部提供含有还原剂的气体,以致将包含颗粒状金属氧化物的颗粒状物质流化,其中颗粒状金属氧化物与还原剂反应成颗粒状金属,2c) 从反应室(2)中取出颗粒状金属,2d) 储存经取出的颗粒状金属。



1. 用于操作流化床设备的方法,其包括以下步骤:
 - 1a) 向流化床反应器 (1) 的反应室 (2) 提供颗粒状金属,
 - 1b) 向所述流化床反应器 (1) 的流化底部 (8) 提供氧化剂或水蒸汽,以致将包含所述颗粒状金属的颗粒状物质流化,其中所述颗粒状金属与所述氧化剂反应成颗粒状金属氧化物或者与所述水蒸汽反应成颗粒状金属氧化物和气态氢,
 - 1c) 从所述流化床反应器 (1) 中取出颗粒状金属氧化物,
 - 1d) 储存经取出的颗粒状金属氧化物,
 - 2a) 向所述流化床反应器 (1) 的所述反应室 (2) 提供颗粒状金属氧化物,
 - 2b) 向所述流化床反应器 (1) 的所述流化底部提供含有还原剂的气体,以致将包含所述颗粒状金属氧化物的颗粒状物质流化,其中所述颗粒状金属氧化物与所述还原剂反应成颗粒状金属,
 - 2c) 从所述流化床反应器 (1) 中取出所述颗粒状金属,
 - 2d) 储存经取出的颗粒状金属。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述还原剂气体包含氢气作为还原剂。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其包括以下步骤:
 - 操作电解单元 (13),以产生氧气和氢气,
 - 在步骤2b) 中向所述流化床反应器 (1) 的所述反应室 (1) 提供所产生的氢气作为还原剂。
4. 根据权利要求3所述的方法,其包括以下步骤:
 - 储存所产生的氧气,并在步骤1b) 中向所述流化床反应器 (1) 的所述反应室 (2) 提供经储存的氧气。
5. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中将与所述颗粒状物质分离之后的反应气体取出并提供到所述流化底部 (8) 。
6. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中在步骤1a) 或1b) 中,至少局部地暂时提高温度,以引起所述颗粒状金属与氧气的放热燃烧反应。
7. 流化床设备,其包含:
 - 流化床反应器 (1),其具有
 - 用于颗粒状物质的反应室 (2),
 - 用于用以流化所述颗粒状物质的操作气体的具有至少一个气体入口 (4) 的流化底部 (8),
 - 用于储存从所述流化床反应器 (1) 中取出的颗粒状金属的与所述流化床反应器 (1) 连接的颗粒状金属储存器 (9),
 - 用于储存从所述流化床反应器 (1) 中取出的颗粒状金属氧化物的与所述流化床反应器 (1) 连接的颗粒状金属氧化物储存器 (10),
 - 可与所述流化床反应器 (1) 的所述流化底部 (8) 连接的还原剂供应源 (11),和
 - 可与所述流化床反应器 (1) 的所述流化底部 (8) 连接的氧化剂供应源 (12) 或水蒸气供应源 (20) 。
8. 根据权利要求7所述的流化床设备,其具有用于反应气体的再循环管线 (16),所述再循环管线 (16) 可与所述流化底部 (8) 连接。

9. 根据权利要求7或8所述的流化床设备,其中所述还原剂供应源(11)和所述氧化剂供应源(12)以及优选地所述再循环管线(16)可与所述流化底部(8)的相同或不同的喷嘴(17)连接。

10. 根据权利要求7至9中的一项所述的流化床设备,其中所述颗粒状金属氧化物储存容器(10)与连接颗粒状物质分离器(3)和所述反应室(2)的返回管线(18)连接。

11. 根据权利要求7至10中的一项所述的流化床设备,其中所述颗粒状金属储存器(9)与在所述流化底部(8)上方的所述反应室(2)连接。

12. 根据权利要求7至11中的一项所述的流化床设备,其中所述流化床设备包含点火装置(5),所述点火装置(5)体现为至少局部地提高温度,以引起所述颗粒状金属与氧化剂的放热燃烧反应。

13. 根据权利要求7至12中的一项所述的流化床设备,其中颗粒状物质分离器(3)或权利要求10所述的颗粒状物质分离器(3)与反应室出口(6)相连。

14. 根据前述权利要求7至13中的一项所述的流化床设备,其包含用于产生氢气和氧气的电解(13)单元,所述电解单元(13)具有用于所产生的氢气的氢气出口(14)和用于所产生的氧气的氧气出口(15),其中所述氢气出口(14)可与所述流化床反应器(1)的所述气体入口(4)连接,并且其中优选所述氧气出口(15)与氧气储存容器(19)连接,所述氧气储存容器(19)可与所述流化床反应器(1)的所述气体入口(4)连接。

15. 根据前述权利要求7至14中的一项所述的流化床设备,其中所述颗粒状金属属于以下组:

- 铁 (Fe),
- 锌 (Zn),
- 碱金属,尤其镁 (Mg)。

用于操作流化床设备的方法和流化床设备

[0001] 本发明涉及流化床设备,且尤其涉及循环流化床设备(CFBA),并涉及用于操作此类流化床设备的方法。下文中术语如“上”、“下”、“水平”、“垂直/竖直”、“内/内部”等总是指流化床设备的常规使用位置。流化床设备通常包含流化床反应器,其壁由管道制成,水通过所述管道流动,其中所述管道彼此直接焊接以提供壁结构,或者在平行延伸的管道区段之间具有翅片/肋。流化床反应器的壁也可由砖或与管道组合的砖制成。

[0002] 通常,此类流化床反应器的反应室在其上端具有至少一个反应室出口,其中所述反应室出口允许从反应室排出的反应气体与固体颗粒(下文中称为颗粒状物质)的混合物流入至少一个分离器。

[0003] 分离器用于使反应气体和颗粒状物质脱离。其后将分离的反应气体和颗粒状物质单独处理。颗粒状物质可直接返回进入反应室。

[0004] 循环流化床设备及其组件的一般设计公开于EP 0 495 296 A2中。

[0005] 这种类型的流化床设备的一般工艺工程或多或少是明确的并包括:

- 经由入口(inlet opening)提供颗粒状物质到反应室中,
- 通过经由流化底部在压力下引入的(操作)气体将颗粒状物质流化,所述流化底部可在反应室的底部区域中包含相应的喷嘴和/或格栅,
- 经由布置在反应室内或邻近反应室的传热元件(尤其诸如水或蒸汽之类的传热流体流动通过的管道)传递在流化床中产生的能量(热量)或者从已经离开反应室的反应气体传递能量。

[0006] 取决于提供的操作气体的速度,流化床可体现为静态流化床、鼓泡流化床或循环流化床。

[0007] US 2009/0072538 A教导了使用第一流化床设备作为氧化反应器,其中颗粒状金属与经由流化底部提供的氧化剂一起燃烧;以及使用第二流化床设备作为还原反应器,其中通过经由第二流化床设备的流化底部提供还原剂来还原颗粒状金属氧化物。使用还原反应器和氧化反应器的组合的这种系统来驱动用于发电的涡轮,其中在高压下储存所产生的二氧化碳。

[0008] 目前,在存在过剩的电能(例如产生自可再生能源)的情况下,对储存(电)能存在着需求。因此,已知运行电解单元来产生氧气和氢气以及在压力下储存所产生的气态氢。在对电能的需求高于由可再生能源或其它来源供应的电能的情况下,所储存的气态氢可用来提供(电)能。然而,储存气态氢需要复杂且昂贵的储存容器。

[0009] 在这种背景下,本申请的目的是提供流化床设备和用于操作流化床设备的方法,利用该设备和方法可暂时储存电能。

[0010] 利用具有相应的独立权利要求的特征的用于操作流化床设备的方法和流化床设备来实现该目的。所述方法和流化床设备的优选实施方案是从属权利要求和说明书的主题,其中优选实施方案的单个特征可以按技术上有意义的方式彼此组合。关于方法公开的特征可应用于流化床设备,反之亦然。

[0011] 尤其利用用于操作流化床设备的方法来实现该目的,该方法包括以下步骤:

1a) 向流化床反应器的反应室提供颗粒状金属,

1b) 向流化床反应器的流化底部提供氧化剂(例如含氧气体,尤其空气),以致将包含颗粒状金属的颗粒状物质流化,其中颗粒状金属与氧化剂反应成颗粒状金属氧化物,

1c) 从流化床设备中取出颗粒状金属氧化物,

1d) 储存经取出的颗粒状金属氧化物,

2a) 向流化床反应器的反应室提供颗粒状金属氧化物,

2b) 向流化床反应器的流化底部提供含有还原剂的气体,以致将包含颗粒状金属氧化物的颗粒状物质流化,其中颗粒状金属氧化物与还原剂反应成颗粒状金属,

2c) 从流化床反应器中取出颗粒状金属,和

2d) 储存经取出的颗粒状金属。

[0012] 还可通过包含流化床反应器的流化床设备来实现该目的,该流化床反应器具用于颗粒状物质的反应室、具有至少一个用于用以流化颗粒状物质的操作气体的气体入口的流化底部、以及优选的用于将颗粒状物质与反应气体分离的颗粒状物质分离器。该流化床设备进一步包含与流化床反应器连接的颗粒状金属储存容器、与流化床反应器连接的颗粒状金属氧化物储存容器、可与流化床反应器的流化底部连接的还原剂供应源(supply)和可与流化床反应器的流化底部连接的氧化剂供应源。

[0013] 因此,本发明建议操作同一个流化床反应器作为还原反应器并交替地作为氧化反应器。例如,如果存在得自可再生能源的过剩电能,则颗粒状金属氧化物可在流化床内与所提供的还原剂(即,来自利用来自可再生能源的电力运行的电解单元的氢气)反应,然而由此产生的颗粒状金属被从流化床反应器中取出并储存在颗粒状金属储存容器中。在需要额外的能量的情况下,操作同一个流化床反应器作为氧化反应器,在该情况下,颗粒状金属与氧化剂(尤其氧气)一起燃烧,可由作为操作气体的空气提供所述氧气。

[0014] 或者,在步骤1b),可供应水蒸汽,在该情况下,颗粒状金属与水蒸汽反应成颗粒状金属氧化物和气态氢。由此产生的颗粒状金属氧化物可被取出并储存在颗粒状金属氧化物储存容器中。

[0015] 因此,根据本发明,电能可按颗粒状金属的形式储存,然而可利用被用来储存电能的同一个流化床反应器来回收能量。由于例如在储料堆或用于颗粒状物质的简单储存容器中储存颗粒状金属以及颗粒状金属氧化物比在压力下储存气态氢容易得多,因此本发明提供了以固体形式储存电能的另选方式。该储存是非常有效的,这是由于流化床内颗粒状物质与操作气体之间的接触是非常有效的,由此在流化床反应器中从流化床至传热介质的传热也可以是非常有效的。

[0016] 除了颗粒状金属之外或除了颗粒状金属氧化物之外(取决于步骤1或2),反应室内的颗粒状物质还可包含(优选惰性的)载体材料,其不与氧化剂和/或还原剂反应,以致可通过颗粒状金属(或颗粒状金属氧化物,分别地)与颗粒状载体材料的比率来控制氧化(燃烧)过程和还原过程。在反应室内可提供颗粒状物质作为松散填充(lose filling)。

[0017] 例如,在步骤1a)中和/或步骤1b)的反应期间最初提供的颗粒状金属可包含60%-90%、优选70%-80%的颗粒状(元素)金属和10%-40%、优选20%-30%的颗粒状载体材料(包括颗粒状金属氧化物)。在燃烧/氧化期间,归因于燃烧/氧化颗粒,尤其如果没有其它颗粒状金属被加入燃烧室,可提高颗粒状载体材料的比率。另一方面,反应室中在方法步骤2a)时最

初提供的或在方法步骤2b)的反应期间出现的颗粒状物质可包含60%-90%、优选70%-80%的颗粒状金属氧化物和10%-40%、优选20%-30%的颗粒载体材料(包括颗粒状金属)。在还原过程期间,归因于还原过程,尤其如果没有其它颗粒状金属氧化物被加入反应室,可提高颗粒状载体材料的比率。

[0018] 优选地,在方法步骤1a)至1d)期间氧化颗粒状金属时,从颗粒状金属储存器(storage)提供颗粒状金属,其量使得反应室内颗粒状物质的颗粒状金属的量恒定。另一方面,在方法步骤2a)至2d)期间颗粒状金属氧化物的还原期间,从颗粒状金属氧化物储存器提供颗粒状金属氧化物,其量使得颗粒状物质内颗粒状金属氧化物的量恒定。

[0019] 因此,颗粒状金属储存器中储存的颗粒状物质占优势地包含流化床反应器中产生的颗粒状金属,然而经储存的颗粒状物质也可包含颗粒状载体材料(包括颗粒状金属氧化物)。此外,颗粒状金属氧化物储存容器中储存的颗粒状物质占优势地包含颗粒状金属氧化物和颗粒状载体材料(包括颗粒状金属)。

[0020] 作为流化床反应器的一部分的颗粒状物质分离器可体现为旋风分离器或任何其它的合适分离器,其中颗粒状物质分离器的用于颗粒状物质的出口可经由返回管线与反应室连接。另外或另选地,颗粒状物质分离器的用于颗粒状物质的出口可直接或间接与颗粒状金属储存器和/或颗粒状金属氧化物储存器连接。流化床反应器与颗粒状金属储存器和/或颗粒状金属氧化物储存器之间的这种连接可体现为使得颗粒状物质可从流化床反应器中取出或进料至流化床反应器。

[0021] 此外,颗粒状金属储存器和/或颗粒状金属氧化物储存器可与反应室的下部区段(优选靠近流化底部(例如在流化底部上方或下方))连接,以致颗粒状物质可从流化床反应器中取出或进料至流化床反应器。

[0022] 由于颗粒状金属是高度反应性的,因此可将惰性气体(如 N_2)供应至颗粒状金属储存容器。

[0023] 尤其,颗粒状物质分离器的用于反应气体的出口可直接或间接与再循环管线连接,所述再循环管线可与流化底部连接。

[0024] 在流化床反应器作为氧化反应器操作的情况下,流化底部作为整体或仅流化底部的一部分与氧化剂供应源(例如向氧化底部供应空气的泵)连接。

[0025] 在流化床反应器作为还原反应器操作的情况下,流化底部作为整体或仅流化底部的一部分与还原剂供应源连接,利用还原剂供应源可向流化底部供应还原剂气体。

[0026] 流化底部可与水(H_2O)蒸汽的供应源连接,在该情况下,提供有颗粒状金属的流化床反应器可用来产生气态氢,其中可取出所得的颗粒状金属氧化物。因此,该同一个流化床反应器甚至可用于第三应用,即,从颗粒状金属产生气态氢。

[0027] 在所有的情况下,也可向再循环管线提供各个供应源,以致可将反应气体与操作气体一起提供,以便于提供用于流化的所需的体积流量。

[0028] 在流化底部包含两组或三组喷嘴的情况下,各组喷嘴直接与还原剂供应源、氧化剂供应源和水蒸汽供应源连接,然而各个供应源可按需操作。或者,整个流化底部可与所有的供应源连接,其中阀、多路阀或类似物用于在各个供应源之间进行转换。

在一种优选的实施方案中,还原剂气体包含氢气作为还原剂,在该情况下,还原剂供应源为气态氢的供应源。

[0029] 例如,氢气的供应源可为电解单元,其产生氧气和氢气,其中在步骤2b)中,向流化床反应器的反应室提供到所产生的氢气作为还原剂,为此,电解单元的氢气出口可与流化床反应器的气体入口连接。在这种情况下,可提供氧气储存容器,其与电解单元的氧气出口连接,以致所产生的氧气可被储存并在步骤1b)中被提供到流化床反应器的反应室。

[0030] 为了启动步骤1中的燃烧/氧化过程,流化床设备可包含点火装置,其体现为至少局部地提高温度,以引起颗粒状金属与氧化剂的放热燃烧反应。尤其,点火装置体现为提供1400°C以上的温度。点火装置可体现为电操作的加热器或用气体操作的燃烧器。

[0031] 优选地,颗粒状金属的金属属于以下组:

- 铁(Fe),尤其元素铁,
- 锌(Zn),尤其元素锌,
- 碱金属,尤其镁(Mg),优选元素镁。

[0032] 因此,颗粒状金属氧化物分别为铁氧化物(例如FeO、 F_2O 、 F_3O_4 和 Fe_2O_3)、锌氧化物(例如ZnO)或镁氧化物(例如MgO)。

[0033] 现在将关于附图来解释本发明及技术背景,该附图显示了本发明的一个示例性实施方案。

[0034] 附图中描绘的设备包含流化床反应器1,其具有反应室2和具有多个喷嘴 17的流化底部8。喷嘴 17体现了用于向反应室2提供操作气体的气体入口4。反应室2可提供有颗粒状物质,由经由喷嘴 17提供的气体将其流化。

[0035] 反应室2在其上端具有反应室出口6,颗粒状物质和反应气体的混合物经由该出口进入颗粒状物质分离器13,在该分离器中反应气体与颗粒状物质分离。反应气体可经由顶部离开颗粒状物质分离器 13并被引导至进一步加工,其中再循环管线16与各个出口管线连接。颗粒状物质可经由返回管线18离开颗粒状物质分离器 13,返回管线18通向反应室2的底部。

[0036] 颗粒状金属氧化物储存容器10与返回管线18连接,其中颗粒状物质可从返回管线18取出至颗粒状金属氧化物储存容器10或者其中来自颗粒状金属氧化物储存容器10的颗粒状物质可进料至返回管线18并从该管线进料至反应室2。

此外,提供颗粒状金属储存容器9,其与反应室2底部处的反应室入口7连接,其中来自反应室2的颗粒状物质可取出至颗粒状金属储存容器9或者其中来自颗粒状金属储存容器9的颗粒状物质可进料到反应室2中。或者,金属储存容器9可与返回管线18连接。此外,可向金属储存容器9提供惰性气体(例如 N_2)。

流化底部8的第一组喷嘴 17与氧化剂供应源12连接。另一组喷嘴17与还原剂供应源11连接,并且甚至还一组喷嘴17与水蒸汽源20连接。

[0037] 另外,包括电解单元 13,其氢气出口14与还原剂供应源11连接并且其氧气出口15与氧气储存容器19连接,氧气储存容器19进而与氧化剂供应源12连接。再循环管线 16与第三组喷嘴17连接,但也可与任何其它组喷嘴连接。

[0038] 当存在来自可再生能源的过剩电能时,操作电解单元 13,以产生氧气和气态氢,其中将氧气储存在氧气储存容器19中。经由还原剂供应源11向各组喷嘴 17供应氢气。同时,向反应室2提供来自颗粒状金属氧化物储存容器10的颗粒状金属氧化物。通过氢气将反应室2内的包含颗粒状金属氧化物的颗粒状物质流化,其中发生氢气与颗粒状金属氧化物

的还原反应,以致产生颗粒状金属。可经由反应室入口 7将颗粒状金属取出到颗粒状金属储存容器9。因此,电能以固体形式储存在颗粒状金属内。

[0039] 如果应该回收经储存的能量,则将颗粒状金属从颗粒状金属储存容器9进料到反应室2中,并且经由氧化剂供应源12及其各个喷嘴17供应氧化剂,其中可加入氧气储存容器19中储存的氧气。通过所提供的氧化剂将反应室2内的包含颗粒状金属的颗粒状物质流化,其中流化床的温度被点火装置5局部提高,以便于开启氧化反应。该氧化过程中产生的颗粒状金属氧化物可从返回管线18取出至颗粒状金属氧化物储存容器10。

[0040] 在进一步的工艺应用中,可经由各个喷嘴 17将水蒸汽提供到反应室2中,其中从颗粒状金属储存容器9提供的颗粒状金属可以在流化状态下反应成颗粒状金属氧化物和氢气,可取出该氢气用于进一步加工。

[0041] 本发明建议同一个流化床反应器1曾作为还原反应器操作(例如如果存在过剩的电能),且后来在需要能量或氢气时作为氧化反应器运行。

[0042] 参考标号清单

- 1 流化床反应器
- 2 反应室
- 3 颗粒状物质分离器
- 4 气体入口
- 5 点火装置
- 6 反应室出口
- 7 反应室入口
- 8 流化底部
- 9 颗粒状金属储存容器
- 10 颗粒状金属氧化物储存容器
- 11 还原剂供应源
- 12 氧化剂供应源
- 13 电解单元
- 14 氢气出口
- 15 氧气出口
- 16 再循环管线
- 17 喷嘴
- 18 返回管线
- 19 氧气储存容器
- 20 水蒸汽源

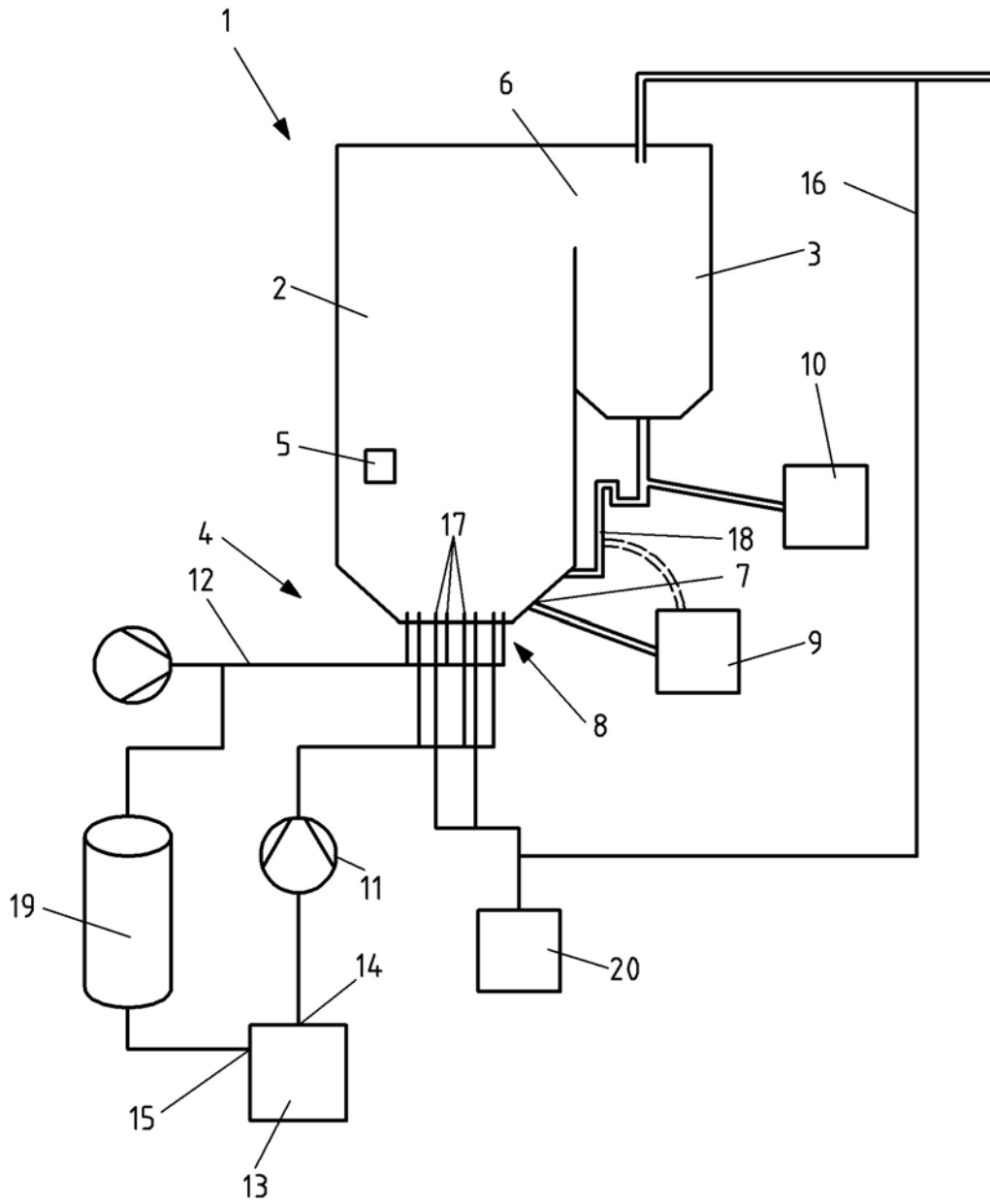


图 1