



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112004589 A

(43) 申请公布日 2020.11.27

(21) 申请号 201980027088.7

亚历山大·特雷梅尔

(22) 申请日 2019.04.08

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

(30) 优先权数据

代理人 丁永凡 周涛

18168534.8 2018.04.20 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2020.10.20

B01D 53/14 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

B01J 12/00 (2006.01)

PCT/EP2019/058797 2019.04.08

C07C 29/151 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

C07C 29/86 (2006.01)

W02019/201643 DE 2019.10.24

C07C 31/04 (2006.01)

(71) 申请人 西门子股份公司

B01J 4/00 (2006.01)

地址 德国慕尼黑

B01J 19/26 (2006.01)

(72) 发明人 曼弗雷德·巴尔德奥夫

卢卡斯·格洛泽

卡塔琳娜·梅尔策

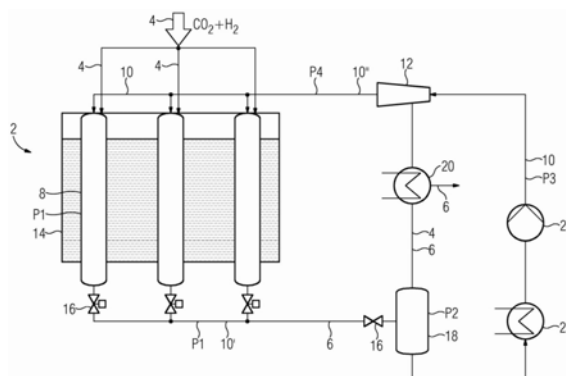
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

用于运行反应器设施的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于运行实现平衡限制反应的反应器设施(2)的方法,所述方法包括如下步骤:-在反应器腔(8)中在压力 p_1 下将反应物(4)转化成产物(6),其中将吸收剂(10)装载产物(6)并且在此同样吸收反应物(4),a)将装载的吸收剂(10')从反应器腔(8)中导出,和b)将吸收剂(10)的压力降低到压力 p_2 ,其中压力 p_2 小于压力 p_1 ,并且其中产物(6)和反应物(4)以气态从液态的吸收剂(10)卸载,和c)将气态的产物(6)通过冷凝与气态的反应物(4)分离,d)在液态的吸收剂(10)加载电压 p_3 期间,其中压力 p_3 大于压力 p_1 并且e)液态的吸收剂(10)借助压力 p_3 引导到液体射流气体压缩机(12)中,在所述液体射流气体压缩机中,抽吸与产物(6)分离的、气态的反应物(4)并且溶解在液态的吸收剂(10)中,并且f)随后借助压力 p_4 引入到反应器腔(8)中,压力 p_4 小于压力 p_3 。



1. 一种用于运行实现平衡限制反应的反应器设施 (2) 的方法, 所述方法包括如下步骤:
 - 在反应器腔 (8) 中在压力 p_1 下将反应物 (4) 转化成产物 (6), 其中将吸收剂 (10) 装载产物 (6) 并且在此同样吸收反应物 (4),
 - a) 将装载的吸收剂 (10') 从所述反应器腔 (8) 中导出, 和
 - b) 将吸收剂 (10) 的压力降低成压力 p_2 , 其中压力 p_2 小于压力 p_1 , 并且其中产物 (6) 和反应物 (4) 以气态从液态的吸收剂 (10) 卸载, 和
 - c) 将气态的产物 (6) 通过冷凝与气态的反应物 (4) 分离,
 - d) 在液态的吸收剂 (10) 加载电压 p_3 期间, 其中压力 p_3 大于压力 p_1 , 并且
 - e) 将液态的吸收剂 (10) 借助压力 p_3 引导到液体射流气体压缩机 (12) 中, 在所述液体射流气体压缩机中, 抽吸与产物 (6) 分离的、气态的反应物 (4) 并且将其溶解在气态的吸收剂 (10) 中, 并且
 - f) 随后借助压力 p_4 引入到反应器腔 (8) 中, 压力 p_4 小于压力 p_3 。
2. 根据权利要求1所述的方法,
其特征在于,
所述吸收剂 (10) 的压力从压力 p_1 经由压力级 p_{11} 降低到压力 p_2 , 并且类似地也对于压力 p_{11} 执行方法步骤 c) 和 e)。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,
其特征在于,
压力 p_1 位于 20bar 和 250bar 之间。
4. 根据上述权利要求中任一项所述的方法,
其特征在于,
压力 p_2 位于 1bar 和 50bar 之间。
5. 根据权利要求2至4中任一项所述的方法,
其特征在于,
压力 p_{11} 位于 3bar 和 10bar 之间, 小于压力 p_1 。

用于运行反应器设施的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种根据权利要求1所述的用于运行反应器设施的方法。

背景技术

[0002] 化石能源造成二氧化碳排放,所述二氧化碳排放使得遵循全球气候保护目标变得困难。出于所述目的,推动可更新的能量的扩张。然而,再生电流的产生明显经受区域以及时间波动。

[0003] 例如,在晴天或刮风天时通过光伏或风力设施来成本有益地产生电流。当前,寻找经济方式,在电力领域中有意义地使用所述电流并且例如从中产生有价值的化工产品。一个可能性在此是将水电化学地转换成氢气和氧气。所产生的氢气于是能够与气候有害的二氧化碳作为初始分子或反应物反应,由此同时会减小二氧化碳排放。相对简单可用的二氧化碳由此能够作为成本有益的碳源例如在制造甲醇时作为二氧化碳和氢气的一级合成的可能产物根据如下反应式

[0004] $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

[0005] 反应。由二氧化碳和氢气合成甲醇的缺点是低的平衡转化,所述平衡转化在50bar和250℃下大约为20%。因此,在常规的合成设施中将大部分的气态反应物引入循环,这引起反应器和管道中明显的压力损失,并从而必须进行呈压缩功率和热功率的形式的明显的能量输入。此外,气体循环不那么适合于反应设施的动态运行和从而也会差地匹配于不规则出现的电能量,如所述不规则出现的电能量因基于风和光伏波动地而出现。

[0006] 用于实现平衡限制反应的方式已经在WO 2017212016A1中描述。在此使用搅拌槽反应器,在所述搅拌槽反应器中在反应器的下部区域中存在吸收剂并且引导反应气体通过催化器装置,其中产物由与催化器分开得远的吸收剂吸收。这种设施是完全有效的,但是所述设施由于搅拌装置在技术上是耗费的并且在动态地输出产物和动态地输送电能中有波动。

[0007] 在用于实现所述类型的平衡限制反应的反应器的工艺控制中,通常在工艺上不可避免的是,反应物直至特定的饱和度同样由吸收剂吸收。在此虽然仅为反应物的总输入的低于10%、通常低于5%的小的百分比,然而在卸载吸收剂时和在与产物分离时损失所述反应物。由此,损害总工艺的经济性。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于,提供一种用于运行用于实现平衡限制反应的反应器设施的方法,使得相对于现有技术中的方法具有提高的经济性。

[0009] 所述目的的实现方案在于具有权利要求1的特征的用于运行反应器设施的方法。

[0010] 根据本发明的用于运行用于实现平衡限制反应的反应器设施的方法在此包括如下步骤:

[0011] 首先将多种反应物(或一种反应物)在反应腔中转化成一种(或多种)产物。在此,

在系统中存在压力 p_1 。因为反应是平衡限制的,这表示,平衡不完全位于产物侧,使用吸收剂,使得已经存在的产物被吸收或者装载所述吸收剂并且从反应腔中导出。在吸收剂装载产物时,反应物同样以不期望的方式由吸收剂一起吸收。在第二步骤中,将主要包含产物但是也装载有小份额的反应物的吸收剂从反应腔中引出。在另一方法步骤中,将吸收剂的压力从压力 p_1 起降低到压力 p_2 。压力 p_2 因此小于压力 p_1 。在降低压力时,使吸收剂释放产物和反应物,这两者随后以气态存在。吸收剂此外保持以液态存在。在子步骤中,将气态的产物通过冷凝与气态的反应物分离。不仅产物而且反应物在此能够分别仅由一种化学组分或由多种化学组分构成。这与所选择的工艺控制相关并且与反应本身相关。

[0012] 在方法的另一子步骤中,将液态吸收剂加载压力 p_3 ,其中压力 p_3 大于在反应腔中存在的压力 p_1 。加载压力 p_3 的液态吸收剂被引导到液体射流气体压缩机中,在所述液体射流气体压缩机中,已经与产物分离并且以气态存在的反应物同样被吸入并且在液态吸收剂中溶解。随后,将又装载反应物的液态吸收剂引入到反应腔中。

[0013] 通过将已经装载反应物的吸收剂引入到反应腔中,存在特定的饱和度的吸收剂用于吸收反应物。这又表示,在理想的工艺控制中没有其他反应物在反应期间能够到达吸收剂中。在此原则上也可能的是,将与产物分离并且以气态存在的反应物压缩并且又在需要的反应压力 p_1 下导入到反应腔中。然而能量更有益和在工艺上不那么耗费的是,本来就必須提升到所述压力 p_1 上的吸收剂引导到压力 p_3 的水平上,压力 p_3 略微高于压力 p_1 ,并且借助压力 p_3 ,气态反应物能够被一起吸入并从而在吸收液体中溶解。这因此激起,对于使液体加载压力必須施加的能量少于对于气体的压力加载所需的能量更少,因为气体是可高度压缩的,这在液体中情况并非如此。

[0014] 具有在其中溶解的反应物的液态吸收剂所具有的压力 p_4 小于压力 p_3 ,但优选地大于或等于压力 p_1 ,使得无需进一步的压力加载或无需技术措施就能够将吸收剂再次导入到反应腔中。

[0015] 所述方法的优点在于,以相对小的能量耗费将反应物再次引入到吸收剂中,所述吸收剂加载反应物,使得存在饱和并且在随后的工艺中不再能够吸收其他反应物,并且因此工艺没有损失其他反应物。已经在吸收剂中装载的反应物在那里优选地以饱和形式存在,并且将其在卸载之后的能量有益的工艺步骤中再次输送给吸收剂直至一定的饱和度。

[0016] 在本发明的另一设计形式中,将在离开反应器腔之后吸收剂的压力从压力 p_1 以如下方式下降到压力 p_2 ,使得在压力 p_1 和 p_2 之间存在其他压力级,所述压力级称之为 p_{11} 。在此不仅对于压力级 p_{11} ,而且也对于具有压力 p_2 的吸收剂同样执行根据权利要求1的方法步骤C、D和E。也就是说,在中间压力级 p_{11} 中,首先将产物的通过压力降低从吸收剂中卸载的部分通过冷凝与气态的反应物分离。权利要求1的方法步骤E的类似的执行在此表示,具有高于 p_{11} 的压力的吸收剂但是不一定必須大于 p_1 。

[0017] 原则上当然适当的是,除了压力级 p_{11} 之外也在压力级 p_1 和 p_2 之间插入其他级联的压力级。这具有如下优点,从 p_2 开始,吸收剂的压力能够逐渐地再次升高到压力 p_4 上,即在多个工艺步骤中,这引起,相应的液体射流气体压缩机必須跨越的压力差比在 p_2 和 p_4 之间仅进行一级提高的情况下相比更小。这又表示,液体射流气体压缩机在构造上要求较低并从而也能够成本更不密集地设计。

[0018] 在反应器腔中存在并且用于使吸收剂离开反应器腔的压力 p_1 根据所实施的反应

和期望的收益和可能的能量输入而位于20bar和250bar之间。对于由反应物二氧化碳和氢气的甲醇合成,例如在反应器腔中的压力作为压力p1在50bar和85bar之间是适当的。所述压力p1必要时级联地下降至压力p2,其中p2位于1bar和50bar之间,原则上进行吸收剂最佳地卸载产物并且也在接近大气压、即在1bar和3bar之间的压力下卸载不期望的反应物。

[0019] 此外适当的是,在压力p1和p11之间和也在其他中间级直至压力p2之间的压力差位于如下范围中,所述范围分别在3bar和10bar之间,这又引起,液体射流气体压缩机的装载能够保持得小。将吸收剂从一个压力级压缩至下一个压力级的泵能够以相对较小的技术耗费设计。

附图说明

[0020] 本发明的其他设计方案和其他特征根据下面的附图详细阐述。在此为纯示意性的和示例性的设计形式,所述设计形式不限制保护范围。

[0021] 在此示出,

[0022] 图1示出具有一级压力卸载的反应器设施,

[0023] 图2示出具有多级压力卸载的反应器设施,和

[0024] 图3示出贯穿液体射流气体压缩机的横截面。

具体实施方式

[0025] 在图1中首先示意地示出反应器设施2,所述反应器设施例如能够基于反应器束14运行。在下文中简要介绍这种反应器设施的可能的运行方式,所述反应器尤其是用于实现平衡限制反应。平衡限制反应、例如二氧化碳和氢气根据下式转化成甲醇

[0026] $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

[0027] 取决于系统由于能量平衡而具有如下特性,即化学平衡在反应式的左侧比在右侧更多。在所述方程式中,平衡大致20%在右侧而平衡大致80%在左侧。这引起,对于成功地实现所述方程,应尽可能将产生的一种产物或多种产物甲醇和水从反应物和产物之间的平衡中取出。由于取出产物,破坏现存的平衡,这造成,系统力求再次达到平衡状态并且对此形成产物。

[0028] 产物的运出适当地通过吸收剂、例如通过离子液体进行。所述吸收剂通过适当的工艺控制连续地在流过时也连续地装载产生的产物并且从反应区中引出。反应器设施2中的吸收剂10在此具有存在的工艺压力p1,其中在所描述的反应中,适当的工艺压力p1为大约80bar。除了已经描述的产物甲醇和水之外,然而在吸收剂10中不期望地也溶解有微量的反应物,即二氧化碳和氢气。二者都为纯净的物质。即使当反应物在吸收剂中的溶解根据工艺控制处于仅在2%和5%之间的连续的范围中时,所述份额的引入的成本密集的反应物如果其不再次回引到该工艺中则刚好损失掉。因此,在此外描述的方法中介绍如下可能性,将所述不期望地在吸收剂10中溶解的反应物4以相对小的能量耗费再次输送给反应器设施,并从而循环。

[0029] 如所描述的那样装载的吸收剂10经由阀16从反应器腔8中导出。如果如在图1中示出的那样为反应器束14,那么从反应器束14的每个单独的反应器腔8中将装载的吸收剂10经由对应的阀16导出并且可能经由共同的管路引导至压力腔18,其中在所述路径上还能够

设置有其他阀16。在压力腔18中,将在装载状态中设有附图标记10'的吸收剂的压力 p_1 泄压,这就是说,将压力 p_1 下降到压力 p_2 。根据装载状态和工艺控制,压力 p_2 明显小于压力 p_1 。如果压力 p_1 位于大致80bar的范围中,那么压力 p_2 更接近在1bar和5bar之间的大气压范围,通常不大于10bar。通过吸收剂10'的泄压,其丧失对于产物和反应物的吸收能力,所述反应物和产物在此从吸收剂10'中析出并且以气态逸出。这样卸载的吸收剂10可能在热交换设备或冷却设备22中冷却并且通过泵24再次加载压力。所述压力称作为 p_3 ,其中 p_3 大于 p_2 并且如还阐述的那样在所述设计形式中应大于 p_1 。对于压力 p_3 必要时选择处于100bbar的范围中的压力。

[0030] 在并行的工艺步骤中,将气态逸出的产物6在冷凝设备20中冷却,其中在该情况下为产物6的物质水和甲醇在冷却设备中冷凝,所述产物以气态还与同样从吸收剂10中卸载的反应物4混合地存在。反应物4、即二氧化碳和氢气在常见的冷凝设备中不冷凝而是保持为气相。这是用于分离不期望的存在的反应物和有价值的产物6的适合的分离方法。

[0031] 在不力求将反应工艺设计得尽可能成本有利的条件下,可以将反应物4现在输出到环境中,然而也可能的是,将其通过压缩机在一定程度上压缩,使得其可以借助工艺压力 p_1 再次输送给反应器腔8。因为从冷凝设备20中离析的反应物4然而为气体,所以必须引入非常高的能量值,以便将所述气体再次压缩到大约80bar的压力上,即压缩到压力 p_1 上。对此需要的能量耗费根据原料价格范围大致对应于原料本来就已经具有的值,使得反应物4从冷凝设备20到环境中的自由释放也是类似经济的或不经济的。

[0032] 现在在此在该方法中提出,现在具有压力 p_3 的吸收剂输送给所谓的液体射流气体压缩机12。这种液体射流气体压缩机类似于水泵运行,使得将具有高压力的液体引导通过喷嘴,并且在此经由另外的输入管路抽吸气体。示意地在图3中示出了液体射流气体压缩机12。所述液体射流气体压缩机主要具有三个开口,开口中的一个开口用 V_F 表示,这代表吸收剂10的体积流 V 。吸收剂10在进入到气体压缩机12中时具有压力 p_3 并且在右侧示出的离开时具有压力 p_4 。在离开时,吸收剂10具有附图标记10",体积流在该处用 V 标识。压力 p_4 在此小于压力 p_3 。通过第三开口将气体以体积流 V_G (G 代表气体)以压力 p_G 导入给气体压缩机12。所述气体基本上包含分离的反应物4或基本上由分离的反应物4构成。压力 p_G 在此不明显大于大气压,这引起,当呈反应物4形式的气体在气体压缩机12中混入吸收剂10时,压力 p_3 降低到压力 p_4 。

[0033] 压力 p_4 于是如已经提到的那样相应地小于压力 p_3 ,其中设施对应地设计成,使得压力 p_4 靠近压力 p_1 ,使得装载反应物的吸收剂10"尽可能在没有耗费的压力修正的条件下又能够以压力 p_1 馈入到反应腔8中。

[0034] 所描述的方法的优点在于,卸载的一种反应物4或多种反应物4以气态存在,并且不必以位于大气压附近的压力 p_G 实质性地准备并且能够再次混入吸收剂10。因此不需要用于反应气体4的可观的能量输入。仅需要使吸收剂10提升到压力 p_3 的能量输入,压力 p_3 略微大于工艺压力 p_1 。因此,附加的能量耗费仅在于,施加 p_3 和 p_4 之间的压差 Δp ($\Delta p = p_3 - p_4$)。因为吸收剂10为液体,所以用于例如80bar和90bar或100bar之间的压差的能量输入是相对小的。到吸收剂10以产生 Δp 的能量输入至少明显小于用于将气态的反应物4从大气压提升到压力 p_1 所需要的能量输入。所述节约的能量耗费最终为使得所述设施相对于现有技术更经济的贡献。

[0035] 如果在液体射流气体压缩机12中的p3和p4之间的压力差降低,那么气体压缩机12可能以简单的方式构成,这同样表示成本节约。也就是说,较小的 Δp 引起气体压缩机12的更有益的设计形式。这引起根据图2介绍的设计形式。所述设计形式在于,吸收剂10或10'的压力p1逐步地、逐级地经由一个或多个级联降低至压力p2。自身的压力腔18或118、218、318和418分别需要的中间压力位于p1和p2之间并且所述中间压力用p11、p12、p13和p14标识。在相应的压力腔18或118或218等之间的压力降低也有利的方式处于大致5bar,使得在每个压力腔18、118、218等中,产物6的或还有反应物4的一部分从吸收剂10'中卸载。不在任何提到的压力腔18中完全卸载吸收剂10',而是仅部分卸载。根据该表述在最后的压力腔418中才将吸收剂10'降低到最终压力和泄压压力p2上,并且在那里完全卸载。

[0036] 产物6在冷凝设备20中冷凝的已经描述的工艺步骤和将未冷凝的反应物4馈入到相应的液体射流气体压缩机中以类似的如已经在图1中描述的方式进行。原则上,在所述级联布置中,比在根据图1的视图中需要对应更多的单个部件,对此相应的液体射流气体压缩机12和相应的泵24然而能够比根据图1的气体压缩机12和泵24明显更有益地设计。哪种方法最终是更经济的非常大程度地与工艺控制和用于各个工艺部件的各个费用相关。

[0037] 附图标记列表:

- [0038] 2 反应器设施
- [0039] 4 反应物
- [0040] 6 产物
- [0041] 8 反应腔
- [0042] 10 吸收剂
- [0043] 10' 装载的吸收剂
- [0044] 10'' 吸收剂
- [0045] 12 液体射流压缩机
- [0046] 14 反应器束
- [0047] 16 阀
- [0048] 18 压力腔118,218,318,418
- [0049] 20 冷凝剂
- [0050] 22 冷却设备
- [0051] 24 泵
- [0052] V_F 吸收剂入口的体积流
- [0053] V_G 气体的体积流
- [0054] V 体积流混合物
- [0055] p1 压力
- [0056] p2 压力
- [0057] p3 压力
- [0058] p4 压力
- [0059] p11 压力

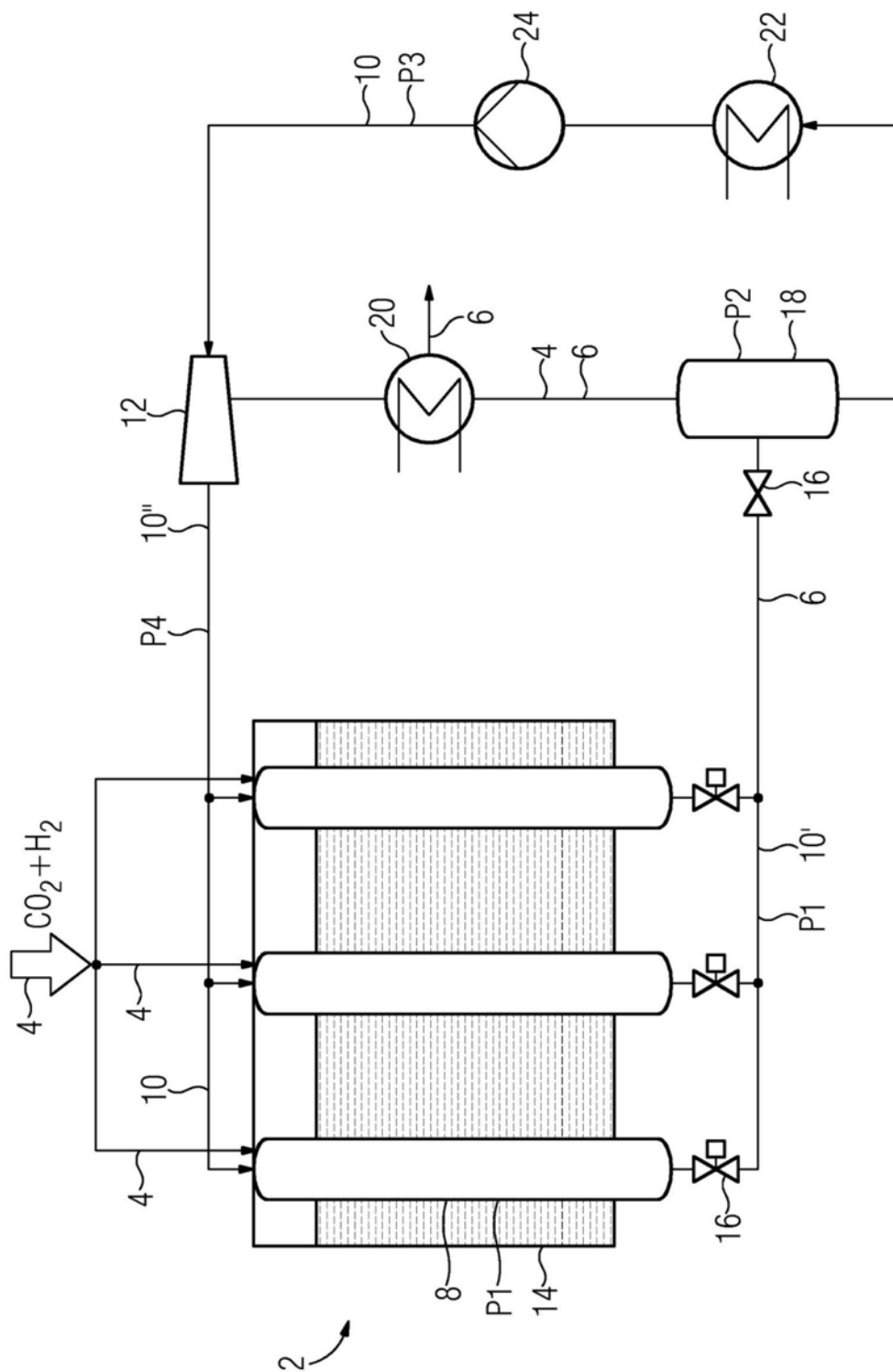


图1

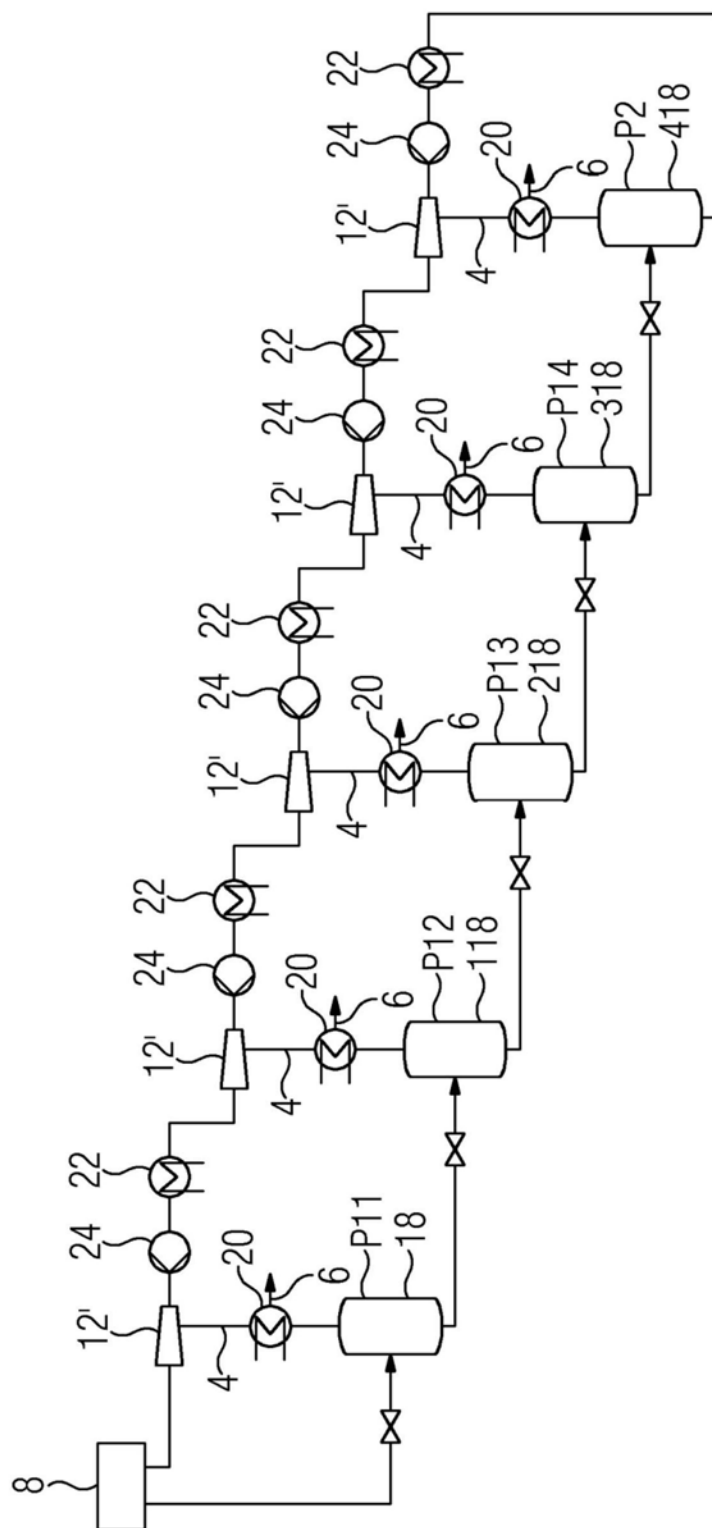


图2

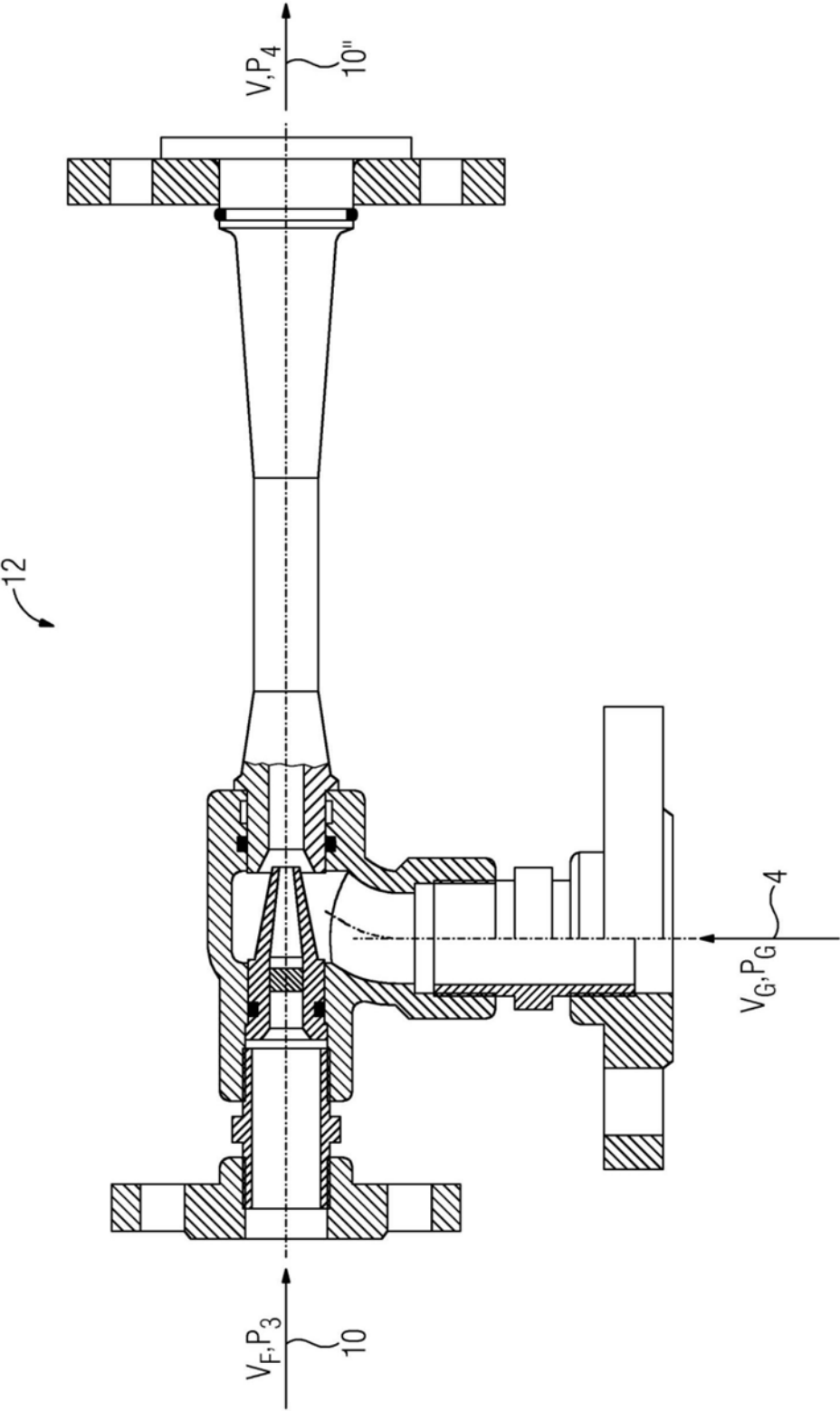


图3