



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104603564 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201380013804. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 03. 05

F25J 3/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

1252262 2012. 03. 13 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2013/050468 2013. 03. 05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/135996 FR 2013. 09. 19

(71) 申请人 乔治洛德方法研究和开发液化空气  
有限公司

地址 法国巴黎

(72) 发明人 A·达德

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

代理人 牛晓玲 吴鹏

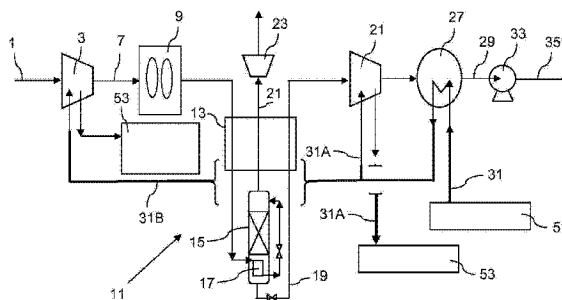
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

用于冷凝富含二氧化碳的气体流的方法和设  
备

(57) 摘要

本发明涉及一种用于冷凝富含二氧化碳的气  
体流的方法,其中水流通过与富含二氧化碳的流  
进行热交换而被加热,该富含二氧化碳的流至少  
部分地冷凝,所述被加热的水流被送至用于压缩  
富含二氧化碳的流或从中获得富含二氧化碳的流  
的流体的至少一个压缩机(3,21),以便至少部分  
地冷却所述压缩机的至少一个级。



1. 一种用于冷凝富含二氧化碳的气体流的方法,在该方法中,水流 (31A, 31B) 通过与富含二氧化碳的流进行热交换而被加热,所述富含二氧化碳的流至少部分地冷凝,其特征在于,将所述被加热的流传送至

i) 富含二氧化碳的流的至少一个压缩机 (21) 和 / 或

ii) 从中获得富含二氧化碳的流的流体的至少一个压缩机 (3), 以便至少部分地冷却这个 (这些) 压缩机的至少一个级。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 在冷却所述压缩机 (3, 21) 时被加热的水流 (31A, 31B) 被冷却并至少部分返回以冷却待冷凝的富含二氧化碳的流。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法, 其中, 在所述压缩机 (3) 中被压缩的流体通过蒸馏和 / 或通过胺洗涤和 / 或通过渗透和 / 或通过吸附进行处理以形成富含二氧化碳的流。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中, 通过二氧化碳的冷凝而被加热的水 (31A, 31B) 处于第一温度并且在大致等于第一温度的温度下被送至所述压缩机 (3, 21)。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中, 通过二氧化碳的冷凝而被加热的水被分成两部分 (31A, 31B), 一部分 (31A) 被送至富含二氧化碳的流的压缩机 (21), 富含二氧化碳的流然后被冷凝, 另一部分 (31B) 被送至从中获得富含二氧化碳的流的流体的压缩机 (3)。

6. 一种用于冷凝富含二氧化碳的气态流的设备, 包括冷凝器 (27)、用于将富含二氧化碳的气态流送至所述冷凝器的管道、用于从所述冷凝器提取至少部分冷凝的富含二氧化碳的流的管道、用于将水流送至所述冷凝器的管道和用于从所述冷凝器提取被加热的水的流的管道, 以及富含二氧化碳的气态流的或者将要从中获得该气态流的流体的至少一个压缩机 (3, 21), 其特征在于, 冷却该压缩机的装置连接至用于提取被加热的水的流的管道, 使得冷却装置接收至少一部分被加热的水流。

7. 根据权利要求 6 所述的设备, 所述设备包括用于分离流体以形成富含二氧化碳的流的装置 (15), 流体压缩机 (21) 连接至这些装置, 并且这些装置还可能经由至少一个其它压缩机连接到冷凝器。

8. 根据权利要求 7 所述的设备, 其中, 用于分离流体的装置包括通过冷凝和 / 或通过蒸馏工作的分离装置 (15)、胺洗涤装置或通过渗透或通过吸附工作的分离装置。

9. 根据权利要求 6 或 7 所述的设备, 所述设备包括允许在压缩机 (3, 21) 中被加热的水被传送至冷却装置 (53) 和从所述冷却装置传送至冷凝器的水回路。

10. 根据权利要求 6 至 9 中任一项所述的设备, 所述设备包括流体压缩机 (3) 和富含二氧化碳的气态流的压缩机 (21), 所述两个压缩机具有与所述冷凝器 (27) 串联连接和在两个压缩机之间并联连接的冷却装置。

11. 根据权利要求 6 至 10 中任一项所述的设备, 其中, 所述冷凝器 (27) 与压缩机 (3, 21) 通过用于提取被加热的水的流的管道串联连接。

## 用于冷凝富含二氧化碳的气体流的方法和设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于冷凝富含二氧化碳的气体流的一种方法和一种设备。富含二氧化碳的流包含至少 60% 的二氧化碳,或甚至至少 90% 的二氧化碳。

[0002] 这些百分比,如同本文中关于纯度的所有百分比,都是摩尔百分数。

### 背景技术

[0003] 在 US-A-2011/0265477 中已知使用可能添加有乙二醇的水来冷却富含二氧化碳的流的压缩机的冷却回路。

[0004] 富含二氧化碳的气体流被纯化后,通常必须使其冷凝以便可以泵送至管线。

[0005] 在图 1 中,压缩机 3 压缩压力为 1bar(巴)的包含二氧化碳的流体 1。压缩机通过水回路 5、5A 保持低温。被压缩的流体 7 在纯化单元 9 中被纯化并由分离装置——在该情况下为低温蒸馏塔 15——分离。流体在换热器 13 中被冷却,在底部再沸器 17 中至少部分地冷凝并且作为供料送至塔 15。富含轻的组分的塔顶气体 22 在涡轮机 24 中膨胀。底部液体 19 在换热器 13 中气化以形成富含二氧化碳的气体流,该气体流在压缩机 21 中被压缩。该压缩机由水回路 23、23A 冷却。处于 60bar 的气体流通过与水流 31 热交换而冷凝以形成液体 29,该液体在泵 33 中以大于 110bar 的压力被泵送以形成加压液体产品 35。

[0006] 由 M. Vollenweider 撰写、由 Dunod 在 1958 年出版的书籍“Fabrication et Applications Industrielles de CO<sub>2</sub>[CO<sub>2</sub>的生产和工业应用]”教导了如何使用共有的水回路来冷却待冷凝的二氧化碳和冷却待冷凝的二氧化碳的压缩机。其中,第 30 页的图 111-1 示出了两个独立的水流:用于冷凝二氧化碳的水不再随后用于冷却压缩机。该图中的方法对应于权利要求 1 的前序部分。

[0007] 经常需要冷凝富含二氧化碳的气态流,使得该气态流被过冷以用作制冷循环,如图 2 所示。

[0008] 在这种情况下,制冷循环使用富含二氧化碳的流作为其循环气体。该闭回路包括由水流冷却的冷凝器 27。富含二氧化碳的气体在其中液化以形成流 29,该流 29 由分离器 37 分成四股流。所述四股流中的每一股通过阀 V1、V2、V3、V4 膨胀并在热交换器 13 中气化。压力最低的流在压缩机 121 中被压缩,另一股在压缩机 221 中被压缩,并且所述四股流中的三股在被压缩机 21 压缩之前结合。第四股流在中间水平被引入压缩机 21,整个流被送至冷凝器 27。

[0009] 另一富含二氧化碳的气体 1 被送至压缩机 3,在换热器 13 中冷却、部分地冷凝并随后送至第一相分离器 39。出自第一相分离器 39 的液体 43 膨胀并被送至蒸馏塔 15 的顶部。用于第一相分离器的气体在换热器 13 中被冷却,然后被送至第二相分离器 41。所形成的液体 45 膨胀并送至塔 15 的顶部。气体 43 在换热器 13 中被加热,通过两个涡轮机 45、48 膨胀,然后作为流 49 离开。来自塔的底部的液体 19 在换热器 13 中被冷却以形成处于 7bar 和 -50°C 的液体。因此用于该液化的低温由制冷循环提供。

[0010] 塔 15 的塔顶气体 47 被加热并送至压缩机 3 的中间位置。

[0011] 富含二氧化碳的气体流 25 的冷凝温度限定了富含二氧化碳的流在压缩机中需要被压缩到的压力。该温度越低,所需的压缩能量越少,并且压缩机更经济。

[0012] 最简单的方案是使富含二氧化碳的流利用水来冷凝,注意使用尽可能低温的水。该水可以例如来自通过蒸发冷却塔冷却的半开放回路。通过在利用水来冷凝富含二氧化碳的流的换热器中给定最小热途径,水的升温越少,富含二氧化碳的流的冷凝温度越低,并且因此,在低于临界压力冷凝的情况下其压力越低(见图 4 和 5)。

[0013] 因此,真正需要的益处是增加通过发生冷凝的交换器的水流,因为这将对应地降低水的出口温度并因此降低富含二氧化碳的流的冷凝温度。然而,这将增加水的网络和与其相关的成本:泵送能量;诸如泵、管道、蒸发冷却塔、风扇等的设备的成本。的确,投资成本和一些运行成本正比于水流的流率,而不是(或仅在非常有限的范围内)正比于水的网络中待去除的能量。因此,在某些环境中,优选的是增加压缩机制冷剂中水的升温使其超过通常采用的 10°C。这在制冷使用非蒸发冷却塔来实现的项目中是特别正确的。

## 发明内容

[0014] 本发明的一个主题是用于冷凝富含二氧化碳的气体流的方法,其中水流通过与至少部分冷凝的富含二氧化碳的流进行热交换而被加热,其特征在于,将所述被加热的流送至

[0015] i) 富含二氧化碳的流的至少一个压缩机和 / 或

[0016] ii) 从中获得富含二氧化碳的流的流体的至少一个压缩机,

[0017] 以便至少部分地冷却这个(这些)压缩机的至少一个级。

[0018] 根据其它可选方面:

[0019] - 在冷却压缩机时被加热的水流被冷却并至少部分返回以冷却待冷凝的富含二氧化碳的流,

[0020] - 在压缩机中被压缩的流体通过蒸馏和 / 或通过胺洗涤和 / 或通过渗透和 / 或通过吸附进行处理以形成富含二氧化碳的流,

[0021] - 通过二氧化碳的冷凝而被加热的水处于第一温度,并且在大致等于第一温度的温度下被送至压缩机,

[0022] - 通过二氧化碳的冷凝而被加热的水被分成两部分,一部分被送至富含二氧化碳的流的压缩机,富含二氧化碳的流然后被冷凝,另一部分被送至从中获得富含二氧化碳的流的流体的压缩机。

[0023] 本发明的另一个主题是一种用于冷凝富含二氧化碳的气态流的设备,该设备包括冷凝器、用于将富含二氧化碳的气态流送至冷凝器的管道、用于从冷凝器提取至少部分冷凝的富含二氧化碳的流的管道、用于将水流送至冷凝器的管道和用于从冷凝器提取被加热的水的流的管道,以及富含二氧化碳的气态流的或者将要从中获得该气态流的流体的至少一个压缩机,其特征在于,冷却该压缩机的装置被连接至用于提取被加热的水的流的管道,使得冷却装置接收至少一部分被加热的水流。

[0024] 根据本发明的其它方面,该设备包括:

[0025] - 用于分离流体以形成富含二氧化碳的流的装置,流体压缩机连接至这些装置并且这些装置也(可能经由至少一个其它压缩机)连接到冷凝器,

[0026] - 用于分离流体的装置包括通过冷凝和 / 或通过蒸馏工作的分离装置、胺洗涤装置或通过渗透或吸附工作的分离装置,

[0027] - 水回路, 该水回路允许在压缩机中加热的水被传送至冷却装置和从所述冷却装置传送至冷凝器,

[0028] - 流体压缩机和富含二氧化碳的气态流的压缩机, 所述两个压缩机具有与冷凝器串联连接和在两个压缩机之间并联连接的冷却装置,

[0029] - 冷凝器与压缩机通过用于提取被加热的水的流的管道串联连接。

[0030] 本发明在于, 在水回路上、在富含二氧化碳的气体流的冷凝器的下游以串联方式设置工艺水的至少一个其它消耗装置, 水的温度对于该消耗装置不是临界的 (图 3)。因此, 冷却压缩机的水的温度上升几度将不会对单元的性能产生任何重大影响。

[0031] 然而, 优选的是, 使在冷箱和任何制冷单元的上游的冷却器中的水保持尽可能低温, 所述冷却器自身可以定位在冷箱前面或干燥单元前面。

### 具体实施方式

[0032] 下面将参照图 3 至 5 更详细地描述本发明。

[0033] 图 3 与图 1 的不同之处在于用于冷却压缩机 3 和 21 的水与冷凝器 27 的水来自相同的冷却回路, 并且在用于冷却压缩机之前已经用于冷凝富含二氧化碳的气体。

[0034] 因此, 水 31 被分为两部分 31A、31B。将部分 31A 送至压缩机 21 以使其冷却并将因而被加热的水送至冷却装置 53。将部分 31B 送至旨在用于蒸馏的流体的压缩机 3 并将因而被加热的水送至冷却装置 53, 该冷却装置可以是冷却塔。来自冷却装置 53 的冷却水 51 再次被送至冷凝器 31。

[0035] 分离装置 11 可以是通过冷却和冷凝工作或通过胺洗涤或通过渗透或吸附工作的分离装置。

[0036] 流体 1 优选为包含至少 50% 的二氧化碳的气体。

[0037] 因此, 水被送至并联的两个压缩机。还可以设想的是, 将水送至这两个压缩机中的仅一个。还可以设想的是, 将水送至现场的其它消耗装置 (空气分离装置的压缩机、沸腾器上的冷却器或任何其它消耗装置)。

[0038] 数值示例示出了本发明的优点:

[0039]

<b>并联的冷却水网络</b>				
	<b>热动力</b>	<b>冷却水温度</b>		<b>水的流率</b>
	<b>kcal/h</b>	<b>入口°C</b>	<b>出口°C</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
用于冷凝的水	7.13E+06	25	28.84	1860
用于设备其余部分的水	3.33E+07	25	35	3340
比能(kWh/t 冷凝 CO <sub>2</sub> )	132.2	不包括来自水回路的能量		
比能(kWh/t 冷凝 CO <sub>2</sub> )	136.4	包括水回路(泵和风扇) (86%用于泵)		
待循环的水流的总流率				5200

[0040]

<b>串联的冷却水网络</b>				
	<b>热动力</b>	<b>冷却水温度</b>		<b>水的流率</b>
	<b>kcal/h</b>	<b>入口°C</b>	<b>出口°C</b>	<b>kcal/h</b>
用于冷凝的水		25	28.84	1860
用于设备其余部分的水 (其中流率的 100%用于 冷凝)		28.15	38.15	3095
比能(kWh/t 冷凝 CO <sub>2</sub> )	133.3	不包括来自水回路的能量		

[0041]

比能(kWh/t 冷凝 CO <sub>2</sub> )	136	包括水回路(泵和风扇) (78%用于泵)		
公共冷却塔	4.06E+07	38.15	25	3095
待循环的水流的总流率				3095

[0042] 因此,对于富含二氧化碳的流的相同的冷凝量,冷却水的流率从根据现有技术的 5200m<sup>3</sup>/h 下降到根据本发明的 3095m<sup>3</sup>/h。压缩机的比能增加,因为冷却水更热(冷凝 CO<sub>2</sub> 从 132.2 到 133.3kWh/t),但如果考虑到循环冷却水所需要的能量,现场所需要的总能量将减少。

[0043] 本发明的另一个优点是增加通过富含二氧化碳的流的冷凝器的水的流率变得更经济。虽然通过并联网络这样做并不经济——因为冷凝温度的下降(因此压缩能量的下降)必须完全弥补流率的增加和因此增加了相关设备的成本——串联网路变得可以设想,其中通过冷凝器增加流率具有数个积极成果:

[0044] ■降低冷凝温度;

[0045] ■降低其它设备中的冷却水的温度并因此减少用于设备其余部分的压缩能。

[0046] 与此相反,富含二氧化碳的流的冷凝器需要设置其尺寸用于较大流量的水,但是

这与在较低温度下冷凝的益处相比较无疑是次要的。

[0047] 根据本发明的另一个方面,设备的其余部分适于符合为冷凝器选择的水的流率。因此,其它冷却器中的发热增加,水网络较小,具有较大的冷却器,因为热途径(LMTDs)在水相对于被冷却的气体升温更多时降低。在上面给出的示例中,现场消耗的水的流量将下降至 $1860\text{m}^3/\text{h}$ ,而不是 $3100\text{m}^3/\text{h}$ ,压缩能量将增加的稍微更多,因为水更热( $28.84^\circ\text{C}$ 而不是 $28.15^\circ\text{C}$ )。

[0048] 图4示出了当气体在其临界压力附近冷凝时富含二氧化碳的流的冷凝器中的热交换的图;因此,可以看到冷凝整平。交换的热量显示在纵轴,温度显示在横轴。 $\Delta T$ 表示水的温度上升, $\Delta T_a$ 表示在中间点处的冷凝交换器中的途径温度, $\Delta T_b$ 表示冷端的路径温度。

[0049] 与图4相反,图5示出了超临界冷凝的相同的图,超临界冷凝就是没有整平的原因。准冷凝对应于密度的显著变化。

[0050] 还可以通过图2的图实现本发明。在该情况下,水会在冷凝器27中被加热。然后该加热的水将用于冷却压缩机3、21、121、221中的至少一个或现场任何其它的冷却水消耗装置。

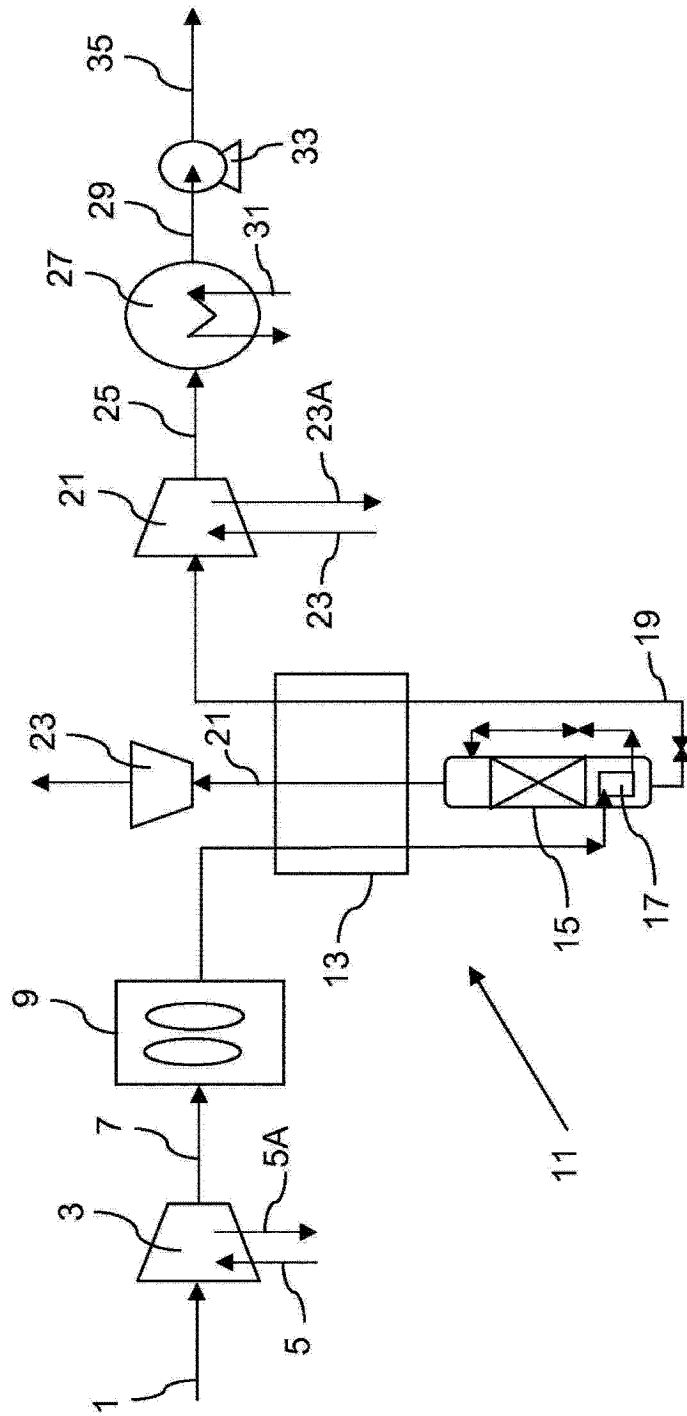


图 1



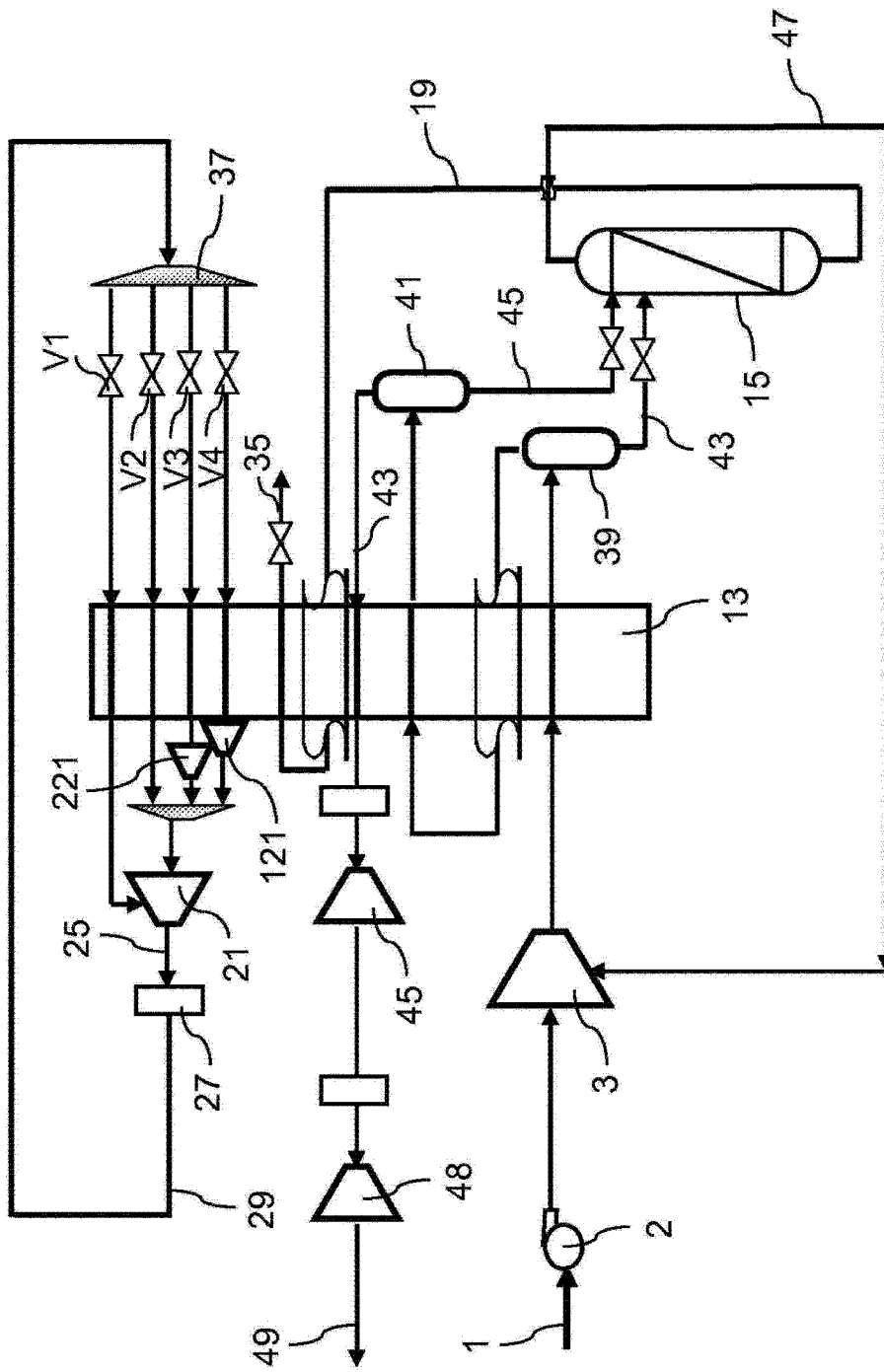


图 2

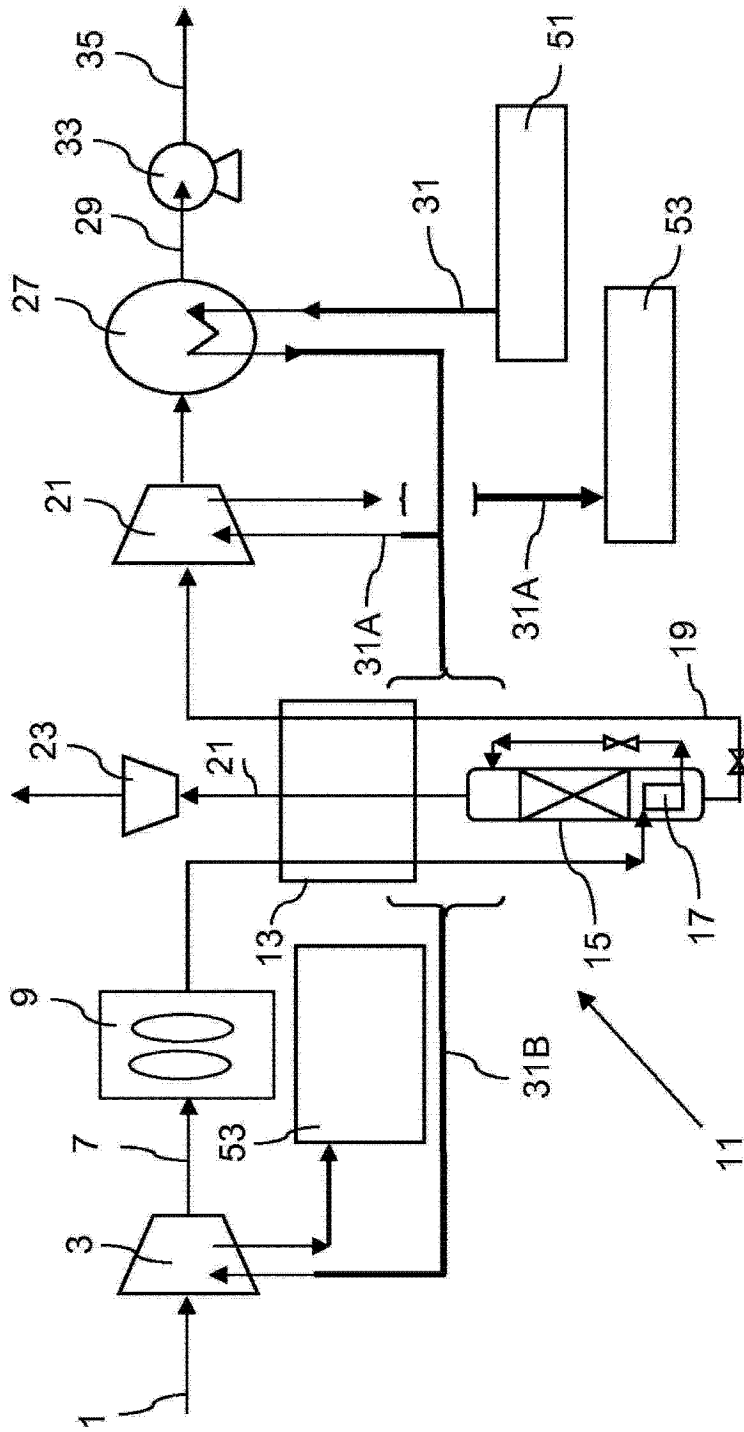


图 3

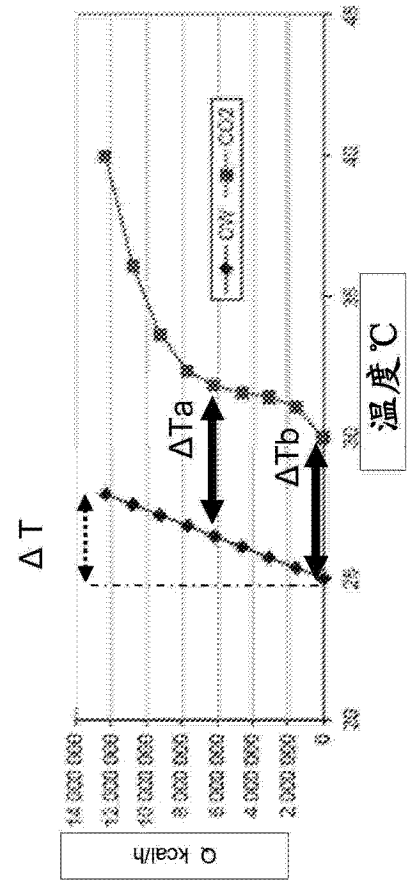


图 4

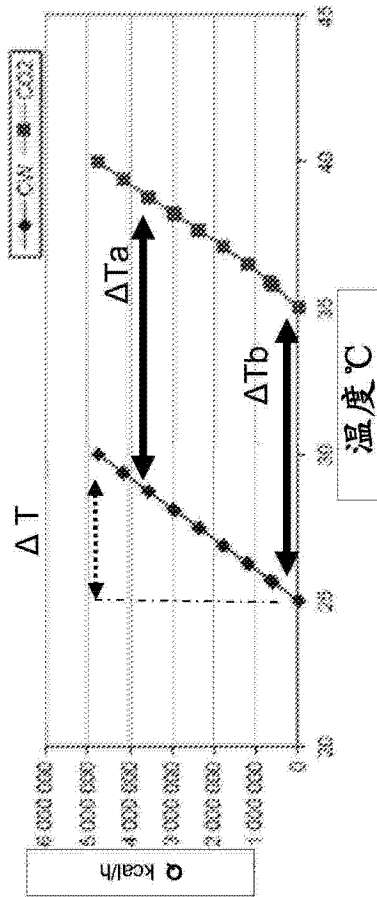


图 5