



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104428577 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201380037018. 2

F17C 7/04(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 07. 05

F17C 13/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

1256777 2012. 07. 13 FR

(56) 对比文件

CN 201297492 Y, 2009. 08. 26,

CN 1245876 A, 2000. 03. 01,

CN 101036020 A, 2007. 09. 12,

US 2008110181 A1, 2008. 05. 15,

US 6786053 B2, 2004. 09. 07,

JP 2003120897 A, 2003. 04. 23,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 01. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2013/051608 2013. 07. 05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/009641 FR 2014. 01. 16

审查员 贾乐乐

(73) 专利权人 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·布里格利亚 A·达德

L·格莱纳多斯 C·萨姆卢斯基

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 管莹 吴鹏

(51) Int. Cl.

F17C 5/06(2006. 01)

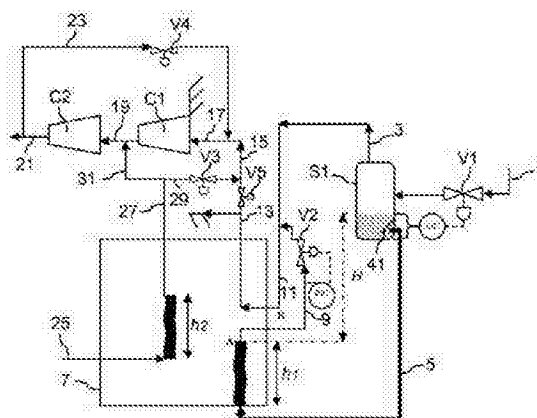
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

用于蒸发富含二氧化碳的液体的方法和设备

(57) 摘要

在用于蒸发富含二氧化碳的液体流的方法中,富含二氧化碳的第一液体流(5)从容纳富含二氧化碳的液体和富含二氧化碳的气体的腔室(S1)中抽取,所述气体处于压力P1,所述第一液体流被送至热交换器(7)其在那里蒸发,来自第一流的全部液体在所述热交换器中在大于P1的一个或多个压力下蒸发,蒸发的第一流从热交换器中排出,在第一膨胀阀(V2)中膨胀并被送回热交换器,在那里被再次加热。



1. 一种用于蒸发富含二氧化碳的液体流的方法,其中从容纳富含二氧化碳的液体和富含二氧化碳的气体的腔室(S1)抽取富含二氧化碳的第一液体流(5),所述气体处于压力 $P_1$ ,第一液体流送至热交换器(7),在那里被蒸发,来自所述第一液体流的全部液体在热交换器中在大于 $P_1$ 的一个或多个压力下蒸发,蒸发的第一液体流从热交换器被提取,在第一膨胀阀(V2)中膨胀并被送至热交换器,在那里被加热,其特征在于,腔室(S1)中的液位处于与最后一滴富含二氧化碳的液体在热交换器中蒸发所在的高度(A)相比超出地面更高的高度,这两个高度之差是H。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中H至少等于2m。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中H至少等于5m。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的方法,其中来自腔室(S1)的气体(3)被送至热交换器(7)以被加热。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中在第一膨胀阀(V2)中膨胀的蒸发流与来自腔室(S1)的气体混合并在热交换器(7)中被加热。

6. 根据权利要求4所述的方法,其中在第一膨胀阀(V2)中膨胀的蒸发流被送至所述腔室(S1)。

7. 根据权利要求1-3中任一项所述的方法,其中在第一膨胀阀(V2)中膨胀并在热交换器(7)中被加热的蒸发流离开热交换器,在第二膨胀阀(V5)中膨胀并被送至压缩机以被压缩。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中处于比第一液体流离开腔室的压力更高的压力下的富含二氧化碳的第二液体流(25)在热交换器(7)中蒸发并且蒸发的第二液体流的一部分被送至压缩机的中间级,蒸发的第一液体流被送至压缩机的入口。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中蒸发的第二液体流的一部分(29)膨胀并被送至压缩机的入口。

10. 一种用于蒸发富含二氧化碳的液体流的设备,该设备包括容纳富含二氧化碳的液体和富含二氧化碳的气体的腔室(S1),所述气体处于压力 $P_1$ ;热交换器(7);用于从所述腔室抽取富含二氧化碳的第一液体流(5)并连接至热交换器的管道;用于使第一液体流的全部液体的压力增加到大于 $P_1$ 的至少一个蒸发压力的增压装置;用于从热交换器提取蒸发的第一液体流并连接至第一膨胀阀(V2)以使蒸发的第一液体流膨胀从而形成膨胀流的管道;和用于将膨胀流送至热交换器的管道,其特征在于,所述腔室中的液位处于与最后一滴富含二氧化碳的液体在热交换器中蒸发所在的高度相比超出地面更高的高度,这两个高度之差是H。

11. 根据权利要求10所述的设备,其中H至少等于2m。

12. 根据权利要求11所述的设备,其中H至少等于5m。

13. 根据权利要求10-12中任一项所述的设备,包括用于将来自所述腔室(S1)的气体送至热交换器(7)中以被加热的管道。

14. 根据权利要求13所述的设备,包括用于使在第一膨胀阀(V2)中膨胀的蒸发流与来自腔室的气体混合并在热交换器(7)中被加热的装置。

15. 根据权利要求10至12中任一项所述的设备,包括用于从热交换器(7)提取在第一膨胀阀(V2)中膨胀并在热交换器(7)中被加热的蒸发流的管道,该管道连接至第二膨胀阀

和压缩机。

16. 根据权利要求 15 所述的设备,包括用于将处于比离开腔室 (S1) 的第一液体流的压力更高的压力下的富含二氧化碳的第二液体流送至热交换器 (7) 中以被蒸发的装置,以及用于将蒸发的第二液体流的一部分送至压缩机的中间级的管道,蒸发的第一液体流被送至压缩机的入口。

17. 根据权利要求 16 所述的设备,包括用于使蒸发的第二液体流的一部分 (29) 膨胀并连接至压缩机的入口的膨胀装置 (V3)。

## 用于蒸发富含二氧化碳的液体的方法和设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于蒸发富含二氧化碳的液体的方法和设备。

### 背景技术

[0002] 低温处理含有 CO<sub>2</sub> 的流体以通过部分冷凝来分离 CO<sub>2</sub> 的挑战之一是避免通常发生在三相点附近的液体 CO<sub>2</sub> 突然冻结。

[0003] 事实上,为了优化分离能,特别是 CO<sub>2</sub> 回收率,可采取的是使期望从其提取 CO<sub>2</sub> 的混合物尽可能地冷却。出现的物理界限是由部分冷凝所获得的液体的固化温度的物理界限。

[0004] US-A-2008/110181 描述了一种根据权利要求 1 的前序部分的方法。

[0005] 在现有技术中,已知在尽可能最低的压力下蒸发液体 CO<sub>2</sub> 以提供用于部分冷凝所需的冷量。因此,几乎纯的液体 CO<sub>2</sub> 在尽可能接近三相点的压力下被蒸发,因为以这种方式能够产生最低温度。蒸发的 CO<sub>2</sub> 被加热并压缩以用作循环分子(在 CO<sub>2</sub> 液化器的情况下)或用于作为产品输出,或者用于这两种应用。

[0006] 这个方法是有效的,因为其在(与替代方法相比)相对低的能量成本下容许高的 CO<sub>2</sub> 回收率。该方法还提供了不向现场引入其它制冷剂气体的可能性,特别是在 CO<sub>2</sub> 液化器的情况下。

[0007] 主要缺点是,在对含有液体 CO<sub>2</sub> 的区域、以及主要是对应于 CO<sub>2</sub> 在最接近的三相点的低压下蒸发的区域降压的情况下,存在使所述液体迅速膨胀以及产生两个相:固相和气相的风险。具体地,CO<sub>2</sub> 的相图在低于约 5.1 巴的压力下阻止液相出现。

[0008] 这种固体 CO<sub>2</sub> 可能堵塞管道和尤其是板式交换器的通道。此外,这种固体 CO<sub>2</sub> 的升华或熔化会很困难,因为假设液体或固体部分被截留在两个冰塞之间,状态变化可能会导致设备由于过压而破裂。在加热期间,这种风险因 CO<sub>2</sub> 冰(固体 CO<sub>2</sub>) 比液体 CO<sub>2</sub> 密度更大的事实而增加,因此,在冻结期间,几乎没有机会破坏设备(不像用水时所发生的)。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的是保护对固体 CO<sub>2</sub> 的存在最敏感的设备,即管道,特别是钎焊铝交换器,其中液压直径非常小(在几毫米的数量级)。

[0010] 原理是提高液体在交换器中的蒸发压力并机械地确保当系统压力下降时,冻结将在除了具有小液压直径的区域之外的任何区域开始。

[0011] 根据本发明的一个主题,提供了一种用于蒸发富含二氧化碳的液体流的方法,其中,从容纳富含二氧化碳的液体和富含二氧化碳的气体的腔室抽取富含二氧化碳的第一液体流,所述气体处于压力 P1,第一液体流被送至热交换器,在那里蒸发,来自第一流的全部液体在热交换器中在大于 P1 的一个或多个压力下蒸发,蒸发的第一流从热交换器被提取,在第一膨胀阀中膨胀并被送至热交换器,在那里被加热,其特征在于,腔室中的液位处于与最后一滴富含二氧化碳的液体在交换器中蒸发所在的高度相比超出地面更高的高度,这两个高度之差是 H。

- [0012] 根据本发明的其它可选主题：
- [0013] -H 至少等于 2m, 优选至少等于 5m；
- [0014] - 来自腔室的气体在热交换器中被加热；
- [0015] - 在阀中膨胀的蒸发流与来自腔室的气体混合并在热交换器中被加热；
- [0016] - 在阀中膨胀的蒸发流被送至所述腔室；
- [0017] - 在第一阀中膨胀并在热交换器中被加热的蒸发流离开交换器, 在第二膨胀阀中膨胀并被送至压缩机以被压缩；
- [0018] - 处于比离开腔室的第一流的压力更高的压力下的富含二氧化碳的第二液体流在热交换器中蒸发并被送至压缩机的中间级, 蒸发的第一流被送至压缩机的入口；
- [0019] - 蒸发的第二液体流的一部分膨胀并被送至压缩机的入口。
- [0020] 根据本发明的另一主题, 提供了一种用于蒸发富含二氧化碳的液体流的设备, 该设备包括容纳富含二氧化碳的液体和富含二氧化碳的气体的腔室, 所述气体处于压力 P1；热交换器；用于从所述腔室抽取富含二氧化碳的第一液体流并连接至所述热交换器的管道；用于使第一流的全部液体的压力增大到大于 P1 的至少一个蒸发压力的增压装置；用于从所述热交换器提取蒸发的第一流并连接至第一膨胀阀以使蒸发的第一流膨胀从而形成膨胀流的管道；和用于将膨胀流送至热交换器的管道, 其特征在于, 所述腔室中的液位处于与最后一滴富含二氧化碳的液体在交换器中蒸发所在的高度相比超出地面更高的高度, 这两个高度之差是 H。
- [0021] 根据本发明的其它可选主题：
- [0022] -H 至少等于 2m, 优选至少等于 5m；
- [0023] - 用于将来自所述腔室的气体送至热交换器中以被加热的管道；
- [0024] - 用于使在所述阀中膨胀的蒸发流与来自腔室的气体混合并在热交换器中被加热的装置；
- [0025] - 在阀中膨胀的蒸发流被送至所述腔室；
- [0026] - 用于从热交换器提取在第一阀中膨胀并在热交换器中被加热的蒸发流的管道, 该管道连接至第二膨胀阀和压缩机；
- [0027] - 用于将处于比第一流离开腔室的压力更高的压力下的富含二氧化碳的第二液体流送至热交换器以被蒸发的装置, 以及用于将蒸发的第二液体流送至压缩机的中间级的管道, 蒸发的第一流被送至压缩机的入口。
- [0028] - 用于使蒸发的第二液体流的一部分膨胀并连接至压缩机入口的装置。

### 附图说明

[0029] 下面参照附图对本发明进行更详细的描述, 其中图 1 示出了根据本发明的方法, 图 2 示出了图 1 的细节。

### 具体实施方式

[0030] 富含二氧化碳的液体流 1 在阀 V1 中膨胀并被送至分相器 S1。此处, 富含二氧化碳的气体 3 与富含二氧化碳的液体 5 分离, 所述液体部分保留在分相器 S1 的腔室内并具有液位。气体 3 处于压力 P1。由于分相器中的液体池, 富含二氧化碳的液体 5 以高于 P1 的压力

从分相器 S1 中抽出,并下降到钎焊铝板式热交换器 7 的最低水平。所经过的高度使其压力进一步升高。液体 5 在形成液体塔的热交换器的通道中蒸发。在此塔中,液体逐渐蒸发,液体的最后一滴在处于热交换器底部上方的水平 h1 处的点 A 处蒸发。因此,液体塔具有高度 h1。水平 A 和腔室 S1 中的液位之间的高度差等于 H, H 大于 1m,或甚至大于 5m。

[0031] 蒸发的液体 9 在水平 A 之后不远便离开交换器并在阀 V2 中膨胀,例如膨胀到压力 P1。如附图中可见,在 CO<sub>2</sub> 低压蒸发之后添加阀 V2 使得能够升高交换器中液体 CO<sub>2</sub> 的压力。该压降可用于升高容纳标准存量的为 CO<sub>2</sub> 低压蒸发提供的液体的分相器 S1 并进而降低其关于交换器 7 中存在的压力。6m 的静液压高度 H 导致约 600mbar 的压力差,即三相点的 5.1 巴的约 10%。

[0032] 在阀 V2 中膨胀的气体被送回至交换器 7 的在水平 A 上方的水平 B,在那里被加热并作为流 13 离开交换器 7。流 13 可在阀 V5 中膨胀或可以绕过阀 V5。已经变成 15 的所述流 13 被送至压缩机的第一级 C1,被压缩以形成流 19,在压缩机的第二级 C2 中被压缩并且产生富含二氧化碳的气体产物 21。

[0033] 源自分相器 S1 的气体 3 与膨胀阀 V2 下游的蒸发流 9 混合。

[0034] 如果处理在低压下蒸发的 CO<sub>2</sub> 的压缩机 C1, C2 失控并吸入过多 CO<sub>2</sub>, 则上游的所有压力都将下降。因此交换器 7 中的压力将下降,但在它达到三相点的压力(导致形成二氧化碳雪)之前,分相器 S1 的压力将达到此压力,液体会膨胀以形成固相和气相。该产物的大致比例是三分之一的气体和三分之二的固体。该气体部分将供应压缩机 C1, C2 的进料,并且因此为在来自分相器 S1 的全部液体都已经转化成固体和气体之前降低其吸入速率给出多一点的时间。

[0035] 具体地,只要不是所有的液体都已转化成固体和气体,分相器 S1 的压力就将保持在三相点的压力。最熟知的关于沸腾液体的模拟:只要不是所有的液相都已被蒸发,温度就不上升,无论是否加热。另一方面,当分相器 S1 的液位下降时,处于三相点的压力下的区域下降。在实践中,三相点的压力必须发生在液体-气体交界面,所以表面处于稳定(非湍流)状态,因为液体的重量在沉到所述表面以下时增加了压力。当此交界面在管道中下降以向交换器 7 供应液体 5 时,交换器 7 中的压力也下降,因为静液压高度(下面的图中的高度 H)降低,而更接近交换器 7 中固相的出现。

[0036] 还应注意的是,低压蒸发的 CO<sub>2</sub> 9 如图所示不会默认返回分相器 S1, 因为如果 CO<sub>2</sub> 5 含有不能完全蒸发的重质元素(NO<sub>x</sub>, 碳氢化合物等),使蒸发相返回到分相器 S1(热虹吸操作)将导致这些重质元素在液体中累积。

[0037] 另一方面, CO<sub>2</sub> 5 是纯的或最好不含重质元素,可以设想将蒸发的 CO<sub>2</sub> 9 从气体部分 3 在塔顶逸出的位置送回分相器 S1。那么优点是减少在热量不足以蒸发全部液体时将液体 CO<sub>2</sub> 送至交换器 E1 的热端的风险。

[0038] 可取的是将分相器 S1 的液体出口 5 定位成如果在分相器 S1 中形成 CO<sub>2</sub> 冰块的话能够避免夹带这种 CO<sub>2</sub> 冰块。结合不在低点进行液体取样的事实,保护网或挡板可以实现该目的。应记住的是,在这方面, CO<sub>2</sub> 冰块将在液体中流动(不同于由水形成的冰)。

[0039] 还存在用于帮助分相器 S1 中的压力不过快下降的其他方法:

[0040] a. 将在更高的压力下蒸发的 CO<sub>2</sub> 25 的一部分 29 送回至低压 CO<sub>2</sub> 的入口处(阀 V3);

[0041] b. 添加阀 V5 使得能够增加分相器 S1 和压缩机 C1、C2 的入口之间的压力差,这使

得能够在压缩机入口处压力下降的情况下给自身多一点反应时间,因此可以在压力下降时逐渐地关闭该阀;

[0042] c. 使用压缩机 C1, C2 的防跳跃 / 防泵出功能以稳定其入口压力 ( 阀 V4 );

[0043] d. 使用 IGV ( 入口导向叶片 ) 以调节入口流率。

[0044] 上面指出的措施 ( 包括本发明的主要主题 ) 都导致用于处理 CO<sub>2</sub> 的比能增加, 该增加可以是连续地 ( 在阀 V2 和 V5 增加换热器中的蒸发温度并因此由于被处理的气体冷却较少而降低 CO<sub>2</sub> 的回收率的情况下 ), 或者可以是一次性的 ( 在阀 V3 或 V4, 如果仅用于一次性方式则可选地 V5 的情况下 )。

[0045] 通过将压缩机移离其最佳工作点, 涉及 IGV 的控制自身只轻微地影响能量。然而这种控制的缺点是, 它很慢 ( 几十秒 ) 和不是非常活跃, 因此尤其适合于长控制, 例如当进行供给以改变所述单元的给料时。

[0046] 与降低接近三相点的区域中的冻结的风险的本发明一致的是, 一个新颖的发明在于改善由此获得的系统的能量。

[0047] 图 2 更详细地示出分相器 S1 及其连接部分。富含二氧化碳的液体流 1 在阀 V1 中膨胀并被送至分相器 S1。在此, 富含二氧化碳的气体 3 与富含二氧化碳的液体 5 分离, 部分保留在分相器 S1 的腔室中的液体具有液位。气体 3 处于压力 P1。由于分相器中的液体池, 富含二氧化碳的液体 5 在高于 P1 的压力下从分相器 S1 中抽出。

[0048] 阀 V1 的打开由分相器 S1 中的液位控制。

[0049] 进行供给以使分相器 S1 在处于三相点的压力下连续运行。因此将持续地有三个相共存。因为只要分相器 S1 包含液体和固体, 分相器 S1 的压力将不能离开三相点的压力, 因而分相器 S1 的压力稳定。因而压缩机的入口处的压力是稳定的。如果压缩机吸入过多, 将通过从液体到固体和气体的快速形成而在分相器 S1 中产生固体。如果压缩机吸入不足, 分相器 S1 的高度将有上升趋势, 供给阀 V1 将关闭。

[0050] 这可以降低换热器 7 中的蒸发压力, 因为它与分相器 S1 的压力相差一与静液高度相关联的固定值。

[0051] 然后必须确保来自分相器 S1 的二氧化碳雪不被夹带向换热器 7。应记住的是二氧化碳雪比液体密度大, 因此趋向于流动。此外, 可能的是该二氧化碳雪以小尺寸的悬浮晶体的形式存在。

[0052] 挡板 41 和网 43 系统与横向液体取样位置 35、37 结合将帮助避免夹带大部分固体。

[0053] 液体出口 35、37 连接至分相器的竖直壁而不连接至底部。通过管道 35 和打开阀 V8 抽取的液体以及通过管道 37 和打开阀 V7 抽取的液体被混合以形成液体流 5。

[0054] 所述网 43 围绕液体出口安装以防止固体离开。挡板安装在每个出口 35、37 的上方以防止固体落向出口。

[0055] 但是, 由于液体的一般运动将是朝向液体出口流动, 浮在中间高度的冰可能会在保护网上累积。

[0056] 避免这个问题的一个方案是提供相互隔开的两个或更多个液体取样位置 35、37。当横跨其中一个取样位置的压力降增加时, 该取样位置关闭, 另一个 ( 或者多个中的另一个 ) 打开。因此液体流动将改变并释放被堵塞的网。一种可能性是通过管道 31、39 和打开

阀 V6 将液体通过管道 37 送至分相器并经由网 43 返回。如果这不足够,还可以设想通过打开阀 15 从堵塞的网的另一侧经由源自分相器 S1 的进料的专用管线 31、33 注射更高压力下的液体 CO<sub>2</sub>。

[0057] 最后,各个液体的取样位置的优化管理结合各装置的压力下降措施将能够限制容器中的二氧化碳雪。

[0058] 根据本发明,富含二氧化碳的液体含有至少 75 摩尔%的二氧化碳,或至少 85 摩尔%的二氧化碳,或甚至至少 95 摩尔%的二氧化碳。



