(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117906344 A
(43)申请公布日 2024.04.19

(21)申请号 202311334760.1

(22)申请日 2023.10.16

(30)优先权数据
17/968203 2022.10.18 US

(71)申请人 气体产品与化学公司
地址 美国宾夕法尼亚州

(72)发明人 J·A·塔卡 D·M·赫伦 赵峤

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 尚恩垚 朱铁宏

(51)Int.Cl.
F25J 3/02(2006.01)

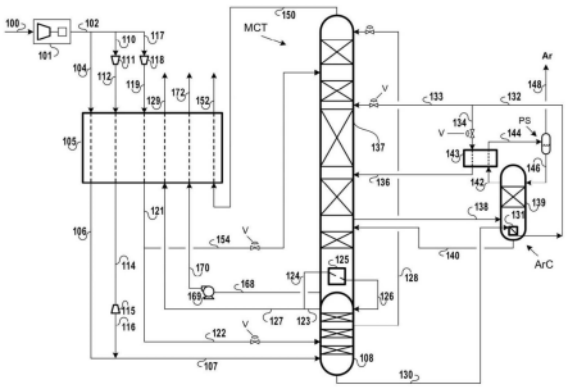
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

(54)发明名称

用于氩的改良回收的工艺及设备

(57)摘要

一种用于从馈料气体中回收至少氩的工艺及设备,其可提供改良的氩回收及操作效率的改良。可调适一些实施例,使得也可利用氩塔的改良的冷凝器操作来获得改良的氩回收,而无需增加用于该氩的回收的功率。一些实施例可利用定位在氩回收塔的底部附近或在该底部处的再沸器来增加其中的沸气和/或提供添加的热负荷以驱动该氩回收塔的冷凝器,以提供改良的氩回收。



CN 117906344 A

1.一种用于分离包括氧、氮和氩的馈料气体的工艺,所述工艺包括:

经由具有第一塔和第二塔的分离系统的压缩系统来压缩馈料气体,所述第一塔为在高于所述第二塔的压力下操作的高压(HP)塔,所述第二塔为在低于所述第一塔的压力下操作的低压(LP)塔;

使经压缩的馈料气体馈送至第一热交换器以冷却所述经压缩的馈料气体;

使经压缩和冷却的馈料气体的至少第一部分馈送至所述HP塔以产生HP富氧流;

使从所述HP塔输出的所述HP富氧流行进通过定位成邻近富氩塔或在富氩塔内的再沸器以冷却所述HP富氧流;以及

使从所述再沸器输出的所述HP富氧流的至少一部分行进至所述富氩塔的再沸器-冷凝器以用于冷凝从所述富氩塔输出的馈送至所述再沸器-冷凝器的富氩蒸汽的至少一部分。

2.根据权利要求1所述的工艺,其中使从所述HP塔输出的所述HP富氧流行进通过定位成邻近所述富氩塔或在所述富氩塔内的所述再沸器以冷却所述HP富氧流包括:

使所述HP富氧流行进至所述再沸器,所述再沸器定位于所述富氩塔的底部中或所述富氩塔的下部内。

3.根据权利要求1所述的工艺,其中使从所述HP塔输出的所述HP富氧流行进通过定位成邻近所述富氩塔或在所述富氩塔内的所述再沸器以冷却所述HP富氧流包括:

使所述HP富氧流行进至所述再沸器,所述再沸器定位成邻近所述富氩塔;以及

使从富氩塔输出的贫氩流体流行进至所述再沸器,使得经由与所述贫氩流体流的热传递冷却所述HP富氧流。

4.根据权利要求1所述的工艺,其中使从所述HP塔输出的所述HP富氧流行进通过定位成邻近所述富氩塔或在所述富氩塔内的所述再沸器以冷却所述HP富氧流包括:

使所述HP富氧流行进至所述再沸器,所述再沸器定位成邻近所述富氩塔;以及

使从所述LP塔输出的LP富氩流行进至所述再沸器,使得经由与所述LP富氩流的热传递冷却所述HP富氧流。

5.根据权利要求1所述的工艺,其中使从所述再沸器输出的所述HP富氧流的至少一部分行进至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器以用于冷凝从所述富氩塔输出的馈送至所述再沸器-冷凝器的所述富氩蒸汽的至少一部分包括:

分离从所述再沸器输出的所述HP富氧流以形成馈送至所述LP塔的第一富氧流及馈送至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器的第二富氧流。

6.根据权利要求1所述的工艺,其中使从所述再沸器输出的所述HP富氧流的至少一部分行进至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器以用于冷凝从所述富氩塔输出的馈送至所述再沸器-冷凝器的所述富氩蒸汽的至少一部分包括:

使从所述再沸器输出的所述HP富氧流的全部行进至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器。

7.根据权利要求1所述的工艺,其包括:

所述HP塔输出第二塔回流流以将所述第二塔回流流馈送至所述LP塔。

8.一种分离系统,其包括:

第一塔和第二塔,所述第一塔为在高于所述第二塔的压力下操作的高压(HP)塔,所述第二塔为在低于所述第一塔的压力下操作的低压(LP)塔,所述HP塔连接至所述LP塔;

富氩塔;

再沸器,所述再沸器定位成邻近所述富氩塔或在所述富氩塔的下部内;

所述HP塔连接至所述再沸器,使得从所述HP塔输出的HP富氧流可馈送至所述再沸器以用于冷却所述HP富氧流;

所述再沸器连接至所述富氩塔的再沸器-冷凝器,使得所述HP富氧流的至少一部分可馈送至所述再沸器-冷凝器以用于冷凝从所述富氩塔输出的可馈送至所述再沸器-冷凝器的富氩蒸汽的至少一部分。

9.根据权利要求8所述的分离系统,其中所述再沸器定位于所述富氩塔的底部中。

10.根据权利要求8所述的分离系统,其中所述再沸器经定位以接收从所述富氩塔输出的贫氩流体流,使得所述HP富氧流可经由与所述贫氩流体流的热传递来冷却。

11.根据权利要求8所述的分离系统,其中所述再沸器经定位以接收从所述LP塔输出的LP富氩流,使得所述HP富氧流可经由与所述LP富氩流的热传递来冷却。

12.根据权利要求8所述的分离系统,其中所述HP塔连接至所述LP塔,使得可从所述HP塔输出的第二塔回流流可馈送至所述LP塔的所述第二塔回流流。

13.根据权利要求8所述的分离系统,其中所述再沸器连接至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器及所述LP塔,使得可从所述再沸器输出的所述HP富氧流可分离成馈送至所述LP塔的第一富氧流及馈送至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器的第二富氧流。

14.根据权利要求8所述的分离系统,其中所述再沸器连接至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器,使得可从所述再沸器输出的所述HP富氧流的全部可馈送至所述富氩塔的所述再沸器-冷凝器。

15.一种改造空气分离单元的方法,其包括:

使再沸器定位成邻近富氩塔或在富氩塔内,使得从HP塔输出的高压(HP)富氧流可馈送至所述再沸器以冷却所述HP富氧流;

将所述再沸器连接至所述富氩塔的再沸器-冷凝器,使得从所述再沸器输出的所述HP富氧流的至少一部分可馈送至所述再沸器-冷凝器以用于冷凝可从所述富氩塔输出的可馈送至所述再沸器-冷凝器的富氩蒸汽的至少一部分。

16.根据权利要求15所述的方法,其中所述再沸器定位于所述富氩塔的底部中或所述富氩塔的下部内。

17.根据权利要求15所述的方法,其中所述再沸器定位成邻近所述富氩塔,使得从所述富氩塔输出的贫氩流体流可馈送至所述再沸器,使得可馈送至所述再沸器的所述HP富氧流可经由与所述贫氩流体流的热传递来冷却。

18.根据权利要求15所述的方法,其中所述再沸器定位成邻近所述富氩塔,使得从第二塔输出的低压(LP)富氩流可馈送至所述再沸器,使得所述HP富氧流可经由与所述LP富氩流的热传递来冷却。

19.根据权利要求15所述的方法,其中使再沸器定位成邻近富氩塔或在富氩塔内包括调整导管以适应所述再沸器的使用。

用于氩的改良回收的工艺及设备

技术领域

[0001] 本创新关于用于从空气中回收流体的工艺,这些工艺可包含用于回收氩的氩塔,该氩塔可经配置以利用再沸器来冷却原液体氧。本创新也关于用于从空气或其他馈料气体中分离至少氩的空气分离单元、经配置以从至少一种馈料气体中回收至少氮或氧及氩的气体分离设备、空气分离设备、空气分离系统、利用多个塔来回收氮、氩及氧流体的系统及其制作与使用方法。

背景技术

[0002] 空气分离处理已被用于将空气分离成不同流体组分流(例如氮、氧等)。结合空气分离处理开发的系统的实例包含美国专利第4,022,030号、第4,822,395号、国际专利公开第WO2020/169257号、第WO2020/244801号、第WO 2021/078405号及美国专利申请公开第2019/0331417号、第2019/0331418号及第2019/0331419号。

[0003] 一些制造商可能要求其设施中的空气分离设备供应高纯度的氩及氮。氩流处理的一些实例可从美国专利第5,305,611号、国际专利公开第2014/099848号、法国专利公开第FR 2839548号及日本专利第JP 3414947号中了解。

发明内容

[0004] 我们已判定,经设计以提供高纯度氩流体供可利用或产生此种氩的制造设施或其他类型的设施使用的一些空气分离工艺,在从空气中获得氩的增量回收的处理所需的功率方面会产生大量成本。我们已经判定,可提供一种改良的工艺,该工艺可增加氩回收,而不会显著增加系统操作所需的功率。例如,一些实施例可利用由原液体氧(CLOX)驱动的在氩塔的底部处或邻近该底部的再沸器,通过增加氩塔中的沸气同时也提供添加的热负荷益处来驱动氩塔的冷凝器来提供改良的氩回收。其他实施例可通过为改良的氩回收提供更多冷凝器负荷,同时也不为改良的氩回收增加功率,或者不为改良的氩回收实质上增加功率(例如,为冷却CLOX的再沸器的操作提供热输入的增加,该增加可被用于冷凝器的操作的热去除/排热的增加所抵消,从而导致改良的氩回收),提供改良的操作效率。实施例可相对简单地采用,并且在许多情况下,对预先存在的设备的预先存在的工艺流程进行相对小的改变,以允许预先存在的常规系统被改造成此种新工艺和/或设备的实施例,使得可获得改良的氩回收,而无需大资本成本或需要建造新的设备。

[0005] 在第一方面中,一种用于分离包括氧、氮及氩的馈料气体的工艺可包含经由分离系统的压缩系统压缩该馈料气体,该分离系统具有第一塔及第二塔。该第一塔可为在高于该第二塔的压力下操作的高压(HP)塔。该第二塔可为在低于该第一塔的压力下操作的低压(LP)塔。该工艺也可包含:将该经压缩的馈料气体馈送至第一热交换器以冷却该经压缩的馈料气体;将该经压缩且冷却的馈料气体的至少第一部分馈送至该HP塔以产生HP富氧流;使从该HP塔输出的该HP富氧流行进通过定位成邻近富氩塔或在富氩塔内的再沸器,以冷却该HP富氧流;及使从该再沸器输出的该HP富氧流的至少一部分行进至该富氩塔的再沸器-

冷凝器,用于冷凝从该富氩塔输出且被馈送至该再沸器-冷凝器的富氩蒸汽的至少一部分。

[0006] 在一些实施方式中,定位成邻近该富氩塔的该再沸器可在该富氩塔的下部或底部内。在其他实施方式中,该再沸器可经定位以经由馈送至该富氩塔的馈料流或经由从该富氩塔输出的贫氩流体来冷却该HP富氧流。

[0007] 在第二方面中,该工艺可经配置使得使从该HP塔输出的该HP富氧流行进通过定位成邻近该富氩塔或在该富氩塔内的该再沸器以冷却该HP富氧流包含使该HP富氧流行进至该再沸器。该再沸器可位于该富氩塔的底部中或该富氩塔的下部内。

[0008] 在第三方面中,使从该HP塔输出的该HP富氧流行进通过定位成邻近该富氩塔或在该富氩塔内的该再沸器以冷却该HP富氧流可包含使该HP富氧流行进至该再沸器。该再沸器可定位成邻近该富氩塔。该工艺也可包含使从富氩塔输出的贫氩流体流行进至该再沸器,使得经由与该贫氩流体流的热传递冷却该HP富氧流。

[0009] 在第四方面中,使从该HP塔输出的该HP富氧流行进通过定位成邻近该富氩塔或在该富氩塔内的该再沸器以冷却该HP富氧流可包含使该HP富氧流行进至该再沸器,其中该再沸器定位成邻近该富氩塔。从该LP塔输出的LP富氩流也可行进至该再沸器,使得经由与该LP富氩流的热传递冷却该HP富氧流。

[0010] 在第五方面中,使从该再沸器输出的该HP富氧流的至少一部分行进至该富氩塔的该再沸器-冷凝器,用于冷凝从该富氩塔输出且被馈送至该再沸器-冷凝器的该富氩蒸汽的至少一部分可包含:分离从该再沸器输出的该HP富氧流以形成馈送至该LP塔的第一富氧流及馈送至该富氩塔的该再沸器-冷凝器的第二富氧流。该工艺也可包含将该第二富氧流馈送至该富氩塔的该再沸器-冷凝器,并将该第一富氧流馈送至该LP塔。

[0011] 在第六方面中,使从该再沸器输出的该HP富氧流的至少一部分行进至该富氩塔的该再沸器-冷凝器,用于冷凝从该富氩塔输出且被馈送至该再沸器-冷凝器的该富氩蒸汽的至少一部分可包含:使从该再沸器输出的该HP富氧流的全部行进至该富氩塔的该再沸器-冷凝器。该工艺也可包含将从该富氩塔输出的该部分富氩蒸汽行进或馈送至该富氩塔的该再沸器-冷凝器。馈送至该富氩塔的该再沸器-冷凝器的该部分富氩蒸汽可为从该富氩塔输出的该富氩蒸汽流的全部,或者可为该流的第一部分。该流的第二部分可从该第一部分分离,用于另一元件。

[0012] 在第七方面中,该工艺也可包含该HP塔输出第二塔回流流以将该第二塔回流流馈送至该LP塔。

[0013] 在第八方面中,提供一种分离系统。该分离系统可经配置以利用上述工艺方面中的任一者来分离包括氧、氮及氩的馈料气体。

[0014] 在一些实施例中,该分离系统可包含第一塔及第二塔。该第一塔可为在高于该第二塔的压力下操作的高压(HP)塔,且该第二塔可为在低于该第一塔的压力下操作的低压(LP)塔。该HP塔可连接至该LP塔。该系统也可包含富氩塔及再沸器,该再沸器定位成邻近该富氩塔或在该富氩塔的下部内。该HP塔可连接至该再沸器,使得从该HP塔输出的HP富氧流可馈送至该再沸器用于冷却该HP富氧流。该再沸器可连接至该富氩塔的再沸器-冷凝器,使得从该再沸器输出的该HP富氧流的至少一部分可馈送至该再沸器-冷凝器,用于冷凝从该富氩塔输出且可馈送至该再沸器-冷凝器的富氩蒸汽的至少一部分。

[0015] 在第九方面中,该系统可经配置使得该再沸器定位于该富氩塔的底部中。

[0016] 在第十方面中,该再沸器可经定位以接收从该富氩塔输出的贫氩流体流,使得该HP富氧流可经由与该贫氩流体流的热传递而冷却。

[0017] 在第十一方面中,该分离系统可经配置使得该再沸器经定位以接收从该LP塔输出的LP富氩流,使得该HP富氧流可经由与该LP富氩流的热传递而冷却。

[0018] 在第十二方面中,该分离系统可经布置且配置使得该HP塔连接至该LP塔,使得可从该HP塔输出的第二塔回流流可馈送至该LP塔的该第二塔回流流。

[0019] 在第十三方面中,该再沸器可连接至该富氩塔的该再沸器-冷凝器及该LP塔,使得可从该再沸器输出的该HP富氧流可分离成馈送至该LP塔的第一富氧流及馈送至该富氩塔的该再沸器-冷凝器的第二富氧流。

[0020] 在第十四方面中,该分离系统可经配置且布置使得该再沸器连接至该富氩塔的该再沸器-冷凝器,使得可从该再沸器输出的该HP富氧流的全部可馈送至该富氩塔的该再沸器-冷凝器。

[0021] 在第十五方面中,可提供一种改造空气分离单元的方法。可提供该改造以促进该分离系统的实施例或用于分离包括氧、氮及氩的馈料气体的工艺的工艺实施例的形成或利用。改造空气分离单元的方法的实施例可包含将再沸器定位成邻近富氩塔或在该富氩塔内,使得从HP塔输出的高压(HP)富氧流可馈送至该再沸器以冷却该HP富氧流。该方法也可包含将该再沸器连接至该富氩塔的再沸器-冷凝器,使得从该再沸器输出的该HP富氧流的至少一部分可馈送至该再沸器-冷凝器,用于冷凝可从该富氩塔输出且可馈送至该再沸器-冷凝器的富氩蒸汽的至少一部分。

[0022] 在第十六方面中,可实施该改造方法使得该再沸器定位于该富氩塔的底部中或该富氩塔的下部内。

[0023] 在第十七方面中,该改造方法可经实施使得该再沸器定位成邻近该富氩塔,使得从该富氩塔输出的贫氩流体流可馈送至该再沸器,使得可馈送至该再沸器的该HP富氧流可经由与该贫氩流体流的热传递而冷却。

[0024] 在第十八方面中,该改造方法可经实施使得该再沸器定位成邻近该富氩塔,使得从第二塔输出的低压(LP)富氩流可馈送至该再沸器,使得该HP富氧流可经由与该LP富氩流的热传递而冷却。

[0025] 在该改造方法的第十九方面中,将该再沸器定位成邻近富氩塔或在该富氩塔内可包含调整导管以适应该再沸器的使用。也可实施对空气分离系统配置的其他类型的调整或修改,以促进该改造方法。

[0026] 在第二十方面中,用于分离馈料气体的工艺、分离系统或可经调适用于分离系统的改造方法的实施例可如图1至图4的示例性实施例所示或如以下详细描述章节的上下文中所讨论般布置且配置。

[0027] 应了解,可在以上讨论的实施例中利用的不同流体流可包含蒸汽、液体或蒸汽及液体的组合。包含蒸汽的流体流可包含蒸汽或气体。

[0028] 也应了解,该工艺和/或该系统的实施例可使用一系列导管用于不同单元的互连,使得不同流可在不同单元之间输送。此种导管可包含接管、阀及其他导管元件。该系统也可利用传感器、侦测器及至少一个控制器来监视该系统的操作和/或提供该系统的自动化或至少部分自动化控制。各种不同传感器(例如,温度传感器、压力传感器、流量传感器、水平

控制器等)可连接至不同导管或系统元件。

[0029] 其他元件也可包含在系统的实施例中,这些元件可被提供来利用我们的工艺的实施例。例如,一或多个泵、压缩机、风扇、容器、预处置单元、热交换器、膨胀机、吸附器或其他单元也可用于系统的实施例中。应了解,系统或设备的实施例可经构造且配置以利用该工艺的至少一个实施例。

[0030] 随着对用于从空气中回收至少一种流体(例如氩,氩及氮,氩、氮及氧等)的我们的工艺、经配置以从至少一种馈料气体中回收氩的气体分离设备、空气分离设备、空气分离系统、利用多个塔来回收氩及也可选地氮和/或氧流体的系统、利用此种系统或工艺的设备及其制造与使用方法的某些示例性实施例的以下描述的进行,其其他细节、目的及优点将变得显而易见。

附图说明

[0031] 本文附随的图中示出了用于从空气中回收至少一种流体(例如氩;氩及氮;氩及氧;氩、氮及氧等)的工艺、经配置以从至少一种馈料气体中回收至少氩的气体分离设备、空气分离设备、空气分离系统、利用多个塔来回收氮及氩流体的系统、利用此种系统的设备及其制造与使用方法的示例性实施例。应理解,图中使用的相似的参考符号可标识相似的部件。

[0032] 图1是利用空气分离工艺的第一示例性实施例的设备的第一示例性实施例的示意性框图。

[0033] 图2是利用空气分离工艺的第一示例性实施例的设备的第二示例性实施例的示意性框图。

[0034] 图3是利用空气分离工艺的第一示例性实施例的设备的第三示例性实施例的示意性框图。

[0035] 图4是利用空气分离工艺的第一示例性实施例的设备的第四示例性实施例的示意性框图。

[0036] 图5是可用于图1-4所示的设备的第一示例性实施例、设备的第二示例性实施例、设备的第三示例性实施例及设备的第四示例性实施例中的示例性控制器的框图。

具体实施方式

[0037] 参考图1至图5,设备可包含空气分离单元,该空气分离单元包含压缩系统101,该压缩系统可压缩馈料气体100以在预先选择的馈料压力或在预先选择的馈料压力范围内的压力下输出经压缩的馈料气体流102。被压缩的馈料气体100可为来自设备处理单元且可被馈送至压缩系统101的空气或气体流。由压缩系统压缩的馈料气体可包含氩(Ar)、氮(N2)及氧(O2),以及其他组分(例如二氧化碳(CO2)、水(H2O)等)。

[0038] 压缩系统101也可包含用于在馈料被压缩后对其进行净化的净化单元。净化单元可去除可能具有不希望的沸点或存在其他不希望的处理困难的不希望的馈料组分。净化单元可从例如馈料中去除例如CO2、一氧化碳(CO)、氢(H2)、甲烷(CH4)和/或水(H2O)。

[0039] 从压缩系统101输出的经压缩的馈料气体流102可为净化的馈料气体流,该馈料流已从馈料气体去除杂质,使得杂质低于预先选择的组分阈值,或者在经压缩的馈料气体流

102行进至第一热交换器105之前从经压缩的馈料气体中完全去除。在一些实施例中,经压缩的馈料气体流102可包含在预先选择的氮浓度范围内的氮(N2)、在预先选择的氩浓度范围内的氩(Ar)及在预先选择的氧浓度范围内的O2。例如,预先选择的N2浓度范围可为例如馈料气体流102的75至80体积百分比(体积%),预先选择的氩浓度范围可为馈料气体流102的0.7至3.1体积%,并且预先选择的O2浓度范围可为馈料气体流102的19至23体积%。

[0040] 经压缩的馈料气体流102可经由位于压缩系统101与第一热交换器105之间的至少一个热交换器馈料导管馈送至第一热交换器105。如图1至图4所示,馈料气体流102在其被馈送至第一热交换器105之前可被分成多个流。例如,至少一个阀或其他分离机构可用于将经压缩的馈料气体流102分成多个流。所形成的多个流可包含用于馈送至第一热交换器105的第一馈料流部分104、第二馈料流部分110及第三馈料流部分117。

[0041] 替代地,馈料气体流102可作为单一流馈送至第一热交换器105。在又一些实施例中,馈料气体流可仅分成两个馈料流,而非三个馈料流或多于两个馈料流。

[0042] 在其中经压缩的馈料气体流102被分离或可分离的实施例中,第一馈料流部分104可为整个经压缩的馈料气体流102的30%至100%之间,且第二馈料流部分110可为整个经压缩的馈料气体流102的至多70%(例如大于馈料流102的0%至70%)。第三馈料流部分117可为整个经压缩的馈料气体流102的至多50%(例如大于馈料流102的0%至50%)。

[0043] 第一热交换器105可冷却一或多个馈料气体流,以在一或多个冷却馈料流的预先选择温度范围内的温度下输出一或多个经压缩的馈料气体流。例如,如从图1至4可了解,经压缩的馈料气体流102可被分成第一馈料流部分104、第二馈料流部分110及第三馈料流部分117。第一馈料流部分104可在第一热交换器105中经受冷却,并随后作为第一经冷却且压缩的馈料流106输出,用于馈送至多塔塔器MCT的第一塔108,该第一塔位于多塔塔器MCT的第二塔137的上游。

[0044] 第二馈料流部分110可被馈送至第二馈料流压缩机111以增加其压力,从而形成进一步压缩的第二馈料流112,该第二馈料流随后被馈送至第一热交换器105以在其中经受冷却。从第一热交换器105输出的经冷却且进一步压缩的第二馈料流114可馈送至第一膨胀机115,使得从第一膨胀机115输出的第二馈料流116可与第一经冷却且压缩的馈料流106混合以形成用于将该馈料流馈送至多塔塔器MCT的第一塔108的第一塔馈料流107。

[0045] 第一塔108可为多塔塔器MCT的高压(HP)塔108,其位于第二塔137下方或是以其他方式位于上游。第二塔137可为多塔塔器MCT的低压(LP)塔,其可在低于HP塔108的操作压力的压力下操作。

[0046] 第三馈料流部分117也可经由第三馈料流压缩机118压缩以增加其压力,从而形成进一步压缩的第三馈料流119,该第三馈料流随后被馈送至第一热交换器105以在其中经受冷却。经冷却且进一步压缩的第三馈料流119可作为实质上液化的第三馈料流121从第一热交换器105输出(例如,第三馈料流121为全液体,60体积%与100体积%之间的液体,大部分为液体(其中混有一些蒸汽),充分液化使得流具有液体性质等)。从第一热交换器105输出的第三馈料流121可作为第二第一塔馈料流122馈送至第一塔108,或可作为第二塔馈料流154馈送至第二塔137。在其中将第二第一塔馈料流122馈送至第一塔108的情况下,第一塔馈料流107可视为第一第一塔馈料流107。

[0047] 在一些实施例或在实施例操作期间使用的操作循环中,第三馈料流121可被分离

以形成用于馈送至第一塔108的第二第一塔馈料流122以及用于馈送至第二塔137的第一第二塔馈料流154。可调整位于在第一热交换器105与第一塔108之间延伸的第二第一塔馈料流导管中的至少一个阀V,及位于在第一热交换器105与第二塔137之间延伸的第一第二塔馈料流导管中的至少一个阀V,以控制第三馈料流121的分离。阀V也可(或替代地)经控制以调整第三馈料流121的流量,从作为第二第一塔馈料流122馈送至第一塔108的此流的全部,至作为第一第二塔馈料流154馈送以馈送至第二塔137的第三馈料流121的全部,反之亦然。

[0048] 在一些实施例中,可提供第一塔馈料流107,使其处于预先选择的HP塔馈料压力范围内的HP塔馈料压力(例如4-30atm、大于5atm及小于20atm等)下以将第一塔馈料流107馈送至第一塔108。可执行经由热交换器105的冷却及第二经冷却且压缩的馈料流114的可选膨胀,使得第一塔馈料流107也处于在预先选择的HP塔馈料温度范围内的预先选择的HP塔馈料温度下,并且处于预先选择的HP塔馈料压力范围内的压力下。

[0049] 第三馈料流121可形成并压缩为在预先选择HP馈料压力范围内的HP馈料压力(例如4-100atm、大于5atm及小于85atm等)下并且也在预先选择HP塔馈料温度范围内的预先选择HP塔馈料温度下,以作为第二第一塔馈料流122馈送至第一塔108。第三流121也可或替代地经由热交换器105及第三流压缩机118进一步压缩及冷却,以处于预先选择的馈送压力范围(例如4-100atm)下以便实质上冷凝,并且也处于在预先选择的LP塔馈送温度范围内的预先选择的LP塔馈送温度下,以作为用于馈送至第二塔137的第一第二塔馈料流154馈送至第二塔137。可执行初始经压缩的馈料流102的分离及第三馈料流部分117的压缩,以促进在希望温度及压力下提供第三馈料流121,用于实质上冷凝该流的流体并将其馈送至第一塔108、第二塔137,或者基于操作的操作循环及该操作循环中操作的特定参数需要进行分离以将不同部分馈送至各塔。

[0050] 第一第二塔馈料流导管可包含减压机构(例如阀),以降低第三馈料流121中可被分离以馈送至第二塔137的部分的压力,使得该部分流的压力在用于馈送至第二塔137的预先选择的LP压力范围内。也应了解,在第三流121的全部被馈送至第二塔137的情况下,第三馈料流压缩机118可不用于进一步增加第三馈料流部分117的压力。

[0051] 第一塔108可经定位且配置以处理第一塔馈料流107及也可馈送至第一塔108的第二第一塔馈料流122。如上所讨论,在一些实施例或一些操作循环中,第一塔108可仅处理第一塔馈料流107(例如,当第三流121作为第一第二塔馈料流154全部馈送至第二塔137时)。在此种情况下,第一塔馈料流107可为馈送至第一塔108的唯一馈料流。

[0052] 第一塔108可在第一塔108的底部处或邻近该底部接收第一塔馈料流107。第一塔108也可在第一塔108的底部处或邻近该底部或在第一塔108的底部上方的数个级的位置处接收第二第一塔馈料流122(当提供时)。第一塔108可在预先选择的HP压力范围(例如4.0atm至30atm、4.5atm至16atm、4.5atm至8atm等)内的预先选择的HP压力下操作,并且可输出HP富氮蒸汽流123、第一HP富氮LP馈料流128及HP富氧流130。

[0053] HP富氧流130可视为原液体氧(CLOX)流,其可包含液体氧(O2)或液体O2及蒸汽O2的组合。HP富氧流130可具有25体积%至50体积%范围内的氧浓度、0.5体积%至3.5体积%的氩浓度及46.5体积%至74.5体积%范围内的氮浓度,或者HP富氧流130可包含30体积%氧至50体积%氧、1体积%氩至3体积%氩,并且余量为氮(例如47体积%氮至69体积%氮)。

[0054] 第一HP富氮LP馈料流128可具有在0体积%至10体积%范围内的氧浓度、0体积%

至3.5体积％的氩浓度及余量氮(例如100体积％至86.5体积％氮),或者第一HP富氮流128可包含0体积％氧至5体积％氧、1ppm的氩至3体积％氩,并且余量为氮(例如约100体积％氮至92体积％氮)。

[0055] HP富氮蒸汽流123可为包含氮浓度在100体积％氮至98体积％氮范围内的气体或蒸汽的流(例如99体积％氮、99.5体积％氮等)。HP富氮蒸汽流123的至少一部分(例如,流的全部或该流中作为该流的主要部分的一部分等)可作为从HP富氮蒸汽流123分离的第一再沸器-冷凝器馈料124馈送至第一再沸器-冷凝器125。HP富氮蒸汽流123的剩余部分可作为富氮冷却介质流127馈送至第一热交换器105,以在第一热交换器105中经受加温并冷却馈送至第一热交换器105的馈料流102的部分。加温的HP富氮蒸汽流可作为第一HP富氮蒸汽产物流129从第一热交换器输出。此流可馈送至可使用氮流的设备工艺。

[0056] 第一再沸器-冷凝器125可为HP再沸器-冷凝器125。第一再沸器-冷凝器125可形成HP冷凝流126。HP冷凝流126(例如此流的全部或少于此流的全部)可作为回流再循环回到第一塔108。例如,HP冷凝流126的至少一部分可作为回流流从第一再沸器-冷凝器125输出回到第一塔108。整个流可提供至第一塔,或者此HP冷凝流126的第一部分可提供回第一塔108,并且HP冷凝流126(未展示)的第二部分可为可馈送至另一设备单元的HP冷凝流。

[0057] 第一塔108可经由LP塔馈料导管连接至第二塔137,通过该LP塔馈料导管可将第一HP富氮LP馈料流128馈送至第二塔137。第一HP富氮LP馈料流128通过其行进的LP塔馈料导管可包含减压机构(例如阀、膨胀机、其他类型的减压机构等),以调整第一HP富氮LP馈料流128的压力,因此其处于适合馈送至第二塔137的压力。

[0058] 第二塔137可为多塔塔器MCT的LP塔。第二塔137可在低于第一塔108在其下操作的压力的压力下操作。例如,第二塔137可在1.1atm与4atm、1.1atm与3atm或1.1atm与2.8atm之间的压力下操作。

[0059] 用于第二塔137的回流可在LP塔的顶部、邻近LP塔137的顶部或在LP塔的另一位置处经由包含合适浓度的氮的合适回流流提供。回流可包含例如第一HP富氮LP馈料流128。

[0060] 第二塔137可经定位使得第二塔137的上升蒸汽或塔沸气由第一再沸器-冷凝器125提供。此种上升蒸汽或沸气可由第一再沸器-冷凝器125生成并馈送至第二塔137,使得此蒸汽或沸气与馈送至第二塔137的液体逆流流动(例如,第一HP富氮LP馈料流128的流体可为向下流动的液体,而蒸汽或沸气在第二塔137中向上流动等)。

[0061] 第二塔137可经操作以在操作期间输出多个流体流。例如,第二塔137可输出至少LP富氮流150、富氧流168及LP富氩流138。此等流可经由导管各自从第二塔137输出,用于将这些流馈送其他设备单元。LP富氮流150可为包含浓度范围在50体积％至70体积％氮、70体积％至99.9体积％氮的范围,或者可为全氮(例如,100体积％氮或约100体积％氮)的氮的富氮蒸汽流。LP富氮流150可从第二塔137输出并馈送至第一热交换器用于在其中冷却以形成可为富氮(nitrogen-rich或nitrogen-enriched)产物流的产物流152。

[0062] 富氧流168可为含杂质的流,其包含富集但相对低浓度的氩、氪、CO2、甲烷及其他烃,其中流的余量为氧(例如99-99.99体积％氧,或至少97体积％氧至99.99体积％氧)。富氧流168内的痕量杂质的浓度可为高度可变的,并且可取决于包含流量在内的许多因素。在一些实施例中,富氧流168可包含0.01体积％至3体积％氩、痕量的氮及余量氧(例如97-99.99体积％氧),并视为富氧(oxygen-rich或oxygen-enriched)产物流。

[0063] 富氧流168可馈送至泵169,因此经压缩的富氧流170可作为其中的冷却介质馈送至第一热交换器105,使得其可在冷却馈料流102的同时在其中被加温。加温的富氧流可作为富氧产物流(oxygen-enriched product stream)172或富氧产物流(oxygen-rich product stream)172从第一热交换器105输出,以供随后由另一设备工艺使用(用作再生气体,导引至用于产生富氮产物流和/或富氩产物流等的另一类型的装置)。替代地,经压缩且加温的富氧流可视为废物流,并且可作为可排放至大气的富氧(oxygen-enriched或oxygen-rich)废物流172从热交换器105输出。在其中富氧流168被视为废物流或富氧流168无需经受压力增加以进一步使用该流的情况下,泵169可不用于在该流被馈送至第一热交换器105之前增加该流的压力。

[0064] LP富氮流150可从第二塔137输出并馈送至第一热交换器105,用于用作其中的冷却介质,以帮助冷却其中馈送的经压缩的馈料气体。加温的LP富氮流152可从第一热交换器105输出,作为废气排放至大气中或用于另一设备单元中(例如用作产物气体、再生气体、馈送至另一设备单元或其他用途等)。

[0065] LP富氩流138可包含5体积%至25体积%氩、0ppm至1000ppm氮及余量氧(约74.9体积%氧至95体积%氧)。LP富氩流138可为包含蒸汽的流体流。LP富氩流138可从第二塔137输出并馈送至第三塔139。第三塔139可视为富氩塔ArC。富氩塔ArC也可视为氩塔。

[0066] LP富氩馈料导管可连接在第二塔137与富氩塔ArC之间,用于将LP富氩流138馈送至富氩塔ArC。LP富氩流138可馈送至富氩塔ArC的下部(例如在塔的底部处或邻近塔的底部)。LP富氩流138可在富氩塔ArC内上升以离开塔的顶部或邻近塔的顶部作为富氩蒸汽流142离开。富氩蒸汽流的氩浓度可高于馈送至富氩塔ArC的LP富氩流138内的氩浓度。例如,富氩蒸汽流142可包含100体积%至95体积%氩(例如,富氩蒸汽流142可包含0体积%至4体积%氧、0体积%至1体积%氮及余量氩)。

[0067] 富氩蒸汽流142可从富氩塔ArC输出,并经由定位于富氩塔ArC与第二再沸器-冷凝器143之间的氩蒸汽再沸器-冷凝器馈料导管馈送至第二再沸器-冷凝器143。第二再沸器-冷凝器143可将富氩蒸汽流142的富氩蒸汽实质上冷凝成液体(例如,将富氩蒸汽的全部冷凝成液体或将至少90%的蒸汽冷凝成液体,将至少95%的蒸汽冷凝成液体,冷凝足够的富氩蒸汽使得其充当液体或从第二再沸器-冷凝器输出的冷凝流具有液体的性质,等等)。从第二再沸器-冷凝器143输出的实质上冷凝或完全冷凝的富氩流144可馈送至相分离器PS,该相分离器PS可输出氩蒸汽产物流148,该氩蒸汽产物流包含高浓度(例如100体积%Ar至95体积%Ar,100体积%Ar与99体积%Ar之间等)氩(Ar)。液体氩回流流146可从相分离器PS输出并馈送回富氩塔ArC。

[0068] 液体氩回流流146可从分离器PS输出,或者作为富氩流体流144的流体部分,用于作为回流经由连接在富氩塔ArC与相分离器PS之间的富氩塔回流导管馈送至富氩塔ArC。富氩塔ArC可邻近富氩塔ArC的上部(例如在其顶部或靠近其顶部)接收液体氩回流流146,使得液体氩回流以与馈送至富氩塔ArC的富氩流138的上升氩蒸汽逆流流动的方式向下行进通过富氩塔ArC。

[0069] 在一些实施例中,馈送至第二再沸器-冷凝器143的富氩蒸汽流142的冷凝富氩流体可作为全液体的富氩流体流144从第二再沸器-冷凝器143输出。在此种情况下,相分离器PS并非必需,并且氩产物流148可从富氩流体流144中分离出来,并且富氩流体流144中未分

离出来而形成产物流的剩余流可用作液体氩回流流146。

[0070] 富氩塔ArC也可输出贫氩流体流140,用于经由连接在第二塔137与富氩塔ArC之间的贫氩流体馈料导管馈送至第二塔137。贫氩流体流140可在富氩塔ArC的下部处输出(例如在其底部或邻近其底部),用于馈送至在在其处从第二塔137输出LP富氩流138的位置下方的位置,或者可位于在其处从第二塔137输出LP富氩流138的位置处或附近的位置。

[0071] 富氩塔ArC也可利用再沸器131(例如,使再沸器131定位成邻近塔和/或在塔内等)。再沸器131可包含在例如图1所示的富氩塔ArC的下部(例如底部)内。此种再沸器将称为内部再沸器。替代地,再沸器131可实体地位于富氩塔ArC外侧并连接至富氩塔ArC,使得再沸器131可接收来自富氩塔ArC的液体馈料并将部分沸腾流返回至富氩塔ArC。此种再沸器将称为外部再沸器。此两种再沸器的热力学效应是相同的。

[0072] 如图2所示,再沸器131可通过经定位用于使HP富氧流130过冷,同时在贫氩流体流140从富氩塔ArC输出之后且在其被馈送至第二塔137之前,使贫氩流体流140加温,而定位成邻近富氩塔ArC。替代地,如图2中虚线140a所示,从再沸器131输出的贫氩流体流140可通过在该流被馈送至富氩塔ArC之前被馈送至LP富氩流138以与的混合而直接再循环至富氩塔ArC。作为又一替代方案,从再沸器131输出的贫氩流体流140可通过经由连接在再沸器131与富氩塔ArC之间的经加热的贫氩流体流再循环导管直接馈送回富氩塔ArC,而更直接地再循环至富氩塔ArC。

[0073] 作为又一个选择,如图3所示,再沸器131可通过经定位用于使HP富氧流130过冷,同时在LP富氩流138被馈送至富氩塔ArC之前加热LP富氩流138而替代地定位成邻近富氩塔ArC。

[0074] 在图2及图3的实施例中,再沸器131可配置为热交换器,该热交换器经配置用于冷却从第一塔108输出的HP富氧流130,同时也加温LP富氩流138或贫氩流体流140,用于汽化该流的一些和/或增加该流的温度。此种加温及冷却可经由热交换器或再沸器131接收的流之间的热传递来提供。

[0075] 在上文关于图1至图3讨论的实施例中,设备1可经配置以产生HP富氮蒸汽流123,其可被馈送至第一热交换器105并作为第一HP富氮蒸汽产物流129从第一热交换器输出。设备1也可产生LP富氮流150,其可被馈送至第一热交换器105并作为富氮(nitrogen-rich或nitrogen-enriched)产物流从第一热交换器输出。额外富氮产物流也可作为流450从第二塔137回收,其实例如图4所示。应了解,图4的实施例是图1的实施例的修改。此额外富氮产物流450(其实例如图4所示)的利用也可用于其他实施例(例如图2及图3的实施例等)。

[0076] 如从图4可了解,HP冷凝流126可分离,因此第一部分用作第一塔108的回流,且第二部分用作第二塔137的纯回流流428。第二LP富氮流450可从第二塔137输出并馈送至第一热交换器105用于在其中冷却以形成纯产物氮流452(或实质上纯的产物氮流452)。第二LP富氮流450可为富氮蒸汽流,其包含浓度范围为95体积%至基本上100体积%的氮(例如,具有微量杂质水平),或者在一些实施例中可包含浓度范围为95体积%至小于或等于100体积%的氮。在图4的此实施例中,从LP塔137输出的LP富氮流150可视为第一LP富氮流,其可作为废气排放至大气中,或在另一设备单元中使用(例如,用作产物气体、再生气体、馈送至另一设备单元或其他用途等)。

[0077] 也可对图2及图3的实施例进行如上所述的类似修改。在此种额外实施例中,从LP

塔输出的LP富氮流150可视为第一LP富氮流,并且LP塔也可排出第二LP富氮流450,用于在热交换器105中加热以输出产物氮流452。对于此种实施例,HP冷凝流126也可类似于上文讨论的图4的实施例分离(例如,HP冷凝流126可分离,因此第一部分用作第一塔108的回流,且第二部分用作第二塔137的纯回流流428)。

[0078] 在图1的实施例中,再沸器131可视为富氩塔ArC内的再沸器或热交换器,其经定位且配置以冷却富氩塔ArC内从第一塔108输出的HP富氧流130,并且也从下降至ArC底部的液体生成蒸汽。

[0079] 在HP富氧流130经由再沸器131冷却后,HP富氧流130可作为过冷HP富氧流132定路径。过冷的HP富氧流132可分成第一富氧馈料流133及第二再沸器-冷凝器富氧馈料流134。第一富氧馈料流133在被馈送至第二塔137之前可经由减压机构(例如阀、其他类型的合适机构等)经受减压。第二再沸器-冷凝器富氧馈料流134可被馈送至第二再沸器-冷凝器143中,用于在其中加温成蒸汽或至少部分汽化的流体,并提供冷却介质用于将馈送至其中的富氩蒸汽流142冷凝。第二再沸器-冷凝器富氧馈料流134可作为第二富氧馈料流136从第二再沸器-冷凝器143输出,用于馈送至第二塔137。第二富氧馈料流136也可在流被馈送至第二塔137之前(例如经由减压机构,诸如阀或其他类型的合适机构)经历减压至适合馈送至第二塔137的压力。

[0080] 第二富氧馈料流136可在在其处第一富氧馈料流133馈送至第二塔137的位置下方的位置处馈送至第二塔137。在其他实施例中,两种馈料流可在馈送至第二塔137之前混合在一起(未展示)。

[0081] 应了解,此等不同流133及134可各视为分离以形成这些流的HP富氧流130的不同部分。例如,各流可视为HP富氧流130的第一部分或第二部分。

[0082] 也应了解,在再沸器-冷凝器143中利用之前,可通过加热其他气体和/或液体流进一步冷却HP富氧流132,诸如加热另一氩塔底部处的液体以进一步纯化氩产物流148。

[0083] 也应理解,在一些操作循环或一些实施例中,第一HP富氮LP馈料流128及第一富氧馈料流133以及第二富氧馈料流136均可馈送至第二塔137。当所有此种流被馈送至第二塔137时,第一HP富氮LP馈料流128可视为第二塔回流流。替代地,在此种情况下,第一富氧馈料流133可视为第三富氧LP馈料流,并且第二富氧馈料流136可视为第二富氧LP馈料流。

[0084] 上文讨论的图1至图4的实施例可利用多塔工艺,该多塔工艺包含配置为HP塔的第一塔108、配置为LP塔的第二塔137及配置为富氩塔ArC的第三塔139。在将HP富氧流130至少部分地馈送至氩富氧塔ArC的第二再沸器-冷凝器143之前,在氩富氧塔ArC内或邻近氩富氧塔ArC利用再沸器131来冷却该流的氩回收益处也可在不分离HP富氧流130的情况下获得。例如,在一些实施方式中或在一些操作循环中,HP富氧流130可不被分离,且取而代的,此流的全部可被馈送至第二再沸器-冷凝器143。在此类实施例或操作循环中,第二再沸器-冷凝器富氧馈料流134可包含从再沸器131输出的HP富氧流132的全部,并且从第二再沸器-冷凝器输出的第二富氧馈料流136可视为馈送至第二塔137的第一富氧馈料流,因为此类实施方式或操作循环不会形成流133。

[0085] 在一些实施方式中,可为导管提供阀V,第二再沸器-冷凝器富氧馈料流134通过这些阀行进至第二再沸器-冷凝器143,并且第一富氧馈料流133可通过该阀行进以被馈送至第二塔137。可在打开位置与关闭位置之间调整阀,以调整从再沸器131输出的过冷HP富氧

流132可如何被分离(例如,行进至各流的过冷HP富氧流132的比例和/或阀V的调整,以避免形成第一富氧馈料流133并使过冷HP富氧流132的全部作为第二再沸器-冷凝器富氧馈料流134馈送至第二再沸器-冷凝器143)。阀V也可(或替代地)包含在此等导管中,以为此等流提供减压。

[0086] 应了解,设备1可经配置以利用空气分离工艺,该空气分离工艺可经配置以促进至少一种氩流体的回收。该空气分离工艺也可提供用于回收至少一种氮流体流以及至少一种氩流体流。该空气分离工艺也可提供用于回收至少一种氧流体流以及至少一种氩流体流。实施例也可回收至少三种流体(例如,至少一种氧流体流、至少一种氮流体流及至少一种氩流体流)。

[0087] 设备的实施例可利用控制器,诸如图5所示的示例性控制器,来帮助监视和/或控制设备的操作。该设备可配置为空气分离系统或低温空气分离系统,该系统被配置为独立式设施或并入具有其他设备设施的更大设施中(例如,用于制作半导体芯片的制造设备、用于制作商品的工业设备、矿物精炼设施等)。

[0088] 应了解,包含图1至图4的实施例的设备的实施例可配置成空气分离设备或其他类型的设备,其中希望:(a)仅从馈料气体中回收氩;(b)从馈料气体中回收氮及氩;(c)从馈料气体中回收氧及氩;(d)从馈料气体中回收氮、氩及氧;或(e)从馈料气体中回收氮、氩、氧以及氪氙和/或氖(例如,来自设备的空气、废物排放物等)。

[0089] 应理解,一些实施例(例如图1的实施例)可利用定位在富氩塔ArC底部附近或在该底部处的再沸器131来增加其中的沸气,并且同时提供添加的冷却负荷来驱动富氩塔ArC的第二再沸器-冷凝器143的冷凝器,以提供改良的氩回收。

[0090] 在其他实施例中(例如图2的实施例),再沸器131可经提供且定位以在贫氩流体流140返回至第二塔137之前使其一部分汽化。然后,此再循环蒸汽可最终添加至LP富氩流138的流量中。此布置可允许再沸器131为富氩塔电ArC提供与在其他实施例中可提供的相同额外沸气(例如图1)。类似地,再沸器的过冷HP富氧流132的输出同时提供添加的冷却负荷以驱动第二再沸器-冷凝器143的冷凝器(如图1中)。

[0091] 在又一些实施例中(例如图3的实施例),再沸器131可经定位且布置以在LP富氩流138被馈送至富氩塔ArC之前增加该流的温度。添加至此流中的该额外热可导致该流在富氩塔ArC的填料中接触的液体部分汽化。此可为可在其他布置中获得(例如图2的实施例)的富氩塔ArC提供相同类型的改良的添加沸气。此外,再沸器的过冷HP富氧流132的输出可同时提供添加的冷却负荷以驱动第二再沸器-冷凝器143的冷凝器(如图1及图2中)。

[0092] 如从本文讨论的示例性实施例的讨论中可了解,不同实施例可经布置且配置使得为富氩塔ArC提供增加的沸气及回流。沸气及回流的此种增加可成比例,使得沸气的增加等于可提供的回流的增加。将沸气及回流等量增加可具有增加产物纯度和/或允许增加具有相同纯度的所得产物的流速的效果(此在任一情况下提供回收的改良)。

[0093] 该设备可经配置以包含经定位且配置以监视且控制操作的工艺控制元件(例如温度及压力传感器;流量传感器;具有至少一个工作站的自动化工艺控制系统,该系统包含处理器、非瞬时内存及用于与传感器元件通信的至少一个收发器;阀;及控制器,这些控制器用于为可在该设备的工作站和/或另一计算机装置处操作的自动化工艺控制系统提供用户接口;等等)。

[0094] 例如,图4中展示可包含的此种工艺控制系统的实例。该工艺控制系统可包含控制器,该控制器具有连接至计算机可读介质的处理器及至少一个接口。计算机可读介质可具有储存在其上的程序,当处理器运行该程序时,该程序界定由控制器实施的工艺控制方法。控制器可从传感器(例如,温度传感器、流量传感器、压力传感器等)接收数据,并在实施由程序界定的方法时利用该数据。控制器可通信地连接至至少一个输入设备及至少一个输出装置。至少一个输入设备可为例如工作站、键盘、指针装置或其他类型的输入设备。输出装置可包含触摸屏幕、屏幕、监视器、打印机或其他类型的输出装置。

[0095] 实例

[0096] 进行基本模拟以评估本发明的不同实施例的效用,并尝试且判定通过实施实施例可提供的改良类型。表1提供图1的实施例的模拟实施方式的氩回收及所选材料余量流量及组成的汇总,该实施例产生零低压高纯度气态氮输送产物。表1也提供来自可比较的常规工艺的模拟结果,用于提供与可比较的常规工艺相比图1的实施例的模拟实施方式将如何执行的评估。

[0097] 表1:模拟参数及已进行评估的结果

[0098]

参数	常规工艺	图 1 的实施例的模拟实施方式
入口干空气流量（Nm^3/hr）	518931	518916
氧回收（摩尔/100）	19.27	19.27
氮回收（摩尔/100）	19.3	19.3
氩回收（%）	67.9	70.6
液氩（mTPD）	139.1	144.8
冷凝器负荷（kW）	-8385.88	-8836.84
再沸器负荷（kW）	0	627.302

[0099] 常规工艺不利用再沸器131。这就是常规工艺无任何再沸器负荷的原因(例如0kW的再沸器负荷)。

[0100] 表1中的信息表明,与常规工艺相比,图1实施例的实施方式可提供显著更高的氩回收(通过将回收增加2.7个百分点,氩回收的性能增加约4%)。

[0101] 进一步地,模拟结果表明冷凝器及再沸器负荷两者发生显著变化(再沸器负荷为627.302kW而非0kW,且冷凝器负荷从-8385.88kW变为-8836.84kW),此证明沸气及回流有所增加,结果有更高的氩回收。

[0102] 在此进行的模拟中,发现通过使用再沸器131为此模拟实验提供的增加的冷凝器负荷几乎完全反映在可获得的冷凝器负荷的改良。所执行的模拟工作证实我们的信念,即实施例可提供氩回收的显著改良,此可允许更灵活的操作,进而可提供更高效的处理。

[0103] 我们也有进行尝试匹配先前技术工艺的基本情况氩回收的模拟。此导致对包含再沸器131的实施方式且减少至少一个塔中的多个级的示例性实施例的模拟,以允许氩回收的匹配,以尝试并判定再沸器131的示例性使用可如何允许操作效率的其他类型的改良。在该模拟中,我们发现可从塔中去除六个级来获得相同的氩回收。可提供的级减少可改良操作效率并且减少资本及操作成本。

[0104] 应了解,可在不增加功率的情况下提供实施例,以获得增加的氩回收。例如,再沸器及冷凝器负荷可由热泵送来提供,并且热泵送可在有或无功率影响的情况下提供。如果

存在功率影响,则其可能表现为更高的馈料压力或更大的馈料流量,或更低的产物输送压力。然而,在这些情况下,鉴于获得改良的氩回收,假定的功率影响可忽略不计或不显著。例如,冷凝器负荷的增加可基本上(若非确切)被再沸器131的再沸器负荷的增加所抵消。

[0105] 此外,可提供用于改造预先存在的空气分离单元的实施例。例如,一种改造方法可包含提供再沸器131,用于定位在富氩塔ArC中或邻近富氩塔ArC。导管可根据需要重新布置或调整,以适应新再沸器131的使用。在改造操作期间,再沸器131可定位在如图1所示的富氩塔ArC中。替代地,再沸器131可被改造成预先存在的设施,因此再沸器131经定位用于使从HP塔输出的HP富氧流130过冷,同时在LP富氩流138被馈送至如图3所示的富氩塔ArC之前经由此等流之间的热传递加热从LP塔输出的LP富氩流138。作为又一选择,如图2所示,可执行改造操作,使得再沸器131经定位用于使从HP塔输出的HP富氧流130过冷,同时在贫氩流体流140从富氩塔ArC输出之后及在贫氩流体流140被馈送至LP塔137之前经由此等流之间的热传递加温该贫氩流体流140,和/或可如图2中虚线140a所示直接再循环回蒸汽138中,用于馈送回富氩塔ArC。

[0106] 改造的实施例也可包含提供更新的工艺控制元件、更新的自动化工艺控工艺式或其他产品或服务,用于安装再沸器131及随后使用我们的可包含使用本文所讨论的再沸器131的空气分离工艺的实施例。

[0107] 应了解,可对本文明确展示且讨论的实施例进行修改,以满足一组特定设计目标或一组特定设计标准。例如,用于互连设备的不同单元以用于不同单元之间的流体流的流体连通的阀、接管及其他导管元件(例如导管连接机构、管道、密封件等)的布置可经布置以满足考虑设备的可用面积、设备的定大小装备及其他设计考虑的特定设备布局设计。例如,各塔的大小、各塔具有的级数、各再沸器-冷凝器的大小及布置以及任何热交换器、导管、膨胀机、泵或压缩机的大小及配置均可经修改以满足一组特定设计标准。作为另一实例,行进通过一或多个热交换器以及行进通过其他设备元件的流体的流速、压力及温度可变化,以考虑不同设备设计配置及其他设计标准。作为又一实例,设备单元的数量及其布置方法可经调整以满足一组特定设计标准。作为又一实例,用于设备的单元的不同结构部件及设备的材料组成可为满足一组特定设计标准所需的任何类型的合适材料。

[0108] 作为另一实例,可设想,单独描述或作为实施例的一部分描述的特定特征可与其他单独描述的特征或其他实施例的部分相组合。因此,本文描述的各种实施例的元件及动作可组合以提供进一步实施例。因此,虽然上文已展示且描述用于从空气中回收流体(例如氩、氩及氮、氩及氧等)的工艺、经配置以从至少一种馈料气体中回收至少氩的气体分离设备、空气分离设备、空气分离系统、利用多个塔来回收氮及氩的系统、利用此种系统或工艺的设备及其制造与使用方法的某些示例性实施例,但是应清楚地理解,本发明不限于此,而是可在以下权利要求书的范围内以其他方式体现且实践。

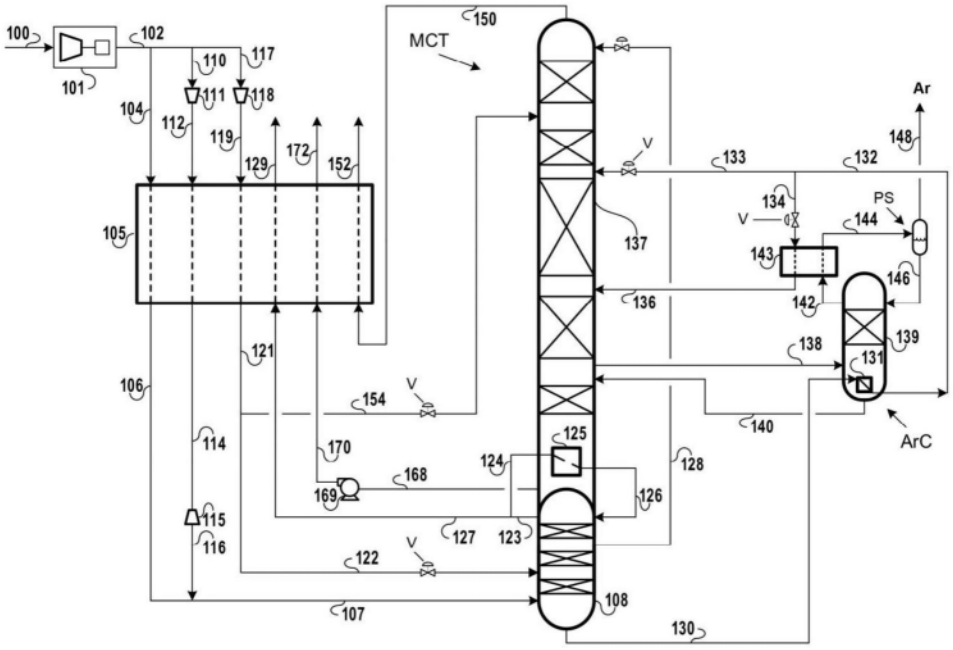

100
101
102
104
105
106
107
108
110
111
112
114
115
116
117
118
119
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
136
137
138
139
140
142
143
144
146
148
150
152
154
168
169
170
172
MCT
Ar
ArC
PS
V

图1

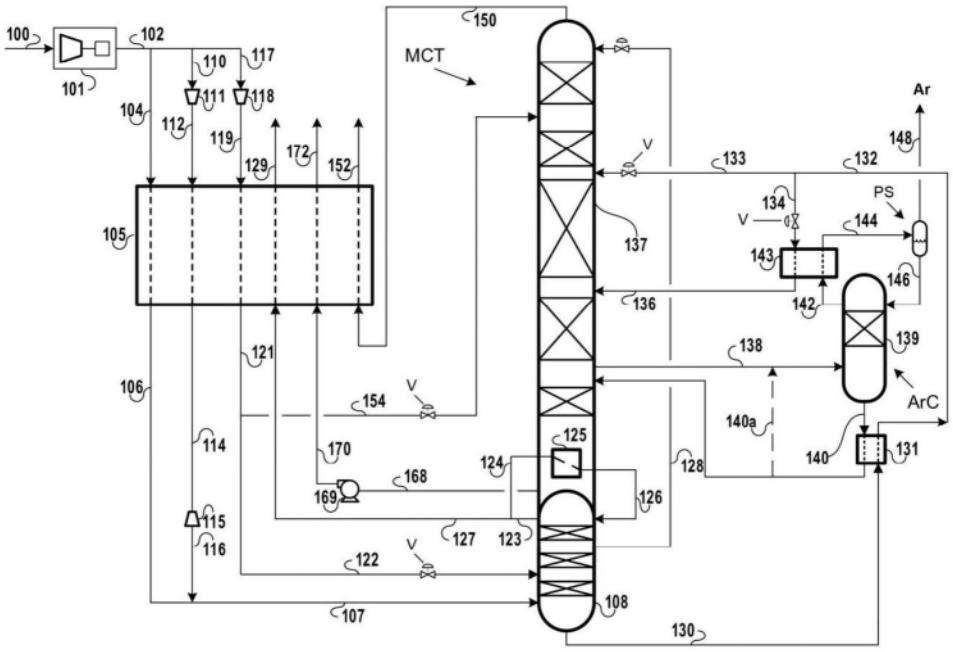

100
101
102
104
105
106
107
108
110
111
112
114
115
116
117
118
119
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
136
137
138
139
140
140a
142
143
144
146
148
150
152
154
168
169
170
172
MCT
Ar
ArC
PS
V

图2

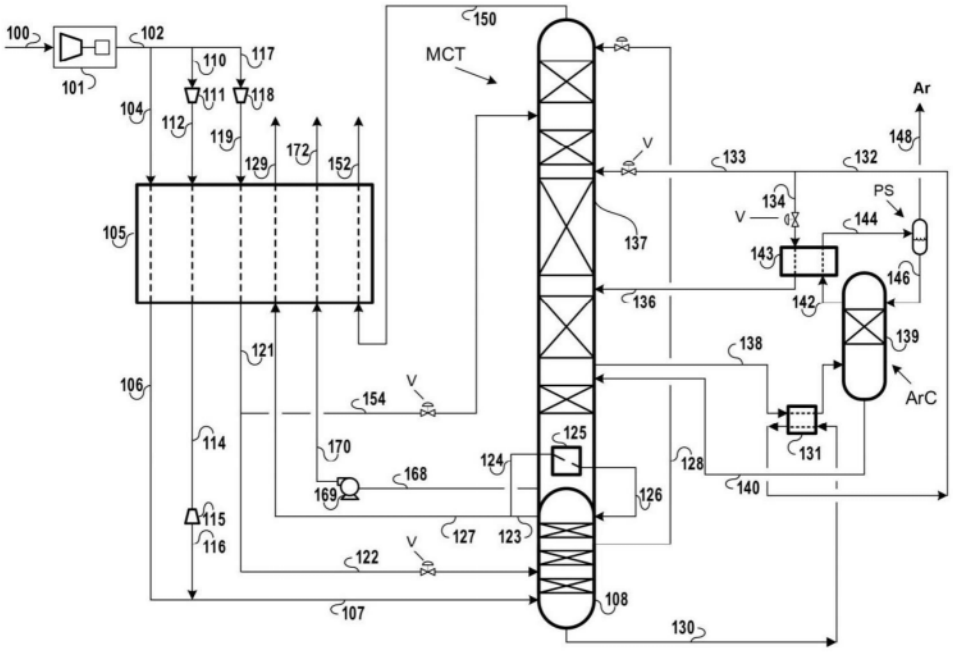

100
101
102
110
111
117
118
104
112
119
129
172
152
105
106
121
154
V
150
MCT
137
133
132
148
Ar
134
PS
144
143
146
142
136
139
138
ArC
131
140
128
125
124
126
114
170
168
169
115
116
127
123
122
107
108
130

图3

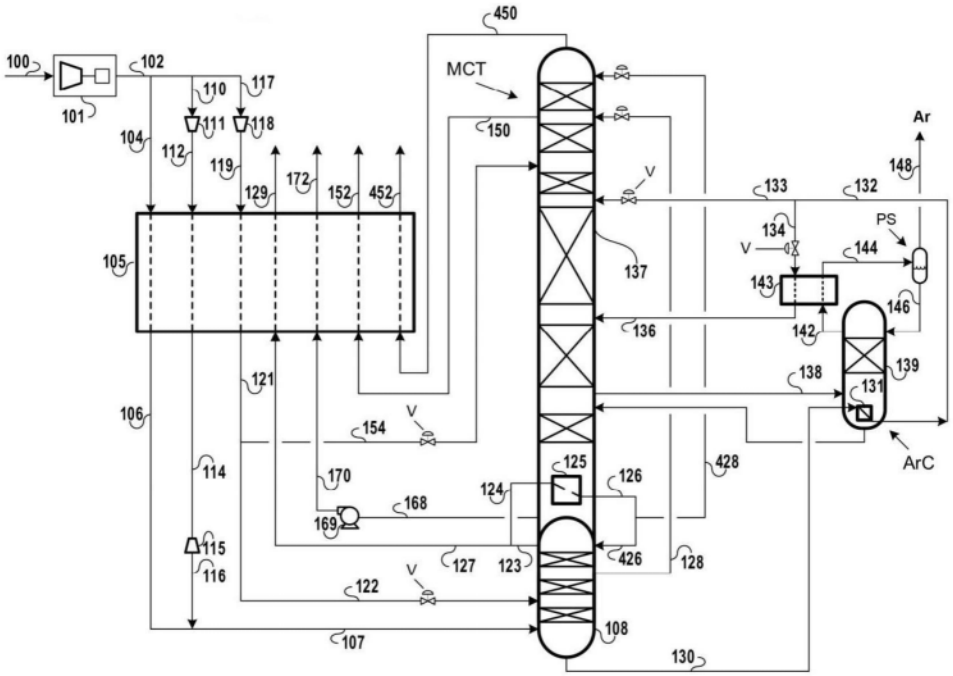

450
100
101
102
110
111
117
118
104
112
119
129
172
152
452
105
106
121
154
V
MCT
150
137
133
132
148
Ar
134
PS
144
143
146
142
136
139
138
131
ArC
428
125
124
126
426
128
114
170
168
169
115
116
127
123
122
107
108
130

图4

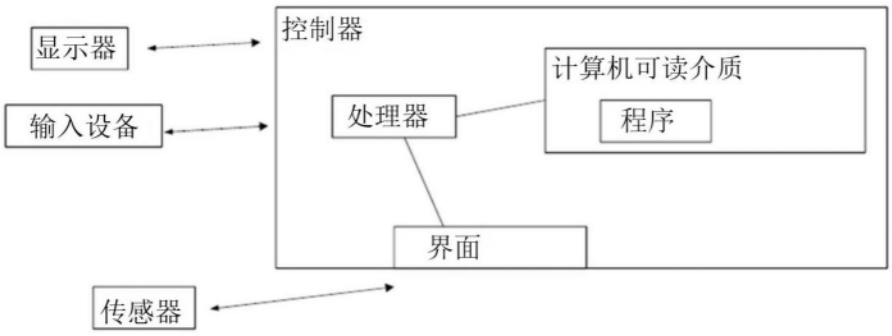


图5