



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102200356 B

(45) 授权公告日 2014.03.26

(21) 申请号 201110071107.1

(22) 申请日 2002.02.25

(30) 优先权数据

60/271140 2001.02.23 US

(62) 分案原申请数据

02805202.1 2002.02.25

(73) 专利权人 布鲁克斯自动化公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 T·V·V·R·阿帕劳

O·波德切尔尼亚夫 K·P·弗林

P·哈尔 R·拉岑布鲁克

M·波伊尔斯基

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 曹若

(51) Int. Cl.

F25B 7/00(2006.01)

F25B 41/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 3590595 A, 1971.07.06, 全文.

CN 86106599 A, 1987.05.20, 全文.

US 4850199 A, 1989.07.25, 全文.

US 6189329 B1, 2001.02.20, 全文.

DE 19821308 A1, 1999.11.18, 全文.

审查员 李红

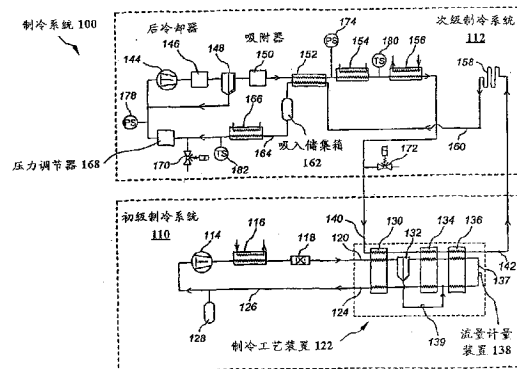
权利要求书3页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

超低温闭环再循环气体冷却系统

(57) 摘要

本发明公开了超低温闭环再循环气体冷却系统,特别是一种超低温、双压缩机(114,144)、再循环的气体冷却系统,其包括与闭环气体次级制冷回路(112)相结合的闭环混合制冷剂初次级制冷系统(110)。所公开的超低温、双压缩机(114,144)、再循环的气体冷却系统能够长期地提供连续冷却气体,并快速冷却具有较高温度或环境温度的物体(158),例如在处理半导体晶片中所用的夹盘或任何这种装置。气体冷却系统的特征在于,其具有三种操作模式:正常冷却模式、烘烤模式和烘烤后的冷却模式。



1. 一种利用超低温的密封式外部热交换器以将物体温度从 +50℃ 到 +350℃ 范围内的温度降低到从 -80℃ 到 -150℃ 范围内的温度的工艺, 包括:

提供一个与外部热负载热交换器 (158) 为热交换关系处于 +50℃ 到 +350℃ 范围内的温度的物体或液体, 所述外部热负载热交换器具有热量传递到冷却介质的热界面, 所述冷却介质与闭环冷却系统流体相通, 所述闭环冷却系统本身包括初级制冷系统和次级气体冷却剂制冷系统;

a. 其中所述初级制冷系统包括: 依次流体相通的初级压缩机 (114)、冷凝器 (116)、过滤干燥器 (118)、包括一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的制冷工艺装置 (122) 和至少一个流量计量装置 (138);

b. 流入制冷工艺装置 (122) 的初级供给入口 (120) 中的制冷剂馈送到所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的初级供给入口中, 其中所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的初级返回出口经制冷工艺装置 (122) 的初级返回出口 (124) 通到初级压缩机 (114) 的初级吸入管线 (126) 中, 其中所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的供给出口接着通到制冷剂供给管线 (137) 中, 经制冷剂供给管线 (137) 而离开制冷工艺装置 (122) 的供给流动路径的制冷剂通过所述至少一个流量计量装置 (138) 而产生膨胀, 所述至少一个流量计量装置 (138) 通过与所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的返回入口直接相连而将回路封闭到制冷工艺装置 (122) 的返回流动路径中;

c. 其中所述次级气体冷却剂制冷系统包括: 依次流体相通的次级压缩机 (144)、后冷却器 (146)、油分离器 (148)、油吸附器 (150)、回热式热交换器 (152) 的供给端、外部热负载热交换器 (158)、回热式热交换器 (152) 的返回端和吸入储集箱 (162), 用于保护所述次级压缩机免于过低或过高温度, 其中该吸入储集箱 (162) 串联式地设置在回热式热交换器 (152) 和次级压缩机 (144) 之间的吸入管线 (164) 中;

d. 其中一个第一入口 (140) 将来自回热式热交换器 (152) 的供给端且已流过所述次级气体冷却剂制冷系统的回热式热交换器 (152) 的冷却介质馈送到所述初级制冷系统的制冷工艺装置 (122) 的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的次级流入口, 其中所述制冷工艺装置 (122) 的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的次级流出口通到蒸发器供给管线 (142) 中, 蒸发器供给管线 (142) 与所述外部热负载热交换器 (158) 的入口流体相通, 从而所述第一入口 (140) 和所述蒸发器供给管线 (142) 提供了初级制冷系统 (110) 和次级气体冷却剂制冷系统之间的功能性连接;

e. 其中所述外部热负载热交换器 (158) 的出口经由返回管线 (160) 而与在所述次级气体冷却剂制冷系统中的所述回热式热交换器 (152) 流体相通;

f. 其中所述初级制冷系统的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 在制冷工艺装置 (122) 的一个初级制冷剂供给流动路径与一个初级制冷剂返回流动路径之间进行热交换, 所述初级制冷剂供给流动路径和所述初级制冷剂返回流动路径各流经所述初级制冷系统的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136), 所述初级制冷剂供给流动路径接收从初级供给入口 (120) 的制冷剂, 所述初级制冷剂返回流动路径将制冷剂馈送到制冷工艺装置 (122) 的初级返回出口 (124); 和

g. 其中流经所述初级制冷系统的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的次级制冷剂流动路径由所述初级制冷系统的制冷工艺装置 (122) 所冷却, 所述次级制冷剂

流动路径使冷却介质在制冷工艺装置 (122) 的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的所述次级流入口与所述次级流出口之间流动；

h. 由此流动经过次级气体冷却剂制冷系统、然后经过所述第一入口 (140) 到所述次级流入口、然后经过所述次级制冷剂流动路径、然后经过所述次级流出口且然后经过所述蒸发器供给管线 (142) 返回到所述次级气体冷却剂制冷系统形成次级气体冷却剂制冷系统的正常冷却模式的闭合回路；

启动所述次级气体冷却剂制冷系统, 将所述待冷却物体或液体的温度降低到从环境温度到 +50°C 范围内的温度 ; 和

当所述待冷却物体或流体的温度达到低于 +50°C 的温度时, 启动所述初级制冷系统, 将所述待冷却物体或液体的温度降低到从 -80°C 到 -150°C 范围内的温度。

2. 一种利用超低温的密封式外部热交换器以将物体或液体温度从 +50°C 到 +350°C 范围内的温度降低到从 -80°C 到 -150°C 范围内的温度的制冷系统, 其包括初级制冷系统和次级气体冷却剂制冷系统；

其中, 所述初级制冷系统包括依次流体相通的压缩机 (114)、冷凝器 (116)、过滤干燥器 (118)、包括一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的制冷工艺装置 (122) 和流量计量装置 (138)；

其中流入制冷工艺装置 (122) 的初级供给入口 (120) 中的制冷剂馈送到所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的初级供给入口中, 其中所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的初级返回出口经制冷工艺装置 (122) 的初级返回出口 (124) 通到初级压缩机 (114) 的初级吸入管线 (126) 中, 其中所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的供给出口接着通到制冷剂供给管线 (137) 中, 经制冷剂供给管线 (137) 而离开制冷工艺装置 (122) 的供给流动路径的制冷剂通过所述至少一个流量计量装置 (138) 而产生膨胀, 所述至少一个流量计量装置 (138) 通过与所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的返回入口直接相连而将回路封闭到制冷工艺装置 (122) 的返回流动路径中；

所述次级气体冷却剂制冷系统包括依次流体相通的次级压缩机 (144)、后冷却器 (146)、油分离器 (148)、油吸附器 (150)、回热式热交换器 (152) 的供给端、外部热负载热交换器 (158)、回热式热交换器 (152) 的返回端和吸入储集箱 (162), 用于保护所述次级压缩机免于过低或过高温度, 其中该吸入储集箱 (162) 串联式地设置在回热式热交换器 (152) 和次级压缩机 (144) 之间的吸入管线 (164) 中, 其中外部热负载热交换器 (158) 与将要冷冻的物体或液体为热交换关系；

其中一个第一入口 (140) 将来自回热式热交换器 (152) 的供给端且已流过所述次级气体冷却剂制冷系统的回热式热交换器 (152) 的冷却介质馈送到所述初级制冷系统的制冷工艺装置 (122) 的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的次级流入口, 其中所述制冷工艺装置 (122) 的所述一组为两个或多个热交换器 (130, 134, 136) 的次级流出口通到蒸发器供给管线 (142) 中, 蒸发器供给管线 (142) 与所述外部热负载热交换器 (158) 的入口流体相通, 从而所述第一入口 (140) 和所述蒸发器供给管线 (142) 提供了初级制冷系统 (110) 和次级气体冷却剂制冷系统之间的功能性连接；

其中所述外部热负载热交换器 (158) 的出口经由返回管线 (160) 而与在所述次级气体冷却剂制冷系统中的所述回热式热交换器 (152) 流体相通；

其中所述初级制冷系统的所述一组为两个或多个热交换器(130,134,136)在制冷工艺装置(122)的一个初级制冷剂供给流动路径与一个初级制冷剂返回流动路径之间进行热交换,所述初级制冷剂供给流动路径和所述初级制冷剂返回流动路径各流经所述初级制冷系统的所述一组为两个或多个热交换器(130,134,136),所述初级制冷剂供给流动路径接收从初级供给入口(120)的制冷剂,所述初级制冷剂返回流动路径将制冷剂馈送到制冷工艺装置(122)的初级返回出口(124);和

其中流经所述初级制冷系统的所述一组为两个或多个热交换器(130,134,136)的次级制冷剂流动路径由所述初级制冷系统的制冷工艺装置(122)所冷却,所述次级制冷剂流动路径使冷却介质在制冷工艺装置(122)的所述一组为两个或多个热交换器(130,134,136)的所述次级流入口与所述次级流出口之间流动;

由此流动经过所述次级气体冷却剂制冷系统、然后经过所述第一入口(140)到所述次级流入口、然后经过所述次级制冷剂流动路径、然后经过所述次级流出口且然后经过所述蒸发器供给管线(142)返回到所述次级气体冷却剂制冷系统形成次级气体冷却剂制冷系统的正常冷却模式的闭合回路。

超低温闭环再循环气体冷却系统

[0001] 本发明为享有以 2002 年 2 月 25 日的申请日、发明名称为“超低温闭环再循环气体冷却系统”且申请号为 02805202.1 的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求享有于 2001 年 2 月 23 日提交的美国临时专利申请 No. 60/271140 和于 2001 年 7 月 1 日提交的美国临时专利申请 No. 60/214562 的权益。

技术领域

[0004] 本发明涉及用于改进包含于闭环热交换器中的处于从超低温到高温范围内的部件的热强度的装置和工艺；更具体地说，涉及在半导体晶片制造中使用的这种装置和工艺。

背景技术

[0005] 从二十世纪早期就已存在制冷系统，在那时已开发出可靠的密封式制冷系统。从那时起，制冷技术的提高已经证明了其在居住和工业装置中的效用。特别是，“超低”温度制冷系统目前可在生物医学应用、低温电子学、涂覆操作、半导体制造和试验应用中提供重要的工业性能。

[0006] 在许多这些应用中，系统部件如半导体晶片固定器或其它装置（在下文中有时称为外部热负载热交换器）必须根据特定的处理步骤而在加热和冷却状态下循环。在正常的操作期间，必须冷却装置并将其保持在超低温下。

[0007] 在起动过程中，或者当真空已经丧失或工艺因某些原因而中断时，必须供应很高的热量。在外部热负载热交换器、例如位于净室环境下的半导体晶片夹盘的情况中，需要进行烘烤处理以通过烧掉所积聚任何的杂质来清洁外部热负载热交换器。烘烤处理是在真空腔中加热所有表面，以去除水蒸气和在腔暴露于大气中之后、例如在打开腔以进行维修时所产生的其它杂质。进行烘烤处理的传统技术包括用加热器将系统部件的表面加热到超过 +200℃ 并维持一段较长的时间。

[0008] 在这些应用中，温度修正系统必须还能够调节烘烤处理和系统的烘烤后冷却的要求，在烘烤后部件必须在正常操作开始或恢复之前下降到或接近环境温度。因此，系统必须提供烘烤循环以及与正常冷却循环不同的烘烤后冷却的循环，其中外部热负载热交换器从烘烤温度冷却到接近环境温度。之后，正常冷却循环使部件下降到 -50 到 -150℃ 之间的正常冷却操作的温度范围内。

[0009] 在本申请中，“加热”指在物体或流体中增加热量，“制冷”指从低于室温的温度下的物体或流体（气体或液体）中排出热量，而“超低”温度指处于 -50 到 -150℃ 范围之间的温度。

[0010] 在本申请中，热交换器指可使热量从一种介质传递到另一介质上的装置。

[0011] 本申请中所介绍的所有热交换器是间接热交换器，即介质并不形成物理接触。

[0012] 外部热负载热交换器指热量从物体或流体中排出并传递到冷却介质中的热界面。

[0013] 现有技术的气体系统不是集成式系统，不能在同一系统中提供加热和制冷。此

外,用于为这种应用提供超低温冷却气体的现有技术的冷却系统为开环设计。可采用多种制冷循环来为冷却气体提供超低温,例如 Missimer 型自动制冷级联装置,见美国专利 3768273 ;Klimenko 型单相分离器系统,或单个膨胀装置型,例如美国专利 5441658 中所公开的。开环气体冷冻机的其它例子为 IGC Polycold Systems 公司(开始位于加利福尼亚州的 San Rafael,现位于加利福尼亚州的 Petaluma)所生产的产品,例如 PGC-150 和 PGC-100。这种系统通常用于将高压氮气流从室温冷却到 -90°C 到 -130°C 之间,这取决于具体的模型和流量,冷却气体的流量在 0 到 15 标准立方英尺 / 分钟之间的范围内。

[0014] 在目前的开环系统中,处于低到中压的环境温度气体在开环中被冷却到超低温,其中冷却气体为外部热负载热交换器或其它待冷却表面提供必要的冷却。在为外部热负载热交换器提供了冷却之后气体被排出。此制冷工艺具有如下优点,即假定连续供应新鲜、清洁和干燥的气体的话,就能够在数日到数月的较长时间段内在稳态条件下操作。

[0015] 然而,这种系统存在着许多不足的方面。

[0016] 在开环气体冷却系统中,制冷气体在外部热负载热交换器被冷却后只是简单地排放到周围环境中。因此,气源必须能在制冷系统中连续地补充制冷气体,以便保持适当的气体压力和流量。提供连续的气体供应对用户来说是十分昂贵的,由于开环设计的原因它并不具备成本效率性,并且是现有技术的气体冷却系统的重大缺陷。

[0017] 由于在开环气体冷却系统中超低温气体在外部热负载热交换器被冷却后只是简单地排放到周围环境中,因此在通常位于半导体制造净室内的排气口上存在着产生冷凝和结霜的趋势。

[0018] 因此,现有技术的开环气体冷却系统的另一缺陷是,在半导体制造工艺的净室环境内存在着有害的冷凝物和霜。类似地,在烘烤工艺中,仅将高温气体排放到周围环境中会对半导体制造工艺和环境造成不利影响。

[0019] 最后,在具有多个待冷却的外部热负载热交换器的大批量制造工艺中,需要非常大的气流量来实现多个外部热负载热交换器的冷却。由于开环气体冷却系统需要气源来连续地补充所耗费的气体,因此需要能够供应这种大量气体的气源,以便使所有待冷却的外部热负载热交换器保持适当的气体压力和流量。

[0020] 因此,现有技术开环气体冷却系统的另一缺陷是,需要能够供应冷却多个外部热负载热交换器所需的大量气体的气源。

[0021] 近来已经出现了基于闭环原理的制冷系统。例如,题为“工业气体的多回路低温液化”的美国专利 No. 6105388 ;题为“工业气体的单回路低温液化”的美国专利 No. 6041621 ;以及题为“用于产生冷却气体的方法”的美国专利 No. 6301923 介绍了各种用于产生被制冷系统冷却的闭环气流的方法。

[0022] 在半导体制造工艺中,需要进行制冷以将待冷却物体的温度从 250 到 300°C 范围的初始温度中冷却下来,这些物体例如为用于处理半导体晶片的夹盘或任何其它类似的装置。当采用闭环制冷系统来冷却热的半导体物体时,额外的热负载对工艺形成了极大的限制,这是因为在这种工艺中,必须随着初始温度很高的物体的冷却而处理返回到闭环系统中的热气体。

[0023] 由于在美国专利 6105388、6041621 和 6301923 中介绍的系统是关于从环境温度的气源中生产工业气体的,因此这些系统针对并只解决基本的制冷功能。这种系统并未提

供多循环的集成式温度修正,并无法处理从较热的外部热负载热交换器中返回的热交换介质。

[0024] 现有的闭环制冷工艺未认识到或解决管理高温返回气体的问题。因此,现有技术中所介绍的部件设置将无法如上述工艺那样起作用。

[0025] 用于实现连续运转的工业生产过程必须能解决泄漏的潜在问题,以保证系统可在较长的时间内连续操作,即使在发生了会引起气体损失的微小泄漏时也是如此。

[0026] 因此,在本行业中需要一种冷却工艺,其能够冷却初始温度很高的物体,不需要提供大量的冷却流体,不会向大气中排放用过的冷却流体,并可根据需要补充少量的补偿性热交换介质。

[0027] 因此,本发明的一个目的是提供一种闭环气体冷却系统,从而可提供这样一种方式,其可再循环冷却气体,消除为稳定地补充供应给用户安装的外部热负载热交换器、例如用于处理半导体晶片的夹盘或任何类似装置的整个冷却气流所需的昂贵要求。

[0028] 本发明的另一目的是采用气体而不是液体来作为闭环系统中的冷却介质。

[0029] 本发明的另一目的是消除会随时间而积累的霜积聚的排气口。

[0030] 本发明的另一目的是消除在烘烤过程中排放到制造环境如净室中的气体。

[0031] 本发明的另一目的是管理从较热的外部热负载热交换器中返回的烘烤后的高温气体,同时不会对初级回路制冷系统造成不利影响。

[0032] 本发明的另一目的是消除为在采用了多个用户安装的外部热负载热交换器的大批量开环工艺中保持足够的气体压力和流量所需的大容量供给管线。

[0033] 本发明的另一目的是自动补偿循环气体以补充系统中因泄漏而丧失的气体,在次级回路气体的吸入端和排出端上保持所需的操作压力,允许因气体温度的差异而产生气体压缩和膨胀,并提供连续的操作。

附图说明

[0034] 图 1 是根据本发明的超低温、双压缩机、再循环的气体冷却系统的示意图,其采用了与闭环气体次级制冷回路相结合的混合制冷剂的制冷系统。

发明内容

[0035] 本申请介绍了通过采用闭环气流的集成系统的冷却,其中在修正所关注的物体或流体的温度时向气流中增加热量或从中排出热量。

[0036] 本发明包括用于管理半导体制造的热量要求中的整体工艺或类似工艺以及用于实现这种整体工艺的装置。

[0037] 整体工艺包括三个循环温度修正区域,其中:1) 处于真空环境中的外部热负载热交换器被加热到高温以去除热交换器中的杂质;2) 在去除了这种杂质后热交换器被冷却到或接近环境温度;以及 3) 热交换器的温度降低到 -50 到 -150°C 的温度范围内。

[0038] 用于实现此整体工艺的装置包括超低温、双压缩机、再循环的制冷系统,其中包括与闭环气体次级制冷回路相结合的闭环混合制冷剂初级制冷系统。在次级制冷回路中使用的气体为露点低于 -100°C 的任何干燥气体,例如氦气或氮气。

[0039] 图 1 是根据本发明的超低温、双压缩机、再循环的制冷系统的示意图。

[0040] 初级制冷系统的制冷工艺装置包括一组热交换器,其具有插入在它们之间的相分离器。图 1 显示了一个相分离器;优选超过一个相分离器。

[0041] 在供给流动路径中,流入制冷工艺装置的供给入口中的制冷剂馈送到第一热交换器中,其出口随后将制冷剂馈送到相分离器的供给入口中。流体继续通过另外的热交换器,其出口接着通到制冷剂供给管线中。

[0042] 经制冷剂供给管线而离开制冷工艺装置的供给流动路径的制冷剂为高压制冷剂,其通过流量计量装置(FMD)而膨胀。离开 FMD 的出口的制冷剂为低压低温的制冷剂,通常在 -50 到 -150°C 之间。通过与热交换器组中的第一热交换器的返回入口直接相连,FMD 将回路引回到制冷工艺装置的返回流动路径中。由相分离器分出的液体部分通过另一 FMD 而膨胀到低压,然后与从一个热交换器的返回端流出的低压制冷剂混合。最后那个热交换器的返回出口随后经制冷工艺装置的返回出口而通到压缩机的吸入管线中。

[0043] 在更完善的自动制冷级联系统中,可在制冷工艺装置中采用其它的分离级,如 Missimer 和 Forrest 所介绍的。

[0044] 制冷工艺装置还包括使次级流动路径通到制冷工艺装置中的入口。此入口通向热交换器组中的第一热交换器的次级流入口。热交换器组中的最后那个热交换器的次级流出口通向气体供给管线。

[0045] 入口和蒸发器供给管线提供了初级制冷系统和次级制冷回路之间的功能性连接。

[0046] 初级制冷系统的所有部件均机械式和/或液压式连接。

[0047] 初级制冷系统是超低温制冷系统;其基本操作即热量的排出和再分配在本领域中是众所周知的。系统包括压缩机、冷凝器、过滤干燥器和制冷工艺装置,其具有从高压到低压的内部制冷剂流动路径。

[0048] 在供给端流动的制冷剂随着其流经热交换器组而被逐步地冷却。这个过程产生了非常冷的、通常在 -50 到 -150°C 之间的高压制冷剂,并经 FMD 直接馈送回制冷工艺装置的返回端中。由于热量在制冷工艺装置内从热交换器的供给端传递到返回端,因此在返回端流动的制冷剂通过热交换器组的动作而逐步地变暖,最终产生了经吸入管线馈送到压缩机中的低压制冷气体。

[0049] 在一个优选实施例中,初级制冷系统采用了不易燃的、无氯无毒的混合制冷剂的混合物。

[0050] 次级制冷回路包括气体压缩机,最好是适用于与露点低于 -100°C 的任何干燥气体如氦气或氮气一起使用的压缩机。压缩机可以是能方便地买到的往复式压缩机、旋转式压缩机、螺杆式压缩机或螺旋压缩机。

[0051] 来自压缩机的排出气流与后冷却器相连。后冷却器的出口通到传统的油分离器中,其将油从排出气流中分离出来并将油返回到压缩机的吸入端。来自油分离器的质量流在减去所排出的油之后馈送到吸附器中。

[0052] 吸附器可方便地为活性炭吸附器或分子筛。吸附器除去了排出气流中的任何残余的微量油。吸附器与回热式热交换器的供给入口相连。回热式热交换器的供给出口与传统的水冷式热交换器的入口相连。

[0053] 在从回热式热交换器的供给出口和热交换器的入口之间的管线中可选择性地设置加热器,用于控制离开回热式热交换器的气流温度。

[0054] 热交换器的出口通过入口与初级制冷系统的制冷工艺装置内的次级流动路径相连。

[0055] 在不具备可选择的热交换器和在线式电加热器的系统中,回热式热交换器通过入口与初级制冷系统的制冷工艺装置内的次级流动路径相连。来自初级制冷系统的蒸发器供给管线与用户安装的外部热负载热交换器的入口相连。

[0056] 用户安装的外部热负载热交换器的出口经返回管线通到回热式热交换器的返回入口中。回热式热交换器的返回出口随后经吸入管线通到压缩机的吸入端。当气流从回热式热交换器的返回出口流到压力调节器中时,它就暴露在可选择的在线式电加热器中,其可用于控制进入压缩机的气流温度。

具体实施方式

[0057] 图 1 是根据本发明的超低温、双压缩机、再循环的制冷系统 100 的示意图。制冷系统 100 包括与闭环气体次级制冷回路 112 相结合的闭环混合制冷剂初级制冷系统 110,其中在次级制冷回路 112 中使用的气体例如可以是露点低于 -100°C 的任何干燥气体,例如氦气或氮气。气体在操作温度和压力下不会凝固。

[0058] 初级制冷系统 110 包括传统的制冷压缩机 114,其抽取低压制冷气体并将其压缩成高压高温气体,此高压高温气体馈送到传统的冷凝器 116 中,它是初级制冷系统 110 中用于通过冷凝而排热的部分。当热气体穿过冷凝器 116 时,它被通过冷凝器 116 的空气或水所冷却。当热气体制冷剂冷却时,在其旋管内形成了液态制冷剂微滴。最后,当气体到达冷凝器 116 的出口时,它被部分地冷凝;也就是说,出现了液态和蒸气形式的制冷剂。为了使冷凝器 116 正确地起作用,通过冷凝器 116 的空气或水必须比初级制冷系统 110 的工作流体更冷。冷凝器 116 接着通到过滤干燥器 118 中,其可吸收会产生酸的系统污染物如水,并提供物理性过滤。然后来自过滤干燥器 118 的制冷剂馈送到制冷工艺装置 122 的供给入口 120 中。

[0059] 通过吸入管线 126 而连接回压缩机 114 的吸入端中,制冷工艺装置 122 的返回出口 124 就将回路封闭起来。此外,在吸入管线 126 上可连接传统的膨胀箱 128,其用作贮存器,可容纳因加热而由制冷气体的蒸发和膨胀引起的增大的制冷剂体积。例如,当关掉初级制冷系统 110 时,制冷剂蒸气进入到膨胀箱 128 中。

[0060] 图 1 显示了代表性的制冷工艺装置 122。制冷工艺装置 122 可以是任何制冷系统或工艺装置,例如单一制冷剂系统、混合制冷剂系统、正常制冷工艺装置、级联制冷工艺装置中的单级、自动制冷的级联循环,或者是 Klimenko 循环。在此说明书中为说明起见,制冷工艺装置 122 是由 Klimenko 所介绍的自动制冷的级联循环的简化型式。然而作为选择,制冷工艺装置 122 可以是 Polycold 系统(即自动制冷的级联工艺装置)、具有单一膨胀装置的 APD 低温系统(即不具备相分离器的单级低温制冷机,美国专利 5441658)、Missimer 型循环(即自动制冷的级联, Missimer 的专利 3768273),或者是 Klimenko 型(即单相分离器系统)。另外,制冷工艺装置 122 可以是这些工艺装置的变型,例如在 Forrest 的专利 4597267 和 Missimer 的专利 4535597 中所介绍的,或者是任何具有零个、一个或超过一个级的相分离器的超低温的制冷工艺装置。低温和超低温制冷的另一参考文献可见于 American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineering 所公布的 1998

ASHRAE 制冷手册中的第 39 章。除了所用相分离器的数量外,在各种设置中热交换器的数量和所用的内部节流装置的数量也可以增加或减少,这取决于特定的应用。

[0061] 初级制冷系统 110 的制冷工艺装置 122 包括热交换器 130、相分离器 132、热交换器 134 和热交换器 136。热交换器 130、热交换器 134 和热交换器 136 是本行业内众所周知的用于将热量从一种物质传递到另一物质中的装置。相分离器 132 是本行业内众所周知的用于将制冷剂的液相和气相分开的装置。图 1 显示了一个相分离器;然而,通常存在超过一个相分离器。

[0062] 在供给流动路径中,流入制冷工艺装置 122 的供给入口 120 中的制冷剂馈送到热交换器 130 的供给入口中。热交换器 130 的供给出口随后通到相分离器 132 的供给入口中。相分离器 132 的供给出口接着通到热交换器 134 的供给入口中。热交换器 134 的供给出口接着通到热交换器 136 的供给入口中。热交换器 136 的供给出口接着通到制冷剂供给管线 137 中。经制冷剂供给管线 137 而离开制冷工艺装置 122 的供给流动路径的制冷剂为高压制冷剂,并通过流量计量装置 (FMD) 138 而产生膨胀。离开 FMD138 的出口的制冷剂为低压、低温制冷剂,其通常在 -50 到 150°C 之间。FMD138 通过与热交换器 136 的返回入口直接相连而将回路封闭到制冷工艺装置 122 的返回流动路径中。热交换器 136 的返回出口接着通向热交换器 134 的返回入口。被相分离器 132 分离出的液态部分通过另一 FMD139 而膨胀到低压。FMD138 和 139 是流量计量装置,例如毛细管、孔口、带有反馈的定量阀或任何可控制流动的限制性元件。制冷剂从 FMD139 中流出,然后与从热交换器 136 的返回端流向热交换器 134 的返回入口的低压制冷剂混合。此混合流体馈送到热交换器 134 的返回入口中。热交换器 134 的返回出口接着通到热交换器 130 的返回入口中。热交换器 130 的返回出口接着经制冷工艺装置 122 的返回出口 124 通到压缩机吸入管线 126 中。在更完善的自动制冷级联系统中,可以如 Missimer 和 Forrests 所介绍的那样在制冷工艺装置 122 中设置另外的分离级。

[0063] 最后,制冷工艺装置 122 包括入口 140,其使次级流动路径通到制冷工艺装置 122 中。入口 140 通向热交换器 130 的次级流入口。热交换器 130 的次级流出口接着通到热交换器 134 的次级流入口中。热交换器 134 的次级流出口接着通到热交换器 136 的次级流入口中。热交换器 136 的次级流出口接着通到蒸发器供给管线 142 中。入口 140 和蒸发器供给管线 142 提供了初级制冷系统 110 和次级制冷回路 112 之间的功能性连接,这将在下文中详细地介绍。

[0064] 初级制冷系统 110 的所有部件均机械式和 / 或液压式地连接。

[0065] 初级制冷系统 110 为超低温制冷系统,其排出和再分配热量的基本操作在本领域内是众所周知的。参见图 1,初级制冷系统 110 的操作概括为如下。热的高压气体离开压缩机 114 并流经冷凝器 116,气体在此处被通过冷凝器 116 的空气或水所冷却。当气体到达冷凝器 116 的出口时,它被部分地冷凝,成为液态和蒸气制冷剂的混合物。离开冷凝器 116 的液态和蒸气制冷剂流经过滤干燥器 118,然后通到制冷工艺装置 122 的供给端,在制冷工艺装置 122 中具有从高压到低压的内部制冷剂流动路径。在供给端流动的制冷剂随着其首先通过热交换器 130、随后通过热交换器 134、最后通过热交换器 136 而被逐步地冷却。这个过程产生了超低温的、通常在 -50 到 -150°C 之间的低压制冷剂,并经 FMD138 直接馈送回制冷工艺装置 122 的返回端中。由于热量在制冷工艺装置 122 内从热交换器 130,134 和 136

的供给端传递到返回端,因此在返回端流动的制冷剂首先通过第一热交换器 136、随后通过热交换器 134、最后通过热交换器 130 的动作而逐步地变暖。最后,低压制冷气体经吸入管线 126 馈送到压缩机 114 中。

[0066] 在一个优选实施例中,初级制冷系统 110 采用了不易燃的、无氯无毒的混合制冷剂的混合物,其适用于各种设置的超低温节流循环制冷系统或工艺装置,例如混合制冷系统、自动制冷级联循环、Klemenko 循环或单一膨胀装置的系统。在于 2001 年 7 月 1 日提交的美国临时专利申请 No. 60/214562 中介绍了这种不易燃的、无氯无毒的混合制冷剂的混合物。

[0067] 仍参见图 1,次级制冷回路 112 包括气体压缩机 144,其可抽取低压气体并将其压缩成高压高温气体。压缩机 144 最好是适于与露点低于 -100°C 的任何干燥气体如氦气或氮气一起使用的压缩机。压缩机 144 可以是能方便地买到的往复式压缩机、旋转式压缩机、螺杆式压缩机或螺旋压缩机,它的一个例子为由 Copeland Corporation 公司生产的如 Wetherstone 等人的美国专利 No. 6017205 所介绍的螺旋压缩机。这些压缩机是油润滑的,从气流中除去油是这种设计的一个重要方面。

[0068] 来自压缩机 144 的排出气流通到后冷却器 146 中,它是传统的气冷或水冷的热交换器,用于从离开压缩机 144 的压缩气体中排出压缩热量。后冷却器 146 的出口通向传统的油分离器 148,其从排出气流中分离出油,并将油返回到压缩机 144 的吸入端中。来自油分离器 148 的质量流在减去所排出的油之后馈送到吸附器 150 中。

[0069] 吸附器 150 可方便地为活性炭吸附器或分子筛,其最初设计用于氦气,但在此应用中已发现其也可很好地用于氮气。吸附器 150 除去了排出气流中的任何残余的微量油,使得离开吸附器 150 的气流十分清洁。更具体地说,排出气流中的油浓度水平达到最小的容许值,其可低至 1.0-10.0 十亿分之一 (ppm) 或更低。

[0070] 清洁气流离开吸附器 150,随后馈送到回热式热交换器 152 的供给入口中,回热式热交换器 152 为本领域内众所周知的用于将热量从一种物质传递到另一物质中的热交换装置。回热式热交换器 152 的供给出口也可选择性地通到传统水冷式热交换器 156 的入口中。

[0071] 当气流从回热式热交换器 152 的供给出口流向热交换器 156 的入口时,它可选择性地暴露在加热器 154 中,用于控制离开回热式热交换器 152 的气流温度。可选择的加热器 154 是传统的在线式电加热器,例如由 Omega Company 公司所制造的加热器。热交换器 156 的出口接着经过入口 140 通到初级制冷系统 110 的制冷工艺装置 122 的次级流动路径中。

[0072] 在未设置选择性的热交换器 156 和在线式电加热器 154 的系统中,气体离开回热式热交换器 152,然后经过入口 140 流到初级制冷系统 110 的制冷工艺装置 122 的次级流动路径中。初级制冷系统 110 的蒸发器供给管线 142 与用户安装的外部热负载热交换器 158 的入口相连。

[0073] 用户安装的外部热负载热交换器 158 为外部热负载热交换器或任何待冷却的表面,例如晶片夹盘。外部热负载热交换器是指热界面,热量可经过此界面从物体或流体中排出并传递到冷却介质中。在一些情况下,所冷却的物体为金属件。此金属件的热源可以是等离子沉积工艺或其它物理气相沉积工艺,流过此金属件的流体,或电热量,或者是金属件

的初始温度。在实际中,这些各种热源可以任何组合的形式出现。另外,所冷却的物体不必由金属制成。仅有的要求是此部件能够可靠地容纳通常处于压力下的闭环气体,提供足够的流动路径,以及待冷却物体的足够热界面,以支持在所需速度下的传热。

[0074] 用户安装的外部热负载热交换器 158 的出口经返回管线 160 而通到回热式热交换器 152 的返回入口中。与用户安装的外部热负载热交换器 158 相连的制冷剂供给和返回管线为绝缘管线,例如真空夹套式管线。回热式热交换器 152 的返回出口接着经吸入管线 164 通到压缩机 144 的吸入端。在回热式热交换器 152 和压缩机 144 之间的吸入管线 164 中串联式地设置了吸入储集箱 162,其又通到可选择的传统压力调节器 168 中。当气流从回热式热交换器 152 的返回出口流到压力调节器 168 中时,其暴露在可选择的在线式电加热器 166 中,其用于控制进入压缩机 144 的气流温度。

[0075] 吸入储集箱 162 是传统的吸入储集器,其可缓和因气体密度差异而引起的任何压力波动,从而尽可能地降低压缩机 144 的吸入端上的压力差异。可选择的加热器 166 为传统的在线式电加热器,例如由 Omega Company 公司生产的加热器。

[0076] 出口与吸入管线 164 相连的电磁阀 170 用作注入端口,用于对次级制冷回路 112 进行充气。电磁阀 170 的入口与气源(未示出)相连。作为可选部件的电磁阀 172 的入口连接在热交换器 156 的出口和制冷工艺装置 122 的入口 140 之间。可选的电磁阀 172 用作次级制冷回路 112 的排放端口。电磁阀 170 和可选电磁阀 172 是传统的通/断电磁阀,例如 Sporlan 阀。

[0077] 在回热式热交换器 152 的供给出口处设有传统的压力开关(PS)174,在压缩机 144 的入口处设有传统的 PS178,在加热器 154 的下游处设有可选择的传统的温度开关(TS)180,在加热器 166 的下游处设有可选择的传统的 TS182。

[0078] 除了温度开关之外,次级制冷回路 112 的所有部件均机械式和/或液压式地连接。

[0079] 本领域的技术人员可以理解,控制/安全电路(未示出)可对设置在制冷系统 100 中的多个控制装置、如压力和温度开关提供控制,并从中接收反馈。PS174、PS178、TS180 和 TS182 是这种装置的一些例子。然而,在制冷系统 100 中还设有其它感应装置,在图 1 中未简化起见未示出。包括 PS74 和 PS178 在内的压力开关通常为气动式连接,而包括 TS180 和 TS182 的温度开关通常与制冷系统 100 内的流动管线热连接。控制/安全电路的控制本质上是电的。类似的,从各感应装置到控制/安全电路的反馈本质上也是电的。

[0080] 上面已经介绍了制冷系统的部件及其相互间的关系,下面将介绍系统的操作。制冷系统 100 的特征在于下述三种操作模式:

[0081] (1) 正常冷却模式:其中用户安装的外部热负载热交换器 158 被连续地冷却到 -80 到 -150°C 之间的温度;

[0082] (2) 烘烤模式:其中用户安装的外部热负载热交换器 158 由加热器(未示出)加热到 +200 到 +350°C 之间的温度;和

[0083] (3) 烘烤后的冷却模式:其中用户安装的外部热负载热交换器 158 从烘烤温度逐步地冷却到 -80 到 -150°C 之间的正常冷却模式的温度。

[0084] 正常冷却模式:参见图 1,次级制冷回路 112 最初由与电磁阀 170 相通的气源(未示出)来供气,电磁阀 170 的出口在通过压力调节器 168 之后通向压缩机 144 的吸入端。PS178 检测压力调节器 168 上游处的气体压力,并控制电磁阀 170。当压力到达 PS178 的设

定值时电磁阀 170 关闭。压力调节器 168 可保证在压缩机 144 的吸入端维持一定的所需压力。

[0085] 气体被压缩机 144 压缩到排出压力,其一般在 100 到 400 磅/平方英寸的范围内,其中压力限值由用户安装的外部热负载热交换器 158 的连接管线所决定。主要的设计考虑是,压缩机 144 的压缩比应与所泵送的气体适当地匹配,使得可避免压缩机 144 中过高的排出温度。

[0086] 高压气流从压缩机 144 流向后冷却器 146,后冷却器 146 从离开压缩机 144 的压缩气体中排出压缩热量,从而将气流冷却到通常在 25 到 40°C 之间的温度。另外,压缩热量也可由经后冷却器 146 循环流动的油来排出。

[0087] 气流然后流经油分离器 148 和吸附器 150,其除去了气流中任何残余的微量油,使得离开吸附器 150 的气流十分清洁。气流然后进入到回热式热交换器 152 中,热交换器 152 通过从用户安装的外部热负载热交换器 158 中返回的冷气体对气流提供进一步的冷却。结果,离开回热式热交换器 152 的供给出口的气流通常在 -30 到 +30°C 之间。安装在回热式热交换器 152 下游的可选加热器 154 保证了进入可选热交换器 156 的气体温度足够高,不会使在热交换器 156 的另一端中循环的水冻结。

[0088] 气流然后流入到初级制冷系统 110 的制冷工艺装置 122 中,在这里其通过首先热交换器 130、随后热交换器 134、最后热交换器 136 的次级流动路径而被逐步地冷却到超低温,从而以被冷却到 -80 到 -150°C 之间的温度而经蒸发器供给管线 142 离开制冷工艺装置 122。

[0089] 然后此冷气体进入到用户安装的外部热负载热交换器 158 中,并经过预定的流动方式在用户安装的外部热负载热交换器 158 中向前流动,从而实现均匀的表面温度。由于用户安装的外部热负载热交换器 158 内的流动作用,热量在冷气体流经用户安装的外部热负载热交换器 158 时传递到冷气体中,气体随后以 -30 到 -140°C 之间的温度离开用户安装的外部热负载热交换器 158。

[0090] 气流然后进入到回热式热交换器 152 的返回端,从而如上所述地对供给端提供冷却。作为对比,在回热式热交换器 152 的返回端流动的气体通过吸收了由在回热式热交换器 152 的供给端中流动的高压气体的排出热量而变暖。结果,离开回热式热交换器 152 并随后通过吸入储集箱 162 和吸入管线 164 进入压缩机 144 的吸入端的气体处于 -40 到 +50°C 之间的温度。

[0091] 在吸入管线 164 中流动的气体被加热器 166 在 TS182 的控制下进一步加热到可满足压缩机 144 的输入要求的温度。压缩机 144 的吸入端的压力通常在 2 到 100 磅/平方英寸之间,重要的是此压力不会下降到低于 0 磅/平方英寸。因此,次级制冷回路 112 以闭环的方式操作,从而使全部体积的制冷气体再循环。

[0092] 烘烤模式:通过分别停用压缩机 114 和压缩机 144 来关闭初级制冷系统 110 和次级制冷回路 112。结果,在烘烤模式期间没有气体流动。在烘烤模式中,用户安装的外部热负载热交换器 158 由加热器(未示出)加热到 +50 到 +350°C 之间的温度。

[0093] 烘烤后的冷却模式:在烘烤过程结束后,用户安装的外部热负载热交换器 158 必须从最高达 350°C 的高温尽可能快地恢复到 -80 到 -150°C 之间的正常冷却温度,并且不会出现热冲击。为了优化此冷却时期,通过启动次级制冷回路 112 的压缩机 144 来经用户安装

的外部热负载热交换器 158 泵送制冷气体。最初,初级制冷系统 110 的压缩机 114 保持关闭,使得用户安装的外部热负载热交换器 158 不会受到因突然暴露在由初级制冷系统 110 所产生的超低温下而引起的热冲击。这时,通过次级制冷回路 112 提供到用户安装的外部热负载热交换器 158 中的气体只处于 +30 和 +300℃ 之间的温度。最初,离开用户安装的外部热负载热交换器 158 的气体温度高达 +350℃,然而此温度由于在次级制冷回路 112 中流动的气体的冷却作用而随时间逐步降低。

[0094] 更具体地说,从用户安装的外部热负载热交换器 158 中返回的热气体在回热式热交换器 152 中冷却,热气体所排出的热量被进入到处于环境温度下的热交换器 152 的逆流气体所吸收。结果,离开回热式热交换器 152 的高压气体的温度可升高到 100℃ 以上;因此,必须进一步地冷却此气流。因此,可选加热器 154 在烘烤后的冷却模式下停用,而可选热交换器 156 开启。

[0095] 一旦用户安装的外部热负载热交换器 158 被冷却到环境温度到 +50℃ 之间,初级制冷系统 110 就通过开启压缩机 114 而接通,从而将进入用户安装的外部热负载热交换器 158 的气体进一步冷却到 -80 到 -150℃ 之间的正常操作温度。

[0096] 在烘烤后的冷却模式中,需要控制回热式热交换器 152 的两股气流的温度差。由于各气流中的气体流量影响各气流之间的温度差,因此可通过使回热式热交换器 152 内的各股气流的气体流量不同来控制此温度差。然而在闭环系统中,这两个流量本质上是相等的。因此,为了能控制回热式热交换器 152 的两股气流的温度差,根据本发明提供了一种可在两股气流之间产生不平衡流量的方法。通过在高压流体经电磁阀 172 离开热交换器 156 之后排放出一部分高压流体,就可以改变回热式热交换器 152 的各股气流的流量。这样,气体从高压流体中排出,因此不会返回到次级制冷回路 112 中,这样就在回路的供给端和返回端之间形成了不平衡流动。通常来说,这一过程每周进行一次,每次持续数分钟。因排放而损失的气体与开环系统相比是微不足道的。

[0097] 为了使压缩机 144 的吸入口处的整体体积流量保持稳定,所排出的气体量必须得到补充。这可通过 PS178 检测到压力调节器 168 上游处的气体压力降低到其设定值之下、随后打开电磁阀 170 并让新鲜气体进入到次级制冷回路 112 中来实现。在烘烤后的冷却模式中排出部分流体的灵活性使得进入到压缩机 114 的吸入口中的气体的最大温度受到限制。

[0098] 在这三种操作模式的任一种中,连续地监控次级制冷回路 112 中的吸入管线 164 的气体压力,在发生气体泄漏时,自动地向次级制冷回路 112 中补充气体。在由 PS178 检测到次级制冷回路中存在压力不足时,电磁阀 170 自动地打开,并且补充气体。当压力达到 PS178 的设定值时,电磁阀 170 自动地关闭。

[0099] 总的来说,PS174、PS178、TS180 和 TS182 是在这三种不同模式中操作制冷系统 100 所必需的控制元件。PS178 检测压缩机 144 的吸入端口上游处的气体压力。PS174 检测吸附器 150 之后的压缩机 144 的下游处的高压流体。当压力低于在用于压缩机 144 的吸入端口上游的低压端的 PS178 中所设定的值时,电磁阀 170 打开,来自气源的气体被引入到压缩机 144 的吸入端,使得压缩机不会关闭。这就保证了再循环气体回路中的压力决不会低于设定值或成为真空。气体回路的排出端处的 PS174 保证了当压力超过 PS174 上的设定值时就停用压缩机 144。PS174 还保证了不会超过用户安装的外部热负载热交换器 158 的连接管线的限值。类似地,TS180 和 TS182 可如上所述地精确控制回热式热交换器 152 的两股

气流的温度。

[0100] 在根据本发明的第一实施例中,未使用可选择的热交换器和加热器 154,156 和 166。在此实施例中,回热式热交换器 152 提供了可保护气体压缩机 144 免于接受超过了其设计限值的气体的装置。

[0101] 在冷却模式中,热交换器 152 将返回的冷气体加热到通常为 -40 到 +20°C 之间的温度。这个范围的热端主要由热交换器 152 的大小、热交换器 152 上的热负载和离开后冷却器 146 的气体温度来支配,离开后冷却器 146 的气体温度又由接收后冷却器 146 的排热的介质的温度决定。离开吸附器 150 的高压气体在热交换器 152 中被从用户安装的热负载热交换器 158 中返回的冷低压气体冷却。离开热交换器 152 的高压气体的冷却降低了制冷工艺装置 122 上的热负载。

[0102] 在烘烤后的模式中,热交换器 152 将从用户安装的热负载热交换器 158 中返回的热气体冷却到通常在 +50 到 +25°C 之间的温度。这个范围的冷端主要由热交换器 152 的大小、热交换器 152 上的热负载和离开后冷却器 146 的气体温度来支配,离开后冷却器 146 的气体温度又由接收后冷却器 146 的排热的介质的温度决定。

[0103] 热交换器 152 的优选大小应使热交换器 152 并不完全有效。也就是说,热交换器 152 有些尺寸不足,使得进入热交换器 152 的热气体只是部分地被高压气流所冷却,并且无法完全地达到进入热交换器 152 的高压气体的温度。通常来说,热气体的低压流以比高压气流的入口温度高 5 到 30 度的温度离开。这样,从用户安装的外部热负载热交换器 158 中返回的一些热量传递到气体压缩机 144 中,并最终传递到后冷却器 146 中,热量于此处从系统排出到环境中。另外,已经吸收了从用户安装的热负载热交换器 158 中返回的低压气体中的热量的高压气流流过制冷工艺装置 122,其提供了从高压气流中排出一些热量的方式。

[0104] 在此实施例中,初级制冷工艺装置 110 在烘烤后的工艺中关闭,并用作从气流中吸收热量的质量体。用户安装的外部热负载热交换器 158 的净排热降低了其温度,这又降低了进入热交换器 152 的低压气体的温度,从而降低了离开热交换器 152 的高压气体的温度。一旦离开热交换器 152 的高压气体的温度达到可接受的水平、通常在室温左右,那么制冷工艺装置 122 启动。根据系统的具体情况,此温度阈值可较高,这取决于制冷工艺装置 122 的制冷能力。

[0105] 在根据本发明的第二实施例中,在热交换器 152 的高压出口处增设了一个三通阀或两个单向阀(未示出)。这个阀控制高压气体的流动,并用于选择高压气体是否直接地馈送到制冷工艺装置 122 中,或者高压气体是否绕过制冷工艺装置 122。如果高压气体选择成绕过制冷工艺装置,高压气体可连接到制冷工艺装置 122 和用户安装的外部热负载热交换器 158 之间的气体供给管线 142 中。在此实施例中,只要高压气体以高于预定温度如高于环境温度而离开热交换器 152,离开热交换器 152 的高压气体就绕过制冷工艺装置 122。

[0106] 在根据本发明的第三实施例中,可采用热交换器 154,156 和 164 来保证进入气体压缩机 144 和制冷工艺装置 122 的气体处于设计限制内。

[0107] 在冷却模式中,热交换器 152 通过冷却从吸附器 150 进入热交换器 152 中的高压气流来加热从用户安装的热负载热交换器 158 中返回的冷气体。离开热交换器 152 的低压气体根据需要被电加热器 166 加热,以实现到气体压缩机 144 中所需的进入温度。被热交换器 152 冷却的高压气体由电加热器 154 加热,并由热交换器 156 进一步调节。然而在正常

操作下,不会发生明显的热量转移。热交换器 156 在介质内交换热量,这些介质例如为水、水 / 乙二醇混合物或类似的传热介质。

[0108] 在烘烤后的模式中,从用户安装的外部热负载热交换器 158 中返回的热气体被热交换器 152 冷却。由于不必加热离开热交换器 152 的气体,因此加热器 166 未启动。高压气体被热交换器 152 加热。由于不需要加热高压气体,因此电加热器 154 未启动。热量通过热交换器 156 从高压气体中排出。

[0109] 离开热交换器 156 的一部分高压气体通过阀 172 排放到大气中。这具有可降低通向用户安装的外部热负载热交换器 158 的气流并随后提高热交换器 152 的性能以冷却从用户安装的热负载热交换器 158 中返回的低压气体的效果,这是因为室温的高压气体比低压的返回热气体的流量更大。这具有可提高热交换器 152 的效率的效果。在此实施例中,与第一实施例相反,优选效率高的热交换器 152。返回气体的降低流量由从电磁阀 170 处进入的气体来补偿。此室温气体的混合进一步冷却了从热交换器 152 中返回的气体。

[0110] 在根据本发明的第四实施例中,未使用加热器 154 以及热交换器 152 和 156,并且加热器 166 由热交换器 166 替代。热交换器 166 与水、水 / 乙二醇混合物或接近室温的类似传热介质进行热交换。热交换器 166 调节从用户安装的热负载热交换器 158 中返回的低压气体的温度。

[0111] 离开热交换器 166 的低压气体的温度在室温左右。由于低压气体在进入此热交换器 166 之前其温度处于各冷却流体的凝固点之下或高于正常沸点,因此热交换器 166 设计成可以最小的流量来操作,保证冷却流体不会凝固或沸腾。最好采用流量开关来检测流体流量。

[0112] 如果冷却流体的流量下降到容许限值之下,则流量开关切断气体压缩机 144,以防止出现凝固或沸腾状态。或者,可采用温度传感器来代替流量传感器。

[0113] 在根据本发明的第五实施例中,检测制冷系统 100 中任何显著的气体损失,并用新的气体进行补充。如果气体压缩机 144 的吸入压力降低到预定水平之下,那么压力开关 178 的开关位置发生变化。可采用压力开关 178 来启动阀 170,阀 170 打开以允许新的气体进入到制冷系统 100 中,直到压力开关 178 所检测到的吸入压力达到预定的水平,使得压力开关 178 的开关位置发生变化,阀 170 关闭。

[0114] 在另一种设置中,压力开关 178 被压力传感器如压力转换器所取代,压力传感器可产生由控制器所检测到的信号,并用于激活继电器,此继电器又可控制阀 170。或者,阀 170 可由用户安装。在这种情况下,制造单元仅具有连接点,在此处可在操作期间加入新的气体。类似地可增设压力开关 178。

[0115] 此实施例的另一特征是允许额外的气体添加到次级制冷回路 112 中,以保证在次级制冷回路 112 中安装适当的充气装置。气体如氮气的典型供给压力通常不超过 80 磅 / 平方英寸。气体在次级气体压缩机 144 切断时充入到次级制冷回路 112 中。次级制冷回路 112 可充气的最大压力为典型的设施供给压力,即 80 磅 / 平方英寸。

[0116] 当气体压缩机 144 接通时,吸入压力降低到压力开关 178 的设定值之下,这又促动了电磁阀 170,并使气体被抽入到气体压缩机 144 的吸入端中。当在次级制冷回路中抽入了适当量的气体时,压力开关 178 使电磁阀 170 停用,气体到次级制冷回路中的供给被切断。因此,自动补偿能力可促进将额外的气体抽入到次级制冷回路 112 中,并将最优量的气体

引入到次级制冷回路 112 中。

[0117] 当气体压缩机 144 切断时,静态平衡压力可大于设施中通常能得到的 80 磅/平方英寸的供给压力。在不具备自动补偿能力时,应当设有高压气瓶以对次级制冷回路 112 充气到适当的压力水平,因此,这样可避免在设施中设置高压气瓶的不方便性。

[0118] 在根据本发明的第六实施例中,次级制冷回路 112 可包括其它类型的压缩机以代替气体压缩机 144。更具体地说,次级制冷回路 112 可包括制冷压缩机,例如初级制冷系统 110 的压缩机 114,以代替气体压缩机 144。次级制冷回路 112 可包括无油压缩机而不是气体压缩机 144。

[0119] 在根据本发明的第七实施例中,次级制冷回路 112 的回热式热交换器 152 可由与热交换器 156 相同的两个水冷式热交换器来代替。在这种情况下,第一水冷式热交换器插入在吸附器 150 下游的高压气体供给管线中,以代替回热式热交换器 152。类似地,第二水冷式热交换器插入在吸入储集箱 162 上游处的返回管线 160 中,以代替回热式热交换器 152。在这种情况下,可根据操作模式来使两个水冷式热交换器的水温能防止出现凝固或沸腾。此外,所达到的气体温度应保持成接近水温。

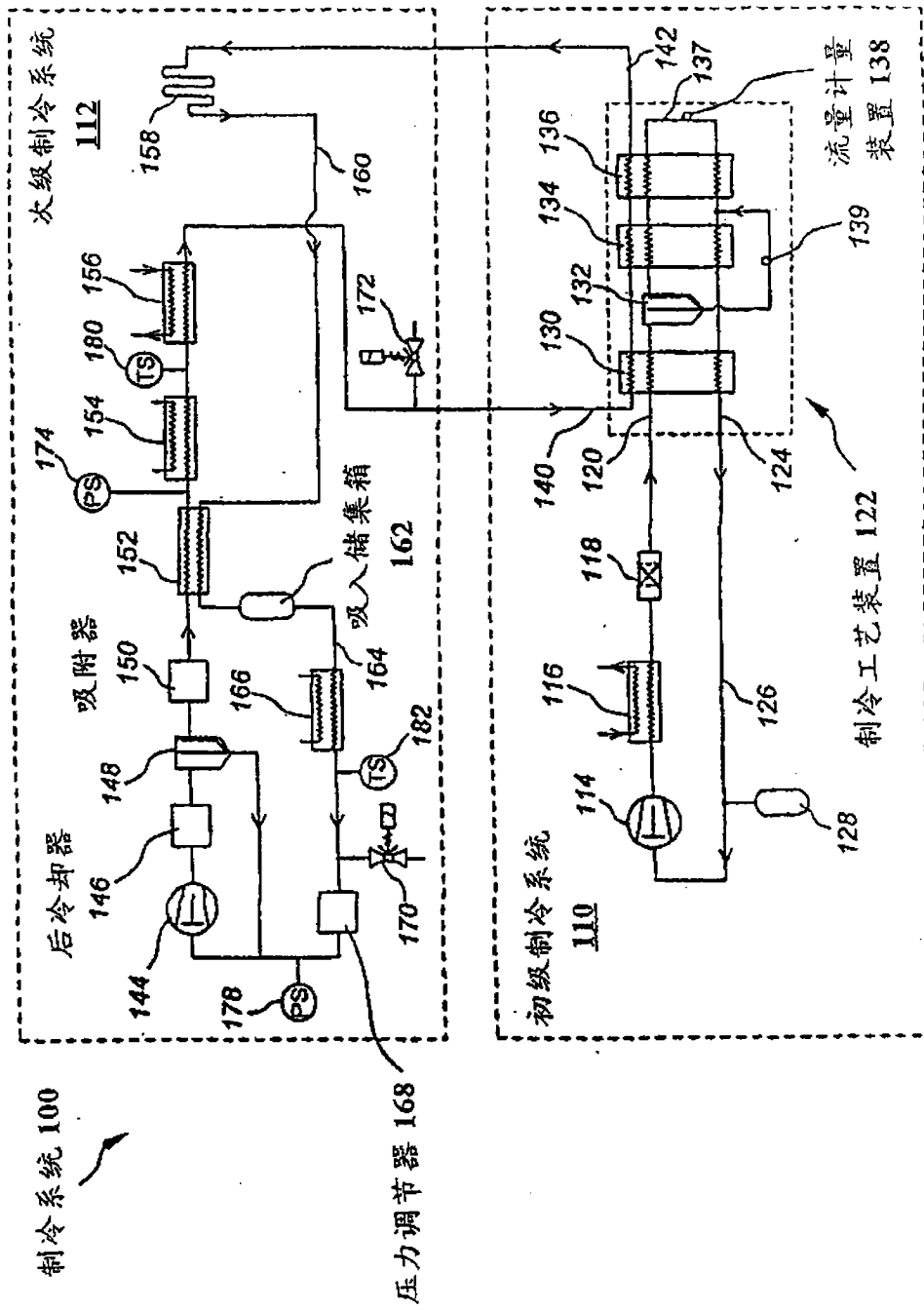


图 1