



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107094367 B

(45)授权公告日 2019.10.25

(21)申请号 201580045402.6

(72)发明人 延斯·赫内

(22)申请日 2015.09.08

(74)专利代理机构 北京奉思知识产权代理有限公司 11464

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107094367 A

代理人 吴立 邹轶蛟

(43)申请公布日 2017.08.25

(51)Int.CI.

F04B 37/12(2006.01)

(30)优先权数据

F04B 37/18(2006.01)

102014217897.5 2014.09.08 DE

F04B 45/033(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.02.23

(56)对比文件

DE 102008060598 A1, 2010.06.10,

(86)PCT国际申请的申请数据

CH 457147 A, 1968.05.31,

PCT/EP2015/070507 2015.09.08

WO 2014/016415 A2, 2014.01.30,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 1580479 A, 1926.04.13,

W02016/038041 DE 2016.03.17

CN 101233318 A, 2008.07.30,

(73)专利权人 压力波系统股份有限公司

CN 2856477 Y, 2007.01.10,

地址 德国陶夫基兴

审查员 张晶

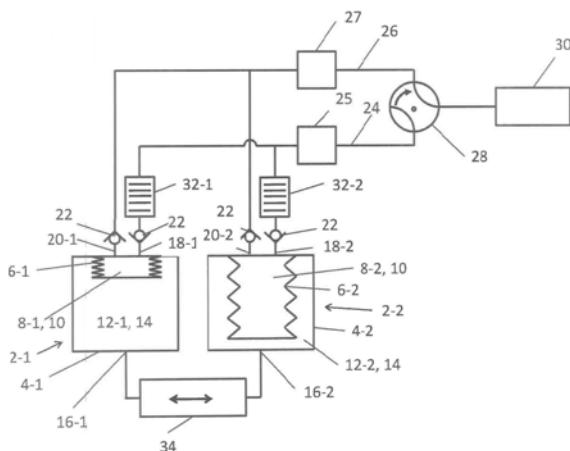
权利要求书4页 说明书7页 附图12页

(54)发明名称

压缩机装置、配备该压缩机装置的冷却装置、以及用于操作该压缩机装置和该冷却装置的方法

(57)摘要

本发明涉及一种压缩机装置，一种具有该压缩机装置的冷却装置，以及一种用于操作该压缩机装置的方法。为了要冷却磁共振扫描器、低温泵等装置，必须使用脉冲管制冷器或Gifford-McMahon冷却器。这些冷却装置都使用气体压缩机，特别是氦气压缩机，并与旋转阀组合。压缩的氦进出冷却装置的速率在1Hz的范围内。常规的螺杆或活塞式压缩机的问题在于，来自压缩机的油可能会进入工作气体中，从而进入冷却装置内，造成污染。本发明提供第二压缩机级，共享泵送装置可以使用两次，并且以两级次操作压缩机装置。在工作液体的每个流动方向上，将工作气体压缩；该流动方向包括：在第一压缩机级中的一个流动方向，以及在第二压缩机级中的相反流动方向。本发明可以提高压缩机装置的效率。



1. 一种压缩机装置,包括:

第一压缩机级(2-1),包括:

具有限定容积的第一压缩机腔室(4-1),其中备有第一金属波纹管(6-1)将所述第一压缩机腔室(4-1)分成供工作气体(10)进出的第一气体容积(8-1)和供工作液体(14)进出的第一液体容积(12-1),

通向所述第一气体容积(8-1)的第一高压工作气体连接管(18-1)和第一低压工作气体连接管(20-1),以及

通向所述第一液体容积(12-1)的第一工作液体连接管(16-1);和

泵送装置(34),经由所述第一工作液体连接管(16-1)周期性地泵送所述工作液体(14)进入所述第一液体容积(12-1),从而压缩所述第一气体容积(8-1)的工作气体(10);其中:

提供第二压缩机级(2-2),其包括第二压缩机腔室(4-2),其中备有第二金属波纹管(6-2)将所述第二压缩机腔室(4-2)分成供工作气体(10)进出的第二气体容积(8-2)和供工作液体(14)进出的第二液体容积(12-2),

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二气体容积(8-2)的第二高压工作气体连接管(18-2)和第二低压工作气体连接管(20-2),

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二液体容积(12-2)的第二工作液体连接管(16-2),

所述泵送装置(34)是共享的泵送装置,

所述共享泵送装置(34)经由第二工作液体连接管(16-2)与第二压缩机级(2-2)连接,

所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的高压工作气体连接管(18-1、18-2)均连通一个共享的高压气体管线(24),

第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的低压工作气体连接管(20-1、20-2)均连接一个共享的低压气体管线(26),且

所述高压气体管线(24)和所述低压气体管线(26)构造成能够因其容积特性而用作气体存储器。

2. 根据权利要求1所述的压缩机装置,其特征在于,所述共享高压气体管线(24)和低压气体管线(26)终止于一个阀装置(28),以将所述高压气体管线(24)或低压气体管线(26)与外部装置(30)连接。

3. 一种压缩机装置,包括:

第一压缩机级(2-1),包括:

具有限定容积的第一压缩机腔室(4-1),其中备有第一金属波纹管(6-1)将所述第一压缩机腔室(4-1)分成供工作气体(10)进出的第一气体容积(8-1)和供工作液体(14)进出的第一液体容积(12-1),

通向所述第一气体容积(8-1)的第一高压工作气体连接管(18-1)和第一低压工作气体连接管(20-1),以及

通向所述第一液体容积(12-1)的第一工作液体连接管(16-1);和

泵送装置(34),经由所述第一工作液体连接管(16-1)周期性地泵送所述工作液体(14)进入所述第一液体容积(12-1),从而压缩所述第一气体容积(8-1)的工作气体(10);其中:

提供第二压缩机级(2-2),其包括第二压缩机腔室(4-2),其中备有第二金属波纹管(6-

2) 将所述第二压缩机腔室(4-2)分成供工作气体(10)进出的第二气体容积(8-2)和供工作液体(14)进出的第二液体容积(12-2) ,

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二气体容积(8-2)的第二高压工作气体连接管(18-2)和第二低压工作气体连接管(20-2) ,

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二液体容积(12-2)的第二工作液体连接管(16-2) ,

所述泵送装置(34)是共享的泵送装置 ,

所述共享泵送装置(34)经由第二工作液体连接管(16-2)与第二压缩机级(2-2)连接 ,

所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的高压工作气体连接管(18-1、18-2)均连通一个共享的高压气体管线(24) ,

第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的低压工作气体连接管(20-1、20-2)均连接一个共享的低压气体管线(26) ,且

所述共享高压气体管线(24)通向一个高压气体存储器(25) ,并且所述低压气体管线(26)通向一个低压气体存储器(27)。

4. 根据权利要求3所述的压缩机装置,其特征在于,所述高压气体存储器(25)和低压气体存储器(27)与阀装置(28)连接,以将高压气体存储器(25)或低压气体存储器(27)与外部装置(30)连接。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的压缩机装置,其特征在于,所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的高压工作气体连接管(18-1、18-2)和低压工作气体连接管(20-1、20-2)分别设置有止回阀(22) ,

在所述低压工作气体连接管(20-1、20-2)上的止回阀(22)各自的可通行方向是向所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的方向,并且

在所述高压工作气体连接管(18-1、18-2)上的止回阀(22)的可通行方向与所述低压工作气体连接管(20-1、20-2)上的止回阀的可通行方向相反。

6. 根据权利要求1或4中任一项所述的压缩机装置,其特征在于,将热交换器(32-1,32-2)连接在所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的各个高压工作气体连接管(18-1、18-2)的下游,以便冷却压缩的工作气体(10)。

7. 一种冷却装置,包括根据前述权利要求中任一项所述的压缩机装置,以及Gifford-McMahon冷却器或脉冲管制冷机,所述压缩机装置与所述Gifford-McMahon冷却器或所述脉冲管制冷机连接。

8. 一种用于操作根据权利要求7所述的冷却装置的方法,其特征在于,通过所述共享泵送装置(34)在所述第一压缩机级(2-1)中的所述第一液体容积(12-1)与所述第二压缩机级(2-2)中的所述第二液体容积(12-2)之间稳定地泵送所述工作液体(14),以交替地压缩和松弛所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)中的工作气体(10)。

9. 一种压缩机装置,包括:

第一压缩机级(2-1),包括:

具有限定容积的第一压缩机腔室(4-1),其中备有第一金属波纹管(6-1)将所述第一压缩机腔室(4-1)分成供工作气体(10)进出的第一气体容积(8-1)和供工作液体(14)进出的第一液体容积(12-1) ,

通向所述第一气体容积(8-1)的第一高压工作气体连接管(18-1)和第一低压工作气体连接管(20-1),以及

通向所述第一液体容积(12-1)的第一工作液体连接管(16-1);和

泵送装置(34),经由所述第一工作液体连接管(16-1)周期性地泵送所述工作液体(14)进入所述第一液体容积(12-1),从而压缩所述第一气体容积(8-1)的工作气体(10);其中:

提供第二压缩机级(2-2),其包括第二压缩机腔室(4-2),其中备有第二金属波纹管(6-2)将所述第二压缩机腔室(4-2)分成供工作气体(10)进出的第二气体容积(8-2)和供工作液体(14)进出的第二液体容积(12-2),

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二气体容积(8-2)的第二高压工作气体连接管和第二低压工作气体连接管(18-2、20-2),

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二液体容积(12-2)的第二工作液体连接管(16-2),

所述泵送装置(34)是共享的泵送装置,

所述共享泵送装置(34)经由第二工作液体连接管(16-2)与第二压缩机级(2-2)连接,

所述第二压缩机级(2-2)的第二低压工作气体连接管(20-2)经由第一气体管线(40-1)和第一锁定阀(44-1)而连接到一个缓冲存储器(42),且

所述第一压缩机级(2-1)的第一高压工作气体连接管(18-1)经由第二气体管线(40-2)与所述缓冲存储器(42)连接。

10.一种压缩机装置,包括:

第一压缩机级(2-1),包括:

具有限定容积的第一压缩机腔室(4-1),其中备有第一金属波纹管(6-1)将所述第一压缩机腔室(4-1)分成供工作气体(10)进出的第一气体容积(8-1)和供工作液体(14)进出的第一液体容积(12-1),

通向所述第一气体容积(8-1)的第一高压工作气体连接管(18-1)和第一低压工作气体连接管(20-1),以及

通向所述第一液体容积(12-1)的第一工作液体连接管(16-1);和

泵送装置(34),经由所述第一工作液体连接管(16-1)周期性地泵送所述工作液体(14)进入所述第一液体容积(12-1),从而压缩所述第一气体容积(8-1)的工作气体(10);其中:

提供第二压缩机级(2-2),其包括第二压缩机腔室(4-2),其中备有第二金属波纹管(6-2)将所述第二压缩机腔室(4-2)分成供工作气体(10)进出的第二气体容积(8-2)和供工作液体(14)进出的第二液体容积(12-2),

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二气体容积(8-2)的第二高压工作气体连接管和第二低压工作气体连接管(18-2、20-2),

所述第二压缩机级(2-2)包括通向所述第二液体容积(12-2)的第二工作液体连接管(16-2),且

所述泵送装置(34)是共享的泵送装置,

所述共享泵送装置(34)经由第二工作液体连接管(16-2)与第二压缩机级(2-2)连接,

所述第二压缩机级(2-2)的第二低压工作气体连接管(20-2)经由第一、第二气体管线(40-1、40-2)连接到所述第一压缩机级(2-1)的第一高压工作气体连接管(18-1)。

11. 根据权利要求9或10所述的压缩机装置,其特征在于所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的高压工作气体连接管(18-1、18-2)和低压工作气体连接管(20-1、20-2)分别设置有止回阀(22),

在所述低压工作气体连接管(20-1、20-2)上的止回阀(22)各自的可通行方向是向所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的方向,并且

在所述高压工作气体连接管(18-1、18-2)上的止回阀(22)的可通行方向与所述低压工作气体连接管(20-1、20-2)上的止回阀的可通行方向相反。

12. 根据前述权利要求9或10所述的压缩机装置,其特征在于,提供热交换器(32-1,32-2)连接在所述第一、第二压缩机级(2-1、2-2)的各个高压工作气体连接管(18-1、18-2)的下游,以便冷却压缩的工作气体(10)。

13. 根据权利要求9或10所述的压缩机装置,其特征在于:

所述第一低压工作气体连接管(20-1)经由第三气体管线(40-3)与低压气体存储器(27)连接,以及

所述第二压缩机级(2-2)的第二高压工作气体连接管(18-2)通过第四气体管线(40-4)与高压气体存储器(25)连接。

14. 一种冷却装置,包括根据权利要求13所述的压缩机装置和与所述低压气体存储器(27)和所述高压气体存储器(25)连接的焦耳-汤姆森冷却器(Joule-Thomson-cooler)(50)。

15. 一种用于操作根据权利要求14所述的冷却装置的方法,其特征在于包括以下方法步骤:

-将所述第一压缩机级(2-1)中的工作气体(10)从出口压力(p_0)重复压缩到第一中间压力(p_{mid1}),将所述第二压缩机级(2-2)用作工作液体的补偿容器;

-将预压缩到第一中间压力(p_{mid1})的工作气体(10)暂时储存在缓冲存储器(42)中;

-重复先前的方法步骤,直到所述缓冲存储器(42)在与所述第二压缩机级(2-2)的第二气体容积(8-2)连接时,实现第二中间压力(p_{mid2})时为止,其中, $p_{mid1} > p_{mid2}$;

-将预压缩到第一中间压力(p_{mid1})的工作气体(10)从缓冲存储器(42)输送到第二压缩机级(2-1)的气体容积(8-2)中;及

-将在所述第二压缩机级(2-2)中被预压缩到第二中间压力(p_{mid2})的工作气体(10)压缩到最终压力(p_{end})。

16. 一种用于操作根据权利要求14所述的冷却装置的方法,其特征在于包括以下方法步骤:

-将所述第一压缩机级(2-1)中的工作气体(10)从出口压力(p_0)压缩到中间压力(p_{mid}),并将预压缩到中间压力(p_{mid})的工作气体(10)输送到所述第二压缩机级(2-2)的第二气体容积(8-2)中;及

-将在所述第二压缩机级(2-2)中预压缩到中间压力(p_{mid})的工作气体(10)压缩到最终压力(p_{end})。

17. 根据权利要求15或16所述的方法,其特征在于,来自所述两个压缩机级(2-1、2-2)的压缩工作气体(10)在每个压缩机冲程之后被冷却。

压缩机装置、配备该压缩机装置的冷却装置、以及用于操作该压缩机装置和该冷却装置的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种压缩机装置、一种具有该压缩机装置的冷却装置以及一种用于操作该压缩机装置的方法。

背景技术

[0002] 为了要冷却磁共振扫描器、低温泵等装置,必须使用脉冲管制冷器或Gifford-McMahon冷却器。这些冷却装置都使用气体压缩机,特别是氦气压缩机,并与旋转阀或转向阀组合。压缩的氦被引入冷却装置中并从冷却装置中移除的速率在1Hz的范围内。常规的螺杆或活塞式压缩机的问题在于,来自压缩机的油可能会进入工作气体中,并因此而进入冷却装置内,从而污染该冷却装置。

[0003] 此外,在已知的声压缩机或高频压缩机中,使用一个或多个活塞,并以磁场使活塞进行线性谐振振荡。这些活塞运动的共振频率在几十赫兹的范围内,因此不适于与脉冲管制冷器或Gifford-McMahon冷却器一起使用,用于产生如低于10K的范围内的非常低的温度。

[0004] 从瑞士专利CH 457147 B中已知一种薄膜压缩机或薄膜泵,具有一个工作腔室,通过弹性,气密和液密的薄膜将腔室细分成气体容积和液体容积。液体通过液体泵周期性地压迫进入工作腔室中的液体容积中,使得该弹性薄膜向气体容积的方向膨胀,并因而压缩其中的气体,以提供压缩功能,或使弹性薄膜回缩而远离气体容积,达成泵吸功能。这种设计的缺点是在该工作腔室所使用的气密性、液密性和耐压密封的弹性膜成本相对昂贵。该薄膜必须耐受高负荷,特别是在密封部分的区域中,结果必须使用非常昂贵的材料,或者必须接受较短的使用寿命。

[0005] 从德国专利DE10344698B4中已知一种具有压缩机装置的热泵及制冷机。该压缩机装置包括一个压缩腔室,其中配置有气囊。该气囊周期性地加载液体,使得围绕该气囊的气体被周期性地压缩并再次松弛。这种设计的缺点是,该气囊壳体在压缩腔室的硬质且可能具有凸边的内表面上,在某些操作状态下可能发生刮擦或摩擦。结果,由于压力条件,可能在气囊壳体上形成穿孔或裂缝。此外,当使用氦气作为工作气体时,气囊壳体的渗透性就会变得太高,使得大量的氦气迅速逸失。因此,这种具有气囊的系统的使用寿命无法令人满意。

[0006] 从德国专利DE-A-91837中已知一种用于液体的隔膜泵,也可以用作“气体压缩泵”。为此目的,专利文件指示将液体引入膜和活塞阀之间,亦即,在气体腔室中提供液体。因此,该装置是使用液体密封的压缩装置。在这种装置中不能达成将待压缩气体和液压液体作物理性分离的目的。

发明内容

[0007] 从W02014/016415A2已知一种压缩机装置,该装置包括作为压缩机元件的金属波

纹管。该金属波纹管对于所有种类的工作气体都是不可渗透的,但氢气除外。由于使用金属波纹管,工作气体也可以保持在无油状态。然而,由于必须与工作液体的补偿容器的相互作用,这种装置的效率无法令人满意。

[0008] 因此,由该W02014/016415A2出发,本发明的目的是提供一种使用金属波纹管作为更有效率的压缩机元件的压缩机装置。此外,本发明的目的也是提供一种冷却装置和用于操作该压缩机装置的方法。

[0009] 上述目的可以分别通过权利要求1、7、8、12、13和14的技术特征来达成。

[0010] 通过将从W02014/016415A2已知的工作液体补偿容器扩展到第二压缩机级,使得共享的泵送装置可以使用两次。在工作液体的每个流动方向上,将工作气体压缩;该流动方向包括:在第一压缩机级中的一个流动方向,以及在第二压缩机级中的相反流动方向。以上述方法增强压缩机装置的效率。

[0011] 通过在高压工作气体和低压工作气体连接处配备止回阀,达成以简单的方式在压缩和松弛期间控制气体流量-权利要求2。

[0012] 通过在两个压缩机级中的高压工作气体连接处的下游提供热交换器,达成使压缩的工作气体在每个压缩冲程之后都可冷却的目的-权利要求3和15。

[0013] 根据本发明的压缩机装置可以形成为非输送型(权利要求4至6)或输送型(权利要求9至11)的压缩机装置。

[0014] 在非输送型的配置中,将预定量的工作气体在两个输送级中进行交替的压缩和松弛。不须从外部供应工作气体。权利要求4至6。

[0015] 高压气体管线和低压气体管线优选为构造成可因其容积特性而用作气体存储器-权利要求5。

[0016] 另一种做法是可以在高压气体管线和低压气体管线中,分别设置低压气体存储器和高压气体存储器-权利要求6。

[0017] 在输送型的配置中-参见权利要求9和11-工作气体首先在第一压缩机级中压缩或预压缩,并且中间存储在缓冲存储器中。第二压缩机级虚拟地空转,并用作工作液体补偿容器。当在缓冲存储器中的工作气体量达到对应于第二压缩机级中的第二气体容积的中间压力 p_{mid} 时,来自缓冲存储器的预压缩工作气体在第二压缩机级的下一压缩机冲程期间压缩,达到末端压力 p_{end} 。之后将压缩到末端压力的工作气体释放到外部或存储在高压气体存储系统中。

[0018] 在运输型的配置中-参见权利要求10和11-工作气体首先在第一压缩机级中压缩或预压缩,并且同时转移到第二压缩机级的第二气体容积中。在第二压缩机级中,将预压缩到中间压力 p_{mid} 的工作气体压缩,达到端部压力 p_{end} 。之后将压缩到端部压力 p_{end} 的工作气体释放到外部或存储在高压气体存储系统中。

[0019] 工作液体优选使用如DIN 51524定义的液压油,可以经额外的脱水处理或不含水。液压油存在于封闭系统中,该封闭系统是由泵送装置、工作液体补偿装置和位于压缩机腔室中的液体容积组成,使得在操作期间没有来自环境的水会被液压油吸收。另一种做法是可以使用水作为工作液体。水作为工作剂的优点是,在发生缺陷的情况下,渗透到下游冷却器中的水比渗透到下游冷却器中的液压油更容易除去。使用水的另一个优点是水可以作为防爆应用中的工作剂,因为水具有不可燃和非爆炸性的特性。此外,水是无毒的物体,因此

具有环境友好的特性。

[0020] 对于低温下的应用,优选使用氦、氖或氮作为工作气体,但须取决于温度范围。

[0021] 其余的从属权利要求涉及本发明的其他有利特征。本发明的进一步细节,特征和优点可由后续对不同实施例的描述中了解。

附图说明

[0022] 图1是本发明的第一实施例的压缩机装置构造示意图,该实施例的压缩机装置是一种具有两个压缩机级的非输送型压缩机装置。

[0023] 图2a至2e是本发明第一实施例在操作阶段的构造示意图。

[0024] 图3是本发明的第二实施例的压缩机装置构造示意图,示出一种具有两个压缩机级的输送型压缩机装置。

[0025] 图4a至4 d 是本发明第二实施例在操作阶段的构造示意图。

[0026] 图5示出本发明的第二实施例作为焦耳-汤姆森冷却器的驱动器的应用示意图。

[0027] 附图标记说明

[0028] p_0 出口压力

[0029] p_{mid1} 第一中间压力

[0030] p_{mid2} 第二中间压力

[0031] p_{end} 末端压力

[0032] 2-1 第一压缩机级

[0033] 2-2 第二级压缩机级

[0034] 4-1 第一压缩机腔室

[0035] 4-2 第二压缩机腔室

[0036] 6-1 第一金属波纹管

[0037] 6-2 第二金属波纹管

[0038] 8-1 第一气体容积

[0039] 8-2 第二气体容积

[0040] 10 工作气体

[0041] 12-1 第一液体容积

[0042] 12-2 第二液体容积

[0043] 14 工作液体

[0044] 16-1 第一工作液体连接管

[0045] 16-2 第二工作液体连接管

[0046] 18-1 第一高压工作气体连接管

[0047] 18-2 第二高压工作气体连接管

[0048] 20-1 第一低压工作气体连接管

[0049] 20-2 第二低压工作气体连接管

[0050] 22 止回阀

[0051] 24 高压气体管线

[0052] 25 高压气体存储器

- [0053] 26 低压气体管线
- [0054] 27 低压气体存储器
- [0055] 28 电动旋转阀
- [0056] 30 冷却装置
- [0057] 32-1 第一热交换器
- [0058] 32-2 第二热交换器
- [0059] 34 共享电动泵送装置
- [0060] 40-1 第一气体管线
- [0061] 40-2 第二气体管线
- [0062] 40-3 第三气体管线
- [0063] 40-4 第四气体管线
- [0064] 42 缓冲存储器
- [0065] 44-1 第一锁定阀
- [0066] 50 焦耳-汤姆森冷却器

具体实施方式

[0067] 图1示出根据本发明的压缩机装置的第一实施例,该压缩机装置具有第一和第二压缩机级2-1与2-2,并为非输送型压缩机装置。两个压缩机装置2-1、2-2中的每一个都具有以气密方式封闭的压缩机腔室4-1、4-2。金属波纹管6-1、6-2设置在两个压缩机腔室4-1、4-2中的每一个内部。金属波纹管6-1、6-2将压缩机腔室4-1、4-2分成供工作气体10进出的第一和第二气体容积8-1、8-2,以及供工作液体14进出的第一和第二液体容积12-1、12-2。气体容积8-1、8-2位于金属波纹管6-1、6-2内部,并且液体容积位于金属波纹管6-1、6-2的外部。供工作流体流经的连接管16-1、16-2分别从液体容积12-1和12-2中导出。气体容积8-1、8-2各自连接到高压工作气体连接管18-1、18-2和低压工作气体连接管20-1、20-2。低压工作气体连接管20-1、20-2设置有止回阀22,只容许工作气体向压缩机级2-1、2-2的方向上流动。高压工作气体连接管18-1、18-2同样设置有止回阀22,与在低压工作气体连接管20-1、20-2处的止回阀22相反,止回阀22具有相反的正向。高压工作气体连接管18-1、18-2经由止回阀22连接到共享高压气体管线24,而低压工作气体连接管20-1、20-2则经由止回阀22连接到低压气体管线26。在高压工作气体连接管18-1、18-2中的止回阀22,其流通方向是向共享高压气体管线24的方向,而在低压工作气体连接管20-1、20-2中的止回阀22的可流通方向是向压缩机级2-1、2-2的方向。共享高压气体管线24和共享低压气体管线26终止于电机旋转阀28。该电机旋转阀28将高压气体管线24和低压气体管线26交替地连接于冷却装置30,例如为Gifford-McMahon冷却器或脉冲管制冷机形式的冷却装置。根据容积上的设置,高压气体管线24和低压气体管线26可以充当气体存储器。也可以另外以低压气体存储器27和高压气体存储器25设置在低压和/或高压气体管线26、24当中。用于冷却压缩工作气体的热交换器32-1、32-2分别设置在两个高压工作气体连接管18-1、18-2中,位于止回阀22的下游处,切换运作。两个压缩机级2-1、2-2以相同的方式构造,亦即,两者的气体容积8-1、8-2和液体容积12-1、12-2相等。

[0068] 两条工作液体连接管16-1、16-2连接到共享电动泵送装置34,以将工作液体14交

替地泵送到第一和第二压缩机级2-1、2-2的第一和第二液体容积12-1、12-2中。亦即,将工作液体14从第二液体容积12-2泵送到第一液体容积12-1中,或从第一液体容积12-1泵送到第二液体容积12-2 中。

[0069] 图2a至图2e示出图1的压缩机装置在不同操作阶段中的状态。在图 2a所示的阶段中,工作液体14由共享泵送装置34从第二压缩机级2-2的第二液体容积12-2泵送到第一压缩机级2-1的第一液体容积12-1中。第一金属波纹管6-1被压缩,使其中的工作气体10通过第一高压工作气体连接管18-1、第一热交换器32-1和共享的高压气体管线24而压送进入到高压工作气体存储器25。而第二金属波纹管6-2则因为从低压工作气体存储器27经由低压气体管线26和第二低压工作气体连接管20-2流回的工作气体10进入而膨胀。旋转阀28将冷却装置30经由低压气体管线26 与低压气体存储器27连通。

[0070] 在图2b所示的第二阶段中,在第一压缩机级2-1中的压缩作业完成,旋转阀28即将高压气体存储器25与冷却装置30连通,使得已在第一热交换器32-1处冷却的压缩工作气体10进入冷却装置30。

[0071] 在图2c所示的第三阶段中,工作液体被反转而反向流动,此时泵送装置34将工作液体14从第一压缩机级2-1的第一液体容积12-1泵送到第二压缩机级2-2的第二液体容积12-2。在此情形下,第二金属波纹管 6-2被压缩,使其中的工作气体10被压缩而经由第二高压工作气体连接管18-2、第二热交换器32-2和共享高压气体管线24,压送到高压气体存储器25中。而第一金属波纹管6-1因为从低压气体存储器27经由低压气体连接管线26和第一低压工作气体连接管20-1流回的工作气体10进入而膨胀。

[0072] 在图2d所示的第四阶段中,在第二压缩机级2-2中的压缩作业已经完成,此时旋转阀28再次将高压气体存储器25经由共享高压气体管线 24与冷却装置30连接,使得第二压缩机级2-2中,已在热交换器32-1冷却的压缩工作气体10进入冷却装置30。

[0073] 在图2e所示的阶段中,操作再度回到第一阶段。此时在第一压缩机级2-1中进行压缩作业。图2a和图2e的区别仅在于,在图2e中,第一金属波纹管6-1仍然松弛,并且第二金属波纹管6-2仍然被压缩。反之,在图2a中,在第一压缩机级2-1中的压缩已经完成,此时第一金属波纹管6-1被压缩,而第二金属波纹管6-2则为松弛。

[0074] 由于本发明提供一个高压存储器25和一个低压存储器27,使得旋转阀28的旋转频率可与两个压缩机级中的压缩作业频率解除关联性。另一种作法则是可使旋转阀28的旋转频率与压缩机的冲程频率同步。在这种设计下,即可以省略高压和低压存储器25、27的设置。

[0075] 图3示出本发明的第二实施例的架构。在本实施例中,压缩机装置为可以输送工作气体10的架构,并具有两个压缩机级2-1、2-2。在第一与第二实施例中,互相匹配的元件将使用相同的元件符号标示。在图1 和图3所示的结构中,两个压缩机级2-1、2-2的结构以及两个压缩机级 2-1、2-2与共同的泵送装置34的连接关系基本相同。同样,两个热交换器32-1、32-2的结构也对应于第一实施例的结构。在图3的实施例中,工作气体10首先在第一压缩机级2-1中压缩,以从一个出口压力 p_0 压缩到第一中间压力 p_{mid1} ,随后在第二压缩机级2-2中压缩,从一个第二中间压力 p_{mid2} 压缩到末端压力 p_{end} 。原则是: $p_{mid1} > p_{mid2}$ 。

[0076] 随后的说明将特别描述两个实施例间的差异。缓冲存储器42经由第一气体管线40-1和第一锁定阀44-1连接到第二压缩机级2-2的第二低压工作气体连接管20-2。第一高

压工作气体连接管20-1则经由第一热交换器32-1和第二气体管线40-2与缓冲存储器42连接。低压气体存储器27 经由第三气体管线40-3与具有止回阀22,属第一压缩机级2-1的第一低压工作气体连接管20-1连接。第二压缩机级2-2的第二高压工作气体连接管18-2则经由止回阀22、第二热交换器32-2和第四气体管线40-4而与高压气体存储器25连接。来自低压气体存储器27的待压缩工作气体10 经由第一低压工作气体连接20-1供给到第一压缩机级2-1。

[0077] 以下根据图4a至4d说明图3的压缩机装置的操作方式。

[0078] 在图4a所示的第一阶段中,工作液体14通过共享泵送装置34从第一压缩机级2-1的第一液体容积12-1泵送到第二压缩机级2-1的第二液体容积12-2中。第一金属波纹管6-1膨胀,未压缩的工作气体10经由第三气体管线40-3和具有止回阀22的第一低压工作气体连接管20-1流入第一气体容积8-1。第一气体管线中的第一锁定阀44-1关闭。第二压缩机级2-2仅供作工作液体补偿容器使用。在松弛状态下的第二气体容积 8-2中的压力为第二中间压力 p_{mid2} ,并且处于大约末端压力 p_{end} 的压缩状态。

[0079] 在图4b所示的第二操作阶段中,将工作液体14的流动方向反向,此时第一压缩机级2-1中的工作气体10被压缩,并且经由具有止回阀22 的第一高压工作气体连接20-2压送进入缓冲存储器42、热交换器32-1和第二气体管线40-2。第一高压工作气体连接管18-2上的止回阀22防止已经压缩到中间压力 p_{mid} 的工作气体10回流。第一锁定阀44-1仍然维持关闭,第二压缩机级2-2仅用作工作液体补偿容器。

[0080] 根据图4a和图4b的操作阶段重复进行,并且只要缓冲存储器42中被压缩到第一中间压力 p_{mid1} 的工作气体10数量,在通过第一气体管线 40-1及开放的锁定阀44-1与第二气体容积8-2连通期间,仍足以在第二气体容积8-2中产生一中间压力 p_{mid2} ,都维持重复进行。

[0081] 当缓冲存储器42中的气体量达到预定量时,在该第一压缩机级2-1 次的下一压缩冲程期间打开该第一锁定阀40-1,使得预压缩到第一中间压力 p_{mid1} 的工作气体可以从缓冲存储器42经由第一开启锁定阀44-1和第一气体管线40-1流入第二压缩机级2-2的第二气体容积8-2中,以达到该第二中间压力 p_{mid2} -参见图4c。

[0082] 在图4d所示的下一个操作阶段中,工作液体14通过共享泵送装置 34泵送到第二压缩机级2-2中。存在于该第二气体容积8-2中并且经过预压缩到第二中间压力 p_{mid2} 的工作气体10继续被压缩到末端压力 p_{end} ,并且经由第二热交换器32-2和第四气体管线40-4压送进入高压存储器25 中。

[0083] 在此情形下,从出口压力 p_0 到末端压力 p_{end} 的压缩作业循环终止,并且再次开始另一循环。

[0084] 在图3的实施例的一种替代实施例中,第一高压工作气体连接管 18-1是经由气体管线40-1、40-2而与第二压缩机级2-2的低压工作气体连接管20-2连通。该缓冲存储器42和第该一锁定阀44-1即已不需要。在这种设计下,第一压缩机级2-1中的工作气体10先预压缩到中间压力 p_{mid} ,并且在之后共享电动泵送装置34的反向运送过程中,将该工作气体10 压缩到第二压缩机级2-2的端部压力 p_{end} 。最后再将已经压缩到末端压力 p_{end} 的工作气体释放到外部,或存储在高压存储器25中。

[0085] 图5示出以本发明第二实施例作为具有闭合工作气体回路的焦耳- 汤姆森冷却器 (Joule-Thomson chiller) 的驱动器50的应用示意图。

[0086] 由德国工业标准DIN 51524定义的液压油适合作为工作液体。H、HL、HLP和HVLP油都是易于与常规密封用塑料如NBR (丙烯腈丁二烯橡胶) 等兼容的油类。然而, NBR不足以使用在氦气的密封。而HF油则常常与常规密封材料不兼容。(相关内容可鉴于http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kunststoffe)。

[0087] 另一种替代性的作法是使用水作为工作液体。水作为工作剂的优点是,在下游低温冷却器发生缺陷的情况下,渗透到下游冷却器中的水比渗透到下游冷却器中的液压油更容易除去。另外,使用水的另一个优点是水可以作为防爆应用中的工作剂,因为水具有不可燃和非爆炸性的特性。此外,水是无毒的物体,因此具有环境友好的特性。

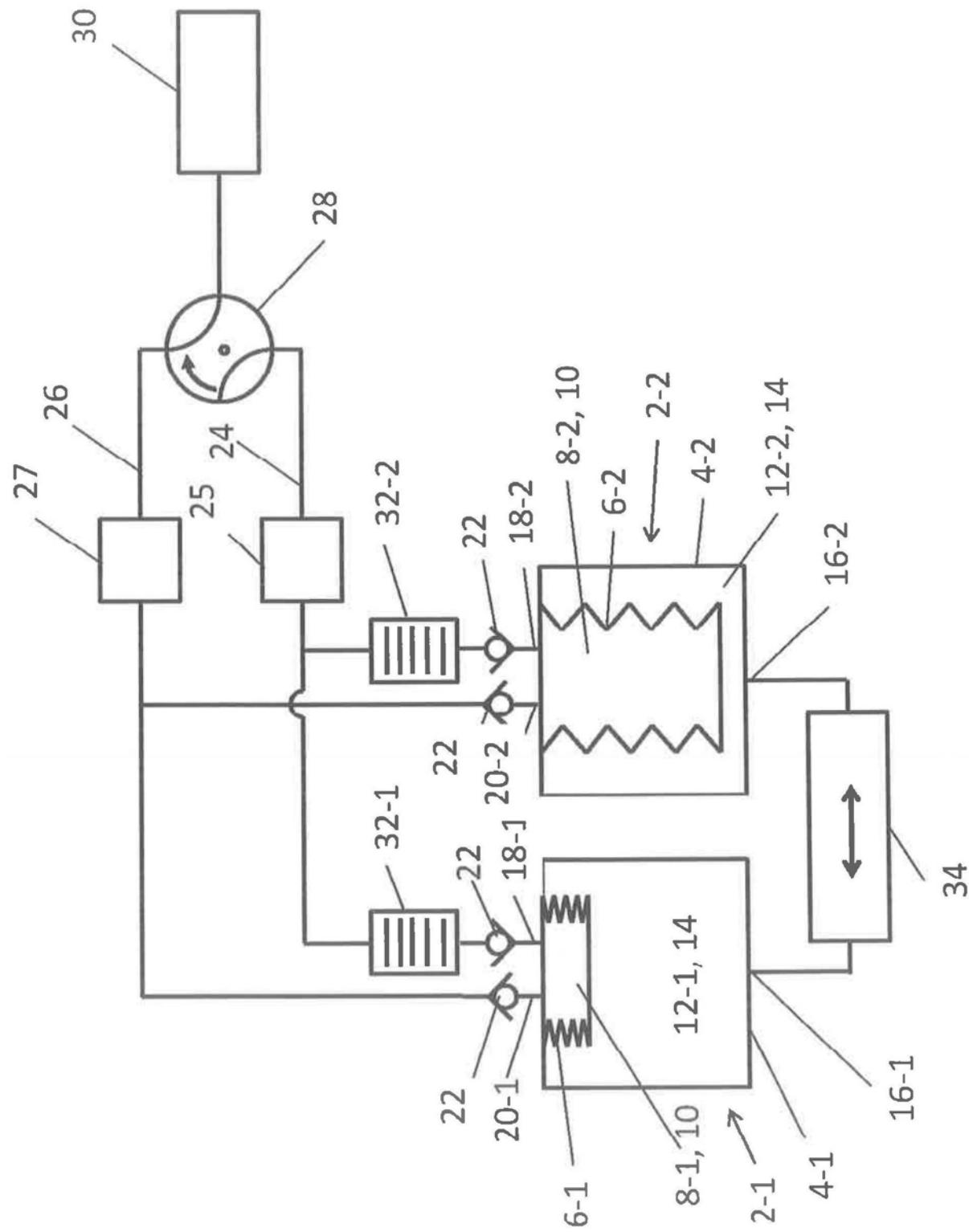


图1

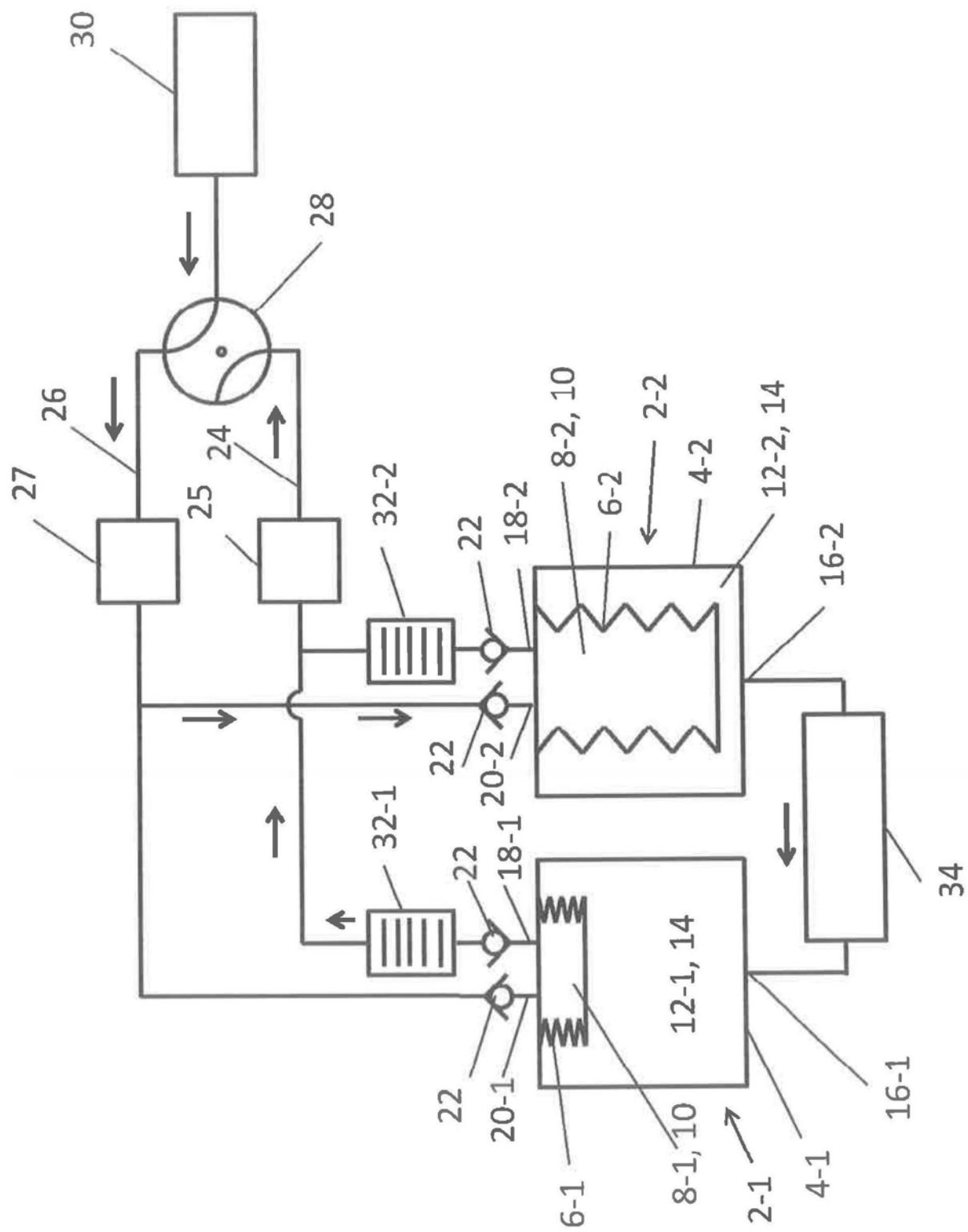


图2a

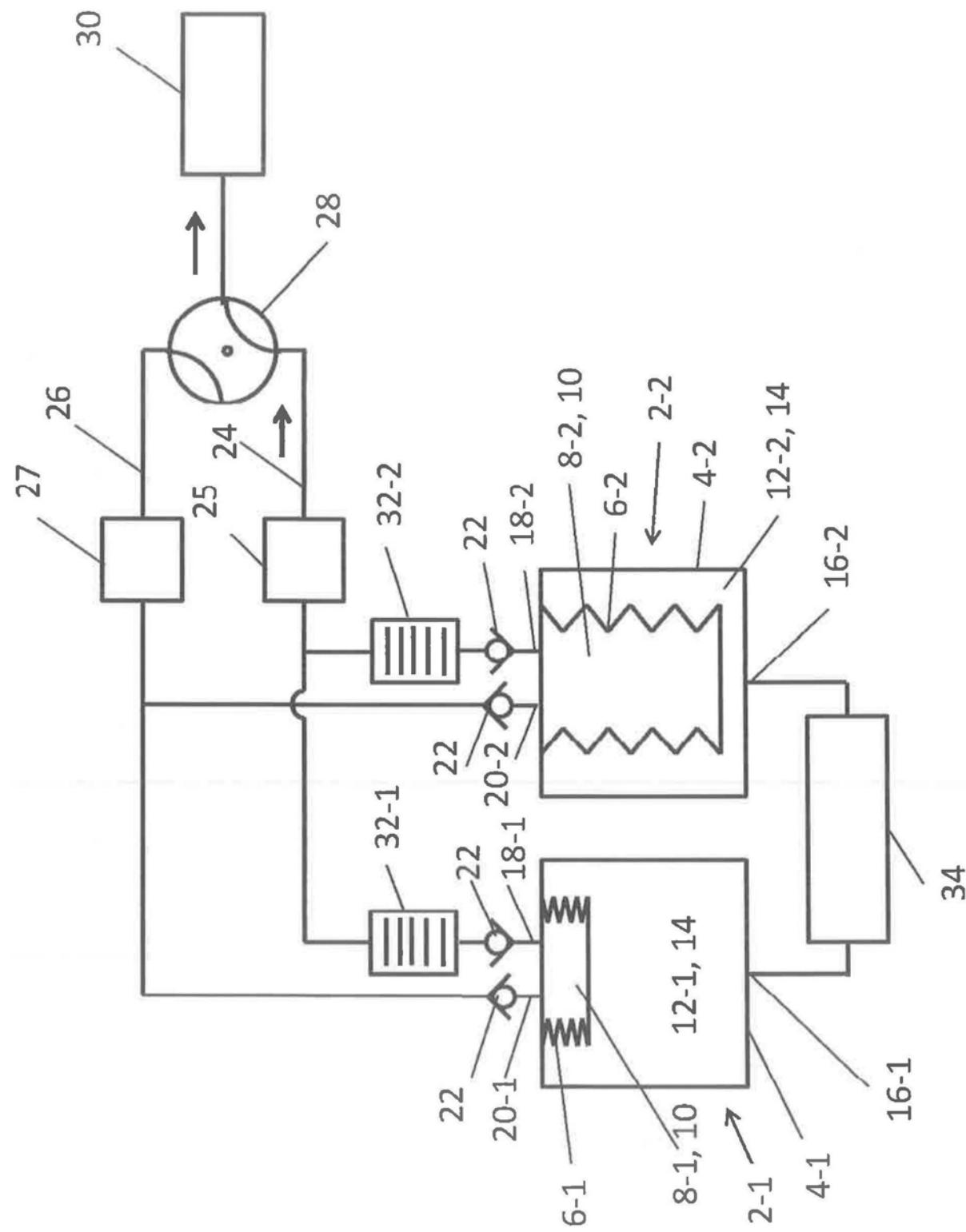


图2b

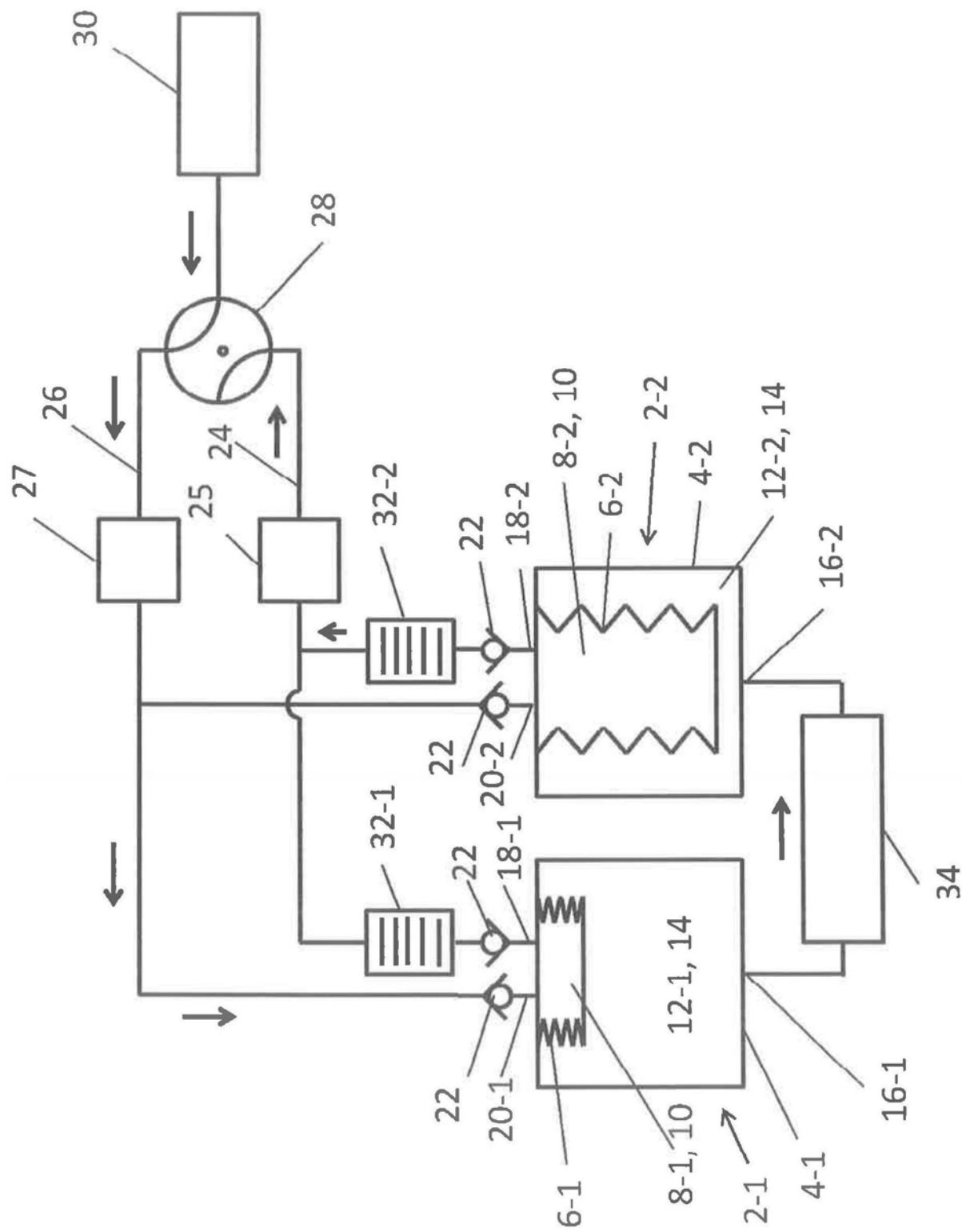


图2c

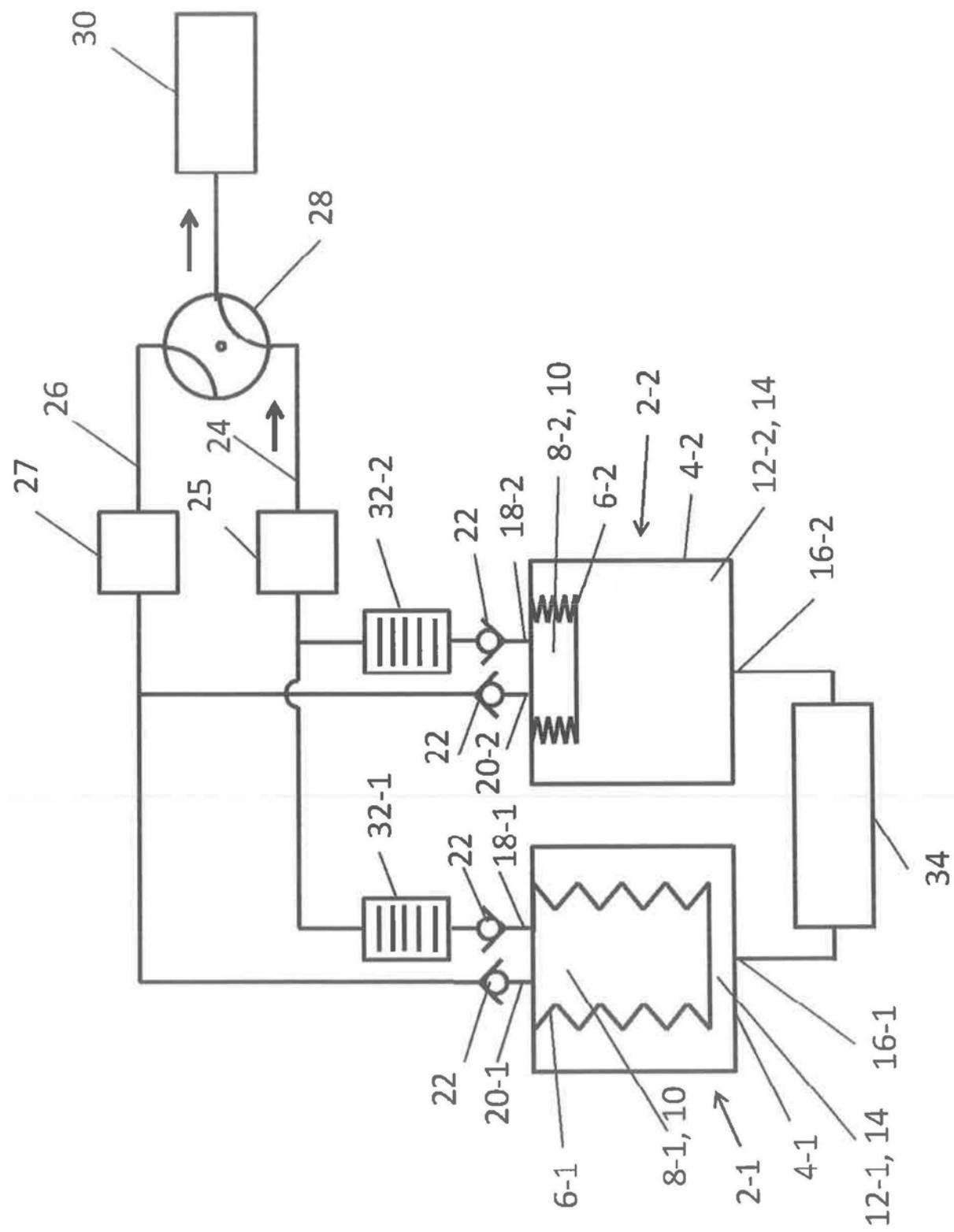


图2d

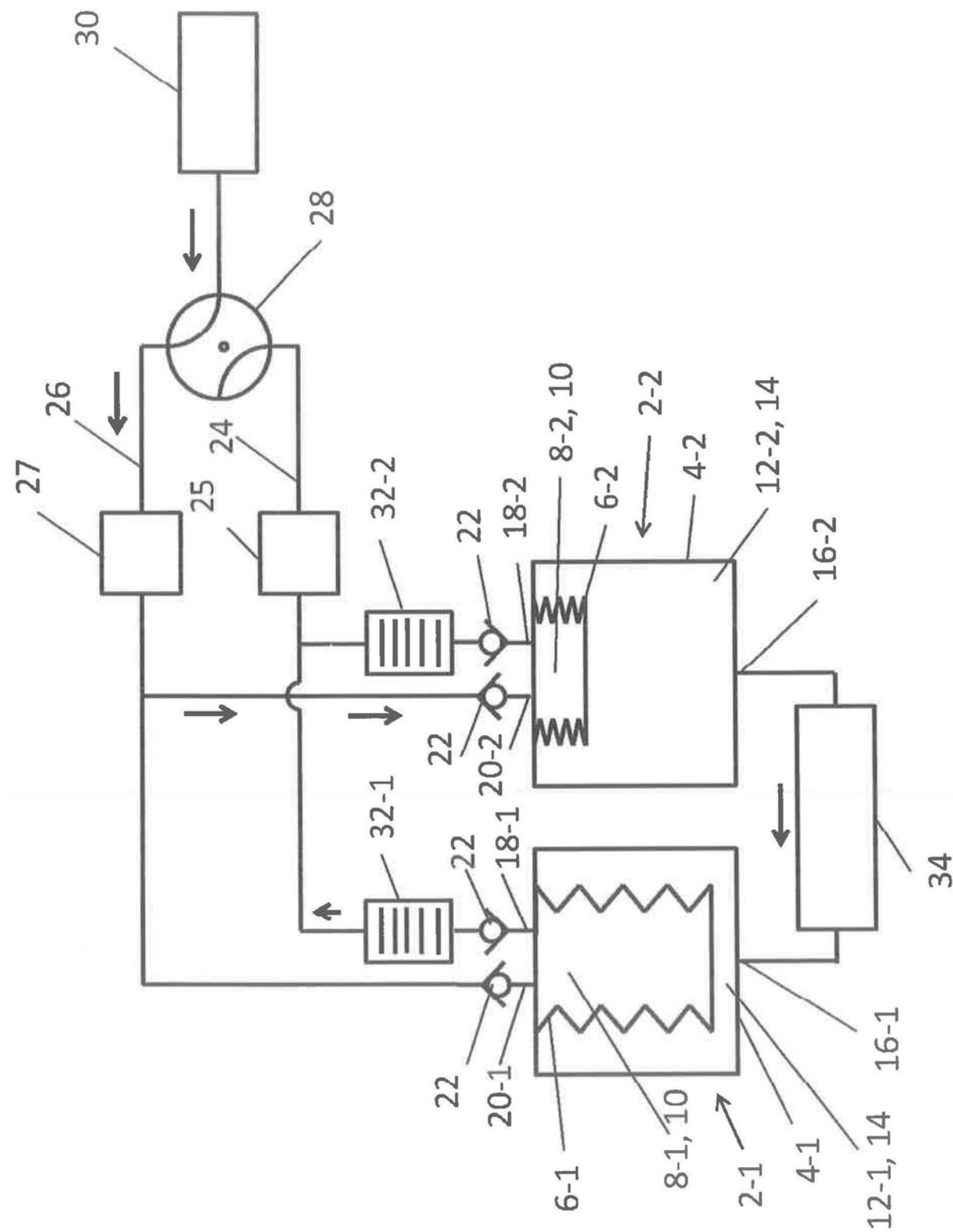


图2e

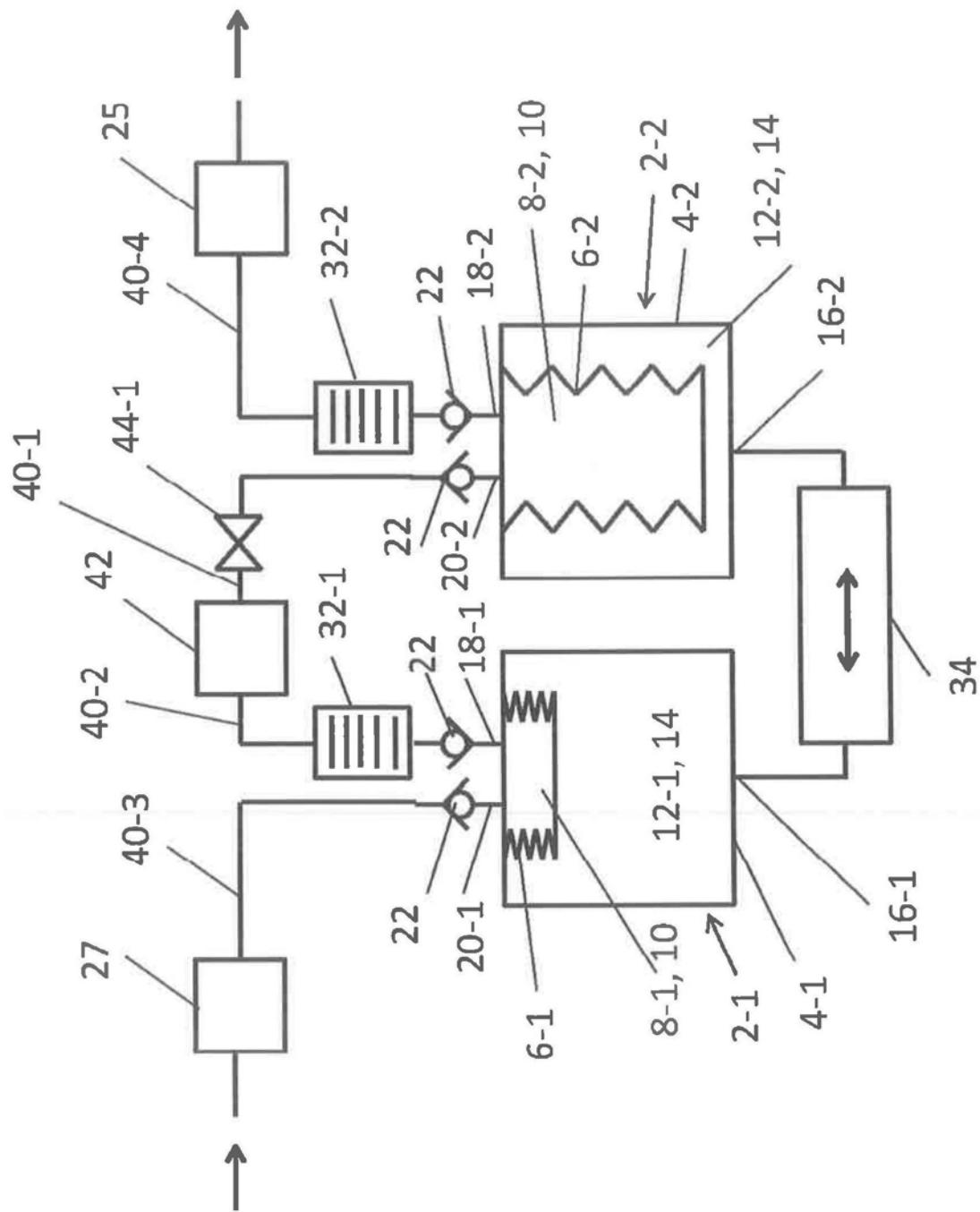


图3

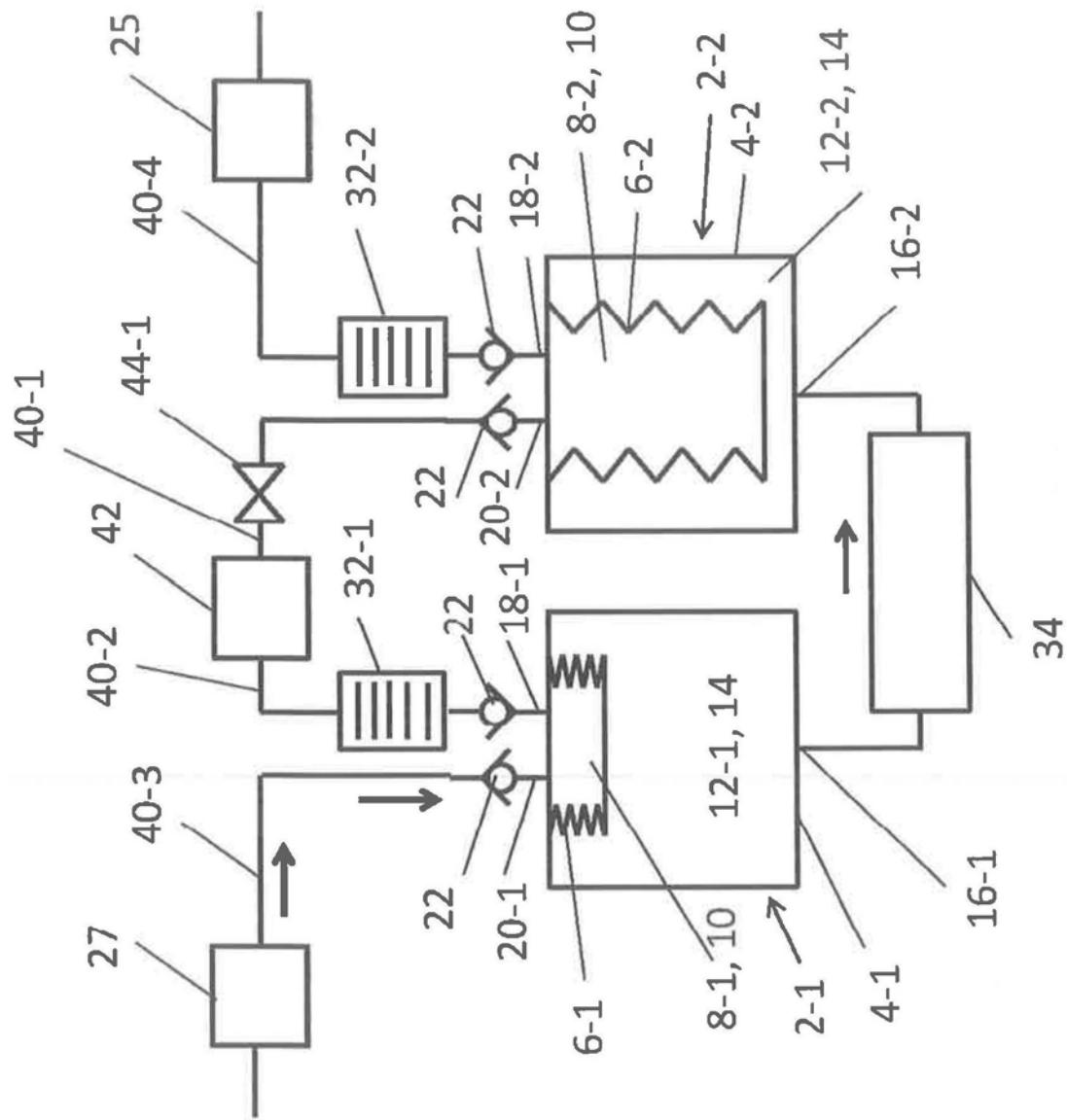


图4a

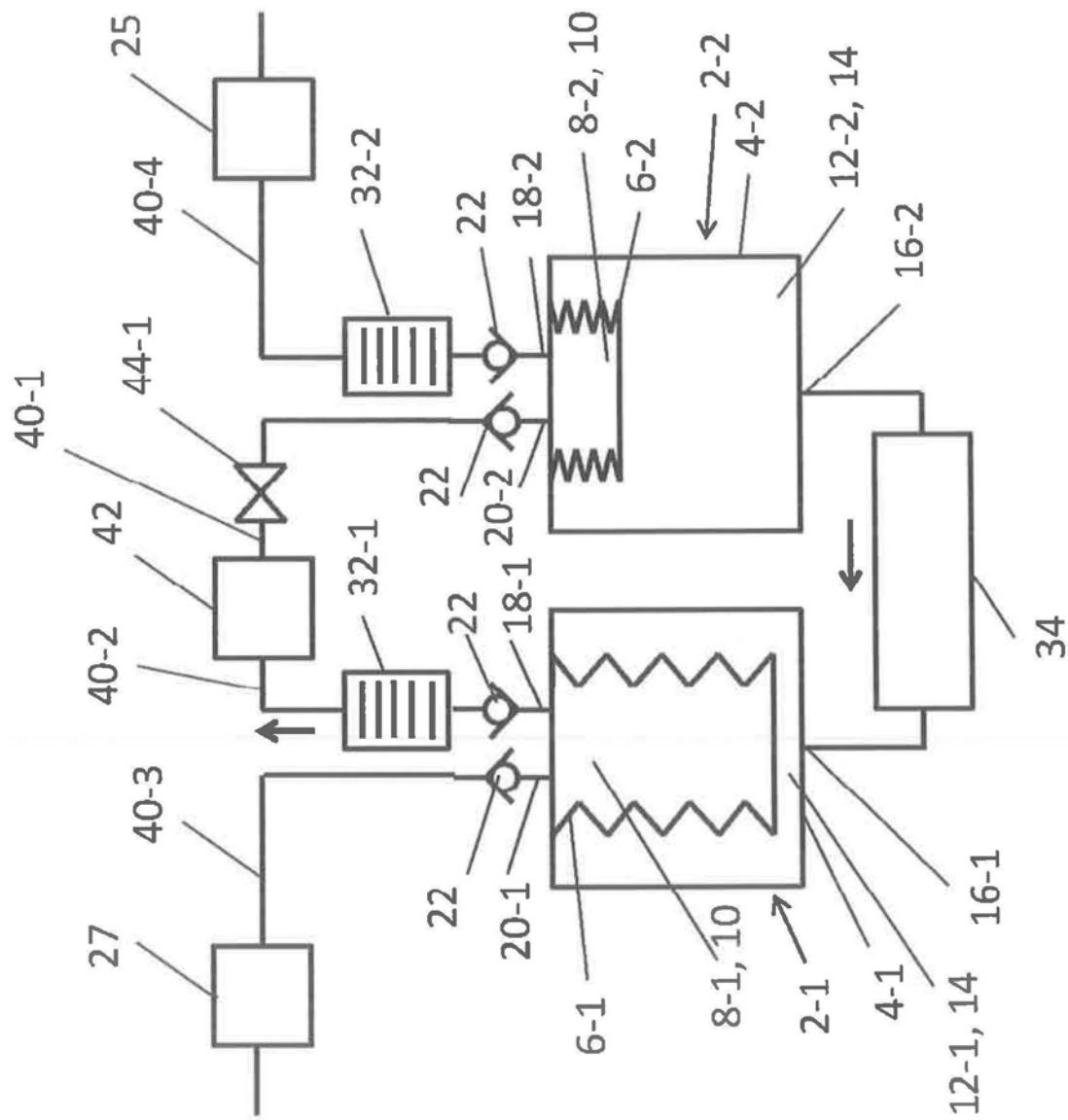


图4b

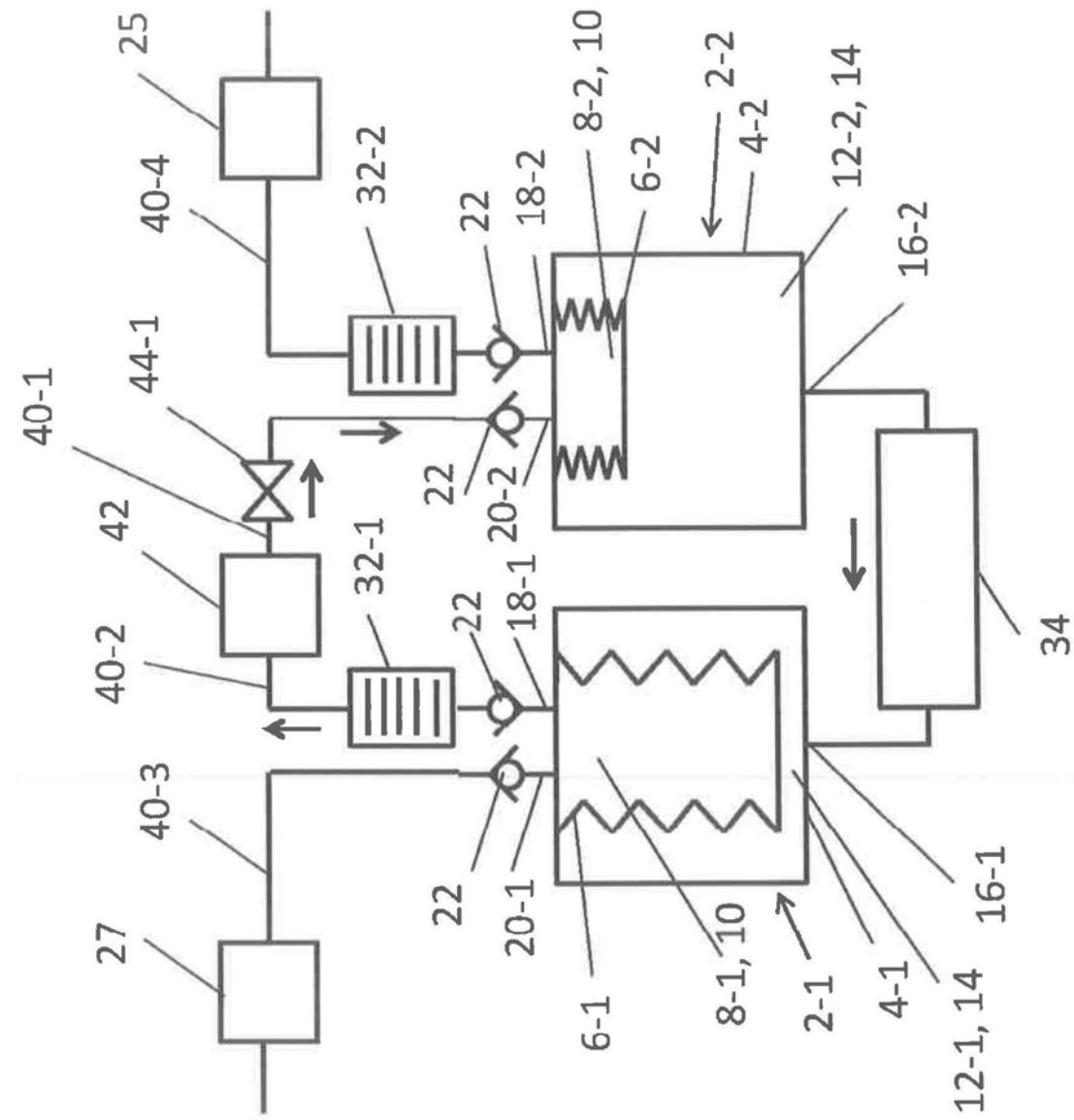


图4c

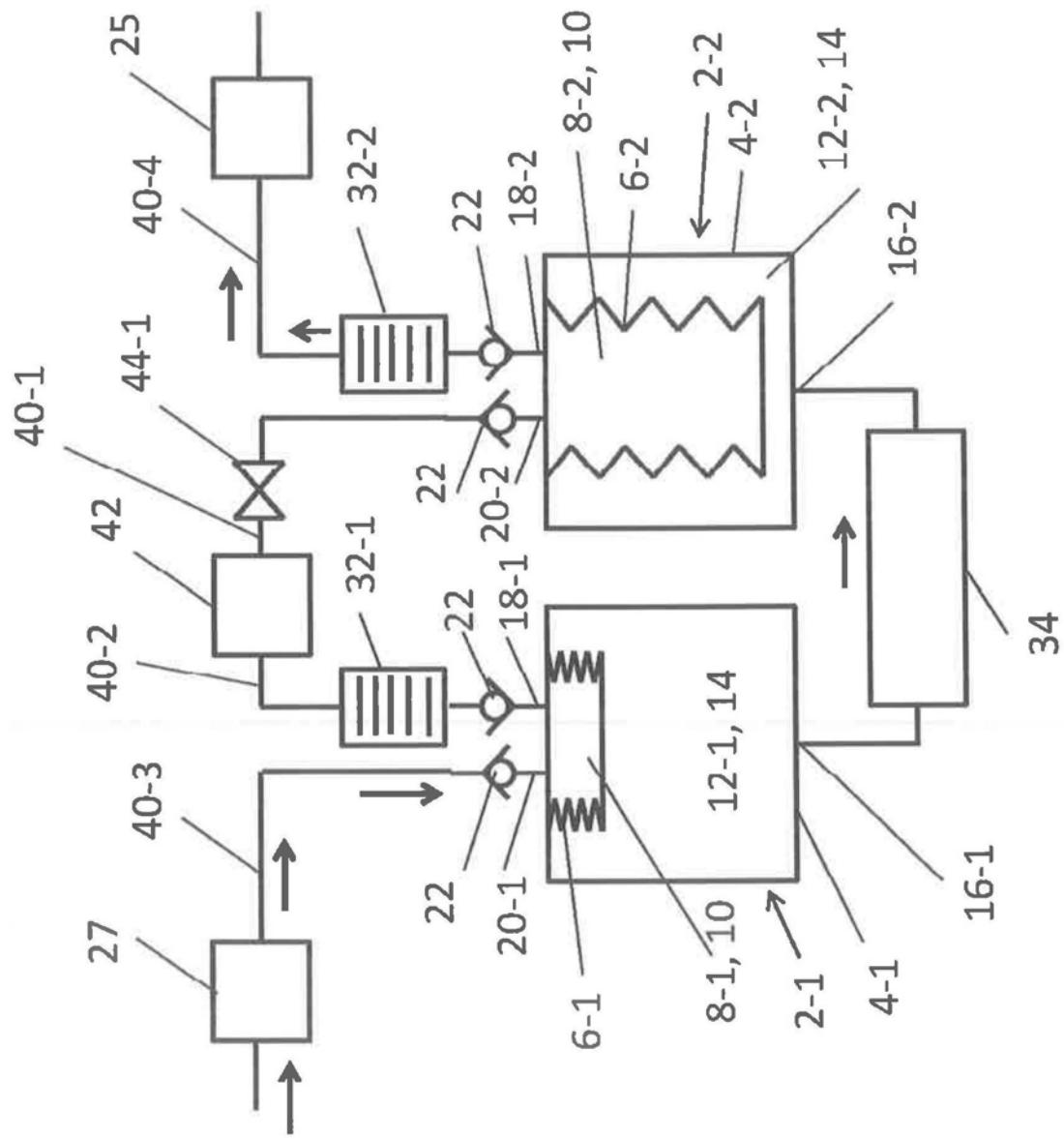


图4d

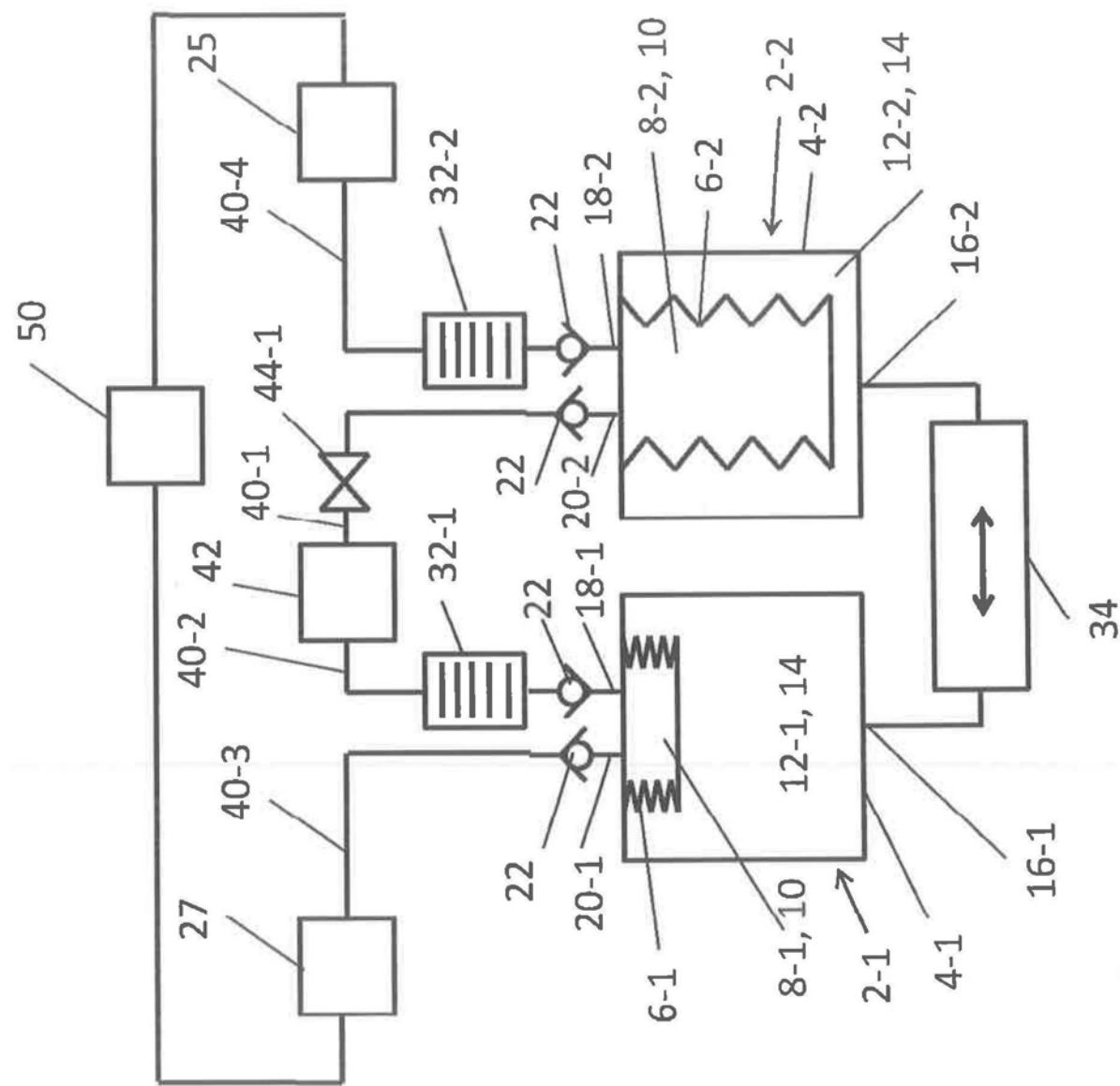


图5