(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103857914 B
(45)授权公告日 2017.05.24

(21)申请号 201280035580.7
(22)申请日 2012.05.18
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103857914 A
(43)申请公布日 2014.06.11
(30)优先权数据
11250542.5 2011.05.20 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.01.17
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2012/059249 2012.05.18
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/159985 EN 2012.11.29

(73)专利权人 英国石油勘探运作有限公司
地址 英国米德尔塞克斯郡
(72)发明人 M.J.丹尼
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 肖日松 傅永霄

(51)Int.Cl.
F04C 28/12(2006.01)
F04C 28/26(2006.01)
F04C 14/02(2006.01)
F04C 28/02(2006.01)
F04C 18/16(2006.01)

审查员 柳旭

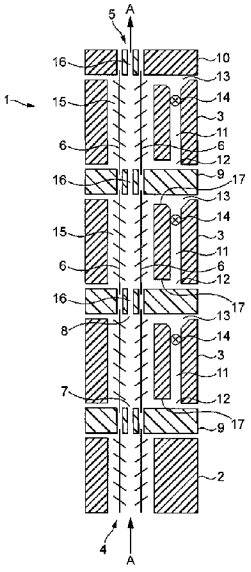
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

多级泵组件和将流体从第一位置泵送到第二位置的方法

(57)摘要

本发明提供一种泵，包括泵入口、泵出口、至少两个带螺纹转子和压力控制阀，压力控制阀能够控制流体从泵出口再循环到泵入口。压力控制阀可为控制阀。本发明还提供一种多级泵组件，包括串联布置的至少两个泵，其中，泵中的至少一个是前面提到的泵。



CN 103857914 B

1.一种多级泵组件，包括串联布置的至少两个泵，其中，至少第二泵和各个随后的泵包括泵入口、泵出口、至少两个带螺纹转子和压力控制阀，所述压力控制阀能够控制流体从所述泵出口再循环到所述泵入口，且其中，所述压力控制阀适于控制通过其中的流体流的速率，使所述速率与由使用中的泵所泵送的流体的气体-液体比成比例。

2.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，所述压力控制阀是适于逐渐和不断地调节该阀的开启程度的控制阀。

3.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，进一步包括将所述泵出口连接到所述泵入口上的管道，并且再循环流体可在使用中流过所述管道。

4.根据权利要求3所述的组件，其特征在于，所述压力控制阀完全或部分地位于所述管道内，或者在所述管道的一端或另一端附近。

5.根据权利要求3所述的组件，其特征在于，进一步包括在所述泵出口中的凹部，以允许液体而非气体在使用中从所述带螺纹转子位于其中的封罩流到所述管道。

6.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，所述压力控制阀是如下压力控制阀：其响应所述泵出口和所述泵入口之间的绝对压差，使得当所述泵出口和所述泵入口之间的所述绝对压差达到阈值水平时，所述阀容许流体流过其中。

7.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，所述压力控制阀是如下压力控制阀：其响应所述泵出口处的压力与所述泵入口处的压力之间的比，使得当所述泵出口处的压力与所述泵入口处的压力之间的所述比达到阈值时，所述阀容许流体流过其中。

8.根据权利要求7所述的组件，其特征在于，所述阀包括具有入口面和出口面的活塞，所述入口面的表面积大于所述出口面的表面积，并且所述入口面的面积与所述出口面的面积之间的比规定所述泵出口处的压力与所述泵入口处的压力之间的阈值比。

9.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，所述压力控制阀是如下压力控制阀：其响应所述泵的出口和入口之间的压差(dP_{stage})与第一压力和第二压力之间的压差($dP_{assembly}$)之间的比，在使用中，它们被传送到所述阀，使得当dP_{stage}和$dP_{assembly}$之间的所述比达到阈值时，所述阀容许流体流过其中。

10.根据权利要求9所述的组件，其特征在于，所述阀包括具有端面和两个室的活塞，一个室适于与多级泵组件的进口流体连通，所述进口处于所述第二压力，而另一个室适于与所述多级泵组件的排出口流体连通，所述排出口处于所述第一压力，使得在使用中，对应于所述多级泵组件的进口压力和排出口压力的所述室中的压力分别对抗所述泵的入口压力和出口压力，其中，所述端面的表面积与所述室的横截面面积的比规定所述阀将容许流体以其流动的阈值比。

11.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，各个泵具有相同扫过体积。

12.根据权利要求1所述的组件，其特征在于，从串联的第一泵到最后的泵的各个泵的扫过体积减小。

13.一种将流体从第一位置泵送到第二位置的方法，包括：提供多级泵组件，所述多级泵组件具有串联的两个或更多个泵，其中，第二泵和各个随后的泵适于经由压力控制阀使流体从其出口再循环到其入口；将所述多级泵组件的进口端定位在所述第一位置处或所述第一位置附近；启动所述多级泵组件，以将所述流体从所述第一位置泵送到所述第二位置；以及使流体从所述第二泵和各个随后的泵的出口再循环到入口，其中，所述压力控制阀适

于控制通过其中的流体流的速率，使所述速率与由使用中的泵所泵送的流体的气体-液体比成比例。

多级泵组件和将流体从第一位置泵送到第二位置的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及特别是用于在诸如油气井的井中使用的多级旋转螺杆泵组件。

背景技术

[0002] 在油气生产行业中，有时使用泵来协助从井中产生流体是合乎需要的。例如，在旧井周围的地层中的压力可能不足以将地层流体提升到表面。在另一种情形中，可将重流体引入到井中，以使地层流体停止在井中向上流动。为了使井恢复生产，必须使用泵来从井中提升“压井”重流体。

[0003] 诸如双螺杆泵或三螺杆泵的旋转螺杆泵是正移位泵，其使用旋转螺杆来对流体加压。旋转螺杆泵因其泵送多相流体的能力而闻名。

[0004] 另外，已知为了产生高压差，可对泵构造多个泵送级。总的泵压差是单独的级压差的总和。类似地，可对压缩机构造多个压缩机级，以便在气体中产生高压。多级泵一般具有扫过体积相等的泵送级，然而多级压缩机一般具有扫过体积减小的压缩级。扫过体积表示在例如多个螺杆泵的情况下，在螺杆完整地旋转一次期间从级排出口排出的流体的体积。多级泵和多级压缩机之间存在区别，这是因为液体是几乎不可压缩的，然而气体是可压缩的。

[0005] 在US 6413065中公开了一种多级双螺杆泵。该文献提出了多级井下泵，其具有串联连接的多个双螺杆泵送模块。

[0006] US 7093665公开了另一种井下多级双螺杆泵。该文献讨论了关于US 6413065中描述的泵组件的问题。据说，在流体中的液体含量低，气体含量高的情况下，存在的液体量不足以有效地密封螺杆螺纹和转子壳体之间的间隙。因此，泵无法保持横跨泵的压差，并且泵损失效率。

[0007] 接着，US 7093665公开了一种使诸如US 6413065中描述的井下泵的井下泵适合在气体含量高的井中使用的方法。在一个实施例中，提供液阱和补充液体通道，以捕捉多级双螺杆泵的出口附近的液体的一部分，并且使其回到多级双螺杆泵的进口。照这样，可加强双重泵送螺杆周围的液体密封。

[0008] 在我们的未决的国际专利申请WO 2010/092320中还描述了一种多级泵组件。在该组件中，提供了多个构件，其包括多个预组装泵模块，该多个预组装泵模块包括至少一个双螺杆泵模块。还提供了用于容纳构件的伸长套管，以及可与伸长套管的一部分附连或接合的固定器件。固定器件能够操作来将构件不动地固持在套管内。

[0009] 这些泵布置未解决当使用该类型的泵在多相流体中产生高压(这在油气井泵送应用中通常是合乎需要的)时引起的又一个问题。由于气体的可压缩性，流体从多级泵组件中的一个泵级输送到随后的泵级所处的速率小于随后的泵试图将流体抽吸到其进口中所处的速率。因此，最后的泵级开始“吸”前面的泵级，并且横跨最后的泵级的压差增大。实际上，横跨泵级的压差从第一泵到最后的泵增大。

[0010] 在泵的最后一级中发生高比例的压力生产。因此，泵的该区域可变得极其热，从而

缩小运行间隙，并且有卡住的风险。因此，当泵送流体中的气体百分比高时，多级旋转螺杆泵变得效率非常低。

[0011] 现有技术的泵不解决该问题，并且因此可遭受当泵送流体为多相流体时，最后的泵级执行功中的大部分所引起的过热和卡住的问题。

[0012] 多级泵可设计得更像压缩机，其级的扫过体积逐渐减少。这种多级泵将针对特定的气体-液体比来修整其级。为了说明这一点，考虑在100℃下产生流体且具有以下成分的油井：

[0013] 油：2000 bbls/天(318 m^3/天)

[0014] 水：2000 bbls/天(318 m^3/天)

[0015] 气体：1000 bbls/天(159 m^3/天)。

[0016] 考虑四级泵组件，其具有以下压力要求：

[0017] 进口压力：1000 psig(6.89 MPa)

[0018] 排出口压力：3000 psig(20.7 MPa)。

[0019] 为了在泵组件的四个级之间分摊功，各个级将必须对流体加压500 psig(3.45 MPa)(忽略液压马力的流体收缩作用)。为此，多级泵将必须具有扫过体积为下者的级：

[0020] 级1

[0021] 总进口体积：5000 bbls/天(795 m^3/天)

[0022] 假设通过泵有可忽略的温升，液体是不可压缩的，并且气体相当于理想气体。因此，对于气体分数：

[0023] 进口压力=1000 psig(6.89 MPa)=1014.7 psia(7.00 MPa绝对压力)

[0024] 进入气体体积=1000 bbls/天(159 m^3/天)

[0025] 排出口压力=1500 psig(10.3 MPa)=1514.7 psia(10.4 MPa绝对压力)，

[0026] 排出气体体积=1014.7×1000/1514.7=669.9 bbls/天(107 m^3/天)

[0027] 总排出体积=4669.9 bbls/天(742 m^3/天)(即，液体加排出气体)

[0028] 级2

[0029] 总进口体积=4669.6 bbls/天(742 m^3/天)

[0030] 进口压力=1500 psig(10.3 MPa)=1514.7 psia(10.4 MPa)

[0031] 进入气体体积=669.9 bbls/天(107 m^3/天)

[0032] 排出口压力=2000 psig(13.8 MPa)=2014.7 psia(13.9 MPa)

[0033] 排出气体体积=1514.7×669.9/2014.7=503.6 bbls/天(80.1 m^3/天)

[0034] 总排出体积=4503.6 bbls/天(716 m^3/天)

[0035] 级3

[0036] 总进口体积=4503.6 bbls/天(716 m^3/天)

[0037] 进口压力=2000 psig(13.8 MPa)=2014.7 psia(13.9 MPa)

[0038] 进入气体体积=503.6 bbls/天(80.1 m^3/天)

[0039] 排出口压力=2500 psig(17.2 MPa)=2514.7 psia(17.3 MPa)

[0040] 排出气体体积=2014.7×503.6/2514.7=403.5 bbls/天(64.2 m^3/天)

[0041] 总排出体积=4403.5 bbls/天(700 m^3/天)

[0042] 级4

[0043] 总进口体积=4403.5 bbls/天(700 m^3/天)

[0044] 进口压力=2500 psig(17.2 MPa)=2514.7 psia(17.3 MPa)

[0045] 进入气体体积=403.5 bbls/天(64.2 m^3/天)

[0046] 排出口压力=3000 psig(20.7 MPa)

[0047] 排出气体体积=2514.7×403.5/3014.7=336.6 bbls/天(53.5 m^3/天)

[0048] 总排出体积=4336.6 bbls/天(689 m^3/天)

[0049] 因此,对于这些井流体和泵送条件,完全匹配的泵将需要扫过体积为下者的转子组:

[0050] 第一级:5000.0 bbls/天(795 m^3/天)

[0051] 第二级:4669.6 bbls/天(742 m^3/天)

[0052] 第三级:4503.6 bbls/天(716 m^3/天)

[0053] 第四级:4403.5 bbls/天(700 m^3/天)

[0054] 在该示例中,气体仅构成进入泵进口中的总流体体积的20%,并且压力升高较适中,但理想扫过转子体积差大于第一级与最后的级之间的10%。这突出了气体-液体比可具有的显著影响。

[0055] 但是,关于针对泵级具有减少的扫过体积的多级泵组件,存在重要问题,这是因为如果井流体气体-液体比改变,则泵级快速变得与气体-液体比失配。如果气体的体积增加,则遍及泵的各个级试图抽吸比前面的级可输送的更多的流体。后面的级有效地吸前面的级,并且前面的级因此可贡献较少有效功。这与上面针对恒定体积多级泵所描述的情形相同。另一方面,如果气体的体积减小,则从最初的级排出的流体体积将高于随后的级提取的流体体积。在级之间的流体的压力将快速上升,从而使泵以液压的方式锁定或释放壳体或密封件。

[0056] 当从含有地下烃的地层中泵出流体时,与用来对多相流体加压的多级泵相关联的该问题特别难以解决,这是因为烃液体是挥发性的,其包含处于溶解状态的气体,并且取决于存贮器的压力,该烃液体可进一步包含一定比例的游离气体。实际上,烃存贮器可最初产生作为液体的油,但随着生产继续,以及存贮器的压力低到“起泡点”之下,该烃存贮器后来将使油气混合物流动。每个油田以及油田内的每个井将具有独特的属性,这取决于烃流体本身和存贮器中的空间点和序时点处的流体压力。为了使泵中连续的级的扫过体积与给定时间点处的单独的井的流体属性匹配,将需要几乎无限数量的转子大小,以及不切实际的次数的井干预,以使泵变成更适合当前条件的泵。

[0057] US 5779451描述了当使用常规的单个旋转螺杆泵来泵送具有高气体分数的流体时遇到的问题。其解释了可由于缺乏冷却液体,以及横跨螺杆的最后螺纹产生较大量的热而发生了过热和卡住。该文献教导了一种改进的双螺杆泵,其用于对高气体分数的入口流提供大量增压。泵包括壳体,该壳体具有内部转子封罩和多个转子,转子封罩具有入口和出口,该多个转子可操作地包含在封罩中。各个转子具有轴和附于其上的多个螺纹,转子在形状上设置成沿着各个转子的长度提供不均匀的体积输送速率。在一个实施例中,转子具有多个带螺纹泵送级,该多个带螺纹泵送级被无螺纹的非泵送室分开。各个泵送级的螺纹可具有不同的螺杆轮廓,以提供从转子封罩的入口到出口逐渐降低的入口体积输送速率。据说,该布置可以以改进的功率效率且在没有卡住的情况下泵送气体-液体比高的流体。

[0058] 该文献进一步教导了用以允许泵泵送不可压缩的流体的修改。为了容纳不可压缩的流体，级间室中的各个可连接到泵的出口上，并且可连接到蓄压器上。因此，过剩液体可泄放到出口或蓄压器。止回阀阻止从出口到室的逆流。室和出口之间的连接可使它们中的泵将流体推送到出口。

[0059] GB 2299832教导了一种类似于US 5779451中描述的布置的布置。在单个泵壳体中的单个转子上提供两组螺纹。在两组螺纹之间提供具有卸压阀的泄放端口，以减轻只要泵送流体的空隙分数变成零就出现的液体体积和压力的尖峰。泄放流体可被丢弃，排到贮槽进行重复利用，直接再循环到泵的入口，或者以别的方式处理。

[0060] 这些公开都没有解决上面讨论的多级旋转螺杆泵中的功分配不均匀的问题。

[0061] 因此存在矛盾，这是因为虽然单个级旋转螺杆泵可用于泵送多相流体是众所周知的，但多级螺杆泵不适合泵送多相流体，这是因为无法在泵的各种级之间均匀地分配功。

[0062] 出于这些原因，用于提取烃的泵典型地是不固定各个级的体积容量的多级离心泵，或者具有单个级的正移位泵。该方法避免了需要在遍及泵的各个级处遇到的条件下使泵的扫过体积与泵送流体体积匹配。

[0063] 但是，离心泵和单级泵不是没有问题。特别地，离心泵不能够处理游离气体百分比高的流体，这是因为气体在它们的叶轮的毂内积聚，从而使泵失去原动力且形成气穴，这种状况通常被描述成气锁。单级旋转螺杆泵无法高效地形成从深处的含烃地层中泵送流体所需的高压。因此，至今，大多数双螺杆多相泵用于需要仅相对低增压的表面应用中。

[0064] 仍然需要可用来更可靠且高效地泵送多相流体的泵组件。

发明内容

[0065] 根据本发明的第一方面，一种泵包括泵入口、泵出口、至少两个带螺纹转子和压力控制阀，压力控制阀能够控制流体从泵出口再循环到泵入口。带螺纹转子可使流体从泵入口移动到泵出口。

[0066] 根据本发明的第二方面，一种多级泵组件包括串联布置的至少两个泵，泵中的至少一个是本发明的第一方面的泵。

[0067] 对于给定的泵，经由通过压力控制阀使流体(即，泵送通过泵的流体的一部分)从泵出口再循环到泵入口，可控制横跨泵的压差。根据公式：

[0068] 液压功率=质量流率×压力增加量(公式1)，

[0069] 可看到，可从而控制那个泵产生的功率，这是因为质量流率是固定的(假设典型的双螺杆泵具有不可弯曲的实心互相配合转子)。

[0070] 在泵是多级泵组件的一部分的情况下，通过使流体从其出口再循环到其入口来控制泵产生的功率可使横跨前面的泵的压差增大。因此，由前面的那个泵产生的功率从而增加。

[0071] 因此，通过使流体从多级泵组件中的泵中的一些或所有的泵出口再循环到泵入口，多级泵组件所做的功可横跨泵更均匀地分配。

[0072] 使加压流体从泵出口再循环到泵入口导致牺牲一些能量，并且因此，从表面上看，多级泵组件似乎不那么高效。因此，本发明的泵和多级泵组件看起来可能是倒退步骤。但是，已经发现，通过如上面描述地使流体再循环，可完成改进的多级泵组件，这是因为可在

不使组件中的最后的泵超载的情况下产生较高的压力。而且，多级泵组件的可靠性明显提高。这是因为前面的泵被迫对多级泵组件所做的总功作出更多贡献(并且可能同样取决于流体成分)，其中，常规上它们所做的贡献较少。因而，在多级泵组件中的所有泵之间分摊功的负担。

[0073] 另外，可针对对它们施加的负载来优化单独的构件的设计，这是因为功和负载由阀的压力设定控制。

[0074] 优选地，压力控制阀能够控制流体流过其中的速率。压力控制阀适于控制流体流的速率，使该速率与流体的气体-液体比成比例。

[0075] 压力控制阀优选为控制阀。如本领域中众所周知的，控制阀是设计成通过调节阀从100%闭合到100%开启的任何地方开启的程度来控制流体的流的阀。控制阀可逐渐和不断地调节阀的开启程度。相比之下，隔离阀(诸如菌形阀、闸门阀、球形阀和舌形阀)基本上设计成卸压阀，由此阀完全闭合或完全开启。在完全开启位置，隔离阀可使压力快速降低到期望水平，在该点处，它们回到完全闭合位置。隔离阀未设计成控制阀开启到100%闭合和100%开启之间的任何程度。

[0076] 控制阀的示例是针阀、套管阀和蝶形阀。针阀具有渐缩针/锥形针，该渐缩针/锥形针位于渐缩阀座/锥形阀座内部，并且与其配合，以闭合阀。在针从阀座退出时，流径开启。流径的宽度在针从阀座退出时增加。套管阀具有可相对于彼此沿轴向移动的两个同心套管。各个套管具有孔口，并且孔口的交迭程度可通过套管的相对轴向移动而改变。孔口中的一个可具有增大的宽度，以便对于给定量的相对轴向移动，对孔口交迭提供增大的速率。

[0077] 在图3中描绘适当的套管阀的示例。外部套管具有长方形孔口。内部套管(以虚线显示)位于外部套管内部，并且具有弯曲孔口，从而导致流率非线性地提高，如图4所示。换句话说，在孔口最初交迭时容许有低流率，但流率在压差和因此交迭增大时快速增大。

[0078] 控制阀可避免阀颤动，并且促进形成的泵级间压力的稳定性。因此，通过使用控制阀，根据本发明的包括多个泵的多级泵组件可快速响应，并且可迅速达到均衡状态，在该均衡状态中，各个阀开启到适当的程度，以优化各种泵之中的功分配。因而对被泵送的流体的气体-液体比实现稳态。

[0079] 套管阀具有另外的好处：它们可为自洁式，这可在可包含固体颗粒(诸如砂)的井环境中特别有用。

[0080] 本发明的第一方面的泵可进一步包括将泵出口连接到泵入口上的管道。再循环流体可流过管道。压力控制阀可与管道相关联，以便选择性地允许流体通过管道从泵出口流到泵入口。压力控制阀可完全或部分地位于管道内，或者位于管道的一端或另一端附近。

[0081] 在一个实施例中，多级泵组件中的至少第二泵和各个随后的泵根据本发明的第一方面。在该情况下，第一泵可或可不根据本发明的第一方面。认为第一泵在多级泵组件的进口端(即，最低压力侧)处。之后认为最后的泵在多级泵组件的排出端(即，最高压力侧)处。

[0082] 这种多级泵组件可有利地用来泵送成分从100%液体到高气体-液体比改变的流体，这是因为液体可从各种泵的泵出口再循环到泵入口，从而使功更均匀地分配在泵之间。

[0083] 上面描述的多级泵组件的泵中的各个可具有相同扫过体积。

[0084] 备选地，各个泵的扫过体积可从串联的第一泵到最后的泵(即，从多级泵组件的进口端到排出端)减少。该布置也被称为“渐缩”泵组件，并且类似于上面描述的用于压缩气体

的布置。扫过体积沿着一系列泵减少允许针对具有预计多级泵组件将遇到的特定流体成分(即,特定的气体-液体比)的最佳操作来修整多级泵组件。但是,通过如上面陈述地对再循环流体提供阀,渐缩多级泵组件也可高效地处理与预计的特定成分有所不同的流体成分。

[0085] 例如,通过对串联的至少第二泵和各个随后的泵提供根据本发明的第一方面的泵,对于大于针对其来修整锥度的气体-液体比的气体-液体比,渐缩多级泵组件可有效地操作。预期串联的第一泵可为常规泵,诸如常规旋转螺杆泵。但是,其还可为根据本发明的第一方面的泵。

[0086] 在另一个示例中,多级泵组件中的至少倒数第二个泵和各个前面的泵根据本发明的第一方面。这在扫过体积从串联的第一泵到最后的泵减少的情况下特别有用。串联的最后的泵可或可不根据本发明的第一方面。在该示例中,可处理如下气体-液体比:其小于针对其来修整多级泵组件的扫过体积的气体-液体比。

[0087] 本发明的第二方面的特别有用的实施例是如下实施例:其中,多级泵组件的所有泵根据本发明的第一方面,并且其中,各个泵的扫过体积从串联的第一泵到最后的泵减少。可针对在使用中很可能遇到的流体成分来修整/优化这种泵的锥度,但在流体成分改变(永久或短期)的情况下,泵也可非常有效地处理具有较高和较低的气体-液体比的流体成分。

[0088] 压力控制阀可为如下压力控制阀:其响应泵出口与泵入口之间的绝对压差。换句话说,当泵出口与泵入口之间的绝对压差达到阈值水平时,阀容许流体流过其中。用于启动阀的阈值水平典型地近似相同,但其对于多级泵组件中的各个泵可为不同的。在优选示例中,阈值水平可近似等于或正好大于待由多级泵组件获得的总增压除以多级泵组件中的泵数量(即,“级”的数量)。总增压表示横跨多级泵组件的压差。

[0089] 在多级泵组件中的各个泵包括这种阀的情况下,可由多级泵组件实现的总泵送压力将必然被所有压力控制阀的操作限制。可通过使用常规泵作为串联的第一泵来防止这一点。因为流体不围绕第一泵再循环,所以第一泵将在气体-液体比增大时仅仅做更多功,从而容许获得较大的总泵送压力。

[0090] 备选地,压力控制阀可为如下压力控制阀:其响应泵出口处的压力与泵入口处的压力之间的比。换句话说,当泵出口处的压力与泵入口处的压力之间的比达到阈值时,阀容许流体流过其中。可使用阀来实现这一点,该阀包括具有入口面和出口面的活塞。在使用中,入口面暴露于泵入口压力,而出口面暴露于泵出口压力。入口面的表面积大于出口面的表面积,并且入口面的面积与出口面的面积之间的比规定泵出口处的压力与泵入口处的压力之间的阈值比。利用这种布置,可实现横跨多级泵组件中的泵的功均匀分配,而不限制可由组件获得的总泵送压力。

[0091] 泵出口处的压力与泵入口处的压力之间的阈值比对于组件中的各个泵可为不同的。典型地,为了在泵之间均匀地分配功,多级泵组件中的泵的阈值比从多级泵组件的进口到多级泵组件的排出口减小。

[0092] 例如,考虑具有四个泵级的多级泵组件。对于进口压力“4P”,为了对每级实现升压“P”,级的压力比必须是:1.25:1(第一级);1.2:1(第二级);1.17:1(第三级);1.14:1(第四级)(基于进口压力4P、来自第一泵的出口压力5P、来自第二泵的出口压力6P、来自第三泵的出口压力7P,以及来自第四泵的出口压力8P)。

[0093] 该布置可适合以合理精度了解底部孔压力(即,井底处的压力)和井生产力的情

况，这是因为泵/各个泵的比随流体属性和绝对泵进口压力(进而与流动的底部孔压力有关)改变。

[0094] 在特别有用的实施例中，压力控制阀可为如下压力控制阀：其响应泵级的出口和入口之间的压差(dP_{stage})与整个多级泵组件的排出口和进口之间的压差($dP_{assembly}$)之间的比，换句话说，当dP_{stage}和$dP_{assembly}$之间的比达到阈值时，阀容许流体流过其中。可使用阀来实现这一点，该阀包括活塞，该活塞具有在使用中暴露于泵入口压力的入口面和在使用中暴露于泵出口压力的出口面，以及两个室，一个室与多级泵组件的进口流体连通，而另一个室与多级泵组件的排出口连通，使得室中的对应于多级泵组件的进口压力和排出口压力的压力分别对抗泵的入口压力和出口压力。入口面或出口面的表面积与室中的一个的横截面面积的比规定阀将容许流体以其流动的阈值。

[0095] 利用这种布置，在不知道底部孔压力如何的情况下横跨所有泵均匀地分配功是可行的。

[0096] 阀可包括促动器和阀元件，阀元件是阀的提供流体流径的那部分，由此促动器可促动阀元件，以控制通过阀元件的流体流。促动器和阀元件可集成，或者可在远处。上面描述的实施例中的活塞可形成促动器的至少一部分。

[0097] 多级泵组件的阀可为双向阀，以使泵组件可在两个方向上操作。这在管线泵送或水气交替(WAG)喷射操作中可为有用的，该水气交替喷射操作是高级油回收技术，其中，水喷射和气体喷射是交替的。

[0098] 阀不必完全匹配预期流体属性，这是因为通过使阀开启压力灵敏，再循环流体的体积可不断改变。

[0099] 泵或各个泵优选适合优先地在使用中允许液体而非气体传送通过压力控制阀。照这样，从泵出口再循环到泵入口的流体主要或全部是液体，然而流体中存在的气体中的大部分或全部传送到串联的下一个泵级。已经发现，如果与液体和气体的混合物相反，再循环流体是液体，则最小化已经被一个或多个泵加压的再循环流体引起的效率降低。

[0100] 优先地，允许液体而非气体传送通过使用中的阀可经由凹部来实现，液体在重力作用下流到该凹部中。例如，凹部可将转子封罩的出口连接到管道上，用于使流体再循环，旋转螺杆位于该转子封罩中。

[0101] 管道可形成为泵的一部分。例如，管道可延伸通过泵的本体，或者沿着泵的外部延伸。备选地，管道可与泵分开，使得管道可以可移除地连接成与泵的入口和出口流体连通。

[0102] 根据本发明的第三方面，一种将流体从第一位置泵送到第二位置的方法包括：提供多级泵组件，其具有串联的两个或更多个泵，其中，泵中的至少一个适于使流体从其出口再循环到其入口；将多级泵组件的进口端定位在第一位置处或其附近；启动多级泵组件，以将流体从第一位置泵送到第二位置；以及使流体从所述至少一个泵的出口再循环到入口。可控制流体的再循环，使其与流体的气体-液体比成比例。泵可为本发明的第一方面的泵。

附图说明

[0103] 现在将参照附图仅以示例的方式描述本发明，其中：

[0104] 图1是多级双螺杆泵组件的示意图；

[0105] 图2是从形成图1的多级泵组件的泵中的一个的上面的视图；

[0106] 图3是套管阀的示意图；

[0107] 图4是显示图3中显示的典型套管阀的流率-压差的图表；

[0108] 图5是可在图1中显示的泵中使用的另一个阀的示意图；

[0109] 图6是可在图1中显示的泵中使用的又一个阀的示意图；

[0110] 图7是本发明的第二实施例的示意图；

[0111] 图8是本发明的另一个实施例的示意图；

[0112] 图9是本发明的另一个实施例的示意图。

具体实施方式

[0113] 可在图1中看到根据本发明的第二方面的多级泵组件1。多级泵组件1适合沿箭头“A”标记的方向泵送多相流体。可理解的是，该多级泵组件可用来提升来自井的流体。

[0114] 多级泵组件1包括串联的四个泵2、3。串联的第一泵2(“第一”，因为其在多级泵组件的进口端4处)是本领域中已知的常规旋转螺杆泵。第二、第三和第四泵3根据本发明的第一方面。第四泵被称为串联的最后的泵，这是因为其在多级泵组件1的排出端5处。

[0115] 各个泵2、3具有两个带螺纹转子6，两个带螺纹转子6位于转子室15中，用于将流体从特定的泵的入口7推送到出口8。虽然图1中描绘了两个转子(即，双螺杆布置)，但可改为使用其它数量的转子，诸如三个(三螺杆布置)或更多。而且，虽然图1(和后面的图)描绘了一对转子沿一个方向推送流体，但可行的是，各个泵包括相对的成对转子，使得被吸到各个泵的入口中的流体分成两个流，各个流被推送通过成对转子中的一个，并且接着在泵的出口前面重新结合，如US 6413065中描述的。

[0116] 已知在多级旋转螺杆泵组件中包括一个或多个额外的单元，诸如与泵级中的各个相关联的单元(例如在泵级之间)。例如，这些单元可包括齿轮模块、间隔件单元、密封单元或气室等。在该示例中，描绘了单个间隔件单元9在各个泵之间，单个间隔件单元9将推送力(drive)从一个泵传送到下一个泵，并且齿轮模块10位于多级泵组件的排出端5处。虽然未详细显示，但间隔件单元9和齿轮模块10当然具有通过其中的管道16，以允许流体从一个泵传送到下一个泵。但是，可不必在泵级之间提供任何单元，这取决于旋转螺杆泵的性质。旋转螺杆泵的确切设计以及是否需要任何相关联的单元对本领域技术人员将是显而易见的，并且不是本发明的主题。

[0117] 根据本发明的各个泵包括与泵入口7和泵出口8流体连通的管道11。特别地，管道11的一端12开向泵入口7，而管道11的另一端13开向泵出口8。如图1中描绘以及图2中的俯视图显示的，泵的端面中的通道17将泵入口7和泵出口8连接到管道11上。

[0118] 压力控制阀14定位在管道11中，但阀14实际上可位于管道11的任一端12、13处或其附近。理想地，以及如显示的，当多级泵组件1如使用时沿竖向布置时，阀14的入口布置在泵出口8下面。

[0119] 阀14是图3中显示的套管阀。套管阀包括外部套管18和同轴地定位在外部套管18内的内部套管19。外部套管18形成有通过其中的长方形(忽略套管的曲率作用)孔口20。内部套管19也形成有孔口21，孔口21具有弯曲边缘22。如本领域中已知的，在遍及弹簧(未显示)的压差不足时，弹簧将阀偏置到闭合位置。

[0120] 在遍及阀14的压力增大时，内部套管19进一步移动到外部套管18中，并且孔口20、

21在更大程度上交迭。利用套管的交迭增加，更大的流体体积可流过阀。在图4中描绘了体积流率(V)与遍及阀的压差(dP)的比较。

[0121] 在使用中，在多级泵组件安装在井中之前，用多级泵组件待获得的总增压除以串联的泵的数量，以获得压力控制阀14的阈值压力。接着，将阀的阈值压力设定成该值。备选地，将阈值压力设定成略微高于计算出的值。例如，如果该多级泵组件(包括四个泵级)需要的增压为2000psi(13.8MPa)，则可将各个压力控制阀14的阈值压力设定成550psi(3.79MPa)(即，略微高于2000/4)。接着，可将泵安装在井中。

[0122] 在井中的流体全部是液体的情况下，泵如常规双螺杆多级泵组件操作。特别地，在各个级处相等地对液体加压，并且因此，横跨各个泵级的压差为大约500psi(3.45MPa)。因此，阀不开启。

[0123] 但是，在流体包括气体的情况下，串联的最后的泵开始比其它泵执行更多功，并且横跨该泵的压差增大。如果横跨最后的泵的压差大于压力控制阀14的阈值压力，则阀14将开启，并且流体(主要是液体)将通过管道11从泵的出口8再循环到最后的泵的入口7。

[0124] 通过使液体再循环回到最后的泵的入口，横跨第三泵的压差增大。由于第三泵的流率不变，故可从上面的公式1看出，这意味着使第三泵组件做更多功(功率提高)。另外，横跨第三泵的压差增大使第三泵的阀开启，从而容许液体再循环回到第三泵的入口。

[0125] 进而，使第二泵的阀开启，以及使液体再循环到第二泵的入口。

[0126] 因此，第三泵、第二泵和第一泵中的各个被迫做更多功，并且更有效地有助于多级泵组件获得增压。

[0127] 将理解的是，横跨第一泵2的压差也将增大。但是，在该实施例中，由于第一泵2是常规双螺杆泵，故泵将只是被迫做更多功。

[0128] 在实践中，最后的泵、第三泵和第二泵3中的各个的阀14一个接一个地快速开启到不同程度，以允许液体横跨或绕着泵再循环，从而建立均衡的压力分布。如果气体与液体的比随着时间的推移增大，则泵3之间所需的体积差将增大，从而使阀14进一步开启，容许更大体积的液体再循环(参见图2)。

[0129] 因此，可看到，本发明的泵组件自动调整阀的开启，以均匀地分配组件中的各个泵所做的功。另外，泵组件自动且不断地响应于被泵送的流体成分的变化。

[0130] 在另一个实施例中，串联的第一泵也可根据本发明的第一方面。在该情况下，液体可从第一泵的出口再循环到入口，从而控制横跨第一泵的压差，并且因此控制第一泵所做的功。虽然这可确保第一泵的寿命，但其将控制多级泵组件可实现的最大功率。

[0131] 图5示出可在本发明中使用的另一个阀。图5的阀14包括具有入口面24和出口面25的活塞23。入口面24是在使用中暴露于泵入口压力的面，而出口面25是在使用中暴露于泵出口压力的面。入口面24的表面积大于出口面25的表面积。通道26延伸通过活塞，以容许流体流过阀。通道26的出口27可在形状上设置成容许变化的流体流率，这类似于图2中的孔口21。

[0132] 将认识到的是，图5中的活塞23用作用以控制通道26的开启的促动器。由于通道延伸通过活塞，故促动器与阀的提供流体流径的那个部分(阀元件)集成。但是，促动器在阀的提供流体流径的那个部分远处的同时仍然促动和控制其是可行的。

[0133] 压力控制阀14响应于泵出口(其在活塞的出口面25上起作用)处的压力和泵入口

(其在活塞的入口面24上起作用)处的压力之间的比。当泵出口处的压力和泵入口处的压力之间的比达到阈值时,阀容许流体流过其中。阈值对应于入口面24的表面积和出口面25的表面积之间的比。

[0134] 入口面24的表面积和出口面25的表面积之间的比从串联的第一泵到最后的泵减小,以使各个泵级可添加近似相同的压力。例如,如果期望各个泵级应使流体压力增大大约500psi(3.45MPa),以及认为应使底部孔压力增大大约750psi(5.17MPa),则第一泵级的入口面24的表面积和出口面25的表面积之间的比为大约1.67;对于第二泵级,比为大约1.4;对于第三泵级,比为大约1.29;并且对于最后的泵级,比为大约1.22。

[0135] 使用该类型的阀,多级泵组件可获得的总泵送压力不以当各个泵包括图2中描绘的类型的阀时的上面提到的方式受限制。

[0136] 在图6中描绘可在本发明中使用的阀14的又一个示例。该阀包括活塞28,活塞28具有端面29、轴30和两个室31、32。室中的一个31与多级泵组件1的进口4流体连通,而另一个室32与多级泵组件1的排出口5连通。通过阀侧壁的端口34允许室31、32与多级泵组件1的进口4和排出口5流体连通。

[0137] 可从图中理解的是,室31、32是围绕活塞28的轴33的环形。将进一步理解的是,室31中的对应于多级泵组件的进口压力的压力对抗泵级的入口压力。类似地,室32中的对应于多级泵组件的排出口压力的压力对抗泵级的出口压力。

[0138] 如同图5中显示的阀一样,阀可备选地在结构上设置成使得活塞在流体流径远处。

[0139] 活塞的端面29的表面积与室31、32的横截面面积的比规定阈值比。当泵级的出口和入口之间的压差(dP_{stage})与整个多级泵组件的排出口和进口之间的压差($dP_{assembly}$)的比达到阈值比时,阀将容许流体流过其中。

[0140] 为了设定多级泵组件(包括“n”个泵)的比,端面29的表面积与室31、32的横截面面积的比为n:1。因此,在多级泵组件(诸如图1中显示的具有4个泵级的多级泵组件)中,活塞28的端面29的表面积应当大约四倍于室31、32的横截面面积。

[0141] 对于具有给定活塞端面29表面积的阀,端面29表面积和室31、32横截面面积之间的比可通过改变活塞的轴30的直径而改变。

[0142] 利用这种布置,在不知道底部孔压力的情况下横跨所有泵分配功是可行的。虽然已经描述了室31、32为环形,并且这是有利的,但也可使用其它形状的室。室31、32的功能是使得能够在整体上基于横跨单独的泵的压差与多泵组件的压差的比来促动图6的阀。例如,在包括串联布置的多个单独的泵的多级泵组件中,单独的泵的入口可通过流体旁路联接到那个单独的泵的出口上,该流体旁路布置成使得流体能够从那个单独的泵的出口再循环到其入口。流体旁路典型地包括控制阀,该控制阀构造成基于横跨单独的泵的压降(例如单独的泵的出口与其入口之间的压差)来控制再循环。还可基于多级泵的入口和多级泵的出口之间的压力来控制控制阀。这使得例如控制阀能够通过单独的泵的流体旁路基于横跨单独的泵的压降与横跨多级泵组件的压降的比来控制再循环。可通过提供从多级泵组件的出口/入口进入控制阀中的流体联接件,或者通过其它手段,例如通过控制阀的电子控制器,来如上面描述地实现这一点。

[0143] 图7显示类似于图1中显示的多级双螺杆泵组件的多级双螺杆泵组件的另一个示例,并且因此,相同标记指示相同部件。图7中显示的多级双螺杆泵组件由四个泵组成。各个

泵都是常规双螺杆泵2。第二泵、第三泵和第四泵均进一步包括入口转接器40和出口转接器41，它们经由管道42(诸如管)彼此相连。可看到管道42在常规双螺杆泵2的外部。压力控制阀14定位在各个管道42中，但其还可定位在管道42的入口或出口处。

[0144] 因此，可看到常规双螺杆泵可用来产生根据本发明的泵。

[0145] 入口/出口转接器40、41是可连接到常规双螺杆泵的入口7/出口8上且具有用于容纳流体的室的单元。流体从常规泵2的出口排到相邻出口转接器41中，以使流体可传递到串联中的下一个泵组件。根据本发明，当横跨常规双螺杆泵2的压力使阀开启时，流体中的一些可再循环到入口转接器40。阀可为上面描述的阀中的任一个。管道42在底部附近连接到相应的出口转接器41内部的室上，以使室可用作小型隔箱，从而使得液体能够优选地再循环到入口转接器40。

[0146] 照这样，可使用常规旋转螺杆泵来构建多级泵组件。

[0147] 图8显示本发明的另一个实施例，其中，常规旋转螺杆泵用来形成根据本发明的泵和多级泵组件。再次，相同附图标记指示相同部件。

[0148] 在该实施例中，不是在常规的第二泵、第三泵和第四泵的入口和出口附近对常规泵提供入口和出口转接器，而是仅提供出口转接器45。出口转接器45联接到常规双螺杆泵2中的各个的出口8上，以使流体从泵输送到出口转接器内部的室。

[0149] 各个出口转接器45还经由管道46连接到相邻泵组件的出口转接器45上。如可从图中看到的，管道46是具有用于各个出口转接器45的连接点47的单个管道。压力控制阀14定位在管道46中，以分开各个连接点。

[0150] 在被泵送的流体是100%的液体时，阀14保持闭合。

[0151] 但是，如在上面关于图1所描述的第一示例中，如果流体中存在气体，则横跨最后的泵的压差将增大，从而使位于第四泵组件和第三泵组件的出口转接器45之间的阀14开启。流体将从最后的泵组件的出口转接器45流动，并且进入管道46中。由于第三泵组件的出口转接器45与第四泵组件的入口流体连通，故那个出口转接器中的压力低于在管道46中再循环的流体的压力，并且因此，流体将流到第三泵组件的出口转接器中。

[0152] 进而，横跨串联的第三泵的压差增大，并且对应的阀开启，以使液体再循环，对于第二泵和第一泵也是如此。在实践中，阀开启，并且几乎立刻达到均衡。

[0153] 可理解的是，出口转接器45、阀14和管道46的该布置可与常规双螺杆泵一起使用，以形成根据本发明的泵和多级泵组件。

[0154] 在备选布置中，管道46可不是单个管道。相反地，可存在连接相邻出口转接器45的独立管道。在该情况下，出口转接器连接到第二泵组件和第三泵组件的出口上，第二泵组件和第三泵组件均具有连接到其上的两个管道；一个管道将加压流体馈送到出口转接器中，而另一个管道使流体停止再循环。

[0155] 图9显示渐缩的多级双螺杆泵组件。泵组件包括扫过体积从进口端4到排出端5减少的四个泵。可如本领域中众所周知地实现扫过体积减少。例如，转子上的螺纹的节距可从进口端到排出端减小。

[0156] 各个泵根据本发明的第一方面构建，这是因为泵具有管道11和压力控制阀14，以选择性地允许流体从相应的泵的出口再循环到入口。因此，这些泵类似于上面关于图1所描述的那些泵，除了它们形成渐缩泵组件。因此，相同附图标记指示相同部件。

[0157] 在使用中，在本行业中众所周知的是，可针对特定的气体-液体比特别地设计渐缩泵。因此，如本领域技术人员已知地选择四个泵中的各个的扫过体积，以使多级泵可处理预先限定的气体-液体比。如果在使用中，遇到的流体的气体-液体比增大到预先限定的比之上，则泵以与上面参照图1所描述的相同的方式操作。特别地，阀开启，并且使流体再循环到相应的泵入口。

[0158] 如果气体-液体比降低到预先限定的比之下，则第一泵将过多流体输送到第二泵，第二泵将过多流体输送到第三组件等。横跨泵的压差因此增大，并且因此阀开启，并且使液体从相应的出口再循环到相应的入口。但是，与上面讨论的相反，在该情况下，第一泵的阀首先反应，接着是随后的泵的阀。但是再次，实际上，阀随后相对快地开启。

[0159] 该实施例可为有用的示例是通过将重“压井流体”(主要是液体)喷射到井中来压井的情况。可了解到，井典型地产生具有特定的气体-液体比的流体。可针对那个气体-液体比来修整根据本发明的渐缩多级泵组件。虽然针对井流体的普通成分来优化泵，但当期望使井重新操作时，泵仍然能够从井中泵出重压井流体，这是因为流体可如上面描述地再循环。特别地，对于当压井流体将被泵出时的时期，气体-液体比低于泵被修整的比。过多流体被输送到随后的泵。液体将首先从第一泵的出口再循环到入口，接着再循环到串联的随后的泵。

[0160] 可看到上面描述的渐缩泵可高效地泵送多种多样的气体-液体比。

[0161] 将理解的是，上面参照实施例中的一个所描述的特征可与其它实施例结合起来使用。而且，变型对本领域技术人员将是显而易见的，例如图9中显示的渐缩泵可包括第一级或最后一级中的常规双螺杆泵，而非本发明的泵，以便处理分别比针对其来设计渐缩泵的气体-液体比更多或更少的气体。而且，可在泵组件的实施例中的任一个中使用描述的阀中的任一个。

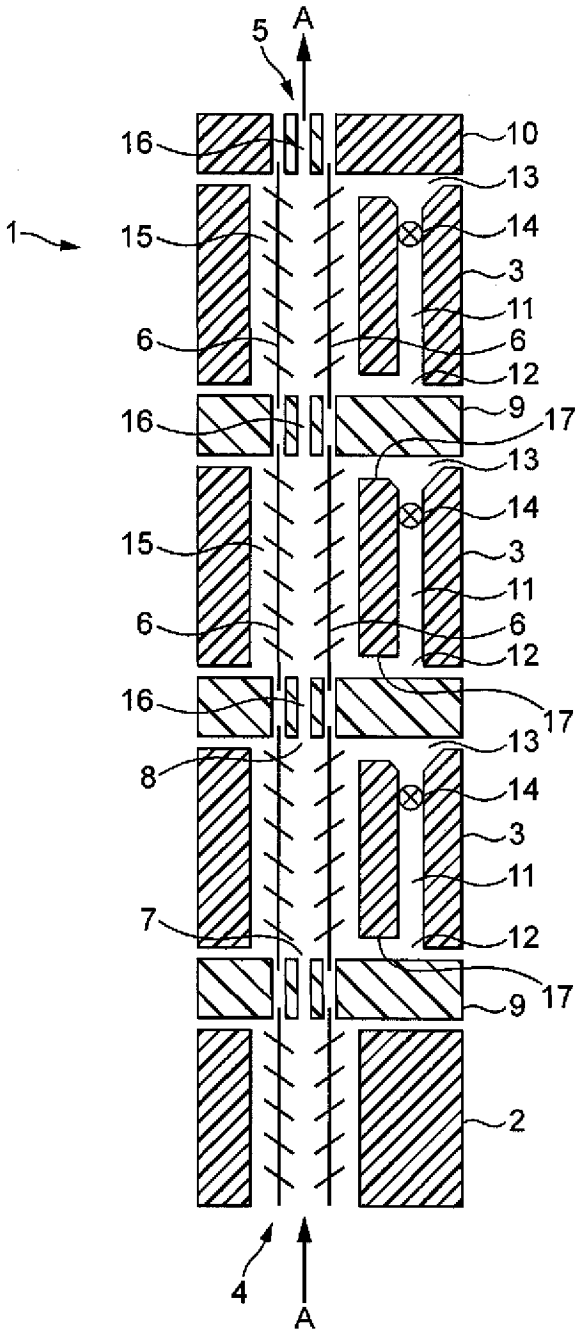

5
A
16
10
13
1
15
14
3
11
6
6
12
16
9
17
13
15
14
3
11
6
6
12
16
17
13
8
14
3
11
7
12
17
9
2
4
A

图 1

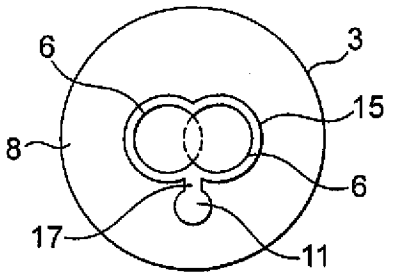

6
3
15
8
6
17
11

图 2

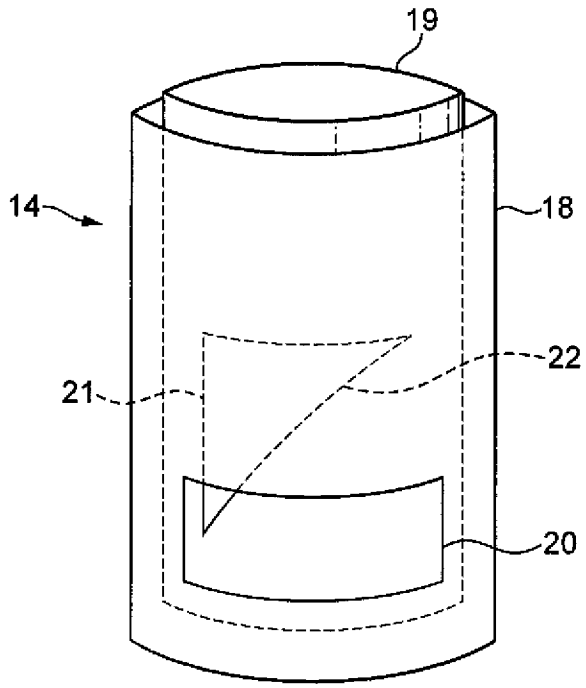


图 3

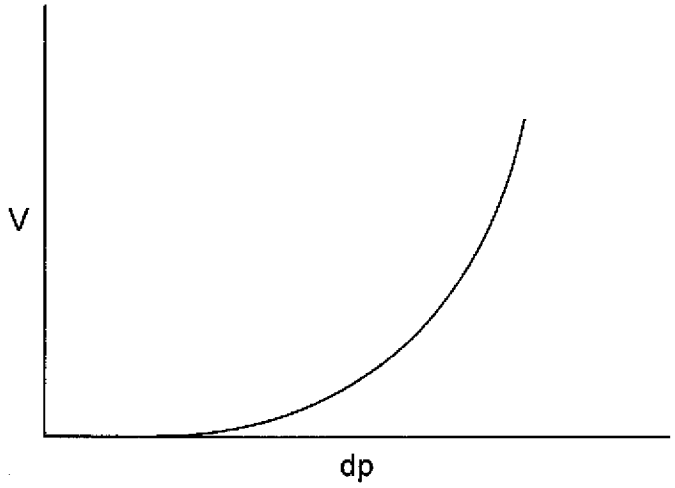


图 4

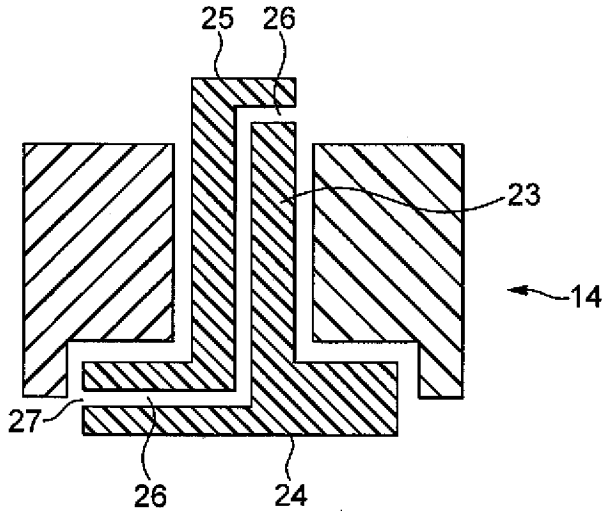


图 5

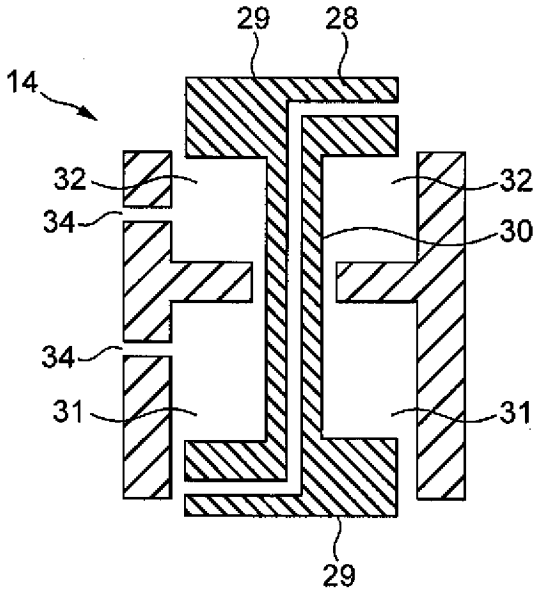


图 6

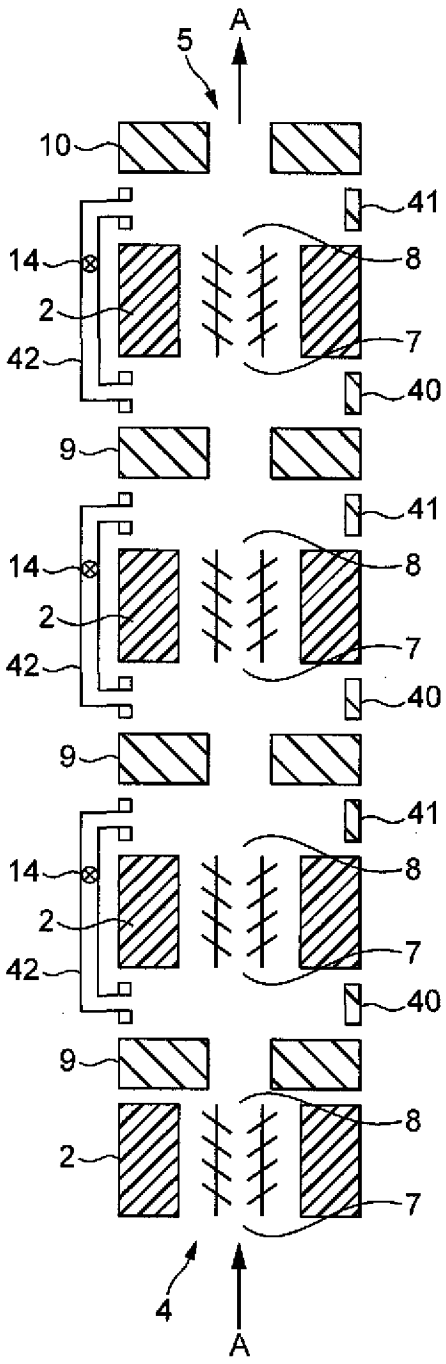

A
5
10
41
14
8
2
7
42
40
9
41
14
8
2
7
42
40
9
41
14
8
2
7
42
40
9
8
2
7
4
A

图 7

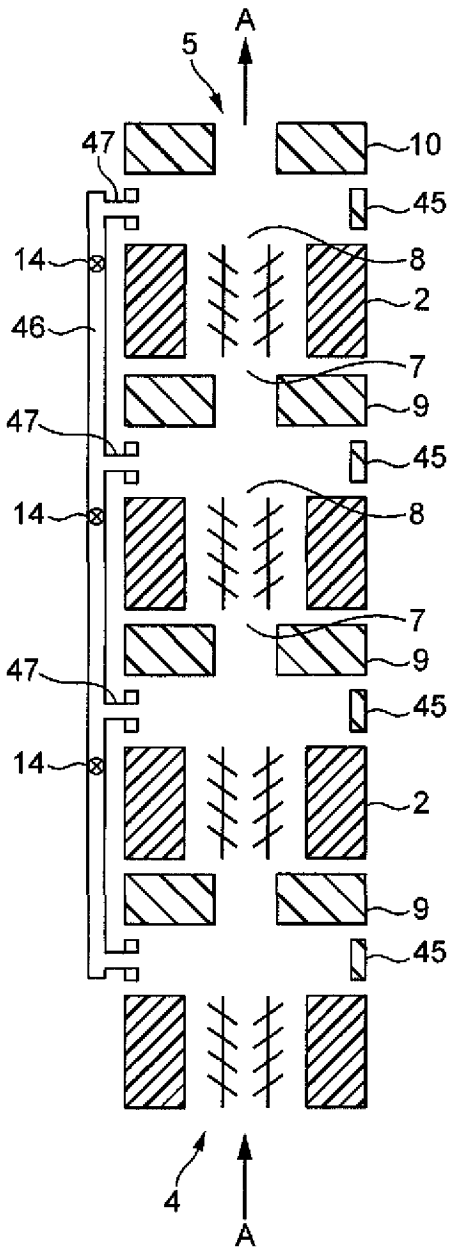

A
5
47
10
45
14
8
46
2
7
9
47
45
14
8
7
9
47
45
14
2
9
45
4
A

图 8

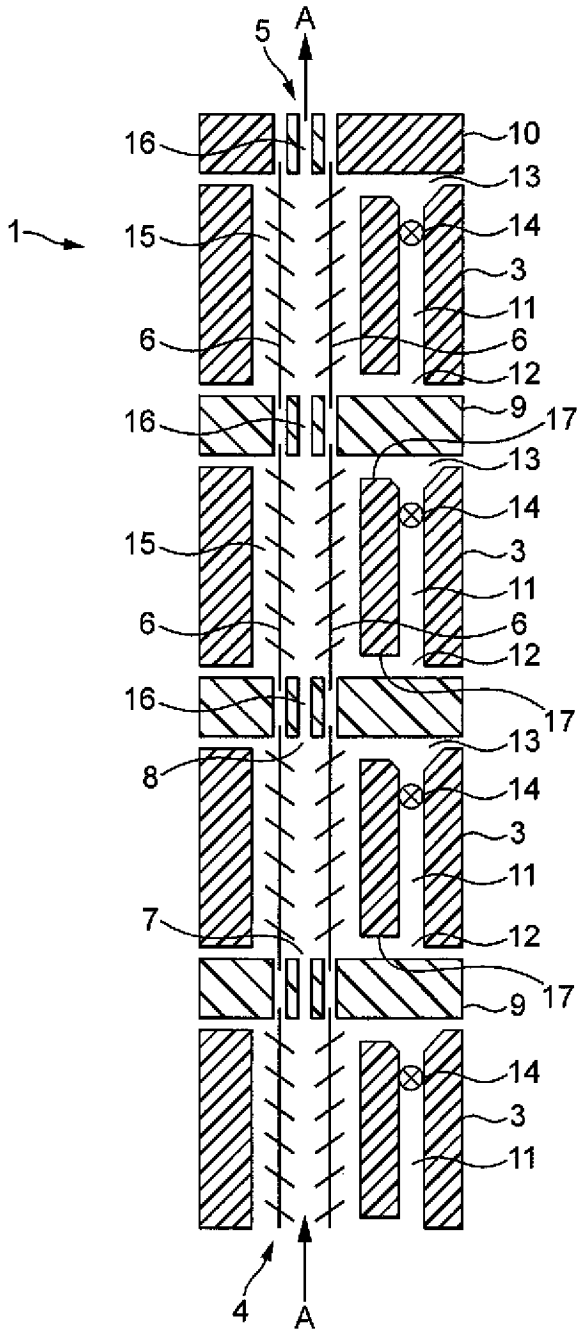

5
A
16
10
13
1
15
14
3
11
6
6
12
16
9
17
13
14
15
3
11
6
6
12
16
17
13
8
14
3
11
7
12
17
9
14
3
11
4
A

图 9