

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B01D 53/32

B01D 69/08



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00819361.4

[43] 公开日 2003 年 10 月 22 日

[11] 公开号 CN 1450930A

[22] 申请日 2000.3.23 [21] 申请号 00819361.4

[86] 国际申请 PCT/EP00/02588 2000.3.23

[87] 国际公布 WO01/70375 德 2001.9.27

[85] 进入国家阶段日期 2002.9.23

[71] 申请人 W·L·戈尔有限公司

地址 德国茨芬布伦

[72] 发明人 A·基勒 C·比尔

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

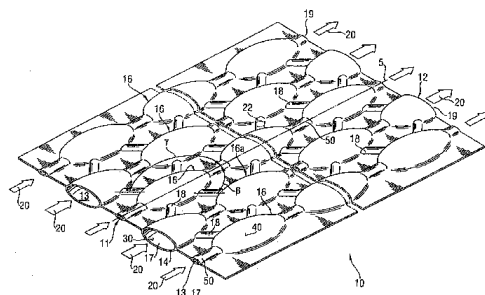
代理人 朱黎明

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 6 页

[54] 发明名称 软管装置

[57] 摘要

本发明在至少两种流体之间进行质量传递用的软管装置 10 具有许多彼此相邻排列并由可渗透材料制成的软管 16。软管 16 用于装有至少一种自第一软管装置末端 11 流过至第二软管装置末端 12 的流体 20，每根软管 16 具有自软管入口 17 伸展至软管出口 19 的纵轴 5。连接部件 18 排列在至少两个相邻软管 16 之间，并与软管 16 的纵轴 5 形成一角度而连接到软管 16，该连接部件还具有所述至少一种流体 20 能够流过的连接截面 22。使用所述连接部件 18 可以明显提高在具有所述结构，即所述软管及其排列的软管装置 10 内的质量传递。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种软管装置(10)，它具有第一软管装置末端(11)和第二软管装置末端(12)，并有多根彼此相邻排列并由可渗透材料制成的软管(16)，所述每根
5 软管(16)具有自软管入口(17)伸展至软管出口(19)的纵轴(5)，所述软管装置(10)具有连接部件(18)，该连接部件(18)排列在至少在两根相邻软管(16)之间，并与软管(16)的纵轴(5)形成一定角度连接到软管(16)上。

2. 如权利要求1所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)在软管(16)之间排列成与纵轴(5)形成20-160°的角度。

10 3. 如权利要求1所述的软管装置(10)，其中所述的软管(16)用于容纳至少一种流体(20)，该流体(20)自软管装置第一末端(11)经软管(16)流至软管装置第二末端(12)。

4. 如权利要求1所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)具有一个至少一种流体(20)能够流过的连接部件的截面(22)。

15 5. 如权利要求1所述的软管装置(10)，其中所述的每根软管(16)的软管截面(13)，具有重复的软管截面缩小段(50)。

6. 如权利要求5所述的软管装置(10)，其中所述的软管(16)在软管截面的两个缩小段(50)之间呈球形。

20 7. 如权利要求5所述的软管装置(10)，其中所述软管(16)在软管截面的两个缩小段(50)之间呈双凸透镜形。

8. 如权利要求5所述的软管装置(10)，其中所述软管(16)具有周期性重复的软管截面缩小段(50)。

9. 如权利要求5所述的软管装置(10)，其中所述的软管截面缩小段(50)形成软管(16)内的收缩区。

25 10. 如权利要求5所述的软管装置(10)，其中所述的软管截面缩小段(50)形成排列在软管(16)的截面(13)内的障碍物。

11. 如权利要求5所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)排列在软管截面缩小段(50)的区域内。

30 12. 如权利要求1所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)与软管(16)的材料结构相同。

13. 如权利要求1所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)彼此

的间距是重复的。

14. 如权利要求 13 所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)彼此的间距是周期性重复的。

15. 如权利要求 13 所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)彼此的间距至少为 1mm。

16. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述的软管(16)的内径为 0.1-5mm。

17. 如权利要求 16 所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)的内径至少为软管(16)内径的 10%。

18. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述的软管(16)是中空纤维。

19. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述的连接部件(18)是中空纤维。

20. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述的可渗透材料是透气的。

21. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述的可渗透材料不透液体。

22. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述的软管(16)具有许多叠压的膜层。

23. 如权利要求 22 所述的软管装置(10)，其中至少一层所述的膜层选自这样的物质：聚酯、聚酰胺、聚烯烃，包括聚乙烯和聚丙烯、聚氯乙烯、聚酮、聚砜、聚碳酸酯、含氟聚合物，例如聚四氟乙烯(PTFE)和聚 1,1-二氟乙烯、聚丙烯酸酯、聚氨酯、共聚醚酯和共聚醚酰胺。

24. 如权利要求 23 所述的软管装置，其中所述至少一层膜层由膨胀聚四氟乙烯(ePTFE)制成。

25. 如权利要求 3 所述的软管装置(10)，其中所述的至少一种流体(20)是气体、蒸气或液体。

26. 如权利要求 4 所述的软管装置(10)，其中所述的至少一种流体(20)是气体、蒸气或液体。

27. 如权利要求 1 所述的软管装置(10)，其中所述软管(16)具有内表面(30)和外表面(40)，其中一个表面上具有对气体有选择性的涂层(26)。

28. 一种软管组合体(60)，它具有如权利要求 1-27 中至少一项所述的软管装置(10)，用于在至少一种在软管(16)和连接部件(18)中流动的第一流体(20)与至少一种流经软管 16 周围的第二流体(22)之间进行物质传递。

29. 一种如权利要求 1-27 中至少一项所述的软管装置(10)在软管组合体
5 (60)中的用途，用于在至少一种在软管(16)和连接部件(18)中流动的第一流体(20)与至少一种流经软管(16)周围的第二流体(22)之间进行热交换。

30. 一种制造软管装置(10)的方法，它包括以下步骤：

- (a) 提供至少两个平整带(32, 34)，
- (b) 提供至少两个具有辊压表面的有槽轧辊(36, 38)，
- 10 (c) 将所述至少两个平整带(32, 34)一同喂入所述至少两个有槽轧辊(36, 38)之间的辊隙(35)，
- (d) 在辊隙(35)内提供静止状态的排列成彼此平行并有一定间距的丝(42)，所述丝与辊子表面上刻出的相应槽子(45)啮合，
- (e) 在辊隙(35)内将平整带(32, 34)压合起来，
- 15 (f) 从静止丝(42)上拉伸脱除已经叠压起来的平整带(32, 34)。

31. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述至少一个平整带(32, 34)由至少一个平整膜带(32)组成。

32. 如权利要求 31 所述的方法，其中所述至少一个平整膜带(32)由膨胀聚四氟乙烯(ePTFE)组成。

20 33. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述多个平整带(32, 34)是连续叠压在一起的。

34. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述叠压的平整带(32, 34)在步骤(d)后通过烧结浴(50)。

25 35. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述叠压的平整带(32, 34)在步骤(e)后通过热空气装置。

36. 如权利要求 30 所述的方法，其中所述步骤(c)进行时提供热量和/或粘合剂。

软管装置

5 技术领域

本发明涉及一种在至少两种流体之间进行质量传递的软管装置，以及该装置的制造方法。

背景技术

10 对于液/液、气/气或气/液质量传递体系，已知的是采用软管组合体，它具有许多软管，例如膜式软管或膜式中空纤维。所述膜式组合体的一个优点是在小空间内具有大的传质表面积。因此就可以制成体积小、重量轻的传质组合体。

具有上述性能的组合体用于例如超过滤和微过滤和气体分离。

15 气体分离理解为是从气流中分离并脱除一种或多种气体组分。这种分离的一个具体例子是废气的净化，以便例如从发电厂或天然气的废气中分离二氧化碳。

在已知的软管组合体中，许多软管以不透气和不透液体的方式固定于外壳的两个端板之间，进行传质的流体例如液体在软管中流过。所述软管排列
20 在外壳内，另一种流体例如气体在外壳内流过。这另一种流体可以沿轴向或径向在软管外流过。

在常规的软管组合体中，软管在组合体外壳内以单根形式或成束形式排列。经进一步的开发，单个形式软管就被软管装置所取代了。

具有上述性能的膜式软管装置在 EP-B-0677321(Witzko, Grunsteudel)中
25 有描述。这种膜式软管装置包括许多软管，所述软管彼此相邻排列在一个平面内，而且彼此通过织物连接。所述织物用作软管之间的间隔物。所述膜式软管优选包含两层叠压的微孔膨胀 PTFE(聚四氟乙烯)膜。软管内径为 0.1-2mm。在一个实施方式中，软管具有气体选择性的涂层。

所有这些传质体系的一个共同特征是，要从流体中分离的组分流入第二
30 种流体，被第二种流体吸收。在该操作中，要从第一种流体中分离的组分传

质给第二种流体，第二种流体就富含该组分。

一种从气体相分离气态物质例如二氧化碳的已知方法是气/液分离方法。在该分离方法中，吸收液体在软管组合体的软管中流过，要分离的气体混合物沿软管的外表面输送。在该方法中，二氧化碳扩散透过软管壁，被吸收液体吸收，并被带出软管装置外面。

软管装置例如上述通过实施例描述的膜式软管装置，存在着吸收液体以层流方式在软管中流过的缺点。由于层流的缘故，就在膜式软管壁的内表面上形成吸收液体的静止层(边界层)。直接来自于气体相的二氧化碳流入该静止层内，使该处吸收液体富含二氧化碳。对气体例如二氧化碳的吸收导致静止层内吸收液体的粘度不成比例地增大，致使吸收液体在该处不流动。因此，静止层就变得越来越厚。在这些区域内，由于饱和的吸收液体几乎不能再吸收二氧化碳分子，同时也不能很快流出软管以便为新鲜吸收液体腾出空间，所以这些区域吸收二氧化碳的能力就下降。因此，质量传递就下降，膜式软管装置内二氧化碳的质量交换也下降，只能从气体混合物中吸收较少的二氧化碳。

由于质量传递尤其还依赖于吸收液体内已吸收的二氧化碳的量，就有必要将膜式软管内的吸收液体混合。吸收液体的混合能够使其中的二氧化碳含量均匀分布在软管的整个截面上，因此能够使富含二氧化碳的吸收液体很快排出。

为了改善质量传递，已经开发了有截面缩小段的软管。为了达到此目的，将膜式软管的截面以规则的间隔缩小。这可以通过收缩软管截面或在软管截面上装以障碍物来实现。这就使得层流在截面缩小的区域内可以充分混合。问题是仅改变截面不能满意地改善质量传递。另一方面，截面缩小伴随着软管长度上压力降的增大，而这会对软管装置的总效率产生不利影响。再一方面，如果使用的是小截面的膜式软管或中空纤维，截面缩小几乎是不可能实现的。此外，为了改善质量传递，软管装置可以进行振动。但是，该方法也没有取得多大成功。

发明内容

本发明在上述已存在的问题基础上进行了研究，其目的是提供一种软管装置，在其中流过的液体或气体以这样的方式混合，使得软管内表面上不会

形成静止的边界层。

本发明的另一个目的是提高软管壁内表面处的质量传递，目的是增大流过其中的液体或气体对组分的吸收量，例如该吸收液体对气体组分例如二氧化碳的吸收量。

- 5 此外，本发明的再一个目的是制成比常规软管组合体重量更轻、尺寸更小的软管组合体，同时达到同样或提高的质量传递。

实现本发明目的的技术方案是提供一种软管装置，它具有第一软管装置末端和第二软管装置末端，并具有许多软管，所述软管彼此相邻排列，由可渗透材料制成。每根软管都具有自软管入口至出口延伸的纵轴。连接部件排列成至少位于两个相邻软管之间，并与软管纵轴成一角度连接到软管上。所述软管中有至少一种自第一软管装置末端流经软管至第二软管装置末端的流体。连接部件具有一个至少一种流体能够流过的连接截面。

本发明的该设计保证了流体在自第一软管装置末端流至第二软管装置末端的路径上遇到连接部件，在这些部位，流体被强制流入连接部件。

- 15 这就导致了流体的流动方向突然改变成连接部件的方向。在这些流体流动方向突然改变的地方，静止层被破坏，先前的层流进行剧烈混合，至少部分发生湍流。

尤其在软管和连接部件彼此汇合或分离的交叉部位，会发生充分混合，最好还形成湍流。在这些拐弯部位的锐角和流体流动方向上的很大改变导致横向上的剧烈运动，使静止层受到破坏，导致流体内的强制混合。

这些无序的横向运动形成这样的力，它与流体的流动方向相反，使流体充分混合。

- 25 结果，在软管内表面上形成的静止层就减小了，在有些情况下，几乎可以完全避免形成静止层，这是因为形成的湍流传播开来，使软管内的所有流体层以足够的强度混合。

使用连接部件能够使软管组合体内的质量传递增大至这样的程度，以致采用本发明的结构，即本发明的软管和及其排列方式，能够吸收更多的气体。这在具有本发明软管装置的软管组合体内的这种强化了的质量传递，使得与达到同样质量传递的常规软管组合体相比，可以将占据的空间降低 30% 以上，将重量减轻 20% 以上。这可以归因于这样的事实，即：本发明的软管装置能够具有更小的交换表面积，而同时形成与常规软管组合体相同或甚至更好的

质量传递。这样，就可以制成更小更轻的软管组合体。

实验室试验和实际试验证明，在气/液气体分离过程中的气体质量传递可提高 30% 以上。

连接部件优选以对于流动方向呈 20-160° 的角度排列在软管之间。结果，
5 根据所选择的角度，流体的流动方向或大或小地发生变化，因此所要求的充分混合就变得或多或少地强烈一些。角度越大，流体流动时所绕的拐角就越陡，因此，混合就更加充分。

除了连接部件外，软管也可以具有重复的截面缩小段。在一个具体实施方式中，软管在两个截面缩小段之间呈球形或双凸透镜状。这些截面缩小段
10 优选是周期性重复的。截面缩小段会是软管内收缩的区域，也会是轴向排列在软管截面上的或在软管壁内表面上的障碍物。这些软管截面缩小段有助于形成湍流，因此有助于流体的混合。在每个缩小段的拐角部位，流体都大大加速，流动方向改变很大，结果使流体得到充分混合。

连接部件以重复间距、优选以周期性重复间距排列在软管之间。结果使
15 流体在软管装置的整个长度上进行充分混合。连接部件之间的距离优选至少 1mm。结合上述的截面缩小段，流体就在整个软管装置的区域，在周期性和因此的连续基础上进行连贯性的重复混合过程，导致所选择组分在流体内存有均匀。

连接部件的内径至少为软管内径的 10%。连接部件的内径也可以比软管
20 内径大或小。连接部件的内径优选比软管内径小。软管与连接部件的内径不同也有促进混合的作用，这是因为流体在向较小内径过渡时流速增大。

软管、而且最好连接部件都用中空纤维形式，所述中空纤维的内径小于 2mm。在一个实施方式中，仅连接部件是中空纤维。在此情况下，软管的内径大于 2mm。软管由可渗透材料制成。可渗透是指软管材料能够透气或渗透液体
25 或渗透气体和液体。可渗透材料优选是可透气的。软管材料优选包含叠压的膜层，在此情况下，至少一层膜层选自下列聚合物：聚酯、聚酰胺、聚烯烃包括聚乙烯和聚丙烯、聚氯乙烯、聚酮、聚砜、聚碳酸酯、含氟聚合物例如聚四氟乙烯 (PTFE) 和聚 1,1-二氟乙烯 (PVDF)、聚丙烯酸酯、聚氨酯、共聚醚酯和共聚醚酰胺。所述软管材料也可以是上述聚合物的混合物，例如聚乙烯
30 与 PTFE 的混合物。优选至少一层膜层由膨胀聚四氟乙烯 (ePTFE) 制成。在一个实施方式中，ePTFE 填充有例如金属、活性炭或二氧化钛之类的无机物质。

所述聚合物可以是多孔或无孔的。

在一个实施方式中，可渗透材料具有可渗透的载体材料，其上面带有对气体有选择性的密封涂层。

在此实施方式中，本发明的软管装置由所述软管材料制成，然后施加对
5 气体有选择性的密封涂层。

对气体有选择性的密封涂层可以任选地施加到软管的外表面或内表面上，而且还优选施加到连接部件的外表面或内表面上。对气体有选择性的涂层根据要脱除的气体进行选择。软管优选用的是全氟间二氧杂环戊烯涂层，该涂层不透极性气体。在此情形下，对气体有选择性的涂层能使例如气体组
10 分如二氧化碳透过到达吸收液体，而吸收液体是不能透过的。

如果吸收液体位于软管内，对气体有选择性的涂层优选施加到软管和连接部件的内表面。

连接部件的设置方式优选与软管的相同，也具有同样的材料结构。

制造本发明软管装置的方法可以分成以下步骤：(a) 提供至少两个平整
15 带，(b) 提供至少两个具有辊压表面的有槽轧辊，(c) 将所述至少两个平整带一同喂入两个有槽轧辊之间的辊隙，(d) 在辊隙内提供静止状态的排列成彼此平行并有一定间距的丝，该丝与辊子表面上刻出的相应槽子啮合，和(e) 在辊隙内将平整带压合起来，(f) 从静止丝上拉伸脱除已经叠压起来的平整带。

平整带的形式优选是由 ePTFE 制成的至少一个平整膜带。

20 下面参照附图，详细说明本发明。

附图说明

- 图 1 显示本发明软管装置第一实施方式的一部分；
图 2a 显示穿过软管壁的截面；
25 图 2b 显示穿过带有对气体有选择性的涂层的软管壁的截面；
图 3a 显示本发明软管装置第二实施方式的一部分；
图 3b 显示本发明软管装置第三实施方式的一部分；
图 4 是制造本发明软管装置的设备示意图；
图 5 显示辊辊表面是槽子排列的一个例子；
30 图 6 显示图 4 所示设备两个有槽轧辊之间辊隙的截面；
图 7 显示贯穿吸收器膜式组合体的纵向截面的示意图。

具体实施方式

本发明软管装置 10 的第一实施方式如图 1 所示。

要明白，软管装置 10 是指许多彼此相邻排列的软管 16。软管 16 以这样的方式彼此连接，使得形成板式结构。这样的软管装置 10 形成如图 7 所示气体分离用的软管组合体 60 的一部分。至少一个软管装置 10，优选许多软管装置 10 可以彼此叠置或以卷绕方式组装成软管组合体 60。

软管装置 10 包含许多软管 16，它们彼此相邻排列并彼此平行。软管 16 用来装至少一种流体 20，流体 20 自第一软管装置末端 11 流过软管 16，至第二软管装置末端 12。软管 16 具有基本为圆形的截面 13。基本圆形指软管截面 13 也可以采用圆形的其他形状，例如椭圆形。

要使软管装置 10 内的软管 16 的长度适合于具体用途和软管组合体的尺寸。软管 10 的长度优选为 100-6000mm。

每个软管 16 的软管壁 14 都具有内表面 30 和外表面 40。此外，每个软管 16 的特征都在于有个从软管入口 17 伸展至软管出口 19 的纵轴 5。

软管内径是 0.1-10mm，优选 3mm。但是也可以采用任何其他的软管内径。在一个优选实施方式中，软管 16 的形式是中空纤维。所述中空纤维具有很小的 2mm 以下的软管内径。在每种情形下，软管内径都是按软管壁 14 的内表面 30 测得。软管内径采用光学测试方法用 Nikon V12 轮廓投影仪测量。

在图 1 所示的实施方式中，软管 16 还设置有一些截面缩小段 50。这些附加的截面缩小段 50 有助于改善其中至少一种流体 20 的混合。

这些截面缩小段 50 构成软管截面 13 的至少一种缩小，软管 16 优选具有许多截面缩小段 50，它们彼此间隔。这些截面缩小段 50 的位置优选是周期性的，沿软管 16 的整个长度均匀分布。在一个优选设计中，截面缩小段 50 彼此之间的间距是 1-10mm，而在其他设计中，两个相邻截面缩小段 50 的间距是 1mm。截面缩小段 50 的直径是 0.1-3mm。截面缩小段 50 的长度是 0.5-4mm，优选 1mm。

截面缩小段 50 可以由收缩区或在软管截面 13 上加入障碍物而形成。在图 1 所示的实施方式中，截面缩小段 50 由收缩区形成。这些收缩区可以是对软管材料进行局部变形形成，例如在要缩小的地方向软管外表面 40 施加压力而使之变形。

在每种情形下，在由收缩区形成的两个截面缩小段 50 之间，软管 16 采取球形或优选双凸透镜形的形状。在其他设计中，截面缩小段 50 呈波浪状软管壁 14，例如正弦波形状壁的形式。当截面缩小段 50 的形式为塞入软管截面 13 的障碍物时，此内置物例如适宜为圆盘状。这些内置物可以位于软管 16 的纵轴 5 上，或位于软管 16 的内表面 30 上。

流过软管 16 的流体 20 可以是气体、蒸气、液体或上述流体的混合物。优选是液体或吸收液体。在气体分离的情形下，对吸收液体的选择取决于要分离的气体组分。在要分离的气体组分是例如 CO_2 、 H_2S 或 NH_3 时，吸收液体优选是与要分离的气体组分能进行化学反应的液体胺。烷醇胺优选用于这个用途。例如，要从气体混合物例如来自于发电厂或垃圾焚化厂的废气中分离二氧化碳，使用的吸收液体是水与 30% 单乙醇胺 (MEA) 的混合物。可以使用的其他吸收液体是甲基二乙醇胺 (MDEA) 或 NFM-NAM (N-甲酰基吗啉-N-乙酰基吗啉)。在气体干燥的情况下，吸湿液体例如三甘醇用作流体 20。要从气体混合物中分离气态 SO_2 ，亚硫酸钠 (Na_2SO_3) 用作流体 20。

根据具体的用途，吸收液体以 1mm/s – 1m/s 的速率流经软管装置 10 的软管 16。该速率优选 $2\text{--}10\text{cm/s}$ 。

在软管 16 之间，有连接部件 18。该连接部件 18 排列在至少两个相邻的软管 16 之间，并具有可流通的连接部件截面 22，使至少一种流体 20 能够在连接部件 18 中流过。因此，连接部件 18 可用来在软管 16 之间运送至少一种流体 20，并将软管装置 10 的所有软管 16 都连起来。

连接部件的截面 22 基本是圆形，也可是例如椭圆形。

连接部件 18 的内径可以与软管 16 相同，也可以比后者大或小。但是连接部件的内径优选比软管的小很多。为了保证至少一种流体 20 流过，连接部件 18 的内径至少为软管内径的 10%。连接部件 18 内径小有这样的优点，流体 20 的流速在从软管 16 过渡到连接部件 18 时加快。流速的增大能促进充分混合，也能促使湍流形成。

两个相邻软管 16 之间连接部件 18 的长度优选 1mm ，但是也可以更大或更小。连接部件 18 的内径 22 优选小于 2mm 。同样，其内径采用 Nikon V12 轮廓投影仪测得。

连接部件 18 强化了通过软管装置 10 的至少一种流体 20 的内部充分混合，并因此强化了质量传递。在第一软管入口端 11，至少一种流体 20 流入软管 16

内。流动方向，至少在软管入口 17 处，由软管 16 的形状预先决定。当流体 20 遇到连接部件 18 时，它的流动方向转向连接部件 18 内。这种转向形成漩涡和湍流，使流体 20 内部进行充分混合。

连接部件 18 的形式优选是软管的形式，尤其优选中空纤维的形式。

- 5 根据本发明，连接部件 18 在至少两个相邻软管 16 之间排列成与软管 16 的纵轴 5 成一角度。该角度优选为 $20-160^\circ$ ，沿流动方向测得。该角度 α 的值可以根据要求选择，角度 α 的选择对至少一种流体 20 混合达到的程度有影响。当该角 α 为 90° 时，连接部件 18 的位置在软管 16 之间与纵轴 5 垂直。在图 1 所示的软管装置 10 内，连接部件 18 在第一软管 16a 与第二软管 16b 10 之间是倾斜排列的。这里的倾斜排布的指连接部件 18 在第一软管 16a 与第二软管 16b 之间排列成与第一软管 16a 的纵轴 5 形成小于 90° 的角 β ，并与第二软管 16b 的纵轴 5 形成大于 90° 的角 x 。

因此，连接部件 18 在第一软管 16a 与第二软管 16b 之间形成流动连接，使得该至少一种流体 20 在第一软管 16a 与第二软管 16b 之间流动。

- 15 如上所述，对连接部件 18 与软管 16 之间的角度的选择，影响着流体 20 混合达到的程度。

- 例如，如果连接部件 18 与一个软管 16 呈小于 90° 的角 β ，可以预料如果同时有大于 90° 的角 x ，混合较强。这是因为，在角 x 大于 90° 的情形下，流体 20 的流动方向几乎改变成与其初始方向相反。流体 20 流向的这样剧烈 20 改变会在形成连接部件 18 与软管 16 之间夹角的区域引起强烈的横向运动和湍流。

连接部件 18 的位置优选是与软管 16 的纵轴 5 形成小于 90° 的角度 β 和大于 90° 的角度 x 。

- 软管装置 10 内连接部件 18 的数目取决于所要求的混合程度。软管 16 之 25 间的连接部件 18 越多，混合程度就越大，但是应当保证通过软管装置 10 的压力降不应太大度。

在一个实施方式中，连接部件彼此之间的间距是相同的，并且优选周期性重复。已经发现，连接部件 18 的间距至少为 1mm，不论连接部件 18 的数目有多少。

- 30 在一种设计中，连接部件 18 位于截面缩小段 50 的区域。连接部件 18 优选排列成就在截面缩小段 50 的上面或下面。

软管 16 由可渗透材料制成。可渗透是指软管材料可以透气或渗透液体或气体和液体。在一个优选实施方式中，软管材料可以透气，但是不透液体。

在一个实施方式中，可渗透材料用的是具有密封聚合物涂层的可渗透软管材料。

- 5 可渗透软管材料可以是多孔或无孔的，形式可以是至少一个膜。软管材料优选包含至少一个多孔膜。所述膜设置成膜式软管或膜式中空纤维。在一个优选设计中，所述至少一个多孔膜选自下述物质：聚酯、聚酰胺、聚烯烃包括聚乙烯和聚丙烯、聚氯乙烯、聚酮、聚砜、聚碳酸酯、含氟聚合物例如聚四氟乙烯 (PTFE) 和聚 1,1-二氟乙烯 (PVDF)、聚丙烯酸酯、聚氨酯、共聚醚酯、共聚醚酰胺、聚酰亚胺和聚醚酰亚胺。

所述软管材料也可以是上述聚合物的混合物，例如聚乙烯与 PTFE 的混合物。最优选是由膨胀聚四氟乙烯 (PTFE) 制成的多孔膜。在一个实施方式中，ePTFE 填充有例如金属、活性炭或二氧化钛之类的无机物质。

所述聚合物可以是多孔或无孔的。

- 15 由膨胀 PTFE 制备这种多孔膜的方法在例如美国专利 №3953566 和 4187390 中有描述。由于这些膜的惰性结构和憎水表面，该材料尤其适用于质量传递体系。由 ePTFE 制成的膜的厚度为 5-500 微米，优选 50-300 微米。

- 该材料的区别性特征是有大量互相连通的孔隙，孔隙容积大而且强度高。膨胀聚四氟乙烯是软的，可弯曲，具有稳定的化学性能，对气体和蒸气的渗透性高，具有可有效排斥杂质的表面。

因此，该种材料可以透气。孔隙率和孔隙尺寸要选择得使气体扩散不受阻挡。孔隙的平均尺寸可以是 0.02-3 微米，优选 0.1-0.5 微米。孔隙率是 30-90%，优选 50-80%。同时，该材料不透液体。

软管 16 可以包含一层膜或彼此叠压在一起的多层膜。

- 25 多孔理解为具有互相连通的孔隙结构，其中形成了连续通道和连接部位。孔隙尺寸可以采用佛罗里达州 Hialeah 的 Coulter Electronics Inc. 生产的 Coulter 孔隙尺寸测定仪™ 测得。

- 在一个实施方式中，有聚合物涂层施加到多孔的软管材料上。该聚合物涂层用作附加的阻挡层，防污和防液体，尤其防软管 16 中的液体 20。该聚合物涂层可以置于软管材料的内外表面上，优选置于朝向液体的表面上。

本发明的聚合物涂层形成密封层，与多孔软管材料的结构不同。密封层

是指用作阻挡层的层，它能防止污染物和液体透过软管材料，但是能让足量的气体组分藉扩散方式透过。密封层的密封作用可以很大，仅使某些气体组分例如二氧化碳透过。该密封层也可以指对气体有选择性的无孔薄层。在本发明的一个具体实施方式中，聚合物涂层是无定形聚合物，例如优选全氟间二氧杂环戊烯。将厚度为 0.1-10 微米的全氟间二氧杂环戊烯层用作优选的聚合物层。

在一个尤其优选的设计中，所述聚合物涂层含有 87 摩尔% 2,2-二-三氟-甲基-4,5-二氟-1,3-间二氧杂环戊烯(PDD)和 13 摩尔%聚四氟乙烯(PTFE)。它是购自美国特拉华州 Wilmington 的杜邦公司的玻璃质聚合物，商品名为 Teflon AF 2400。

可以使用的其他聚合物涂层例子是 Asahi Glass 的商品名为 CYTOP 的全氟间二氧杂环戊烯，或聚(1-三甲基-甲硅烷基-1-丙炔)(PTMSP)。

密封层的厚度可以是 0.1-10 微米，优选 1 微米。

形成载体材料与聚合物涂层之间结合的合适方法在 W098/13234A1 中有描述，可参阅该公开文献。

图 2a 显示贯穿本发明使用的可渗透材料的截面。该图显示本发明使用的软管 16 的软管壁 14 截面的一部分。例如，用厚度约 200 微米的膨胀 PTFE 制成的多孔软管材料 25，具有外表面 40 和内表面 30。外表面 40 面向气体混合物 27，内表面 30 面向吸收液体 30。

图 2b 示出了另一个设计。例如由厚度约 200 微米的膨胀 PTFE 制成的多孔载体材料 25，具有例如厚约 1 微米的 Teflon AF 2400 聚合物涂层 26。要分离的气体混合物 27 位于载体材料 25 的未涂布表面 40 一侧。聚合物涂层 26 被施加到载体材料 25 面向吸收液体 28 并形成内表面 30 的面上。

连接部件 18 优选由与软管 16 相同的材料制成，而且具有与图 2 所示基本相同的结构。因此，关于连接部件 18 的材料结构，可参照上述软管 16 材料的结构。

本发明软管装置 10 的第二个优选实施方式如图 3a 所示。所示软管装置 10 包含许多彼此相邻排列的软管 16，连接部件 18 位于两个相邻的软管 16 之间。在该设计中，连接部件 18 排列成与软管 16 中的流动方向形成直角，即 $\alpha = 90^\circ$ 。但是与图 1 所示的软管 16 不同，图 3 所示的软管没有截面缩小段 50。但是，在这种排列中，软管 16 也可以有截面缩小段 50。

至少一种流体 20, 例如结合图 1 所述的吸收液体, 在软管 16 和连接部件 18 中流过。软管 16 和连接部件 18 的结构对应于图 1 所示的结构。与图 1 不同的是, 连接部件 18 的内径比软管 16 大。连接部件 18 的内径可以大到是软管 16 内径的 5 倍。在此实施方式中, 连接部件的内径优选为 2-5mm。

5 图 3b 显示本发明软管装置 10 的第三个优选实施方式。该软管装置 10 包含许多彼此相邻排列的软管 16, 连接部件 18 位于两个相邻的软管 16 之间。在该设计中, 连接部件 18 也排列成与软管 16 中的流动方向成直角, 即 $\alpha = 90^\circ$ 。两个相邻软管 16 之间的连接部件 18 彼此的间距呈周期性变化。该间距可以相同或不同。在所示的实施方式中, 连接部件 18 的间距一个是约 4mm, 一个
10 是约 8mm。都是在两个相邻连接部件 18 的中心线之间测得。

软管 16 和连接部件 18 的结构和尺寸与图 1 所示软管装置 10 对应。连接部件 18 的内径比软管 16 小, 因此比软管 16 窄。在从软管 16 过渡到连接部件 18 的地方, 该至少一种流体 20 即吸收液体在连接部件 18 开始分支位置加速, 使得吸收液体充分混合。这样就强化了质量传递, 大量的例如二氧化碳
15 就能从要分离的气体混合物 27 中分离出来。

图 4、5 和 6 显示制造本发明软管装置 10 的过程。图 4 显示实施该制造过程的设备。

软管装置 10 包含至少两层叠压的膜层 32、34, 所述膜层优选是多孔的膨胀 PTFE 膜。软管 16 也可以包含许多彼此在顶部叠压的膜层。第一膜层 32 和
20 第二膜层 34 以平整带形式喂入第一有槽轧辊 36 和第二有槽轧辊 38 之间的辊隙 35 内。

图 5 示意说明了槽子 45 的排列的一个例子, 这些槽子刻在轧辊 36、38 的表面上。这些槽子 45 在两个轧辊上都排列成彼此相对, 使得能形成截面为圆形的空腔。第一有槽轧辊 36 上具有的槽子 45 的排列对应于这样一种软管
25 装置 10 的例子, 它包含软管 16 和连接部件 18, 该连接部件 18 在软管 16 之间排列成直角。纵向槽 45a 使软管 16 具有所要求的形状, 横向槽 45b 使连接部件 18 具有所要求的形状。槽子 45 可以在有槽轧辊 36、38 表面采取任何所要求的排列, 以便形成软管 16 和连接部件 18 所要求的形状和排列。

丝或芯棒 42 可以以静止状态排列在由槽子 45 构成的空腔内。丝 42 的外
30 径略微小于槽子 45 构成的空腔的内径。在一个实施方式中, 丝 42 仅位于纵向槽 45a 内。

两个膜层 32、34 通过辊隙 35 拉出，在该过程中，它们叠压起来，并在槽子 45 的区域内，铺展到位于该区域内丝 42 周围，这样就形成了软管 16。为了说明该过程，图 6 显示两个有槽轧辊 36、38 之间辊隙 35 的截面，图 6 的左半部分显示其上面仅有纵向槽 45a 的辊子表面的位置的截面。虚线表示 5 横向槽 45b，在该位置它是被遮挡住的。图 6 的右半部分显示除了可看到纵向槽 45a，还可以看到横向槽 45b 的截面。

在所述情形下，除了软管 16 外，连接部件 18 也由横向槽 45b 的形状而形成。如图 6 的原理所示，在一个优选实施方式中，丝 42 的配置与纵向槽 45a 相对应。这样，纵向槽 45a、横向槽 45b 和丝 42 就决定了软管 16 和连接部件 10 18 的形状和排列。软管 16 的内径由丝 42 的外径决定，连接部件 18 的内径由横向槽 45b 的形状决定。

膜层 32、34 由有槽轧辊 36、38 产生的压力结合起来。有槽轧辊 36、38 以这样的方式进行轧制，即：使有槽轧辊 36、38 之间保持的辊隙对应于软管 16 的大致壁厚。另外，也可以采用一种或多种已知的结合技术，例如胶粘剂 15 粘合、加热或激光辐射。例如，胶粘剂施加辊可以连接在有槽轧辊 36、38 的前面。也可以当膜层 32、34 仍在辊隙 35 内的时候或者离开后，进行加热。为了达到此目的，有槽轧辊 36、38 和/或丝 42 可以加热，或者膜层 32、34 被导引通过烧结浴 70、热接触装置 70 或热空气装置 70 进行加热。作为一种代替，也可以使用红外线。被叠压起来的膜层 32、34 的表面在所述装置 70 20 内被烧结。在其他的设计中，膜层 32、34 也可以用胶粘剂粘合或焊接。关于烧结方法，优选在装置 70 中在 350-400℃温度停留 2-3 秒种。

叠压的膜层 32、34 优选在出了装置 70 以后从丝 42 上拉开。制造方法的其他方式和变化可以在 EP0677321(B1)中找到。

在一种方式中，软管装置 10 接着根据 W098/13234(Witzko, Bier)所述施加对气体有选择性的聚合物涂层 26 的方法进行处理。 25

图 7 以实施例的方式说明了本发明的一种可能结构。本发明的软管装置 10 构成软管组合体 60 的一部分，用于在软管 16 中流过的至少一种第一流体 28 和至少一种在软管 16 周围流动的第二流体 27 之间进行质量传递。优选的是，此软管组合体 60 用作要从气体相 27 被吸收入吸收液体 28 的气体组分的吸收 30 组合体 60。它也可以是个解吸附组合体，而不是吸收组合体 60。

软管组合体 60 有气体入口 61 和气体出口 62，它们形成在外壳 63 上错开

的相对两处。外壳 63 的两端用由流延化合物制成的第一板 64 和第二板 65 封闭。

至少一个软管装置 10 安装在外壳 63 的两端之间。本发明的软管装置 10 还优选位于外壳 63 内。所述至少一个软管装置 10 具有第一软管装置末端 11 5 和第二软管装置末端 12。所述软管装置 10 的第一软管装置末端 11 和第二软管装置末端 12 通过闭合板 64、65 上的所有通道，软管 16 装在内部，两端还分别有端盖 66 和 67。端盖 66、67 分别与闭合板 64、65 之间都形成空腔 68、69。端盖 66、67 有开口分别通向连接挡板，所述连接挡板可以与吸收液体入口 72 和吸收液体出口 73 的软管或管道连接。

10 吸收液体 28 经过吸收液体入口 72 和第一空腔 68 流入软管装置 10 的软管 16 的端面第一末端 11。气体相 27 由气体入口 61 进入外壳 63 的内部，并优选逆流流到气体出口 62。在该过程中，气体相 27 在本发明软管装置 10 的一根根软管 16 的外表面 40 周围流过。吸收液体 28 在软管装置 10 的软管 16 和连接部件 18 中流过，并在该过程中，从气体相 27 中吸取要分离的气体组
15 分。满载气体组分的吸收液体 28 流出，进入第二空腔 69，从该处流出，进入吸收液体出口 73。

图 7 所示的软管组合体 60 可以认为是一系列可能组合体结构的一个例子。气体相 27 也可以在软管 16 和连接部件 18 中流动，而吸收液体 28 则在软管装置 10 周围流动。此外，气体相 27 和吸收液体 28 也可以彼此平行或交叉
20 流动。

除了气体分离外，本发明的软管装置还可以以受控方式用作混合不均匀流体的设备或用作温度不同的流体的热交换器。

此外，本发明不限制于上述实施方式。除了从天然气或废气中分离气体二氧化碳外，本发明的软管装置 10 还可以用于以气/液分离方式从气体混合物中分离其他气体组分例如 H_2S 或 SO_3 。本发明软管装置的用途还有液体的气
25 化和脱气。

实施例

实施例 1

30 本发明的软管装置 10 是软管组合体 60 的一部分，该软管组合体 60 包含若干个用来以气/液吸收方法从天然气分离二氧化碳的本发明软管装置 10。这

些软管装置 10 排列在软管组合体 60 内，如图 7 所示。

每个软管装置 10 都有若干根彼此相邻排列的软管 16。连接部件 18 位于相邻的软管 16 之间。软管 16 和连接部件 18 彼此之间排列与图 3b 所示的一致。因此，连接部件 18 在软管 16 之间成直角，即 $\alpha = 90^\circ$ 。

- 5 软管 16 和连接部件 18 由多孔膜层制成，该多孔膜层是由膨胀 PTFE 制成的。这些多孔膜层购自 W.L.Gore & Associates GmbH。膜层的孔隙率为 55%，厚度为 213 微米，孔隙的平均直径为 0.2 微米。许多本发明的软管装置 10 是根据图 4、5 和 6 所示的方法制成的。在由该方法制成的软管装置 10 内，软管 16 长 2000mm。软管 16 的内径为 1.15mm，外径为 1.45mm，因此壁厚为 0.15mm。
- 10 软管 16 的透气率为 1200-1400ml/min/cm²。该透气率采用美国 Coulter 公司制造的 Coulter 孔隙测试仪，在 1 巴压力下测得。

总共有 1699 根软管 16 位于软管组合体 60 内。

- 连接部件 18 排列成与软管 16 的纵轴 5 成直角，约长 1mm。如图 3 所示，两个相邻软管 16 之间的连接部件 18 彼此之间的间距以约 4mm 和约 8mm 呈周期性变化。连接部件 18 的截面主要是椭圆形，最宽处 1mm，最窄处 0.2mm。
- 15 软管组合体 60 内有效进行气体交换的活性膜表面积，在软管 18 的外表面上是 18m²，在软管 18 的内表面上是 14.24m²。

软管装置 10 内吸收液体的流动速率为 1-10cm/s。气体相与吸收液体之间的压力差至多为 0.8 巴。吸收液体的温度为 20-40℃。

- 软管装置 10 内吸收液体的流动速率为 1-10cm/s。气体相与吸收液体之间的压力差至多为 0.8 巴。吸收液体的温度为 20-40℃。
- 20 在软管组合体 60 的软管装置 10 中流动的吸收液体是 NFM-NAM，也是以商品名 MORPHYSORB 购自德国的 Krupp-Uhde。

结果是具有本发明软管装置 10 的软管组合体 60 与常规的具有同样尺寸软管而没有连接部件的软管组合体相比，质量传递提高了 30%。因此与常规软管组合体相比，就会有更多的二氧化碳从天然气中分离出来。

25

实施例 2

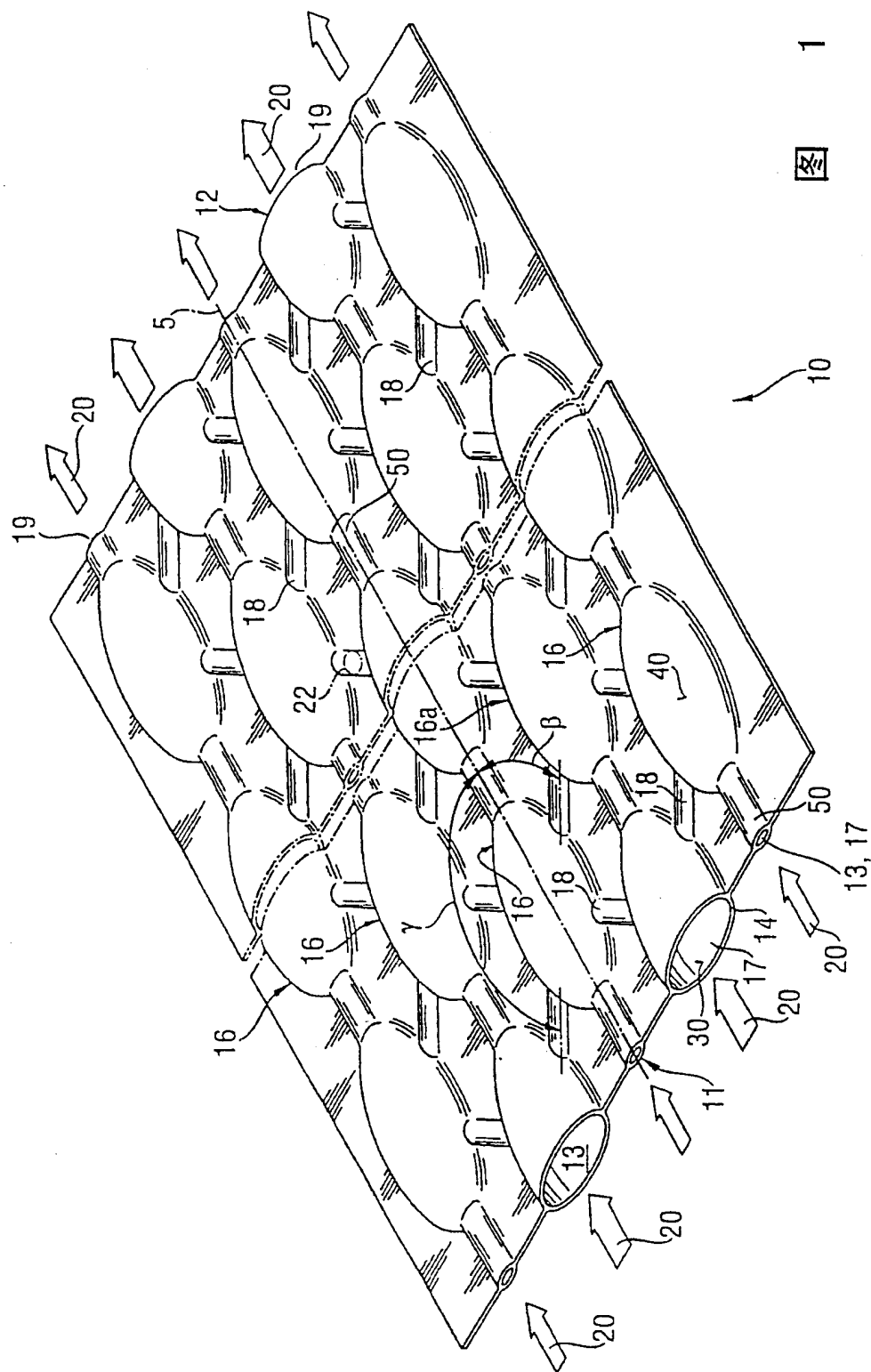
- 将本发明具有许多如实施例 1 所述的软管装置 10 的软管组合体 60 用于气体分离(从气体混合物中脱除二氧化碳)。软管装置 10 具有由实施例 1 所述的膨胀 PTFE 制成的膜层，也采用同样的方法进行制备。与实施例 1 不同，该
- 30 软管组合体 60 中具有 3.3m² 活性内膜表面和 4.2m² 活性外膜表面。软管 16 的长度为 210mm。在软管 16 之间有连接部件 18，软管 16 和连接部件 18 相对于

彼此的排列如图 3b 所示。连接部件 18 的尺寸和彼此之间的排列与实施例 1 相同。

软管装置 10 内吸收液体的流动速率为 1-10cm/s。气体相与吸收液体之间的压力差至多为 0.8 巴。吸收液体的温度为 20-40℃。

5 将 30%浓度的 MEA 溶液用作吸收液体。

具有本发明软管装置 10 的软管组合体 60，其结果与具有同样尺寸软管但没有连接部件的常规软管组合体相比，质量传递提高了 35%。



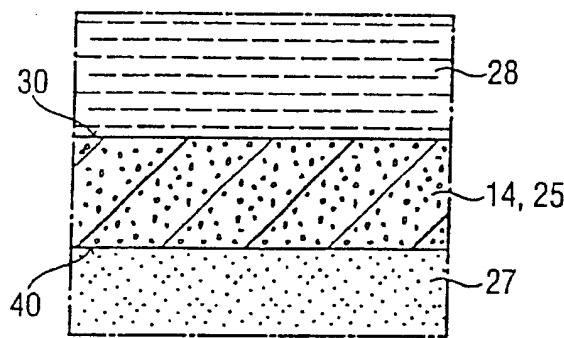


图 2a

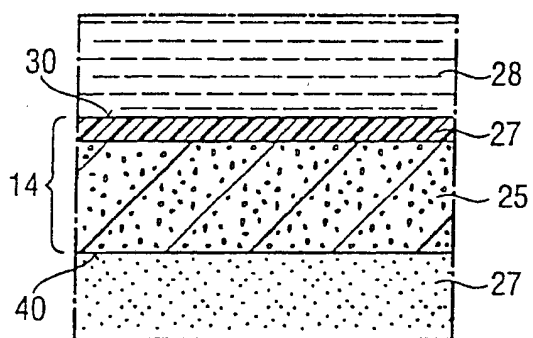


图 2b

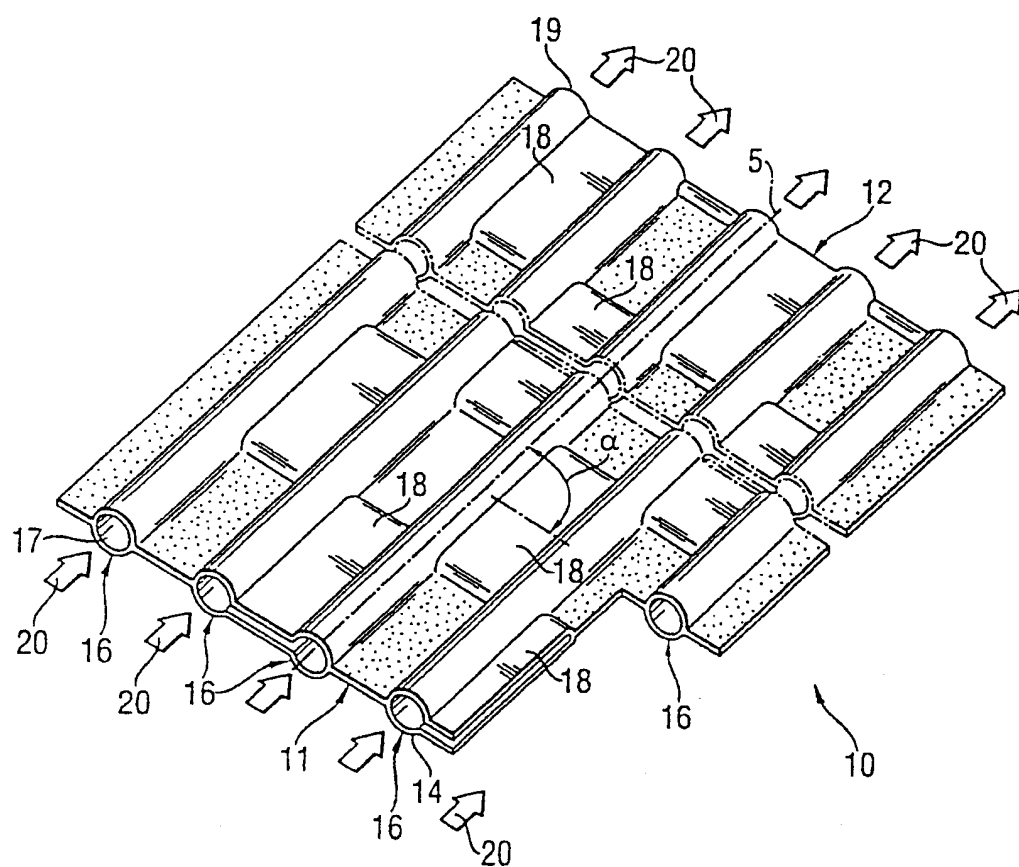


图 3a

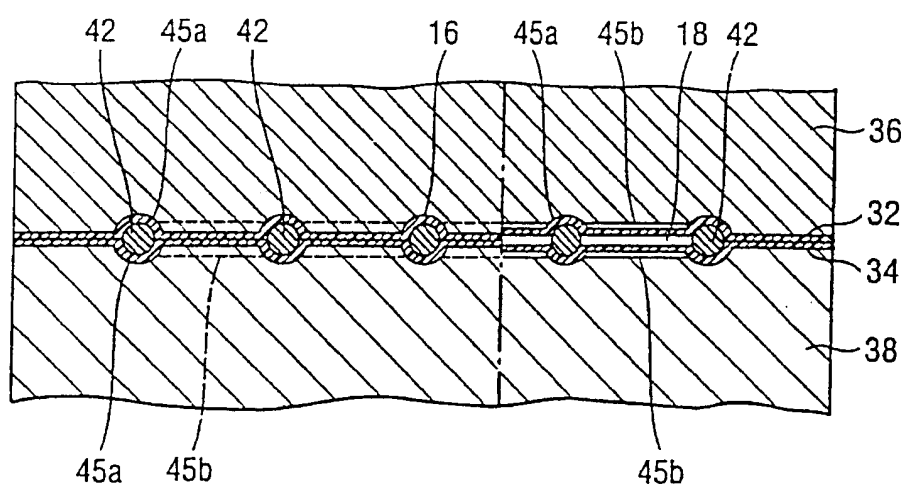


图 6

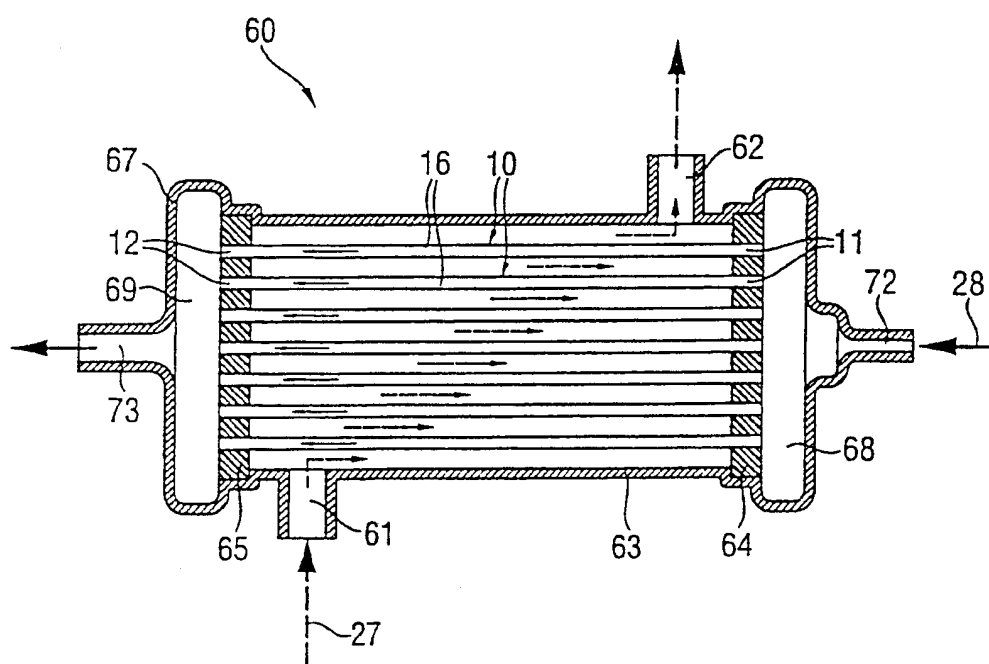


图 7