

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

F16L 58/10

F16L 55/165



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99812606.3

[45] 授权公告日 2004 年 8 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1163684C

[22] 申请日 1999.10.22 [21] 申请号 99812606.3

[30] 优先权

[32] 1998.10.26 [33] DE [31] 19850227.3

[86] 国际申请 PCT/EP1999/008011 1999.10.22

[87] 国际公布 WO2000/025057 德 2000.5.4

[85] 进入国家阶段日期 2001.4.25

[71] 专利权人 西格弗里德·施沃特

地址 德国柏林

[72] 发明人 西格弗里德·施沃特

审查员 孙红花

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

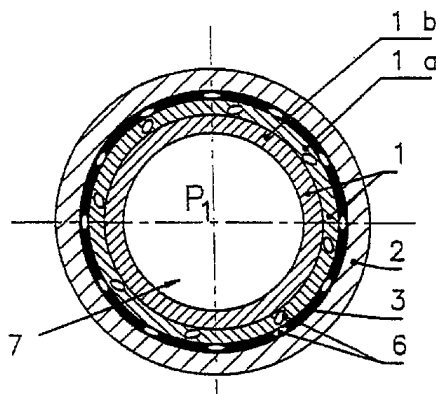
代理人 蔡民军 赵辛

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称 包括管子和给管子做衬里的内管的组件及其制造方法

[57] 摘要

本发明涉及包括管子和给管子做衬里的内管的组件及其制造方法，其中该组件在高压下引导流体。为防止管子内管在故障时或当管子停止使用时的损坏，内管(1)具有内管坯料(1a)，该内管坯料用粘结剂粘接在管子内壁上，设有与内管坯料(1a)相连的隔离层(1b)，它对非极性气体物质的透气率小于 $1\text{ml}/(10^5\text{Pa d m}^2)$ 和/或对极性气体物质的透气率小于 $0.1\text{ml}/(10^5\text{Pa d m}^2)$ 。本发明制造方法包括，使一隔离层(1b)与内管坯料(1a)相连，该隔离层有小于 $1\text{ml}/(10^5\text{Pa d m}^2)$ 的对非极性气态物质的透气率和/或小于 $0.1\text{ml}/(10^5\text{Pa d m}^2)$ 的对极性气态物质的透气性，隔离层(1b)被施加到内管坯料(1a)上或被引入内管坯料(1a)中。



ISSN 1008-4274

1. 一种组件，它包括一管子(2)和给管子(2)做衬里的内管(1)，所述组件在高压下引导流体，所述内管(1)具有内管坯料(1a)，所述内管坯料能利用粘结剂粘接在管子内壁上，其特征在于，
- 5 有与内管坯料(1a)相连的隔离层(1b)，其对于非极性气体物质的透气率小于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 和/或对于极性气体物质的透气率小于 $0.1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 。
2. 按照权利要求1的组件，其特征在于，对于非极性和极性气体物质的透气率在 $0.0001 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 和 $0.01 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 之间。
- 10 3. 按照权利要求1的组件，其特征在于，内管坯料(1a)是单层或多层结构，并压贴在另一作为隔离层(1b)的附加层上。
4. 按照权利要求3的组件，其特征在于，内管坯料(1a)由纺织结构构成。
5. 按照权利要求3的组件，其特征在于，一双层内管坯料(1a)由
- 15 其上带有热塑性塑料材料涂层的纺织结构构成。
6. 按照权利要求1-4之一的组件，其特征在于，隔离层(1b)由金属构成。
7. 按照权利要求6的组件，其特征在于，隔离层(1b)由铝、钛、铜、锌、镍、铅、铬、铁或铁-锌和铅-锡合金构成。
- 20 8. 按照权利要求7的组件，其特征在于，隔离层(1b)的厚度在10和 $100 \mu\text{m}$ 之间。
9. 按照权利要求1-4之一的组件，其特征在于，隔离层(1b)由聚乙烯醇及其共聚物、液晶聚合物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚二氯乙烯、环氧树脂或有机硅化合物构成。
- 25 10. 按照权利要求1-4之一的组件，其特征在于，隔离层(1b)由掺有铝颗粒的热塑性塑料材料构成。
11. 按照权利要求1-4之一的组件，其特征在于，隔离层(1b)由无机物质构成。
12. 按照权利要求11的组件，其特征在于，隔离层(1b)由氧化硅
- 30  $\text{SiO}_x$ ，其中 $x \leq 2$ ，或氧化铝 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 构成。
13. 按照权利要求3的组件，其特征在于，在隔离层(1b)径向内侧施加一保护层。

14. 按照权利要求13的组件，其特征在于，隔离层（1b）由聚氨酯、聚酯、聚烯烃、热塑性苯乙烯-丁二烯或苯乙烯-乙烯-丙烯共聚物或聚丙烯和交联乙烯-丙烯-二烯共聚物的混合物构成。
15. 按照权利要求1的组件，其特征在于，粘结剂（3）形成隔离层的至少一部分。
16. 按照权利要求4的组件，其特征在于，织物浸透有构成至少一部分隔离层的材料。
17. 按照权利要求4的组件，其特征在于，织物本身由低扩散丝组成。
- 10 18. 按照权利要求17的组件，其特征在于，织物由玻璃纤维或芳纶纤维构成。
19. 按照权利要求4或5所述的组件，其特征在于，所述纺织结构是编织织物或针织织物。
20. 制造一种组件的方法，该组件包括一管子（2）和给管子做衬里的内管（1），所述组件在高压下引导流体，所述内管（1）具有内管坯料（1a），所述内管坯料能利用粘结剂粘接在管子的内壁上，其特征在于，使一个隔离层（1b）与内管坯料（1a）相连，该隔离层具有小于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 的对非极性气态物质的透气率和/或小于 $0.1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 的对极性气态物质的透气性，其中该隔离层（1b）被施加到内管坯料（1a）上或被引入内管坯料（1a）中。
- 15 21. 按照权利要求20的方法，其特征在于，通过真空沉积将隔离层（1b）施加在内管坯料（1a）上。
22. 按照权利要求20的方法，其特征在于，隔离层（1b）由金属构成并通过电镀装置施加在内管坯料（1a）上。
- 25 23. 按照权利要求20的方法，其特征在于，内管坯料（1a）被拉动套放在具有低透气率并构成隔离层（1b）的管形套之上。
24. 按照权利要求20的方法，其特征在于，内管坯料（1a）被拉入具有低透气率并构成隔离层的管形套之内。
25. 按照权利要求20的方法，其特征在于，为形成隔离层（1b），在内管坯料（1a）进入管子之前，将低透气率的带形箔缠绕在内管坯料（1a）上，或者在内管坯料（1a）进入管子之后，将带形箔覆盖在内管坯料（1a）上。
- 30

26. 按照权利要求20的方法，其特征在于，通过挤压或浸涂施加隔离层(1b)。

27. 按照权利要求20的方法，其特征在于，首先用具有涂层的内管坯料(1a)给管子(2)加衬，所述涂层对极性和非极性气体物质的透  
5 气率大于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ ，之后隔离层(1b)被施加到内管坯料(1a)的内表面上。

28. 按照权利要求27的方法，其特征在于，隔离层(1b)是以液态喷涂上的。

29. 按照权利要求27的方法，其特征在于，在管子(2)衬有内管坯  
10 料(1a)后，在管形套的外部和/或管子内壁上提供粘结剂，管形套具有低透气率并构成隔离层，此后，管形套被拉进管子(2)中，并通过向管形套的内部施加压力，管形套粘接到内管坯料(1a)的整个内表面上。

30. 按照权利要求29的方法，其特征在于，柔性拉入管(5)用作管  
15 形套的引入辅助装置。

31. 按照权利要求 27 的方法，其特征在于，在管子衬有内管坯料(1a)后，在具有低渗透率的管形套的内表面和/或内管坯料(1a)的内表面上提供粘结剂，利用翻转法将管形套施加到内管坯料(1a)的整个内表面上。

## 包括管子和给管子做衬里的内管的组件及其制造方法

### 技术领域

- 5 本发明涉及包括管子和给管子做衬里的内管的组件和这种组件的制造方法。主要应用领域是管路，在管路中运输高压下的流体，例如天然气。

### 背景技术

- 10 已知的方法是通过翻转将给开始端有孔的管子做衬里的外部涂敷内管引入管子中，内管的外表面翻转过来并粘接到要被加衬的管子的内壁上。然而，也可以通过拉入（没有翻转）将内管引入管子中然后粘接。

- 用于上述目的的各种类型的现有内管主要由具有涂层的编织品构成，所述涂层挤压在编织品上并由热塑性塑料材料形成。该涂层形成加  
15 衬管的内壁。利用粘结剂将内管连接到管子的整个表面上，形成给管子做衬里的内管结构，所述粘结剂在管子的内壁和热塑性塑料材料（即，纺织品实际上完全被粘结剂浸透，没有形成能导致流体渗漏的通道）之间。涂层特别被用于翻转（仅在翻转的情况下）和硬化工艺，即通过向  
20 内管的内部施加压力，内管压靠管子的内表面，从而在内管和管子之间形成永久的粘结。这里，涂层防止空气、蒸汽甚至水透过编织品，涂层中混有粘结剂，从而削弱了粘结剂的质量。

- 在高运行压力的情况下，大约大于 $16 \times 10^5 \text{Pa}$ ，已经不再应用已知的编织软管修复技术。原因是，例如在超压力管的运行故障中，压力突然  
25 下降，内管从管子壁“爆裂”或者至少在某些区域以气泡的形式分离。其原因如下：涂层虽足够稳定地与编织品连接，以承受再次投入使用的衬管中的内部压力。由于涂层通常具有一定的透气率，在长时间使用中，作为扩散过程的结果，流体，例如天然气会渗透涂层，因此，粘结剂本身中的孔隙或没有完全用粘结剂浸透的编织品内的孔隙具有施加到它们上的与管路中压力相同的压力。

- 30 只要运行压力保持不变，压力平衡的结果是所期望的没有损坏，但在压力突然下降的情况可能会发生某些损坏，例如管子存在损伤或有其它的运行故障，甚至有时是在按规定在运行中取出管子时。在这种情况下，整个运行压力继续存在于前面描述的孔隙中，因为该压力不能通过

涂层向管子中央，即要用管子运输的流体的流动区域快速逸出。同时在管子内壁和涂层之间的区域，超压管的运行压力继续被保持，而在流动区域，例如仅仅是大气压。这种低对立压力的结果是，封闭在孔隙中的气体开始膨胀过程，该过程与内管的破裂（形成凸起）甚至内管衬从管壁上完全撕下有关。

由BE 886 312 A已知运输热液体尤其是热水的管子，为了防止损坏内管材料，尤其是防止在运行过程中热液体渗透性的增加，管子的内部衬有不透液体的铝层。

## 10 发明内容

本发明的目的是想提供包括管子和给管子做衬里的内管的组件和这种组件的制造方法，其中当流动区域中的压力下降时，不会带来衬里的任何损坏和与此相关的安全性和费用风险。

利用根据本发明的组件以及根据本发明的制造方法，可以实现上述目的。

本发明提供了这样一种组件，它包括一管子和给管子做衬里的内管，所述组件在高压下引导流体，所述内管具有内管坯料，所述内管坯料能利用粘结剂粘接在管子内壁上，其中，它具有与内管坯料相连的隔离层，该隔离层对非极性气体物质的透气率小于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 和/或对极性气体物质的透气率小于 $0.1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$  ( $d = \text{天}$ )。由此一来，气体对内管的渗透在初期就被阻止了，或者把气体扩散进管子内壁和流动区域之间的速度降低到这样的程度，即，即便连续使用多年之如五十年后，内管内部中的压力的突然下降也不会导致对衬里的任何损坏。

在其它实施形式中给出了本发明的有益改进方案。

对非极性和极性气体物质的透气率在 $0.0001 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 和 $0.01 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 之间的隔离层是优选的。

作为内管组合物实现的内管的一个具体的优选实施例提供了上述透气率，内管组合物即多层结构，其中一层构成隔离层。这使得传统编织软管还可以继续用于内管，所述传统编织软管已经按照现有技术，在本实施例中涂有另外的热塑性塑料材料并具有不充分的抗扩散性能。在本实施例中，仅是隔离层导致了本发明内管的隔离作用。

隔离层优选由金属构成，尤其是铝、钛、铜、铁、锌、镍、铅、铬

或铁-锌和铅-锡合金。隔离层的厚度最好在10和100um之间。

用于隔离层的其它合适材料是有机物质和无机物质，有机物质如聚乙烯醇及其共聚物、液晶聚合物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚二氯乙烯、环氧树脂或有机硅化合物，无机物质如氧化硅 $\text{SiO}_x$ ，其中 $x \leq 2$ ，或氧化铝。

5 为了减小透气率，甚至可以通过挤压涂敷由掺有铝颗粒的热塑性塑料材料生产隔离层。

为了保护隔离层不受磨损或剥离，可以在其径向内侧提供保护层，例如通过挤压或浸涂施加所述保护层。用于这种保护层的合适的材料，对于气体管路和在某些情况下对于高压废水管路，是聚氨酯，尤其是以其作为热塑性聚氨酯橡胶（TPU）的形式，以及聚酯，尤其是以其作为热塑性聚醚酯橡胶（TPE）的形式；对于饮用水、自来水、长距离加热和在某些情况中高压废水管路，是包括聚乙烯（PE）的聚烯烃、乙烯和其它 $\alpha$ -烯烃的共聚物和热塑性聚烯烃橡胶（TPO）、热塑性苯乙烯-丁二烯或苯乙烯-乙烯-丙烯共聚物（TPS）和聚丙烯和交联乙烯-丙烯15 烯-二烯共聚物（TPV）。

用来固定管路内壁的内管的粘结剂本身具有低的透气率，致使其形成隔离层的至少一部分。可用基本上不透气并从而也形成隔离层的至少一部分的材料浸透内管坯料的织物。最后，为了减小透气性能，织物本身由低扩散丝组成，例如玻璃纤维或芳纶纤维。

20 可通过利用真空沉积涂敷内管坯料来生产隔离层。

如果隔离层由金属构成，可以通过电镀装置进行涂敷。为此，首先利用氧化溶液（例如，铬酸）预处理热塑性涂层。接着湿式化学沉积非常少量的钨，可能的话还有镍，以产生导电层，该层的厚度约为0.1-0.2um。然后，电沉积一层所希望的金属，其厚度在范围10和100um之间。

25 本发明还提供了一种制造一种组件的方法，该组件包括一管子和给管子做衬里的内管，所述组件在高压下引导流体，所述内管具有内管坯料，所述内管坯料能利用粘结剂粘接在管子的内壁上，其特征在于，使一个隔离层与内管坯料相连，该隔离层具有小于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 的对非极性气态物质的透气率和/或小于 $0.1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 的对极性气态30 物质的透气性，其中该隔离层被施加到内管坯料之上或被引入内管坯料之中。

可以这样生产隔离层，即在内管坯料被引入管子之前，将低透气率材料的带形箔缠绕在内管坯料上，或者在内管坯料被引入管子之后，覆

盖内管坯料的整个内表面。

5 制造方法的又一个有利改进方式规定，内管坯料、也可能是现有技术的未涂敷编织软管被拉下覆盖低透气率并形成隔离层的管形衬，或者被拉进管形衬。如果内管坯料被拉下覆盖如由铝箔形成的管形衬，则这样产生的内管能被拉进管子。另一方面，如果内管是利用翻转法进入管子的，将内管坯料拉进管形衬是有益的，管形衬可由铝箔或其它低透气率材料形成。

10 另一个优选实施例规定，首先管子衬有内管坯料，内管坯料对极性和非极性气体物质的透气率大于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ ，之后隔离层被施加到内管坯料的内表面上。利用这种方法，仅在加衬工艺过程中完成内管，因此现有的内管组装就不必要了，而只在制造现场进行。然而，由于可能在压力作用下翻转并胶接到管子内壁上，内管坯料必须不超过标准透气率，内管坯料具有最小的不透性能是必要的。

15 在这方面，如果隔离层是以液态喷涂上去的，则尤其有益。该方法可以按照成本优化的方式把隔离层的厚度调整到相应额定运行压和所希望的管子内衬的使用寿命。

## 附图说明

下面借助几个附图来解释本发明。附图示出：

- 20 图1a 在本发明组件中的本发明的内管的横剖面图，  
图1b 本发明的组件的横剖面图，  
图2 利用引入辅助装置将管形衬拉进管子，  
图3 利用本发明方法加衬的工艺的要示意图。

## 25 具体实施形式

图1a示出了内管1，该内管包括内管坯料1a和在其内侧的隔离层1b。

30 内管1的内管坯料1a固接到内管的隔离层1b上。内管坯料由编织品构成。当然，也可以提供编织品或某些其它编织结构，对内管坯料材料而言，能被粘结剂浸透是有利的。然而，内管坯也可以是多层结构。在这种情况下，除了编织结构以外，还可以将一可能是热塑性塑料材料的附加层挤压在编织品上。在图1b所示的内管的装配位置，挤压涂敷可以布置在内管坯料1a和隔离层1b之间的界面区域。这种类型的多层内管坯

料包括例如由热塑性聚氨基甲酸酯树脂形成的层，最好是透气率  $< 250 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 。在图1a和1b中，隔离层由铝构成。铝层的厚度在50至200um之间。而且，隔离层也可以由多个层组成，例如，隔离层由在一侧或两侧涂敷的铝箔形成。

5 图1b示出了由内管1形成的内管结构或衬里，利用粘结剂，该内管结构连接到管子或管线2的内壁是整个表面上。用粘结剂浸透内管坯料1a，而且，粘结剂置于粘结层3中。粘结层3和用粘结剂浸透的内管坯料1a不是完全无孔的；相反，在管子内壁和内管坯料1a之间存在较大的孔洞。这些孔洞引起在本申请的现有技术中描述的传统内管的破裂效应，  
10 当在流体流动区域7中的内压P1迅速下降以致不再可能通过内管壁从粘结剂层或粘结剂浸透内管坯料向流动区域补偿压力时发生所述破裂效应。内管1尤其适用于内压  $P1 > 16 \times 10^5 \text{ Pa}$  的情形。

当在管路的运行中非极性气体存在于管路中时，内管1的隔离层1b对这些气体的透气率小于  $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ ，或者当存在极性气体时，  
15 对该气体的透气率小于  $0.1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ ，即在运行状态，在压力为P1的情况下，流动区域7的气体的径向渗透与现有技术的内管相比是非常小的。因此与现有技术的内管相比，气体从流动区域7扩散进内管坯料1a或粘结层3进行得非常慢。然而，如果透气率仅在  $0.0001 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$  和  $0.01 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$  之间是更有利的。

20 各种与粘结剂一起形成图1b所示管子2内衬的生产内管1的方法都是可以的。

通过真空沉积能将隔离层1b涂敷到内管坯料1a上。这尤其有利于生产铝隔离层。

然而，用内管坯料1a覆盖低透气率的管形衬也是可以的，所述管形  
25 衬形成随后的隔离层。这种变化被认为是适用于在本申请中提到的所有隔离层材料。这样，内管坯料1a被拉下覆盖在管形衬1b上，所述管形衬可由铝箔形成并成为隔离层，（如果内管不是通过翻转引入管子2中，这种变化是有利的）。如果是通过将内管1翻转过来给管路2加衬的，为了避免不必要的翻转工艺，可以把内管坯料拉入具有低透气率的管形衬  
30 中。通过用反应性、压敏、接触或热熔粘结剂进行粘接能将隔离层和内管坯料连接在一起。

然而，将具有低透气率的、形成隔离层1b的带形铝箔缠绕在内管坯

料1a上也是可以的，例如以螺旋的形式。为此，预先将带形铝箔或内管坯料的外表面上涂上粘结剂。（附带解释：在本申请中，“低透气率”总是理解为透气率小于 $1 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ ）。

而且，隔离层也可以通过挤压施加到内管坯料上。为此，内管坯料被拉过现有技术的挤压装置，内管坯料被涂敷上隔离层。例如，这种隔离层可能是掺有铝颗粒的热塑性塑料材料。而且，可以由PVA（聚乙烯醇）、液晶聚合物（LC聚合物）、PA（聚酰胺）、聚丙烯腈、PVDC（聚二氯乙烯）或有机硅化合物生产隔离层。可以在各种内管坯料上进行隔离层的挤压，无论是在可由编织品形成的单层内管坯料上还是在已经在挤压工艺中涂敷有例如热塑性塑料材料的多层内管坯料上（同时或连接共挤压）。

图2和3示出了用形成隔离层的内管1或内管坯料1a或管形衬给管子2加衬的不同方式。

例如，可以借助于拉伸绞盘将内管1拉进管子2。在此，首先在内管外部和/或管子内壁上提供粘结剂。此处的粘结剂是施加的液体或在热作用下熔化的粘结剂层。在已经涂敷粘结剂层或粘结剂之后，内管1被拉进管子2，并通过向内管的内部施加压力使内管基本上粘结到管子2的内壁是整个表面上。

图3示出了利用翻转方法为管路2加衬提供内管1的工艺。此处，内管1翻转过来进入管子2，管子2分别在其开始端和末端处有孔。在翻转工艺之前，内管1内侧涂满粘结剂3，使内管的一端为环形且气密地贴着管子的开始端，压力介质P从管子的外部进入到位置4，内管1在该位置固定成环形，通过随后的翻转，内管1衬在管子2上。

要按照加衬工艺的类型，即通过拉入法或者翻转法，来确定隔离层施加到内管坯料上的方式。应当以这样一种方式进行施加，即在内管位于其最终位置时（见图1b），隔离层1b形成内管的最内层。

然而，将内管1的各个层一层接一层地引入管子2中也是可以的。在这里，生产内管的工艺与加衬工艺吻合。为此，首先管子衬有透气率 $< 250 \text{ ml}/(10^5 \text{ Pa d m}^2)$ 的内管坯料。利用拉入法或翻转法进行这种加衬工艺，就象上述内管的例子的解释一样。当施加压力时，使内管坯料压在管子2的内壁上，内管坯料不可以超过所需的最大透气率。例如多层内管坯料满足这个要求，所述多层内管坯料包含利用挤压涂敷的热塑性塑

料材料涂层。

当隔离层施加到内管坯料的内表面上时，要再次考虑拉入法或翻转法，内管坯料被粘结到管子内壁的整个表面上。

5 因此，在这种方法中，在管子衬有内管坯料后，具有低透气率的管形衬的内表面和 / 或内管坯料的内表面上具有粘结剂，按照图3所示的原理，利用翻转方法使管形衬施加到内管坯料1a的整个内表面上。至于管形衬的材料（对于拉入法或翻转法均理想），本申请中提到的所有用于隔离层的材料均在考虑之列。在加衬工艺后，管形衬形成隔离层，在管形衬和内管坯料之间的粘结剂被看作内管坯料的附加层。

10 在拉入方法中，在管子已经衬有内管坯料后，在具有低透气率的管形衬1b的外部和 / 或已经衬有内管坯料的管子2的内壁上提供粘结剂，管形衬1b被拉进管子2，通过向管形衬1b的内部施加压力，管形衬粘结到内管坯料1a的整个表面上。利用引入辅助装置，将管形衬1b拉入衬有内管坯料的管路2中，所述引入辅助装置结构为低重量柔性管5，如图2  
15 所示。首先，这里的管形衬1b呈U型地位于引入辅助装置5的上方，然后，引入辅助装置与管形衬一起被拉进管子2中，在管形衬已经展开在管子2中后，从管子2中取出引入辅助装置。通过利用引入辅助装置将管形衬引入管子2中，可以避免管形衬1b的皱折或折叠或者管形衬1b对内管坯料1a的内壁的磨擦和由此产生的损坏。

20

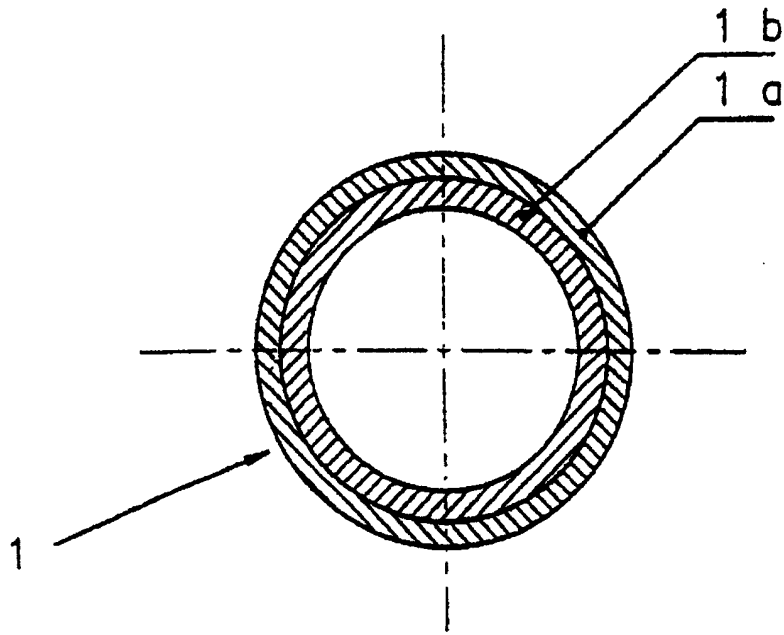


图 1 a

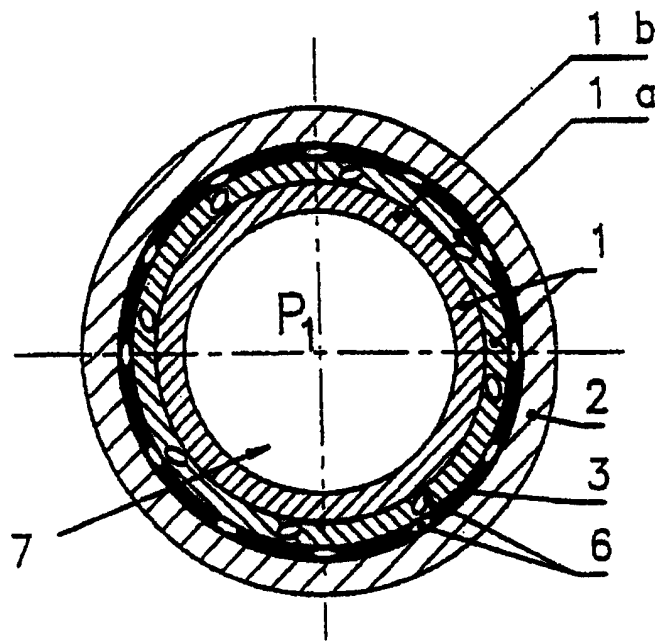


图 1 b

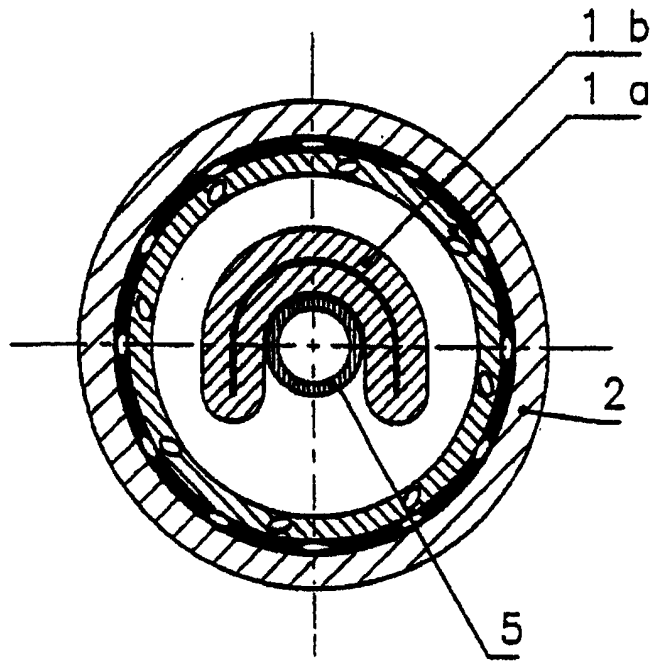


图 2

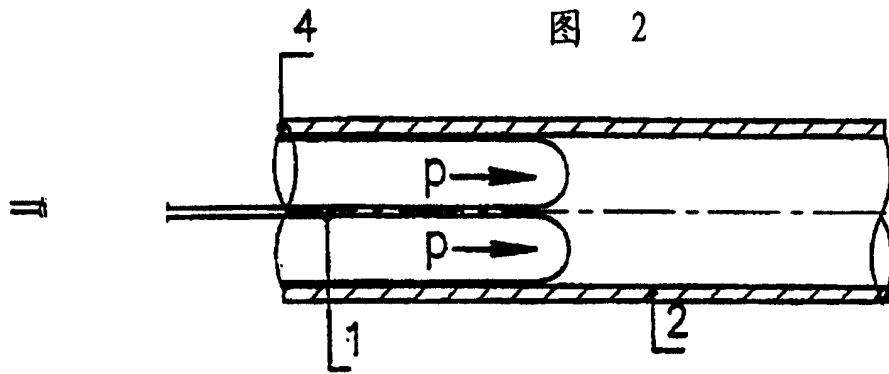


图 3