[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C01B 7/04 (2006.01)
B01J 8/06 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380105979.9

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1321056C

[22] 申请日 2003.12.11
[21] 申请号 200380105979.9
[30] 优先权
[32] 2002.12.12 [33] DE [31] 10258153.3
[86] 国际申请 PCT/EP2003/014073 2003.12.11
[87] 国际公布 WO2004/052776 德 2004.6.24
[85] 进入国家阶段日期 2005.6.13
[73] 专利权人 巴斯福股份公司
地址 德国路德维希港
[72] 发明人 G·奥尔贝特 C·瓦尔斯多夫
K·哈特 E·施特勒费尔
M·菲纳
[56] 参考文献
EP1251100A 2002.10.23
CN1343137A 2002.4.3
审查员 索大鹏
[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
代理人 林柏楠 刘金辉

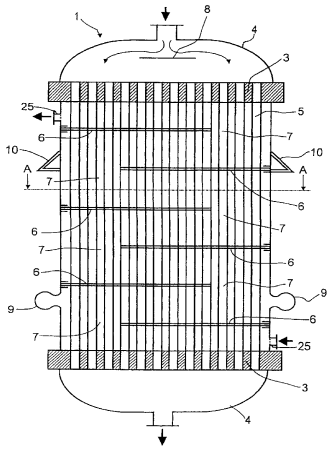
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 13 页

[54] 发明名称

通过气相氧化氯化氢制备氯

[57] 摘要

本发明公开了一种在固定床催化剂的存在下利用包含分子氧的气流气相氧化氯化氢而制备氯的方法。 所述方法是在具有一束平行催化剂管(2)的反应器(1)中进行的，催化剂管(2)以反应器的纵向排列，其两端固定在管板(3)中，在反应器(1)的每端具有反应器盖(4)，一个或多个折流板(6)设置在催化剂管(2)之间的中间空间(5)中，垂直于反应器纵向，并在靠近反应器(1)内壁处留出交替位于反应器相对侧的通道(7)。 催化剂管(2)装有固定床催化剂，氯化氢和包含分子氧的气流从反应器一端经由反应器盖(4)通过催化剂管(2)，气态反应混合物从反应器另一端经由第二反应器盖(4)离开，液体传热介质通过催化剂管(2)周围的中间空间(5)。



1. 一种在固定床催化剂的存在下利用包含分子氧的气流气相氧化氯化氢而制备氯的方法，该方法是在具有一束平行催化剂管(2)的反应器(1)中进行的，催化剂管(2)以反应器的纵向排列，其两端固定在管板(3)中，在反应器(1)的每端具有反应器盖(4)，一个或多个折流板(6)设置在催化剂管(2)之间的中间空间(5)中，垂直于反应器纵向，并在靠近反应器(1)内壁处留出交替位于反应器相对侧的通道(7)，催化剂管(2)装有固定床催化剂，氯化氢和包含分子氧的气流从反应器一端经由反应器盖(4)通过催化剂管(2)，气态反应混合物从反应器另一端经由第二反应器盖(4)离开，液体传热介质通过催化剂管(2)周围的中间空间(5)。

2. 如权利要求1的方法，该方法在通道(7)的区域内没有管的反应器(1)中进行。

3. 如权利要求1或2的方法，该方法在圆柱形的并具有折流板(6)的反应器(1)中进行，其中折流板(6)优选为弓形。

4. 如权利要求1或2的方法，该方法在其中所有折流板(6)都留出各自具有相同尺寸的通道(7)的反应器(1)中进行。

5. 如权利要求1或2的方法，该方法在其中每个通道(7)的面积是反应器横截面的5至30%的反应器(1)中进行。

6. 如权利要求1或2的方法，该方法在具有100至20000根催化剂管(2)的反应器中进行。

7. 如权利要求1或2的方法，该方法在其中各催化剂管(2)的长度为1至10 m的反应器(1)中进行。

8. 如权利要求1或2的方法，该方法在反应器(1)中进行，其中各催化剂管(2) 的壁厚为1.5至5.0 mm。

9. 如权利要求1或2的方法，该方法在反应器(1)中进行，其中催化剂管(2)如下设置在反应器的内部空间中：间隔比，即直接相邻的催化剂管(2)中点之间的距离与催化剂管(2)的外径的比率，为1.15至1.6。

10. 如权利要求1或2的方法，该方法在反应器(1)中进行，其中催化剂管(2)和折流板(6)之间存在0.1至0.4 mm的间隙(20)。

11. 如权利要求1或2的方法，其中除通道(7)的区域中之外，折流板(6)以液密方式固定在反应器内壁上。

12. 如权利要求1或2的方法，该方法在反应器(1)中进行，其折流板(6)的厚度为6至30 mm。

13. 如权利要求1或2的方法，该方法在反应器(1)中进行，其中以反应器的纵向在折流板(6)之间区域的内壁上设置有金属条，但在通道(7)的区域中没有所述金属条。

14. 如权利要求1或2的方法，该方法在反应器(1)中进行，其外壁具有一个或多个衬偿器(9)。

15. 如权利要求1或2的方法，该方法在具有端口或不完全环形槽(25)的反应器(1)中进行，端口或不完全环形槽(25)安装在反应器外壁上用于引入和排出传热介质，并具有通往反应器内部空间的开孔，开孔优选具有圆形或矩形横截面，并且开孔率为5至50%。

16. 如权利要求1或2的方法，该方法在具有关于反应器中间横截面的对称结构的反应器(1)中进行。

17. 如权利要求1或2的方法，其中气态反应混合物和液体传热介质以交叉逆流或交叉并流的方式通过反应器(1)。

18. 如权利要求1或2的方法，其中催化剂管(2)中最接近气态反应混合物送入端的区域填充有惰性材料，填充长度为催化剂管(2)总长度的5至20%。

19. 如权利要求1或2的方法，其中反应器(1)中所有与反应气接触的组件都由纯镍或镍基合金制成或镀有纯镍或镍基合金。

20. 如权利要求19的方法，其中催化剂管(2)由纯镍或镍基合金制成，管板(3)镀有纯镍或镍基合金，并且催化剂管(2)仅在镀层处焊接至管板。

21. 如权利要求1或2的方法，其中反应器(1)具有利用隔板(11)以严格液密方式分开的两个或更多个反应区。

22. 如权利要求1或2任何一项的方法，该方法在两个或更多个反应器(1)中进行。

23. 如权利要求1或2的方法，其中在反应器(1)之间安装有静态混合器(13)。

24. 如权利要求1或2的方法，其中在反应器的外壁中和/或管板(3)中和/或隔板(11)中提供了传热介质用的排气孔。

25. 如权利要求 1 或 2 任何一项的方法，其中经由泵(16)和外部冷却器(17)传送传热介质，泵(16)和冷却器(17)以平行于反应器纵向的方向位于反应器外壁，优选使得仅不超过全部传热介质流的 15%的支流经由调节阀(18)和外部冷却器(17)通过。

通过气相氧化氯化氢制备氯

本发明涉及通过在固定床催化剂的存在下气相氧化氯化氢制备氯的方法。

Deacon 在 1868 年开发的在放热平衡反应中利用氧催化氧化氯化氢的方法代表工业氯化学的开始。Deacon 方法已被氯碱电解推至非常次要的地位；实际上现在所有制造出的氯都是通过电解氯化钠水溶液获得的。

然而，Deacon 制氯法近来再次变得更有吸引力，因为世界上对氯的需求比对氢氧化钠的需求增长得更快。通过氯化氢的氧化制备氯的方法适应该发展，因为它与氢氧化钠的生产分离开了。另外，在例如光气化反应（如在异氰酸酯的生产中）中，获得了大量的作为副产物的氯化氢。在异氰酸酯生产中形成的氯化氢大部分用于将乙烯氧氯化为 1,2-二氯乙烷，1,2-二氯乙烷被进一步加工为氯乙烯，然后加工为 PVC。生成氯化氢的其它方法的实例是制备氯乙烯、制备聚碳酸酯或 PVC 再循环。

氯化氢被氧化为氯的反应是平衡反应。随着温度增加，平衡点偏离所需的最终产物。因此宜使用使得反应可以在较低温度下进行的具有很高活性的催化剂。这种催化剂特别是基于钌的催化剂，例如在 DE-A 19748299 中描述的包含氧化钌或混合的氧化钌作为活性组合物的负载催化剂。这些催化剂中氧化钌的含量是 0.1 至 20 重量%，平均粒径是 1.0 至 10.0 nm。其它基于钌的负载催化剂是由 DE-A 19734412 获知的，即还包含下列化合物中至少一种的氯化钌催化剂：二氧化钛和氧化锆、钌-羰基络合物、无机酸的钌盐、钌-亚硝酰基络合物、钌胺络合物、有机胺的钌络合物或钌-乙酰丙酮络合物。

气相氧化（本文中是氯化氢氧化为氯）中已知的技术问题是形成热点，即局部过热区域，它会破坏催化剂和催化剂管材料。为了减少或防止热点的形成，WO 01/60743 提出在催化剂管的不同区域使用具有不同活性的催

化剂装料，即催化剂具有与反应温度起伏相匹配的活性。据称，用惰性材料有针对性地稀释催化剂床可获得类似的结果。

这些方法的缺点是必须研制出两种或更多种催化剂体系并用于催化剂管中，并且惰性材料的使用降低了反应器容量。

本发明的目的是提供一种通过在固定床催化剂的存在下使用包含分子氧的气流气相氧化氯化氢以工业规模制备氯的方法，虽然反应混合物腐蚀性很强，但该方法可确保有效排除热量并具有令人满意的运转时间。此外，会减少或避免热点的问题，无需有意降低催化剂活性或仅轻微地逐渐降低活性，并且无需稀释催化剂。

本发明的具体目的是避免折流区中催化剂管的腐蚀问题，并提供具有更高截面通过量并因此具有更高可能的反应器容量的方法。

该目的的解决方法从在固定床催化剂的存在下利用包含分子氧的气流气相氧化氯化氢制备氯着手。

本发明方法在具有一束平行催化剂管的反应器中进行，催化剂管在反应器的纵向上排列，它们的两端固定在管板中，在反应器的每一端具有反应器盖，并具有一个或多个折流板，折流板垂直于反应器纵向交替排列在催化剂管之间的中间空间，并在靠近反应器内壁处留出交替位于反应器相对侧的通道，催化剂管装有固定床催化剂，氯化氢和包含分子氧的气流从反应器的一端经由反应器盖通过催化剂管，并且气态反应混合物从反应器的另一端经由第二反应器盖离开，液体传热介质通过催化剂管周围的中间空间。

根据本发明，该方法在具有安装在催化剂管之间的折流板的壳管式反应器中进行。这使得传热介质相对于催化剂管主要是横流，且在使用相同传热介质的情况下，会增大传热介质的流速，因此能够经由在催化剂管之间循环的传热介质更好地排除反应热。

然而，在装有在靠近反应器内壁处留出通道的折流板并且在所有区域全部装有催化剂管的反应器中，通道区域中（即在折流区域中）的传热介质主要是在催化剂管的纵向上流动。结果，位于这些折流区域的催化剂管

冷却较差，可能出现腐蚀问题。

因此，本发明方法特别有利的实施方案是在通道的区域没有催化剂管的壳管式反应器中进行。

该实施方案中，传热介质相对于催化剂管为限定的、实际上完全的横流。结果，对于反应器横截面上的所有催化剂管，传热系数是相似的；在反应器横截面上，传热介质侧的传热系数的分散度不超过的±20％。

对于本发明，术语“通道”是指折流板自由端与反应器内壁之间的区域。

已经发现，在通道的区域内留出反应器的内部空间，即在折流板附近的通道的区域内不安装催化剂管，与全部装满催化剂管并具有不变内部体积的反应器相比，尽管安装在反应器内的催化剂管总数减少，但反应器容量增大，其系数为 1.3 至 2.0，而且增加了冷却剂的量。

至于液体传热介质，可以特别有利地使用盐熔融物，特别是硝酸钾和亚硝酸钠的共晶盐熔融物。

本发明方法原则上可以使用所有已知的用于将氯化氢氧化为氯的催化剂进行，例如上述由 DE-A 197 48 299 或 DE-A 197 34 412 得知的钌基催化剂。其它特别可用的催化剂是公开于 DE 102 44 996.1 的那些，其基于金并包含 0.001 至 30 重量％的金、0 至 3 重量％的一种或多种碱土金属、0 至 3 重量％的一种或多种碱金属、0 至 10 重量％的一种或多种稀土金属和 0 至 10 重量％的一种或更多种选自由钌、钯、铂、锇、铱、银、铜和铼组成的组的其它金属，所有百分比都基于负载在载体上的催化剂的总重量。

本发明方法在氯化氢原料来源方面原则上没有限制。例如，原料可以是如 DE 102 35 476.6 所述在制备异氰酸酯的方法中作为副产物得到的氯化氢流，其中公开内容通过引用全部引入本专利申请。

本发明方法采用的反应器几何形状原则上没有限制。它优选为圆柱形，但是具有例如正方形或矩形横截面的形状也是可以的。

反应器中，平行于反应器纵向排列一束（即许多）平行催化剂管。催化剂管的数量优选为 100 至 20000，特别是 5000 至 15000。

每个催化剂管优选具有 1.5 至 5 mm 的壁厚，特别是 2.0 至 3.0 mm，内径为 10 至 70 mm，优选 15 至 30 mm。

催化剂管优选具有 1 至 10 m 的长度，特别是 1.5 至 8.0 m，特别优选 2.0 至 7.0 m。

催化剂管优选在反应器内部空间中如下排列：间隔比，即直接相邻的催化剂管的中点之间的距离与催化剂管外径的比例为 1.15 至 1.6，优选 1.2 至 1.4，而且催化剂管在反应器中具有三角形排列。

催化剂管优选以三角形排列。

催化剂管优选由纯镍或镍基合金制成。

同样，反应器中所有与高腐蚀性反应气体混合物接触的其它组件优选由纯镍或镍基合金制成，或镀有镍或镍基合金。

优选使用 Inconel 600 或 Inconel 625 作为镍基合金。所述合金与纯镍相比优点是增强了耐热性。Inconel 600 包含约 80%的镍和约 15%的铬和铁。Inconel 625 包含占大部分的镍、21%的铬、9%的钼和百分之几的铌。

催化剂管的两端以液密方式固定（优选焊接）在管板中。管板优选包含耐热碳钢、不锈钢，例如材料标号 1.4571 或 1.4541 的不锈钢，或双炼钢（材料标号 1.4462），并且优选在与反应气体接触的一侧镀有纯镍或镍基合金。催化剂管仅在镀层焊接至管板。

催化剂管优选还在管板处轧压。

原则上可以使用任何施加镀层的工业方法，例如辊压接合、爆炸镀、焊接包覆或带式包覆。

如果是圆柱形装置，反应器的内径为 0.5 至 5 m，优选 1.0 至 3.0 m。

反应器两端用反应器盖封闭。反应混合物经过一个反应器盖送入催化剂管，而产物流经过反应器另一端的反应器盖离开。

反应器盖优选具有使气流均匀的气体分布器，例如是板的形式，特别是多孔板。

特别有效的气体分布器是穿孔截锥体形式，其在气流方向变窄，并且其在侧面上穿孔的开孔率约为 10-12%，大于伸入反应器内部空间的较小平坦端上穿孔的开孔率（即约 2-10%）。

因为反应器盖和气体分布器是与高腐蚀性反应气体混合物接触的反应器组件，因此适用以上关于构造材料的选择的内容，即组件由纯镍或镍基合金制成，或其上有镀层。

这同样特别适用于反应气体混合物流经的管或静态混合器，并适用于引入装置，例如插入的管。

在催化剂管之间的中间空间中，垂直于反应器纵向排列着一个或多个折流板，从而在靠近反应器内壁处留出交替位于反应器相对侧的通道。折流板使得在反应器内部循环的传热介质在催化剂管之间的中间空间转向，从而使传热介质相对于催化剂管横向流动，因此改进了热量的排除。为了实现这种有利的相对于催化剂管的横向流动，折流板必须在反应器内壁的相对侧留出传热介质用的交替通道。

折流板的数量优选为约 6 至 15。它们优选彼此等距安置，但是最低的和最高的折流板与各管板间的距离特别优选大于两个连续的折流板之间的距离，其系数优选约为 1.5。

留出的通道原则上可以具有任何形状。如果是圆柱形反应器，它们优选为弓形。折流板优选为弓形。

优选所有的折流板留出相同的面积。

每个通道的面积优选是反应器横截面的 5 至 30%，特别是 8 至 14%。

折流板优选在催化剂管的周围不密封，并允许最高可达传热介质总流量的 30 体积%的漏泄流。为此，催化剂管和折流板之间可以具有 0.1 至 0.4 mm、优选 0.15 至 0.30 mm 的间隙。

折流板除通道区域以外宜以液密方式与反应器内壁封接，从而使得该处没有额外的漏流。

在没有通道的区域中，可以特别有利地在折流板之间反应器内壁处提供垂直的金属条，作为防止催化剂管与反应器内壁之间旁流的措施。

盲管，特别是实心杆（优选具有与催化剂管相同的外径）或其它代换件也适于此目的。盲管或其它代换件优选不焊入管板中，而是仅与折流板连接。

折流板可以由与管板相同的材料制成，即耐热碳钢、材料标号为 1.4571 或 1.4541 的不锈钢或双炼钢（材料标号 1.4462），优选厚度为 6 至 30 mm，优选 10 至 20 mm。

催化剂管装有固体催化剂。催化剂管中的催化剂床优选具有 0.15 至 0.55、特别是 0.20 至 0.45 的间隙容量（gap volume）。

催化剂管在气态反应混合物送入端的区域特别优选填充有长度为催化剂管总长度的 5 至 20%、优选 5 至 10%的惰性材料。

为了补偿热膨胀，优选在反应器壁上提供安装在反应器壁上的环带形式的一个或多个补偿器。

优选经过位于反应器壁上的端口或不完全环形槽将传热介质引入/排出催化剂管之间的中间空间，所述端口或不完全环形槽具有通往反应器内部空间的开孔，其优选具有圆形或矩形横截面，开孔率为 5 至 50%、优选 15 至 30%。

优选经过泵和外部冷却器传送传热介质，泵和冷却器安置在反应器外壁上，平行于反应器的纵向。优选利用调节阀经过外部冷却器仅传送全部传热介质的 15%的支流。

该方法在反应气体混合物和传热介质流动方向方面原则上不受限制，即可以自顶部向下或从底部向上经过反应器。反应气体混合物和传热介质流动方向的任何组合都是可行的。

反应器优选对于反应器中间的横截面是对称的。在该优选实施方案中，直立的反应器具有相同的底部和上部。这意味着用于支撑反应器的所有连接和支架都对称地配置。随着反应的进行，热点区域的迁移导致催化剂消耗不同。类似地，不同区域中催化剂管受到不同的应力，最大应力是在热点区域附近。催化剂管内壁的腐蚀和催化剂管渗漏的风险首先出现在该热点区域中。上述对称设计可以抵御该风险，这种设计可以使反应器在达到临界腐蚀水平之前及时翻转，使得热点区域移动至先前受力至较低程度的催化剂管部分。这样，可以明显增加反应器运行时间，通常为两倍。

当该方法在具有两个或更多个反应区的反应器中进行时，可以特别好

地控制反应过程中的温度起伏。也可以在两个或更多单独的反应器中进行该方法，代替具有两个或更多反应区的单个反应器。

如果该方法在两个或更多个反应区中进行，则催化剂管的内径优选在不同反应器中不同。特别地，其中反应阶段特别受到热点危及的反应器可以提供有与其它反应器相比内径更小的催化剂管。这可确保改善这些特别受到危及的区域的热量排除。

此外，或者作为选择，也可以在受到热点危及的反应阶段具有两个或更多个并联反应器，随后反应混合物经由一个反应器合并。

如果反应器被分成多个区域，优选 2 至 8 个、特别优选 2 至 6 个反应区，则利用隔板以严格的液密方式使这些反应区互相分离。在本文中，“严格”是指完全分离不是绝对必需的，可以允许存在制造公差。

例如，可以用具有约 15 至 60 mm 的较大厚度的隔板使反应区互相严格分离，催化剂管与隔板之间允许有约 0.1-0.25 mm 的细缝。这样，特别地，在必要时可以简单方式更换催化剂管。

在优选的实施方式中，可以通过轻微轧压或液压展宽催化剂管而改善催化剂管与隔板之间的密封。

因为隔板不与腐蚀性反应混合物接触，因此隔板材料的选择不严格。例如，它们可以由与用于管板被镀覆部分相同的材料制成，即耐热碳钢、不锈钢，例如材料标号为 1.4571 或 1.4541 的不锈钢，或双炼钢（材料标号 1.4462）。

优选在反应器壁中和/或管板中和/或隔板中提供传热介质用的通气或排泄孔，特别是在关于反应器横截面对称排列的多个位置，优选 2 至 4 个位置，这些孔通向反应器外，优选通往焊接在反应器外壁上或焊接在伸出反应器外部的管板上的半壳（half shell）中。

在反应器具有两个或更多个反应区的情况下，优选每个反应区具有至少一个补偿热应力的衬偿器。

在其中使用多个反应器的本方法方案中，宜中间引入氧，优选经由位于下部反应器的反应器盖中的、可确保分布更为均匀的多孔板引入。多孔

板优选具有0.5至5%的开孔率。因为它直接与高腐蚀性反应混合物接触，因而优选由镍或镍基合金制造。

在具有两个或更多个反应器、一个反应器直接位于另一个之上的实施方案中，即在省略了每个较高反应器的下盖和每个位于其下的反应器的上盖的特别节省空间的结构变型中，可以如下中间引入氧：在两个设置为一个直接在另一个之上的反应器之间，经由焊接到均匀分布在反应器外壁上的通向外部的孔上的半壳引入。

静态混合器优选安装在单独反应器之间中间引入氧气之后。

关于静态混合器构造材料的选择，适用以上关于与反应气体混合物接触的组件所用材料的概括描述，即优选纯镍或镍基合金。

在其中使用多个反应器的方法中，可以经由多孔的（优选弯曲的）、通往两个反应器之间连接管的插入管进行氧的中间引入。

以下借助附图图释本发明。

附图中：

图1以纵剖面显示了本发明方法第一种优选实施方案，反应混合物和传热介质交叉逆流，和

－图1A为横截面图，

－图1B为催化剂管的放大视图和

－图1C为催化剂管和折流板排列的放大视图，

图2以纵剖面显示了反应器的优选实施方案，反应混合物和传热介质交叉逆流，反应器中通道的区域内没有催化剂管，图2A为横截面图，

图3显示了另一具有多区反应器的实施方案，

图4显示了两个串联反应器的实施方案，

图5显示了具有紧凑配置的反应器的实施方案，在反应器之间具有静态混合器，

图6显示了具有两个串联反应器的实施方案，

图7显示了另一具有两个反应器的实施方案，

图 8 以纵剖面显示了反应器实施方案，其中描绘有传热介质循环，

图 9A 显示了管板中成角度的排气孔，

图 9B 显示了反应器壁中的排气孔，

图 10 显示了催化剂管与管板镀层的连接，

图 11 显示了催化剂管和隔板之间的连接。

图 1 以纵剖面显示了本发明方法反应器 1 的第一种实施方案，其中催化剂管 2 固定在管板 3 内。

反应器的两端从外部用反应器盖 4 封闭。反应混合物通过一个反应器盖送至催化剂管 2，同时产物流经过在反应器 1 另一端的反应器盖离开。优选在反应器盖中设置使气流更加均匀的气体分布器，例如为板 8 的形式，特别是多孔板。

折流板 6 位于催化剂管 2 之间的中间空间；图 1 中以举例的方式描绘了六块折流板 6。折流板 6 在靠近反应器内壁处留出交替位于反应器相对侧的通道 7。在以举例的方式于图 1 中显示的实施方案中，反应混合物自上而下通过催化剂管，传热介质从底部向上以交叉逆流通过催化剂管 2 之间的中间空间。

图 1A 中的横截面图显示了在反应器内壁上用于防止旁流的金属条 19。

图 1B 中的放大视图显示了计算间隔比所需的催化剂管 2 几何参数中点间距(t)和外径(d_a)。

图 1C 中的放大视图显示了催化剂管 2 和折流板 6 之间的间隙 20。

反应器外壁提供有衬偿器 9 和支架 10。经由反应器外壁上的端口 25 引入和排出传热介质。

图 2 中同样以纵剖面显示了另一实施方案，它与前一实施方案的不同之处特别在于反应器内部空间在传热介质通道 7 的区域内没有催化剂管。

图 3 中以纵剖面显示的实施方案描绘了多区（例如三个区域）的反应器，其各反应区以隔板 11 互相分离。

图 4 中的实施方案显示了两个反应器 1，其中一个垂直位于另一个之

上，在两个反应器 1 之间的连接管中具有静态混合器 13。在上部反应器 1 的下盖中提供了多孔板 12，使得在多孔板 12 下反应器间引入的氧气流更加均匀。

图 5 以举例的方式显示了具有紧凑设置的两个反应器 1 的另一实施方案，其中一个在另一个之上，已经省去了上部反应器 1 的下盖和下部反应器 1 的上盖以节省空间。经由焊接到反应器外围上的半壳 14 在两个反应器之间区域中提供了氧(O_2)的中间引入。静态混合器 13 位于中间引入氧气的下游。

图 6 中的实施方案显示了两个串联的反应器 1，经由在其周边有多孔的管 15 并通向两个反应器之间的连接管进行氧的中间引入，在两个反应器之间的连接管中有静态混合器 13。

图 7 中描绘的实施方案不同于图 6 中的实施方案，在该实施方案中，反应混合物流自上而下通过第一个反应器，从底向上通过第二个反应器。

图 8 以举例的方式以纵剖面显示了反应器 1，显示出经由泵 16、外部冷却器 17 和调节阀 18 的传热介质循环。

图 9A 中的放大视图显示了管板 3 中成角度的排气孔 21，在排气孔 21 上有半壳 22。

图 9B 中的放大视图显示了排气孔 21 的另一方案，在本方案中，排气孔 21 位于反应器外壁上。

图 10 中的放大视图显示了焊接 24 形式的催化剂管 2 与管板 3 的镀层 23 的连接。

图 11 中的放大视图显示了在催化剂管 2 和隔板 11 之间变窄的间隙 20，变窄是通过将催化剂管轧压到隔板上实现的，还显示了隔板 11 中成角度的排气孔 21。

参考编号列表

1 反应器

2 催化剂管

3 管板

4 反应器盖

5 催化剂管之间的中间空间

6 折流板

7 通道

8 冲击挡板

9 衬偿器

10 支架

11 隔板

12 多孔板

13 静态混合器

14 反应器周边用于引入 O_2 的半壳

15 多孔管

16 泵

17 冷却器

18 调节阀

19 密封金属条(密封条)

20 催化剂管(2)和折流板(6)或隔板(11)之间的间隙

21 排气孔

22 排气孔(21)上的半壳

23 管板(3)上的镀层

24 催化剂管(2)和镀层(23)的焊接

25 端口或不完全环形槽

O_2 氧的中间引入

图 1

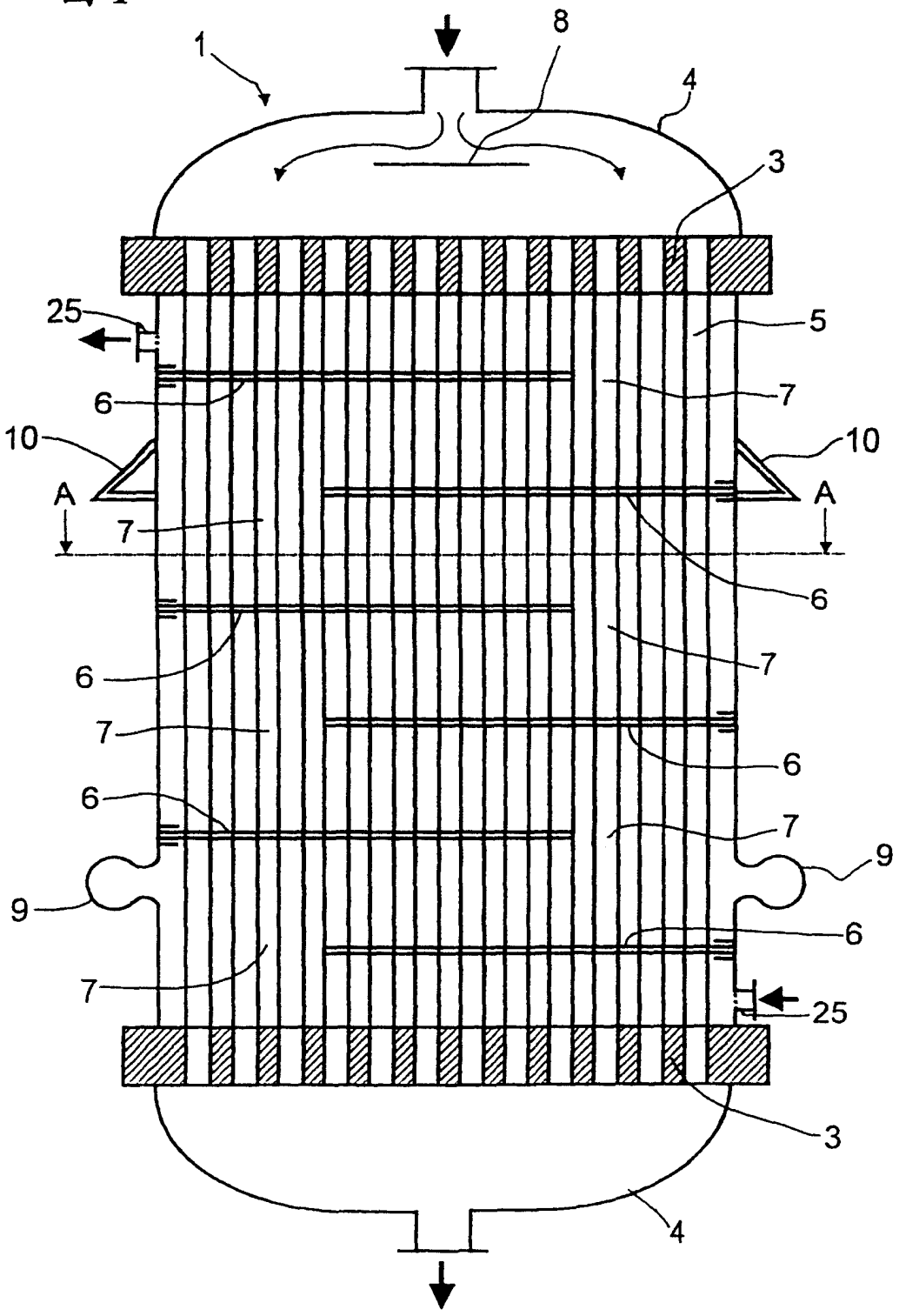


图 1A

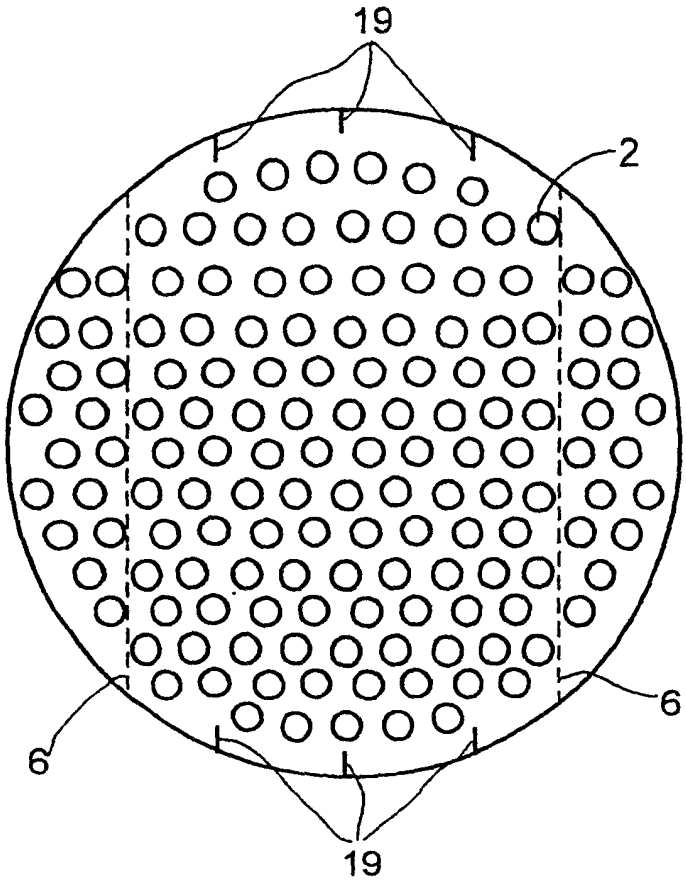


图 1B

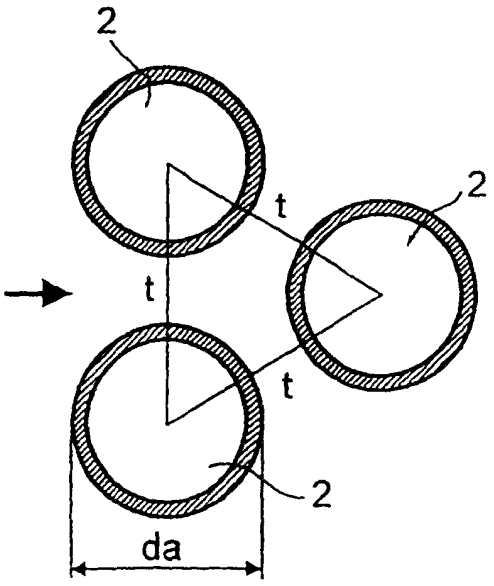


图 1C

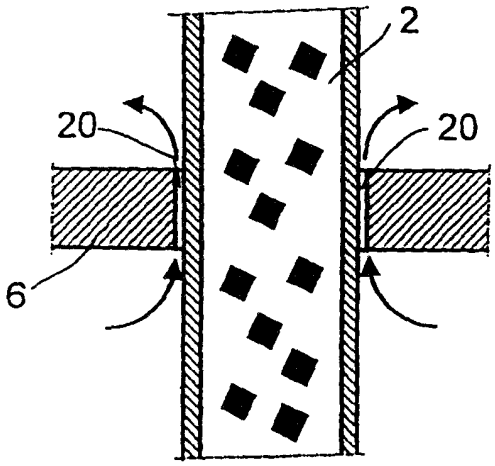


图 2A

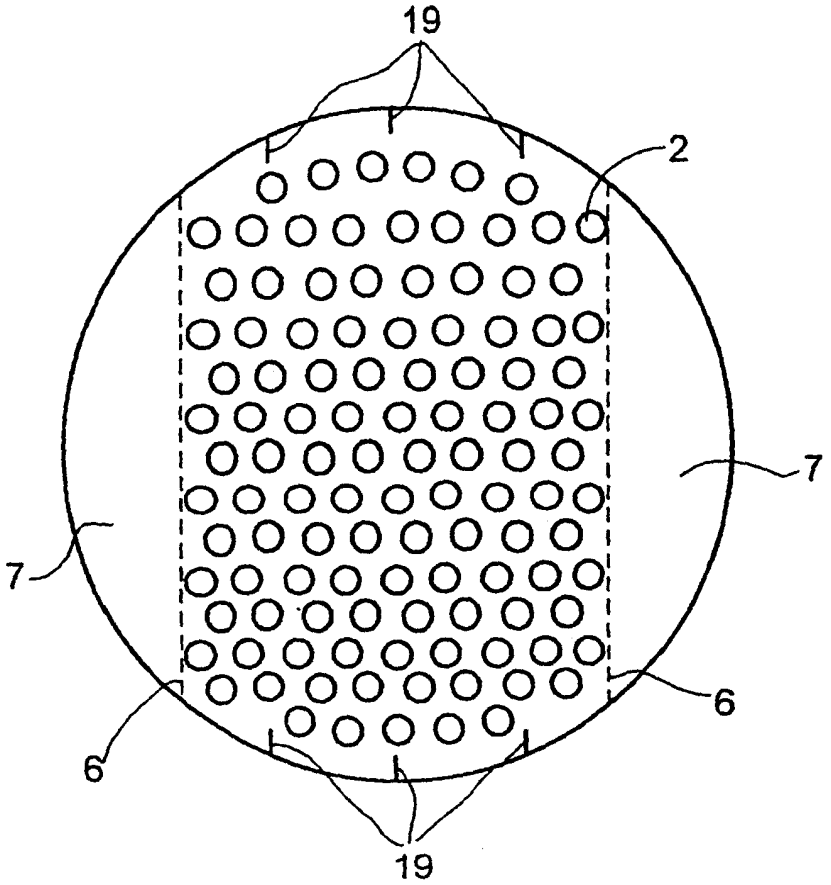


图 2B

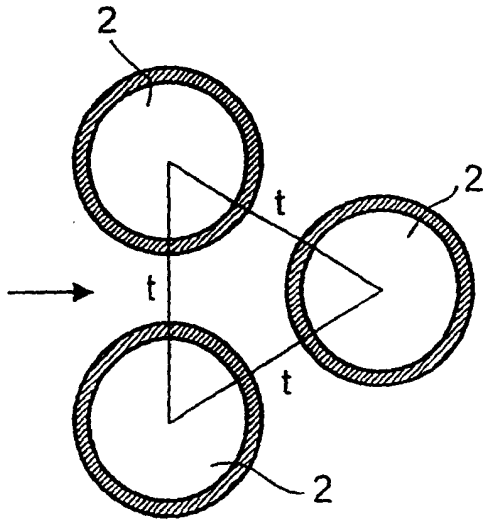


图 2C

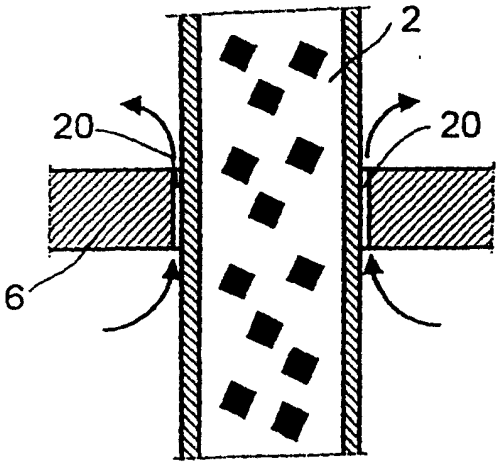


图 2

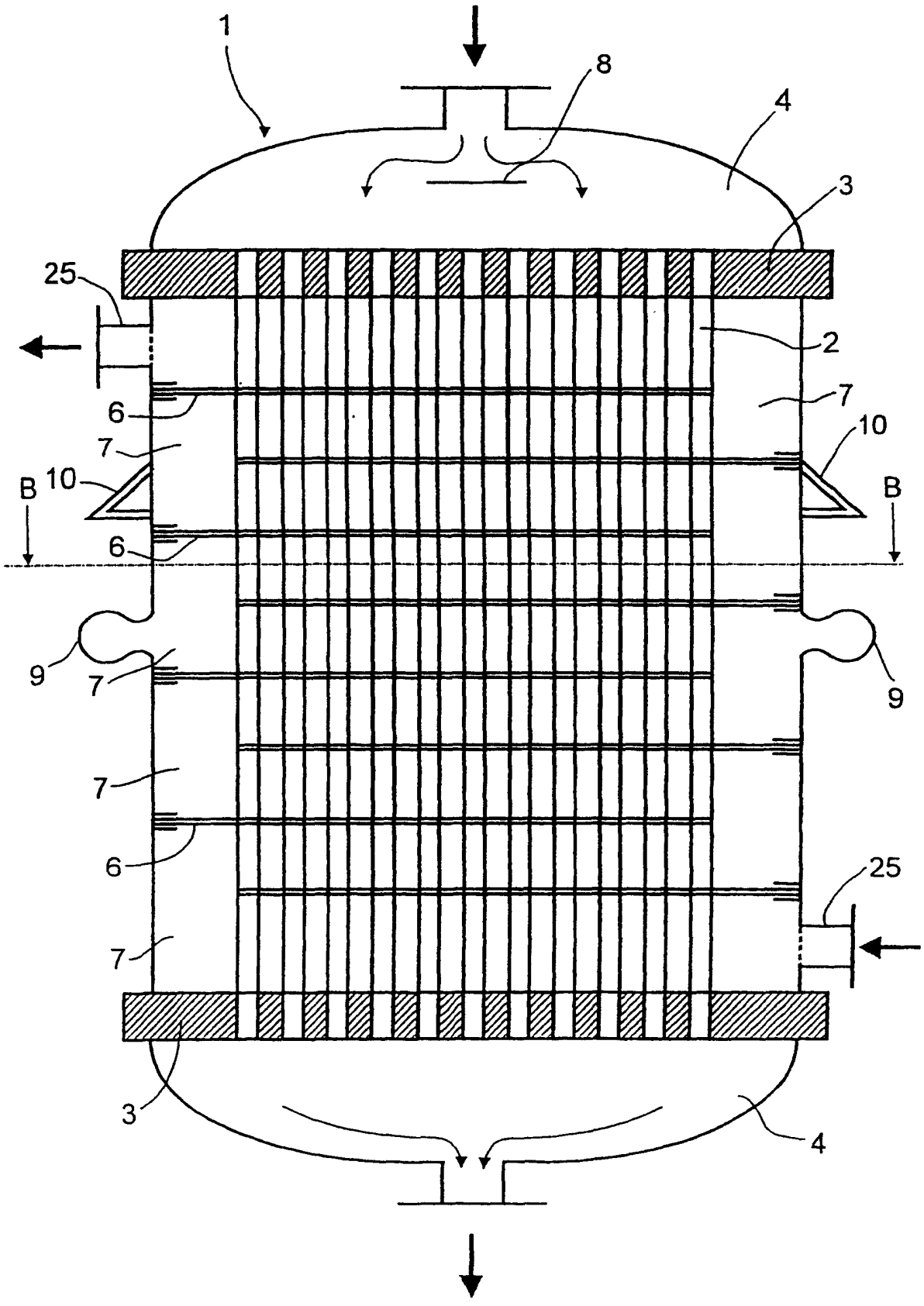


图 3

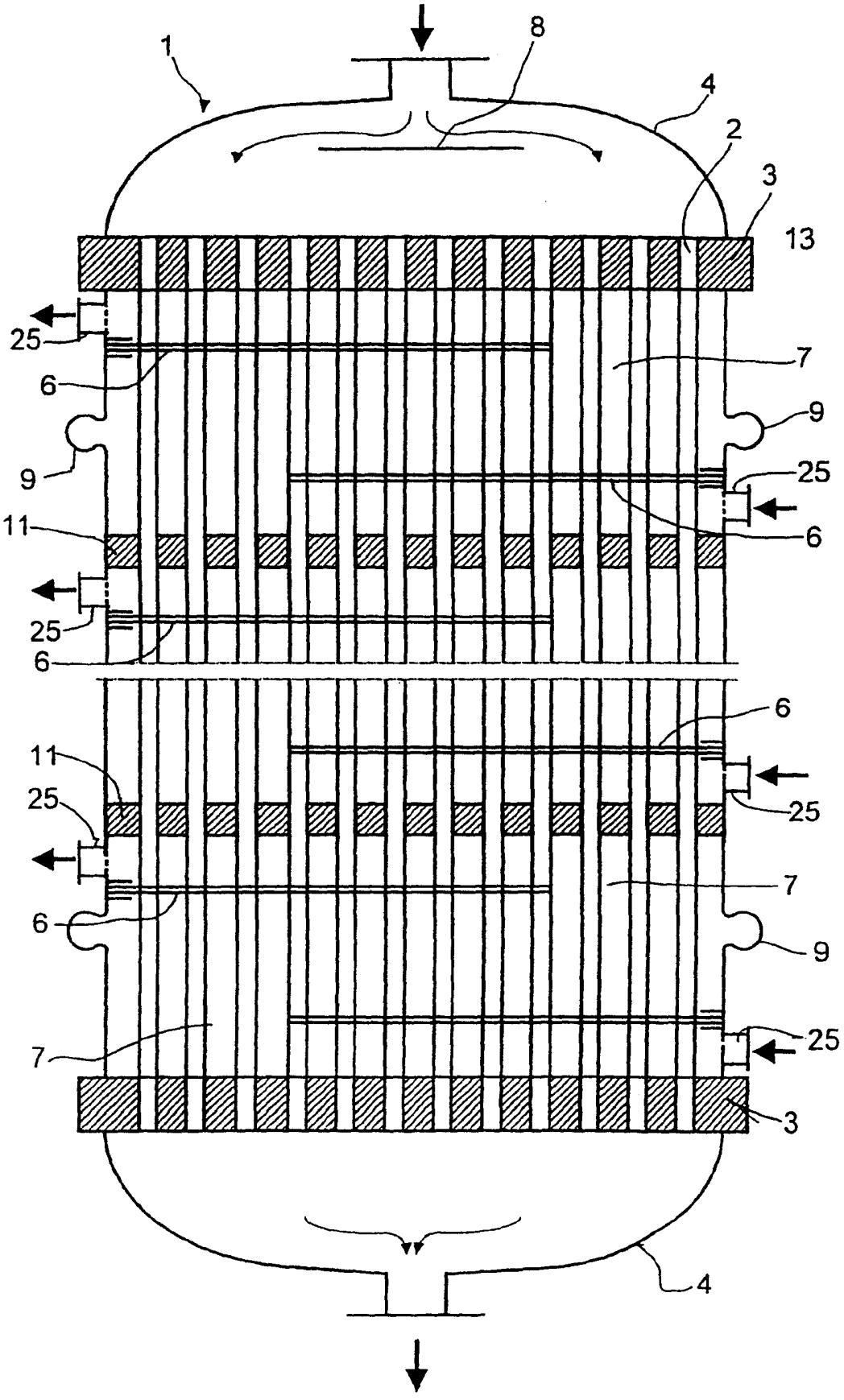


图 4

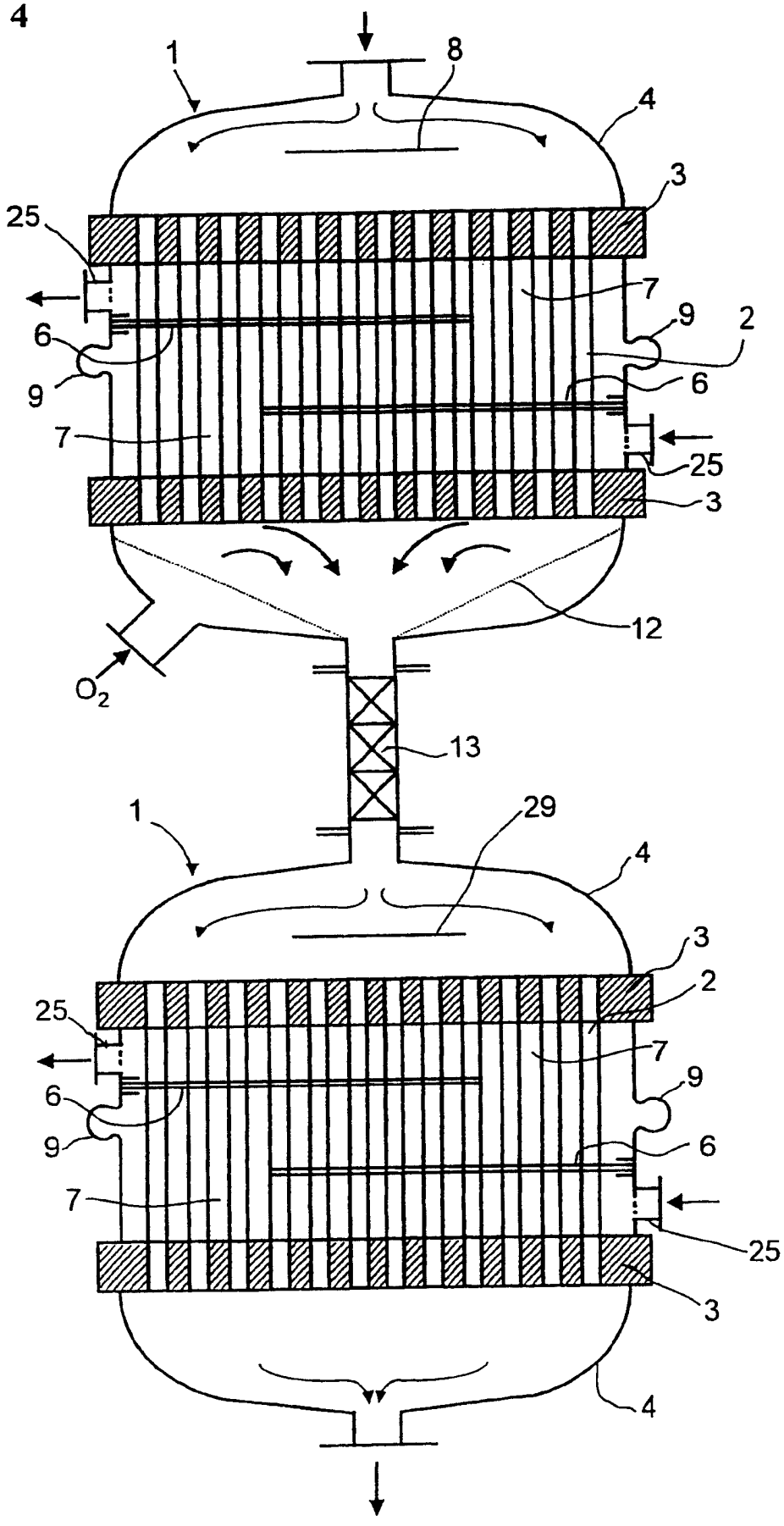


图 5

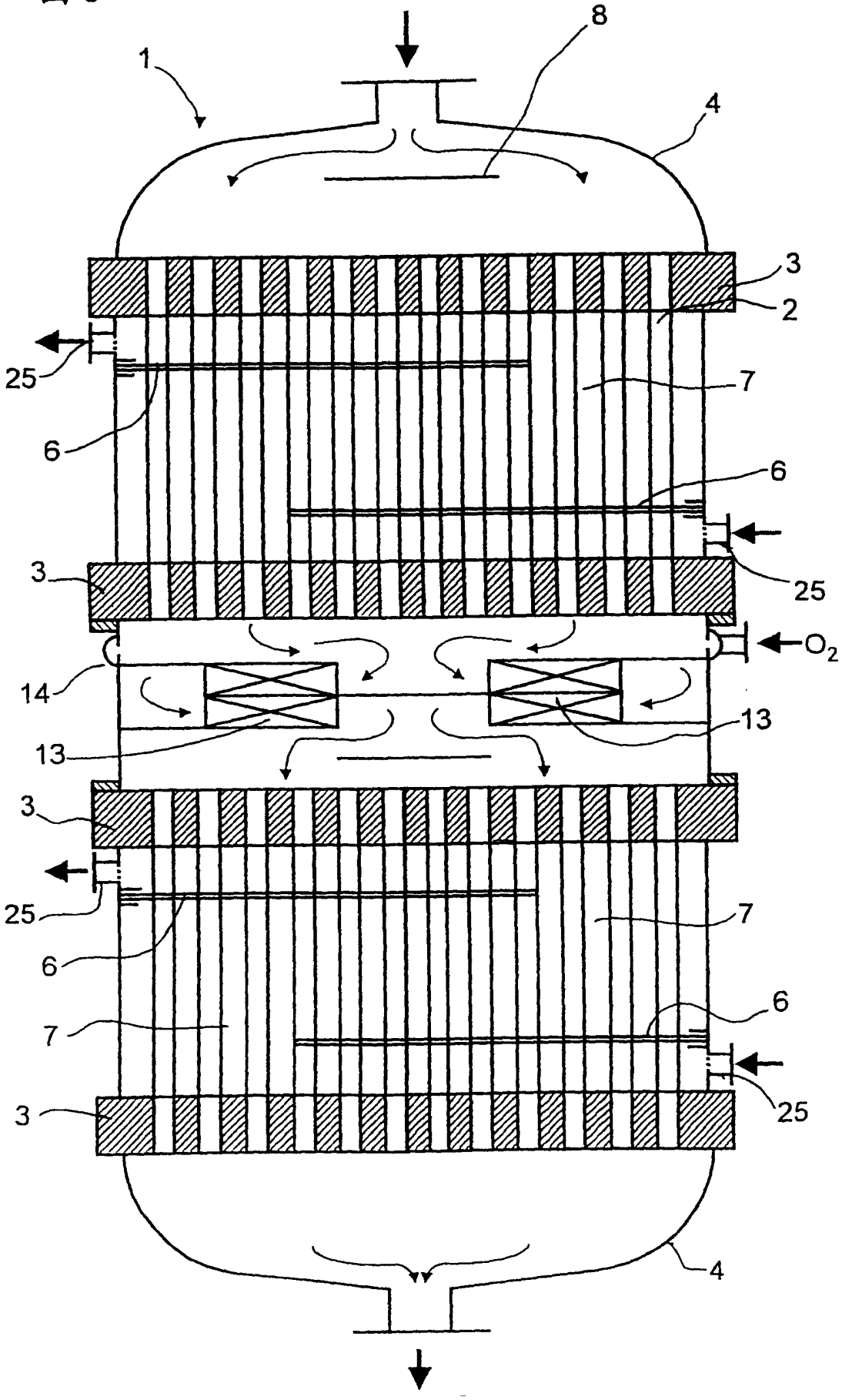


图 6

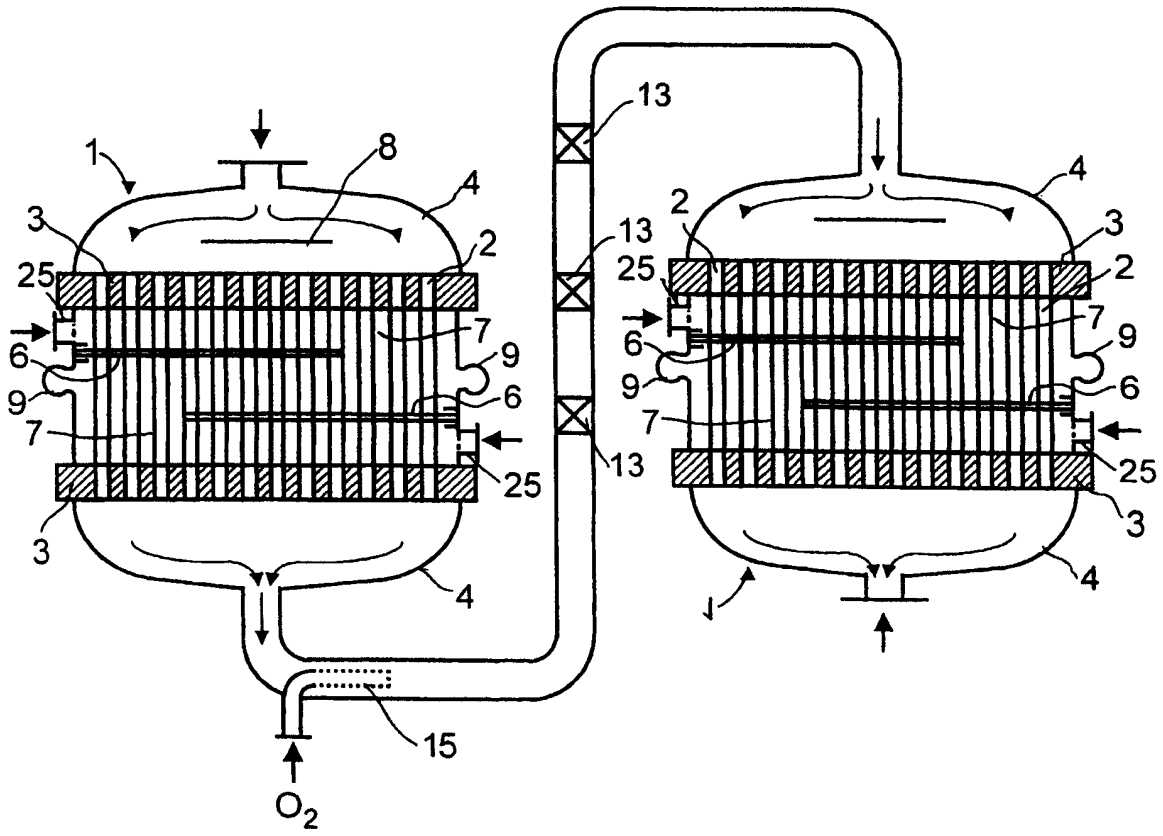


图 7

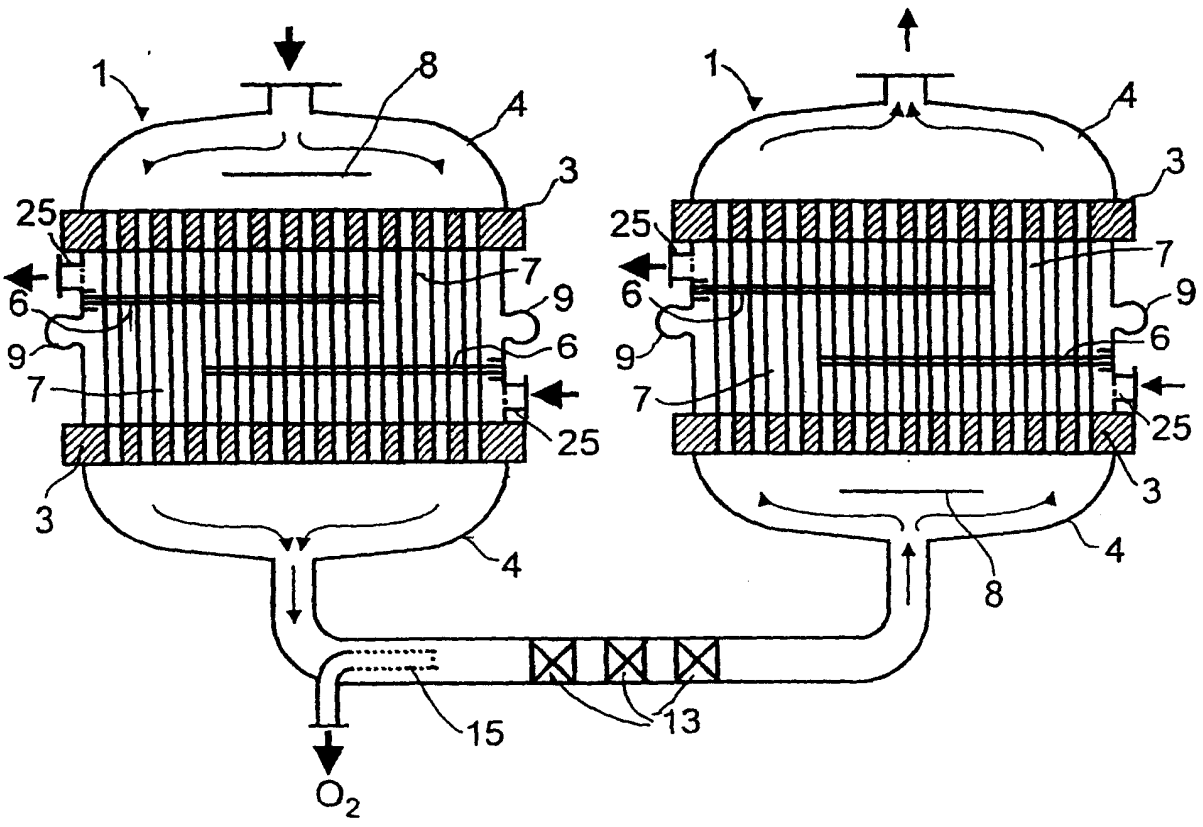


图 8

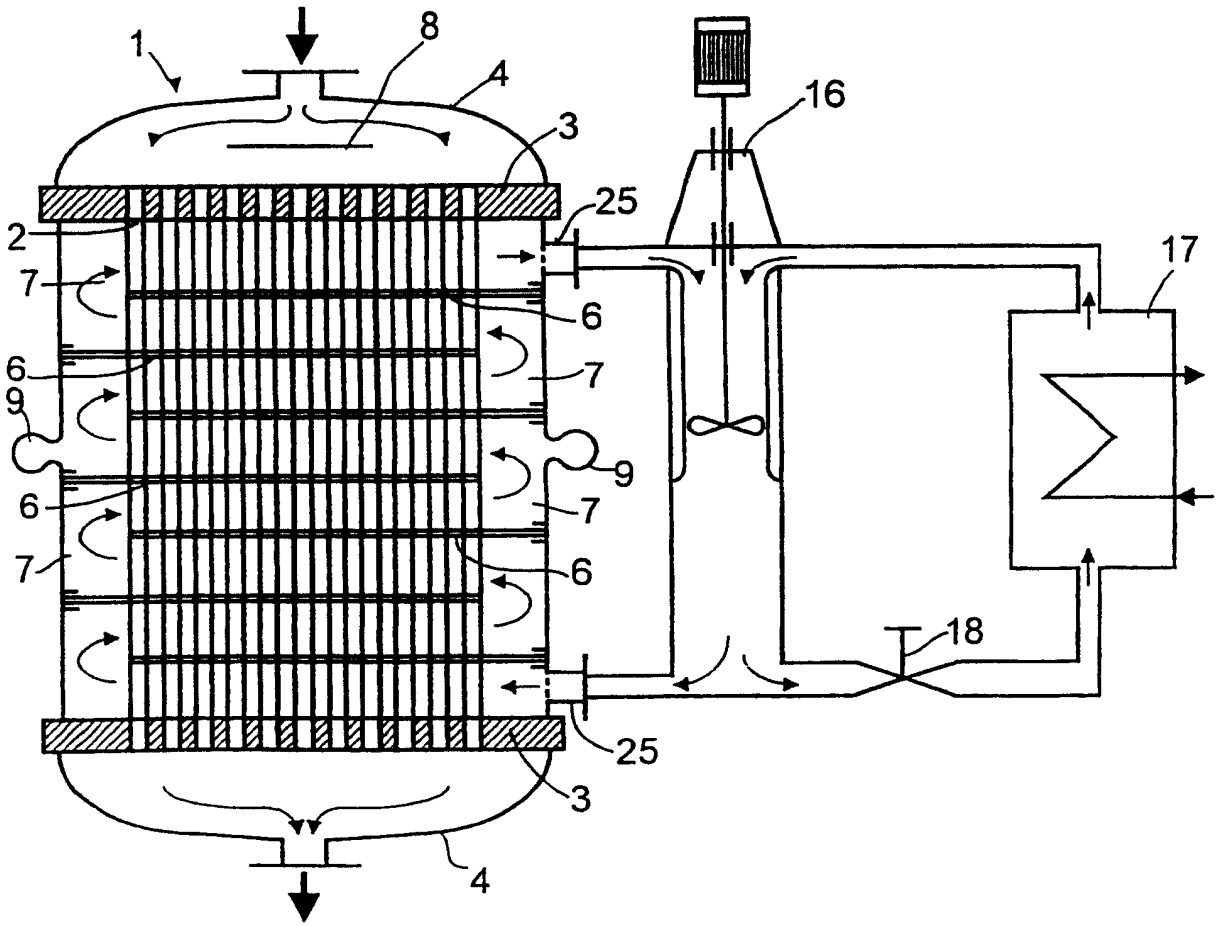


图 9A

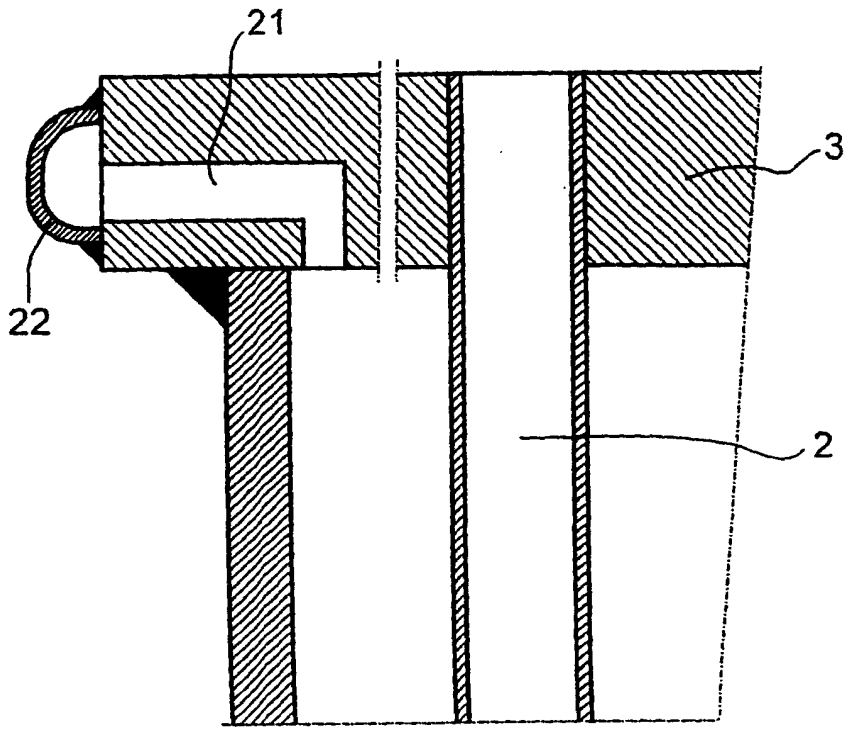


图 9B

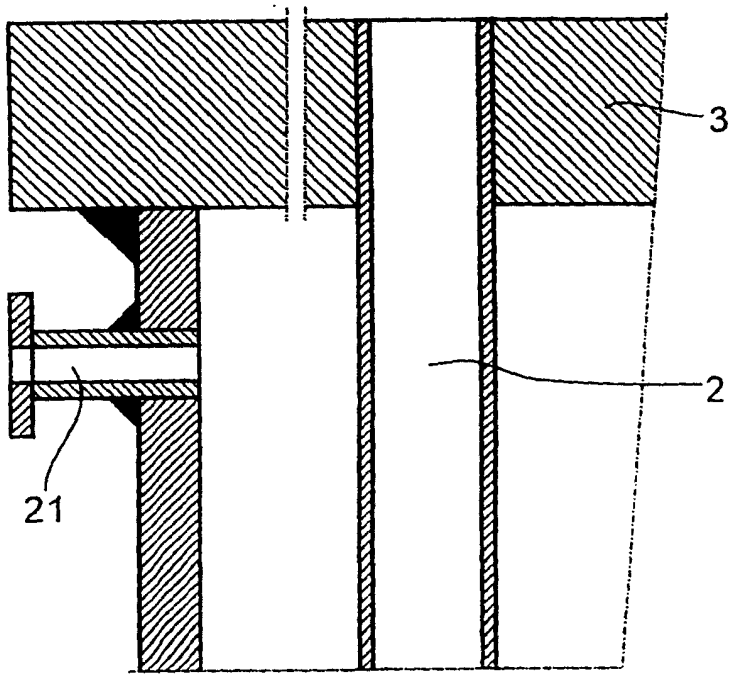


图 10

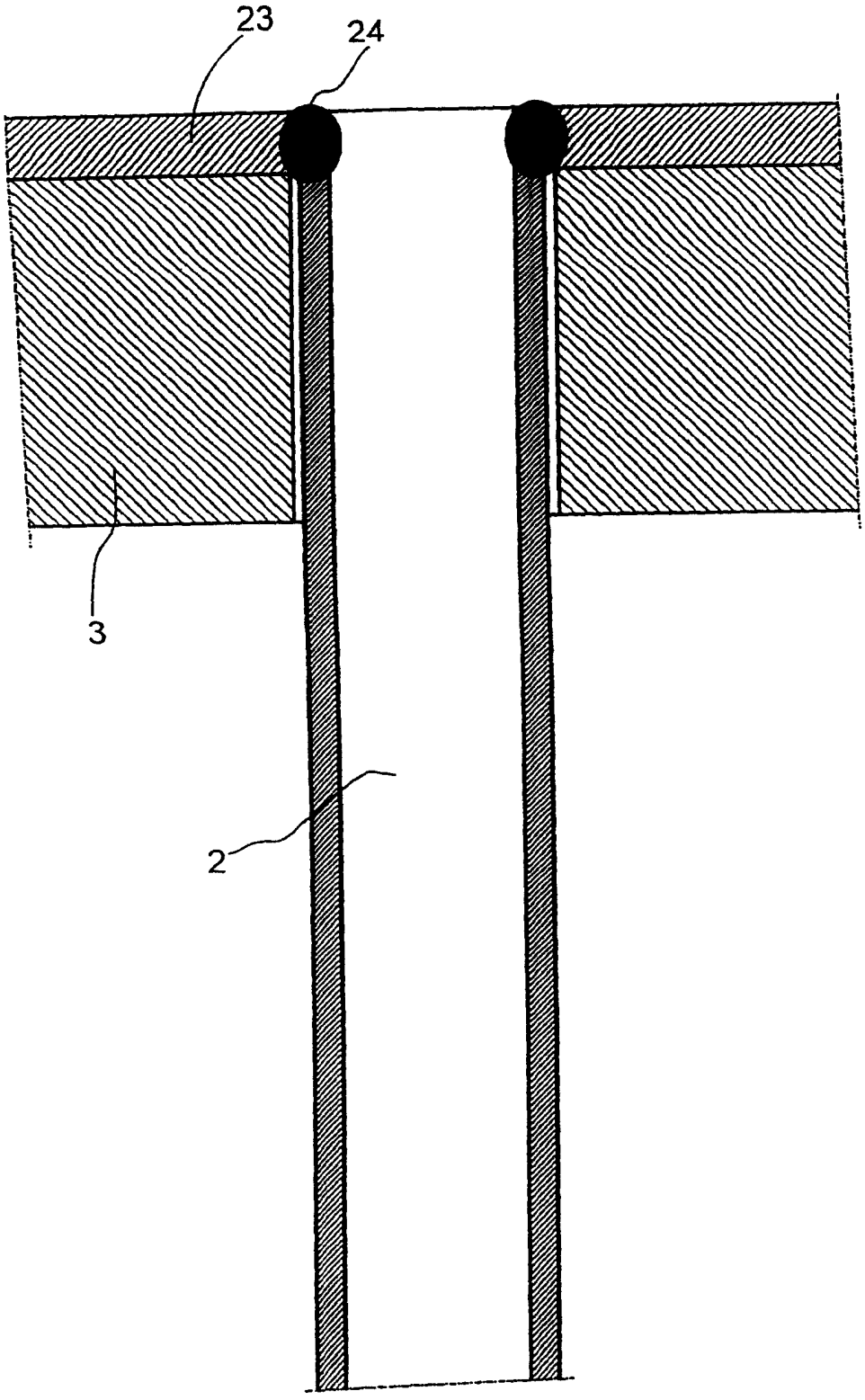


图 11

