

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B01D 29/00 (2006.01)

B01D 29/01 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780011675.4

[43] 公开日 2009年4月22日

[11] 公开号 CN 101415475A

[22] 申请日 2007.3.30

[21] 申请号 200780011675.4

[30] 优先权

[32] 2006.3.31 [33] US [31] 60/787,950

[86] 国际申请 PCT/US2007/007906 2007.3.30

[87] 国际公布 WO2007/123679 英 2007.11.1

[85] 进入国家阶段日期 2008.9.28

[71] 申请人 派瑞设备公司

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 约翰·A·克罗格 丹尼尔·克劳

詹姆斯·麦奎德

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 吴亦华 蔡胜有

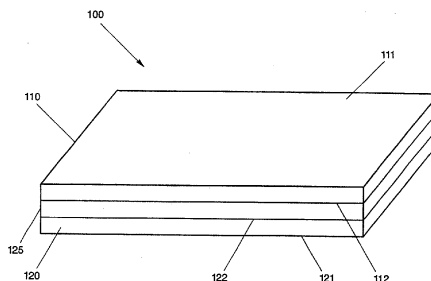
权利要求书5页 说明书8页 附图2页

[54] 发明名称

用于处理受污染流体的层状过滤器

[57] 摘要

本发明提供一种用于处理受污染流体的过滤器。在一个实施方案中，所述过滤器包括两个各自形状基本平坦的过滤元件，其用于从流体流中除去某些污染物。所述过滤器还包括位于两个过滤元件之间的废物吸附性材料，其用于除去流过所述过滤元件的流体内的其他污染物。在一个实施方案中，所述废物吸附性材料可为由中孔载体上自组装单层(SAMMS)制得的纳米吸附性材料。所述过滤器可形成受污染流体流经其时用于从所述流体中除去某些污染物的屏障。



1. 一种过滤器，所述过滤器包括：

设计用以从流体流中除去某些污染物的第一过滤元件，所述第一过滤元件具有外表面和内表面；

具有外表面和内表面的第二过滤元件，所述第二过滤元件以与所述第一过滤元件成相对关系布置，以便其内表面面对所述第一过滤元件的内表面；以及

置于所述第一过滤元件和所述第二过滤元件之间并与所述各过滤元件的内表面邻接的吸附性材料，以除去流过所述第一过滤元件的流体内的其他污染物。

2. 权利要求 1 的过滤器，其中所述过滤元件由可渗透材料制备。

3. 权利要求 2 的过滤器，其中所述可渗透材料限定从所述过滤元件的外表面到内表面的实质上曲折的路径，所述流体流流经所述路径。

4. 权利要求 3 的过滤器，其中所述可渗透材料起到俘获预定尺寸的污染物的作用。

5. 权利要求 1 的过滤器，其中所述过滤元件由包括聚酯、聚丙烯、尼龙、其他聚合物材料、玻璃纤维或陶瓷、微玻璃、熔喷微米级合成有机纤维素、纸中的一种或其组合的材料制成。

6. 权利要求 1 的过滤器，其中所述过滤元件具有基本平坦的形状。

7. 权利要求 1 的过滤器，其中所述过滤元件具有至少约 0.1 英寸的厚度。

8. 权利要求 1 的过滤器，其中进入所述第一过滤元件的流体流在性质上为粘性的。

9. 权利要求 8 的过滤器，其中所述粘性流体包括油、废油、性质上为粘性的其他流体中的一种或其组合。

10. 权利要求 1 的过滤器，其中进入所述第一过滤元件的流体流在性质上为非粘性的。

11. 权利要求 10 的过滤器，其中所述非粘性流体包括液体或气体。

12. 权利要求 10 的过滤器，其中所述非粘性流体包括油层产出水。

13. 权利要求 1 的过滤器, 其中所述吸附性材料设计用以从所述流体流中除去重金属。

14. 权利要求 1 的过滤器, 其中所述吸附性材料设计用以除去汞、银、铅、铀、钚、镉、锑、镉中的一种或其组合。

15. 权利要求 1 的过滤器, 其中所述吸附性材料包括由中孔载体上自组装单层(SAMMS)制得的多孔颗粒。

16. 权利要求 15 的过滤器, 其中所述颗粒由二氧化硅制得。

17. 权利要求 15 的过滤器, 其中所述颗粒的孔径为约 2 纳米(nm)到约 7nm。

18. 权利要求 15 的过滤器, 其中所述颗粒官能化用以针对流体流中的特定污染物。

19. 权利要求 15 的过滤器, 其中所述吸附性材料还包括能针对不同于 SAMMS 所针对的污染物的污染物的碳材料。

20. 权利要求 1 的过滤器, 其中通过所述吸附性材料除去的污染物与通过所述过滤元件除去的那些不同。

21. 一种制造用于处理受污染流体的过滤器的方法, 所述方法包括:

提供第一过滤元件和第二过滤元件以从流体流中除去某些污染物, 各过滤元件具有外表面和内表面;

向所述过滤元件之一的内表面上施加吸附性材料层, 所述吸附性材料设计用以从所述流体流中除去其他污染物;

将剩下的过滤元件以与所述另一个过滤元件成相对关系布置, 以便其内表面可与所述吸附性材料实质上接触; 以及

使所述过滤元件彼此结合, 以便将所述吸附性材料固定于其间。

22. 权利要求 21 的方法, 其中所述提供步骤包括由可渗透材料制备所述过滤元件。

23. 权利要求 22 的方法, 其中所述制备步骤包括在所述可渗透材料内限定从所述过滤元件的外表面到内表面的实质上曲折的路径, 所述流体流流经所述路径。

24. 权利要求 23 的方法, 其中在所述制备步骤中, 所述可渗透材料设计以俘获预定尺寸的污染物。

25. 权利要求 21 的方法，其中在所述提供步骤中，所述过滤元件由包括聚酯、聚丙烯、尼龙、其他聚合物材料、玻璃纤维或陶瓷、微玻璃、熔喷微米级合成有机纤维素、纸中的一种或其组合的材料制成。

26. 权利要求 21 的方法，其中所述提供步骤包括设计所述过滤元件为基本平坦的形状。

27. 权利要求 21 的方法，其中所述提供步骤还包括使所述过滤元件具有至少约 0.1 英寸的厚度。

28. 权利要求 21 的方法，其中在所述施加步骤中，所述吸附性材料设计为从所述流体流中除去重金属。

29. 权利要求 21 的方法，其中在所述施加步骤中，所述吸附性材料设计为用以除去汞、银、铅、铀、钚、镅、镎、锶、钍中的一种或其组合。

30. 权利要求 21 的方法，其中在所述施加步骤中，所述吸附性材料包括由中孔载体上自组装单层(SAMMS)制得的多孔颗粒。

31. 权利要求 30 的方法，其中所述施加步骤包括官能化所述多孔颗粒以针对所述流体流中的特定污染物。

32. 权利要求 30 的方法，其中在所述施加步骤中，所述吸附性材料还包括能针对不同于 SAMMS 所针对的污染物的碳材料。

33. 权利要求 21 的方法，其中在所述施加步骤中，通过所述吸附性材料除去的污染物与通过所述过滤元件除去的那些不同。

34. 权利要求 21 的方法，其中所述结合步骤包括加热所述过滤元件，以允许所述过滤元件的某些材料在所述吸附性材料周围熔融。

35. 权利要求 21 的方法，其中所述结合步骤包括向所述过滤元件之一或二者施加压力，以便使所述过滤元件压向彼此。

36. 权利要求 21 的方法，所述方法还包括使多个组装好的过滤器彼此接合，以提供较大尺寸的过滤器。

37. 权利要求 36 的方法，其中所述接合步骤包括采用超声波焊接技术。

38. 一种处理受污染流体的方法，所述方法包括：

提供过滤器，所述过滤器具有设计用以从流体流中除去某些污染物

的过滤器，以提供相对较大的过滤器，以适应相对大的受污染区域。

49. 权利要求 38 的方法，其中所述放置步骤包括使多个组装好的过滤器彼此贴附，以提供较大尺寸的过滤器。

50. 权利要求 49 的方法，其中所述贴附步骤包括采用超声波焊接技术。

用于处理受污染流体的层状过滤器

技术领域

本发明涉及用于处理受污染流体的过滤器以及制造所述过滤器的方法，更特别地，本发明涉及在从受污染流体除去有毒重金属中并用中孔载体上自组装单层的层状过滤器。

背景技术

来自海上石油平台的产出流体(如水)可能含有毒重金属例如汞。在墨西哥湾，汞的水平很少超过十亿分之一百(100ppb)。但在泰国湾，油层产出水(produced water)中汞的平均浓度可在约 200ppb 到约 2,000ppb 范围内。

目前，汞向美国领水海洋环境中的排放由美国环境保护局(EPA)以清洁水法通过国家污染物排放清除系统许可工艺控制。按照针对海洋环境的 40 CFR § 131.36 下的环境标准，限值包括急性暴露下约 1800ppb 及慢性暴露下约 25ppb。另一方面，油层产出水中汞排放的国际标准在泰国的约 5ppb 到北海的约 300ppb 范围内。

油层产出水常含有在油/水批量分离过程中与水一起除去的油。举例来说，来自北海油田的油层产出水含有约百万分之十五到三十(15-30ppm)的分散油，其中苯、甲苯、乙苯和二甲苯(BTEX)、萘、菲、硫芴(NPD)、多环芳烃(PAH)、酚和有机酸浓度在约 0.06ppm 到约 760ppm 范围内。此外，这些油层产出水含有浓度低于约 0.1ppb 到约 82ppb 的有毒重金属如汞、镉、铅和铜。存在复杂的组分混合加上溶解盐的高浓度可能对用目前可得的常规技术除去重金属提出挑战。

特别地，从稀释的废水中除去金属和汞的现有技术包括活性炭吸

附、浸硫活性炭、微乳液膜、离子交换和胶体沉淀浮选。由于金属加载量(例如金属吸收量低于吸附剂质量的 20%)和选择性(受地下水中其他含量丰富的离子干扰)差, 这些技术可能不适合于水处理。另外, 汞可能以非单质态的物质存在。故所述方法必须能除去这些其他物质如甲基汞等。此外, 加载金属的产物缺乏稳定性, 所以该产物不能直接作为永久性废物的形式处置。因此需要二次处理来处置或稳定化分离出的汞或载汞产物。难以从非水性淤泥、吸附液、部分或完全稳定化的淤泥以及被汞污染的污物中除去汞的原因如下: (1)某些废物的非水性质阻止浸出剂轻易进入, (2)大量的某些废物流使热脱附工艺费用高昂, 和(3)由于废物的性质, 使一些废物流的处理在技术上存在困难。

从玻化炉(vitrifier)中和汞热脱附工艺中的废气除去汞通常通过活性炭吸附实现。但是, 基于碳的吸附剂仅足够有效地除去 75-99.9%的汞, 吸附容量相当于吸附性材料质量的 1-20%。通常需要最后一步用昂贵的金进行汞齐化以达到 EPA 空气排放标准。通常将碳床用在废气系统后, 废气系统的温度通常低于 250°F。在硫浸渍的碳工艺中, 汞被吸附到碳上, 这比与例如表面官能化的中孔材料形成的共价键弱得多。结果是, 由于载汞碳因汞与活性炭之间的结合弱而不具有所需的长期化学稳定性, 因此所吸附的汞需要二次稳定化。此外, 活性炭中大部分孔大到足以使微生物可进入, 从而使所吸附的汞-硫化合物溶解。汞的加载量限制在约 0.2g/g 材料。

微乳液膜技术使用含有作为内相的硫酸的油酸微乳液膜, 将废水中的汞浓度从约 460ppm 降到约 0.84ppm。但该技术涉及萃取、汽提、破乳和通过电解回收汞的多个步骤, 并使用大量有机溶剂。液膜溶胀对萃取效率有负面影响。

金属-离子交换反应的慢动力学要求长接触时间。该过程还生成大量的二次有机废物。一种离子交换方法使用 Duolite™ GT-73 有机离子交换树脂, 将废水中的汞水平从约 2ppm 降至低于约 10ppb。树脂的氧化导致树脂寿命大幅缩短, 并且不能将汞水平降至低于约 0.1ppb 的容许水平之下。由于大多数污物与汞阳离子的高结合能力使离子交换过程无效, 尤其是当来自污物的大量 Ca^{2+} 使离子交换剂的阳离子容量饱和时, 汞加载量也受限。此外, 载汞有机树脂不具有抗微生物侵袭的能力。因

此, 如果其作为废物形式处置, 则汞可能释放进环境中。除来自溶液中除含汞离子之外的其他阳离子的干扰外, 离子交换法对中性汞化合物如 HgCl_2 、 $\text{Hg}(\text{OH})_2$ 和有机汞物质如甲基汞(其是毒性最强的汞形式)的去除完全无效。该离子交换法对非水性溶液和吸附液中汞的去除也无效。

据报道, 通过胶体沉淀浮选从水中除去金属将汞浓度从约 160ppb 降至约 1.6ppb。该方法涉及以下步骤: 加入 HCl 以调节废水至 pH 为 1、向废水中加入 Na_2S 和油酸溶液、从废水中除去胶体。在该方法中, 处理过的废水有可能被 Na_2S 、油酸和 HCl 污染。分离出的汞需要进一步的处理以稳定化为永久性废物形式。

酸性卤化物溶液浸取和氧化萃取也可用于移出污物中的汞。例如 KI/I_2 溶液通过氧化作用和络合作用增强汞的溶解。其他基于次氯酸盐溶液的氧化性提取剂也已用于从固体废物移出汞中。然而, 对于除去这些废物中所含汞, 尚未开发出有效的处理技术。由于浸取技术依赖于溶解过程, 其中溶解目标(例如汞)在溶液和固体废物之间达到溶解/沉淀平衡, 因此一旦达到平衡, 就阻止固体废物中的污染物进一步溶解。此外, 污物通常是良好的目标离子吸收剂, 其抑制目标离子从污物向溶液迁移。

对于从非水性液体、吸附液、污物或者部分或完全稳定化的淤泥中除去汞, 尚缺乏原型工艺速率。这主要是因为真实废物中的汞污染物比许多通常基于一些简单汞盐开发的实验室规模的实验提出的汞体系复杂得多。任何真实废物中真实的汞污染物几乎总是含有无机汞(如二价阳离子 Hg^{2+} 、一价 Hg_2^{2+} 和中性化合物如 HgCl_2 、 $\text{Hg}[\text{OH}]_2$)、由淤泥中的酶反应产生的有机汞如甲基汞(例如 CH_3HgCH_3 或 CH_3Hg^+)以及因还原而产生的金属汞。由于许多实验室技术仅针对一种形式的汞而开发, 故还没有用真实的废物取得成功的范例。

所关注的用于补救和工业分离的其他金属包括但不限于银、铅、铀、钷、铊、镉、镭及其组合。现有分离方法包括但不限于离子交换剂、沉淀法、膜分离及其组合。这些方法通常具有效率低、工序复杂及运营成本高的缺点。

因此, 提供可以以大量和成本高效的方式用来从复杂废物流体如油

层产出水中除去重金属如汞、镉和铅的装置和方法是有利的。

发明内容

在一个实施方案中，本发明提供一种用于处理受污染流体的过滤器。在一个实施方案中，所述过滤器包括两个各自形状基本平坦的过滤元件，以用于从流体流中除去某些污染物。所述过滤器还包括位于所述两个过滤元件之间的废物吸附性材料，以用于除去流过过滤元件的流体内的其他污染物。在一个实施方案中，所述废物吸附性材料可为由中孔载体上自组装单层(SAMMS)制得的纳米吸附性材料。所述过滤器可通过使多个过滤器彼此搭接或超声波接合在一起而扩大。所述过滤器可形成受污染流体流经的屏障，以便可除去目标污染物。

在另一个实施方案中，本发明提供一种制造用于处理受污染流体的过滤器的方法。所述方法包括提供用于从流体流中除去某些污染物的两个各自具有内表面和外表面的过滤元件。在一个实施方案中，所述过滤元件中的每一个均可具有基本平坦的形状，类似于片。接下来，可将一个过滤元件置于表面上，以便其内表面可暴露出来。其后，可将废物吸附性材料层置于所述一个过滤元件暴露出来的内表面上。所述吸附性材料层的厚度和均匀度可根据应用加以控制。随后，可将另一个过滤元件置于所述吸附性材料层顶部，以便其内表面直接接触所述吸附性材料层。然后，可对组装好的过滤器加热，以便可在所述两个过滤元件之间产生结合(bond)，以将所述吸附性材料层夹在其间。如果需要较长或较宽的过滤器，则可将多个过滤器彼此相邻放置并用本领域已知的方法接合在一起。

本发明还提供一种处理受污染流体的方法。所述方法包括提供过滤器，所述过滤器具有第一过滤元件片、与所述第一过滤元件片为相对关系的第二过滤元件片和置于所述第一和第二过滤元件之间的废物吸附性材料层。接下来，可将所述过滤器置于渗漏可能成问题的受污染区域的表面上方，以便形成受污染流体可流经的屏障。按所需的程度，可在受污染区域上搭接多个过滤器。然后，可允许受污染流体渗透与受污染区域直接接触的第一过滤元件，以便可除去特定大小的污染物。可允许流体从第一过滤元件继续渗透所述吸附性材料，以便可通过吸附性材料

吸附其他污染物并将其从流体中除去。其后，可允许经吸附性材料处理的流体穿过第二过滤元件并离开过滤器。

附图说明

图 1 示出根据本发明的一个实施方案的用于处理受污染流体的过滤器。

图 2A-B 示出根据本发明的另一个实施方案用在处理受污染流体中的如图 1 所示过滤器。

具体实施方式

参照图 1，在一个实施方案中，本发明提供过滤器 100，可通过所述过滤器引入受污染流体，以随后由其除去所述流体内的污染物。可根据本发明处理的流体可以是粘性的(如油)或非粘性的(如液体或气体)。可通过本发明的系统除去的污染物包括复杂流体或废物流(例如油层产出水)中的重金属如汞、砷、镉和铅以及各种废液和受污染废油中的汞。

在一个实施方案中，过滤器 100 包括第一过滤元件 110 和第二过滤元件 120。如图所示，过滤元件 100 可设置有外表面 111 和内表面 112。同样，过滤元件 120 包括外表面 121 和内表面 122。在一个实施方案中，过滤元件 110 和 120 可以是设计用以从流体流中除去某些污染物(例如固体和液体污染物)的过滤介质的基本平坦的片。为此，过滤元件 110、120 可由可渗透流体的材料例如合成材料如聚酯、聚丙烯、尼龙或其组合制成，以允许流体流过。可用来制备外过滤元件的其他材料包括无机组分，象玻璃纤维或陶瓷、微玻璃、熔喷微米级合成有机纤维素、纸等或其组合。在一个实施方案中，过滤元件 110 和 120 可由非织造材料制成。可用来制造过滤元件的这类材料的实例公开于发明名称为“Coreless and Spirally Wound Non-Woven Filter Element”的美国专利 5,827,430 和发明名称为“Method of Making a Filter Element”的美国专利 5,893,956 中。这两个专利由此通过引用并入本文。可用来制造过滤元件 110 和 120 的材料可提供有从各过滤器的外表面到各过滤器的内表面的

实质上曲折的路径。这样,可迫使流经过滤元件的流体沿曲折路径行进,使得污染物如特定大小的固体污染物可被俘获在过滤元件内。虽然图示为正方形,但应理解过滤元件 110 和 120 可具有任意几何形状,包括长方形、正方形、圆形或特定应用所需的任意形状。

此外,过滤器 100 的过滤元件 110 和 120 可具有足以除去某些固体污染物的厚度。在一个实施方案中,过滤元件 110 和 120 的厚度可为约 0.1 英寸以上。当然,过滤元件 110 和 120 的厚度及其他与大小有关的尺寸可随具体应用及使用过滤器 100 的环境变化。

过滤器 100 还包括位于第一过滤元件 110 和第二过滤元件 120 之间的吸附性材料 125。废物吸附性材料 125 可用来除去流过第一过滤元件 110 和/或第二过滤元件 120 的流体内的与上面公开的那些相似的污染物如重金属。应理解,在过滤元件 110 和 120 之间放置吸附性材料 125 有助于使吸附性材料 125 容纳并保留在过滤器 100 内。在一个实施方案中,废物吸附性材料 125 可为由中孔载体上自组装单层(SAMMS)制得的纳米吸附性材料。在一个实施方案中,所述载体可由各种多孔材料制得,包括二氧化硅。可与本发明的装置 100 组合使用的 SAMMS 材料的实例包括例如美国专利 6,326,326 中所公开的硫醇-SAMMS,该专利由此通过引用并入本文中。

根据本发明的一个实施方案,废物吸附性材料 125 可以是粒径为约 5 微米到约 200 微米的多孔颗粒。在一个实施方案中,所述颗粒的粒径平均为约 50 微米到约 80 微米,孔径为约 2 纳米(nm)到约 7nm,表观密度可为约 0.2 克/毫升到约 0.4 克/毫升。由于吸附性材料 125 的尺寸,应注意,过滤元件 110 和 120 中的每一个均可设计为限制其对吸附性材料 125 的渗透性,以便使穿过过滤元件 110 和 120 的吸附性材料 125 最少。

在制造本发明的过滤器 100 中,第一过滤元件 110 和第二过滤元件 120 可如美国专利 5,827,430 和 5,893,956 所公开的通过共混各种尺寸的粗纤维制备,所述专利通过引用并入本文。其后,可将一个过滤元件例如过滤元件 120 置于表面例如基本平坦的表面上,使得其内表面 122 可暴露出来。一旦暴露出来,过滤元件 120 的内表面 122 就可覆盖吸附性材料 125 层。当然,可施加多层吸附性材料 125。该层的厚度和均匀度以及废物吸附性材料 125 的量可根据工业应用预先确定和控制。作为替

代方案，吸附性材料 125 可施加到可渗透材料的片(未示出)上，并将所述片置于过滤元件 120 的内表面 122 上。

应理解，吸附性材料例如 SAMMS 可经处理而官能化，以特定针对受污染流体中的某种污染物。该处理可在向过滤元件 120 上施加吸附性材料之前或之后进行，或者甚至在过滤器 100 已形成之后进行。根据所需程度，吸附性材料 125 还可包括不同的物质或材料例如碳或者不同地官能化的 SAMMS。这种灵活性可允许废物吸附性材料的不同设计，以匹配待处理流体中可能存在的特定污染物。

接下来，可将剩下的过滤元件例如过滤元件 110 以与过滤元件 120 成相对关系放置，使得其内表面 112 可与吸附性材料 125 实质上接触。以这种方式放置过滤元件 110 和过滤元件 120，允许吸附性材料 125 夹在其间以形成过滤器 100。然后可对组装好的过滤器 100 加热，以便可在两个过滤元件 110、120 之间产生结合，由此在中间俘获吸附性材料 125。在一个实施方案中，对过滤元件的边缘加热，以在边缘之间及吸附性材料的周围产生结合。为了强化过滤元件 110 和 120 间的结合，可对所述过滤元件之一或二者施加压力，以便在加热过程中将过滤元件压向彼此。

因为各过滤元件均可由含有组分组合的可渗透材料制成，使得所述可渗透材料中的至少一种组分的熔点比其余组分的低，所以在过滤元件 110、120 间可产生结合。这允许过滤元件 110 和 120 在吸附性材料 125 周围熔化，从而形成层状过滤器 100。实际上，过滤元件 110 和 120 可被熔化一次以上，但仍保持其整个基体的完整性。使用这样的可渗透材料制造过滤元件 110、120 的一个优点是能共混不同的纤维，以便提供相当精确的基体组成，从而以最佳方式最好地包容和使用吸附性材料 125。

加热、压制后，可将层状过滤器 100 压延备用。其后，如果需要较宽或较长的过滤器 100，可将多个过滤器 100 彼此相邻放置并用本领域已知的技术接合(即贴附)在一起。举例来说，可采用超声波焊接技术来接合相邻布置的层状过滤器 1000，而使多个层状过滤器 100 可并排或首尾相连地连接在一起。这样可在现场方便地装配大片的层状过滤器 100。

在应用中，现在参照图 2A，层状过滤器 100 可以以多种不同的方式使用，以从渗漏(即，流量非常低)可能成问题的地方除去重金属污染物。例如，多个层状过滤器 100 可铺设在例如脏坝(dirt dam)上或者可覆盖特定受污染区域 200 的表面，以形成受污染流体可流经的屏障 201。根据所需或必需的程度，可将多个过滤器 100 以搭接关系放置在受污染区域上(图 2B)，以尽可能多地覆盖受污染区域。在已基本覆盖受污染区域 200 后，可允许受污染流体渗过与受污染区域 200 直接接触的第一过滤元件 110，以便可除去特定大小的污染物。然后可允许流体从第一过滤元件继续移动、穿过吸附性材料 125，以便与通过与受污染区域 200 接触的过滤元件 110 除去的那些不同的其他污染物可被吸附性材料 125 吸附并从流体中除去。其后，可引导经吸附性材料 125 处理的流体穿过第二过滤元件 120 而离开过滤器 100 和受污染区域 200。

虽然结合特定实施方案对本发明进行了描述，但应理解能对本发明进行其他修改。此外，本申请意在涵盖本发明的任何变化、用途或修改，包括例如虽然偏离本发明所公开内容但在本发明所属领域的公知或常用技术范围内的那些方案。

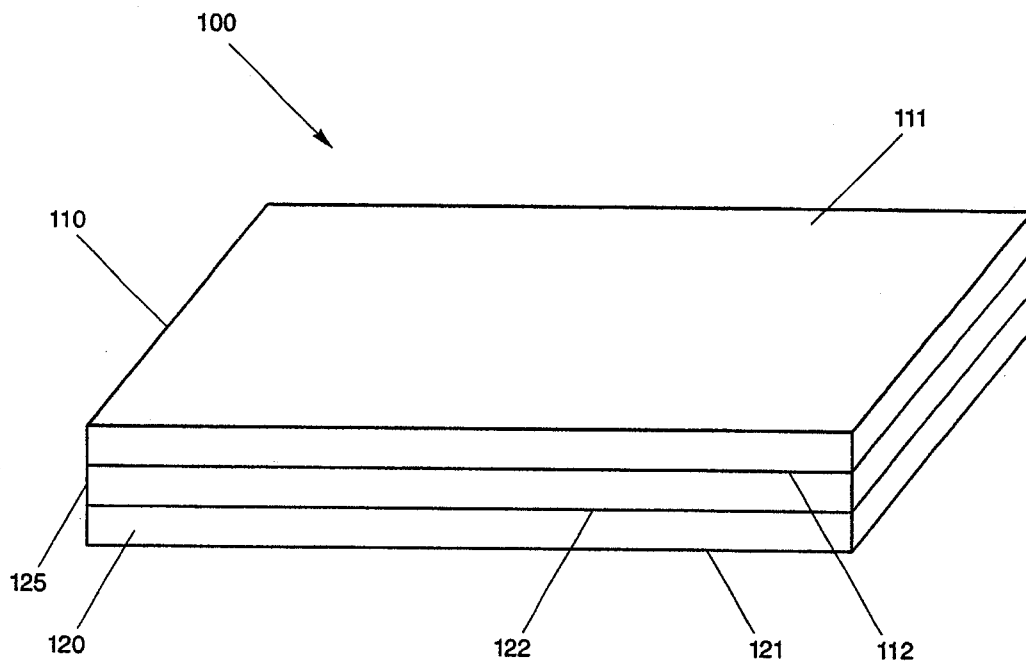


图1

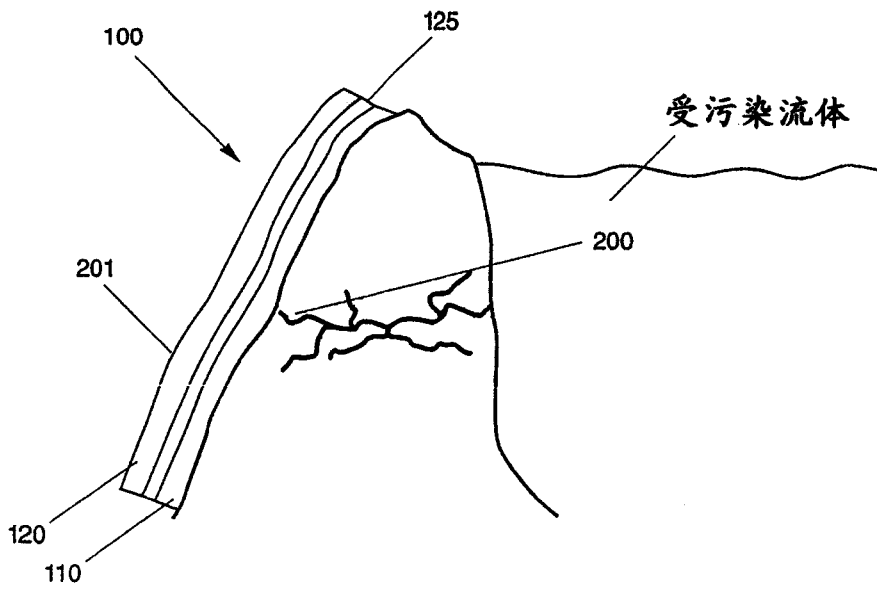


图 2A

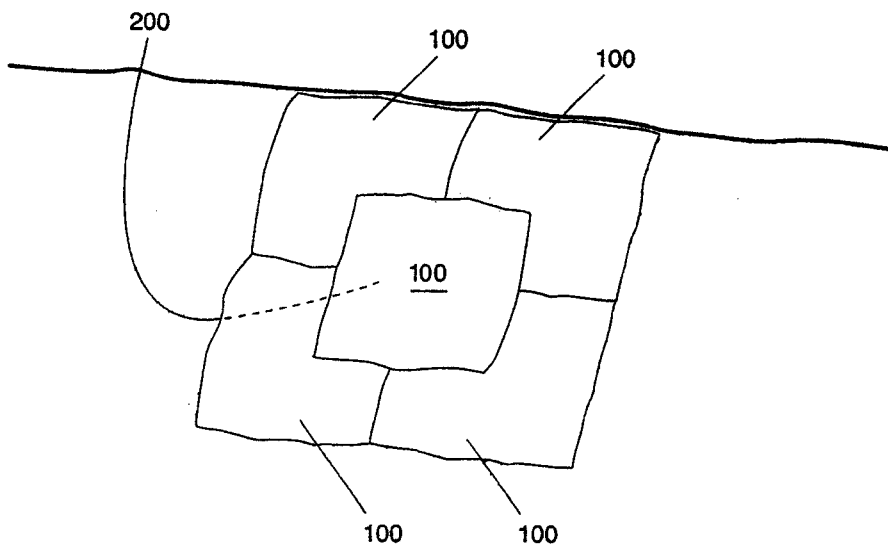


图 2B