



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104159654 B

(45)授权公告日 2017. 03. 22

(21)申请号 201280062657.X

(22)申请日 2012.12.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104159654 A

(43)申请公布日 2014.11.19

(30)优先权数据

61/579,623 2011.12.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.06.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/000582 2012.12.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/095682 EN 2013.06.27

(73)专利权人 瑞繁技术有限责任公司

地址 美国新泽西州

(72)发明人 J·谢瓦利茨

(74)专利代理机构 北京邦信阳专利商标代理有限公司 11012

代理人 王昭林 尹吉伟

(51)Int.Cl.

B01D 63/00(2006.01)

(56)对比文件

US 5069353 ,1991.12.03,

US 5069353 ,1991.12.03,

US 5008572 A,1991.04.16,

审查员 李正杰

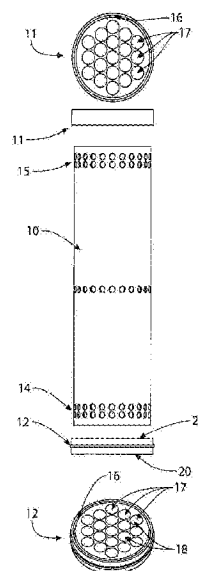
权利要求书4页 说明书20页 附图18页

(54)发明名称

中空纤维盒和部件及它们的构造方法

(57)摘要

本发明涉及中空纤维盒和部件及它们的构造方法。



1. 一种中空纤维过滤器盒,其包括:

1)多个中空纤维束,每一束包括多根相互平行的中空纤维,每一束包括第一束端和第二束端,

2)外壳壳体,所述壳体包括第一端部和第二端部,每个端部包括开口,

3)第一壳体端盖,所述端盖覆盖所述外壳壳体的第一端部中的开口,所述端盖包括多个开口,以及

4)第二壳体端盖,所述端盖覆盖所述外壳壳体的第二端部中的开口,所述端盖包括多个开口,

其中,所述束在所述外壳壳体中平行地对齐,其中每一束的一部分被装配在所述第一壳体端盖的开口中并且通过灌封剂或固定剂密封住所述开口,其中每一束的第二部分被装配在所述第二壳体端盖的开口中并且通过灌封剂或固定剂密封住所述开口;并且

其中,每个壳体端盖由热膨胀系数足够接近于所述灌封剂或固定剂的膨胀系数的材料组成,以使得当所述盒暴露于蒸汽灭菌或高压灭菌中时,(a)在所述第一壳体端盖或所述第二壳体端盖中或所述灌封剂或固定剂所覆盖的区域中或(b)在所述端盖和所述灌封剂或固定剂所覆盖的区域之间无裂纹或裂口出现。

2. 如权利要求1所述的盒,其中所述壳体和所述壳体端盖由相同的材料组成。

3. 如权利要求1所述的盒,其中所述外壳壳体为圆柱形。

4. 如权利要求1所述的盒,其中所述外壳壳体为正方形。

5. 如权利要求1所述的盒,其中所述外壳壳体为可渗透的。

6. 根据权利要求5所述的盒,其中所述外壳壳体为半渗透的。

7. 如权利要求1所述的盒,其中每个壳体端盖的开口的形状选自由多边形、圆形和椭圆形组成的组。

8. 根据权利要求7所述的盒,其中所述多边形为六边形、矩形、三角形。

9. 根据权利要求8所述的盒,其中所述矩形为正方形。

10. 如权利要求7所述的盒,其中所述壳体端盖的开口的形状为六边形。

11. 如权利要求1所述的盒,其中所述第一壳体端盖和第二壳体端盖以机械方式连接至所述外壳壳体。

12. 根据权利要求1所述的盒,其中所述第一壳体端盖和第二壳体端盖通过溶剂或粘附剂连接至所述外壳壳体。

13. 一种组装中空纤维过滤器盒的方法,所述方法包括如下步骤:

1)预加工或模制所述盒的第一壳体端盖和第二壳体端盖,

2)将所述盒的外壳壳体连接至所述第一壳体端盖;

3)将所述盒的外壳壳体连接至所述第二壳体端盖;

4)插入多个中空纤维束中的每一束,每一束都穿过所述第一壳体端盖中的多个开口之一,穿过所述外壳壳体并从所述第二壳体端盖中的相应开口穿出,每一束的长度等于或大于所述外壳的长度,以及

5)将每一束的一部分灌封或粘结至被插入所述第一壳体端盖中的开口的壁以及被插入所述第二壳体端盖中的开口的壁,用灌封剂进行所述灌封,用粘合剂进行所述粘结;

其中,每个壳体端盖由热膨胀系数足够接近于所述灌封剂的膨胀系数的材料组成,以

使得当所述盒暴露于蒸汽灭菌或高压灭菌中时,(a)在所述第一壳体端盖或所述第二壳体端盖中或由所述灌封剂或所述粘合剂所覆盖的区域中或(b)在所述端盖和由所述灌封剂或所述粘合剂所覆盖的区域之间无裂纹或裂口出现。

14.如权利要求13所述的方法,其中,一旦所述束被灌封至所述开口中,则超出所述壳体端盖伸出的多余长度的中空纤维,如果有的话,被切除。

15.如权利要求13所述的方法,其中,将支撑杆或支撑柱插入所述中空纤维过滤器盒中的端盖之间。

16.如权利要求15所述的方法,其中,将所述束封装在所述支撑柱中,其中所述支撑杆或支撑柱对于从其内部的束流出的滤液的流动是可渗透的。

17.一种将多个中空纤维组装成固定束的系统,所述系统包括:

1)纤维源,所述源包括多个中空纤维;

2)引导并组织所述多个中空纤维的穿孔垫板,所述垫板包括穿孔;

3)固定腔室,所述腔室包括将灌封剂或固定剂喷涂至或添加至已穿过所述垫板的一束纤维上的一个喷嘴或多个喷嘴;

4)用于在沿所述被灌封或被固定的区域的大约其中点处切割所述纤维束的切割装置;

5)从所述固定腔室收集或除去头束的装置或机构;

6)筒夹装置,所述筒夹装置连接至尾部被切的束并使所述尾部被切的束从所述固定腔室前进特定的距离;沿自动化的皮带和滑轮系统移动的使所述筒夹前进或缩回的驱动/缩回装置;

其中,所述系统的元件被设置成使得纤维能够从所述纤维源抽出,穿过所述垫板穿孔,然后穿过所述固定腔室,在所述腔室中用灌封剂或固定剂喷涂所述纤维并将所述纤维切割成所需的长度。

18.如权利要求17所述的系统,其中所述纤维源包括线轴,中空纤维能够沿所述线轴缠绕。

19.如权利要求17所述的系统,其中所述纤维源包括挤出装置,所述挤出装置挤出多根中空纤维。

20.如权利要求17所述的系统,其还包括将所述中空纤维周围的所述灌封剂或固定剂塑形成所需的形状的塑形垫板或模头。

21.根据权利要求20所述的系统,其中所述所需的形状是六边形。

22.一种将多根中空纤维过滤器组装成束的方法,所述方法采用如权利要求17、20或21所述的系统,所述方法包括下述步骤:从纤维源中抽出中空纤维,使其穿过所述垫板穿孔,然后穿过所述固定腔室,在所述腔室中用灌封剂或固定剂喷涂所述纤维并将所述纤维切割成所需的长度。

23.根据权利要求22所述的方法,其中所述垫板穿孔被设置成六边形的形式。

24.根据权利要求22所述的方法,其中使用辊子组将多个中空纤维引向所述垫板。

25.根据权利要求24所述的方法,其中在所述辊子的外表面中存在半环形凹槽,并且其中所述辊子以相邻且平行的方式相互成对,以使得所述中空纤维在所述辊子对之间被引导并可滑动地被所述凹槽容纳。

26.根据权利要求22所述的方法,其中使用预制的部分将所述束固定成一定的排布方

式。

27. 如权利要求1所述的盒,其中所述盒包括支撑元件,所述支撑元件选自由杆或支撑柱组成的组,所述支撑柱被塑形以将束封装在所述盒中,所述支撑柱对于从所述盒流出的流体是可渗透的。

28. 如权利要求1所述的盒,其中所述中空纤维束的横截面形状与其被插入的所述端盖开口的横截面形状相同。

29. 如权利要求1所述的盒,其中一个束的外周与相邻束的外周之间的距离为1毫米至5毫米之间,其中所述距离是所述两个束的外周之间的最短距离。

30. 如权利要求22所述的方法,其中继在第一喷涂步骤中用灌封剂或固定剂喷涂所述纤维束之后旋转所述纤维束,所述旋转小于完整的360度旋转,并且继所述旋转之后,在第二喷涂步骤中再次喷涂所述束。

31. 如权利要求22所述的方法,其中继在第一喷涂步骤中通过一个或多个喷嘴用灌封剂或固定剂喷涂束之后旋转所述一个或多个喷嘴,所述旋转环绕着所述束的主轴线,所述旋转小于完整的360度旋转,并且继所述旋转之后,在第二喷涂步骤中再次喷涂所述束。

32. 如权利要求1所述的盒,其中所述高压灭菌在下述条件下进行:123°C的温度和16psi的压力下45分钟,或者所述蒸汽灭菌在123°C、20psi下进行20分钟。

33. 如权利要求13所述的方法,其中所述高压灭菌在下述条件下进行:123°C的温度和16psi的压力下45分钟,或者所述蒸汽灭菌在123°C、20psi下进行20分钟。

34. 一种矩形模块,所述模块包括:

1) 束,所述束包括第一束端和第二束端,所述束包括中空纤维,所述中空纤维为在其壁上含有孔的中空纤维过滤器,以使得流体能够穿过所述纤维的内部,同时流体的一部分穿过所述孔流出成为滤液且不穿过所述孔流出的所述流体的一部分是滞留物,

2) 盒壳体,所述壳体封装所述束,但不密封所述中空纤维的端部,所述壳体包括允许滤液穿过所述盒壳体流出的开口,所述壳体以防漏方式连接所述束,以防止滤液与滞留物混合,

3) 外壳,所述外壳封装所述盒,但不密封所述中空纤维的端部,

4) 所述外壳内的第一通道,所述通道包括接收来自所述外壳外部的流体的开口,所述通道与所述束的第一端部交界,以使得被接收的滞留物流体能够从所述通道移入并且然后穿过所述束的中空纤维,前提是所述滞留物流体的一部分穿过所述过滤器孔流出成为滤液,

5) 所述外壳内的第二通道,所述第二通道与所述束的第二端部交界,以使得已经穿过所述中空纤维的被接收的滞留物流体进入所述第二通道,所述通道包括允许所述滞留物流体从所述第二通道和所述外壳流出的开口,

其中所述第一通道和第二通道在所述外壳的相对的侧部开口,所述外壳还包括一个或多个端口,以允许滤液从应该有相邻外壳的一个相邻外壳的端口或多个端口流出所述外壳或接收滤液。

35. 一种两个或更多个权利要求34的矩形模块的组件,其中所述模块被对齐,以使得相邻模块的通道以开放方式相互连接并且相邻模块的端口以开放方式相互连接。

36. 如权利要求1所述的中空纤维过滤器盒,其中,所述中空纤维被设置成其间具有间

距。

37.如权利要求36所述的中空纤维过滤器盒,其中,中空纤维在其每根之间具有间距的布置以同一中心的六边形为形式,同一中心的六边形由围绕中心的中空纤维的六根中空纤维形成。

38.如权利要求36所述的中空纤维过滤器盒,其中,中空纤维包括束集,所述束集是多个束的集,使得在集中的每个束平行于在集中的所有其它束,每个束包括多个中空纤维,其中,每根中空纤维的一部分被固定至在束的束端处或接近束的束端处的相同区域中的相邻的平行纤维。

39.如权利要求38所述的中空纤维过滤器盒,其中,在每一束中存在7根纤维。

中空纤维盒和部件及它们的构造方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2011年12月22日提交的美国临时申请第61/579,623号的权益,该申请在此通过引用而全部并入。

技术领域

[0003] 本发明涉及中空纤维模块的制造方法和组件。

背景技术

[0004] 中空纤维过滤器(其壁可以为多孔和半渗透的)具有优异的过滤性能以及能适用于许多领域和应用的特性。中空纤维(HFs)被广泛地用于水的净化、从生物流体中分离组分、透析、反渗透、气体分离、细胞培养装置以及许多其他领域中。尽管用途广泛,但是基于中空纤维的过滤装置具有操作的通用结构和模式。过滤单元为中空纤维模块(HFM),并且虽然各应用之间的HFM结构可以略微不同,但是其具有组件的一般通用结构和方法。

[0005] 通常,单根中空纤维被组合成“簇(bundle)”(也被称为“束”(cluster)),其中纤维可以任选地被容纳于某种套管中,通常为网状套管。然后再将簇放置于保护外壳或壳体中,典型地,所述外壳或壳体是管状的性质。通常,壳体内的中空纤维以在所述壳体的每个端部用聚合材料或其他材料灌封来设置纤维的方式沿壳体的长度延伸。所述中空纤维因此可以基于聚合材料的聚合和固化而嵌入聚合材料中。在同一过程中,固化的灌封材料,其可以具有任何厚度,但通常为壳体长度的5-10%,在壳体的每个端部形成固体端盖、灌封盖或“壁”。该构造导致壳体的内壁和中空纤维的外壁之间以及所述被灌封的端盖之间形成腔室。

[0006] 由于中空纤维的端部可能会在灌封过程中堵塞,采用已知的方法以防止中空纤维的端部在灌封期间堵塞或者为了在灌封之后打开所述端部。由此,穿过所述中空纤维的全长(包括穿过所述聚合灌封材料)保留了一条连续的流动通道。其目的不仅是穿过所述中空纤维的全长保持一条连续的流动通道,还能在壳体的内部形成腔室、渗透液腔室,以储存或收集从纤维壁流出的流体;这样的组件被称为中空纤维盒(HFC)。

[0007] 通常,适配器被增设至壳体或HFC的端部,所述适配器引导待过滤的流体或滞留物在一个端部处流入中空纤维并引导该流体在所述HFC的另一个端部处流出所述中空纤维。可以将另外的适配器增设至所述壳体以提供自收集这些渗透液的渗透液腔室的导管。

[0008] 从广义结构明显可见,同时具有入口和出口以使滞留物流动并且具有用于收集过滤材料的构件意味着所述HFM提供有效的过滤单元。在HFM中,滞留物被引入半渗透的中空纤维中,产生穿过所述纤维的线性流动。纤维内部的相对于滤液腔室内部的较高压力产生第二流动,其穿过HF多孔壁,垂直于第一流体或滞留物的流动方向。基于膜的特性,例如膜孔尺寸,可以对穿过所述膜的流体组分进行分级或过滤;比孔大的颗粒被膜截留,而比孔小的颗粒穿过所述膜进入渗透液腔室中。这样的过滤过程被称为交叉流过滤,或切向流过滤,其被广泛地使用并且一般是被充分理解的。通过所述HF膜过滤的液体因此可以收集在渗透

液腔室中,在所述渗透液腔室中收获该液体。

[0009] 所述HFC缺少引导滞留物流入和流出所述中空纤维的适配器。但是,盒壳体壁可以被制成对于渗透液的自由流动是可渗透的。另外,通过将盒插入独立的模块外壳中可以将盒转化为HFM,所述模块外壳包含这样的用于引导滞留物流入和流出的适配器。然而,很明显地,当形成这样的HFM时,在所述滞留物腔室(纤维的集体内腔)和渗透液(或滤液)腔室之间需要隔板,这样的隔离易于通过垫片、“O”形圈或其他众所周知的构件将盒的端部封住并密封这些端部与模块外壳之间的间隙而实现。另外,模块外壳还包含用于收集从中空纤维流出的滤液的收集端口;HFC壳体中的孔提供使这样的滤液穿过盒壳体壁流至收集端口用于收集的构件。由于它们的相似性,当涉及包含于HFC和HFM这两者中的特征时采用术语HFCM。

[0010] 通过选择中空纤维材料、HFM的物理构型、调节纤维的化学和物理特性、通过控制流过和流经所述纤维的流动来管理过滤过程以及通过其他操控方法可以大幅度地增加HFM的多样性。

[0011] HFM还可以为放大提供很好的平台。通过增加HFC中的纤维数目,可以实现体积上的放大。纤维被填充得更密集的大型过滤器可以获得显著的好处,包括明显增加膜表面积,其中所述增加意味着为HFC的半径的三次方。相比较而言,通过简单地将更多的HFM增加至这样的模块的歧管(manifold)仅实现了表面积的线性增加。另外,一个大型过滤器能够大幅度地减少过滤系统的足迹(foot print),消除过滤器歧管的部分复杂性。所述歧管及其相互连接的管道、管材、阀门和监控仪表的复杂性使得对采用这样的复杂系统的过程进行的清洗、灭菌和验证大为复杂化。这些在某些行业中是至关重要的,包括制药、食品、化学、水、污水处理等。再者,当对这样的过程进行放大时,从包含单个HFM的小规模过程到包含多个模块的大规模系统的转变可能使关键过程错综复杂化。

[0012] 大规模过滤器在许多领域中都是有利的,这样的领域主要是用于处理大量的流体、过滤复杂的混合物以及提高过滤速率。然而,尽管需要大型中空纤维膜及其优点,但这样的模块是不容易获得的。这样的大型过滤器可能涉及技术上的构造限制。尽管通常的构造方法导致可靠的“小至中等”规模的HFM,即 $<10\text{m}^2$ (对于60cm长的纤维,内径为1mm),但当它们用于生产大型过滤器时,其中大规模可能为 $>10\text{m}^2$ (对于60cm长的纤维,内径为1mm),它们变得不可靠且造价昂贵。更具体而言,对于具有 $>20\text{m}^2$ 的膜表面积的HFM(具有相同参数)而言,复杂度增加,并且对于更大型的过滤器而言,复杂度增加得更多。因此,需要开发一种用于构造大型HFM的方法,该方法可以消除或最小化通过现行的HFM构造方法观察到的问题。尽管可以通过更窄和/或更长的纤维来增加表面积,但是这些选择在许多应用中可能并不是理想的。与形成大型过滤器的限制有关的部分因素包括:

[0013] 灌封材料—用于在所述HFC的每个端部处嵌入中空纤维的灌封材料为潜在问题的常见原因,所述潜在问题随着HFC的直径增加而变得更加严重。例如,灌封材料(包括环氧树脂和聚氨酯)在固化后会有些收缩。收缩的程度将很大部分取决于材料,包括其在热量、水分、化学物质、辐射等下的暴露与反应;其中当构造小直径的HFM时,这样的收缩或形状上的变化可能非常小并且无关紧要;但是,当灌封区域的直径增大时它会变得十分显著;考虑到总收缩率是材料收缩系数乘以灌封物(pot)的长度或直径的函数。人们可以理解这样的收缩能够影响灌封物的整体直径。它可以导致结构破坏,例如在灌封物中开裂和/或迫使灌封

物向内收缩、朝圆形灌封区域的中心收缩或沿应力边界收缩。当灌封剂和HFC的壳体端盖为不同的材料(各自具有不同的膨胀和收缩特性,即热膨胀系数)时,这尤其可观察到(优选壳体端盖和壳体具有相同的热膨胀系数)。例如,在壳体端盖为聚砒并且灌封材料为环氧树脂的情况下,聚砒与环氧树脂之间的连接可能不同程度地受到热处理的影响,当在高压灭菌锅中对HFCM进行热灭菌时正是如此。经常注意到的是收缩率大于聚砒的环氧树脂将脱离聚砒形成滤液腔室和滞留物腔室之间的通道,这破坏了HFCM的完整性并使得HFCM失效。这在直径为约4"的HFCM中会偶尔观察到但是在直径为6"的HFCM中更频繁地观察到。

[0014] 类似地,当处理两种具有不同膨胀系数的不同材料时,在所述两种材料之间形成牢固的连接(尤其是当受热之后)变得棘手。这两种材料将出现不同程度地膨胀和收缩,对它们之间的连接施加应力。选择具有相似的膨胀系数的材料并采用改善所述两种材料之间的连接的技术可以用来支持连接的稳定性;然而,随着HFC直径的增大,这变得更加难以控制。因此,形成将不同的构造材料之间的不相容性最小化或消除的HFC或HFM是有利的。

[0015] 填充密度—HFC内单个的纤维或纤维束的填充方法对可以被填充在给定的体积内的纤维的数目有很大的影响。填充方法还可能对过滤效率和形成的滤液的均匀性有深刻的影响。紧凑无规地填充的束可能导致在所述束的外周上的每根纤维具有比所述束的内部范围中的纤维更高的过滤速度,特别是在紧密的填充方式中,其中可能存在介于中间的纤维对滤液流动的显著阻力。在大型HFM或HFC中,这样的限制可能导致有效过滤速率和过滤能力的降低,从而降低了有效比例放大的能力。因此,以使得纤维填充密度最大化且使得滤液流动的潜在阻碍最小化的布置方式填充单个的纤维或纤维束是有利的。将描述控制纤维填充布置方式的其他优点。

[0016] 结构—随着HFM的尺寸增大,预期作用在模块上的应力成比例地增加。可预期基于以下的增加的应力:重量—模块的重量能够使其处理错综复杂化。该模块的增加的重量可能会导致其自身的变形,尤其是当在高压灭菌锅中加热灭菌时。组装—零件的组装、装配和连接大表面可能会增加失败的风险;再次,这可能通过加热而被放大。

[0017] 过程—穿过大型HFM流动的速率可以非常高,并且发生在高压下。考虑到被灌封的端部的大表面积,它会承受巨大的压力,从而可能导致被灌封的端部坍塌。如将要描述的那样,当建造大型过滤器时,对被灌封的端部进行加固以将压力的变形作用降至最小将是非常有益的。

[0018] 完整性—HFM越大且被填充在HFM中的中空纤维越多,则在处理过程中纤维可能被损坏或将被损坏的概率越大。即使是单根纤维中的完整性损失都可能使整个HFM失效。中空纤维中的一处裂缝便会造成污染流从滞留物流进入滤液流。由于这样的小缺陷而导致的完整性的潜在损失也是使得这样的大型过滤器的构造受阻的重要原因。使用现行的构造方法,确定HFM缺乏完整性之前HFM可能被全部组装,在这种情况下就必须丢弃HFM。除了在采用现行的方法构造大型HFM的其他潜在危险之外,这使得这样的过滤器的构造受阻并导致制造成本的大幅度增加。本发明所提出的方法将最大限度地减少或消除构造大型HFCM的许多潜在的风险。作为本发明的一部分,描述了中空纤维过滤器的组装方法;其中所述组装并不限于列举的特定HFCM。

[0019] 卫生构造—随着许多大型HFCM可被用于食品或医疗行业中时,HFCM需要符合这些行业的要求。卫生设计可能是这些要求之一。在设计中应该不存在裂缝、死区或其他截留污

染物、影响模块的清洁能力或影响模块的灭菌的因素。例如，螺纹的使用是不利的。在要求卫生设计的重要应用中螺纹已经被证明是非常不卫生的。另一种不卫生的设计特征是存在通过正常手段无法接近的死区；这样的存在于HFCM中的停滞区或与该HFCM相关的停滞区截留污染物并阻碍它们被去除。结果是导致清洁能力降低、保持无菌的能力下降以及过程污染物的增加。本发明最大限度地减少了不卫生的因素，并最大限度地保证充分且均匀地渗透到HFCM的所有部件。

发明内容

[0020] 本发明涉及中空纤维盒，其结构使得在所述盒的使用过程中由热诱导的应力降至最小。通过特别是对所述盒的外部壳体和壳体端盖而言使用具有相同的膨胀系数的材料实现了热诱导应力的减少。所述盒进一步被优化，因为它们的纤维被聚集成束，以使得对单个中空纤维中的缺陷的检测和纠正更容易被检测到并被除去。束可以便利地组合以形成大型实体。利用其具有非常高的纤维填充密度，所述盒进一步被优化。这样的高密度可以通过所述束的横截面形状实现，所述束的横截面形状（例如六边形）使得所述束一个抵靠在另一个上紧密地聚集。

[0021] 除非另有明确地说明，在本专利申请中的“中空纤维”的含义意在指中空纤维过滤器，即在其外壁上含有孔的中空纤维。所述孔的尺寸将取决于所述中空纤维过滤器的指定用途。

[0022] 在第一总的方面中，本发明为中空纤维过滤器盒，其包括：

[0023] 1) 多个中空纤维束，每一束包括多根相互平行的中空纤维，每一束包括第一束端和第二束端，

[0024] 2) 外壳壳体，所述壳体包括第一端部和第二端部，每个端部包括开口，

[0025] 3) 第一壳体端盖，所述端盖覆盖所述外壳壳体的第一端部中的开口，所述端盖包括多个开口，以及

[0026] 4) 第二壳体端盖，所述端盖覆盖所述外壳壳体的第二端部中的开口，所述端盖包括多个开口，

[0027] 其中，所述束在所述外壳壳体中平行地对齐，其中每一束的一部分被装配在所述第一壳体端盖的开口中并且通过灌封剂（或固定剂）密封住所述开口，其中每一束的第二部分被装配在所述第二壳体端盖的开口中并且通过灌封剂（或固定剂）密封住所述开口；并且

[0028] 其中，每个壳体端盖由热膨胀系数足够接近于所述灌封剂的膨胀系数的材料组成，以使得当所述盒暴露于蒸汽灭菌或高压灭菌中时，(a) 在所述壳体端盖中或所述灌封剂所覆盖的区域中或(b) 在所述端盖和所述灌封剂所覆盖的区域之间无裂纹或裂口出现。

[0029] 在所述第一总的方面的具体实施方案中，本发明为：

[0030] 一种盒，其中所述壳体和壳体端盖由相同的材料组成；

[0031] 一种盒，其中所述外壳壳体优选为圆柱形；

[0032] 一种盒，其中所述外壳壳体为正方形或任意其他形状；

[0033] 一种盒，其中所述外壳壳体为可渗透的或半渗透的；

[0034] 一种盒，其中每个壳体端盖的开口的形状选自由六边形、正方形、矩形、三角形、多边形、圆形和椭圆形组成的组；

- [0035] 一种盒,其中所述壳体端盖的开口的形状为六边形;
- [0036] 一种盒,其中所述第一壳体端盖和第二壳体端盖以机械方式连接至所述外壳壳体;
- [0037] 一种盒,其中所述第一壳体端盖和第二壳体端盖通过溶剂或粘附剂连接至所述外壳壳体;
- [0038] 一种盒,其中所述盒包括支撑元件,所述支撑元件选自由杆(post)或支撑柱组成的组,所述支撑柱被塑形以将束封装在所述盒中,所述支撑柱对于从所述盒流出的流体是可渗透的;
- [0039] 一种盒,其中所述中空纤维束的横截面形状(例如六边形)与其被插入的所述端盖开口的横截面形状(例如六边形)相同;
- [0040] 一种盒,其中一个束的外周与相邻束的外周之间的距离为1毫米至5毫米之间,其中所述距离是所述两个束的外周之间的最短距离;和/或
- [0041] 一种盒,其中高压灭菌在下述条件下进行:123℃的温度,16psi的压力下45分钟,或者所述蒸汽灭菌在123℃、20psi下进行20分钟。
- [0042] 在第二总的方面中,本发明为组装中空纤维过滤器盒的方法,所述方法包括下述步骤:
- [0043] 1)预加工(或模制)所述盒的第一壳体端盖和第二壳体端盖,
- [0044] 2)将所述盒的外壳壳体连接至所述第一壳体端盖;
- [0045] 3)将所述盒的外壳壳体连接至所述第二壳体端盖;
- [0046] 4)插入多个中空纤维束中的每一束,每一束都穿过所述第一壳体端盖中的多个开口之一,穿过所述外壳壳体并从所述第二壳体端盖中的相应开口穿出,每一束的长度等于或大于所述外壳的长度,以及
- [0047] 5)将每一束的一部分灌封或粘结至被插入所述第一壳体端盖中的开口的壁以及被插入所述第二壳体端盖中的开口的壁;
- [0048] 其中,每个壳体端盖由热膨胀系数足够接近于所述灌封剂的膨胀系数的材料组成,以使得当所述盒暴露于蒸汽灭菌或高压灭菌中时,(a)在所述壳体端盖中或所述灌封剂所覆盖的区域中或(b)在所述端盖和所述灌封剂所覆盖的区域之间无裂纹或裂口出现。
- [0049] 在所述第二总的方面的具体实施方案中,本发明为:
- [0050] 一种方法,其中,一旦所述束被灌封至所述开口中,则超出所述壳体端盖伸出的多余长度的中空纤维,如果有的话,被切除;
- [0051] 一种方法,其中,将支撑杆或支撑柱插入所述中空纤维模块中的端盖之间;
- [0052] 一种方法,其中,将所述支撑柱设置在束与束之间;
- [0053] 一种方法,其中,将所述束封装在所述支撑柱中,其中所述支撑柱对于从其内部的所述束流出的滤液流是可渗透的;和/或
- [0054] 一种方法,其中,所述高压灭菌在下述条件下进行:123℃的温度,16psi的压力下45分钟,或者所述蒸汽灭菌在123℃、20psi下进行20分钟。
- [0055] 在第三总的方面中,本发明为将多个中空纤维组装成固定束的系统,所述系统包括:
- [0056] 1)纤维源,所述源为多个中空纤维的来源;

- [0057] 2)引导并组织所述多个中空纤维的穿孔垫板;
- [0058] 3)固定腔室,所述腔室包括将灌封剂或固定剂喷涂至或添加至已穿过所述垫板的一束纤维上的一个喷嘴或多个喷嘴;
- [0059] 4)将所述中空纤维周围的灌封剂塑形成所需的形状,例如六边形的塑形垫板或塑形法;
- [0060] 5)在沿所述被灌封或被固定的区域的大约中点处切割纤维束的切割装置;
- [0061] 6)从所述固定腔室收集或除去头束(lead cluster)的装置或机构;
- [0062] 7)筒夹装置,所述筒夹装置连接至尾部被切的束并使所述尾部被切的束从所述固定腔室前进特定的距离;沿自动化的皮带和滑轮系统移动的使所述筒夹前进或缩回的驱动/缩回装置;
- [0063] 8)重复步骤2-7;
- [0064] 其中,所述系统的元件被设置成使得纤维能够从所述纤维源抽出,穿过所述垫板穿孔,然后穿过所述固定腔室,在所述腔室中用灌封剂喷涂(涂覆或嵌入)所述纤维并将所述纤维切割成所需的长度。
- [0065] 在所述第三总的方面的具体实施方案中,本发明为:
- [0066] 一种系统,其中所述纤维源包括线轴,中空纤维(管体)能够沿所述线轴缠绕;和/或
- [0067] 一种系统,其中所述纤维源包括挤出装置,所述挤出装置挤出多根中空纤维。
- [0068] 在第四总的方面中,本发明为将多个中空纤维过滤器组装成束的方法,所述方法采用如第三总的方面所述的系统,所述方法包括下述步骤:从纤维源中抽出中空纤维,使其穿过所述垫板穿孔(开口),然后穿过所述固定腔室,在所述腔室中用灌封剂喷涂(涂覆或嵌入)所述纤维并将所述纤维切割成所需的长度。
- [0069] 在所述第四总的方面的具体实施方案中,本发明为:
- [0070] 一种方法,其中所述垫板穿孔被设置成六边形的形式;
- [0071] 一种方法,其中使用辊子(roller)组将多个中空纤维绞线引向所述垫板;
- [0072] 一种方法,其中在所述辊子的外表面中存在半环形凹槽,并且其中所述辊子以相邻且平行的方式相互成对,以使得所述中空纤维在所述辊子对之间被引导并可滑动地被所述凹槽容纳;
- [0073] 一种方法,其中使用预制的部分将所述束固定成一定的排布方式;
- [0074] 一种方法,其中继在第一喷涂步骤中用固定剂喷涂所述纤维束之后旋转所述纤维束,所述旋转小于完整的360度旋转,并且继所述旋转之后,在第二喷涂步骤中再次喷涂所述束;和/或
- [0075] 一种方法,其中继在第一喷涂步骤中通过一个或多个喷嘴用固定剂喷涂束之后旋转所述一个或多个喷嘴,所述旋转环绕着所述束的主轴线,所述旋转小于完整的360度旋转,并且继所述旋转之后,在第二喷涂步骤中再次喷涂所述束。
- [0076] 在第五总的方面中,本发明为通过预制的端盖构造束的方法,所述方法包括折叠束线性部分以形成束六边形部分。
- [0077] 在第六总的方面中,本发明为中空纤维束,所述束包括多根中空纤维,其中每根中空纤维的一部分被固定至在每一束的束端处或接近每一束的束端处的相同区域中的相邻

的平行纤维。

[0078] 在所述第六总的方面的具体实施方案中,本发明为:

[0079] 一种束,其中所述束的每一根中空纤维通过使用液态固定剂被固定至相邻的平行纤维;

[0080] 一种束,其中所述束的每一根中空纤维通过使用端盖或预制的部分被固定至相邻的平行纤维;

[0081] 一种束,其中在每一束中存在7根纤维;和/或

[0082] 一种束,其中所述束被部分或全部封装在对于流体(例如滤液)流动是可渗透的套管中。

[0083] 在第七总的方面中,本发明为束集,所述束集为多个束的集合,以使得所述集合中的每一束平行于所述集合中的所有其他束。

[0084] 在第八总的方面中,本发明为制造束集的方法,其中将多个(大于一个)束组合形成束集,以使得所述束集中的每一束平行于所述束集中的所有其他束。

[0085] 在所述第八总的方面的具体实施方案中,本发明为:

[0086] 一种方法,所述方法包括将多个独立的束(u-束)组合成束集的步骤;和/或

[0087] 一种方法,所述方法包括将多个束集组合成单个束集的步骤。

[0088] 在第九总的方面中,本发明为测试束或束集的完整性的方法,所述方法包括对所述束或束集进行完整性测试的步骤。

[0089] 在所述第九总的方面的具体实施方案中,本发明为:

[0090] 一种方法,其中在将所述束或束集插入盒的端盖之前完成所述测试;

[0091] 一种方法,其中对所述束集进行完整性测试;和/或

[0092] 一种方法,其中所述完整性测试选自由泡点测试、压降测试、暴露于含颗粒的蒸气和扩散测试组成的组。

[0093] 在第十总的方面中,本发明为预处理束的方法,所述方法包括将所述束置于将使所述束收缩和/或减轻所述束的被灌封的区域中的应力的条件中,其中在将所述束插入壳体端盖之前将所述束置于所述条件中。

[0094] 在第十一总的方面中,本发明为矩形模块,所述模块包括:

[0095] 束,所述束包括第一束端和第二束端(共处于壳体端部),所述束包括中空纤维,所述中空纤维为在其壁上含有孔的中空纤维过滤器,以使得流体(滞留物)能够穿过所述纤维的内部,同时滞留物的一部分穿过所述孔流出成为滤液,

[0096] 盒壳体,所述壳体封装所述束,但不密封所述中空纤维的端部,所述壳体包括允许滤液穿过所述盒壳体流出的开口,所述壳体以防漏方式连接所述束(直接地或经由中间垫圈或密封剂),以防止滤液与滞留物混合,

[0097] 外壳,所述外壳封装所述盒,但不密封所述中空纤维的端部,

[0098] 所述外壳内的第一通道,所述通道包括接收来自所述外壳外部的流体(滞留物)的开口,所述通道与所述束的第一端部交界,以使得被接收的滞留物流体能够从所述通道移入并且然后穿过所述束的中空纤维,前提是所述滞留物流体的一部分穿过所述过滤器孔流出成为滤液,

[0099] 所述外壳内的第二通道,所述第二通道与所述束的第二端部交界,以使得已经穿

过所述中空纤维的被接收的滞留物流体进入所述第二通道,所述通道包括允许所述滞留物流体从所述第二通道和所述外壳流出的开口,

[0100] 其中所述第一通道和第二通道在所述外壳的相对的侧部开口,

[0101] 所述外壳还包括一个或多个端口,以允许滤液从应该有相邻外壳的一个相邻外壳的端口或多个端口流出所述外壳或接收滤液。

[0102] 在本文中,如果模块、束、外壳和盒壳体从俯视角度看过去具有矩形形状,并且从端视角度看过去具有矩形形状,则所述模块、束、外壳和盒壳体为矩形。可以理解正方形也为矩形。

[0103] 优选所述束和盒也为矩形。

[0104] 可以理解:不用束,前述第十一总的方面也能等同地较好适应于束集。

[0105] 可以理解滞留物流体和滤液之间的区别以及过滤器孔的作用也能等同地较好适应于本申请中公开的所有发明。

[0106] 相关的发明为两个或更多个矩形模块的组件,其中所述模块被对齐,以使得相邻模块的通道以开放方式相互连接并且相邻模块的端口以开放方式相互连接。

[0107] 六边形束是一个(从横截面看过去)所述束的外周上的纤维的中心可以通过直线连接形成六边形的束。

[0108] 在另一方面中,本发明为组装壳体端盖和外壳(例如舌状物和凹槽)以形成接收束的框架的方法。

[0109] 在另一方面中,本发明是在中空纤维束中引入螺旋(twist)以中断穿过所述纤维的线性流动的方法。

[0110] 在另一方面中,本发明是构造中空纤维盒的方法,其中具有常规横截面形状(例如六边形)的纤维束穿过所述盒的具有相同形状的开口安装,并且延伸至盒的外部的束的部分被切除。

[0111] 在又另一方面中,本发明为构造中空纤维束的方法,其中每根纤维源于线轴并且所述纤维穿过垫板,所述垫板的开口以有利于束的横截面聚集的方式设置。可选地,所述纤维可以源于安装有挤出喷嘴的挤出头,所述喷嘴被设置成有利于横截面聚集的构型。

[0112] 在又另一方面中,本发明为构造中空纤维束的方法,其中将可折叠的线性部分折叠成所需的形状(例如六边构型)。

附图说明

[0113] 图1A 七根中空纤维的六边形束的部分立体视图。

[0114] 图1B 图1A的六边形束的端视图和端部被固定的束的端视图。

[0115] 图1C 六边形束的侧视图和立体视图。

[0116] 图2A 具有和不具有网状套管的纤维的圆形束的侧视图。

[0117] 图2B 采用具有圆形接收器(开口)的壳体端盖的HFC外壳组件的不同视图。

[0118] 图2C 具有圆形接收器(开口)的壳体端盖的俯视图。

[0119] 图2D 具有圆形接收器(开口)的壳体端盖的立体视图。

[0120] 图2E HFC的侧视图,出于作图的目的去掉了所述HFC外部的一部分。

[0121] 图2F 图2E图形中的一部分的截面的放大视图。

- [0122] 图2G 采用具有圆形接收器(开口)的壳体端盖和圆形束的HFC的侧视图。
- [0123] 图3A 形成单元束的机械化系统的示意性视图。
- [0124] 图3B 所述形成单元束的机械化系统所采用的辊子的示意性侧视图。
- [0125] 图4A 固定中心的侧视图。
- [0126] 图4B 固定中心的立体视图。
- [0127] 图4C 图4B的一部分的细节视图。
- [0128] 图4D 垫板的俯视图。
- [0129] 图5A 六边形束的立体视图。
- [0130] 图5B 采用具有六边形接收器(开口)的壳体端盖的HFC外壳的分解立体视图。
- [0131] 图5C 采用具有六边形接收器(开口)的壳体端盖和六边形束的部分组装的HFC的立体视图,出于作图的目的切除了外壁的一部分。
- [0132] 图5D 采用六边形接收器(开口)和六边形束的HFC的立体视图。
- [0133] 图5E 具有六边形接收器(开口)的壳体端盖的俯视图。
- [0134] 图5F 六边形束和被封装在支撑柱中的六边形束的立体视图,以及出于示意的目的的去掉了一部分以使得内部结构可见的盒的立体视图。
- [0135] 图6 依次地按比例放大的六边形束组件的端视图。
- [0136] 图7 在不同的组装阶段中的预制的束端盖的端视图。
- [0137] 图8 矩形模块、其组合零件和出于示意的目的被部分地切除的三个模块叠加组装的组件的立体视图。

具体实施方式

[0138] I.最大限度地减少灌封材料的使用的方法:

[0139] 一个通过其能够消除所描述的灌封的不良影响的方法是最大限度地减少或消除灌封材料的使用。通过消除或最大限度地减少不同于制造壳体的材料的灌封材料的使用,人们可以大大减少使用不相容的材料的不利影响。在本发明中,通过预加工或模制HFC的图2B、2C、2D和图5B、5C、5D、5E的“壳体端盖”11和12,使得加工或模制的壳体端盖11和12的材料和/或性能与制造壳体外壳10的材料相同或非常相似,从而大幅消除灌封过程。这样的壳体端盖提供了一种用于连接或连接到该HFC的壳体的相应端部的机构。这样的连接机构包括在壳体端盖11或12的面上形成环形凹槽16,使得所述凹槽的尺寸和大小能够容纳插入的壳体的端部,以类似于“舌状物和凹槽”的形式布置。(参见图2E和2F)。在将壳体端部14插入壳体端盖凹槽16中之后,将两者通过粘合剂、加热或机械固定的方式连接。同理,壳体端盖11和12可以连接到相应的壳体端部15和14。此外,每个壳体端盖上设置有开口或接收器17,使得在每个壳体端盖上的相应开口线性对齐并沿着它们之间的轴线并列排布,而且其中任何两组开口17之间的轴线平行于一组开口17之间的每一个其他的轴线。

[0140] 其长度通常大于外壳(所述外壳由壳体及与所连的壳体端盖组成,(HFC-H))的长度的中空纤维8(参见例如,图1C,2A和5A)的“固定的”簇或“固定的”束可以通过在端部15的开口17被插入并被引导穿过壳体端盖11,穿过壳体10并穿出在HFC-H组件的另一个端部14的壳体端盖12中的相应开口17所述插入大部分是手动但可以通过牵引装置来辅助,比如穿过所述外壳以及两个壳体端盖11和12延伸的棒状臂。在所述臂的插入端,可以存在抓捕所

述束的插入端的“抓捕”机构。所述臂可以随后缩回,牵引束第一端27穿过所述第一壳体端盖开口17、穿过外壳壳体的全长并穿过第二壳体端盖开口17。所述束穿过所述外壳和端盖被牵引至束端19从每个端部伸出的程度。插入束的过程可以重复进行,直到所有的束都已经被插入外壳和壳体端盖11和12中。所述束长于所述具有壳体端盖的壳体,所述束的一部分19将稍微延伸超出所述壳体端盖11和12(图2G)。然后,以灌封材料能够在纤维之间的空间中流动的方式将位于壳体端盖开口17中的中空纤维束的被灌封或未被灌封的端部全部灌封,以将它们灌封在一起且同时使它们连接至开口17的壁18;借由从壳体端盖的平面略微延伸出的中空纤维,能够将灌封剂添加至开口17(图2B,图5C)。中空纤维端部可以是被塞住的或未被塞住的,确保在添加灌封剂的过程中无灌封剂进入纤维中。

[0141] 人们可以使用常见的技术来实现所述的灌封过程。下面是一些实例:一,中空纤维束可以被封装在套管22中,例如网状套管,所述套管对于滤液的流动是可渗透,还能够为所述束提供结构上的支撑,从而维持它的形状(图2A)。套管还便于将所述束穿过HFC-H、从位于HFC-H的一个端部上的开口17穿过、直至另一个壳体端盖开口17;可以将装置穿过一个壳体端盖11处的开口17部分地插入外壳10中或贯穿外壳10插入至HFC-H的另一端部,穿过壳体端盖12中的相应(线性对齐的)开口17;然后,借由封闭的中空纤维,所述装置可以抓捕到套管22的近端;然后,通过所述装置牵引所述套管和位于其中的束穿过相应的开口17。所述束8中的中空纤维可以具有被塞住的端部或开放的端部。二,所述束可以被预灌封(或“固定”)或未被预灌封,“固定”意味着用少量的固定剂或灌封剂以有利的布置方式使纤维互相连接,并且其中只有在束的每个端部的由纤维与纤维的连接区域(也称为束“固定端部”、“灌封端部”、“灌封区”或“灌封区域”)限定的一小“部分”13被灌封。

[0142] 固定部分13和在壳体端盖11中的开口可以是任何形状或构型,并且可以根据如下需要相对于彼此隔开:(1)以形成所希望的束形状和束布置或(2)以在每个端部处将束固定在相应的开口内或(3)以将束机械地固定在孔中并保证组件是防漏的。在壳体端盖的开口17中加入少量的灌封剂可以用来引导灌封剂在纤维之间流动和在束外壁和开口17的内壁18之间的流动;固定剂作为填料和胶黏剂以将纤维灌封在开口中并确保所述开口不渗漏。可以将固定装置增设至壳体端盖的端部以便于添加固定剂来限定、引导所述固定剂并防止其渗漏。固定剂或灌封剂可被添加到包含中空纤维束于其中的开口,无论是从壳体端盖的外表面20添加或穿过HFM外壳的内部的内表面21添加。一旦中空纤维或束已被灌封在开口中,中空纤维的多余长度19可以被切除,在HFC的每个端部露出中空纤维的开口端,从而形成一个连续的、不间断的导管(例如,参见图5D)。

[0143] 所述构造方法消除了将大量灌封剂用作形成端盖的手段的需求和嵌入中空纤维的需求。所需的灌封材料的量明显更少;并且灌封材料被定位于壳体端盖中的开口,不包括中空纤维。每个开口和束集可以被看作是一个独立的中空纤维盒;其中它较小的直径消除了大型HFC的单一灌封的问题。人们可以设想将所述方法的用途延伸至用来形成任何尺寸或直径的HFCM。参见图5F;在HFM-H中的壳体端盖11和12之间插入支撑杆或支撑柱51可用于增加组件的结构强度。在图5F所示的实例中,那些支撑柱51可以由六边形管组成,所述六边形管可封装束8。所述支撑柱可延伸接近于所述束的长度;优选地,所述管的长度是外壳内的壳体端盖11和12之间的长度;任选地所述管的长度稍长,延伸到所述束的每个端部上的固定区域13中。在所述束的每个端部处的这样的额外长度可以是,例如,在长度上为一英寸

的1/16至1/4。相应的长度会从用于接收所述六边形柱51的端盖开口17的壁29处移除；因此，束8的固定区域13将被插入开口17中，至少，直至所述端盖的外表面。六边形柱的端部将被插入端盖中，直至从接收开口17的壁29处被移除的深度52，由此，将六边形柱51锚定在相应的端盖52中。同理，将六边形柱51锚定在HFM-H的另一侧的端盖中。本领域技术人员可以很容易地确定端盖之间的HFM-H中这样的六边形柱的数量和间距，以达到必要的结构支撑。六边形柱51可以在所述柱体上包含任意数量的开口53，所述开口用于使滤液从所述柱内部的束流至所述柱的外部并流入HFM-H内的滤液池。

[0144] II. 使构造中空纤维组件单元自动化的方法：

[0145] 描述了本发明的构造方法，通过该方法大大地方便了具有上述优点的大型HFCM的组装。此外，该方法将提供其他很明显的优点并消除与现有或先前的构造HFCM的方法相关的许多问题。此外，提出的构造方法的主要优点和目标是实现过程的自动化。自动化提供了用于提高构造可靠性、制造速度、降低制造成本以及能够形成通过现有方法不容易获得的独特的过滤器的手段。在本文中描述了这些优点和其他优点。

[0146] 束单元的构造—构造HFCM的基础是模块化的组装过程。被布置成六边形的七纤维束被用来阐明这种新型构造方法的基础。所述七纤维六边形束将被称为六边形束、束单元或者简称为束。图1A、1B和1C示出了中空纤维单元束(“u-束”)的布置(图1A是高度示意并且没有示出任何“固定”区域)。这样的布置适用于具有任何直径的圆形中空纤维。一根中空纤维7位于中心，而其余六根中空纤维1-6围绕中心的中空纤维7形成同一中心的六边形8。可以在两个端部或靠近两个端部处用固定剂24灌封纤维的六边形束，以维持束的六边形形状以及灌封部分13的六边形形状(横截面)；这样的六边形束提供了许多优点，这将在下文中描述；因此，束的构造成为一个关键步骤。

[0147] 图3A示出用于制造u-束的自动化系统的基本形式。用于生产中空纤维束的中空纤维原料提供于线轴31中，这在行业是常见的。七个线轴提供起始的中空纤维原料。通过辊组33可以引导来自于每个线轴的中空纤维绞线32，所述辊组推进、引导并布置中空纤维，以使它们以最靠近彼此的方式定位，并且将它们集中到第二组辊组34中，所述第二辊组在其出口41至47处进一步布置纤维以相对于彼此形成“六边形”(图3B)。可以将来自于辊组34的纤维引导至第三辊组54中，第三辊组54的布置与辊组34相似，但是更小并被设计成将纤维进一步集中成更紧的六边形。将来自于辊组54的六边形形式的纤维簇引导至垫板35(图4A，4D)中。其他用于使中空纤维前进并相对于垫板35定位的构件是可行的。

[0148] 垫板35包含7个开口，所有开口也被布置成六边形的形式，其中一个开口位于中心且六个开口同心地围绕中心的开口设置。每个开口的直径优选比中空纤维的外径稍大，以允许纤维自由地通过开口而不会损坏，但控制所述开口内的纤维的过度“浮动”。相邻开口23(图1B)之间的距离控制着相邻纤维之间的间距23。来自于六边形垫板35(图4A)的中空纤维因此也是六边形并且如垫板所设置的那样彼此隔开。用于形成束的中空纤维也可以直接由中空纤维纺丝组件(未示出)提供。所述中空纤维纺丝组件可包含中空纤维挤出头，所述挤出头含有一个或多个挤出喷嘴，以有利的方式布置(这样的布置也被称为“挤出装置”)。因此，人们可以提供七股中空纤维绞线用于直接从挤出头形成六边形布置。来自于挤出头的纤维将被进一步处理并通过类似于那些常用的方法进行调节来生产具有所需的一致性(包括所需的物理状态、诸如孔隙度、孔大小等的性能和结构方面的要求等等)的纤维。

[0149] 由于中空纤维是脆性的,因此必须采取措施以减少或消除纤维被破坏的任何可能性。纤维上可能的应力点包括:1)纤维的拆卷(unspooling),这可能使线轴31本身以特定速率旋转,以解开纤维的缠绕,并消除牵引纤维离开线轴的需求;或者,可以在线轴杆上使用低摩擦轴承,以将牵引力降至最小。2)同样地,引导来自线轴的中空纤维线的辊子33可以是另一个应力点。由马达驱动的和纤维的拆卷同步的辊子可以提供一种解决方案;或者,在辊轴上使用摩擦非常低的轴承也是可接受的。为了保持辊子34和54之间的纤维的定位,在相邻辊子对120、121的外表面中形成半环形凹槽55(图3B),当其组合时形成纤维的环形旋转“通道”56。在每个辊子120、121上的半环形凹槽55的直径等于或略大于中空纤维,但不能过大以至于纤维在穿梭于辊子之间运动时出现过大的浮动或振动。所述辊子不但提供了低摩擦通过,还对中空纤维进行了空间定位。对于所有引导中空纤维的部件而言,必须给予相似或相同的考虑以避免它们被破坏。因此,人们必须考虑过程的各方面中,包括中空纤维线轴和辊子的定位、辊子的尺寸、辊组的数量、孔尺寸、辊子组成、其为了使纤维通过的光洁度和形状等。同理,可以改变六边形垫板以提供中空纤维的最佳流动,以使其损伤降至最少。可以在不同的点设置传感器以监控中空纤维的移动速率、中空纤维上的应变、振动或任何其他可能影响中空纤维的完整性或作为整体的过程的参数。

[0150] 用于固定中空纤维的定位或固定——一旦六边形中空纤维布置已经通过第一六边形垫板35形成,优选当纤维被朝“固定中心”39(图4A)引导时保留其形状。固定中心包含一个或多个腔室,其中用固定剂24使中空纤维以所希望的布置形式(优选为六边形形状)互相连接或固定,并且其中形成具有所需长度的完整的束。下面总体描述了用于使中空纤维相互固定的过程自动化的机构,当纤维穿过或移动通过固定中心39时,该机构也用于以六边形形状布置中空纤维,用于控制纤维23之间的间距,用于产生具有指定长度的中空纤维束8,用于固定中空纤维束8的两个端部13、24和以特定的间隔固定中空纤维束8的两个端部13、24。

[0151] 进入固定隔室(也被称为“固定腔室”)49的中空纤维穿过六边形垫板35和36,保留所述纤维的六边形布置,包括由两个垫板35和36形成的纤维之间的间距。在所述固定隔室49中,在邻近垫板36的位置处设置用于将固定剂添加至所述纤维的分配器机构37。以下述方式定位所述分配器机构:使其能够将固定剂加入到中空纤维束的外表面,而不会使它们的六边形布置变形,同时围绕中空纤维和束对称地固化,以形成所希望的均匀的六边形布置。固定剂添加头可以旋转以便于均匀地加入固定剂;和(或)中空纤维六边形束可以相对于所述固定剂添加头旋转以便于通过克服固定剂上的重力的一个方向的拉拽来实现固定剂围绕中空纤维的均匀分布。所述固定剂可以是快速固化的氰基丙烯酸酯,其一暴露于UV便固化,其源头被引入所述固定腔室中以实现最有效的固化。液态氰基丙烯酸酯可以丸剂(bolus)的形式添加或采用连续的较小的注射添加。每次的添加将通过暴露于UV脉冲而固化。液态氰基丙烯酸酯将在纤维之间流动,其中当其固化时将粘合纤维。对于该过程而言关键的是将纤维以它们从垫板流出的排列形式固定。中空纤维相互之间的固定不限于氰基丙烯酸酯或其他化学固定剂或灌封剂;例如,可以使用经历随温度发生相变的物质。在一个温度下加入液态形式的固定剂,随后迅速降低温度,导致固化。虽然也有可以用于该功能的许多潜在的候选物,但在热固定中使用的温度必须不损坏纤维。在3D打印或建模中使用的原理可以适用于固定过程。可能需要改变打印头,从而以所需的形式实现固定剂的沉积。

[0152] 可以获得其他对于本领域技术人员而言是显而易见的实现所需固定的方法。

[0153] 实施例1—将中空纤维互相固定成六边形束

[0154] 来自一个喷射器或多个喷射器的一个喷嘴或多个喷嘴37,可以以将固定剂24以最有效的方式递送至中空纤维束中的方式定位。可能有各种方法来递送这样的固定剂;在一个实例中,多喷嘴装置37(图4A,4B;示出了用于固定剂的线材和管道63)相邻于纤维定位并围绕所述纤维以特定的间隔径向设置。喷嘴,优选地,将被机械化,使得它们可以在添加固定剂之前或期间朝着中空纤维束前进并且在添加完成后缩回。在固定剂添加阶段,所述中空纤维束可以超越喷嘴前进直至沿预定的中空纤维部分的长度13实施固定剂24的添加;或可选地,中空纤维束可以保持静止,同时喷嘴组件37沿纤维前进以使固定剂24沿预定的部分长度13扩散。固定隔室49(参见图4A,注意虚线简略地表示固定隔室已在图4B中被省略)显然必须适应这种运动。此外,可以设置用于使所述中空纤维束61(参见图4A)相对于所述喷嘴旋转(或使喷嘴相对于固定的中空纤维束旋转(未示出))的机构。固定剂可以优选为(但不限于)液体的形式喷涂或添加到纤维上。沿所选的纤维部分以单次注射、多次注射的形式或连续地注入预定量的固定剂。通过纤维相对于喷嘴的单次通过或多次通过完成固定剂的添加,分别采用固定剂的单次沉积或多次分层沉积。固定剂的注入量必须足以涂覆并均匀地连接相邻的中空纤维中的部分13、24(图1B,1C),优选地,以六边形的形式。此外,优选的是,添加固定剂时不会滴流也不会扩散到相邻的部件,并保持定位于中空纤维束的所需部分。优选地,束中纤维的仅一小部分13被相互固定;该部分可以是任何长度,但通常在0.25~2英寸的范围内。在添加完固定剂后,喷嘴缩回并且喷嘴上的固定剂排放口处于被保护的状态。还考虑了用于在添加固定剂的过程中暂时重新定位单根纤维以优化所述添加并允许充分过量的固定剂在纤维之间的空间的机构;这是为了最大限度地减少纤维之间的空气间隙或通道。

[0155] 优选的固定剂将有快速固化速度以最大化纤维的粘合速率,同时最大限度地减少固定剂从其期望位置滴落或迁移。可以通过固化剂,例如电磁辐射、热、化学物质或其他诱导固定剂迅速固化。人们可以设想,在固定剂的固化或硬化完成之前,采用模头(或模具)以进一步使固定区域定形,特别是在固定剂硬化之前。当固定剂仍是柔韧的并且其粘附能力减弱、最大程度地降低对模头的粘附时可以这样做。由于许多其他的原因,快速固化也是有利的,所述原因包括:固化越快,则生产过程越快。快速固化剂还可以实现对灌封过程的控制,控制固定剂的硬化;即,在一个温度下注入灌封区并控制该模头的壁的温度以优化固定剂的控制和硬化过程。人们也可以设想一个以上的固定周期,其中固定剂的附加层被添加到以前的沉积物上;通过与模头的组合能够使中空纤维束的固定端部13形成为特定的形式,其中包括具有特定的边长的六边形形状。此外,为固定阶段定位中空纤维的垫板35和36可适应于自动化装置61,所述自动化装置将重新定位或旋转垫板36和中空纤维;例如,如果液态固定剂因重力的拉拽在一个方向上流动,则通过以等于或小于180度旋转纤维一次使得液体会被更均匀地环绕所述纤维重新分配,或旋转可以在一个方向上转回至原来的位置,或者人们可以实施多次这样的反复旋转。

[0156] 考虑固定步骤所指示的要求,选择合适的固定剂或灌封材料是一个关键步骤。它应当能够迅速地以均匀的方式嵌入纤维。它应具有足够的粘度和性质,以便实现中空纤维相互重复且快速的固定,还允许将固定部分13塑形成指定的形式。氰基丙烯酸酯、环氧树脂

脂、弹性体、热塑性塑料或其他化学粘合或灌封剂可满足这些要求。

[0157] 形成指定长度的u-束——一旦固定部分13已经在固定腔室49(图4A)的入口处形成,则通过切割机构38(示出了连接到所述机构的线62)在固定部分的大约中点处将其切割,所述切割机构可以是激光、刀、水射流等。然后除去由此产生的u-束8。剩余的一半部分13保持与垫板36相连并位于固定腔室49内。收缩机构70通过自动化的皮带和滑轮系统(或其他机械系统)76从它的静止位置朝暴露的部分13前进一段约为束8的长度的距离。具有六边形开口的类似于筒夹的装置71、77(图4A,4B和4C)以使部分13进入筒夹71、77中的六边形开口的方式进一步向前推进。采用气动缸69、73或一些其他构件使筒夹缩回。它缩回到筒夹关闭机构(也称为“筒夹闭合器”)78中。迫使被分割成6等份的筒夹壁向内朝向筒夹的中心轴线,从而使筒夹壁和筒夹头闭合于束部分13的六个侧面上。筒夹缩回到筒夹闭合器78的收缩量决定了筒夹的闭合程度以及作用于束部分上的抓力;这是在加工设备中使用的通用机构。或者,筒夹闭合器能够相对于筒夹连续前进,导致该筒夹闭合。一旦束部分被固定在所述筒夹头71中,则整个收缩机构70通过皮带和滑轮系统76缩回到其初始静止位置。中空纤维束的新部分被定位在所述固定腔室中从而能够形成新的束部分13,如前面所述的那样。在形成束部分之后,按照如前所述的方式将其切割。收缩机构70被重新定位以分离所得到的被切的束部分13。同时,通过使筒夹77从筒夹闭合器78缩回而打开筒夹。第二缸75朝筒夹中的六边形开口推动位于筒夹内部中心的活塞74,以将u-束部分13从筒夹头挤出。然后,具有固定端部13的完整的u-束8自由地被拾起,或者它可以通过机械化系统引导至储存箱(例如,通过与完成的束呈直角的传送带移动)。示出了用于移动被切的束的装置57和用于移动被切的束下方的平台的装置58。本领域技术人员可以对所述机构做出明显的改进。

[0158] 实施例2—预制束端盖

[0159] 为了形成单元束(“u-束”),可以想象的是,可以在不施加液体固定剂下实现用于形成六边形端盖的“固定”步骤,如前文所述的那样。可通过使用预制的盖实现相同的一般结果,其中可以将这样的盖机械地添加或摁扣到中空纤维的端部。预制的盖沿着中空纤维束定位,使得它可以被机械地重新布置以封装纤维并同时确保所要求的形状,优选为六边形。这样的盖的一个实例示于图7;示出了它的两种可能的构型,线性盖或部分79(L形盖)和折叠的盖或部分80(F形盖)。如将被显示的那样,这两种构型是可相互转换的。L形盖79包含六个子部分,按顺序编号为81~86。

[0160] 相邻部分81~86(图7)形成“U”形凹槽、通道或孔87。所述通道被设计成平行于中空纤维绞线并以有利于容纳和叉开(straddling)中空纤维绞线95的方式定位。中空纤维进而通过垫板被导入固定中心39中的固定腔室49(图4A)中,所述垫板与平行于通道87(图7)的纤维对齐。除了通道87之外,L形盖还含有5(或6)个水平刻痕88,所述刻痕优选位于通道87的底部中的大约中点处,并与所述通道平行。这样的刻痕便于沿刻痕线以形成六边形形状80的方式折叠L形盖部分。杆89形成了“U”形通道87的壁;这样,当沿刻痕线88折叠或弯曲相邻部分81至86时,所述杆在通道87内聚拢以捕获中空纤维。如图7所示,定位于部分83和84之间的纤维上方(在所述纤维上方的一个精确高度处)的第七根中空纤维在中心被捕获。尽管只描述了六边形布置,同样的方法显然可适用于形成其他束形状。该方法可以包括在L-形盖79中添加或喷涂粘合剂、固定剂或一些其他合适的试剂,以便当盖折叠成六边形形状80(经由中间形式90)时,内部的固定剂在固化后密封内部的纤维,并且同时有利于保持

所得到的六边形形状。无论中空纤维是否通过加入液态固定剂13、24或预制的束端盖80或一些其他方式被一起保持在束中,所述部分都必须被切除,优选在中点处切除。

[0161] 一旦盖已被添加到纤维部分,形成六边形形状,可以采用切割机构(刀、锯、激光或任何其他手段)沿着所形成的盖和纤维束的中点的横截面切割所形成的盖和纤维束。然后释放并除去得到的具有两个封闭的端部的头束。尾束被推进一段指定距离,并且重复添加另一个L形盖的过程。整个过程可以实现高度机械化从而以非常高的速率生产被封端的束部分,图4A和4B。

[0162] 对于上述方法而言各种改进和优化是可能的。在一个实例中,使用了装配线,其中的最后步骤(包括固定束单元的两端)垂直进行。在垂直位置中,固定剂流会更均匀地环绕束的模具的中心轴线分布;不同于水平过程,在水平过程中重力的拉拽可能使得固定剂稍微更多地分布到束腔室的底壁上。

[0163] 在生产u-束期间或之后,束单元的端部可能需要被塞住以在后续加工过程中保护中空纤维的内部;用于塞住所述纤维的优选方法是通过在纤维的端部形成保护薄外皮;这应该在使束单元的六边形形状或尺寸不变形下完成。保护纤维的端部可以容易地和迅速地通过多种方法或方法的组合,包括热、超声、化学方式、相变等实现。塞子的形成必须是可逆的或适合在装配过程的任何点处除去。从含外皮或塞子的束或HFC的端部简单地切去该部分是一个常用的选择。通过使用具有比束或HFC的其他部分更低的熔融温度的塞子,该塞子可以很容易地用热除去,还有可能联合使用能从HF构造体中吸去熔体的吸附剂。真空也可以用于除去熔体。这些方法以及其他都可很容易地用于封堵和可逆地疏通中空纤维端。可以在形成u-束到HFC组装的任何时候封堵中空纤维。然而,优选地,但不是唯一地,在u-束组装期间或之后或在其已经经过完整性和质量测试之后进行封堵。在生产的初期阶段封堵中空纤维可以便于构造较大的束。

[0164] 束—单元束(u-束)的自动化和受控生产提供了通过现有的HFM生产技术不可能获得的好处,所述现有的生产技术通常涉及随机地捆绑纤维。图6显示了组合u-束101组件以形成更大的束“集”的方法。例如,6根u-束可以被组合以形成块束(b-束)102,其可以被进一步布置成组束(g-束)103,其进而又可以进一步被设置成更大的超级束(s-束)104、105等等。由六边形u-束所提供的对称可以以任何规模和任何所需的束集形状有序地布置中空纤维。下面介绍由提出的u-束构造块提供的一部分优点:

[0165] 完整性测试—自动化的完整性测试—当形成u-束时,它们可以通过自动化系统使用任意数量的现有的过滤器完整性测试技术来进行测试。例如,能够承受在本文其他地方所述的高压灭菌条件的u-束能力(或任何束集能力)可以被用作测试条件。完整性的测试是本领域已知的,并且包括但不限于泡点测试、压降测试、暴露于包含颗粒的蒸汽以及扩散试验。在一个实例中,u-束内的中空纤维被润湿,接着当它们离开组装线时对每一个进行泡点或压降测试。这提供了即时和廉价的方式来测试每一个u-束。在完全组装成HFCM之前,也可以在更大的束(即b-束、g-束等)上进行相同的完整性测试。

[0166] 预收缩束—预制的束(所述束的布置适合于壳体端盖接收器17)允许预处理束或簇上的固定区域以形成更稳定的束或簇。例如,预热束或簇上的固定区域13以该区域13进行退火,以消除在固定区域13中的任何应力,这将提高所述束或簇的稳定性。对固定区域13进行加热,以促使固定剂在将其插入相应的接收器之前收缩,将再次消除任何由收缩引起

的潜在问题。

[0167] 纤维的定位—如图所示,在六边形u-束中纤维通过间距23相对于彼此的位置(图1B)提供了以能够在放大的过程获得改善的过滤结果的方式布置u-束的手段。例如,这可以包括通过使s-束以在束和HFCM的内部和外部之间形成对于最优的流动而言最优的通道的方式隔开而优化从大型HFM或HFC的中心流向周边的滤液流。相对于彼此的纤维和束的最佳间距可被用于优化贯穿模块的整个横截面的纤维和束之间的流动。

[0168] 最佳填充—六边形提供了中空纤维的高密度填充的理想布置形式。

[0169] 其他—其他选项变得可用来实现独特的和改进的过滤过程。束单元可以用每个u-束内的一定角度的螺旋填充。这可以在形成束的过程中简单地实现。例如,在形成b-束的过程中,可以将u-束固定在束的一个端部;但是,在另一个端部处,u-束可沿其长轴线以增量的方式旋转。对于六边形形状而言,所选择的螺旋可以有60度的增量。所述螺旋可以随液体穿过中空纤维的长度而向流体引入涡流。纤维壁上的天然瑕疵或在纤维纺丝期间在内壁上引入的凹槽可进一步用来优化涡流效应以改善过滤过程。可以将类似的螺旋引至具有任何尺寸或形状的束或簇中的纤维。当圆形或六边形束被插入到HFCM的壳体端盖中时,可以将螺旋引入所述束中。

[0170] 所述束方法简化了组装过程,并提供了一个高度可再现的制造工艺。

[0171] 放大:

[0172] 如下面的实例中示出的六边形单元,u-束101大大地方便了大型HFM的组装:在图6所示的形式的b-束102可以很容易地由u-束101组装而成,正如其他束形式110所组装的那样。该过程可以容易被自动化或通过手动构造而成。如图6所示,一个三角形b-束102可由六个u-束101单元组装而成;对于具有0.062" OD的62厘米长的纤维而言,这转化为约0.125M²的纤维表面积。使用7个长度相似、纤维相同的b-束102可以将b-束102组装成由385根纤维组成的g-束103,提供约0.78M²的表面积,所述g-束103可以被封装在直径小于1.5"的外壳中。

[0173] 然后,进一步通过将7个g-束103组合成图6所示的芯结构104而扩大过滤器的处理量。所示出的过滤器芯模式(C1-芯104)包含2695根纤维以在直径约3.5"的盒中产生5.4M²表面积。通过在C1-芯104上增加另一层g-束103可以实现过滤器尺寸的进一步增加,以形成C2-芯105模式;它的表面积被增加至在直径约6"的盒中14.7M²。随着在C2-芯104上增加另一层g-束103形成C3-芯,在直径约8"的盒中表面积增加至约29M²。人们可以继续以类似的有序的方式构建更大型的盒,注意保留依次增大的芯的基本六边形形状;但是,这并不排除向更大的束或芯增加束或从更大的束或芯减少束以实现非六边形的中空纤维布置形式的可能性;例如,圆形,矩形或非六边形的其他多边形或形状。表1提供了示意性地示于图6中的一些不同的中空纤维束构型的更详细的描述:

[0174] 表1

[0175]

附图标记#	半径	Ho1-Up体积(mL)	表面积(M ²)	纤维的#
		0.5	0.002	一根62cm的纤维
101	0.101	3.5	0.014	六边形的7根纤维
102	0.307	31.5	0.125	9个六边形的7根

[0176]

				纤维=63根纤维
103	0.612	189	0.775	385根纤维
104	1.675	1323	5.4	2695根纤维
105	2.757	3591	14.7	7315根纤维
106	3.768	6993	28.6	14245根纤维

[0177] 在构造HFCM过程中,HFCM壳体端盖11和12(图2B-2G和5B-5E)通过聚集束或簇,通过在束与束之间保持合适的间距对所述组件提供结构支撑而便于上述组装。

[0178] 随着过滤器尺寸的增大,从所述束或芯的中心流动到其周边的流动模式和流动阻力可能发生变化。所提出的构造大型过滤器的方法提供了解决这一问题的手段。如图所示,在u-束中的相邻的中空纤维的间距23(图1B)在其生产过程中实现。b-束中的u-束之间的间距也可以通过相应的垫板固定;该间距是由过滤过程的要求决定的,对于较慢的收集速率而言,u-束之间的间隙小,对于更快的滤液收集速率而言,u-束之间的间隙较大。同样,在从b-束到g-束以及到更大的芯的放大过程中,选择束与束之间的间距以实现从所有纤维流向束或芯的周边的最佳流动;开口17和相应的束之间的间距29示出了这样的流动通道。将中空纤维捆绑成紧凑的束,正如目前普遍存在的那样,限制了这样的对从束的中心流到其周边的流动的控制。在紧凑的束中,更多的周边中空纤维可以提供阻碍来自较多的内部纤维的滤液流动的阻力。来自所有中空纤维的滤液生产速率变得不一致。一部分中空纤维所承担的过滤负荷比其他纤维的程度大,从而导致其早期失效。换言之,没有实现过滤器的全部处理量。在如所述的那样聚集纤维的过程中,这种中空纤维过滤过程中的不一致性得以最小化并且更接近于实现HFM的全部处理量。尽管六边形束单元是束单元的一个优选实施方案,但是其他形状也是可行的。在某些情形下矩形束单元可能是优选的。三角形束可能在其他情况下是有用的。很明显,在采用所述方法时具有各种多边形形状的束都是可能的。

[0179] 将束组装成HFC:

[0180] 将束组装成更加功能化的HFC或HFM要求将所述束灌封在HFCM壳体端盖11和12中。不同于先前的步骤(其中对于聚集纤维和束的选择更加有限),所提出的几何模式提供了在HFCM内精确布置纤维的可能性。例如,通过使用同样用作垫板的壳体端盖11,如图5B-5E中所示,中空纤维束可以被布置成所需的模式;包含六边形接收器或开口17的壳体端盖11和12被布置成所需的模式并适当地彼此隔开29;端部13被插入所述六边形接收器17中的六边形束8(例如g-束103,例如参见图6)限定了在壳体端盖11和12中的束的模式。在接收器中灌封所述束的端部固定了该模式。两个端盖之间的外壳10封装中空纤维以形成HFC。上述过程提出了多种改进,所述改进可以大大提高最终的HFC或HFM的质量和可靠性。该方法将有利于生产大型HFM并降低其成本。其中的一些好处如下:

[0181] 1、最大限度地减少不相容的材料的使用:

[0182] 许多目前商业供应的HFM或HFC将聚砜用于壳体或外壳的其他部件;简单地说,该材料提供了极好的结构支撑、极大的化学惰性、高的工作温度以及其他好处。使聚砜成为这样一种良好的结构材料的一些相同的物理和化学性能也使它成为一个非常差的灌封剂;因此,其他材料已被用于这一目的。环氧树脂和聚氨酯也许是最常见的灌封剂;它们可以以低粘度液体的形式注入,所述液体容易在中空纤维之间流动,以均匀的方式浸渍纤维;通过预

添加固化剂(通过加热、光照或其他一些手段)诱导该材料固化。由此可以控制固化或凝固的速度以形成一种可进行机械加工并可进一步按照需要操纵的高度惰性的、热稳定的材料。这样的灌封材料可以根据每个用户的需求高度定制;然而,尽管具有这些好处,它们对于构造大型HFM而言并不理想。

[0183] 环氧树脂,例如,作为封装材料,需要其不仅嵌入中空纤维,还要求其粘接至聚砒壳体的壁。虽然人们可以选择一个与聚砒的膨胀系数非常相似的环氧树脂,但它通常是不精确的,膨胀差也并不是在两种材料可能共同暴露的整个温度范围内一直都保持。此外,环氧树脂从液态向固体的转变或固化可能导致显著的材料尺寸变化;该随聚合的变化或收缩,其程度可通过加热提高。尽管当用于构造具有较小的灌封内径的小型HFM时,这种收缩可能是微不足道,但是随着灌封直径的增加,它可以被大大地放大并变得十分显著。其结果是在环氧树脂中开裂或环氧树脂从与其所粘接的聚砒分离。

[0184] 灌封剂和结构性的聚砒壳体端盖(和壳体)之间的粘接完整性必须被保留,以保持滤液腔室和滞留物腔室之间的隔离。然而,据观察,当使用两种不同的材料时,它们之间的粘合强度能够受到增加的过滤器尺寸的显著影响,并且一种材料相对于另一种材料中的尺寸变化越大,粘接失效的可能性越大。为了最大限度地加强这种粘接,聚砒壳体端盖的盒接收端被粗加工或塑形以最大程度地夹紧所述灌封剂;然而,在大规模下,增加的收缩增量和温度对软化环氧树脂和聚砒之间的粘合的影响的联合作用可能导致所述粘接失效。它也有可能是在加热和冷却循环之后,聚砒不收缩,但环氧树脂收缩。这可能在环氧树脂和聚砒之间不分离的情形下发生;然而,这种情况下,应力可被存储在固化的环氧树脂中,导致仅在环氧树脂中潜在的应力性破裂,可能导致该HFM失效。

[0185] 人们可以得出这样的结论:环氧树脂和聚砒对于构造大型过滤器而言并不是理想地相容的。可通过在HFM的构造过程中使用相容的(优选相同的)材料大大减少或消除了与使用两个不相容的材料相关的问题;即,将聚砒用于HFM的壳体以及用于构造HFCM的壳体端盖。

[0186] 2、构造大型HFM的方法:

[0187] 对于构造大型HFM而言使用“相容的”材料成为构造过程中的必要部分;例如,使用聚砒壳体并用聚砒代替环氧树脂形成HFC端盖并用于在同一段盖中嵌入中空纤维。使用聚砒形成壳体10以及壳体端盖11和12形成了其中这两个关键部件以相同的速率膨胀和收缩的结构;由于端盖和壳体均由大部分“相同的”材料制成,因此它们将在所有可用的温度,(不是使部件熔融的温度)、压力和时间下表现出相似的行为;包括在蒸汽灭菌(通常在121℃-125℃,15psi-25psi、3分钟-45分钟的范围内;设置是相互依存的)、干热高压灭菌(通常在121℃至190℃的范围内,以6分钟至12小时的时间,根据温度设定)、或化学蒸气高压灭菌中(通常在132℃、20-40psi、20分钟的范围内)的在线和离线生产工艺过程中所达到的那些。这将显著地使被粘接的表面之间的破裂或失效降至最低。

[0188] 对于本申请及其权利要求的目的而言,测试盒是否能抵抗开裂是指当在121-125摄氏度的温度、15-17psi的压力下暴露30至60分钟时它是否能抵抗开裂。

[0189] 然而,不同于环氧树脂,聚砒不容易被倒入以灌封聚砒中空纤维;因此,采用了一种略加修改的方法以实现HFC的构造。它涉及使用聚砒盘,所述盘的直径约为HFM壳体10的直径,以形成壳体端盖11和12,其中所述壳体端盖包含贯穿所述壳体端盖的长度的接收器

17或开口。见图2B-2F和图5B-5E。可以通过模制或机加工端盖而非常精确地控制所述接收器的形状和间距。这样的开口17因此可以作为接收器接收中空纤维束或簇8。典型地,但不是唯一地,中空纤维束单元或簇的固定端部13将由与所指的接收器类似的形状和尺寸组成。除了所指的接收器之外,可以在壳体端盖中形成或加工出凹槽16,可将壳体10的端部插入所述凹槽中。壳体,因此可以通过机械手段或通过粘合剂并用垫圈、O形圈或粘合剂密封而被牢牢地锚定在壳体端盖中。壳体的另一端可以类似地锚定到第二壳体端盖。除了简化了构造过程之外,所得到的结构中形成了一个非常稳定的不容易变形的结构。位于两个壳体端盖处的接收器可以在HFC组件中对齐。可以将束通过壳体端盖11开口17而插入一端,穿过外壳壳体10,然后插入壳体的另一个端部处的壳体端盖12中的平行设置的接收器17。束或簇的长度可以与壳体端盖之间的距离相同或略大于所述距离;因此,根据不同的束单元的长度,它们可能会与壳体端盖的外表面齐平或略微延伸超出壳体端盖的外表面。同样,可以增加其他束,填充壳体端盖内的所有空腔。接收器壁18和束或簇的灌封侧部13之间的间隙可以用能够流入该间隙的粘合剂填充,然后固化,密封该间隙,并锚定所述束。少量的密封剂,如环氧树脂,可在这种情况下使用;由于使用的填料的体积较小并且束的灌封端部13和接收器壁18之间的间隙较窄,密封剂的不良影响(如收缩)得以显著降低。先前描述的使用环氧树脂的缺陷被大幅度地缩小。另外,由于所需的灌封材料的体积小和构造体的性质,每个束和接收器对可以被看作是小HFC。每个端部均受限于其各自的接收器的束类似于一个小型的过滤器,它表现出通常在大型HFM中观察到的最小的变形。将束插入一个端部(即,11)处的HFC壳体端盖接收器17,使得尾部的固定束端13被锚定在所插入的接收器中。因此在插入HFC的另一端部处的壳体端盖12中的接收器17之前头部的固定束端13可以稍微转动。

[0190] 可以以各种方式实现将粘性密封剂均匀加入束壁13和腔壁18之间的间隙中。在一种方法中,中空纤维的端部用对于选择的灌封剂是不可渗透的密封剂薄层、塞子或“外皮”封堵。对中空纤维的这种封堵可以在生产束的过程中或在一些其他点处发生。束侧部13和端盖腔壁18之间的间隙可以简单地通过将组件浸渍于特定体积的灌封剂中而填充。灌封剂(一种液体),通过毛细管作用流入间隙中,但不能流入被封堵的中空纤维中。过量的密封剂可以在固化前被排出,仅在所述间隙内留下密封剂。凝固之后,超出端盖延伸的束或簇可以被切至与端盖的外表面齐平。被切部分的长度应足以露出中空纤维末端开口。如果该束与HFCM的长度相同,那么可以切去足以除去中空纤维被封堵的部分的固定的束端部的一部分并露出开放式中空纤维端部。

[0191] 存在将束端部插入并封堵在它们各自的接收器17中的其他潜在的方法。这些措施包括使用“O”形圈。它可以包括在将所述束插入它们各自的容器之前或之后,从外壳10的内部或壳体端盖表面21将灌封剂添加至束端部13上或接收器17中。灌封可以是来自表面20、21或同时来自于两个表面,图2B和2E。

[0192] 3、放大:

[0193] 构造大型HFCM的上述方法并不局限于任何具体的尺寸。它只是提供了比以前的技术更有效和可靠的用于构造大型HFCM的方法。它还提供了用于增加大型HFM的尺寸的手段,所述增加超出了当前技术可能达到的程度。人们可以,例如,将不锈钢(SS)用于壳体、壳体端盖或其他结构部件。SS可以为比采用当前技术可能获得的过滤器大得多的过滤器提供结

构支撑。在壳体端盖中的容器会保持如前所述。束单元或簇会被插入到它们在壳体端盖中相应的空腔中；如前文所述的那样，因为在束和空腔壁之间使用的粘合剂的量非常小，粘合剂或密封剂的膨胀和收缩将是微乎其微的。显然，灌封剂具有符合构造要求的特性；即，如果采用SS制成的部件，它应当符合与SS的粘接；它应符合HFM的温度要求；在材料的膨胀和收缩性质之间必须存在相容性；材料必须具有例如将具备承受过程的应力要求的强度的物理性质。显然其他的措施也是可行的：使用弹性体灌封材料或粘合剂，估计束单元和腔体之间的间距的尺寸，在HFC内将支撑柱插入束单元之间以防止在极端操作条件下结构变形。

[0194] 4、不同的构型：

[0195] 虽然本发明的焦点集中在束的六边形布置，很明显，所描述的方法并不唯一地限定于六边形。可以采用类似的步骤以形成三角形、正方形、五边形或任何其他形式。每个束中的纤维数目也可以从1到任何期望的或受所使用的形成这种束的方法限制的数目变化。所描述的方法并不只适用于圆形HFM或HFC，它也可以应用到形成正方形或其他形状过滤模块；另外还包括板框式的模块，在所述模块中，用线性布置的中空纤维束代替扁平的过滤器板，以形成等效于板的形状，其中的一个示例示于图8中。进而，这样的中空纤维-板（也称为“盒壳体”）100便可堆叠成类似于“板框式”结构106。（下段所指的编号100至112是具体相对于图8而言的）。

[0196] 中空纤维束或簇端部将被灌封至矩形盒壳体101的两个端部（“壳体端部”），其中壳体101的两端含有端盖，所述端盖设有如上文所述的用于接收并灌封所述簇或束端部的开口或接收器。矩形中空纤维板将设有侧端口102以允许滤液从矩形中空纤维板（壳体）100的内部流出。然后将这样的中空纤维板（壳体）插入到外壳105中，所述外壳由两个外壳部件（外壳板）110构成。为了保持滤液与滞留物流体分隔开，所述接收矩形中空纤维板100的外壳部件以防漏的方式在适当的位置（例如在束部分的固定区域的周边；可以使用垫圈或其他密封手段）与那些板接触。两个外壳部件（板）110被构造成对于中空纤维板而言形成防漏的外壳（例如，能够使用垫圈）。外壳（也被称为“矩形模块”）105包含引导流体流入或流出中空纤维的内腔的通道或端口112。这样的通道112可以以允许流体从一个矩形模块105中的中空纤维流出并流入相邻的矩形模块105的方式连接；可以重复这样的堆叠，形成由多个矩形模块105形成的板框式结构106。端口或通道112在这样的矩形模块之间形成流体连接，使矩形中空纤维板内的中空纤维串联连接。板框式堆叠106将明显地包含出口模块（在该系列中的最后一个模块），它也将引导流体流出板框式堆叠106。矩形模块105的侧面包含端口111，所述端口与位于相邻矩形模块105上的相似端口套准，形成用于收集在板框式堆叠内产生的滤液的通道。中空纤维板和矩形模块可以串联、并联或两者的组合的形式堆叠。那些熟悉这样的过滤器的操作的技术人员能对所述板结构进行重新构建，以优化所述系统的结果。

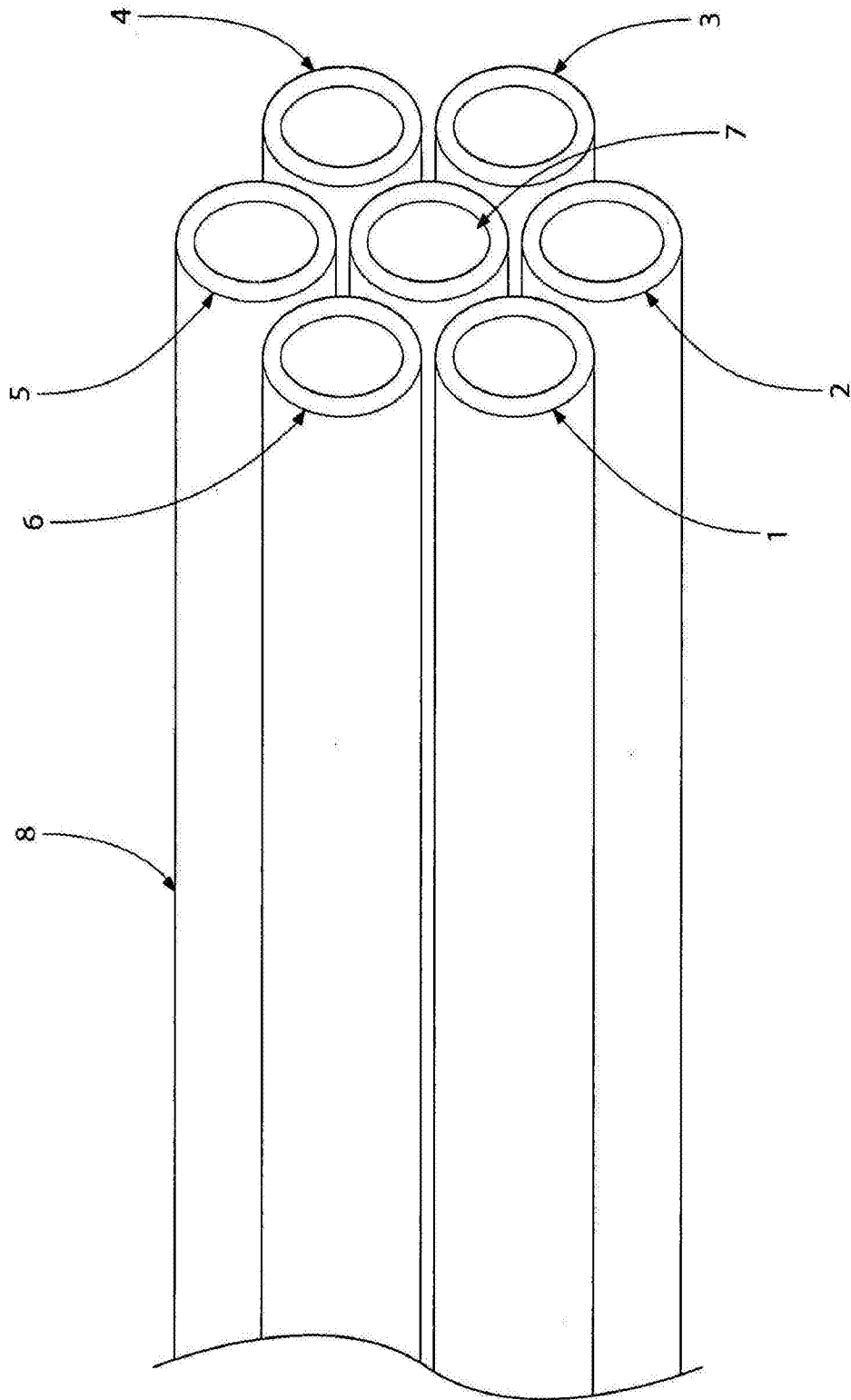


图1A

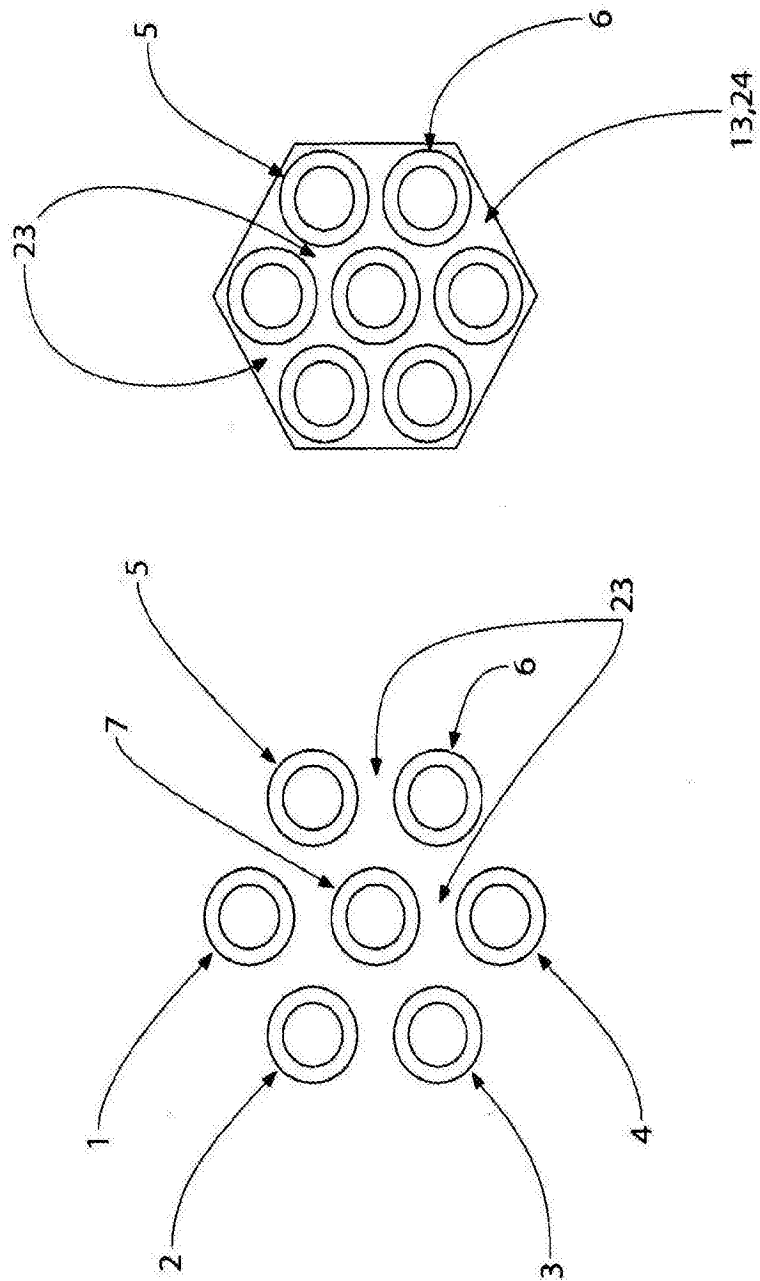


图1B

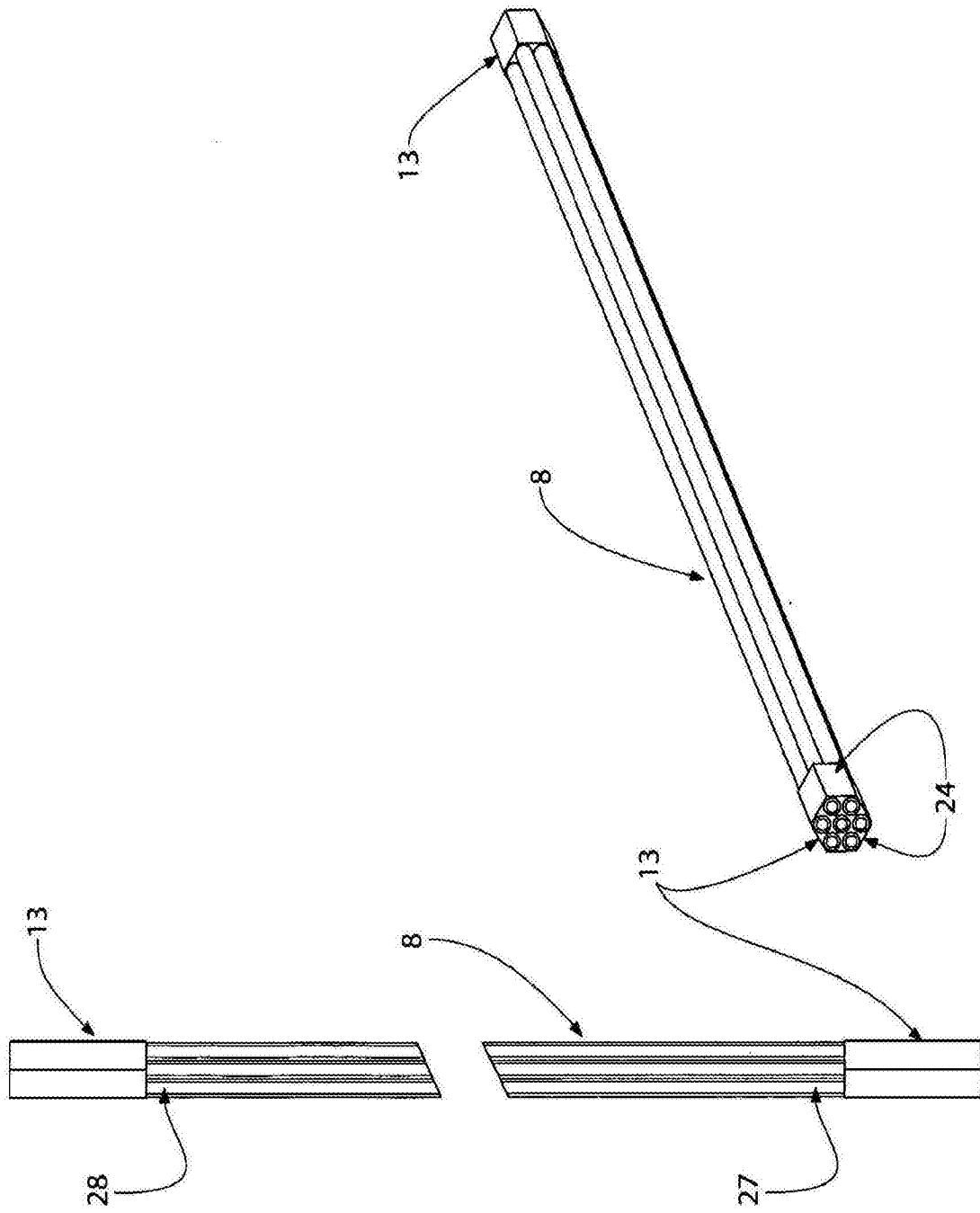


图1C

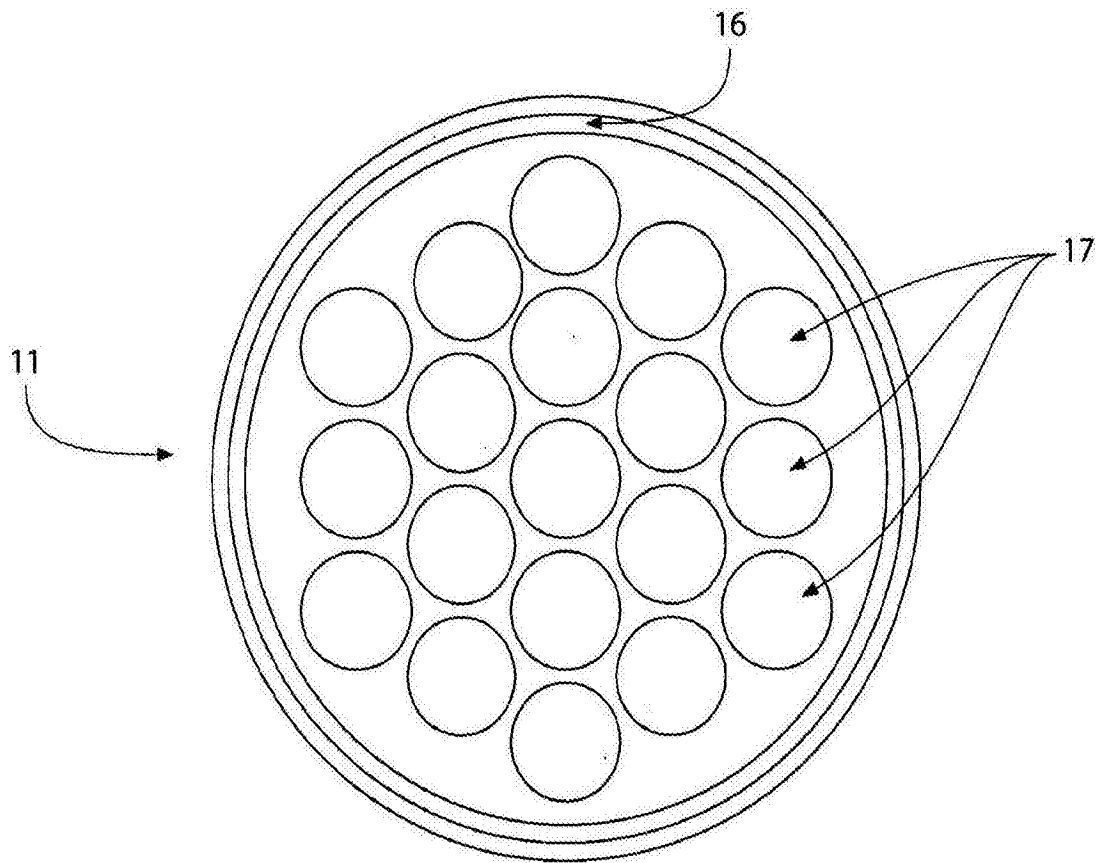


图2C

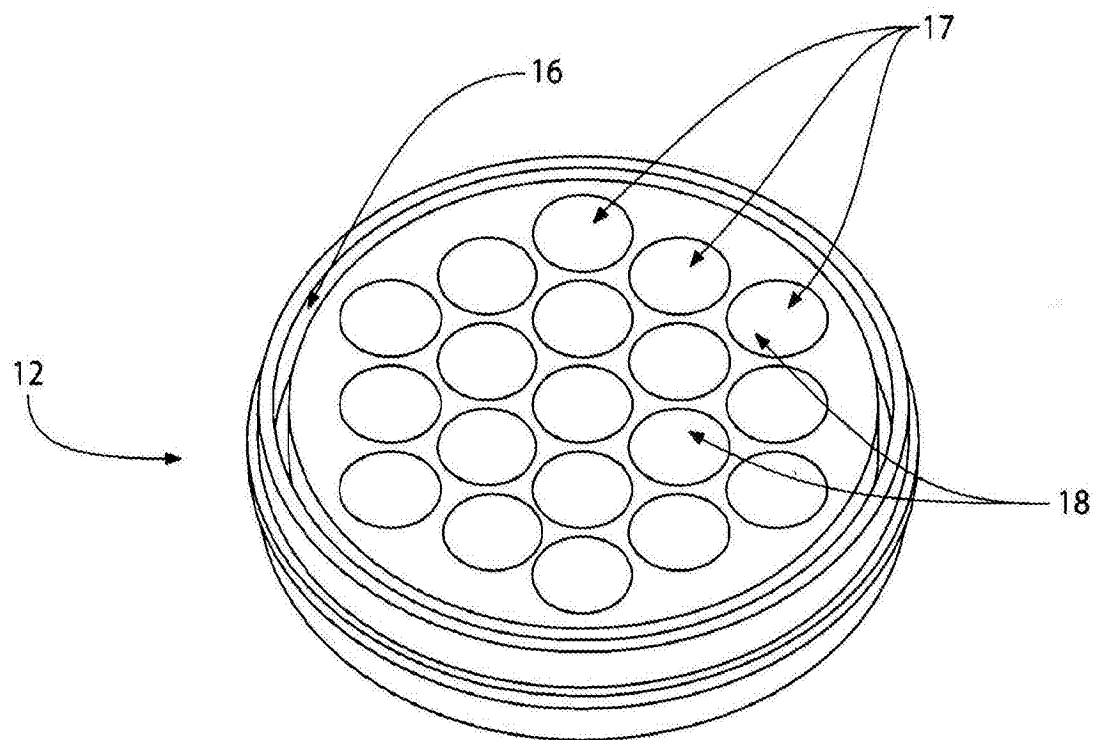


图2D

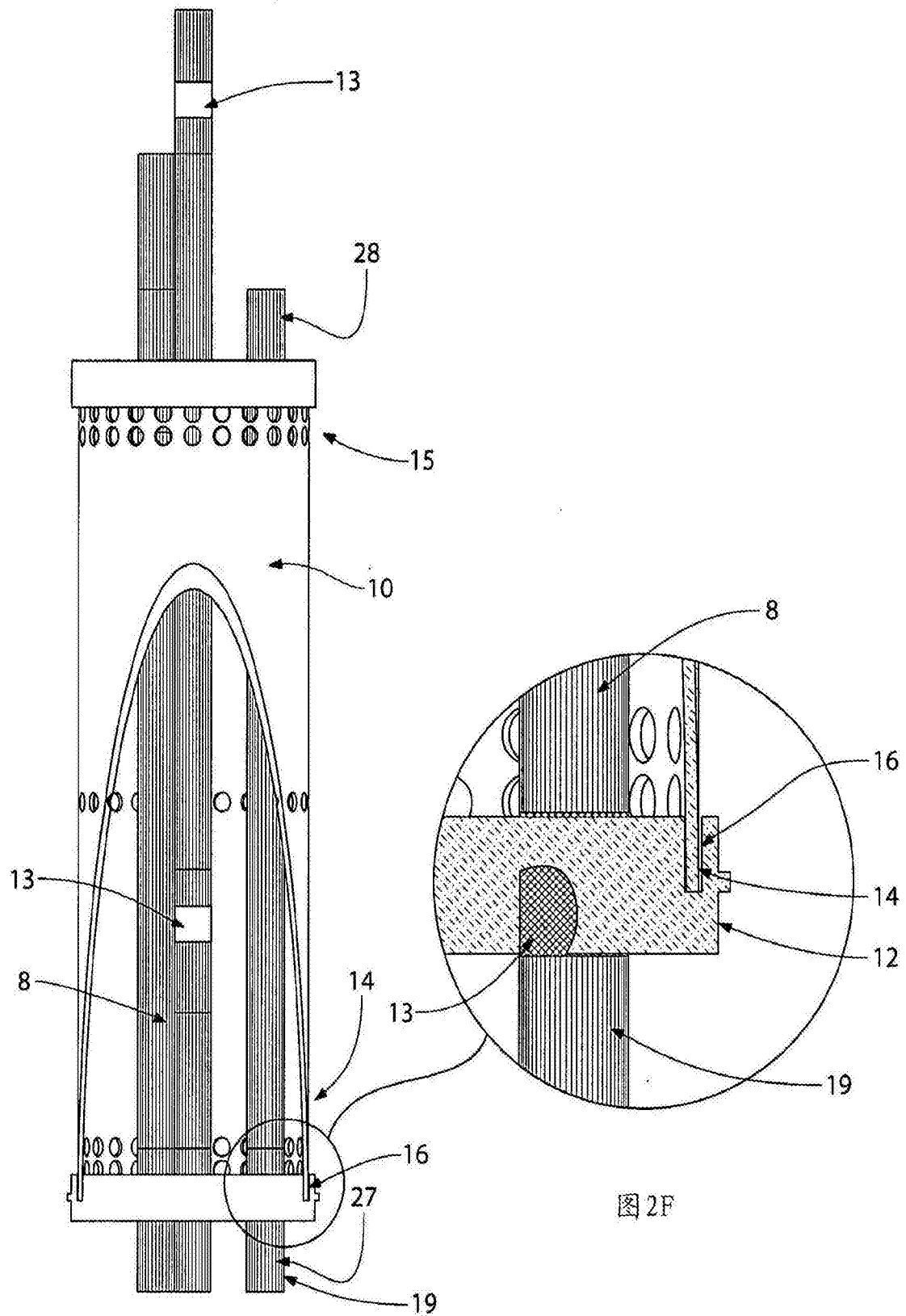


图2E

图2F

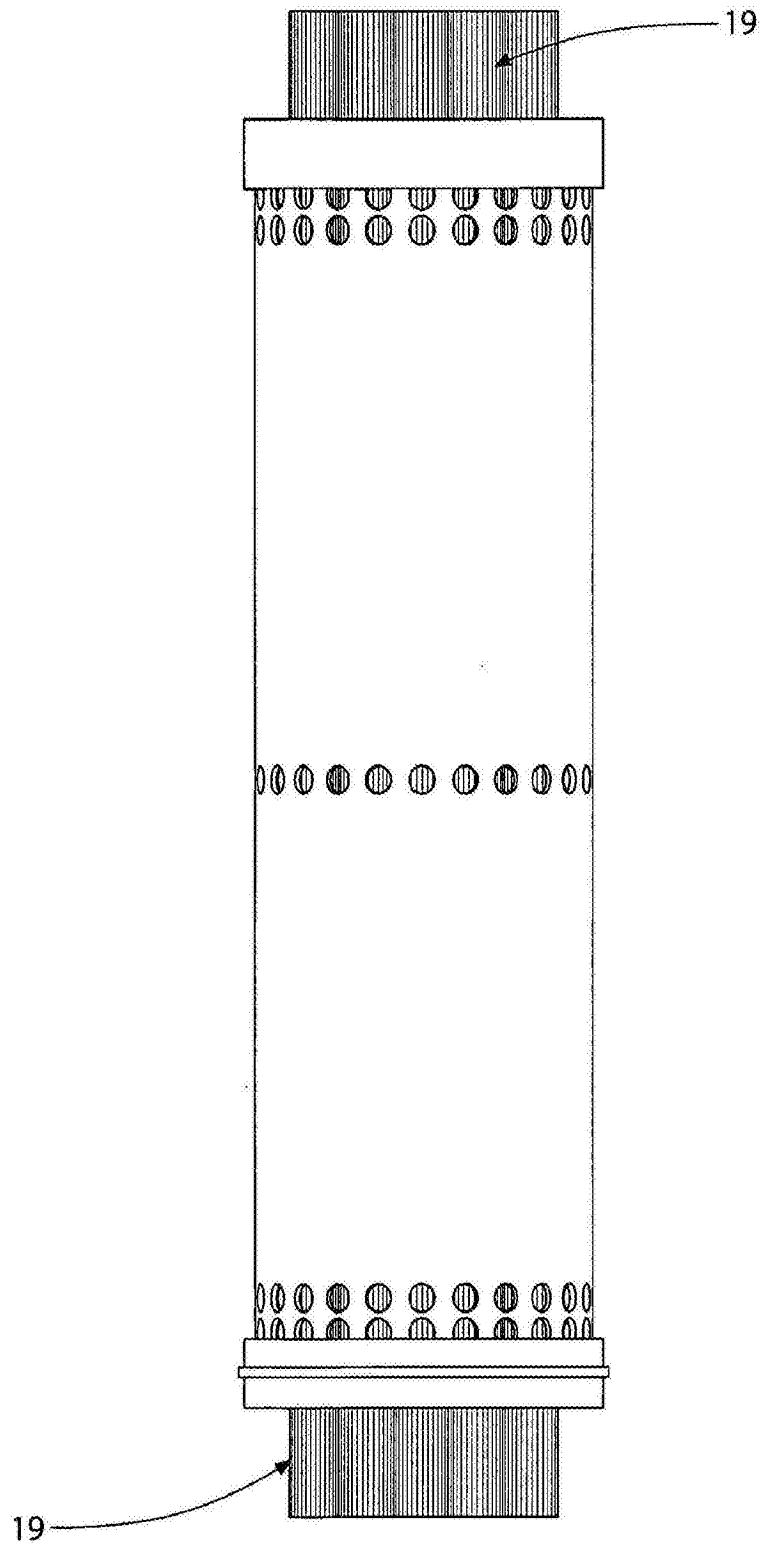


图2G

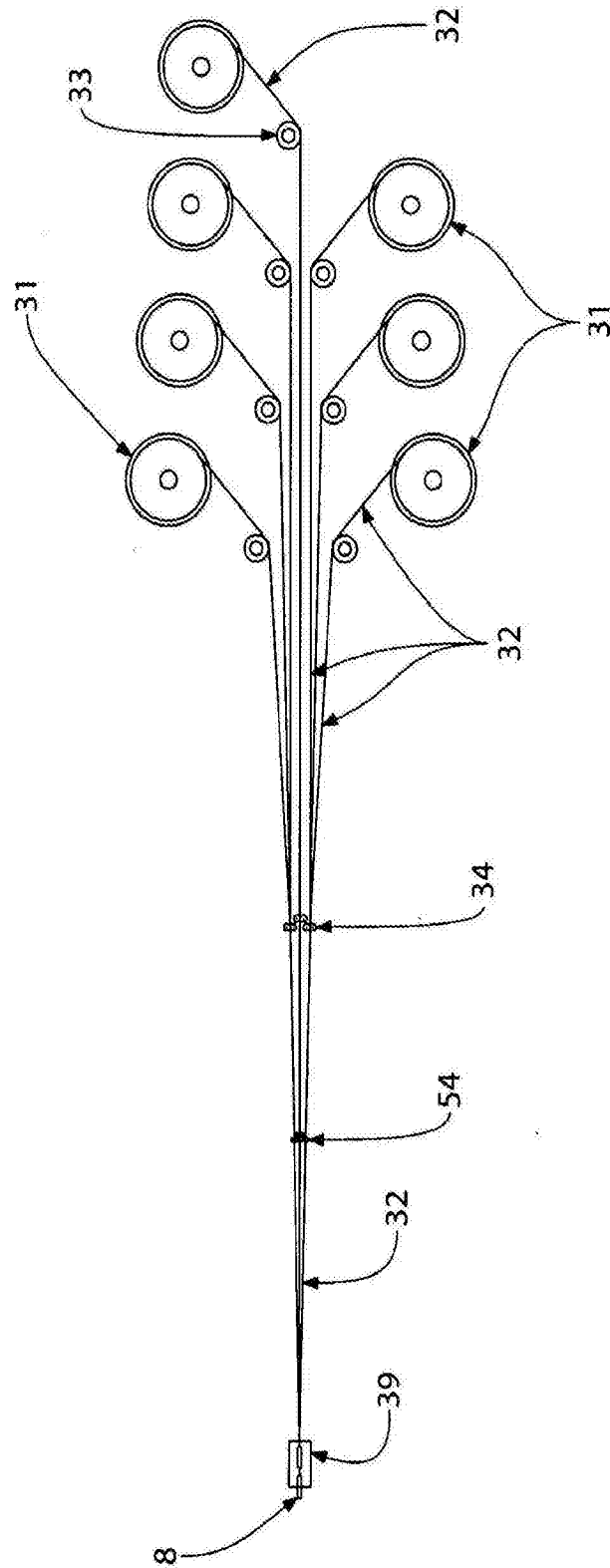


图3A

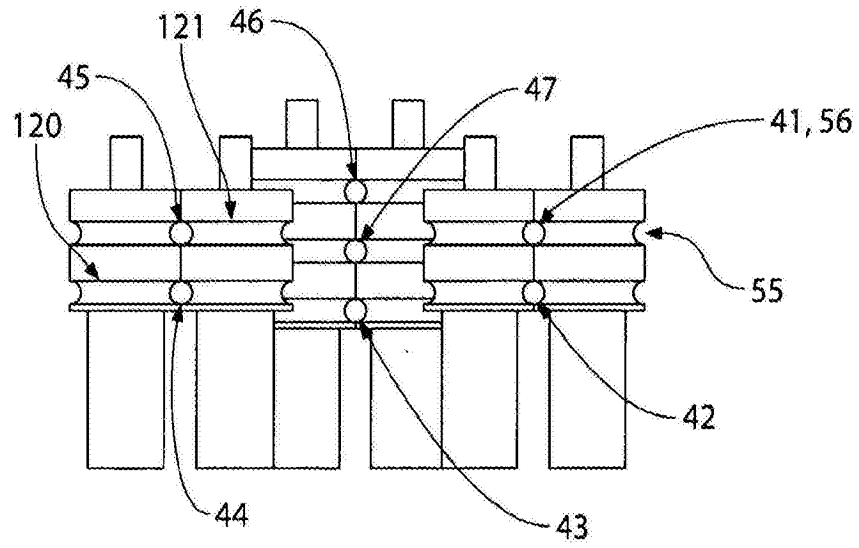


图3B

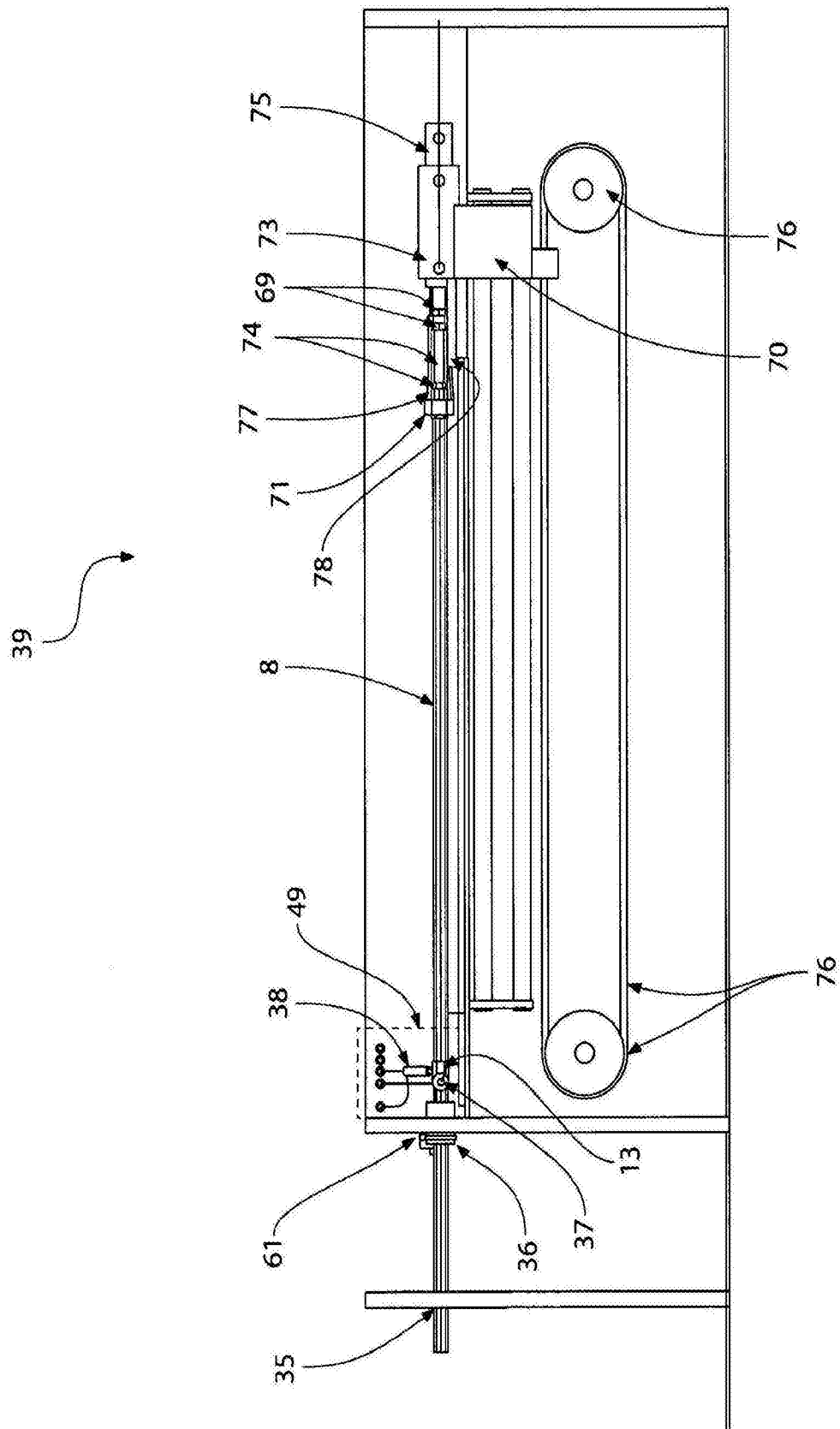


图4A

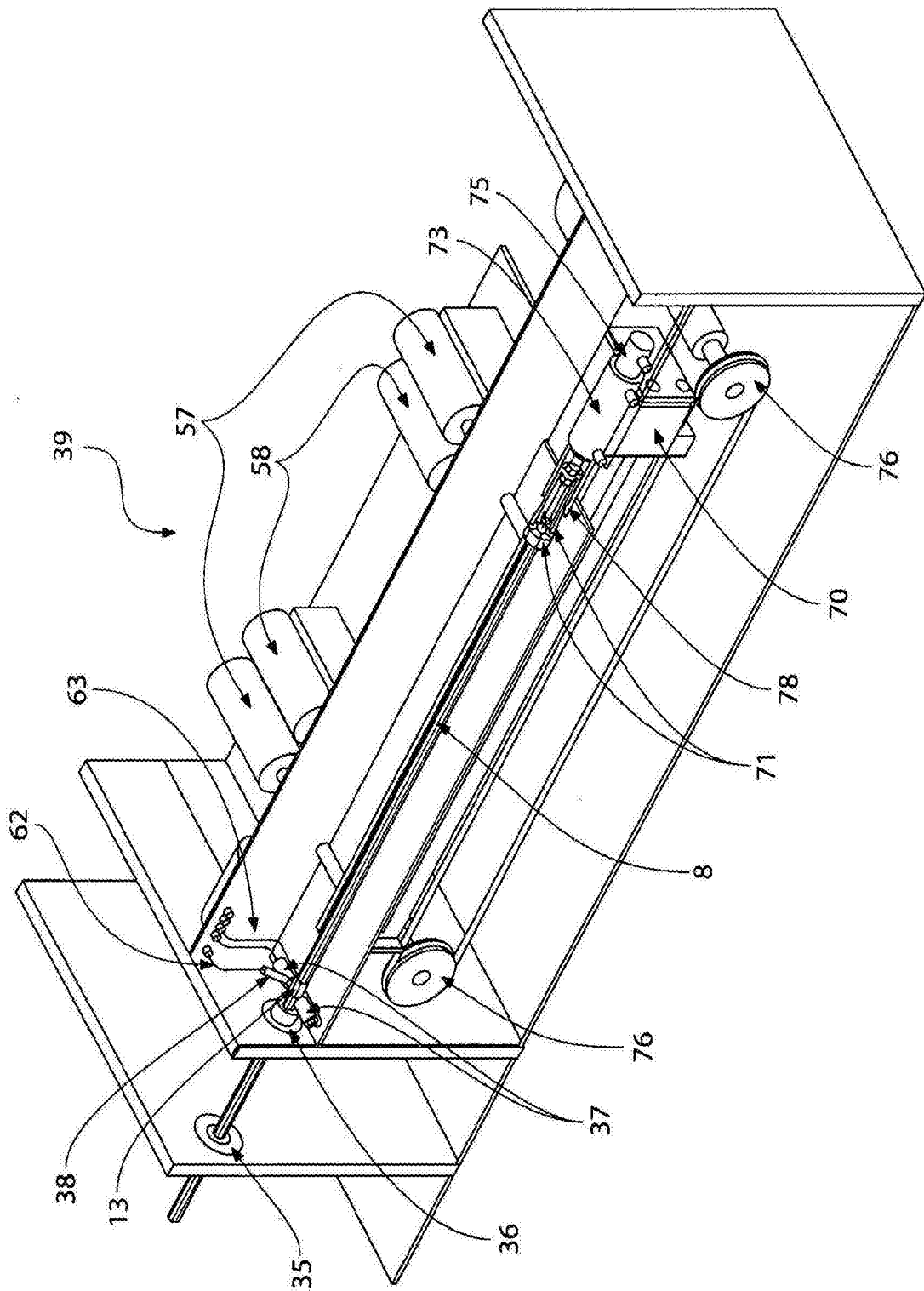


图4B

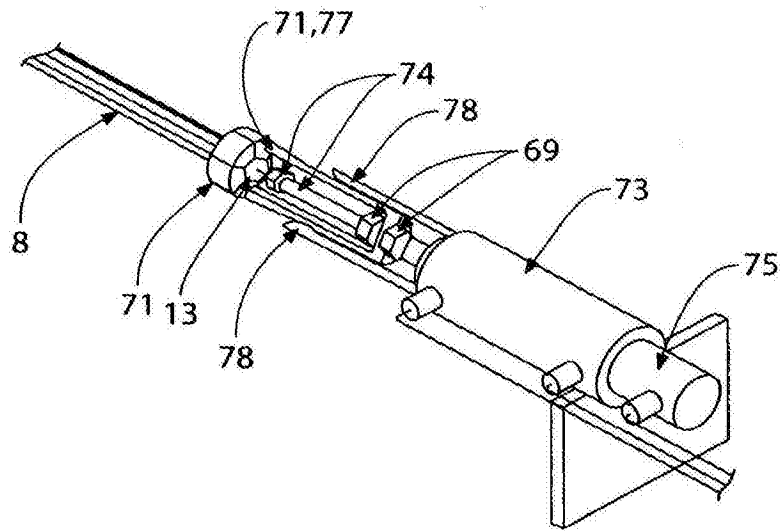


图4C

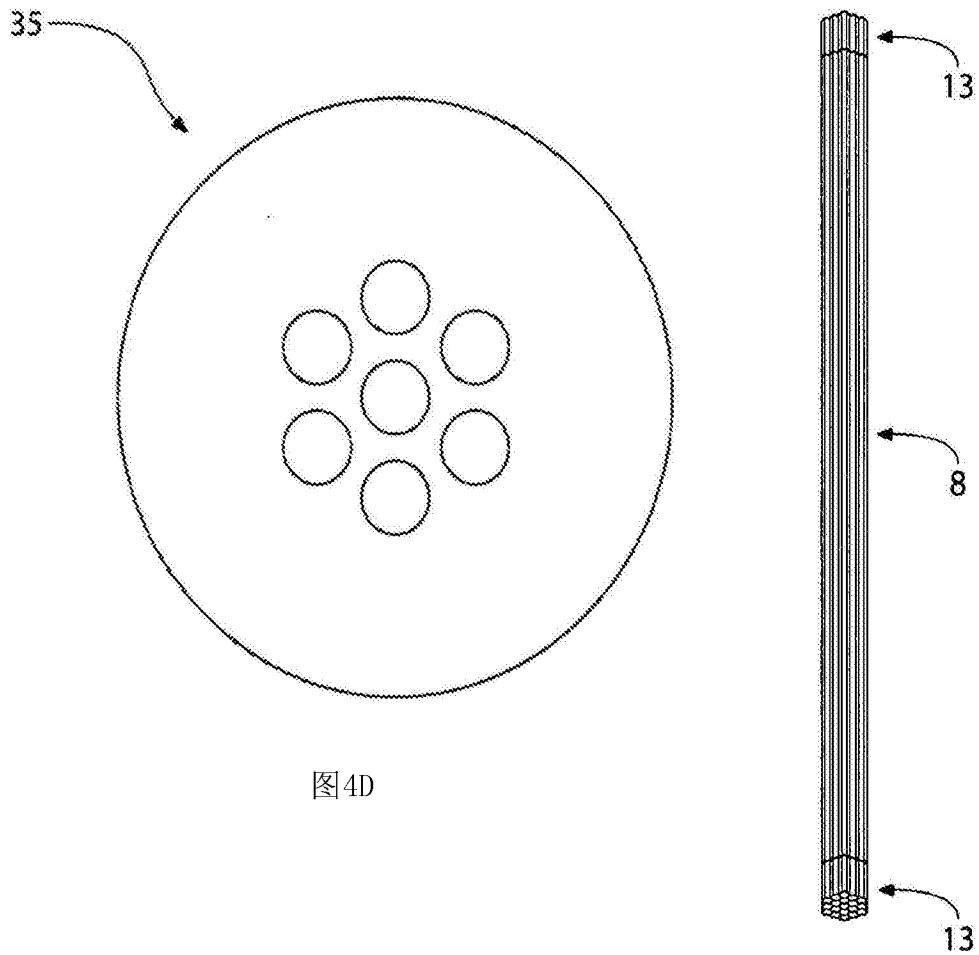


图4D

图5A

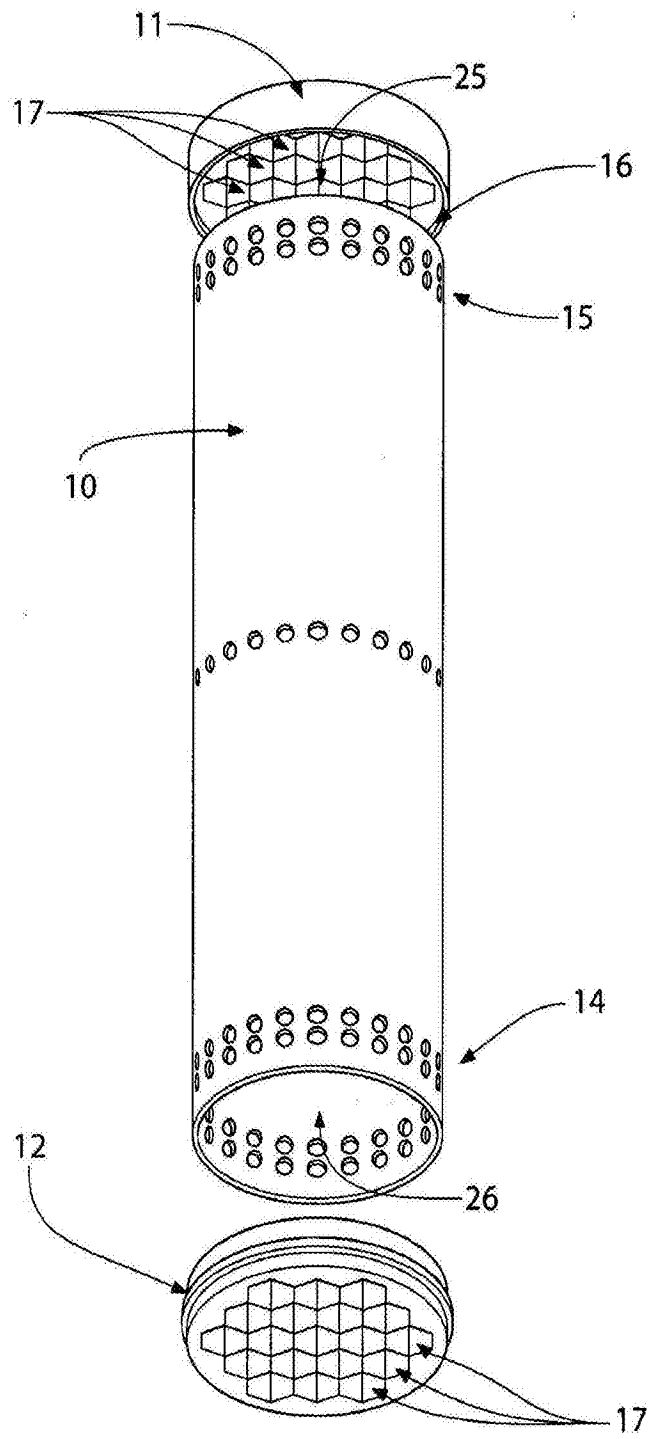


图5B

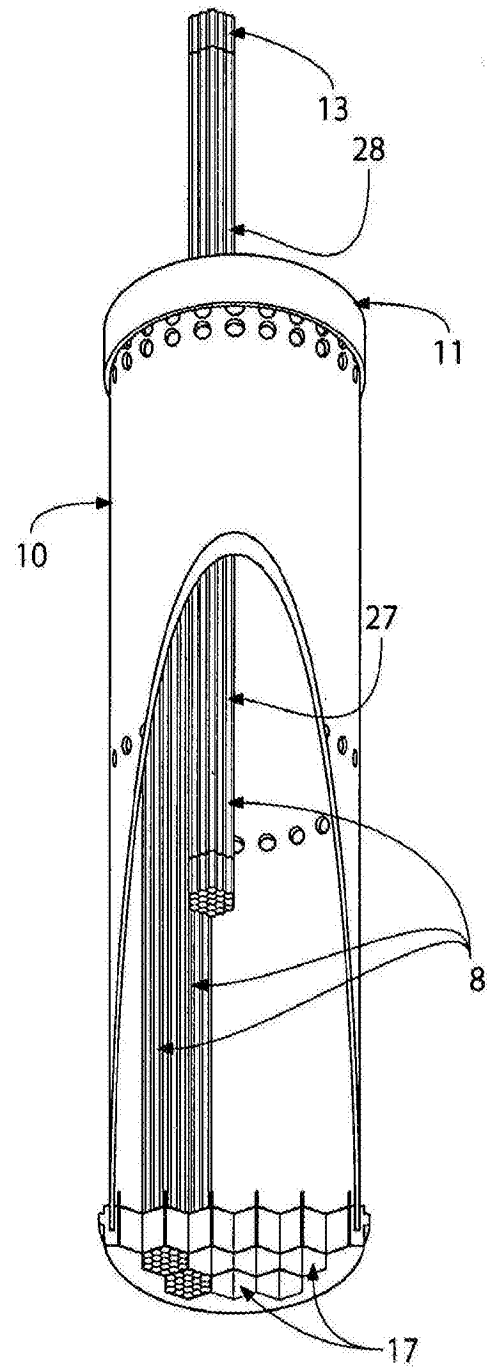


图5C

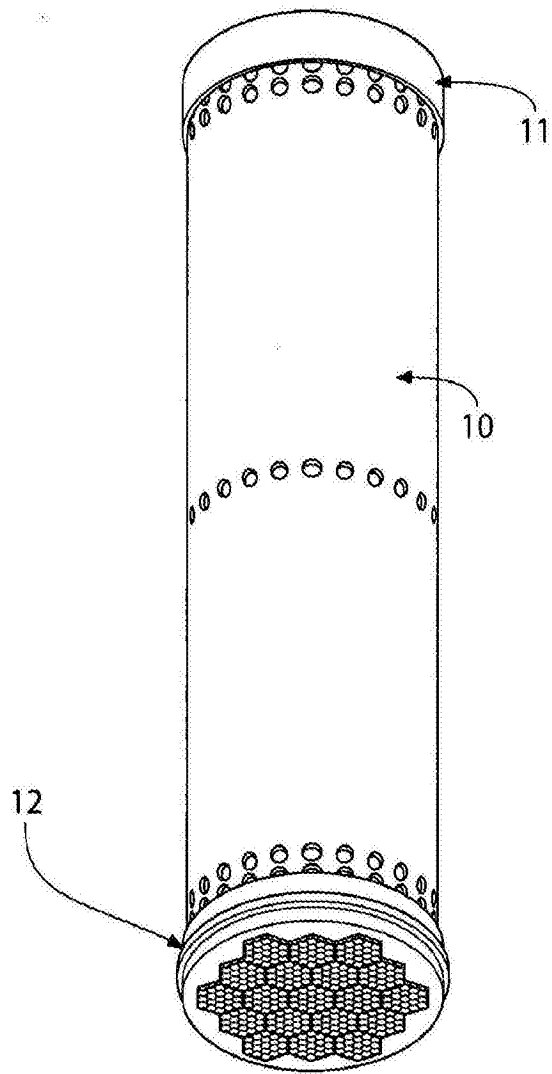


图5D

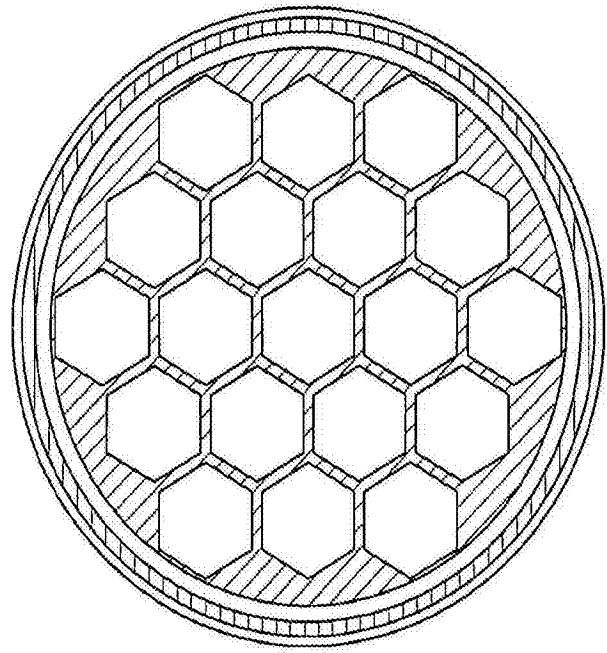


图5E

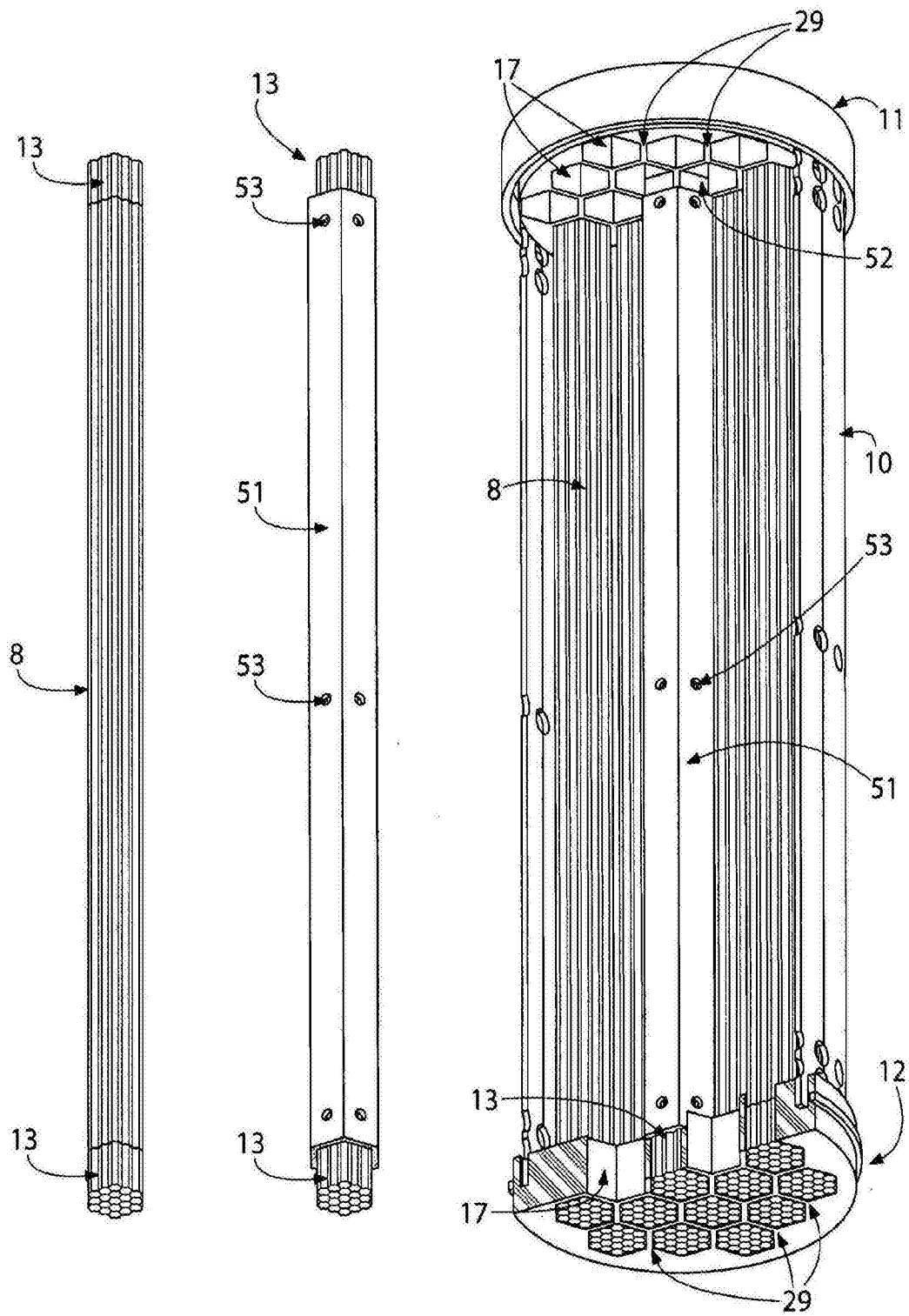


图5F

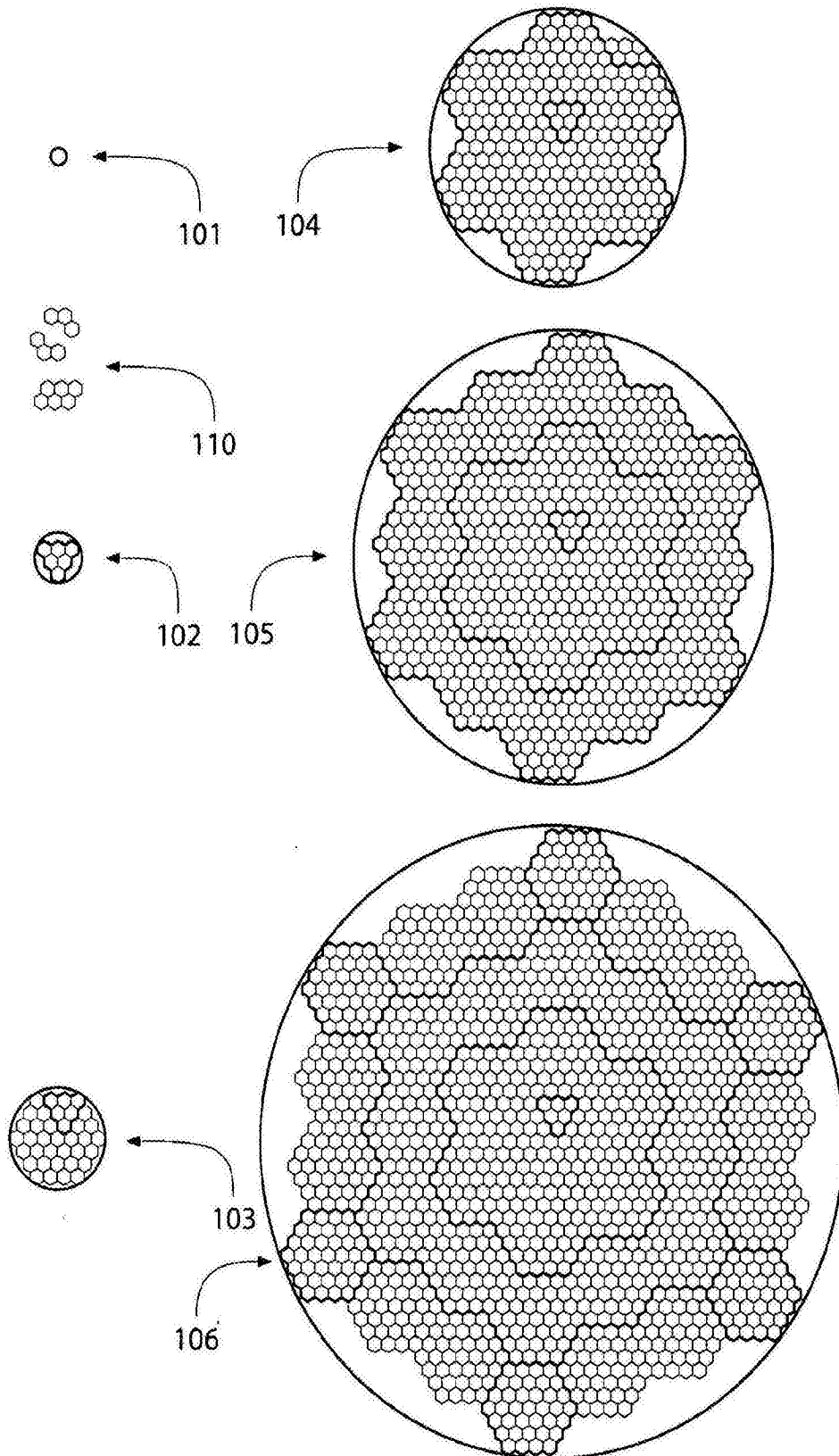


图6

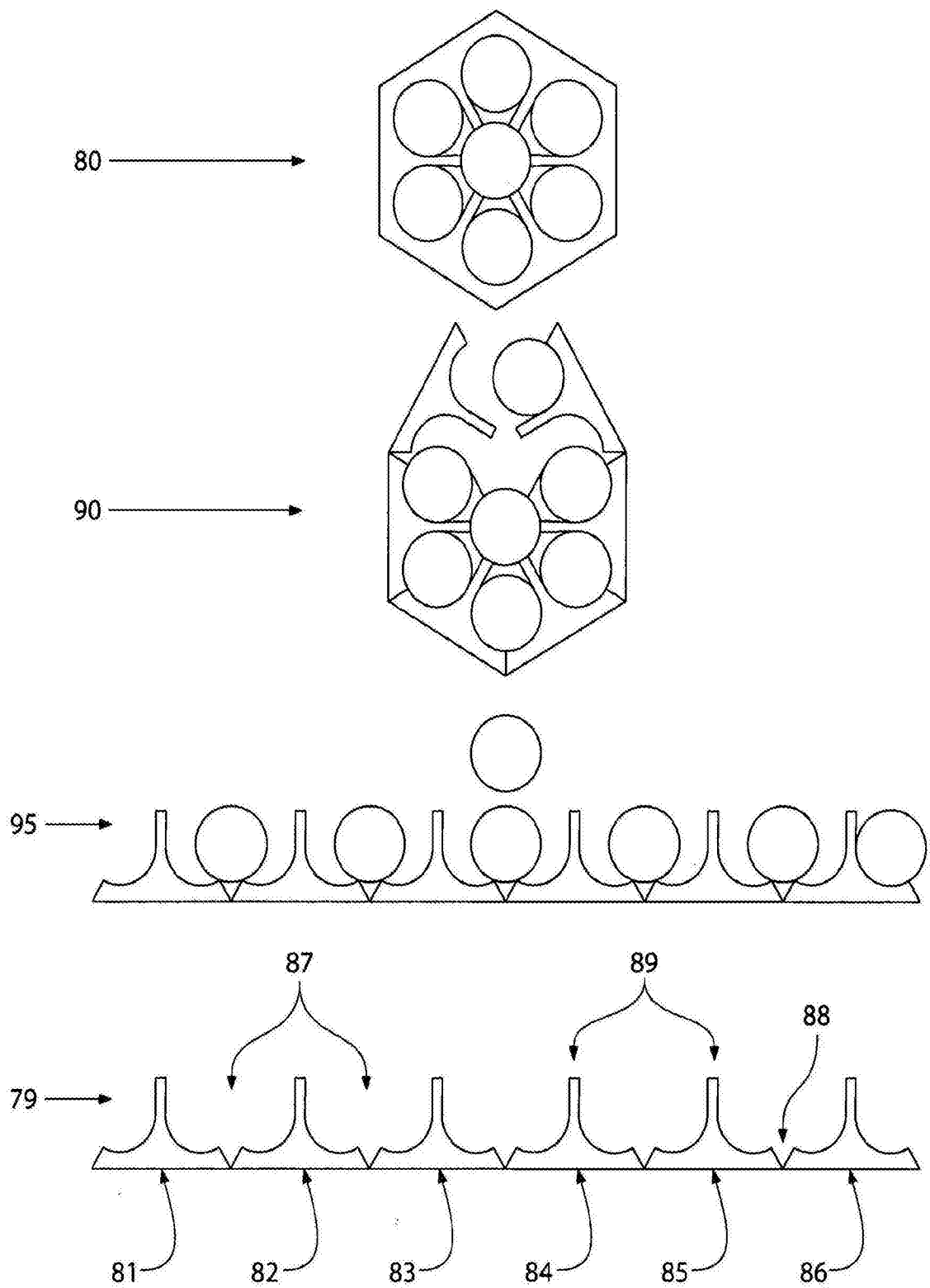


图7

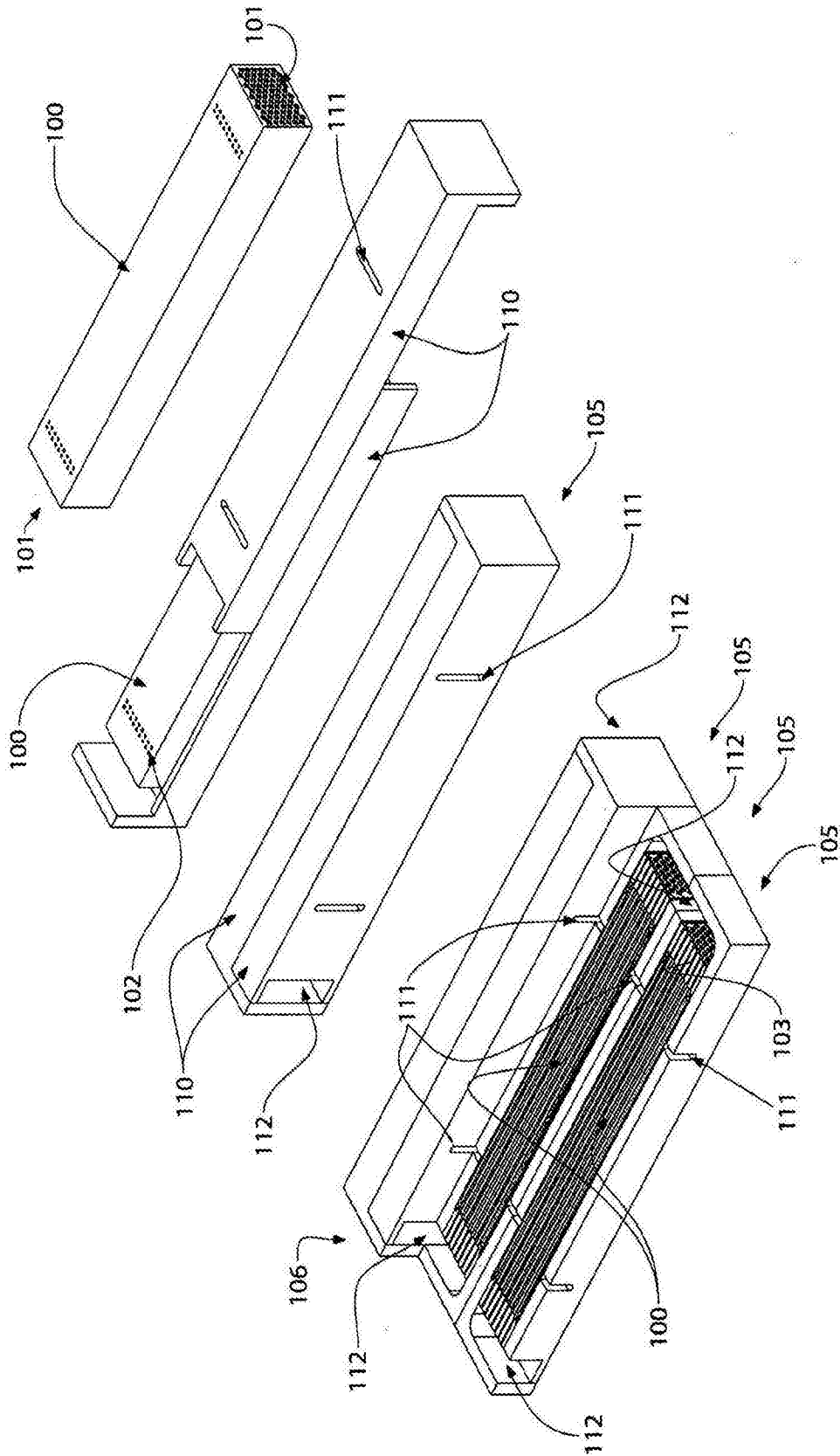


图8