(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119186108 A
(43)申请公布日 2024.12.27

(21)申请号 202411189384.6

(22)申请日 2020.10.08

(30)优先权数据
62/912,456 2019.10.08 US
62/947,998 2019.12.13 US
62/952,979 2019.12.23 US
62/992,003 2020.03.19 US
63/004,602 2020.04.03 US

(62)分案原申请数据
202080070293.4 2020.10.08

(71)申请人 唐纳森公司
地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 D·O·琼斯 K·T·威利斯
P·A·伊格纳西奥-德莱昂
T·M·维克 J·C·萨瓦斯若姆

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275
专利代理师 王维绮

(51)Int.Cl.
B01D 39/16(2006.01)
B32B 33/00(2006.01)
B32B 5/02(2006.01)

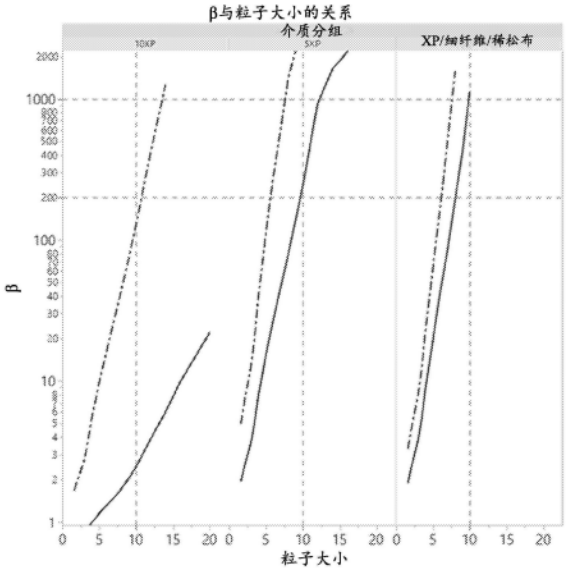
权利要求书1页 说明书41页 附图19页

(54)发明名称

包括细纤维层的过滤器介质

(57)摘要

本披露内容描述了一种过滤器介质,其使流速的变化对过滤器介质效率的不利影响最小化,而没有相对应的压降增加。过滤器介质包括支撑层、连续细纤维层和效率层。连续细纤维层包括直径最高达10微米的连续细纤维,并且位于效率层的下游。



CN 119186108 A

1.一种过滤器介质,包括:

支撑层;

连续细纤维层,其厚度最高达50μm;以及

效率层;

其中,包括所述支撑层和所述连续细纤维层的复合材料的P95/P50比率最高达1.8、最高达1.9或最高达2;

其中,所述效率层的P95/P50比率为至少1.8、至少1.9或至少2;并且

其中,所述复合材料的P95值落在由所述效率层的P5和P50值所提供的范围内。

2.根据权利要求1所述的过滤器介质,其中,所述过滤器介质进一步包括第二效率层。

3.根据权利要求2所述的过滤器介质,其中,所述第二效率层与所述效率层相邻并位于其上游。

4.根据权利要求1-3中任一项所述的过滤器介质,其中,所述效率层包括双组分纤维和效率纤维,其中,所述效率纤维的直径比所述双组分纤维更小。

5.根据权利要求1-3中任一项所述的过滤器介质,其中,所述连续细纤维层包括直径最高达10微米(μm)的纤维。

6.根据权利要求1-3中任一项所述的过滤器介质,其中,所述连续细纤维层包括具有椭圆形状的纤维。

7.根据权利要求1所述的过滤器介质,其中,所述连续细纤维层包括不同直径的纤维的混合物。

8.根据权利要求7所述的过滤器介质,其中,所述不同直径的纤维被混杂在所述连续细纤维层的单个分层内。

9.根据权利要求7或8所述的过滤器介质,其中,所述不同直径的纤维在所述连续细纤维层中形成不同分层。

10.一种过滤器元件,包括如前述权利要求中任一项所述的过滤器介质。

包括细纤维层的过滤器介质

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求以下美国临时申请的权益:2019年10月8日提交的美国临时申请序列号62/912,456;2019年12月13日提交的美国临时申请序列号62/947,998;2019年12月23日提交的美国临时申请序列号62/952,979;2020年3月19日提交的美国临时申请序列号62/992,003;以及2020年4月3日提交的美国临时申请序列号63/004,602,以上美国临时申请的披露内容通过引用以其全文并入本文。

发明内容

[0002] 用于液压应用的过滤器介质通常是以稳定流速进行测试的。但在许多液压应用中,流速在使用期间发生变化。流速的变化(包括例如在循环流动条件或其他动态流动条件下)对过滤器介质性能具有不利影响,并且特别是对过滤器介质效率具有不利影响,因为流速的变化导致颗粒有多次穿过介质开口的机会。

[0003] 本披露内容描述了一种过滤器介质,其使流速的变化对过滤器介质效率的不利影响最小化,而没有相对应的压降增加,即,迫使流体通过过滤器介质所需的压力增加。尽管在本发明的时候就已知通过提高过滤器介质的效率可以使变化的流速对过滤器介质性能的影响最小化,但是用于提高过滤器介质效率的手段也导致相对应的压降增加。压降的这种增加导致绕开过滤器(例如,经由旁通阀)的机会更多、能量消耗增加且过滤器寿命更短。相比之下,本文所述的过滤器介质在不损害压降的情况下实现了效率的提高。

[0004] 在一个方面,本披露内容描述了一种过滤器介质,其包括:支撑层;连续细纤维层,其厚度最高达50μm;以及效率层。包括支撑层和连续细纤维层的复合材料的P95/P50比率最高达1.8、最高达1.9或最高达2。效率层的P95/P50比率为至少1.8、至少1.9或至少2。附加地,复合材料的P95值落在由效率层的P5和P50值所提供的范围内。

[0005] 在一些实施例中,复合材料的P95/P50比率大于1。

[0006] 在一些实施例中,连续细纤维层的厚度为至少2μm。在一些实施例中,连续细纤维层位于效率层与支撑层之间。在一些实施例中,连续细纤维层包括直径最高达10微米(μm)的纤维。在一些实施例中,连续细纤维层包括具有椭圆形状的纤维。在一些实施例中,连续细层包括直径为至少1微米(μm)的纤维。

[0007] 在一些实施例中,连续细纤维层包括不同直径的纤维的混合物。不同直径的纤维可以被混杂在连续细纤维层的单个分层内。附加地或替代性地,不同直径的纤维可以在连续细纤维层中形成不同分层。

[0008] 在一些实施例中,效率层的P95/P50比率最高达10、最高达15或最高达20。在一些实施例中,效率层位于过滤器介质的上游侧。

[0009] 在一些实施例中,过滤器介质进一步包括第二效率层。第二效率层可以与效率层相邻并位于其上游。

[0010] 在一些实施例中,效率层包括双组分纤维和效率纤维,其中,效率纤维的直径比双组分纤维更小。效率纤维可以包括玻璃纤维。在一些实施例中,效率层包括微纤化纤维素纤

维。

[0011] 在一些实施例中,支撑层可以包括纺粘层。

[0012] 在另一个方面中,本披露内容描述了一种过滤器元件,其包括本文所述的过滤器介质。在一些实施例中,线支撑件可以位于支撑层的下游。

[0013] 如本文中所使用的,“纤维”的平均纤维直径最高达100微米。

[0014] 如本文中所使用的,具有“平均”直径的纤维指示:在多种纤维构成的样品中,该样品中的该纤维群体的平均纤维直径具有所指示的平均纤维直径。纤维群体包括直径在平均纤维直径的25%以内的纤维。例如,平均直径为1000nm的纤维群体包括直径为至少750nm且最高达1250nm的纤维。在另一个示例中,平均直径为250nm的纤维群体包括直径为至少188nm且最高达313nm的纤维。在进一步的示例中,平均直径为500nm的纤维群体包括直径为至少375nm且最高达625nm的纤维。在又一示例中,平均直径为1400nm的纤维群体包括直径为至少1050nm且最高达1750nm的纤维。

[0015] 可以使用自上而下的SEM图像来测量纤维直径。样品可以是溅射涂覆的。有用的溅射涂覆机可以是金和钯混合物,其包括例如Au:Pd为60:40的混合物。通过在样品中的至少30个位置中测量纤维的直径,可以获得更准确的纤维直径测量值。比如Trainable Weka Segmentation(ImageJ插件)之类的软件可能对分析纤维直径有用。

[0016] 如本文中所使用的,“细纤维”是指直径最高达10微米(μm)的纤维。在一些实施例中,细纤维的直径为至少50nm或至少100nm。

[0017] 术语“直径”或者是指纤维的圆形截面的直径,或者是指纤维的非圆形截面的最大截面尺寸。

[0018] 如本文中所使用的,术语“颗粒大小”是指如ISO 11171:2016中所述进行确定的颗粒直径。

[0019] 如本文中所使用的,“连续细纤维”是指长径比(即,长度与横向尺寸)为至少5,000、或更优选地至少10,000的细纤维。本文中对连续细纤维层的提及是指包括连续细纤维(与短切细纤维相反)的层。虽然连续细纤维层优选地通过产生连续细纤维的成纤工艺形成,但所得层可能只包括或可能不只包括一种连续细纤维。即,连续细纤维层可能包括一种或多种细纤维,其刨削成长径比为至少5,000、或更优选地至少10,000。

[0020] 如本文中所使用的,“短切细纤维”是指长径比(即,长度与横向尺寸)小于5,000、小于2,500或小于1,000的细纤维。典型地,短切细纤维的长径比为至少10且最高达5,000。

[0021] 如本文中所使用的,“混杂”纤维或“混杂纤维结构”是指具有至少两种不同直径的纤维,其中,具有平均第一直径的纤维和具有平均第二直径的纤维被混杂,即,其中,由于纤维已同时形成或沉积,或者通过使用每种聚合物溶液的非常短(例如,最高达10秒、最高达20秒或最高达30秒)的脉冲,纤维得以混合在介质结构的同一层(或分层)内。当使用自上而下的SEM图像可视化时,具有平均第一直径的纤维可以观察为既位于具有平均第二直径的纤维下方又位于这些纤维上方。

[0022] 如本文中所使用的,“层状”纤维或“层状纤维结构”是指具有至少两种不同直径的纤维,其中,由于不同直径的纤维已被交替地施加到基底,因此具有平均第一直径的纤维基本上不与具有平均第二直径的纤维缠结。

[0023] 如本文中所使用的,除非另有指示,否则使用毛细管流动孔隙测量术来确定孔隙

大小(例如,P5、P50和P95)和孔隙大小的比率(例如,P95/P50)。可以使用连续压力扫描模式来执行毛细管流动孔隙测量术。使用表面张力为20.1达因/cm且润湿接触角为0的硅酮油作为润湿液可以是有用的。样品可以最初在干态下测试(将低压改变为高压),且然后在湿态下测试(再次将低压改变为高压)。测试典型地是在环境温度条件(例如,20℃至25℃)下执行的。针对干曲线和湿曲线两者,可以跨越压力的扫描范围收集256个数据点。典型地,将不使用曲折因子和/或形状因子(即,以便与使用调整因子的其他测试方法进行比较,可以使用等于1的因子)。

[0024] 如本文中所使用的,值P(x%)是当湿曲线等于干曲线的(100-x)%时所计算的孔隙大小,如使用本文所述的方法所确定的。尽管为计算值,但这可以被理解为表示通过层的总流量中有x%穿过该大小或以下的孔隙所在的点。例如,P50(平均流量孔隙大小)表示湿曲线等于干曲线一半所在的点,并且可以被视为孔隙大小使得通过层的总流量中有50%通过该大小或以下的孔隙。

[0025] 平均孔隙大小(例如,平均最大孔隙大小)可以根据至少三个测量值(从至少三个不同的样品位置获得)的平均值计算得出。可在起泡点检测到最大孔隙大小(其也可以称为P100)的单独测量值,其中,起泡点是在流体开始穿过样品之后发现的,并且三个连续测量值增加至少1%,其中以每分钟大约17个数据点的速率在整个扫描中收集256个数据点。

[0026] 如本文中所使用的,“β比率”(本文中也称为“β”或“Beta比率”)是上游颗粒与下游颗粒的比率。过滤器效率越高,β比率越高。β比率被定义如下:

$$\beta_d = \frac{N_{d,\mathrm{U}}}{N_{d,\mathrm{D}}}$$

[0027] 其中$N_{d,U}$是直径为d或更大的颗粒的每单位流体体积的上游颗粒计数,且$N_{d,D}$是直径为d或更大的颗粒的每单位流体体积的下游颗粒计数。如果存在,则附属于β的下标指示正在报告的比率所针对的颗粒大小。

[0028] 如本文中所使用的,“总β比率”或“总β”是在测定过程中所有上游颗粒的总和与在测试过程中所有下游颗粒的总和的比率(其中测试是在25psi(172kPa)的压力下运行):

$$总\,\beta_d = \frac{\sum N_{d,\mathrm{U}}}{\sum N_{d,\mathrm{D}}}$$

[0029] 其中$N_{d,U}$是直径为d或更大的颗粒的每单位流体体积的上游颗粒计数,且$N_{d,D}$是直径为d或更大的颗粒的每单位流体体积的下游颗粒计数。如果存在,则附属于β的下标指示正在报告的比率所针对的颗粒大小。

[0030] 如本文中所使用的,“β100”是总β为100时的颗粒大小。

[0031] 如本文中所使用的,“过滤效率”或“效率”是指由过滤器去除的污染物的百分比,其计算如下:

$$e_d = 100\left(1 - \frac{1}{\beta_d}\right)$$

[0032] 其中e是过滤效率,且β如上文指示进行定义。因此,本文中提到的效率是累积效率。如果存在,则附属于e的下标指示正在报告的比率所针对的颗粒大小。

[0033] 如本文中所使用的,“压降”(本文中也称为“dP”或“ΔP”)涉及针对特定的流体速度而言迫使流体通过过滤器或过滤器介质(在添加污染物之前)所需的压力(由泵施加)。除非另有指示,否则如ISO 3968:2017所述来测量压降。

[0034] 在说明书和权利要求书中出现术语“包括”及其变体的情况下,这些术语不具有限制性意义。这种术语将被理解为暗示包括陈述的步骤或要素或者一组步骤或要素,但不排除任何其他步骤或要素或者一组步骤或要素。“由……组成”意指包括并且限于在短语“由……组成”之后的任何内容。因此,短语“由……组成”指示所列出的要素是必需的或强制性的,并且可能不存在其他要素。“基本上由……组成”意指包括在该短语之后列出的任何要素,并且限于不妨碍或有助于本披露内容中针对所列出的要素所规定的功能或作用的其他要素。因此,短语“基本上由……组成”指示所列出的要素是必需的或强制性的,但其他要素是任选的并且可以存在或可以不存在,具体取决于它们是否实质性地影响所列出的要素的功能或作用。

[0035] 词语“优选的”和“优选地”是指在某些情况下可以提供某些益处的本发明实施例。然而,在相同的或其他情况下,其他实施例也可以是优选的。此外,对一个或多个优选实施例的叙述并不暗示其他实施例不是有用的,并且不旨在将其他实施例排除在本发明的范围之外。

[0036] 除非另有规定,否则“一个/种(a/an)”、“所述”和“至少一个/种”可互换使用,并且意指一个/种或多于一个/种。在列表之前的短语“……中的至少一个/种”和“包括……中的至少一个/种”是指该列表中的项目中的任何一个/种以及该列表中的两个/种或更多个/种的任何组合。

[0037] 如本文中所使用的,术语“或”通常以其包括“和/或”的通常意义采用,除非上下文另外明确指出。术语“和/或”意指所列出的要素中的一个或全部或者所列出的要素中的任何两个或更多个的组合。

[0038] 此外在本文中,通过端点叙述数值范围包括归入该范围内的所有数字(例如,1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4、5等)。在本文中,“最高达”某个数字(例如,最高达50)包括该数字(例如,50)。

[0039] 对于本文中所披露的包括离散步骤的任何方法,可以按任何可行的顺序来进行这些步骤。并且,在适当时,可以同时进行两个或更多个步骤的任何组合。

[0040] 贯穿本说明书对“一个实施例”、“一实施例”、“某些实施例”或“一些实施例”等的提及意指结合实施例所描述的特定特征、构型、组成或特性被包括在本披露内容的至少一个实施例中。因此,在贯穿本说明书中的各处出现这种短语不一定是指本披露内容的同一个实施例。此外,在一个或多个实施例中,特定特征、构型、组成或特性可以按任何合适的方式进行组合。

[0041] 除非另有指示,否则对标准方法(例如,ASTM、TAPPI、AATCC等)的任何提及均是指在提交本披露内容时该方法的最新可用版本。

[0042] 除非另有指示,否则在说明书和权利要求书中使用的所有表达组分的量、分子量等的数字都将被理解为在所有情况下均由术语“约”修饰。如本文中结合测量的量使用的,术语“约”是指测量的量的变化,如由进行测量并且以与测量目的和所使用的测量装备的精度相称的谨慎水平进行操作的技术人员所预期的。因此,除非另有相反指示,否则在说明书

和权利要求书中阐述的数值参数是近似值,这些近似值可以取决于本发明所寻求获得的期望性质而变化。至少,并且不是试图限制权利要求的范围的等同原则,每个数值参数至少应根据所报告的有效位数并通过应用一般四舍五入技术来解释。

[0043] 尽管阐述本发明的广泛范围的数值范围和参数是近似值,但在具体示例中阐述的数值是尽可能精确报导的。然而,所有数值都固有地包含必然由在其相应的测试测量中发现的标准偏差所产生的范围。

[0044] 所有标题均是为了方便读者,而不应被用来限制标题后面的文字的含义,除非如此规定。

[0045] 本发明的以上概述不旨在描述本发明的每个披露的实施例或每种实施方式。以下描述更具体地举例说明了展示性实施例。在贯穿本申请的几处,通过示例的列表提供指导,所述示例可以以各种组合来使用。在每种情况下,所叙述的列表仅用作代表性组并且不应被解释为排他性列表。

附图说明

[0046] 图1A至图1B示出了示例性过滤器介质和过滤器元件构造,如本文中进一步描述的。

[0047] 图2A示出了本文所述的过滤器介质的连续细纤维层的示例性实施例的示意图,该连续细纤维层在连续细纤维层的不同分层中包括不同直径的纤维的混合物。图2B示出了在500x放大倍率(顶部分图)和2000x放大倍率(底部分图)的连续细纤维层的示例性图像,该连续细纤维层包括沉积在尼龙稀松布上的细纤维层。图2C示出了如示例3所述进行制备的样品(包括直接铺设在稀松布上的小细纤维的连续细纤维层)的示例性SEM图像(1000x放大倍率)。图2D示出了如示例3所述进行制备的样品(包括覆盖在大细纤维上的小细纤维的连续细纤维层)的示例性SEM图像(1000x放大倍率)。图2E示出了连续细纤维层样品的示例性SEM图像(1000x放大倍率),这些样品使用溶液1如示例4所述进行制备以实现小细纤维(左分图)、使用溶液1和溶液2制备以实现混合(小和大)直径的混杂细纤维(中央分图)、以及使用溶液2制备以实现大细纤维(右分图)。图2F示出了如示例3所述进行制备的样品(小细纤维直接铺设在稀松布上)的示意图。图2G示出了如示例3所述进行制备的连续细纤维层样品(小细纤维覆盖在大细纤维上,大细纤维直接铺设在稀松布上)的示意图。图2H至图2M示出了示例性介质构造的示意图。在每种构造中,并未示出支撑层,但它典型地将位于介质的下游侧。在每种构造中,并未示出效率层,但它将典型地位于介质的上游侧。

[0048] 图3A示出了在循环流动条件(蓝色)或稳定流动条件(红色)下三种不同介质的β比率与颗粒大小的关系。左分图:具有10微米(μm)效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质。中间分图:具有5微米效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质。右分图:如示例1所述的过滤器介质(XP/细纤维/稀松布)(效率层(具有10微米效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质)、连续细纤维层和支撑层(稀松布))。图3B示出了图3A中所测试的同样介质的压降。

[0049] 图4示出了过滤器元件在稳定流动条件下的β比率与颗粒大小的关系,这些过滤器元件包括具有10微米效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质(顶部)或如示例2所述的过滤器介质(效率层(具有10微米效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质)、

连续细纤维层和支撑层)。在这些示例中,Beta比率是如稳定流动条件测试所述来进行测量的。由斜线分隔的三个数字指示如ISO 4406:2017所述进行测量和定义的国际标准化组织(ISO)清洁度代码。

[0050] 图5示出了过滤器元件在循环流动条件下的β比率与颗粒大小的关系,这些过滤器元件包括具有10微米效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质(顶部)或如示例2所述的过滤器介质(效率层(具有10微米效率评级的Donaldson Synteq XP™合成液体介质)、连续细纤维层和支撑层)。在这些示例中,Beta比率是如循环流动条件测试所述来进行测量的。由斜线分隔的三个数字指示如ISO4406:2017所述进行测量和定义的国际标准化组织(ISO)清洁度代码。

[0051] 图6A至图6B示出了针对包括一个或多个连续细纤维层和支撑层的复合材料而言对照复合材料最大孔隙大小(图6A)或复合材料平均流量孔隙大小(图6B)绘制的初始压降,如示例5中进一步描述的。三角形表示贯穿测试保持细纤维的结构完整性的样品;正方形表示在测试期间遭受细纤维爆裂的样品。

[0052] 图7示出了示例6所述的样品的累积流量孔隙大小分布。

[0053] 图8A示出了支撑层上的连续细纤维层的示例性截面图像。图8B至图8D示出了一种用以测量连续细纤维层厚度的方法的示例性图像,如这些示例中进一步描述的。

具体实施方式

[0054] 本披露内容描述了一种过滤器介质,其使流速的变化(例如,在动态流动条件期间发生)对过滤器介质效率的不利影响最小化,而没有相对应的压降增加,即,迫使流体通过过滤器介质所需的压力增加。本披露内容进一步描述了制造过滤器介质的方法。

针对动态流动条件设计过滤器介质的挑战

[0055] 本披露内容描述了一种过滤器介质,其使流速的变化对过滤器介质效率的不利影响最小化,而没有相对应的压降增加。流速的这些变化可能例如在动态流动条件期间发生。动态流动条件包括例如循环流动条件。然而,如本文中进一步讨论的,过滤器介质设计也可以用于改进其他液体应用中的性能。

[0056] 如果以效率为唯一的性能标准来设计过滤器,则将很容易解决所有过滤需求。但是,对于大多数应用而言,压力和过滤器寿命也必须被考虑到并且与期望的效率保持平衡。

[0057] 例如,很容易设计一种可以100%去除大于0.5μm的所有颗粒的过滤器,但如果推动流体通过过滤器所需的压力处于不合理的高水平,或者如果需要以不切实际的短间隔替换过滤器,则这种过滤器设计将不是切实可行的。在更具体的示例中,即使您汽车上的油过滤器使发动机保持完全清洁,如果该过滤器需要发动机的大部分动力来推动流体通过过滤器并且需要在每次车辆加油时进行更换,则它也将在商业上和实际上是不可行的。

[0058] 为了提供对本文所述的过滤器介质如何改进效率性能的展示,这样做是有帮助的:首先描述过滤器介质如何收集污染物、以及在流体流过过滤器介质时该收集如何影响过滤器介质两端的压力。

[0059] 过滤器介质包括过滤器介质的各部件之间的空间,并且它还可以在过滤器介质的最上表面上收集污染物。随着污染物收集在过滤器介质之中或顶部上的空间中,推动流体跨越过滤器介质所需的压力增加,因为供流体流过的空间变得更小且数量更少。工作液体

过滤器介质(尤其是在液压装置中)的寿命终止通常由在一定流量的液体穿过过滤器介质时产生的最大压力来定义。因此,随着污染物被收集,压降增加,并且过滤器介质的孔隙率(多孔介质中的空间体积与总体积的比率)降低。

[0060] 随着孔隙率的降低,它成为压降的主要促成因素,且因此成为定义液体过滤器的寿命终止的主要参数。因此,为了实现液压过滤器介质的更长寿命,因此期望管理如何由过滤器介质收集污染物。分布收集污染物的位置(包括例如通过使更多空间遍及介质的深度可用)而不是在单个位置中(例如,在介质的表面上)收集污染物,这导致过滤器介质的孔隙率保持更长时间、降低使液体穿过介质所需的压力以及延长过滤器介质的寿命。使收集污染物的位置分布跨越介质深度的过滤器介质设计被称为深度负载过滤器介质。

[0061] 贯穿过滤器介质的深度的较高孔隙率允许在过滤器介质的使用期间有更多空间用于收集污染物。假设最持久的过滤器介质是具有100%孔隙率的过滤器介质。但这个优点只是假设性的,因为部分体积一定会被某个东西占据才能捕获和容纳污染物。因此,期望具有尽可能高的孔隙率,同时仍提供具有实现期望的效率和强度所需的性质的过滤器材料。

[0062] 在液体液压过滤中,主要的过滤机制是尺寸排阻。在尺寸排阻期间,当污染物被俘获在尺寸小于污染物尺寸的孔隙中时,该污染物被过滤器介质捕获。孔隙大小的广泛分布(贯穿过滤器介质的深度分布)允许污染物分布在过滤器介质的厚度内。孔隙可以是随机间隔的,或者它们可以形成渐变或其他模式结构。无论模式如何(或缺乏模式),期望的效果都是尽可能地将污染物分布遍及过滤器介质的深度。

[0063] 被设计成用于通过尺寸排阻进行收集的过滤器介质已在实验室测试中展现为在稳定流动条件下工作良好。但在大多数液压流量应用中,通过过滤器介质的流速是可变的,并且可能具有循环流动模式。在这些可变流动条件期间,变化的力(更常见地称为动态力)被施加在过滤器介质结构和被过滤器介质捕获的污染物两者上。这些动态力改变了过滤器介质捕获污染物的方式,从而导致总效率降低。

[0064] 不希望受理论的约束,据信在可变流动条件期间观察到的总效率降低是由先前已被俘获在尺寸小于污染物尺寸的孔隙中的污染物在不同的力被施加到过滤器介质时得到重新释放造成的。

[0065] 结果,被评定为在稳定流动条件下实现一定的效率性能的过滤器常常在可变(例如,循环)流动条件期间表现不佳,并且这些过滤器允许更多的污染物穿过过滤器进入下游输出中。在过滤器的下游的污染物增加可能引起液压系统中的磨损增加和/或关键液压部件的寿命更短。

[0066] 因此,这些液压系统的用户期望具有被设计成在可变流动条件下可靠地执行的液压油过滤介质。

[0067] 在可变流动条件下提高介质效率的一种手段是增加过滤器介质的厚度。通过提供增加的厚度(或深度),提供了更多捕捉特定污染物的机会。然而,如果过滤器介质变得太厚,则变得难以将其装入有限的空间中,比如传统的打褶构型。此外,即使有可能通过增加厚度来改进捕捉特定污染物,污染物也仍可能穿过介质。

[0068] 在可变流动条件下提高介质效率的另一种手段是减小过滤器介质的孔隙大小。然而,如上所述,减小孔隙大小导致了过滤器介质更快地达到饱和。此外,较小的孔隙大小可能导致在捕获污染物之前需要更大的压力来使液体穿过介质,并且将肯定导致在捕获一定

体积的污染物之后需要更大的压力来使液体穿过介质。

[0069] 本文所述的过滤器介质寻求通过提供多层结构来克服这些限制。虽然单独而言每个层将表现不佳,但层的组合在可变流动条件(包括例如循环流动条件)下提供改进的性能。

过滤器介质

[0070] 在一个方面,本披露内容描述了一种过滤器介质,其包括支撑层、连续细纤维层和效率层。在一些实施例中,连续细纤维层位于效率层与支撑层之间,并且效率层位于过滤器介质的上游侧。在一些实施例中,连续细纤维层充当表面负载层。在一些实施例中,效率层充当深度负载层。

[0071] 如上所述,由于单独的深度负载层的密实度低且孔隙大小分布宽,因此它在可变流动条件下具有低效率。如果单独的连续细纤维层充当表面负载层,则它在可变流动条件下单独地将具有非常短的寿命,因为使液体穿过过滤器介质所需的压力将几乎在污染物被收集后就立即开始增加。并且,单独的支撑层在可变流动条件下将不适合用作过滤器介质,因为它的效率实际上是不存在的。

[0072] 然而,结合如本文中进一步描述的所选择的特征,支撑层、连续细纤维层和效率层提供了一种过滤器介质,该过滤器介质使可变流动条件对过滤器介质效率的不利影响最小化并且不表现出商业上或实际上不可行的压降增加。

[0073] 例如,如本文中进一步描述的,充当表面负载层的连续细纤维层防止颗粒穿过过滤器介质。附加地,由于连续细纤维层非常薄,因此它的压降增加得没有较厚介质的压降将增加得那样多。此外,通过将连续细纤维层与适当的低密实度层(即,充当深度负载层的效率层)相结合,可以延长过滤器介质的寿命。

过滤器介质的附加的任选构型

[0074] 如上所述,过滤器介质包括连续细纤维层和效率层。然而,在一些实施例中,过滤器介质可以包括多个连续细纤维层和多个效率层。例如,在一个实施例中,过滤器介质可能包括位于过滤器介质的上游侧的第一效率层、位于第一效率层的下游侧的第一连续细纤维层、位于第一连续细纤维层的下游侧的第二效率层、以及位于第二效率层的下游侧的第二细纤维层。支撑层将典型地位于最下游的连续细纤维层的下游侧。(参见图1B,左分图。)

[0075] 例如,在另一个实施例中,过滤器介质包括位于过滤器介质的上游侧的第一效率层、位于第一效率层的下游侧的第一连续细纤维层、位于第一连续细纤维层的下游侧的第二效率层、位于第二效率层的下游侧的第二细纤维层、位于第一连续细纤维层的下游侧的第三效率层、以及位于第三效率层的下游侧的第三连续细纤维层。支撑层将典型地位于最下游的连续细纤维层的下游侧。(参见图1B,中间分图。)

[0076] 在一些实施例中,过滤器介质可以包括位于过滤器介质的上游侧的多于一个效率层、以及位于效率层的下游侧的连续细纤维层。(参见图1B,右分图。)附加的效率层可以用于例如增加过滤器介质的容量(且因此增加寿命)或改进压降。这种附加的效率层也可以称为负载层。在示例6中描述和表征了过滤器介质的示例性实施例,该过滤器介质包括支撑层、连续细纤维层、效率层和第二效率层(或负载层)。

过滤器介质的特征

[0077] 在一些实施例中,与没有一个或多个连续细纤维层的介质相比,本文所述的过滤

器介质在不损害压降的情况下实现了效率的提高,即,本文所述的过滤器介质的压降是在没有一个或多个连续细纤维层的过滤器介质的压降的150％以内、100％以内、50％以内、20％以内、15％以内、或10％以内。

[0078] 在一些实施例中,与没有一个或多个连续细纤维层和没有支撑层的介质相比,本文所述的过滤器介质在不损害压降的情况下实现了效率的提高,即,本文所述的过滤器介质的压降是在没有一个或多个连续细纤维层和没有支撑层的过滤器介质的压降的150％以内、100％以内、50％以内、20％以内、15％以内、或10％以内。

[0079] 例如,在示例性实施例中,过滤器介质的压降是在由单独的一个或多个效率层观察到的压降(即,没有一个或多个连续细纤维层和没有支撑层的过滤器介质的压降)的50％至150％的范围内。

[0080] 在一些实施例中,与没有连续细纤维层的介质在稳定流动条件下的效率相比,本文所述的过滤器介质在循环流动条件下实现了等效的效率。优选地,在没有显著的压降惩罚的情况下实现了该效率。例如,压降是在没有一个或多个连续细纤维层和没有支撑层的过滤器介质的压降的150％以内、100％以内、50％以内、20％以内、15％以内或10％以内。

[0081] 在一些实施例中,本文所述的过滤器介质在循环流动条件下表现出至少5、至少7或至少10的总$\beta_{10\mu m}$。过滤器介质可以进一步表现出最高达50、最高达100、最高达200、最高达300、最高达500、最高达1000、最高达1500或最高达2000的总$\beta_{10\mu m}$。例如,总$\beta_{10\mu m}$可以在5至2000的范围内、在5至200的范围内、或在5至100的范围内。

[0082] 当测试平板性能并且以单遍模式运行测试时除外,可以使用ISO/CD 23369第1版来评估循环流动条件,测试应在25℃下运行。在10秒的循环中,通过介质的流速可以在5mm/sec与1.25mm/sec之间循环。ISO 12103-1中级测试粉尘可以用作颗粒。可以使用10mg/L的上游颗粒浓度。可以每6秒收集连续颗粒浓度测量值。将流体电导率控制到1000皮西门子/米(pS/m)至1500pS/m的范围可以是有用的。

[0083] 在一些实施例中,可以选择或处理过滤器介质的一种或多种纤维以更改过滤器介质的静电荷。电荷典型地包括在聚合物表面处或附近俘获的正电荷或负电荷层、或储存在聚合物本体中的电荷云。电荷还可以包括极化电荷,这些极化电荷在分子的偶极子对齐时被冻结。使材料经受电荷的方法是本领域技术人员众所周知的。这些方法包括例如热法、液体接触法、电子束法、等离子体法和电晕放电法。

复合材料的支撑层和连续细纤维层的平均最大孔隙大小和平均流量孔隙大小

[0084] 如上文所描述的,过滤器介质包括支撑层和连续细纤维层。在一些实施例中,连续细纤维层可以包括多个连续细纤维层。这些支撑层和一个或多个连续细纤维层可以形成复合材料。复合材料包括至少一个连续细纤维层。

[0085] 在一些实施例中,过滤器介质的复合材料平均最大孔隙大小最高达20μm、优选地最高达15μm、且更优选地最高达14μm。在一些实施例中,过滤器介质的复合材料最大孔隙大小为至少0.1μm。如本文中所使用的,“复合材料平均最大孔隙大小”是指复合材料的平均最大孔隙大小,该复合材料包括支撑层和存在于与支撑层相邻的层中的任何连续细纤维层。

[0086] 在一些实施例中,过滤器介质的复合材料平均流量孔隙大小或P50最高达11μm、优选地最高达9μm、且更优选地最高达6μm。在一些实施例中,过滤器介质的复合材料平均流量孔隙大小或P50为至少0.1μm。如本文中所使用的,“复合材料平均流量孔隙大小”是指复合

材料的平均流量孔隙大小,该复合材料包括支撑层和存在于与支撑层相邻的层中的任何连续细纤维层。

[0087] 在一些实施例中,优选地使用毛细管流动孔隙测量术来确定复合材料平均最大孔隙大小和/或复合材料平均流量孔隙大小。

[0088] 不希望受理论的约束,据信复合材料平均最大孔隙大小和复合材料平均流量孔隙大小取决于细纤维直径、小细纤维和大细纤维的相对量、以及复合材料形态(比如,层状的或混杂的)以及其他因素。

[0089] 在一些实施例中,复合材料可以具有与效率层的平均流量孔隙大小类似的平均流量孔隙大小。例如,在一些实施例中,复合材料的平均流量孔隙大小(P50)可以在相邻效率层的平均流量孔隙大小(P50)的1%、2%、3%、5%、10%、20%、30%、50%、100%或200%以内。

[0090] 如示例5所述的,过滤器介质的复合材料平均最大孔隙大小可能与过滤器介质在液体过滤期间承受至少20psi压降的能力相关,这指示比不能承受相同条件的过滤器介质更好的过滤器性能。

[0091] 尽管过滤器介质的复合材料平均最大孔隙大小可能与过滤器介质在液体过滤期间承受至少20psi压降的能力相关,但如果介质包括缺陷或异常大的最大孔隙,则复合材料平均最大孔隙大小有时可能提供不一致的值。因此,为了更好地理解复合材料的孔隙大小范围和孔隙大小分布,还检查了附加值,如下文所描述的。

包括支撑层和连续细纤维层的复合材料的P95/P50比率

[0092] 在一些实施例中,由支撑层和连续细纤维层形成的复合材料的P95/P50比率最高达1.8、最高达1.9或最高达2。

[0093] 尽管细纤维层的孔隙大小控制了复合材料的大多数P95/P50比率值,但支撑层与连续细纤维层之间的相互作用也影响性能。不希望受理论的约束,据信这些相互作用使复合材料的孔隙大小测量比单独的细纤维层的孔隙大小测量提供的信息更多。

[0094] P50的值反映了如下直径的孔隙,即,在该直径下,有50%的流体流过该直径或更小的孔隙。P95的值反映了如下直径的孔隙,即,在该直径下,有95%的流体流过该直径或更小的孔隙,P95/P50的较大比率总体上反映了较大范围的孔隙大小并且存在相对较大的孔隙。

[0095] 不希望受理论的约束,据信P95/P50比率大于2的复合材料在循环流动下将不会提供足够的效率。尽管小于2的P95/P50比率提供了压降增加(由于增加的密实度所致),但由于连续细纤维层非常薄(例如,小于50μm),因此对应的压降可以保持在可接受的界限内。

[0096] 在一些实施例中,复合材料的P95/P50比率为至少1。

与细纤维层相邻的效率层的P95/P50比率

[0097] 在一些实施例中,效率层的P95/P50比率为至少1.8、至少1.9或至少2。

[0098] 不希望受理论的约束,据信P95/P50比率小于1.8的复合材料将表现出密实度在将被预期为导致不期望地高的压降范围内。另外,由于密实度随着P95/P50的降低而增加,因此可能被复合材料捕获的颗粒的数量也减少。

[0099] 在一些实施例中,效率层的P95/P50比率最高达2.5、最高达3、最高达4、最高达5、最高达10、最高达15或最高达20。

[0100] 不希望受理论的约束,大于20的P95/P50比率被预期为导致介质层具有更大的孔隙大小,且因此捕获期望的颗粒大小(例如,在1μm至100μm的范围内的颗粒大小)所需的大小的孔隙过少。

[0101] 例如,效率层的P95/P50比率在1.8至20的范围内、在2至10的范围内、或在2至5的范围内。

[0102] 在一些实施例中,优选的是,包括复合材料的P95/P50比率的范围的最大值等于或低于包括效率层的P95/P50比率的范围的最小值。在一些实施例中,优选的是,复合材料的P95/P50比率等于或低于效率层的P95/P50比率。

[0103] 例如,在示例性实施例中,复合材料的P95/P50比率最高达1.8,而效率层的P95/P50比率为至少1.8。在另一个示例性实施例中,复合材料的P95/P50比率最高达1.9,而效率层的P95/P50比率为至少1.9。在又一示例性实施例中,复合材料的P95/P50比率最高达2,而效率层的P95/P50比率为至少2。

[0104] 在一些实施例中,优选的是,复合材料的P95/P50比率的最大值低于效率层的P95/P50比率的最小值。例如,在示例性实施例中,复合材料的P95/P50比率最高达1.8,而效率层的P95/P50比率为至少2。在另一个示例性实施例中,复合材料的P95/P50比率最高达1.9,而效率层的P95/P50比率为至少2。

[0105] 例如,在一些实施例中,与细纤维层相邻的效率层的P95/P50比率可以是复合材料的P95/P50比率的最高达1.5倍、最高达2倍、最高达3倍、最高达4倍、最高达5倍、最高达6倍、最高达7倍、最高达8倍、最高达9倍或最高达10倍大。

重叠的孔隙大小分布

[0106] 在一些实施例中,效率层的孔隙大小分布和复合材料(包括支撑层和细纤维层)的孔隙大小分布重叠。如果过滤器介质包括多于一个效率层,则与细纤维层相邻的效率层的孔隙大小分布和复合材料(包括支撑层和细纤维层)的孔隙大小分布重叠。不希望受理论的约束,据信孔隙大小分布的这种重叠增加了过滤器的寿命。

[0107] 当效率层的孔隙大小分布和复合材料的孔隙大小分布不重叠(由于复合材料的孔隙大小小于效率层的孔隙大小)时,细纤维层捕获未被效率层捕获的大小的颗粒。这种捕获进而导致压降增加,且因此导致介质寿命更短。

[0108] 如果效率层的孔隙大小和复合材料的孔隙大小不重叠(由于复合材料的孔隙大小大于效率层的孔隙大小),则细纤维层将不提供期望的效率提高。

[0109] 类似地,如果效率层的孔隙大小和复合材料的孔隙大小跨越它们的整个范围重叠,则细纤维层可能不提供期望的效率提高。

[0110] 因此,在一些实施例中,复合材料的P95优选地落在由效率层的P5和P50值所提供的范围内。

[0111] 如示例6中所示,当复合材料的P95下降到低于由与细纤维层相邻的效率层的P5和P50值所提供的范围时,过滤器介质的所得压降是高的(23.2kPa),它是不包括细纤维层和支撑层的过滤器介质的压降的150%大。

[0112] 不希望受理论的约束,据信使用P95落在由相邻效率层的P5和P50值所提供的范围内的复合材料允许所得过滤器介质利用复合材料的效率层的深度负载特性和连续细纤维层的表面负载特性两者。在使用单独的效率层时观察到的在动态流动条件期间的效率损失

在要求保护的介质中没有观察到,因为连续细纤维层的密实度更高且孔隙大小更低。但是,也避免了在使用单独的连续细纤维层来实现期望的效率的情况下将经历的高压降。

过滤器元件

[0113] 在一些实施例中,本文中所披露的过滤器介质可以包括在过滤器元件中,该过滤器元件包括线支撑件。线支撑件可以位于支撑层的下游。

[0114] 在一些实施例中,过滤器介质(包括例如涵盖在过滤器元件中的过滤器介质)是打褶的。

[0115] 示例性过滤器元件包括平板过滤器、筒式过滤器或其他过滤部件。这种过滤器元件的示例在美国专利号6,746,517;6,673,136;6,800,117;6,875,256;6,716,274;以及7,316,723中进行了描述。

使用方法

[0116] 在一些实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于过滤流体,流体包括例如流体流。流体包括空气、气体和液体。在一些实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于从流体流中去除微粒。

[0117] 在一些实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于过滤空气。在一些实施例中,包括当本披露内容的过滤器介质用于过滤空气时,过滤器介质可以位于过滤器元件中的其他层的上游。

[0118] 在一些实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于过滤气体。气态流可以包括例如空气和/或工业废气。在示例性实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于过滤来自柴油发动机曲轴箱的窜气,这些窜气在其中携带大量的夹带油作为气溶胶。在进一步的示例性实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于燃气轮机中。

[0119] 在一些实施例中,本披露内容的过滤器介质可以用于过滤液体。在一些实施例中,包括当本披露内容的过滤器介质用于过滤液体时,过滤器介质可以位于过滤器元件中的其他层的下游。示例性液体可以包括例如含水液体、液压流体、油、燃料、润滑剂等。含水液体可以包括天然和人造流,比如流出物、冷却水、工艺用水等。

[0120] 在一些实施例中,本披露内容的过滤器介质可以特别好地适合在其中流速发生变化的应用中(包括例如液压应用中)使用。流速的变化(包括例如循环流动条件)对过滤器介质性能有不利影响,且特别是对过滤器介质效率有不利影响,因为流速的变化导致颗粒有多次穿过介质开口的机会。

[0121] 在本发明的时候,典型地通过提高过滤器介质的效率来使变化的流速对过滤器介质性能的影响最小化,但是提高过滤器介质的效率也导致对应的压降增加,即,迫使流体通过过滤器介质所需的压力增加。压降的这种增加导致绕开过滤器(例如,经由旁通阀)的机会更多、能量消耗增加且过滤器寿命缩短。相比之下,本披露内容的过滤器介质可以在不损害压降的情况下在循环流动条件下实现效率的提高。

连续细纤维层

[0122] 连续细纤维层包括直径最高达10微米(μm)的连续细纤维。在一些实施例中,连续细纤维层包括单个层。在一些实施例中,连续细纤维层包括多个连续细纤维层。在一些实施例中,当连续细纤维层包括多个层时,这些多个层可以包括不同直径的细纤维。在一些实施例中,当连续细纤维层包括多个层时,一个或多个层可以包括在层内具有不同直径的连续

细纤维。在一些实施例中,当连续细纤维层包括多个层时,每个层可以包括具有不同直径的连续细纤维的不同组合。

[0123] 在一些实施例中,连续细纤维层充当表面负载层。

[0124] 在一些实施例中,连续细纤维层可以包括直径为至少0.05μm、至少0.1μm、至少0.2μm、至少0.5μm或至少1μm的纤维。

[0125] 在一些实施例中,连续细纤维层可以包括直径最高达1.5μm、最高达2μm、最高达3μm、最高达4μm、最高达5μm、最高达6μm、最高达7μm、最高达8μm、最高达9μm或最高达10μm的纤维。例如,在示例性实施例中,连续细纤维层包括直径在0.1μm至5μm的范围内、在0.5μm至5μm的范围内、在1μm至5μm的范围内、或在1μm至2μm的范围内的纤维。在一些实施例中(包括例如当连续细纤维具有椭圆形状时),连续细纤维可以优选地包括直径在1μm至5μm的范围内的纤维。在一些实施例中(包括例如当连续细纤维不包括不同直径的纤维的混合物时),连续细纤维可以包括直径在0.2μm至1.5μm的范围内的纤维。

[0126] 在一些实施例中,连续细纤维层可以包括具有椭圆(包括圆形)形状的纤维。例如,纤维的截面长轴(宽度):截面短轴(高度)可以为至少2:1(像例如意大利宽面)且最高达1:1(像例如意大利细面)。

[0127] 在一些实施例中,连续细纤维层可以优选地包括直径在1μm至5μm的范围内且截面长轴(宽度):截面短轴(高度)为至少1.5:1且最高达1:1的纤维。

[0128] 在一些实施例中,连续细纤维层的密实度为至少10%、至少11%、至少12%、至少13%、至少14%、至少15%、至少20%或至少25%。在一些实施例中,连续细纤维层的密实度最高达15%、最高达20%、最高达25%、最高达30%、最高达35%或最高达40%。在示例性实施例中,连续细纤维层的密实度在15%至30%的范围内。

[0129] 连续细纤维层的密实度(c)可以根据无量纲纤维阻力参数$F^*_{1.0}$使用以下等式计算得出:$F^*_{1.0}=4.3548e^{8.8822c}$。$F^*_{1.0}$可以根据修改的Kirsch-Fuchs等式计算得出,如示例中进一步描述的。

混合直径的细纤维

[0130] 在一些实施例中,连续细纤维层可以包括不同直径的纤维的混合物。

[0131] 在一些实施例中,连续细纤维层可以包括两种不同直径的纤维。当连续细纤维层包括两种不同直径的纤维时,“小”纤维直径的细纤维的平均直径与“大”纤维直径的细纤维的平均直径的比率(小细纤维直径:大细纤维直径)可以为至少1:3(即,大细纤维的平均纤维直径是小细纤维的平均纤维直径的3倍)。

[0132] 在一些实施例中,“小”纤维直径的纤维的平均直径与“大”纤维直径的纤维的平均直径的比率(小纤维直径:大纤维直径)可以在1:3至1:6的范围内。例如,在示例性实施例中,连续细纤维可以包括平均直径在0.2μm至0.3μm的范围内的第一细纤维、以及平均直径在0.9μm至1.1μm的范围内的第二细纤维。在另一个示例中,第一细纤维的平均直径可以是0.25μm,且第二细纤维的平均直径可以是1μm。在又一示例中,第一细纤维的平均直径可以是0.25μm,且第二细纤维的平均直径可以是1.4μm。

[0133] 在其中连续细纤维层包括不同直径的纤维的混合物的实施例中,不同直径的纤维可以在连续细纤维层的单个分层内被混合或混杂在一起。

[0134] 在其中连续细纤维层包括不同直径的纤维的混合物的实施例中,不同直径的纤维

可以在连续细纤维层中形成不同分层。当不同直径的纤维在连续细纤维层中形成不同分层时,在沉积较小纤维之前,较大纤维可以沉积在支撑件上,从而在连续细纤维层内产生梯度(包括例如在孔隙大小和密实度方面)。附加地或替代性地,当不同直径的纤维在连续细纤维层中形成不同分层时,可以沉积较大纤维和较小纤维以形成具有不同特征的多个层。这种构造的示例性实施例在图2A以及图2H至图2M中示出。包括不同直径的纤维的混合物的连续细纤维层的进一步示例性实施例在与此申请同日提交的标题为“包括混合直径的细纤维的过滤器介质层(FILTER MEDIALAYERS INCLUDING MIXEDDIAMETER FINE FIBERS)”的共同未决申请(代理人案号0444.000110WO01)中提供。

[0135] 在一些实施例中,“大”细纤维的平均直径为至少0.6μm、更优选地大于0.6μm。在一些实施例中,“大”细纤维的平均直径为至少0.7μm、至少0.8μm或至少0.9μm。在一些实施例中,“大”细纤维的平均直径优选地为至少1μm或大于1μm。“大”细纤维的平均直径可以最高达1.1μm、最高达1.2μm、最高达1.3μm、最高达1.4μm、最高达1.5μm、最高达2μm、最高达3μm、最高达4μm、最高达5μm或最高达10μm。包括沉积在支撑层上的大细纤维的连续细纤维层的示例性图像在图2B中示出。

[0136] 在其中连续细纤维层包括“大”细纤维和“小”细纤维的实施例中,大细纤维的平均直径可以是小细纤维的平均纤维直径的至少三倍。在这种实施例中,小细纤维的平均直径可以最高达0.3μm、最高达0.4μm、最高达0.5μm或最高达0.6μm。在一些实施例中,连续细纤维层的小细纤维的平均纤维直径可以为至少0.2μm。

[0137] 在一些实施例中,大细纤维的直径可以比小细纤维的直径大至少0.2μm、至少0.3μm或至少0.4μm。如上所述,即使当大细纤维的平均纤维直径是小细纤维的平均纤维直径的3倍时,大细纤维和小细纤维中的任一者或两者也可以包括提供平均直径的不同大小的纤维。当大细纤维和小细纤维包括例如大小的分布时,最小直径的大细纤维的直径可以比最大直径的小细纤维的直径大至少0.2μm、至少0.3μm或至少0.4μm。在一些这种实施例中,大细纤维和小细纤维可以形成双峰分布。在一些实施例中,大细纤维的直径可以比小细纤维的直径大最高达1μm、最高达2μm或最高达3μm。

[0138] 在其中连续细纤维层包括“大”细纤维和“小”细纤维的一些实施例中,连续细纤维层可以包括至少0.5%且最高达20%的大细纤维、更优选地至少1%且最高达10%的大细纤维、或甚至更优选地至少5%且最高达7%的大细纤维。附加的范围也可以是有用的,包括例如至少3%且最高达9%的大细纤维、或至少4%且最高达8%的大细纤维。不希望受理论的约束,据信优化大细纤维在第二细纤维层中的比例为小细纤维提供了支撑,而不破坏小细纤维结构并导致对应的效率损失。

[0139] 在一些实施例中,连续细纤维层可以包括“大”细纤维和“小”细纤维,并且连续细纤维层可以包括多个层。在示例性实施例中,连续细纤维层包括:第一细纤维层,其包括大细纤维;以及第二细纤维层,其包括小细纤维。在另一个示例性实施例中,连续细纤维层包括:第一细纤维层,其包括大细纤维;以及第二细纤维层,其包括大细纤维和小细纤维。在一些实施例中,第一细纤维层可以沉积在支撑层上,且第二细纤维层沉积在第一细纤维层上。

连续细纤维层的性质

[0140] 在一些实施例中,连续细纤维层优选地具有窄的孔隙大小分布。

[0141] 在一些实施例中,连续细纤维层的基重为至少0.005g/m^2、至少0.01g/m^2、至少

0.05g/m^2、至少0.1g/m^2、至少0.5g/m^2、至少1g/m^2、至少1.5g/m^2、至少2g/m^2或至少2.5g/m^2。在一些实施例中,连续细纤维层的基重最高达1.5g/m^2、最高达2g/m^2、最高达2.5g/m^2、最高达3g/m^2、最高达3.5g/m^2、最高达4g/m^2、最高达4.5g/m^2、最高达5g/m^2、最高达10g/m^2、最高达15g/m^2、最高达20g/m^2、最高达25g/m^2、最高达50g/m^2。在示例性实施例中,连续细纤维层的基重为至少0.1g/m^2且最高达20g/m^2。在另一个示例性实施例中,连续细纤维层的基重为至少0.1g/m^2且最高达1g/m^2。在进一步的示例性实施例中,连续细纤维层具的基重为0.43g/m^2。当不同直径的纤维成层状时,连续细纤维层的基重将是累加的。

[0142] 细纤维的基重可以根据细纤维的质量和稀松布的面积根据以下等式计算得出:细纤维层的总基重=(细纤维的质量)/(稀松布的面积)。细纤维的质量可以根据用于制造纤维的聚合物和纺丝条件根据以下等式计算得出:细纤维的质量=(溶液中的%w/v聚合物)x(泵速率)x(纺丝时间)。

[0143] 在一些实施例中,连续细纤维层的厚度是至少连续细纤维层的最大细纤维的平均直径。在一些实施例中,连续细纤维层的厚度为至少0.2μm、至少0.3μm、至少0.4μm、至少0.5μm、至少0.6μm、至少0.7μm、至少0.8μm、至少0.9μm或至少1μm。

[0144] 在一些实施例中,连续细纤维层的厚度是几种纤维的厚度,这几种纤维具有连续细纤维层的最大细纤维的平均直径。例如,连续细纤维层的厚度为至少2μm、至少3μm、至少4μm或至少5μm。

[0145] 在一些实施例中,连续细纤维层的厚度最高达5μm、最高达10μm、最高达30μm或最高达50μm。

[0146] 在一些实施例中,可以使用扫描电子显微术(SEM)来测量连续细纤维层的总厚度。例如,至少包括连续细纤维层和支撑层的样品可以通过在冷冻时(例如,在液氮中)横切样品来制备用于SEM。在样品被定向时横切样品可以是有用的,其中支撑层在细纤维层之前被切割。在样品浸在液氮中时横切样品可以是进一步有用的。可以使用的示例性放大倍率是1000x。使用软件以通过允许在SEM图像中对细纤维剖面进行勾画和重新着色来帮助确定样品厚度可以是有用的。然后,经重新着色的图像可以用于在图像中确定细纤维剖面的最大厚度。在一些实施例中,可以通过对来自同一样品的五个单独图像的至少五个最大厚度求平均值来确定细纤维层的总厚度。

连续细纤维层的纤维的性质

[0147] 连续细纤维层包括细纤维。这些细纤维包括成纤聚合物材料。在一些实施例中,细纤维可以通过对单独的成纤聚合物材料进行纺丝而制成。在一些实施例中,细纤维可以通过对与另一种物质结合的成纤聚合物材料进行纺丝而制成。

[0148] 在以下各者中披露了设想与各种其他物质混合或共混的聚合物材料的细纤维技术:Chung等人的美国专利号6,743,273;Chung等人的美国专利号6,924,028;Chung等人的美国专利号6,955,775;Chung等人的美国专利号7,070,640;Chung等人的美国专利号7,090,715;Chung等人的美国专利出版物第2003/0106294号;Barris等人的美国专利号6,800,117;以及Gillingham等人的美国专利号6,673,136。附加地,在Ferrer等人的美国专利号7,641,055中,不溶于水的高强度聚合物材料通过将聚砜聚合物与聚乙烯吡咯烷酮聚合物混合或共混而制成,从而产生用于对细纤维材料进行电纺丝的单相聚合物合金。

[0149] 连续细纤维可以包括由任何合适的聚合物制成的纤维。在一些实施例中,聚酰胺

可以用作连续细纤维的聚合物材料。有用的一类聚酰胺缩聚物是尼龙材料。术语“尼龙”是所有长链合成聚酰胺的通用名称。典型地,尼龙命名法包括一系列数字,比如尼龙-6,6,其指示起始材料是C6二胺和C6二酸(第一个数字指示C6二胺,且第二个数字指示C6二羧酸化合物)。另一种尼龙可以通过在少量水存在的情况下进行ε-己内酰胺的缩聚而制成。此反应形成作为线性聚酰胺的尼龙-6(由也称为ε-氨基已酸的环内酰胺制成)。进一步,还设想了尼龙共聚物。示例性尼龙材料包括尼龙-6、尼龙-6,6、尼龙-6,10、其混合物或共聚物。

[0150] 共聚物可以通过以下方式制成:将各种二胺化合物、各种二酸化合物和各种环内酰胺结构组合在反应混合物中,且然后用随机定位的单体材料形成呈聚酰胺结构的尼龙。例如,尼龙-6,6-6,10材料是由己二胺、以及C_6和Cio二酸共混物制造的尼龙。尼龙-6-6,6-6,10是通过ε-氨基已酸、已二胺、以及C_6和C_{10}二酸材料的共混物的共聚制造的尼龙。在本文中,术语“共聚物”包括由两种或更多种不同单体制成的聚合物,并且包括三元共聚物等。

[0151] 在一些实施例中,聚砜可以用作连续细纤维的聚合物材料。示例性聚砜包括聚砜(PS)、聚醚砜(PES)和聚苯砜(PPSF)及其混合物。

[0152] 在一些实施例中,包括纤维素衍生物的聚合物材料可以用作连续细纤维的聚合物材料。这种聚合物的示例包括乙基纤维素、羟乙基纤维素、醋酸纤维素(包括二醋酸纤维素(DAC)和三醋酸纤维素(TAC))、醋酸丁酸纤维素、醋酸丙酸纤维素、醋酸邻苯二甲酸纤维素及其混合物。

[0153] 在一些实施例中,连续细纤维的聚合物材料可以附加地或替代性地包括聚丙烯(PP)、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、聚(4-乙烯基吡啶)(P4VP)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、或聚四氟乙烯(PTFE,也称为铁氟龙)、或其混合物。

[0154] 在一些实施例中,与树脂质醛交联的聚合物可以用作连续细纤维的聚合物材料,如例如在国际出版物第WO 2013/043987 A1号所述的。

[0155] 在一些实施例中,连续细纤维层的密实度大于过滤器介质中的一个或多个其他层(包括例如支撑层或效率层或两者)的密实度。不希望受理论的约束,尽管具有高密实度的层典型地导致了压降的增加,但据信提供非常薄的连续细纤维层有助于提供效率提高,而没有将典型地观察到的对应的压降。

[0156] 在一些实施例中,连续细纤维层具有与效率层的平均流量孔隙大小类似的平均流量孔隙大小。在一些实施例中,连续细纤维层具有比效率层的孔隙大小分布更窄的孔隙大小分布。

[0157] 在一些实施例中,细纤维可以通过将成纤聚合物材料和至少两种能够彼此反应的反应性添加剂进行组合(例如,在成纤工艺中或在后处理工艺中)而制成,如国际专利出版物第WO 2014/164130中进一步描述的。该至少两种反应性添加剂任选地与成纤聚合物反应。

[0158] 在一些实施例中,细纤维可以通过将成纤聚合物材料和树脂质醛组合物(比如,三聚氰胺-甲醛树脂)进行组合而制成。

[0159] 在一些实施例中,树脂质醛组合物包括“聚合物反应性树脂质醛组合物”。“聚合物反应性树脂质醛组合物”包括烷氧基,如美国专利号9,587,328中进一步描述的。在最终纤维中,聚合物反应性树脂质醛组合物的至少一部分将参与使聚合物交联,并且任选地可以参与自交联。成纤聚合物材料还包括反应性基团。在该背景下,“反应性”意指聚合物包括一

个或多个官能基(例如,活性氢基团),该一个或多个官能基能够被用于制造细纤维的聚合物反应性树脂质醛组合物的烷氧基交联。

[0160] 在一些实施例中,树脂质醛组合物包括“聚合物非反应性树脂质醛组合物”。聚合物非反应性树脂质醛组合物包括用于自交联的反应性基团,如美国专利号9,435,056中进一步描述的。在最终纤维中,聚合物非反应性树脂质醛组合物的至少一部分将参与自交联。

[0161] 如本文中所使用的,“树脂”或“树脂质”是指特别具有在纤维形成期间可以迁移至细纤维的表面的性质的单体、低聚物、和/或聚合物。在本文中,术语“树脂质醛组合物”是指起始材料以及最终纤维中的材料。

形成连续细纤维层的方法

[0162] 在另一个方面中,本披露内容描述了一种制造连续细纤维层的方法。

[0163] 可以通过任何合适的方法来形成连续细纤维层。例如,本披露内容的细纤维可以使用各种技术制成,包括静电纺丝、力纺丝、湿纺丝、干纺丝、熔融纺丝、挤出纺丝、直接纺丝、凝胶纺丝、通过使用海岛法等。

[0164] 在一些实施例中,连续细纤维层的各成分可以以溶液或熔融的形式组合。在某些实施例中,细纤维是从溶液或分散体进行电纺丝的。例如,聚合物材料和树脂质醛组合物可分散或溶于适合于电纺丝的至少一种常见溶剂或溶剂共混物中。

[0165] 在一些实施例中,连续细纤维层可以形成在支撑层上。在一些实施例中,连续细纤维层可以形成在效率层上。

[0166] 在一些实施例中,当不同直径的纤维可以在连续细纤维层中形成不同分层时,在沉积较小纤维之前,较大纤维可以沉积在支撑件上。取决于层的数量,附加地或替代性地,在沉积较大纤维之前,较小纤维可以沉积在支撑件上。

[0167] 在一些实施例中,当不同直径的纤维可以在连续细纤维层中形成同一分层时,这些纤维可以同时形成。

[0168] 细纤维在例如静电或熔融纺丝形成期间被收集在支撑层上,并且常常在纤维制造之后进行热处理。优选地,连续细纤维层设置在作为纤维层的可渗透的粗纤维介质层(即,支撑层)的第一表面上。

[0169] 考虑到对于连续细纤维层所期望的大小和其他性质,本领域普通技术人员可以选择合适的聚合物和聚合物浓度。例如,在一些实施例中,纤维将优选地与它们用于过滤的流体(例如,液压流体、燃料、润滑剂)相容。如果纤维不与流体或其中的任何其他成分和添加剂发生反应并且不溶于流体(如此一来,细纤维结构在仅仅与流体接触时既不受到化学损害也不受到物理损害),则认为该纤维与流体相容。在示例性实施例中,聚合物溶液包括溶液1,如示例所述的。在示例性实施例中,聚合物溶液包括溶液2,如示例所述的。

[0170] 在一些实施例中,当不同直径的细纤维被混杂时,这些纤维可以同时形成。例如,当通过电纺丝形成两种(或更多种)纤维时,这些纤维可以通过同时共纺丝而形成,包括例如通过使用两个(或更多个)注射器,其中,每个注射器包括不同的聚合物溶液。附加地或替代性地,每个注射器可以使用不同的注射器泵进料速率。在一些实施例中,当不同直径的细纤维被混杂时,这些纤维可以通过交替形成纤维而形成,但使用每种聚合物溶液的非常短(例如,最高达10秒、最高达20秒或最高达30秒)的脉冲。

[0171] 在一些实施例中,当不同直径的纤维成层状时,这些纤维可以通过交替形成纤维

而形成。例如,当通过电纺丝形成两种(或更多种)纤维时,这些纤维可以通过替代性地对每种纤维进行纺丝而形成,包括例如通过使用两个(或更多个)注射器,其中,每个注射器包括不同的聚合物溶液。附加地或替代性地,每个注射器可以使用不同的注射器泵进料速率。在一些实施例中,当不同直径的纤维成层状时,这些纤维可以通过使用每种聚合物溶液的至少30秒的脉冲交替形成纤维而形成。

[0172] 可以使用任何合适的方法来形成可使用的小细纤维层和大细纤维层的组合。可以用于形成层状纤维结构的示例性方法包括表1的组A5、组B、组D5、组E、组I5或组J的方法中的一种或多种。可以用于形成混杂纤维结构的示例性方法包括表1的组A6、组D、组D6、组I或组L的方法中的一种或多种。在一些实施例中,可以形成包括层状纤维结构和混杂纤维结构两者的层的组合。在示例中描述了用于形成这种结构的示例性方法。

效率层

[0173] 效率层是非织造过滤器介质。

[0174] 在一些实施例中,效率层优选地充当深度负载层。

[0175] 示例性非织造过滤器介质包括湿法成网无树脂介质、湿法成网树脂粘结玻璃介质、熔喷介质、湿法成网纤维素介质和气流成网玻璃介质。

[0176] 示例性湿法成网无树脂介质包括具有10微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质(Duramax P164378,Donaldson有限公司,明尼苏达州明尼阿波利斯)、以及具有5微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质(Duramax P165332,Donaldson有限公司,明尼苏达州明尼阿波利斯)。

[0177] 示例性湿法成网树脂粘结玻璃介质包括:Lydall LyPore系列中的介质,例如LyPore XL Fluid Power 9104(Lydall有限公司,康涅狄格州曼彻斯特);Ahlstrom微玻璃系列中的介质,例如MFPS1301(Ahlstrom-Munksjö,芬兰赫尔辛基);以及H&V液压介质,例如1313级(Hollingsworth&Vose,马萨诸塞州东沃尔波尔)。

[0178] 示例性熔喷介质包括:Lydall LyPore MB系列中的介质,例如LyPore MB9031(Lydall有限公司,康涅狄格州曼彻斯特);以及H&V熔喷系列中的介质,PF23040级(Hollingsworth&Vose,马萨诸塞州东沃尔波尔)。

[0179] 示例性湿法成网纤维素介质包括:Ahlstrom燃料介质系列中的介质,例如100P-68级(Ahlstrom-Munksjö,芬兰赫尔辛基);以及H&V燃料介质系列中的介质,例如FS6314级(Hollingsworth&Vose,马萨诸塞州东沃尔波尔)。

[0180] 示例性气流成网介质包括来自Johns Manville的空气过滤介质中的介质,例如Evalith XLG-85(Johns Manville,科罗拉多州丹佛)。

[0181] 在一些实施例中,效率层优选地为湿法成网介质。

[0182] 在一些实施例中,效率层包括双组分纤维和效率纤维,其中,效率纤维的直径比双组分纤维更小。在一些实施例中,效率层可以进一步包括微纤化纤维素。

[0183] 在一些实施例中,效率层的密实度小于连续细纤维层的密实度。

[0184] 在一些实施例中,效率层的密实度为至少3%、至少4%、至少5%、至少6%、至少7%、至少8%、至少9%或至少10%。在一些实施例中,效率层的密实度最高达8%、最高达9%、最高达10%、最高达11%、最高达12%、最高达13%、最高达14%或最高达15%。在示例性实施例中,效率层的密实度在7%至12%的范围内。在一些实施例中,使用以下等式来计

算效率层的密实度:c＝BW/ρZ,其中BW是基重,ρ是纤维的密度,且Z是介质的厚度。如果效率层包括不同的纤维,则可以使用这些纤维的质量比率来确定密度(ρ)。基重可以根据TAPPI T410 om-08来测量。厚度可以根据TAPPI T411 om-15来测量。

[0185] 在一些实施例中,效率层的厚度为至少0.05mm、至少0.1mm、至少0.2mm或至少0.3mm。在一些实施例中,效率层的厚度最高达0.5mm、最高达1mm、最高达5mm、最高达10mm、最高达25mm或最高达50mm。在一些实施例中,效率层的厚度在0.2mm至50mm的范围内。在一些实施例中,效率层的厚度在0.2mm至1mm的范围内。在一些实施例中,效率层的厚度在0.2mm至0.5mm的范围内。厚度可以根据TAPPI T411 om-15来测量。

[0186] 如上所述,在一些实施例中,连续细纤维层具有与效率层的平均流量孔隙大小类似的平均流量孔隙大小。不希望受理论的约束,据信如果连续细纤维层的平均流量孔隙大小远小于效率层的平均流量孔隙大小,则较大比例的颗粒将被连续细纤维层捕获,从而降低过滤器寿命。另一方面,如果连续细纤维层的平均流量孔隙大小远大于效率层的平均流量孔隙大小,则效率层必须具有高密实度,并且过滤器将再次由于容量较低所致而使寿命降低。

[0187] 将认识到,可以基于过滤器介质的期望的效率和所过滤的颗粒的大小来选择平均流量孔隙大小。

[0188] 在示例性实施例中,效率层的平均流量孔隙大小为至少1μm、至少5μm、至少10μm、至少15μm或至少20μm。在示例性实施例中,效率层的平均流量孔隙大小最高达5μm、最高达10μm、最高达15μm、最高达20μm、最高达25μm、最高达30μm或最高达35μm。在特定的示例性实施例中,效率层纤维具有10μm至25μm的平均流量孔隙大小范围。在一些实施例中,平均流量孔隙大小优选地是使用毛细管流动孔隙测量术所确定的平均流量孔隙大小,如示例所述的。

[0189] 在一些实施例中,效率层具有比相邻连续细纤维层的孔隙大小分布更广泛的孔隙大小分布。

[0190] 如上所述,在一些实施例中,连续细纤维层具有比相邻效率层的孔隙大小分布更窄的孔隙大小分布。

[0191] 在一些实施例中,树脂质结合剂组分对于获得效率层的足够强度不是必要的。在一些实施例中,树脂质结合剂组分不包括在效率层中。

双组分纤维

[0192] 双组分纤维可以包括任何合适的双组分纤维或双组分纤维的组合。术语“双组分纤维”意指如下的纤维,即,该纤维具有:至少一种热塑性结合剂聚合物部分,其具有熔点;以及第二热塑性结构聚合物部分,其具有不同于且高于结合剂聚合物部分的熔点。这些纤维的物理构型典型地呈“并列型”或“皮芯型”结构。在并列型结构中,两种热塑性聚合物树脂典型地以呈并列型结构的连接形式挤出。低熔点聚合物充当结合剂,而高熔点聚合物充当结构材料。在皮芯型结构中,芯包含较高的结构纤维熔点,而皮包含较低的粘结层熔点。在一些实施例中,双组分纤维优选地具有皮芯型结构。

[0193] 双组分纤维的低熔点聚合物可以具有熔点,使得在热成型工艺期间纤维被加热到一定温度,从而使得低熔点聚合物可以将纤维熔合并粘结成完整的网。典型地,双组分纤维的高熔点聚合物是向网提供结构完整性并且或者在热粘结温度下或者在使用温度下不熔

化的材料。

[0194] 例如,在一个实施例中,双组分纤维可以包括熔点为至少100℃、至少120℃或至少140℃的低熔点聚合物。在一些实施例中,低熔点聚合物的熔点在140℃至160℃的范围内。双组分纤维可以进一步包括熔点为至少235℃或至少240℃的高熔点聚合物。在一些实施例中,低熔点聚合物的熔点在240℃至260℃的范围内。

[0195] 在另一个实施例中,双组分纤维可以包括熔点为至少50℃、至少60℃或至少70℃的低熔点聚合物。在一些实施例中,低熔点聚合物的熔点在70℃至115℃的范围内。双组分纤维可以进一步包括熔点为至少200℃、至少220℃或至少240℃的高熔点聚合物。在一些实施例中,高熔点聚合物的熔点在240℃至260℃的范围内。

[0196] 不希望受理论的约束,据信虽然双组分纤维的相对低熔点重量聚合物在片材、介质或过滤器形成条件下熔化以将双组分纤维和存在于片材、介质或过滤器制造材料中的其他纤维结合为机械稳定片材、介质或过滤器,但双组分纤维的高熔点聚合物有助于在热成型工艺期间保持效率层的低密实度结构,因为高熔点聚合物不熔化,且因此将网中的其他纤维保持分开。

[0197] 在一些实施例中,效率层可以包括第一双组分纤维和任选的第二双组分纤维。包括具有与第一双组分纤维不同的特征的第二双组分纤维可以改进将纤维形成为片材、层和/或过滤器介质的容易性。

[0198] 例如,第一双组分纤维可以包括熔点为至少100℃、至少120℃或至少140℃的低熔点聚合物。在一些实施例中,低熔点聚合物的熔点在140℃至160℃的范围内。第一双组分纤维可以进一步包括熔点为至少235℃或至少240℃的高熔点聚合物。在一些实施例中,低熔点聚合物的熔点在240℃至260℃的范围内。第二双组分纤维可以包括熔点为至少50℃、至少60℃或至少70℃的低熔点聚合物。在一些实施例中,低熔点聚合物的熔点在70℃至115℃的范围内。第二双组分纤维可以进一步包括熔点为至少200℃、至少220℃或至少240℃的高熔点聚合物。在一些实施例中,高熔点聚合物的熔点在240℃至260℃的范围内。

[0199] 双组分纤维的纤维直径典型地在5μm至50μm的范围内、常常在10μm至20μm的范围内。双组分纤维的长度典型地在0.1毫米(mm)至20mm的范围内,其常常具有约0.2mm至约15mm的长度。

[0200] 双组分纤维可以由任何合适的材料制成,包括例如各种热塑性材料,这些热塑性材料包括聚烯烃(比如,聚乙烯、聚丙烯等);聚酯(比如,聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)等);尼龙(比如,尼龙6、尼龙6,6、尼龙6,12等)。可以具有适当熔点的任何热塑性塑料均可以用于双组分纤维中,而高熔点聚合物可以用于纤维的高熔点部分中。双组分纤维可以具有例如PET/PET或尼龙6/尼龙6,6结构,其具有PET/不同熔点的组分或尼龙。

[0201] 示例性双组分纤维可以包括聚烯烃/聚酯(皮/芯)双组分纤维,借此聚烯烃(例如,聚乙烯皮)在低于芯(例如,聚酯、或聚酯/聚酯、或尼龙/尼龙材料)的温度下熔化。典型的热塑性聚合物包括:聚烯烃,例如聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯及其共聚物;聚四氟乙烯;聚酯,例如聚对苯二甲酸乙二醇酯;醋酸乙烯酯,例如聚醋酸乙烯酯、聚氯乙烯醋酸酯;聚乙烯醇缩丁醛;丙烯酸树脂,例如聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯;聚酰胺,例如尼龙;聚氯乙烯、聚偏二氯乙烯;聚苯乙烯;聚乙烯醇;聚氨酯;纤维素树脂,例如硝酸纤维素、醋酸

纤维素、醋酸丁酸纤维素、乙基纤维素等;任何以上材料的共聚物,例如乙烯-醋酸乙烯酯共聚物、乙烯-丙烯酸共聚物、苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物、Kraton橡胶等。

效率纤维

[0202] 效率纤维可以由任何合适的材料制成。例如,效率纤维可以包括玻璃、金属、二氧化硅、聚合物纤维、或其他相关纤维、或其混合物。效率纤维典型地是单组分纤维(即,单独的纤维典型地由单一组合物制成)。效率纤维的直径可以在0.1μm至50μm的范围内、或更优选地在0.1μm至10μm的范围内。

[0203] 在一些实施例中,效率纤维包括玻璃纤维。

[0204] 在一些实施例中,效率纤维包括除玻璃之外的材料的短切细纤维。在一些实施例中,效率纤维优选地不包括玻璃纤维。

[0205] 短切细纤维可以包括例如亲水性、疏水性、亲油性或疏油性纤维。

[0206] 短切细纤维可以包括各种材料中的一种或多种,包括天然存在的棉、亚麻、羊毛、各种纤维素和蛋白质天然纤维、或合成纤维(包括例如人造丝、丙烯酸纤维、芳纶纤维、尼龙、聚烯烃、聚酯纤维)。

微纤化纤维素

[0207] 在一些实施例中,效率层可以包括微纤化纤维素。例如,当效率纤维是短切细纤维时,效率层可以包括微纤化纤维素。在一些实施例中(包括当短切细纤维包括合成样品纤维时),效率层可以包括微纤化纤维素。

[0208] 本文中的微纤化纤维素(MFC)是指如由G.Chinga-Carrasco在纳米研究快报(2011年,6:417)中定义的材料:“MFC材料可以由以下各者组成:(1)纳米纤丝、(2)纤丝状细粒、(3)纤维碎片和(4)纤维。这暗示MFC不一定与微纤丝、纳米纤丝或任何其他纤维素

[0209] 纳米结构同义。然而,正确生产的MFC材料包含作为主要组分的纳米结构,即纳米纤丝。”这些成分的直径(或对于微纤化纤维素纤维而言,“横向尺寸”)在同一文件的表1中重现并且为如下:(1)纳米纤丝(小于0.1μm);(2)纤丝状细粒(小于1μm);(3)纤维或纤维碎片(10μm至50μm)。

[0210] 此外,如本文中所使用的术语“微纤化纤维素”不包括干磨纤维素(也称为微粉化纤维素或微细纤维素),并且不包括通过由酸水解去除无定形部分而获得的微晶纤维素,如美国专利号5,554,287所述的。

[0211] 在某些实施例中,所使用的微纤化纤维素纤维不具有“树形结构”(如美国专利出版物第2012/0043038号所述的),其中,所描述的纤丝化工艺引起纤维表面的外段和内段部分地从主纤维结构脱离并且变成通过一个段附接至主纤维结构的纤丝。例如,这种纤丝在纤维上提供更多结构以附接至纸结构中的其他纤维。对于某些实施例,这是不期望的。

[0212] 典型地,对于本披露内容的过滤介质有用的微纤化纤维素纤维的横向尺寸(例如,2维中的宽度)最高达4μm。典型地,有用的微纤化纤维素纤维具有至少700纳米(nm)的横向尺寸。

[0213] 在某些实施例中,大多数(即,大于50%)微纤化纤维素纤维的横向尺寸最高达4微米。在某些实施例中,大多数(即,大于50%)微纤化纤维素纤维具有700nm至4微米的横向尺寸。

支撑层

[0214] 过滤器介质的支撑层(本文中也称为基底)可以包括适合于在连续细纤维层的制造期间或在连续细纤维层的使用期间或在这两者期间为连续细纤维层提供支撑的任何材料。支撑层可以包括任何合适的多孔材料或由任何合适的多孔材料制成。

[0215] 典型地,纤维材料将用于支撑层。支撑层的纤维可以由天然纤维和/或合成纤维制成。合适的纤维可以包括纤维素纤维、玻璃纤维、金属纤维、或合成聚合物纤维、或其组合或混合物。

[0216] 在某些实施例中,支撑层包括平均直径为至少5微米或至少10微米的纤维。在一些实施例中,支撑层可以包括平均直径最高达250微米的纤维。

[0217] 在一些实施例中,支撑层为至少0.005英寸(125微米)厚,且常常为至少0.01英寸(250微米)厚。在一些实施例中,支撑层最高达0.03英寸(750微米)厚。

[0218] 在一些实施例中,支撑层的基重为至少8g/m^2、至少10g/m^2、至少15g/m^2或至少20g/m^2。在一些实施例中,支撑层的基重最高达70g/m^2、最高达100g/m^2或最高达150g/m^2。在示例性实施例中,支撑层的基重在8g/m^2至150g/m^2的范围内。在另一个示例性实施例中,支撑层的基重在15g/m^2至100g/m^2的范围内。基重可以根据TAPPI T410 om-08来测量。

[0219] 在一些实施例中,支撑层的密实度为至少5%、至少10%、至少20%、至少25%、至少30%或至少40%。在一些实施例中,支撑层的密实度最高达10%、最高达20%、最高达25%、最高达30%、最高达40%或最高达50%。在示例性实施例中,支撑层的密实度在10%至40%的范围内。在另一个示例性实施例中,支撑层的密实度在20%至30%的范围内。在一些实施例中,使用以下等式来计算支撑层的密实度:$c=BW/\rho Z$,其中BW是基重,ρ是纤维的密度,且Z是介质的厚度。如果效率层包括不同的纤维,则可以使用这些纤维的质量比率来确定密度(ρ)。基重可以根据TAPPI T410 om-08来测量。厚度可以根据TAPPI T411 om-15来测量。

[0220] 在一些实施例中,支撑层的平均流量孔隙大小为至少5μm、至少10μm、至少15μm、至少20μm或至少25μm。在一些实施例中,支撑层的平均流量孔隙大小最高达10μm、最高达15μm、最高达20μm、最高达25μm、最高达30μm、最高达35μm、最高达40μm、最高达50μm、最高达60μm、最高达70μm、最高达80μm或最高达90μm。在示例性实施例中,支撑层具的平均流量孔隙大小在10μm至25μm的范围内。在一些实施例中,平均流量孔隙大小优选地是使用毛细管流动孔隙测量术所确定的平均流量孔隙大小。

[0221] 在一些实施例中,支撑层的最大孔隙大小最高达10μm、最高达15μm、最高达20μm、最高达25μm、最高达30μm、最高达35μm、最高达40μm、最高达50μm、最高达60μm、最高达70μm、最高达80μm、最高达90μm、最高达100μm或最高达150μm。在示例性实施例中,支撑层的最大孔隙大小最高达90μm。

[0222] 在一些实施例中,支撑层(例如,尼龙稀松布)的最大孔隙大小可以根据毛细管流动孔隙测量术来确定。

[0223] 在一些实施例中,支撑层优选地包括一致的介质结构,即,介质的特征(包括例如孔隙大小、密实度、基重、或厚度、或那些特征的组合、或介质的这些特征中的每一者)跨越介质的长度和宽度是一致的。例如,在示例性实施例中,平均流量孔隙大小跨越介质的长度和宽度变化不超过30%、更优选地不超过25%、且甚至更优选地不超过15%。

[0224] 不希望受理论的约束,据信连续细纤维层的细纤维的纤维直径、一个或多个连续

细纤维层的厚度和支撑层的最大孔隙大小之间的相互作用对于实现结构稳健和高效的介质至关重要。例如,仅使用较高基重(例如,大于60g/m^2)的支撑层不会产生结构稳健的介质,因为如果支撑层的最大孔隙大小超过特定大小(例如,90μm)、如果细纤维直径低于特定大小、和/或如果细纤维厚度小,则在足够高的压降下进行过滤期间,连续细纤维层将在结构上受到损害。例如,当在最大孔隙大小为88μm的支撑层上将较小细纤维(例如,平均直径最高达500nm)用于连续细纤维层时,发现增加连续细纤维层的基重需要不可持续的高压才能使流体通过介质;相比之下,减小连续细纤维层的基重引起该层在过滤期间变得在结构上受到损害。尽管增加沉积在最大孔隙大小为88μm的支撑层上的连续细纤维层的至少一种纤维的纤维大小(例如,平均直径为至少600nm、更优选地为至少900nm)降低了介质的效率,但增加纤维大小也降低了压降并且产生了结构上稳健的介质,该介质在使用期间不会变得在结构上受到损害。

[0225] 支撑层可以由任何合适的材料形成。用于支撑层的合适材料的示例包括纺粘、湿法成网、粗梳或熔喷非织造材料、或其组合,包括例如纺粘-熔喷-纺粘。纤维可以呈织造物或非织造物的形式。合成非织造物的示例包括聚酯非织造物、尼龙非织造物、聚烯烃(例如,聚丙烯)非织造物、聚碳酸酯非织造物、或其共混或多组分非织造物。片材状支撑层(例如,纤维素、合成和/或玻璃或组合网)是过滤器支撑层的典型示例。合适的支撑层的其他示例包括呈纺粘物的聚酯或双组分聚酯纤维或聚丙烯/聚对苯二甲酸乙二醇酯、或聚乙烯/聚对苯二甲酸乙二醇酯双组分纤维。

[0226] 在一些实施例中,支撑层可以优选地包括聚合物纤维。可以选择聚合物纤维的一种或多种聚合物以便使其粘附到连续细纤维层的聚合物。在一些实施例中,聚合物纤维可以包括尼龙纤维或聚酯纤维。例如,如果连续细纤维层包括尼龙细纤维,则支撑层可以优选地包括尼龙。

[0227] 在一些实施例中,支撑层可以优选地包括纺粘纤维。纺粘支撑层虽然在孔隙大小方面表现出很大的差异,但在其他方面是廉价且强健的层,这可以使它们尤其适合用作过滤器介质中的支撑层。

[0228] 在一些实施例中,支撑层是薄介质(例如,小于0.5mm),其表现出高的渗透率;高的抗拉强度;以及小而均匀的孔隙大小。

[0229] 在示例性实施例中,支撑层包括CEREX 23200(Cerex Advanced Fabrics有限公司,佛罗里达州Cantoment)。CEREX 23200包括尼龙6,6,其厚度为8.4密耳(0.21mm)、基重为67.8g/m^2、密实度为28%、且每密实度的渗透率为615.1。

[0230] 如示例所述的,使用毛细管流动孔隙测量术,发现CEREX 23200的平均最大孔隙大小为66.4μm±21.9μm、平均流量孔隙大小为51.4μm±12.1μm、且平均最小孔隙大小为29.1μm±9.7μm。

[0231] 本发明在权利要求中限定。然而,下文提供了非限制性示例性方面的非详尽列表。这些方面的任何一个或多个特征均可以与本文所述的另一个示例、实施例或方面的任何一个或多个特征组合。

示例性方面

[0232] 方面1是一种过滤器介质,其包括:支撑层;连续细纤维层,其厚度最高达50μm;以及效率层;其中,包括支撑层和连续细纤维层的复合材料的P95/P50比率最高达1.8、最高达

1.9或最高达2;其中,效率层的P95/P50比率为至少1.8、至少1.9或至少2;并且其中,复合材料的P95值落在由效率层的P5和P50值所提供的范围内。

[0233] 方面2是方面1所述的过滤器介质,其中,复合材料的P95/P50比率大于1。

[0234] 方面3是方面1或2所述的过滤器介质,其中,效率层的P95/P50比率最高达10、最高达15或最高达20。

[0235] 方面4是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层的厚度为至少2μm。

[0236] 方面5是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层的厚度是通过扫描电子显微术(SEM)来测量的。

[0237] 方面6是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层位于效率层与支撑层之间。

[0238] 方面7是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,效率层位于过滤器介质的上游侧。

[0239] 方面8是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,过滤器介质进一步包括第二效率层。

[0240] 方面9是方面8所述的过滤器介质,其中,第二效率层与效率层相邻并位于其上游。

[0241] 方面10是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,效率层包括湿法成网无树脂介质、湿法成网树脂粘结玻璃介质、熔喷介质、湿法成网纤维素介质、或气流成网玻璃介质。

[0242] 方面11是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,效率层包括湿法成网介质。

[0243] 方面12是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,效率层包括双组分纤维和效率纤维,其中,效率纤维的直径比双组分纤维更小。

[0244] 方面13是方面12所述的过滤器介质,其中,效率纤维包括玻璃纤维。

[0245] 方面14是方面12或13所述的过滤器介质,其中,效率纤维包括短切细纤维。

[0246] 方面15是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,效率层包括微纤化纤维素纤维。

[0247] 方面16是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层包括直径最高达10微米(μm)的纤维。

[0248] 方面17是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层包括直径为至少1微米(μm)的纤维。

[0249] 方面18是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层包括具有椭圆形状的纤维。

[0250] 方面19是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层包括不同直径的纤维的混合物。

[0251] 方面20是方面19所述的过滤器介质,其中,不同直径的纤维被混杂在连续细纤维层的单个分层内。

[0252] 方面21是方面19或20所述的过滤器介质,其中,不同直径的纤维在连续细纤维层中形成不同分层。

[0253] 方面22是方面19至21中任一项所述的过滤器介质,其中,不同直径的纤维包括大

细纤维和小细纤维,其中,大细纤维的平均直径是小细纤维的平均纤维直径的至少3倍。

[0254] 方面23是方面22所述的过滤器介质,其中,连续细纤维层包括:第一细纤维层,其包括大细纤维;以及第二细纤维层,其包括小细纤维。

[0255] 方面24是方面22或23所述的过滤器介质,其中,大细纤维的平均直径为至少1μm。

[0256] 方面25是方面22至24中任一项所述的过滤器介质,其中,大细纤维的直径比小细纤维的直径大至少0.2μm、至少0.3μm或至少0.4μm。

[0257] 方面26是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,连续细纤维包括聚酰胺。

[0258] 方面27是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,支撑层包括纺粘层。

[0259] 方面28是前述方面中任一项所述的过滤器介质,其中,总$\beta_{10\mu m}$在循环流动条件下为至少5、至少7或至少10。

[0260] 方面29是方面28所述的过滤器介质,其中,当测试平板性能并且以单遍模式运行测试时除外,使用ISO/CD 23369第1版来评估循环流动条件,并且测试在25℃下运行;在10秒的循环中,通过介质的流速在5mm/sec与1.25mm/sec之间循环;ISO 12103-1中级测试粉尘提供10mg/L的上游颗粒浓度;每6秒收集连续颗粒浓度测量值;并且将流体电导率控制到1000皮西门子/米(pS/m)至1500pS/m的范围。

[0261] 方面30是一种过滤器元件,其包括前述方面中任一项所述的过滤器介质。

[0262] 方面31是方面30所述的过滤器元件,其中,线支撑件位于支撑层的下游。

[0263] 方面32是一种使用方面1至29所述的过滤器介质或方面30或31所述的过滤器元件来过滤流体的方法。

[0264] 方面33是方面32所述的方法,其中,流体包括空气、气体和液体。

[0265] 方面34是方面32或33所述的方法,其中,流体包括液压流体、油、燃料或润滑剂。

[0266] 本发明通过以下示例进行展示。将理解,特定示例、材料、量和程序将根据如本文中所阐述的本发明的范围和精神进行广义解释。

示例

聚合物溶液的制备

[0267] 为了制备溶液1,将尼龙共聚物树脂(SVP 651(Shakespeare公司,南卡莱罗纳州哥伦比亚),一种数均分子量为21,500至24,800的三元共聚物,其包括45%的尼龙-6、20%的尼龙-6,6和25%尼龙-6,10,也见表3)溶解在酒精(乙醇,190度)中并加热到60℃,以产生9%尼龙固体溶液。在冷却之后,将三聚氰胺-甲醛树脂(CYMEL 1133,Cytec Industries of West Paterson,新泽西州)添加到溶液以实现三聚氰胺-甲醛树脂与尼龙的重量比率为20:100重量份。三聚氰胺-甲醛树脂充当交联剂。附加地,将对甲苯磺酸(7%,基于聚合物固体)添加到溶液。搅拌溶液直至均匀。将溶液1用于制备0.25μm纤维。

[0268] 使用17%的尼龙固体溶液除外,如针对溶液1所述来制备溶液2(并且也导致三聚氰胺-甲醛树脂与尼龙的重量比率为20:100重量份)。将溶液2用于制备1μm纤维。

[0269] 利用Brookfield LV DV-IPrime粘度计结合Fisher Scientific Model 8005型温控水浴在25℃下测得溶液1和2的粘度值分别为30±5cP和300±5cP。

[0270] 为了制备溶液3,将共聚酰胺(Griltex D 1523A,EMS-Griltech,瑞士)溶解在乙醇、苯甲醇和水(乙醇:苯甲醇:水按重量计为16:1:1)的溶剂混合物中并加热到60℃,以产生21%(w/w)的溶液。利用Brookfield LV DV-IPrime粘度计结合Fisher Scientific

Model 8005型温控水浴在25℃下测得溶液3的粘度为473±10cP。将溶液3用于制备1.4μm纤维。

通过悬滴制备样品

[0271] 使用悬滴设备(即,填充有聚合物溶液的注射器)来制备样品。将高压施加到附接至注射器的针,并且以规定的泵速率来泵送聚合物溶液。随着聚合物溶液的液滴从针中流出,它在静电场的影响下形成泰勒锥。在足够高的电压下,从泰勒锥中射出射流,该射流经历拉伸,并且细纤维被形成并沉积在附接至充当收集器的旋转心轴的介质上。

[0272] 通过在24kV的电压下且以距一个或多个注射器4英寸的距离进行电纺丝,将纤维形成到围绕筒状件(直径为4英寸并以300rpm旋转)包绕的支撑层上,该一个或多个注射器以0.075mL/min的泵速率递送一种或多种聚合物溶液。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的细纤维热处理历时10分钟。

方法1:

[0273] 通过对来自两个不同注射器的两种不同电纺丝前体溶液(溶液1和溶液2)进行共纺丝,将混合纤维层沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^2且密实度为28%(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment),两个注射器以相同的泵速率(0.075mL/分钟)递送并且历时相同的持续时间(5分钟)。使用相同的泵速率和持续时间通过对来自单个注射器的溶液1或溶液2进行纺丝,来单独地制备两个对照样品,以分别产生仅包括小细纤维或大细纤维的层。

[0274] 所有样品都经受合成后处理,以经由交联来改进强健性。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

方法2:

[0275] 通过对来自两个不同注射器的溶液1和溶液2进行共纺丝,将一系列混合纤维层沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^2且密实度为28%(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment),两个注射器以相同的泵速率(0.075mL/分钟)递送并且历时相同的持续时间。使用相同的泵速率和持续时间通过对来自两个注射器的或者溶液1或者溶液2进行共纺丝,来单独地制备两个对照样品,以分别产生仅包括小细纤维或大细纤维的层。与方法1形成对比,对来自两个注射器(而不是一个注射器)的或者溶液1或者溶液2进行共纺丝对照样品与包括混合纤维层的样品之间的基重更加相似。

[0276] 所有样品都经受合成后处理,以经由交联来改进强健性。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

方法3:

[0277] 通过从包含溶液1或溶液2的两个注射器中的一个交替地(“脉冲式”)进行纺丝,将具有不同直径的纤维的一系列纤维层沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^2且密实度为28%(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment),两个注射器以相同的泵速率(0.075mL/min)递送并且根据表1中的定时序列交替地进行。

[0278] 所有样品都经受合成后处理,以经由交联来改进强健性。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

方法4:

[0279] 使用两步程序将一系列混合纤维结构沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^2且密实度为28%(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment)。

[0280] 在第一步中,通过以(0.075mL/min)的泵速率递送溶液2历时2分钟,将大细纤维(相当于0.43g/m^2覆盖率)沉积到稀松布上,以充当后续纤维的底层支撑层。

[0281] 在第二步中,通过从包含溶液1或溶液2(分别用于小细纤维和大细纤维)的两个注射器中任一个交替地("脉冲式")进行纺丝来沉积混合直径的细纤维层,两个注射器以相同的泵速率(0.075mL/min)递送并且根据表1中的定时序列交替地进行。

[0282] 所有样品(具有范围为从0.65至0.86g/m^2的近似总基重)都经受合成后处理,以经由交联来改进强健性。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

方法5

[0283] 使用两步程序将一系列结构(具有来自小细纤维组分的不同的基重贡献)沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^2且密实度为28%(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment)。

[0284] 在第一步中,通过以(0.075mL/min)的泵速率递送溶液2历时2分钟,将大细纤维(相当于0.43g/m^2覆盖率)沉积到稀松布上,以充当后续纤维的底层支撑层。

[0285] 在第二步中,通过以0.075mL/min的泵速率递送溶液1来沉积小细纤维层。该小细纤维层的基重为0.09g/m^2、0.10g/m^2、0.22g/m^2、0.31g/m^2、0.45g/m^2或0.56g/m^2,并且分别是通过使用达48秒、60秒、120秒、168秒、240秒或300秒的电纺丝持续时间实现的。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

表1.脉冲式电纺丝序列

样品 ID	脉冲式纺丝序列 （2 分钟的总持续时间）	基重（g/m^2）	结构和组合物*
组 A	2 min，仅溶液 1	0.65	100%小细纤维
组 A5	102 sec，溶液 1+ 18 sec，溶液 2	0.68	层状，2%大细纤维
组 A6	（51 sec，溶液 1+ 9 sec，溶液 2）x2	0.68	混杂，2%大细纤维
组 B	90 sec，溶液 1+ 30 sec，溶液 2	0.71	层状，5%大细纤维
组 D	（30 sec，溶液 1+ 10 sec，溶液 2）x3	0.71	混杂，5%大细纤维
组 D5	72 sec，溶液 1+ 48 sec，溶液 2	0.74	层状，7%大细纤维
组 D6	（18 sec，溶液 1+ 12 sec，溶液 2）x4	0.74	混杂，7%大细纤维
组 E	1 min，溶液 1+ 1 min，溶液 2	0.76	层状，10%大细纤维
组 I	（10 sec，溶液 1+	0.76	混杂，10%大细纤维

	10 sec，溶液 2）x6		
组 I5	42 sec，溶液 1+ 78 sec，溶液 2	0.79	层状，16%大细纤维
组 I6	（14 sec，溶液 1+ 26 sec，溶液 2）x3	0.79	混杂，16%大细纤维
组 J	30 sec，溶液 1+ 90 sec，溶液 2	0.81	层状，20%大细纤维
组 L	（10 sec，溶液 1+ 30 sec，溶液 2）x3	0.81	混杂，20%大细纤维
组 M	2 min，仅溶液 2	0.86	100%大细纤维

[0286] *较大细纤维的比例(基于纤维支数)是根据小细纤维(溶液1)和大细纤维(溶液2)的直径、前体纺丝溶液中的固体%、以及注射器泵进料速率和纺丝时间来估计的,如在下文的纤维比例计算章节所述的。

方法6

[0287] 制造一系列介质样品,其包括具有各种大小的细纤维的多个层。样品包括大细纤维的基层、接着是小细纤维层、以及顶部是大细纤维层(大/小/大,或L/S/L)。替代性地,样品包括大细纤维的基层、接着是小细纤维层、然后是混杂的小细纤维和大细纤维层、以及顶部是大细纤维层(大/小/混杂/大,或L/S/混杂/L)。

[0288] 通过对溶液2进行纺丝历时2分钟,将大细纤维(相当于0.43g/m^2覆盖率)沉积到稀松布上。不希望受理论的约束,据信大细纤维充当后续纤维层的底层支撑层。接下来,通过对溶液1进行纺丝历时2分钟来沉积第二小细纤维层(相当于0.22g/m^2覆盖率)。如果包括的话,则根据表1中的定时序列通过从包含溶液1或溶液2(分别用于小细纤维和大细纤维)的注射器交替地("脉冲式")进行纺丝来添加包括小细纤维和大细纤维两者的中间(混杂)层。最后,通过对溶液2进行纺丝历时2分钟来沉积顶部大细纤维层(相当于0.43g/m^2覆盖率)。所有溶液均以0.075mL/min的泵速率递送。

[0289] 所有样品(具有范围为从1.31至1.52g/m^2的近似总基重)都经受合成后处理,以经由交联来改进强健性。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

方法7

[0290] 还制备一系列介质样品,其包括大细纤维的基层以及小细纤维和大细纤维的混杂层。

[0291] 首先,通过以0.075mL/min的泵速率对溶液2进行纺丝历时2分钟,将包括大细纤维的第一细纤维层(相当于0.43g/m^2覆盖率)沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布

的基重为70g/m^{2}且密实度为28％(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment)。接下来,通过对来自两个不同注射器的两种不同电纺丝前体溶液(溶液1和溶液2)进行共纺丝来沉积包括混杂的小细纤维和大细纤维的第二细纤维层,两个注射器以相同的泵速率(0.075mL/分钟)递送并且历时相同的持续时间(或者2.5分钟或者4.5分钟)。

[0292] 所有样品都经受合成后处理,以经由交联来改进强健性。在电纺丝之后,在140℃下对所形成的纤维热处理历时10分钟。

方法8A

[0293] 经由在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离进行纺丝历时2.5分钟,从以0.075mL/min的泵速率递送的聚合物溶液(在乙醇:苯甲醇:水按重量计为16:1:1的溶剂混合物中的21％w/w Griltex D 1523A(EMS-Griltech AG,瑞士))(溶液3)将单一大小的纤维结构(标称纤维直径为1.4μm,基重为0.67g/m^{2}覆盖率)沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^{2}且密实度为28％(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment)。

方法8B

[0294] 经由在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离进行纺丝历时12分钟,从以0.075mL/min的泵速率递送的聚合物溶液(乙醇中的17％w/w SVP 651(参见表3))(溶液2)将单一大小的纤维结构(标称纤维直径为1μm,基重为2.59g/m^{2}覆盖率)沉积在0.2mm厚的纺粘尼龙稀松布上,该稀松布的基重为70g/m^{2}且密实度为28％(Media Grade 23200,Cerex Advanced Fibers,佛罗里达州Cantonment)。

方法8C

[0295] 经由在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离进行纺丝历时15分钟,从以0.075mL/min的泵速率递送的聚合物溶液(在乙醇:苯甲醇:水按重量计为16:1:1的溶剂混合物中的21％w/w Griltex D 1523A(EMS-Griltech,瑞士))(溶液3)将单一大小的纤维结构(标称纤维直径为1.4μm,基重为4.02g/m^{2}覆盖率)沉积到尼龙稀松布(Cerex,70g/m^2)上。

方法9:

[0296] 通过在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离对溶液3进行纺丝历时2分钟,将大细纤维(相当于0.54g/m^{2}覆盖率)沉积到稀松布上。

[0297] 接下来,通过在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离对溶液1进行纺丝历时2分钟来沉积第二小细纤维层(相当于0.22g/m^{2}覆盖率)。

[0298] 接下来,通过在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离对溶液3进行纺丝历时2分钟来沉积第三大细纤维层(相当于0.54g/m^{2}覆盖率)。

[0299] 最后,通过在24kV偏压下以4英寸的针到收集器距离对溶液3进行纺丝历时2分钟来沉积顶部大细纤维层(相当于0.54g/m^{2}覆盖率)。

介质手抄片的制备

[0300] 通过称重组分纤维以达到在形成为30cm x 30cm片材时所需的基重目标来制备手抄片。FORMAX 12″x 12″不锈钢片材模具(目录号G-100,Adirondack Machine Corporation,纽约州哈得孙佛斯)被用作手抄片成型器,并且通过在成型器的底部处放置孔隙小于100μm的均匀非织造稀松布层来做好准备(不使用可移除的成型线)。然后,用冷自来水填充成型器至几乎满,但要让出空间以便添加附加的1.5L水。将1mL的Tide HE洗衣皂

(Procter&Gamble,俄亥俄州辛辛那提)添加到手抄片成型器中的水。为了制备纤维,将1L冷自来水与200mL的5%醋酸水溶液一起添加到Vitamix共混器中。将称重的纤维添加到共混器并以中低速度混合历时180秒。然后,将共混器的内容物添加到手抄片成型器,并且将手抄片成型器的内容物混合以确保纤维均匀地分布。从手抄片成型器的底部排出水,从而允许纤维在被收集于非织造稀松布上时形成片材。在线侧上使用真空吸力从片材去除水,并且在单面热板快速干燥器(135型快速干燥器,Emerson Apparatus,缅因州哥尔罕)上在120℃下对手抄片(仍然在稀松布上)进行干燥历时10分钟。将片材(从稀松布)上取下并允许在使用之前将其冷却至环境条件。

介质表征

稳定流动条件测试

[0301] 在稳定流动条件下使用ISO 16889:2008(液压流体动力—过滤器—用于评估过滤器元件的过滤性能的多遍方法)来评估β比率,当测试平板性能时除外(以单遍模式而不是测试标准要求的多遍模式运行测试)。在25℃下而不是在测试标准要求的40℃下运行测试。通过介质的流速为5mm/sec。使用ISO 12103-1中级测试粉尘(Powder Technology有限公司,明尼苏达州阿登希尔斯)来提供10mg/L的上游颗粒浓度。每6秒收集连续颗粒浓度测量值。

循环流动条件测试

[0302] 在循环流动条件下使用ISO/CD 23369第1版(液压流体动力—在循环流动条件下评估过滤器元件的过滤性能的多遍方法)来评估β比率,当测试平板性能时除外(以单遍模式而不是测试标准要求的多遍模式运行测试)。在25℃下而不是在测试标准要求的40℃下运行测试。在10秒的循环(在每个速度下为大约5秒)中,通过介质的流速在5mm/sec与1.25mm/sec之间循环。使用ISO 12103-1中级测试粉尘(Powder Technology有限公司,明尼苏达州阿登希尔斯)来提供10mg/L的上游颗粒浓度。每6秒收集连续颗粒浓度测量值。将流体电导率控制到1000至1500皮西门子/米(pS/m)的范围。

颗粒计数器的校准

[0303] 根据ISO 11171:2016(液压流体动力—用于液体的自动颗粒计数器的校准)校准颗粒计数器以用于ISO测试程序中。

压降

[0304] 使用表2中所示的测试条件,如ISO 3968:2017所述来测量压降。

表2-压降测试条件

流体	MIL5606液压油
介质面积	0.0507m^2
流体粘度	22厘斯(cSt)
流体温度	25℃

扫描电子显微术(SEM)

[0305] 通过用金和钯混合物溅射涂覆表面来制备样品以进行自上而下的SEM成像,该金和钯混合物包括Au:Pd为60:40的混合物。典型地,使用5kV或10kV加速电压,并利用二次电子检测器或背散射电子检测器在x500、x1000和x2500放大倍率下收集图像。

[0306] 通过以下步骤来制备样品以进行截面SEM成像:制备在支撑层上包括细纤维的3mm

x 20mm样品、将样品细纤维面朝下放置在硬表面上的称量罐中;用液氮填充罐以浸没样品。在至少30秒之后,使用剃须刀片切割样品(同时仍浸在液氮中)以暴露截面。在进行切割并经过了附加的10至20秒之后,将样品从液氮中取出并安装到SEM成像件。然后,用60:40的Au:Pd来溅射涂覆样品。典型地,使用5kV加速电压,并利用二次电子检测器在x1000放大倍率下收集图像。

纤维直径

[0307] 通过经由自上而下的SEM使纤维成像并在所得显微照片中测量纤维直径(或其他感兴趣的尺寸),来执行通过扫描电子显微术(SEM)进行的纤维直径大小确定。使用图像处理软件(比如,ImageJ(FIJI Is Just ImageJ(FIJI),ImageJ的更新版本)和/或Weka Segmentation(ImageJ插件))来进行纤维大小确定。在样品中的至少30个位置中测量纤维的直径。

细纤维层厚度

[0308] 通过扫描电子显微术(SEM)经由SEM的截面分析来测量细纤维样品的厚度,如上文所述来进行制备。使用FIJI确定在来自样品不同部分的至少5个图像中细纤维层的厚度。具体地,使用多边形工具标示细纤维层的顶部和底部,清除所选择的细纤维截面之外的区域,使用阈值水平工具将所选择的细纤维截面的区域重新着色为白色以补偿所选择的剖面的边界上的纤维,并且测量并记录图像中的最大厚度。将这些最大值中的五个四舍五入到最接近的十分之一微米,且然后对它们求平均值以提供细纤维样品的厚度。

基于纺丝时间的纤维比例计算

[0309] 使用以下等式来确定小细纤维和大细纤维的相对量(基于总纤维支数):

$$\%大纤维 = 100 \times \frac{(V_L/D_L^2)}{((V_L/D_L^2)+(V_S/D_S^2))}$$

[0310] 其中D_L和D_S分别是大细纤维和小细纤的直径;并且V_L和V_S分别是包括大细纤维和小细纤维的聚合物的体积。小细纤维或大细纤维的体积V是根据下式计算得出的:

$$V = \left(\%\frac{w}{v}\right) \times (泵速率 \times 纺丝时间) \times \frac{1}{\rho}$$

[0311] 其中ρ是包括小细纤维或大细纤维的聚合物的密度,并且%w/v是指聚合物溶液的基于质量/体积的固体含量。

基于显微术的纤维比例计算

[0312] 经由SEM在适当的放大倍率(例如,500x、1000x或2500x)下获得样品图像。通过以下方式来确定一个或多个纤维群体的存在:对图像内的所有纤维进行计数、接着是基于在25%变化内的分组直径将其分类为小细纤维和大细纤维。使用图像处理软件(比如ImageJ)来测量纤维大小。通过获取小细纤维支数与图像内的总纤维(小细纤维和大细纤维两者)支数的比率来计算小细纤维的比例。

密实度

[0313] 使用以下等式来计算非织造层(包括例如非细纤维层或者包括细纤维层和非细纤维层的复合材料)的密实度(c):

$c = BW/\rho Z$

[0314] 其中BW是基重,ρ是纤维的密度,且Z是介质的厚度。如果非织造层包括不同的纤维,则可以使用这些纤维的质量比率来确定密度(ρ)。

[0315] 根据TAPPI T411 om-15(标题为“纸、纸板和组合板的厚度(厚度)(Thickness (caliper)of paper,paperboard,and combined board)”)来测量厚度,并且使用1.5psi的足部压力。使用TAPPI T410 om-08来测量基重。

[0316] 由于难以测量细纤维层的厚度,因此细纤维层的密实度是使用Kirsch-Fuchs等式(参见Kirsch等人的“关于纤维气溶胶过滤器的研究-III气溶胶在纤维过滤器中的扩散沉积(Studies on Fibrous Aerosol Filters-IIIDiffusional Deposition of Aerosol in Fibrous Filter)”Ann.Occup.Hyg.,1968年;11:299-304)的改编版本使用实验测得的压降值计算得出的。使用FHAST台来确定压降(ΔP或dP),如下文在液体过滤性能测试章节所述的。

[0317] 首先,根据以下修改的Kirsch-Fuchs等式计算得出无量纲纤维阻力参数$F^*_{1.0}$:

$$\Delta P = \frac{4\left(\frac{BW}{\rho}\right)\mu U_\infty}{\pi D_f^2} F^*_{1.0}$$

[0318] 其中BW是基重,ρ是纤维的密度,μ是液体的粘度(用于压降测试),U_∞是在压降测试期间液体通过介质的速度,且D_f是有效纤维直径。根据FHAST台来确定ΔP,如下文在液体过滤性能测试章节所述的。

[0319] 其次,使用以下等式根据$F^*_{1.0}$计算得出密实度(c):

$$F^*_{1.0}=4.3548e^{8.8822c}$$

[0320] 对于混合纤维介质,有效纤维直径占小纤维和大纤维的相对量,并且根据以下等式计算得出:

$$r_{有效} = \frac{\sum_{i=0}^{n} r_i^2 l_i}{\sum_{i=0}^{n} r_i l_i}$$

[0321] 其中r_{eff}是有效纤维半径,r_i是纤维i的半径,且l_i是纤维i的分数或相对量。有效纤维直径=$2r_{eff}$。

[0322] 如下计算一个或多个细纤维层的基重:

细纤维层的总基重=(细纤维的质量)/(稀松布的面积)

[0323] 如下计算细纤维的质量:

细纤维的质量=(溶液中的%w/v聚合物)x(泵速率)x(纺丝时间)

[0324] 当制造细纤维的方法未知时,可以在将细纤维与稀松布或支撑件分离(例如,通过剥离或脱层)之后如下计算细纤维的质量:

[0325] 细纤维的质量=(介质样品的总质量)-(裸稀松布或支撑件的质量)

毛细管流动孔隙测量术(孔隙大小测量)

[0326] 使用在Porometer 3G(Quanachrome Instruments,加利福尼亚州博茵顿沙滩)上的连续压力扫描通过毛细管流动孔隙测量术方法来执行孔隙大小测量。

流动孔隙测量方法A

[0327] 该方法使用Porofil润湿溶液作为润湿液(Quantachrome Instruments,Anton Paar,佛罗里达州博茵顿沙滩),并且在湿态和干态两种状态(先湿态后干态)下测试样品。使直径为25mm的样品经受从0.0256bar至1.275bar的连续压力扫描,以确定直径在1μm至100μm的范围内的孔隙大小。

流动孔隙测量方法B

[0328] 该方法使用硅酮油,其表面张力为20.1达因/cm且润湿接触角为0,并且在湿态和干态两种状态(先干态后湿态)下测试样品。使直径为6mm的样品经受所选择的连续压力扫描,以测量在2%至98%的范围内的大多数累积孔隙大小分布。

[0329] 对于这两种方法,样品在湿和干状态时都从低压到高压进行了测试。来自测试饱和部分的气流和样品压力通常称为湿曲线。针对干曲线和湿曲线两者,跨越压力的扫描范围收集256个数据点。以每分钟大约17个数据点的速率在整个扫描中收集数据点。测试是在环境条件(例如,20℃至25℃)下执行的。没有应用经验曲折因子和/或形状因子来调整孔隙大小直径定义。

[0330] 流动孔隙测量测试程序收集了用于干燥样品的一组压力(典型地绘制在x轴上)和气流(典型地绘制在y轴上)数据、以及用于饱和(湿润)样品的一组压力和气流数据。这两组数据通常称为干曲线和湿曲线。即:

干曲线=$V_{干}$=通过干燥样品的气流随压力的变化

湿曲线=$V_{湿}$=通过饱和样品的气流随压力的变化

[0331] 基于毛细管理论,可以使用Young-Laplace公式将样品两端的压力(ΔP)转换为孔隙直径(d),

$$d = \frac{4\gamma \cos\theta}{\Delta P} \times \text{(经验因子)}$$

[0332] 其中,

γ=流体表面张力

θ=流体接触角

d=孔隙直径

ΔP=样品两端的压力

[0333] 这种转换允许将干曲线和湿曲线定义为随孔隙直径变化。即:

干曲线=$V'_{干}$=通过干燥样品的气流随直径的变化

湿曲线=$V'_{湿}$=通过饱和样品的气流随直径的变化

[0334] 累积流量孔隙大小分布(Q)被定义为湿曲线与干曲线的比率随孔隙直径的变化。其中,

$$Q(d) = \frac{V'_{湿}}{V'_{干}}$$

[0335] 累积分布可以被表示为从0%至100%的递增累积分布,或者被表示为从100%至0%的递减累积分布。本文件中的孔隙大小是根据递增的累积流量孔隙大小分布定义的。其中,

递增的累积流量孔隙分布=1-Q(d)

[0336] 为了更好地识别沿着该曲线的点,本文件定义了等于对应的孔隙直径(d)的各种P

(x%)值

P(x%)＝d,其中x%＝1-Q(d)

[0337] 示例包括但不限于以下各者:

P5是递增的累积流量孔隙分布为5%的孔隙直径。

P10是递增的累积流量孔隙分布为10%的孔隙直径。

P50是递增的累积流量孔隙分布为50%的孔隙直径。

P90是递增的累积流量孔隙分布为90%的孔隙直径。

P95是递增的累积流量孔隙分布为95%的孔隙直径。

[0338] 在报告最大孔隙大小的情况下,通过使用Porometer 3G(Quanachrome Instruments,加利福尼亚州博茵顿沙滩)、使用自动起泡点(BP自动公差)方法检测起泡点来确定最大孔隙大小。根据该方法,在流体开始穿过样品之后发现起泡点,并且三次连续测量增加至少1%。起泡点是在三个点的这个序列开始时的值。

空气过滤性能

[0339] 利用高效平板(HEFS)TSI自动过滤器测试仪(型号8127,测试台(TSI Incorporated,明尼苏达州肖维尤))来评定空气过滤性能,以在14.7升/分钟(L/min)的流速下使用0.3μm油(双(2-乙基已基)癸二酸酯,Sigma-Aldrich)液滴(气溶胶)来测量颗粒捕获效率以挑战4英寸直径的介质样品。TSI的CertiTest型号8127自动过滤器测试仪被设计成用于根据最新的美国政府和全行业规范来测试过滤器、呼吸器滤芯和过滤器介质,并满足42CFR§84(1995年6月8日)的标准。

液体过滤性能测试

[0340] 利用平板、高精度、单遍双流体(FHAST)台来评定液体过滤性能,该FHAST台具有以下特征:流速控制:57mL/min至580mL/min,误差为±2%;温度控制:25℃至40℃,误差为±0.25℃;dP测量:0psi至25psi,误差为±0.065%;颗粒大小:1.7μm至20μm;最大颗粒浓度:1,000,000/mL;稀释能力:5:1至100:1。使用根据ISO 11171:2016的ISO中级测试粉尘(在液压流体中的浓度为10毫克/升(mg/L)且流速为0.347L/min)在静态模式下使用FHAST台,以挑战2英寸直径的介质样品。贯穿测试的持续时间,以规则的时间间隔(大约每7秒)收集针对特定污染物颗粒大小的介质dP和效率值(使用市售颗粒计数器测得,具体地用于液体的PAMAS 4132颗粒计数系统,其利用根据ISO 11171:2016的ISO中级测试粉尘校准,液压流体动力-用于液体的自动颗粒计数器的校准),在达到20psi的预设最大介质dP时终止该测试(利用两个测试介质dP传感器测得:(A)0psi至5psi、±0.025%精度的差压变换器;高精度、低量程dP传感器和(B)0psi至25psi、±0.065%精度的差压变换器;低精度、高量程dP传感器)。

[0341] 在稳定流动条件(通过直径为2英寸的介质样品为347mL/min)下使用ISO 16889:2008(液压流体动力—过滤器—用于评估过滤器元件的过滤性能的多遍方法)来评估Beta比率,当测试平板性能时除外(以单遍模式而不是测试标准要求的多遍模式运行测试)。使液压流体(Mobil Aero HF,MIL-PRF-5606)载满浓度为10mg/L的ISO 12103-1A3中级测试粉尘(有限公司,明尼苏达州阿登希尔斯)。贯穿测试持续时间,每7秒记录瞬时beta值。当达到20psi的终点dP时,测试结束。

品质因数

[0342] 品质因数是衡量过滤器介质的性能以及过滤器介质使用最少的能量来提供流体的一定的澄清程度的能力的量度。较大的品质因数值总体上好于较小的值。

[0343] 品质因数(FOM)值是根据分数穿透率(P,上游计数和下游计数的比率)、压降(dP,英寸H_2O柱)和迎面风速(u,fpm)计算得出的:

$$FOM = (-\log_{10} P)/(dP/u)$$

[0344] 分数穿透率(P)、压降(dP)和迎面风速(u)是使用如上文所描述的HEFS TSI自动过滤器测试仪(型号8127,测试台)测量的。

扫描电子显微术(SEM)

[0345] 通过用金进行溅射涂覆来制备样品以进行SEM成像。典型地,使用5kV或10kV加速电压,并利用二次电子检测器或背散射电子检测器在x500、x1000和x2500放大倍率下收集图像。

示例1

[0346] 通过组合以下各者来构造XP/细纤维/稀松布介质:作为效率层的具有10微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质(“10XP”,Donaldson有限公司,明尼苏达州明尼阿波利斯)、支撑层(CEREX 23200,Cerex Advanced Fabrics有限公司,佛罗里达州Cantoment)、以及使用电纺丝沉积在支撑层上的连续细纤维层。连续细纤维层(直径为0.9μm)由SVP 651(参见表3)形成。效率层是最上游的层;连续细纤维层放置在效率层的下游;并且支撑层(稀松布)放置在连续细纤维层的下游。

[0347] 这些层放置在彼此的顶部上并放置在过滤器壳体中。

[0348] 针对以下各者在稳定流动条件下(如稳定流动条件测试所述的)或在循环流动条件下(如循环流动条件测试所述的)测量Beta比率与颗粒大小的关系:具有10微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质(“10XP”,Duramax P164378,Donaldson有限公司,明尼苏达州明尼阿波利斯)、具有5微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质(“5XP”,Duramax P165332,Donaldson有限公司,明尼苏达州明尼阿波利斯)、以及XP/细纤维/稀松布介质。结果在图3中示出。

[0349] 尽管观察到具有5微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质和XP/细纤维/稀松布介质的效率相当,但XP/细纤维/稀松布介质表现出改进的压降,如图3B中所示。

表3所报告的SVP 651树脂的物理性质是:

性质	ASTM 方法	单位	典型值
比重	D-792	—	1.08
吸水率（浸没 24 hr）	D-570	%	2.5
硬度	D-240	邵氏硬度 D	65
熔点	DSC	℃.（℉.）	154（309）
抗拉强度@屈服	D-638	MPa (kpsi)	50 (7.3)
断裂伸长率	D-638	%	350
挠曲模量	D-790	MPa (kpsi)	180 (26)
体积电阻率	D-257	ohm-cm	10^{12}

示例2

[0350] 如示例1所述来构造XP/细纤维/稀松布介质。XP/细纤维/稀松布介质和具有10微米效率评级的Synteq XP™合成液体介质(Donaldson有限公司,明尼苏达州明尼阿波利斯)放置在线支撑件上并打褶以形成过滤器元件。然后,在稳定流动条件下(如稳定流动条件测试所述的)或在循环流动条件下(如循环流动条件测试所述的)测试过滤器元件。结果在图4(稳定流动条件)和图5(循环流动条件)中示出。

[0351] 在稳定流动条件下,没有细纤维层的Synteq XP™合成液体介质实现了国际标准化组织(ISO)清洁度代码(如ISO 4406:2017所述进行测量和定义)的降低(从22/21/17降低至18/14/4),并且细纤维层的添加实现了清洁度代码的进一步降低(降低至14/8/3),压降相当-即,包括XP/细纤维/稀松布介质的过滤器元件的压降是在包括没有细纤维的Synteq XP™合成液体介质的过滤器元件的压降的20%以内、且通常在10%以内。

[0352] 在动态流动条件下,没有细纤维层的Synteq XP™合成液体介质实现了清洁度代码的降低(从22/21/17降低至22/18/8),但细纤维层的添加实现了清洁度代码的程度大得多的降低(22/21/17降至18/14/4),从而实现了在稳定流动条件下在没有细纤维的情况下所实现的相同水平,再次,压降相当。

示例3

[0353] 根据悬滴样品制备方法3、表1组A(小细纤维直接沉积在稀松布上)和悬滴样品制备方法4、表1组A(小细纤维沉积在沉积于稀松布上的大细纤维层上)来制备介质。

[0354] 大细纤维层沉积在稀松布上的示例性图像在图2B中示出。

[0355] 小细纤维直接沉积在稀松布上的示例性图像在图2C中示出,并且小细纤维沉积在

沉积于稀松布上的大细纤维层上的示例性图像在图2D(小细纤维沉积在沉积于稀松布上的大细纤维层上)中示出。

示例4

[0356] 根据悬滴样品制备方法1来制备介质。所得非织造物的理论基重为1.64g/m^2。

[0357] 对照非织造介质(通过对来自两个不同注射器的每种单一电纺丝前体溶液进行共纺丝来制备)的理论基重对于溶液1和溶液2分别为0.56g/m^2或1.08g/m^2。

[0358] 所得介质的SEM图像在图2E中示出。

示例5

[0359] 在最高达20psi(在0.56英尺/分钟的迎面风速下,如液体过滤性能测试方法中进一步描述的)的FHAST台测试期间评估复合材料样品的样品完整性,并对照复合材料最大孔隙大小绘制每种复合材料的初始压降。如该示例中所使用的,“复合材料”是指任何细纤维层(包括例如第一细纤维层、第二细纤维层等)和支撑层。复合材料包括至少一个细纤维层。

[0360] 根据流动孔隙测量方法A通过流动孔隙测量来测量每个样品的复合材料平均最大孔隙大小(P100)和复合材料平均流量孔隙大小(P50)。

[0361] 每个样品包括混合直径的细纤维和基底。一些样品包括细纤维(这些细纤维包括“大”细纤维和“小”细纤维)层,如方法1、2或3所述进行制备。一些样品包括第一连续细纤维层和第二连续细纤维层,其中第一连续细纤维层包括细纤维,这些细纤维的平均直径是第二连续细纤维层的最小纤维的平均纤维直径的至少三倍,如方法4、5、6或7所述进行制备。

[0362] 结果在图6中示出。三角形表示贯穿FHAST台测试保持细纤维的结构完整性的样品;正方形表示在FHAST台测试期间遭受细纤维爆裂(由beta塌陷指示)的样品。包括两个细纤维层的样品由填充的形状指示,第一层包括细纤维,这些细纤维的平均直径是第二细纤维层的最小纤维的平均纤维直径的至少三倍。包括一个细纤维层(包括混合直径的纤维)的样品由未填充的形状指示。

[0363] 仅有一个细纤维层的大多数介质样品(即,使用方法1、2或3所制备的)表现出细纤维损伤(由空心正方形表示)。

[0364] 在FHAST台测试层期间,仅有一个细纤维层的少数介质样品经受住了最高达20psi的压力(由空心三角形表示)。不希望受理论的约束,据信这些细纤维层经受住了测试,因为覆盖率(基重)非常高—但如此高的基重是以较高的初始压降为代价的。

[0365] 相比之下,使用方法4、5、6或7制备并且包括两个细纤维层的所有介质样品均保持细纤维的结构完整性(由填充的三角形表示)。

[0366] 结果展示,复合材料平均最大孔隙大小(图6A)和复合材料平均流量孔隙大小(图6B)两者都与复合材料承受FHAST台测试(一种与复合材料在液体过滤期间承受至少20psi压降的能力高度相关的实验室测试,其指示比不能承受相同条件的过滤器介质更好的过滤器性能)的能力相关。

[0367] 虽然复合材料平均最大孔隙大小(P100)最高达20μm的一些介质样品承受住了FHAST台测试,但针对复合材料平均最大孔隙大小介于14μm与20μm之间的介质样品观察到了过渡区,在该过渡区处,一些介质样品开始测试失败。

[0368] 类似地,虽然复合材料平均流量孔隙大小(P50)最高达11μm的一些介质承受住了FHAST台测试,但针对复合材料平均最大孔隙大小介于6μm与11μm之间的介质样品观察到了

过渡区,在该过渡区处,一些介质样品开始测试失败。

[0369] 例如,没有复合材料平均最大孔隙大小为11μm的大细纤维支撑件的样品无法经受住FHAST台测试,而具有复合材料平均最大孔隙大小为11μm的大细纤维支撑件的样品能够经受住FHAST台测试。能够使用具有较大孔隙大小的细纤维样品允许微调效率,而所得复合材料没有不利的压降。

示例6

[0370] 根据悬滴样品制备方法8A-8C来制备包括细纤维层和支撑层的复合材料,以形成细纤维样品A、细纤维样品B和细纤维样品C(这些细纤维样品中的每一者还包括支撑层,如上文所描述的)。

[0371] 如在介质手抄片的制备章节所述来制备效率层,该效率层包括40wt-%玻璃纤维(Lauscha B-10-F,标称纤维直径为1μm,Lauscha Fiber International(德国劳沙))和60wt-%双组分纤维(Teijin TJ04CN,Teijin Limited(日本东京))以形成效率层A。

[0372] 根据流动孔隙测量方法B,对细纤维样品A、细纤维样品B、细纤维样品C和效率层A执行毛细管流动孔隙测量术测量。结果在表4和图7中示出。

表4.

	P95	***P90***	***P50***	***P10***	***P5***	***P95/P50***	***P95/P5***
效率层 A	17.81 μm	15.73 μm	8.82 μm	5.40 μm	4.70 μm	2.02 μm	3.30 μm
细纤维样品 A	8.59 μm	7.69 μm	5.07 μm	3.89 μm	3.62 μm	1.70 μm	2.21 μm
细纤维样品 B	5.85 μm	5.54 μm	3.48 μm	2.29 μm	2.12 μm	1.68 μm	2.55 μm
细纤维样品 C	4.39 μm	4.06 μm	2.88 μm	1.70 μm	1.45 μm	1.52 μm	2.58 μm

[0373] 如在介质手抄片的制备章节所述来制备介质,该包介质括40wt-%玻璃纤维(Lauscha B-26-R,标称纤维直径为2.4μm,Lauscha Fiber International(德国劳沙))和60wt-%双组分纤维(Teijin TJ04CN,Teijin Limited(日本东京))以形成负载层A。

[0374] 在稳定流动条件和循环流动条件两者下评定包括负载层A和效率层A两者的过滤器介质的性能。结果在表5A中示出。如从表5A中的结果可以看出,尽管在没有细纤维层的情况下负载层和效率层在稳定流动条件下具有良好的性能(如由低压降(ΔP)所指示)且在循环流动条件下具有高效率,但效率是急剧下降的。虽然在稳定流动条件下介质可以高效率地过滤10μm直径的颗粒,但在循环流动条件下,针对相同直径的颗粒的效率要低50倍以上。类似地,虽然在稳定流动条件下介质可以过滤99%的直径为9.3μm的颗粒,但在循环流动条件下,除非颗粒直径为27μm,否则无法实现相同的99%过滤。

[0375] 如表5B中所示,某些细纤维层(细纤维样品A、细纤维样品B)的添加可以“挽救”这

种效率损失,同时保持可接受的压降。相比之下,细纤维样品C的添加导致不期望地高的压降(是单独的负载层A和效率层A所表现出的压降的3x大)。细纤维样品C的孔隙比效率层A小,使得细纤维样品C(4.39μm)的P95不落在效率层A的P5-P50范围(4.70μm至8.82μm)内。相比之下,纤维样品A和细纤维样品B两者的P95都落在效率层A的P5-P50范围(4.70μm至8.82μm)内。

[0376] 在细纤维层中具有非常小的孔隙大小(如在例如细纤维样品C中)导致压降增加,因为细纤维阻止空气流过过滤器介质。此外,不希望受理论的约束,据信使细纤维层的孔隙大小比效率层的孔隙大小小得多也是效率较低的,因为细纤维层捕获的颗粒大小是效率层中不能捕捉到的。相比之下,当细纤维层和效率层的孔隙大小重叠时,细纤维层捕捉到的颗粒大小也可能被效率层捕捉到。

表5A.

测试条件	过滤器介质层	有效ΔP	总$\beta_{10\mu m}$	β100
稳定流动	负载层A/效率层A	7.6kPa	152	9.3μm
循环流动	负载层A/效率层A	7.2kPa	2.39	27μm

表5B

测试条件	过滤器介质层	有效ΔP	总$\beta_{10\mu m}$	β100
循环流动	负载层A/效率层A/细纤维样品A	10.3kPa	8.53	17μm
循环流动	负载层A/效率层A/细纤维样品B	15.8kPa	129	9.5μm
循环流动	负载层A/效率层A/细纤维样品C	23.2kPa	2470	4.1μm

示例7

[0377] 根据“细纤维层厚度”方法来分析根据方法9所制备的样品。示例性图像在图8A中示出,其中,细纤维层的整个深度在截面中可见,而支撑层的纤维在图像的底部处部分可见。

[0378] 图8B示出了使用多边形工具对细纤维截面的标示。图8C示出了在所选择的细纤维截面之外的区域已被清除之后的图像。图8D示出了所选择的细纤维截面的区域在使用阈值水平工具将它重新着色为白色(以补偿所选择的剖面的边界上的纤维)之后的情况,并且虚线指示图像中的所测量和记录的最大厚度(5.97μm)。将这些最大值中的五个四舍五入到最接近的十分之一微米,且然后对这些四舍五入的值求平均值。结果在表6中示出。

表6

	最大厚度(μm)	四舍五入
样品1	5.97	6
样品2	8.17	8.2
样品3	7.203	7.2
样品4	6.941	6.9
样品5	4.702	4.7
细纤维层平均厚度		6.6

[0379] 本文引用的所有专利、专利申请和出版物以及电子可用材料的完整披露内容均以引用的方式并入。在本申请的披露内容与通过引用并入本文的任何文献的(多个)披露内容之间存在任何不一致的情况下,应以本申请的披露内容为准。前述详细描述和示例仅是为

清楚理解而给出。不应从中理解不必要的限制。本发明并不限于所示出和描述的准确细节，对本领域技术人员显而易见的变型将被包括在由权利要求书限定的本发明内。

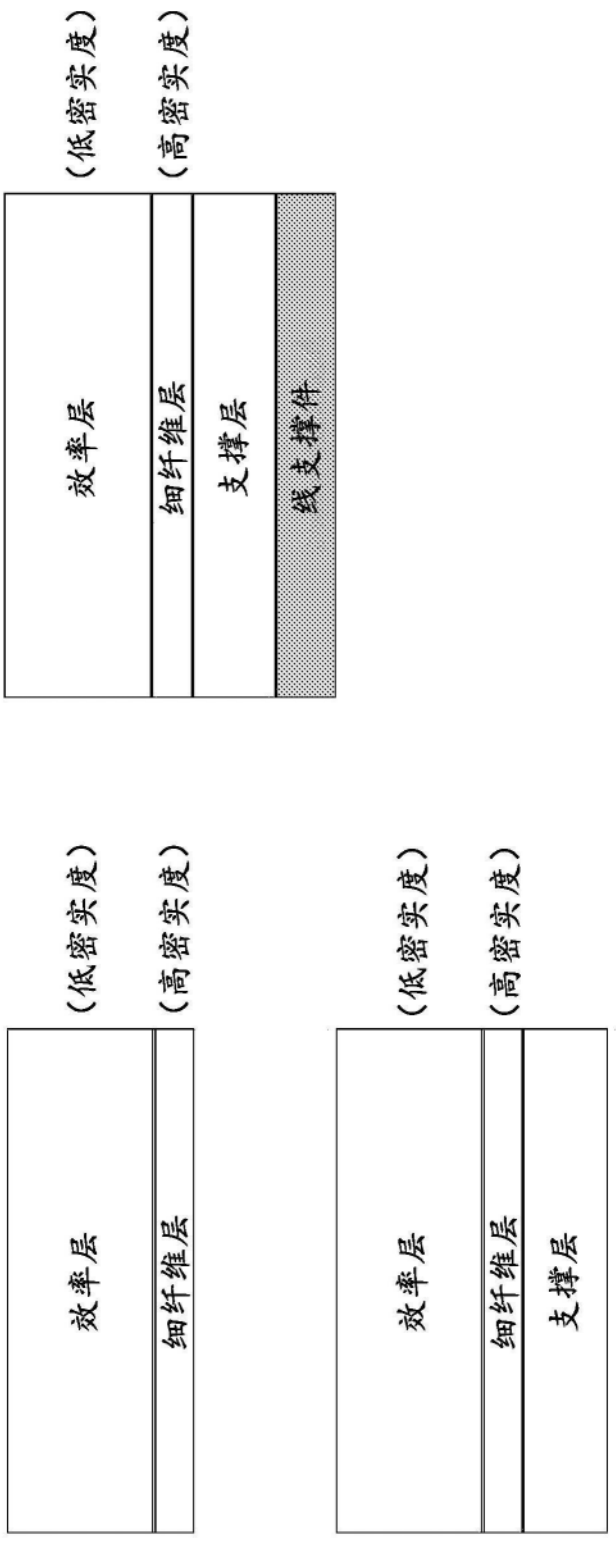

效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
支撑层
线支撑件
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
支撑层

图1A

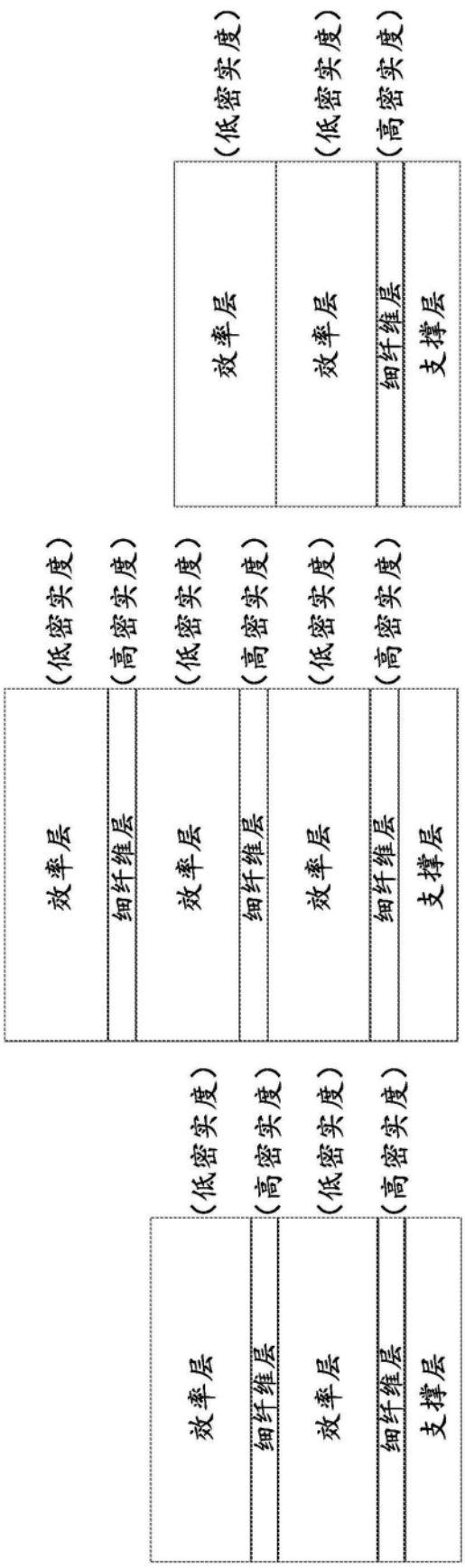

效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
支撑层
效率层
（低密实度）
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
支撑层
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
效率层
（低密实度）
细纤维层
（高密实度）
支撑层

图1B



图2A

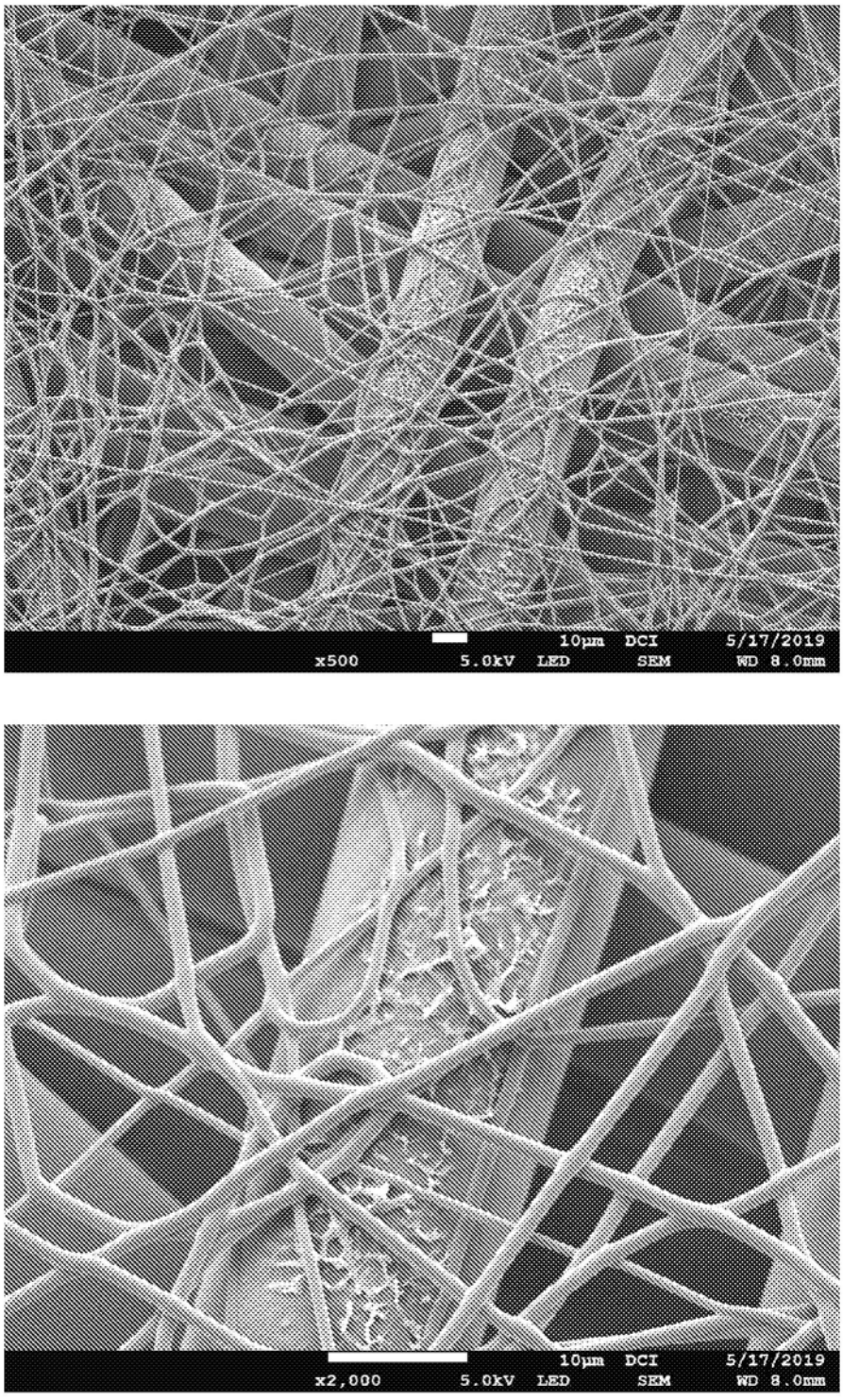

10μm DCI 5/17/2019
x500 5.0kV LED SEM WD 8.0mm
10μm DCI 5/17/2019
x2,000 5.0kV LED SEM WD 8.0mm

图2B

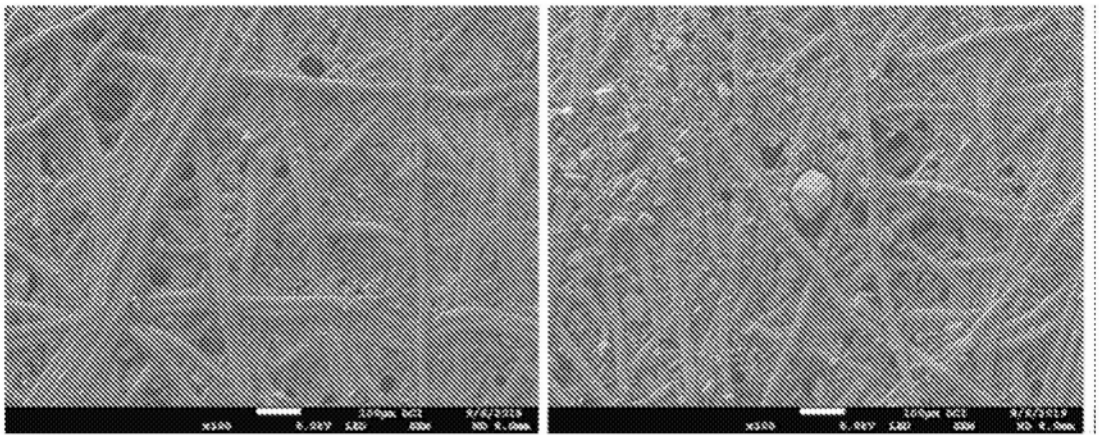


图2C

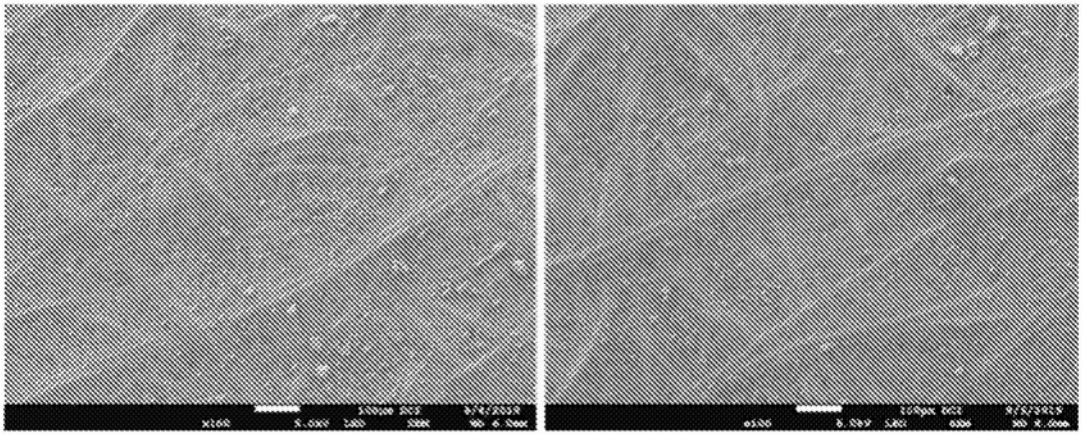


图2D

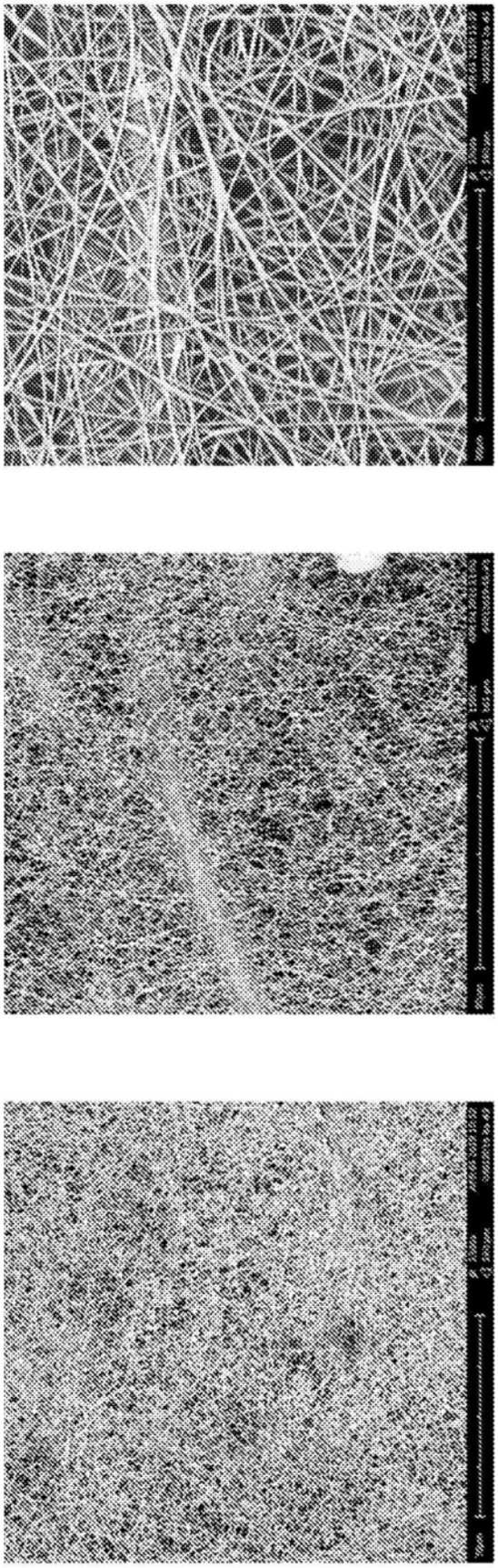


图2E

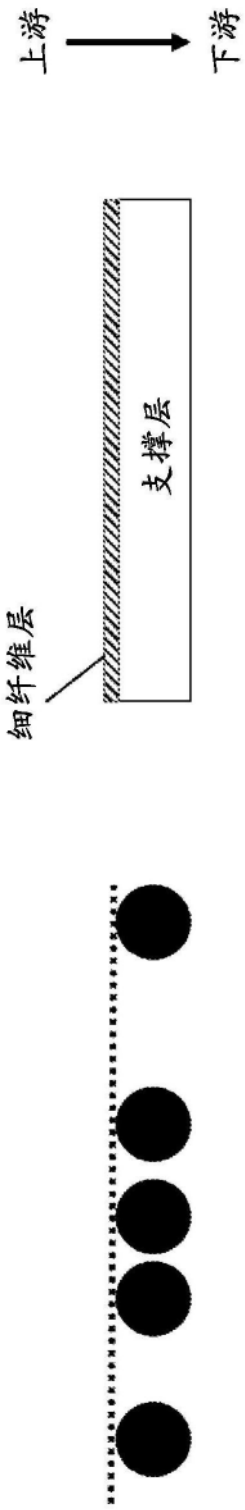


图2F

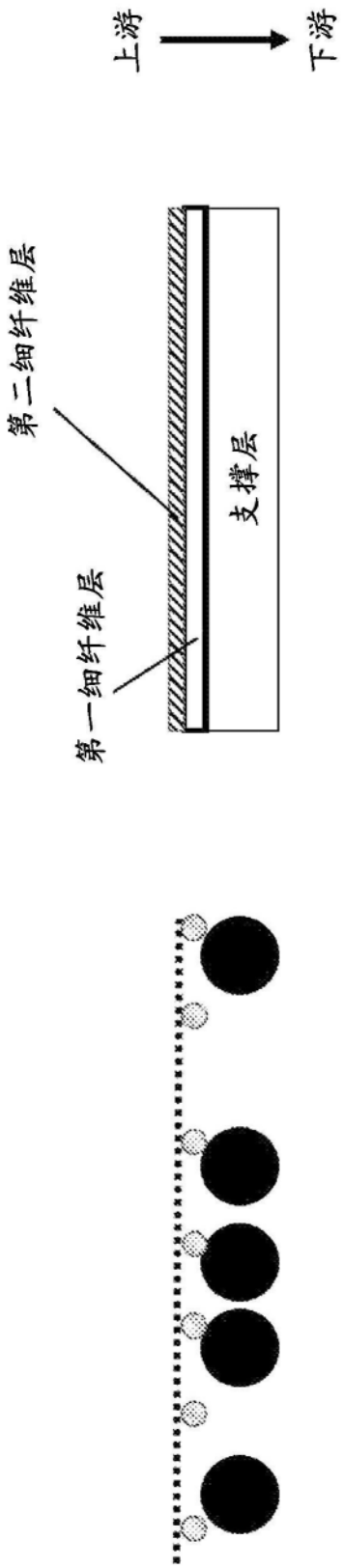


图2G

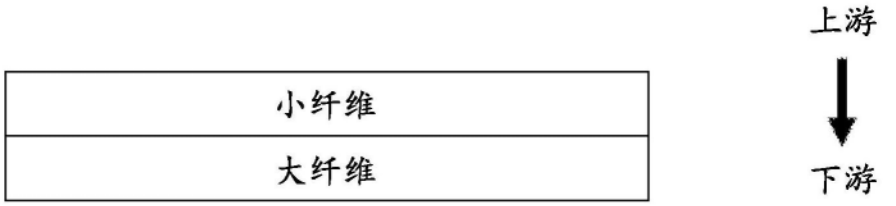


图2H

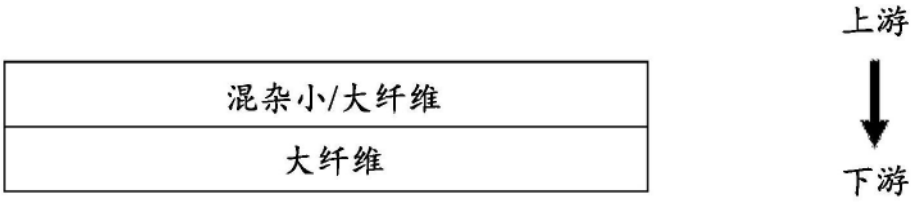


图2I

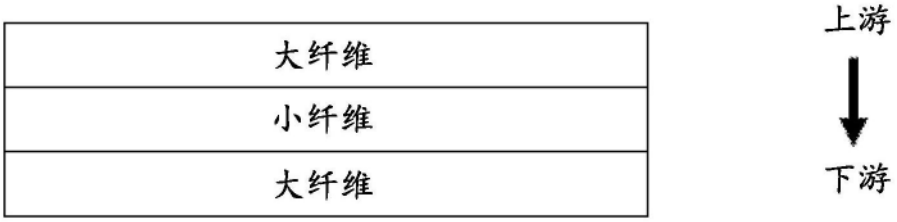


图2J

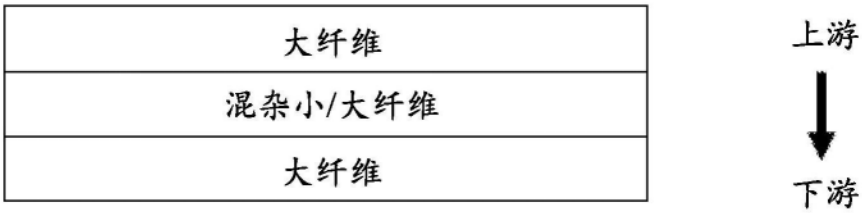


图2K

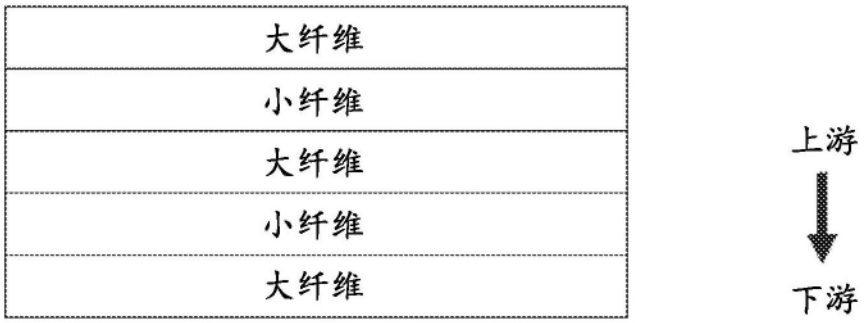

大纤维
小纤维
大纤维
小纤维
大纤维
上游
下游

图2L

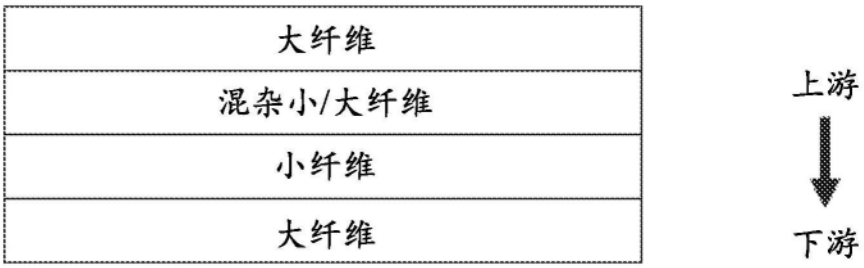

大纤维
混杂小/大纤维
小纤维
大纤维
上游
下游

图2M

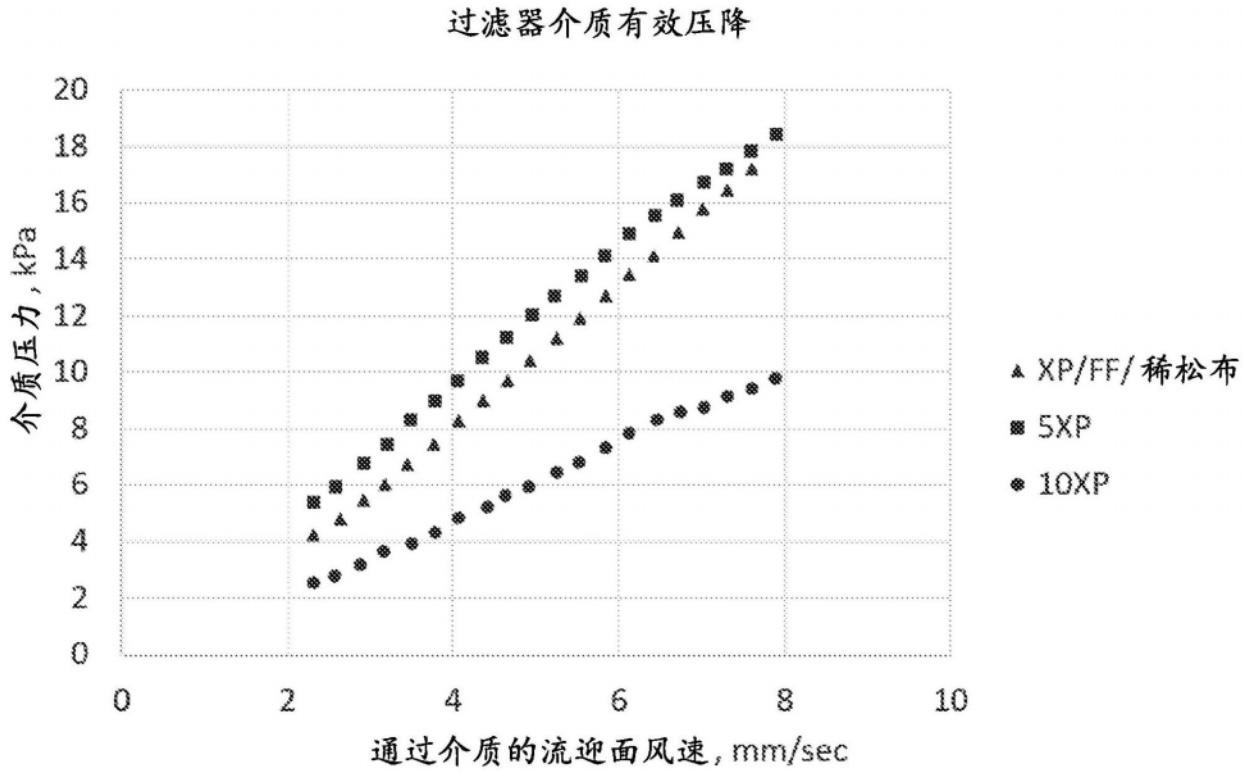

过滤器介质有效压降
介质压力，kPa
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
2
4
6
8
10
通过介质的流迎面风速，mm/sec
XP/FF/稀松布
5XP
10XP

图3B

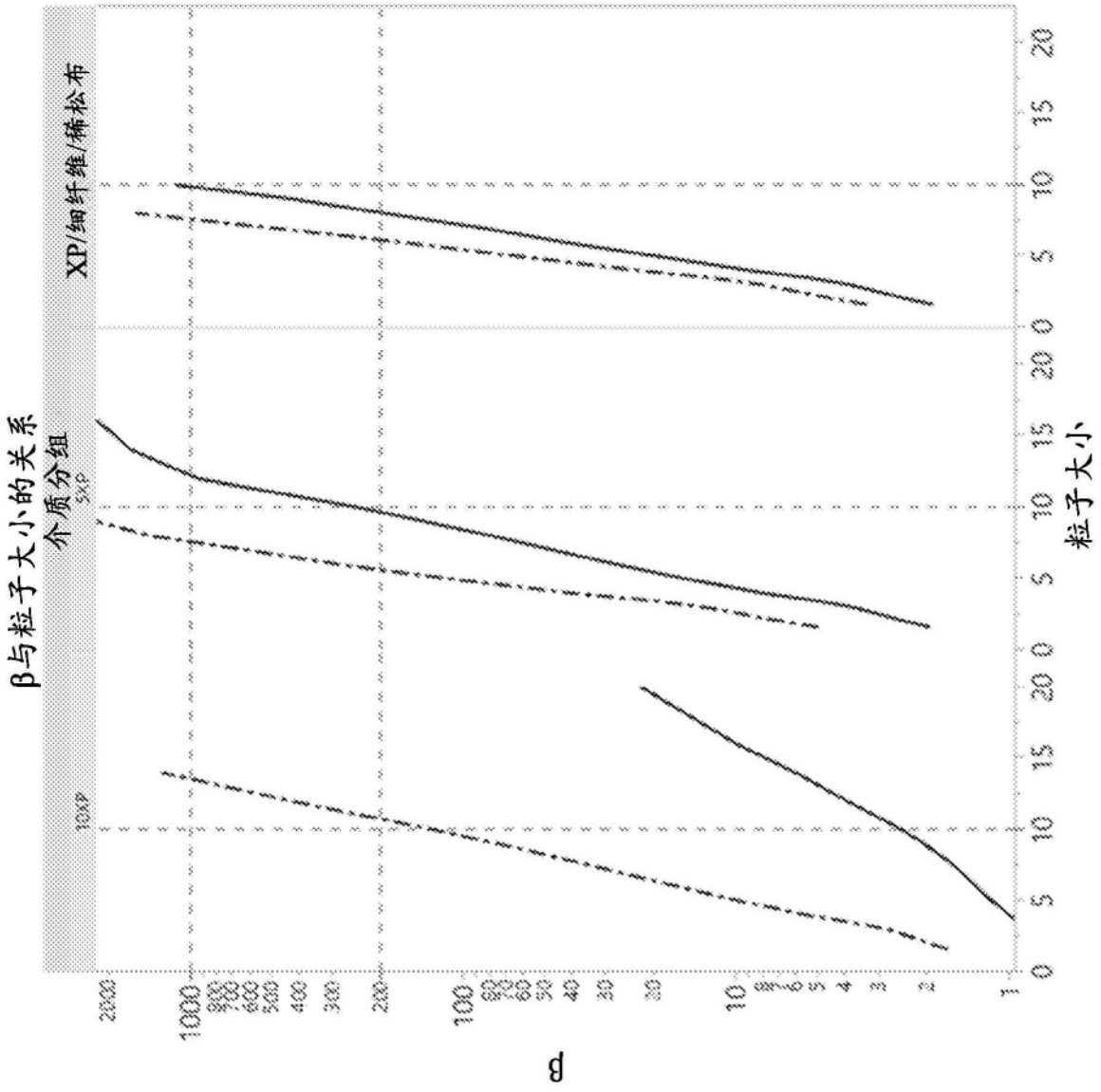


图3A

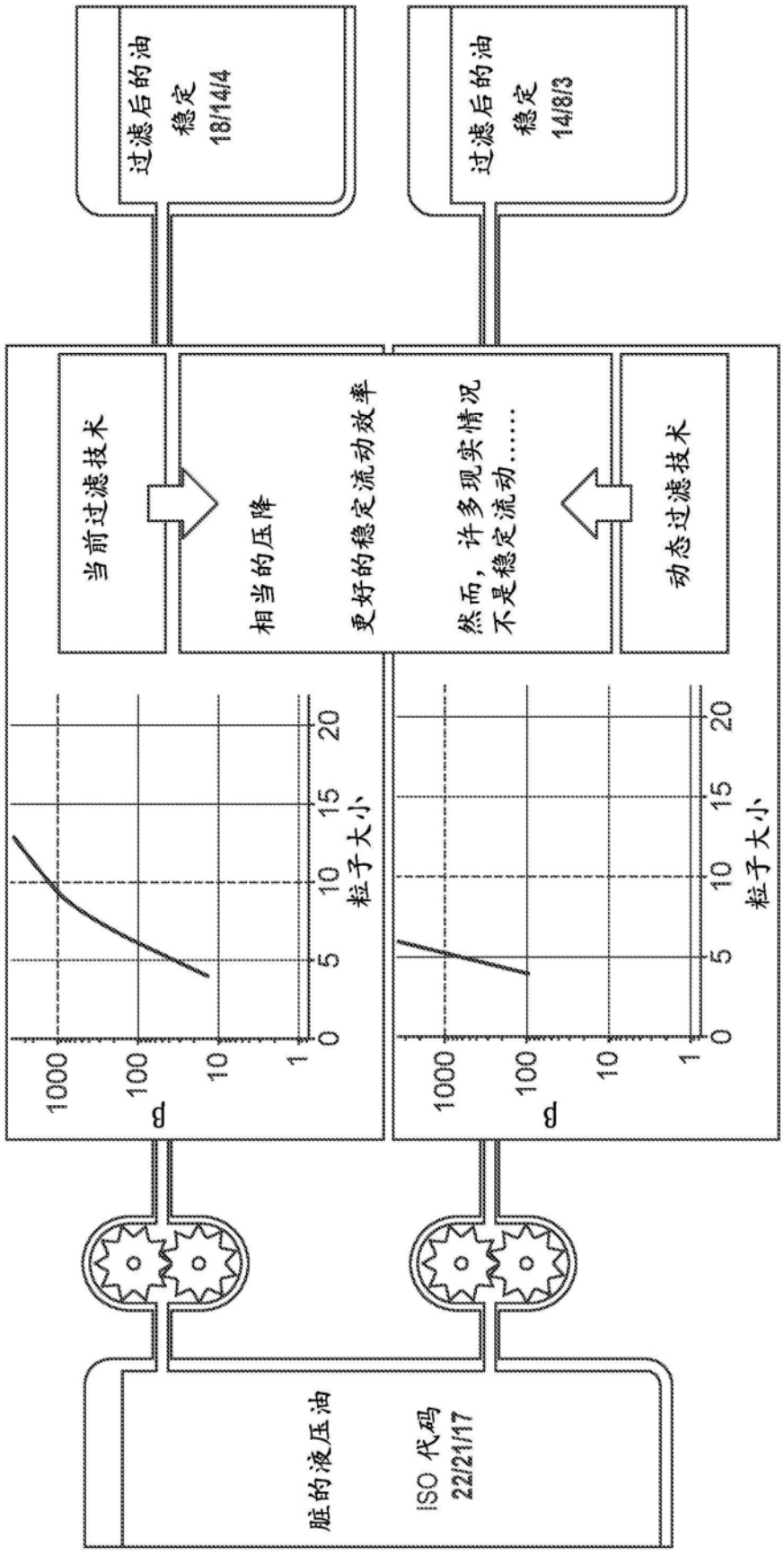

过滤后的油
稳定
18/14/4
过滤后的油
稳定
14/8/3
当前过滤技术
相当的压降
更好的稳定流动效率
然而，许多现实情况
不是稳定流动……
动态过滤技术
1000
100
10
1
d
0
5
10
15
20
粒子大小
脏的液压油
ISO 代码
22/21/17

图4

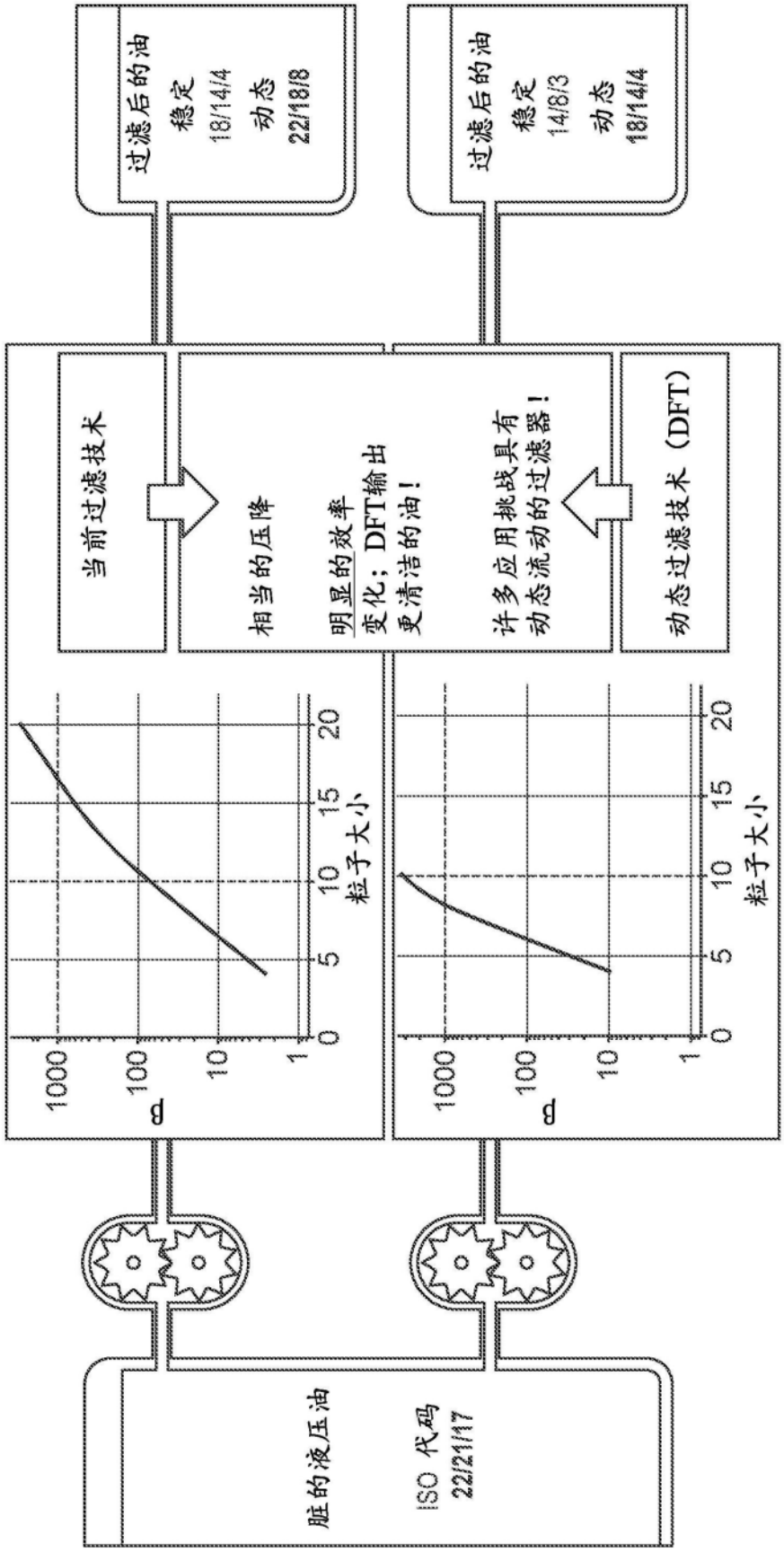

过滤后的油
稳定
18/14/4
动态
22/18/8
过滤后的油
稳定
14/8/3
动态
18/14/4
当前过滤技术
相当的压降
明显的效率
变化；DFT输出
更清洁的油！
许多应用挑战具有
动态流动的过滤器！
动态过滤技术（DFT）
1000
100
10
1
d
0
5
10
15
20
粒子大小
脏的液压油
ISO 代码
22/21/17

图5

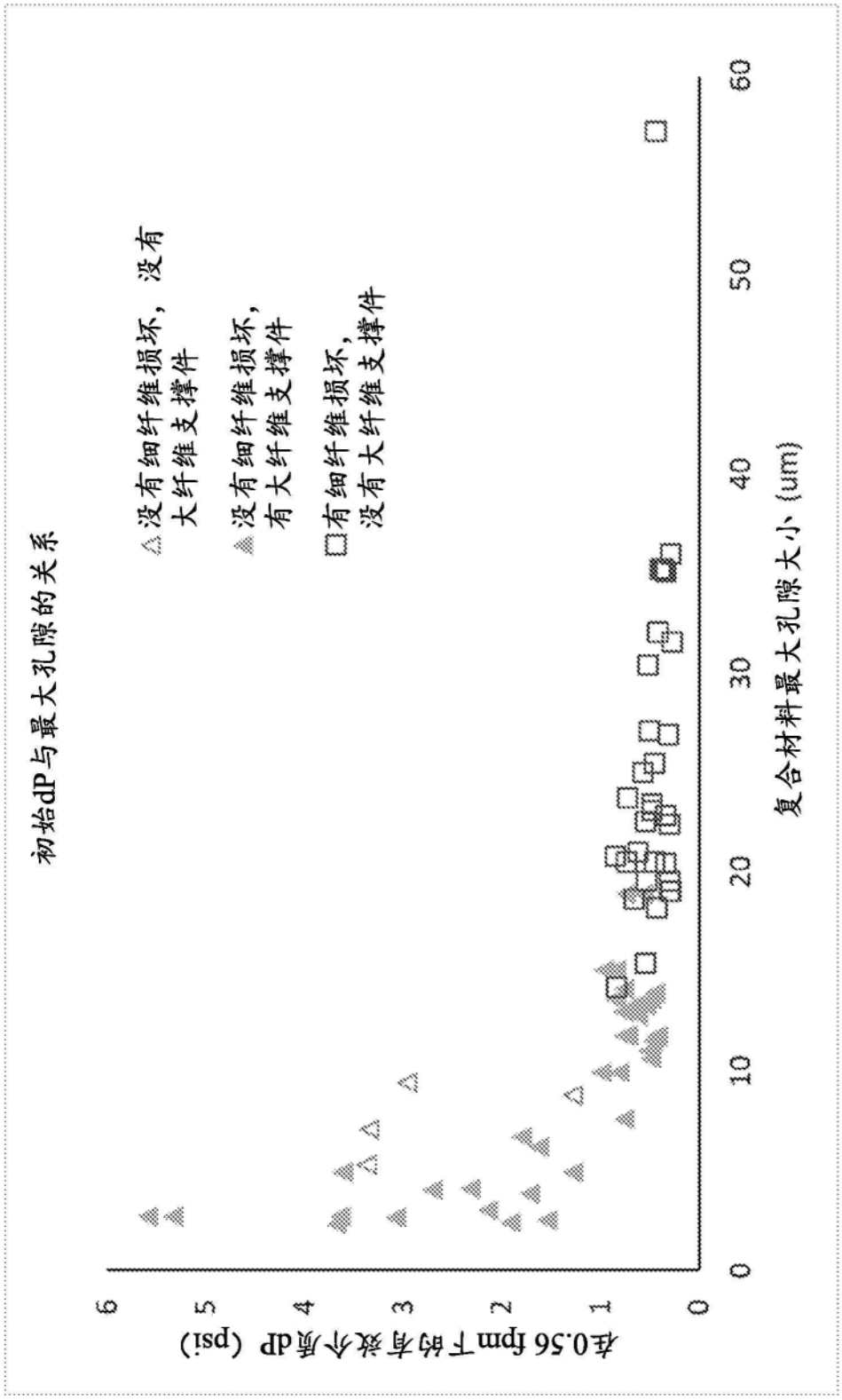

初始dP与最大孔隙的关系
△没有细纤维损坏，没有大纤维支撑件
▲没有细纤维损坏，有大纤维支撑件
□有细纤维损坏，没有大纤维支撑件
在0.56 fpm下的表观介质dP (psi)
复合材料最大孔隙大小 (um)
0
1
2
3
4
5
6
0
10
20
30
40
50
60

图6A

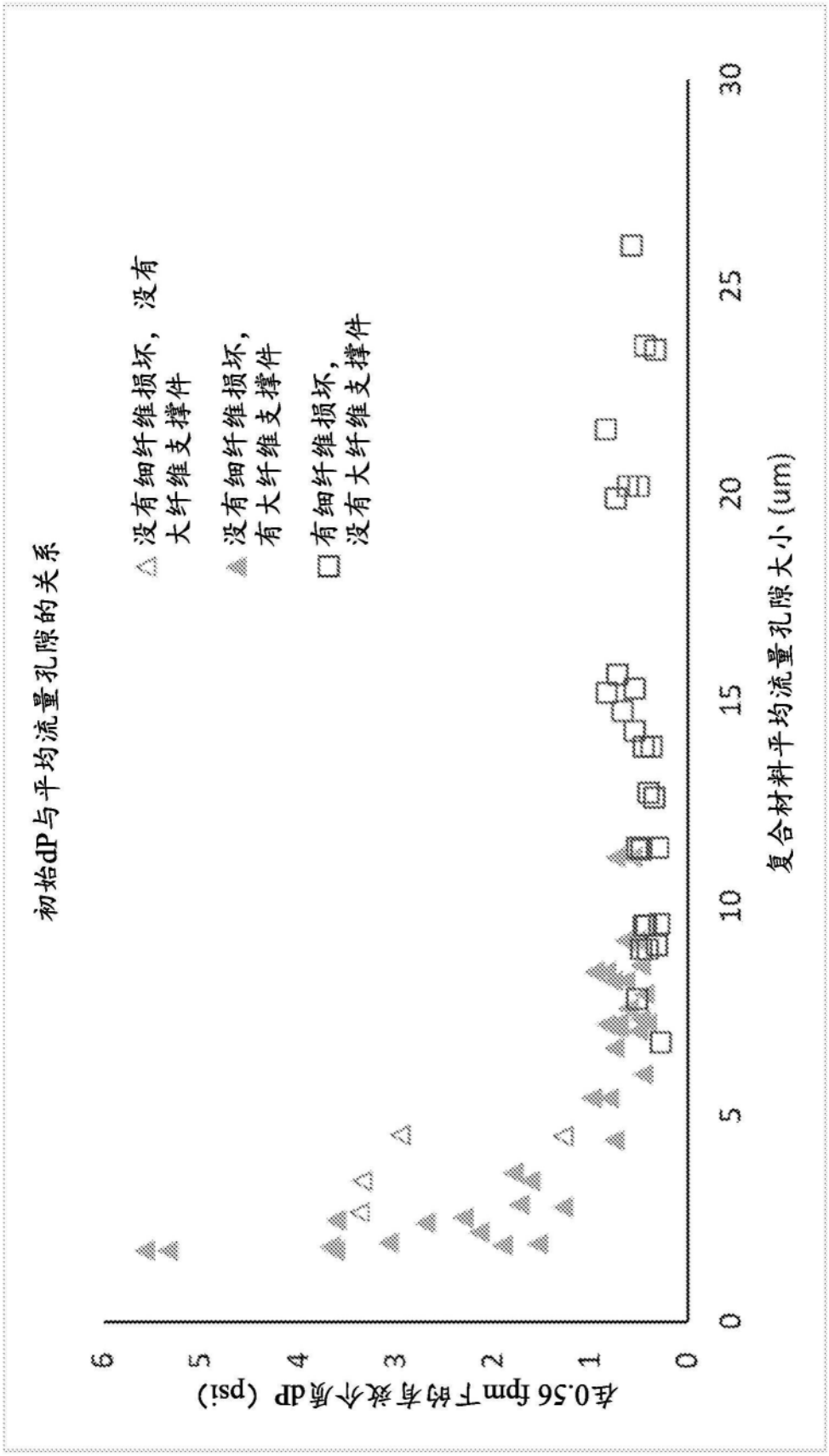

初始dP与平均流量孔隙的关系
△ 没有细纤维损坏，没有大纤维支撑件
▲ 没有细纤维损坏，有大纤维支撑件
□ 有细纤维损坏，没有大纤维支撑件
在0.56 fpm下的有效介质dP (psi)
复合材料平均流量孔隙大小 (um)
0
1
2
3
4
5
6
0
5
10
15
20
25
30

图6B

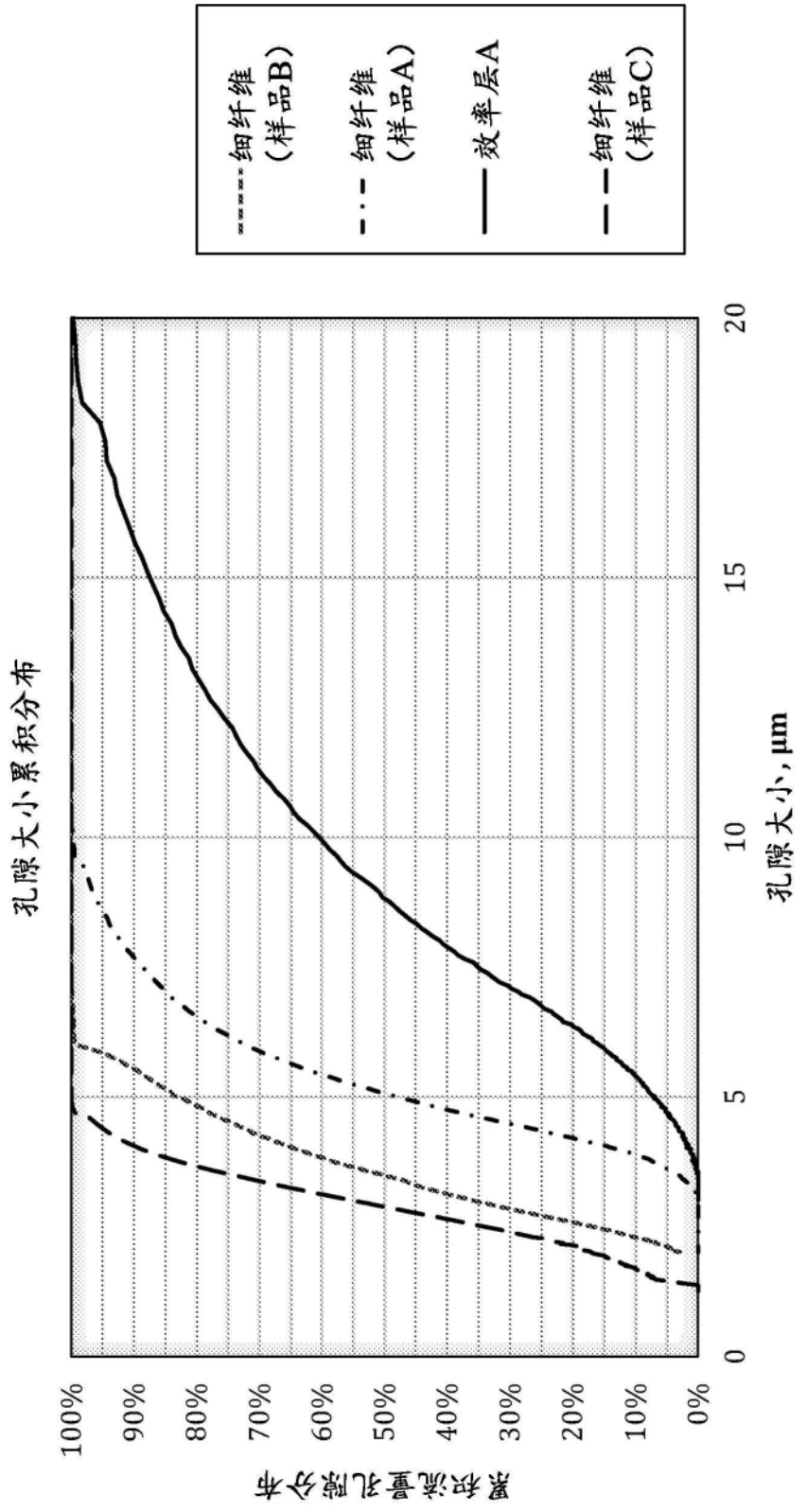

细纤维（样品B）
细纤维（样品A）
效率层A
细纤维（样品C）
孔隙大小累积分布
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0
5
10
15
20
孔隙大小，μm

图7

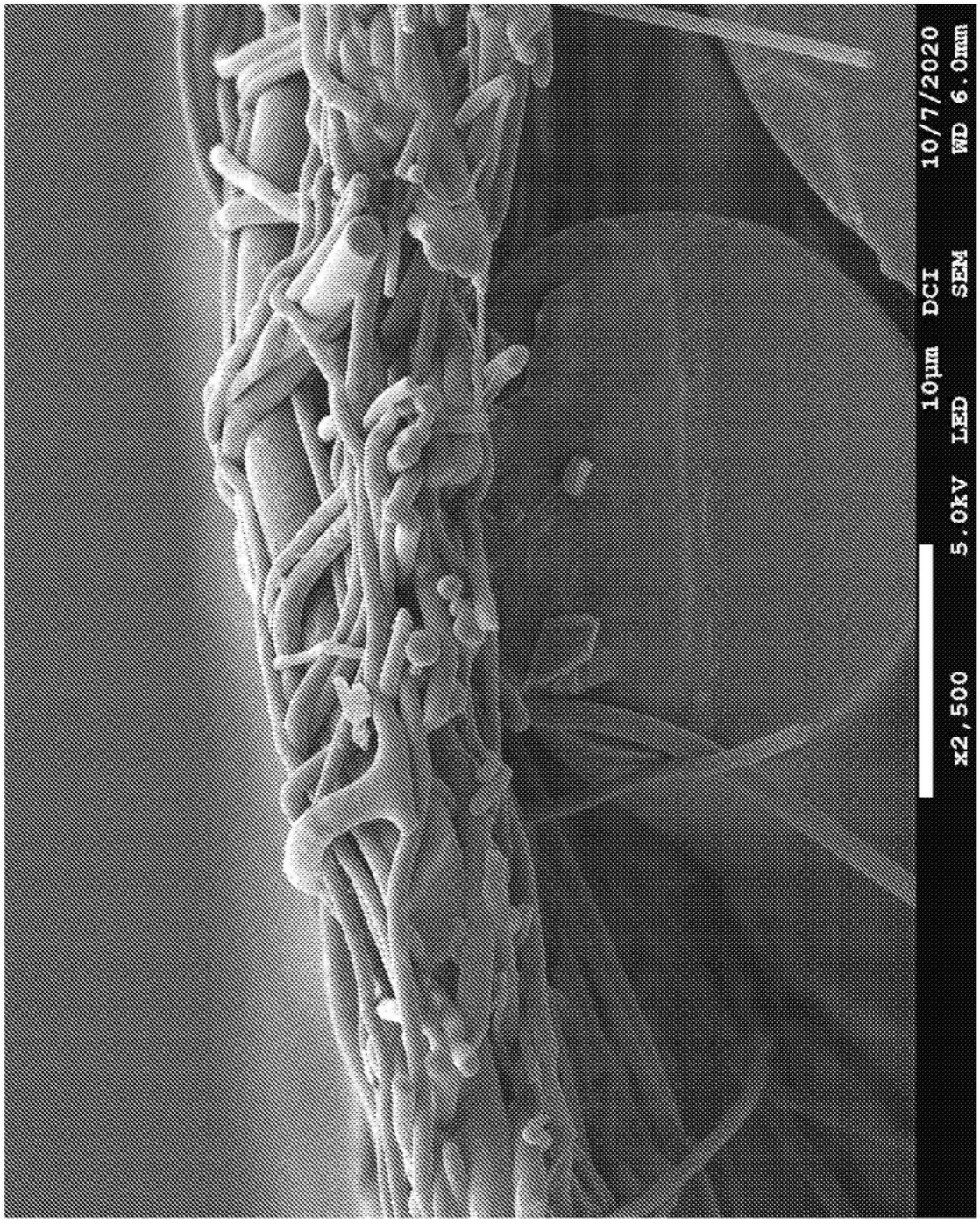


图8A

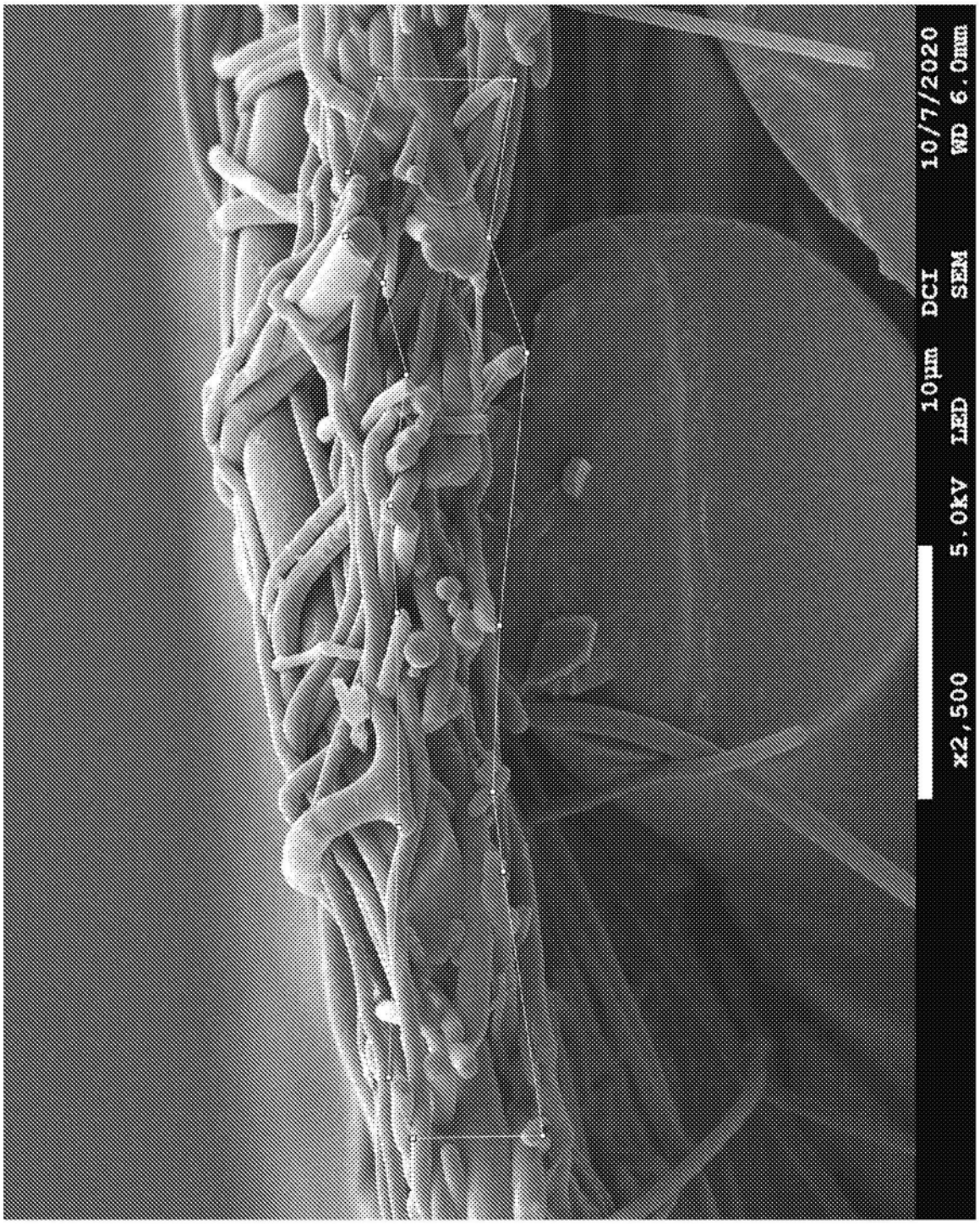


图8B

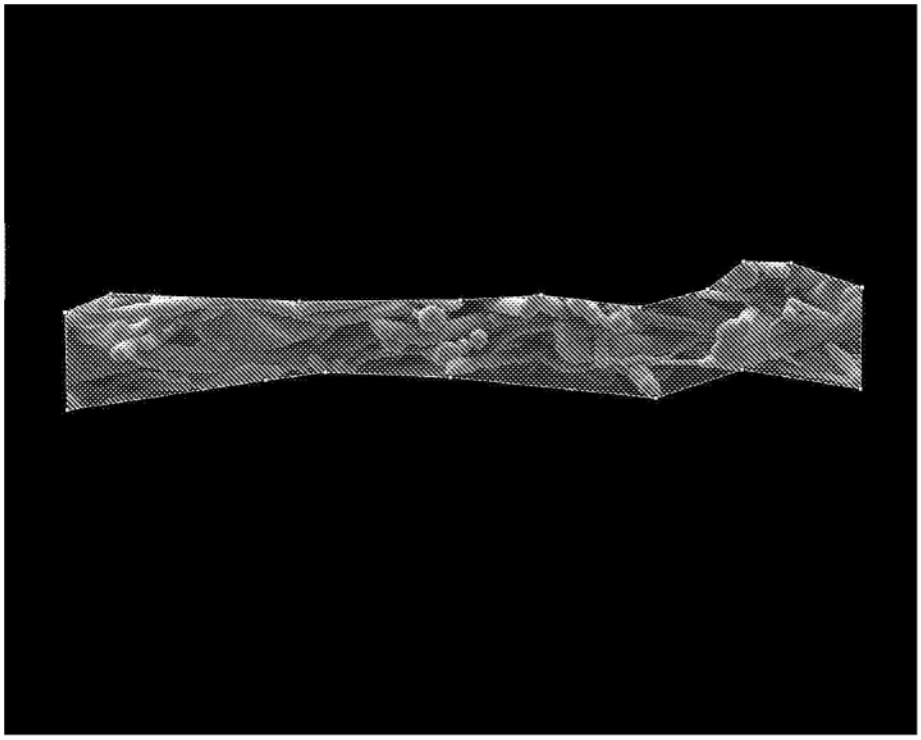


图8C

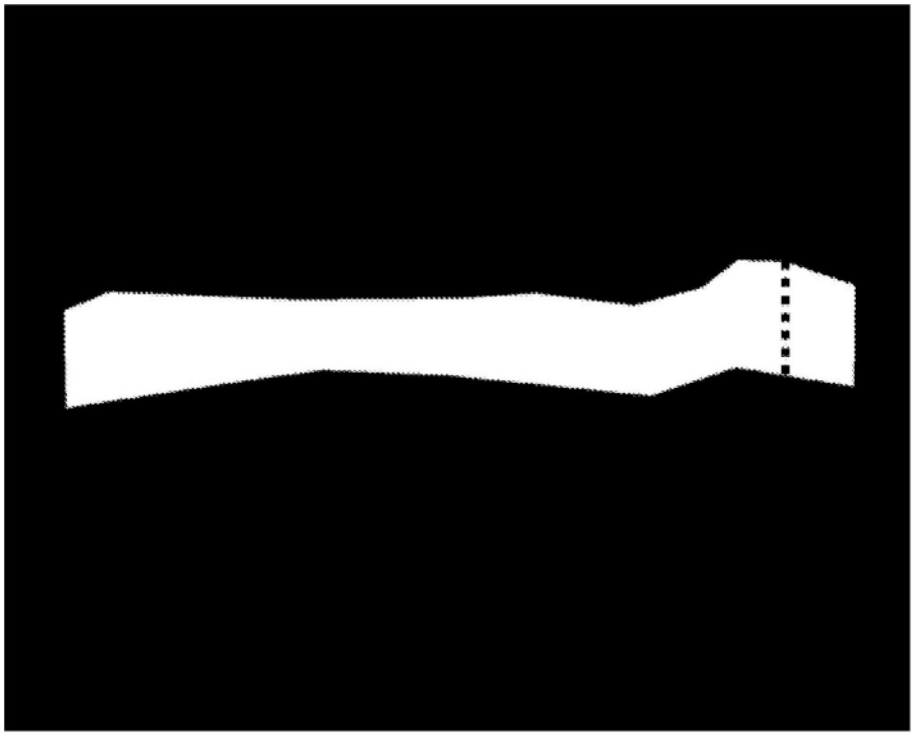


图8D