



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 105709501 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201610090269.2

(22)申请日 2011.02.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105709501 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(30)优先权数据
61/304,232 2010.02.12 US

(62)分案原申请数据
201180008682.5 2011.02.14

(73)专利权人 唐纳森公司
地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 D·O·琼斯 K·B·德玛
S·M·拉森 M·J·马德森
A·J·达拉斯 Y·A·埃萨耶德
杨传芳

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 王维绮

(51)Int.Cl.
B01D 39/14(2006.01)
B01D 24/10(2006.01)
C10L 1/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 2907835 Y,2007.06.06,
CN 201115805 Y,2008.09.17,
CN 2825066 Y,2006.10.11,
CN 101098741 A,2008.01.02,
CN 101098741 A,2008.01.02,
WO 2008103736 A1,2008.08.28,
US 2009050578 A1,2009.02.26,
CN 201101921 Y,2008.08.20,
CN 1942226 A,2007.04.04,

审查员 高秋菊

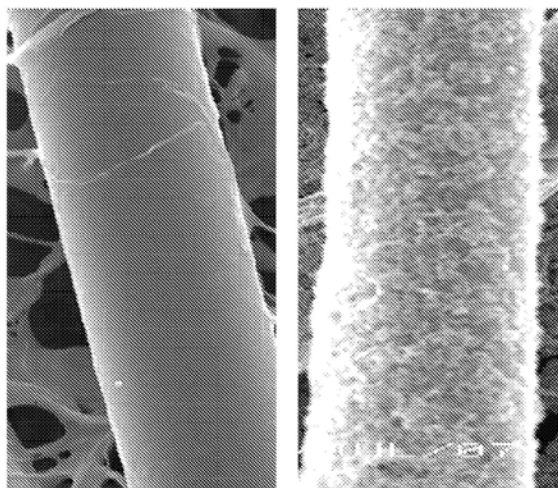
权利要求书2页 说明书22页 附图11页

(54)发明名称

液体过滤介质

(57)摘要

在此披露了一种经过配置和安排以置于一种燃料流中的过滤器和过滤介质。该过滤器和过滤介质能够对柴油燃料等多种液体燃料进行过滤。在某些实施方案中,该过滤介质包括一种介质纤维(例如玻璃)以及一种粘合纤维(例如双组分的),这两种纤维共同形成具有低固体性以及相对低的压缩率的一种介质结构,并且这两种纤维含有一种避免了该过滤器被燃料降解产物过早结垢的孔结构。



1. 一种用于对液体燃料进行过滤的过滤器,该过滤器包括:

过滤介质,该过滤介质经过配置和安排以置于一种液体燃料流中,该过滤介质包括上游介质层和下游介质层,该上游介质层包括:

a) 上游介质层中的介质纤维;以及

b) 平均直径大于上游介质层中的该介质纤维的上游介质层中的粘合纤维;

其中:上游介质层包含平均直径为小于15微米的介质纤维和平均直径大于介质纤维的粘合纤维;

下游介质层的均值孔径大于上游介质层;并且

上游介质层优先以比下游介质层大出至少50%的捕获水平来负载燃料降解产物。

2. 一种用于对液体燃料进行过滤的过滤器,该过滤器包括:

过滤介质,该过滤介质经过配置和安排以置于一种液体燃料流中,该过滤介质包括上游介质层和下游介质层,该上游介质层包括:

a) 介质纤维;以及

b) 平均直径大于该介质纤维的粘合纤维;

其中该上游介质层具有小于12%的固体性以及 $1.24\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压力下小于40%的压缩率,其中固体性是固体纤维体积除以相关过滤介质的总体积;

该上游介质层包含平均直径为小于15微米的介质纤维和平均直径大于介质纤维的粘合纤维;

该下游介质层的均值孔径大于上游介质层;并且

上游介质层比下游介质层优先来负载燃料降解产物。

3. 一种用于对液体燃料进行过滤的过滤器,该过滤器包括:

过滤介质,该过滤介质经过配置和安排以置于一种液体燃料流中,该过滤介质包括上游介质层和下游介质层,该上游介质层包括:

a) 介质纤维;以及

b) 平均直径大于该介质纤维的粘合纤维;

下游介质层,该下游介质层包括纤维素;

其中在过滤过程中在液体燃料的流动中,该上游介质层被安排在该下游介质层的上游;

该上游介质层包含平均直径为小于15微米的介质纤维;

该下游介质层的均值孔径大于上游介质层;并且

上游介质层比下游介质层优先来负载燃料降解产物。

4. 一种用于对液体燃料进行过滤的过滤器,该过滤器包括:

过滤介质,该过滤介质经过配置和安排以置于一种液体流中,该过滤介质包括一个上游介质部分和一个下游介质部分,其中:

a) 含有介质纤维的上游介质部分具有小于15微米的平均直径;以及

b) 含有介质纤维的下游介质部分具有不同于该上游介质部分中的介质纤维的平均直径的一个平均直径;

其中上游介质部分中的介质的均值流量孔径是小于下游介质部分中的介质的均值流量孔径的90%,其中均值流量孔径是当50%的累积流量流过滤介质的孔径;并且

上游介质部分比下游介质部分优先来负载燃料降解产物。

5. 一种用于对液体燃料进行过滤的过滤器,该过滤器包括:

第一过滤介质,该第一过滤介质经过配置和安排以置于一种液体燃料流中,该第一过滤介质包括上游介质层和下游介质层,每个介质层包括:

a) 介质纤维;以及

b) 粘合纤维;

其中该第一过滤介质具有大于2.5的孔径分布几何标准偏差;并且

其中上游介质层比下游介质层优先来负载燃料降解产物。

液体过滤介质

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是在2011年2月14日以唐纳森公司 (Donaldson Company, 一家美国公司, 作为除美国外所有指定国的申请人) 以及美国公民Derek O. Jones、美国公民Keh B. Dema、美国公民Stephen M. Larsen、美国公民Mike J. Madsen、美国公民Andrew J. Dallas、黎巴嫩公民Yehya A. Elasyed、以及美国公民Yang Chuanfang (作为仅美国指定国的申请人) 的名义提交的PCT国际专利申请, 并且要求在2010年2月12日提交的美国专利申请序列号61/304, 232的优先权; 其内容通过引用结合在此。

技术领域

[0003] 本发明是针对过滤介质、过滤元件以及对液体燃料进行过滤的方法。具体地讲, 本发明是针对用于将燃料降解产物(FDP) 和其他污染物从液体燃料中去除的过滤介质。

背景技术

[0004] 柴油燃料等液体燃料被用于具有不同构型和大小的内燃发动机中。通常必须对此类燃料进行过滤以去除微粒污染物, 否则, 这些微粒污染物可能使发动机性能出现重大问题, 并且可能导致发动机损坏。用于去除这些微粒污染物的过滤介质通常需要去除非常高百分比的微粒, 从而必需使用具有紧密孔结构的过滤介质。若不具有此类紧密孔结构, 则不可接受的水平的微粒可以穿过该过滤介质并对发动机性能产生不利影响。

[0005] 目前用于将微粒污染物从燃料流中去除的一种介质是熔喷介质, 该介质能够有效地去除微粒污染物。尽管熔喷介质能够足够有效地将微粒污染物从液体燃料中去除, 但该熔喷介质可能因除了传统微粒污染物以外的其他污染物的逐渐积聚而易于结垢。这种过早结垢似乎在燃料经历反复的加热和冷却循环的情况下尤为明显, 例如, 在用于许多柴油发动机的公用轨道系统中。在此类系统中, 柴油燃料在高压下从燃料箱沿着连接到多个燃料喷射器的公用管道(或轨道) 进行泵送。一些柴油燃料穿过燃料喷射器并且燃烧, 但剩余燃料由于沿着公用轨道向下流过热的柴油发动机的多个部分而在升高的温度下被输送回燃料箱。一旦回到燃料箱中, 燃料将迅速冷却。据信, 对燃料进行反复的加热和冷却循环促使了燃料降解产物的产生, 这些燃料降解产物加速了传统燃料过滤介质的结垢过程。

[0006] 除了因加热和冷却循环而产生的阻塞过滤器的材料之外, 可能使燃料过滤器的性能降低的其他污染源包括在不同生物柴油混合物中发现的成分。尽管与在加热和冷却循环过程中形成的燃料降解产物在来源上通常不同, 但这些污染物也可能通过聚集在过滤介质上而致使燃料过滤器寿命显著缩短。最后, 即使是燃料的正常老化, 尤其是在升高的温度下发生的, 也可能产生进一步限制燃料过滤器寿命的燃料污染物, 因为过滤介质将与只存在硬微粒污染物时预期发生的相比更早地发生结垢和阻塞。

[0007] 因此, 实质上需要可用于将污染物材料从液体燃料流中去除的过滤介质、过滤元件以及过滤方法。本发明提供此类介质、过滤元件和方法。

发明内容

[0008] 本发明是针对经过配置和安排以置于流体燃料流中的过滤介质;使用该过滤介质制成的过滤元件;以及对燃料流进行过滤的方法。该过滤介质和元件被配置用于燃料可以含有除传统硬微粒以外的不同其他污染物的应用中。这些其他污染物可以包括(例如)蜡、沥青烯、甾醇葡萄糖苷、固醇葡萄糖苷、甾醇苷以及各种燃料降解产物(FDP)。总体来说,可将这些其他污染物称为燃料污染产物(FCP)。尤其对于柴油燃料过滤,该过滤介质尤其被配置成去除燃料降解产物(FDP)、以及类似的燃料污染产物(FCP)。

[0009] 在第一实例实施方案中,该过滤介质包括一个上游过滤介质层以及一个下游过滤介质层。该上游过滤介质层含有热粘合的聚合物双组分纤维和玻璃纤维。该下游过滤介质层包括纤维素纤维。在该实例实施方案中,含有双组分纤维和玻璃纤维的该上游介质层可以层压到下游纤维素介质上。已显示出,含有双组分纤维和玻璃纤维的该上游介质层以如下方式来去除燃料降解产物:使得过滤器寿命相对于现有技术过滤介质而得以保持或者甚至延长。该下游纤维素层具有双重作用:作为上游过滤层的支撑层、同时还用于将硬微粒从燃料流中去除。在上游将燃料降解产物去除避免了下游纤维素层因燃料降解产物而结垢,从而使下游纤维素层能够捕获硬微粒而不过早结垢,尽管具有紧密孔结构。此外,在某些实施方案中,与不使用一个(或多个)含有双组分纤维和玻璃纤维的上游介质层时可能的情况相比,该下游纤维素层可以用更紧密的孔结构来构造,因为该一个(或多个)上游层去除了可能使该更紧密的孔结构过早结垢的燃料降解产物(或燃料污染产物)。

[0010] 更概括地说,本发明是针对能够去除燃料降解产物和其他燃料污染产物等污染物的不同过滤结构。此类过滤结构可以包括一个或多个过滤介质区域,该一个或多个过滤介质含有以下至少两种类型的纤维的混合物:(1)介质纤维以及(2)粘合纤维。

[0011] 介质纤维是向介质提供了诸如可控的孔径、渗透性以及效率等主要过滤特性的纤维。根据本发明使用的介质纤维可以是(例如)玻璃纤维或碳纤维。

[0012] 该粘合纤维向介质纤维提供了支撑,并且对介质加入了改进的处理性、加入更大的强度、并且产生了更低的压缩率。该粘合纤维可以是(例如)双组分纤维。使用双组分纤维能形成没有单独树脂粘合剂或者具有最少量树脂粘合剂的一个(或多个)介质层或过滤元件。缺少树脂粘合剂显著地减少或防止了树脂粘合剂形成薄膜,并且也防止了因树脂移动到介质层的特定位置而导致介质或元件缺乏均匀性。使用双组分纤维降低了压缩率,并且获得了更低的固体性、增大了拉伸强度,并且改进了玻璃纤维等介质纤维与加入介质层或过滤元件中的其他亚微米纤维材料之间的粘合。此外,在某些实现方式中,粘合纤维提供了在配料配制、片或层的成形以及下游处理过程中的增强的可处理性,该下游处理包括厚度调整、干燥、切割和过滤元件的成形。

[0013] 通常,介质纤维具有比粘合纤维小得多的直径。在多个实例实施方案中,介质纤维具有小于5微米的平均直径,而粘合纤维具有大于5微米的平均直径。更典型地,介质纤维将具有从0.1到20微米、并且任选地从0.1到15微米的平均直径。在一些实现方式中,介质纤维将具有从0.4到12微米的平均直径,并且在一些实现方式中为从0.4到6.5微米。平均直径小于10微米、小于7.5微米、小于6.5微米、以及小于5微米的介质纤维通常是所希望的。

[0014] 粘合纤维将典型地具有从5到40微米、更典型地从7到20微米、并且通常从10到14

微米的直径。请注意,介质纤维和粘合纤维的直径均可变化。在某些情况下,纤维直径将沿着自身的长度而变,而更常见的是将结合具有不同直径的多种不同纤维。应了解,本文所用的纤维直径是基于介质中存在的纤维的平均纤维直径。

[0015] 根据本发明制成的过滤介质、尤其是介质中与隔离(sequester)FDP(以及相关污染物)相关的部分的另一特性是,该介质通常具有相对低的固体性水平。本文所用的固体性是固体纤维体积除以相关过滤介质的总体积,通常用百分数表示。在一个典型实现方式中,过滤介质的与隔离FDP相关的固体性是小于15%,更典型地小于12%,更经常地小于10%。在某些实施方案中,固体性是小于9%、小于8%,或小于7%。

[0016] 根据本发明制成的过滤介质的另一特性是,它是相对不可压缩的,尤其是相对于该介质的固体性而言。在一个第一实例实施方案中,该过滤介质在 $1.24\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压力下具有小于40%的压缩率。在其他实现方式中,该过滤介质具有在 $1.24\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压力下小于30%、在 $1.24\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压力下小于20%、以及在 $1.24\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压力下小于10%的压缩率。因此应了解,本发明的过滤介质、至少是该介质中最适于进行FDP去除的部分,将典型地具有相对较低的固体性以及相对较低的压缩率(或高的刚性)。

[0017] 介质的孔结构提供了可以测量介质的与隔离FDP相关的特性的其他量度。通常,可以用均值流量孔、众数流量孔以及最大流量孔等参数来表征多孔介质的特性。根据本发明的传授内容,普遍希望的是使介质的至少一部分具有较小的均值流量孔,同时还具有大的最大流量孔。

[0018] 最大孔径与均值流量孔的比率通常为至少2.5,任选地至少5.0,并且在一些实现方式中是大于7.5。在均值流量孔非常小并且最大流量孔相对较大的某些实施方案中,该比率可以是大于10.0,且任选地大于12.5或15。最大流量孔与均值流量孔的高比率反映出更宽的孔径分布,这可以减少因FDP(以及相关)污染物而造成的结垢。

[0019] 该介质也可被选择为具有有利的孔径分布,例如通过在第15.9个百分位上的孔径与在第50个百分位上的孔径的比率进行衡量,该比率是一种对数正态分布(经过对数变换的值的正态分布)的几何标准偏差。尽管介质孔径分布并非必须是对数正态的,但该比率在此被用于估计孔径分布的几何标准偏差。除非另作说明,否则下述几何标准偏差将指代上文所定义的比率。该几何标准偏差与相对于累积孔体积绘制的孔直径曲线的斜率类似。1.0的几何标准偏差给出单一孔径,而更大的几何标准偏差反映出孔分布的加宽。因此,1.2的几何标准偏差反映出狭窄的分布,而2.0的几何标准偏差表明显著更广的分布。2.5的几何标准偏差是较广的分布。3.0的几何标准偏差是非常广的分布。通常,本发明的含有介质纤维和粘合纤维的上游过滤材料将具有大于2.0、更典型地大于3.0、并且在某些实现方式中大于4.0的几何标准偏差。

[0020] 如上所述,根据本发明制成的过滤介质通常由两层或更多层构成:上游过滤材料(含有介质纤维和粘合纤维,例如玻璃纤维和双组分纤维)理想地与下游过滤材料进行组合。该下游过滤材料通常针对有利地去除微粒污染物而进行选择。该下游材料可以包括(例如)纤维素纤维。

[0021] 在一些实施方案中,上游部分的众数孔径是大于下游部分的众数孔径。例如,该上游部分(双组分的/玻璃的)的众数孔径可以比下游部分(纤维素介质)的众数孔径大出至少20%或至少40%。在另一个实施方案中,上游部分的众数孔径比下游部分的众数孔径大至

少20%；并且上游部分的均值流量孔径是小于下游部分的均值流量孔径的90%。在一些实施方案中，上游部分的众数孔径是大于下游部分的众数孔径。例如，上游部分的众数孔径可以比下游部分的众数孔径大至少40%、或者大至少60%。在一些实施方案中，上游部分的均值流量孔径是小于下游部分的均值流量孔径。例如，上游部分的均值流量孔径可以是小于该下游部分的均值流量孔径的70%或者50%。

[0022] 应了解，该下游部分可以含有平均直径或截面大于上游部分中介质纤维的平均直径的纤维。

[0023] 本说明书全文描述了过滤介质的各部分的特性。具体地讲，这些特性是针对具有诸如纤维直径、固体性、压缩率、均值流量孔、众数流量孔以及最大孔等特定属性的过滤介质来进行描述的。应了解，根据本发明制成的介质在这些特性方面通常呈现出无意的变化，例如沿介质网的变化性，以及沿一片介质的厚度或深度的无意的变化。此外，例如通过提供具有有意不同的特性的多个介质层、或者通过提供具有梯度结构的介质以使介质特性沿介质的深度渐变，过滤介质的特性可能存在有意的变化。应了解，此类无意的变化以及有意的变化均旨在位于本发明的范围内。

[0024] 以上的发明概述并不旨在描述本发明的每个所讨论的实施方案。这是以下附图和详细说明的目的。

附图说明

[0025] 本发明可以结合附图来更全面地理解，在附图中：

[0026] 图1是一个柴油发动机的燃料系统的示意图。

[0027] 图2A是现有技术过滤介质在暴露于柴油燃料中之前的照片。

[0028] 图2B是现有技术过滤介质在暴露于柴油燃料中之后的照片。

[0029] 图3是一个图表，示出了在柴油发动机上进行大量测试之后，根据本发明制成的过滤元件相较于现有技术过滤器构型的相对性能，显示了在必须对每种过滤器进行更换之前所行驶的英里。

[0030] 图4是孔密度相对于直径的图表，用以示出介质的众数孔径。

[0031] 图5是累积孔径分布的图表，用以示出介质的均值流量孔径。

[0032] 图6A是根据本发明的一个实现方式制成的介质结构的截面示意图。

[0033] 图6B是根据本发明的一个实现方式制成的第二介质结构的截面示意图。

[0034] 图6C是根据本发明的一个实现方式制成的第三介质结构的截面示意图。

[0035] 图6D是根据本发明的一个实现方式制成的第四介质结构的截面示意图。

[0036] 图7是根据本发明的一个实施方案的过滤结构的一部分的截面示意图，其中示出了相对孔径。

[0037] 图8是根据本发明的一个实施方案的多级燃料过滤器。

[0038] 图9是孔密度相对于直径的图表，其中对熔喷介质、纤维素介质以及双组分玻璃介质进行了比较。

[0039] 图10是累积孔径分布的图表，其中对熔喷介质、纤维素介质以及双组分玻璃介质进行比较。

[0040] 图11A示出了过滤介质在燃料过滤之前和之后的两幅扫描电子显微镜图像，该过

滤介质包括双组分玻璃介质。

[0041] 图11B示出了过滤介质在燃料过滤之前和之后的两幅扫描电子显微镜图像,该过滤介质包括置于双组分玻璃介质下游的纤维素介质。

[0042] 图12是一个图表,示出了使用实验室生成的燃料污染物进行的比较性寿命测试。

[0043] 图13是一个图表,示出了本发明和现有技术的多种过滤介质的比较性寿命测试。

[0044] 尽管本发明对于多种改性和替代形式是敏感的,但已经通过实例和附图的方式示出了其特殊性,并且将详细描述。然而,应当理解,本发明并不限于所描述的这些具体实施方案。与此相反,本发明将覆盖落入本发明精神和范围内的修改、等效物、以及替代方案。

具体实施方式

[0045] 本发明一部分是针对用于将污染物材料从液体燃料流中去除的过滤介质和过滤元件。这些过滤元件和介质经配置以用于将除了硬微粒以外的其他污染物去除,这些其他污染物包括(例如)蜡、沥青烯、甾醇葡萄糖苷、固醇葡萄糖苷、甾醇苷以及燃料降解产物,它们统称为燃料污染产物。这些过滤元件和介质能够改进过滤器的性能并延长其寿命。

[0046] 尽管诸如熔喷介质等现有燃料过滤介质可以足够有效地将微粒污染物从液体燃料中去除,但熔喷介质可能因除了传统微粒以外的其他污染物的积聚而过早结垢。这种过早结垢似乎在燃料经历反复的加热和冷却循环的情况下尤为明显,例如,在用于许多柴油发动机的公用轨道系统中。

[0047] 图1是柴油发动机的公用轨道燃料系统的示意图。在图1中,燃料箱100与燃料泵102和燃料过滤器104是流体连通的。燃料从燃料箱100被泵送经过该过滤器104,随后进入公用轨道106中,该公用轨道用作将柴油燃料输送到多个喷射器108的歧管。一些燃料穿过喷射器108而进入燃烧室,而允许过剩的燃料沿回流管路110流回燃料箱100。被输送回燃料箱的燃料由于沿公共轨道向下流过热的柴油发动机的多个部分典型地是在升高的温度下返回。燃料在回到燃料箱后冷却。通过这种方式,每当发动机运行时,燃料箱中的各部分燃料就被连续地加热和冷却。

[0048] 据信,燃料的反复的加热和冷却循环导致产生了燃料降解产物(FDP)。FDP可以迅速地聚集在传统燃料过滤介质上,导致该介质的过早结垢。这种结垢可能发生于(例如)熔喷聚酯过滤介质上、以及纤维素过滤介质上。结垢随着FDP以及潜在的其他燃料污染产物(例如各种蜡、沥青烯、甾醇葡萄糖苷、固醇葡萄糖苷、甾醇苷)在过滤介质上积聚而发生,从而导致孔的阻塞以及过早的失效。

[0049] 图2A和2B示出了在具有柴油公共轨道燃料系统的卡车上进行长期操作之前和之后,可商购的燃料过滤器中的熔喷过滤介质。如图2A所示,该熔喷过滤介质是干净的且无污染物的。但在现场使用之后,该熔喷材料基本上被累积的污染物材料所覆盖,如图2B所示。结果就是过滤器迅速被阻塞、产生不可接受的高的背压,并且必须进行更换。在测试的实施方案中,过滤器的性能明显短于40,000到50,000英里这个目标。

[0050] 本发明克服了现有技术的缺点,是通过提供一种以如下方式去除燃料污染物的介质结构:使得染料污染物对过滤器性能和过滤器寿命的影响得到限制。具体地讲,本发明提供有效地隔离FDP等污染物同时经过构造以避免被过早阻塞的一个或多个介质层或介质区

域。通过有效地隔离FDP,过滤器内的其他部件(在某些情况下包括多层介质中的其他层)避免了过早阻塞。结果是过滤介质和过滤元件的寿命更长、性能更好。

[0051] 在本发明的一个实例实施方案中,该过滤介质包括热粘合的玻璃纤维和聚酯双组分纤维,这些纤维被层压到纤维素介质的上游侧,其中该纤维素还具有双重作用:用作硬微粒过滤以及该热粘合的玻璃的支撑物。该玻璃和聚酯双组分介质用于去除FDP,其方式是使得在除去FDP的同时避免纤维素层的过早阻塞。这种性能的提高部分地是通过选择玻璃和双组分纤维的混合物以使该介质具有相对较低的固体性而同时维持相对较低的压缩率来实现的。此外,相对较薄且通常处于高浓度的玻璃纤维得到了具有小的均值流量孔径但典型地还具有相对较高的最大孔径的一种介质。使用固体性较低并且压缩率低而且还具有小的均值流量孔径但高的最大流量孔径的介质得到了有效地去除FDP化合物而不过早阻塞的介质结构。

[0052] 图3是一个图表,示出了根据本发明制成的过滤元件相较于现有技术过滤器构型的示例性相对性能。如图3所示,与双组分纤维热粘合的玻璃纤维的第一区域、覆盖在纤维素纤维的第二过滤区域上而制成的介质表现得显著优于可商购的、用熔喷聚酯过滤介质构造的示例性现有技术过滤元件。应当了解,本发明的改进介质将取决于多种因素而相对于现有技术呈现出不同的性能改进,这些因素包括燃料供应中存在的任何FDP的性质和范围,这是通过所描述的四个卡车之间结果的不同而观察得出。但应了解,在暴露于被认为会存在FDP的柴油燃料中时,本发明的过滤介质总体上优于现有技术熔喷介质。

[0053] 现在将更详细地描述过滤介质和元件的合适的材料和构型,包括讨论用于去除燃料污染产物(尤其是FDP)的介质,然后讨论具有用于去除FDP污染物和传统污染物二者的额外介质层或区域的多种介质构型,讨论过滤元件构型,并且讨论实验结果。

[0054] A. 用于去除燃料污染产物(包括燃料降解产物)的介质

[0055] 本发明部分地涉及允许去除诸如燃料降解产物等污染物,且在一些实现方式中去除诸如蜡、沥青烯、甾醇葡萄糖苷、固醇葡萄糖苷以及甾醇苷等其他污染物的不同过滤构型。此类过滤构型可以含有一个或多个过滤介质层或过滤介质区域,该过滤介质含有两种(或更多种)类型的纤维的混合物:(1)介质纤维以及(2)粘合纤维。这些介质层或区域可以包括在(例如)2006年11月1日提交的第2007/0039300号美国专利公开中披露的热粘合的玻璃和聚合物纤维,该专利公开的内容通过引用结合在此。

[0056] 介质纤维

[0057] 介质纤维是向介质提供可控的孔径、渗透性以及效率等主要过滤特性的纤维。根据本发明使用的介质纤维可以是(例如)玻璃纤维、碳纤维、陶瓷纤维、聚酯或纤维素。在本发明的介质的实例实现方式中可以使用实质性比例的玻璃纤维。该玻璃纤维提供孔径控制并与介质中的其他纤维配合,以得到具有实质性流动速率、高容量、实质性效率以及高湿态强度的介质。

[0058] 术语玻璃纤维“源”意指以作为特殊原材料可获得的平均直径和长径比为特征的玻璃纤维组合物。合适的介质纤维包括用于本发明的介质中的玻璃纤维,包括名称为A、C、D、E、Zero Boron E、ECR、AR、R、S、S-2、N等的玻璃类型,并且通常包括可以通过用于制造强化纤维的拉丝过程或用于制造绝热纤维的纺丝过程制成纤维的任何玻璃。此类纤维典型地在直径为约0.1到10微米且长径比(长度除以直径)为约10到10,000的状态下使用。这些可

商购的纤维在特征上具有胶料涂层的大小。总体上合适的玻璃纤维应具有小于15微米、更可取地小于10微米、并且优选地小于5微米的平均直径。合适玻璃材料的商业来源包括以下这些：劳沙国际 (Lauscha International)、伊万奈特 (Evanite)、约翰曼维尔 (Johns Manville)、欧文科宁 (Owen Corning) 以及其他公司。

[0059] 除了玻璃纤维以外,适合于介质纤维的一些实现方式的替代纤维包括碳纤维。

[0060] 总体上合适的碳纤维应具有小于25微米、更可取地小于15微米、并且优选地小于10微米的平均直径。合适的碳材料的商业来源包括以下这些：尤尼吉可 (Unitika)、基诺尔 (Kynol) 以及其他公司。在多个实施方案中,在本发明的过滤介质组合件中有用的过滤介质含有一定量的玻璃纤维,玻璃纤维的量对应于该过滤介质中总固体重量的约10%到90%,或者该过滤介质中的总固体重量的约20%到80%,或者该过滤介质中的总固体重量的约25%到75%,或者该过滤介质中的总固体重量的约50%。在一些实施方案中,使用由一种以上的玻璃纤维源构成的共混物,其中该由一种以上玻璃纤维源构成的共混物被用于形成该过滤介质中的该玻璃纤维的总重量百分比。在一些此类实施方案中,对玻璃纤维源的共混物进行选择,以控制过滤介质的渗透性。例如,在一些实施方案中,以不同的比例将来自一种以上玻璃纤维源、平均纤维直径为约0.3到0.5微米的玻璃纤维,平均纤维直径为约1到2微米的玻璃纤维,平均纤维直径为约3到6微米的玻璃纤维,纤维直径为约6到10微米的玻璃纤维,以及纤维直径为约10到100微米的玻璃纤维相组合(包括这些玻璃纤维中的两种或更多种的共混物)提高了过滤介质组合件的渗透性。在一些此类实施方案中,对这些玻璃纤维共混物进行选择以向过滤介质提供可控的孔径,从而得到规定的渗透性。

[0061] 粘合纤维

[0062] 粘合纤维向介质纤维提供了支撑,并且向介质纤维加入了改进的处理性、强度以及抗压缩性。在某些实现方式中,粘合纤维还在配料配制、片或层的成形以及下游处理过程(包括厚度调整、干燥、切割和过滤元件的成形)过程中提供了改进的可处理性。

[0063] 粘合纤维可以是(例如)双组分纤维。本文所用的“双组分纤维”意指由以下热塑性材料形成的纤维,该热塑性材料具有一定熔点的至少一个纤维部分以及具有较低熔点的第二热塑性部分。这些纤维部分的物理构型典型地是并排式或鞘-芯式结构。在并排式结构中,这两种树脂通常以相连的形式被挤出成并排结构。其他有用的形态包括叶瓣形双组分纤维,其中纤维的尖端具有由相对于纤维的其余部分而言熔点较低的聚合物形成的叶瓣。

[0064] 使用双组分纤维使得能够形成无需单独的树脂粘合剂或使用最少量的树脂粘合剂即可形成的介质层或过滤元件,这显著地减少或防止了粘合剂树脂形成薄膜,还防止了在介质或元件中因树脂移动到介质层的特定位置上而缺乏均匀性。使用双组分纤维可以减少压缩、提高固体性、并且增加过滤介质中的拉伸强度,并且改进对诸如玻璃纤维等介质纤维以及加入介质层或过滤元件中的其他亚微米纤维材料的使用。

[0065] 介质纤维和粘合纤维以各种比例组合而形成了具有实质性过滤能力、渗透性以及过滤寿命的高强度材料。此类介质可由任选的副纤维和其他附加材料制成。这些组分进行组合而形成具有实质性的流动能力、渗透性以及高强度的高强度材料。

[0066] 用于双组分纤维的聚合物的多种组合可用于本发明中,但重要的是,第一聚合物组分以低于第二聚合物组分的熔化温度、并且典型地低于205°的温度下熔化。此外,这些双组分纤维典型地与诸如玻璃纤维等介质纤维整体地混合并均匀地分散。双组分纤维的第一

聚合物组分的熔化是必须的,以使得双组分纤维形成粘性的骨架结构,该结构在冷却后捕集并粘合许多介质纤维,并且粘合到其他双组分纤维上。在鞘-芯式结构中,该低熔点(例如,约80℃到205℃)的热塑性塑料典型地围绕该较高熔点(例如,约120℃到260℃)材料的纤维被挤出。

[0067] 在使用中,这些双组分纤维典型地具有约5到50微米、通常为约10到20微米的纤维直径,且典型地在纤维形式下一般具有0.1到20毫米的长度,或者通常具有约0.2到约15毫米的长度。此类纤维可以由多种热塑性材料制成,包括聚烯烃(例如聚乙烯、聚丙烯);聚酯(例如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸环己基二甲酯);尼龙,包括尼龙6、尼龙6,6、尼龙6,12等。

[0068] 双组分纤维对于形成机械稳定但坚固的可渗透过滤介质是有用的,该过滤介质可以承受由含砂砾的空气以高速通过而产生的机械应力,并且可以在使用中维持砂砾的负载,并且经受加载之间反复的清洗和干燥循环。用于本发明的过滤组件中的双组分纤维具有芯/壳(或配有鞘的)形态、并排式形态、海中岛的形态,或者叶瓣形态。双组分纤维由具有不同熔点的至少两种热塑性材料制成。在一些实施方案中,用于形成本发明的过滤介质中所用的双组分纤维的芯或鞘的热塑性聚合物包括:聚烯烃,例如包括线性低密度、低密度、高密度、超高密度以及其他形态和组成名称的聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯、聚- α -辛烯,以及它们的共聚物;聚四卤乙烯,例如聚四氟乙烯和聚氯三氟乙烯;聚酯,例如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯,或聚萘二甲酸乙二醇酯;聚醋酸乙烯酯,聚乙烯醇,以及它们的共聚物;聚乙烯基卤化物,例如聚氯乙烯、聚乙烯卤化物,如聚偏二氯乙烯、聚偏二氟乙烯,以及它们的类似物和共聚物;聚乙烯醇缩丁醛等聚缩醛,聚甲基丙烯酸酯和聚甲基丙烯酸甲酯等丙烯酸树脂(聚丙烯酸酯)、以及它们的共聚物,包括丙烯酸及其盐的共聚物;聚酰胺,例如尼龙6、尼龙66、尼龙6,10、尼龙46,以及它们的类似物和共聚物;聚苯乙烯和它们的共聚物;聚氨酯;聚脲;纤维素树脂,即硝酸纤维素、醋酸纤维素、醋酸丁酸纤维素、乙基纤维素以及类似物;上述材料中任何材料的共聚物,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,以及类似物。在多个实施方案中,采用聚烯烃/聚酯鞘/芯双组分纤维,因此聚烯烃鞘在低于聚酯芯的温度下熔化。在多个其他实施方案中,两种聚烯烃、或两种聚酯、两种聚乙烯基卤化物、两种聚偏二卤乙烯、两种聚酰胺聚合物、或者在化学上类似或相同的其他任意两种聚合物被用作芯和鞘,其中组成(例如,用于合成该聚合物的特定单体成分混合物,或者共聚物中的单体嵌段性浓度)差异、分子量差异、或形态差异,例如支化度、侧链晶化度等提供了较低和较高的熔化点或软化点的聚合物材料。

[0069] 在一些实施方案中,双组分纤维的较低熔点组分被用作芯/鞘形态中的鞘(或芯/壳形态中的壳),叶瓣形态中的叶瓣,海中岛形态中的“岛”,或者并排式形态中的一侧。较低熔点组分向所形成的过滤介质组合件提供熔化能力,其中湿法成网或气流成网的非纺织网被加热到一定温度,该温度高于该较低熔点组分的熔点或玻璃化转变温度、并且低于该较高熔点组分的熔点或玻璃化转变温度。在多个实施方案中,熔化是在这些熔化或软化的纤维组分与其他双组分纤维、以及所形成的湿法成网或气流成网的过滤介质组合件内的任何其他纤维和添加物接触时实现的。在此类实施方案中,当温度随后被降低到预期的最终使用温度或以下时,双组分纤维借助于鞘(或者叶瓣或侧)而至少部分熔化,同时基本维持了

由用于形成介质的气流成网或湿法成网工艺所提供的非纺织特性,包括松软度(loft)、渗透性、多孔性、基础重量、厚度等。这些非纺织特性借助于双组分纤维的熔点较高的芯或侧来得以维持,该芯或侧在熔化过程中维持其自身的纤维形态。此外,熔化的双组分纤维提供了所需的特性,包括减少的压缩和提高的拉伸强度;熔化的双组分纤维还改进了对本发明的过滤介质或过滤组件中的玻璃纤维和其他副纤维和/或附加材料的使用和保持。

[0070] 在一些实施方案中,可购自特拉华州威尔明顿(Wilmington)的纳幕尔杜邦(E.I.Dupont Nemours)公司的名称为Advansa 271P的芯/鞘双组分纤维对于形成本发明的过滤组件中所用的高松软度和低松软度过滤介质均是有用的。其他可用的双组分纤维包括可购自美国田纳西州约翰逊城(Johnson City)的光纤创新科技公司(Fiber Innovation Technology, Inc.)的T-200系列同心芯/鞘;可购自美国康涅狄格州舍尔顿(Shelton)的科技工程纤维股份有限公司(Engineered Fibers Technology, LLC)的Kuraray N720;可购自美国纽约州纽约市的美国日绵公司(Nichimen America Inc)的Nichimen4080;以及类似材料。所有这些纤维均呈现出上述的熔化特性。

[0071] 在本发明的一个实施方案中,在本发明的介质组合件中所用的过滤介质包括约50%重量的Advansa 271P双组分纤维(可购自美国特拉华州威尔明顿(Wilmington)的纳幕尔杜邦(E.I.Dupont Nemours)公司)以及约50%重量的LauschaB50玻璃微纤维(可购自美国南卡罗来纳州萨默维尔(Summerville)的劳沙纤维国际(Lauscha Fiber Intl.))。该介质是通过湿法成网工艺或造纸型工艺形成,以使介质具有约60g/m²到70g/m²的基础重量,0.125psi压力下0.5mm到0.65mm的层厚度,0.125psi与1.5psi之间压力下15%到20%的压缩率,50m/min到60m/min的渗透性,以及0.125psi压力下6%到7%的固体性。

[0072] 介质特性

[0073] 过滤介质的性能特性通过对与过滤介质的纤维大小、孔结构、固体性以及压缩率相关的属性进行控制而显著受到影响。通常,使用固体性相对较低、压缩率低,同时均值流量孔径小但最大流量孔径大的介质产生了可以去除FDP化合物而不引起过早阻塞的示例性介质结构。

[0074] 通常,该介质纤维具有比粘合纤维小得多的直径。在多个实例实施方案中,介质纤维具有小于5微米的平均直径,而粘合纤维具有大于5微米的平均直径。更典型地,介质纤维将具有从0.1到20微米、并且任选地从0.1到15微米的平均直径。在一些实现方式中,介质纤维将具有从0.4到12微米、并且在一些实现方式中从0.4到6.5微米的平均直径。平均直径小于10微米、小于7.5微米、小于6.5微米、以及小于5微米的介质纤维通常是可取的。粘合纤维将典型地具有从5到40微米、更典型地从7到20微米、并且通常从10到14微米的直径。请注意,介质纤维和粘合纤维的直径均可以是可变的。在某些情况下,纤维直径将沿着自身的长度而变,而更常见的是结合具有不同直径的纤维。应了解,本文所用的纤维直径是基于介质中存在的纤维的平均纤维直径。

[0075] 根据本发明制成的过滤介质、尤其是介质中与隔离FDP(以及相关的燃料污染产物)相关的部分的另一特性是,典型地具有相对低的固体性水平。本文所用的固体性是固体纤维体积除以相关过滤介质的总体积,通常用百分数表示。在一个典型的实现方式中,过滤介质中与隔离FDP相关的固体性小于15%,更典型地小于12%,更经常地小于10%。在某些实施方案中,固体性是小于9%、小于8%,或小于7%。

[0076] 根据本发明制成的过滤介质的另一特性是,它是相对不可压缩的,尤其是相对于该介质的固体性而言。压缩率是在流体流经介质的方向上的(即)抗压缩性或抗变形性。介质压缩的适当测试是压力-距离测试,其中在负载下压缩一个介质堆,以确定压缩百分比。此类测试的一个实例如下:用一个2.54厘米直径的探针和一个5kg的负载单元来压缩一个总厚度为25mm的介质堆。该测试以1mm/秒的速度进行,其中起动距离为距底部30mm,且数据触发器为0.5g。端面压力目标为4,800g。介质样本大小可以为2.22厘米直径的圆,该圆相对于介质样本进行定向,以形成位于测试探针正下方的堆。此类实现方式中,介质上的压力为约1.24kg/cm²。所用的堆叠样本的数目应该足以具有25mm的总厚度,因此样本的总数量将根据所测试的介质材料的单独厚度而不同。数据将依据以下公式来分析:

[0077] 压缩百分比 = x/t_1

[0078] 其中当力=0.5克时, t_1 是从堆叠的样本的底部开始的厚度,且当力=4,800g时, t_2 是从堆叠的样本的底部开始的厚度,其中 x 等于探针在测试过程中行进的距离,该距离是距离 t_1-t_2 。用于进行该测试的合适仪器包括(例如)由稳定微系统(Stable Micro Systems)公司提供的TA.XT2i织构分析仪(TA.XT2i Texture Analyzer),该织构分析仪使用第2.64版Texture Expert Exceed软件。

[0079] 压缩强度必须足以维持材料的厚度,从而维持该材料的孔结构以及过滤流动和微粒去除性能。代表本发明制成的材料的压缩率如下:在第一实例实施方案中,含有粘合纤维和介质纤维的过滤介质具有在1.24kg/cm²压力下小于40%的压缩率。在其他实现方式中,该过滤介质具有在1.24kg/cm²的压力下小于30%、在1.24kg/cm²的压力下小于20%、以及在1.24kg/cm²的压力下小于10%的压缩率。此外,该介质的压缩率除以固体性百分数的结果通常小于4,经常小于3,可以小于2,且在一些实现方式中是小于1。例如,在压缩率为20%且固体性为10%的实现方式中,该数字为2.0。

[0080] 用于描述与隔离FDP(以及任选地其他类似的燃料污染产物)相关的介质特性的其他量度涉及介质的孔结构。通常,可以用诸如均值流量孔、众数流量孔以及最大流量孔等参数来表征多孔介质的特性。“众数孔径”是材料中最频繁出现的孔径。图4示出了根据本发明制成的示例性介质材料的流量孔径密度分布。“众数孔径”(用箭头表示)显示为曲线的最高峰值。“均值孔径”是材料中的孔的平均大小,且“累积流量孔径”是对流过介质的流量的总百分数的衡量,是孔径的函数,使用毛细管流动微孔测径仪来确定。“均值流量孔径”被定义为当50%的累积流量流过介质时的孔径。“多孔性”被定义为材料中空隙空间的量。图5示出了流量孔径累积分布。“均值流量孔径”(用箭头表示)是曲线在y轴上的截距为50%的点。

[0081] 就孔径而言,过滤介质中主要负责去除FDP以及相关污染物的部分将典型地具有5到20微米、或5到10微米的均值流量孔径。合适的均值流量孔径包括小于20微米、小于15微米、以及小于10微米。过滤介质中主要负责去除FDP和相关污染物的部分将典型地具有从10到50微米、从20到40微米、或从25到35微米的众数流量孔径。合适的众数流量孔径包括(例如)大于10、大于15、大于20以及大于25微米。就最大流量孔径而言,过滤介质中主要负责去除FDP和相关污染物的部分通常具有的最大流量孔径是大于纤维素或熔喷介质的最大流量孔径。合适的最大流量孔径包括大于10微米,优选地大于20微米,并且在一些实现方式中大于30微米。在多个实例实现方式中,最大流量孔径是从20到50微米,或从25到45微米。

[0082] 典型地,众数孔径在过滤介质的上游部分中大于在下游部分中,且均值(或平均)

孔径在上游部分中小于在下游部分中。根据本发明的传授内容,所希望的是在具有大的最大流量孔时总体上使介质的至少一部分具有小的均值流量孔。最大孔径与均值流量孔的比率通常为至少2.5,任选地至少5.0,并且在一些实现方式中是大于7.5。在一些实施方案中,如果均值流量孔非常小且最大流量孔相对较大,则该比率可大于10,并且任选地是大于12.5或15。高数值反映出更宽的粒度分布,这可以改进对FDP (和相关) 污染物的去除。

[0083] 其他树脂和纤维

[0084] 粘合剂树脂可用于帮助将介质纤维、以及任选地粘合纤维粘合到机械稳定的介质层中。此类热塑性粘合剂树脂材料可用作干粉末或溶剂体系,但典型地是乙烯基热塑性树脂的水性分散体。树脂粘合剂组分并非是使本发明的介质具有适当强度所必需的,但是可以使用。

[0085] 树脂包括:醋酸乙烯酯材料;氯乙烯树脂;聚乙烯醇树脂;聚醋酸乙烯树脂;聚乙烯基乙酰树脂;丙烯酸树脂;甲基丙烯酸树脂;聚酰胺树脂;聚乙烯醋酸乙烯酯共聚物树脂;热固性树脂,例如脲苯酚、脲甲醛、密胺、环氧树脂、聚氨酯、可固化不饱和聚酯树脂、聚芳烃树脂、间苯二酚树脂,以及类似的弹性体树脂。

[0086] 用于可溶于水或水可分散的粘合剂聚合物的合适材料是可溶于水或水可分散的热固性树脂,例如丙烯酸树脂、甲基丙烯酸树脂、聚酰胺树脂、环氧树脂、酚醛树脂、聚脲、聚氨酯、密胺甲醛树脂、聚酯以及醇酸树脂,通常地并且特别地是可溶于水的丙烯酸树脂、甲基丙烯酸树脂以及聚酰胺树脂。此类液体粘合剂通常是片晶分散体,这些片晶覆盖在纤维上,并促进最终非纺织基体中纤维与纤维之间的粘连。足够的树脂被添加到配料中,以完全覆盖纤维,而不致在片材、介质材料或过滤材料中形成的孔上形成薄膜。树脂可添加到配料中,或者可在成形之后涂覆到介质上。

[0087] 可以从本领域中已知的多种胶乳粘合剂中选择一种用于将每个非纺织层中的三维非纺织纤维网粘合在一起或者用作额外的粘合剂的胶乳粘合剂。技术人员可以根据待粘合的纤维素纤维的类型来选择具体的胶乳粘合剂。胶乳粘合剂可以通过喷涂或发泡等已知的技术来施加。通常,使用具有15%到25%的固体的胶乳粘合剂。该分散体可以通过使纤维分散随后添加粘合剂材料或使该粘合剂材料分散然后添加纤维来制成。该分散体还可以通过将纤维的分散体与粘合剂材料的分散体相组合来制成。基于分散体的总重量,全部纤维在分散体中的浓度可在从0.01%到5%、或0.005%到2%重量百分比的范围内。基于纤维的总重量,粘合剂材料在分散体中的浓度可以在从10%到50%重量百分比的范围内。

[0088] 用于去除FDP和类似燃料污染产物的介质层可以含有从多种亲水纤维、疏水纤维、亲油纤维以及疏油纤维制成的副纤维。这些纤维与玻璃纤维和双组分纤维共同形成机械稳定但坚固的可渗透过滤介质,该介质可以承受流体材料通过而产生的机械应力,并且可在使用过程中维持微粒的负载。副纤维通常是单组分纤维,直径可在从约0.1到约50微米的范围内,并且可由多种材料制成。一种类型的副纤维是粘合纤维,该粘合纤维与其他组分一起将这些材料粘合成片。另一种类型的副纤维是结构纤维,该结构纤维与其他组分共同增加了材料在干湿条件下的拉伸强度和爆破强度。此外,该粘合纤维可以包括从诸如聚氯乙烯和聚乙烯醇等聚合物制成的纤维。副纤维也可以包括无机纤维,例如碳/石墨纤维、金属纤维、陶瓷纤维以及它们的组合物。

[0089] 辅助热塑性纤维包括但不限于:聚酯纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯纤维、共聚醚酯纤

维、聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维、聚对苯二甲酸丁二醇酯纤维、聚醚酮酮 (PEKK) 纤维、聚醚醚酮 (PEEK) 纤维, 液晶聚合物 (LCP) 纤维, 以及它们的混合物。聚酰胺纤维包括但不限于: 尼龙6、66、11、12、612, 以及高温“尼龙”(例如, 尼龙46), 其中包括纤维素纤维; 聚醋酸乙烯; 聚乙烯醇纤维 (包括聚乙烯醇的多种水解, 例如88%水解、95%水解、98%水解以及99.5%水解的聚合物); 棉; 粘胶人造丝; 诸如聚酯、聚丙烯、聚乙烯等热塑性塑料; 聚醋酸乙烯酯; 聚乳酸; 以及其他常用纤维类型。热塑性纤维通常是细的 (约0.5到20旦尼尔的直径)、短的 (约0.1到5cm长度) 的切段纤维, 可能含有预先混合的常规添加剂, 例如抗氧化剂、稳定剂、润滑剂、增韧剂等。此外, 热塑性纤维可以用分散助剂进行表面处理。优选的热塑性纤维是聚酰胺和聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维, 最优选的是聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维。

[0090] 过滤介质的生产

[0091] 在制造本发明的介质的过程中, 在某些实施方案中, 通过湿法或干法处理来形成纤维毡。该毡被加热以使热塑性材料熔化, 从而通过在内部粘合多个纤维来形成该介质。本发明的介质中所用的双组分纤维允许该纤维融入机械稳定的介质中。具有热粘合性外鞘的双组分纤维使该双组分纤维与介质层中的其他纤维粘合。

[0092] 一个或多个用于隔离FDP和类似燃料污染产物的介质层通常使用造纸工艺制成。通常, 该介质可以通过气流成网工艺制成, 这种工艺使用了针对气流成网处理进行适配的类似组分。用于湿法成网的片材制造的机器包括手砌片材设备、福德林尼尔造纸机 (Fourdrinier papermaking machine)、圆柱型造纸机、倾斜型造纸机、组合造纸机以及其他可以获取正确混合的纸、形成一个或多个配料组分层并且去除流体水性组分以形成湿片材的其他机器。

[0093] 在示例性湿法成网处理中, 该介质是由包括纤维材料在水性介质中的分散体的含水配料制成。该分散体的含水液体总体上是水, 但可以包括多种其他材料, 例如pH值调节材料、表面活性剂、消泡剂、阻燃剂、粘度改性剂、介质处理剂、着色剂等。该含水液体通常从分散体中排出, 是通过将该分散体引导至保留了分散的固体并使液体穿过的一种筛子或其他穿孔支撑体上, 以得到湿的纸组合物。该湿的组合物一旦在支撑体上形成, 通常就通过真空或其他压力来进一步脱水, 并通过将剩余的液体蒸发来进一步干燥。去除液体之后, 通常进行热粘合, 是通过将热塑性纤维的特定部分、树脂、或所形成的材料的其他部分熔化。熔化的材料将该组分粘合成一个层。

[0094] 含有这些材料的纤维浆通常进行混合, 以形成相对均匀的纤维浆。随后对该纤维浆实施湿法成网造纸工艺。一旦浆料成为湿法成网片材之后, 随后就可以将该湿法成网片材干燥、固化或以其他方式进行处理, 从而形成干燥、可渗透但真正的片材、介质或过滤器。一旦对过滤介质进行充分的干燥和处理之后, 这些片材通常具有约0.25到1.9毫米的厚度, 以及约20到200、或30到150g-m⁻²的基础重量。对于商业规模的生产, 本发明的双组分毡通常通过使用造纸型机器来进行处理, 例如可商购的福德林尼尔造纸机、丝筒式造纸机 (wire cylinder)、史蒂文斯真空圆网造纸机 (Stevens Former)、真空圆网造纸机 (Roto Former)、倒置压榨式造纸机 (Inver Former)、通风式造纸机 (Venti Former)、倾斜式三角形造纸机 (Delta Former)。

[0095] 在一些实施方案中, 使用倾斜式三角形造纸机。本发明的双组分毡可通过形成纸浆和玻璃纤维浆并将这些浆料在例如混合箱中组合而形成。该过程中所用的水量可根据所

用设备的大小而有所不同。可使配料穿过常规的流浆箱,配料在该流浆箱中脱水并沉积到一个移动的丝网筛上,在该丝网筛上,配料通过抽吸或真空而脱水,从而形成非纺织的双组分网。随后,该网可以通过常规手段,例如通过浸水和提取方法而涂覆一种粘合剂,并且穿过一个干燥区段,该干燥区段干燥该毡并使粘合剂固化,然后对片材、介质或过滤器进行热粘合。所得的毡可以收集在大型滚筒中以进行进一步处理,用于层压到第二介质材料(例如纤维素介质层)上,或者形成过滤元件。

[0096] B. 含有多个层或多个功能区域的构型

[0097] 如上所述,被选择用于隔离FDP的上游过滤材料(含有介质纤维和粘合纤维,例如玻璃纤维和双组分纤维)通常与下游过滤材料进行组合。该下游过滤材料通常被选择用于有利地去除微粒污染物。该下游部分可以包括(例如)纤维素。上游部分与下游部分之间吸引不同污染物的能力的差异与上游部分和下游部分的孔径分布一起,使得本发明的过滤介质能有效地去除多种污染物而不致过滤器过早阻塞。

[0098] 介质的上游(例如,双组分纤维和玻璃纤维)部分通常具有小于下游(例如,纤维素)部分的均值流量孔径,但该较小的平均孔径通常与上游部分上较大的众数孔径相组合,这可以有助于提高过滤器对特定污染物、尤其是燃料降解产物的负载。典型地,众数(或最常见的)孔径在上游部分中是大于在下游部分中,而均值(或平均)孔径在上游部分中是小于在下游部分中。

[0099] 上游部分也可具有自身的孔径差异,其特征至少部分地在于:在上游部分的不同深度处存在不同的孔径。在上游部分的“顶部”上,众数孔径任选地增大。对于某些介质,上游部分的下游众数孔径明显大于下游部分的众数孔径,该下游部分通常为纤维素。在一些实施方案中,上游部分的众数孔径是大于该下游部分的众数孔径。例如,该上游部分的众数孔径在一些实现方式中可以比下游部分的众数孔径大至少20%,并且在其他实现方式中比下游部分的众数孔径大至少40%。

[0100] 在一个实例实施方案中,上游部分的众数孔径是比下游部分的众数孔径大至少20%;并且上游部分的均值流量孔径是比下游部分的均值流量孔径小90%。应了解,下游部分可以含有平均直径或截面大于上游部分中介质纤维的平均直径的纤维。在一些实施方案中,上游部分的众数孔径是大于下游部分的众数孔径。例如,上游部分的众数孔径可以比下游部分的众数孔径大至少40%,或者大至少60%。在一些实施方案中,上游部分的均值流量孔径是小于下游部分的均值流量孔径。例如,上游部分的均值流量孔径可以小于下游部分的均值流量孔径的70%或者50%。

[0101] 介质纤维直径也可以进行选择,以便改进上游部分与下游部分之间的性能。在一个实施方案中,上游部分含有基于总纤维数而平均直径小于10微米的介质纤维;并且下游部分含有平均直径不同于上游部分中介质纤维的直径的介质纤维。在一个实施方案中,上游部分的介质纤维具有小于5微米的平均直径。通常,下游部分含有平均直径或截面大于上游部分中的介质纤维的平均直径的纤维。上游部分可以包括(例如)玻璃纤维、粘合纤维或双组分纤维。在一些实施方案中,下游部分包括纤维素纤维、聚酯等聚合物纤维,或者它们的组合。

[0102] 在一个实施方案中,上游部分含有基于总纤维数而平均直径小于10微米的介质纤维;并且下游部分含有平均直径不同于上游部分中介质纤维的平均直径的介质纤维;其中

上游部分的众数孔径比下游部分的众数孔径大出至少20%；并且其中上游部分中的介质的均值流量孔径是小于下游部分中的介质的均值流量孔径的90%。

[0103] 在一些实施方案中，用于对液体进行过滤的过滤器包括：上游部分，该上游部分包括具有至少50%的多孔性的介质，该介质包括介质纤维以及平均直径大于该介质纤维的粘合纤维；以及下游部分，该下游部分包括纤维素。该上游部分可以包括碳纤维或玻璃纤维。在一个实施方案中，上游部分的介质纤维具有小于5微米的平均直径。在另一个实施方案中，上游部分的介质纤维具有小于15微米的平均直径。在一些实施方案中，上游部分的众数孔径是大于下游部分的众数孔径。例如，上游部分的众数孔径可以比下游部分的众数孔径大至少20%或至少40%。

[0104] 在另一个实施方案中，本发明是针对一种过滤介质，该过滤介质包括：上游部分，该上游部分含有选自碳和玻璃的纤维；以及下游部分，该下游部分包括纤维素；其中上游部分的众数孔径比下游部分的众数孔径大至少20%；并且其中上游部分的均值流量孔径是小于下游部分的均值流量孔径的90%。应了解，下游部分可以含有平均直径大于上游部分中介质纤维的平均直径的纤维。在一些实施方案中，上游部分的众数孔径是大于下游部分的众数孔径。例如，上游部分的众数孔径可以比下游部分的众数孔径大至少40%，或者大至少60%。在一些实施方案中，上游部分的均值流量孔径是小于下游部分的均值流量孔径。例如，上游部分的均值流量孔径可以小于下游部分的均值流量孔径的70%或50%。

[0105] 在一些实施方案中，上游过滤部分以比下游过滤部分大出至少50%的捕获水平来负载燃料降解产物。在一些实施方案中，第一过滤部分以比第二过滤部分大出至少100%的捕获水平来负载燃料降解产物。在一些实施方案中，第一过滤部分以比第二过滤部分大出至少200%的捕获水平来负载燃料降解产物。该百分比可以针对介质体积或针对介质表面积而标准化。

[0106] 在一些实施方案中，使用低温结晶聚合物粉末来将合成的和纤维素的介质层压在一起，从而使得该复合介质容易制成若干不同的过滤元件构型。也可以使用将这些介质层层压在一起的其他方法，例如胶粘层压或热粘合手段。

[0107] 现在参见图6A到图6D，其中示出了过滤介质的示例性构型。在这些截面示意图中，仅示出了这些介质组分的基本定位，并且应了解，这些图并未按比例绘制。还应了解，这些图是介质结构的简化，并且是替代性实施方案，而对于可能在本发明下的结构类型不进行限制。图6A是根据本发明的一个实现方式制成的介质结构的截面示意图，其中示出了一种两层结构。在该实例实施方案中，介质结构120包括含有上游介质122的第一部分以及含有下游介质124的第二部分。上游介质可以是（例如）玻璃介质纤维和双组分粘合纤维的组合。下游部分可以是（例如）纤维素介质。

[0108] 图6B是根据本发明的一个实现方式制成的另一个介质结构的截面示意图，其中示出了一种三层结构。在该实例实施方案中，介质结构130包括含有上游介质132和133的第一部分和第二部分，以及含有下游介质134的第三部分。上游介质部分可以是（例如）玻璃介质纤维和双组分粘合纤维的组合。在一些实施方案中，这些上游介质部分132、133可以具有彼此不同的特性，例如不同的孔径和分布。并非必须使这两个层（或部分，如果不在多个离散层中）均去除FDP或类似的污染物，只要至少一个层或部分这样做即可。下游部分可以是（例如）纤维素介质。多个进一步实施例可具有（例如）额外的上游和下游层。

[0109] 图6C是根据本发明的一个实现方式制成的介质结构的截面示意图,其中示出了一种两层结构,其中介质层之间具有隔离物。在该实例实施方案中,介质结构140包括含有上游介质142的第一部分、含有下游介质144的第二部分、以及在上游部分142与下游部分144之间的隔离物146。上游介质可以是(例如)玻璃介质纤维和双组分粘合纤维的组合。下游部分可以是(例如)纤维素介质。隔离物146可以是(例如)非过滤性粗布材料。

[0110] 图6D是根据本发明的一个实现方式制成的介质结构的截面示意图,其中上游部分152和下游部分154通过一个空隙而进一步彼此隔开。上游介质可以是(例如)玻璃介质纤维和双组分粘合纤维的组合。下游部分可以是(例如)纤维素介质。该空隙可以相对较小,或相对较大。在该示例性实施方案中,这两种介质的功能定向是重要的:一个部分的介质置于另一部分的上游。应了解,支撑材料可以置于这两个部分152、154的中间。

[0111] 图7示出了本发明的一个实例实施方案中介质的孔关系,其中上游部分包括合成的双组分玻璃介质,且下游部分包括纤维素。具体而言,在该实例实现方式中示出了本发明的分层结构,其中孔径可从在上游部分中的开得很大变化到在进行细微粒过滤的下游部分中开得很小。上游部分可以包括具有不同孔径的两个或更多个层,如在此所示。但是,纤维素的众数孔径是小于所示出的上游部分中的两个部分的众数孔径。

[0112] 介质孔在下游侧小于在上游侧的这种结构的过滤器通常是有用的。换言之,该多孔结构从上游侧到下游侧逐渐更密。因此,根据微粒的大小,待过滤的多种微粒或污染物能够渗入不同的深度。这使得这些微粒或污染物分布于过滤材料的各个深度处,从而减小了压降的升高、并且延长过滤器的寿命。在一个实施方案中,孔径逐渐变化,如图7所示。在另一个实施方案中,孔的大小从在下游侧的较小逐渐增加到在上游侧的较大。

[0113] 图8示出了多级燃料过滤器180的一个实施方案的实例,该多级燃料过滤器具有多个同心的介质层182、184、186。这些同心层可以包括多个介质纤维和粘合纤维(例如,玻璃和双组分)层,其中孔的尺寸从外部向内部变化。通常,均值流量孔径将从外层182向内层186变小。FDP和其他类似产物趋于吸附到外介质表面上、并形成横越该介质的一个层或薄膜。降解产物的团聚作用开始填满这些孔。上游介质中较大数量的大孔使得外介质能够捕获并储存这些降解产物而不引起迅速阻塞。较紧密的下游层被设计成对微粒具有高效率。

[0114] C. 实验数据

[0115] 可以基于介质孔结构来对本发明的过滤介质进行评估。介质孔结构可以基于孔测量的毛细管理论而进行描述。根据分子理论,纯液体中分子之间的相互作用在该液体各处都是相同的,而气液、气固、液液或液固等界面处除外。通过对整个纯液体求和,所有相互作用的平均值对每个分子而言基本上相等,而这些界面处除外。在这些界面处,分子通常因大部分中以及表面处的分子间相互作用存在差异而处于“拉伸”状态下。在气液界面上,因分子密度更低而引起的过度处势能导致了表面处于拉伸状态下,因而得到术语“表面张力”。

[0116] 易于使材料潮湿的液体具有低的接触角。当液体的表面接触到可湿性材料,例如玻璃容器的壁时,与被液体表面吸引相比,分子更易被玻璃吸引。被玻璃表面的吸引使得液体的表面向上弯曲。当该壁向周围弯曲壁而形成管时,这种吸引力作用于管的整个圆周周围,从而在流体上产生净向上力。这种现象已发展成所谓的毛细管理论,其中液体的静水头压力与源自表面张力的多种力之间存在力的平衡。

[0117]
$$\sigma \pi d \cos(\theta) - \gamma(\Delta h) \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 0$$

[0118] 其中

[0119] σ = 表面张力

[0120] d = 管的直径

[0121] θ = 管表面上的液体接触角

[0122] γ = 流体比重

[0123] Δh = 管中流体位移距离

[0124] 对于可湿性流体,接触角小,因此我们可以假设:

[0125] $\cos(\theta) \approx 1$

[0126] 然后,在用压力替换比重和液体高度后,该公式可以写成:

[0127]
$$d = \frac{4\sigma}{\Delta p}$$

[0128] 该公式涉及直径、压力和表面张力,并用于在孔测量法测试中计算孔径。

[0129] 测量多孔材料的孔径的常用技术有三种。这三种技术均使用毛细管理论而根据液体的表面张力、压力以及孔直径之间的关系来计算孔径。这三种技术中的每种均可以在如何进行各自的测量和测试程序方面略有不同:第一程序是空气渗透性测孔法,使用非反应液体来润湿并填充该多孔材料。随后用非反应气体对饱和的材料进行加压,以将液体从孔中去除。孔径越小,使液体从孔中排出所需的压力就越高。对压力和空气流量进行测量,直到所有液体均已从样本中排出。随后将该数据与一个清洁、干燥的样本的压力和流量测量值进行比较,以计算孔径分布。

[0130] 第二程序是水银侵入测孔法,使用水银作为填充多孔材料的孔的液体。水银具有非常高的表面张力和接触角,因此不易进入孔中。该技术因而使用压力来迫使水银进入孔中。孔越小,迫使水银进入孔中所需的压力就越高。对所用的水银体积以及压力进行测量,且随后使用它们来计算孔径分布。

[0131] 第三程序是液体挤压测孔法,使用非反应液体来填充并完全润湿多孔材料的孔。随后用非反应气体对饱和的材料进行加压,以将液体从孔中去除。孔越小,迫使液体从孔中排出所需的压力就越高。所测量的被迫使从孔中排出的液体体积、以及压力一起用于计算孔径分布。

[0132] 此类孔测试可以使用(例如)由多孔材料公司(Porous Materials, Inc)制造的自动化空气渗透性气孔计来完成。这里所用的型号是APP-1200-AEXSC,该型号使用第6.71.122版CAPWIN测试软件。该测试程序包括毛细管流动测孔法,使用硅酮流体以及20.1达因/c的流体表面张力来进行干燥/润湿。样本的有效测试尺寸具有1.0厘米的直径,以及100,000cc/min的最大气流;120kPa的最大样本压差,以及以下测试机器专有的测试参数:

[0133] 多孔材料公司测试参数

[0134]

	干燥曲线	潮湿曲线
最大压力	180kPa	180
最大流量	100000cc/m	100000cc/m

Bubflow	NA	10cc/m
F/PT	NA	50
minbppres	NA	0kPa
Zerotime	NA	1秒
脉冲宽度	0.4秒	0.1秒
v2incr	160cts	80cts
Preginc	16cts	4.8cts
脉冲延迟	2秒	2秒
mineqtime	30秒	45秒
Presslew	10cts	10cts
Flowslew	50cts	50cts
Eqiter	3秒	20秒
Aveiter	20秒	20秒
Maxpdif	0.69kPa	0.69kPa
Maxfdif	50cc/m	50cc/m

[0135] 为了从该数据中计算出孔径分布,需要将干燥样本曲线与潮湿样本曲线进行比较。这是通过计算潮湿样本所具有的气流占干燥样本的气流百分比来完成。这给出了所谓的过滤器流量百分比。

$$[0136] \quad Q(p) = \frac{\text{潮湿样本空气流量}}{\text{干燥样本空气流量}}$$

[0137] 该过滤器流量百分比是压力的函数。因此,接下来我们使用来自毛细管理论的公式(公式2.3)来用直径替代压力。现在我们获得从0到100%的流量基本孔径分布。

$$[0138] \quad D(d) = Q\left(\frac{4\sigma}{d}\right) = Q(p)$$

[0139] 产品的报告软件中用于孔径分布的计算类型可以放大测量数据的变化性,并且可以给出不均匀的分布曲线。此外,孔径分布结果是数据点的集合,因此难以用于比较分析技术以及建模技术中。因此,唐纳森公司(Donaldson Company)已开发出一项专利技术来对从每个测试中收集的原始数据进行曲线拟合。该技术能够将数据曲线拟合成分布格式,而不必将其限制成经典的正态分布曲线。

[0140] 该技术的结果得出:

[0141] $g(d)$ = 所测试样本的孔尺寸的直径的累积分布函数。

[0142] $G(d)$ = 所测试样本的孔尺寸的直径的密度分布函数。

[0143] 图9示出了流量孔径密度分布的图表,其中对不同的熔喷介质、纤维素介质以及双组分玻璃燃料介质进行了比较。图9所示上游层的下游侧上孔直径的众数孔径分布表明,该示例性双组分玻璃具有将近30 μm 的众数孔径,而熔喷介质的相应值为约13 μm 。在将上游双组分玻璃和熔喷层与纤维素层相关联的过程中,双组分玻璃的众数孔径峰值为将近30 μm ,远大于纤维素的相应值。从图9中还可以看出,众数孔径密度为约13 μm 的熔喷介质与众数孔径密度为10 μm 的纤维素十分类似。

[0144] 众数孔径是对介质孔结构的一种衡量。另一种对介质孔结构的衡量是均值流量孔

径,它被定义成当有50%的累积流量穿过介质时的孔径。

[0145] 图10示出了熔喷介质、纤维素介质以及双组分玻璃介质的各个组分的累积孔径分布。

[0146] 用于产生图10所示数据的材料如下所示:

[0147] 纤维素A:商业纤维素介质,奥斯龙(Ahlstrom)介质等级15PS-11

[0148] 熔喷A:商业熔喷纤维素复合介质,奥斯龙介质等级15PS LFF-1。

[0149] DCI A:均值流量孔径为30.3微米的双组分聚酯玻璃介质层,该介质层被层压到均值流量孔径为9.2微米的双组分聚酯玻璃介质层上。

[0150] DCI B:均值流量孔径为20.1微米的双组分聚酯玻璃介质层,该介质层被层压到均值流量孔径为9.3微米的双组分聚酯玻璃介质层上。

[0151] DCI C:均值流量孔径为30.3微米的双组分聚酯玻璃介质层,该介质层被层压到均值流量孔径为20.1微米的第二种双组分聚酯玻璃介质层上。

[0152] 柴油燃料沉积物是通过与以下参考文献中概述的方法类似的多电子分子的氧化作用形成的:弗兰肯菲尔德,J.W. (Frankenfeld,J.W.);泰勒,W.F. (Taylor,W.F.);布林克曼,D.W. (Brinkman,D.W.) 等人,工业化学与工程化学产品研究与发展(Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Dev.),1983年,第22卷,第608到614页;K·T·雷迪(K.T.Reddy),推进技术(J.Propulsion),第5(1)卷,1989年,第6到13页;约翰·W·弗兰肯菲尔德(John W.Frankenfeld),威廉·F·泰勒(William F.Taylor),丹尼斯·W·布林克曼(Dennis W.Brinkman),工业化学与工程化学产品研究与发展(Industrial&Engineering ChemistryProductResearch andDevelopment),1983年,第22(4)卷,第622到627页;约翰·W·弗兰肯菲尔德(John W.Frankenfeld),威廉·F·泰勒(William F.Taylor),丹尼斯·W·布林克曼(Dennis W.Brinkman),工业化学与工程化学产品研究与发展(Industrial&Engineering Chemistry Product Research andDevelopment),1983年,第22(4)卷,第615到621页;约翰·W·弗兰肯菲尔德(John W.Frankenfeld),威廉·F·泰勒(William F.Taylor),工业化学与工程化学产品研究与发展(Industrial&Engineering ChemistryProductResearch and Development),1980年,第19(1)卷,第65到70页;以及W·F·泰勒(W.F.Taylor)和J·W·弗兰肯菲尔德(J.W.Frankenfeld),工业化学与工程化学产品研究与发展(Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Dev.),第17(1)卷,1978年,第86到90页。这些参考文献揭示出,在柴油燃料中发现的类似沉积物(或沉淀物)可以在实验室环境中生成。

[0153] 从中可以看出,10 μ m双组分玻璃介质层的实施方案具有小于纤维素介质层的均值流量孔径,尽管该双组分玻璃介质层的众数孔径是纤维素的相应值的将近三倍。在以30%流量孔径观察图10所示的累积大小分布时大量的大孔得到进一步印证。对于这三种双组分玻璃介质的样本,总流量的约30%、23%以及39%分别穿过了20 μ m或更大的孔,而对于熔喷介质和纤维素,30%累积流量孔径是该大小的大约一半。

[0154] 在对合成的双组分介质、熔喷介质以及三种纤维素介质样本之间的孔径关系进行总结时,可以计算出以下比率,如表1所述。

[0155] 表1

[0156]

介质复合体	均值流量孔比率	30%流量孔径比率	众数孔径比率
-------	---------	-----------	--------

熔喷/纤维素	1.0	1.0	1.3
DCIA/纤维素	0.7	2.0	2.9
DCIB/纤维素	1.1	1.1	2.8
DCIC/纤维素	1.8	2.0	2.4

[0157] 双组分玻璃纤维素介质实施方案相对于熔喷纤维素介质的另一方面是压缩模量。表2示出了合成的和熔喷的介质的相同直径和厚度样本在相同负载下的压缩百分比。

[0158] 用于产生表2所示数据的材料如下所示：

[0159] MB-1:商业熔喷介质，目前用于霍林斯沃斯 (Hollingsworth) 和沃斯 (Vose) 介质等级TR108802。

[0160] MB-2:商业熔喷介质，目前用于奥斯龙 (Ahlstrom) 介质等级15PS LFF-1。

[0161] DCI-1:均值流量孔径为9.2微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0162] DCI-2:均值流量孔径为9.3微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0163] DCI-3:均值流量孔径为30.3微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0164] DCI-4:均值流量孔径为20.1微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0165] 表2

[0166]

介质	测试#	样本#	力(g)	距离 (mm)	距离/样 本 (mm)	距离/样本		% 被 压缩
						平均 (mm)	标准差 (mm)	
MB-1	1	25	4836.85	11.412	0.456			43.6 %
MB-1	2	25	4837.27	11.106	0.444	0.451	0.006	
MB-1	3	25	4830.19	11.343	0.454			
DCI-1	1	45	4833.58	12.565	0.279			37.0 %
DCI-1	2	45	4822.68	12.671	0.282	0.280	0.002	
DCI-1	3	45	4830.99	12.539	0.279			
MB-2	1	30	4831.33	13.253	0.442			33.9 %
MB-2	2	30	4838.54	13.413	0.447	0.441	0.007	
MB-2	3	30	4827.83	12.982	0.433			
DCI-2	1	45	4834.25	14.402	0.320			28.2 %
DCI-2	2	45	4839.55	14.235	0.316	0.319	0.002	
DCI-2	3	45	4830.37	14.439	0.321			
DCI-3	1	35	4825.99	14.623	0.418			26.8 %
DCI-3	2	35	4840.50	14.762	0.422	0.418	0.003	
DCI-3	3	35	4839.13	14.551	0.416			
DCI-4	1	40	4831.39	15.111	0.378			24.7 %
DCI-4	2	40	4833.31	14.931	0.373	0.377	0.003	
DCI-4	3	40	4837.15	15.145	0.379			

[0167] 从中可以看出，相对于43.6%的熔喷介质压缩率，合成介质的压缩率在从24.6%到37.0%的范围内。在优选实施方案的具体情况下，包括双组分玻璃 (DCI-1和DCI-3) 的这两个介质层具有的值是26.8%和37.0%。在处理少量收集在燃料过滤介质的上游侧上以及多个分级的层之间的界面处的燃料污染物时，压缩模量是要点。即使介质层的上游侧上局部污染物收集的量较少，也可能导致上游区段中局部压力增大，压缩该介质，从而减小介质的空隙体积并导致介质的使用寿命较短。

[0168] 图11A示出了上游部分的纤维在燃料过滤之前(左)和之后(右)的扫描电子显微镜图像。图11B示出了下游部分的纤维在燃料过滤之前(左)和之后(右)的扫描电子显微镜图像。图11A和11B所示的两种纤维具有相似的大小但不同的化学的性质。示出了在上游部分的纤维上形成FDP层,但只有少量FDP被吸附在下游部分的纤维上。

[0169] 因此,上游部分与下游部分之间对多种污染物的吸引力方面的差异、以及孔径分布一起使得本发明的过滤介质能够有效地去除污染物而不会使过滤器阻塞。上游部分可以包括玻璃纤维、粘合纤维、双组分纤维,或者这些材料的组合。下游部分可(例如)包括纤维素。

[0170] 尽管该过滤介质可以使用不同的层或级来设计,但它绝不限于多个分层的结构。在一些实施方案中,该过滤介质包括连续的梯度过滤器结构。该梯度可在特性方面具有平滑的连续变化,或者可设计成在特性梯度中加速变化。该梯度也可设计成中断的梯级。在一些此类实施方式中,横越该梯度过滤器结构的整个过滤介质都可以用于去除FDP和相关污染物。但在其他实施方式中,此类介质中只有一部分将有效地去除FDP和相关污染物,这取决于介质材料和结构。

[0171] 在一些实施方案中,上游部分含有基于总纤维数而平均直径小于10微米的介质纤维;并且下游部分含有平均直径不同于上游部分中介质纤维的平均直径的介质纤维。通常,下游部分含有平均直径大于上游部分中介质纤维的平均直径的纤维。在其他实施方案中,过滤介质的上游和下游部分是一体形成的。

[0172] 通过基于燃料的污染物对现有技术燃料过滤介质进行的评估揭示了因一个或多个熔喷介质层中的限制而引起的性能缺陷(因阻塞而导致使用寿命缩短)。所揭示的这些缺陷与熔喷材料相对于纤维素的孔径以及熔喷材料的孔径分布相关。熔喷层的固体性和压缩率也是现有技术相对于本发明的双组分玻璃和纤维素介质层的限制因素。在主要结垢污染物是形成可变形微粒的烃类流体化学成分的现场应用中,双组分玻璃/纤维素介质实施方案相对于现有技术过滤介质显示出多种性能优势。

[0173] 现有技术过滤的发展的焦点是围绕对标准化工业污染物(测试用粉尘)的使用。标准测试用粉尘由刚性的不可变形微粒制成,除了对随机的静电荷以外,这些微粒对过滤纤维的吸引力极小,并且对它们收集在其上的纤维表面呈现出极小的附着力或没有附着力。尽管这些测试用粉尘可以模拟侵入流体系统中的气载污染物或来自内部系统部件的磨损碎屑,但它们不代表在多种应用中(例如柴油燃料过滤,尤其是超低硫柴油燃料和含有生物柴油的柴油燃料中)对大多数过滤器结垢负责的污染物。这是因为实验室测试中较高的粉尘容量并不总是与较长的现场使用寿命相关。

[0174] 图12示出了使用实验室生成的燃料污染物进行的比较性寿命测试。具体而言,所呈现出的性能优势在于,在实际应用中具有更长的使用寿命,同时维持了相等的过滤效率。对于这些测试,实验室生成的FDP污染物具有150mg/L的浓度。该测试燃料随后在22℃的温度下以0.48mm/秒的线性流动速率以多道回路被泵送穿过这些过滤材料。对过滤器上的压降进行测量,并且在该压降达到80kPa时停止测试。如果样本上的压降在180分钟后未达到80kPa,则在180分钟时将额外的污染物添加到燃料中。实验室生成的FDP污染物特性(如分子量、大小等)将根据所用燃料的类型、以及所用燃料的具体批次而有所不同。根据校准,基于吸收率的差异,FDP的浓度为约150mg/L,计算依据是两个吸收率值的差值以及FDP校准曲

线,且150mg/L是实验室生成的用于测试用途的FDP污染物的浓度。用于产生图12所示数据的材料如下所示:

[0175] CM-1:商业纤维素介质,奥斯龙(Ahlstrom)介质等级15PS-11。

[0176] CM-2:商业纤维素介质,奥斯龙(Ahlstrom)介质等级5PS-1。

[0177] CM-3:商业熔喷纤维素组合介质,奥斯龙介质等级15PS LFF-1。

[0178] DCI-5:34-gsm双组分聚酯玻璃介质,0.18mm厚度,125cfm渗透性。

[0179] DCI-6:38-gsm双组分聚酯玻璃介质,0.20mm厚度,80cfm渗透性。

[0180] DCI-7:46-gsm双组分聚酯玻璃介质,0.30mm厚度,190cfm渗透性。

[0181] DCI-8:62-gsm双组分聚酯玻璃介质,0.30mm厚度,50cfm渗透性。

[0182] 因此,当与现有技术的介质进行比较时,发现优选实施方案和替代实施方案中披露的结构和材料对于提供明显更长的现场使用寿命并同时维持相等的过滤效率是特别有效的。

[0183] 图13进一步示出了本发明的某些实施方案相较于现有技术熔喷纤维素介质的比较性寿命测试。

[0184] 用于产生图13所示数据的材料如下所示:

[0185] CM-1:商业纤维素介质,奥斯龙(Ahlstrom)介质等级15PS-11。

[0186] CM-3:商业熔喷纤维素组合介质,奥斯龙介质等级15PS LFF-1。

[0187] DCI-1:均值流量孔径为9.2微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0188] DCI-2:均值流量孔径为9.3微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0189] DCI-3:均值流量孔径为30.3微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0190] DCI-4:均值流量孔径为20.1微米的双组分聚酯玻璃介质。

[0191] 如图12和13所示,随着时间的推移,本发明的实施方案具有明显更小的压降升高,这与更少的阻塞和更长的使用寿命相关。因此,本发明的过滤介质在不损害过滤器效率或增大过滤器大小的情况下提供了更长的使用寿命。

[0192] 双组分玻璃介质在精细过滤应用(通常在10 μ m以下)中的潜在性能优势在过滤工业中是众所周知的。历史上已表明,当用过滤器发展中所用的传统污染物(即,测试用粉尘)来相对于熔喷介质而评估双组分玻璃过滤介质时,性能优势在较粗(10 μ m以上)应用中较不显著。精细过滤应用中的玻璃介质的历史的性能偏向的基础主要在于,玻璃纤维的直径相对于熔喷介质是更小的,并且由此在介质中提供了额外的空隙体积。关于熔喷和双组分玻璃介质固体性的比较,请参见表3。在精细过滤应用中,玻璃纤维的直径相对于熔喷介质而言更小,使得空隙体积的增大比例大于在粗应用中,其中在该粗应用中,必须将更大的玻璃纤维掺入介质中获得目标效率和物理特性。

[0193] 表3

[0194]

材料	基础重量 (g/m ²)	厚度 (mm)	密度, 材料 1(g/cm ³)	密度, 材料 2(g/cm ³)	%材料 1	%材料 2	复合密度 (g/cm ³)	固体性
CM-1	150	0.50	-	-				
MB-2	55	0.29	1.4	-	100	-	1.4	0.14
DCI-3/D CI-1	88	0.56	1.4	2.6	69	31	1.8	0.09
DCI-4/ DCI-2	75	0.48	1.4	2.6	58	42	1.9	0.08
DCI-3/D CI-4	78	0.50	1.4	2.6	50	50	2.0	0.08

[0195] 在现有技术中使用双组分玻璃介质时通常需要一种在可以使用本发明的许多市场上成本高昂的筛子支撑体。尽管本发明中的纤维素层可以用作具有成本效益的支撑层，但发明人意外地发现，复合介质在压降升高较小、同时维持微粒效率的情况下去除污染物的能力随双组分玻璃层相对于纤维素层的相对孔径、以及该介质的组成而变化。

[0196] 在一个替代实施方案中，上游介质不含玻璃纤维。具有相似的大小和浓度的聚合物纤维替代了前述合成双组分玻璃层中的玻璃纤维，而没有显著改变上游介质的结构和物理特性。

[0197] 另一个替代实施方案使用传统的树脂粘合的玻璃介质来替代双组分玻璃介质。与双组分玻璃介质实施方案一样，对介质孔结构和分级结构玻璃介质中的梯度、以及玻璃介质的压缩模量进行精确设计是获得非常长的使用寿命的关键。

[0198] 应了解，尽管本发明的上述实现方式是针对于将FDP从燃料流例如从柴油发动机的燃料箱或大体积储存箱中去除，但本装置也可用于其他过滤器应用中并且不局限于去除FDP。本发明的实施方式也适于去除多种烃类流体化学污染物，包括诸如蜡、沥青烯、甾醇葡萄糖苷、固醇葡萄糖苷、甾醇苷以及燃料降解产物等污染物。这些污染物可以包括(例如)可变形微粒、不可变形微粒，以及可变形和不可变形微粒的混合物。也可使用本发明对诸如润滑油和液压油等烃类进行过滤。

[0199] 尽管已经参考几个具体实施方式对本发明进行了说明，但本领域的技术人员将认识到可以对其做出许多改变而并不背离本发明的精神和范围。

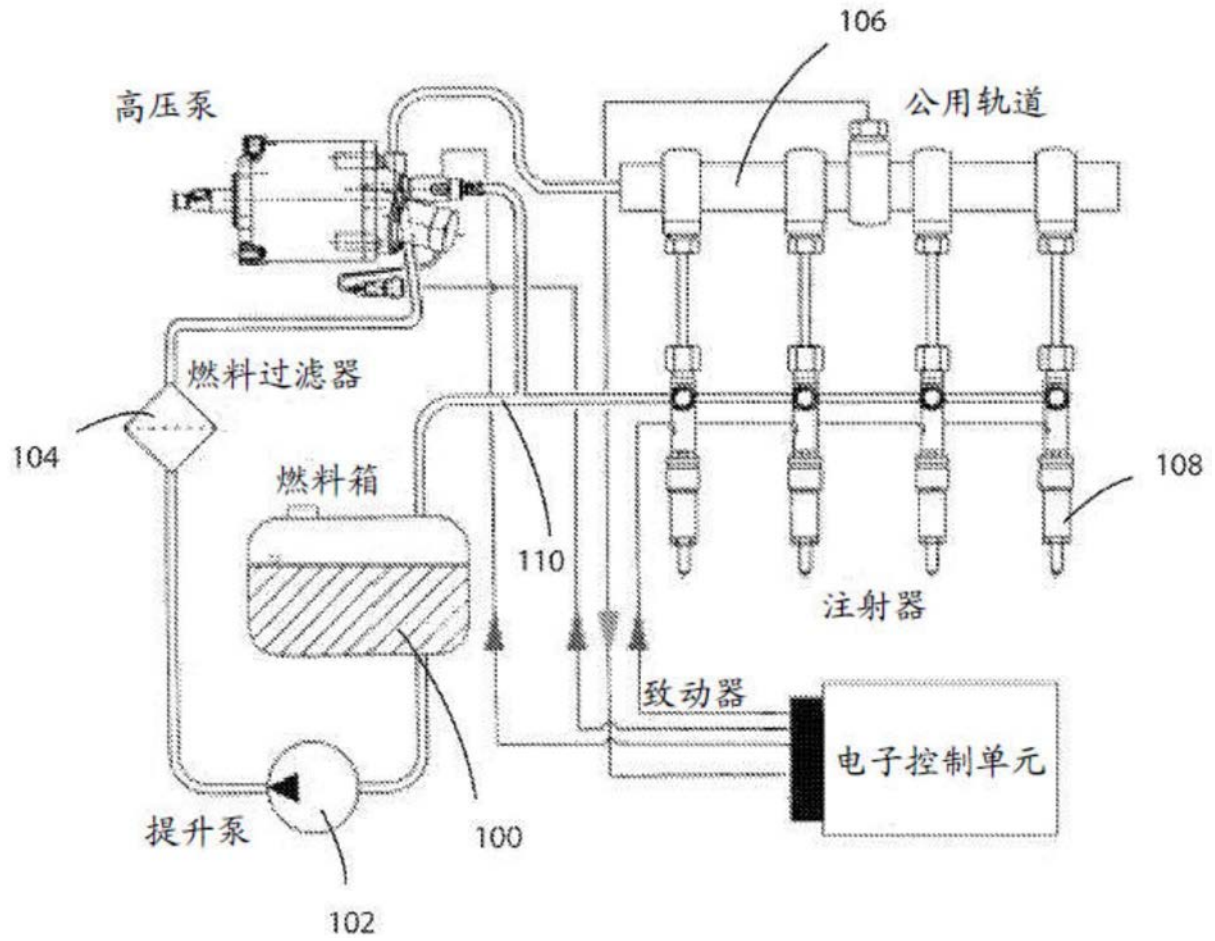


图1

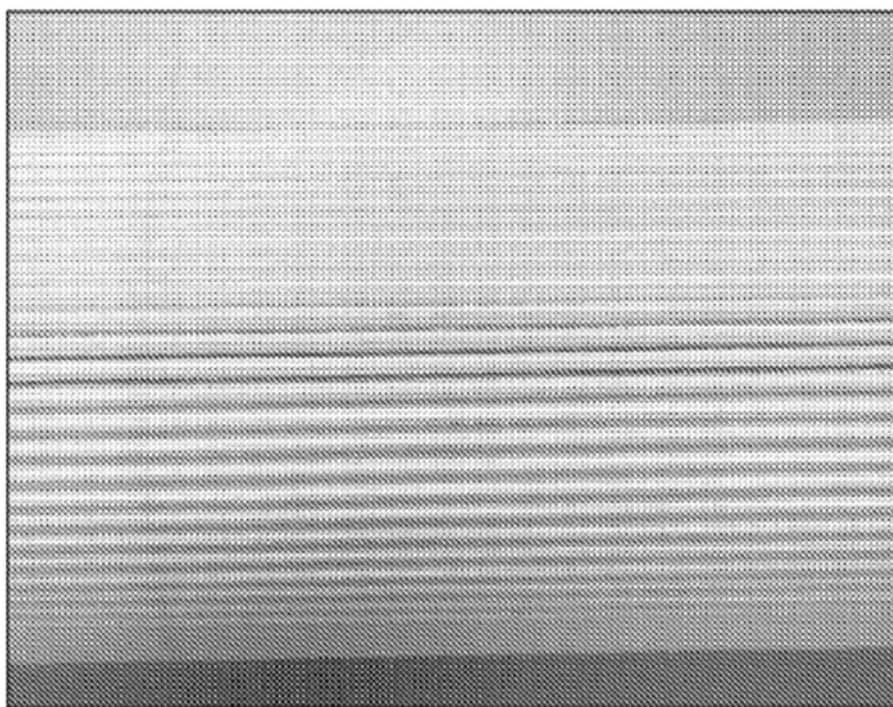


图2A

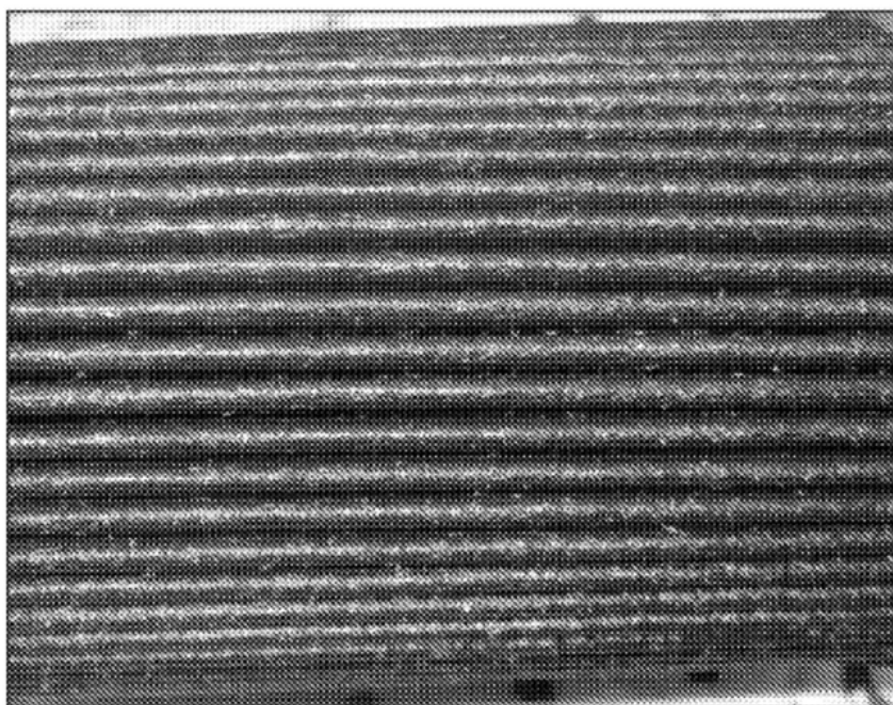


图2B

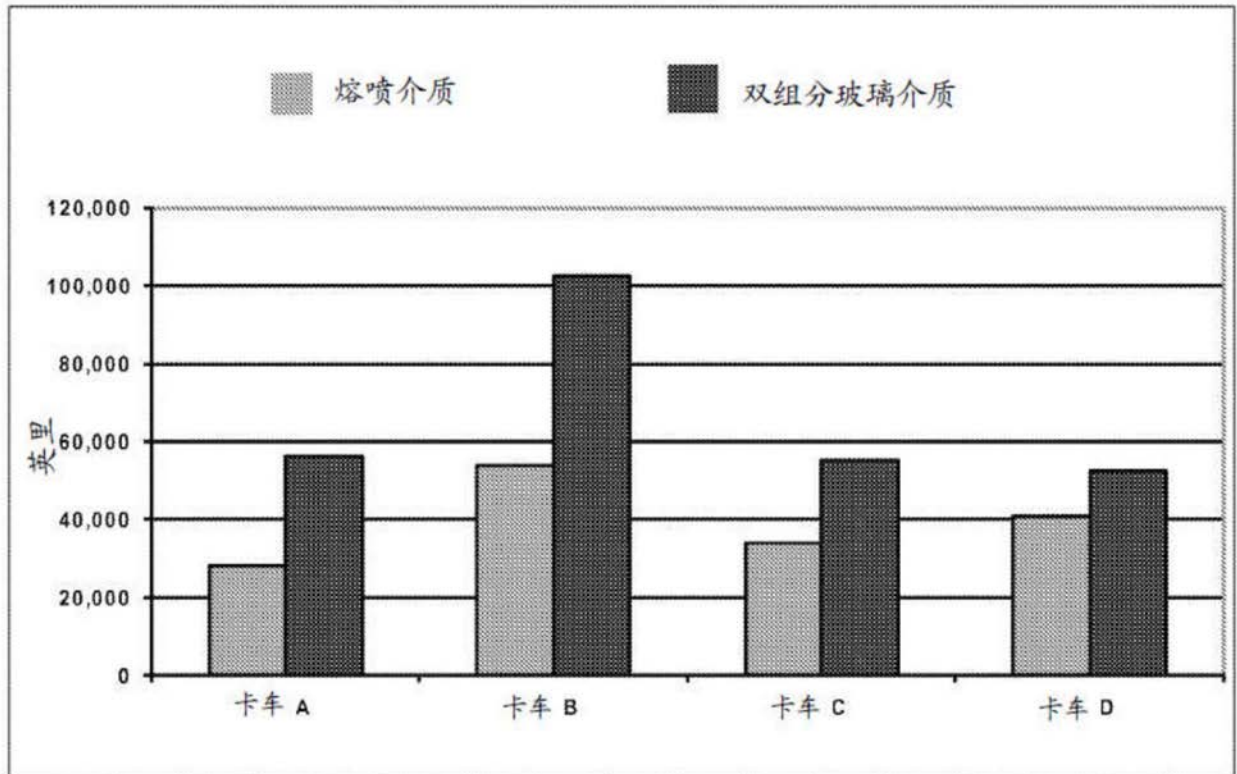


图3

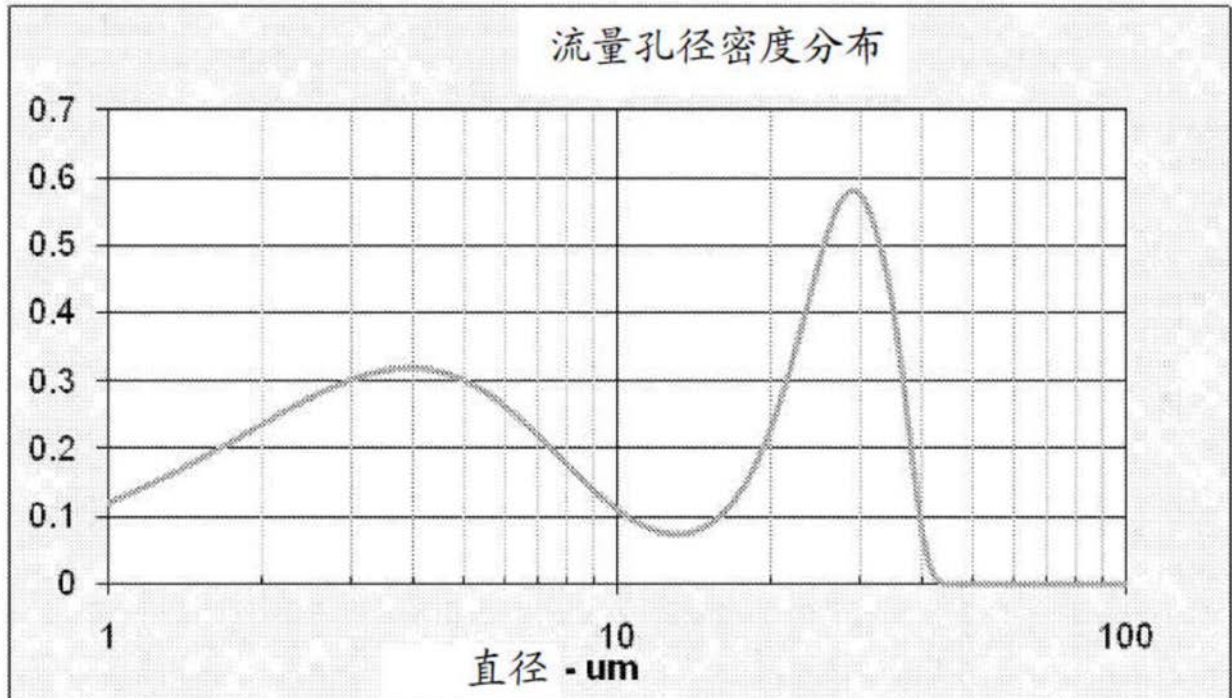


图4

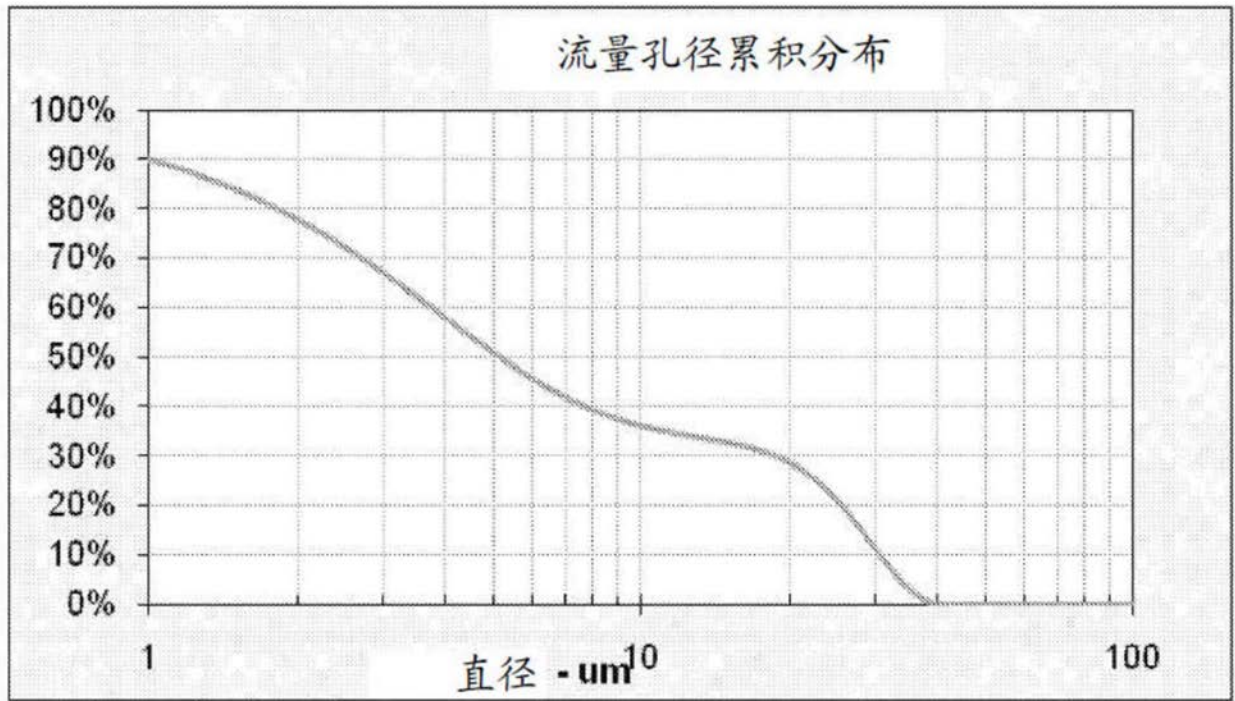


图5

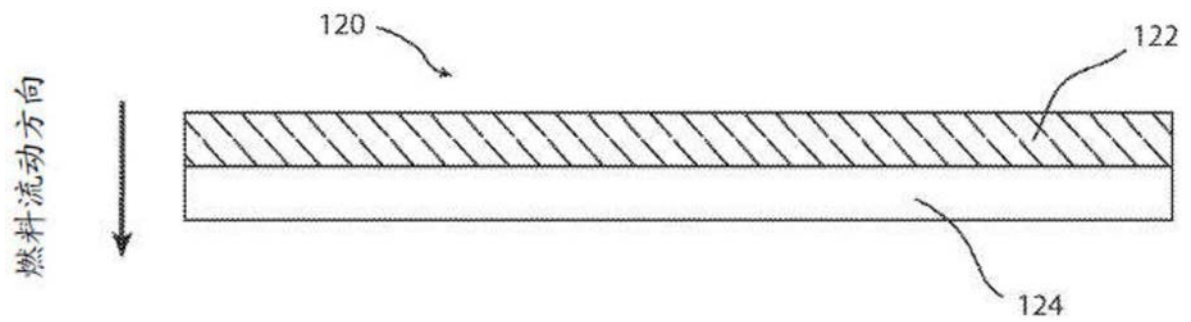


图6A

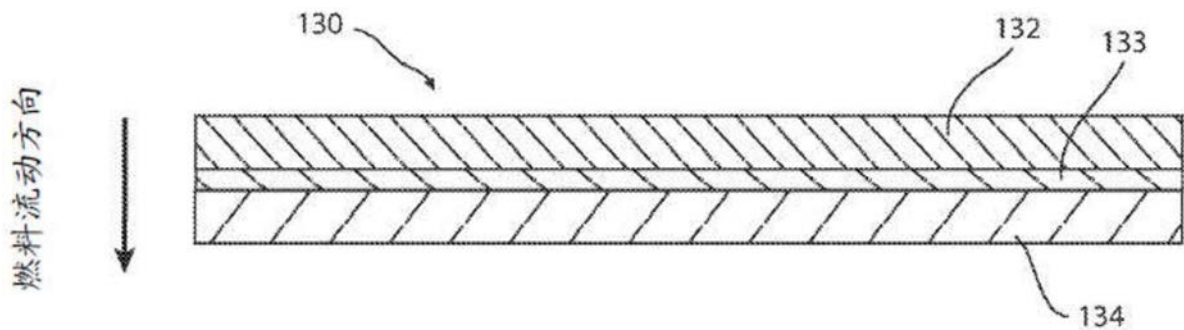


图6B

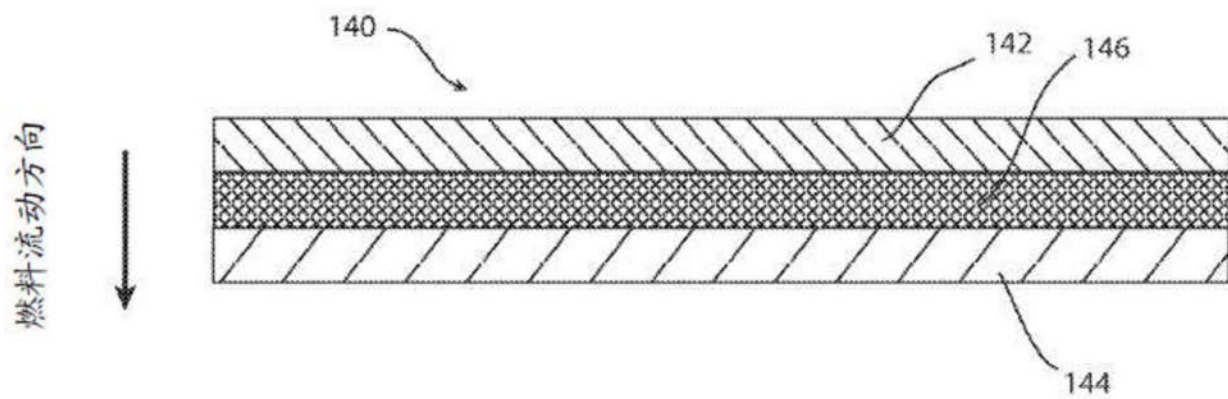


图6C

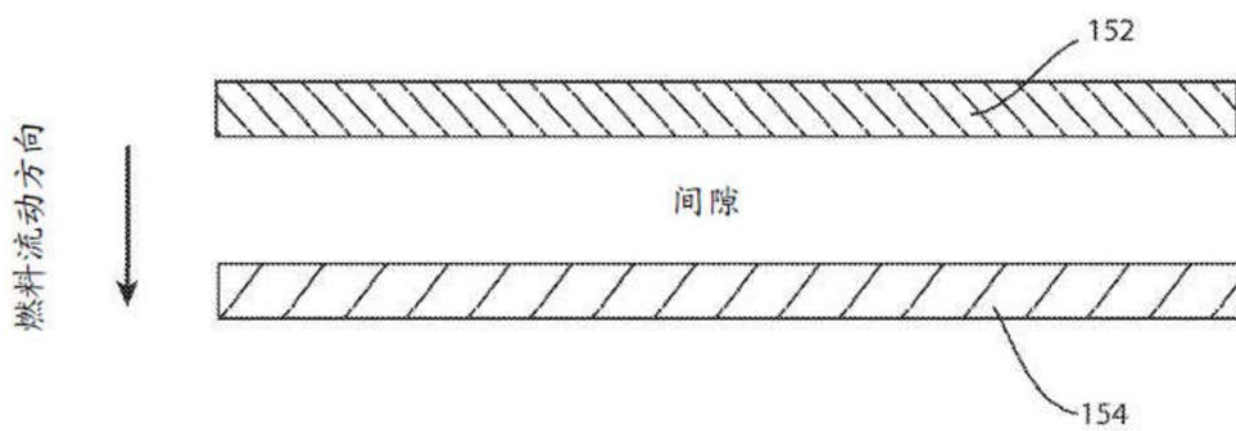


图6D

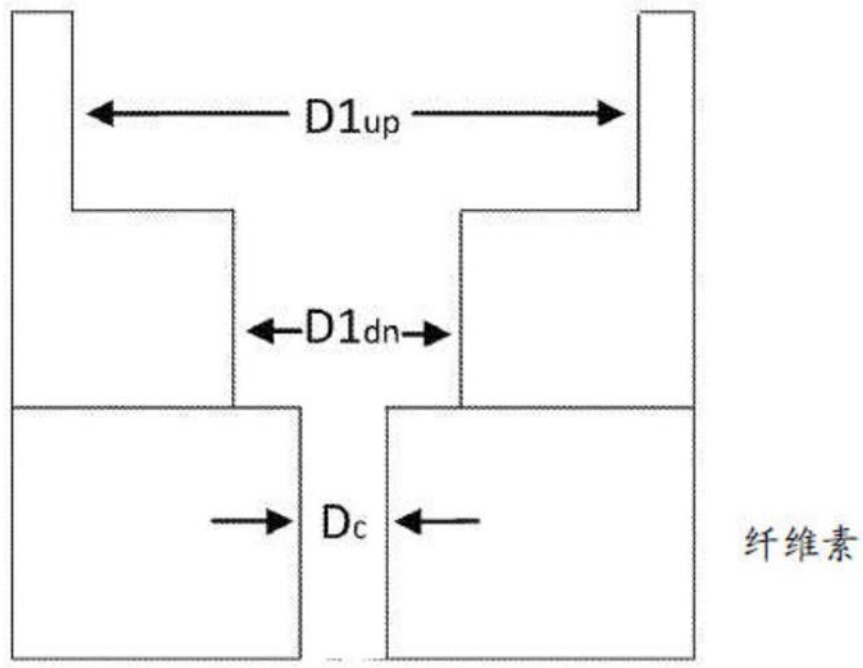


图7

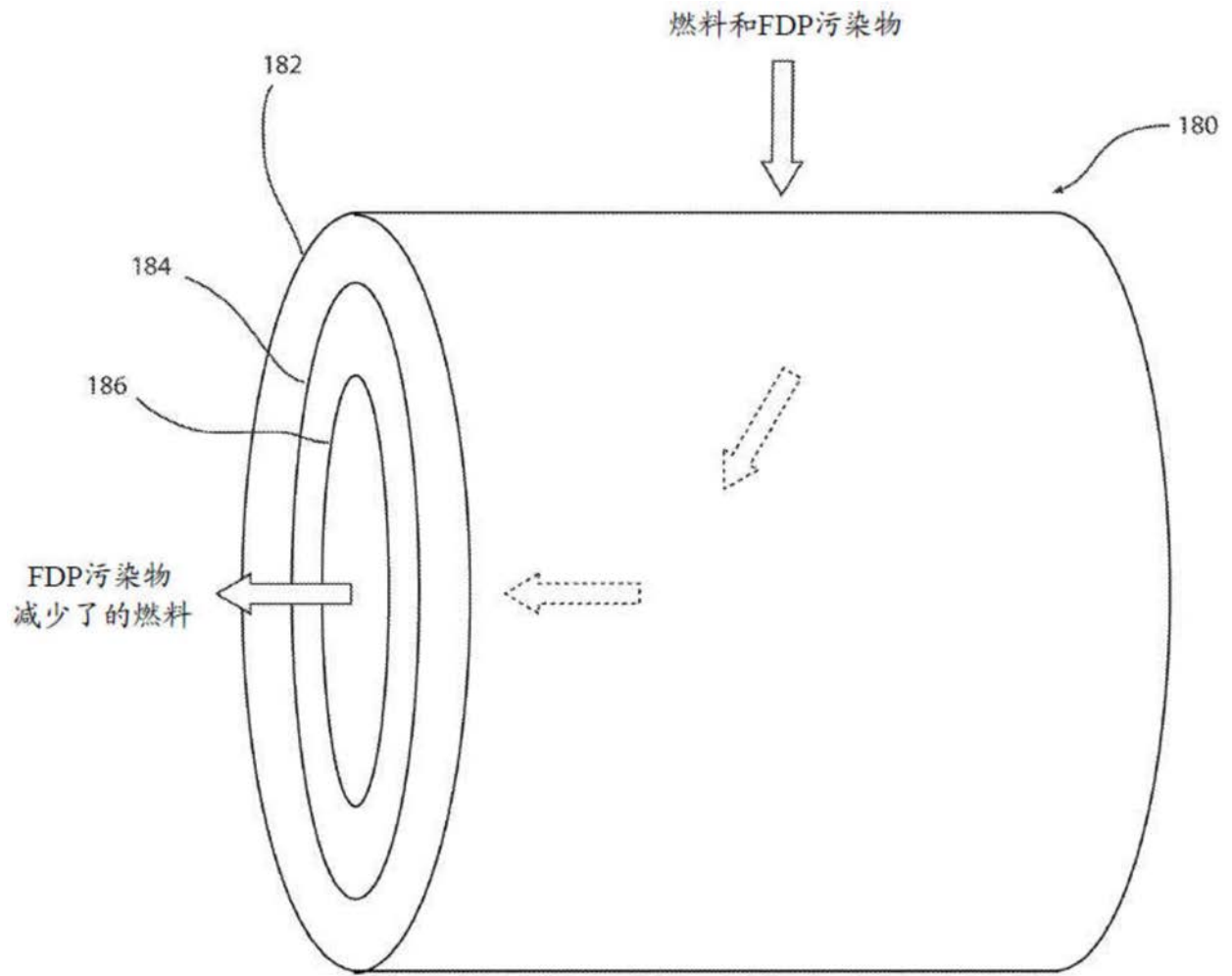


图8

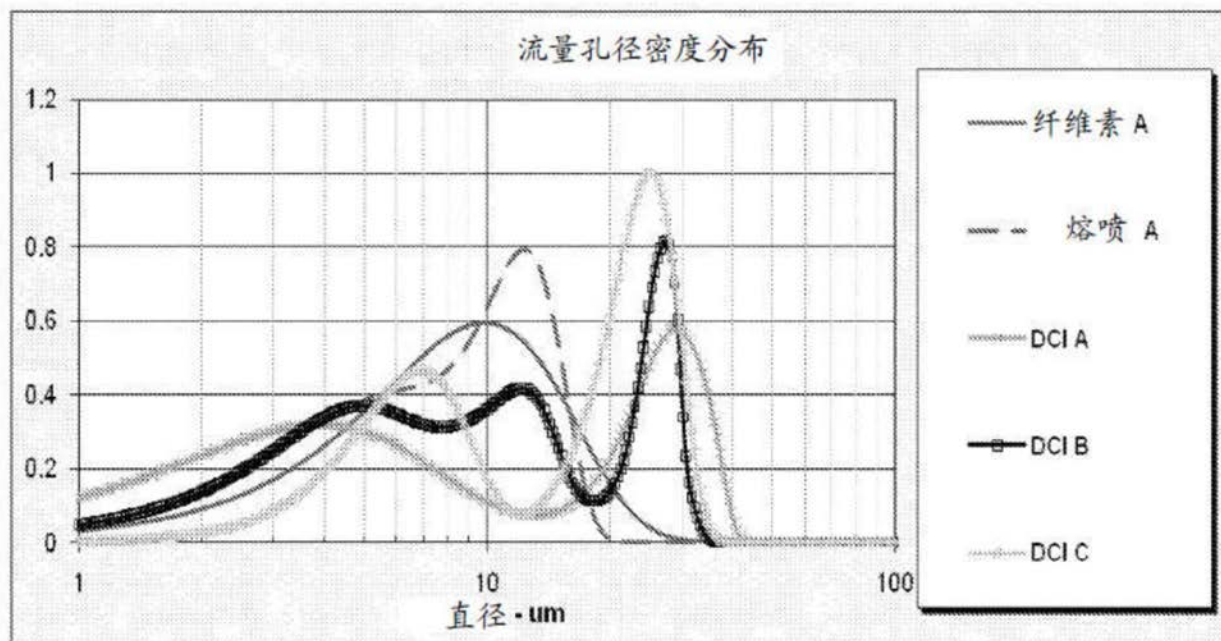


图9

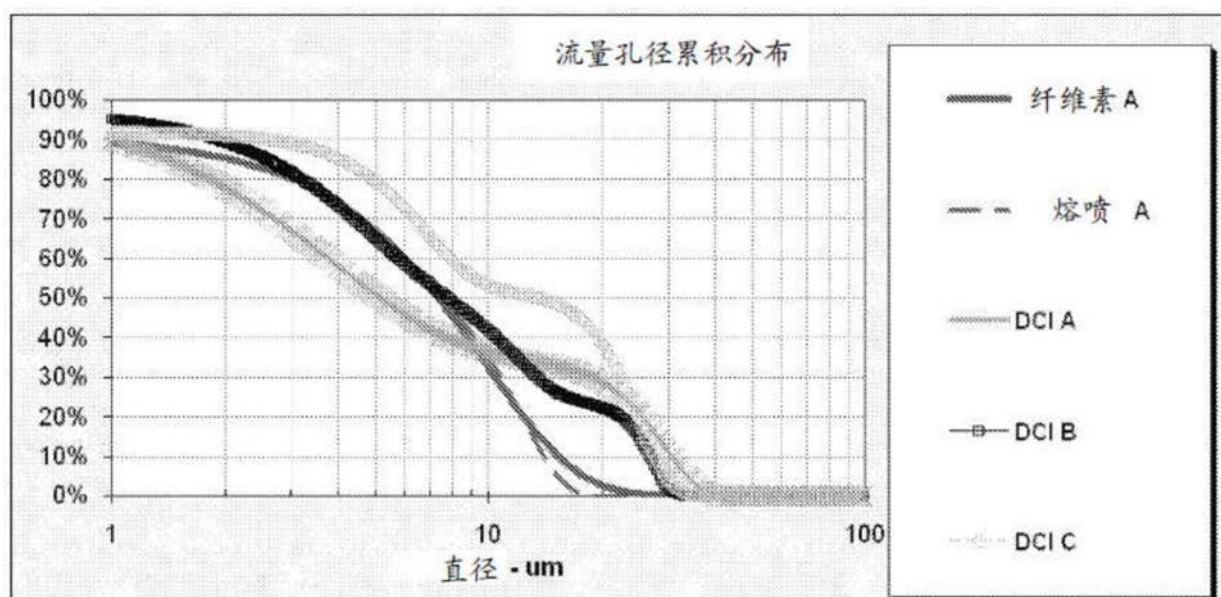


图10

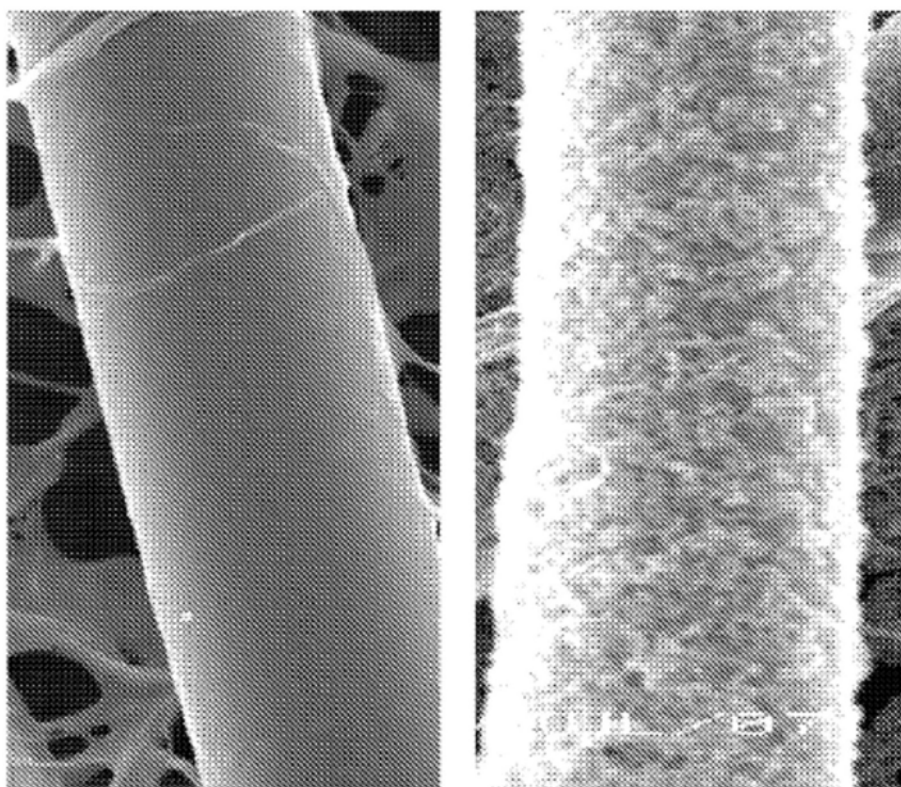


图11A

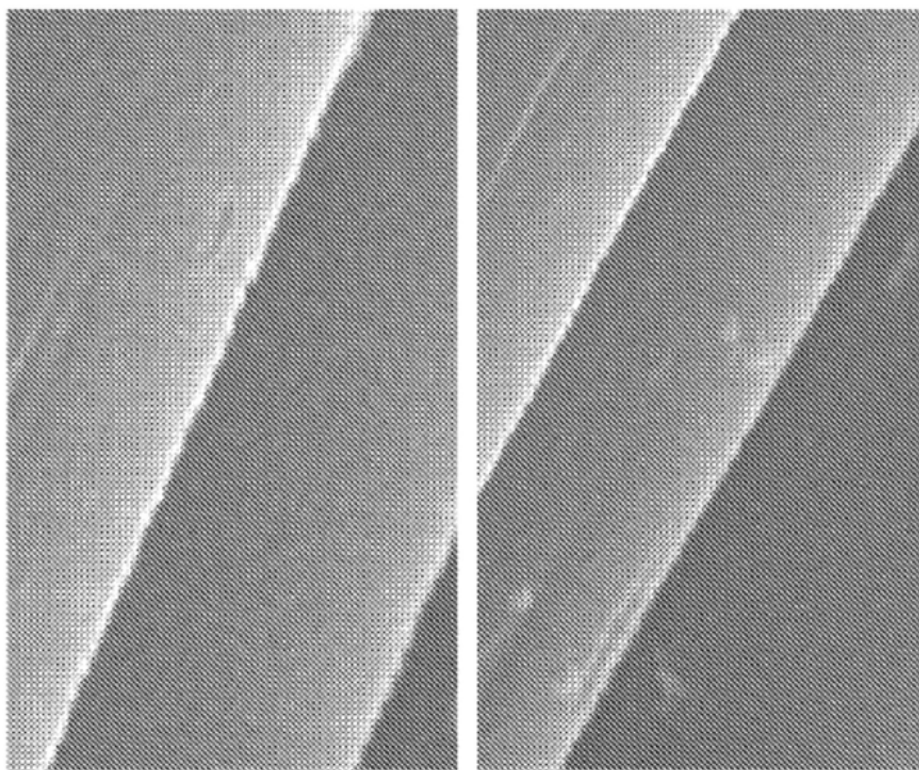


图11B

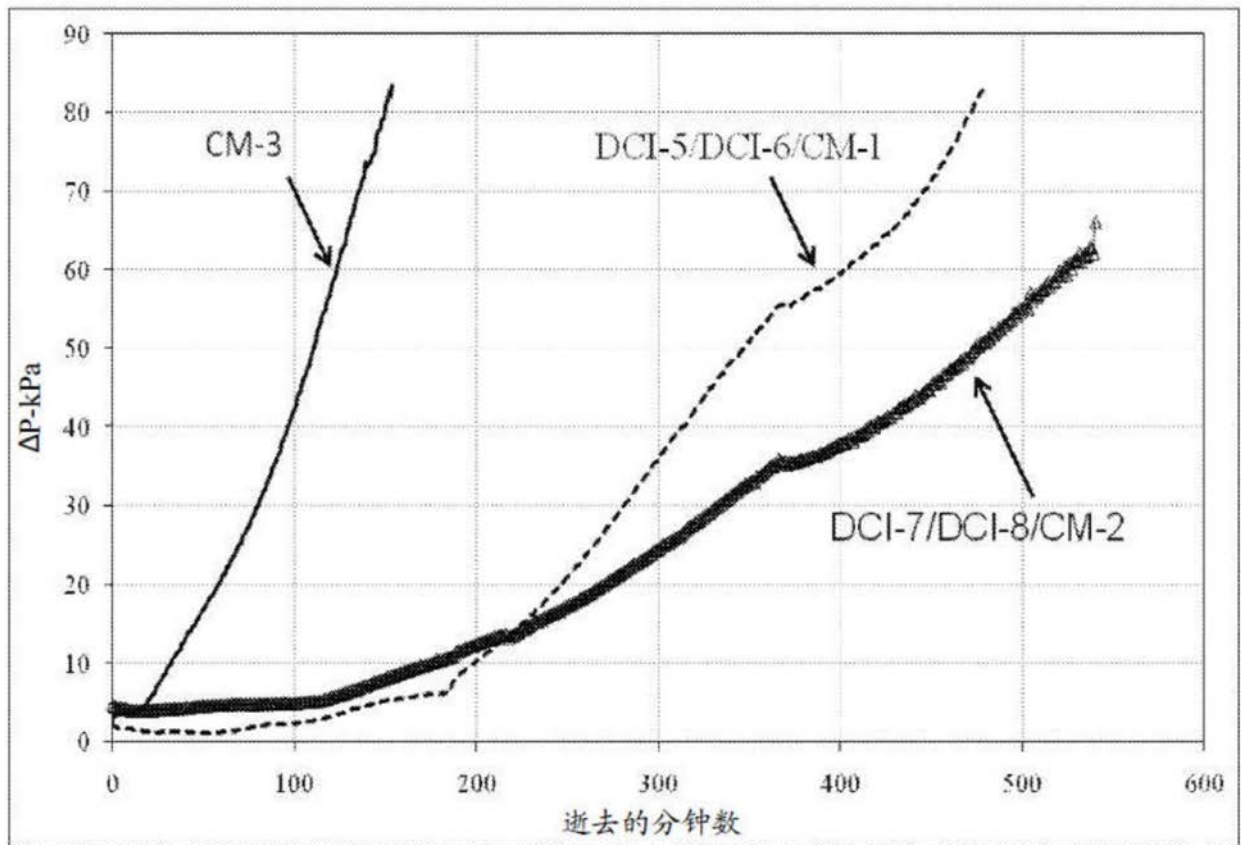


图12

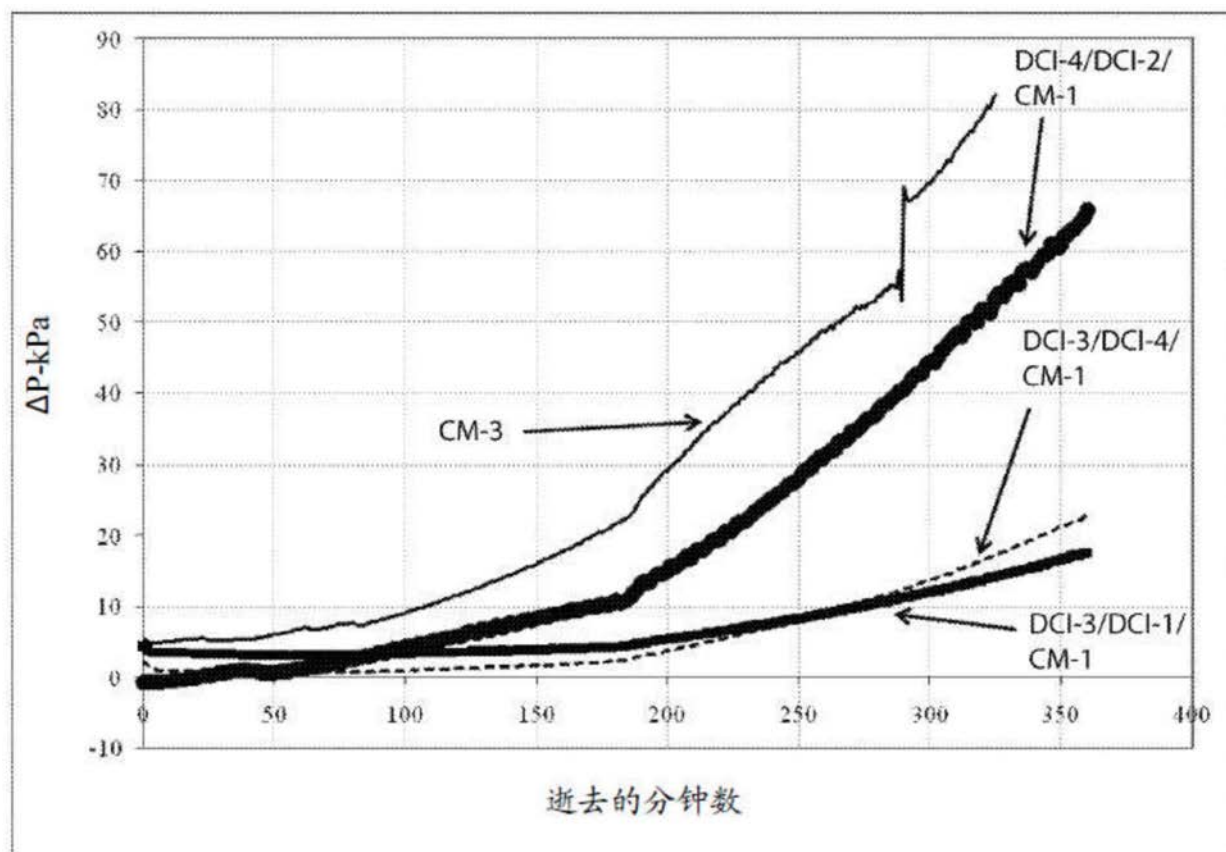


图13