

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B01D 50/00 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880011372.7

[43] 公开日 2010 年 2 月 17 日

[11] 公开号 CN 101652168A

[22] 申请日 2008.2.20

[21] 申请号 200880011372.7

[30] 优先权

[32] 2007. 2. 22 [33] US [31] 60/891,061

[86] 国际申请 PCT/US2008/054432 2008. 2. 20

[87] 国际公布 WO2008/103736 英 2008. 8. 28

[85] 进入国家阶段日期 2009. 10. 9

[71] 申请人 唐纳森公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 D · E · 阿达梅克 J · 卡普恩斯

E · E · P · B · 莫罗 M · 乌扬

R · M · 罗杰斯

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 郭 辉 王 颖

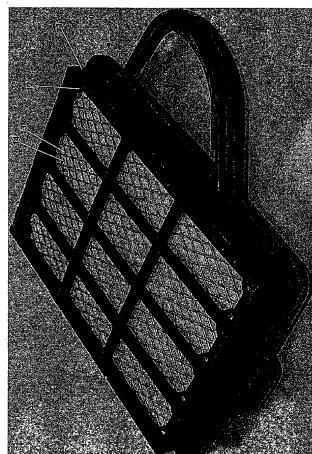
权利要求书 3 页 说明书 35 页 附图 9 页

[54] 发明名称

过滤元件及其方法

[57] 摘要

本发明公开了一种具有多个成形的过滤介质层的过滤元件。所述介质分层堆叠以便形成孔径梯度。该过滤元件能从移动的流体流中同时除去固体和液体颗粒。该过滤元件具有高强度和可压缩性。这些层可以受多孔或打孔支架的支撑以便在过滤操作中提供机械稳定性。该过滤介质层可以形成多种过滤元件形状，诸如板、筒、插入物等。



1. 一种包括至少两层非织造过滤介质的过滤元件，该过滤元件包括：

(a) 包含 1-100 重量% 第一纤维和 5-50 重量% 第二纤维的第一过滤介质，所述第一纤维包含直径为 5-50 微米的双组分纤维，其中，所述第一过滤介质具有 0.2-200 微米的孔径、1-1000 英尺/分钟的透过率、860 帕下约 2-25% 的密实度、5-1000 克/米<sup>2</sup> 的基本重量、以及在 860 帕和 3860 帕之间 0.5-1.0 的压缩率；和

(b) 不同于所述第一过滤介质的第二过滤介质，所述第二过滤介质具有 0.2-200 微米的孔径、1-1000 英尺/分钟的透过率、860 帕下约 2-25% 的密实度、5-1000 克/米<sup>2</sup> 的基本重量、以及在 860 帕和 3860 帕之间约 0.5-1.0 的压缩率，

其中，所述过滤元件能从重负载的流体流中同时滤除固体和液体颗粒。

2. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其还包括在支架上的介质层。

3. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其包括多层所述第一介质。

4. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其包括多层所述第二介质。

5. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其还包括第三介质。

6. 如权利要求 5 所述的过滤元件，其包括多层所述第三介质。

7. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述液体颗粒在过滤介质上聚结并且排出该过滤介质。

8. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其具有孔径梯度。

9. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二纤维包含玻璃。

10. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述过滤元件的压缩率在约 860 帕至约 3860 帕的压差下大于约 0.7。

11. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质的孔径是约 4-200 微米。

12. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质的透过率是约 50-800 英尺/分钟。

13. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质的密实度在 860 帕下是约 2-10%。

14. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质的基本重量是约 50-500 克/米<sup>2</sup>。

15. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质的双组分纤维的直径为约 10-30 微米。

16. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质的第二纤维的直径为约 0.1-50 微米。

17. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质在 860 帕下的厚度是约 0.05-22 毫米。

18. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第一过滤介质在 860 帕下的厚度是约 1-5 毫米。

19. 如权利要求 1 所述的过滤介质，其特征在于，所述第一过滤介质在 860 帕和 3860 帕之间的压缩率是约 0.7-1.0。

20. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二过滤介质的孔径是约 40-70 微米。

21. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二过滤介质的透过率是约 350-650 英尺/分钟。

22. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二过滤介质的密实度在 860 帕下是约 5-8%。

23. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二过滤介质的基本重量是约 30-50 克/米<sup>2</sup>。

24. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二过滤介质在 860 帕下的厚度是约 0.05-22 毫米。

25. 如权利要求 1 所述的过滤元件，其特征在于，所述第二过滤介质在 860 帕下的厚度是约 0.5-0.8 毫米。

26. 如权利要求 1 所述的过滤介质，其特征在于，所述第一过滤介质在 860 帕和 3860 帕之间的压缩率是约 0.7-1.0。

27. 一种制备包括至少两个介质层的层状过滤元件的方法，该方法包括

以下步骤：

(a) 形成第一过滤介质层，包括以下步骤：

(i) 通过气流成网技术组装至少一种双组分纤维和第二纤维；  
(ii) 压缩该纤维的组件；  
(iii) 加热该经过压缩的纤维组件以便形成第一过滤介质，该第一过滤介质具有 0.2-200 微米的孔径、1-1000 英尺/分钟的透过率、860 帕下约 2-25 % 的密实度、5-1000 克/米<sup>2</sup> 的基本重量、以及在 860 帕和 3860 帕之间 0.5-1.0 的压缩率；

(b) 形成不同于所述第一过滤介质层的第二过滤介质层，所述第二过滤介质层具有 0.2-200 微米的孔径、1-1000 英尺/分钟的透过率、860 帕下约 2-25 % 的密实度、5-1000 克/米<sup>2</sup> 的基本重量、以及在 860 帕和 3860 帕之间约 0.5-1.0 的压缩率。

28. 如权利要求 27 所述的方法，其特征在于，所述第二过滤介质是使用湿法成网技术制备的。

29. 如权利要求 27 所述的方法，其特征在于，所述过滤介质分层堆叠以便具有孔径梯度。

## 过滤元件及其方法

本申请以唐纳森公司的名义(Donaldson Company, Inc.)于 2008 年 2 月 20 日提交 PCT 国际专利申请，该公司是一家美国国营公司，申请指定除美国之外的所有国家。发明人为 Daniel E. Adamek(美国公民)、Jan Cappuyns(比利时公民)、Egide Emmanuel Paul Baudry Moreau(比利时公民)、Ming Ouyang(美国公民)和 Robert M. Roger(美国公民)。本申请要求享有 2007 年 2 月 22 日提交的临时专利申请第 60/891,061 号的优先权，该申请通过引用结合于此。

### 发明领域

本发明涉及一种由多层非织造过滤介质形成的过滤元件，该非织造过滤介质由于高透过率、效率、负载能力和其它过滤参数而适合同时去除固体和液体颗粒。该多层过滤介质被堆叠以便形成孔径梯度。该过滤元件能从移动的流体流中除去固体和液体颗粒。该过滤元件具有高强度和可压缩性。

本发明涉及非织造介质层，它能耐受苛刻的操作条件，诸如流速、温度、压力和颗粒负载量的变化，同时从流体流中除去大量的颗粒和气溶胶负载物。可以用多孔的或打孔的支撑物支撑这些层以提供过滤器结构。

### 发明背景

用于许多最终用途包括过滤介质的非织造网已经生产了很多年。这种结构可以由双组分材料或核壳材料制成，这些材料在例如以下专利文献中公开：Wincklhofer 等人，美国专利第 3,616,160 号；Sanders，美国专利第 3,639,195 号；Perrotta，美国专利第 4,210,540 号；Gessner，美国专利第 5,108,827 号；Nielsen 等人，美国专利第 5,167,764 号；Nielsen 等人，美国专利第 5,167,765 号；Powers 等人，美国专利第 5,580,459 号；Berger，美

国专利第 5,620,641 号; Hollingsworth 等人, 美国专利第 6,146,436 号; Berger, 美国专利第 6,174,603 号; Dong, 美国专利第 6,251,224 号; Amsler, 美国专利第 6,267,252 号; Sorvari 等人, 美国专利第 6,355,079 号; Hunter, 美国专利第 6,419,721 号; Cox 等人, 美国专利第 6,419,839 号; Stokes 等人, 美国专利第 6,528,439 号; Amsler, 美国专利第 H2,086 号, 美国专利第 5,853,439 号; 美国专利第 6,171,355 号; 美国专利第 6,355,076 号; 美国专利第 6,143,049 号; 美国专利第 6,187,073 号; 美国专利第 6,290,739 号; 和美国专利第 6,540,801 号; 美国专利第 6,530,969 号; Chung 等人, 美国专利第 6,743,273 号; Chung 等人, 美国专利第 6,924,028 号; Chung 等人, 美国专利第 6,955,775 号; Chung 等人, 美国专利第 7,070,640 号; Chung 等人, 美国专利第 7,090,715 号; 和 Chung 等人, 美国专利公开第 2003/0106294 号。本申请通过引用结合 2001 年 9 月 18 日发布的美国专利第 6,290,739 号和 2000 年 11 月 7 日发布的美国专利第 6,143,049 号。此种结构已经通过气流成网(air laid)和湿法成网(wet laid)工艺来施加和制造, 并且已经用于流体, 气态和空气以及水性和非水性液体过滤应用, 取得一定程度的成功。

具有孔径梯度的过滤元件在本领域中是已知的, 它们有利于原本过滤器的大多数上游层会发生堵塞而由此缩短过滤器寿命的颗粒过滤。Varona 在美国专利第 5,679,042 号中公开了一种具有贯穿非织造网的孔径梯度的过滤器, 其中, 热塑性非织造网通过加热元件选择性地接触以便使所选区域中的孔收缩。或者, 过滤元件可以具有不同纤维的区, 各区具有一组平均的纤维组成; 使这些区受热, 根据组成和纤度(denier)使一些纤维收缩, 导致根据该区中纤维组成发生孔径收缩和可变收缩。Amsler 在 U.S. Stat. Inv. Reg. No. H2086 中公开用于过滤液体中的颗粒的过滤介质, 其中, 过滤器用至少三层非织造织物制成: 多组分纤维的第一外部网; 第二外部网; 和热塑性微纤维和 50% 或更多诸如纸浆、聚合人造短纤维、颗粒等材料的复合材料网。第一(上游)层优选具有较高的孔隙率和较高的蓬松性(loft), 并且优选由起皱褶的双组分纺粘纤维构成。Emig 等人在美国专利第 6,706,086 号中公开一种具有高度多孔的背衬材料层和过滤材料层的真空清洁器袋。

背衬材料是纤维素纤维和可熔纤维，它是湿法或气流成网制成并且还可以具有玻璃纤维和/或合成纤维。袋结构中可以具有不止一个背衬材料层。过滤材料是可以熔喷并且可以包含纳米纤维的非织造织物。该袋可以具有通过单缝松散连接的层。

大量关于过滤元件中的孔径梯度的现有技术涉及取暖、通风或空调(HVAC)应用。例如，Arnold等人在美国专利第 6,649,547 号中公开一种适合用作 HVAC 应用的过滤器的非织造层制品。该层制品具有微纤维层，该微纤维层的一侧与高膨松性的多组分纺粘层结合，另一侧与低膨松性的多组分纺粘纤维结合。优选这些层是透气粘结的并且经过驻极体处理。Pike等人在美国专利第 5,721,180 号中公开一种用于 HVAC 应用的层制品过滤介质，其中，第一层是驻极体高膨松性纺粘起皱褶的低密度纤维网，第二层是具有至少一种聚烯烃的驻极体熔喷微纤维层。Cusick 等人在美国专利第 5,800,586、5,948,344 和 5,993,501 中公开一种具有随机取向的纤维的起褶复合过滤介质，其用于 HVAC 型应用，例如汽车车内空气过滤。一个或多个加强薄层帮助该结构保留其起褶构造，但是加强层还可以帮助从空气中过滤尘埃。优选沿纤维过滤层的厚度，平均纤维直径增加，密度减小。Schultink 等人在美国专利第 7,094,270、6,372,004 和 6,183,536 号中公开一种用于 HVAC 型应用或真空清洁器袋的多层过滤器。在层制品中，过滤介质层粘结在一起。一个实施方式具有这样的层，该层本身具有高孔隙率或非常脆弱以致它们本身是无用的。一些层可以具有颗粒等以用于过滤气味或毒素。

关于具有孔径梯度的过滤器的现有技术的另一个领域是油雾过滤。Johnson 在美国专利第 6,007,608 号中公开一种雾过滤器，其具有至少三级：预过滤器、中间层和最后层，都是由聚酯纤维组成的。中间层是起褶的。预过滤器意欲捕获大多数雾的高负载物以便防止由于起褶介质的超负载而引起的带出。该多层包含孔径梯度。Hunter 在美国专利第 6,419,721 号中公开一种用于聚结和排出油的油雾过滤器。该过滤器是多层的，具有至少一个聚结层和排出层。这些层未粘结。聚结层由微纤维制成；排出层是用可熔纤维粘结的非织造材料。

我们还未发现任何适合用于重型发动机过滤应用(其中会遇到极高含量的固体和油状气溶胶颗粒)的过滤元件。用于例如柴油发动机的现有技术过滤器不能解决新一代发动机呈现的问题，其中，通过过滤器的烟灰含量大大高于上一代发动机。

增压式柴油发动机产生“泄漏”气体，即从燃烧室经过活塞泄漏的空气燃料混合物流。此种“泄漏气体”通常包含气相，例如空气或燃烧尾气，其中携带：(a)疏水性流体(例如油，包括燃料气溶胶)，主要包含 0.1-5.0 微米的液滴(主要地从数量上计算)；和(b)来自燃烧的碳污染物，通常包含碳颗粒，其中大多数是约 0.01-1.0 微米大小。此种“泄漏气体”通常从发动机组通过泄漏出口向外排放。本文中，当使用术语“疏水性流体”指代气流中夹带的液体气溶胶时，是指非水性流体，特别是油。通常，此类材料不能与水混溶。本文中，关于载流流体所用的术语“气体”或其变化形式指空气、燃烧尾气和其它气溶胶载气。该气体可以携带大量其它成分。此种成分可以包括例如铜、铅、硅酮、铝、铁、铬、钠、钼、锡和其它重金属。

在诸如卡车、农业机械、轮船、汽车和通常包含柴油发动机的其它系统中运行的发动机可能有大量如上所述被污染的气流。例如，流速可以是约 2-50 立方英尺/分钟(cfm)、通常是 5-10 cfm。在例如涡轮增压柴油发动机中的这种气溶胶分离器中，空气经过空气过滤器被带入发动机，该过滤器能净化从大气中带入的空气。涡轮将干净的空气推入发动机。空气通过与活塞和燃料接触而发生压缩和燃烧。在燃烧过程中，发动机释放泄漏气体。

过去，柴油发动机曲轴箱通风气体被导入大气中。现在，许多国家的新环境限令严格限制这种排放。处理这个问题的一个解决方案是为阀盖安排通入过滤元件的出孔，该过滤元件收集发动机中产生的来自汽缸的泄漏油滴和曲轴箱与阀区域中的作用产生的雾滴。泄漏物被引导通过过滤元件，过滤元件捕获油状气溶胶并且允许气流的其余部分穿过。然后，收集的油被排出过滤元件并且回到曲轴箱。滤过的空气被导向发动机空气压缩机的上游以便通过曲轴箱通风(CCV)过滤元件的任何油在发动机中燃烧。油必需从空气中除去以便减少或消除空气冷却器壁上的油聚集并且保护各种空气传感器免受污染。

过滤元件的寿命取决于被收集并且保留在过滤元件过滤介质中的纤维上的烟灰或其它物质的量。一般发动机的烟灰水平在油保留在悬浮液(行为类似液体)中的能力范围内。然而，最近生产的柴油发动机产生过量的烟灰。烟灰的一个来源是由来自发动机的排气驱动的压缩机。这种排气的一部分被导入润滑油(发动机油)并且回到曲轴箱。因此，含有烟灰的排气与泄漏物混合，大大增加了泄漏物中的烟灰的量。烟灰聚集在 CCV 过滤元件的纤维上，最终限制流量。由于烟灰的粒度较小，为 0.01-0.1 微米，所以烟灰易于聚集在过滤元件的最先几层上。由于过滤介质的最先几层堵塞，过滤元件的寿命由此而严重减少。

在过滤应用中，气溶胶特别具有挑战性。达到某些过滤属性如孔径、基重、厚度、透过率和效率的能力受到用于制造纸层的生产技术和用于此类层的组分的影响。因为气溶胶的直径可能小如 1 nm 或大到 1 mm (W. Hinds, 气溶胶技术：气载微粒的性质、行为和测量 8(Aerosol Technology:Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles 8), 第二版, © 1999 J. Wiley & Sons), 所以常规技术不能适当灵活地有效顾及流体流中可能遇到的气溶胶的粒度范围。

市场上可购买的用于分离空气中的气溶胶(诸如泄漏物中存在的气溶胶)的常规过滤介质的一些例子是来自美国明尼苏达州圣保罗市(St. Paul, MN)的多孔介质公司(Porous Media Company)、美国俄亥俄州温斯堡市(Twinsburg, OH)的凯尔特克技术实验室(Keltec Technolab)、台湾台北的颇皮尔过滤公司(ProPure Filtration Company)的产品和美国俄亥俄州梅菲尔德市(Mayfield, OH)的派克汉尼芬公司(Parker Hannifin Corporation)制造的 Finite® 和 Balston®；来自意大利 Pontirolo Nuovo 的 Fai Filtri s.r.l.、德国 Ludwigsburg 的曼胡默尔集团(Mann + Hummel Group)和英联邦鲍勃恩达勒姆(Bowburn Durham)的 PSI 环球有限公司(PSI Global Ltd.)的产品。然而，这些介质中没有一种适合用于在 CCV 过滤应用中遇到极高烟灰和油状气溶胶负载量的柴油发动机中。

因此，迫切需要能够用于除去流体流特别是空气流中的多种颗粒物质的过滤介质、过滤元件和过滤方法。迫切需要能够过滤空气流中高含量固

体和液体气溶胶颗粒的过滤介质、过滤元件和过滤方法。本发明提供此类介质、过滤结构和方法，并且提供能达到改善的透过率和长过滤寿命的独特的介质或介质层组合。

希望改善的变量通常涉及以下这些：(a)尺寸/效率问题；即希望获得高效的分离，同时避免需要大的分离器系统；(b)成本/效率；即希望获得高效率而不是非常昂贵的系统；(c)通用性；即开发能够适合各种形状、应用和用途而无需重大重建的系统；和(d)易净化性/可再生性；即开发在长期使用后容易清洁或再生(如果需要)的系统。

### 发明简述

我们已经发现一种过滤介质和过滤元件以及一种独特的过滤器结构，它能够在各种苛刻的条件下有效地从流动的流体流中除去重负载量的一种以上类型的颗粒。本发明的介质兼具高强度和优良的过滤性质，介质和由该介质制成的过滤元件的生产也很容易。本发明包含多种非织造的、热粘合的过滤介质，它们堆叠在外壳中以形成过滤元件。通过合并占大部分的有机或无机介质纤维、双组分热塑性粘合纤维、任选的树脂粘结剂、任选的第二纤维如热塑性纤维、和任选的其它过滤物质来制造本发明的过滤介质。

过滤介质层可以容易地形成各种过滤器结构，诸如板、筒、插入物等。本公开涉及过滤气体流的介质层和方法，希望从该气体流中同时除去固体和液体颗粒污染物。气体流可以包括空气、工业废气、曲轴箱气体、受控大气气体，诸如氮气、氦气、氩气等。液体颗粒可以包括水、燃料、油、液压流体、疏水或亲水物质的乳液或气溶胶、挥发性有机化学物质(VOC)等。固体颗粒可以包括烟尘、烟灰、粉末，诸如滑石、石棉、碳等，包括固体纳米颗粒。本公开还涉及用于从气体或液体中分离夹带的颗粒的系统和方法。还提供进行分离的方法。

如本文中使用的，“过滤介质”指单层过滤材料；“过滤元件”是本发明的过滤介质的堆叠；“过滤器结构”指装入外壳中、夹在端盖之间、附在支撑物上、或被装在任意结构中的过滤元件，其中过滤元件可用于最终用途的

应用中。“双组分纤维”指具有至少一个具有熔点的纤维部分和熔点更低的第二热塑性部分的热塑性纤维。

我们已经发现一种独特的过滤元件结构，它能够从流体流中除去重负载量的至少两种不同类型的颗粒。

过滤元件包括多个热粘合片、介质、或通过组合多层具有占大部分的介质纤维和双组分热塑性粘合纤维的不同过滤介质制成的过滤器。介质可以包含玻璃纤维、不同纤维直径的介质纤维混合物、粘结剂树脂和双组分热塑性粘合纤维。此种介质可以用任选的其它纤维和其它添加剂材料来制备。这些组分结合起来形成具有大流量、高透过率和高强度的高强度材料。本发明的介质可以在高压下长时间维持完整的过滤能力。该过滤介质操作时流速高、容量大和效率高。

然后，该介质被堆叠在多个层中以形成本发明的过滤元件，其中至少两个层具有不同的结构。如本文中定义的，当涉及本发明的过滤介质层时，“不同的”指过滤介质包含不同的材料、材料的比例不同、制备该介质的方法不同、化学添加剂不同、或引起纤维的表面能、孔径、透过率、膨松性、基本重量、压降、拉伸性能、纤维取向等不同的任意其它区别。介质可以是相同的或不同的；换句话说，在堆叠设置中可以使用一种介质的多层或一种介质的单层以便形成本发明的过滤元件。过滤介质可以单独制备、稍后组合，或同时制备与组合。

然而，应该注意，当用于描述被本发明的过滤器捕获的物质时，“不同的”指平均粒度的不同、颗粒形状的不同、颗粒相(液体、固体或气体)的不同、或被本发明的过滤元件捕获的物质的化学组成不同。

通过使用不同的过滤介质层，能够以单个过滤元件容易地解决表面上似乎对立的所需过滤器结构方面的过滤要求。例如，在过滤具有极高固体颗粒负载量的气体流过程中，具有梯度结构的过滤器(其中介质纤维尺寸和孔在下游侧变得更小)是有用的。换句话说，从上游侧至下游侧，纤维尺寸变得更小，孔结构持续变得密实。结果，待滤除的颗粒或污染物根据粒度大小能够渗透至不同的深度。这造成颗粒或污染物分布在过滤材料的整个深度上，减小压降的累积并且延长过滤器的寿命。

如同分离颗粒的过滤器一样，对于从气体流中分离出油或水雾的过滤器，有利地使用具有梯度结构的过滤器，其中介质纤维直径在下游侧变小。换句话说，从上游侧至下游侧，多孔结构显示更高的效率。通常，这在下游区域中造成更大的纤维表面积。最初，捕获得的大液滴被推在一起并且合并成更大的液滴。同时，这些下游区域显示出更高的效率，捕获渗透最深的颗粒。

本发明的一个优点是，通过使用化学参数、物理参数、或参数的组合改变层，形成能有效地从经过它的流体流中捕获重负载量的固体颗粒(诸如烟灰)与液体颗粒(诸如油状气溶胶)的过滤元件。而且，过滤元件可以构造成便于液体气溶胶聚结并且排出气体流。

过滤元件可以包括至少两种不同的热粘合非织造结构形成的多个层。过滤元件可以具有双层、三层或多层(4-20、4-64、或4-100层)过滤介质。此类层可以包括本发明的负载层过滤介质、本发明的功效层过滤介质或它们与其它过滤层、支承结构和其它过滤组件的组合。

过滤元件对于多种应用都操作简便。因为不需要对过滤介质层进行特殊的处理，诸如将层粘合在一起，所以本发明的过滤元件容易组装。过滤介质能容易地切割成所需的形状，然后可以简单地堆叠在外壳中和/或用支架固定以便形成过滤器结构。

过滤元件可以包含深度负载介质，它在经受应用条件或转化过程时不会压缩或撕裂。无论其强度如何，此种介质可以具有低密实度(solidity)和高孔隙率。

过滤元件可以是过滤介质的复合物。一种优选的介质层是来自湿法成网的片材。它可以按多种方式合并入过滤器设置中，例如通过包裹或盘绕法或通过以板式结构安装。此种过滤介质可以用于滤除曲轴箱气体中的高负载量油状液体颗粒。另一种优选的介质层是来自气流成网工艺的片材。此种过滤介质可以制作成比湿法成网介质具有更高的膨松性和孔隙度，提供一种用于捕获以高含量存在于流体流中的固体颗粒的理想介质。根据本公开，提供优先用于过滤来自发动机曲轴箱的负载大量烟灰和油的泄漏气体的过滤器结构。

本发明包括使用本发明的过滤元件过滤流动的气相的方法，该气相具有高负载量的固体和液体颗粒。本发明的一个优选的方面包括柴油发动机曲轴箱通风(CCV)应用中的过滤方法。

本发明的过滤元件可以用于多种过滤器应用中，包括用于集尘的脉冲清洗和非脉冲清洗过滤器、燃气轮机和发动机吸气系统或进气系统；燃气轮机吸气或进气系统、重型发动机吸气系统或进气系统、轻型汽车发动机吸气系统或进气系统；汽车车内空气；越野汽车车内空气、磁盘驱动器空气、影印装置调色剂去除；工业或住宅过滤应用中的 HVAC 过滤器。

通常，本发明的过滤元件可以用于过滤经常携带夹带在其中的颗粒物质的空气或气体流。在许多情况下，为了连续操作、舒适或审美，需要从此类物流中除去部分或全部颗粒物质。例如，进入机动车辆车内的空气吸入流、进入机动车辆发动机的空气吸入流、或进入发电设备中的空气吸入流；被导入燃气轮机中的气体流；和进入各种燃烧炉中的空气流中经常包括颗粒物质。在车厢内空气过滤器的情况下，希望为了乘客的舒适和/或审美而除去颗粒物质。至于进入发动机、燃气轮机和燃烧炉中的空气和气体吸入流，因为会对涉及的各种机械的内部工作造成大量破坏，所以希望除去颗粒物质。在其它情况下，来自工业过程或发动机的生产气体或废气可能含有颗粒物质。在这些气体可以或将通过下游设备排放到大气中之前，可能希望从这些物流中大量除去颗粒物质。

这种技术还可以被应用于过滤液体系统。在液体过滤技术中，当通过尺寸排阻除去颗粒时，我们认为收集机构是筛选性的。在单层中，效率就是该层的效率。液体应用中复合物的效率受到效率最高的单层的效率的限制。液体被引导通过本发明的介质，其中的颗粒被截留在筛选机构中。在液体过滤器系统中，即其中将被滤除的颗粒物质是液体所携带，此种应用包括水性和非水性以及混合的水性/非水性应用，诸如水流、润滑油、液压流体、燃料过滤器系统或集雾器。水性物流包括天然的和人为的物流，诸如污水、冷却水、工艺用水等。非水性物流包括汽油、柴油燃料、石油和合成润滑剂、液压流体和其它酯基加工流体、切削油、食品级油等。混合物流包括包含油包水和水包油组合物的分散体和包含水和非水性组分的气

溶胶。

本发明的介质最有利地应用于希望通过单个过滤器捕获多于一种类型的颗粒或多于一种尺寸的颗粒，其中，单种过滤介质不能或不能有效地捕获所有物质。例如，当希望从水流中同时除去小乳化颗粒以及大灰尘颗粒时，本发明的过滤介质将发挥特别的作用。使用本发明的过滤介质，可以容易地组装出对所有希望的物质具有过滤能力的过滤元件。

本发明的介质可设计成具有多元层密实度、厚度、基本重量、纤维直径、孔径、效率、透过率、抗拉强度和可压缩性，以便当用于过滤具体的流动物流时可获得有效的过滤性质。密实度是固体纤维体积除以过滤介质的总体积，通常表示成百分率。例如，用于过滤负载灰尘的空气流的介质的密实度可以有别于用于过滤空气流中的水或油状气溶胶的介质。

本发明的过滤元件预期具有多元层密实度、厚度、基本重量、纤维直径、孔径、效率、透过率、抗拉强度和可压缩性，以便有效地从给定的流体流中捕获所有物质。因此，可期待通过本发明实现以单个过滤元件过滤灰尘和油状气溶胶。本发明技术的各种应用得自如下所述的某些操作参数集。

在本发明的一个特别优选的实施方式中，过滤元件被构造成最上游的层具有极高的孔隙率、高膨松性和低密实度。这使得来自负载大量烟灰的物流中的烟灰被有效地截留而不会堵塞过滤元件。这个层相对用于捕获油状气溶胶的层较厚，使得烟灰分布到该膨松层的深处并由此增加过滤元件的寿命。增加纤维尺寸和纤维的间距易于增加各层的容量。为了优化过滤元件的容量，可以从上游到下游构建一系列的层，以便烟灰均匀地堆积在各层中。下游层由具有更低膨松性和孔隙率的过滤介质组成，设计成捕获和排出液体颗粒。因此，使用单个过滤元件可有利地过滤同时负载大量烟灰和油状气溶胶颗粒的物流。

为了实现这一点，本发明预期具有两个、三个或更多个层的成层的过滤元件，其中各层或各层组可以包含不同的过滤介质。层或层组从上游侧到下游侧具有逐步减小的孔径。理想地，各层相异以便形成梯度排列，从而有效地过滤各种粒度而不产生堵塞，最大限度延长过滤器结构的使用寿命。

命。然而，实用性和经济通常必需限制不同层的数量。经济地，相同过滤介质的几个层可以堆叠在另一种层的上部，使得过滤元件可以具有 50 个层但仅有 3 个不同的层组合。

本发明的过滤元件采用双组分纤维。使用双组分纤维能够形成无单独的树脂粘结剂或具有最小量树脂粘结剂的过滤介质。希望大体上消除使用粘结剂，因为粘结剂形成膜，膜继而减小总孔体积，并且由于树脂迁移到特定的过滤介质层位置(即通过受热时的熔化或通过重力下的玻璃质聚合物流动)而减小过滤介质的均匀性。因此，使用双组分纤维造成压缩减小、密实度改善、抗拉强度增加、添加到介质层或过滤元件中的其它纤维诸如玻璃纤维和其它细纤维材料的利用性改善。而且，双组分纤维在调制物配制、片或层的形成和下游加工(包括厚度调整、干燥、切割和过滤元件形成)过程中提供改善的加工性能。这些组分以各种比例结合起来形成过滤容量大、透过率高和过滤寿命长的高强度过滤介质。本发明的过滤介质可以在大流速下长期保持完整的过滤能力并兼具高效率。

本发明的介质还可以采用介质纤维。介质纤维包括各种具有适当直径、长度和纵横比的纤维以用于过滤应用中。一种优选的介质纤维是玻璃纤维。本发明介质的生产中可以使用高比例的玻璃纤维。玻璃纤维提供孔径控制并且与介质中的其它纤维协同以获得大流速、高容量、高效率和高湿强度的介质。术语玻璃纤维“来源”指以平均直径和纵横比为特征的玻璃纤维组合物，它作为独特的原材料来制造。一种或多种此类来源的混合物不认为是单来源。

我们已经发现，通过在本发明的过滤介质层中混入各种比例的双组分和介质纤维，可以获得优良的强度和过滤性质。而且，当层被堆叠时，混合各种纤维直径能引起性质的改善。湿法或干法成网工艺的组合能用于制造本发明的过滤元件的各种层。在制造本发明的介质中，使用湿法或干法处理双组分纤维和介质纤维的组合来形成纤维毡。然后，将该纤维毡加热至使热塑性材料熔化以便通过粘合纤维来形成介质。本发明的介质中使用的双组分纤维使纤维熔化成机械稳定的片、介质或过滤器。具有热粘合外鞘的双组分纤维使该双组分纤维与其它双组分纤维和过滤介质层中的介质

纤维粘合。

### 附图简述

图 1 显示完整构造的本发明的过滤器结构。

图 2 显示本发明的过滤器结构的一个不同的方面。

图 3 是图 2 的特写图。

图 4 是本发明的过滤器结构的一个侧视图。

图 5 是图 1-4 中显示的过滤器结构的解构视图。

图 6 是图 5 中显示的过滤器结构的外壳和过滤元件的特写图。

图 7 是图 1-4 中显示的过滤器结构的一个不同的解构视图。

图 8 的曲线显示经过曲轴箱过滤后数层单种过滤介质的过滤效率。

图 9 的曲线显示经过曲轴箱过滤后数层本发明的复合过滤介质的过滤效率。

### 发明详述

“双组分纤维”指具有至少一个具有熔点的纤维部分和熔点更低的第二热塑性部分的热塑性材料。这些纤维的物理构造通常是“并排式”或“鞘-核式”结构。在并排式结构中，两种树脂通常在并排式结构中以连接形式挤出。还可以使用叶状纤维，其中，尖端具有熔点更低的聚合物。“玻璃纤维”是使用各种类型的玻璃制成的纤维。术语“第二纤维”可以包括各种来自天然的、合成的或特种来源的不同纤维。此类纤维用于获得热粘合介质片、介质或过滤器，还可以帮助获得合适的孔径、透过率、效率、抗拉强度、压缩率和其它希望的过滤性质。

“透过率”指将在 0.5 英寸水压降下流过过滤介质的空气的量(立方英尺/分钟/平方英尺或英尺/分钟)。通常，透过率(当使用该术语时)通过费雷泽渗透试验、根据 ASTM D737、使用可从美国马里兰州盖泽斯博格(Gaithersburg)的费雷泽精密仪器有限公司(Frazier Precision Instrument Co. Inc.)购买的费雷泽渗透仪或 TexTest 3300 或 TexTest 3310(可从美国南卡罗来纳斯巴顿博格(Spartanburg)的高级测试仪器公司(Advanced Testing Instruments Corp

(ATI)购买)来评估。

本公开中使用的“孔径”或“XY 孔径”指过滤介质中纤维之间的理论距离。XY 指相对 Z 方向的表面方向, Z 方向是介质的厚度方向。这种计算假设介质中所有的纤维都与介质的表面平行排列、间距相同, 当从垂直于纤维长度的截面观察时, 纤维排列成正方形。XY 孔径是正方形相对角上的纤维表面之间的对角线距离。如果介质由不同直径的纤维组成, 那么纤维的  $d_2$  平均值用作直径。 $d_2$  平均值是直径平方的平均值的平方根。

本发明的介质涉及非织造的气流成网和湿法成网介质的层状复合物, 它具有针对过滤性质的可成形性、刚性、抗拉强度、低压缩率、机械稳定性, 并且颗粒负载容量高、使用时压降低、具有适用于过滤油状气溶胶的孔径和效率。过滤介质采用双组分纤维, 优选不包括粘结剂。优选地, 本发明的过滤介质是湿法成网和气流成网材料的组合并且由随机取向的介质纤维阵列组成, 诸如玻璃纤维或热塑性纤维和双组分纤维的组合。这些纤维使用双组分纤维粘合在一起, 但是也可期待另外采用粘结剂树脂。

优选使用造纸工艺制造数层本发明的过滤介质。此类湿法成网工艺特别有用, 许多纤维组分都设计成用于水性分散体加工。含有材料的纤维浆料一般被混合以便形成比较均匀的纤维浆料。然后, 用湿法成网造纸工艺加工该纤维浆料。在优选的湿法成网处理模式中, 介质由包含纤维状材料的水性介质分散体的水性调制物制成。该分散体的水性液体通常是水, 但是可以包括各种其它物质, 诸如 pH 调节物质、表面活性剂、消泡剂、阻燃剂、粘度调节剂、介质处理剂、着色剂等。浆料形成湿法成网薄片后, 可以使该湿法成网薄片干燥、固化或以其它方式进行加工以便形成干燥的、可渗透的真正的片、介质或过滤器。充分干燥并且加工成过滤介质后, 这些片一般为约 0.32 至约 2.0 毫米厚并且具有约 33-200 克/米<sup>2</sup> 的基本重量。

湿法成网薄片制造中使用的机器包括手工薄片成形设备、长网造纸机、圆筒造纸机、斜式造纸机、组合造纸机和其它机器, 该其它机器能够采用适当混合的纸、形成单层或多层的调制组分、除去流体水性组分以形成湿的薄片。一般在湿法成网制造工艺中, 含有材料的纤维浆料通常被混合以便形成比较均匀的纤维浆料。然后, 通过从纤维中排除水使该纤维浆料形

成湿法成网薄片。然后，可以使该湿法成网薄片干燥、固化或以其它方式进行加工以便形成干燥的可渗透的片、介质或过滤器。充分干燥并且加工成过滤介质后，这些片一般为约 0.25 至 1.9 毫米厚并且具有约 20-200 克/米<sup>2</sup> 或 30-150 克/米<sup>2</sup> 的基本重量。

对于大规模生产方法，通常通过使用造纸型机器来加工本发明的双组分毡，所述造纸型机器诸如市场上可购买的长网造纸机、丝筒、斯蒂文思成形机(Stevens Former)、罗特成形机(Roto Former)、英沃成形机(Inver Former)、文贴成形机(Venti Former)和斜式戴尔特成形机 (inclined Delta Former machine)。优选使用斜式戴尔特成形机。本发明的双组分毡可以通过例如形成浆和玻璃纤维浆料并且在混合槽中合并这些浆料来制备。该方法中使用的水的量可以根据所用设备的尺寸而变化。可以将该调制物通入常规流浆箱中，在其中脱水，并且沉积到运动的筛网上，在那里调制物通过抽气或真空而脱水以便形成非织造双组分网。然后，可以通过常规方法诸如通过浸没和提取法使该网涂布一层粘结剂并且使其通过干燥段，干燥段会使毡干燥、使粘结剂固化并且热粘结片、介质或过滤器。所得毡可以聚集成大卷。热粘结一般通过使部分热塑性纤维、树脂或成形的材料的其它部分熔化而发生。熔化的材料将组分粘结为层。

用于制造本发明的湿法成网过滤介质的另一种方法是手抄片法(handsheet process)。手抄片可以通过以下方法来制备：首先将适当量的玻璃和合成纤维单独分散在 pH 已经用硫酸调节至约 3 的水中。使纤维在混合物中变成浆料，然后用水以 1:5(以体积计)的比例稀释并且混合至少 2 分钟。使用标准手抄片模具(其中载片已经定位)使混合的浆料成形为薄片。然后排除浆料中的水，收集载片上的纤维。在提高的温度下使用平板烘干机使湿的薄片干燥和粘结，持续约 5 分钟。可以将多个层就位形成元件。

本发明的过滤器结构可以包含至少两种不同类型的过滤介质，它们受到机械稳定的打孔的支承结构的支撑。可以堆叠多层不同类型的过滤介质。例如，可以连续堆叠 20 层一种类型的过滤介质，随后堆叠 5 层另一种类型的过滤介质。可以采用多种类型的过滤介质。本领域技术人员将意识到，为具体的应用定制过滤元件非常容易。

在本发明的一些实施方式中，过滤元件的一个或多个层包含不同的过滤介质。优选地，过滤元件包含多于一个层的堆叠，各层包含至少两种不同的介质。优选一个层或多个层是气流成网介质。第一过滤介质可以包含 1-100 重量%、更优的 20-80 重量% 的第一纤维，该第一纤维包含直径为 5-50 微米、更优的 10-30 微米的双组分纤维。第一过滤介质可以具有 0.2-200 微米、更优的 4-200 微米、最优的 50-150 微米的孔径。第一过滤介质可以具有 1-1000 英尺/分钟、优选约 50-800 英尺/分钟、最优的约 140-460 英尺/分钟的透过率。第一过滤介质的密实度可以是 860 帕下 2-25%、优选 860 帕下 2-10%、更优的 860 帕下 3-8%。第一过滤介质的基本重量可以是 5-1000 克/米<sup>2</sup>、优选 50-500 克/米<sup>2</sup>、更优的 150-350 克/米<sup>2</sup>。第一过滤介质还可以包含 5-50% 的第二纤维。第二纤维可以具有 0.1-50 微米、优选 0.5-30 微米的纤维直径。第一过滤介质的总厚度可以是 860 帕下 0.05-22 毫米、优选 860 帕下 0.5-11 毫米、更优的 860 帕下 1-5 毫米。第一过滤介质可以具有 860 帕和 3860 帕之间 0.5-1.0、优选 860 帕和 3860 帕之间 0.7-1.0 的压缩率。

在本发明的实施方式中，提供在堆叠的过滤元件中作为一个或多个层的第二过滤介质。第二过滤介质不同于第一过滤介质。当用于描述第二过滤介质时，“不同的”指具有不同纤维组成、经过表面处理物或不同于第一过滤介质的表面处理、具有不同的纤维类型百分率分布、具有不同的过滤介质总厚度、或通过不同的技术制成(例如气流成网对湿法成网)。而且，第二过滤介质可以在孔径、透过率、基本重量、密实度、压缩率、厚度、所用纤维的直径方面不同，或按一定方式来说不相同，该方式可以是导致第一过滤介质与第二过滤介质的过滤性质不同的任何方式。

在本发明的一些实施方式中，第二过滤介质可以具有 0.2-200 微米、更优的约 4-200 微米、最优的约 40-70 微米的孔径。第二过滤介质可以具有 1-1000 英尺/分钟<sup>2</sup>、优选的约 50-800 英尺/分钟<sup>2</sup>、更优的约 350-650 英尺/分钟<sup>2</sup> 的透过率。第二过滤介质可以具有 860 帕下约 2-25%、优选 860 帕下约 2-10%、更优的 860 帕下约 5-8% 的密实度。第二过滤介质可以具有 5-1000 克/米<sup>2</sup>、优选约 20-120 克/米<sup>2</sup>、更优的约 30-50 克/米<sup>2</sup> 的基本重量。

第二过滤介质可以具有 860 帕和 3860 帕之间约 0.5-1.0、优选 860 帕和 3860 帕之间约 0.7-1.0 的压缩率。第二过滤介质可以具有 860 帕下约 0.05-22 毫米、优选 860 帕下约 0.3-3.6 毫米、更优的 860 帕下约 0.5-0.8 毫米的总厚度。

第一和/或第二过滤介质还可以包含存在于一种或多种纤维上的表面处理物。表面处理物可以在过滤介质成形之前施加在纤维上或者在介质成形之后施加。表面处理物优选但不限于硅酮、含氟化合物、两性分子、或它们的混合物。

可以通过将过滤片切割成所需的形状、按一定顺序(该顺序提供所需的过滤性质)堆叠至少一层至少第一和第二过滤介质来组装本发明的过滤元件。因此，组装具有上述性质的第一过滤介质，并且单独组装第二过滤介质，所述第二过滤介质具有上述性质。因此，可以同时使用气流成网和湿法成网技术，或者可以使用单种技术来制造第一和第二过滤介质。还可以采用其它过滤介质如第三和第四介质，其中各层如上所述不尽相同。

通过堆叠过滤介质层形成过滤元件。优选过滤介质包含在支承结构中，支承结构使各层在适当的位置相互牢固地顶住。优选支架上有孔。

在曲轴箱过滤应用中，大量的固体烟灰颗粒和小的液体油颗粒气溶胶必需在较高的压力和高体积流体通量下收集。而且，所述油必需收集在过滤元件中并最终从过滤元件排出回到发动机油槽。因此，本发明的过滤元件由单层或多层能有效地除去固体颗粒并且允许油状气溶胶颗粒通过的过滤介质和单层或多层能捕获油状气溶胶并允许收集的油聚结并且排出的过滤介质制成。各组层的组成可以变化以便使效率、压降和排流性能最优化。

因此，本发明的一个实施方式是滤除流体流中的颗粒的方法，该方法包括使负载大量颗粒的流体流与本发明的过滤元件接触和将颗粒保留在过滤元件中同时允许流体流通过的步骤。流体流可以具有多于一种类型的颗粒，其中所述颗粒具有不同的平均粒度。气体流可以是空气、工业废气、曲轴箱泄漏气体、惰性气体诸如氮气、氦气、氩气等、或任何其它流体。颗粒可以是不同的相，即固体颗粒和液体颗粒。固体颗粒可以是例如烟尘、烟灰、滑石、石棉、碳、固体纳米颗粒、或固体颗粒的组合。液体颗粒可以是例如水蒸汽、燃料、液压流体、油如机油、发动机油、润滑油等；乳

液、疏水性或亲水性气溶胶或液体、挥发性有机化学物、或液体颗粒的组合。以上的例子是关于能被本发明的过滤元件的实施方式捕获的物质的种类的说明，不构成限制。

较佳地，能被本发明的过滤元件捕获的液体颗粒在过滤元件上聚结，然后排出过滤元件。此类实施方式使本发明的过滤元件具有更长的有效寿命。特别是在捕获两种类型的颗粒而一种颗粒是液体的情况下，优选至少两种不同过滤介质中的一种捕获、聚结并且排出液体，而第二种过滤介质捕获第二种颗粒。

本发明的某些优选的设置包括，通常定义的过滤介质以连续接触的关系堆叠在具有多层的整个过滤元件中。因此，在特别优选的设置中，具有高膨松性、大孔径和高透过率的两种或多种气流成网过滤介质与具有更低膨松性、更小孔径和更低透过率的多层湿法成网介质堆叠在一起，以便产生孔径梯度。多于一种不同的气流成网过滤介质可以与多于一种不同的湿法成网过滤介质堆叠在一起。通过这种方式，可以容易地组装出宽范围的孔径梯度、过滤元件厚度和过滤容量。

用于形成堆叠的过滤元件的不同过滤介质的至少两层可以是负载层和功效层，所述各层具有不同的结构和过滤性质以便形成复合过滤元件。沿流体路径方向，功效层跟随在负载层之后。负载层是高膨松性、高孔隙率层，适合从流体流中捕获大固体颗粒负载物诸如烟灰，不发生堵塞。负载层允许气溶胶通过，不从流体流中滤除明显量的气溶胶。功效层是高效层，具有适当的孔隙率、效率、透过率和其它过滤特征以便在流体通过过滤器结构时从流体流中除去气溶胶。较佳地，过滤元件的一个或多个层还有助于油状气溶胶聚结并且排出过滤元件。

固体颗粒通常以保留在过滤器纤维上的方式从流体流中滤除。因此，优选提供具有极大有效孔径的颗粒过滤介质，该介质还提供足够表面积以便与流体流中的大多数颗粒接触，从而从物流中除去颗粒。大孔径还有利于通过防止由被捕获的颗粒引起的堵塞来延长过滤元件的寿命。

关于滤除固体颗粒的过滤性能(较低的压降、高效率)结合关于滤除高负载量的烟灰的空间要求必然需要由开放介质组成的较厚的层。通过在上游

面和层内部提供大表面积以供烟灰沉积而不堵塞设置在层状结构下游的更细的层，此类结构促进有效的过滤。此类结构可以存在于相互堆叠起来的数层中，直到在具体的应用中实现有效去除烟灰，或者单个此类高膨松性、低压降的层足够用于一些应用。

用于从负载烟灰的 CCV 装置中捕获油状气溶胶的过滤介质应该位于捕获烟灰的厚开放层的下游。这些下游层应该具有更紧密的、膨松性更低、孔隙率更小的结构，以便捕获气溶胶的小颗粒。然而，还希望这些下游层能使液体颗粒覆盖该层、聚结成液相并且排出过滤器，以便收集的油可以重新被导入柴油发动机的曲轴箱。单个此类层可能足够有效地捕获并且排出油状气溶胶，或者几个层可以相互堆叠以便有效地捕获并且排出所有油状气溶胶。

由于过滤系统尺寸的限制，油状气溶胶过滤层必需适合平衡分级效率。平衡分级效率定义为过滤元件排出液体的速度等于收集速度时的过滤元件效率。三个性能属性，初始和平衡分级效率、压降和排流能力与过滤元件的设计保持平衡以便取得最优性能。因此，作为一个例子，高液体负载环境中单层或仅数层薄过滤介质必需设计成以较快的流速排流。

用于收集和排出液体颗粒的过滤介质通常垂直排列，这能提高过滤器的排流能力。通过这种取向，任何给定的介质组成显示出的平衡液体高度将是 XY 孔径、纤维取向、和液体与纤维表面相互作用(计为接触角)的函数。介质中液体的聚集将使高度增加到某一点，在该点液体的聚集速度与液体从介质排出的速度相平衡。被排出液堵住的任意介质部分将不能用于过滤，因而使压降增加并降低穿过过滤器的效率。因此，最大程度减小保留液体的过滤元件部分是有利的。

影响排流速度的三个介质因素是 XY 孔径、纤维取向、和正在排出的液体与纤维表面的相互作用。所有三个因素可以被更改以便最大程度减小被液体堵住的介质部分。过滤元件的 XY 孔径可以增加以便提高介质的排流能力，但是这种方法具有减小能用于过滤的纤维的数量从而减小过滤器的效率的效应。为了达到目标效率，因为需要较大的 XY 孔径，所以可能需要较厚的结构，通常大于 0.125 英寸。使用本发明的过滤元件可以容易地实现这一点，因为许多层

可以堆叠在一起以便形成最有效的总厚度。正在排出的液体与纤维表面之间的相互作用可以调整以便提高排流速度。本发明的公开支持这种方法。

应该理解，两个层组分可能在具体应用中已足够；然而，包括更多层组分以便达到更细的有效孔径梯度可能是有利的。本领域技术人员将意识到，层的组成和各组成的层数针对具体应用可以变化。

一种优选的层状设置提供的过滤元件能够在过滤元件的最先几个层中捕获固体颗粒，其中，液体颗粒通过该最先几个层并且在沿过滤路径内部更远和沿过滤孔径梯度更远的层中被捕获。最优地，液体气溶胶还将在其覆盖过滤纤维时发生凝聚，最终通过重力排出过滤器，被收集在容器中。通过这种方式，液体与固体颗粒有效地分离并且有利地被收集，实现液体再循环并延长过滤元件的寿命。

通常，当组合独立的层时，层压技术导致有用过滤表面积的损失。对于通过用粘结剂覆盖一个表面、然后使层接触(无论是以均匀涂层或点图案的方式来实施)完成的大多数粘结剂层压体系，情况都是如此。使用超声粘结的点结合材料也是如此。在过滤片或过滤材料中使用双组分纤维时的一个独特特征是双组分不仅将单个层的纤维粘结在一起，还能将层粘结在一起。在常规的热层压中以及通过打褶已经实现这一点。有利地，本发明的过滤元件容易地提供梯度结构，对于给定的应用，通过改变具有不同组成的层的数量和具体的组成以及制备所用过滤元件的方法可容易地达到理想的过滤能力。

本发明的过滤元件通常安装在过滤平板、筒、或通常用于流体(诸如液体或空气)过滤的其它装置中。人们将意识到，本发明的特征是过滤介质片可容易地切割成实际希望的任意形状并且堆叠在外壳中以便形成过滤元件。因此，可以容易地利用特殊形状的平板或筒。可透过的支承结构能在压力下通过介质和支架的流体的影响下支撑过滤元件。机械支架可以包括另外数层打孔支架、金属丝支架、高渗透性稀松布或其它支架。

一种用于形成本发明的过滤介质的纤维是双组分纤维。该双组分纤维的第一聚合物组分需要熔化，以便使该双组分纤维形成粘性骨架结构，该结构在冷却后能捕获和粘合许多第二纤维并且与其它双组分纤维粘合。本

发明可以使用用于双组分纤维的聚合物的各种组合，但是，重要的是，该第一聚合物组分在低于第二聚合物组分的熔点和通常低于 205°C 的温度下熔化。而且，双组分纤维要完整地混合并且用纸浆纤维均匀地分散。

通常使用的双组分纤维包含鞘-核结构。在鞘-核结构中，低熔点(例如约 80 至 205°C)热塑性塑料一般绕更高熔点(例如约 120 至 260°C)的纤维材料挤出。使用时，双组分纤维通常具有约 5-50 微米、经常地约 10-20 微米的纤维直径，一般为通常具有 0.1-20 毫米、或经常地约 0.2 至约 15 毫米长度的纤维形式。能具有适当熔点的任意热塑性塑料都可以用于双组分纤维的低熔点组分，而熔点更高的聚合物可以用于纤维的更高熔点的“核”部分。此类纤维的截面结构可以是如上所述的“并排式”或“鞘-核式”结构或提供相同热粘合功能的其它结构。还可以使用叶状纤维，其中，尖端具有熔点较低的聚合物。双组分纤维的价值是较低分子量树脂能够在片、介质或过滤器成形条件下熔化以便使双组分纤维以及片、介质或过滤器制备材料中存在的其它纤维粘合成机械稳定的片、介质或过滤器。

通常，双组分(核/壳或鞘式和并排式)纤维的聚合物由不同的热塑性材料制成，诸如聚烯烃/聚酯(鞘/核)双组分纤维，其中聚烯烃(例如聚乙烯)鞘在低于核(例如聚酯)的温度下熔化。一般的热塑性聚合物包括聚烯烃，例如聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯和它们的共聚物；聚四氟乙烯；聚酯，例如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乙酸乙烯酯、聚氯乙烯乙酸酯；聚乙烯醇缩丁醛；丙烯酸类树脂，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，即尼龙；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，即硝酸纤维素、醋酸纤维素、醋酸丁酸纤维素、乙基纤维素等；以上任意材料的共聚物，例如乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、乙烯-丙烯酸共聚物、苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物、科腾(Kraton)橡胶等。

本发明中特别优选的是鞘-核双组分纤维，通称为 Advansa 271P，一种来自美国纽约州纽约市的 EXSA 美国公司(EXSA Americas)的 14 微米直径的纤维。其它有用的纤维包括 FIT 201 (来自美国田纳西州约翰逊市(Johnson City)的纤维创新科技有限公司(Fiber Innovation Technology, Inc.))、Kuraray N720 (来自日本大阪的可乐丽有限公司(Kuraray Co., Ltd.)和可从市场上购

买的类似材料。所有这些纤维在完成头熔后显示使鞘聚合物交联的特征。这对于应用温度通常高于鞘熔化温度的液体应用很重要。如果鞘结晶不完全，那么鞘聚合物会在应用中再次熔化并且覆盖或破坏下游设备和组件。

在双组分纤维的低熔点部分的熔化温度下或高于该温度下成形和热粘结之后，本发明的过滤介质能够在高于该熔化温度的温度下使用。热成形后，介质在由于纤维的软化或熔化而应该失去机械稳定性的温度下看来是稳定的。我们相信，在粘结的物质中存在某种相互作用，它能防止纤维熔化和由此造成的介质破坏。因此，介质可以在等于双组分纤维的低熔点部分的熔化温度或高于该温度 10-100°F 的温度下伴随流动的气相或液相使用。此类应用包括液压流体过滤、润滑油过滤、烃类燃料过滤、热工艺气体过滤等。

本发明的过滤介质中还可以采用介质纤维。介质纤维是能够帮助过滤或形成结构介质层的纤维。此类纤维由一定量亲水性、疏水性、亲油性和疏油性纤维制成。这些纤维与玻璃纤维和双组分纤维合作以便形成机械稳定的但是又坚固的可透过的过滤介质，该过滤介质能耐受流体物质通过的机械应力并且能在使用中维持颗粒负载量。此类纤维通常是单组分的纤维，直径可以是约 0.1 至约 50 微米，能够由各种材料制成，包括天然存在的棉花、亚麻、羊毛、各种纤维质和蛋白质性质的天然纤维、合成纤维包括人造丝、丙烯酸类、芳族聚酰胺、尼龙、聚烯烃、聚酯纤维。一类第二纤维是粘结剂纤维，它与其它组分合作将材料粘合到片中。另一类结构纤维与其它组分合作，增加材料在干和湿条件下的抗拉强度和爆裂强度。而且，粘合纤维可以包括由诸如聚氯乙烯、聚乙烯醇之类的聚合物制成的纤维。第二纤维还可以包括无机纤维，诸如碳/石墨纤维、金属纤维、陶瓷纤维和它们的组合。

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)纤维和它们的混合物。聚酰胺纤维包括但不限于尼龙 6、66、11、12、612 和高温“尼龙”(诸如尼龙 46)。其它有用的纤维包括纤维素纤维、聚乙酸乙烯酯、聚乙

烯醇纤维(包括聚乙烯醇的各种水解产物，诸如 88% 水解、95% 水解、98% 水解和 99.5% 水解的聚合物)、棉花、粘胶人造丝、热塑性材料(诸如聚酯、聚丙烯、聚乙烯等)、聚乙酸乙烯酯、聚乳酸和其它常见纤维类型。热塑性纤维通常是细(直径约 0.5-20 旦尼尔)、短(长约 0.1-5 厘米)、切段纤维，可能含有预混合的常规添加剂，诸如抗氧化剂、稳定剂、润滑剂、增韧剂等。而且，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，最优先的是聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维。

优选的介质纤维包括用于本发明的介质中的玻璃纤维，包括以下列命名而为人所知的玻璃类型：A、C、D、E、零硼 E(Zero Boron E)、ECR、AR、R、S、S-2、N 等，和通常能够通过拉丝过程或纺丝过程制成纤维的任何玻璃，拉丝过程用于制造增强纤维，纺丝过程用于制造绝热纤维。此类纤维通常以约 0.1-16 微米的直径和约 10-10000 的纵横比(长度除以直径)使用。这些市场上可买到的纤维用上胶涂料进行特定的上胶。此类涂料造成原本为离子中性玻璃纤维成形并保持束状。直径小于约 1 微米的玻璃纤维不进行上胶。大直径切段玻璃进行上胶。

玻璃纤维生产商一般采用此种尺寸。上胶组合物和阳离子抗静电剂消除纤维聚集作用并且在槽中的分散体搅拌后使玻璃纤维均匀分散。为了有效地分散于玻璃浆料中，玻璃纤维的典型的量是分散体中固体的 50 重量% 至约 90 重量%、最优的约 50-80 重量%。玻璃纤维混合物能大大帮助改善材料的透过率。我们已经发现，以不同的比例合并平均纤维直径为约 0.3-0.5 微米的玻璃纤维、平均纤维直径为约 1-2 微米的玻璃纤维、平均纤维直径为约 3-6 微米的玻璃纤维、纤维直径为约 6-10 微米的玻璃纤维和纤维直径为约 10-100 微米的玻璃纤维能够大大改善透过率。我们相信，该玻璃纤维混合物能获得受控的孔径，该孔径产生定义的介质层透过率。有用的玻璃纤维可从例如美国俄亥俄州托莱多 (Toledo) 的欧文斯康宁公司 (Owens-Corning Corporation) 和美国南卡罗来纳萨默维尔市的拉切尔纤维国际公司 (Lauscha Fiber International Co.) 购买。

在本发明的一些实施方式中，采用粘结剂树脂可能有用。本发明的过

滤介质不一定需要树脂质粘结剂组分来获得足够的强度，但是可以有利地使用它。粘结剂树脂通常可以包含水溶性或水敏性聚合材料。一般以干燥形式或溶剂或水基分散体提供它的聚合材料。在一种或多种过滤介质组分能在使用过程中释放并且当作为尘埃在空气中传播时变成滋扰物的实施方式中，粘结剂树脂能用于帮助将纤维粘合到机械稳定的介质层中。粘结剂还可以用于增加本发明的过滤介质的刚性。

有用的粘结剂聚合物的例子包括乙酸乙烯酯材料、氯乙烯树脂、聚乙二醇树脂、聚乙酸乙烯酯树脂、聚乙酰乙烯树脂(polyvinyl acetyl resin)、丙烯酸类树脂、甲基丙烯酸类树脂、聚酰胺树脂、聚乙烯乙酸乙烯酯共聚物树脂、热固性树脂(诸如脲苯酚、脲甲醛)、三聚氰胺、环氧树脂、聚氨酯、可固化不饱和聚酯树脂、聚芳族树脂、间苯二酚树脂和类似的弹性体树脂。用于水溶性或水可分散的粘结剂聚合物的优选的材料是水溶性或水可分散性热固性树脂，诸如丙烯酸类树脂、甲基丙烯酸类树脂、聚酰胺树脂、环氧树脂、酚醛树脂、聚脲、聚氨酯、三聚氰胺甲醛树脂、聚酯和醇酸树脂，通常地并且具体地是水溶性丙烯酸类树脂、甲基丙烯酸类树脂、聚酰胺树脂，它们一般用于造纸工业中。此类粘结剂树脂一般覆盖纤维并且使纤维与最终非织造基质中的纤维粘合。足够的树脂被加入调制物中以便完全覆盖纤维，但是不在形成于片、介质或过滤材料中的孔上产生膜。树脂可以在造纸过程中加入调制物，或者可以在成形之后施加在介质上。

胶乳粘结剂的使用量不应大量地形成覆盖过滤介质的孔的膜。粘结剂的使用量应足以将各非织造层中的三维非织造纤维网粘结在一起，或者用作与双组分纤维赋予的粘合性质协同作用的粘合剂。粘结剂可以选自本领域已知的各种胶乳粘合剂。本领域技术人员会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已知的技术如喷雾或起泡来施加。通常，使用具有 5-25% 固体的胶乳粘合剂。可以通过使纤维分散、然后添加粘结剂材料或使粘结剂材料分散、然后添加纤维来制备分散体。还可以通过合并纤维的分散体与粘结剂材料的分散体来制备分散体。分散体中总纤维的浓度可以是，基于分散体的总重量，0.01-5 或 0.005-2 重量%。分散体中粘结剂材料的浓度可以是，基于纤维的总重量，10-50 重量

%。

本发明的非织造介质还可以含有由一定量亲水性、疏水性、亲油性和疏油性纤维制成的第二纤维。这些纤维与介质纤维和双组分纤维合作以便形成机械稳定的、坚固的、可透过的过滤介质，该过滤介质能耐受流体物质通过引起的机械应力并且能在使用中维持颗粒的负载量。第二纤维通常是单组分纤维，直径可以是约 0.1 至约 50 微米，能够由各种材料制成，包括天然存在的棉花、亚麻、羊毛、各种纤维质和蛋白质性质的天然纤维、玻璃纤维、合成纤维包括人造丝、丙烯酸类树脂、芳族聚酰胺、尼龙、聚烯烃、聚酯纤维。一类第二纤维是粘合纤维，它与其它组分合作将材料粘合到片中。另一类第二纤维是结构纤维，它与其它组分合作以便增加材料在干和湿条件下的抗拉强度和爆裂强度。第二纤维可以由热塑性或热固性材料组成。第二纤维还可以包括无机纤维，诸如碳/石墨纤维、金属纤维、陶瓷纤维和它们的组合。

热塑性第二纤维可以由合成聚合材料制成，诸如聚酯纤维、聚酰胺纤维、聚烯烃纤维诸如聚乙烯或聚丙烯纤维、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、聚乙烯-乙酸乙烯酯共聚物、聚醚酮酮(PEKK)纤维、聚醚醚酮(PEEK)纤维、聚乙酸乙烯酯、聚乙烯醇纤维(包括聚乙烯醇的各种水解产物，诸如 88% 水解、95% 水解、98% 水解和 99.5% 水解的聚合物)、聚丙烯酸酯纤维、液晶聚合物(LCP)纤维、和它们的共聚物和混合物。聚酰胺纤维包括但不限于尼龙 6、66、11、12 和 612。该纤维还可以由天然存在的材料包括纤维素纤维、棉花纤维或粘胶人造丝纤维制成。

热塑性纤维通常是细(直径约 0.5-20 旦尼尔)、短(长约 0.1-5 厘米)、切段纤维，可能含有预混合的常规添加剂，诸如抗氧化剂、稳定剂、润滑剂、增韧剂等。而且，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。

介质中纤维的表面特征的亲水或疏水改性，诸如增加水或油的接触角，可以用于提高过滤介质的液体结合能力和排流能力，并因此提高过滤器的

性能(减小压降和改善质量效率)。各种纤维可用于例如用于低压过滤器诸如雾过滤器或其它过滤器(最终压降小于 1 psi)的设计中。一种对纤维表面改性的方法是施加表面处理物，诸如含有含氟化合物或硅酮的材料，其含量是介质的 0.01-5 重量% 或约 0.01-2 重量%。我们预先改变湿法成网的层中的纤维的表面特征，该湿法成网层可以包括双组分纤维、其它第二纤维如合成纤维、陶瓷纤维或金属纤维，具有或不具有其它树脂粘结剂。所得介质将纳入由多层组成的过滤元件结构中。使用表面改性剂会使介质结构比未处理的介质具有更小的 XY 孔径，由此增加使用小纤维时的效率、减小介质的厚度以获得更紧凑的过滤元件、减小过滤元件的平衡压降。

本发明中使用的用于加入纤维层的含氟化学试剂是由下式代表的分子：



其中  $R_f$  是氟代脂族基，G 是含有至少一个亲水性基团如阳离子基团、阴离子基团、非离子基团或两性基团的基。优选非离子材料。 $R_f$  是含有至少两个碳原子的氟化的、单价的、脂族有机基。优选它是饱和的全氟脂族单价有机基。然而，氢或氯原子可以作为取代基存在于主链上。虽然含有大量碳原子的基可以充分地发挥作用，但是优选含有不大于约 20 个碳原子的化合物，因为大的基的氟利用效率通常比具有更短主链的基的可能的氟利用效率更低。优选  $R_f$  含有约 2-8 个碳原子。

可用于本发明中采用的含氟化学试剂的阳离子基团可以包括胺基或季铵阳离子基团，该胺基或季铵基可以不含氧(例如  $-NH_2$ )或含有氧(例如氧化胺)。此类胺和季铵阳离子亲水性基团可以具有诸如  $-NH_2$ 、 $-(NH_3)X$ 、 $-(NH(R^2)_2)X$ 、 $-(NH(R^2)_3)X$  或  $-N(R_2)_2 \rightarrow O$  的结构式，其中 x 是阴离子抗衡离子，诸如卤离子、氢氧根、硫酸根、硫酸氢根或羧酸根， $R^2$  是 H 或 C<sub>1-18</sub> 烷基，各  $R^2$  可以与其它  $R^2$  基相同或不同。优选  $R^2$  是 H 或 C<sub>1-16</sub> 烷基，X 是卤离子、氢氧根或硫酸氢根。

可用于本发明中采用的含氟有机湿润剂的阴离子基团可以包括可通过离子化变成阴离子根的基团。该阴离子基团可以具有诸如-COOM、-SO<sub>3</sub>M、-OSO<sub>3</sub>M、-PO<sub>3</sub>HM、-OPO<sub>3</sub>M<sub>2</sub> 或-OPO<sub>3</sub>HM 的结构式，其中 M 是 H、金属

离子、 $(NR^1_4)^+$ 或 $(SR^1_4)^+$ ，其中各 R<sup>1</sup>独立地是 H 或取代的或未取代的 C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>烷基。优选 M 是 Na<sup>+</sup>或 K<sup>+</sup>。用于本发明中的含氟有机湿润剂的优选的阴离子基团具有结构式 -COOM 或-SO<sub>3</sub>M。阴离子含氟有机湿润剂的组中包括通常由烯键式不饱和单羧酸和二羧酸单体制造的聚合材料，所述单体上附有侧链氟碳基。

可用于本发明中采用的含氟有机湿润剂的两性基团包括含有至少一种如上所述的阳离子基团和至少一种如上所述的阴离子基团的基团。或者，还可以采用本领域已知的非离子两性材料，诸如与数个环氧乙烷重复单元结合的硬脂酰基。

可用于本发明中采用的含氟有机湿润剂的非离子基团包括亲水的、但是在一般的农艺使用 pH 条件下不发生离子化的基团。非离子基团可以具有诸如-O(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>x</sub>OH(其中 x 大于 1)、-SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>、-SO<sub>2</sub>NHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH、-SO<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>H)<sub>2</sub>、-CONH<sub>2</sub>、-CONHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH 或-CON(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub> 的结构式。这些物质的例子包括以下结构的物质：



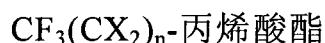
其中 n 是 2-8，m 是 0-20。

其它有用的含氟化学试剂包括例如美国专利第 2,764,602、2,764,603、3,147,064 和 4,069,158 中所述的阳离子含氟化合物。此类两性含氟化学试剂包括例如美国专利第 2,764,602、4,042,522、4,069,158、4,069,244、4,090,967、4,161,590 和 4,161,602 中所述的两性含氟化合物。阴离子含氟化学湿润剂包括例如美国专利第 2,803,656、3,255,131、3,450,755 和 4,090,967 中所述的阴离子含氟化合物。

对纤维表面进行改性的方法有多种。改善排流的纤维可以用于制造介质。可以在纤维的制造过程中、介质的制造过程中或介质制造之后作为后处理来实施处理。大量的处理材料可供使用，诸如含氟化合物或含有能增加接触角的化学品的硅酮。可以处理纳入过滤介质的大量纤维以便提高它们的排流能力。由聚酯、聚丙烯或其它合成聚合物组成的双组分纤维也可以被处理。还可以处理玻璃纤维、合成纤维、陶瓷或金属纤维。

此类表面处理材料的代表性的但是非限制性的例子是杜邦 Zonyl FSN、

杜邦 Zonyl 7040 和杜邦 Zonyl FSO 非离子表面活性剂(来自美国特拉华州维明顿的杜邦公司(DuPont))。可用于本发明的聚合物的添加剂的另一个方面包括具有以下通用结构的低分子量氟碳丙烯酸酯材料：



其中 X 是 -F 或-CF<sub>3</sub>, n 是 1-17。

机械属性包括湿和干抗拉强度、爆裂强度等对过滤介质很重要。压缩率也很重要，因为它是抵抗流体流过介质方向上的压缩或变形的度量。压缩率必需足够大以便维持材料的厚度并由此维持其孔结构和过滤流量和颗粒除去性能。使用常规树脂饱和度的许多高效湿法成网材料、熔喷材料和其它气流成网材料缺乏这种抗压缩强度并且在压力下崩塌。对于液体过滤器而言，这特别成问题，但是，这也会成为气体过滤器的问题。本发明的过滤介质具有 860 帕和 3860 帕之间大于 0.5 的压缩率，优选具有 860 帕和 3860 帕之间大于 0.7 的压缩率，最优地具有 860 帕和 3860 帕之间大于 0.9 的压缩率。

以下的实验进一步阐述非限制性的本发明的方面，包括最佳模式。

## 实验部分

### 通用实验技术

#### 1. 基本重量

基本重量是过滤介质片每平方单位面积的重量。通过以下方式测量：将介质片切割成 12×12 的正方形，测量重量，然后将比率转换为克/平方米(g/m<sup>2</sup>)单位。该测试重复两次，测试的平均值记为基本重量。

#### 2. 压缩率

压缩率定义为当厚度测量过程中施加的压力增加时厚度的分数变化(fractional change)。本发明材料的压缩率通过获取两种不同的压力下过滤介质片厚度的比率来测量。在这些实施例中，两种压力是 860 帕和 3860 帕；因此，压缩率表示成 3860 帕下厚度与 860 帕下厚度的比率。

### 3. 透过率

透过率涉及将在 0.5 英寸水压降下流过过滤介质的空气的量(立方英尺/分钟/平方英尺或英尺/分钟)。通常，透过率(当使用该术语时)通过费雷泽渗透试验、根据 ASTM D737、使用可从美国马里兰州盖泽斯博格(Gaithersburg)的费雷泽精密仪器有限公司(Frazier Precision Instrument Co. Inc.)购买的费雷泽渗透仪或 TexTest 3300 或 TexTest 3310(可从美国南卡罗来纳斯巴顿博格(Spartanburg)的高级测试仪器公司(Advanced Testing Instruments Corp (ATI))购买)来评估。

### 4. 孔径

孔径或“XY 孔径”指过滤介质中纤维之间的理论距离。XY 指相对于 Z 方向的表面方向，Z 方向是介质的厚度方向。这种计算假设介质中所有的纤维都与介质的表面平行排列、间距相同，当从垂直于纤维长度的截面观察时，纤维排列成正方形。XY 孔径是正方形相对角上的纤维表面之间的对角线距离。如果介质由不同直径的纤维组成，那么纤维的  $d_2$  平均值用作直径。 $d_2$  平均值是直径平方的平均值的平方根。

按以下公式计算孔径：

介质基本重量(质量/单位面积)=B

介质厚度=T

纤维的质量分数<sup>1</sup>=M

纤维/单位体积=F

XY 孔径=P

纤维质量/单位长度=m

纤维直径=d

$P = [(2F)^{1/2}] - d$

其中  $F = [\Sigma ((B \times M) / (T \times m))]^{-1}$

<sup>1</sup> 质量分数指过滤介质中纤维物质的分数。因此，如果第一纤维以 60 重量% 存在于介质中，那么 M=0.6。

### 实施例 1

根据以下技术制备湿法成网过滤介质。将玻璃和合成纤维单独分散在 1 升的水中，该水先用硫酸调节 pH 至约 3。通过在沃宁(Waring)2 高速混合器(型号 7009G, 来自美国康涅狄格州托林顿(Torrington)的沃宁产品(Waring Products))中混合使纤维成浆状。然后，用 4 升的水将该纤维浆料稀释至总共 5 升并且再混合 2 分钟或更久。将混合的浆料转移至标准 Formax 12 × 12 英寸 G-100 手抄片模具(来自美国新罕布什尔州多佛尔市的伯克普公司(Bescorp Inc.)), 其中放置着 Reemay 2200 载片(来自美国田纳西州旧赫克瑞市的菲比白普力克(Fiberweb plc))。小心注满该载片以便确定无空气气泡吸入。然后使水分排出浆料。使用型号 135 的爱默生加速干燥器(Emerson Speed Dryer, 来自美国密歇根州里奇兰德的可佐纸化学品公司(Kalamazoo Paper Chemicals, Richland, MI))的平板烘干机使湿片在 285°F 干燥和粘合 5 分钟。

使用该技术，形成过滤介质 FM-1 和 FM-2。两种实验湿法成网过滤介质，FM-1 和 FM-2 的组成显示在表 1 中。表 1 中还显示了这些过滤介质的物理性质，包括基本重量、两种不同压力下的厚度、这两种压力之间的压缩厚度的分数、孔径和透过率。

表 1. 实验湿法成网过滤介质的组成和性质。

性质	单位	FM-1	FM-2
组成		50% 14 um 聚酯双组分切割物 6 mm、37% 12.4 um 聚酯切割物 6 mm、13% 11 um 玻璃切割物 6 mm	50% 14 um 聚酯双组分切割物 6 mm、37% 24 um 聚酯切割物 6 mm、13% 16 um 玻璃切割物 6 mm
纤维类型、来源		双组分: Advansa 271P, 聚酯: Advansta 205 WSD, 玻璃: 欧文斯康宁 CS-9501-11W	双组分: Advansa 271P, 聚酯: Minifibers 6 旦尼尔, 低收缩性、高韧性, 玻璃: 欧文斯康宁 16 um 玻璃
基本重量	gm/m <sup>2</sup>	65.1	62.2
厚度 <sub>1</sub>	mm, 于 860 帕下	0.68	0.64
厚度 <sub>2</sub>	mm, 于 3860 帕下	0.58	0.58
压缩率	分数, 厚度 <sub>2</sub> /厚度 <sub>1</sub>	0.86	0.91
计算的 XY 孔径	um, 于 3860 帕下	44	64
透过率	m/分钟, 于 125 帕下	119	188

### 实施例 2

本发明的气流成网过滤介质得自德国波霍特(Bocholt)的坦格尔丁波霍特有限公司(Tangerding Bocholt GmbH)。在本实施例和以下实施例中, 坦格尔丁参考号 TB 180-T05 被称为 FM-3(过滤介质 3)。在本实施例和以下实施例中, 坦格尔丁参考号 FF 320-T05-2 被称为 FM-4。在本实施例和以下实施例中, 坦格尔丁参考号 FF 180-T05-4 NP-0256/2 被称为 FM-5。气流成网过滤介质 FM-3、FM-4 和 FM-5 的组成显示在表 2 中。表 2 中还显示了气流

成网过滤介质 FM-3、FM-4 和 FM-5 的基本重量、两种不同压力下的厚度和这两种压力之间的压缩厚度的分数、计算的 XY 孔径和透过率。

表 2. 实验气流成网过滤介质的组成和性质。

性质	单位	FM-3	FM-4	FM-5
组成	(无)	24 um 聚酯双组分十聚酯	16.7 um 聚酯双组分十聚酯	16.7 um 聚酯双组分十聚酯
基本重量	gm/m <sup>2</sup>	169.2	241	157
厚度 <sub>1</sub>	mm, 于 860 帕下	3.78	2.52	3.41
厚度 <sub>2</sub>	mm, 于 3860 帕下	3.15	2.31	2.96
压缩率	分数, 厚度 <sub>2</sub> /厚度 <sub>1</sub>	0.83	0.91	0.87
计算的 XY 孔径	μm, 于 3860 帕下	131	59	89
透过率	m/分钟, 于 125 帕下	141	58	98

### 实施例 3

将来自以上实施例的过滤介质切割成 21.6cm × 14.5 cm 的矩形片。分层堆叠这些片以形成过滤元件。将过滤元件装入两侧具有打孔的支架的外壳中，如图 1-4 中可看到的。外壳、支架和过滤元件一起形成过滤器结构。使用多层表 3 中所示的过滤介质来构建该过滤器结构。如图 1 中所看到的，介质背靠着具有菱形图案的多孔金属网的下游侧。介质在过滤器结构上游端和下游端处的打孔支架之间被压缩为 3.4 cm。

获得对照过滤器结构 FStr-CTRL，用于在测试中与以下实施例 4 中的 FStr-1、-2 和 -3 作比较。FStr-CTRL 是市场上销售用于柴油发动机的过滤器，可以部件号 SO40029 从美国明尼苏达州明尼阿波利斯的唐纳森有限公司 (Donaldson Company, Inc.) 购得。

表 3.由本发明的过滤介质层形成的过滤器结构

过滤器结构 编号	上游层	上游 层的 编号	中间 层	中间 层的 编号	下游 层	下游层 的编号
FStr-1	FM-3	2	FM-2	21	FM-1	44
FStr-2	FM-4	2	FM-2	21	FM-1	44
FStr-3	FM-5	2	FM-2	21	FM-1	44
FStr-CTRL	FM-1	67	无	-	无	-

关于过滤元件结构更详细的内容是，图 1 显示完整结构的过滤器结构 10，其具有带有下游侧 12 和打孔支架 13 的外壳 11，通过打孔支架 13 可看到层 14。图 2 显示过滤器结构 10，其具有带有上游侧 15 的外壳 11，通过它能看到上游过滤介质层 16。图 3 是图 2 的特写图，显示更详细的过滤器结构 10 和外壳 11、上游侧 15 和上游过滤介质 16。图 4 是过滤器结构 10 的侧视图，该过滤器结构具有外壳 11 和将过滤元件 18 固定在外壳 11 内的片-槽(tab-and-slot)装置 17。

图 5 是图 1-4 中显示的过滤器结构 10 的解构视图。外壳 11 的下游侧 12 已经被除去，打孔支架 13 也被除去。下游过滤介质 14 被暴露，还可看到多层的过滤元件 18。也可看到固定过滤元件的片-槽装置的单独的片 17a 和槽 17b，它们在图 4 中显示为 17。图 6 是外壳 11 和过滤元件 18 的特写图。可看到特写的层 18a。图 7 是过滤器结构 10 的第二解构视图。外壳 11 的下游侧 12 已经被除去，打孔支架 13 和下游过滤介质 14 也被除去。可看到两层上游过滤介质 16 和固定过滤元件的片-槽装置的片 17a 和槽 17b，该片-槽装置在图 4 中显示为 17。

#### 实施例 4

通过将过滤器放置在得自荷兰 DAF 卡车公司(DAF Trucks N.V.)的柴油发动机曲轴箱(型号 MX-US)内的标准过滤器外壳中，对过滤器结构 FStr-1、FStr-2、FStr-3 和 FStr-CTRL 进行曲轴箱通风(CCV)试验。在标准操作条件下运行该发动机直到发现穿过过滤器结构的压降在 250 L/分钟时和环境温度下达到 2300-4200 帕。因此，FStr-CTRL 在 4200 帕时被取出；FStr-1 在

2300 帕时被取出；FStr-2 在 2300 帕时被取出；FStr-3 在 3200 帕时被取出。

清除被取出的样品中的液体油，随后测试各类单个层的透过率。以立方英尺空气/分钟/过滤器表面积平方根( $\text{cfm}/\text{ft}^2$ )测定透过率。取出层的方向是从过滤元件上游向下游移动。取出以下沿过滤元件的所测位置处的最先 4 层，然后再取走一层： $1/8''$ 、 $1/4''$ 、 $3/8''$ 、 $1/2''$ 、 $5/8''$ 、 $3/4''$  和  $7/8''$ 。最后两层也取走。

在层的透过率试验之前，用己烷洗涤被取出用于测试的各层以便除去油，并且进行干燥。FStr-CTRL 的测试结果显示在图 8 中。与 FM-1 单层的初始透过率(为  $400 \text{ cfm}/\text{ft}^2$ )相比，该过滤器的第一上游层仅具有约  $60 \text{ cfm}/\text{ft}^2$  的透过率。接下来的几层具有大得多的透过率，为  $150 \text{ cfm}/\text{ft}^2$  和更大。直到层 12，透过率接近  $300 \text{ cfm}/\text{ft}^2$ 。因此，我们观察到，因为高压降造成的过滤器失效实际上主要是由于最先几层。这些层捕获存在于曲轴箱中的大量烟灰负载物而快速被堵塞。

使用 FStr-1、FStr-2 和 FStr-3 代替 FStr-CTRL 的相同试验的结果显示在表 4 和图 9 中。在该试验中，结果被分离以便反映三组层的过滤效果。因此，如果 FM-1 或 FM-2 层保持高透过率，那么气流成网介质 FM-3、FM-4、FM-4 或 FM-5 层就在曲轴箱空气流到达 FM-1 层之前有效地除去烟灰。然而，如果以 FM-1 和/或 FM-2 的高透过率伴随气流成网层的低透过率，那么气流成网层在过滤器结构的最初上游部分中捕获太多的烟灰，导致不久就形成穿过过滤器的高的总压降，虽然气流成网过滤器确实很好地保护了 FM-1 和 FM-2 层。

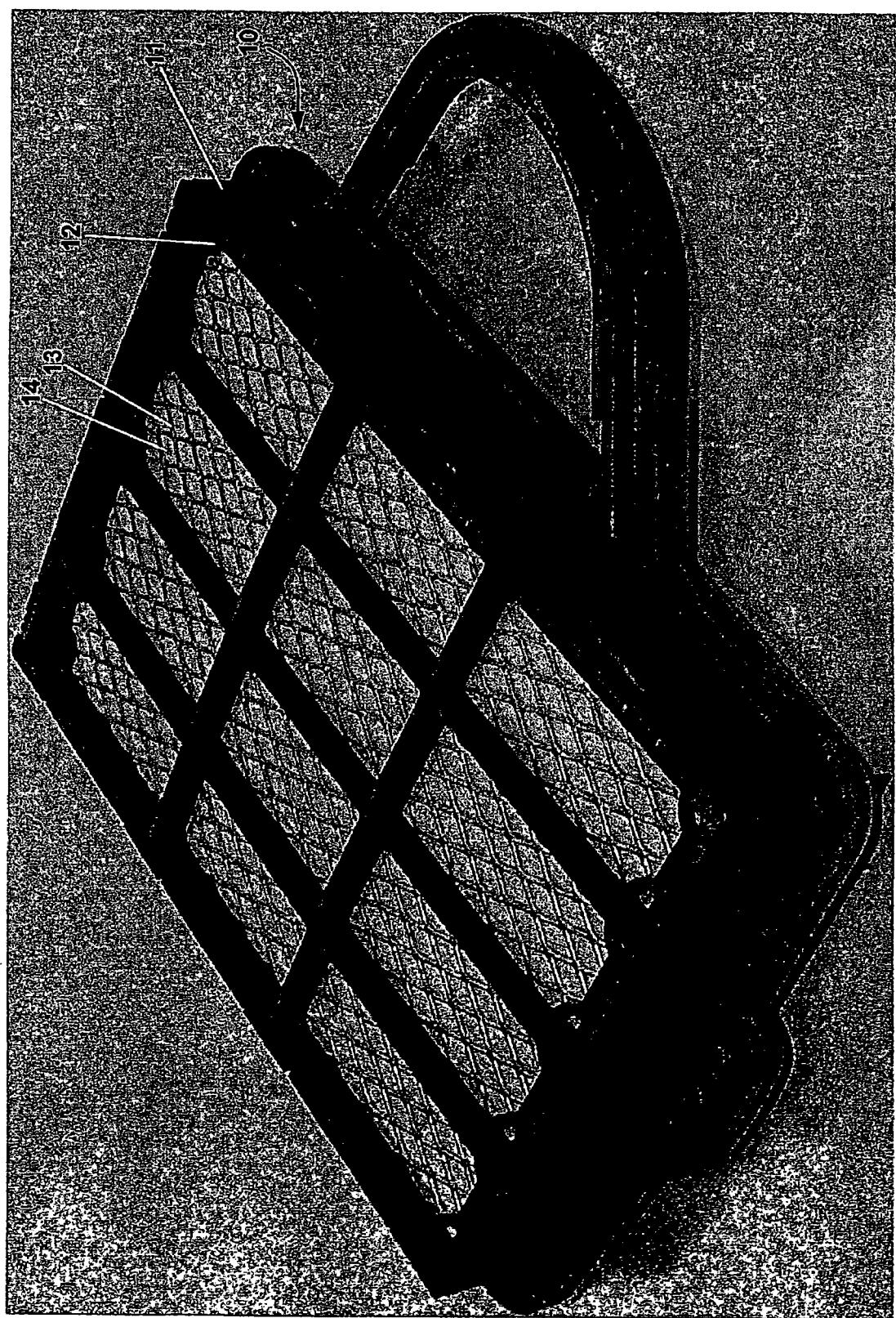
表 4. FStr-1、FStr-2、FStr-3 和 FStr-CTRL 的 CCV 测试结果

介质	过滤器 结构编 号	层	透过率, m/分钟, 于 125 帕 下	总使用 小时
FM-4	FStr-2	<b>1</b>	68.4	
FM-4		<b>2</b>	100.7	
FM-2		<b>3</b>		294.5
FM-2		<b>4</b>		334.9
FM-2		<b>5</b>		318.3
FM-2		<b>14</b>		375.3
FM-1		<b>23</b>		199.0
FM-1		<b>68</b>		287.4
FM-3	FStr-1	<b>1</b>	301.6	
FM-3		<b>2</b>	344.4	
FM-2		<b>3</b>		24.2
FM-2		<b>4</b>		172.9
FM-2		<b>5</b>		230.9
FM-2		<b>14</b>		325.4
FM-1		<b>23</b>		181.2
FM-1		<b>68</b>		220.2
FM-5	FStr-3	<b>1</b>	103.6	
FM-5		<b>2</b>	116.1	
FM-2		<b>3</b>		146.8
FM-2		<b>4</b>		169.1
FM-2		<b>14</b>		306.4
FM-1		<b>23</b>		189.5
FM-1		<b>42</b>		263.6
FM-1		<b>68</b>		289.8

FM-3 层的高透过率和最初几层 FM-2、特别是第一层 FM-2 产生的低透过率显示, FStr-1 中的过滤介质 FM-3 没有保护随后几层 FM-2。透过率降低是烟灰被捕获在介质中的结果。FStr-2 中的过滤介质 FM-4 捕获过量的烟灰, 导致 FM-4 层透过率较低, 同时保护 FM-2 层以便保持高透过率。FStr-3 中的过滤介质 FM-5 在其它两种过滤元件之间, 有效地捕获烟灰颗粒但不发生堵塞, 同时防止下面的用于过滤泄露物流中的油状气溶胶的过滤介质发生堵塞。

虽然我们已经结合具体的实施方式描述本发明, 但是应该理解还可以作进一步修改, 本申请意在涵盖大体上服从本发明的构思并且包括不同于

本公开的差别的任意变化、应用或适应性改变，所述差别是本发明所属领域内已知的或通常的惯例、可以应用于本文上述的基本特征并且属于所附权利要求的范围。



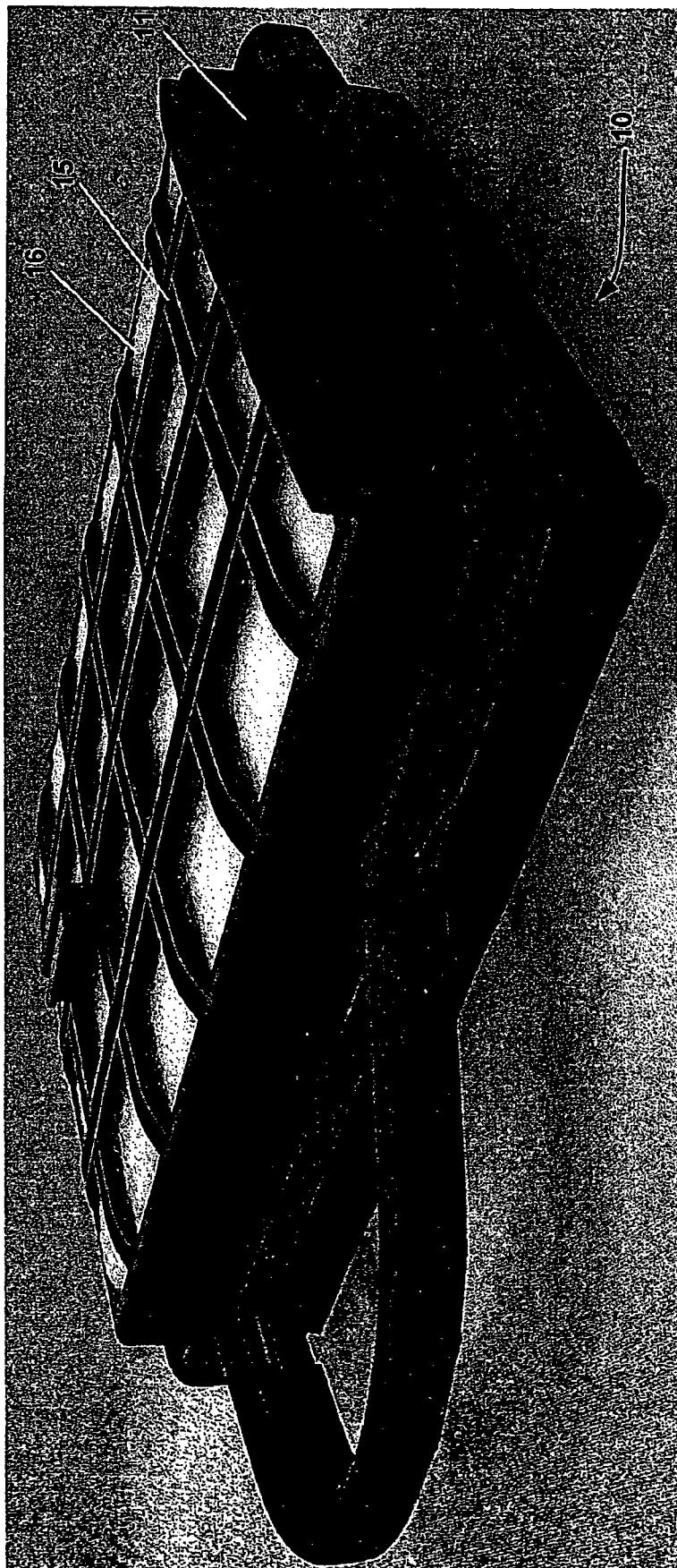


图 2

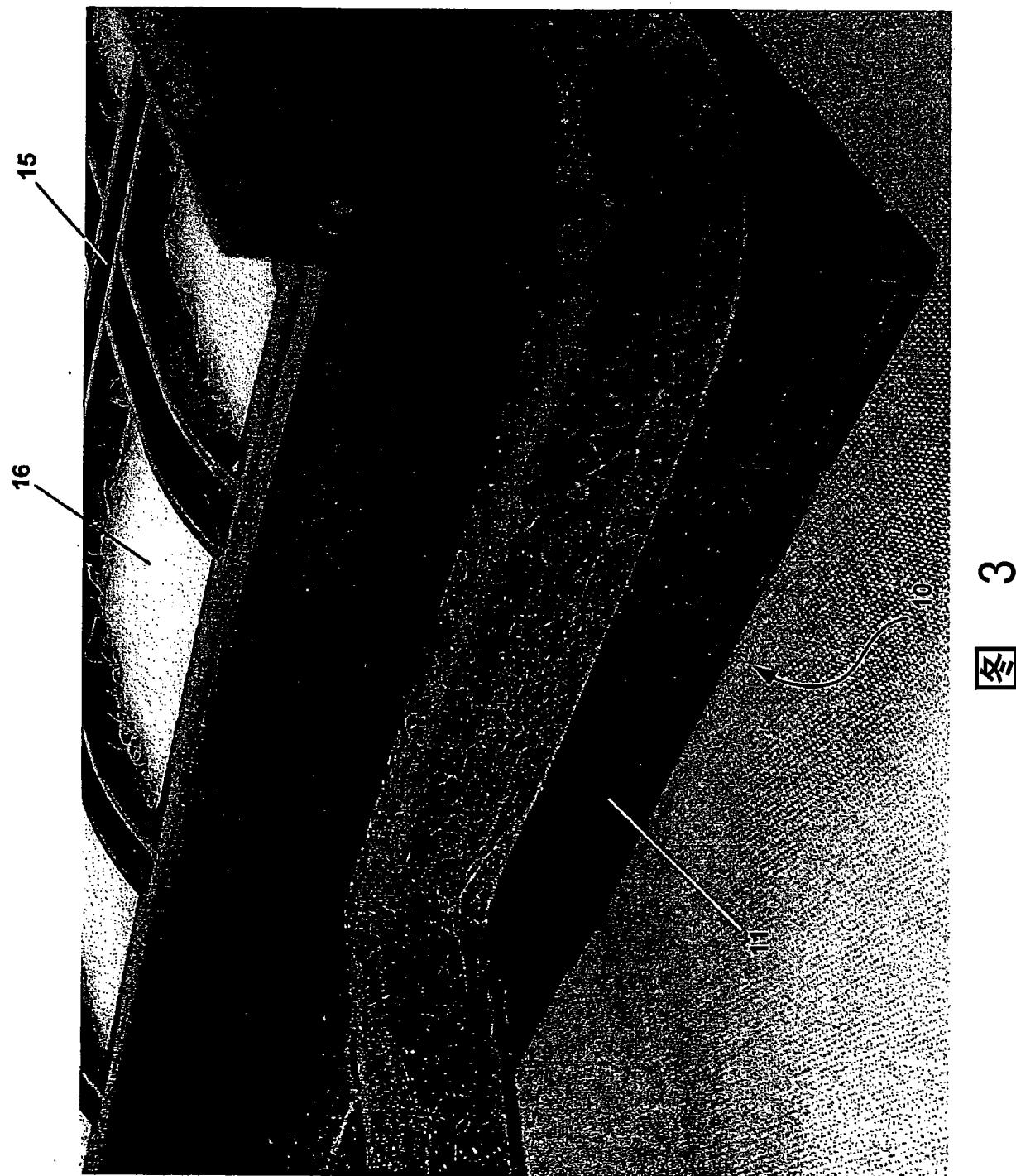
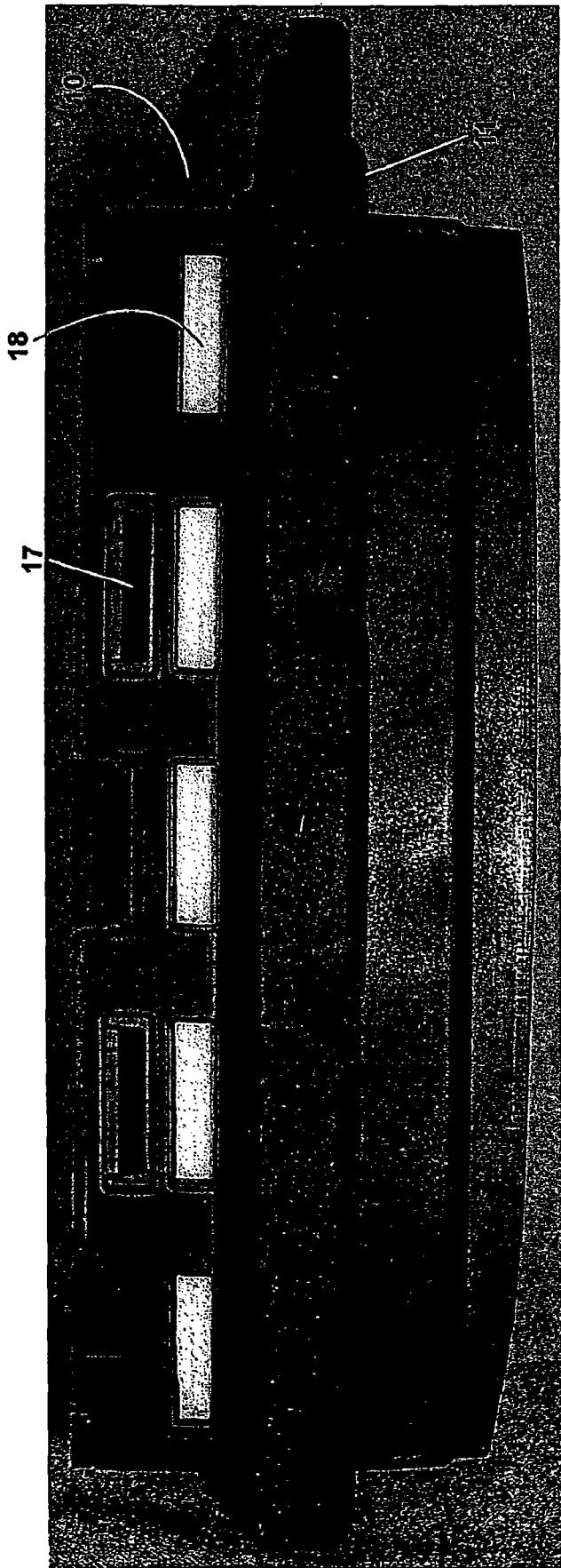


图 3



4  
图

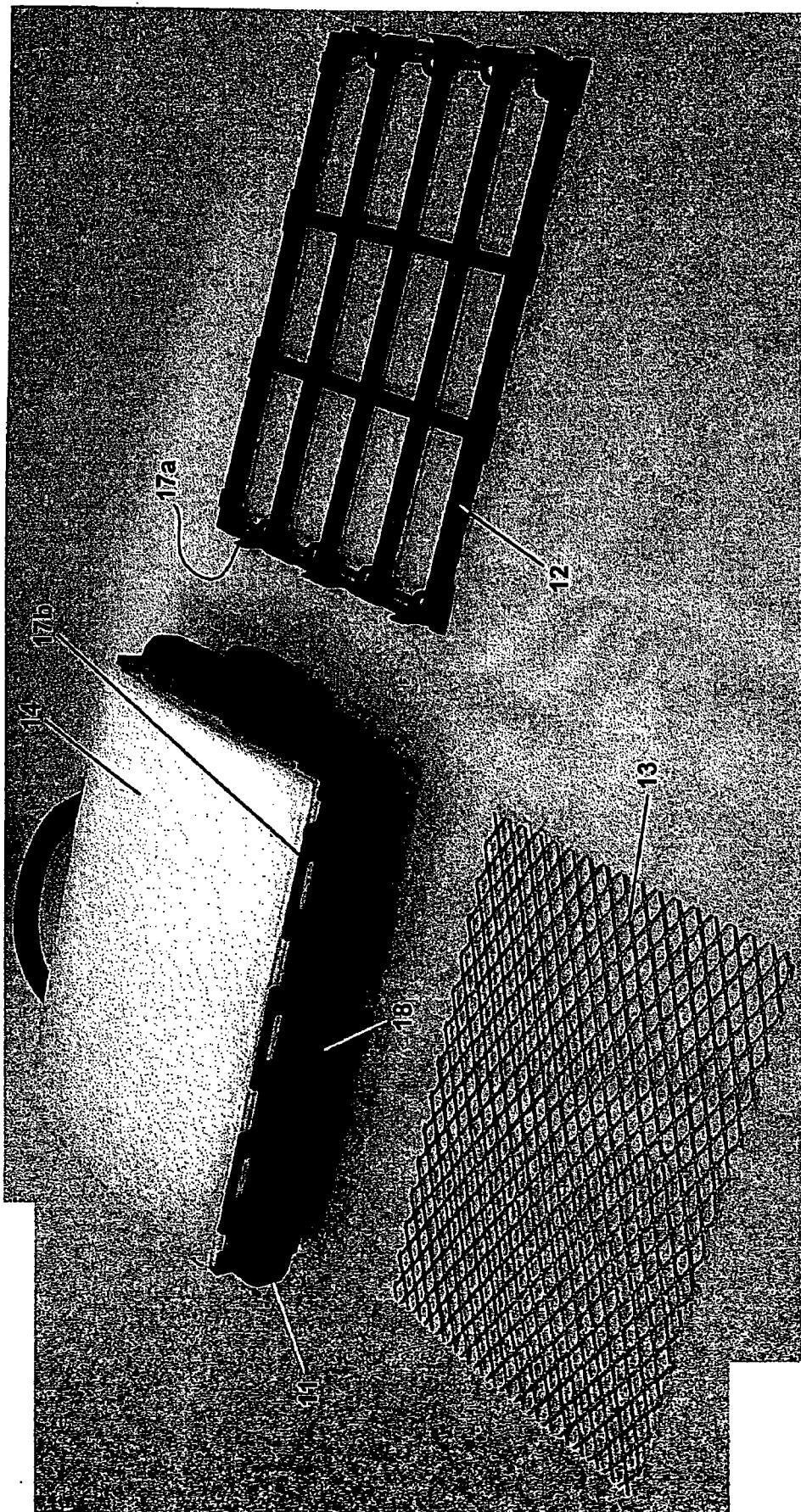
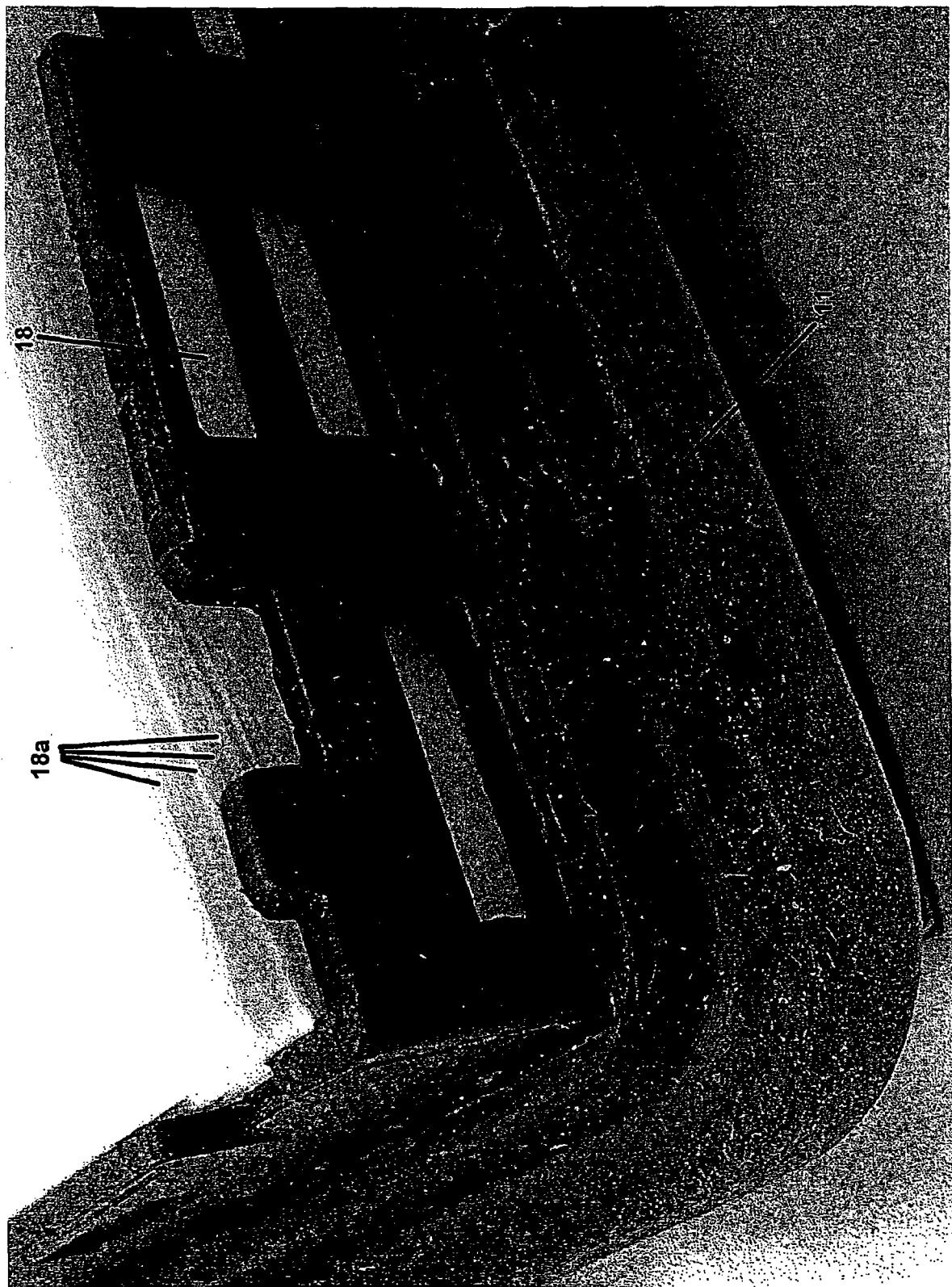


图 5



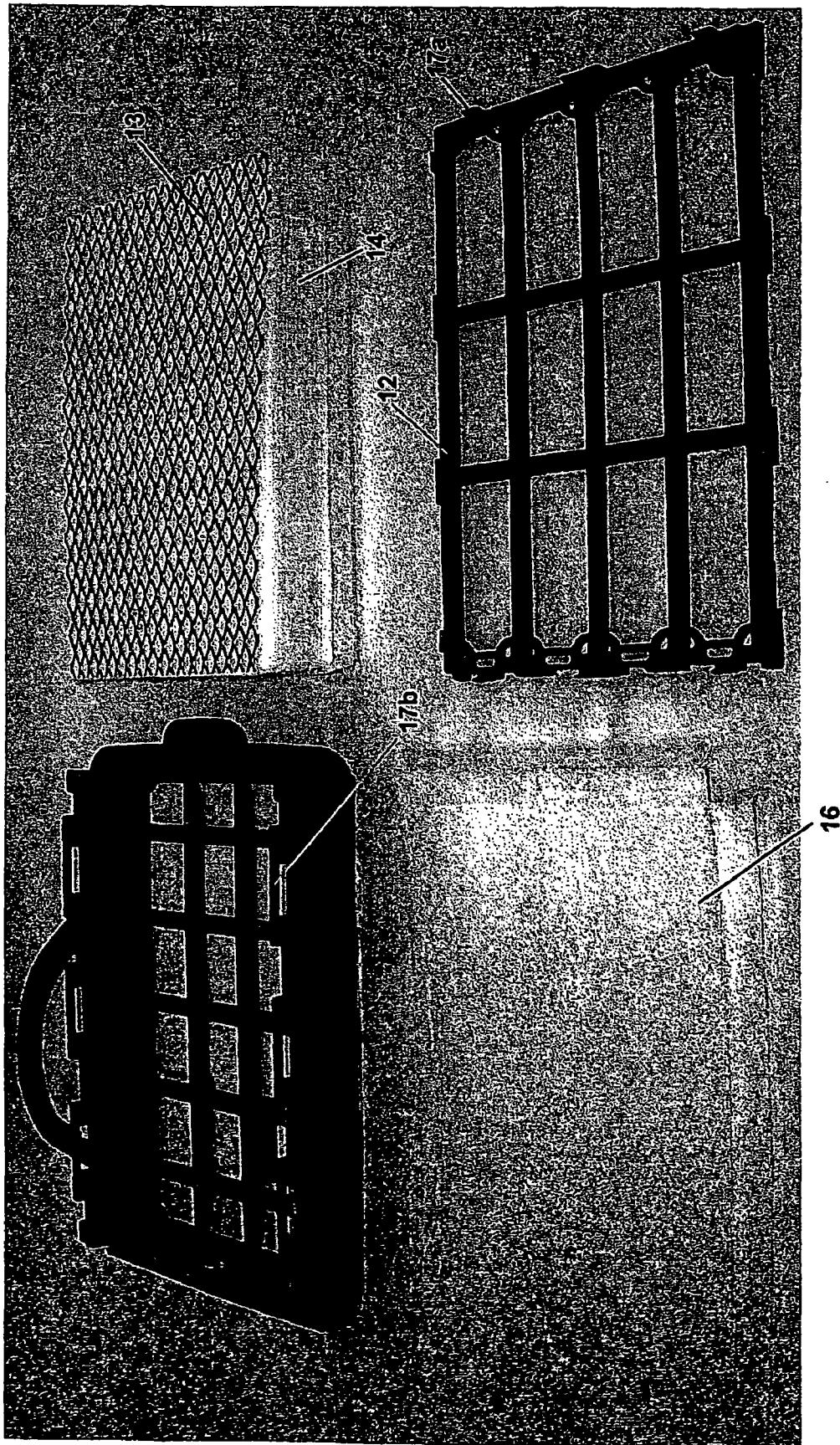


图 7

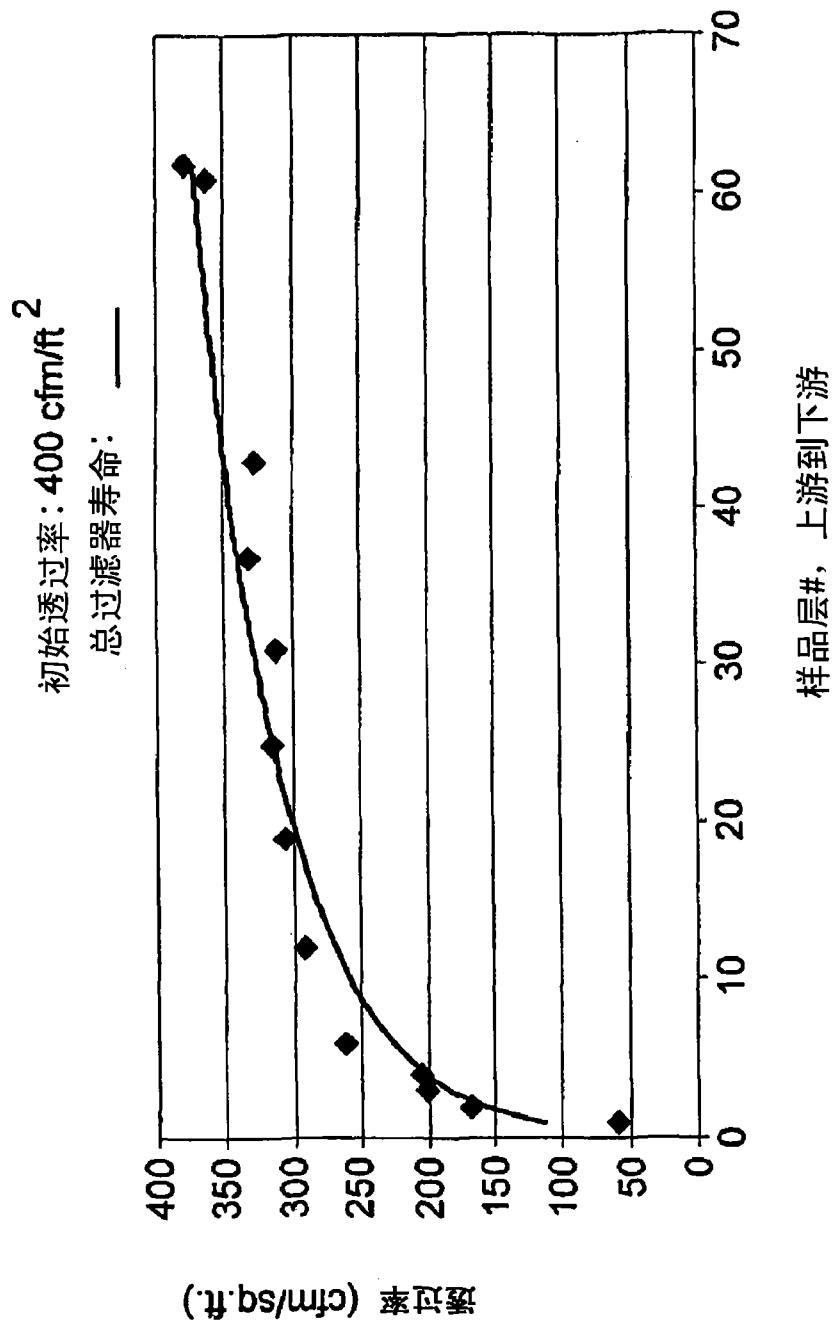


图 8

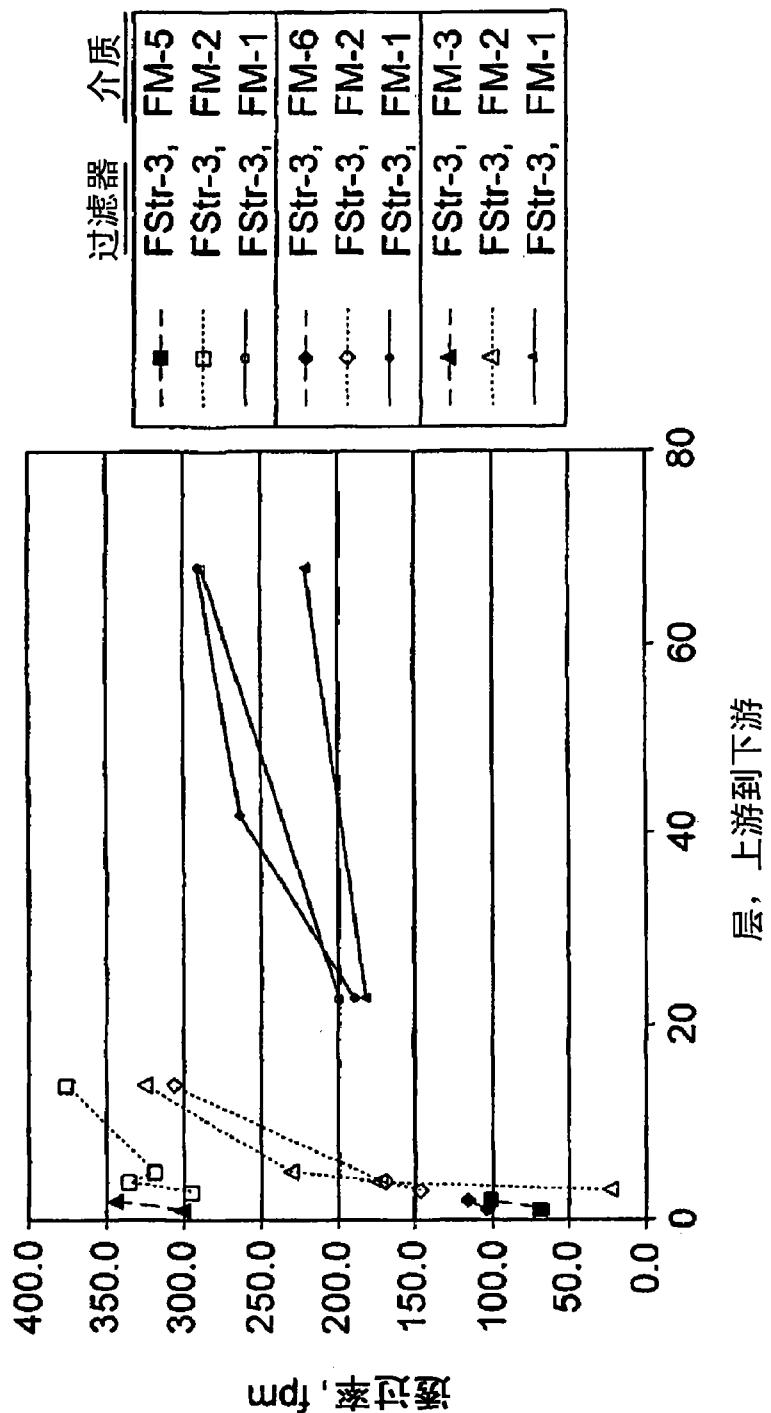


图 9