

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-508169

(P2004-508169A)

(43) 公表日 平成16年3月18日(2004.3.18)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B O 1 D 46/00	B O 1 D 46/00 3 O 2	4 D O 1 9
B O 1 D 39/16	B O 1 D 39/16 A	4 D O 5 8
F O 2 M 35/024	F O 2 M 35/024 5 O 1 F	5 H O 2 7
H O 1 M 8/04	F O 2 M 35/024 5 1 1 E	
H O 1 M 8/06	H O 1 M 8/04 N	
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 188 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2002-524609 (P2002-524609)	(71) 出願人	591163214
(86) (22) 出願日	平成13年8月10日 (2001.8.10)		ドナルドソン カンパニー, インコーポレイティド
(85) 翻訳文提出日	平成15年3月5日 (2003.3.5)		アメリカ合衆国, ミネソタ 55431,
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/025205		ミネアポリス, ビー. オー. ボックス 1
(87) 国際公開番号	W02002/020135		299, ウェスト ナインティフォース
(87) 国際公開日	平成14年3月14日 (2002.3.14)		ストリート 1400
(31) 優先権主張番号	60/230, 138	(74) 代理人	100076428
(32) 優先日	平成12年9月5日 (2000.9.5)		弁理士 大塚 康徳
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100112508
(31) 優先権主張番号	09/871, 590		弁理士 高柳 司郎
(32) 優先日	平成13年5月31日 (2001.5.31)	(74) 代理人	100115071
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 溝付き媒体構造を有するエアフィルタ配置及び方法

(57) 【要約】

フィルタ装置は、ファインファイバの堆積物で処理された溝付き媒体の形のバリア媒体を含む。媒体は、高温（140～240 °F）システムで特に有利である。そのようなシステムには、エンジン・システム、ガスタービン・システム、及び燃料電池システムを含めることができる。フィルタ装置は、円形断面又は競技用トラック状の断面を有する媒体パック、又はパネル形状に形成された媒体パックの形をとることができる。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

媒体パックを含むフィルタエレメント装置であって、

前記媒体パックは、(a) 第 1 及び第 2 の対向する流動面と複数の溝とを含む基体を有する媒体パックであって、

前記媒体パックでは、

(i) 前記溝の各々が、前記第 1 流動面に隣接する第 1 端部と前記第 2 流動面に隣接する第 2 端部とを有し、

(i i) 前記複数の溝の中で選択された溝が前記第 1 端部で開口し前記第 2 端部で閉口し、前記複数の溝の中で選択された溝が前記第 1 端部で閉口し前記第 2 端部で開口しており、

(i i i) 前記基体が、相対湿度 100% で 140 ° F の空気という試験条件に 16 時間の試験期間にわたって露出するという条件下で試験された場合、ファイバの 30% を越える量に変化せずフィルタの目的を果たすように、直径約 0.01 ~ 0.5 ミクロンのファイバを含むファインファイバの層によって少なくとも部分的に覆われていることを特徴とするフィルタエレメント装置。

【請求項 2】

前記ファイバが付加ポリマーを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 3】

前記付加ポリマーが、ポリハロゲン化ビニルポリマー、ポリハロゲン化ビニリデンポリマー、又はこれらの混合物を含むことを特徴とする請求項 2 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 4】

前記ポリハロゲン化ビニリデンがポリ塩化ビニリデンを含むことを特徴とする請求項 3 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 5】

前記ポリハロゲン化ビニリデンがポリフッ化ビニリデンを含むことを特徴とする請求項 3 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 6】

前記付加ポリマーがポリビニルアルコールを含むことを特徴とする請求項 2 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 7】

前記付加ポリマーがビニルアルコールを含むコポリマーを含むことを特徴とする請求項 2 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 8】

前記ポリビニルアルコールが架橋剤約 1 ~ 40 重量% で架橋されていることを特徴とする請求項 6 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 9】

前記ポリマーが架橋剤約 1 ~ 40 重量% で架橋されていることを特徴とする請求項 7 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 10】

前記架橋されたポリビニルアルコールが、分子量約 1000 ~ 3000 のポリアクリル酸を使用して架橋されていることを特徴とする請求項 8 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 11】

前記架橋されたポリビニルアルコールが、分子量約 1000 ~ 3000 のメラミンホルムアルデヒド樹脂を使用して架橋されていることを特徴とする請求項 8 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 12】

更に縮合ポリマーを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 13】

更にナイロンポリマーを含むことを特徴とする請求項 10 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 14】

前記ナイロンが、環状ラクタムと、 C_6-10 ジアミンモノマー又は C_6-10 二酸モノマーとから形成されたコポリマー以外のナイロンを含むことを特徴とする請求項 13 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 15】

分子量約 500～3000 であり芳香族としての特徴を有するオリゴマーを含む樹脂状添加剤を更に含み、該添加剤が縮合ポリマーに対して混和性を有することを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。 10

【請求項 16】

前記縮合ポリマーがポリアルキレンテレフタレートを含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 17】

前記縮合ポリマーがポリアルキレンナフタレートを含むことを特徴とする請求項 15 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 18】

前記縮合ポリマーがポリエチレンテレフタレートを含むことを特徴とする請求項 16 に記載のフィルタエレメント装置。 20

【請求項 19】

前記縮合ポリマーが、環状ラクタムから誘導された反復単位を有するホモポリマーを含むナイロンポリマーを含むことを特徴とする請求項 13 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 20】

前記ナイロンコポリマーが、分子量又はモノマー組成の異なる第 2 のナイロンポリマーに結合されていることを特徴とする請求項 13 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 21】

前記ナイロンコポリマーが、アルコキシアルキル変性ポリアミドを含む第 2 のナイロン・ポリマーに結合されていることを特徴とする請求項 20 に記載のフィルタエレメント装置。 30

【請求項 22】

前記第 2 のナイロンポリマーがナイロンコポリマーを含むことを特徴とする請求項 20 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 23】

前記ポリマーが、示差走査熱量計によって測定した場合に单相物質であることを示す単一のポリマー組成物を形成するように処理されていることを特徴とする請求項 20 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 24】

前記コポリマー及び第 2 のポリマーが熱処理されていることを特徴とする請求項 23 に記載のフィルタエレメント装置。 40

【請求項 25】

前記コポリマー及び第 2 のポリマーが、これらポリマーの低いほうの融点未満の温度まで熱処理されていることを特徴とする請求項 24 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 26】

前記添加剤が、フェノール化合物を含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 15 に記載のフィルタエレメント装置。

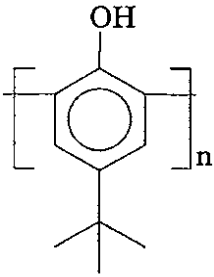
【請求項 27】

前記添加剤が、第 3 級ブチルフェノールを含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 26 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 28】

前記添加剤が、

【化 1】



10

を含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 24 に記載のフィルタエレメント装置。

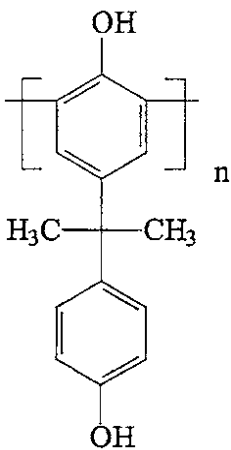
【請求項 29】

前記樹脂が、ビスフェノール A を含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 26 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 30】

前記添加剤が、

【化 2】



20

を含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 29 に記載のフィルタエレメント装置。 30

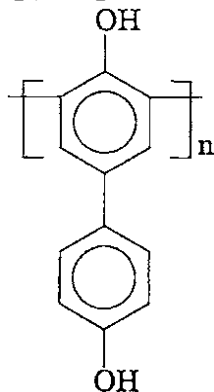
【請求項 31】

前記樹脂が、ジヒドロキシビフェニルを含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 15 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 32】

前記添加剤が、

【化 3】



40

を含むオリゴマーを含むことを特徴とする請求項 31 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 33】

前記添加剤が、樹脂状添加剤とフルオロポリマーのブレンドを含むことを特徴とする請求 50

項 15 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 34】

前記添加剤がフルオロカーボン界面活性剤を含むことを特徴とする請求項 15 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 35】

前記添加剤が非イオン性界面活性剤を含むことを特徴とする請求項 15 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 36】

前記縮合ポリマーがポリウレタンポリマーを含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

10

【請求項 37】

前記縮合ポリマーが、ポリウレタンポリマーとポリアミドポリマーとのブレンドを含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 38】

前記ナイロンが、ナイロンホモポリマー、ナイロンコポリマー、又はこれらの混合物を含むことを特徴とする請求項 13 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 39】

前記縮合ポリマーが芳香族ポリアミドを含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 40】

20

前記縮合ポリマーが、ジアミンモノマーとポリ（*m*-フェニレンイソフタルアミド）との反応生成物を含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 41】

前記ポリアミドが、ジアミンとポリ（*p*-フェニレンテレフタルアミド）との反応生成物を含むことを特徴とする請求項 39 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 42】

前記縮合ポリマーがポリベンズイミダゾールを含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 43】

前記縮合ポリマーがポリアリーレートを含むことを特徴とする請求項 12 に記載のフィルタエレメント装置。

30

【請求項 44】

前記ポリアリーレートポリマーが、ビスフェノール A と混合フタル酸との縮合重合反応生成物を含むことを特徴とする請求項 43 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 45】

(a) フレーム構造及びシール部材を含むシールシステムを更に含み、
 (i) 前記フレーム構造が前記第 1 及び第 2 流動面の一方から軸方向に突出する延長部を含み、
 (A) 前記延長部が外部ラジアル面を有する輪構造を含み、
 (i i) 前記シール部材が前記フレーム構造の前記延長部によって支持され、
 (A) 前記シール部材が成型したままの状態での密度が 1.4 ~ 2.2 ポンド／フィート³ であるポリウレタン・フォームを含み、
 (B) 前記シール部材が少なくとも前記外部ラジアル面に対してその位置が定められていることを特徴とする請求項 1 に記載のフィルタエレメント装置。

40

【請求項 46】

(a) 前記媒体パック及び前記フレーム構造が円形断面を有することを特徴とする請求項 45 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 47】

(a) 前記媒体パック及び前記フレーム構造が競技用トラック形の断面を有し、
 (b) 前記フレーム構造が半径方向に支持する十字形ブレースを含むことを特徴とする請

50

求項 4 5 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 4 8】

(a) 前記媒体パックが内部に取り付けられているパネル構造を更に含むことを特徴とする請求項 4 5 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 4 9】

(a) 前記媒体パックの第 1 の面から突出するハンドルであって、人の手に収まるよう寸法決めされたハンドルを更に含むことを特徴とする請求項 4 5 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 5 0】

(a) 前記媒体パックに固定され、かつ外接するスリーブ部材であって、(i) 前記媒体パックに対し、前記媒体パックの前記軸方向の長さの少なくとも 3 0 % 延びるように向きが定められたスリーブ部材と、

(b) 前記媒体パックに少なくとも部分的に外接するシール部材圧力フランジであって、(i) 前記スリーブ部材から半径方向に延び、かつ前記スリーブ部材に完全に外接するシール部材圧力フランジとを更に含むことを特徴とする請求項 4 5 に記載のフィルタエレメント装置。

【請求項 5 1】

(a) 5 ~ 1 0 , 0 0 0 c f m の速度で媒体パックに空気を通すステップを含み、空気をフィルタするための方法であって、前記媒体パックが第 1 及び第 2 の対向する流動面を有する基体を含み、該基体が複数の溝を含み、

前記媒体パックでは、

(i) 前記複数の溝が、前記第 1 流動面に隣接する第 1 端部と前記第 2 流動面に隣接する第 2 端部とを有し、

(i i) 前記複数の溝の中で選択された溝が前記第 1 端部で開口し前記第 2 端部で閉口し、前記複数の溝の中で選択された溝が前記第 1 端部で閉口し前記第 2 端部で開口しており、

(i i i) 前記媒体の複合体が、相対湿度 1 0 0 % で 1 4 0 ° F の空気という試験条件に 1 6 時間にわたって露出するという条件下で試験された場合に、ファイバの 3 0 % を越える量に変化せずにフィルタの目的を果たすように、直径約 0 . 0 1 ~ 0 . 5 ミクロンのファイバを含むファインファイバの層によって少なくとも部分的に覆われている基体を含むことを特徴とする方法。

【請求項 5 2】

前記パック内に収集された微粒子を除去するために空気のパルス媒体パックに向けるステップを含むことを特徴とする請求項 5 1 に記載の方法。

【請求項 5 3】

正常動作中の空気の流動方向とは反対の方向に前記パルスに向けることを特徴とする請求項 5 2 に記載の方法。

【請求項 5 4】

前記パルスによって、パック内の微粒子の 5 0 % を越える量が除去されることを特徴とする請求項 5 3 に記載の方法。

【請求項 5 5】

(a) 前記媒体パックに空気を通すステップが、定格エンジン吸入空気流量が約 5 0 ~ 5 0 0 c f m であるエンジンの吸気コンジット内に空気に向けるステップを含むことを特徴とする請求項 4 5 に記載の方法。

【請求項 5 6】

(a) 前記媒体パックに空気を通すステップが、前記媒体パックとシールシステムとを含んだフィルタエレメントに空気を通すステップを含み、該シールシステムがフレーム構造とシール部材とを含むものであり、

(i) 前記フレーム構造が、前記第 1 及び第 2 流動面の一方から軸方向に突出する延長部

を含み、

(i i) 前記シール部材が、前記フレーム構造の延長部によって支持され、

(i i i) 前記シール部材が、前記延長部とエンジン吸気口のダクトとの間でそれらに接するようにラジアルシールを形成することを特徴とする請求項 49 に記載の方法。

【請求項 57】

(a) 前記媒体パックに空気を通すステップが、ガスタービン・システムの吸気コジット内に空気を向けるステップを含むことを特徴とする請求項 45 に記載の方法。

【請求項 58】

(a) 前記ガスタービン・システムの吸気コジット内に空気を向けるステップが、

(i) 少なくとも単一のスルーホールを有するチューブシートと、

(i i) 該スルーホールを通して取外し可能に、かつ交換可能に取り付けられるスリーブ部材であって、それによって媒体パックが保持されるスリーブ部材と、

(i i i) 該スリーブ部材に少なくとも部分的に外接するフランジと、

(i v) 該フランジと前記チューブシートの間でそれらに押し付けられて、それらの間にシールを形成するシール部材とを含むガスタービン・システムの吸気コジット内に空気を向けるステップを含むことを特徴とする請求項 53 に記載の方法。

【請求項 59】

(a) 前記媒体パックに空気を通すステップが、フィルタアセンブリと下流の燃料電池とを含んだ燃料電池システムの吸気口内に空気を向けるステップを含むことを特徴とする請求項 51 に記載の方法。

【請求項 60】

(a) 前記媒体パックに空気を通すステップが、前記燃料電池の上流に前記フィルタアセンブリを含んだ前記燃料電池システムの吸気口内に空気を向けるステップを含み、前記フィルタアセンブリが、

(i) 入口及び出口を有するハウジングであって、入口がフィルタアセンブリへの汚れた大気を受け、出口がフィルタアセンブリからの清浄な空気を受けるハウジングと、

(A) 前記媒体パックが該ハウジング内に動作可能に設置されており、

(i i) 該ハウジング内の騒音抑制エレメントであって、少なくとも 6 d B に減衰されるよう構成され配置された騒音抑制エレメントとを含み、

前記燃料電池が吸気ポートを有し、

前記フィルタアセンブリが、前記フィルタアセンブリの出口から前記燃料電池の吸気ポートに清浄な空気を供給するよう構成され配置されることを特徴とする請求項 59 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本願は、米国内の企業であり米国に居所を有する Donaldson Company, Inc. の名義で、米国を除く全ての国を指定国として 2001 年 8 月 10 日に PCT 国際特許出願として出願されたものであり、かつ 2000 年 9 月 5 日出願の米国出願第 60/230,138 号及び 2001 年 5 月 31 日出願の米国出願第 09/871,590 号に基づく優先権を主張するものである。

【0002】

(発明の分野)

本発明は、フィルタ構造及びフィルタ方法に関する。より具体的には、本発明は、気体流の流れ、例えば空気の流れから粒子状物質を取り除く（濾過する）ための装置に関する。また本発明は、そのような気体流の流れからの粒子状物質の望ましい除去を実現するための方法に関する。

【0003】

本発明は、本発明の譲受人であるミネソタ州ミネアポリスの Donaldson Company Inc. が現在開発中のものである。この開示は、一部が米国特許：B2 4,720,292；意匠第 416,308 号；第 5,613,992 号；第 4,020,

10

20

30

40

50

783号；及び第5, 112, 372号に特徴付けられている主題に係る継続中の技術開発に関する。前文で特定された特許のそれぞれも、ミネソタ州ミネアポリスのDonaldson, Inc. 所有のものであり、それぞれの完全な開示を参照により本明細書に組み込むものである。

【0004】

本発明は、更に、熱、湿度、反応性物質、及び機械的応力に対する環境安定性を高めた状態で製造することができるポリマー材料でできたファインファイバ層を有する基板を備えるフィルタにも関する。そのような材料は、安定性及び強度が高められたマイクロファイバやナノファイバ材料などのファインファイバを形成する際に使用することができる。ファイバのサイズが小さくなるにつれ、材料の残存性が徐々に大きい問題になりつつある。そのようなファインファイバは様々な適用例で有用である。ある適用例では、このファインファイバ技術を使用してフィルタ構造を作製することができる。本発明は、ポリマー、ポリマー組成物、ファイバ、フィルタ、フィルタ構造、及びフィルタ方法に関する。本発明の適用例は、特に、流体の流れ、例えば空気の流れや液体（例えば非水性又は水性）の流れから粒子を取り除く（濾過する）ことに関する。記述される技法は、フィルタ媒体（メディア：media/medium）中に1つ又は複数のファインファイバ層を有する構造に関する。組成物及びファイバのサイズは、性質及び残存性の組合せに対応して選択される。

10

【0005】

（発明の背景）

20

気体の流れは、しばしばその内部に粒子状物質を含む。多くの場合、気体流の流れから粒子状物質の一部又は全てを除去することが望ましい。例えば、エンジン作動式車両又は発電機器用エンジンへの吸気流や、ガスタービンに向けられた気体の流れ、様々な燃焼炉への空気の流れは、しばしばその内部に粒子状物質を含む。粒子状物質は、関係する様々な機構の内部の機構に到達すると、その機構に相当なダメージを与える可能性がある。粒子状物質を、関係するエンジン、タービン、炉、又はその他の機器の上流で気体流から除去することが、しばしば必要である。

【0006】

本発明は、ファイバ、マイクロファイバ、ナノファイバ、ファイバウェブ、ファイバマット、膜などの透過性構造、被膜、フィルムの形成を含む様々な適用例で使用する事が可能な、性質が改善されたポリマー組成物に関する。本発明のポリマー材料は、様々な物理的形状又は形態をとるポリマー材料に対して、湿度、熱、空気流、化学物質、及び機械的な応力又は衝撃による劣化の影響に耐える力を与えることが可能な、物理的性質を有する組成物である。

30

【0007】

ファインファイバのフィルタ媒体の形成には、ガラス繊維、金属、セラミックス、及びポリマー組成物を含む様々な材料が使用されている。直径が小さいマイクロファイバ及びナノファイバの製造には、様々なファイバ形成方法又は技法が使用されている。ある方法は、材料を溶融材料として、又は後で蒸発させる溶液中に溶かした状態で、微細なキャピラリー又は開口に通す工程を含む。ファイバは、ナイロンなど合成繊維の製造に一般的な「紡糸口金（spinnerets）」を使用することによって形成することもできる。静電紡糸も知られている。そのような技法は、皮下注射針、ノズル、キャピラリー、又は可動エミッタの使用を含む。これらの構造によれば、後で高電圧静電場によって収集ゾーンに引き付けられるポリマー溶液が得られる。材料がエミッタから引き離されて静電ゾーン内で加速するにつれ、ファイバは非常に細くなり溶媒蒸発によってファイバ構造を形成することができる。

40

【0008】

フィルタ媒体により厳しい用途が考えられるにつれ、100°Fから250°F、しばしば140°Fから240°F、最高300°Fまでの高温で、10%から90%、最高100%RHまでの高湿度で、気体と液体との両方の高流量で、（約0.01ミクロンから

50

10 ミクロンを超える範囲の) ミクロン及びサブミクロンの微粒子をフィルタし、研磨性及び非研磨性であり反応性及び非反応性である微粒子を流体の流れから除去するという過酷な条件に耐えられるには、著しく改善された材料が必要である。

【0009】

したがって、高温、高湿度で、流量が大きく、前記ミクロン及びサブミクロンの粒状物質を含む流れをフィルタするために、改善された性質をもたらすポリマー材料、マイクロファイバ及びナノファイバ材料、及びフィルタ構造が求められている。

【0010】

微粒子の除去のため、様々なエアフィルタ又はガスフィルタ装置が開発されている。しかし、一般に、引き続き改良が求められている。

10

【0011】

(発明の概要)

本明細書では、エアクリーナ装置の設計及び適用に関する一般的な技法を提供する。この技法には、好ましいフィルタエレメント設計、ならびに適用及びフィルタする好ましい方法が含まれる。

【0012】

一般に、好ましい適用例は、基体とファインファイバの複合体を含むZ形状媒体をエアフィルタ内で利用することに関する。

【0013】

フィルタ媒体は、機械的に安定なフィルタ構造内の基体材料と組み合わされる、少なくともマイクロファイバ・ウェブ層又はナノファイバ・ウェブ層を含んでいる。これらの層は一体となって、気体や液体などの流体がフィルタ媒体を通過するときに、最小限の流量制限で非常に多くの粒子を捕捉する優れたフィルタ効率をもたらす。基体は、流体の流れの上流、下流、又は内層に位置決めすることができる。ファイバは、フィルタの幾何形状とは無関係に、フィルタ基体の上流、下流、又は両側に位置決めすることができる。ファイバは、一般に上流側に配置される。しかし、ある特定の適用例では、下流に配置することが有用と考えられる。ある特定の適用例では両面構造が有用である。様々な産業において、近年の多大な関心は、フィルタ、すなわち気体や液体などの流体からの望ましくない粒子の除去用のフィルタ媒体を使用することに向けられている。一般的なフィルタプロセスでは、空気の流れやその他の気状の流れを含む流体から、又は作動液や潤滑油、燃料、水流、又はその他の流体などの液体の流れから、微粒子を除去する。そのようなフィルタプロセスは、マイクロファイバ及び基体材料が機械的強度、化学的物理的安定性を有することを必要とする。フィルタ媒体は、広範囲に及ぶ温度条件、湿度、機械的振動及び衝撃、流体の流れの中に混入した反応性及び非反応性の研磨性又は非研磨性の微粒子に曝される可能性がある。正常動作中、フィルタは一般に、周囲条件又は周囲条件近く、又はわずかに高い温度の空気に曝される。フィルタは、エンジンが異常動作したとき、又は長期間使用した後にエンジンが停止したときに、より高い温度に曝される可能性がある。エンジンが動作していない場合、空気はフィルタを通過しない。フィルタは急速に、フード温度よりも低い温度になる。更に、フィルタ媒体は、フィルタ媒体を逆圧パルス（微粒子の表面被覆を除去するために、流体の流れを単時間逆転させる）に曝す自浄能力、又は混入した微粒子をフィルタ媒体の表面から除去することができるその他のクリーニング機構をしばしば必要とする。そのような逆方向クリーニングによって、パルスクリーニング後の圧力低下を大幅に改善し、（すなわち）小さくすることができる。粒子捕捉効率は、一般にパルスクリーニング後には改善されないが、パルスクリーニングは圧力低下を小さくして、フィルタ動作のエネルギーが節約される。そのようなフィルタを使用中に取り外し、水性又は非水性クリーニング組成物中でクリーニングすることができる。そのような媒体はしばしば、ファインファイバを紡糸し、次いでマイクロファイバが絡み合ったウェブを多孔質基体上に形成することによって製造される。紡糸プロセスでは、ファイバが、そのファイバ間に物理結合を形成することができ、それによって、ファイバマットを一体化層に絡み合わせることができる。次いで、そのような材料を、カートリッジや平らなディスク

20

30

40

50

、キャニスタ、パネル、バッグ、ポーチなどの所望のフィルタ形態に作製することができる。そのような構造内では、媒体に十分にプリーツを付け、ロール状にし、又は他の方法で基体構造上に位置決めすることができる。

【0014】

本明細書で述べるフィルタ構造は、例えば集塵や空気圧縮機、オンロード及びオフロード用エンジン、ガスタービン・システム、燃料電池などの発電機などを含めた広く様々な適用例で利用することができる。

【0015】

(発明の詳細な説明)

A. マイクロファイバ又はファインファイバのポリマー材料

本発明は、改善されたポリマー材料を提供する。このポリマーの物理的及び化学的安定性は、改善されたものである。ポリマー・ファインファイバ（マイクロファイバ及びナノファイバ）は、有用な製品形態に作り上げることができる。ファイバの直径は約0.001～10ミクロン、約0.005～5ミクロン、約0.01～0.5ミクロンにすることができる。ナノファイバは、直径が200ナノメートル未満、すなわち0.2ミクロン未満のファイバである。マイクロファイバは、直径が0.2ミクロンより大きいが10ミクロン以下のファイバである。

【0016】

このファインファイバは、改善された多層精密フィルタ媒体（メディア：media/media medium）構造の形に作製することができる。本発明のファインファイバ層は、結合して絡み合った状態のネットを形成することができるファインファイバのランダム分布を含む。微粒子の通過をファインファイバが阻む結果、高いフィルタ性能が得られる。剛性、強度、透過性といった構造上の性質は、ファインファイバが接着される基体によって得られる。ファインファイバが絡み合った網状組織は、重要な特徴として、マイクロファイバ又はナノファイバの形をとるファインファイバと、そのファイバ間にある比較的小さいスペースを有する。層中のそのようなファイバ間スペースは一般に、ファイバ間において、約0.01ミクロンから約25ミクロンに及び、又はしばしば約0.1ミクロンから約10ミクロンに及ぶ。フィルタ製品は、合成層、天然層、又は混合型天然／合成基体などの適切に選択された基体上に、ファインファイバ層を含む。ファインファイバによって、厚さが5ミクロン未満、しばしば3ミクロン未満だけ増加する。ある特定の適用例におけるファインファイバによれば、ファインファイバに基体を加えたフィルタ媒体全体の厚さを、ファインファイバ約1～10本又は1～5本分の直径だけ増大させる。使用中、フィルタは、流入する微粒子が基体まで移動し又はファインファイバ層を通過するのを止めることができ、捕捉された粒子の十分な表面負荷を得ることができる。ダスト又はその他の流入微粒子を含む粒子は、ファインファイバの表面にダストケーキ（dust cake）を素早く形成し、微粒子を除去するための初期効率及び全体効率が高く維持される。粒径が約0.01～約1ミクロンの比較的微細な汚染物質であっても、ファインファイバを含むフィルタ媒体は、非常に高いダスト容量を有する。

【0017】

本明細書に開示されるポリマー材料は、熱、湿度、高流量、逆パルス・クリーニング、動作上の摩耗、サブミクロン粒子、使用中のフィルタのクリーニング、及びその他の厳しい条件による望ましくない影響に対する抵抗性が、大幅に改善された。改善されたマイクロファイバ及びナノファイバの性能は、このマイクロファイバ又はナノファイバを形成するポリマー材料の特性を改善することによって得られる。更に、本発明の改善されたポリマー材料を使用した本発明のフィルタ媒体は、研磨性微粒子と、ばらばらのファイバ又はフィブリルを含まない滑らかな外面の存在下、高効率、低い流量制限、高い耐久性（応力に関係する、又は環境に関係する）を含めた、いくつかの有利な特徴をもたらす。フィルタ材料の構造全体は、全体的により薄い媒体を提供し、単位体積当たりの媒体面積が広くなり、媒体を通る速度が遅くなり、媒体効率が高くなり、かつ流量制限が低くなる。

【0018】

ポリマーは、付加ポリマー、縮合ポリマー、又はその混合物やブレンドとすることができ、本発明の好ましい形態は、第1のポリマーと、これとは異なる第2のポリマー（ポリマーのタイプ、分子量、又は物理的性質が異なる）であって、高温で調製され又は処理されたものを含むポリマーブレンドである。ポリマーブレンドは、反応させて単一の化学種を形成することができ、又はアニールプロセスによって物理的に結合させ、それによってブレンド済みの組成物にすることができる。アニールとは、結晶化度や応力緩和、配向などの、物理的変化を意味する。示差走査熱量計分析によって単一のポリマー材料であることが明らかにされるように、好ましい材料を化学的に反応させて単一のポリマー種にする。そのような材料は、好ましい添加剤材料と合わせた場合に、疎油性、疎水性、又は高温多湿の厳しい動作条件に接触させたときにその他の関連する改善された安定性をもたらす添加剤の表面被覆を、マイクロファイバの表面に形成することができる。このクラスの材料のファイバの直径は、0.001ミクロン～10ミクロンにすることができる。有用なサイズには、結合、基体、及び適用に応じて、0.001～2ミクロン、0.005～5ミクロン、0.01～5ミクロンが含まれる。そのようなマイクロファイバは、部分的にポリマー表面に溶解し又はポリマー表面とアロイ状態になり、あるいはその両方の状態になる、添加剤材料の別個の層又は添加剤材料の外部被覆を含んだ滑らかな表面を有することができる。ブレンドポリマー系で使用される好ましい材料には、ナイロン6、ナイロン66、ナイロン6-10、ナイロン（6-66-610）コポリマー、及びその他の線状の、一般に脂肪族のナイロン組成物が含まれる。好ましいナイロンコポリマー樹脂（SVP-651）の分子量を、末端基滴定により分析した（J. E. Walz 及び G. B. Taylor, determination of the molecular weight of nylon, Anal. Chem. Vol. 19, Number 7, 第448～450ページ（1947））。数平均分子量（Mn）は、21,500から24,800の間であった。組成物を、3成分ナイロン、すなわちナイロン6が約45%、ナイロン66が約20%、ナイロン610が約25%の熔融温度の状態図によって評価した（第286ページ、Nylon Plastics Handbook, Melvin Kohan編、Hanser Publisher, New York（1995））。

【0019】

報告されたSVP651樹脂の物理的性質は、以下の通りである。

【0020】

【表1】

性質	ASTM法	単位	典型的な値
比重	D-792	--	1.08
吸水量 (24時間浸漬)	D-570	%	2.5
硬さ	D-240	Shore D	65
融点	DSC	°C (°F)	154 (309)
降伏点引張強さ	D-638	MPa (kpsi)	50 (7.3)
破断点伸び	D-638	%	350
曲げ弾性率	D-790	MPa (kpsi)	180 (26)
体積抵抗率	D-257	ohm-cm	10 ¹²

【0021】

そのようなポリマー系には、加水分解の程度が87～99.9+%のポリビニルアルコールを使用することができる。これらは架橋していることが好ましい。またこれらは、相当量の疎油性及び疎水性の添加材料と架橋して結合していることが最も好ましい。

【0022】

本発明の別の好ましい形態は、ファイバの寿命又は動作上の性質が改善されるよう、添加剤組成物に結合した単一のポリマー材料を含む。本発明のこの態様に有用な好ましいポリ

マーには、ナイロンポリマー、ポリ塩化ビニリデンポリマー、ポリフッ化ビニリデンポリマー、ポリビニルアルコールポリマーが含まれ、特に、疎油性及び疎水性が高い添加剤と合わせた場合にはこれら列挙された材料が含まれ、添加剤材料がファインファイバの表面の被覆として形成されているマイクロファイバ又はナノファイバを得ることができる。この場合も、同様のナイロン、同様のポリ塩化ビニルポリマーのブレンド、ポリ塩化ビニリデンポリマーのブレンドが、本発明では有用である。更に、異なるポリマーのポリマーブレンド又はアロイも本発明により企図されている。この点に関しては、相溶性あるポリマーの混合物が、本発明のマイクロファイバ材料を形成する際に有用である。フッ素系界面活性剤、非イオン性界面活性剤、低分子量樹脂（例えば）分子量が約3000未満の第3級ブチルフェノール樹脂などの添加剤組成物を使用することができる。この樹脂は、メチレン架橋基が存在しない状態でフェノール核同士がオリゴマー結合していることを特徴とする。ヒドロキシル基及び第3ブチル基の位置は、環の周りにランダムに位置決めすることができる。フェノール核同士の結合は常にヒドロキシル基の隣で生じ、ランダムではない。同様に、ポリマー材料は、ビスフェノールAから形成されたアルコール可溶性の非線状ポリマー樹脂と組み合わせることができる。そのような材料は、アルキレン基やメチレン基などのいかなる架橋基も存在しない状態で芳香環と芳香環を直接結び付けるオリゴマー結合を使用して形成される点が、上述の第3級ブチルフェノール樹脂と同様である。

10

【0023】

本発明の非常に好ましいポリマー系は、セルロース系基体に接触したときに、その基体にしっかりと結合して逆パルス・クリーニング及びその他の機械的応力による層剥離に耐えることができ、基体に十分な強度で接着するような接着特性を有する。そのような形態では、ポリマー材料は、フィルタ構造上で逆方向であること以外は典型的なフィルタ条件に実質上等しいパルス・クリーン入力を受けながら、基体に接着されたままでなければならない。そのような接着は、ファイバが基体に接触するときのファイバ形成時の溶媒効果により、又は基体上のファイバを熱又は圧力で後処理することにより、行うことができる。しかし、ポリマー特性は、水素結合のような特定の化学的相互作用、 T_g よりも高く又は低い温度で生じるポリマーと基体との接触、添加剤を含むポリマー形成などの接着性を決定する際に、重要な役割を果たすと考えられる。接着時に溶媒又は水蒸気で可塑化したポリマーは、接着性を増大させることができる。

20

【0024】

本発明の重要な態様は、フィルタ構造に形成されたそのようなマイクロファイバ又はナノファイバ材料を有効利用できることである。そのような構造では、本発明のファインファイバ材料をフィルタ基体上に形成して接着させる。スパン・ボンデッド・ファブリック、合成繊維の不織布、セルロース系、合成、及びガラス繊維のブレンドから作製された不織布、ガラス不織及び織布、押し出されかつ穴があけられた材料のようなプラスチック・スクリーン、有機ポリマーのUF及びMF膜など、天然繊維及び合成繊維の基体を使用することができる。流れの中に懸濁し又は混入した微粒子をその流れから除去するため、シート状基体又はセルロース系不織ウェブを、空気の流れ又は液体の流れを含めた流体の流れの中に配置されるフィルタ構造に形成することができる。フィルタ材料の形状及び構造は、設計技術者いかにによる。形成後のフィルタエレメントの1つの重要なパラメータは、熱、湿度、又はその両方の影響に対する抵抗性である。本発明のフィルタ媒体の一態様は、長時間にわたる温水への浸漬に耐えられるかどうか、試験をすることである。浸漬試験は、ファインファイバが高温多湿の条件に耐えられるかどうか、また、強力なクリーニング用界面活性剤及び強アルカリ性材料をかなりの割合で含有する可能性のある水溶液中でのフィルタエレメントのクリーニングに耐えられるかどうかに関し、価値ある情報を提供することができる。本発明のファインファイバ材料は、基体の表面に形成されたファインファイバを少なくとも30%、好ましくは50%保ちながら、温水への浸漬に耐えられることが好ましい。少なくとも30%、好ましくは50%のファインファイバが保たれることによって、フィルタ能力を失うことなく、又は背圧を増大させることなく、十分なファイバ効率を維持することができる。少なくとも75%保たれることが、最も好ましい。典

30

40

50

型的なファインファイバフィルタ層の厚さはファイバ直径の約1～100倍に及び、その坪量は約0.01～240 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ に及ぶ。

【0025】

空気や気体の流れなどの流体の流れは、その内部にしばしば粒子状物質を含有する。粒子状物質の一部又は全ては、流体の流れから除去する必要がある。例えば、モータ作動式車両のキャビンへの吸気流、コンピュータ・ディスクドライブ内の空気、HVACの空気、航空機キャビンの換気、フィルタバッグ、バリア用布地、織布を使用したクリーンルームの換気及び施工、モータ作動式車両用エンジン又は発電装置への空気、ガスタービンに向けられた気体の流れ、様々な燃焼炉への空気の流れは、その内部にしばしば粒子状物質を含んでいる。キャビンのエアフィルタの場合、乗客が快適であるようにかつ／又は美的な観点から、粒子状物質を除去することが望ましい。エンジン、ガスタービン、及び燃焼炉への空気及び気体の吸入流に関しては、微粒子によって関係する様々な機構の内部の仕組みにかなりの損傷が生じる可能性があるので、粒子状物質を除去することが望ましい。その他の場合、工業プロセス又はエンジンからの生成ガス又は排ガスは、その内部に粒子状物質を含有する可能性がある。そのようなガスは、様々な下流装置を通して大気中に排出することができ又は排出すべきであるが、その前に、これらの流れから粒子状物質を実質上除去することが望ましいと考えられる。

10

【0026】

エアフィルタ設計の基本原則及び問題のいくつかの一般的な理解は、以下のタイプのフィルタ媒体、すなわち表面負荷媒体と深さ媒体とを考えることによって、理解することができる。これらのタイプの媒体のそれぞれは十分に研究されており、それぞれ広く利用されている。これらに関するある特定の原理が、例えば米国特許第5,082,476号、第5,238,474号、及び第5,364,456号に記載されている。これら3つの特許の完全な開示を参照により本明細書に組み込む。

20

【0027】

フィルタの「寿命」は、一般に、フィルタを横切る選択限界圧力低下によって定められる。フィルタを横切る圧力増大は、その適用例又はデザインに応じて定められたレベルでの寿命を規定する。この圧力増大は負荷がかかることによって生じるので、等しい効率のシステムの場合、より長い寿命は一般により高い容量に直接関連する。効率とは、媒体が微粒子を通過させるのではなくて捕捉する傾向をいう。一般に、気体流の流れから微粒子を除去する際のフィルタ媒体の効率が高いほど、概してフィルタ媒体はより素早く「寿命」圧力差に近付くことになる（他の変数は一定に保たれると仮定する）ことは明らかであろう。

30

【0028】

（図面の詳細な説明）

本ユニットのマイクロファイバ又はナノファイバは、静電紡糸プロセスによって形成することができる。ファイバの形成に適切な装置を図1に示す。この装置は、ファインファイバ形成ポリマー溶液が入っているリザーバ80と、ポンプ81と、ポリマー溶液が送出される回転式放出装置又はエミッタ40とを含む。エミッタ40は、一般に、回転ユニオン41と、複数のオフセットホール44を含む回転部分42と、前面部分と回転ユニオンとを接続するシャフト43とからなる。回転ユニオン41によって、ポリマー溶液は、中空シャフト43を通して前面部分42に導入される。ホール44は、前面部分42の周辺の周りに間隔を空けて配置されている。あるいは、回転部分42を、リザーバ80及びポンプ81によって供給されたポリマーのリザーバに浸漬することができる。次いで、回転部分42はリザーバからポリマー溶液を得、その部分が電場内で回転するにつれ、溶液の水滴が静電場によって、以下に論じる収集媒体70に向けて加速される。

40

【0029】

エミッタ40に面するように、しかしそこから間隔を空けて、略平面グリッド60が配置されており、その表面には収集媒体70（すなわち基体又は結合基体）が位置決めされている。空気を、このグリッドを通して引き込むことができる。収集媒体70は、グリッド

50

60の両端に隣接して位置決めされたローラ71及び72の周りを通過する。エミッタ40とグリッド60との間では、適切な静電圧電源61と、それぞれがグリッド60及びエミッタ40に接続される接続62及び63とによって、高圧静電電位が維持される。

【0030】

使用中、ポリマー溶液は、リザーバ80から回転ユニオン41又はリザーバに送出される。前面部分42は回転するが、このとき液体はホール44から出ていき、又はリザーバから引き上げられ、エミッタの外縁からグリッド60上に位置決めされている収集媒体70に向かって移動する。具体的には、グリッド60とエミッタ40との間の静電電位によって材料に電荷が与えられ、そこから液体が細いファイバとして放出されてグリッド60に向かって引き出され、そこに到達すると基体12又は有効層14上に収集される。溶融状態のポリマーの場合、溶媒は、ファイバがグリッド60に飛ばされる間にファイバから蒸発し、したがってファイバは、基体12又は有効層14に到達する。ファインファイバは、グリッド60で最初に出会った基体ファイバに結合する。静電場の強度は、エミッタから収集気体70へと加速されるにつれて、ポリマー材料が確実に得られるように選択されるが、この加速は、材料を非常に細いマイクロファイバ又はナノファイバ構造にするのに十分なものである。収集媒体の前進速度を速め又は遅くすることによって、放出されたファイバを形成媒体上に少なく又は多く堆積させることができ、それによって、その媒体上に堆積した各層の厚さを制御することが可能になる。回転部分42は、様々な有益な位置を取ることができる。回転部分42は、その平面が収集媒体70の表面に垂直になるように、又は任意のどのような角度でも位置決めされるように、回転平面内に配置することができる。回転媒体は、平行な向きに、又は平行な向きからわずかにずれた状態で、位置決めすることができる。

【0031】

図2は、シート状基体又は媒体上にファインファイバ層を形成するためのプロセス及び装置の概略図である。図2で、シート状基体は、ステーション20で巻き解かれる。次いで、シート状基体20aをスプライシング・ステーション21に向け、そこで複数の長さの基体を、連続動作のためにスプライスすることができる。連続した長さのシート状基体を、図1の紡糸技術を含むファインファイバ技術ステーション22に向け、そこで紡糸装置によりファインファイバを形成し、そのファインファイバを、シート状基体上のフィルタ層に重ねる。形成ゾーン22内でファインファイバ層をシート状基体上に形成した後、ファインファイバ層及び基体を、熱処理ステーション23に向け、適切な処理を行う。次いで、シート状基体及びファインファイバ層を、効率モニタ24で試験し、必要な場合はニップ・ステーション25でニップ処理する。次いで、シート状基体及びファインファイバ層を適切な巻きステーションに送り、そこで適切なスピンドルに巻き付けて、更に処理26及び27を行う。

【0032】

図3は、典型的なセルロース媒体及び典型的なファインファイバ構造での細孔径に対する、直径が約2ミクロンと約5ミクロンの典型的なダスト粒子の関係を示す、走査電子顕微鏡写真である。図3Aでは、典型的な粒子径よりもかなり大きく示されている細孔径を有するセルロース媒体33中に、2ミクロン粒子31及び5ミクロン粒子32があることを示している。これとは全く対照的に、図3Bでは、2ミクロン粒子31はファイバ・ウェブ35のファイバ間の典型的な開口にほぼ等しいかそれよりも大きく見えるが、5ミクロン粒子32は、ファインファイバ・ウェブ35の開口のいずれよりも大きく見える。

【0033】

本発明のポリマー材料の様々な態様、マイクロファイバとナノファイバの両方を含む本発明のファインファイバ材料、及び本発明のファインファイバ材料から得られる有用なフィルタ構造の構成に関する上記概略的な記述は、本発明の作用の一般的技術原理の理解をもたらすものである。以下の特定の例示的な材料は、本発明のファインファイバ材料の形成に使用することができる材料の例であり、以下の材料は、最良の形態を開示する。以下の例示的な材料は、以下の特徴及びプロセス条件を念頭において製造した。電界紡糸による

直径が10ミクロン未満の小さいファイバは、ポリマー射出を非常に微細なフィラメントに延伸するための引張り力として働く強電場からの静電力を使用して得られる。この電界紡糸ではポリマー溶融物を使用することができるが、1ミクロンよりも小さいファイバが、ポリマー溶液から最良の状態で形成される。ポリマーの塊が引き出されてより小さい直径になるにつれ、溶媒が蒸発してファイバサイズの縮小に寄与する。溶媒の選択はいくつかの理由で極めて重要である。溶媒の乾燥が速すぎると、ファイバは平らになり直径が大きくなりがちである。溶媒の乾燥が遅すぎると、形成されたファイバが再び溶媒に溶解することになる。したがって、乾燥速度とファイバ形成との釣合いをとることが極めて重要である。生成速度が速いと、大量の排気流が、引火性雰囲気防止及び火災のリスク低下を助ける働きをする。可燃性ではない溶媒が有用である。生成環境では、処理装置をときどきクリーニングする必要がある。毒性の低い安全な溶媒によって、有害な化学物質へ作業者を曝すのを最小限に抑えられる。静電防止は、エミッタ当たり1.5ml/分の流量、目標距離8インチ、エミッタ電圧88kV、エミッタrpmが200、及び相対湿度45%で行うことができる。

10

【0034】

ポリマー系の選択は、所与の適用例では重要である。パルス・クリーニングの適用例の場合、極めて薄いマイクロファイバ層によって圧力損失を最小限に抑えるのを助けることができ、粒子の捕捉及び解放を行う外面を提供することができる。直径が2ミクロン未満、好ましくは直径が0.3ミクロン未満の薄いファイバ層が好ましい。マイクロファイバ又はナノファイバと、このマイクロファイバ又はナノファイバが堆積される基体とが良好に接着することが重要である。フィルタが、基体とマイクロファイバ及びナノファイバの薄層との複合体で作製される場合、そのような複合体は、自己清浄の適用のための優れたフィルタ媒体を形成する。逆パルスによる表面のクリーニングは、フィルタ媒体を繰り返し新品同様にする。その表面に大きい力がかかると、基体への接着性に乏しいファインファイバは、フィルタ内部から基体を経てマイクロファイバに至る逆パルスによって層剥離する可能性がある。したがって、良好なマイクロファイバ間の凝集と、基体ファイバと電界紡糸ファイバとの接着性とが、首尾良く使用するために極めて重要である。

20

【0035】

上記要件に適合する製品は、異なるポリマー材料から作製されたファイバを使用して得ることができる。接着性が良好な小さいファイバは、ポリ塩化ビニリデン、ポリビニルアルコールなどのポリマーと、ナイロン6、ナイロン4,6、ナイロン6,6、ナイロン6,10、及びこれらのコポリマーなどの様々なナイロンを含むポリマー及びコポリマーとから作製することができる。優れたファイバは、PVDFから作製することができるが、ファイバ直径を十分に小さくするには、塩素化溶媒が必要である。ナイロン6、ナイロン6,6、及びナイロン6,10は、電界紡糸することができる。しかし、ギ酸、m-クレゾール、トリフルオロエタノール、ヘキサフルオロイソプロパノールなどの溶媒は、その取扱いが難しく、又は非常に高価である。好ましい溶媒には、その毒性が低いことから、水、エタノール、イソプロパノール、アセトン、及びN-メチルピロリドンが含まれる。そのような溶媒系に対して相溶性を有するポリマーを、広範囲にわたって評価した。本発明者等は、PVC、PVDC、ポリスチレン、ポリアクリロニトリル、PMMA、PVDFから作製されたファイバが、構造上の性質を得るために追加の接着手段を必要とすることを見出した。又、本発明者等は、ポリマーを水、エタノール、イソプロパノール、アセトン、メタノール、及びこれらの混合物に溶かして首尾良くファイバを作製したときに、そのファイバが基体に対して優れた接着性を有し、それによって自己清浄への適用のための優れたフィルタ媒体が作製されることを見出した。逆空気パルス又はツイストを介した自己清浄は、フィルタ媒体を非常に高いダスト濃度で使用する場合に有用である。そのような適用例では、アルコール可溶性ポリアミド及びポリ(ビニルアルコール)から得られたファイバが首尾良く使用された。アルコール可溶性ポリアミドの例には、HenkelのMacromelt 6238、6239、及び6900、duPontのElvamide 8061及び8063、Shakespeare Monofilament Co

30

40

50

mp anyのSVP 637及び651が含まれる。別の群のアルコール可溶性ポリアミドは、タイプ8ナイロン、アルコシアルキル変性ナイロン66である（参考文献、第447ページ、Nylon Plastics handbook、Melvin Kohan編、Hanser Publisher、New York、1995）。ポリ（ビニルアルコール）の例には、日本の（株）クラレからのPV-217、224と、Products and Chemical CompanyのVinol 540が含まれる。

【0036】

本発明者等は、フィルタが極端な環境条件に曝される可能性があることを見出した。サウジアラビアの砂漠でのフィルタは、150°F以上ほどに高い温度に曝さらされる可能性がある。インドネシア又は米国の湾岸に設置されたフィルタは、90%RHを超える高い湿度及び100°Fという温度に曝される可能性がある。又、それらのフィルタは雨に曝される可能性がある。本発明者等は、自動車、トラック、バス、トラクタなどの移動機器及び建設用機器のフード下で使用されるフィルタが、高温（+200°F）、高相対湿度、及びその他の化学的環境に曝される可能性があることを見出した。本発明者等は、過酷な条件下でのマイクロファイバ系の残存性を評価する試験方法を開発した。フィルタ媒体サンプルを温水（140°F）中に5分間浸し、又は高湿、高温、及び空気流に曝す。

【0037】

B. エアクリーナの設計に関する一般的な原理

本明細書では、「エアクリーナ」という用語を、粒子状物質が空気流の流れから除去されるよう機能するシステムに関して使用する。「エアフィルタ」という用語は、内部に微粒子を含む空気をフィルタ媒体に通すことによって除去を行うシステムを指す。「フィルタ媒体」又は「媒体」という用語は、空気が通過する材料又は材料の集合体であって、空気の通過と共にその媒体中又は媒体上に粒子が堆積するものを指す。「表面負荷媒体」又は「バリア媒体」という用語は、空気が媒体を通過するときに、粒子状物質が媒体の深さ方向に入り込んで堆積するのではなく、粒子状物質が主に媒体の表面に堆積してフィルタケーキを形成するシステムを指す。

【0038】

本明細書で、「フィルタエレメント」という用語は一般に、内部にフィルタ媒体を含むエアクリーナの一部を指すものである。一般にフィルタエレメントは、取外し可能かつ交換可能、すなわち保守可能な、エアクリーナの一部として設計される。すなわちフィルタ媒体はフィルタエレメントに保持され、エアクリーナの残りの部分から分離可能であり、その結果、目詰まりしたフィルタエレメント又は部分的に目詰まりしたフィルタエレメントを取り外して、新しい又はクリーニングされたフィルタエレメントに交換することにより、定期的にエアクリーナを新品同様の状態に戻すことができるようになる。エアクリーナは、取外し及び交換を手で行うことができるように設計することが好ましい。本明細書において、「目詰まりした」という用語又はその変形例は、かなりの量の捕捉粒子又は微粒子がエアクリーナ上に含まれるよう、十分な時間稼動しているエアクリーナを意味するものである。多くの場合、正常動作中のフィルタエレメントは、その内部に微粒子が詰まるため、その重量が当初の重量よりも2倍又は3倍（又はそれ以上）に増大する。

【0039】

一般に、エアクリーナ・システムの性能に関する仕様は、関係するエンジンの相手先ブランド供給業者（OEM）及び／又は関係するトラック又はその他の機器のOEMの好みによって作成される。広く様々な仕様が含まれるが、その主なものの1つは以下の通りである。

1. エンジン吸気要求（定格流）
2. 初期制約
3. 初期効率
4. 平均又は全体動作制約
5. 全体効率

6. フィルタ耐用寿命

エンジン吸気要求は、エンジンサイズ、すなわち最大、一杯、又は「定格」負荷での排気量及びrpmの関数である。一般にこれは、ターボ効率、ダクト効率などを反映するファクタである体積効率によって修正が加えられた、排気量と定格rpmとの積である。一般にこれは、定格動作中又は完全負荷がかかっている間、関係するエンジン又はその他のシステムに必要とされる単位時間当たりの空気体積の測定値である。吸気要求はrpmに応じて異なるが、吸気要件は、多くの典型的なトラック・エンジンの場合、定格rpm、しばしば1800rpm又は2100rpmで定義される。本明細書では、これを「定格空気流」又は同様の用語により特徴付ける。一般に、本明細書で特徴付けられる原理は、例えば約3立方フィート/分(cfm)から最大10,000cfm、しばしば50~500cfmの範囲内であるものも含めた、広範囲に及ぶ定格又は要求量での動作に指定されたシステムと共に使用されるエアクリーナ装置に適用することができる。そのような機器には、例えば小型エンジン（オートバイ、芝刈り機など）、自動車用エンジン、ピックアップ・トラック及びスポーツ・ユーティリティ車用エンジン、小型トラック及び配達車両用エンジン、バス、長距離輸送用トラック、農業用機器（例えばトラクタ）、建設用機器、採鉱用機器、船舶用エンジン、様々な発電機用エンジン、また、ある場合には、ガスタービン及び空気圧縮機が含まれる。

【0040】

エアクリーナの全体効率は、一般に、使用中にエアクリーナに入ってそのエアクリーナに保持される「フィルタ可能」な固形分の量を反映したものである。これは典型的な場合、エアクリーナに入って通常使用中にエアクリーナに保持される固形分のパーセンテージを重量ベースで表したものである。これはSAE規格を使用することによって多くのシステムに関して評価され報告されているが、その技法は一般に、米国特許第5,423,892号、第25欄第60行から第26欄第59行、第27欄第1~40行に特徴付けられている。使用される典型的な規格はSAE J726であり、参照により本明細書に組み込む。

【0041】

効率に関し、エンジン製造業者及び/又は機器製造業者の仕様は様々であり、多くの場合、全体動作に関する効率要求量（SAE J726又は実地試験に基づく）は、しばしば99.5%以上に設定され、典型的には99.8%以上に設定される。空気流要求量が500cfm以上である典型的な車両用エンジンの場合、全体平均99.8%以上の仕様は珍しいことではない。

【0042】

初期効率は、フィルタを稼動させたばかりのときに計られるフィルタの効率である。米国特許第5,423,892号、第27欄第1~40行で述べるように、従来のプリーツ付きペーパー（バリア・タイプ又は表面負荷）フィルタの初期効率は、一般に、使用中の全体平均効率よりも十分に低い。これは、動作中にそのようなフィルタの表面に蓄積された「ダストケーキ」又は汚染物質が、フィルタの効率を高めるからである。初期効率も、エンジン製造業者及び/又は車両製造業者によってしばしば指定される。空気流要求量が500cfm以上の典型的な車両用エンジンの場合、98%以上（典型的には98.5%以上）の仕様が一般的である。

【0043】

動作中の、エアクリーナ又はエアクリーナ・システム全体にわたる圧力差には制約がある。この制約の原因として、空気が通り抜けるフィルタ媒体、空気が通り抜けるダクトのサイズ、空気がエアクリーナ内を流れてエンジンに到達するときに空気がぶつかり又はその周りに向けられる構造上の特徴が挙げられる。エアクリーナの場合、その初期制約限界は、しばしば仕様の一部であり、エンジン製造業者及び/又は機器製造業者が要求するものである。この初期制約は、システムがその内部に清浄なエアフィルタを備えた状態で稼動したばかりであって大きい負荷が生じる前に、エアクリーナの端から端まで測定される圧力差であると考えられる。典型的な場合、任意の所与のシステムに関する仕様には、最大

初期制約要件がある。

【0044】

一般に、エンジン及び機器の製造業者は、エアクリーナの効率が最大制約までの仕様で機器を設計する。米国特許第5,423,892号、第2欄第19～29行、及び第6欄第47行、第7欄第3行で報告されるように、限界制約は、典型的なトラック用エンジンの場合、圧力低下が水柱で約20～30インチであり、しばしば水柱約25インチであり、自動車用内燃機関の場合、水柱約20～25インチであり、ガスタービンの場合、典型的には水柱約5インチであり、工業用換気システムの場合、典型的には水柱約3インチである。

【0045】

一般に、前述のセクションで特徴付けられた仕様のタイプに一致するようシステムを開発するための、エアクリーナ設計に関する主な変数のいくつかは、以下の通りである。

1. フィルタ媒体のタイプ、幾何形状、及び効率
2. エアクリーナの形状及び構造
3. フィルタエレメントのサイズ

例えば、従来のセルロース・ファイバ媒体又は同様の媒体は、一般に「バリア」フィルタである。一例にペーパー媒体がある。一般に、そのような媒体の動作は表面負荷によるものであり、すなわち、空気が媒体を通り抜けるときに媒体の表面がバリア又は篩として働き、粒子状物質はその内部を通過できなくなる。時間と共に、媒体表面にはダストケーキが蓄積され、媒体効率が高まる。一般に、ファイバ構造の「耐密性」又は「多孔性」が、システムの効率、特に初期効率を決定する。時間と共に、フィルタケーキは効率に作用する（高める）ようになる。

【0046】

一般にそのような媒体は、しばしばその透過性によって定義され又は指定される。媒体に関する透過性試験は、一般に米国特許第5,672,399号の第19欄第27～39行に特徴付けられている。一般に、透過性とは、参照される材料、媒体、又は複合体の平らなシート全体にわたって0.50インチの水柱制約を引き起こすのに必要とされる媒体面速度（空気）である。本明細書で使用される透過性は、例えばFrazier Precision Instrument Co., Inc., Gaitheersburg, Md. から入手可能なフレイジャー透過性試験機を使用して、参照により本明細書に組み込むASTM D737に準拠したフレイジャー透過性試験によって、又はいくつかの類似の試験によって、評価される。

【0047】

Donaldson Company製の、定格空気流50cfm以上のトラック用エンジン・フィルタの多くのタイプに使用されるセルロース・ファイバ媒体の透過度は、その透過度が約15fpm未満の媒体であり、典型的な場合は13fpm程度である。一般にエンジンフィルタの市場では、そのような機器の場合、透過度の値が約25fpm未満、典型的には10～25fpmの範囲内のどれかである様々なバリア媒体（プリーツ付き媒体）が、様々なエレメント製造業者によって広く利用されてきた。

【0048】

効率に関する原理は、関係する媒体のタイプによって様々である。例えばセルロース・ファイバ又は同様のバリア媒体は、全体的な一般的多孔率又は透過度を変えることによって、一般にその効率に変化する。

【0049】

C. 典型的なシステム；エンジン吸気口

図21には、システムの概略図が一般に130で示されている。システム130は、本明細書で述べるエアクリーナの配置及び構造が使用可能であるシステムの1タイプ例である。図21には、定格空気流要求量がいくらかに規定された、例えば少なくとも370cfmであるエンジン132を有する車両などの機器131が、概略的に示されている。機器131には、バス、長距離輸送用トラック、オフロード車、トラクタ、モータボートなど

10

20

30

40

50

の船舶への適用例を含めることができる。エンジン 132 は、空気と燃料の混合物を使用することによって、機器 131 に動力を供給する。図 21 では、空気流が吸気領域 133 でエンジン 132 に引き込まれる状態が示されている。任意選択のターボ 134 が、任意選択でエンジン 132 への吸気量を増大させるものとして、想像線で示されている。媒体パック 136 を有するエアクリーナ 135 は、エンジン 132 及びターボ 134 の上流にある。一般に動作中、空気は矢印 137 に沿ってエアクリーナ 135 に引き込まれ、媒体パック 136 内に入る。そこでは、粒子及び汚染物質が空気から除去される。清浄化された空気は矢印 137 に沿って吸気口 133 に流入する。そこから空気はエンジン 132 に流入して、車両 131 に動力を供給する。

【0050】

エンジン・システムでは、エンジン動作中のフード下の温度は、動作条件に応じて一般に少なくとも 120 °F であり、しばしば 140 °F ~ 220 °F 又はそれ以上の範囲である。温度は、フィルタエレメントの動作効率に悪影響を与える可能性がある。排出規制によってエンジンの排ガスに対する制約が増し、その結果更に温度が上昇する可能性がある。以下に述べるように、フィルタ媒体を、バリア媒体と少なくとも単一の「ファインファイバ」層、ある場合には複数の「ファインファイバ」層との複合体の形に構成することによって、そのような媒体複合体から構成されていない従来技術のフィルタエレメントよりも、フィルタエレメントの性能（特に動作効率）を向上させることができる。

【0051】

D. エアクリーナの実施例

図 22 に注目されたい。図 22 は、媒体パック 140 の第 1 の実施形態の斜視図である。図示される好ましい媒体パック 140 は、フィルタ媒体 142 とシール・システム 144 とを含む。好ましい構造では、フィルタ媒体 142 は、フィルタ媒体 142 を通過する空気などの流体から微粒子が除去されるよう設計され、それと同時にシール・システム 144 は、図 24 に示すように、ハウジング又はダクトの側壁に対して媒体パック 140 が封止されるよう設計される。

【0052】

図 22 ~ 図 25 のこの媒体パック 140 は、一般に米国特許第 6, 190, 432 に記載され、本明細書に参照により組み込む。

【0053】

ある特定の装置では、フィルタ媒体 142 は、直線状の流れに対応するよう構成される。「直線状の流れ」とは、フィルタ媒体 142 が、第 1 の流動面 148（図示する実施形態では、入口端部に対応）及び対向する第 2 の流動面 150（図示する実施形態では、出口端部に対応）を備えた構造 146 に構成され、流体の流れが一方向 152 に沿って第 1 の流動面 148 に入り、同じ方向 154 に沿って第 2 の流動面 150 から出て行くことを意味する。インラインフロー・ハウジングと共に使用するとき、一般に流体は、一方向に沿ってハウジングの入口を通して入り、同じ方向で第 1 の流動面 148 を通ってフィルタ構造 146 に入り、同じ方向で第 2 の流動面 150 からフィルタ構造 146 を出て、やはり同じ方向でハウジング出口を通してハウジングから出て行く。

【0054】

図 22 では、第 1 の流動面 148 と第 2 の流動面 150 とが、平面状にかつ平行に示されている。その他の実施形態では、第 1 の流動面 148 及び第 2 の流動面 150 は、非平面状でよく、例えば、円錐台形でよい。更に、第 1 の流動面 148 と第 2 の流動面 150 とは、互いに平行である必要はない。

【0055】

一般にフィルタ構造 146 は、巻き付けられた構造になる。すなわち構造 146 は、典型的な場合、中心点の周りに完全に又は繰り返し巻き付けられたフィルタ媒体の層を含むことになる。典型的な場合、巻付け構造はコイルであり、フィルタ媒体の層が中心点の周りに一連の回数だけ巻き付けられる。巻付け型のコイル構造を使用する装置では、フィルタ構造 146 はフィルタ媒体のロールになり、典型的には透過性の溝付きフィルタ媒体にな

10

20

30

40

50

る。

【0056】

次に、図23に注目されたい。図23は、本明細書のフィルタ構造で使用可能な、ある好ましい媒体の動作原理を示す概略斜視図である。図23で、Z媒体の溝付き構造は、一般に156に示されている。溝付き構造156は、複数の溝158を有する波形の層157と面シート160とを含むことが好ましい。図22の実施形態は、面シート160の2つのセクションを、160A（波形層157の上に示される）と160B（波形層157の下に示される）で示す。典型的な場合、本発明で述べる装置に使用される好ましい媒体構造162は、底面シート160Bに固定された波形層157を含む。この媒体構造162をロール形構造で使用する時、この媒体は典型的にはそれ自体が巻かれて、底面シート160Bが波形層157の上部を覆うようになる。波形層の上部を覆う面シート160は、160Aとして示される。面シート160A及び160Bは同じシート160と理解すべきである。 10

【0057】

このタイプの媒体構造162を使用するとき、溝チャンバ158は、ピーク164とトラフ166とが交互に配置されるように形成することが好ましい。トラフ166とピーク164とは、溝を上部列と下部列に分割する。図23に示す特定の構成では、上部溝が、下流端178で閉じる溝チャンバ168を形成し、一方、その上流端181が閉じている溝チャンバ170が、溝の下部列を形成する。溝付きチャンバ170は、溝付きシート171と第2の面シート160Bとの間にある溝の上流端181の部分に充填される第1の端部ビーズ172によって、閉じている。同様に、第2の端部ビーズ174は、交互に配置された溝168の下流端178を閉じる。 20

【0058】

媒体構造162の形に構成された媒体を使用する場合、使用中に、フィルタされていない空気などの流体は、影を付けた矢印176によって示されるように溝チャンバ168に入る。溝チャンバ168は、その上流端169が開放されている。フィルタされていない流体の流れは、その下流端178が第2の端部ビーズ174によって閉じられているので、溝チャンバ168の下流端178を通過することができない。したがって、流体は、溝付きシート171又は面シート160内を必然的に進むようになる。フィルタされていない流体が溝付きシート171又は面シート160を通過するにつれ、流体は清浄になり又は 30
フィルタされる。清浄化された流体を、影を付けていない矢印180によって示す。次いで、流体は溝チャンバ170（その上流端181が閉じている）を通過して、開放下流端184を通過して溝付き構造156から流出する。図示される構成では、フィルタされていない流体は溝付きシート171、上部面シート160A、又は下部面シート160Bを通過することができ、更に溝チャンバ170に流入することができる。

【0059】

典型的な場合、媒体構造162は、作成した後に、フィルタ媒体のロール形構造146が形成されるよう巻き付けられる。使用のためこのタイプの媒体を選択する場合、作成された媒体構造162は、底面シート160Bに端部ビーズ172と共に固定された波形のシート157を含む（図23に示すように、しかし上面シート160Aはない状態で）。 40

【0060】

再び図22に注目されたい。図22には、第2の流動面150が概略的に示されている。開放端部184及び閉端部178を含む溝が示されている部分182がある。このセクション182は、流動面50全体を代表して表していることを理解すべきである。わかり易くかつ簡単にするために、溝は、流動面150のその他の残りの部分183では示していない。本明細書で述べるシステム及び装置で使用可能な媒体パック140の上面図及び底面図ならびに側面図は、参照により本明細書に組み込まれる「Filter Element Having Sealing System」という名称の、1999年2月26日に出願された同時係属のかつ本願譲受人に譲受された、米国特許出願第29/101, 193号に示されている。

【0061】

次に図24を参照すると、ハウジング186（エアクリーナ179のエンジン又はターボへの吸気ダクトの一部である）内に設置されたフィルタ構造146が示されている。図示される装置では、空気が187でハウジング186に流入し、フィルタ構造146内を流れ、188でハウジング186から流出する。図示されるタイプのフィルタ構造46などの媒体構造をダクト又はハウジング186内で使用する場合、空気が媒体構造146を迂回するのではなく確実にその媒体構造146内を流れるように、シール・システム144が必要になる。

【0062】

図示される特定のシール・システム144は、フレーム構造190及びシール部材192を含む。このタイプのシール・システムを144を使用する場合、フレーム構造190は、ダクト又はハウジング186と共にラジアル・シール194を形成するようにシール部材192を圧縮することができる支持構造又はバックギングを提供する。 10

【0063】

更に図24を参照すると、図示される特定の実施形態では、フレーム構造190が、フィルタ構造146の第1及び第2の流動面148、150の一方の少なくとも一部分から突出し又は延びる剛性突起196を含む。剛性突起196は、図24に示される特定の装置の場合、フィルタ構造146の第2の流動面150から軸方向に延びている。

【0064】

図示される突起196は、エンドチップ104によって接合された1対の対向面198、102を有する。好ましい装置では、選択された側面198又は102とハウジング又はダクトの適切な面との間に接してシール194を形成することができるように、第1及び第2の側面198、102の一方によって、シール部材192の基体又はバックギングが提供される。このタイプの構造を使用する場合、突起196は、閉じたフープ構造106（図22）を形成する連続部材になる。 20

【0065】

このタイプの構造を使用する場合、ハウジング又はダクトは、突起196の外面102とハウジング又はダクトの内面110との間に接してシール194が形成されるように、シール部材192を含めた突起196及びフープ構造106に外接してよい。

【0066】

図24に示される特定の実施形態では、シール部材192が突起196のエンドチップ104にも係合し、シール部材192は、外面102からエンド・チップ104上を通して内面198に至るまで突起196を覆うようになる。 30

【0067】

次に図22及び24を参照すると、フレーム190は、媒体構造146にフレーム190を固定するのに使用されるバンド、スカート、又は垂下リップ107を有する。垂下リップ107は、十字形ブレース108から第1の距離だけ垂下し又は下に延びている。

【0068】

本明細書で示されるタイプのフレーム190の使用で、フレーム190の周辺を巡って内向きの力がかけられる。十字形ブレース108は、フレーム190を支持する。「支持」という用語は、十字形ブレース108によって、フレーム190の周辺を巡って力がかけられた状態でフレーム190が半径方向に潰れるのを防止することを意味する。 40

【0069】

先端部分104は、圧縮性のシール部材192を支持する。圧縮性シール部材192は、十分に圧縮されてフレーム190の先端部分104とハウジング又はダクトの側壁110との間で圧縮されるよう構成され配置されることが好ましい。先端部分104と側壁110との間で十分に圧縮されると、媒体バック140と側壁110の間にはラジアル・シール194が形成される。

【0070】

シール部材192に関する1つの好ましい構成を、図25に示す。フレーム190の先端 50

部分 104 は、壁又は支持構造を画定し、それらの間に接するように、圧縮性シール部材 192 によってラジアル・シール 194 を形成することができる。シール・システム 144 での圧縮性シール部材 192 の圧縮は、挿入圧力 80 ポンド以下、典型的には 50 ポンド以下、例えば約 20～40 ポンドでラジアル・シールを形成するのに十分であり、また、手で都合よくかつ容易に変更できるほど十分に軽いことが好ましい。

【0071】

図 25 に示される好ましい実施形態では、シール部材 192 がステップ状の断面形状であり、その最も外側の寸法（円形の場合には直径）が第 1 の端部 112 から第 2 の端部 113 へと減少して、所望のシールを実現する。図 25 に示される特定の装置のプロファイルに関する好ましい仕様は以下の通りである。すなわち、側壁 110 に係合して流体耐密なシールが得られるよう構成された複数の（好ましくは少なくとも 3 つの）、徐々に大きくなるステップを有するポリウレタン・フォーム材料である。

10

【0072】

圧縮性シール部材 192 は、側壁 110 に係合するための面の増大する内径の勾配を画定する。具体的には、図 25 に示される例では、圧縮性シール部材 192 が、3 つのステップ 114、115、116 を画定する。ステップ 114、115、116 の断面寸法又は幅は、圧縮性シール部材 192 の第 2 の端部 113 から順にステップ 114、115、116 へと増大する。第 2 の端部 113 の小さい直径により、ダクト又はハウジングへの挿入を容易にすることが可能になる。第 1 の端部 112 の大きい直径により、耐密シールが確実になる。

20

【0073】

一般に、媒体パック 140 は、ハウジング 186 又はダクトの側壁 110 に対してプレス嵌めされるよう配置し構成することができる。図 24 に示される特定の実施形態では、圧縮性シール部材 192 が、側壁 110 とフレーム 190 の先端部分 104 との間で圧縮される。圧縮後、圧縮性シール部材 192 は、圧縮性シール部材 192 が外向きに広がろうとしてその自然な状態になろうとするときに側壁 110 に対して力をかけ、先端部分 104 と側壁 110 との間でそれらに接するようにラジアル・シール 194 が形成される。

【0074】

媒体パック 140 と共に様々なハウジングを使用することができる。図 24 に示す特定の実施形態では、ハウジング 186 が、本体部材又は第 1 のハウジング区画 118 と、取外し可能なカバー又は第 2 のハウジング区画 120 を含む。いくつかの装置では、第 1 のハウジング区画 118 がトラックなどの物体に付着される。第 2 のハウジング区画 120 は、ラッチ器具 122 によって第 1 のハウジング区画 118 に取外し可能に固定される。

30

【0075】

図 24 に示される実施形態で、取着されたフレーム 190 及び圧縮性シール部材 192 を備えた媒体パック 140 の第 2 の端部 150 は、第 1 のハウジング区画 118 に挿入される。媒体パック 140 は第 1 のハウジング区画 118 にプレス嵌めされ、その結果、圧縮性シール部材 192 がフレーム 190 の先端部分 104 と第 1 のハウジング区画 118 の側壁 110 との間でそれらに接するように圧縮されて、それらの間にラジアル・シール 194 が形成されるようになる。

40

【0076】

図 24 に示される装置の使用時、流体は、187 で示される方向で、第 2 のハウジング区画 120 の入口領域 124 からハウジング・アセンブリ 185 に入る。流体は、フィルタ構造 146 を通過する。流体がフィルタ構造 146 を通過するにつれ、汚染物質は流体から除去される。流体は、188 の方向で、出口領域 128 を通ってハウジング・アセンブリ 185 から出て行く。シール・システム 144 の圧縮性シール部材 192 はラジアル・シール 194 を形成して、汚染された流体が最初にフィルタ構造 146 を通過することなくハウジング・アセンブリ 185 から出て行くのを防止する。

【0077】

図 26 は、媒体パック 130 の別の実施形態の斜視図である。図示される構造では、媒体

50

パック 130 はフィルタ媒体 132 及びシール・システム 134 を含む。フィルタ媒体 132 は、フィルタ媒体 132 を通過する空気などの流体から汚染物質が除去されるように設計される。シール・システム 134 は、フィルタ媒体 134 がハウジング又はダクトに封止されるよう設計される。

【0078】

図 26 と図 27 の媒体パック 130 の構造及び幾何形状は、以下のセクション H で述べる好ましい媒体開発品を除いて米国特許第 6, 190, 432 号に記載されており、これを本明細書に参照により組み込む。

【0079】

ある好ましい装置では、フィルタ媒体 132 は、第 1 の流動面 138 及び対向する第 2 の流動面 140 を備えたフィルタ構造 136 に構成される。 10

【0080】

フィルタ構造 136 は、様々な構成及び断面形状にすることができる。図 26 に示す特定の実施形態では、フィルタ構造 136 の断面は非円形である。特に、図 26 のフィルタ構造 136 の実施形態は、その断面形状が倒円形又は「競技用トラック」状である。「競技用トラック」断面形状とは、フィルタ構造 136 が、1 対の真っ直ぐなセグメント 143、144 によって接合された第 1 及び第 2 の半円形端部 141、142 を含むことを意味する。

【0081】

図 26 では、開放端部及び閉端部を含めた溝を示す、ある部分 146 が描かれている。この部分又はセクション 146 は、流動面 140（ならびに第 1 の流動面 138）全体を代表して表していることを理解すべきである。わかり易くかつ簡単にするために、流動面 140 のその他の残りの部分 149 では、溝を描いていない。本明細書で述べるシステム及び装置で使用可能な媒体パック 130 の上面図及び底面図、ならびに側面図は、「Filter Element Having Sealing System」という名称の、1999 年 2 月 26 日に出願された同時係属でありかつ本願の譲受人に譲受された米国特許出願第 29/101, 193 号に示されており、これを参照により本明細書に組み込む。 20

【0082】

図 22 の実施形態の場合と同様に、媒体パック 130 はシール・システム 134 を含む。好ましい構造では、シール・システム 134 はフレーム 148 及びシール部材 150 を含む。 30

【0083】

フレーム 148 は非円形であり、例えば倒円形であり、特に競技用トラック形であり、フィルタ媒体 132 の端部に取着されるよう配置され構成されている。特に、フレーム 148 は、ほぼ競技用トラック形のバンド又はスカート又は垂下リップ 151 を有する。垂下リップ 151 は、十字形ブレース 152 からある距離だけ垂下し又は下に延びており、フレーム 148 を媒体パック 130 に固定するのに使用される。

【0084】

図示される装置の使用時、フレーム 148 の周辺を巡って内向きの力がかけられる。半円形端部 141、142 に対してかけられた内向きの力によって、真っ直ぐなセグメント 143、144 は曲がり又は撓む可能性がある。十字形ブレース 152 は、真っ直ぐなセグメント 143、144 に構造上の剛性を与え、かつ支持するために設けられる。図 26 からわかるように、図示される特定の十字形ブレース 152 は、対向する真っ直ぐなセグメント 143 と 144 の間にトラス・システム 154 を形成する。トラス・システム 154 は、好ましくはフレーム 148 の残りの部分と共に単一の部品として成型された複数の剛性支柱 156 を含む。 40

【0085】

フレーム 148 は、フレーム 90 と同様に構成される。したがって、フレーム 148 は先端部分 158（図 27）を含む。好ましい装置では、先端部分 158 は環状シール基体と 50

して働く。好ましいシステムでは、圧縮性シール部材 150 の構造は、図 5 の圧縮性シール部材 92 の構造に類似している。

【0086】

媒体パック 130 は、ダクト又はエアクリーナ・ハウジング内に設置されることが好ましい。図 27 で、図示されるハウジングは、カバー 160 及び本体部材 162 を含む 2 片構成ハウジングである。カバー 160 は、空気流入口 164 を画定する。本体部材 162 は、空気流出口 166 を画定する。ハウジングは、本明細書に参照により組み込む米国特許第 2,887,177 号及び第 4,162,906 号に記載されるように、媒体パック 130 の上流にプレクリーナ装置 167 を更に含む。図示されるものでは、プレクリーナ装置 167 はカバー 160 内にある。カバー 160 は、プレクリーナ 167 に収集された塵埃及び碎片を排出するダスト・エジェクタ 168 を含む。 10

【0087】

圧縮性シール部材 150 は、側壁 170 とフレーム 150 の先端部分 158 との間で圧縮される。媒体パック 130 がプレス嵌めされるにつれ、圧縮性シール部材 150 は、フレーム 148 (具体的には、図示される特定の実施形態では先端部分 158) と側壁 170 との間でそれらに接するように圧縮される。圧縮後、圧縮性シール部材 150 は、圧縮性シール部材 150 が外向きに広がってその自然の状態になろうとするときに側壁 170 に対して力をかけ、その結果、側壁 170 と共にラジアル・シール 171 を形成する。

【0088】

媒体 132 に関する好ましい開発品について、以下のセクション I で述べる。 20

【0089】

別のフィルタ装置を、一般に 174 で図 28 に示す。以下のセクション I で述べる好ましい媒体開発品を除いたフィルタ装置 174 は米国特許第 5,820,646 号に記載されており、それを本明細書に参照により組み込む。

【0090】

フィルタ装置 174 は、パネル構造 178 に取り付けられ、そこに保持され、かつ支持される媒体パック 176 を含む。フィルタ装置 174 は、本体 181 及び取外し可能なカバー部材 182 を含んだハウジング 180 も含む。媒体パック 176 を保持するパネル構造 178 は、ハウジング 180 内に封止され、そこから取外し可能でありかつ交換可能である。 30

【0091】

媒体パック 176 は、図 23 に関して既に述べたように構成された溝付きフィルタ媒体 184 を含む。

【0092】

E. 典型的なシステム；ガスタービン吸気口

図 29 に、ガスタービン・システムの吸気口を一般的に 200 で示す。空気流は、矢印 201 で、吸気システム 200 に引き込まれる状態が示されている。吸気システム 200 は、一般にチューブ・シート 203 に保持される複数のエアフィルタ配置 202 を含む。好ましいシステムでは、チューブ・シート 203 は、フィルタ装置 202 を垂直軸に対してある角度で保持するよう構成される。好ましい角度は 5 ~ 25 ° の間であり、例えば約 7 ° である。このため、システム 200 が作動していないとき、液体をフィルタ装置 202 から排出することが可能になる。 40

【0093】

空気はエアフィルタ配置 202 内で清浄化され、次いで空気は矢印 204 に沿って下流に流れ、ガスタービン発電機 205 に流入し、そこで発電に使用される。

【0094】

図 33 では、マイクロタービンの吸気口の例を一般的に 210 で示す。一般にマイクロタービンは、典型的には予備発電機として使用されるガスタービンを小型化したものである。ある場合には、そのようなマイクロタービンは約 24 インチ×18 インチであり、またその電気出力は、典型的な場合 30 キロワットから 100 キロワットの間である。これら 50

のシステムは、典型的な場合、空気流が1000cfmから10,000cfmの間である。

【0095】

図33は、空気流が、矢印212に沿って吸気システム211内に引き込まれる状態を示す。吸気システム211はフィルタ構造213を含む。空気がフィルタ構造213を通して引き込まれるにつれ、空気はエアフィルタ配置213内で清浄化され、次いで矢印214に沿って下流に流れてガスタービン215に流入する。次いでガスタービンは、典型的な場合、発電機、流体圧縮機、又は流体ポンプに動力を供給する。以下に述べるように、フィルタ装置をバリア媒体と少なくとも単一の「ファインファイバ」層、ある場合には複数の「ファインファイバ」層との複合体の形に構成することによって、フィルタ装置の性能（特に動作効率）を、そのような媒体複合体から構成されていない従来技術のフィルタよりも高めることができる。

10

【0096】

F. ガスタービン・システム用フィルタ装置の実施例

システム200又はシステム210で使用可能なエアフィルタ配置202の一例を、図30～図32に示す。セクションIで示す好ましい媒体開発品以外のエアフィルタ配置202が、本願の譲受人が譲受した1999年11月10日出願の米国特許出願第09/437,867号に記載されており、これを本明細書に参照により組み込む。一般にエアフィルタ配置202は、第1の又は一次フィルタエレメント220（図30及び32）と、プレフィルタとして働く第2のフィルタエレメント222（図31及び32）を含む。「プレフィルタ」という用語は、主要な一次フィルタエレメント220の上流に位置決めされたセパレータを意味し、気体の流れから大きい粒子を除去するよう機能する。一次フィルタエレメント220及びプレフィルタエレメント222は、チューブ・シート203のアパーチャ226に取り外し可能に取り付けることが可能なスリーブ部材224内に固定されることが好ましい。一般に、空気流はシステム200内に取り込まれ、まずプレフィルタエレメント222内を流れて、次いで一次フィルタエレメント220内を流れる。一次フィルタエレメント220から出た後、空気は発電機205に向けられる。

20

【0097】

一般にエレメント220は、図2及び図3に関して既に述べたように、溝付き又はZ形の媒体230から構成される。図30には、出口面228が概略的に示されていることを理解すべきである。すなわち、面228の一部分だけに溝が付いた状態が示されている。典型的なシステムでは、面228全体に溝が付いていることを理解すべきである。

30

【0098】

フィルタエレメント220は、第1の端部232及び対向する第2の端部234を有する。図30に示される装置では、第1の端部232が上流端入口面227に対応し、一方、第2の端部234は下流端出口面228に対応する。直線状の流れによって、気体は第1の端部232に流入して第2の端部234から出ることができ、その結果、第1の端部232に向かう空気流の方向は、第2の端部234から出て行く空気流と同じ流れになる。直線状の流れのパターンによって、気体流に生じる乱流の量を減少させることができる。

【0099】

媒体230は、ポリエステル合成媒体、セルロース製の媒体、又はこれらのタイプの材料をブレンドしたものでよく、ファインファイバで処理することができる。

40

【0100】

プレフィルタエレメント222は、複数の個別のプリーツ237を含むプリーツ付き構造236であることが好ましい。プリーツ237は、ジグザク状に配置される。好ましいプレフィルタエレメント222は、略円形の断面を有する。

【0101】

プレフィルタエレメント222は、直線状の流れが可能になるように構成される。換言すれば、空気は真っ直ぐにプレフィルタエレメント222内を流れ、入口面238に入った後に反対側に配置された出口面239から出るが、入口面238に入る流体の流れの方向

50

は出口面 239 から出て行く流体の流れと同じ方向になる。

【0102】

ある好ましい実施形態では、少なくとも 15 個のプリーツ 237 があり、80 個以下のプリーツ 237 があり、典型的には 30～50 個のプリーツ 237 がある。プリーツ付き構造 236 は、中心コア 241 を中心としてその周りに設けられたプリーツ 237 の形に折り曲げられた媒体 240 から作製される。媒体 240 の使用可能なタイプには、ガラス繊維、あるいはエア・レイド媒体が含まれる。使用可能な媒体 240 の特定の性質は、重量が 2.7～3.3 オンス／ヤード 3 (92～112 g/m³)、自由厚さ (すなわち 0.002 psi 圧縮での厚さ) が 0.25～0.40 インチ (6.4～10.2 mm)、透過度が少なくとも 400 フィート／分 (122 m/分) であるウェブを形成するようランダムに配向されたポリエステル・ファイバで作製された、ドライ・レイドフィルタ媒体を含む。

【0103】

一般に、プレフィルタエレメント 222 は、スリーブ部材 224 内に取付け可能にかつ交換可能に取り付けることができる。スリーブ部材 224 について、以下に更に詳細に述べる。あるシステムでは、プレフィルタエレメント 222 は、媒体 240 のエンドチップをスリーブ部材 224 の内壁に対して圧潰し又は圧縮することによって、スリーブ部材 224 内に保持される。

【0104】

本明細書の原理に従い構成された好ましいフィルタ装置 202 は、一次フィルタエレメント 220 に固定されかつそのエレメント 220 に外接するスリーブ部材 224 を有する。一般に、スリーブ部材 224 は、一次エレメント 220 をシステム 200 の所定位置に保持するよう機能する。好ましいスリーブ部材 224 は、プレフィルタエレメント 222 も一次エレメント 220 の上流の所定位置に保持する。

【0105】

図 30 及び図 31 からわかるように、スリーブ部材 224 は、一次フィルタエレメントの断面に一致する断面を有することが好ましい。スリーブ部材 224 は、周囲リング 245 をもたらす形に湾曲した周囲壁 244 を含む。スリーブ部材 224 は、一次フィルタエレメント 220 に対し、その一次フィルタエレメント 220 の軸方向の長さの少なくとも 30% 延びるように配置されることが好ましい。多くの典型的な装置では、スリーブ部材 224 は一次フィルタエレメント 220 の軸方向の長さの 50% を超える長さだけ延びる。実際に、ほとんどの好ましい装置では、スリーブ部材 224 は、一次フィルタエレメント 220 の軸方向の長さの少なくとも全長 (すなわち 100%) 分、延びている。多くの典型的な適用例では、スリーブ部材 224 の半径は少なくとも 10 インチであり、典型的な場合は 15～30 インチであり、ある場合には 50 インチ以下である。

【0106】

スリーブ部材 224 は、空気が一次エレメント 220 を迂回しないように、一次フィルタエレメント 220 をチューブ・シート 203 に固定することができるよう、シール・システムと共に構成され配置されることが好ましい。図示される実施形態では、スリーブ部材 224 はシール部材圧力フランジ 246 を含む。フランジ 246 は、少なくとも部分的に、また多くの実施形態では完全に、スリーブ部材 224 の壁 244 に外接する。シール部材圧力フランジ 246 は、バックストップとして作用して、フランジ 246 とチューブ・シート 203 の間でそれらに接するようにシール 250 を生成するためにシール部材 248 を支持する。フランジ 246 は、スリーブ部材 224 の壁 244 から半径方向に延び、シール部材 224 に完全に外接する。フランジ 246 は、壁 244 から、シール部材 248 を支持するのに十分な距離だけ半径方向に延びる。

【0107】

パッチ又は保持クリップ 252 (図 30) が接合部 254 を超えて延在し、スリーブ部材 224 をその最終形状に固定する。保持クリップ 252 は、例えば超音波溶接によって、スリーブ部材 224 に永久に固定されることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0108】

図32に注目されたい。フランジ246は軸方向の側面256でシール部材248を支持することがわかる。シール部材248は、一般に円形ガスケット258を含む。ガスケット258は、ガスケット258とフランジ246の側面256の間の接着剤によって、フランジ246に固定されることが好ましい。ガスケット258は、ガスケット258が壁244及び一次エレメント220に完全に外接するように、フランジ246上に位置決めされる。

【0109】

図示される装置は、スリーブ部材224をチューブ・シート203にクランプ留めするためのシステムも含む。図示される実施形態では、クランプ・システムは複数のラッチ又はクランプ260を含む。スリーブ部材224をチューブ・シート203に動作可能に設置する場合、フランジ246とチューブ・シート203の間に良好で耐密なシール250が形成されるよう、十分なラッチ又はクランプ260があるべきであり、例えば図示されている装置では4個のクランプ260がある。図32に、クランプ260の断面を示す。クランプ260のそれぞれは、レバー261、ノーズ262、及びプレート263を含む。プレート263は、クランプ260をチューブ・シート203に固定するボルト264などのファスナを収容するためのアパーチャを含む。ノーズ262は、圧力をフランジ246に加えてシール部材248をチューブ・シート203に対して圧縮するよう動作する。レバー261は、選択的にノーズ262をチューブ・シート203に向けて動かすように、またチューブ・シート203から離すように動作する。その他の実施形態では、クランプ260は、蝶ナットを使用するなどして手で締めることができる。

【0110】

典型的な動作中、フィルタ装置202の端から端までの全圧力低下は水柱で約0.6～1.6インチである。これには一次フィルタエレメント220とプレフィルタ222の両方が含まれる。典型的な場合、プレフィルタ222単独での圧力低下は水柱で約0.2～0.6インチになり、一方、一次エレメント220単独での圧力低下は水柱で約0.4～1インチになる。

【0111】

システム304又はシステム302で使用可能なエアフィルタ配置213の別の実施例を、図34～図36に示す。以下のセクションIで述べる好ましい媒体開発品を除くエアフィルタ配置が、本願の譲受人に譲受された2000年6月13日出願の米国特許出願第09/593,257号に記載されており、これを本明細書に参照により組み込む。

【0112】

図35は、フィルタ装置213を分解して組み立てていない形を示し、図14は、フィルタ装置213を使用のため組み立てたものを示す。一般にエアフィルタ配置213は、湿分セパレータ270、フィルタ・アセンブリ272、及びフィルタ・ハウジング274を含む。フィルタ・ハウジング274は、典型的な場合、使用のため組み立てる際にチューブ・シート276内に固定される。フィルタ・ハウジング274は、ハウジング274をチューブ・シート276に溶接することによって、又はハウジング274をチューブ・シート276にボルトで締めることによって、チューブ・シート276内に固定されることが好ましい。

【0113】

アクセス・ドア278により、組立ての際にフィルタ装置213に触れることが可能になり、また空気をシステム302内に引き込むことが可能になる。一般に、アクセス・ドア278は、図33のシステム302などのシステムの特定のハウジングに嵌合するように設計され構成され、フィルタ装置213に設置されて、組立ての際にフィルタ装置213に触れることができるようになる。またアクセス・ドア278は、図33のシステム210に空気が入ることができるようにも設計され構成される。

【0114】

アクセス・ドア278は、空気流抵抗装置280を含むことが好ましい。一般に空気流抵抗

抗装置 280 は、空気流を特定の方向でフィルタ装置 213 に向けて、システム 302 内の抵抗を低下させる。空気流抵抗装置 280 は、騒音減衰の補助も行う。図 34 に示す実施形態では、空気流抵抗装置が複数のルーバ 282 として描かれている。またルーバ 282 は、図 33 のシステム 302 に大きい物体及び湿分が入らないように、システム 210 を保護する助けをする。ルーバ 282 は更に、騒音減衰の補助をする。

【0115】

流入する空気の流れに含まれる湿分は、フィルタ・アセンブリ 272 の保全性にダメージを与える可能性があり、システム 302 の内部機構に損傷を与え、すなわち腐食の一因となる可能性がある。これに対処するため、フィルタ装置は湿分セパレータ 270 を含む。一般に湿分セパレータ 270 は、フィルタ・アセンブリ 272 に到達する前に、流入する空気の流れから湿分を分離して収集する。一実施形態では、湿分セパレータ 270 は複数の平らなスクリーン、例えば金網を含む。

10

【0116】

一般にフィルタ・アセンブリ 272 は、システム 302 の内部機構に入る前に、図 33 の流入する空気の流れ 212 から汚染物質を除去する。フィルタ・アセンブリ 272 は、直線状の流れがフィルタ・アセンブリ 272 に真っ直ぐに流れ、入口面 284 に入って反対側に配置された出口面 285 から出て行き、すなわち入口面 284 に入る流体の流れの方向が出口面 285 から出て行く流体の流れと同じ方向になるよう構成されることが好ましい。

【0117】

フィルタ・アセンブリ 272 は、図 22 及び 23 に関連して既に述べたように、円筒形に巻かれた溝付き媒体 288 から形成された媒体パック 286 を含む。媒体 288 は、ポリエステル合成媒体、セルロース製の媒体、又はこれらのタイプの材料をブレンドしたものでよく、ファインファイバの被覆又は層で処理することができる。好ましい媒体開発品を、以下のセクション H で述べる。

20

【0118】

図示されるフィルタ・アセンブリ 272 は、引張り機構 290 を含む。引張り機構 290 は、使用者がフィルタ・ハウジング 274 からフィルタ・アセンブリ 272 を容易に取り外すことができるように構成される。図示されるものでは、引張り機構 290 はハンドル 292 及び保持機構 294 (図 34) を含む。典型的な場合、ハンドル 292 はノブ 296 である。図 34 に示されるものでは、保持機構 294 が、ノブ 296 に取着されるボルト 298 とボルトのもう一方の端部にあるナット 299 を含んでいる。あるいは、引張り機構及びフィルタ媒体の中心部は、一体化した 1 つのユニットでもよい。

30

【0119】

一般にフィルタ・ハウジング 274 は、フィルタ・アセンブリ 272 を受容し保持するように、かつフィルタ・アセンブリ 272 との封止が容易になるように構成される。図 16 に示されるものでは、フィルタ・ハウジング 274 は、外壁 304 から少なくとも 10 度の角度、好ましくは 10 ~ 210 度の間、最も好ましくは約 15 度の角度が付けられた遷移領域 302 を含む。遷移領域 302 は、以下により詳細に述べるように、フィルタ・アセンブリ 272 の封止を補助する。

40

【0120】

フィルタ・ハウジング 274 は、取付けフランジ 306 を更に含む。取付けフランジ 306 は、ファスナ装置 (例えばボルト) を介してフィルタ・ハウジング 274 をチューブ・シート 276 に固定する。ハウジング 274 は、停止装置 308 も含む。停止装置 308 は、フィルタ・アセンブリ 272 をハウジング 274 内に据え付けて、フィルタ・アセンブリ 272 がハウジング 274 内に必要以上に押し込まれないようにする。停止装置 308 は、フィルタ・アセンブリ 272 とハウジング 274 との適正な封止が確実に行われるよう補助する。

【0121】

停止装置 308 は、ストッパ 310 を含む。ストッパ 310 は、フィルタ・アセンブリ 2

50

7 2 がストッパ 3 1 0 を迂回しないよう十分な距離だけ外壁 3 0 4 から突出することが好ましい。使用中、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 は、ストッパ 3 1 0 の上面 3 1 1 に接している。

【0 1 2 2】

フィルタ・アセンブリ 2 7 2 は、シール・ガスケット 3 1 2 も含む。シール・ガスケット 3 1 2 は、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 をフィルタ・ハウジング 2 7 4 内に封止し、空気がフィルタ・アセンブリ 2 7 2 とフィルタ・ハウジング 2 7 4 との間からシステム 3 0 2 に入らないように、かつフィルタ・アセンブリ 2 7 2 を迂回しないようにする。このため空気の流れは、実質上フィルタ・アセンブリ 2 7 2 内を確実に通る。図示されるものでは、シール・ガスケット 3 1 2 が、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 のラジアル・エッジの周りに周方向に延在する。一実施形態では、シール・ガスケット 3 1 2 が独立気泡フォームを含み、当然ながら、シール・ガスケット 3 1 2 はその他の適切な材料を含むことができる。

10

【0 1 2 3】

使用中、シール・ガスケット 3 1 2 は、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 とフィルタ・ハウジング 2 7 4 との接合部 3 1 4 を封止する。設置中、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 は、端部 3 1 5 がストッパ 3 1 0 に接するようになるまでハウジング 2 7 4 内に挿入される。フィルタ・アセンブリ 2 7 2 が設置されるにつれ、シール・ガスケット 3 1 2 はフィルタ・アセンブリ 2 7 2 とハウジング 2 7 4 の間の遷移領域 3 0 2 に圧縮され、接合部 3 1 4 を封止する。

20

【0 1 2 4】

組立て中、フィルタ・ハウジング 2 7 4 をチューブ・シート 2 7 6 に滑り込ませて、フィルタ・ハウジング 2 7 4 の取付けフランジ 3 0 6 がチューブ・シート 2 7 6 に対して据え付けられるようにする。次に、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 をフィルタ・ハウジング 2 7 4 内に据え付ける。フィルタ・アセンブリ 2 7 2 をフィルタ・ハウジング 2 7 4 内に滑り込ませて、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 の端部 3 1 5 がストッパ 3 1 0 に対して接するようになる。シール・ガスケット 3 1 2 は部分的に圧縮され、フィルタ・アセンブリ 2 7 2 は、フィルタ・ハウジング 2 7 4 にぴたりと嵌まるよう保持される。

【0 1 2 5】

動作中、フィルタ装置 2 1 3 は以下のように使用される。すなわち、システム 3 0 2 内でフィルタされる空気が矢印 2 1 2 に沿って吸気システム 2 1 1 に向けられる。空気がフィルタ・アセンブリ 2 7 2 内を流れる。空気が入口面 2 8 4 に入り、溝付き構造 2 8 8 を通過し、出口面 2 8 5 から出て行く。そこから空気がタービン又は発電機 2 1 5 に取り込まれる。

30

【0 1 2 6】

G. 典型的なシステム；燃料電池吸気口

燃料電池吸気口を図 3 7 に 3 3 0 で概略的に示す。図 3 7 に示すように、大気又は周囲空気 3 3 1 が、入口 3 3 3 を介してフィルタ・アセンブリ 3 3 2 に入る。フィルタ・アセンブリ 3 3 2 に入る前、大気 3 3 1 は、様々な物理的（例えば微粒子）化学的汚染物質を有する汚れた空気である。フィルタ・アセンブリ 3 3 2 は、汚れた空気から様々な汚染物質を除去するように構成され、それによって、フィルタ・アセンブリ 3 3 2 から出て行く清浄な空気 3 3 4 が得られる。清浄な空気 3 3 4 は、燃料電池 3 3 5 に取り込まれる空気であり、発電に使用される。

40

【0 1 2 7】

更に図 3 7 を参照すると、大気 3 3 1 は汚れた空気として、ハウジング 3 3 6 の入口 3 3 3 からフィルタ・アセンブリ 3 3 2 に入り、フィルタエレメント 3 3 8 の汚れた空気の側 3 3 7 に進む。空気がフィルタエレメント 3 3 8 を通過して清浄な空気の側 3 3 9 に移動するにつれ、汚染物質はフィルタエレメント 3 3 8 によって除去され、フィルタ済みの空気 3 3 4 が得られる。フィルタ済みの空気 3 3 4 は、ハウジング 3 3 6 の出口 3 4 0 を介してフィルタ・アセンブリ 3 3 2 から出て行き、機器 3 4 1 で使用される。

50

【0128】

フィルタ・アセンブリ332は、任意選択で騒音抑制エレメント342も含み、機器341から発せられる騒音又は音のレベルを低下させ又は抑制する。抑制エレメント342はハウジング336内に位置決めすることができ、いくつかの実施形態では、抑制エレメント342はハウジング336によって画定される。

【0129】

機器341は、触媒反応で使用するために燃料電池335に空気を供給する圧縮機343を含む。圧縮機343は、典型的には3ヘルツから30,000ヘルツの範囲内の騒音、ときには50,000ヘルツ程度に高い騒音であって、1メートルで85~110dBレベルの騒音を発する。抑制エレメント342は、上流から圧縮機343まで移動する音のレベルを少なくとも3dB低下させ、典型的な場合には少なくとも6dB、好ましくは少なくとも25dB低下させる。

【0130】

燃料電池335は水素燃料345を取り込み、水と二酸化炭素の副生物346を放出し、電力347を発生させる。一般に燃料電池は、電解質を間に挿む2個の電極（アノード及びカソード）からなる器具である。水素を含有する燃料はアノードに流れ、そこで水素電子が遊離して、正に帯電したイオンを残す。電子は外部回路内を移動するが、その回路内ではイオンが電解質によって拡散する。カソードでは、電子が水素イオン及び酸素と結合して、水及び二酸化炭素の副生物を形成する。一般的な酸素供給源は空気である。カソード反応の速度を速めるために、触媒をしばしば使用する。燃料電池反応でしばしば使用される触媒の例には、ニッケル、白金、パラジウム、コバルト、セシウム、ネオジム、及びその他の希土類金属が含まれる。燃料電池内の反応体は水素燃料と酸化剤である。

【0131】

典型的な場合、「低温燃料電池」は典型的には約70~100℃の温度、ときには200℃程度に高い温度で動作する。高温燃料電池は典型的な場合、その動作温度が高いので化学汚染の影響を受けにくい。しかし高温燃料電池は、微粒子汚染の影響、ときには化学汚染の形をとるものの影響を受け易く、したがって高温燃料電池は、本発明で述べるフィルタ機能から利益を得る。あるタイプの低温燃料電池は、陽子交換膜（proton exchange membrane）を使用することから、一般に「PEM」と呼ばれる。本発明のフィルタ・アセンブリと組み合わせて使用することができるその他の様々なタイプの燃料電池の例には、例えば米国特許第6,110,611号、第6,117,579号、第6,103,415号、及び第6,083,637号含まれ、それらの開示を参照により本明細書に組み込む。様々な燃料電池は、例えば、カナダ、バンクーバーのBallard Power Systems, Inc.；コネチカット州のInternational Fuel Cells；Rocky Hill、CTのProton Energy Systems, Inc.；マサチューセッツ州のAmerican Fuel Cell Corp.；ドイツ、ErlangenのSiemens AG；フロリダ州のEnergy Partners, L. C.；デトロイト州のGeneral Motors；及び日本のトヨタ自動車（株）から市販されている。

【0132】

以下に述べるフィルタ・アセンブリは、大気から汚染物質を除去し、その後、その空気を燃料電池の動作に使用する。以下に述べるように、フィルタ・アセンブリを、バリア媒体と少なくとも単一の「ファインファイバ」層、ある場合に複数の「ファインファイバ」層との複合体の形に構成することによって、フィルタ・アセンブリの性能（特に動作効率）を高めることができる。ファインファイバ処理は、ほとんどのフィルタ幾何形状及び環境においてフィルタ効率を向上させるのに有利である。低温燃料電池と高温燃料電池の両方を含む、フィルタ温度が120°Fを超えるある過酷な環境に、ファインファイバはしばしば耐えることができ、フィルタ寿命が延びる。

【0133】

H. 燃料電池吸気システム用フィルタ装置の実施例

10

20

30

40

50

図 3 8 は、図 3 7 のシステムで使用可能なフィルタ・アセンブリ 3 5 0 を示す。フィルタ・アセンブリ 3 5 0 は、入口 3 5 4 及び出口 3 5 6 をを画定するハウジング 3 5 2 を含む。汚れた空気は入口 3 5 4 を介してフィルタ・アセンブリ 3 5 0 に入り、清浄な空気は出口 3 5 6 を経て出て行く。

【0 1 3 4】

ハウジング 3 5 2 内には、フィルタエレメント 3 5 8 及び騒音抑制エレメント 3 6 0 が位置決めされている。抑制エレメント 3 6 0 は、第 1 の共鳴器 3 6 1 及び第 2 の共鳴器 3 6 2 を含む。第 1 の共鳴器 3 6 1 は、約 9 0 0 H z のピークを減衰するよう構成され、第 2 の共鳴器 3 6 2 は、約 5 5 0 H z のピークを減衰するよう構成される。

【0 1 3 5】

図 3 8 のフィルタエレメント 3 5 8 は、一般に、フィルタエレメント構造 4 0 (図 2 2) の場合と同様に構成される。したがって、フィルタエレメント 3 5 8 に巻かれた溝付き媒体 3 6 6 (図 3 に関して述べたように) の媒体パック 3 6 4 を含む。

【0 1 3 6】

フィルタエレメント 3 5 8 をインライン・フロー・ハウジング 3 5 2 と共に使用する場合、空気は一方向でハウジング 3 5 2 の入口 3 5 4 内に入り、同じ方向で第 1 の流動面 3 6 8 を経てフィルタエレメント 3 5 8 に入り、同じ方向で第 2 の流動面 3 7 0 を経てフィルタエレメント 3 5 8 から出て行き、やはり同じ方向で出口 3 5 6 を経てハウジング 3 5 2 から出て行く。

【0 1 3 7】

図 2 2 及び 2 4 の実施形態の場合と同様に、ラジアル・シール 3 7 2 は、フレーム 3 7 6 とハウジングの内部シール面 3 7 8 との間でそれらに接するようにシール・ガスケット 3 7 4 を圧縮することによって、形成される。

【0 1 3 8】

フィルタ・アセンブリ 3 5 0 は、吸着又は吸収によって大気から汚染物質を除去するよう設計された部分も含むことが好ましい。本明細書で使用する「吸着する」、「吸着」、「吸着剤」などの用語は、吸収及び吸着の機構も含むものとする。

【0 1 3 9】

化学的に除去する部分は、典型的な場合、例えば乾燥剤（すなわち水又は水蒸気を吸着し又は吸収する材料）や、揮発性有機化合物及び／又は酸性気体及び／又は塩基性気体を吸着し又は吸収する材料などの、物理吸着剤又は化学吸着剤材料を含む。「吸着剤材料」、「吸着材料」、「吸着性材料」、「吸収剤材料」、「吸収材料」、「吸収性材料」という用語、及びこれらを変形させた用語は、吸着又は吸収によって化学的汚染物質を除去する全ての材料を包含するものとする。適切な吸着剤材料には、例えば活性炭、活性炭ファイバ、添着炭、活性アルミナ、モレキュラ・シーブ、イオン交換樹脂、イオン交換ファイバ、シリカ・ゲル、アルミナ、及びシリカが含まれる。これら材料のいずれかは、過マンガン酸カリウムや炭酸カルシウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、硫酸カルシウム、クエン酸、又はこれらの混合物などの材料と組み合わせ、又はこれらの材料で被覆し、又はこれらの材料を含浸させることができる。いくつかの実施形態では、吸着剤材料を第 2 の材料と組み合わせ、又は吸着剤材料に第 2 の材料を含浸させることができる。

【0 1 4 0】

吸着剤材料は、典型的な場合、粒子状物質又は顆粒状の物質を含み、顆粒、ビーズ、ファイバ、細粉、ナノ構造、ナノチューブ、エアロゲルとして存在させることができ、又はセラミック・ビーズやモノリシック構造、ペーパー媒体、金属面などのベース材料上に被覆として存在させることができる。典型的な場合、吸着剤材料、特に粒子状物質又は顆粒状物質は、材料のベッドとして提供される。

【0 1 4 1】

あるいは吸着剤材料は、モノリシック又は単一の形であって例えば大きい錠剤、顆粒、ビーズ、あるいはプリーツ状又はハチの巣状構造など任意選択で更に成形することができる形に形成することができる。少なくともある場合には、成形された吸着剤材料は、フィル

10

20

30

40

50

タ・アセンブリの通常の寿命期間中又は延長された寿命期間中、実質上その形状を保持する。成形された吸着剤材料は、固体又は液体結合剤に結合されたさらさらした粒子状物質が、その後さらさらしない状態の物品に成形されたものから形成することができる。成形された吸着剤材料は、例えば、成型、圧縮成型、又は押出しプロセスによって形成することができる。成型された吸着剤物品は、例えば米国特許第5、189,092号(Koslow)及び第5,331,037号(Koslow)に教示され、それらを参照により本明細書に組み込む。

【0142】

成形された物品を提供するのに使用される結合剤は乾燥したものでよく、すなわち粉末状及び／又は顆粒状の形にすることができ、あるいは結合剤は、液体、溶媒和、又は分散状態の結合剤でよい。湿分硬化ウレタンや、典型的には「ホットメルト」と呼ばれる材料などのある結合剤は、噴霧プロセスによって吸着剤材料に直接付着させることができる。いくつかの実施形態では、成型プロセス中に除去することができる溶媒又は分散剤を含めた一時液体結合剤を使用する。適切な結合剤には、例えばラテックス、微晶質セルロース、ポリビニルアルコール、エチレン-酢酸ビニル、デンプン、カルボニルメチルセルロース、ポリビニルピロリドン、リン酸二カルシウム二水和物、ケイ酸ナトリウムが含まれる。成型された材料の組成は、吸着剤材料を少なくとも約70重量%、典型的には約98重量%以下含むことが好ましい。ある場合には、成形された吸着剤は、吸着剤材料を85~95重量%、好ましくは約90重量%含む。成形された吸着剤は、典型的な場合、結合剤を約2重量%以上かつ約30重量%以下含む。

【0143】

化学的に除去する部分で使用するのに適する吸着剤材料の別の実施形態は、キャリアを含む吸着剤材料である。例えば、吸着剤材料及び結合剤を保持するために、メッシュ又はスクリーンを使用することができる。ポリエステル及びその他の適切な材料を、メッシュ又はスクリーンとして使用することができる。典型的な場合、任意のキャリアは吸着剤材料の重量の約50重量%以下であり、よりしばしば全吸着剤重量の約20~40%である。キャリアを含む成形済みの吸着された材料中の結合剤の量は、典型的な場合、全吸着剤重量の約10~50%の範囲であり、吸着剤材料の量は、典型的な場合、全吸着剤材料の約20~60%の範囲である。

【0144】

化学的に除去する部分は、空気から酸性の汚染物質を除去するために強塩基性の材料を含むことができ、又は空気から塩基性の汚染物質を除去するために強酸性の材料を含むことができ、又はその両方を含むことができる。塩基性材料及び酸性材料は、互いに打ち消し合わないように、互いから除去されることが好ましい。いくつかの実施形態では、吸着剤材料自体は強酸性又は強塩基性の材料でよい。そのような材料の例には、ポリマー微粒子、活性炭媒体、ゼオライト、クレイ、シリカ・ゲル、金属酸化物などの材料が含まれる。その他の実施形態では、強酸性材料及び強塩基性材料を、顆粒状微粒子やビーズ、ファイバ、細粉、ナノチューブ、エアロゲルなどキャリアの表面被覆として設けることができる。あるいは、又は追加として、酸性及び塩基性の表面を形成する酸性及び塩基性の材料は、キャリアの少なくとも一部分全体にわたって存在させることができるが、これは例えば、キャリア材料に酸性又は塩基性の材料を被覆し、又はそれらの材料を含浸させることによって行うことができる。

【0145】

塩基性及び酸性の材料は共にフィルタエレメントの化学的除去部分に存在させることができるが、2種のタイプの材料が互いに反応しないように、また互いに中和しないように、互いに間隔を空けて配置することが好ましい。いくつかの実施形態では、塩基性材料、酸性材料、又はその両方を、活性炭などの吸着剤材料から間隔を空けて配置することができる。

【0146】

大気中にしばしば存在して燃料電池の汚染物質と見なされる酸性化合物の例には、イオウ

酸化物、窒素酸化物、硫化水素、塩化水素、揮発性有機酸、及び不揮発性有機酸が含まれる。大気中にしばしば存在して燃料電池の汚染物質と見なされる塩基性化合物の例には、アンモニア、アミン、アミド、水酸化ナトリウム、水酸化リチウム、水酸化カリウム、揮発性有機塩基、及び不揮発性有機塩基が含まれる。

【0147】

P E M燃料電池の場合、カソード反応が酸性条件下で引き起こされ、したがって塩基性汚染物質が存在することが望ましくない。アンモニアなど、塩基性汚染物質を除去するのに好ましい材料の例には、クエン酸を含浸させた活性炭顆粒のベッドがある。

【0148】

図37のシステムで使用可能なフィルタ・アセンブリの第2の例を、フィルタ・アセンブリ380として図39に破断断面図で示す。フィルタ・アセンブリ380は、入口384及び出口386を画定するハウジング382を含む。汚れた空気が入口384を経てフィルタ・アセンブリ380に入り、清浄な空気が出口386を経て出て行く。騒音抑制エレメント388は共鳴器390を含む。フィルタエレメント391はハウジング382内に取り付けられ、フィルタエレメント358に類似している。 10

【0149】

フィルタ・アセンブリ380は吸着剤エレメント392も含む。吸着剤エレメント392は、端部394と395の間に、円筒形の一塊の炭素393を含む。図示されるものでは、炭素393の塊は、熱可塑性結合剤によって一緒に保持された活性炭の中空の円形延長部397である。炭素393は、例えば米国特許第5, 189, 092号(K o s l o w 20)及び第5, 331, 037号(K o s l o w)の教示によって生成することができる。第1の端部394には、シール・システム396が位置決めされており、第2の端部395にはキャップ398が位置決めされている。

【0150】

シール・システム396は、吸着剤エレメント392とバッフル401との間に気密シールを提供する。シール・システム396は、バッフル401に対して吸着剤エレメント392が封止されるように、また空気が吸着剤エレメント392とハウジング382の側壁との間の領域を通過しないように設計される。シール・システム396は、空気流が吸着剤エレメント392の炭素393を避けて流れるのを阻止する。シール・システム396は、典型的な場合、ポリウレタンなどのフレキシブルな圧縮性材料から作製される。 30

【0151】

キャップ398はフィルタエレメント358から出る空気を逸らして、炭素393の円筒形延長部を軸方向に通過するのではなく炭素393を通して吸着剤エレメント392に入るようにする。フィルタエレメント391からの空気はキャップ398の露出面402に衝突し、その「直線状」の流れから半径方向の成分を有する流れまで別ルートで送られる。キャップ398はその内部に、キャップ398を通して空気を通過させるアパーチャ404を含み、その結果、空気は炭素393に到達できるようになる。空気流を管理する他にキャップ398は、吸収剤エレメント392をフィルタエレメント391に固着させる。

【0152】

吸着剤エレメント392は、化学的除去部分として機能すると同時に、音抑制エレメント388のエレメントとしても機能する。吸着剤エレメント及び吸着剤材料のその他の配置構成も、化学的に除去する特質と音を抑制する特質の両方を持つことができる。 40

【0153】

I. 上記開示したフィルタエレメントに好ましい媒体構造

ファインファイバ・フィルタ構造は2層又は多層構造を含み、フィルタは、1つ又は複数の合成ウェブ、セルロース製ウェブ、又はブレンド・タイプのウェブに結合され又はこれらのウェブによって分離された1つ又は複数のファインファイバ層を含む。別の好ましいモチーフは、ファインファイバを他のファイバのマトリックス又はブレンド中に含む構造である。 50

【0154】

本発明者等は、フィルタ構造におけるファイバ及びマイクロファイバ層の重要な特徴は、特にマイクロファイバが高温で湿度、湿分、又は溶媒に接触する場合は、耐熱性、耐湿性又は防湿性、耐溶媒性に関係すると考える。更に、本発明の材料の第2の重要な性質は、その材料の基体構造への接着性に関係する。マイクロファイバ層の接着性は、マイクロファイバ層が基体から層剥離することなく材料を製造することができるように、またマイクロファイバ層に基体を合わせたものを、著しい層剥離を引き起こすことなくプリーツ、ロール状材料、及びその他の構造を含んだフィルタ構造に加工することができるようにするため、フィルタ材料の重要な特徴である。本発明者等は、温度を1つのポリマー材料の溶融温度に、又はその溶融温度付近であるがそのすぐ下の温度まで、典型的には最も低い溶融温度よりも低い温度まで上昇させる製造プロセスの加熱ステップによって、ファイバ同士の接着性と、ファイバと基体との接着性が大幅に向上することを見出した。溶融温度で、又はそれよりも高い温度で、ファインファイバはその繊維状構造がばらばらになる可能性がある。加熱速度を制御することも極めて重要である。ファイバがその結晶化温度に長時間曝されると、やはり繊維状構造がばらばらになる可能性がある。慎重に熱処理することによってポリマーの性質も改善されるが、これは外部添加剤層の形成によってもたらされるものであり、添加剤材料が表面に移行して疎水基又は疎油基がファイバ表面に露出するからである。

10

【0155】

性能に関する基準は、最終用途に応じて様々な動作温度で、すなわち140 ° F、160 ° F、270 ° F、300 ° Fの温度で1時間又は3時間にわたり材料が無傷のまま残存可能であり、同時に30 %、50 %、80 %、又は90 %というフィルタ効率保持されることである。性能に関する別の基準は、最終用途に応じて様々な動作温度で、すなわち140 ° F、160 ° F、270 ° F、300 ° Fの温度で1時間又は3時間にわたり材料が無傷のまま残存可能であり、同時に最終用途に応じてフィルタ層内部に有効なファインファイバが30 %、50 %、80 %、又は90 %保持されることである。これらの温度で残存することは、低湿度、高湿度、及び水が飽和した空気である。本発明のマイクロファイバ及びフィルタ材料は防湿性と考えられ、材料は、約5分よりも長い時間、160 ° Fよりも高い温度で浸漬に耐えることができると同時に効率が維持される。同様に、本発明のマイクロファイバ材料及びフィルタ材料の耐溶媒性は、70 ° Fで約5分よりも長い時間、エタノールや炭化水素、作動液、芳香族溶媒などの溶媒との接触に耐えることができると同時に50 %の効率が維持される材料から得られる。

20

30

【0156】

本発明のファインファイバ材料は、集塵用パルス・クリーン及び非パルス・クリーン・フィルタ、ガスタービン及びエンジン空気吸入又は導入システム；ガスタービン吸入又は導入システム、重負荷エンジン吸入又は導入システム、軽車両エンジン吸入又は導入システム；車両キャビン空気；オフロード車両キャビン空気、ディスク・ドライブ空気、フォトコピアートナー除去；HVACフィルタであって商用と住宅用両方のフィルタ適用例を含めた様々なフィルタの適用例で使うことができる。ペーパー・フィルタエレメントは、表面負荷媒体の広く様々に使用されている形である。一般にペーパーエレメントは、粒子状物質を含む気体の流れを横切るように配置されたセルロース、合成、又はその他のファイバの稠密なマットを含む。ペーパーは一般に、気体流を通すように構成され、また選択されたサイズよりも大きい粒子が内部を通過しないよう十分微細な孔径及び適切な多孔率を有するようにも構成される。気体（流体）がフィルタ・ペーパーを通過するとき、フィルタ・ペーパーの上流側は拡散及び遮断によって、気体（流体）の流れから選択されたサイズの粒子を捕捉し保持するよう動作する。粒子はフィルタ・ペーパーの上流側でダストケーキとして収集される。時間と共にダストケーキもフィルタとして動作し始め、効率を高める。これは、ときどき「シーズニング」と呼ばれ、すなわち初期効率よりも高い効率が得られるのである。

40

【0157】

50

上述のような簡単なフィルタ設計には、少なくとも2つのタイプの問題がある。第1は、比較的単純な欠陥であり、すなわちペーパーが破れてシステムが故障する。第2は、粒子状物質がフィルタの上流側に薄いダストケーキ又は層として急速に蓄積され、圧力低下を増大させる。ペーパー・フィルタなどの表面負荷フィルタ・システムの「寿命」を延ばすため、様々な方法が利用されてきた。1つの方法は、気体流の流れに直面する媒体の表面積が、プリーツのない平らな構造に比べて増大するように、プリーツ付き構造の媒体を提供することである。これによってフィルタ寿命が延びるが、依然としてかなりの制限がある。このため表面負荷媒体は、フィルタ媒体を通過する速度が比較的遅い適用例、一般には分当たり約20～30フィート以下であり、典型的には分当たり約10フィート程度以下である適用例に、主にその用途を見出した。本明細書で「速度」という用語は、媒体を通る平均速度である（すなわち媒体面積当たりの流動体積）。 10

【0158】

一般に、プリーツ付きペーパー媒体を通る空気流速が速くなるにつれ、フィルタ寿命は速度の2乗分の1に比例して短くなる。したがって、プリーツ付きペーパーの表面負荷型フィルタ・システムを、かなりの空気の流れを必要とするシステムで微粒子フィルタとして使用する場合、比較的広い表面積のフィルタ媒体が必要である。例えば、長距離輸送用ディーゼル・トラックの典型的な円筒形プリーツ付きペーパー・フィルタエレメントは、直径約9～15インチ、長さ約12～24インチ、プリーツの深さが約1～2インチである。したがって媒体のフィルタ表面積（片面）は、典型的な場合30～300平方フィートである。 20

【0159】

多くの適用例、特に流量が比較的高い場合は、代替のタイプのフィルタ媒体、すなわちときどき一般に「深さ」媒体と呼ばれるものが使用される。典型的な深さ媒体は、繊維が絡まった状態の比較的厚い材料を含む。深さ媒体は一般に、その多孔率、密度、又は固形分パーセントによって定義される。例えば中実度2～3%の媒体は、全体積の約2～3%が繊維状材料（固形分）を含んで残りは空気又は気体のスペースであるように配置されたファイバの、深さ媒体マットと考えられる。

【0160】

深さ媒体を定義するための別の有用なパラメータは、ファイバ直径である。中実度パーセントが一定に保たれるがファイバ直径（サイズ）が減少する場合、細孔径又は繊維間のスペースが減少し、すなわちフィルタがより効率的になり、より効果的により小さい粒子を捕捉することになる。 30

【0161】

典型的な従来の深さ媒体フィルタは、深く、比較的一定の（又は均一な）密度の媒体であり、すなわち深さ媒体の中実度がその厚さ全体にわたって実質上一定に保たれる系である。本明細書で「実質上一定」とは、媒体の深さ全体にわたり、あるとしても比較的小さい密度のばらつきしか見られないことを意味する。例えばそのようなばらつきは、内部にフィルタ媒体が位置決めされている容器によって外部係合面がわずかに圧縮されることから生じる可能性がある。

【0162】

勾配密度深さ媒体装置が開発されてきた。いくつかのそのような装置が、例えば米国特許第4,082,476号、第5,238,474号、及び第5,364,456号に記載されている。一般に深さ媒体装置は、実質上その体積又は深さ全体にわたって粒子状物質の「負荷」をもたらすよう設計することができる。したがってそのような装置は、フル・フィルタがその寿命に達したときに、表面負荷システムに比べてより大量の粒子状物質の負荷がかかるように設計することができる。しかし一般にそのような装置では、相当な負荷のために中実度が比較的低い媒体が望ましいので、効率が犠牲になっていた。上記参照した特許に記載されているような勾配密度システムは、十分な効率及びより長い寿命が得られるように設計されてきた。ある場合には、表面負荷媒体は、そのような装置において「研磨」フィルタとして利用される。 40 30

【0163】

本発明によるフィルタ媒体構造は、第1の面を有する透過性の粗い繊維状媒体又は基体の第1の層を含む。ファインファイバ媒体の第1の層は、透過性の粗い繊維状媒体の第1の層の第1の面に固定される。透過性の粗い繊維状材料の第1の層は、平均直径が少なくとも10ミクロン、典型的にかつ好ましくは約12（又は14）～30ミクロンのファイバを含むことが好ましい。また、透過性の粗い繊維状材料の第1の層は、坪量が約200グラム／メートル²以下、好ましくは約0.50～150 g／m²、最も好ましくは少なくとも8 g／m²の媒体を含むことが好ましい。透過性の粗い繊維状媒体の第1の層は、厚さが少なくとも0.0005インチ（12ミクロン）、典型的には厚さが0.0006～0.02（15～500ミクロン）、好ましくは厚さが約0.001～0.030インチ（25～800ミクロン）であることが好ましい。 10

【0164】

好ましい装置では、透過性の粗い繊維状材料の第1の層は、フレイジャー透過性試験によって構造の残りとは別に評価した場合に少なくとも1メートル／分の透過度を示し、典型的にかつ好ましくは約2～900メートル／分の透過度を示す材料を含む。ここで効率について述べるとき、その効率は、特に明記しない限り本明細書で述べるように、20 f p m（6.1メートル／分）の0.78 μ単分散ポリスチレン球状粒子を用い、ASTM-1215-89に従って測定したときの効率を意味するものである。

【0165】

透過性の粗い繊維状媒体の層の第1の面に固定されたファインファイバ材料の層は、ナノファイバ及びマイクロファイバ媒体の層であることが好ましく、このファイバの平均ファイバ直径は約2ミクロン以下であり、一般にかつ好ましくは約1ミクロン以下であり、典型的にかつ好ましくはファイバ直径が0.5ミクロンより小さく約0.05～0.5ミクロンの範囲内のものである。また、透過性の粗い繊維状材料の第1の層の第1の面に固定されたファインファイバ材料の第1の層は、その全厚が約30ミクロン以下であり、より好ましくは20ミクロン以下であり、最も好ましくは約10ミクロン以下であり、典型的にかつ好ましくは、この層のファインファイバ平均直径の約1～8倍（より好ましくは5倍以下）の厚さであることが好ましい。 20

【0166】

本発明によるある好ましい装置は、フィルタ構造全体に一般的に定義したようなフィルタ媒体を含む。そのような用途に向けたいくつかの好ましい装置は、円筒形のプリーツ付き構成であって、プリーツがほぼ縦方向に延在する構成、すなわち円筒形パターンの縦軸と同じ方向に延在する構成に配置された媒体を含む。そのような装置では、従来のフィルタと同様に、媒体をエンド・キャップに埋め込むことができる。そのような装置は、典型的な従来の目的で、望むなら上流ライナ及び下流ライナを含むことができる。 30

【0167】

いくつかの適用例では、本発明による媒体をその他のタイプの媒体と共に、例えば従来の媒体と共に使用して、全体的なフィルタ性能又は寿命を改善することができる。例えば、本発明による媒体を従来の媒体に重ねることができ、スタック状の配置構成で利用することができ、あるいは、従来の媒体の1つ又は複数の領域を含む媒体構造に組み込む（一体化フィーチャ）ことができる。これは、良好な負荷のためにそのような媒体の上流で利用することができ、かつ／又は従来の媒体の下流で高効率研磨フィルタとして使用することができる。 40

【0168】

本発明によるある装置は、液体フィルタ・システムで利用することもでき、すなわちフィルタされる粒子状物質が液体に含まれる系で利用することもできる。また、本発明によるある装置はミスト・コレクタ、例えば微細なミストを空気からフィルタするための装置で利用することもできる。

【0169】

本発明によれば、フィルタするための方法が提供される。この方法は一般に、上述の媒体 50

をフィルタのため有利に利用することを含む。以下の記述及び実施例からわかるように、本発明による媒体は、比較的効率的なシステムに比較的長い寿命を有利に提供できるよう、特に形成し構成することができる。

【0170】

様々なフィルタ・デザインが、フィルタ材料と共に使用されるフィルタ構造の様々な態様を開示し主張する特許に示されている。E n g e l 他のも米国特許第4, 720, 292号は、ほぼ円筒形のフィルタエレメントデザインを有するフィルタ・アセンブリ用のラジアル・シール・デザインを開示しているが、このフィルタエレメントは、円筒形で半径方向内向きの面を有する比較的軟質のゴム状エンド・キャップによって封止されるものである。K a h l b a u g h 他のも米国特許第5, 082, 476号は、プリーツ付き構成エレメントが本発明のマイクロファイバ材料に結合しているフォーム基体を含む深さ媒体を使用したフィルタ・デザインを開示する。S t i f e l m a n 他のも米国特許第5, 104, 537号は、液体媒体をフィルタするのに有用なフィルタ構造に関する。液体はフィルタ・ハウジング内に閉じ込められ、フィルタの外部を通して内部環状コアに入り、次いで構造に戻って有効利用される。そのようなフィルタは、作動液をフィルタするのに非常に有用である。E n g e l 他のも米国特許第5, 613, 992号は、典型的なディーゼル・エンジン吸気フィルタ構造を示す。この構造は、混入水分を含有しても含有しなくてもよい空気をハウジングの外表面から得る。空気はフィルタを通過し、一方水分はハウジングの底部に移動して、ハウジングから排水することができる。G i l l i n g h a m 他のも米国特許第5, 820, 646号はZフィルタ構造を開示しているが、この構造は、適正なフィルタ性能を得るために、「Z」形通路のフィルタ媒体の少なくとも1つの層に流体の流れを通すことが必要な閉塞した通路を含む、特定のプリーツ付きフィルタ・デザインを使用する。プリーツ付きZ形態様に形成されたフィルタ媒体は、本発明のファインファイバ媒体を含むことができる。G l e n 他のも米国特許第5, 853, 442号は、本発明のファインファイバ構造を含むことができるフィルタエレメントを有するバッグ・ハウス構造を開示する。B e r k h o e l 他のも米国特許第5, 954, 849号は、製造中の加工品を処理してかなりのダスト負荷が環境空气中に生じた後、一般にダスト負荷が大きい空気を処理する際に空気の流れからダストをフィルタするのに有用な集塵器構造を示す。最後に、G i l l i n g h a m の米国意匠特許第425, 189号は、Zフィルタ・デザインを使用したパネル・フィルタを開示する。

【0171】

以下の材料を、以下の電界紡糸プロセス条件を使用して生成した。

【0172】

以下の材料を、回転エミッタ・システム又はキャピラリ・ニードル・システムを使用して紡糸した。いずれも実質上同じ繊維性材料を生成することがわかった。

【0173】

一般にデバイスでを使用してファイバは製造される。流量は、エミッタ当たり1.5mil/分、目標距離8インチ、エミッタ電圧88kV、相対湿度45%、回転エミッタ35rpmであった。

【0174】

実施例1：ファイバのサイズの効果

ファインファイバ・サンプルをナイロン6、66、610のコポリマーから調製し、ナイロンコポリマー樹脂(SVP-651)の分子量について、末端基滴定により分析をした(J. E. Walz及びG. B. Taylor, determination of the molecular weight of nylon, Anal. Chem. Vol. 19, Number 7, 第448~450ページ(1947))。数平均分子量は、21,500から24,800の間であった。組成物は、3成分ナイロン、すなわちナイロン6 約45%、ナイロン66 約20%、及びナイロン610 約25%の熔融温度の状態図によって推定した(第286ページ、Nylon Plastics Handbook, Melvin Kohan編, Hanser Publisher, Ne

w York (1995))。報告されたSV P 651樹脂の物理的性質は、以下の通りであり、

【0175】

【表2】

性質	ASTM法	単位	典型的な値
比重	D-792	--	1.08
吸水量 (24時間浸漬)	D-570	%	2.5
硬さ	D-240	Shore D	65
融点	DSC	°C (°F)	154 (309)
降伏点引張強さ	D-638	MPa (kpsi)	50 (7.3)
破断点伸び	D-638	%	350
曲げ弾性率	D-790	MPa (kpsi)	180 (26)
体積抵抗率	D-257	ohm-cm	10 ¹²

10

直径0.23ミクロン及び0.45ミクロンのファイバが生成された。サンプルを室温の水に浸し、空気乾燥し、その効率を測定した。図12のグラフからわかるように、ファイバが大きいほど分解にかかる時間は長く、分解のレベルは低かった。ある特定に理論に拘泥するものではないが、表面／体積の比がより大きい、より小さいファイバが、環境の作用に起因して分解し易くなるようである。しかし、より大きいファイバは効率的なフィルタ媒体を形成しない。

20

【0176】

実施例2：ナイロンファイバとフェノール樹脂及びエポキシ樹脂との架橋

ファイバの耐薬品性を改善するため、ナイロンファイバの化学的架橋を試みた。既述のコポリアミド（ナイロン6、66、610）を、Georgia Pacific 5137であるフェノール樹脂と混合し、紡糸してファイバにした。ナイロン：フェノール樹脂の比、及びそのブレンドの溶融温度を以下に示す。

【0177】

【表3】

組成	溶融温度 (°F)
ポリアミド：フェノール樹脂 = 100:0	150
ポリアミド：フェノール樹脂 = 80:20	110
ポリアミド：フェノール樹脂 = 65:35	94
ポリアミド：フェノール樹脂 = 50:50	65

30

【0178】

このブレンドからは、比較可能なファイバを生成することができた。50：50のブレンドは、熱を介して繊維性構造が破壊されたので架橋することができなかった。65：35のブレンドを90℃よりも低い温度で12時間加熱することにより、得られたファイバの耐薬品性が改善され、その結果、アルコールに溶解しにくくなった。ポリアミドとエポキシ樹脂、例えばShellのEpon 828やEpi-Res 510などとのブレンドを使用することができる。

40

【0179】

実施例3：フッ素系添加剤（Scotchgard（登録商標））撥水剤による表面改質
3M社のアルコール混和性Scotchgard（登録商標）FC-430及び431をポリアミドに添加した後、紡糸した。付加量は固形分10%であった。Scotchgardの添加は、ファイバ形成を妨げなかった。THCベンチでは、Scotchgard状の高分子量撥水剤による仕上げによって、耐水性が改善されなかったことを示す。Scotchgardを添加したサンプルを、製造業者から示されるように、300°Fで10分間加熱した。

50

【0180】

実施例4：カップリング剤による改質

ポリマー・フィルムを、Kenrich Petrochemicals, Inc. のチタニウム系カップリング剤と共にポリアミドから流延した。このカップリング剤には、イソプロピルトリイソステアロイルチタネート (KR TTS)、ネオペンチル (ジアリル) オキシトリ (ジオクチル) フォスファートチタネート (L I C A 1 2)、ネオペンチル (ジアリル) オキシ、トリ (N-エチレンジアミノ) エチルジルコネート (N Z 4 4) が含まれる。流延フィルムを沸騰水に浸した。カップリング剤を含まない対照サンプルはその強度をすぐに失ったが、カップリング剤を添加したサンプルは、その形を最長10分間維持した。これらのカップリング剤を添加したサンプルを紡糸してファイバにした (0.2ミクロンファイバ)。

【0181】

実施例5：低分子量 p-e-r-t-ブチルフェノールポリマーによる改質

分子量が400～1100の範囲のp-e-r-t-ブチルフェノールのオリゴマーを、オハイオ州コロンバスのEnzymol Internationalから購入した。これら低分子量ポリマーを、エタノール、イソプロパノール、ブタノールなどの低級アルコールに溶解した。これらのポリマーを既述のコポリアミドに添加し、悪い結果をもたらすことなく0.2ミクロンのファイバに電界紡糸した。一部のポリマー及び添加剤は電界紡糸プロセスを妨げる。実施例2で述べた従来のフェノール樹脂とは異なり、本発明者等は、この群のポリマーがファイバ形成プロセスを妨害しないことを見出した。

【0182】

本発明者等は、グラフに見られるように、この群の添加剤が、ファインファイバを湿潤環境から守ることを見出した。図13～図16は、オリゴマーが、140°F及び100%の相対湿度で非常に良好な保護をもたらすことを示し、その性能は、160°Fで非常に良くないことを示している。この添加剤を、使用されるポリマーの5%から15%の量で添加した。本発明者等は、それらの添加剤が、ファイバが140°Fで高い湿度に曝されるのを等しく効果的に防止することを見出した。また本発明者等は、ファイバを短時間150°Cに曝することによって、性能が高められることを見出した。

【0183】

表1は、付加量10%のポリアミド・ファイバの、温度及び時間暴露の影響を示す。

【0184】

【表4】

表1：140°F浸漬後に保持される効率 (%)

温度	加熱時間		
	1分	3分	10分
150°C	98.9	98.8	98.5
	98.8	98.9	98.8
130°C	95.4	98.7	99.8
	96.7	98.6	99.6
110°C	82.8	90.5	91.7
	86.2	90.9	85.7

【0185】

これは驚くべき結果であった。この種類の添加剤に関しては、耐水性の劇的な向上が見られた。この群の添加剤がどのように働くかを理解するため、ファインファイバ・マットをE S C Aと呼ばれる表面分析技法で分析した。表1に示される付加量10%のサンプルを、ミネソタ大学でE S C Aを用いて分析したが、その結果を表2に示す。

【0186】

【表5】

表2：表面組成（ポリマー：添加剤の比）

温度	加熱時間		
	1分	3分	10分
150°C	40:60	40:60	50:50
130°C	60:40	56:44	62:82
110°C	63:37	64:36	59:41
熱なし	77:23		

10

【0187】

初めに、添加剤の表面濃度がバルク濃度の2倍よりも高いことを見出したことは理屈に合わないと思われた。しかし、本発明者等は、このことを、添加剤の分子量によって説明することができると思う。約600という添加剤の分子量は、主体となるファイバ形成ポリマーの分子量よりも非常に小さい。添加剤はサイズがより小さいので、蒸発する溶媒分子に合わせて移動することができる。したがって、添加剤の表面濃度をより高くすることができる。更に処理することによって、保護添加剤の表面濃度が増大する。しかし、10分間、150°Cに曝すと、濃度は増大しなかった。これは、長鎖ポリマーが動き回るための時間があるので、コポリアミドとオリゴマー分子の2成分混合が生じていることを示すと考えられる。この分析により教示されることは、後処理の時間及び温度を適正に選択することによって性能を高めることができるが、暴露が長すぎると悪影響が生じる可能性がある、ということである。

20

【0188】

更に、飛行時間（Time of Flight）SIMSと呼ばれる技法を使用して、このような添加剤を含んだマイクロファイバの表面について試験をした。この技法は、対象物に電子を衝突させることを含み、その表面から何が来るかを観察する。添加剤を含まないサンプルは、電子を衝突させると有機窒素種が取れることを示す。これは、ポリアミド種が取れることを示している。また、ナトリウムやシリコンなど、少量の不純物が存在することも示している。熱処理をしない、添加剤を含むサンプル（表面の添加剤濃度23%）は、大部分を占める種が t-ブチル 断片であることを示し、小さいがはっきりとしたポリアミドのピークが観察される。また、質量差148 amuで高い質量ピークも観察され、これは t-ブチルフェノール に相当する。150°Cで10分間処理したサンプル（ESCA分析による表面添加剤濃度50%）の場合、検査によって、その大部分を t-ブチル 断片が占め、存在するとしても、ポリアミドを示す非常に小さいピークが示されるだけである。これは、 t-ブチルフェノール 及びそのポリマー全体に関連するピークを示していない。またこれは、 $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$ 断片に関連するピークも示している。

30

【0189】

飛行時間SIMS分析は、剥き出しのポリアミド・ファイバが、イオン衝撃によって、露出したポリマー鎖から破断した窒素断片を放出し、表面に汚染物質が生じることを示している。熱処理をしない添加剤は被覆が不完全であることを示すが、これは、添加剤が表面の一部を覆わないことを示している。 t-ブチルオリゴマー は、表面上に緩く組織化される。イオン・ビームがその表面にぶつкаると、分子全体が不安定な t-ブチル 断片と共に取れる可能性がある。熱処理した添加剤は、表面の完全な被覆を促進させる。更に分子は、 t-ブチル や、あるいは CH=CH-OH など、不安定な断片のみが外れて、 t-ブチルフェノール の分子全体は外れないように、緊密に配置される。ESCAと飛行時間SIMSは、表面の異なる深さを見る。ESCAは、100オングストロームまでのより深い面を見るが、飛行時間SIMSは、10オングストロームの深さだけを見る。これらの分析は一致する。

40

50

【0190】

実施例6—表面被覆されたインターポリマーの開発

被覆及び接着剤の適用例に向けた可溶性及び架橋可能な樹脂を調製するために、初めにタイプ8ナイロンを開発した。このタイプのポリマーは、酸の存在下、ポリマー66とホルムアルデヒド及びアルコールとの反応によって形成する（参考文献 Cairns, T. L.; Foster, H. D.; Larcher, A. W.; Schneider, A. K.; Schereiber, R. S. J. Am. Chem. Soc. 1949, 71, 651）。このタイプのポリマーは、電界紡糸することができ、架橋することができる。しかし、このポリマーからのファイバ形成はコポリアミドよりも劣り、架橋しにくくなる可能性がある。

10

【0191】

タイプ8ナイロンを調製するため、10ガロンの高圧反応器に以下の比で投入した。

【0192】

【表6】

ナイロン66 (duPont Zytel 101)	10 ポンド
メタノール	15.1 ポンド
水	2.0 ポンド
ホルムアルデヒド	12.0 ポンド

【0193】

次いで反応器に窒素を流し、加圧下で、少なくとも135℃に加熱した。所望の温度に達したら、少量の酸を触媒として添加した。酸性触媒には、トリフルオロ酢酸、ギ酸、トルエンスルホン酸、マレイン酸、無水マレイン酸、フタル酸、無水フタル酸、リン酸、クエン酸、及びこれらの混合物が含まれる。Nafion（登録商標）ポリマーも触媒として使用することができる。触媒を添加した後、反応を最長30分間進行させる。粘性の均質ポリマー溶液をこの段階で形成する。指定された反応時間が経過した後、高圧容器の内容物を、メタノール、水、水酸化アンモニウムや水酸化ナトリウムなどの塩基が入っている浴に移して、反応を抑止する。溶液を十分に急冷した後、その溶液を脱イオン水中に沈殿させる。綿毛状のポリマー顆粒が形成される。次いでポリマー顆粒を遠心分離し、真空乾燥する。このポリマーは、水が様々な割合で含まれるメタノール、エタノール、プロパノール、ブタノール、及びこれらの混合物に溶解する。これらは異なるアルコールのブレンドにも溶解する。

20

30

【0194】

このように形成されたアルコキシアルキル変性タイプ8ポリアミドは、エタノール／水の混合物に溶解する。ポリマー溶液は、Barri'sの米国特許第4,650,516号に記載した手法で電界紡糸される。ポリマー溶液の粘度は、時間と共に増大する傾向がある。ポリマーの粘度は、ファイバのサイズを決定する際に大きな影響を与えることが、一般に知られている。そのため、商用規模の連続生産において、そのプロセスを制御することが困難である。更に、同じ条件下で、タイプ8ポリアミドはコポリアミドほど効率的にマイクロファイバを形成しない。しかし、トルエンスルホン酸や無水マレイン酸、トリフルオロメタンスルホン酸、クエン酸、アスコルビン酸などの酸性触媒を添加して溶液を調製し、ファイバ形成後にファイバ・マットを慎重に熱処理する場合、得られるファイバは非常に良好な耐薬品性を有する（図13）。架橋段階中は、繊維性構造が破壊されないように注意を払わなければならない。

40

【0195】

本発明者等は、タイプ8ポリアミド（ポリマーB）とアルコール可溶性コポリアミドとをブレンドする場合に驚くべき結果を見出した。アルコキシアルキル変性ポリアミド6630重量%を、SV P 637又は651（ポリマーA）、Elvamide 8061などのアルコール可溶性コポリアミドに代えることによって、相乗効果があることを見出した。ブレンドのファイバ形成は、いずれかの成分単独の場合よりも効率的である。エタ

50

ノールに浸漬し、フィルタ効率を測定することによって、98%よりも良好なフィルタ効率が保持されることが示され、T H C ベンチ試験では、タイプ8 ポリアミド単独の場合に匹敵する結果を示す。このタイプのブレンドは、効率的なファイバ形成及びコポリアミドの優れたフィルタ特性の利点を、架橋したタイプ8 ポリアミドの優れた耐薬品性の利点と共に得ることができることを示す。アルコール浸漬試験は、非架橋性コポリアミドが架橋に寄与してフィルタ効率98%が維持されることを、強く示している。

【0196】

ポリマーA及びBのブレンドのD S C (図17～図20参照)は、250℃に加熱された後、ポリマーA単独でのD S Cと区別できなくなっており、(完全に架橋された状態で)明確な溶融温度を示さない。このことは、ポリマーA及びBのブレンドが、ポリマーBがポリマーAと架橋したことによって、完全に一体化されたポリマーになっていることを強く示している。これは、完全に新しい種類のポリアミドである。

10

【0197】

同様に、ポリ(エチレンテレフタレート)とポリ(ブチレンテレフタレート)とのメルトブレンドは、同様の性質を持つ。どちらかの成分の溶融温度よりも高い温度で溶融処理を行う間、エステル基の交換が引き起こされ、P E TとP B Tのインターポリマーが形成される。更に、本発明者等の架橋温度はいずれかの単一成分よりも低い。そのような基の交換がこの低い温度で生じるとは予想され難い。したがって本発明者等は、タイプAとタイプBのポリアミドの溶液ブレンドと、いずれかの成分の融点よりも低い温度での架橋によって、新しい種類のポリアミドを見出したと考える。

20

【0198】

本発明者等は、 ϵ -ブチルフェノールオリゴマー(添加剤7)10重量%を添加し、架橋温度に必要な温度で熱処理した場合、更に良好な結果が得られることを見出した。本発明者等は、 ϵ -ブチルフェノールオリゴマーのヒドロキシル官能基が、タイプ8ナイロンの官能基との反応に寄与する可能性があるとして理論付けた。本発明者等が見出したことは、この成分系では、ファイバ形成が良好であり、高温高湿に対する耐性が改善され、ファインファイバ層の表面に疎水性がもたらされるということである。

【0199】

ポリマーAとポリマーBの混合物サンプル(サンプル6A)、ポリマーA、ポリマーB、及び添加剤の混合物サンプル(サンプル6B)を調製した。次いで電界紡糸プロセスによってファイバを形成し、ファイバ・マットを300°Fに10分間暴露し、E S C A 表面分析によって表面組成を評価した。

30

【0200】

表にサンプル6A及び6BのE S C A 分析を示す。

【0201】

【表7】

組成 (%)	サンプル6A		サンプル6B	
ポリマーA	30		30	
ポリマーB	70		70	
添加剤7	0		10	
表面組成	W/O熱	W/熱	W/O熱	W/熱
ポリマーA&B (%)	100	100	68.9	43.0
添加剤7	0	0	31.1	57.0

40

【0202】

E S C A は、水素濃度以外の表面組成に関する情報を提供する。E S C A は、炭素、窒素

50

、及び酸素に関する情報を提供する。添加剤 7 は窒素を含有しないので、窒素濃度を比較することによって、窒素含有ポリアミドと窒素を含有しない添加剤との比を推定することができる。追加の定量的情報は、535 eV から 527 eV の間の結合エネルギーの O 1s スペクトルを試験することによって、入手可能である。C=O 結合は、531 eV 付近の結合エネルギーを有し、C-O 結合は、533 eV 付近の結合エネルギーを有する。これら 2 つのピークのピーク高さを比較することによって、ポリアミドの相対的な濃度を推定することができ、大部分を占めるのが C=O 基であり、追加として C-O 基だけ存在する。ポリマー B は変性により C-O 結合を有し、架橋すると、C-O 濃度は低下することになる。E S C A はそのような反応が実際に生じたことを確認し、C-O 結合が相対的に減少したことを示している（図 4 は、熱処理していないポリマー A とポリマー B の混合ファイバに関し、図 5 は、ポリマー A とポリマー B の熱処理済み混合ファイバに関する）。添加剤 7 の分子が表面に存在する場合、C-O 結合がより多いと予想することができる。これは実際に、図 6 及び 7 に見られるようなケースである（図 6 は、ポリマー A、ポリマー B、及び添加剤 7 の紡糸状態の混合ファイバに関する。図 7 は、ポリマー A、ポリマー B、及び添加剤 7 の熱処理済み混合ファイバに関する）。図 6 は、実施例 7 に関して C-O 結合の濃度が増大することを示す。これらの調査結果は、図 8 から図 11 までの XPS 多重スペクトルに基づく表面濃度に一致している。

【0203】

t-ブチルオリゴマー分子はファインファイバの表面に向かって移動し、約 50 Å の疎水性被覆を形成することが明らかである。タイプ 8 ナイロンは -CH₂OH や -CH₂OH などの官能基を有し、これらは本発明者等が、t-ブチルフェノールの -OH 基と反応すると予想したものである。このため本発明者等は、より少ないオリゴマー分子がファイバ表面に見られると予想した。本発明者等は、自らの仮説が正しくなく、インターポリマーの表面に薄い被膜があることを見出した。

【0204】

サンプル 6A、6B 及びセクション 5 で述べたサンプルの繰返しを、160 °F、100 %RH の THC ベンチにかけた。前述のセクションでは、サンプルを 140 °F 及び 100 %RH に暴露した。このような条件下、t-ブチルフェノールは、ターポリマーコポリアミドが分解するのを防止した。しかし、100 %RH で温度が 160 °F まで上昇すると、t-ブチルフェノールオリゴマーは、下に在るターポリマーコポリアミドファイバを十分に保護することができない。これらのサンプルについて、160 °F、100 %RH で比較した。

【0205】

【表 8】

表：160 °F および 100 %RH に暴露した後に保持される、ファイン・ファイバの効率

ファイバの効率

サンプル	1時間後	2時間後	3時間後
サンプル 6A	82.6	82.6	85.9
サンプル 6B	82.4	88.4	91.6
サンプル 5	10.1		

【0206】

表は、サンプル 6B が、高温高湿への暴露を防止するのに役立つことを示している。

【0207】

より著しい相違は、ファイバ・マット上の水滴に曝したときに見られる。DI 水の小滴をサンプル 6A の表面に置くと、その水滴はすぐファイバ・マット全体に広がり、基体ペーパーまで濡らす。一方サンプル 6B の表面に水滴を置くと、水滴はビーズを形成し、マット表面上に広がらない。p-t-ブチルフェノールのオリゴマーを添加することによって、

サンプル 16 の表面が疎水性になるよう改質した。このタイプの製品は、水滴がサンプル 6B のファインファイバの表層を通り抜けないので、ウォーター・ミスト・エリミネータとして使用することができる。

【0208】

サンプル 6A、6B 及びセクション 5 の繰返しサンプルを、温度を 310 ° F に設定した炉内に置いた。表は、サンプル 6A 及び 6B の両方が無傷のままであり、セクション 5 のサンプルはひどい損傷を受けたことを示している。

【0209】

【表 9】

表：310 ° F 暴露後に保持されるファイン・ファイバ効率

10

サンプル	6時間後	77時間後
サンプル6A	100%	100%
サンプル6B	100%	100%
サンプル5	34%	33%

【0210】

ポリマー A のみにオリゴマーを添加すると、ファインファイバ層の耐熱性が向上するが、添加剤 7 を添加した場合には、高温暴露に対してははっきりした効果がない。

【0211】

20

ターポリマーコポリアミド、アルコキシアルキル変性ナイロン 66、及び t-ブチルフェノールのオリゴマーの混合物は、ターポリマーコポリアミドと t-ブチルフェノールオリゴマーの混合物、又はターポリマーコポリアミドとアルコキシアルキル変性ナイロン 66 の混合物よりも、製造の際の生産性を改善した状態で過酷な環境下のファインファイバを助けるのにより優れた製品を提供することが、明らかに示された。これら 2 成分の混合物も、単一成分系より改善されている。

【0212】

実施例 7：ポリアミドとビスフェノール A ポリマーとの相溶性ブレンド

新しい種類のポリマーは、フェノール環の酸化カップリングによって調製することができる (Pecora, A; Cyrus, W. 米国特許第 4, 900, 671 号 (1990) 及び Pecora, A; Cyrus, W.; Johnson, M. 米国特許第 5, 153, 298 号 (1992))。特に興味深いのは、Enzymol Corp. から販売されている Bisphenol A (ビスフェノール A) で作製したポリマーである。大豆ペルオキシダーゼの触媒作用によるビスフェノール A の酸化は、ビスフェノール A の 2 つの -OH 基のどちらの側からも開始することができる。線状の、ビスフェノール A をベースとしたポリカーボネートとは異なり、このタイプのビスフェノール A ポリマーは、高度に枝分かれたポリマーを形成する。このポリマーは高度に枝分かれる性質を持つので、ポリマーブレンドの粘度を低くすることができる。

30

【0213】

本発明者等は、このタイプのビスフェノール A ポリマーとポリアミドを溶液ブレンドできることを見出した。ナイロンに関して報告されたハンセンの溶解度パラメータは、18.6 である (第 317 ページ、Handbook of Solubility Parameters and other cohesion parameters、A. Barton 編、CRC Press、Boca Raton Florida、1985)。溶解度パラメータを計算する場合 (第 61 ページ、Handbook of Solubility Parameters)、計算された溶解度パラメータは 28.0 である。溶解パラメータに差があるので、双方が互いに対して混和性であると予想することができない。しかし本発明者等は、双方が完全に混和性を有し、予期しない性質をもたらすことを見出した。

40

【0214】

50

エタノール溶液中に、分子量 3,000 のビスフェノール A とコポリアミドが 50 : 50 のブレンドを形成した。溶液中の全濃度は 10 % であった。コポリアミド単独では、ファイバ直径が 0.2 ミクロンになった。ブレンドの場合、約 1 ミクロンのファイバの厚い層になった。分子量 7,000 のビスフェノール A は、コポリアミドと共にあるときには安定でなく、沈殿する傾向がある。

【0215】

50 : 50 のブレンドの DSC は、溶融温度が不十分であることを示す。コポリアミドの溶融温度は約 150 °C であり、ビスフェノール A 樹脂は T_g が約 100 のガラス状ポリマーである。このブレンドは、明確な溶融が不十分であることを示す。ファイバ・マットを 100 °C に暴露すると、ファイバ・マットは消失する。このブレンドは、上限使用温度があまり高くなく、圧力低下が低い必要がある場合に、優れたフィルタ媒体を作製すると考えられる。このポリマー系は、妥当な手法で架橋することができなかった。

10

【0216】

実施例 8 : ビスフェノール A ポリマーのブレンドにおける溶媒及び固体としての 2 重の役割

ビスフェノール A ポリマーブレンドの驚くべき特徴とは、溶液の形態の場合にはビスフェノール A ポリマーが溶媒のように振る舞い、固体の形態ではそのポリマーが固体として機能することである。本発明者等は、ビスフェノール A ポリマーの 2 重の役割が、全く固有のものであることを見出した。

【0217】

下記の配合を行った。

20

【0218】

【表 10】

アルコキシアルキル変性 PA66: ポリマー B	180 g
ビスフェノール A 樹脂 (3,000MW): ポリマー C	108 g
エタノール 190 グレード	827 g
アセトン	218 g
DI 水	167 g
触媒	9.3 g

30

【0219】

このブレンドの粘度は、ブルックフィールド粘度計によれば 32.6 センチポアズであった。全ポリマー濃度は 19.2 % であった。19.2 % のポリマー B の粘度は 200 センチポアズを超える。同様の溶媒中、12 % ポリマー B 単独での粘度は、約 60 センチポアズである。これは、溶液全体の粘度が予想よりも低いので、ビスフェノール A 樹脂が溶媒のように振る舞う明らかな例である。得られるファイバの直径は 0.157 ミクロンであった。ポリマー B のみがファイバの配合に寄与したなら、予想されるファイバのサイズは 0.1 ミクロン未満になる。言い換えれば、ポリマー C がファイバの配合に寄与したのである。このように、成分が劇的な 2 重の役割をする、他のどのようなケースも知られていない。サンプルをエタノールに浸漬した後、フィルタ効率及びファイバ・サイズを測定した。アルコール浸漬後、85.6 % というフィルタ効率が保持され、ファイバ・サイズに変化はなかった。これは、ポリマー C が、ポリマー固体のように架橋動作に寄与したことを示している。

40

【0220】

別のポリマー溶液を以下の手法で調製した：

【0221】

【表 11】

アルコキシアルキル変性PA66: ポリマーB	225 g
ビスフェノールA樹脂 (3,000MW): ポリマーC	135 g
エタノール190グレード	778 g
アセトン	205 g
DI水	157 g
触媒	11.6 g

このブレンドの粘度は90.2センチポアズであった。これは、固体24%の場合、非常に低い粘度である。これは、ポリマーCが、溶液中では溶媒のように振る舞うことも示している。しかし、電界紡糸を行ってファイバにする場合、ファイバ直径は0.438ミクロンになる。ポリマーB単独の15%溶液は、約0.2ミクロンのファイバを生成すると考えられる。最終の状態では、ポリマーCが寄与することによってファイバ・サイズが大きくなる。やはりこの例でも、このタイプの枝分かれポリマーが溶液中では溶媒として働き、最終の状態では固体として働くことを示している。エタノール溶液に浸漬した後、77.9%というフィルタ効率が保持され、ファイバ・サイズに変化はなかった。

10

【0222】

実施例9：架橋されたポリアミド／ビスフェノールAポリマー・ブレンドの開発

樹脂、アルコール、及び水を合わせ、60℃で2時間攪拌することによって、3つの異なるサンプルを調製した。溶液を室温に冷却し、触媒を溶液に添加して、その混合物を更に15分間攪拌した。その後、溶液の粘度を測定し、紡糸してファイバにした。

20

【0223】

下記の表はこれらの例を示す：

【0224】

【表12】

配合 (g)	サンプル9A	サンプル9B	サンプル9C
ポリマーB	8.4	12.6	14.7
ポリマーA	3.6	5.4	6.3
ポリマーC	7.2	10.8	12.6
エタノール190グレード	89.3	82.7	79.5
イソプロパノール	23.5	21.8	21.0
DI水	18.0	16.7	15.9
触媒	.45	0.58	0.79
粘度 (cP)	22.5	73.5	134.2
ファイバ・サイズ (ミクロン)	0.14	0.258	0.496

30

本発明者等は、このブレンドがファイバを効率的に生成し、ポリマーA配合に比べてファイバの質量が約50%多くなることを見出した。更に、得られるポリマー・マイクロファイバは、耐薬品性がより高いファイバを生成する。アルコール浸漬後、本質的に架橋可能なポリマーが固体組成物のわずか44%であっても、これらのファイバから作製されたフィルタは90%よりも高いフィルタ効率を維持し、ファイバ直径に変化はなかった。このコポリアミド、アルコキシアルキル変性ナイロン66、及びビスフェノールAの3成分ポリマー組成物は、優れたファイバを形成する、化学的に耐久力のある材料を生成する。

40

【0225】

実施例10：ナイロン66とナイロン46とのアルコキシアルキル変性コポリマー

10ガロン高压反応器で以下の反応を行い、得られたポリマーについて分析した。反応温度に達した後、触媒を添加して15分間反応させた。その後、ポリマー溶液を急冷し、沈殿させ、洗浄して乾燥させた。

【0226】

50

【表 1 3】

反応器投入 (LB)	実験10A	実験10B	実験10C	実験10D	実験10E
ナイロン4,6	10	5	5	5	5
(duPont Zytel 101)					
ナイロン6,6	0	5	5	5	5
(DSM Stanyl 300)					
ホルムアルデヒド	8	10	8	10	8
DI水	0.2	0.2	2	0.2	2
メタノール	22	20	20	20	20
反応温度 (°C)	140	140	140	150	150
Tg (°C)	56.7	38.8	37.7	38.5	31.8
Tm (°C)	241.1	162.3	184.9	175.4	189.5
置換レベル					
アルコキシ (重量%)	11.9	11.7	7.1	11.1	8.4
メチロール (重量%)	0.14	0.13	0.14	0.26	0.24

10

【0 2 2 7】

ナイロン4 6 及びナイロン6 6 で形成したポリマーのD S Cは、変性ナイロン4 6 の溶融温度 (2 41 °C) 又は変性ナイロン6 6 の溶融温度 (2 1 0 °C) よりも低い、ブロードな単一の溶融温度を示す。これは、反応中に、両方の成分がポリマー鎖に沿ってランダムに分布することを示す。したがって、アルコキシアルキル変性により、ナイロン4 6 とナイロン6 6 のランダムコポリマーが得られたと考えられる。これらのポリマーはアルコールに溶解し、また、アルコールと水の混合物に溶解する。

20

【0 2 2 8】

【表 1 4】

性質	ASTM	ナイロン6.6	ナイロン4.6
T _m		265°C	295°C
引張り強さ	D638	13,700	8,500
破断点伸び	D638	15~80	60
引張り降伏強さ	D638	8000~12,000	
曲げ強さ	D790	17,8000	11,500
引張り弾性率 × 10 ³ psi	D638	230~550	250
ノッチのアイゾッド衝撃ft-lb/in	D256A	0.55~1.0	17
曲げ荷重 (264psi) 下での撓み温度	D648	158	194

30

40

【0 2 2 9】

両方とも結晶化度が高く、共通のアルコールに溶解しない。

【0 2 3 0】

出所: Modern Plastics Encyclopedia 1998

実施例 1 1 : コポリアミドとアルコキシ変性ナイロン4 6 / 6 6 コポリマーとのインターポリマーの開発、及び電界紡糸ファイバの形成

実験 1 0 B 及び 1 0 D のサンプルを、上述の方法によってファイバに作製した。アルコキシアルキル変性ナイロン4 6 / 6 6 (ポリマーD) のみを首尾良く電界紡糸した。ポリマーDとポリマーAをブレンドすることによって、下記の表に見られるようにポリマーDの架橋性を犠牲にすることなく、より効率的にファイバを形成することができ、より大きい

50

ファイバを作製することができるという追加の利益を得ることができる。

【0231】

【表15】

	ポリマー10B		ポリマー10D	
	単独	w/30%	単独	w/30%
ファイバ・サイズ (ミクロン)	0.183	0.464	0.19	0.3
ファイバ質量比	1	3	1	2
濾過効率保持 (%)	87	90	92	90

10

【0232】

ファイバ質量比を、(ファイバの全長×断面積)によって計算した。保持効率保持は、フィルタ・サンプルをエタノールに浸漬して測定した。ファイバ・サイズは、アルコール浸漬によって変化しなかった。

【0233】

実施例12：架橋された電界紡糸PVA

PVA粉末を、Aldrich Chemicalsから購入した。この粉末を、水、又はエタノールと水が50/50の混合物に溶解した。これらを架橋剤及びトルエンスルホン酸触媒と混合して、電界紡糸した。得られたファイバ・マットを150℃の炉内で10分間架橋し、その後、THCベンチにかけた。

【0234】

【表16】

	サンプル12A	サンプル12B	サンプル12C	サンプル12D
PVA				
加水分解	98~99	87~89	87~89	87~89
分子量	31,500~50,000	31,500~50,000	31,500~50,000	31,500~50,000
PVA	10	10	10	10
濃度 (%)				
溶媒	水	混合物	混合物 (c)	混合物 (d)
その他のポリマー	なし	なし	アクリル酸	Cymel 385
その他	0	0	30	30
ポリマー/PVA (%)				
ファイバ (%)	0 (a)	0 (a,b)	95 (b)	20 (b)
THC保持、1時間				
ファイバ (%)			90 (a)	
THC保持、3時間				

30

(a) 温度160°F、100%湿度

(b) 温度140°F、100%湿度

(c) 分子量2000

40

(d) Cytacからのメラミンホルムアルデヒド樹脂

【0235】

実施例13

従来のセルローズ・エアフィルタ媒体を基体として使用した。この基体の坪量は、3000平方フィート当たり67ポンドであり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が0.5インチで1分当たり16フィートであり、厚さが0.012インチであり、LEFS効率が41.6%であった。実施例1のファインファイバ層を、0.2ミクロンの公称ファイバ直径について述べたプロセスを使用して、表面に付加した。得られた複合体のLEFS効率は63.7%であった。100%相対湿度で140Fの空気に1時間暴露した後、基

50

体のみのサンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は36.5%であった。100%相対湿度で140Fの空気に1時間暴露した後、複合体サンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は39.7%であった。記述した数式を使用すると、1時間暴露した後に保持されるファインファイバ層の効率は13%であり、保持される有効なファインファイバの数は11%であった。

【0236】

実施例14

従来のセルロース・エアフィルタ媒体を基体として使用した。この基体の坪量は、3000平方フィート当たり67ポンドであり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が0.5インチで1分当たり16フィートであり、厚さが0.012インチであり、L E F S効率が41.6%であった。実施例5のファインファイバ層を、0.2ミクロンの公称ファイバ直径について述べたプロセスを使用して、表面に付加した。得られた複合体のL E F S効率は96.0%であった。100%相対湿度で160Fの空気に3時間暴露した後、基体のみのサンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は35.3%であった。100%相対湿度で160Fの空気に3時間暴露した後、複合体サンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は68.0%であった。記述した数式を使用すると、3時間暴露した後に保持されるのファインファイバ層の効率は58%であり、保持される有効なファインファイバの数は29%であった。

10

【0237】

実施例15

従来のセルロース・エアフィルタ媒体を基体として使用した。この基体の坪量は、3000平方フィート当たり67ポンドであり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が0.5インチで1分当たり16フィートであり、厚さが0.012インチであり、L E F S効率が41.6%であった。実施例6で述べたポリマーAとポリマーBのブレンドのファインファイバ層を、0.2ミクロンの公称ファイバ直径について述べたプロセスを使用して、表面に付加した。得られた複合体のL E F S効率は92.9%であった。100%相対湿度で160Fの空気に3時間暴露した後、基体のみのサンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は35.3%であった。100%相対湿度で160Fの空気に3時間暴露した後、複合体サンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は86.0%であった。記述した数式を使用すると、3時間暴露した後に保持されるのファインファイバ層の効率は96%であり、保持される有効なファインファイバの数は89%であった。

20

30

【0238】

実施例16

従来のセルロース・エアフィルタ媒体を基体として使用した。この基体の坪量は、3000平方フィート当たり67ポンドであり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が0.5インチで1分当たり16フィートであり、厚さが0.012インチであり、L E F S効率が41.6%であった。実施例6で述べたポリマーA、ポリマーB、トープチルフェノールオリゴマーのファインファイバ層を、0.2ミクロンの公称ファイバ直径について述べたプロセスを使用して、表面に付加した。得られた複合体のL E F S効率は90.4%であった。100%相対湿度で160Fの空気に3時間暴露した後、基体のみのサンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は35.3%であった。100%相対湿度で160Fの空気に3時間暴露した後、複合体サンプルを冷却して乾燥した結果、そのL E F S効率は87.3%であった。記述した数式を使用すると、3時間暴露した後に保持されるのファインファイバ層の効率は97%であり、保持される有効なファインファイバの数は92%であった。

40

【0239】

実施例17

従来のセルロース・エアフィルタ媒体を基体として使用した。この基体の坪量は、3000平方フィート当たり67ポンドであり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が0.5インチで1分当たり16フィートであり、厚さが0.012インチであり、L E F S効率が

50

が 41.6%であった。実施例 12 で架橋した PVA とポリアクリル酸のファインファイバ層を、0.2 ミクロンの公称ファイバ直径について述べたプロセスを使用して、表面に付加した。得られた複合体の LEFS 効率は 92.9%であった。100%相対湿度で 160 F の空気に 2 時間暴露した後、基体のみのサンプルを冷却して乾燥した結果、その LEFS 効率は 35.3%であった。100%相対湿度で 160 F の空気に 2 時間暴露した後、複合体サンプルを冷却して乾燥した結果、その LEFS 効率は 83.1%であった。記述した数式を使用すると、2 時間暴露した後に保持されるのファインファイバ層の効率は 89%であり、保持される有効なファインファイバの数は 76%であった。

【0240】

実施例 18

以下のフィルタ媒体を、実施例 1 ～ 17 で述べた方法により作製した。

【0241】

【表 17】

フィルタ媒体の例

基体	基体透過率 (Frazier) (+/- 10%)	基体坪量 (ポンド/3000平方フィート) (+/- 10%)	基体の厚さ (インチ) (+/- 25%)	基体効率 (LEFS) (+/- 5%)	複合体効率 (LEFS) (+/- 5%)
単一 基体上の単一ファイン・ファイバ層 (媒体を通るいずれかの方向の流れ)					
セルロース・エア・フィルタ媒体	58	67	0.012	11%	50%
セルロース・エア・フィルタ媒体	16	67	0.012	43%	58%
セルロース・エア・フィルタ媒体	58	67	0.012	11%	65%
セルロース・エア・フィルタ媒体	16	67	0.012	43%	70%
セルロース・エア・フィルタ媒体	22	52	0.010	17%	70%
セルロース・エア・フィルタ媒体	16	67	0.012	43%	72%
防湿性樹脂を有するセルロース/合成ブレンド	14	70	0.012	30%	70%
難燃性セルロース・エア・フィルタ媒体	17	77	0.012	31%	58%

10

20

30

40

【 0 2 4 2 】

【 表 1 8 】

濾過材の例 (続き)

支持体	支持体透過率 (Frazier)	支持体坪量 (ポンド/3000平方フィート)	支持体の厚さ (インチ)	支持体効率 (LEFS)	複合体効率 (LEFS)
難燃性セルロース・エア・フィルタ 基材	17	77	0.012	31%	72%
難燃性合成エア・フィルタ基材	27	83	0.012		77%
スパンボンデッドRemay (ポリエステル)	1200	15	0.007	5%	55%
合成/セルロース・エア・フィルタ基 材	260	76	0.015	6%	17%
合成/ガラス・エア・フィルタ基材	31	70	0.012	55%	77%
合成/ガラス・エア・フィルタ基材	31	70	0.012	50%	90%
支持体上の単一ファイバー・ファイバ 層。次いで2層の複合体が一緒に積層 される (内側にファイバー・ファイバ 層 - 外側に支持体)					

10

20

30

40

【 0 2 4 3 】

【 表 1 9 】

フィルタ媒体の例 (続き)

基体	基体透過率 (Frazier)	基体坪量 (ボンド/3000平方フィート)	基体の厚さ (インチ)	基体効率 (LEFS)	複合体効率 (LEFS)
合成 (Lutradorポリエステル)	300	25	0.008	3%	65%
合成 (Lutradorポリエステル)			0.016		90%

10

20

30

40

50

【0244】

媒体は、平らな、波形の、プリーツ付きの、波形かつプリーツ付きの状態で、フラットシート、プリーツ付きフラット・パネル、プリーツ付きラウンド・フィルタ、及びZ e eフ

フィルタに使用した。

【0245】

試験方法

温水浸漬試験

構造内に有効かつ機能的に保持されるファインファイバの数を測定する際の、フィルタ効率の使用には、SEM評価などその他の可能な方法に勝るいくつかの利点がある。

【0246】

フィルタ測定では、SEM顕微鏡写真に見られるわずかな面積（通常、0.0001平方インチ未満）よりも良好な平均を得る、数平方インチの媒体を評価する。

【0247】

フィルタ測定では、構造内で機能的であり続けるファイバの数を定量する。変化した構造内にそのまま残されるが凝集し又は別の態様で存在するこれらのファイバは、その測定された有効性及び機能性に関してのみ含まれる。

【0248】

それにもかかわらず、フィルタ効率が容易に測定されない繊維性構造では、残されたファイバのパーセントを測定するためにその他の方法を使用することができ、50%保持基準に照らして評価することができる。

【0249】

説明：この試験は、フィルタ媒体の防湿性を加速的に示すものである。この試験は、LEFS試験ベンチを使用して、水中に浸漬したときのフィルタ媒体性能の変化を測定する。水温は、極めて重要なパラメータであり、検査中の媒体の残存性履歴、試験時間を最小限に抑えたいという要望、媒体のタイプを識別する試験能力に基づいて選択される。典型的な水温は、70°F、140°F、又は160°Fである。

【0250】

手順：

直径4インチのサンプルを媒体から切り取る。20FPMで動作するLEFS（LEFS試験の説明に関しては、ASTM規格F1215-89参照）ベンチで、0.8μmラテックス球を試験用汚染物質として使用して、試験片の粒子捕捉効率を計算する。次いでサンプルを、蒸留水中に5分間沈める（典型的な場合、140°F）。次いでサンプルを乾燥ラック上に置き、室温で乾燥させる（典型的な場合、一晚）。サンプルが乾燥したら、初期計算を行った場合と同じ条件を使用して、LEFSベンチ上で効率を再試験する。

【0251】

ファインファイバを含まないファインファイバ基体に関し、前のステップを繰り返す。

【0252】

上述の情報から、ファインファイバのみに起因する効率成分と、水による損傷に起因する効率損失を、計算することができる。ファインファイバによる損失効率が決定されると、保持される効率の量を計算することができる。

【0253】

計算：

ファインファイバ層の効率： E_i = 初期複合体効率；

E_s = 初期基体効率；

F_e = ファインファイバ層

$F_e = 1 - E \times P (L_n (1 - E_i) - L_n (1 - E_x))$

保持されるファインファイバ層効率： F_i = 初期ファインファイバ層効率；

F_x = 浸漬後のファインファイバ層効率；

F_r = 保持されるファインファイバ

$F_r = F_x / F_i$

有効な機能性を備えた状態で保持されるファインファイバのパーセンテージも、

$\% = \log (1 - F_x) / \log (1 - F_i)$

によって計算することができる。

10

20

30

40

50

【0254】

合格／不合格の基準：＞50％効率の保持

ほとんどの工業用パルス・クリーニング・フィルタへの適用例において、フィルタは、少なくとも50％のファインファイバ効率が保持される場合、十分に機能すると考えられる。

【0255】

THCベンチ（温度、湿度）

説明：このベンチの目的は、動的流動条件下での高温高湿の影響に対するファインファイバ媒体の抵抗力を評価することである。試験は、工業用フィルタの適用例、ガスタービン吸気口の適用例、又は高荷重エンジンの空気取入れ環境の極端な作動条件をシミュレートすることを目的とする。間隔をおいて、サンプルを取り出し、乾燥させ、LEFS試験を行う。このシステムはたいいていの場合、高温高湿条件を刺激するために使用されるが、温／冷乾燥状態を刺激するためにも使用することができる。

温度 - 31～390 ° F

湿度 0～100 % RH（100 % RHの場合に最高温度は160 ° Fであり、この条件での最長連続所要時間は16時間である）

流量 1～35 FPM

手順：

直径4インチのサンプルを媒体から切り取る。

【0256】

20 FPMで動作するLEFSベンチで、0.8 μmラテックス球を試験用汚染物質として使用して、試験片の粒子捕捉効率を計算する。次いでサンプルを、THC媒体チャックに挿入する。試験時間は、試験条件に応じて数分から数日にすることができる。次いでサンプルを乾燥ラック上に置き、室温で乾燥させる（典型的な場合、一晚）。サンプルが乾燥したら、初期計算を行った場合と同じ条件を使用して、LEFSベンチ上で効率を再試験する。ファインファイバを含まないファインファイバ基体に関し、前のステップを繰り返す。上述の情報から、ファインファイバのみに起因する効率成分と、アルコールによる損傷に起因する効率損失を、計算することができる。ファインファイバによる損失効率が決定されると、保持される効率の量を計算することができる。

【0257】

合格／不合格の基準：＞50％効率の保持

ほとんどの工業用パルス・クリーニング・フィルタへの適用例において、フィルタは、少なくとも50％のファインファイバ効率が保持される場合、十分に機能すると考えられる。

【0258】

アルコール（エタノール）浸漬試験

説明：この試験は、室温のエタノールに浸漬したときのフィルタ媒体性能の変化を測定するために、LEFS試験ベンチを使用する。

【0259】

手順：

直径4インチのサンプルを媒体から切り取る。20 FPMで動作するLEFSベンチで、0.8 μmラテックス球を試験用汚染物質として使用して、試験片の粒子捕捉効率を計算する。次いでサンプルを、アルコール中に1分間沈める。

【0260】

次いでサンプルを乾燥ラック上に置き、室温で乾燥させる（典型的な場合、一晚）。サンプルが乾燥したら、初期計算を行った場合と同じ条件を使用して、LEFSベンチ上で効率を再試験する。ファインファイバを含まないファインファイバ基体に関し、前のステップを繰り返す。上述の情報から、ファインファイバのみに起因する効率成分と、アルコールによる損傷に起因する効率損失を、計算することができる。ファインファイバによる損失効率が決定されると、保持される効率の量を計算することができる。

10

20

30

40

50

【0261】

合格／不合格の基準：＞50%効率の保持

上述の仕様、実施例、及びデータは、本発明を説明するものである。しかし、開示された本発明に関し、多くの変形例及び実施形態を提示することができる。本発明は、上述の特許請求の範囲において具体化される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のファインファイバを生成するための、典型的な静電エミッタ駆動装置を示す図である。

【図2】

ファインファイバをフィルタ基体上に導入し、更に図1に示されるファインファイバ形成技術に導くのに使用される装置を示す図である。

【図3】

小さい粒子状物質、すなわち2及び5ミクロンの粒子状物質と比較した、支持材料の典型的な内部構造を示す図及び本発明のファインファイバ材料を示す別の図である。

【図4】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図5】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図6】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図7】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図8】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図9】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図10】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図11】

実施例13に関する分析ESCAスペクトルを示す図である。

【図12】

実施例5から得られた本発明の0.23及び0.45マイクロファイバ材料の安定性を示す図である。

【図13】

非変性ナイロンコポリマー溶媒可溶性ポリアミドと比較した場合の、実施例5及び6の材料の、改善された温度及び湿度安定性を示す図である。

【図14】

非変性ナイロンコポリマー溶媒可溶性ポリアミドと比較した場合の、実施例5及び6の材料の、改善された温度及び湿度安定性を示す図である。

【図15】

非変性ナイロンコポリマー溶媒可溶性ポリアミドと比較した場合の、実施例5及び6の材料の、改善された温度及び湿度安定性を示す図である。

【図16】

非変性ナイロンコポリマー溶媒可溶性ポリアミドと比較した場合の、実施例5及び6の材料の、改善された温度及び湿度安定性を示す図である。

【図17】

熱処理してから添加剤に結合させた2つのコポリマー、ナイロンホモポリマーとナイロンコポリマーのブレンドが、2つの別個のポリマー材料の区別可能な特徴を示さずに、架橋し又は別の方法で化学的に接合された単一相であることがわかる、単一成分材料を形成す

10

20

30

40

50

ることを示す図である。

【図 18】

熱処理してから添加剤に結合させた 2 つのコポリマー、ナイロンホモポリマーとナイロンコポリマーのブレンドが、2 つの別個のポリマー材料の区別可能な特徴を示さずに、架橋し又は別の方法で化学的に接合された単一相であることがわかる、単一成分材料を形成することを示す図である。

【図 19】

熱処理してから添加剤に結合させた 2 つのコポリマー、ナイロンホモポリマーとナイロンコポリマーのブレンドが、2 つの別個のポリマー材料の区別可能な特徴を示さずに、架橋し又は別の方法で化学的に接合された単一相であることがわかる、単一成分材料を形成することを示す図である。

10

【図 20】

熱処理してから添加剤に結合させた 2 つのコポリマー、ナイロンホモポリマーとナイロンコポリマーのブレンドが、2 つの別個のポリマー材料の区別可能な特徴を示さずに、架橋し又は別の方法で化学的に接合された単一相であることがわかる、単一成分材料を形成することを示す図である。

【図 21】

本発明の開示によるエアクリーナを利用することができる、エンジン・システムの概略図である。

【図 22】

図 21 に示されるシステムで利用することができるフィルタエレメントの一実施形態の概略斜視図である。

20

【図 23】

図 22 の装置で使用可能なフィルタ媒体（Z 媒体）の一部の概略斜視図である。

【図 24】

ハウジング内に設置された図 22 に示されるフィルタエレメントの概略断面図である。

【図 25】

図 22 のフィルタエレメント用シール・システムに利用される圧縮性シール部材の一実施形態の、破断拡大概略図である。

【図 26】

図 21 のエンジン・システムで利用することができるフィルタエレメントの別の実施形態の概略斜視図である。

30

【図 27】

ハウジング内に設置された図 26 のフィルタエレメントの概略断面図である。

【図 28】

図 21 のエンジン・システムで利用することができるフィルタエレメント及びハウジングの別の実施形態の、概略分解斜視図である。

【図 29】

本発明の開示によるフィルタエレメントを利用することができるガスタービン・システムの概略図である。

40

【図 30】

図 29 に示されるガスタービン吸気システムで使用可能なフィルタエレメントの一実施形態の概略斜視図である。

【図 31】

チューブ・シート内に設置された図 30 に示されるフィルタエレメントの背面図であって、図 30 のフィルタエレメントの上流に設置されたプレフィルタを有するものを示す図である。

【図 32】

図 31 の線 12-12 に沿って得られた、図 31 のエアフィルタ配置の拡大概略破断断面図である。

50

【図 3 3】

本発明の開示のフィルタエレメントを利用することができる、マイクロタービン・システム用吸気システムの概略図である。

【図 3 4】

図 3 5 の線 1 4 - 1 4 に沿って得られた、ガスタービン・システム内の吸入空気を清浄にするために動作可能に設置されたフィルタエレメントの概略断面図であるが、組み立てられた状態を示す図である。

【図 3 5】

図 3 4 のフィルタ装置の分解側面図であり、組み立てられていない状態を示す図である。

【図 3 6】

フィルタ・ハウジング内に封止されたフィルタエレメントを示す、破断概略断面図である。

【図 3 7】

本明細書に開示されるフィルタエレメントを利用することができる、燃料電池システム用吸気口の概略図である。

【図 3 8】

図 3 7 の燃料電池吸気システムで利用することができるフィルタ・アセンブリの概略断面図である。

【図 3 9】

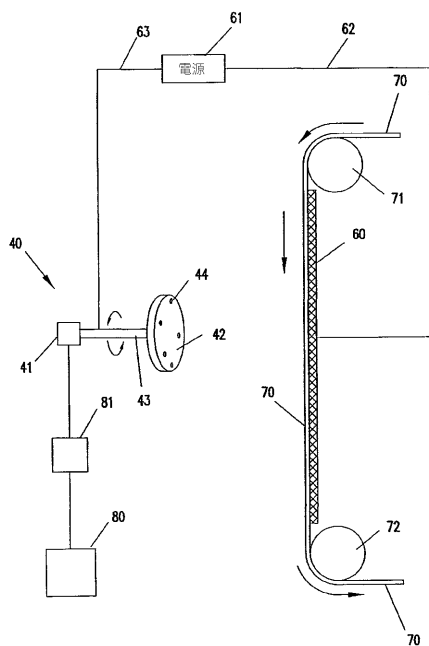
燃料電池システム用吸気口で利用することができるフィルタ・アセンブリの別の実施形態の概略断面図である。

10

20

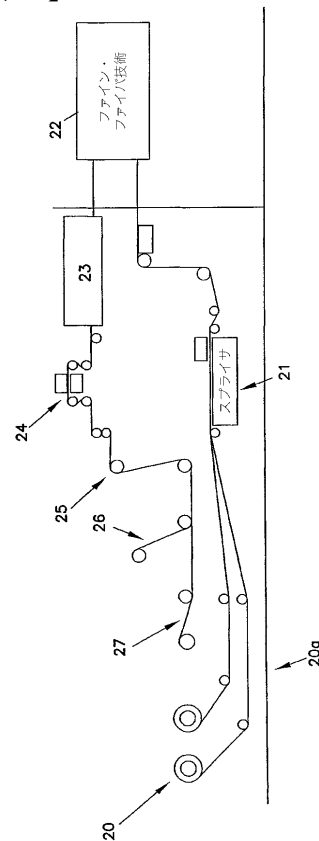
【図 1】

FIG. 1



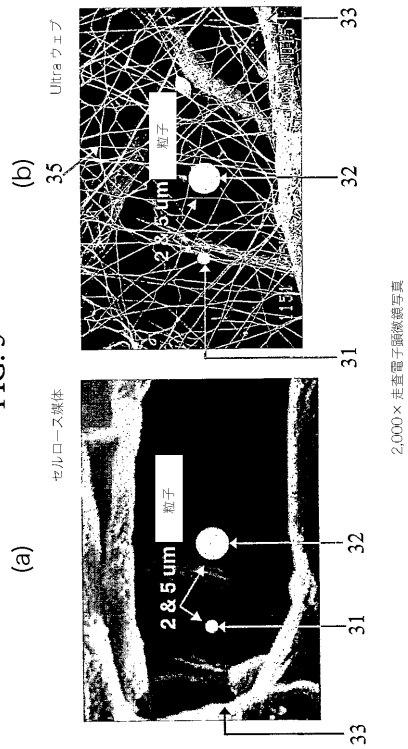
【図 2】

FIG. 2



【図 3】

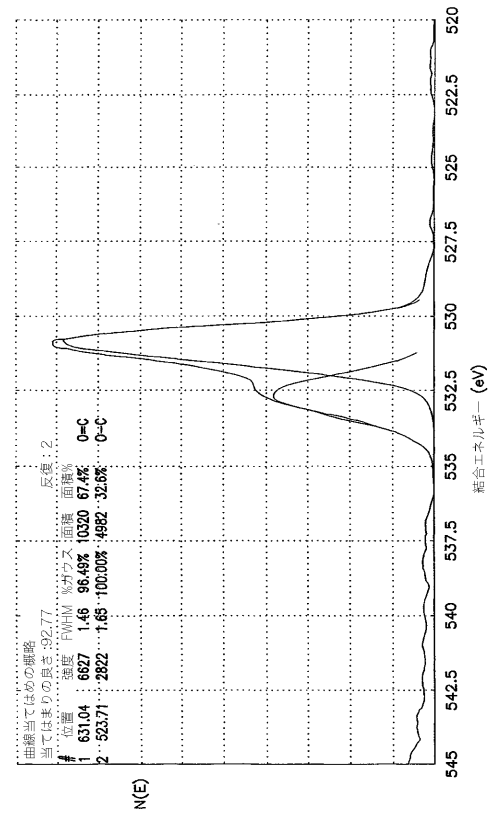
FIG. 3



【図 4】

スパンとしてサンプル 6A の ESCA O1s スペクトル

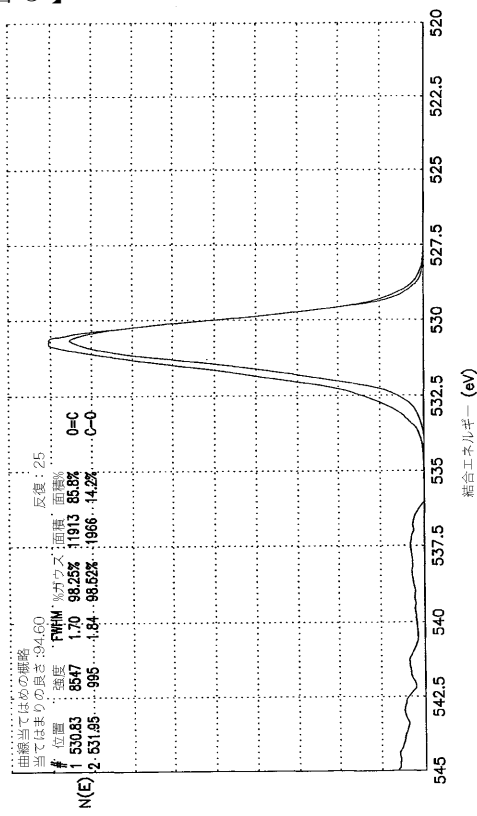
FIG. 4



【図 5】

熱処理したサンプル 6A の ESCA O1s スペクトル

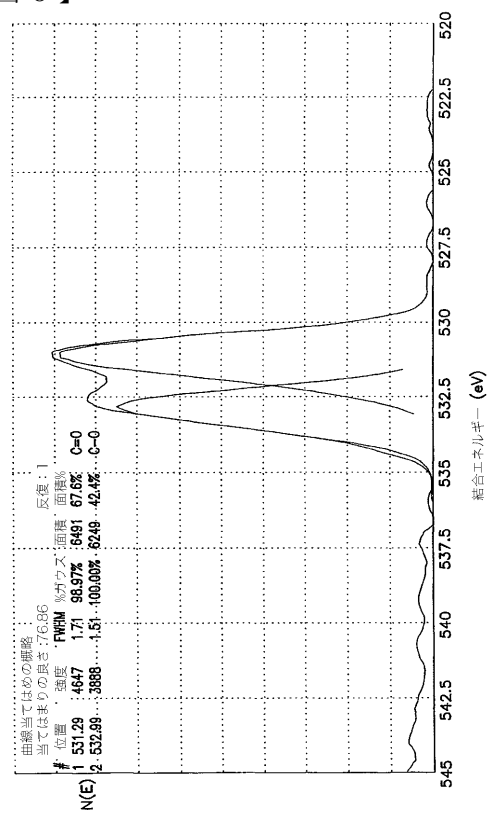
FIG. 5



【図 6】

スパンとしての実験例 6B の ESCA O1s スペクトル

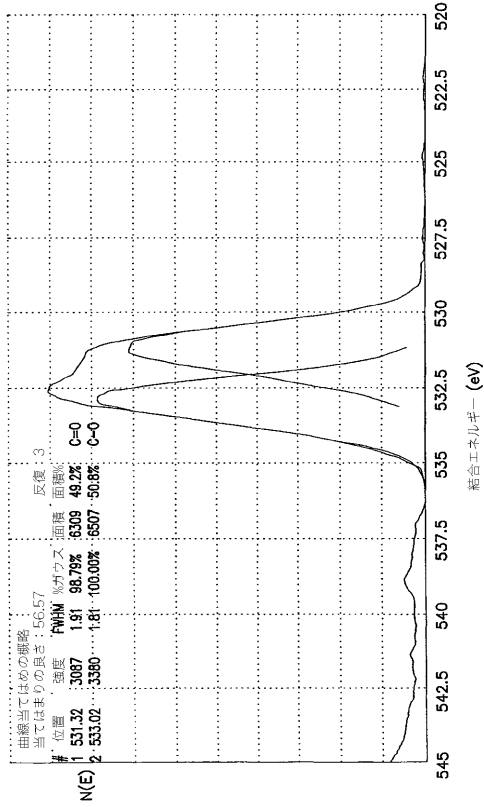
FIG. 6



【図 7】

熱処理した実施例 6B の ESCA O1s スペクトル

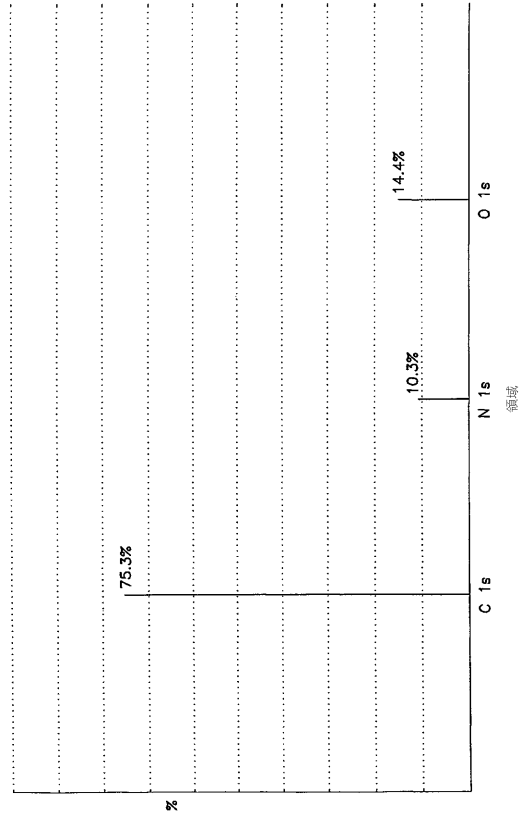
FIG. 7



【図 8】

スパコンとしてのサンプル 6A の ESCA O1s マルチプレックス

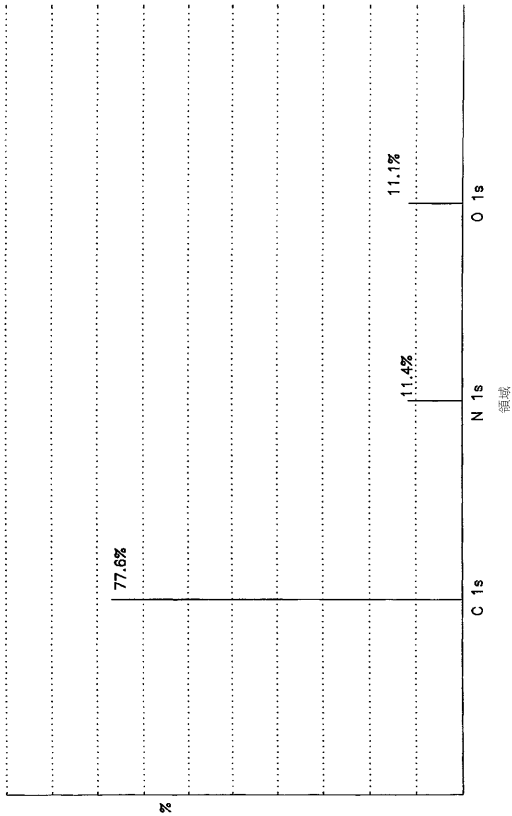
FIG. 8



【図 9】

熱処理したサンプル 6A に関する ESCA O1s マルチプレックス

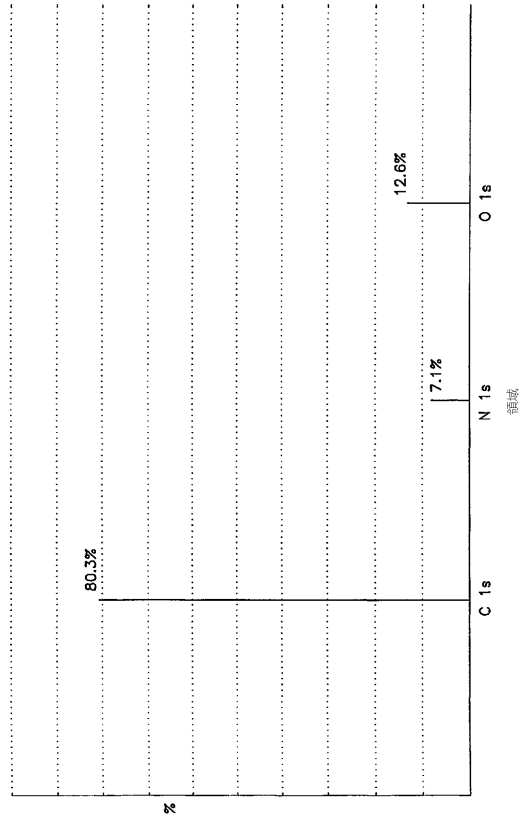
FIG. 9



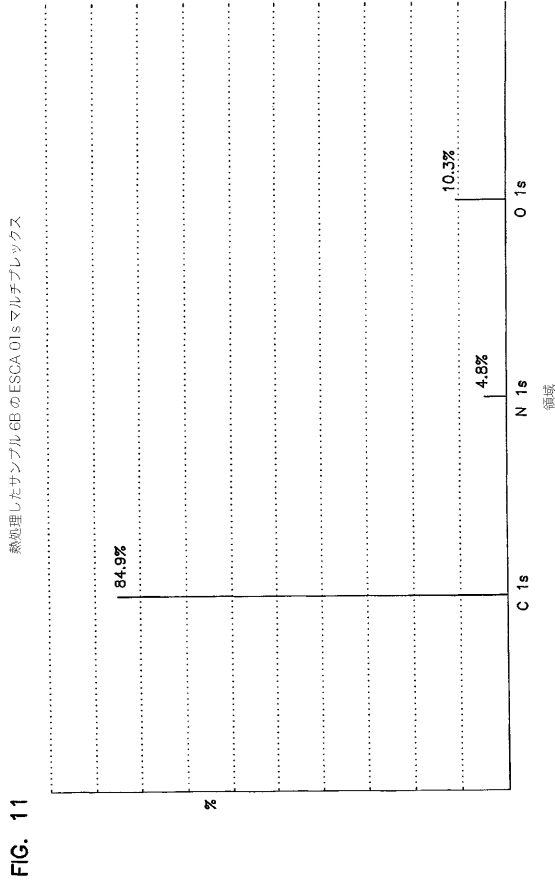
【図 10】

スパコンとしてのサンプル 6B の ESCA O1s マルチプレックス

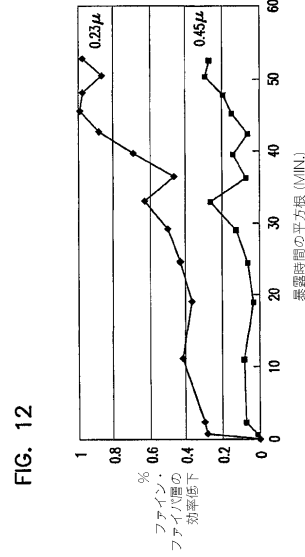
FIG. 10



【図 1 1】

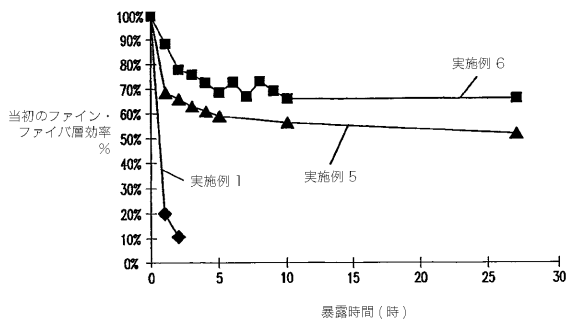


【図 1 2】



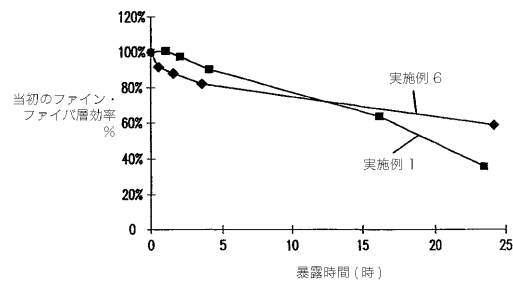
【図 1 3】

FIG. 13



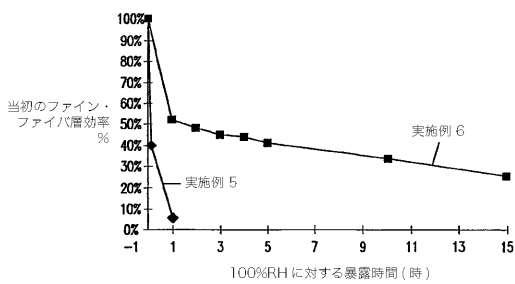
【図 1 5】

FIG. 15



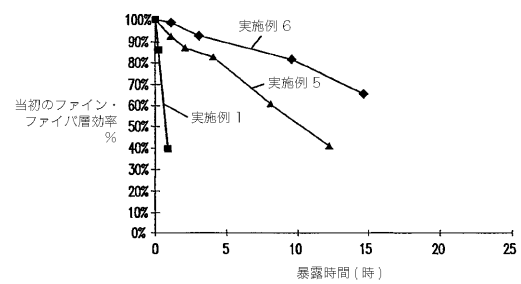
【図 1 4】

FIG. 14

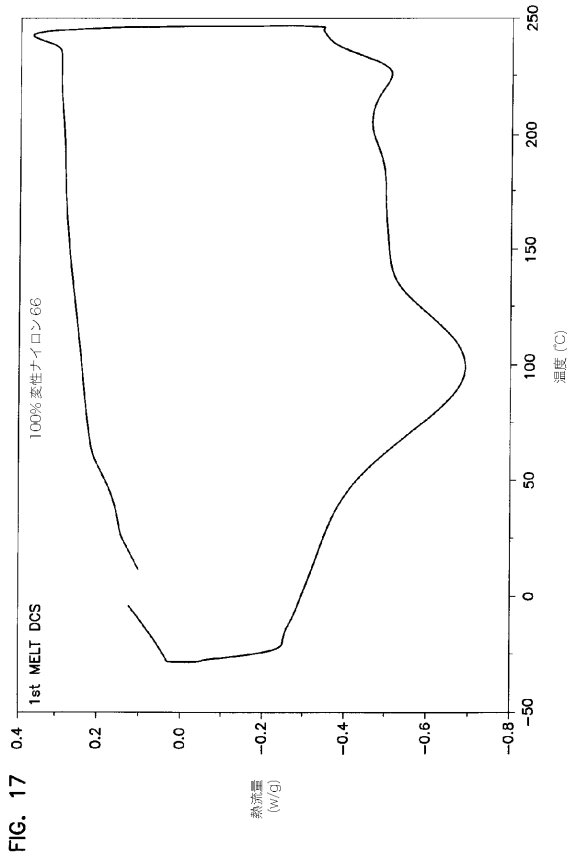


【図 1 6】

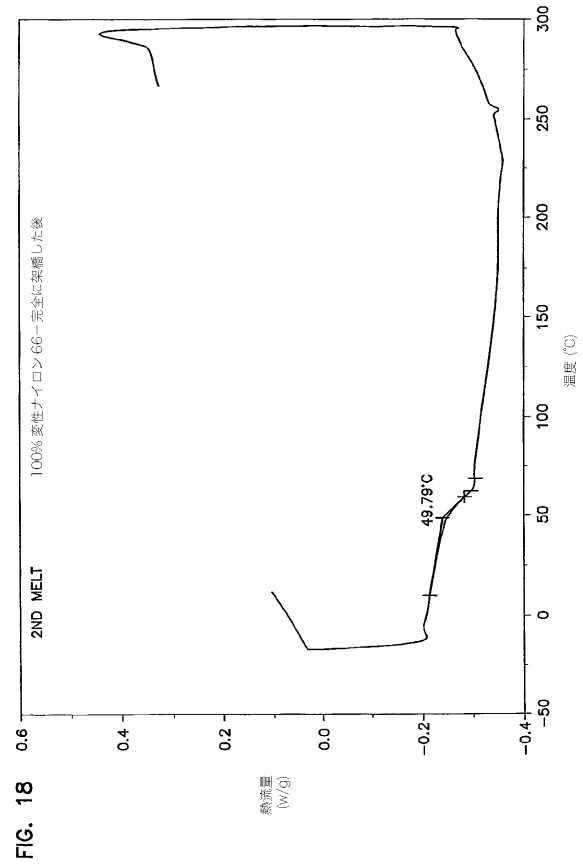
FIG. 16



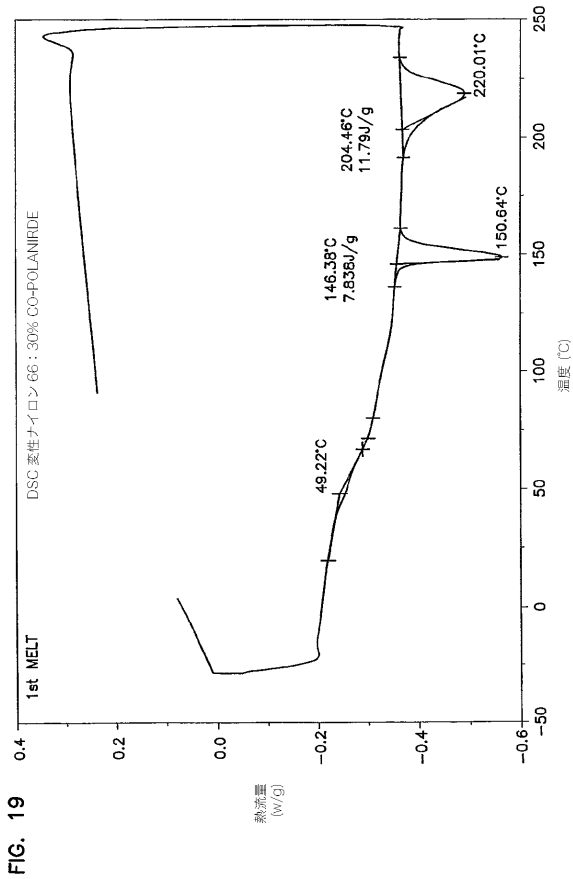
【図 17】



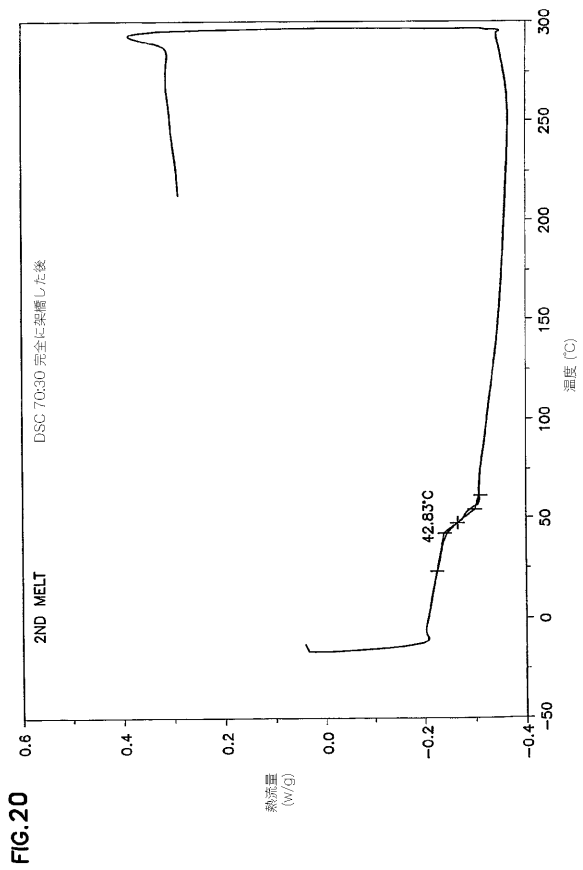
【図 18】



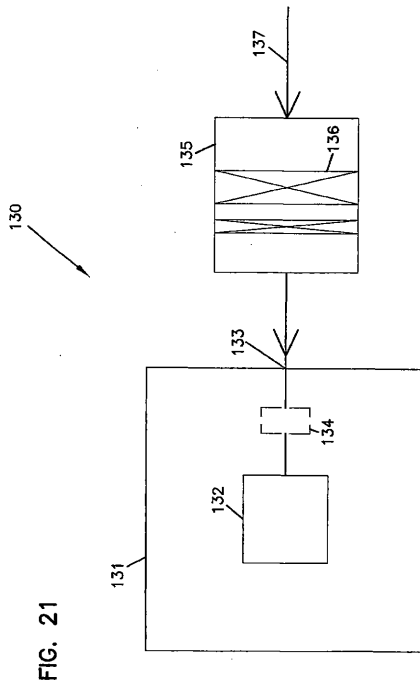
【図 19】



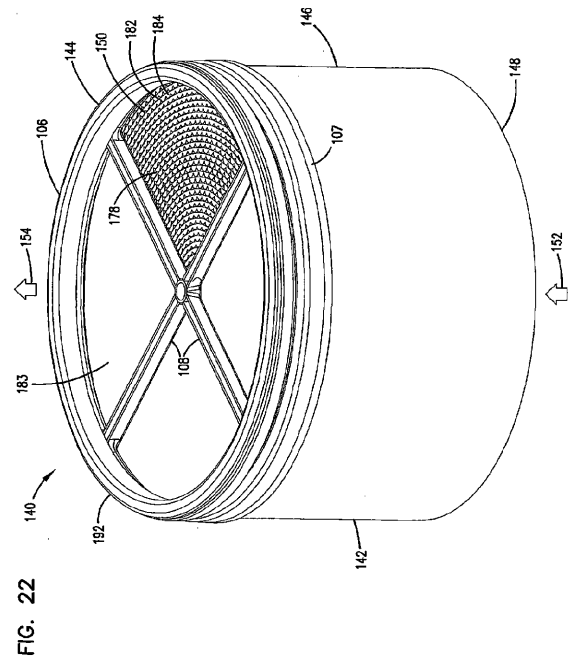
【図 20】



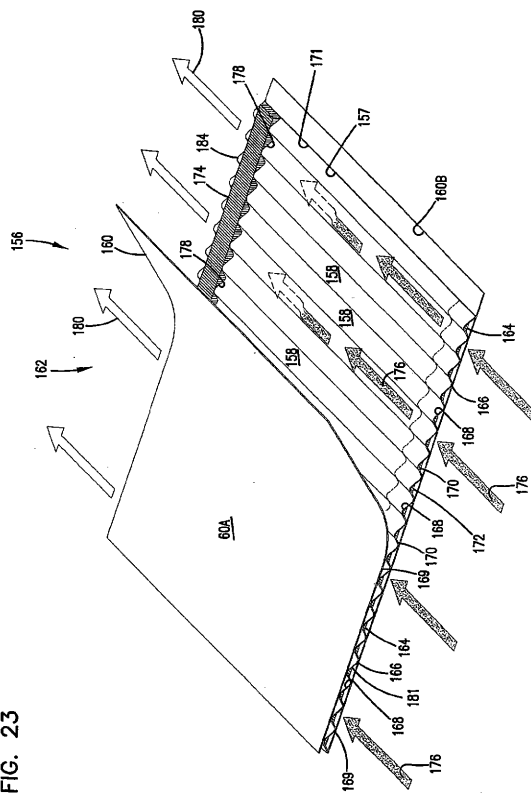
【図 2 1】



【図 2 2】

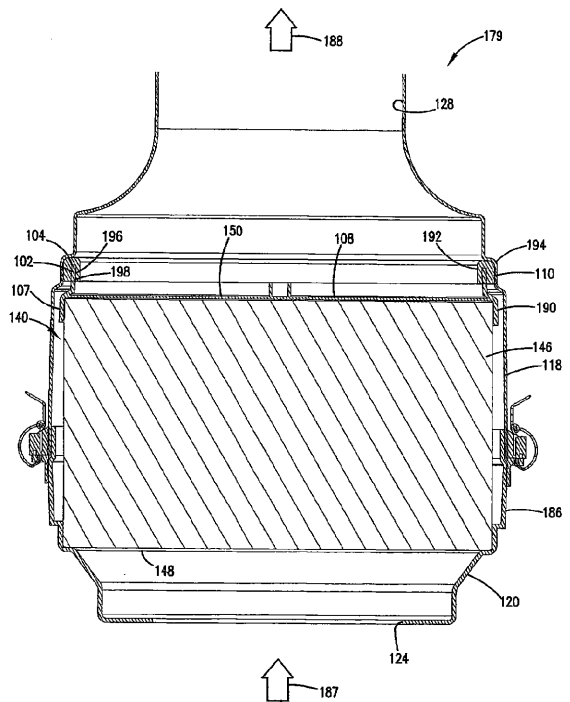


【図 2 3】

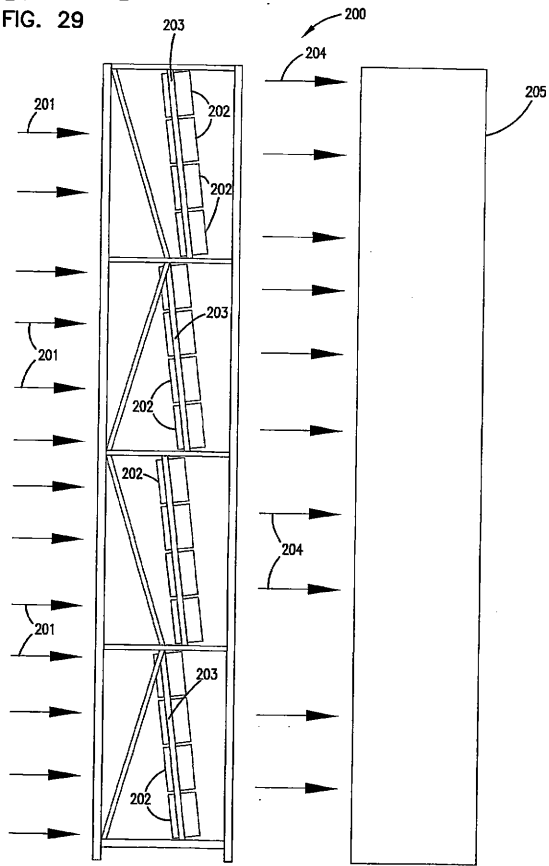


【図 2 4】

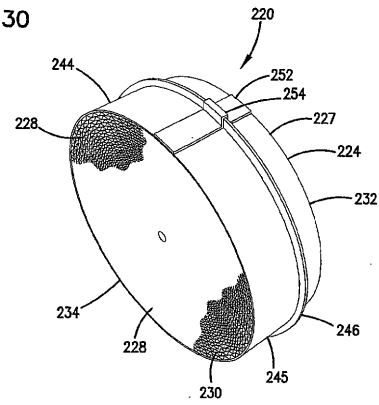
FIG. 24



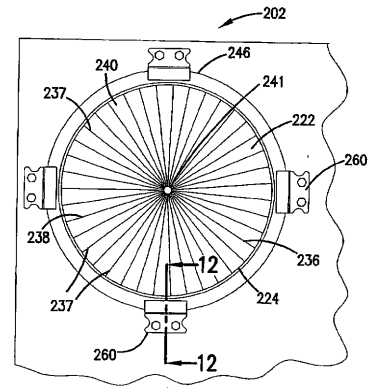
【図 29】
FIG. 29



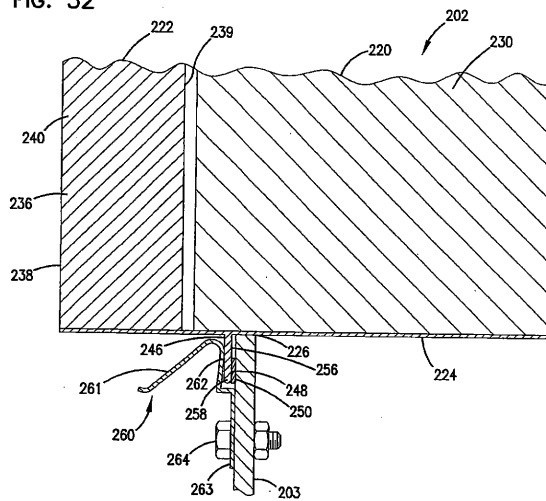
【図 30】
FIG. 30



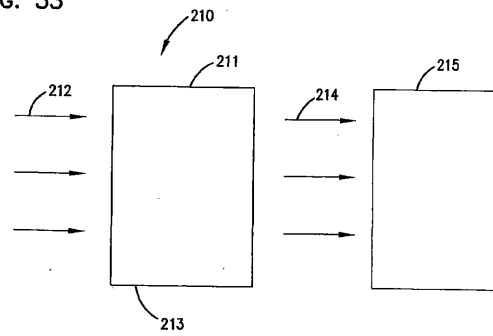
【図 31】
FIG. 31



【図 32】
FIG. 32

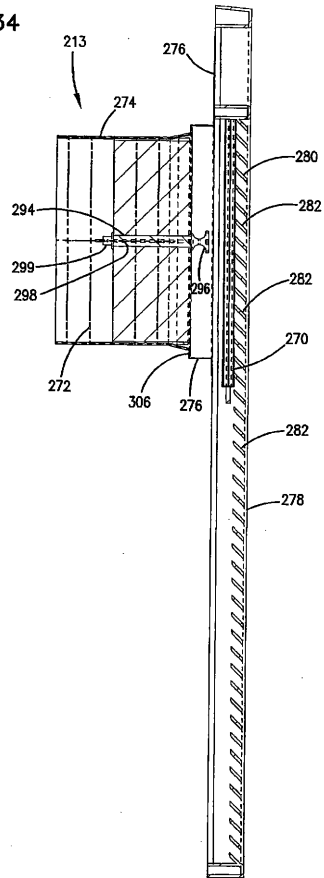


【図 33】
FIG. 33



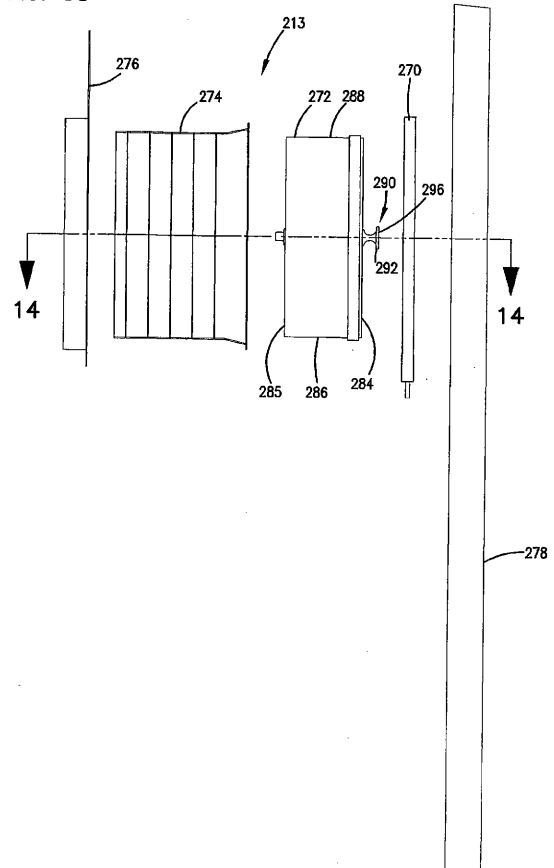
【図 3 4】

FIG. 34



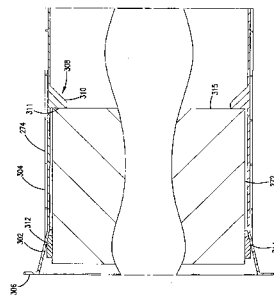
【図 3 5】

FIG. 35

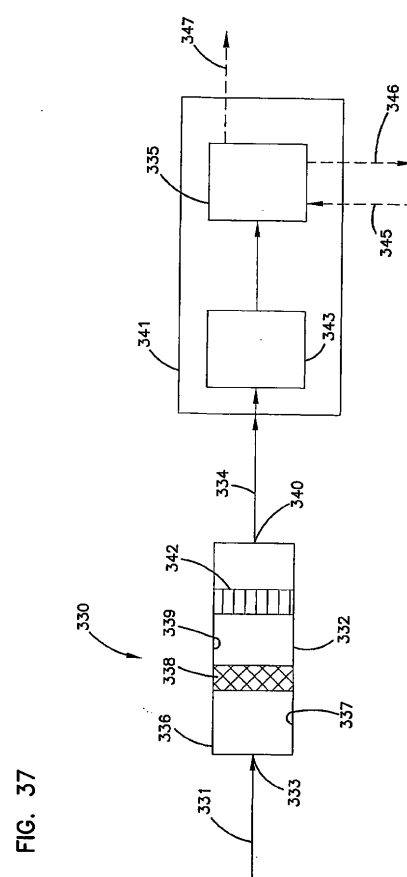


【図 3 6】

FIG. 36

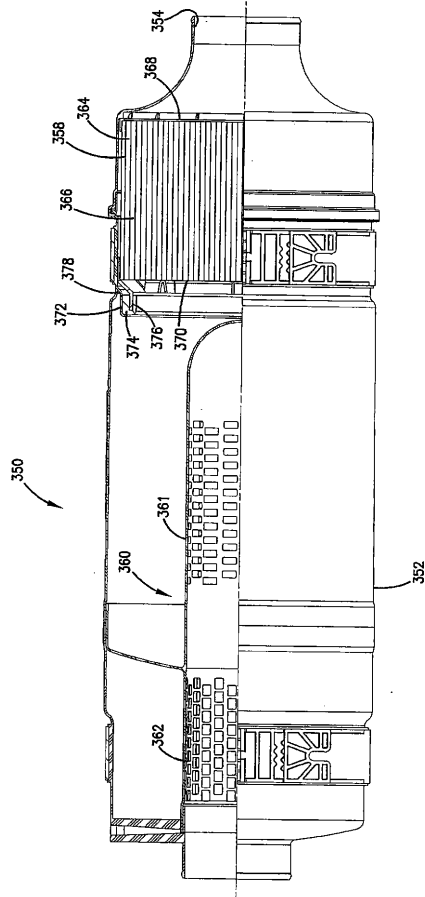


【図 3 7】



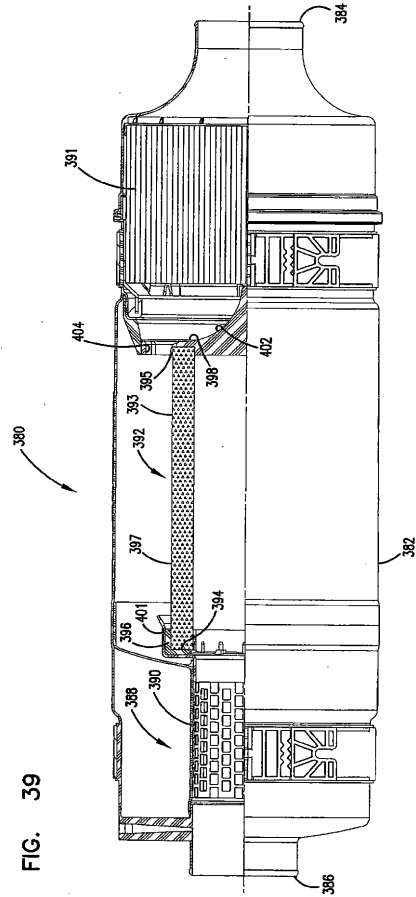
【図 38】

FIG. 38



【図 39】

FIG. 39



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
14 March 2002 (14.03.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/20135 A2

- (51) International Patent Classification: **B01D 46/52**
- (21) International Application Number: PCT/US01/25205
- (22) International Filing Date: 10 August 2001 (10.08.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
60/230,138 5 September 2000 (05.09.2000) US
09/871,590 31 May 2001 (31.05.2001) US
- (71) Applicant: DONALDSON COMPANY, INC. [US/US],
1400 West 94th Street, P.O. Box 1299, Minneapolis, MN
55440-1299 (US).
- (72) Inventors: GILLINGHAM, Gary, R.; 17305 Flemming
Lane, Prior Lake, MN 55372 (US). GOGINS, Mark, A.;
806 Millwood Avenue, Roseville, MN 55113 (US). WEIK,
Thomas, M.; 18870 Azure Road, Deephaven, MN 55391
(US).
- (74) Agent: DAIGNAULT, Ronald, A.; Merchant & Gould
P.C., P.O. Box 2903, Minneapolis, MN 55402-0903 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AT
(utility model), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, CZ (utility model), DE, DE
(utility model), DK, DK (utility model), DM, DZ, EC, EE,
EE (utility model), ES, FI, FI (utility model), GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,
SK, SK (utility model), SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG,
UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).
- Published:**
— without international search report and to be republished
upon receipt of that report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*



WO 02/20135 A2

(54) Title: AIR FILTRATION ARRANGEMENTS HAVING FLUTED MEDIA CONSTRUCTIONS AND METHODS

(57) Abstract: Filter arrangements include a barrier media in the form of fluted media treated with a deposit of fine fibers. The media is particularly advantageous in high temperature (greater than 140 to 240 °F) systems. Such systems may include engine systems, gas turbine systems, and fuel cell systems. Filter arrangements may take the form of media packs having a circular cross-section or a racetrack shaped cross-section, or media packs formed in a panel configuration.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

1

AIR FILTRATION ARRANGEMENTS HAVING FLUTED MEDIA
CONSTRUCTIONS AND METHODS

This application is being filed as a PCT International Patent Application in
5 the name of Donaldson Company, Inc., a U.S. national corporation and resident, on
10 August 2001, designating all countries except the U.S., and claiming priority to
U.S. Serial No. 60/230,138 filed 05 September 2000 and U.S. Serial No. 09/871,590
filed 31 May 2001.

Field of the Invention

10 The invention relates to a filter arrangement and filtration method. More
specifically, it concerns an arrangement for filtering particulate material from a gas
flow stream, for example, an air stream. The invention also concerns a method for
achieving the desirable removal of particulate material from such a gas flow stream.

The present invention is an on-going development of Donaldson Company
15 Inc., of Minneapolis, Minnesota, the assignee of the present invention. The
disclosure concerns continuing technology development related, in part, to the
subjects characterized in U.S. Patents: B2 4,720,292; Des 416,308; 5,613,992;
4,020,783; and 5,112,372. Each of the patents identified in the previous sentence is
also owned by Donaldson, Inc., of Minneapolis, Minnesota; and, the complete
20 disclosure of each is incorporated herein by reference.

The invention also relates to filters comprising a substrate having a fine fiber
layer made of polymer materials that can be manufactured with improved
environmental stability to heat, humidity, reactive materials and mechanical stress.
Such materials can be used in the formation of fine fibers such as microfibers and
25 nanofiber materials with improved stability and strength. As the size of fiber is
reduced the survivability of the materials is increasingly more of a problem. Such
fine fibers are useful in a variety of applications. In one application, filter structures
can be prepared using this fine fiber technology. The invention relates to polymers,
polymeric composition, fiber, filters, filter constructions, and methods of filtering.
30 Applications of the invention particularly concern filtering of particles from fluid
streams, for example from air streams and liquid (e.g. non-aqueous and aqueous)
streams. The techniques described concern structures having one or more layers of

WO 02/20135

PCT/US01/25205

2

fine fibers in the filter media. The compositions and fiber sizes are selected for a combination of properties and survivability.

Background of the Invention

5 Gas streams often carry particulate material therein. In many instances, it is desirable to remove some or all of the particulate material from a gas flow stream. For example, air intake streams to engines for motorized vehicles or power generation equipment, gas streams directed to gas turbines, and air streams to various combustion furnaces, often include particulate material therein. The
10 particulate material, should it reach the internal workings of the various mechanisms involved, can cause substantial damage thereto. Removal of the particulate material from the gas flow upstream of the engine, turbine, furnace or other equipment involved is often needed.

The invention relates to polymeric compositions with improved properties
15 that can be used in a variety of applications including the formation of fibers, microfibers, nanofibers, fiber webs, fibrous mats, permeable structures such as membranes, coatings or films. The polymeric materials of the invention are compositions that have physical properties that permit the polymeric material, in a variety of physical shapes or forms, to have resistance to the degradative effects of
20 humidity, heat, air flow, chemicals and mechanical stress or impact.

In making fine fiber filter media, a variety of materials have been used including fiberglass, metal, ceramics and a range of polymeric compositions. A variety of fiber forming methods or techniques have been used for the manufacture of small diameter micro- and nanofibers. One method involves passing the material
25 through a fine capillary or opening either as a melted material or in a solution that is subsequently evaporated. Fibers can also be formed by using "spinnerets" typical for the manufacture of synthetic fiber such as nylon. Electrostatic spinning is also known. Such techniques involve the use of a hypodermic needle, nozzle, capillary or movable emitter. These

30

WO 02/20135

PCT/US01/25205

3

structures provide liquid solutions of the polymer that are then attracted to a collection zone by a high voltage electrostatic field. As the materials are pulled from the emitter and accelerate through the electrostatic zone, the fiber becomes very thin and can be formed in a fiber structure by solvent evaporation.

5 As more demanding applications are envisioned for filtration media, significantly improved materials are required to withstand the rigors of high temperature 100°F to 250°F, often 140°F to 240°F and up to 300°F, high humidity 10% to 90% up to 100% RH, high flow rates of both gas and liquid, and filtering micron and submicron particulates (ranging from about 0.01 to over 10 microns) and
10 removing both abrasive and non-abrasive and reactive and non-reactive particulate from the fluid stream.

Accordingly, a substantial need exists for polymeric materials, micro- and nanofiber materials and filter structures that provide improved properties for filtering streams with higher temperatures, higher humidities, high flow rates and
15 said micron and submicron particulate materials.

A variety of air filter or gas filter arrangements have been developed for particulate removal. However, in general, continued improvements are sought.

Summary of the Invention

Herein, general techniques for the design and application of air cleaner
20 arrangements are provided. The techniques include preferred filter element design, as well as the preferred methods of application and filtering.

In general, the preferred applications concern utilization, within an air filter, of Z-shaped media, including a composite of a substrate and fine fibers, to advantage.

25 The filter media includes at least a micro- or nanofiber web layer in combination with a substrate material in a mechanically stable filter structure. These layers together provide excellent filtering, high particle capture, and efficiency at minimum flow restriction when a fluid such as a gas or liquid passes through the filter media. The substrate can be positioned in the fluid stream upstream,
30 downstream or in an internal layer. The fiber can be positioned on the upstream, the down stream or both sides of a filter substrate, regardless of filter geometry. The fiber is generally placed on the upstream side. However in certain applications downstream placement can be useful. In certain applications, double sided structure

WO 02/20135

PCT/US01/25205

4

is useful. A variety of industries have directed substantial attention in recent years to the use of filtration media for filtration, i.e. the removal of unwanted particles from a fluid such as gas or liquid. The common filtration process removes particulate from fluids including an air stream or other gaseous stream or from a liquid stream such as a hydraulic fluid, lubricant oil, fuel, water stream or other fluids. Such filtration processes require the mechanical strength, chemical and physical stability of the microfiber and the substrate materials. The filter media can be exposed to a broad range of temperature conditions, humidity, mechanical vibration and shock and both reactive and non-reactive, abrasive or non-abrasive particulates entrained in the fluid flow. When in normal operation, the filter is generally exposed to air at or near ambient conditions or at slightly elevated temperature. The filter can be exposed to higher temperature when the engine is operated abnormally or when the engine is shut down after extended service. If the engine is not in operation, air does not pass through the filter. The filter rapidly reaches under hood temperature. Further, the filtration media often require the self-cleaning ability of exposing the filter media to a reverse pressure pulse (a short reversal of fluid flow to remove surface coating of particulate) or other cleaning mechanism that can remove entrained particulate from the surface of the filter media. Such reverse cleaning can result in substantially improved (i.e.) reduced pressure drop after the pulse cleaning. Particle capture efficiency typically is not improved after pulse cleaning, however pulse cleaning will reduce pressure drop, saving energy for filtration operation. Such filters can be removed for service and cleaned in aqueous or non-aqueous cleaning compositions. Such media are often manufactured by spinning fine fiber and then forming an interlocking web of microfiber on a porous substrate. In the spinning process the fiber can form physical bonds between fibers to interlock the fiber mat into a integrated layer. Such a material can then be fabricated into the desired filter format such as cartridges, flat disks, canisters, panels, bags and pouches. Within such structures, the media can be substantially pleated, rolled or otherwise positioned on support structures.

The filter arrangements described herein can be utilized in a wide variety of applications including, for example, dust collection, air compressors, on-road and off-road engines, gas turbine systems, power generators such as fuel cells and others.

Brief Description of the Drawings

FIGURE 1 depicts a typical electrostatic emitter driven apparatus for production of the fine fibers of the invention.

FIGURE 2 shows the apparatus used to introduce fine fiber onto filter substrate into the fine fiber forming technology shown in Figure 1.

FIGURE 3 is a depiction of the typical internal structure of a support material and a separate depiction of the fine fiber material of the invention compared to small, i.e. 2 and 5 micron particulate materials.

FIGURES 4 through 11 are analytical ESCA spectra relating to Example 13.

FIGURE 12 shows the stability of the 0.23 and 0.45 microfiber material of the invention from Example 5.

FIGURES 13 through 16 show the improved temperature and humidity stability of the materials of Examples 5 and 6 when compared to unmodified nylon copolymer solvent soluble polyamide.

FIGURES 17 through 20 demonstrate that the blend of two copolymers, a nylon homopolymer and a nylon copolymer, once heat treated and combined with additives form a single component material that does not display distinguishable characteristics of two separate polymer materials, but appears to be a crosslinked or otherwise chemically joined single phase.

FIGURE 21 is a schematic view of an engine system in which air cleaners according to the present disclosure may be utilized;

FIGURE 22 is a schematic, perspective view of one embodiment of a filter element that may be utilized in the system depicted in Figure 21;

FIGURE 23 is a schematic, perspective view of a portion of filter media (Z-media) useable in the arrangement of Figure 22;

FIGURE 24 is a schematic, cross-sectional view of the filter element depicted in Figure 22 installed within a housing;

FIGURE 25 is a fragmented, enlarged, schematic view of one embodiment of a compressible seal member utilized in a sealing system for the filter element of Figure 22;

FIGURE 26 is a schematic, perspective view of another embodiment of a filter element that may be utilized in the engine system of Figure 21;

FIGURE 27 is a schematic, cross-sectional view of the filter element of Figure 26 installed within a housing;

WO 02/20135

PCT/US01/25205

6

FIGURE 28 is a schematic, exploded, perspective view of another embodiment of a filter element and housing that may be utilized in the engine system of Figure 21;

FIGURE 29 is a schematic depiction of a gas turbine system in which filter elements according to the present disclosure may be utilized;

FIGURE 30 is a schematic, perspective view of one embodiment of a filter element that may be useable in gas turbine air intake systems depicted in Figure 29;

FIGURE 31 is a rear elevational view of the filter element depicted in Figure 30 installed within a tube sheet, and having a prefilter installed upstream of the filter element of Figure 30;

FIGURE 32 is an enlarged, schematic, fragmented, cross-sectional view of the air filter arrangement of Figure 31, taken along the line 12-12 of Figure 31;

FIGURE 33 is a schematic view of an air intake system for a microturbine system, in which filter elements of the present disclosure may be utilized;

FIGURE 34 is a schematic, cross-sectional view of a filter element in an operable installation to clean intake air in a gas turbine system, the cross-section being taken along the line 14-14 of Figure 35, but in an assembled state;

FIGURE 35 is an exploded, side elevational view of the filter arrangement of Figure 34, and in an unassembled state;

FIGURE 36 is a fragmented, schematic, cross-sectional view showing the filter element sealed within a filter housing;

FIGURE 37 is a schematic view of an air intake for a fuel cell system, which may utilize filter elements disclosed herein;

FIGURE 38 is a schematic, cross-sectional view of a filter assembly that may be utilized in the fuel cell air intake system of Figure 37; and

FIGURE 39 is a schematic, cross-sectional view of another embodiment of a filter assembly that may be utilized in the air intake for a fuel cell system.

Detailed Description of the Invention

A. Micro fiber or Fine fiber Polymer Materials

The invention provides an improved polymeric material. This polymer has improved physical and chemical stability. The polymer fine fiber (microfiber and nanofiber) can be fashioned into useful product formats. The fiber can have a

WO 02/20135

PCT/US01/25205

7

diameter of about 0.001 to 10 microns, about 0.005 to 5 microns, about 0.01 to 0.5 micron. Nanofiber is a fiber with diameter less than 200 nanometer or 0.2 micron. Microfiber is a fiber with diameter larger than 0.2 micron, but not larger than 10 microns.

5 This fine fiber can be made in the form of an improved multi-layer microfiltration media structure. The fine fiber layers of the invention comprise a random distribution of fine fibers which can be bonded to form an interlocking net. Filtration performance is obtained largely as a result of the fine fiber barrier to the passage of particulate. Structural properties of stiffness, strength, pleatability are
10 provided by the substrate to which the fine fiber adhered. The fine fiber interlocking networks have as important characteristics, fine fibers in the form of microfibers or nanofibers and relatively small spaces between the fibers. Such interfiber spaces in the layer typically range, between fibers, of about 0.01 to about 25 microns or often about 0.1 to about 10 microns. The filter products comprise a fine fiber layer on a
15 choice of appropriate substrate such as a synthetic layer, a natural layer or a mixed natural/synthetic substrate. The fine fiber adds less than 5 microns, often less than 3 microns of thickness. The fine fiber in certain applications adds about 1 to 10 or 1 to 5 fine fiber diameters in thickness to the overall fine fiber plus substrate filter media. In service, the filters can stop incident particulate from passing to the
20 substrate or through the fine fiber layer and can attain substantial surface loadings of trapped particles. The particles comprising dust or other incident particulates rapidly form a dust cake on the fine fiber surface and maintains high initial and overall efficiency of particulate removal. Even with relatively fine contaminants having a particle size of about 0.01 to about 1 micron, the filter media comprising
25 the fine fiber has a very high dust capacity.

The polymer materials as disclosed herein have substantially improved resistance to the undesirable effects of heat, humidity, high flow rates, reverse pulse cleaning, operational abrasion, submicron particulates, cleaning of filters in use and other demanding conditions. The improved microfiber and nanofiber performance is
30 a result of the improved character of the polymeric materials forming the microfiber or nanofiber. Further, the filter media of the invention using the improved polymeric materials of the invention provides a number of advantageous features including higher efficiency, lower flow restriction, high durability (stress related or environmentally related) in the presence of abrasive particulates and a smooth outer

surface free of loose fibers or fibrils. The overall structure of the filter materials provides an overall thinner media allowing improved media area per unit volume, reduced velocity through the media, improved media efficiency and reduced flow restrictions.

- 5 The polymer can be an additive polymer, a condensation polymer or mixtures or blends thereof. A preferred mode of the invention is a polymer blend comprising a first polymer and a second, but different polymer (differing in polymer type, molecular weight or physical property) that is conditioned or treated at elevated temperature. The polymer blend can be reacted and formed into a single
10 chemical specie or can be physically combined into a blended composition by an annealing process. Annealing implies a physical change, like crystallinity, stress relaxation or orientation. Preferred materials are chemically reacted into a single polymeric specie such that a Differential Scanning Calorimeter analysis reveals a single polymeric material. Such a material, when combined with a preferred
15 additive material, can form a surface coating of the additive on the microfiber that provides oleophobicity, hydrophobicity or other associated improved stability when contacted with high temperature, high humidity and difficult operating conditions. The fine fiber of the class of materials can have a diameter of 0.001 micron to 10 microns. Useful sizes include 0.001 to 2 microns, 0.005 to 5 microns, 0.01 to 5
20 microns, depending on bonding, substrate and application. Such microfibers can have a smooth surface comprising a discrete layer of the additive material or an outer coating of the additive material that is partly solubilized or alloyed in the polymer surface, or both. Preferred materials for use in the blended polymeric systems include nylon 6; nylon 66; nylon 6-10; nylon (6-66-610) copolymers and
25 other linear generally aliphatic nylon compositions. A preferred nylon copolymer resin (SVP-651) was analyzed for molecular weight by the end group titration. (J.E. Walz and G.B. Taylor, determination of the molecular weight of nylon, Anal. Chem. Vol. 19, Number 7, pp 448-450 (1947). A number average molecular weight (M_n) was between 21,500 and 24,800. The composition was estimated by the phase
30 diagram of melt temperature of three component nylon, nylon 6 about 45%, nylon 66 about 20% and nylon 610 about 25%. (Page 286, Nylon Plastics Handbook, Melvin Kohan ed. Hanser Publisher, New York (1995)).

Reported physical properties of SVP 651 resin are:

	<u>Property</u>	<u>ASTM Method</u>	<u>Units</u>	<u>Typical Value</u>
5	Specific Gravity	D-792	--	1.08
	Water Absorption (24 hr immersion)	D-570	%	2.5
	Hardness	D-240	Shore D	65
	Melting Point	DSC	°C(°F)	154 (309)
	Tensile Strength	D-638	MPa (kpsi)	50 (7.3)
10	@ Yield			
	Elongation at Break	D-638	%	350
	Flexural Modulus	D-790	MPa (kpsi)	180 (26)
	Volume Resistivity	D-257	ohm-cm	10 ¹²

- 15 A polyvinylalcohol having a hydrolysis degree of from 87 to 99.9+% can be used in such polymer systems. These are preferably cross linked. And they are most preferably crosslinked and combined with substantial quantities of the oleophobic and hydrophobic additive materials.

- Another preferred mode of the invention involves a single polymeric material combined with an additive composition to improve fiber lifetime or operational properties. The preferred polymers useful in this aspect of the invention include nylon polymers, polyvinylidene chloride polymers, polyvinylidene fluoride polymers, polyvinylalcohol polymers and, in particular, those listed materials when combined with strongly oleophobic and hydrophobic additives that can result in a microfiber or nanofiber with the additive materials formed in a coating on the fine fiber surface. Again, blends of similar polymers such as a blend of similar nylons, similar polyvinylchloride polymers, blends of polyvinylidene chloride polymers are useful in this invention. Further, polymeric blends or alloys of differing polymers are also contemplated by the invention. In this regard, compatible mixtures of polymers are useful in forming the microfiber materials of the invention. Additive composition such a fluoro-surfactant, a nonionic surfactant, low molecular weight resins (e.g.) tertiary butylphenol resin having a molecular weight of less than about 3000 can be used. The resin is characterized by oligomeric bonding between phenol nuclei in the absence of methylene bridging groups. The positions of the hydroxyl and the tertiary butyl group can be randomly positioned around the rings. Bonding between phenolic nuclei always occurs next to hydroxyl group, not randomly. Similarly, the polymeric material can be combined with an alcohol soluble non-

WO 02/20135

PCT/US01/25205

10

linear polymerized resin formed from bis-phenol A. Such material is similar to the tertiary butylphenol resin described above in that it is formed using oligomeric bonds that directly connect aromatic ring to aromatic ring in the absence of any bridging groups such as alkylene or methylene groups.

- 5 Preferred polymer systems of the invention have adhering characteristic such that when contacted with a cellulosic substrate adheres to the substrate with sufficient strength such that it is securely bonded to the substrate and can resist the delaminating effects of a reverse pulse cleaning technique and other mechanical stresses. In such a mode, the polymer material must stay attached to the substrate
- 10 while undergoing a pulse clean input that is substantially equal to the typical filtration conditions except in a reverse direction across the filter structure. Such adhesion can arise from solvent effects of fiber formation as the fiber is contacted with the substrate or the post treatment of the fiber on the substrate with heat or pressure. However, polymer characteristics appear to play an important role in
- 15 determining adhesion, such as specific chemical interactions like hydrogen bonding, contact between polymer and substrate occurring above or below T_g, and the polymer formulation including additives. Polymers plasticized with solvent or steam at the time of adhesion can have increased adhesion.

- An important aspect of the invention is the utility of such microfiber or
- 20 nanofiber materials formed into a filter structure. In such a structure, the fine fiber materials of the invention are formed on and adhered to a filter substrate. Natural fiber and synthetic fiber substrates, like spun bonded fabrics, non-woven fabrics of synthetic fiber and non-wovens made from the blends of cellulose, synthetic and glass fibers, non-woven and woven glass fabrics, plastic screen like materials both
- 25 extruded and hole punched, UF and MF membranes of organic polymers can be used. Sheet-like substrate or cellulosic non-woven web can then be formed into a filter structure that is placed in a fluid stream including an air stream or liquid stream for the purpose of removing suspended or entrained particulate from that stream. The shape and structure of the filter material is up to the design engineer. One
- 30 important parameter of the filter elements after formation is its resistance to the effects of heat, humidity or both. One aspect of the filter media of the invention is a test of the ability of the filter media to survive immersion in warm water for a significant period of time. The immersion test can provide valuable information regarding the ability of the fine fiber to survive hot humid conditions and to survive

WO 02/20135

PCT/US01/25205

11

the cleaning of the filter element in aqueous solutions that can contain substantial proportions of strong cleaning surfactants and strong alkalinity materials.

Preferably, the fine fiber materials of the invention can survive immersion in hot water while retaining at least 30%, preferably 50% of the fine fiber formed on the surface of the substrate. Retention of at least 30%, preferably 50% of the fine fiber can maintain substantial fiber efficiency without loss of filtration capacity or increased back pressure. Most preferably retaining at least 75%. The thickness of the typical fine fiber filtration layer ranges from about 1 to 100 times the fiber diameter with a basis weight ranging from about 0.01 to 240 micrograms-cm⁻².

Fluid streams such as air and gas streams often carry particulate material therein. The removal of some or all of the particulate material from the fluid stream is needed. For example, air intake streams to the cabins of motorized vehicles, air in computer disk drives, HVAC air, aircraft cabin ventilation, clean room ventilation and applications using filter bags, barrier fabrics, woven materials, air to engines for motorized vehicles, or to power generation equipment; gas streams directed to gas turbines; and, air streams to various combustion furnaces, often include particulate material therein. In the case of cabin air filters it is desirable to remove the particulate matter for comfort of the passengers and/or for aesthetics. With respect to air and gas intake streams to engines, gas turbines and combustion furnaces, it is desirable to remove the particulate material because particulate can cause substantial damage to the internal workings to the various mechanisms involved. In other instances, production gases or off gases from industrial processes or engines may contain particulate material therein. Before such gases can be, or should be, discharged through various downstream equipment to the atmosphere, it may be desirable to obtain a substantial removal of particulate material from those streams.

A general understanding of some of the basic principles and problems of air filter design can be understood by consideration of the following types of filter media: surface loading media; and, depth media. Each of these types of media has been well studied, and each has been widely utilized. Certain principles relating to them are described, for example, in U.S. Patent Nos. 5,082,476; 5,238,474; and 5,364,456. The complete disclosures of these three patents are incorporated herein by reference.

The "lifetime" of a filter is typically defined according to a selected limiting pressure drop across the filter. The pressure buildup across the filter defines the

WO 02/20135

PCT/US01/25205

12

lifetime at a defined level for that application or design. Since this buildup of pressure is a result of load, for systems of equal efficiency a longer life is typically directly associated with higher capacity. Efficiency is the propensity of the media to trap, rather than pass, particulates. It should be apparent that typically the more efficient a filter media is at removing particulates from a gas flow stream, in general the more rapidly the filter media will approach the "lifetime" pressure differential (assuming other variables to be held constant).

Detailed Description Of Certain Drawings

10 The microfiber or nanofiber of the unit can be formed by the electrostatic spinning process. A suitable apparatus for forming the fiber is illustrated in Figure 1. This apparatus includes a reservoir 80 in which the fine fiber forming polymer solution is contained, a pump 81 and a rotary type emitting device or emitter 40 to which the polymeric solution is pumped. The emitter 40 generally consists of a
15 rotating union 41, a rotating portion 42 including a plurality of offset holes 44 and a shaft 43 connecting the forward facing portion and the rotating union. The rotating union 41 provides for introduction of the polymer solution to the forward facing portion 42 through the hollow shaft 43. The holes 44 are spaced around the periphery of the forward facing portion 42. Alternatively, the rotating portion 42
20 can be immersed into a reservoir of polymer fed by reservoir 80 and pump 81. The rotating portion 42 then obtains polymer solution from the reservoir and as it rotates in the electrostatic field, a droplet of the solution is accelerated by the electrostatic field toward the collecting media 70 as discussed below.

Facing the emitter 40, but spaced apart therefrom, is a substantially planar
25 grid 60 upon which the collecting media 70 (i.e. substrate or combined substrate is positioned. Air can be drawn through the grid. The collecting media 70 is passed around rollers 71 and 72 which are positioned adjacent opposite ends of grid 60. A high voltage electrostatic potential is maintained between emitter 40 and grid 60 by means of a suitable electrostatic voltage source 61 and connections 62 and 63 which
30 connect respectively to the grid 60 and emitter 40.

In use, the polymer solution is pumped to the rotating union 41 or reservoir from reservoir 80. The forward facing portion 42 rotates while liquid exits from holes 44, or is picked up from a reservoir, and moves from the outer edge of the emitter toward collecting media 70 positioned on grid 60. Specifically, the

WO 02/20135

PCT/US01/25205

13

electrostatic potential between grid 60 and the emitter 40 imparts a charge to the material which cause liquid to be emitted therefrom as thin fibers which are drawn toward grid 60 where they arrive and are collected on substrate 12 or an efficiency layer 14. In the case of the polymer in solution, solvent is evaporated off the fibers during their flight to the grid 60; therefore, the fibers arrive at the substrate 12 or efficiency layer 14. The fine fibers bond to the substrate fibers first encountered at the grid 60. Electrostatic field strength is selected to ensure that the polymer material as it is accelerated from the emitter to the collecting media 70, the acceleration is sufficient to render the material into a very thin microfiber or nanofiber structure. Increasing or slowing the advance rate of the collecting media can deposit more or less emitted fibers on the forming media, thereby allowing control of the thickness of each layer deposited thereon. The rotating portion 42 can have a variety of beneficial positions. The rotating portion 42 can be placed in a plane of rotation such that the plane is perpendicular to the surface of the collecting media 70 or positioned at any arbitrary angle. The rotating media can be positioned parallel to or slightly offset from parallel orientation.

Figure 2 is a general schematic diagram of a process and apparatus for forming a layer of fine fiber on a sheet-like substrate or media. In Figure 2, the sheet-like substrate is unwound at station 20. The sheet-like substrate 20a is then directed to a splicing station 21 wherein multiple lengths of the substrate can be spliced for continuous operation. The continuous length of sheet-like substrate is directed to a fine fiber technology station 22 comprising the spinning technology of Figure 1 wherein a spinning device forms the fine fiber and lays the fine fiber in a filtering layer on the sheet-like substrate. After the fine fiber layer is formed on the sheet-like substrate in the formation zone 22, the fine fiber layer and substrate are directed to a heat treatment station 23 for appropriate processing. The sheet-like substrate and fine fiber layer is then tested in an efficiency monitor 24 and nipped if necessary at a nip station 25. The sheet-like substrate and fiber layer is then steered to the appropriate winding station to be wound onto the appropriate spindle for further processing 26 and 27.

Figure 3 is a scanning electromicrograph image showing the relationship of typical dust particles having a diameter of about 2 and about 5 microns with respect to the sizes of pores in typical cellulose media and in the typical fine fiber structures. In Figure 3a, the 2 micron particle 31 and the 5 micron particle 32 is shown in a

WO 02/20135

PCT/US01/25205

14

cellulosic media 33 with pore sizes that are shown to be quite a bit larger than the typical particle diameters. In sharp contrast, in Figures 3B, the 2 micron particle 31 appears to be approximately equal to or greater than the typical openings between the fibers in the fiber web 35 while the 5 micron particle 32 appears to be larger than any of the openings in the fine fiber web 35.

The foregoing general description of the various aspects of the polymeric materials of the invention, the fine fiber materials of the invention including both microfibers and nanofibers and the construction of useful filter structures from the fine fiber materials of the invention provides an understanding of the general technological principles of the operation of the invention. The following specific exemplary materials are examples of materials that can be used in the formation of the fine fiber materials of the invention and the following materials disclose a best mode. The following exemplary materials were manufactured with the following characteristics and process conditions in mind. Electrospinning small diameter fiber less than 10 micron is obtained using an electrostatic force from a strong electric field acting as a pulling force to stretch a polymer jet into a very fine filament. A polymer melt can be used in the electrospinning process, however, fibers smaller than 1 micron are best made from polymer solution. As the polymer mass is drawn down to smaller diameter, solvent evaporates and contributes to the reduction of fiber size. Choice of solvent is critical for several reasons. If solvent dries too quickly, then fibers tends to be flat and large in diameter. If the solvent dries too slowly, solvent will redissolve the formed fibers. Therefore matching drying rate and fiber formation is critical. At high production rates, large quantities of exhaust air flow helps to prevent a flammable atmosphere, and to reduce the risk of fire. A solvent that is not combustible is helpful. In a production environment the processing equipment will require occasional cleaning. Safe low toxicity solvents minimize worker exposure to hazardous chemicals. Electrostatic spinning can be done at a flow rate of 1.5 ml/min per emitter, a target distance of 8 inches, an emitter voltage of 88 kV, an emitter rpm of 200 and a relative humidity of 45%.

The choice of polymer system is important for a given application. For pulse cleaning application, an extremely thin layer of microfiber can help to minimize pressure loss and provide an outer surface for particle capture and release. A thin layer of fibers of less than 2-micron diameter, preferably less than 0.3-micron diameter is preferred. Good adhesion between microfiber or nanofiber and

WO 02/20135

PCT/US01/25205

15

substrates upon which the microfibers or nanofibers are deposited is important.

When filters are made of composites of substrate and thin layer of micro- and nanofibers, such composite makes an excellent filter medium for self-cleaning application. Cleaning the surface by back pulsing repeatedly rejuvenates the filter medium. As a great force is exerted on the surface, fine fiber with poor adhesion to substrates can delaminate upon a back pulse that passes from the interior of a filter through a substrate to the micro fiber. Therefore, good cohesion between micro fibers and adhesion between substrate fibers and electrospun fibers is critical for successful use.

10 Products that meet the above requirements can be obtained using fibers made from different polymer materials. Small fibers with good adhesion properties can be made from such polymers like polyvinylidene chloride, poly vinyl alcohol and polymers and copolymers comprising various nylons such as nylon 6, nylon 4,6; nylon 6,6; nylon 6,10 and copolymers thereof. Excellent fibers can be made from
15 PVDF, but to make sufficiently small fiber diameters requires chlorinated solvents. Nylon 6, Nylon 66 and Nylon 6,10 can be electrospun. But, solvents such as formic acid, m-cresol, tri-fluoro ethanol, hexafluoro isopropanol are either difficult to handle or very expensive. Preferred solvents include water, ethanol, isopropanol, acetone and N-methyl pyrrolidone due to their low toxicity. Polymers compatible
20 with such solvent systems have been extensively evaluated. We have found that fibers made from PVC, PVDC, polystyrene, polyacrylonitrile, PMMA, PVDF require additional adhesion means to attain structural properties. We also found that when polymers are dissolved in water, ethanol, isopropanol, acetone, methanol and mixtures thereof and successfully made into fibers, they have excellent adhesion to
25 the substrate, thereby making an excellent filter medium for self-cleaning application. Self-cleaning via back air pulse or twist is useful when filter medium is used for very high dust concentration. Fibers from alcohol soluble polyamides and poly(vinyl alcohol)s have been used successfully in such applications. Examples of alcohol soluble polyamides include Macromelt 6238, 6239, and 6900 from Henkel,
30 Elvamide 8061 and 8063 from duPont and SVP 637 and 651 from Shakespeare Monofilament Company. Another group of alcohol soluble polyamide is type 8 nylon, alkoxy alkyl modifies nylon 66 (Ref. Page 447, Nylon Plastics handbook, Melvin Kohan ed. Hanser Publisher, New York, 1995). Examples of poly(vinyl

WO 02/20135

PCT/US01/25205

16

alcohol) include PVA-217, 224 from Kuraray, Japan and Vinol 540 from Air Products and Chemical Company.

We have found that filters can be exposed to extremes in environmental conditions. Filters in Saudi Arabian desert can be exposed to temperature as high as 150 F° or higher. Filters installed in Indonesia or Gulf Coast of US can be exposed high humidity above 90 % RH and high temperature of 100 F°. Or, they can be exposed to rain. We have found that filters used under the hood of mobile equipment like cars, trucks, buses, tractors, and construction equipment can be exposed to high temperature (+200°F), high relative humidity and other chemical environment. We have developed test methods to evaluate survivability of microfiber systems under harsh conditions. Soaking the filter media samples in hot water (140 F°) for 5 minutes or exposure to high humidity, high temperature and air flow.

B. General Principles Relating to Air Cleaner Design

Herein, the term "air cleaner" will be used in reference to a system which functions to remove particulate material from an air flow stream. The term "air filter" references a system in which removal is conducted by passage of the air, carrying particulate therein, through filter media. The term "filter media" or "media" refers to a material or collection of material through which the air passes, with a concomitant deposition of the particles in or on the media. The term "surface loading media" or "barrier media" refers to a system in which as the air passes through the media, the particulate material is primarily deposited on the surface of the media, forming a filter cake, as opposed to into or through the depth of the media.

Herein the term "filter element" is generally meant to refer to a portion of the air cleaner which includes the filter media therein. In general, a filter element will be designed as a removable and replaceable, i.e. serviceable, portion of the air cleaner. That is, the filter media will be carried by the filter element and be separable from the remainder portion of the air cleaner so that periodically the air cleaner can be rejuvenated by removing a loaded or partially loaded filter element and replacing it with a new, or cleaned, filter element. Preferably, the air cleaner is designed so that the removal and replacement can be conducted by hand. By the term "loaded" or variants thereof in this context, reference is meant to an air cleaner

WO 02/20135

PCT/US01/25205

17

which has been on-line a sufficient period of time to contain a significant amount of trapped particles or particulates thereon. In many instances, during normal operation, a filter element will increase in weight, due to particulate loading therein, of two or three times (or more) its original weight.

5 In general, specifications for the performance of an air cleaner system are, generated by the preferences of the original equipment manufacturer (OEM) for the engine involved and/or the OEM of the truck or other equipment involved. While a wide variety of specifications may be involved, some of the major ones are the following:

- 10 1. Engine air intake need (rated flow)
2. Initial Restriction
3. Initial efficiency
4. Average or overall operating restriction
5. Overall efficiency
- 15 6. Filter service life

The engine air intake need is a function of the engine size, i.e. displacement and rpm at maximum, full or "rated" load. In general, it is the product of displacement and rated rpm, modified by the volumetric efficiency, a factor which reflects turbo efficiency, duct efficiency, etc. In general, it is a measurement of the

20 volume of air, per unit time, required by the engine or other system involved, during rated operation or full load. While air intake need will vary depending upon rpm, the air intake requirement is defined at a rated rpm, often at 1800 rpm or 2100 rpm for many typical truck engines. Herein this will be characterized as the "rated air flow" or by similar terms. In general, principles characterized herein can be applied

25 to air cleaner arrangements used with systems specified for operation over a wide range of ratings or demands, including, for example, ones in the range of about 3 cubic feet/min. (cfm) up to 10,000 cfm often 50 to 500 cfm. Such equipment includes, for example: small utility engines (motorcycles, lawn mowers, etc.), automotive engines, pickup trucks and sport utility vehicle engines, engines for

30 small trucks and delivery vehicles, buses, over-the-highway trucks, agricultural equipment (for example tractors), construction equipment, mining equipment, marine engines, a variety of generator engines, and, in some instances, gas turbines and air compressors.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

18

Air cleaner overall efficiency is generally a reflection of the amount of "filterable" solids which pass into the air cleaner during use, and which are retained by the air cleaner. It is typically represented as the percentage of solids passing into the air cleaner which are retained by the air cleaner in normal use, on a weight basis.

5 It is evaluated and reported for many systems by using SAE standards, which techniques are generally characterized in U.S. Patent 5,423,892 at Column 25, line 60- Column 26, line 59; Column 27, lines 1-40. A typical standard used is SAE J726, incorporated herein by reference.

10 With respect to efficiency, engine manufacturer and/or equipment manufacturer specifications will vary, in many instances, with efficiency demands (based on either SAE J726 or field testing) for overall operation often being set at 99.5% or higher, typically at 99.8% or higher. With typical vehicle engines having air flow demands of 500 cfm or above, specifications of 99.8% overall average, or higher, are not uncommon.

15 Initial efficiency is the measurable efficiency of the filter when it is first put on line. As explained in U.S. Patent 5,423,892 at Column 27, lines 1-40, especially with conventional pleated paper (barrier type or surface-loading) filters, initial efficiency is generally substantially lower than the overall average efficiency during use. This is because the "dust cake" or contaminant build-up on the surface of such
20 a filter during operation, increases the efficiency of the filter. Initial efficiency is also often specified by the engine manufacturer and/or the vehicle manufacturer. With typical vehicle engines having air flow demands of 500 cfm or above, specifications of 98% or above (typically 98.5% or above) are common.

25 Restriction is the pressure differential across an air cleaner or air cleaner system during operation. Contributors to the restriction include: the filter media through which the air is directed; duct size through which the air is directed; and, structural features against which or around which the air is directed as it flows through the air cleaner and into the engine. With respect to air cleaners, initial restriction limits are often part of the specifications and demands of the engine
30 manufacturer and/or equipment manufacturer. This initial restriction would be the pressure differential measured across the air cleaner when the system is put on line with a clean air filter therein and before significant loading occurs. Typically, the specifications for any given system have a maximum initial restriction requirement.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

19

In general, engine and equipment manufacturers design equipment with specifications for air cleaner efficiency up to a maximum restriction. As reported in U.S. Patent 5,423,892, at Column 2, lines 19-29; and, column 6, line 47, column 7, line 3, the limiting restriction: for typical truck engines is a pressure drop of about 5 20-30 inches of water, often about 25 inches of water; for automotive internal combustion engines is about 20-25 inches of water; for gas turbines, is typically about 5 inches of water; and, for industrial ventilation systems, is typically about 3 inches of water.

In general, some of the principal variables of concern in air cleaner design in order to develop systems to meet the types of specifications characterized in the previous section, are the following:

1. filter media type, geometry and efficiency;
2. air cleaner shape and structure; and
3. filter element size.

For example, conventional cellulose fiber media or similar media is generally a "barrier" filter. An example is paper media. In general, the operation of such media is through surface loading, i.e., when air is directed through the media, the surface of the media acts as a barrier or sieve, preventing passage of particulate material therethrough. In time, a dust cake builds on the surface of the media, increasing media efficiency. In general, the "tightness" or "porosity" of the fiber construction determines the efficiency, especially the initial efficiency, of the system. In time, the filter cake will effect (increase) the efficiency.

In general, such media is often defined or specified by its permeability. The permeability test for media is generally characterized in U.S. Patent 5,672,399 at Col. 19, lines 27-39. In general, it is the media face velocity (air) required to induce a 0.50 inch water restriction across a flat sheet of the referenced material, media or composite. Permeability, as used herein, is assessed by a Frazier Perm Test, according to ASTM D737 incorporated herein by reference, for example using a Frazier Perm Tester available from Frazier Precision Instrument Co., Inc., Gaithersburg, Md., or by some analogous test.

The permeability of cellulose fiber media used in many types of engine filters for trucks having rated air flows of 50 cfm or more manufactured by Donaldson Company, is media having a permeability of less than about 15 fpm, typically around 13 fpm. In general, in the engine filtration market, for such

WO 02/20135

PCT/US01/25205

20

equipment, a variety of barrier media (pleated media) having permeability values of less than about 25 fpm, and typically somewhere within the range of 10-25 fpm, have been widely utilized by various element manufacturers.

With respect to efficiency, principles vary with respect to the type of media involved. For example, cellulose fiber or similar barrier media is generally varied, with respect to efficiency, by varying overall general porosity or permeability.

C. Typical System: Engine Air Intake

In Figure 21, a schematic view of a system is shown generally at 130.

System 130 is one example type of system in which air cleaner arrangements and constructions described herein is usable. In Figure 21, equipment 131, such as a vehicle, having an engine 132 with some defined rated air flow demand, for example, at least 370 cfm, is shown schematically. Equipment 131 may comprise a bus, an over the highway truck, an off-road vehicle, a tractor, or marine application such as a power boat. Engine 132 powers equipment 131, through use of an air, fuel mixture. In Figure 21, air flow is shown drawn into engine 132 at an intake region 133. An optional turbo 134 is shown in phantom, as optionally boosting the air intake into the engine 132. An air cleaner 135 having a media pack 136 is upstream of the engine 132 and turbo 134. In general, in operation, air is drawn in at arrow 137 into the air cleaner 135 and through media pack 136. There, particles and contaminants are removed from the air. The cleaned air flows at arrow 137 into the intake 133. From there, the air flows into engine 132, to power vehicle 131.

In engine systems, during operation of the engine, the temperature, under the hood, typically is at least 120°F, and often is in the range of 140°F-220°F or more depending on operating conditions. The temperature may adversely affect the operating efficiency of the filter element. Regulations on emissions can increase the restriction on the engine exhaust, causing further increased temperatures. As explained below, constructing the filter media in the form of a composite of a barrier media and at least a single layer, and in some instances, multiple layers of "fine fiber" can improve the performance (the operating efficiency, in particular) of the filter element over prior art filter elements that are not constructed from such media composites.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

21

D. Example Air Cleaners

Attention is directed to Figure 22. Figure 22 is a perspective view of a first embodiment of a media pack 140. The preferred media pack 140 depicted includes filter media 142 and a sealing system 144. In preferred constructions, the filter media 142 is designed to remove particulates from a fluid, such as air, passing through the filter media 142, while the sealing system 144 is designed to seal the media pack 140 against a sidewall of a housing or duct, as shown in Figure 24.

This media pack 140 of Figures 22-25 is generally described in U.S. Patent No. 6,190,432, which is incorporated by reference herein.

In certain preferred arrangements, the filter media 142 will be configured for straight-through flow. By "straight-through flow," it is meant that the filter media 142 is configured in a construction 146 with a first flow face 148 (corresponding to an inlet end, in the illustrated embodiment) and an opposite, second flow face 150 (corresponding to an outlet end, in the illustrated embodiment), with fluid flow entering in one direction 152 through the first flow face 148 and exiting in the same direction 154 from the second flow face 150. When used with an inline-flow housing, in general, the fluid will enter through the inlet of the housing in one direction, enter the filter construction 146 through the first flow face 148 in the same direction, exit the filter construction 146 in the same direction from the second flow face 150, and exit the housing through the housing outlet also in the same direction.

In Figure 22, the first flow face 148 and the second flow face 150 are depicted as planar and as parallel. In other embodiments, the first flow face 148 and the second flow face 150 can be non-planar, for example, frusto-conical. Further, the first flow face 148 and second flow face 150 need not be parallel to each other.

Generally, the filter construction 146 will be a wound construction. That is, the construction 146 will typically include a layer of filter media that is turned completely or repeatedly about a center point. Typically, the wound construction will be a coil, in that a layer of filter media will be rolled a series of turns around a center point. In arrangements where a wound, coiled construction is used, the filter construction 146 will be a roll of filter media, typically permeable fluted filter media.

Attention is now directed to Figure 23. Figure 23 is schematic, perspective view demonstrating the principles of operation of certain preferred media usable in the filter constructions herein. In Figure 23, a fluted construction of Z-media is

WO 02/20135

PCT/US01/25205

22

generally designated at 156. Preferably, the fluted construction 156 includes: a layer 157 of corrugations having a plurality of flutes 158 and a face sheet 160. The Figure 22 embodiment shows two sections of the face sheet 160, at 160A (depicted on top of the corrugated layer 157) and at 160B (depicted below the corrugated layer 157). Typically, the preferred media construction 162 used in arrangements described herein will include the corrugated layer 157 secured to the bottom face sheet 160B. When using this media construction 162 in a rolled construction, it typically will be wound around itself, such that the bottom face sheet 160B will cover the top of the corrugated layer 157. The face sheet 160 covering the top of the corrugated layer is depicted as 160A. It should be understood that the face sheet 160A and 160B are the same sheet 160.

When using this type of media construction 162, the flute chambers 158 preferably form alternating peaks 164 and troughs 166. The troughs 166 and peaks 164 divide the flutes into an upper row and lower row. In the particular configuration shown in Figure 23, the upper flutes form flute chambers 168 closed at the downstream end 178, while flute chambers 170 having their upstream end 181 closed form the lower row of flutes. The fluted chambers 170 are closed by a first end bead 172 that fills a portion of the upstream end 181 of the flute between the fluting sheet 171 and the second facing sheet 160B. Similarly, a second end bead 174 closes the downstream end 178 of alternating flutes 168.

When using media constructed in the form of media construction 162, during use, unfiltered fluid, such as air, enters the flute chambers 168 as indicated by the shaded arrows 176. The flute chambers 168 have their upstream ends 169 open. The unfiltered fluid flow is not permitted to pass through the downstream ends 178 of the flute chambers 168 because their downstream ends 178 are closed by the second end bead 174. Therefore, the fluid is forced to proceed through the fluting sheet 171 or face sheets 160. As the unfiltered fluid passes through the fluting sheet 171 or face sheets 160, the fluid is cleaned or filtered. The cleaned fluid is indicated by the unshaded arrow 180. The fluid then passes through the flute chambers 170 (which have their upstream ends 181 closed) to flow through the open downstream end 184 out the fluted construction 156. With the configuration shown, the unfiltered fluid can flow through the fluted sheet 171, the upper facing sheet 160A, or lower facing sheet 160B, and into a flute chamber 170.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

23

Typically, the media construction 162 will be prepared and then wound to form a rolled construction 146 of filter media. When this type of media is selected for use, the media construction 162 prepared includes the sheet of corrugations 157 secured with the end bead 172 to the bottom face sheet 160B (as shown in Figure 23, but without the top face sheet 160A).

Attention is again directed to Figure 22. In Figure 22, the second flow face 150 is shown schematically. There is a portion at 182 in which the flutes including the open ends 184 and closed ends 178 are depicted. It should be understood that this section 182 is representative of the entire flow face 50. For the sake of clarity and simplicity, the flutes are not depicted in the other remaining portions 183 of the flow face 150. Top and bottom plan views, as well as side elevational views of a media pack 140 usable in the systems and arrangements described herein are depicted in copending and commonly assigned U.S. Patent Application Serial No. 29/101,193, filed February 26, 1999, and entitled, "Filter Element Having Sealing System," herein incorporated by reference.

Turning now to Figure 24, the filter construction 146 is shown installed in a housing 186 (which can be part of an air intake duct into an engine or turbo of an air cleaner 179). In the arrangement shown, air flows into the housing 186 at 187, through the filter construction 146, and out of the housing 186 at 188. When media constructions such as filter constructions 46 of the type shown are used in a duct or housing 186, the sealing system 144 will be needed to ensure that air flows through the media construction 146, rather than bypass it.

The particular sealing system 144 depicted includes a frame construction 190 and a seal member 192. When this type of sealing system 144 is used, the frame construction 190 provides a support structure or backing against which the seal member 192 can be compressed against to form a radial seal 194 with the duct or housing 186.

Still in reference to Figure 24, in the particular embodiment shown, the frame construction 190 includes a rigid projection 196 that projects or extends from at least a portion of one of the first and second flow faces 148, 150 of the filter construction 146. The rigid projection 196, in the particular arrangement shown in Figure 24, extends axially from the second flow face 150 of the filter construction 146.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

24

The projection 196 shown has a pair of opposite sides 198, 102 joined by an end tip 104. In preferred arrangements, one of the first and second sides 198, 102 will provide a support or backing to the seal member 192 such that seal 194 can be formed between and against the selected side 198 or 102 and the appropriate surface of the housing or duct. When this type of construction is used, the projection 196 will be a continuous member forming a closed hoop structure 106 (Figure 22).

When this type of construction is used, a housing or duct may circumscribe the projection 196 and hoop structure 106 including the seal member 192 to form seal 194 between and against the outer side 102 of the projection 196 and an inner surface 110 of the housing or duct.

In the particular embodiment shown in Figure 24, the seal member 192 engages the end tip 104 of the projection 196 as well, such that the seal member 192 covers the projection 196 from the exterior side 102, over the end tip 104, and to the interior side 198.

Referring now to Figures 22 and 24, the frame 190 has a band, skirt, or depending lip 107 that is used to secure the frame 190 to the media construction 146. The depending lip 107 depends or extends down a first distance from cross braces 108.

During use of frames 190 of the type depicted herein, inward forces are exerted around the circumference of the frame 190. Cross braces 108 support the frame 190. By the term "support," it is meant that the cross braces 108 prevent the frame 190 from radially collapsing under the forces exerted around the circumference of the frame 190.

The tip portion 104 provides support for the compressible seal member 192. The compressible seal member 192 is preferably constructed and arranged to be sufficiently compressible to be compressed between the tip portion 104 of the frame 190 and sidewall 110 of a housing or duct. When sufficiently compressed between the tip portion 104 and the sidewall 110, radial seal 194 is formed between the media pack 140 and the sidewall 110.

One preferred configuration for seal member 192 is shown in Figure 25. The tip portion 104 of the frame 190 defines a wall or support structure between and against which radial seal 194 may be formed by the compressible seal member 192. The compression of the compressible seal member 192 at the sealing system 144 is preferably sufficient to form a radial seal under insertion pressures of no greater than

WO 02/20135

PCT/US01/25205

25

80 lbs., typically, no greater than 50 lbs., for example, about 20-40 lbs., and light enough to permit convenient and easy change out by hand.

In the preferred embodiment shown in Figure 25, the seal member 192 is a stepped cross-sectional configuration of decreasing outermost dimensions (diameter, when circular) from a first end 112 to a second end 113, to achieve desirable sealing. Preferred specifications for the profile of the particular arrangement shown in Figure 25 are as follows: a polyurethane foam material having a plurality of (preferably at least three) progressively larger steps configured to interface with the sidewall 110 and provide a fluid-tight seal.

The compressible seal member 192 defines a gradient of increasing internal diameters of surfaces for interfacing with the sidewall 110. Specifically, in the example shown in Figure 25, the compressible seal member 192 defines three steps 114, 115, 116. The cross-sectional dimension or width of the steps 114, 115, 116 increases the further the step 114, 115, 116 is from the second end 113 of the compressible seal member 192. The smaller diameter at the second end 113 allows for easy insertion into a duct or housing. The larger diameter at the first end 112 ensures a tight seal.

In general, the media pack 140 can be arranged and configured to be press-fit against the sidewall 110 of the housing 186 or duct. In the specific embodiment shown in Figure 24, the compressible seal member 192 is compressed between the sidewall 110 and the tip portion 104 of the frame 190. After compression, the compressible seal member 192 exerts a force against the sidewall 110 as the compressible seal member 192 tries to expand outwardly to its natural state, forming radial seal 94 between and against the tip portion 104 and the sidewall 110.

A variety of housings are usable with the media pack 140. In the particular embodiment depicted in Figure 24, the housing 186 includes a body member or a first housing compartment 118 and a removable cover or second housing compartment 120. In some arrangements, the first housing compartment 118 is affixed to an object, such as a truck. The second housing compartment 120 is removably secured to the first housing compartment 118 by a latching device 122.

In the illustrated embodiment in Figure 24, the second end 150 of the media pack 140 with the attached frame 190 and compressible seal member 192 is inserted into the first housing compartment 118. The media pack 140 is press-fit into the first housing compartment 118 such that the compressible seal member 192 is

WO 02/20135

PCT/US01/25205

26

compressed between and against the tip portion 104 of the frame 190 and the sidewall 110 of the first housing compartment 118, to form radial seal 194 therebetween.

During use of the arrangement depicted in Figure 24, the fluid enters the housing assembly 185 at the inlet region 124 of the second housing compartment 120, in the direction shown at 187. The fluid passes through the filter construction 146. As the fluid passes through the filter construction 146, contaminants are removed from the fluid. The fluid exits the housing assembly 185 at the outlet region 128, in the direction of 188. The compressible seal member 192 of the sealing system 144 forms radial seal 194 to prevent contaminated fluid from exiting the housing assembly 185, without first passing through the filter construction 146.

Figure 26 is a perspective view of another embodiment of a media pack 130. In the construction depicted, the media pack 130 includes filter media 132 and a sealing system 134. The filter media 132 is designed to remove contaminants from a fluid, such as air, passing through the filter media 132. The sealing system 134 is designed to seal the filter media 134 to a housing or duct.

The construction and geometry of the media pack 130 of Figures 26-27, with the exception of preferred media formulations given in Section H below, is described in U.S. Patent No. 6,190,432, which is incorporated by reference herein.

In certain preferred arrangements, the filter media 132 will be configured in a filter construction 136 with a first flow face 138 and an opposite, second flow face 140.

The filter construction 136 can have a variety of configurations and cross-sectional shapes. In the particular embodiment illustrated in Figure 26, the filter construction 136 has a non-circular cross-section. In particular, the Figure 26 embodiment of the filter construction 136 has an ob-round or "racetrack" cross-sectional shape. By "racetrack" cross-sectional shape, it is meant that the filter construction 136 includes first and second semicircular ends 141, 142 joined by a pair of straight segments 143, 144.

In Figure 26, certain portions 146 are depicted showing the flutes, including the open and closed ends. It should be understood that this portion or section 146 is representative of the entire flow face 140 (as well as the first flow face 138). For the sake of clarity and simplicity, the flutes are not depicted in the other remaining portions 149 of the flow face 140. Top and bottom plan views, as well as side

WO 02/20135

PCT/US01/25205

27

elevation views of the media pack 130 usable in the systems and arrangements described herein are depicted in copending and commonly assigned U.S. Patent Application Serial No. 29/101,193, filed February 26, 1999, and entitled, "Filter Element Having Sealing System," herein and incorporated by reference.

5 As with the embodiment of Figure 22, the media pack 130 includes sealing system 134. In preferred constructions, the sealing system 134 includes a frame 148 and a seal member 150.

The frame 148 has a non-circular, for example, obround and in particular, a racetrack shape and is arranged and configured for attachment to the end of the filter media 132. In particular, the frame 148 has a band or skirt or depending lip 151 that
10 is generally racetrack shaped. The depending lip 151 depends or extends down a distance from cross braces 152 and is used to secure the frame 148 to the media pack 130.

During use of the arrangements depicted, inward forces are exerted around
15 the circumference of the frame 148. Inward forces exerted against the semicircular ends 141, 142 can cause the straight segments 143, 144 to bow or bend. Cross braces 152 are provided to provide structural rigidity and support to the straight segments 143, 144. As can be seen in Figure 26, the particular cross braces 152 depicted form a truss system 154 between the opposing straight segments 143, 144.
20 The truss system 154 includes a plurality of rigid struts 156, preferably molded as a single piece with the remaining portions of the frame 148.

The frame 148 is constructed analogously to the frame 90. As such, the frame 148 includes a tip portion 158 (Figure 27). In preferred arrangements, the tip portion 158 acts as an annular sealing support. In preferred systems, the
25 compressible seal member 150 has structure analogous to the that of the compressible seal member 92 of Figure 5.

Preferably, the media pack 130 will be installed in a duct or an air cleaner housing. In Figure 27, the housing depicted is a two-piece housing including a cover 160 and a body member 162. The cover 160 defines an airflow inlet 164. The
30 body member 162 defines an airflow outlet 166. The housing further includes a pre-cleaner arrangement 167 upstream of the media pack 130, such as that described in U.S. Pat. Nos. 2,887,177 and 4,162,906, incorporated by reference herein. In the one depicted, the pre-cleaner arrangement 167 is in the cover 160. The cover 160

WO 02/20135

PCT/US01/25205

28

includes a dust ejector 168 that expels dust and debris collected in the pre-cleaner 167.

The compressible seal member 150 is compressed between the sidewall 170 and the tip portion 158 of the frame 150. As the media pack 130 is press-fit, the compressible seal member 150 is compressed between and against the frame 148 (specifically, in the particular embodiment shown, the tip portion 158) and the sidewall 170. After compression, the compressible seal member 150 exerts a force against the sidewall 170 as the compressible seal member 150 tries to expand outwardly to its natural state, forming a radial seal 171 with the sidewall 170.

Preferred formulations for media 132 are described in Section H, below.

Another filter arrangement is shown in Figure 28, generally at 174. With the exception of preferred media formulations described in Section H below, the filter arrangement 174 is described in U.S. Patent No. 5,820,646, incorporated by reference herein.

The filter arrangement 174 includes a media pack 176 mounted in, held by and supported by a panel construction 178. Filter arrangement 174 also includes a housing 180, which includes a body 181 and a removable cover member 182. The panel construction 178 holding the media pack 176 seals within the housing 180, and is removable and replaceable therefrom.

The media pack 176 includes fluted filter media 184 constructed as described above with respect to Figure 23.

E. Typical System; Gas Turbine Air Intake

In Figure 29, the air intake of a gas turbine system is shown generally at 200. Airflow is shown drawn into an air intake system 200 at arrows 201. The air intake system 200 includes a plurality of air filter arrangements 202 generally held in a tube sheet 203. In preferred systems, the tube sheet 203 will be constructed to hold the filter arrangements 202 at an angle, relative to a vertical axis. Preferred angles will be between 5-25°, for example, about 7°. This permits liquid to drain from the filter arrangements 202 when the system 200 is not operating.

The air is cleaned in the air filter arrangements 202, and then it flows downstream at arrows 204 into gas turbine generator 205, where it is used to generate power.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

29

In Figure 33, an example of the air intake of a microturbine is illustrated generally at 210. In general, microturbines are smaller versions of gas turbines typically used as stand-by generators. In some instances, such microturbines are approximately 24 inches by 18 inches and have electrical power output typically between 30 kilowatts and 100 kilowatts. These systems typically have air flow between 1000 cfm and 10,000 cfm.

In Figure 33, airflow is shown drawn into an air intake system 211 at arrows 212. The air intake system 211 includes a filter arrangement 213. As the air is drawn through the filter arrangement 213, the air is cleaned in the air filter arrangement 213, and then flows downstream at arrows 214 into a gas turbine 215. The gas turbine then typically powers an electrical generator, a fluid compressor, or a fluid pump. As explained below, constructing the filter arrangement in the form of a composite of a barrier media and at least a single layer, and in some instances, multiple layers of "fine fiber" can improve the performance (the operating efficiency, in particular) of the filter arrangement over prior art filters that are not constructed from such media composites.

F. Example Filter Arrangements for Gas Turbine Systems

One example of an air filter arrangement 202 usable in system 200 or system 210 is shown in Figures 30-32. Other than preferred media formulations given in Section H, the air filter arrangement 202 is described in commonly assigned U.S. S.N. 09/437,867, filed November 10, 1999, incorporated by reference herein. In general, the air filter arrangement 202 includes a first, or primary filter element 220 (Figure 30 and 32) and a second filter element 222 (Figure 31 and 32), which acts as a prefilter. By the term "prefilter", it is meant a separator that is positioned upstream of the main, primary filter element 220, that functions to remove large particles from the gas stream. The primary filter element 220 and the prefilter element 222 are preferably secured within a sleeve member 224 that is removably mountable in an aperture 226 in tube sheet 203. In general, air flow is taken into the system 200 and flows first through the prefilter element 222 and then through the primary filter element 220. After exiting the primary filter element 220, the air is directed into the generator 205.

In general, the element 220 is constructed from fluted or z-shaped media 230, as described above in connection with Figures 2 and 3. In Figure 30, it should

WO 02/20135

PCT/US01/25205

30

be understood that the outlet face 228 is shown schematically. That is, only a portion of the face 228 is shown with flutes. It should be understood that, in typical systems, the entire face 228 will be fluted.

The filter element 220 has a first end 232 and an opposite, second end 234.

- 5 In the arrangement depicted in Figure 30, the first end 232 will correspond to an upstream end inlet face 227, while the second end 234 will correspond to a downstream end outlet face 228. The straight through flow allows gas to flow into the first end 232 and exit the second end 234, such that the direction of the air flow into the first end 232 is the same direction of air flow that is exiting the second end
- 10 234. Straight through flow patterns can reduce the amount of turbulence in the gas flow.

The media 230 can be a polyester synthetic media, a media made from cellulose, or blends of these types of materials and treated with fine fiber.

- 15 Preferably, the prefilter element 222 is a pleated construction 236 comprising a plurality of individual pleats 237. The pleats 237 are arranged in a zig-zag fashion. Preferred prefilter elements 222 will have a generally circular cross-section.

- The prefilter element 222 is configured to permit straight through flow. In other words, the air flows directly through the prefilter element 222, entering at an inlet face 238 and exiting at an oppositely disposed outlet face 239, wherein the
- 20 direction of fluid flow entering the inlet face 238 is in the same direction of fluid flow exiting the outlet face 239.

- In certain preferred embodiments, there will be at least 15 pleats 237, no greater than 80 pleats 237, and typically 30-50 pleats 237. The pleated construction 236 is made from a media 240 that is folded in the form of pleats 237 centered
- 25 around a central core 241. Useable types of media 240 includes fiberglass, or alternatively, an air laid media. Specific properties of usable media 240 include: a dry laid filter medium made from polyester fibers randomly oriented to form a web having a weight of 2.7-3.3 oz./yd³ (92-112 g/m³); a free thickness (i.e., thickness at 0.002 psi compression) of 0.25-0.40 in. (6.4-10.2 mm); and a permeability of at least
- 30 400 ft./min (122 m/min).

In general, the prefilter element 222 is removably and replaceably mountable in the sleeve member 224. The sleeve member 224 is described in further detail below. In certain systems, the prefilter element 222 is held within the sleeve

WO 02/20135

PCT/US01/25205

31

member 224 by squeezing or compressing end tips of the media 240 against the inside wall of the sleeve member 224.

Preferred filter arrangements 202 constructed according to principles herein will have sleeve member 224 secured to and circumscribing the primary filter element 220. In general, the sleeve member 224 functions to hold the primary element 220 in place in the system 200. Preferred sleeve members 224 will also hold the prefilter element 222 in place upstream of the primary element 220.

As can be seen in Figures 30 and 31, the sleeve member 224 preferably has a cross-section that matches the cross-section of the primary filter element. The sleeve member 224 includes a surrounding wall 244 that is curved in a form to result in a surrounding ring 245. The sleeve member 224 is preferably oriented relative to the primary filter element 220 to extend at least 30% of the axial length of the primary filter element 220. In many typical arrangements, the sleeve member 224 will extend greater than 50% of the axial length of the primary filter element 220. Indeed, in most preferred arrangements, the sleeve member 224 will extend at least the entire length (that is, 100%) of the axial length of the primary filter element 220. In many typical applications, the sleeve member 224 will have a radius of at least 10 inches, typically 15-30 inches, and in some instances, no greater than 50 inches.

The sleeve member 224 is preferably constructed and arranged with a sealing system to allow for securing the primary filter element 220 to the tube sheet 203, to inhibit air from bypassing the primary element 220. In the illustrated embodiment, the sleeve member 224 includes a seal member pressure flange 246. The flange 246 at least partially, and in many embodiments fully, circumscribes the wall 244 of the sleeve member 224. The seal member pressure flange 246 operates as a backstop to support a seal member 248 in order to create a seal 250 between and against the flange 246 and the tube sheet 203. The flange 246 extends radially from the wall 244 of the sleeve member 224 and fully circumscribes the seal member 224. The flange 246 will extend radially from the wall 244 a distance sufficient to support the seal member 248.

A patch or retaining clip 252 (Figure 30) extends over a joint 254 to secure the sleeve member 224 in its final configuration. Preferably, the retaining clip 252 is secured in a permanent way to the sleeve member 224; for example, by ultrasonic welding.

Attention is directed to Figure 32. It can be seen that the flange 246 supports the seal member 248 on the axial side 256. The seal member 248 generally comprises a circular gasket 258. The gasket 258 is preferably secured to the flange 246, by adhesive between the gasket 258 and the side 256 of the flange 246. The gasket 258 is positioned on the flange 246, such that the gasket 258 completely circumscribes the wall 244 and the primary element 220.

The arrangement depicted also includes a system for clamping the sleeve member 224 to the tube sheet 203. In the illustrated embodiment, the clamping system includes a plurality of latches or clamps 260. There should be enough latches or clamps 260 to form a good, tight seal 250 between the flange 246 and the tube sheet 203, when the sleeve member 224 is operably installed in the tube sheet 203; for example, illustrated is 4 clamps 260. In Figure 32, the clamp 260 is shown in cross-section. Each of the clamps 260 includes a lever 261, a nose 262, and a plate 263. The plate 263 includes apertures for accommodating a fastener, such as a bolt 264 to secure the clamp 260 to the tube sheet 203. The nose 262 operates to apply pressure to the flange 246 and compress the seal member 248 against the tube sheet 203. The lever 261 operates to selectively move the nose 262 toward and away from the tube sheet 203. In other embodiments, the clamps 260 can be hand-tightened, such as using wing nuts.

In typical operation, there is an overall pressure drop across the filter arrangement 202 of about 0.6-1.6 inches of water. This includes both the primary filter element 220 and the prefilter 222. Typically, the pressure drop across the prefilter 222 alone will be about 0.2-0.6 inches of water, while the pressure drop across the primary element 220 alone will be about 0.4-1 inch of water.

Another example of an air filter arrangement 213 usable in the system 304 or system 302 is shown in Figures 34-36. With the exception of preferred media formulations provided in Section H below, the air filter arrangement is described in commonly assigned U.S. patent application S.N. 09/593,257 filed June 13, 2000, incorporated by reference herein.

Figure 35 illustrates the filter arrangement 213 in an exploded, unassembled form, while Figure 14 illustrates the filter arrangement 213 assembled for use. In general, the air filter arrangement 213 includes a moisture separator 270, a filter assembly 272, and a filter housing 274. The filter housing 274 is typically secured within a tube sheet 276 when assembled for use. Preferably, the filter housing 274 is

WO 02/20135

PCT/US01/25205

33

secured within the tube sheet 276 by welding the housing 274 to the tube sheet 276 or by bolting the housing 274 to the tube sheet 276.

5 An access door 278 provides access to the filter arrangement 213 when assembled and allows air to be drawn into the system 302. In general, the access door 278 is designed and constructed to fit the particular housing of the system, such as the system 302, of Figure 33, it is to be installed in and to provide access to the filter arrangement 213, when assembled. The access door 278 is also designed and constructed to allow air to enter the system 210, FIGURE 33.

10 The access door 278 preferably includes an air flow resistance arrangement 280. In general, the air flow resistance arrangement 280 directs air flow into the filter arrangement 213 in a particular direction to reduce resistance through the system 302. The air flow resistance arrangement 280 also aids in noise attenuation. In the embodiment depicted in Figure 34, the air flow resistance arrangement is depicted as a plurality of louvers 282. The louvers 282 also aid in protecting the system 210 from entry of large objects and moisture into the system 302, Figure 33. 15 The louvers 282 further aid in noise attenuation.

Moisture in the incoming air stream can damage the integrity of the filter assembly 272, and damage, i.e. contribute to rusting, the internal mechanisms of the system 302. To address this, the filter arrangement includes moisture separator 270. 20 In general, the moisture separator 270 separates and collects moisture from the incoming air stream prior to reaching the filter assembly 272. In one embodiment, the moisture separator 270 includes a plurality of flat screens, e.g., wire mesh.

In general, the filter assembly 272 removes contaminants from the incoming air stream 212, Figure 33, prior to entry into the internal mechanisms of the system 302. Preferably, the filter assembly 272 is configured to permit straight through 25 flow directly through the filter assembly 272, entering at an inlet face 284 and exiting at an oppositely disposed outlet face 285, wherein the direction of fluid flow entering the inlet face 284 is in the same direction of fluid flow exiting the outlet face 285.

30 The filter assembly 272 includes a media pack 286 formed from fluted media 288 rolled into a cylinder, as explained above in connection with FIGURES 22 and 23. The media 288 can be a polyester synthetic media, a media made from cellulose, or blends of these types of materials and treated with a coating or a layer of fine fiber. Preferred media formulations are given in Section H below.

The filter assembly 272 depicted includes a pull mechanism 290. The pull mechanism 290 is constructed to allow a user to easily remove the filter assembly 272 from the filter housing 274. In the one shown, the pull mechanism 290 includes a handle 292 and a retention mechanism 294 (Figure 34). Typically, the handle 292 is a knob 296. In the one shown in Figure 34, the retention mechanism 294 includes a bolt 298 attached to the knob 296 and a nut 299 at the other end of the bolt. Alternatively, the pull mechanism and the core of the filter media could be one integrated unit.

In general, the filter housing 274 is constructed to receive and hold the filter assembly 272 and to facilitate sealing with the filter assembly 272. In the one shown in Figure 16, the filter housing 274 includes a transition area 302 angled from an outer wall 304 at an angle of at least 10 degrees, preferably between 10 and 210 degrees, and most preferably about 15 degrees. The transition area 302 aids in sealing the filter assembly 272 as will be explained in more detail below.

The filter housing 274 further includes a mounting flange 306. The mounting flange 306 secures the filter housing 274 to the tube sheet 276 through a fastener arrangement (e.g., bolts). The housing 274 also includes a stopping arrangement 308. The stopping arrangement 308 seats the filter assembly 272 within the housing 274 to prevent the filter assembly 272 from being pushed too far into the housing 274. The stopping arrangement 308 also helps in ensuring a proper seal between the filter assembly 272 and the housing 274.

The stopping arrangement 308 includes a stop 310. Preferably, the stop 310 projects from the outer wall 304 a distance sufficient to prevent the filter assembly 272 from bypassing the stop 310. During use, the filter assembly 272 rests upon a top surface 311 of the stop 310.

The filter assembly 272 also includes a sealing gasket 312. The sealing gasket 312 seals the filter assembly 272 in the filter housing 274, inhibiting air from entering the system 302 between the filter assembly 272 and the filter housing 274 and bypassing the filter assembly 272. This ensures that the air stream goes substantially through the filter assembly 272. In the one illustrated, the sealing gasket 312 extends circumferentially around the radial edge of the filter assembly 272. In one embodiment, the sealing gasket 312 comprises closed cell foam; of course, the sealing gasket 312 can comprise other suitable material.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

35

During use, the sealing gasket 312 seals a joint 314 between the filter assembly 272 and the filter housing 274. During installation, the filter assembly 272 is inserted into the housing 274 until an end 315 rests against the stop 310. As the filter assembly 272 is installed, the sealing gasket 312 is compressed in the transition area 302 between the filter assembly 272 and the housing 274, sealing the joint 314.

During assembly, the filter housing 274 is slid into the tube sheet 276 until the mounting flange 306 of the filter housing 274 is seated against the tube sheet 276. Next, the filter assembly 272 is seated within the filter housing 274. The filter assembly 272 is slid into the filter housing 274 until the end 315 of the filter assembly 272 rests against the stop 310. The sealing gasket 312 is partially compressed and the filter assembly 272 is snugly held with the filter housing 274.

In operation, the filter arrangement 213 is used as follows: Air to be filtered in the system 302 is directed at arrows 212 into the intake system 211. The air flows through the filter assembly 272. The air enters at the inlet face 284, passes through the fluted construction 288, and exits through the outlet face 285. From there, the air is taken into the turbine or generator 215.

G. Typical System; Fuel Cell Air Intake

A fuel cell air intake is shown schematically in Figure 37 at 330. As depicted in Figure 37, atmospheric or ambient air 331 enters filter assembly 332 via an inlet 333. Prior to entering filter assembly 332, atmospheric air 331 is dirty air having various physical (e.g., particulate) and chemical contaminants. Filter assembly 332 is constructed to remove various contaminants from the dirty air to provide clean air 334 that exits from filter assembly 332. Clean air 334 is the intake air for a fuel cell 335, used to generate power.

Referring still to Figure 37, atmospheric air 331 enters filter assembly 332 as dirty air through inlet 333 in housing 336 and progresses to dirty air side 337 of filter element 338. As the air passes through filter element 338 to clean air side 339, contaminants are removed by filter element 338 to provide filtered air 334. Filtered air 334 exits filter assembly 332 through outlet 340 of housing 336 and is used by equipment 341.

Filter assembly 332 also optionally includes a noise suppression element 342 to reduce or suppress the level of noise or sound emanating from equipment 341.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

36

Suppression element 342 may be positioned within housing 336, and in some embodiments, suppression element 342 is defined by housing 336.

Equipment 341 includes a compressor 343 that provides air to fuel cell 335 to use in its catalytic reaction. Compressor 343 emits noise, typically in the range of 3 Hertz to 30,000 Hertz, sometimes as high as 50,000 Hertz, at a level of 85 to 110 dB at one meter. Suppression element 342, reduces the level of sound traveling upstream from compressor 343 by at least 3 dB, typically by at least 6 dB, and preferably by at least 25 dB.

The fuel cell 335 takes in hydrogen fuel 345, emits a by-product of water and carbon dioxide 346, and generates power 347. In general, fuel cells are devices consisting of two electrodes (an anode and a cathode) that sandwich an electrolyte. A fuel containing hydrogen flows to the anode, where the hydrogen electrons are freed, leaving positively charged ions. The electrons travel through an external circuit in which the ions diffuse through the electrolyte. At the cathode, the electrons combine with the hydrogen ions and oxygen to form water and carbon dioxide, by-products. A common oxygen source is air. To speed the cathodic reaction, a catalyst is often used. Examples of catalysts often used in the fuel cell reaction include nickel, platinum, palladium, cobalt, cesium, neodymium, and other rare earth metals. The reactants in the fuel cell are the hydrogen fuel and an oxidizer.

Typically, "low temperature fuel cells" operate at temperatures, typically about 70 to 100°C, sometimes as high as 200°C. High temperature fuel cells are typically not as sensitive to chemical contamination due to their higher operating temperature. High temperature fuel cells are, however, sensitive to particulate contamination, and some forms of chemical contamination, and thus high temperature fuel cells benefit from the filtering features as described herein. One type of low temperature fuel cell is commonly referred to as a "PEM", is named for its use of a proton exchange membrane. Examples of other various types of fuel cells that can be used in combination with the filter assembly of the present invention include, for example, U.S. Patent Nos. 6,110,611; 6,117,579; 6,103,415; and 6,083,637, the disclosures of which are incorporated here by reference. Various fuel cells are commercially available from, for example, Ballard Power Systems, Inc. of Vancouver, Canada; International Fuel Cells, of Connecticut; Proton Energy Systems, Inc. of Rocky Hill, CT; American Fuel Cell Corp. of Massachusetts;

WO 02/20135

PCT/US01/25205

37

Siemens AG of Erlangen, Germany; Energy Partners, L.C. of Florida; General Motors of Detroit, MI; and Toyota Motor Corporation of Japan.

The filter assemblies, as described below, remove contaminants from the atmospheric air before the air is used in the fuel cell operation. As explained below, constructing the filter assembly in the form of a composite of a barrier media and at least a single layer, and in some instances, multiple layers of "fine fiber" can enhance the performance (the operating efficiency, in particular) of the filter assembly. The fine fiber treatment is advantageous in improving filter efficiency in most filter geometry and environment. In certain harsh environments with a filter temperature over 120°F, which includes both low temperature and high temperature fuel cells the fine fiber can often survive and provide extended lifetime filtration.

H. Example Filter Arrangement for Fuel Cell Air Intake Systems

Figure 38 illustrates a filter assembly 350 usable in the system of Figure 37. Filter assembly 350 includes a housing 352 which defines an inlet 354 and an outlet 356. Dirty air enters filter assembly 350 via inlet 354, and clean air exits via outlet 356.

Positioned within housing 352 is a filter element 358 and a noise suppression element 360. Suppression element 360 comprises a first resonator 361 and a second resonator 362. First resonator 361 is configured to attenuate a peak of about 900 Hz, and second resonator 362 is configured to attenuate a peak of about 550 Hz.

Filter element 358 of Figure 38 is generally constructed analogously as the filter element construction 40 (Figure 22). As such, it includes a media pack 364 of fluted media 366 (as described with respect to Figure 3) rolled into filter element 358.

When filter element 358 is used with inline-flow housing 352, the air will enter through inlet 354 of housing 352 in one direction, enter filter element 358 through first flow face 368 in the same direction, exit filter element 358 in the same direction from second flow face 370, and exit housing 352 through outlet 356 also in the same direction.

As with the embodiment of Figures 22 and 24, a radial seal 372 is formed by compression of the sealing gasket 374 between and against a frame 376 and an inner sealing surface 378 of the housing.

Filter assembly 350 preferably also includes a portion designed to remove contaminants from the atmosphere by either adsorption or absorption. As used herein, the terms "adsorb", "adsorption", "adsorbent" and the like, are intended to also include the mechanisms of absorption and adsorption.

5 The chemical removal portion typically includes a physisorbent or chemisorbent material, such as, for example, desiccants (i.e., materials that adsorb or absorb water or water vapor) or materials that adsorb or absorb volatile organic compounds and/or acid gases and/or basic gases. The terms "adsorbent material," "adsorption material," "adsorptive material," "absorbent material," absorption
10 material," "absorptive material," and any variations thereof, are intended to cover any material that removes chemical contaminants by adsorption or absorption. Suitable adsorbent materials include, for example, activated carbon, activated carbon fibers, impregnated carbon, activated alumina, molecular sieves, ion-exchange resins, ion-exchange fibers, silica gel, alumina, and silica. Any of these materials can be
15 combined with, coated with, or impregnated with materials such as potassium permanganate, calcium carbonate, potassium carbonate, sodium carbonate, calcium sulfate, citric acid, or mixtures thereof. In some embodiments, the adsorbent material can be combined or impregnated with a second material.

The adsorbent material typically includes particulates or granulated material
20 and can be present as granules, beads, fibers, fine powders, nanostructures, nanotubes, aerogels, or can be present as a coating on a base material such as a ceramic bead, monolithic structures, paper media, or metallic surface. Typically, the adsorbent materials, especially particulate or granulated materials, are provided as a bed of material.

25 Alternately, the adsorbent material can be shaped into a monolithic or unitary form, such as a large tablet, granule, bead, or pleatable or honeycomb structure that optionally can be further shaped. In at least some instances, the shaped adsorbent material substantially retains its shape during the normal or expected lifetime of the filter assembly. The shaped adsorbent material can be formed from a free-flowing
30 particulate material combined with a solid or liquid binder that is then shaped into a non-free-flowing article. The shaped adsorbent material can be formed by, for example, a molding, a compression molding, or an extrusion process. Shaped adsorbent articles are taught, for example, in U.S. Patent Nos. 5,189,092 (Koslow), and 5,331,037 (Koslow), which are incorporated herein by reference.

The binder used for providing shaped articles can be dry, that is, in powdered and/or granular form, or the binder can be a liquid, solvated, or dispersed binder.

Certain binders, such as moisture curable urethanes and materials typically referred to as "hot melts", can be applied directly to the adsorbent material by a spray

5 process. In some embodiments, a temporary liquid binder, including a solvent or dispersant which can be removed during the molding process, is used. Suitable binders include, for example, latex, microcrystalline cellulose, polyvinyl alcohol, ethylene-vinyl acetate, starch, carboxyl methyl cellulose, polyvinylpyrrolidone, dicalcium phosphate dihydrate, and sodium silicate. Preferably the composition of a
10 shaped material includes at least about 70%, by weight, and typically not more than about 98%, by weight, adsorbent material. In some instances, the shaped adsorbent includes 85 to 95%, preferably, approximately 90%, by weight, adsorbent material. The shaped adsorbent typically includes not less than about 2%, by weight, binder and not more than about 30%, by weight, binder.

15 Another embodiment of a suitable adsorbent material for use in the chemical removal portion is an adsorbent material that includes a carrier. For example, a mesh or scrim can be used to hold the adsorbent material and binder. Polyester and other suitable materials can be used as the mesh or scrim. Typically, any carrier is not more than about 50% of the weight of the adsorbent material, and is more often
20 about 20 to 40% of the total adsorbent weight. The amount of binder in the shaped adsorbent article with the carrier typically ranges about 10 to 50% of the total adsorbent weight and the amount of adsorbent material typically ranges about 20 to 60% of the total adsorbent weight.

The chemical removal portion can include strongly basic materials for the
25 removal of acid contaminants from the air, or strongly acidic materials for the removal of basic contaminants from the air, or both. Preferably, the basic materials and acidic materials are removed from each other so that they do not cancel each other. In some embodiments, the adsorbent material itself may be the strongly acidic or strong basic material. Examples of such materials include materials such
30 as polymer particulates, activated carbon media, zeolites, clays, silica gels, and metal oxides. In other embodiments, the strongly acidic materials and the strongly basic materials can be provided as surface coatings on carriers such as granular particulate, beads, fibers, fine powders, nanotubes, and aerogels. Alternately or additionally, the acidic and basic material that forms the acidic and basic surfaces

WO 02/20135

PCT/US01/25205

40

may be present throughout at least a portion of the carrier; this can be done, for example, by coating or impregnating the carrier material with the acidic or basic material.

Both basic and acidic materials may be present in the chemical removal portion of the filter element; however, it is preferable that the two types of materials are spaced from each other so that they do not react with and neutralize one another. In some embodiments, the basic material, acidic material, or both, may be spaced from an adsorbent material, such as activated carbon.

Examples of acidic compounds that are often present in atmospheric air and are considered as contaminants for fuel cells include sulfur oxides, nitrogen oxides, hydrogen sulfide, hydrogen chloride, and volatile organic acids and nonvolatile organic acids. Examples of basic compounds that are often present in atmospheric air and are considered as contaminants for fuel cells include ammonia, amines, amides, sodium hydroxides, lithium hydroxides, potassium hydroxides, volatile organic bases and nonvolatile organic bases.

For PEM fuel cells, the cathodic reaction occurs under acidic conditions, thus, it is undesirable to have basic contaminants present. An example of a preferred material for removing basic contaminants, such as ammonia, is a bed of activated carbon granules impregnated with citric acid.

A second example of a filter assembly usable in the system of Figure 37 is shown in fragmented cross-section in Figure 39 as a filter assembly 380. Filter assembly 380 includes a housing 382 which defines an inlet 384 and an outlet 386. Dirty air enters filter assembly 380 via inlet 384, and clean air exits via outlet 386. Sound suppression element 388 comprises a resonator 390. A filter element 391 is mounted within the housing 382 and is analogous to filter element 358.

Filter assembly 380 also includes an adsorbent element 392. Adsorbent element 392 comprises a cylindrical mass of carbon 393 between ends 394, 395. In the one depicted, mass of carbon 393 is a hollow, circular extension 397 of activated carbon held together by a thermoplastic binder. Carbon 393 can be produced, for example, by the teachings of U.S. Patent Nos. 5,189,092 (Koslow), and 5,331,037 (Koslow). Positioned at first end 394 is a sealing system 396 and positioned at second end 395 is a cap 398.

Sealing system 396 provides an air-tight seal between adsorbent element 392 and baffle 401. Sealing system 396 is designed to seal adsorbent element 392 against

WO 02/20135

PCT/US01/25205

41

baffle 401, and, under normal conditions, inhibit air from passing through a region between adsorbent element 392 and the sidewall of housing 382. Sealing system 396 inhibits air flow from avoiding passing through carbon 393 of adsorbent element 392. Sealing system 396 is typically made from a flexible, compressible material, such as polyurethane.

Cap 398 diverts air exiting filter element 358 so that it enters adsorbent element 392 through carbon 393 rather than passing axially through the cylindrical extension of carbon 393. Air from filter element 391 impinges on an exposed surface 402 of cap 398 and is rerouted from its "straight-line" flow to a flow having a radial component. Cap 398 includes apertures 404 therein for passage of air through cap 398 so that the air can reach carbon 393. In addition to managing air flow, cap 398 provides anchoring of adsorbent element 392 to filter element 391.

Adsorbent element 392 functions both as a chemical removal portion and as an element of sound suppression element 388. Other arrangements of adsorbent elements and adsorbent materials may also have both a chemical removal quality and a sound suppression quality.

I. Preferred Media Construction for Filter Elements Disclosed Above

A fine fiber filter structure includes a bi-layer or multi-layer structure wherein the filter contains one or more fine fiber layers combined with or separated by one or more synthetic, cellulosic or blended webs. Another preferred motif is a structure including fine fiber in a matrix or blend of other fibers.

We believe important characteristics of the fiber and microfiber layers in the filter structure relate to temperature resistance, humidity or moisture resistance and solvent resistance, particularly when the microfiber is contacted with humidity, moisture or a solvent at elevated temperatures. Further, a second important property of the materials of the invention relates to the adhesion of the material to a substrate structure. The microfiber layer adhesion is an important characteristic of the filter material such that the material can be manufactured without delaminating the microfiber layer from the substrate, the microfiber layer plus substrate can be processed into a filter structure including pleats, rolled materials and other structures without significant delamination. We have found that the heating step of the manufacturing process wherein the temperature is raised to a temperature at or near but just below melt temperature of one polymer material, typically lower than the

lowest melt temperature substantially improves the adhesion of the fibers to each other and the substrate. At or above the melt temperature, the fine fiber can lose its fibrous structure. It is also critical to control heating rate. If the fiber is exposed to its crystallization temperature for extended period of time, it is also possible to lose
 5 fibrous structure. Careful heat treatment also improved polymer properties that result from the formation of the exterior additive layers as additive materials migrate to the surface and expose hydrophobic or oleophobic groups on the fiber surface.

The criteria for performance is that the material be capable of surviving intact various operating temperatures, i.e. a temperature of 140°F, 160°F, 270°F,
 10 300°F for a period of time of 1 hour or 3 hours, depending on end use, while retaining 30%, 50%, 80% or 90% of filter efficiency. An alternative criteria for performances that the material is capable of surviving intact at various operating temperatures, i.e. temperatures of 140°F, 160°F, 270°F, 300°F, for a period of time of 1 hours or 3 hours depending on end use, while retaining, depending on end use,
 15 30%, 50%, 80% or 90% of effective fine fibers in a filter layer. Survival at these temperatures is important at low humidity, high humidity, and in water saturated air. The microfiber and filter material of the invention are deemed moisture resistant where the material can survive immersion at a temperature of greater than 160°F while maintaining efficiency for a time greater than about 5 minutes. Similarly,
 20 solvent resistance in the microfiber material and the filter material of the invention is obtained from a material that can survive contact with a solvent such as ethanol, a hydrocarbon, a hydraulic fluid, or an aromatic solvent for a period of time greater than about 5 minutes at 70°F while maintaining 50% efficiency.

The fine fiber materials of the invention can be used in a variety of filter
 25 applications including pulse clean and non-pulse cleaned filters for dust collection, gas turbines and engine air intake or induction systems; gas turbine intake or induction systems, heavy duty engine intake or induction systems, light vehicle engine intake or induction systems; vehicle cabin air; off road vehicle cabin air, disk drive air, photocopier-toner removal; HVAC filters in both commercial or residential
 30 filtration applications. Paper filter elements are widely used forms of surface loading media. In general, paper elements comprise dense mats of cellulose, synthetic or other fibers oriented across a gas stream carrying particulate material. The paper is generally constructed to be permeable to the gas flow, and to also have a sufficiently fine pore size and appropriate porosity to inhibit the passage of

particles greater than a selected size therethrough. As the gases (fluids) pass through the filter paper, the upstream side of the filter paper operates through diffusion and interception to capture and retain selected sized particles from the gas (fluid) stream. The particles are collected as a dust cake on the upstream side of the filter paper. In
5 time, the dust cake also begins to operate as a filter, increasing efficiency. This is sometimes referred to as "seasoning," i.e. development of an efficiency greater than initial efficiency.

A simple filter design such as that described above is subject to at least two types of problems. First, a relatively simple flaw, i.e. rupture of the paper, results in
10 failure of the system. Secondly, particulate material rapidly builds up on the upstream side of the filter, as a thin dust cake or layer, increasing the pressure drop. Various methods have been applied to increase the "lifetime" of surface-loaded filter systems, such as paper filters. One method is to provide the media in a pleated construction, so that the surface area of media encountered by the gas flow stream is
15 increased relative to a flat, non-pleated construction. While this increases filter lifetime, it is still substantially limited. For this reason, surface loaded media has primarily found use in applications wherein relatively low velocities through the filter media are involved, generally not higher than about 20-30 feet per minute and typically on the order of about 10 feet per minute or less. The term "velocity" in this
20 context is the average velocity through the media (i.e. flow volume per media area).

In general, as air flow velocity is increased through a pleated paper media, filter life is decreased by a factor proportional to the square of the velocity. Thus, when a pleated paper, surface loaded, filter system is used as a particulate filter for a system that requires substantial flows of air, a relatively large surface area for the
25 filter media is needed. For example, a typical cylindrical pleated paper filter element of an over-the-highway diesel truck will be about 9-15 inches in diameter and about 12-24 inches long, with pleats about 1-2 inches deep. Thus, the filtering surface area of media (one side) is typically 30 to 300 square feet.

In many applications, especially those involving relatively high flow rates,
30 an alternative type of filter media, sometimes generally referred to as "depth" media, is used. A typical depth media comprises a relatively thick tangle of fibrous material. Depth media is generally defined in terms of its porosity, density or percent solids content. For example, a 2-3% solidity media would be a depth media

WO 02/20135

PCT/US01/25205

44

mat of fibers arranged such that approximately 2-3% of the overall volume comprises fibrous materials (solids), the remainder being air or gas space.

Another useful parameter for defining depth media is fiber diameter. If percent solidity is held constant, but fiber diameter (size) is reduced, pore size or interfiber space is reduced; i.e. the filter becomes more efficient and will more effectively trap smaller particles.

A typical conventional depth media filter is a deep, relatively constant (or uniform) density, media, i.e. a system in which the solidity of the depth media remains substantially constant throughout its thickness. By "substantially constant" in this context, it is meant that only relatively minor fluctuations in density, if any, are found throughout the depth of the media. Such fluctuations, for example, may result from a slight compression of an outer engaged surface, by a container in which the filter media is positioned.

Gradient density depth media arrangements have been developed. some such arrangements are described, for example, in U.S. Patent Nos. 4,082,476; 5,238,474; and 5,364,456. In general, a depth media arrangement can be designed to provide "loading" of particulate materials substantially throughout its volume or depth. Thus, such arrangements can be designed to load with a higher amount of particulate material, relative to surface loaded systems, when full filter lifetime is reached. However, in general the tradeoff for such arrangements has been efficiency, since, for substantial loading, a relatively low solidity media is desired. Gradient density systems such as those in the patents referred to above, have been designed to provide for substantial efficiency and longer life. In some instances, surface loading media is utilized as a "polish" filter in such arrangements.

A filter media construction according to the present invention includes a first layer of permeable coarse fibrous media or substrate having a first surface. A first layer of fine fiber media is secured to the first surface of the first layer of permeable coarse fibrous media. Preferably the first layer of permeable coarse fibrous material comprises fibers having an average diameter of at least 10 microns, typically and preferably about 12 (or 14) to 30 microns. Also preferably the first layer of permeable coarse fibrous material comprises a media having a basis weight of no greater than about 200 grams/meter², preferably about 0.50 to 150 g/m², and most preferably at least 8 g/m². Preferably the first layer of permeable coarse fibrous media is at least 0.0005 inch (12 microns) thick, and typically 0.0006 to 0.02 (15 to

WO 02/20135

PCT/US01/25205

45

500 microns) thick and preferably is about 0.001 to 0.030 inch (25-800 microns) thick.

In preferred arrangements, the first layer of permeable coarse fibrous material comprises a material which, if evaluated separately from a remainder of the construction by the Frazier permeability test, would exhibit a permeability of at least 1 meter(s)/min, and typically and preferably about 2-900 meters/min. Herein when reference is made to efficiency, unless otherwise specified, reference is meant to efficiency when measured according to ASTM-1215-89, with 0.78 μ monodisperse polystyrene spherical particles, at 20 fpm (6.1 meters/min) as described herein.

Preferably the layer of fine fiber material secured to the first surface of the layer of permeable coarse fibrous media is a layer of nano- and microfiber media wherein the fibers have average fiber diameters of no greater than about 2 microns, generally and preferably no greater than about 1 micron, and typically and preferably have fiber diameters smaller than 0.5 micron and within the range of about 0.05 to 0.5 micron. Also, preferably the first layer of fine fiber material secured to the first surface of the first layer of permeable coarse fibrous material has an overall thickness that is no greater than about 30 microns, more preferably no more than 20 microns, most preferably no greater than about 10 microns, and typically and preferably that is within a thickness of about 1-8 times (and more preferably no more than 5 times) the fine fiber average diameter of the layer.

Certain preferred arrangements according to the present invention include filter media as generally defined, in an overall filter construction. Some preferred arrangements for such use comprise the media arranged in a cylindrical, pleated configuration with the pleats extending generally longitudinally, i.e. in the same direction as a longitudinal axis of the cylindrical pattern. For such arrangements, the media may be imbedded in end caps, as with conventional filters. Such arrangements may include upstream liners and downstream liners if desired, for typical conventional purposes.

In some applications, media according to the present invention may be used in conjunction with other types of media, for example conventional media, to improve overall filtering performance or lifetime. For example, media according to the present invention may be laminated to conventional media, be utilized in stack arrangements; or be incorporated (an integral feature) into media structures including one or more regions of conventional media. It may be used upstream of

WO 02/20135

PCT/US01/25205

46

such media, for good load; and/or, it may be used downstream from conventional media, as a high efficiency polishing filter.

Certain arrangements according to the present invention may also be utilized in liquid filter systems, i.e. wherein the particulate material to be filtered is carried in a liquid. Also, certain arrangements according to the present invention may be used in mist collectors, for example arrangements for filtering fine mists from air.

According to the present invention, methods are provided for filtering. The methods generally involve utilization of media as described to advantage, for filtering. As will be seen from the descriptions and examples below, media according to the present invention can be specifically configured and constructed to provide relatively long life in relatively efficient systems, to advantage.

Various filter designs are shown in patents disclosing and claiming various aspects of filter structure and structures used with the filter materials. Engel et al., U.S. Patent No. 4,720,292, disclose a radial seal design for a filter assembly having a generally cylindrical filter element design, the filter element being sealed by a relatively soft, rubber-like end cap having a cylindrical, radially inwardly facing surface. Kahlbaugh et al., U.S. Patent No. 5,082,476, disclose a filter design using a depth media comprising a foam substrate with pleated components combined with the microfiber materials of the invention. Stifelman et al., U.S. Patent No. 5,104,537, relate to a filter structure useful for filtering liquid media. Liquid is entrained into the filter housing, passes through the exterior of the filter into an interior annular core and then returns to active use in the structure. Such filters are highly useful for filtering hydraulic fluids. Engel et al., U.S. Patent No. 5,613,992, show a typical diesel engine air intake filter structure. The structure obtains air from the external aspect of the housing that may or may not contain entrained moisture. The air passes through the filter while the moisture can pass to the bottom of the housing and can drain from the housing. Gillingham et al., U.S. Patent No. 5,820,646, disclose a Z filter structure that uses a specific pleated filter design involving plugged passages that require a fluid stream to pass through at least one layer of filter media in a "Z" shaped path to obtain proper filtering performance. The filter media formed into the pleated Z shaped format can contain the fine fiber media of the invention. Glen et al., U.S. Patent No. 5,853,442, disclose a bag house structure having filter elements that can contain the fine fiber structures of the invention. Berkhoeel et al., U.S. Patent No. 5,954,849, show a dust collector

WO 02/20135

PCT/US01/25205

47

structure useful in processing typically air having large dust loads to filter dust from an air stream after processing a workpiece generates a significant dust load in an environmental air. Lastly, Gillingham, U.S. Design Patent No. 425,189, discloses a panel filter using the Z filter design.

- 5 The following materials were produced using the following electrospin process conditions.

The following materials were spun using either a rotating emitter system or a capillary needle system. Both were found to produce substantially the same fibrous materials.

- 10 Using the device generally a fiber is made. The flow rate was 1.5 ml/min per emitter, a target distance of 8 inches, an emitter voltage of 88 kV, a relative humidity of 45%, and for the rotating emitter an rpm of 35.

Example 1: Effect of Fiber Size

- 15 Fine fiber samples were prepared from a copolymer of nylon 6, 66, 610 nylon copolymer resin (SVP-651) was analyzed for molecular weight by the end group titration. (J.E. Walz and G.B. Taylor, determination of the molecular weight of nylon, Anal. Chem. Vol. 19, Number 7, pp 448-450 (1947). Number average molecular weight was between 21,500 and 24,800. The composition was estimated
- 20 by the phase diagram of melt temperature of three component nylon, nylon 6 about 45%, nylon 66 about 20% and nylon 610 about 25%. (Page 286, Nylon Plastics Handbook, Melvin Kohan ed. Hanser Publisher, New York (1995)). Reported physical properties of SVP 651 resin are:

25	<u>Property</u>	<u>ASTM Method</u>	<u>Units</u>	<u>Typical Value</u>
	Specific Gravity	D-792	--	1.08
	Water Absorption (24 hr immersion)	D-570	%	2.5
	Hardness	D-240	Shore D	65
30	Melting Point	DSC	°C(°F)	154 (309)
	Tensile Strength @ Yield	D-638	MPa (kpsi)	50 (7.3)
	Elongation at Break	D-638	%	350
	Flexural Modulus	D-790	MPa (kpsi)	180 (26)
35	Volume Resistivity	D-257	ohm-cm	10 ¹²

to produce fiber of 0.23 and 0.45 micron in diameter. Samples were soaked in room temperature water, air-dried and its efficiency was measured. Bigger fiber takes longer time to degrade and the level of degradation was less as can be seen in the plot of Figure 12. While wishing not to be limited by certain theory, it appears that smaller fibers with a higher surface/ volume ratio are more susceptible to degradation due to environmental effects. However, bigger fibers do not make as efficient filter medium.

10

Example 2:**Cross-linking of nylon fibers with phenolic resin and epoxy resin**

In order to improve chemical resistance of fibers, chemical cross-linking of nylon fibers was attempted. Copolyamide (nylon 6, 66, 610) described earlier is mixed with phenolic resin, identified as Georgia Pacific 5137 and spun into fiber. Nylon:Phenolic Resin ratio and its melt temperature of blends are shown here;

Composition	Melting Temperature (F°)
Polyamide: Phenolic = 100:0	150
Polyamide: Phenolic = 80:20	110
20 Polyamide: Phenolic = 65:35	94
Polyamide: Phenolic = 50:50	65

We were able to produce comparable fiber from the blends. The 50:50 blend could not be cross-linked via heat as the fibrous structure was destroyed. Heating 65:35 blend below 90 degree C. for 12 hours improves the chemical resistance of the resultant fibers to resist dissolution in alcohol. Blends of polyamide with epoxy resin, such as Epon 828 from Shell and Epi-Rez 510 can be used.

25

Example 3:**Surface modification through Fluoro Additive (Scotchgard®) Repellant**

Alcohol miscible Scotchgard® FC-430 and 431 from 3M Company were added to polyamide before spinning. Add-on amount was 10% of solids. Addition of Scotchgard did not hinder fiber formation. THC bench shows that Scotchgard-like high molecular weight repellant finish did not improve water resistance. Scotchgard added samples were heated at 300 F° for 10 minutes as suggested by manufacturer.

30

35

Example 4:**Modification with coupling agents**

Polymeric films were cast from polyamides with titanate coupling agents
5 from Kenrich Petrochemicals, Inc. They include isopropyl triisostearoyl titanate (KR
TTS), neopentyl (diallyl) oxytri (dioctyl) phosphato titanate (LICA12), neopentyl
(diallyl) oxy, tri (N-ethylene diamino) ethyl zirconate (NZ44). Cast films were
soaked in boiling water. Control sample without coupling agent loses its strength
immediately, while coupling agent added samples maintained its form for up to ten
10 minutes. These coupling agents added samples were spun into fiber (0.2 micron
fiber).

Example 5:**Modification with Low Molecular Weight p-tert-butyl phenol polymer**

15 Oligomers of para-tert-butyl phenol, molecular weight range 400 to 1100,
was purchased from Enzymol International, Columbus, Ohio. These low molecular
weight polymers are soluble in low alcohols, such as ethanol, isopropanol and
butanol. These polymers were added to co-polyamide described earlier and
electrospun into 0.2 micron fibers without adverse consequences. Some polymers
20 and additives hinder the electrospinning process. Unlike the conventional phenolic
resin described in Example 2, we have found that this group of polymers does not
interfere with fiber forming process.

We have found that this group of additive protects fine fibers from wet
environment as see in the plot. Figures 13-16 show that oligomers provide a very
25 good protection at 140 F°, 100% humidity and the performance is not very good at
160 F°. We have added this additive between 5% and 15% of polymer used. We
have found that they are equally effective protecting fibers from exposure to high
humidity at 140 F°. We have also found out that performance is enhanced when the
fibers are subjected to 150 C° for short period of time.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

50

The table 1 shows the effect of temperature and time exposure of 10% add-on to polyamide fibers.

Table 1. Efficiency Retained (%) After 140 deg. F. Soak:

Temperature	Heating Time		
	1 min	3 min	10 min
150 C°	98.9	98.8	98.5
130 C°	98.8	98.9	98.8
110 C°	95.4	98.7	99.8
	96.7	98.6	99.6
	82.8	90.5	91.7
	86.2	90.9	85.7

This was a surprising result. We saw dramatic improvement in water resistance with this family of additives. In order to understand how this group of additive works, we have analyzed the fine fiber mat with surface analysis techniques called ESCA. 10% add-on samples shown in Table 1 were analyzed with ESCA at the University of Minnesota with the results shown in Table 2.

Table 2 - Surface Composition (Polymer: Additive Ratio)

Temperature	Heating Time		
	1 min	3 min	10 min
150 C°	40:60	40:60	50:50
130 C°	60:40	56:44	62:38
110 C°	63:37	64:36	59:41
No Heat	77:23		

Initially, it did not seem to make sense to find surface concentration of additive more than twice of bulk concentration. However, we believe that this can be explained by the molecular weight of the additives. Molecular weight of the additive of about 600 is much smaller than that of host fiber forming polymer. As they are smaller in size, they can move along evaporating solvent molecules. Thus, we achieve higher surface concentration of additives. Further treatment increases the surface concentration of the protective additive. However, at 10 min exposure, 150

WO 02/20135

PCT/US01/25205

51

C°, did not increase concentration. This may be an indication that mixing of two components of copolyamide and oligomer molecules is happening as long chain polymer has a time to move around. What this analysis has taught us is that proper selection of post treatment time and temperature can enhance performance, while too long exposure could have a negative influence.

We further examined the surface of these additive laden microfibers using techniques called Time of Flight SIMS. This technique involves bombarding the subject with electrons and observes what is coming from the surface. The samples without additives show organic nitrogen species are coming off upon bombardment with electron. This is an indication that polyamide species are broken off. It also shows presence of small quantity of impurities, such as sodium and silicone. Samples with additive without heat treatment (23 % additive concentration on surface) show a dominant species of t-butyl fragment, and small but unambiguous peaks observed for the polyamides. Also observed are high mass peaks with mass differences of 148 amu, corresponding to t-butyl phenol. For the sample treated at 10 min at 150 C° (50 % surface additive concentration by ESCA analysis), inspection shows dominance of t-butyl fragments and trace, if at all, of peaks for polyamide. It does not show peaks associated with whole t-butyl phenol and its polymers. It also shows a peak associated with C₂H₃O fragments.

The ToF SIMS analysis shows us that bare polyamide fibers will give off broken nitrogen fragment from exposed polymer chain and contaminants on the surface with ion bombardment. Additive without heat treatment shows incomplete coverage, indicating that additives do not cover portions of surface. The t-butyl oligomers are loosely organized on the surface. When ion beam hits the surface, whole molecules can come off along with labile t-butyl fragment. Additive with heat treatment promotes complete coverage on the surface. In addition, the molecules are tightly arranged so that only labile fragments such as t-butyl-, and possibly CH=CH-OH, are coming off and the whole molecules of t-butyl phenol are not coming off. ESCA and ToF SIMS look at different depths of surface. ESCA looks at deeper surface **up to 100 Angstrom** while ToF SIMS only looks at 10-Angstrom depth. These analyses agree.

Example 6 - Development of Surface Coated Interpolymer

Type 8 Nylon was originally developed to prepare soluble and crosslinkable resin for coating and adhesive application. This type of polymer is made by the reaction of polyamide 66 with formaldehyde and alcohol in the presence of acid.

- 5 (Ref. Cairns, T.L.; Foster, H.D.; Larcher, A.W.; Schneider, A.K.; Schreiber, R.S. J. Am. Chem. Soc. 1949, 71, 651). This type of polymer can be electrospun and can be cross-linked. However, formation of fiber from this polymer is inferior to copolyamides and crosslinking can be tricky.

- 10 In order to prepare type 8 nylon, 10-gallon high-pressure reactor was charged with the following ratio:

	Nylon 66 (duPont Zytel 101)	10 pounds
	Methanol	15.1 pounds
	Water	2.0 pounds
15	Formaldehyde	12.0 pounds

- The reactor is then flushed with nitrogen and is heated to at least 135 C°. under pressure. When the desired temperature was reached, small quantity of acid was added as catalyst. Acidic catalysts include trifluoroacetic acid, formic acid, 20 toluene sulfonic acid, maleic acid, maleic anhydride, phthalic acid, phthalic anhydride, phosphoric acid, citric acid and mixtures thereof. Nafion[®] polymer can also be used as a catalyst. After addition of catalyst, reaction proceeds up to 30 minutes. Viscous homogeneous polymer solution is formed at this stage. After the specified reaction time, the content of the high pressure vessel is transferred to a 25 bath containing methanol, water and base, like ammonium hydroxide or sodium hydroxide to shortstop the reaction. After the solution is sufficiently quenched, the solution is precipitated in deionized water. Fluffy granules of polymer are formed. Polymer granules are then centrifuged and vacuum dried. This polymer is soluble in, methanol, ethanol, propanol, butanol and their mixtures with water of varying 30 proportion. They are also soluble in blends of different alcohols.

Thus formed alkoxy alkyl modified type 8 polyamide is dissolved in ethanol/water mixture. Polymer solution is electrospun in a manner described in Barris U.S. Pat.

No. 4,650,516. Polymer solution viscosity tends to increase with time. It is generally known that polymer viscosity has a great influence in determining fiber sizes. Thus, it is difficult to control the process in commercial scale, continuous production. Furthermore, under same conditions, type 8 polyamides do not form microfibers as efficiently as copolyamides. However, when the solution is prepared with addition of acidic catalyst, such as toluene sulfonic acid, maleic anhydride, trifluoro methane sulfonic acid, citric acid, ascorbic acid and the like, and fiber mats are carefully heat-treated after fiber formation, the resultant fiber has a very good chemical resistance. (Figure 13). Care must be taken during the crosslinking stage, so that one does not destroy fibrous structure.

We have found a surprising result when type 8 polyamide (polymer B) is blended with alcohol soluble copolyamides. By replacing 30 % by weight of alkoxy alkyl modified polyamide 66 with alcohol soluble copolyamide like SVP 637 or 651 (polymer A), Elvamide 8061, synergistic effects were found. Fiber formation of the blend is more efficient than either of the components alone. Soaking in ethanol and measuring filtration efficiency shows better than 98% filtration efficiency retention, THC bench testing showing comparable results with Type 8 polyamide alone. This type blend shows that we can obtain advantage of efficient fiber formation and excellent filtration characteristic of copolyamide with advantage of excellent chemical resistance of crosslinked type 8 polyamide. Alcohol soak test strongly suggests that non-crosslinkable copolyamide has participated in crosslinking to maintain 98 % of filtration efficiency.

DSC (see Figures 17-20) of blends of polymer A and B become indistinguishable from that of polymer A alone after they are heated to 250 C°. (fully crosslinked) with no distinct melt temperature. This strongly suggests that blends of polymer A and B are a fully integrated polymer by polymer B crosslinking with polymer A. This is a completely new class of polyamide.

Similarly, melt-blend poly (ethylene terephthalate) with poly(butylene terephthalate) can have similar properties. During the melt processing at temperatures higher than melt temperature of either component, ester group

WO 02/20135

PCT/US01/25205

54

exchange occurs and inter polymer of PET and PBT formed. Furthermore, our crosslinking temperature is lower than either of single component. One would not have expected that such group exchange occur at this low temperature. Therefore, we believe that we found a new family of polyamide through solution blending of Type A and Type B polyamide and crosslinking at temperature lower than the melting point of either component.

When we added 10% by weight of t-butyl phenol oligomer (Additive 7) and heat treated at temperature necessary for crosslinking temperature, we have found even better results. We theorized that hydroxyl functional group of t-butyl phenol oligomers would participate in reaction with functional group of type 8 nylons. What we have found is this component system provides good fiber formation, improved resistance to high temperature and high humidity and hydrophobicity to the surface of fine fiber layers.

We have prepared samples of mixture of Polymer A and Polymer B (Sample 6A) and another sample of mixture of Polymer A, Polymer B and Additive & (Sample 6B). We then formed fiber by electrospinning process, exposed the fiber mat at 300°F for 10 minutes and evaluated the surface composition by ESCA surface analysis.

Table shows ESCA analysis of Samples 6A and 6B.

20

Composition (%)	Sample 6A		Sample 6B	
Polymer A	30		30	
Polymer B	70		70	
Additive 7	0		10	
Surface Composition	W/O Heat	W/Heat	W/O Heat	W/Heat
Polymer A&B (%)	100	100	68.9	43.0
Additive 7	0	0	31.1	57.0

30

ESCA provides information regarding surface composition, except the concentration of hydrogen. It provides information on carbon, nitrogen and oxygen. Since the Additive 7 does not contain nitrogen, we can estimate the ratio of nitrogen containing polyamides and additive that does not contain nitrogen by comparing concentration of nitrogen. Additional qualitative information is available by examining O 1s spectrum of binding energy between 535 and 527 eV. C=O bond

35

has a binding energy at around 531 eV and C-O bond has a binding energy at 533 eV. By comparing peak heights at these two peaks, one can estimate relative concentration of polyamide with predominant C=O and additive with solely C-O groups. Polymer B has C-O linkage due to modification and upon crosslinking the concentration of C-O will decrease. ESCA confirms such reaction had indeed occurred, showing relative decrease of C-O linkage. (Figure 4 for non heat treated mixture fiber of Polymer A and Polymer B, Figure 5 for heat treated mixture fiber of Polymer A and Polymer B). When Additive 7 molecules are present on the surface, one can expect more of C-O linkage. This is indeed the case as can be seen in Figures 6 and 7. (Figure 6 for as-spun mixture fibers of Polymer A, Polymer B and Additive 7. Figure 7 for heat treated mixture fibers of Polymer A, Polymer B and Additive 7). Figure 6 shows that the concentration of C-O linkage increases for Example 7. The finding is consistent with the surface concentration based on XPS multiplex spectrum of Figures 8 through 11.

The t-butyl oligomer molecules migrate toward the surface of the fine fibers and form hydrophobic coating of about 50 Å. Type 8 nylon has functional groups such as -CH₂OH and -CH₂OCH₃, which we expected to react with -OH group of t-butyl phenol. Thus, we expected to see less oligomer molecules on the surface of the fibers. We have found that our hypothesis was not correct and we found the surface of the interpolymer has a thin coating.

Samples 6A, 6B and a repeat of sample described in Section 5 have been exposed THC bench at 160°F at 100% RH. In previous section, the samples were exposed to 140°F and 100% RH. Under these conditions, t-butyl phenol protected terpolymer copolyamide from degradation. However, if the temperature is raised to 160°F and 100% RH, then the t-butyl phenol oligomer is not as good in protecting the underlying terpolymer copolyamide fibers. We have compared samples at 160°F and 100% RH.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

56

Table: Retained Fine Fiber Efficiency after Exposure to 160°F and 100% RH

Sample	After 1 Hr.	After 2 Hrs.	After 3 Hrs.
Sample 6A	82.6	82.6	85.9
Sample 6B	82.4	88.4	91.6
Sample 5	10.1		

The table shows that Sample 6B helps protect exposure to high temperature and high humidity.

More striking difference shows when we exposed to droplets of water on a fiber mat. When we place a drop of DI water in the surface of Sample 6A, the water drops immediately spread across the fiber mat and they wet the substrate paper as well. On the other hand, when we place a drop of water on the surface of Sample 6B, the water drop forms a bead and did not spread on the surface of the mat. We have modified the surface of Sample 16 to be hydrophobic by addition of oligomers of p-t-butyl phenol. This type of product can be used as a water mist eliminator, as water drops will not go through the fine fiber surface layer of Sample 6B.

Samples 6A, 6B and a repeat sample of Section 5 were placed in an oven where the temperature was set at 310°F. Table shows that both Samples 6A and 6B remain intact while Sample of Section 5 was severely damaged.

Table: Retained Fine Fiber Efficiency after Exposure to 310°F.

Sample	After 6 Hrs.	After 77 Hrs.
Sample 6A	100%	100%
Sample 6B	100%	100%
Sample 5	34%	33%

While addition of oligomer to Polymer A alone improved the high temperature resistance of fine fiber layer, the addition of Additive 7 has a neutral effect on the high temperature exposure.

We have clearly shown that the mixture of terpolymer copolyamide, alkoxy alkyl modified nylon 66 and oligomers of t-butyl phenol provides a superior products in helping fine fibers under severe environment with improved productivity in manufacturing over either mixture of terpolymer copolyamide and t-butyl phenol oligomer or the mixture of terpolymer copolyamide and alkoxy alkyl modified nylon

66. These two components mixture are also improvement over single component system.

Example 7: Compatible Blend of Polyamides and Bisphenol A polymers

5 A new family of polymers can be prepared by oxidative coupling of phenolic ring (Pecora, A; Cyrus, W. US Patent 4,900,671(1990) and Pecora, A; Cyrus, W.; Johnson, M. US Patent 5,153,298(1992)). Of particular interest is polymer made of Bisphenol A sold by Enzymol Corp.. Soybean Peroxidase catalyzed oxidation of Bisphenol A can start from either side of two -OH groups in Bisphenol A. Unlike
10 Bisphenol A based polycarbonate, which is linear, this type of Bisphenol A polymer forms hyperbranched polymers. Because of hyperbranched nature of this polymer, they can lower viscosity of polymer blend.

We have found that this type of Bisphenol A polymer can be solution blended with polyamides. Reported Hansen's solubility parameter for nylon is 18.6.
15 (Page 317, Handbook of Solubility Parameters and other cohesion parameters, A. Barton ed., CRC Press, Boca Raton Florida, 1985) If one calculates solubility parameter (page 61, Handbook of Solubility Parameters), then the calculated solubility parameter is 28.0. Due to the differences in solubility parameter, one would not expect that they would be miscible with each other. However, we found
20 that they are quite miscible and provide unexpected properties.

50:50 blend of Bisphenol A resin of M.W. 3,000 and copolyamide was made in ethanol solution. Total concentration in solution was 10 %. Copolyamide alone would have resulted in 0.2 micron fiber diameter. Blend resulted in lofty layer of fibers around 1 micron. Bisphenol A of 7,000 M.W. is not stable with copolyamide
25 and tends to precipitate.

DSC of 50:50 blend shows lack of melting temperature. Copolyamide has melting temperature around 150 degree C and Bisphenol A resin is a glassy polymer with Tg of about 100. The blend shows lack of distinct melting. When the fiber mat is exposed to 100 degree C., the fiber mat disappears. This blend would make an
30 excellent filter media where upper use temperature is not very high, but low-pressure drop is required. This polymer system could not be crosslinked with a reasonable manner.

Example 8: Dual Roles of Bisphenol A Polymer As Solvent and Solid in Blend

A surprising feature of Bisphenol A polymer blend is that in solution form Bisphenol A polymer acts like a solvent and in solid form the polymer acts as a solid. We find dual role of Bisphenol A polymer truly unique.

5 The following formulation is made:

	Alkoxy alkyl modified PA 66: Polymer B	180 g
	Bisphenol A Resin (3,000 MW): Polymer C	108 g
	Ethanol 190 Grade	827 g
	Acetone	218 g
10	DI water	167 g
	Catalyst	9.3 g

The viscosity of this blend was 32.6 centipoise by Brookfield viscometer.

15 Total polymer concentration was be 19.2 %. Viscosity of Polymer B at 19.2% is over 200 centipoise. Viscosity of 12% polymer B alone in similar solvent is around 60 centipoise. This is a clear example that Bisphenol A resin acts like a solvent because the viscosity of the total solution was lower than expected. Resultant fiber diameter was 0.157 micron. If polymer B alone participated in fiber formation, the
20 expected fiber size would be less than 0.1 micron. In other words, Polymer C participated in fiber formation. We do not know of any other case of such dramatic dual role of a component. After soaking the sample in ethanol, the filtration efficiency and fiber size was measured. After alcohol soak, 85.6% of filtration efficiency was retained and the fiber size was unchanged. This indicates that
25 Polymer C has participated in crosslinking acting like a polymer solid.

Another polymer solution was prepared in the following manner:

	Alkoxy alkyl Modified PA66: Polymer B	225 g
	Bisphenol A Resin (3,000 MW): Polymer C	135 g
	Ethanol 190 Grade	778 g
	Acetone	205 g
30	DI Water	157 g
	Catalyst	11.6g

35 Viscosity of this blend was 90.2 centipoise. This is a very low viscosity value for 24% solid. Again, this is an indication Polymer C acts like a solvent in the solution. However, when they are electrospun into fiber, the fiber diameter is 0.438 micron. 15% solution of Polymer B alone would have produced around 0.2-micron

WO 02/20135

PCT/US01/25205

59

fibers. In final state, Polymer C contributes to enlarging fiber sizes. Again, this example illustrates that this type of branched polymer acts as a solvent in solution and acts as a solid in final state. After soaking in ethanol solution, 77.9% of filtration efficiency was retained and fiber size was unchanged.

5

Example 9: Development of Crosslinked Polyamides/ Bisphenol A Polymer

Blends

Three different samples were prepared by combining resins, alcohols and water, stirring 2 hours at 60 degree C. The solution is cooled to room temperature and catalyst was added to solution and the mixture was stirred another 15 minutes. Afterward, viscosity of solution was measured and spun into fibers.

The following table shows these examples:

<u>Recipe (g)</u>	<u>Sample 9A</u>	<u>Sample 9B</u>	<u>Sample 9C</u>
Polymer B	8.4	12.6	14.7
15 Polymer A	3.6	5.4	6.3
Polymer C	7.2	10.8	12.6
Ethanol 190 Grade	89.3	82.7	79.5
Isopropanol	23.5	21.8	21.0
DI Water	18.0	16.7	15.9
20 Catalyst	.45	0.58	0.79
Viscosity (cP)	22.5	73.5	134.2
Fiber Size (micron)	0.14	0.258	0.496

We have found out that this blend generates fibers efficiently, producing about 50 % more mass of fiber compared to Polymer A recipe. In addition, resultant polymeric microfibers produce a more chemically resistant fiber. After alcohol soak, a filter made from these fibers maintained more than 90 % filtration efficiency and unchanged fiber diameter even though inherently crosslinkable polymer is only 44% of the solid composition. This three-polymer composition of co-polyamide, alkoxy alkyl modified Nylon 66 and Bisphenol A creates excellent fiber forming, chemically resistant material.

Example 10: Alkoxy alkyl modified co-polymer of Nylon 66 and Nylon 46

In a 10-gallon high-pressure reactor, the following reactions were made, and resultant polymers were analyzed. After reaction temperature was reached, catalyst

35

WO 02/20135

PCT/US01/25205

60

were added and reacted for 15 minutes. Afterward, the polymer solution was quenched, precipitated, washed and dried.

	Reactor Charge (LB)	Run 10A	Run 10B	Run 10C	Run 10D	Run 10E
5	Nylon 4,6 (duPont Zytel 101)	10	5	5	5	5
	Nylon 6,6 (DSM Stanyl 300)	0	5	5	5	5
	Formaldehyde	8	10	8	10	8
	DI Water	0.2	0.2	2	0.2	2
	Methanol	22	20	20	20	20
10						
	Reaction Temp (C°)	140	140	140	150	150
	Tg (C°)	56.7	38.8	37.7	38.5	31.8
	Tm (C°)	241.1	162.3	184.9	175.4	189.5
15	Level of Substitution					
	Alkoxy (wt. %)	11.9	11.7	7.1	11.1	8.4
	Methylol (wt %)	0.14	0.13	0.14	0.26	0.24

DSC of the polymer made with Nylon 46 and Nylon 66 shows broad single melt temperature, which are lower than the melting temperature of modified Nylon 46 (241 C°) or modified Nylon 66 (210 C°). This is an indication that during the reaction, both components are randomly distributed along the polymer chain. Thus, we believe that we have achieved random copolymer of Nylon 46 and Nylon 66 with alkoxy alkyl modification. These polymers are soluble in alcohols and mixtures of alcohol and water.

Property	ASTM	Nylon 6.6	Nylon 4.6
T _m		265°C	295°C
Tensile Strength	D638	13,700	8,500
Elongation at Break	D638	15-80	60
Tensile Yield Strength	D638	8000-12,000	
Flexural Strength	D790	17,8000	11,500
Tensile Modulus x 10 ³ psi	D638	230-550	250
Izod Impact ft-lb/in of notch	D256A	0.55-1.0	17
Deflection Temp Under Flexural Load 264 psi	D648	158	194

Both are highly crystalline and are not soluble in common alcohols.

Source: Modern Plastics Encyclopedia 1998

**Example 11: Development of Interpolymer of copolyamides and
alkoxyalkyl modified Nylon 46/66 copolymer and formation of electrospun
fibers**

Runs 10B and 10D samples were made into fibers by methods described in above. Alkoxy alkyl modified Nylon 46/66 (Polymer D) alone were successfully electrospun. Blending Polymer D with Polymer A brings additional benefits of more efficient fiber formation and ability to make bigger fibers without sacrificing the crosslinkability of Polymer D as can be seen in the following table:

10

	Polymer 10B		Polymer 10D	
	Alone	w/30%	Alone	w/30%
A	Polymer A		Polymer	
15 Fiber Size(micron)	0.183	0.464	0.19	0.3
Fiber Mass Ratio	1	3	1	2
Filtration Eff.				
Retention(%)	87	90	92	90

20 Fiber Mass Ratio is calculated by (total length of fiber times cross sectional area).
Filtration Efficiency Retention is measured soaking filter sample in ethanol. Fiber size was unchanged by alcohol soak.

Example 12

Crosslinked, Electrospun PVA

25 PVA powders were purchased from Aldrich Chemicals. They were dissolved either in water or 50/50 mixture of methanol and water. They were mixed with crosslinking agent and toluene sulfonic acid catalyst before electrospinning. The resulting fiber mat was crosslinked in an oven at 150°C for 10 minutes before
30 exposing to THC bench.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

62

	Sample 12A	Sample 12B	Sample 12C	Sample 12D
PVA				
Hydrolysis	98-99	87-89	87-89	87-89
M.W.	31,500-50,000	31,500-50,000	31,500-50,000	31,500-50,000
PVA	10	10	10	10
Conc. (%)				
Solvent	Water	Mixture	Mixture (c)	Mixture (d)
Other Polymer	None	None	Acrylic Acid	Cymel 385
Other	0	0	30	30
Polymer/ PVA				
(%)				
% Fiber	0 (a)	0 (a,b)	95 (b)	20 (b)
Retained THC,				
1 hr.				
% Fiber			90 (a)	
Retained THC,				
3 hr.				

(a): Temperature 160°F, 100% humidity

5 (b): Temperature 140°F, 100% humidity

(c): Molecular Weight 2000

(d): Melamine formaldehyde resin from Cytec

10

Example 13

A conventional cellulose air filter media was used as the substrate. This substrate had a basis weight of 67 pounds per 3000 square feet, a Frazier permeability of 16 feet per minute at 0.5 inches of water pressure drop, a thickness of 0.012 inches, and a LEFS efficiency of 41.6%. A fine fiber layer of Example 1

15 was added to the surface using the process described with a nominal fiber diameter of 0.2 microns. The resulting composite had a LEFS efficiency of 63.7%. After exposure to 140°F air at 100% relative humidity for 1 hour the substrate only sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 36.5%. After exposure to 140°F air at 100% relative humidity for 1 hour the composite sample was

20 allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 39.7%. Using the mathematical formulas described, the fine fiber layer efficiency retained after 1 hour of exposure was 13%, the number of effective fine fibers retained was 11%.

Example 14

A conventional cellulose air filter media was used as the substrate. This substrate had a basis weight of 67 pounds per 3000 square feet, a Frazier permeability of 16 feet per minute at 0.5 inches of water pressure drop, a thickness of 0.012 inches, and a LEFS efficiency of 41.6%. A fine fiber layer of Example 5 was added to the surface using the process described with a nominal fiber diameter of 0.2 microns. The resulting composite had a LEFS efficiency of 96.0%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 3 hours the substrate only sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 35.3%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 3 hours the composite sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 68.0%. Using the mathematical formulas described, the fine fiber layer efficiency retained after 3 hours of exposure was 58%, the number of effective fine fibers retained was 29%.

Example 15

A conventional cellulose air filter media was used as the substrate. This substrate had a basis weight of 67 pounds per 3000 square feet, a Frazier permeability of 16 feet per minute at 0.5 inches of water pressure drop, a thickness of 0.012 inches, and a LEFS efficiency of 41.6%. A fine fiber layer of a blend of Polymer A and Polymer B as described in Example 6 was added to the surface using the process described with a nominal fiber diameter of 0.2 microns. The resulting composite had a LEFS efficiency of 92.9%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 3 hours the substrate only sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 35.3%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 3 hours the composite sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 86.0%. Using the mathematical formulas described, the fine fiber layer efficiency retained after 3 hours of exposure was 96%, the number of effective fine fibers retained was 89%.

Example 16

A conventional cellulose air filter media was used as the substrate. This substrate had a basis weight of 67 pounds per 3000 square feet, a Frazier permeability of 16 feet per minute at 0.5 inches of water pressure drop, a thickness of 0.012 inches, and a LEFS efficiency of 41.6%. A fine fiber layer of Polymer A,

WO 02/20135

PCT/US01/25205

64

Polymer B, t-butyl phenol oligomer as described in Example 6 was added to the surface using the process described with a nominal fiber diameter of 0.2 microns. The resulting composite had a LEFS efficiency of 90.4%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 3 hours the substrate only sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 35.3%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 3 hours the composite sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 87.3%. Using the mathematical formulas described, the fine fiber layer efficiency retained after 3 hours of exposure was 97%, the number of effective fine fibers retained was 92%.

10

Example 17

A conventional cellulose air filter media was used as the substrate. This substrate had a basis weight of 67 pounds per 3000 square feet, a Frazier permeability of 16 feet per minute at 0.5 inches of water pressure drop, a thickness of 0.012 inches, and a LEFS efficiency of 41.6%. A fine fiber layer of crosslinked PVA with polyacrylic acid of Example 12 was added to the surface using the process described with a nominal fiber diameter of 0.2 microns. The resulting composite had a LEFS efficiency of 92.9%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 2 hours the substrate only sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 35.3%. After exposure to 160F air at 100% relative humidity for 2 hours the composite sample was allowed to cool and dry, it then had a LEFS efficiency of 83.1%. Using the mathematical formulas described, the fine fiber layer efficiency retained after 2 hours of exposure was 89%, the number of effective fine fibers retained was 76%.

25

Example 18

The following filter medias have been made with the methods described in Example 1-17.

Filter Media Examples

Substrate	Substrate perm (Frazier)	Substrate Basis wt (lbs/3000 sq ft)	Substrate Thickness (in)	Substrate Eff (LEFS)	Composite Eff (LEFS)
Single fine fiber layer on single substrate (flow either direction through media)	(+/- 10%)	(+/- 10%)	(+/- 25%)	(+/- 5%)	(+/- 5%)
Cellulose air filter media	58	67	0.012	11%	50%
Cellulose air filter media	16	67	0.012	43%	58%
Cellulose air filter media	58	67	0.012	11%	65%
Cellulose air filter media	16	67	0.012	43%	70%
Cellulose air filter media	22	52	0.010	17%	70%
Cellulose air filter media	16	67	0.012	43%	72%
Cellulose/synthetic blend with moisture resistant resin	14	70	0.012	30%	70%
Flame retardant cellulose air filter media	17	77	0.012	31%	58%

Filter Media Examples (Continued)

Substrate	Substrate perm (Frazier)	Substrate Basis wt (lbs/3000 sq ft)	Substrate Thickness (in)	Substrate Eff (LEFS)	Composite Eff (LEFS)
Flame retardant cellulose air filter media	17	77	0.012	31%	72%
Flame retardant synthetic air filter media	27	83	0.012		77%
Spunbond Remy (polyester)	1200	15	0.007	5%	55%
Synthetic/cellulose air filter media	260	76	0.015	6%	17%
Synthetic/glass air filter media	31	70	0.012	55%	77%
Synthetic/glass air filter media	31	70	0.012	50%	90%
Single fine fiber layer on substrate. Two layers of composite are then laminated together (fine fiber layers on the inside, substrates on the outside)					

Filter Media Examples (Continued)

Substrate	Substrate perm (Frazier)	Substrate Basis wt (lbs/3000 sq ft)	Substrate Thickness (in)	Substrate Eff (LEFS)	Composite Eff (LEFS)
Synthetic (Lutrador-polyester)	300	25	0.008	3%	65%
Synthetic (Lutrador-polyester)			0.016		90%

Media has been used flat, corrugated, pleated, in flatsheets, pleated flat panels, pleated round filters, and Zee filters.

TEST METHODSHot Water Soak Test

- Using filtration efficiency as the measure of the number of fine fibers effectively and functionally retained in structure has a number of advantages over other possible methods such as SEM evaluation.
- the filtration measure evaluates several square inches of media yielding a better average than the tiny area seen in SEM photomicrographs (usually less than 0.0001 square inch)
 - the filtration measurement quantifies the number of fibers remaining functional in the structure. Those fibers that remain, but are clumped together or otherwise existing in an altered structure are only included by their measured effectiveness and functionality.
- Nevertheless, in fibrous structures where the filtration efficiency is not easily measured, other methods can be used to measure the percent of fiber remaining and evaluated against the 50% retention criteria.

Description: This test is an accelerated indicator of filter media moisture resistance. The test uses the LEFS test bench to measure filter media performance changes upon immersion in water. Water temperature is a critical parameter and is chosen based on the survivability history of the media under investigation, the desire to minimize the test time and the ability of the test to discriminate between media types. Typical water temperatures are 70°F, 140°F or 160°F.

Procedure:

- A 4" diameter sample is cut from the media. Particle capture efficiency of the test specimen is calculated using 0.8µm latex spheres as a test challenge contaminant in the LEFS (for a description of the LEFS test, see ASTM Standard F1215-89) bench operating at 20 FPM. The sample is then submerged in (typically 140°F) distilled water for 5 minutes. The sample is then placed on a drying rack and dried at room temperature (typically overnight). Once it is dry the sample is then retested for efficiency on the LEFS bench using the same conditions for the initial calculation.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

69

The previous steps are repeated for the fine fiber supporting substrate without fine fiber.

- From the above information one can calculate the efficiency component due only to the fine fiber and the resulting loss in efficiency due to water damage. Once the loss in efficiency due to the fine fiber is determined one can calculate the amount of efficiency retained.

Calculations:

- 10 Fine fiber layer efficiency: E_i = Initial Composite Efficiency;
 E_s = Initial Substrate Efficiency;
 F_e = Fine Fiber Layer
 $F_e = 1 - EXP(Ln(1 - E_i) - Ln(1 - E_s))$

- 15 Fine fiber layer efficiency retained: F_i = Initial fine fiber layer efficiency;
 F_s = Post soak fine fiber layer efficiency;
 F_r = Fine fiber retained

$$F_r = F_s / F_i$$

20

The percentage of the fine fibers retained with effective functionality can also be calculated by:

$$\% = \log(1 - F_s) / \log(1 - F_i)$$

25

Pass/Fail Criteria: >50% efficiency retention

In most industrial pulse cleaning filter applications the filter would perform adequately if at least 50% of the fine fiber efficiency is retained.

- 30 THC Bench (Temperature, Humidity)

Description: The purpose of this bench is to evaluate fine fiber media resistance to the affects of elevated temperature and high humidity under dynamic flow conditions. The test is intended to simulate extreme operating conditions of either an industrial filtration application, gas turbine inlet application, or heavy duty engine

WO 02/20135

PCT/US01/25205

70

air intake environments. Samples are taken out, dried and LEFS tested at intervals. This system is mostly used to simulate hot humid conditions but can also be used to simulate hot/cold dry situations.

Temperature -31 to 390°F

- 5 Humidity 0 to 100% RH (Max temp for 100% RH is 160°F and max continuous duration at this condition is 16 hours)

Flow Rate 1 to 35 FPM

Procedure:

A 4" diameter sample is cut from the media.

10

Particle capture efficiency of the test specimen is calculated using 0.8µm latex spheres as a test challenge contaminant in the LEFS bench operating at 20 FPM.

The sample is then inserted into the THC media chuck.

Test times can be from minutes to days depending on testing conditions.

- 15 The sample is then placed on a drying rack and dried at room temperature (typically overnight). Once it is dry the sample is then retested for efficiency on the LEFS bench using the same conditions for the initial calculation.

The previous steps are repeated for the fine fiber supporting substrate without fine fiber.

- 20 From the above information one can calculate the efficiency component due only to the fine fiber and the resulting loss in efficiency due to alcohol damage.

Once the loss in efficiency due to the fine fiber is determined one can calculate the amount of efficiency retained.

25

Pass/Fail Criteria: >50% efficiency retention

In most industrial pulse cleaning filter applications the filter would perform adequately if at least 50% of the fine fiber efficiency is retained.

- 30 Alcohol (Ethanol) Soak Test

Description: The test uses the LEFS test bench to measure filter media performance changes upon immersion in room temperature ethanol.

WO 02/20135

71

PCT/US01/25205

Procedure:

A 4" diameter sample is cut from the media. Particle capture efficiency of the test specimen is calculated using 0.8µm latex spheres as a test challenge contaminant in the LEFS bench operating at 20 FPM. The sample is then submerged in alcohol for
5 1 minute.

The sample is then placed on a drying rack and dried at room temperature (typically overnight). Once it is dry the sample is then retested for efficiency on the LEFS bench using the same conditions for the initial calculation. The previous steps are
10 repeated for the fine fiber supporting substrate without fine fiber. From the above information one can calculate the efficiency component due only to the fine fiber and the resulting loss in efficiency due to alcohol damage. Once the loss in efficiency due to the fine fiber is determined one can calculate the amount of efficiency retained.

15

Pass/Fail Criteria: >50% efficiency retention.

The above specification, examples and data provide an explanation of the invention. However, many variations and embodiments can be made to the
20 disclosed invention. The invention is embodied in the claims herein after appended.

What is claimed is:

1. A filter element arrangement comprising:
 - (a) a media pack having a substrate comprising first and second opposite flow faces and a plurality of flutes wherein in said media pack;
 - (i) each of said flutes have a first end portion adjacent to said first flow face and a second end portion adjacent to said second flow face;
 - (ii) selected ones of said flutes being open at said first end portion and closed at said second end portion; and selected ones of said flutes being closed at said first end portion and open at said second end portion
 - (iii) said substrate at least partially covered by a layer comprising fine fiber comprising a fiber with a diameter of about 0.01 to 0.5 microns such that the fiber, when tested under conditions of exposure for a test period of 16 hours to test conditions of 140°F air at a relative humidity of 100%, retains greater than 30% of the fiber unchanged for filtration purposes
2. The element of claim 1 wherein the polymer comprises an addition polymer.
3. The element of claim 2 wherein the addition polymer comprises a polyvinyl halide polymer, a polyvinylidene halide polymer or mixtures thereof.
4. The element of claim 3 wherein the polyvinylidene halide comprises polyvinylidene chloride.
5. The element of claim 3 wherein the polyvinylidene halide comprises polyvinylidene fluoride.
6. The element of claim 2 wherein the addition polymer comprises a polyvinylalcohol.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

73

7. The element of claim 2 wherein the addition polymer comprises a copolymer comprising vinylalcohol.
8. The element of claim 6 wherein the polyvinylalcohol is crosslinked with about 1 to 40 wt.% of a crosslinking agent.
9. The element of claim 7 wherein the polymer is crosslinked with about 1 to 40 wt.% of a crosslinking agent.
10. The element of claim 8 wherein the crosslinked polyvinylalcohol is crosslinked using a polyacrylic acid having a molecular weight of about 1000 to 3000.
11. The element of claim 8 wherein the crosslinked polyvinylalcohol is crosslinked using a melamine-formaldehyde resin having a molecular weight of about 1000 to 3000.
12. The element of claim 1 comprising a condensation polymer
13. The element of claim 10 comprising a nylon polymer
14. The element of claim 13 wherein the nylon comprises a nylon other than a copolymer formed from a cyclic lactam and a C₆₋₁₀ diamine monomer or a C₆₋₁₀ diacid monomer
15. The element of claim 12 also comprising a resinous additive comprising an oligomer having a molecular weight of about 500 to 3000 and an aromatic character wherein the additive miscible in the condensation polymer.
16. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises a polyalkylene terephthalate.
17. The element of claim 15 wherein the condensation polymer comprises a polyalkylene naphthalate.

18. The element of claim 16 wherein the condensation polymer comprises a polyethylene terephthalate.
19. The element of claim 13 wherein the condensation polymer comprises a nylon polymer comprising a homopolymer having repeating units derived from a cyclic lactam.
20. The element of claim 13 wherein the nylon copolymer is combined with a second nylon polymer, the second nylon polymer differing in molecular weight or monomer composition.
21. The element of claim 20 wherein the nylon copolymer is combined with a second nylon polymer, the second nylon polymer comprising an alkoxy alkyl modified polyamide.
22. The element of claim 20 wherein the second nylon polymer comprises a nylon copolymer.
23. The element of claim 20 wherein the polymers are treated to form a single polymeric composition as measured by a differential scanning calorimeter showing a single-phase material.
24. The element of claim 23 wherein the copolymer and the second polymer are heat-treated.
25. The element of claim 24 wherein the copolymer and the second polymer are heat-treated to a temperature less than the lower melting point of the polymers.
26. The element of claim 15 wherein the additive comprises an oligomer comprising a phenol compound.

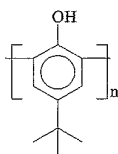
WO 02/20135

PCT/US01/25205

75

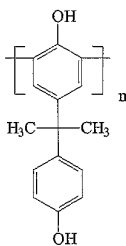
27. The element of claim 26 wherein the additive comprises an oligomer comprising tertiary butyl phenol.

28. The element of claim 24 wherein the additive comprises an oligomer comprising:



29. The element of claim 26 wherein the resin comprises an oligomer comprising bis-phenol A.

30. The element of claim 29 wherein the additive comprises an oligomer comprising:



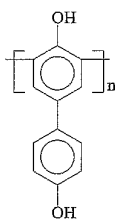
31. The element of claim 15 wherein the resin comprises an oligomer comprising dihydroxy biphenyl.

WO 02/20135

PCT/US01/25205

76

32. The element of claim 31 wherein the additive comprises an oligomer comprising:



33. The element of claim 15 wherein the additive comprises a blend of the resinous additive and a fluoropolymer.
34. The element of claim 15 wherein the additive comprises a fluorocarbon surfactant.
35. The element of claim 15 wherein the additive comprises a nonionic surfactant.
36. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises a polyurethane polymer.
37. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises a blend of a polyurethane polymer and a polyamide polymer.
38. The element of claim 13 wherein the nylon comprises a nylon homopolymer, a nylon copolymer or mixtures thereof.
39. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises an aromatic polyamide.

40. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises a reaction product of a diamine monomer and poly(m-phenylene isophthalamide).
41. The element of claim 39 wherein the polyamide comprises a reaction product of a diamine and a poly(p-phenylene terephthalamide).
42. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises a polybenzimidazole.
43. The element of claim 12 wherein the condensation polymer comprises a polyarylate.
44. The element of claim 43 wherein the polyarylate polymer comprises a condensation polymerization reaction product between bis-phenol-A and mixed phthalic acids.
45. A filter element arrangement according to claim 1 further including:
- (a) a sealing system including a frame construction and a seal member;
 - (i) said frame arrangement including an extension projecting axially from one of said first and second flow faces;
 - (A) said extension comprises a hoop construction having an outer radial surface;
 - (ii) said seal member being supported by said extension of said frame arrangement;
 - (A) said seal member comprising polyurethane foam having an as molded density of 14-22 lbs/ft³;
 - (B) said seal member being oriented against at least said outer radial surface.
46. A filter element arrangement according to claim 45 wherein:
- (a) said media pack and said frame construction have a circular cross-section.

47. A filter element arrangement according to claim 45 wherein:
- (a) said media pack and said frame construction have a race track shaped cross-section; and
 - (b) said frame construction includes radially supporting cross braces.
48. A filter element arrangement according to claim 45 further including:
- (a) a panel structure; said media pack being mounted within said panel structure.
49. A filter element arrangement according to claim 45 further including:
- (a) a handle projecting from the first face of the media pack; said handle being sized to accommodate a human hand.
50. A filter element arrangement according to claim 45 further including:
- (a) a sleeve member secured to and circumscribing said media pack;
 - (i) said sleeve member being oriented relative said media pack to extend at least 30% of said axial length of said media pack; and
 - (b) a seal member pressure flange at least partially circumscribing said media pack.
 - (i) said seal member pressure flange extending radially from said sleeve member and fully circumscribing said sleeve member.
51. A method for filtering air, the method comprising:
- (a) directing the air through a media pack at a rate of 5 to 10,000 cfm, the pack comprising a substrate having first and second opposite flow faces, the substrate comprising a plurality of flutes wherein in said media pack;
 - (i) said flutes have a first end portion adjacent to the first flow face and a second end portion adjacent to the second flow face;
 - (ii) selected ones of the flutes being open at the first end portion and closed at the second end portion; and selected ones of the

WO 02/20135

PCT/US01/25205

79

- flutes being closed at the first end portion and open at the second end portion;
- (iii) the media composite including a substrate at least partially covered by a layer comprising fine fiber comprising a fiber with a diameter of about 0.01 to 0.5 microns such that the fiber, when tested under conditions of exposure for a period of 16 hours to test conditions of 140°F air at a relative humidity of 100%, retains greater than 30% of the fiber unchanged for filtration purposes.
52. A method according to claim 51 wherein the method comprises a step of directing a pulse of air through the media pack to remove particulate collected in the pack.
53. A method according to claim 52 wherein the pulse is directed in a direction opposite to the flow direction of the air in normal operation.
54. A method according to claim 53 wherein the pulse removes greater than 50% of the particulate in the pack.
55. A method according to claim 45 wherein:
- (a) the step of directing the air through a media pack includes directing the air into an air intake conduit of an engine rated at an engine intake air flow of about 50 to 500 cfm.
56. A method according to claim 49 wherein:
- (a) the step of directing the air through a media pack includes directing the air through a filter element including the media pack and a sealing system; the sealing system comprising a frame arrangement and a seal member;
- (i) the frame arrangement including an extension projecting axially from one of the first and second flow faces;

WO 02/20135

PCT/US01/25205

80

- (ii) the seal member being supported by the extension of the frame arrangement; and
 - (iii) the seal member forming a radial seal between and against the extension and a duct in the engine air intake.
57. A method according to claim 45 wherein:
- (a) the step of directing the air through a media pack includes directing the air into an air intake conduit of a gas turbine system.
58. A method according to claim 53 wherein:
- (a) the step of directing the air into an air intake conduit of a gas turbine system includes directing the air into the air intake conduit of the gas turbine system including:
 - (i) a tube sheet having at least a single through hole;
 - (ii) a sleeve member removably and replaceably mounted through the hole; the media pack being held by the sleeve member;
 - (iii) a flange at least partially circumscribing the sleeve member; and
 - (iv) a seal member pressed between and against the flange and the tube sheet to form a seal therebetween.
59. A method according to claim 51 wherein:
- (a) the step of directing the air through a media pack includes directing the air into an air intake of a fuel cell system including a filter assembly and a downstream fuel cell.
60. A method according to claim 59 wherein:
- (a) the step of directing the air through a media pack includes directing the air into the air intake of the fuel cell system including the filter assembly upstream of the fuel cell, the filter assembly including:
 - (i) a housing having an inlet and an outlet, the inlet receiving dirty atmospheric air to the filter assembly, and the outlet receiving clean air from the filter assembly;

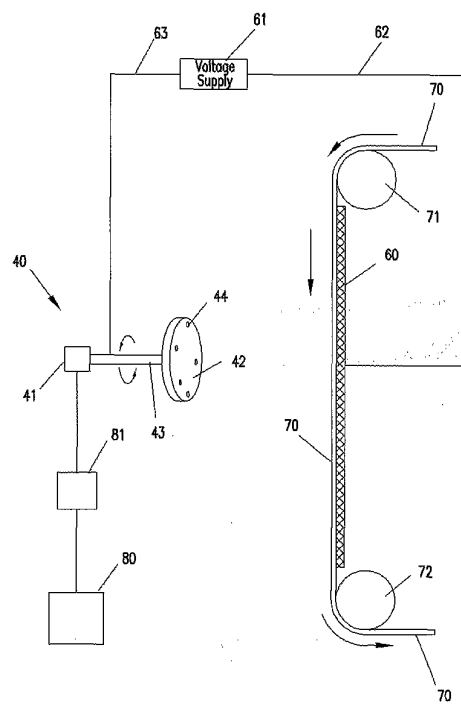
WO 02/20135

PCT/US01/25205

81

- (A) the media pack being operably installed in the housing;
 - (ii) a sound suppression element within the housing; the sound suppression element construction and arranged to attenuate at least 6 dB; and
- the fuel cell having an air intake port; the filter assembly constructed and arranged to provide clean air from the outlet of the filter assembly to the intake port of the fuel cell.

FIG. 1



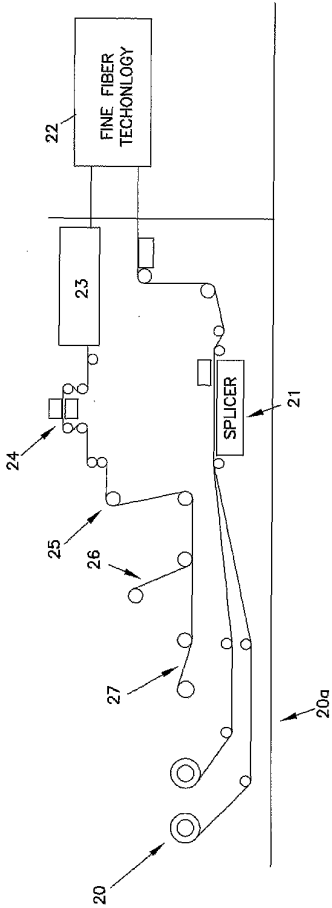


FIG. 2

3/35

FIG. 3B

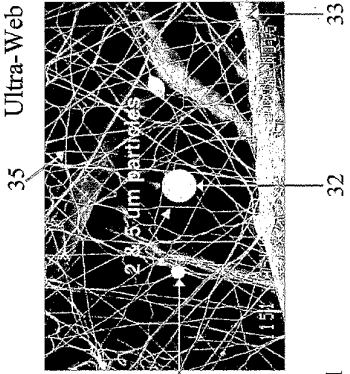
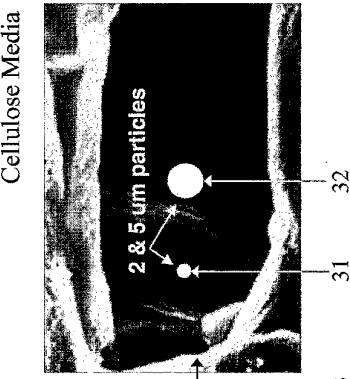


FIG. 3A



2,000 X Scanning Electron Microscope Images

FIG. 4 ESCA O1s SPECTRA FOR SAMPLE 6A AS SPAN

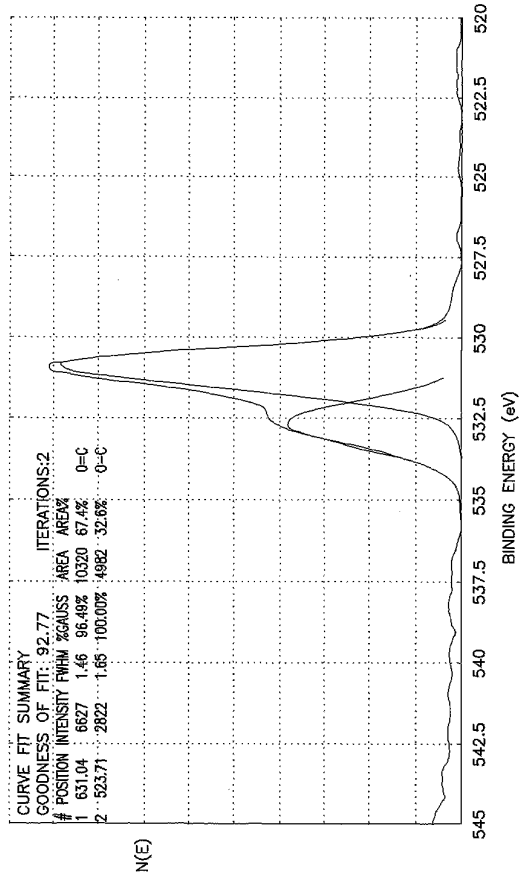


FIG. 5 ESCA O1s SPECTRA FOR HEAT-TREATED SAMPLE 6A

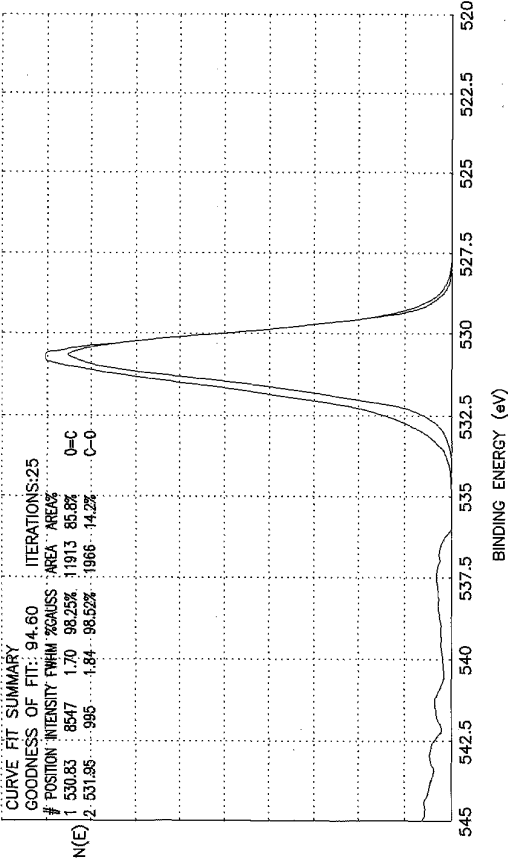
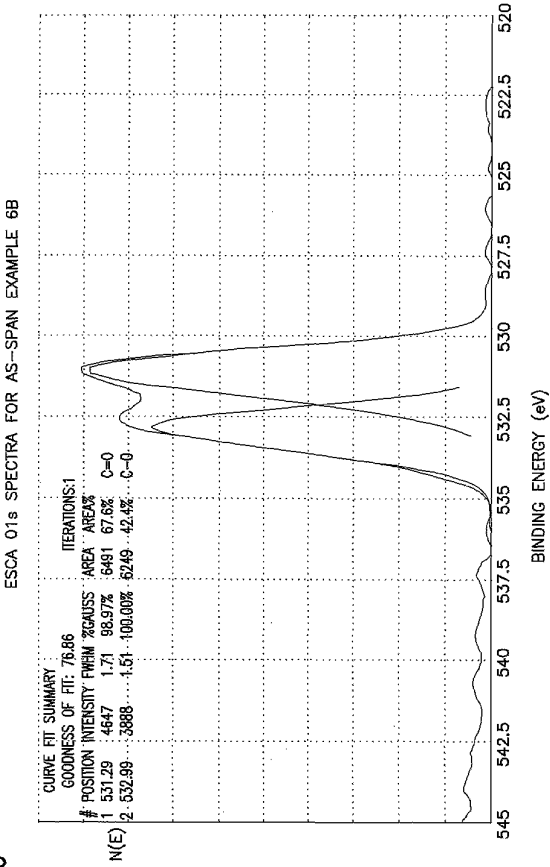
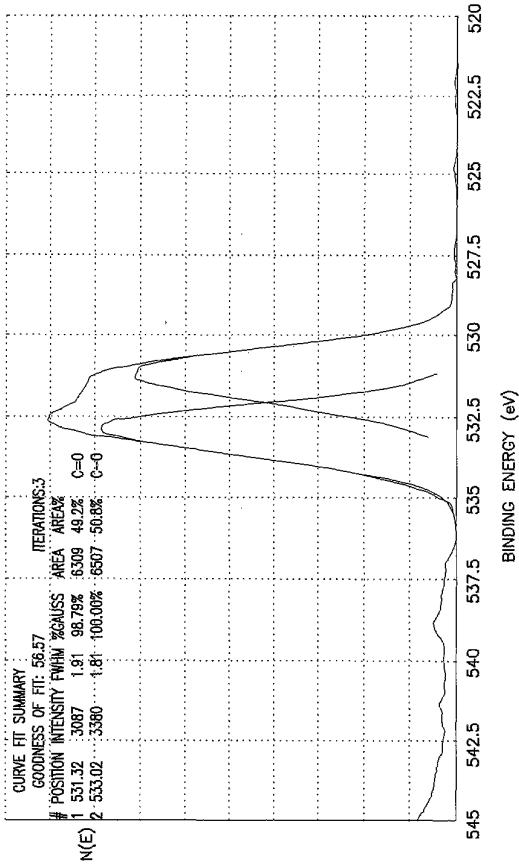


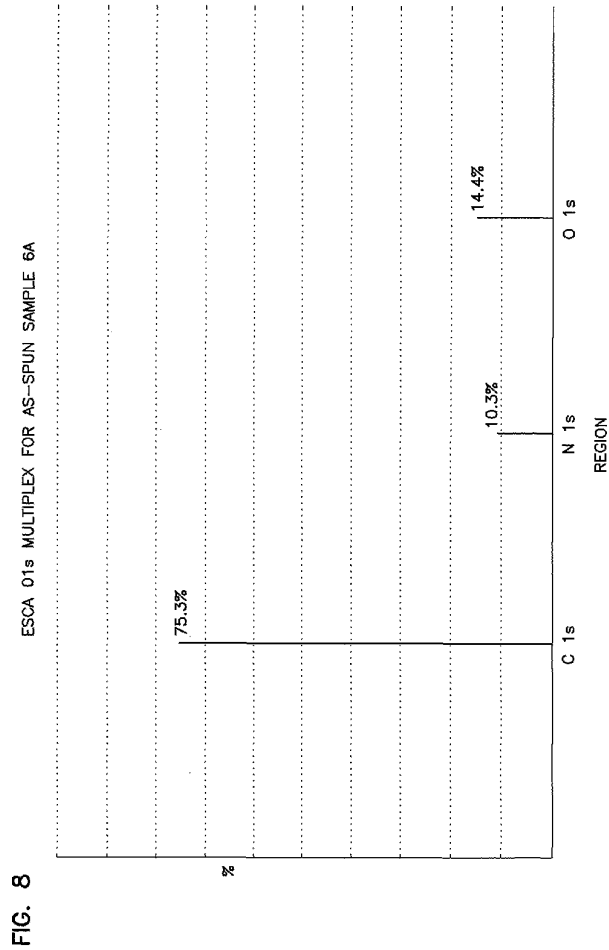
FIG. 6

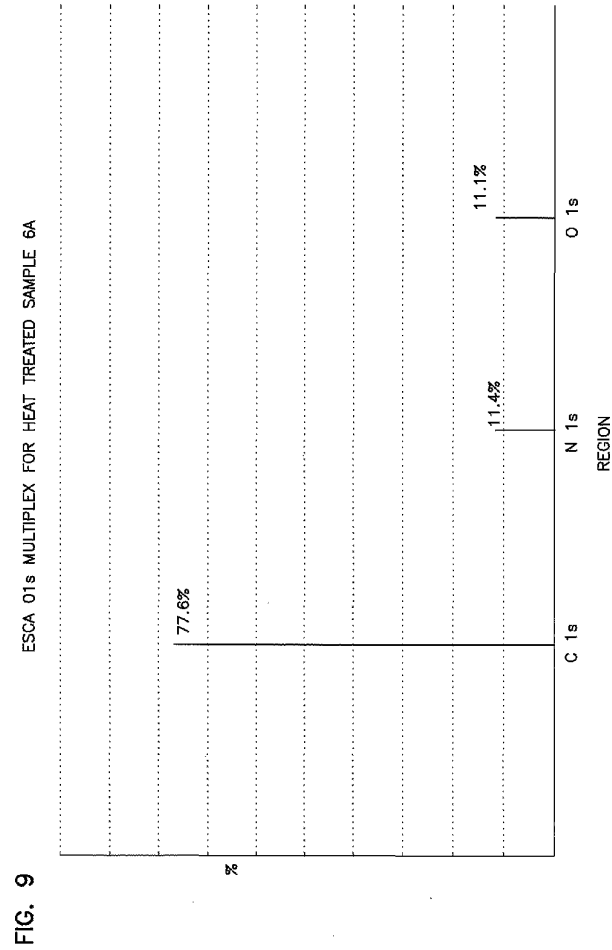


ESCA O1s SPECTRA FOR HEAT-TREATED EXAMPLE 6B

FIG. 7



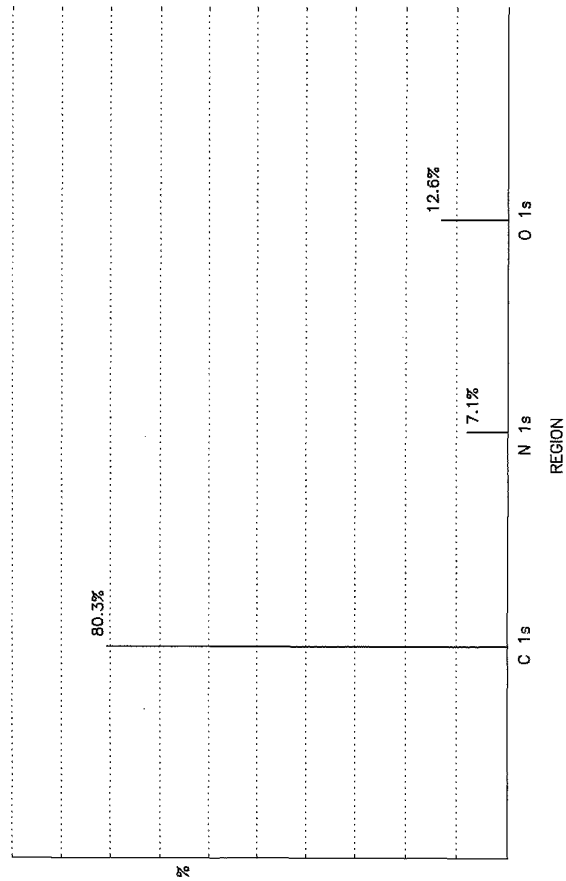


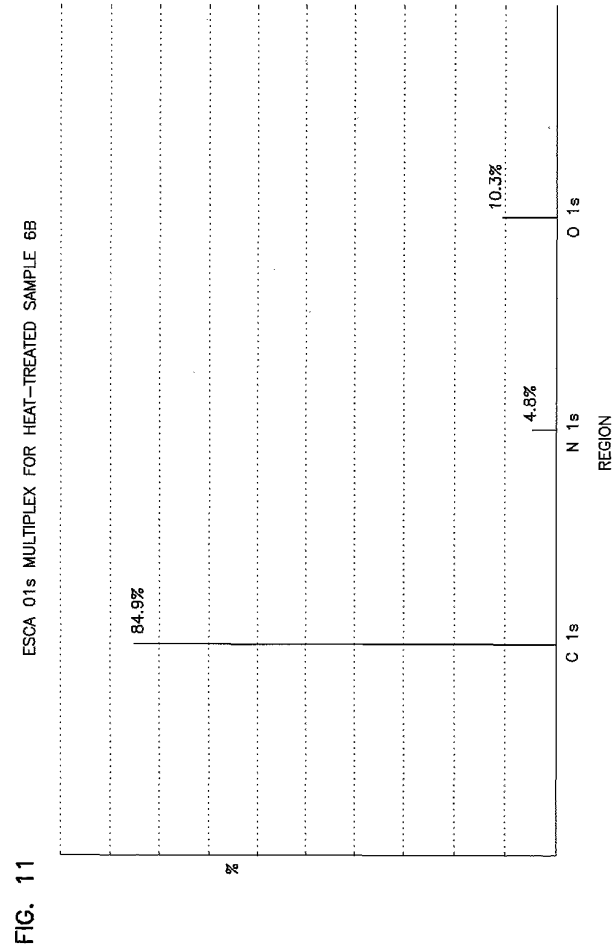


10/35

ESCA O1s MULTIPLEX FOR AS-SPIN SAMPLE 6B

FIG. 10





12/35

FIG. 12

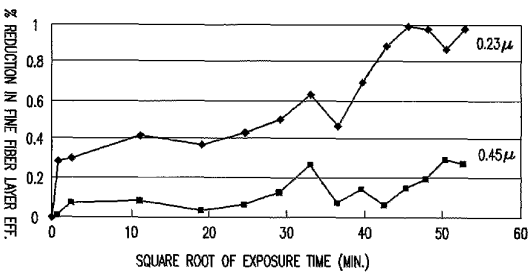
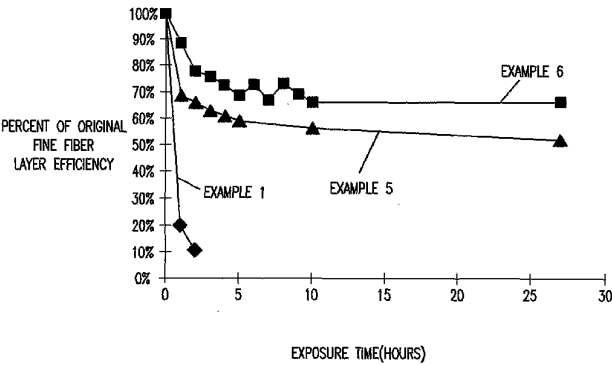


FIG. 13



WO 02/20135

PCT/US01/25205

13/35

FIG. 14

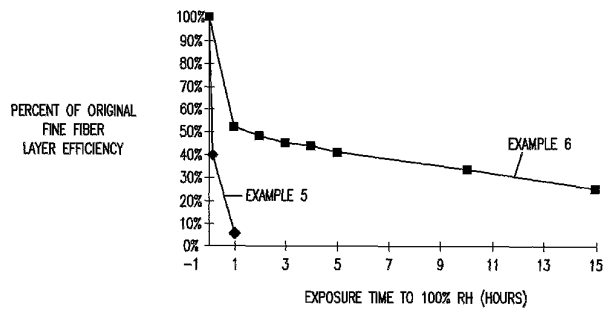
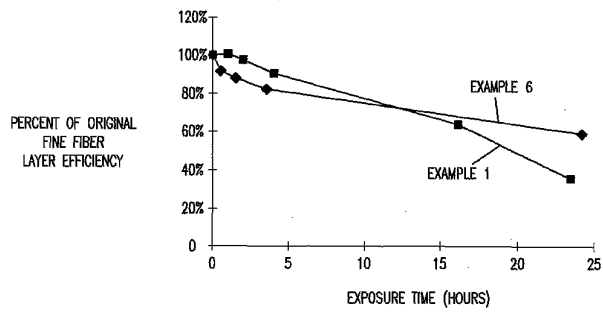


FIG. 15



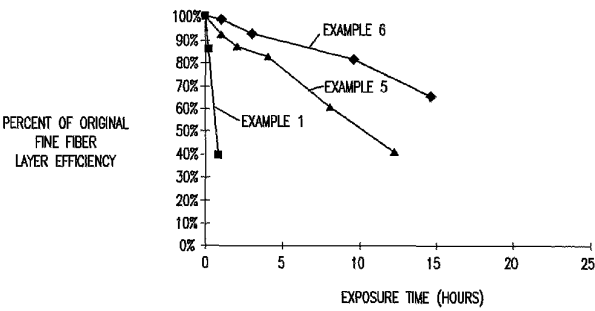
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/20135

PCT/US01/25205

14/35

FIG. 16



WO 02/20135

PCT/US01/25205

15/35

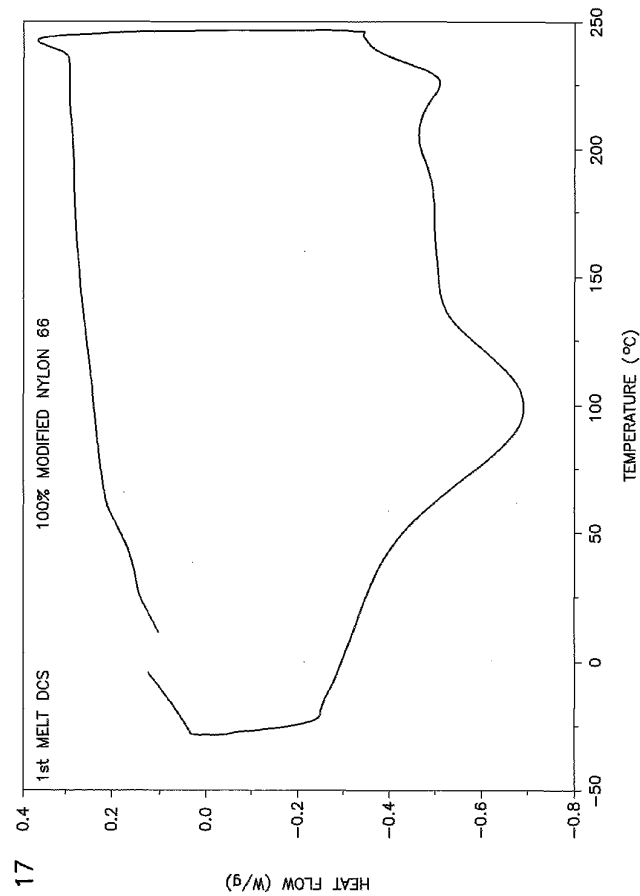


FIG. 17

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

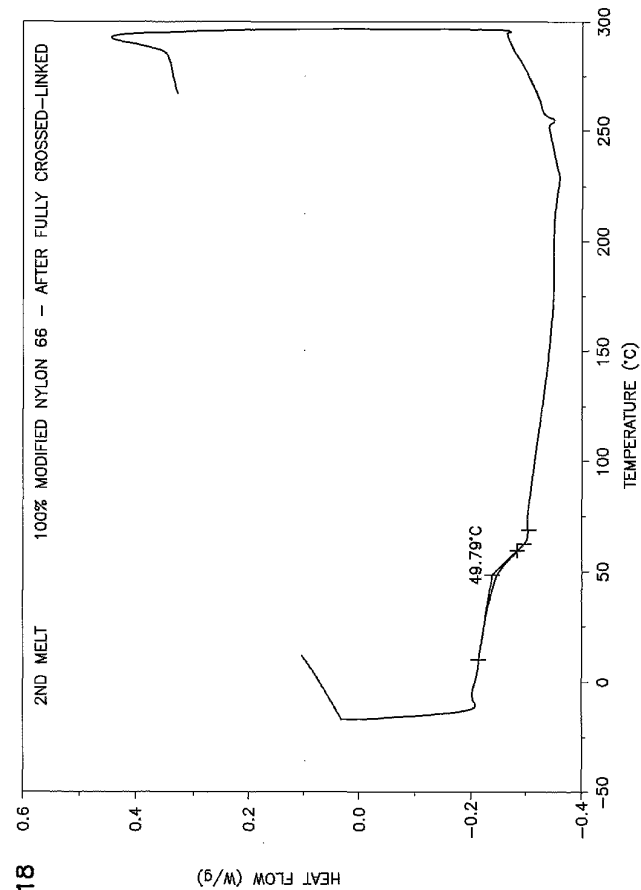


FIG. 18

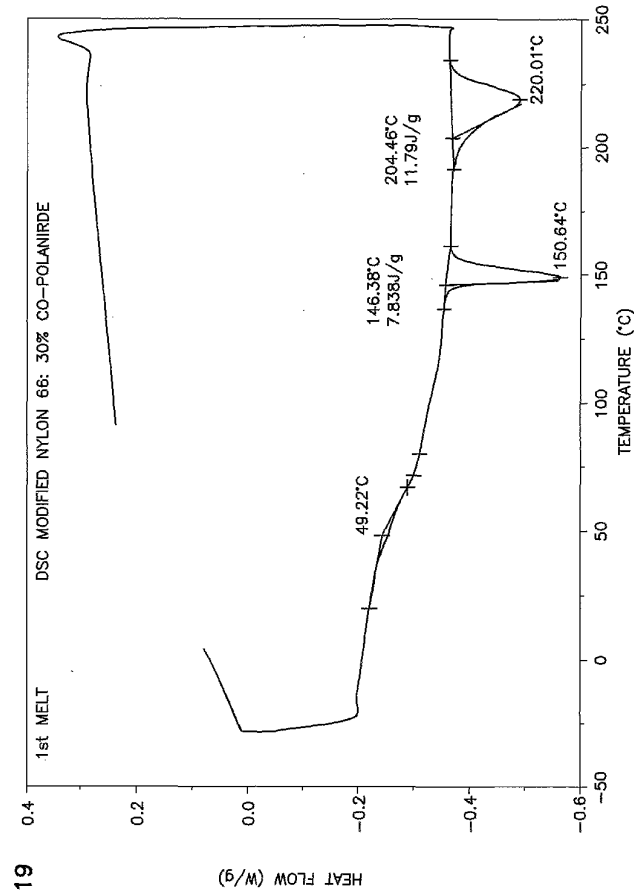


FIG. 19

WO 02/20135

PCT/US01/25205

18/35

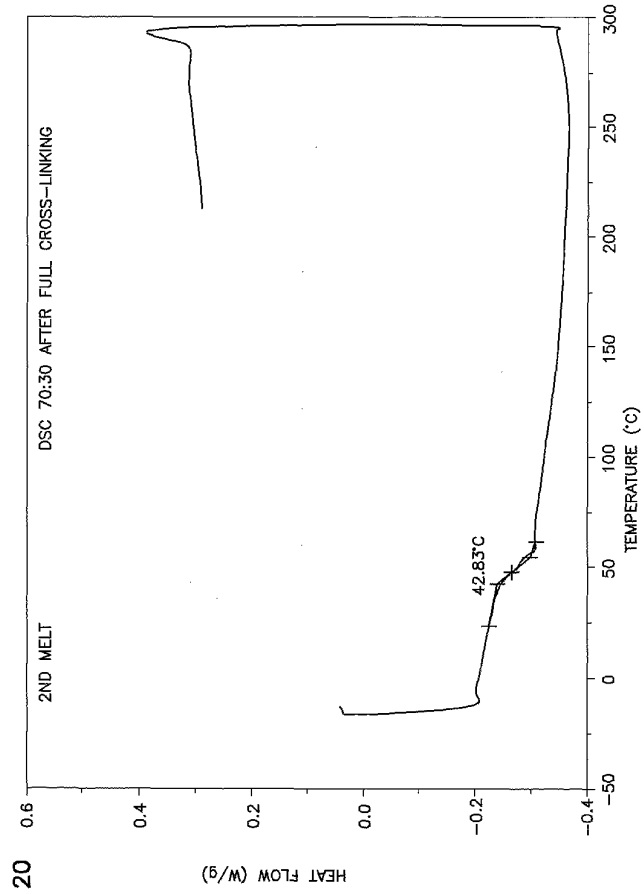
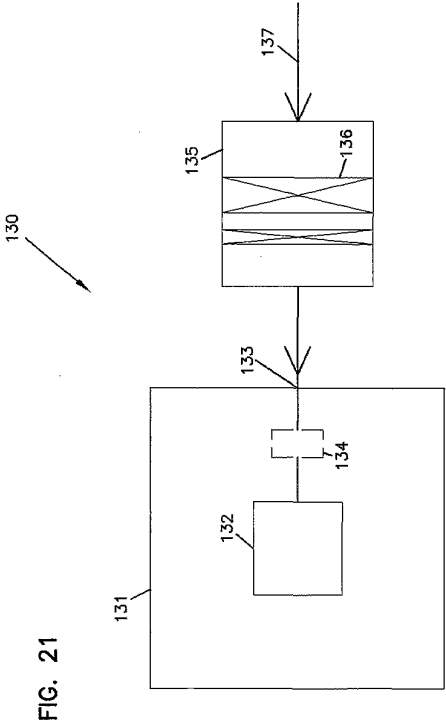


FIG. 20

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)



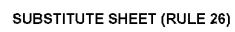
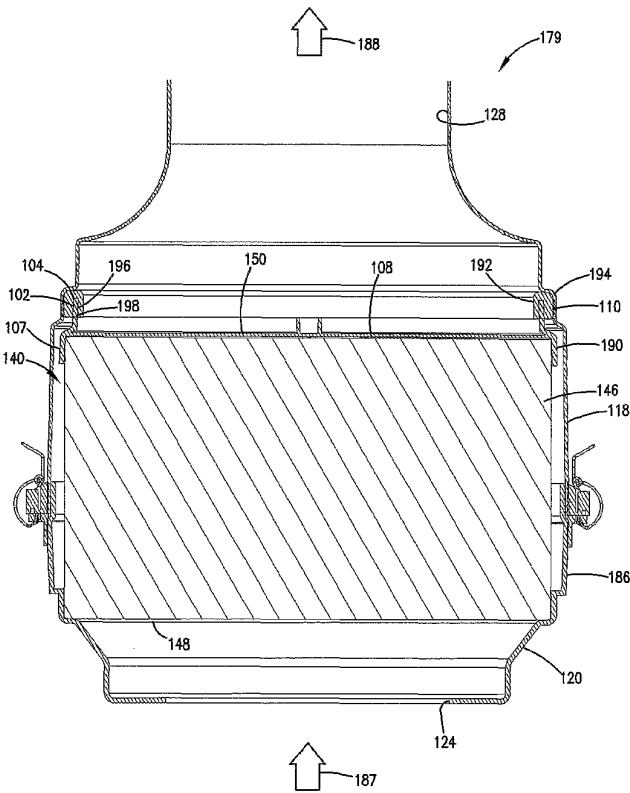


FIG. 24



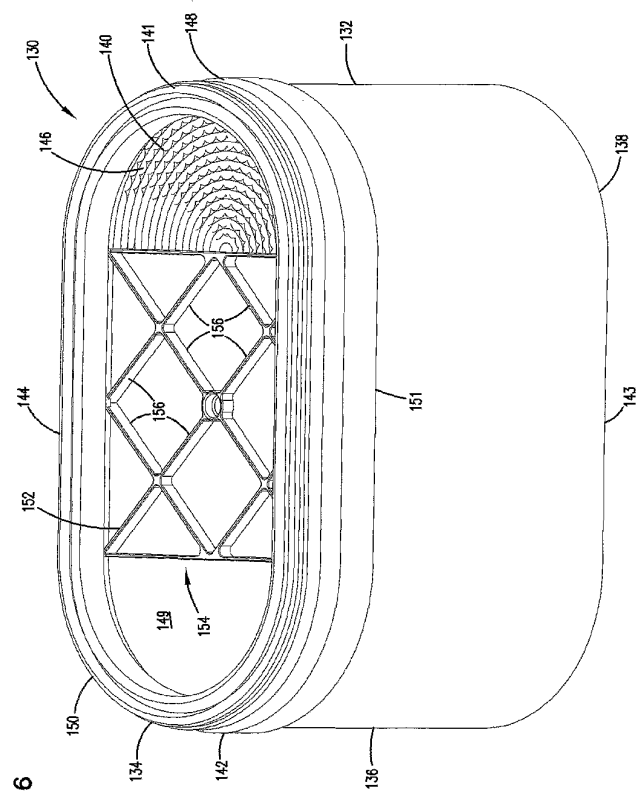


FIG. 26

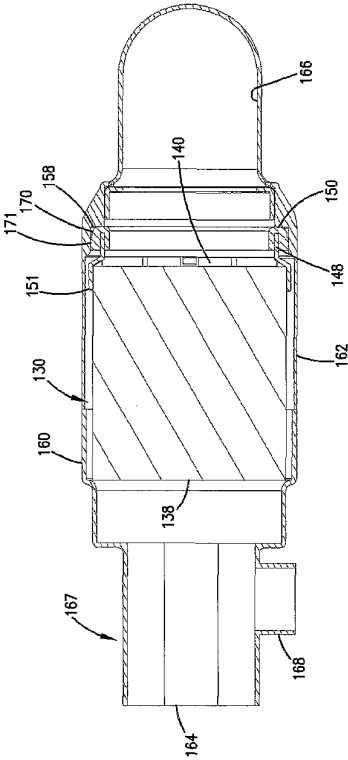


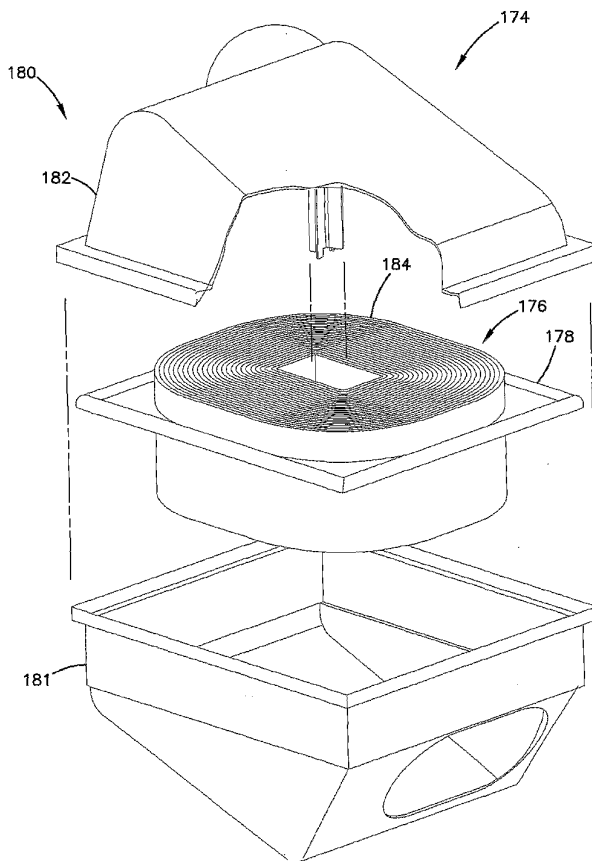
FIG. 27

WO 02/20135

PCT/US01/25205

26/35

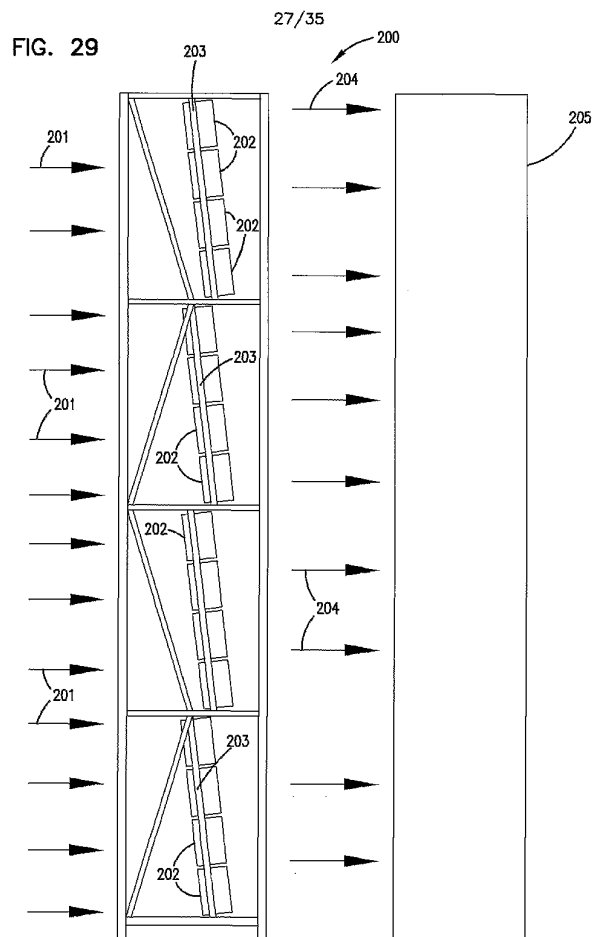
FIG. 28



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/20135

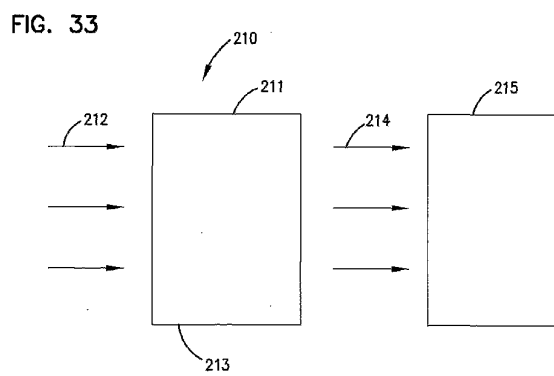
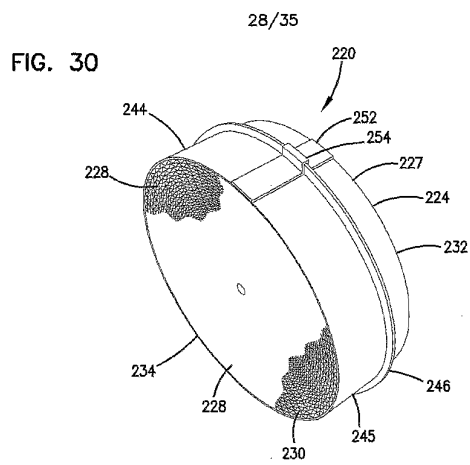
PCT/US01/25205



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/20135

PCT/US01/25205



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/20135

PCT/US01/25205

FIG. 31

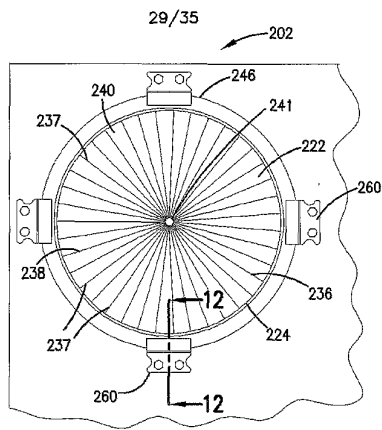
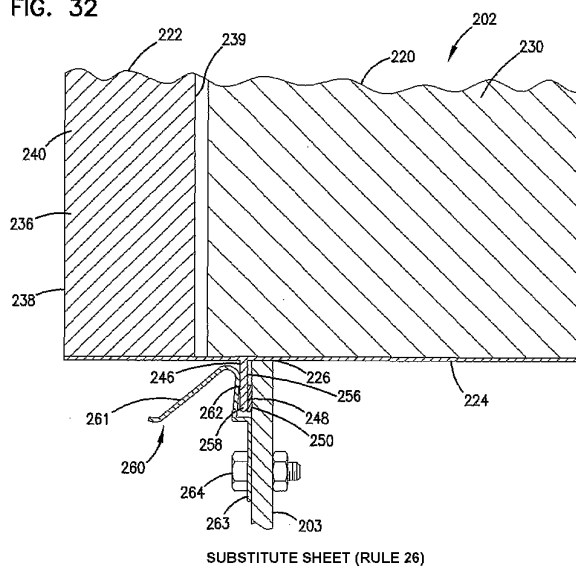


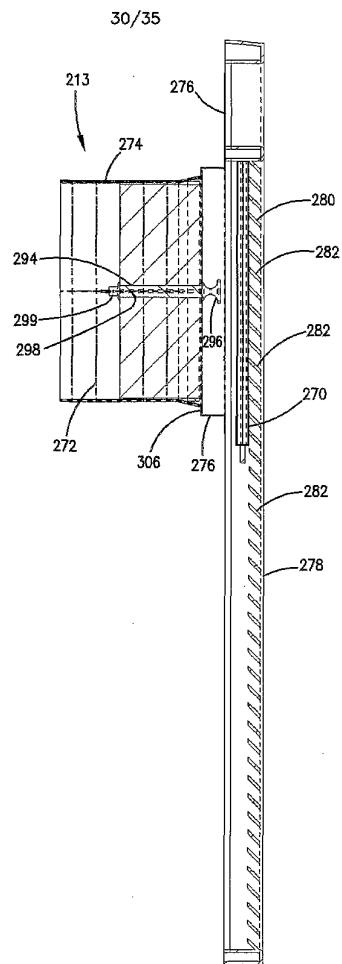
FIG. 32



WO 02/20135

PCT/US01/25205

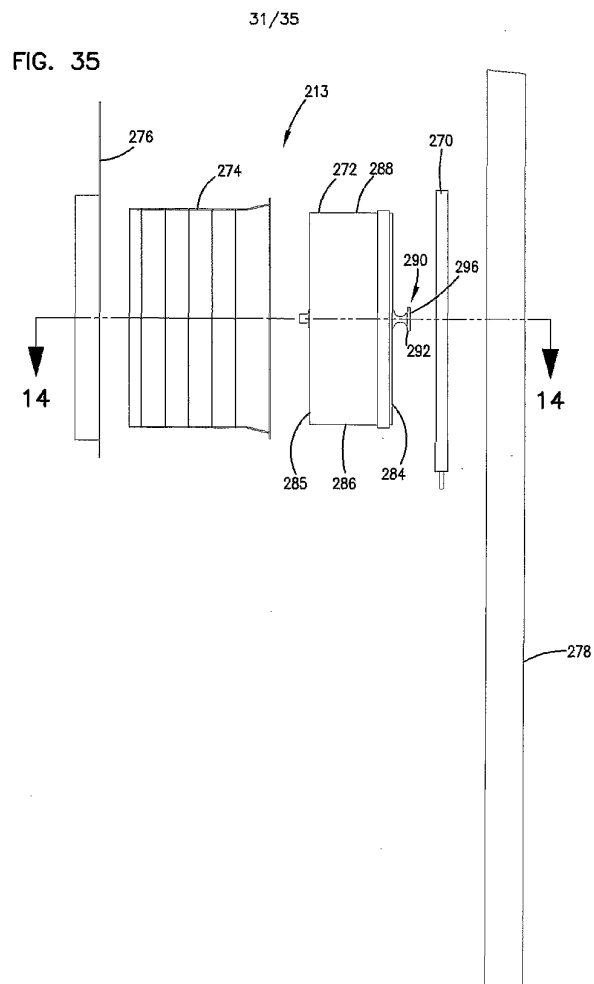
FIG. 34



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/20135

PCT/US01/25205



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

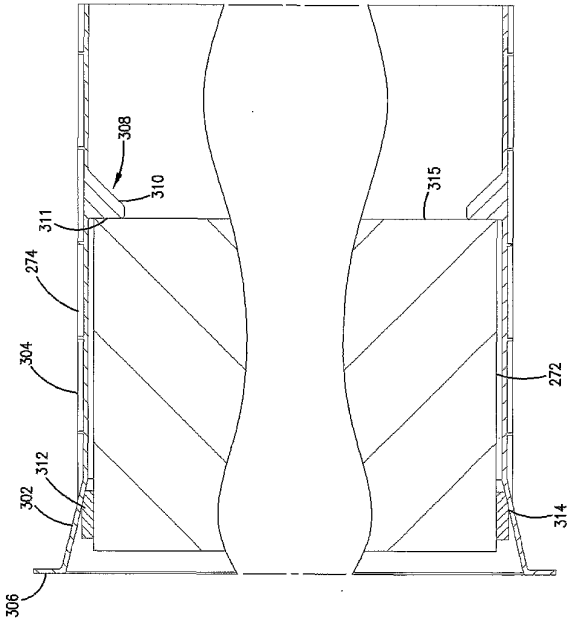
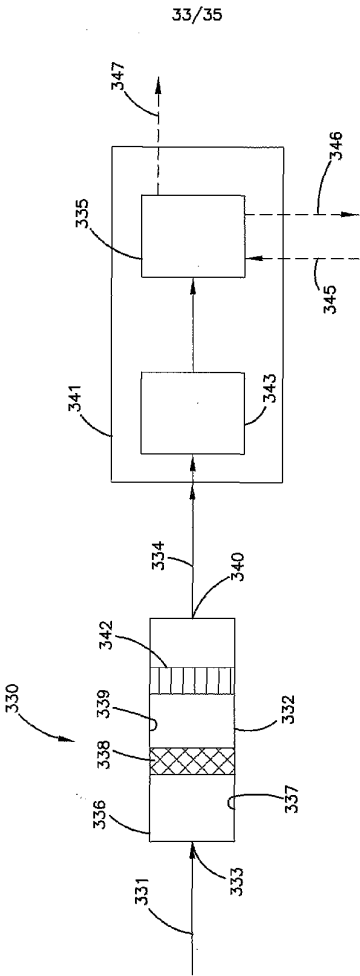


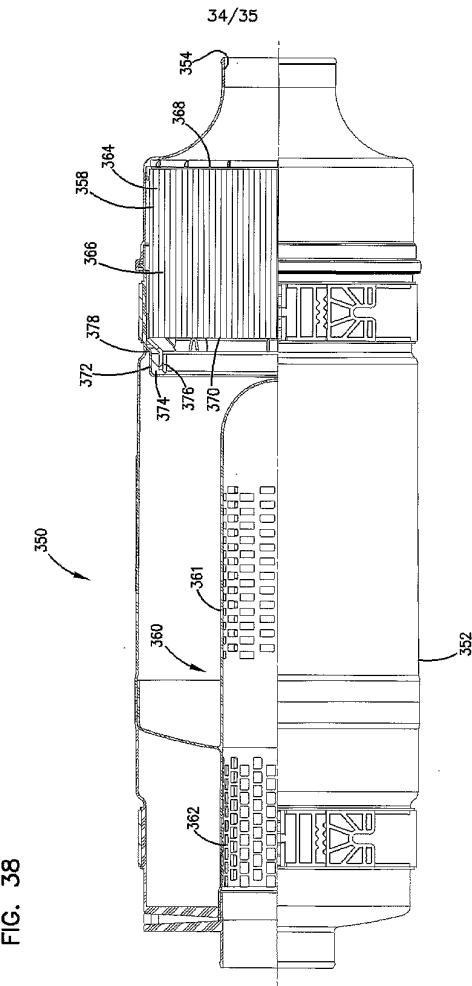
FIG. 36

FIG. 37



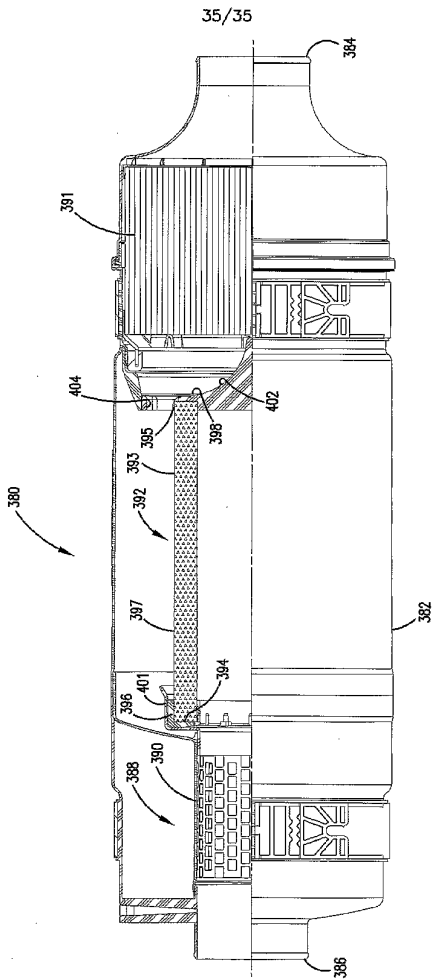
WO 02/20135

PCT/US01/25205



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 39



【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
14 March 2002 (14.03.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/020135 A3(51) International Patent Classification: B01D 46/52,
46/24, 39/16

(21) International Application Number: PCT/US01/25205

(22) International Filing Date: 10 August 2001 (10.08.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/230,138 5 September 2000 (05.09.2000) US
09/871,590 31 May 2001 (31.05.2001) US(71) Applicant: DONALDSON COMPANY, INC. [US/US];
1400 West 94th Street, P.O. Box 1299, Minneapolis, MN
55440-1299 (US).

CH, CN, CO, CR, CU, CZ (utility model), CZ, DE (utility model), DE, DK (utility model), DK, DM, DZ, EC, EE (utility model), EE, ES, FI (utility model), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KL, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK (utility model), SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

(88) Date of publication of the international search report:
28 November 2002

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(72) Inventors: GILLINGHAM, Gary, R.; 17305 Flemming Lane, Prior Lake, MN 55372 (US); GOGINS, Mark, A.; 806 Millwood Avenue, Roseville, MN 55113 (US); WEIK, Thomas, M.; 18870 Azure Road, Deephaven, MN 55391 (US).

(74) Agent: DAIGNAULT, Ronald, A.; Merchant & Gould P.C., P.O. Box 2903, Minneapolis, MN 55402-0903 (US).

(81) Designated States (national): AF, AG, AI, AM, AT (utility model), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA,



WO 02/020135 A3

(54) Title: AIR FILTRATION ARRANGEMENTS HAVING FLUTED MEDIA CONSTRUCTIONS AND METHODS

(57) Abstract: Filter arrangements include a barrier media in the form of fluted media treated with a deposit of fine fibers. The media is particularly advantageous in high temperature (greater than 140 to 240 °F) systems. Such systems may include engine systems, gas turbine systems, and fuel cell systems. Filter arrangements may take the form of media packs having a circular cross-section or a racetrack shaped cross-section, or media packs formed in a panel configuration.

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int'l Application No. PCT/US 01/25205
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B01D46/52 B01D46/24 B01D39/16		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
WPI Data, PAJ, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 820 646 A (G.R.GILLINGHAM ET AL.) 13 October 1998 (1998-10-13) cited in the application the whole document	1, 45-58
A	DE 299 07 699 U (FIBERMARK GESSNER) 5 August 1999 (1999-08-05) the whole document	1-6, 12, 19, 36, 51
A	US 5 672 399 A (B.KAHLBAUGH ET AL.) 30 September 1997 (1997-09-30) cited in the application the whole document	1
A	US 4 900 671 A (A.R.POKORA ET AL.) 13 February 1990 (1990-02-13) the whole document	26-32
☐ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
23 September 2002		30/09/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentstr. 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer: Bertram, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 01/25205

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5820646	A	13-10-1998	AU 723870 B2 07-09-2000
		AU 2736897 A	19-11-1997
		BR 9709745 A	10-08-1999
		CA 2252712 A1	06-11-1997
		CN 1220616 A , B	23-06-1999
		EP 0900118 A1	10-03-1999
		JP 2000508974 T	18-07-2000
		PL 329531 A1	29-03-1999
		WO 9740917 A1	06-11-1997
		ZA 9703635 A	26-10-1998
DE 29907699	U	05-08-1999	DE 29907699 U1 05-08-1999
US 5672399	A	30-09-1997	WO 9916534 A1 08-04-1999
		US 2001003082 A1	07-06-2001
		US 6165572 A	26-12-2000
		US 6171684 B1	09-01-2001
		AU 4655897 A	23-04-1999
		BR 9714928 A	06-03-2001
		EP 1028794 A1	23-08-2000
		JP 2001518378 T	16-10-2001
US 4900671	A	13-02-1990	US 4647952 A 03-03-1987
		AT 78435 T	15-08-1992
		AT 124970 T	15-07-1995
		DE 3650351 D1	17-08-1995
		DE 3650351 T2	21-12-1995
		DE 3686153 D1	27-08-1992
		DE 3686153 T2	07-01-1993
		EP 0245365 A1	19-11-1987
		EP 0355868 A2	28-02-1990
		JP 6068017 B	31-08-1994
		JP 63502079 T	18-08-1988
		WO 8702939 A1	21-05-1987
		US 5153298 A	06-10-1992

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H O 1 M 8/06

K

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 ジリングム, ゲイリー, アール.

アメリカ合衆国 ミネソタ州 5 5 3 7 2, プライアー レイク, フレミング レーン 1 7 3 0 5

(72)発明者 ゴギンズ, マーク, エー.

アメリカ合衆国 ミネソタ州 5 5 1 1 3, ローズヴィル, ミルウッド アヴェニュー 8 0 6

(72)発明者 ウェイク, トーマス, エム.

アメリカ合衆国 ミネソタ州 5 5 3 9 1, ディープヘイヴン, アズール ロード 1 8 8 7 0

Fターム(参考) 4D019 AA01 BA12 BA13 BB03 BB04 BB10 BC12 BC20 BD01 BD02

CA01 CB01 CB04 CB09 DA03

4D058 JA34 JB14 JB39 JB41 JB46 KA01 KA06 KA23 KA25 KA27

KA30 KC51 KC63 KC64 LA02 MA25 SA07 SA20 UA25

5H027 AA02 BC06