

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5059277号

(P5059277)

(45) 発行日 平成24年10月24日 (2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月10日 (2012.8.10)

(51) Int. Cl. F I
B O 1 D 46/52 (2006.01) B O 1 D 46/52 C
B O 1 D 39/16 (2006.01) B O 1 D 39/16 A
F O 2 M 35/024 (2006.01) F O 2 M 35/024 5 O 1 F

請求項の数 11 (全 64 頁)

(21) 出願番号	特願2002-524606 (P2002-524606)	(73) 特許権者	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
(65) 公表番号	特表2004-508166 (P2004-508166A)		イティド
(43) 公表日	平成16年3月18日 (2004.3.18)		アメリカ合衆国, ミネソタ 55431,
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/025089		ミネアポリス, ピー. オー. ボックス 1
(87) 国際公開番号	W02002/020132		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
審査請求日	平成20年8月8日 (2008.8.8)	(74) 代理人	100076428
(31) 優先権主張番号	60/230,138		弁理士 大塚 康徳
(32) 優先日	平成12年9月5日 (2000.9.5)	(74) 代理人	100112508
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 高柳 司郎
(31) 優先権主張番号	09/871,582	(74) 代理人	100115071
(32) 優先日	平成13年5月31日 (2001.5.31)		弁理士 大塚 康弘
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ひだ付き構造を利用したフィルター装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

媒体を有するフィルタエレメントであって、

(i) 前記媒体は第 1 端部と対向する第 2 端部とを有し、前記媒体は管状のシート状基体を含み、前記管状のシート状基体は、前記第 1 端部から前記第 2 端部まで延びている長さを有する複数のひだを有するシート状基体を含み、

(ii) 前記媒体は、前記管状のシート状基体によって囲まれているフィルタ内部を有し、前記フィルタ内部は、一端が開いており、

(iii) 前記シート状基体は、少なくとも部分的に層で覆われ、前記層が、60 (140 ° F) の空気および相対湿度 100 % の試験条件に 16 時間の試験時間の間だけ試験暴露された後に、前記ファイバの 30 % 以上が過目的のために変化しないで保持されるような約 0 . 01 ~ 0 . 5 ミクロン直径のファイバを含む、ポリマー・ファインファイバを含み、前記ファイバは、

(a) コポリアミドと、低級アルコールによって改質された低分子量ポリマーと、コポリアミドとホルムアルデヒドとアルコールの反応によって作られたアルコキシアルキル変性ポリアミドと、から選択されるポリマーと、

(b) コポリアミドとフェノール樹脂のブレンドと、コポリアミドとエポキシ樹脂のブレンドと、アルコキシアルキル変性ポリアミドとアルコール可溶性コーティングポリマーのブレンドと、ポリアミドとビスフェノール A のブレンドと、アルコキシアルキル変性ポリアミドとビスフェノール A のブレンドと、コポリアミドとアルコキシアルキル変性コ

10

20

ポリマーとビスフェノール A のブレンドと、コポリアミドとアルコキシアルキル変性ポリアミドのブレンドと、から選択されるポリマーブレンドと、

(c) ポリアミドとフッ素系添加剤のブレンドと、

(d) ポリアミドとカップリング剤のブレンドと、

(e) P V A と架橋剤のブレンドと、

のグループから選択されるポリマー組成物によって形成されることを特徴とするフィルタエレメント。

【請求項 2】

前記媒体は、第 1 エンド・キャップおよび第 2 エンド・キャップを有し、

(i) 前記媒体が、前記媒体の前記第 1 端部で前記第 1 エンド・キャップに固定され、

(ii) 前記媒体が、前記媒体の前記第 2 端部で前記第 2 エンド・キャップに固定され、

(iii) 前記第 1 エンド・キャップおよび第 2 エンド・キャップの少なくとも一方が、半径方向に向いたシール部分を含み、前記半径方向に向いたシール部分が、前記媒体に向かう方向に圧縮可能なポリウレタン材料を含む、
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。

【請求項 3】

前記ポリマー・ファインファイバが、前記ポリマーブレンド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。

【請求項 4】

前記ポリマー・ファインファイバが、約 1 ~ 40 重量 % の架橋剤で架橋さ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。

【請求項 5】

約 2 ~ 25 重量 % の樹脂系添加剤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。

【請求項 6】

前記樹脂系添加剤が、分子量が約 500 ~ 3000 で芳香族の特性を有するオリゴマーを含み、前記樹脂系添加剤が、前記ポリマー・ファインファイバ中で混和性であることを特徴とする請求項 5 に記載のフィルタエレメント。

【請求項 7】

エンジン吸入空気流量が少なくとも $0.085 \text{ m}^3/\text{分}$ (3 cfm) のレートであるエンジンを含み、前記エンジン吸入空気を濾過するよう構成され配置されたエアクリーナを有するシステムであって、

前記エアクリーナが、ハウジングと、その内部に動作可能に配置された第 1 フィルタエレメントとを含み、

前記第 1 フィルタエレメントが、請求項 1 に記載のフィルタエレメントを含むことを特徴とするシステム。

【請求項 8】

(a) 前記システムは、エンジン吸入空気流量が少なくとも $2.83 \text{ m}^3/\text{分}$ (100 cfm) のレートであるエンジンを含み、

(b) 前記第 1 フィルタエレメントは、空気流量 $16.99 \text{ m}^3/\text{分}$ (600 cfm) までのレートで評価された場合に、 7.62 cm (3 インチ) 以下の H_2O の初期制約を提供する大きさに構成されていることを特徴とする請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

(a) 前記媒体は、前記管状のシート状基体によって囲まれているフィルタ内部を有し、前記フィルタ内部は、一端が開いており、

(b) 前記エアクリーナのハウジングが空気流チューブを含み、前記第 1 フィルタエレメントが前記空気流チューブに動作可能に取り付けられ、

(c) 前記第 1 フィルタエレメントは、

(i) 第 1 の開放エンド・キャップおよび第 2 の対向するエンド・キャップであって

、

10

20

30

40

50

(A) 前記媒体が、前記媒体の前記第 1 端部で前記第 1 のエンド・キャップに結合され、

(B) 前記媒体が、前記媒体の前記第 2 端部で前記第 2 のエンド・キャップに結合された第 1 および第 2 のエンド・キャップと、

(ii) 前記第 1 のエンド・キャップと前記第 2 のエンド・キャップとの間に延在する内部支持ライナと、

(iii) 前記第 1 のエンド・キャップが半径方向に向いたシール部分であって、

(A) 前記半径方向に向いたシール部分が前記フィルタ内部へと内側に向かい、

(B) 前記半径方向に向いたシール部分が、前記内部支持ライナと前記空気流チューブとの間で接するように圧縮されてそれによって前記第 1 フィルタエレメントと前記エ

10

アクリナ・ハウジングとの間に第 1 の半径方向シールを形成するポリウレタン・フォーム材料を含む、シール部分と、

をさらに含むことを特徴とする請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 10】

流体圧縮器を含み、圧縮器吸入空気を濾過するよう構成され配置されたエアクリナを有するシステムであって、

前記エアクリナが、ハウジングと、その内部に動作可能に配置されている第 1 フィルタエレメントとを含み、前記第 1 フィルタエレメントが、請求項 1 に記載のフィルタエレメントを有することを特徴とするシステム。

【請求項 11】

20

(a) 前記システムは、エンジン吸入空気流量が少なくとも $14.16 \text{ m}^3/\text{分}$ (500 cfm) のレートであるエンジンを含み、

(b) 前記第 1 フィルタエレメントは、空気流量 $16.99 \text{ m}^3/\text{分}$ (600 cfm) までのレートで評価された場合に、 7.62 cm (3 インチ) 以下の H_2O の初期制約を提供する大きさに構成されていることを特徴とする請求項 10 に記載のシステム。

【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 号および 2001 年 5 月 31 日出願の米国出願第 09 / 871, 582 号に基づく優先権を主張するものである。

30

【0002】

(発明の分野)

本発明は、フィルタ装置およびフィルター方法に関する。より詳細には、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、気体流の流れから粒子状物質を望ましい状態で除去するための方法にも関する。

【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。この開示内容は、米国特許: B2 4, 720, 292; 意匠 416, 308; 第 5, 613, 992 号; 第 4, 020, 783 号; および第 5, 112, 372 号に一部関連して継続的に技術開発されたものに関する。前述の文章で明らかに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. が所有するものであり、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。

40

【0004】

本発明は、熱、湿度、反応性物質、およ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およびファイバにも関する。そのような材料は、安定性およ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

50

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。記述される技法は、フィルタ媒体（メディア：media / medium）中に1つまたは複数のファインファイバ層を有する構造に関する。構造、組成物およびファイバのサイズは、性質および残存性の組合せに対して選択される。

【0005】

（発明の背景）

気体の流れは、その中にしばしば粒子状物質を含む。多くの場合、気体流の流れから粒子状物質の一部または全てを除去することが、必要不可欠である。例えば、モータ作動式車両または発電機器用エンジンへの空気吸入の流れ、ガスタービンに向けられた気体の流れ、および様々な燃焼炉への空気の流れは、しばしば粒子状物質を含む。粒子状物質は、動作機器にかなりの損傷を与える可能性がある。微粒子は、エンジン、タービン、炉、またはその他の機器の上流で、気体流から除去することが好ましい。

【0006】

その他の場合、生成ガスまたは排出ガスは、例えば、粉碎、化学的処理、焼結、塗装を含めたプロセスによって発生する粒子状物質を含有する可能性がある。そのような気体を、様々な下流機器を通しかつ／または大気中に向けることができ、またはそのようにすべき前に、これらの流れから粒子状物質を十分に除去することが重要である。

【0007】

本発明は、構造内のフィルタエレメント、および改善されたフィルタ技術に関する。また本発明は、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、繊維状マット、膜やコーティング、被膜などの透過性構造の形成を含んだ様々な関連する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、湿度、熱、空気流、化学物質、および機械的応力または衝撃によるフィルター構造および方法への悪影響に対する耐性を、様々な物理的形狀または形態をとるポリマー材料に与えることが可能な物理的性質を有する組成物である。

【0008】

不織布ファインファイバフィルタ媒体（メディア：media / medium）の形成には、ガラス繊維、金属、セラミックス、および広範囲にわたる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およびナノファイバの製造には、様々な技法が使用されている。ある方法は、材料を、熔融材料として、または後で蒸発させる溶液中に溶かした状態で、微細な毛细管（キャピラリ）または開口に通すことを含む。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」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、皮下針、ノズル、キャピラリ、また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、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に形成することができる。

【0009】

フィルタ媒体にはより厳しい用途が考えられるので、37.8 (100 ° F) から 121.1 (250 ° F)、最高 148.9 (300 ° F) までの高温、10% ~ 90%、最高100% RHまでの高湿度、気体と液体の両方が高流量で、ミクロンおよびサブミクロンの微粒子（約0.01ミクロンから10ミクロンを超える範囲）を濾過し、研磨性および非研磨性で反応性および非反応性の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ように、著しく改善された材料が必要である。

【0010】

したがって、高温・高湿度で流量が大きく前記ミクロンおよびサブミクロンの粒状物質を含む流れを濾過するために、改善された性質をもたらしポリマー材料、マイクロファイバおよびナノファイバ材料とフィルタ構造が、非常に求められている。

【 0 0 1 1 】

(発明の概要)

本明細書では、エアクリーナ装置の設計および適用に関する一般的な技法が提供される。この技法は、好ましいフィルタエレメントの設計、ならびに好ましい適用およびフィルタ方法を含む。

【 0 0 1 2 】

一般に好ましい適用例は、バリア媒体、典型的にはひだ (p l e a t) 付き媒体とファインファイバとをエア・フィルタ内で有利に利用することに関する。

【 0 0 1 3 】

フィルタ媒体は、少なくともマイクロファイバまたはナノファイバ・ウェブ層を基体材料と組み合わせたものを、機械的に安定なフィルタ構造内に含む。これらの層は一緒になって、気体や液体などの流体がフィルタ媒体を通過する場合に最小の流動限界で、粒子捕捉度の高い優れたフィルタ効率を提供する。基体は、内層の上流、下流、または内部の流体の流れの中に位置決めすることができる。様々な産業において近年では、かなりの関心が、濾過のためにフィルタ媒体を使用することに向けられており、すなわち気体などの流体、またはある特定の場合には液体などの流体から、望ましくない粒子を除去することに関心が向けられている。一般的なフィルタプロセスでは、空気の流れまたはその他の気体状の流れを含めた流体から、あるいは作動液や潤滑油、燃料、水の流れ、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では、マイクロファイバおよび基体材料の機械的な強度、化学的物理的な安定性を必要とする。フィルタ媒体は、広範囲にわたる温度条件、湿度、機械的振動および衝撃、流体の流れに含まれる反応性および非反応性、研磨性または非研磨性の微粒子に曝される可能性がある。さらに、フィルタ媒体は、このフィルタ媒体を逆圧パルスに曝するという自己清浄能力 (流体の流れが短時間逆向きになって、微粒子の表面コーティングを除去する)、またはフィルタ媒体の表面から、包含される微粒子を除去することが可能なその他のクリーニング機構を、しばしば必要とする。そのような逆クリーニングは大幅な改善をもたらすことができ、(すなわち) パルス・クリーニング後の圧力低下を小さくすることができる。一般に、粒子捕捉効率はパルス・クリーニング後に改善されないが、パルス・クリーニングによって圧力低下が小さくなり、フィルタ動作のためのエネルギーが節約される。そのようなフィルタは、しばしば保守のため取り外して水性または非水性のクリーニング用組成物でクリーニングすることができる。このような媒体は、ファインファイバを紡糸し、次いでマイクロファイバの層、ウェブ、または格子状ウェブを多孔質基体上に形成することによって、しばしば製造される。紡糸プロセスでは、ファイバが、ファイバ同士の間で物理的な結合を形成し、層を絡み合った状態にしまたは一体化させて、層にファイバ・マットを固定することができる。次いでそのような材料を基体に結合させて、カートリッジや平らなディスク、キャニスタ、パネル、バッグ、ポーチなどの所望のフィルタ態様に作製することができる。そのような構造内では、媒体を実質的にひだ状にし、ロール状にし、または別の方法で支持構造上に位置決めすることができる。

【 0 0 1 4 】

本明細書で述べるフィルタ装置は、機器用エンクロージャ、車両客室 (キャビン) の換気装置、キャビン用エア・フィルタ、オンロードおよびオフロード用エンジン、圧縮器などの工業設備、およびその他関連する適用例も含めた広く様々な適用例で 사용할 ことができる。

【 0 0 1 5 】

(発明の詳細な説明)

A . マイクロファイバまた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。このポリマーは、その物理的・化学的安定性が改善されている。直径が 2 0 0 ナノメートル ~ 1 0 ミクロンのポリマー・ファインファイバ (マイクロファイバおよびナノファイバ) は、有用な製品形態に作製することができる (例えば基体上に形成される場合) 。ナノファイバは、直径が 2 0 0 ナノメートル未

10

20

30

40

50

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 ミクロンよりも大きい 10 ミクロン以下のファイバである。このファインファイバは、改善された多層のマイクロフィルター媒体構造の形に形成することができる。本発明のファインファイバ層は、ランダム分布したファインファイバを含み、これらが結合することにより格子状ネットを形成することができる。

【0016】

フィルター性能は、主として、微粒子の通過をファインファイバが妨害する結果得られる。剛性、強度、ひだ性という構造上の性質は、ファインファイバが接着す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状態の網状組織は、重要な特徴として、マイクロファイバまたはナノファイバの形をとった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開口、オリフィス、またはスペースを有する。そのようなファイバ間のスペースは、典型的な場合、約 0.01 ミクロンから約 25 ミクロンに及び、またはしばしば約 0.1 ミクロンから約 10 ミクロンに及び。

【0017】

フィルタ製品は、基体上に形成されたファインファイバ層を含む。合成、天然の供給源から得られたファイバ（例えばポリエステル層およびセルロース層）は細く、基体として適切に選択されるものである。このファインファイバは、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、1 ミクロン未満の厚さだけ増大させる。使用中、フィルタは、流入する微粒子がファインファイバ層を通過するのを防ぐことができ、捕捉された粒子による表面負荷が大きくなる。ダストまたはその他の流入する微粒子を含む粒子は、ファインファイバ表面にダスト・ケーキを素早く形成し、微粒子を除去する初期効率および全体効率を高いレベルに維持する。粒径が約 0.01 ~ 約 1 ミクロンの比較的微細な汚染物質の場合であっても、ファインファイバを含むフィルタ媒体のダスト容量は非常に高い。

【0018】

本明細書に開示するポリマー材料は、熱、湿度、高流量、逆パルス・クリーニング、動作上の摩耗、サブミクロン微粒子、使用中のフィルタのクリーニング、およ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耐性が大幅に改善されている。改善されたマイクロファイバおよびナノファイバの性能は、これらマイクロファイバおよびナノファイバを形成するポリマー材料の性質を改善した結果得られたものである。さらに、本発明の改善されたポリマー材料を使用する本発明のフィルタ媒体は、より高い効率、より低い流量制限、研磨性微粒子の存在下での高耐久力（応力に関連しまたは環境に関連したもの）、ばらばらのファイバまたはフィブリルがない滑らかな外面を含めたいくつかの有利な特徴を提供する。フィルタ材料の全体構造は、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改善され、媒体を通過する速度が低下し、媒体効率が向上し、流量制限が低下する。

ファインファイバはポリマー材料またはポリマーと添加剤とから製造できる。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、または物理的性質が異なる）であって、高温で調製されまた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に形成することができ、またはアニール・プロセスによって物理的に結合（combined）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、疎油性、疎水性、また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コーティングを、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ンファイバは、直径が約 0.01 から 5 ミクロンでよい。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また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または添加剤材料の外部コーティングを含んだ滑らかな表面を有することができる。ブレンド

10

20

30

40

50

・ポリマー系で使用す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、およびその他の直線状の、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および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(M_n)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、Hanzer Publisher、New York(1995))。

報告されたSVP651樹脂の物理的性質は、以下の通りである。

【0019】

【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}

【0020】

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。これらは物理的または化学的薬剤によって架橋していることが好ましい。またこれらPVOHポリマーは、相当量の疎油性および疎水性の添加材料に架橋して結合していることが最も好ましい。

【0021】

本発明の別の好ましい形態は、ファイバの寿命また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、凝集ポリマーと、ナイロン・ポリマー、ナイロン・ポリマーなどの添加剤ポリマー、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の両方が含まれ、特に、疎油性およ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ファイバの表面をコーティングして形成されているマイクロファイバまた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。さらに、異なるポリマーのポリマー・ブレンドまたはアロイも本発明により企図される。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。ヒドロキシル基および第3ブチル基の位置は、その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直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族環と芳香族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。

【 0 0 2 2 】

本発明の特に好ましい材料は、寸法が約 0 . 0 0 1 ~ 1 0 ミクロンのマイクロファイバ材料を含む。好ましいファイバのサイズは、0 . 0 5 ミクロン ~ 0 . 5 ミクロンの範囲である。最終用途およびパルス・クリーナまたはクリーニングの選択肢に応じ、ファイバは、0 . 0 1 ~ 2 ミクロンのファイバ、0 . 0 0 5 ~ 5 ミクロンのファイバ、または 0 . 1 ~ 1 0 ミクロンのファイバから選択することができる。そのような好ましいサイズのファイバは、優れたフィルタ機能をもたらし、逆パルス・クリーニングおよびその他の態様を容易にする。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・クリーニングおよ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るようその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ー条件に実質上等しいパルス・クリーン入力を受けながら、基体に着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、または基体上のファイバを熱また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 よりも高くまた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。接着時に溶媒また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。

【 0 0 2 3 】

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また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、およびガラス繊維のブレンドから作製された不織布、ガラス不織および織布、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 および MF 膜など、天然繊維および合成繊維の基体を使用することができる。流れの中に懸濁しまたは混入した微粒子をその流れから除去するため、シート状基体またはセルロース系不織ウェブを、空気の流れまた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および構造は、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、また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およ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、活性フィルタ構成エレメントとして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 5 0 % 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 5 0 % のファインファイバが保たれることによって、フィルター能力を失うことなく、また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 7 5 % 保たれることが、最も好ましい。

【 0 0 2 4 】

本発明のマイクロファイバまたはナノファイバを含有する層を構成するファインファイバは、ファイバでよく、直径は約 0 . 0 0 1 ~ 1 0 ミクロン、好ましくは 0 . 0 5 ~ 0 . 5 ミクロンでよい。典型的なファインファイバフィルター層の厚さはファイバ直径の約 1 ~ 1 0 0 倍に及び、その坪量は約 0 . 0 1 ~ 2 4 0 $\mu g \cdot cm^{-2}$ に及ぶ。

【 0 0 2 5 】

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。粒子状物質の一部または全ては、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客室（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、HV

10

20

30

40

50

A Cの空気、フィルタ・バッグ、バリア用布地、織布を使用したクリーン・ルームの換気および施工、モータ作動式車両用エンジンまた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／または美的な観点から、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、および燃焼炉への空気およ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必要がある。その他の場合、工業プロセスまたはエンジンからの生成ガスまたは排ガスは、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、また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

【 0 0 2 6 】

エア・フィルタ設計の基本原則およ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、および第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。

【 0 0 2 7 】

フィルタの「寿命」は、一般に、フィルタを横切る選択された限界の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、その適用例また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、システムの効率が等しい場合、より長い寿命であることは一般により高い能力に直接関連する。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）。本願で、「フィルタ目的のため変化しない」という文言は、選択された適用例に必要とされるように、流体の流れから微粒子を除去するのに十分な効率が維持されることを指す。

20

【 0 0 2 8 】

ポリマー材料は、不織布および織布、ファイバおよびマイクロファイバに作製されてきた。ポリマー材料は、製品の安定性に必要とされる物理的な性質を提供する。これらの材料は、日光、湿度、高温、またはその他のネガティブな環境上の影響のもと、その寸法が大幅に変化してはならず、分子量が低下してはならず、可撓性が低下してはならず、あるいは応力亀裂または物理的劣化が生じてはならない。本発明は、環境内の光などの電磁放射線の入射、熱、湿度、およびその他の物理的な問題に直面した場合に物理的な性質を維持することができる、改善されたポリマー材料に関する。

30

【 0 0 2 9 】

本発明のポリマー組成物に使用することができるポリマー材料には、付加重合体（付加ポリマー）材料と縮合重合体（縮合ポリマー）の材料の両方が含まれ、例えばポリオレフィンやポリアセタール、ポリアミド、ポリエステル、セルロースエーテルおよびエステル、ポリアルキレンスルフィド、ポリアリーレンオキシド、ポリスルホン、変性ポリスルホンポリマー、およびこれらの混合などが含まれる。これらの一般的なクラスに包含される好ましい材料には、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ（塩化ビニル）、ポリメチルメタクリレート（およびその他のアクリル樹脂）、ポリスチレン、およびこれらのコポリマー（A B Aタイプのブロックコポリマーを含む）、ポリ（フッ化ビニリデン）、ポリ（塩化ビニリデン）、様々な程度に加水分解した（87%～99.5%）ポリビニルアルコールであって、架橋した形および架橋していない形のものが含まれる。好ましい付加重合体は、ガラス状になる傾向がある（T_gが室温よりも高い）。これは、ポリ塩化ビニルおよびポリメチルメタクリレート、ポリスチレンポリマーの組成物またはアロイの場合に生じ、

40

50

ポリフッ化ビニリデンおよびポリビニルアルコール材料の場合には結晶化度が低くなる。ポリアミド縮合重合体の1つのクラスは、ナイロン材料である。「ナイロン」という用語は、全ての長鎖合成ポリアミドの総称である。一般にナイロンという呼称には、出発材料がC₆ジアミンおよびC₆の2価の酸であることを示すナイロン6, 6のように、一連の番号が含まれる(第1の桁はC₆ジアミンを示し、第2の桁はC₆ジカルボン酸を示す)。別のナイロンは、少量の水の存在下で - (C₆) カプロラクタム(または他のC₆-₁₂ラクタム)を縮重合することによって作製することができる。この反応によって、直線状ポリアミドであるナイロン6(環状ラクタムから形成され、-アミノカプロン酸とも呼ばれる)が形成される。さらに、ナイロンコポリマーも考えられる。コポリマーは、様々なジアミン化合物、様々な2価の酸の化合物、および様々な環状ラクタム構造を反応混合物で結合させ、次いでポリアミド構造中にランダムに位置決めされたモノマー材料でナイロンを形成することによって、作製することができる。例えばナイロン6, 6-6, 10の材料は、ヘキサメチレンジアミンと、C₆およびC₁₀の2価の酸のブレンドから製造されたナイロンである。ナイロン6-6, 6-6, 10は、-アミノカプロン酸と、ヘキサメチレンジアミンと、C₆およびC₁₀の2価の酸の材料のブレンドから製造されたナイロンである。

【0030】

ブロックコポリマーは、本発明のプロセスにおいても有用である。そのようなコポリマーでは、物質を膨潤させる溶媒の選択が重要である。選択される溶媒は、両方のブロックを溶媒に溶解させるようなものである。一例は、ABA(スチレン-Ep-スチレン)ポリマーまたはAB(スチレン-Ep)ポリマーを塩化メチレン溶媒に溶解させたものである。1つの成分が溶媒に溶解しない場合、ゲルが形成される。そのようなブロックコポリマーの例として、Kraton(登録商標)タイプのスチレン-b-ブタジエン、スチレン-b-水素化ブタジエン(エチレンプロピレン)、Pebax(登録商標)タイプのe-カプロラクタム-b-エチレンオキシド、Sympatex(登録商標)のポリエステル-b-エチレンオキシド、エチレンオキシドとイソシアネートのポリウレタンがある。

【0031】

付加重合体、例えばポリフッ化ビニリデンやシンジオタクチックポリスチレン、フッ化ビニリデンとヘキサフルオロプロピレンのコポリマー、ポリビニルアルコール、ポリ酢酸ビニルと、非晶質付加重合体、例えばポリ(アクリロニトリル)と、そのアクリル酸およびメタクリレートとのコポリマー、ポリスチレン、ポリ(塩化ビニル)、およびその様々なコポリマー、ポリ(メチルメタクリレート)、およびその様々なコポリマーは、低圧および低温で可溶であるので、比較的容易に溶液紡糸することができる。しかし、ポリエチレンやポリプロピレンのような高度に結晶化したポリマーは、それらを溶液紡糸する場合には高温高压の溶媒を必要とする。したがって、ポリエチレンおよびポリプロピレンの溶液紡糸は非常に困難である。電界溶液紡糸(electrostatic solution spinning)は、ナノファイバおよびマイクロファイバを作製する方法である。

【0032】

本発明者等は、ポリマー混合物、アロイ形態中に、または架橋した化学結合構造中に2種以上のポリマー材料を含むポリマー組成物を形成することの相当な利点も見出した。本発明者等は、そのようなポリマー組成物がポリマーの属性を変えることによって物理的性質を改善すると考え、例えば、ポリマー鎖の柔軟性または鎖の移動性が改善され、全体的な分子量が増加し、ポリマー材料の網状組織の形成により強化されたと考えている。

【0033】

この概念の一実施形態では、有益な性質を得るために、2つの関連するポリマー材料をブレンドすることができる。例えば、高分子量のポリ塩化ビニルを低分子量のポリ塩化ビニルとブレンドすることができる。同様に、高分子量のナイロン材料を低分子量のナイロン材料とブレンドすることができる。さらに、一般的なポリマーの種類の中でも異なる種類のものをブレンドすることができる。例えば高分子量のスチレン材料を、低分子量の耐衝

10

20

30

40

50

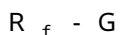
撃性 (high impact) ポリスチレンとブレンドすることができる。ナイロン 6 の材料は、ナイロン 6 ; 6 , 6 ; 6 , 10 コポリマーなどのナイロンコポリマーとブレンドすることができる。さらに、87% が加水分解したポリビニルアルコールのように、加水分解の程度が低いポリビニルアルコールは、加水分解の程度が 98% から 99.9% の間、またはそれ以上の、完全にまたは高度に加水分解したポリビニルアルコールとブレンドすることができる。混合物中のこれらの材料の全ては、適切な架橋機構を使用して架橋することができる。ナイロンは、アミド結合中の窒素原子と反応する架橋剤を使用して、架橋することができる。ポリビニルアルコール材料は、モノアルデヒドなど、例えばホルムアルデヒドや、尿素、メラミンホルムアルデヒド樹脂およびその類似体、ホウ酸、およびその他の無機化合物、ジアルデヒド、2 価の酸、ウレタン、エポキシ、およびその他の既知の架橋剤など、ヒドロキシル反応性材料を使用して架橋することができる。架橋技術は十分に知られており理解されている現象であって、架橋試薬が反応してポリマー鎖同士の間に関共有結合を形成し、それによって、分子量、耐薬品性、全体強度、機械的劣化に対する抵抗力が大幅に改善されるものである。

【0034】

本発明者等は、添加された材料が、ファインファイバの形をとるポリマー材料の性質を著しく改善することを見出した。熱、湿度、衝撃、機械的応力の影響、およびその他の負の影響に対する抵抗力は、添加された材料を存在させることによって著しく改善することができる。本発明者等は、本発明のマイクロファイバ材料を加工しながら、添加された材料が疎油性および疎水性を改善することができ、材料の化学的安定性の改善を助けることができるようになることを見出した。本発明者等は、これら疎油性および疎水性の添加剤が保護層コーティング、融蝕性表面を形成し、またはその表面から若干の深さまで浸透してポリマー材料の性質を改善するので、これらの添加剤を存在させることによって、マイクロファイバの形をとる本発明のファインファイバの性質が改善されると考えている。本発明者等は、これらの材料の重要な特徴は、非常に疎水性の高い基であって好ましくは疎油性も有することができる疎水基が存在することであると考えられる。疎水性が非常に高い基には、フルオロカーボン基、疎水性炭化水素界面活性剤またはブロック、および実質上の炭化水素オリゴマー組成物が含まれる。これらの材料は、一般にポリマーとの物理的な結合または会合が得られるように、ポリマー材料に対して相溶性の傾向がある分子の一部を有する組成物に製造されるが、疎水性または疎油性が非常に高い基は、添加剤がポリマーと会合する結果、その表面に保護表面層を形成し、またはポリマー表面層とのアロイまたは混合物を形成するようになる。添加剤は、ファイバ上で合計 1 重量% ~ 25 重量% の量で使用することができる。添加剤のレベルが 10% の 0.2 ミクロンのファイバでは、添加剤が表面に向かって移行した場合、表面の厚さが 50 程度になるよう計算される。移行は、バルク材料中で疎油性または疎水性の基が非相溶性であることにより生じると考えられる。50 の厚さは、保護コーティングに妥当な厚さであると考えられる。直径 0.005 ミクロンのファイバでは、50 の厚さは 20 質量% に相当する。厚さ 2 ミクロンのファイバでは、50 の厚さは 2 質量% に相当する。添加剤材料は、約 2 ~ 25 重量% の量で使用されることが好ましい。有用な表面の厚さは、10 ~ 150 の範囲でよい。

【0035】

本発明のポリマー材料と組み合わせて使用することができるオリゴマー添加剤には、フッ素系化学物質、非イオン性界面活性剤、および低分子量の樹脂またはオリゴマーを含む、分子量が約 500 ~ 約 5000、好ましくは約 500 ~ 約 3000 のオリゴマーが含まれる。本発明で有用なフッ素系有機 (fluoro-organic) 湿潤剤は、式



で表される有機分子であり、ただし R_f はフルオロ脂肪族ラジカルであり、G は、カチオン基、アニオン基、非イオン性基、または両性基など、少なくとも 1 個の親水基を含有する基である。非イオン性材料が好ましい。 R_f は、少なくとも 2 個の炭素原子を含有する、フッ素化した 1 価の脂肪族有機ラジカルである。これは、飽和パーフルオロ脂肪族の 1

10

20

30

40

50

価の有機ラジカルであることが好ましい。しかし、水素原子または塩素原子を、骨格鎖上に置換基として存在させることができる。多数の炭素原子を含有するラジカルは十分に機能することができるが、大きいラジカルの場合、通常は骨格鎖が短い場合に可能であるよりもフッ素を十分に利用できないので、約20個以下の炭素原子を含有することが好ましい。 R_f は、炭素原子を約2～8個含有することが好ましい。

【0036】

本発明で使用するフッ素系有機剤に使用可能なカチオン基には、アミンまたは第4級アンモニウムカチオン基であって、酸素を含まず（例えば $-NH_2$ ）または酸素を含有する（例えばアミノオキシド）ことができるものが含まれる。そのようなアミンおよび第4級アンモニウムカチオン親水基は、式 $-NH_2$ 、 $-(NH_3)X$ 、 $-(NH(R^2)_2)X$ 、 $-(NH(R^2)_3)X$ 、または $-N(R^2)_2$ で表すことができ、ただし X は、ハロゲン化物、水酸化物、スルフェート、重硫酸塩、またはカルボキシレートなどのアニオン性対イオンであり、 R^2 はHまたは C_{1-18} アルキル基であり、各 R^2 は他の R^2 基と同じかまたは異なるものにすることができる。 R^2 はHまたは C_{1-16} アルキル基であり、 X はハロゲン化物、水酸化物、または重硫酸塩であることが好ましい。

【0037】

本発明で使用するフッ素系有機湿潤剤に使用可能なアニオン基には、イオン化によってアニオンラジカルになることができる基が含まれる。アニオン基は、 $-COOM$ 、 $-SO_3M$ 、 $-OSO_3M$ 、 $-PO_3HM$ 、 $-OPO_3M_2$ 、または $-OPO_3HM$ などの式を有することができ、ただし M はH、金属イオン、 $(NR^1_4)^+$ 、または $(SR^1_4)^+$ であり、各 R^1 は独立にH、あるいは置換されまたは置換されていない C_1-C_6 アルキルである。 M は、 Na^+ または K^+ であることが好ましい。本発明で使用するフッ素系有機湿潤剤の好ましいアニオン基は、式 $-COOM$ または $-SO_3M$ を有する。アニオン性のフッ素系有機湿潤剤の基は、一般に、エチレン不飽和モノカルボン酸およびジカルボン酸モノマーであってそこにフルオロカーボン側基が結合しているモノマーから製造されるアニオン性ポリマー材料を含む。そのような材料には、3M社から得られるFC-430およびFC-431と呼ばれる界面活性剤が含まれる。

【0038】

本発明で使用するフッ素系有機湿潤剤に使用可能な両性基には、上記定義された少なくとも1個のカチオン基と、上記定義された少なくとも1個のアニオン基を含有する基が含まれる。

【0039】

本発明で使用するフッ素系有機湿潤剤に使用可能な非イオン性基には、親水性であるが農業で通常使用されるpH条件下ではイオン化しない基が含まれる。非イオン性基は、 $-O(CH_2CH_2)_xOH$ であって x が1より大きいものや、 $-SO_2NH_2$ 、 $-SO_2NHCH_2CH_2OH$ 、 $-SO_2N(CH_2CH_2H)_2$ 、 $-CONH_2$ 、 $-CONHCH_2CH_2OH$ 、または $-CON(CH_2CH_2OH)_2$ などの式を有するものでよい。そのような材料の例には、以下の構造の材料が含まれる。

【0040】

$F(CF_2CF_2)_n-CH_2CH_2O-(CH_2CH_2O)_m-H$
ただし n は2～8であり、 m は0～20である。

【0041】

その他のフッ素系有機湿潤剤には、例えば米国特許第2,764,602号、第2,764,603号、第3,147,064号、および第4,069,158号に記載されているカチオン性フルオロケミカルが含まれる。そのような両性フッ素系有機湿潤剤には、例えば米国特許第2,764,602号、第4,042,522号、第4,069,158号、第4,069,244号、第4,090,967号、第4,161,590号、および第4,161,602号に記載されている両性フルオロケミカルが含まれる。そのようなアニオン性フッ素系有機湿潤剤には、例えば米国特許第2,803,656号、第3,255,131号、第3,450,755号、および第4,090,967号に記載され

10

20

30

40

50

ているアニオン性フルオロケミカルが含まれる。

【0042】

そのような材料の例には、duPont Zonyl FSNおよびduPont Zonyl FSO非イオン性界面活性剤がある。本発明のポリマーに使用することができる添加剤の別の態様には、一般構造が

$\text{CF}_3(\text{CX}_2)_n$ -アクリレート

であり、ただしXが独立して-Fまたは- CF_3 、nが1~7である、3MのScotchgard材料などの低分子量フルオロカーボンアクリレート材料が含まれる。

【0043】

さらに、低級アルコールエトキシレート、脂肪酸エトキシレート、ノニルフェノールエトキシレートなどを含む非イオン性炭化水素界面活性剤も、本発明の添加剤材料として使用することができる。このような材料の例には、Triton X-100およびTriton N-101が含まれる。

10

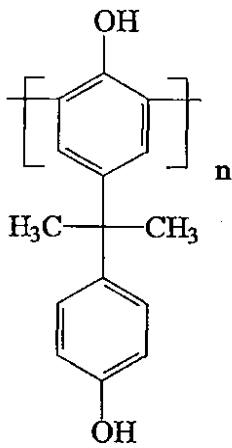
【0044】

本発明の組成物の添加剤材料として使用するのに役立つ材料は、第3級ブチルフェノールオリゴマーである。そのような材料は、分子量が比較的低い芳香族フェノール樹脂になる傾向がある。そのような樹脂は、酵素酸化カップリングによって調製されたフェノールポリマーである。メチレン架橋が存在しないと、独自の化学的物理的な安定性が得られる。これらのフェノール樹脂は、様々なアミンおよびエポキシと架橋することができ、様々なポリマー材料に対して相溶性がある。これらの材料は一般に、フェノール基および芳香族基を有するメチレン架橋基が存在しない繰返しモチーフのフェノール材料を特徴とする、以下の構造式によって例示される。

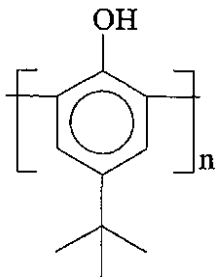
20

【0045】

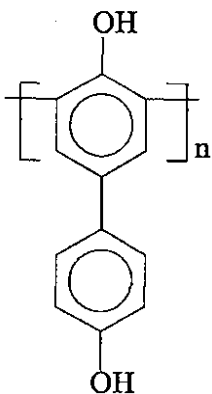
【化13】



10



20



30

【 0 0 4 6 】

上式で、 n は2～20である。これらフェノール材料の例には、Enzo-BPA、Enzo-BPA/フェノール、Enzo-TBP、Enzo-COP、およびその他関連するフェノール類が含まれ、これらはオハイオ州ColumbusのEnzymol International Inc. から得られた。

【 0 0 4 7 】

極めて広く様々な繊維状フィルタ媒体が種々の用途のため存在することを理解されたい。本発明で述べる耐久性あるナノファイバおよびマイクロファイバは、媒体のいずれかに付加することができる。本発明で述べるファイバは、これら既存の媒体のファイバ構成エレメントの代わりに使用することもでき、その直径が小さいので性能が改善されるという利点を得られ（効率が高まり、かつ/または圧力低下が減少する）、それと共に耐久性がより向上したことが示される。

【 0 0 4 8 】

ポリマーナノファイバおよびマイクロファイバが知られているが、これらは表面積と体積の比が非常に大きいので、機械的応力に対して脆弱であり、また化学的劣化を受け易く、そのためこれらファイバの用途には非常に制約があった。本発明で述べるファイバは、こ

40

50

これらの制約に対処するものであり、したがって非常に広く様々なフィルター、織物、膜、およびその他多様な適用例で使用可能になる。

【 0 0 4 9 】

(図面の詳細な説明)

このユニットのマイクロファイバまたはナノファイバは、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 8 0 と、ポンプ 8 1 と、ポリマー溶液が送出される回転式放出装置またはエミッタ 4 0 を含む。エミッタ 4 0 は一般に、回転ユニオン 4 1 と、複数のオフセット・ホール 4 4 を含む回転部分 4 2 と、前面部分および回転ユニオンを接続するシャフト 4 3 とからなる。回転ユニオン 4 1 によって、ポリマー溶液は、中空シャフト 4 3 を通して前面部分 4 2 に導入される。ホール 4 4 は、前面部分 4 2 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 4 2 を、リザーバ 8 0 およびポンプ 8 1 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 4 2 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、溶液の小滴が静電場によって、以下に論じる収集媒体 7 0 に向けて加速される。

【 0 0 5 0 】

エミッタ 4 0 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 6 0 が配置されており、その表面には収集媒体 7 0 (すなわち基体または結合基体) が位置決めされている。空気は、このグリッドを通して引き込むことができる。収集媒体 7 0 は、グリッド 6 0 の両端に隣接して位置決めされたローラ 7 1 および 7 2 の周囲を通過する。エミッタ 4 0 とグリッド 6 0 の間では、適切な静電圧電源 6 1 と、それぞれがグリッド 6 0 およびエミッタ 4 0 に接続される接続 6 2 および 6 3 とによって、高圧静電電位が維持される。

【 0 0 5 1 】

使用中、ポリマー溶液は、リザーバ 8 0 から回転ユニオン 4 1 またはリザーバに送出される。前面部分 4 2 は回転するが、このとき液体はホール 4 4 から出ていき、また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 6 0 上に位置決めされている収集媒体 7 0 に向かって移動する。具体的には、グリッド 6 0 とエミッタ 4 0 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 6 0 に向かって引き出される。熔融状態のポリマーの場合、溶媒は、ファイバがグリッド 6 0 に飛ばされる間にファイバから蒸発する。ファインファイバは、グリッド 6 0 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、エミッタから収集媒体 7 0 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また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、また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多かれ少なかれ成膜させることができ、それによって、その媒体上に成膜した各層の厚さを制御することが可能になる。回転部分 4 2 は、様々な有益な位置を有することができる。回転部分 4 2 は、回転平面内に、すなわちその平面が収集媒体 7 0 の表面に垂直になるように、また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、平行な向きに平行に、またはその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。

【 0 0 5 2 】

図 2 は、シート状基体また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およ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 2 0 で巻き解かれる。次いでシート状基体 2 0 a をスプライシング・ステーション 2 1 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 2 2 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ー層に重ねる。形成ゾーン 2 2 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および基体を、熱処理ステーション 2 3 に向け、適切な処理を行う

。次いでシート状の基体およびファインファイバ層を、効率モータ 24 で試験し（プロセスおよびモータに関しては、本明細書に参照により特別に組み込んだ米国特許第 5,203,201 号を参照）、必要に応じてニップ・ステーション 25 でニップ処理する。次いでシート状基体およ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、さらに処理 26 および 27 を行う。

【0053】

図 3 は、典型的なセルロース媒体の細孔径およ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 3 A 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 および 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 3 B では、2 ミクロン粒子はファイバ・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。

【0054】

本発明者等は、格納または最終用途への輸送における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、 65.6 (150°F) 以上ほどに高い温度に曝さらされる可能性がある。インドネシアまたは米国の湾岸に設置されたフィルタは、 90% RH を超える高い湿度および 37.8 (100°F) という温度に曝される可能性がある。または、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、自動車やトラック、バス、トラクタなどの移動機器および建設用機器のフード下で使用されるフィルタが、高温 ($82 \sim 137.8$ ($180^{\circ}\text{F} \sim 280^{\circ}\text{F}$))、高相対湿度、およ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。正常に動作する場合、フィルタ温度は一般に周囲温度である。この温度条件は、機器またはエンジンが異常に動作し、あるいは最大出力でまたは最大出力付近で使用され、次いで停止させる場合に最も過酷である。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 (60 (140°F)) 中に 5 分間浸し、または高湿、高温、および空気流に曝す。

【0055】

B. エアクリーナの設計に関する一般的原理
本明細書で、「エアクリーナ」という用語は、空気流の流れから粒子状物質が除去されるように機能するシステムを指すのに使用される。「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」または「媒体」という用語は、内部を空気が通過し、それに伴って媒体中または媒体上に粒子が堆積する (deposit) 材料または材料の集合体を指す。「表面負荷媒体」または「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とは対照的に、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。

【0056】

「フィルタエレメント」という用語は、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な、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よって支持され、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、目詰まりまた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、またはクリーニング済みの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元の状態に戻すことができるようになる。エアクリーナは、取外しおよ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。「目詰まりした」という用語またはその変形例は、十分な時間稼動した結果、かなりの量の捕捉粒子または微粒子を上部に含有するエアクリーナ、例えば重量が少なくとも 5% 増加したエアクリーナを意味するものである。多くの場合、フィルタエレメントは、正常動作中そこに詰まった微粒子が原因となって、

当初の重量の2倍かまたは3倍（またはそれ以上）にその重量が増加する。本発明のフィルタの基体上に形成されたファインファイバ層は、フィルター性能とファイバ位置の両方に関し、実質上均一であるべきである。実質上均一である、とは、ファイバが基体を十分にコーティングし、その結果、コーティングされた基体全体にわたって少なくともいくらか測定可能なフィルター効率を有することを意味する。ファイバの付加量を広く様々にすることによって、適切な濾過を行うことができる。したがってファインファイバ層は、ファイバコーティング範囲、坪量、層の厚さ、またはその他のファイバ付加量測定値を様々に変えることができ、それでも本発明の範囲内に十分包含される。ファインファイバの付加量が比較的少ない場合であっても、フィルタ構造全体の効率を高めることができる。

【0057】

本明細書で、ある場合には、「オンロード」エレメントおよび「オフロード」エレメントと言う。一般に、オンロードとオフロードでのエレメント設計および使用に関する典型的な相違は、「安全エレメント」が存在するかどうかに関係する。より具体的には、多くの場合、オフロード・フィルタエレメントは安全エレメントに関連して利用される。順方向流動装置の場合、安全エレメントは一般に、使用中に「第1」エレメントの内部に位置決めされた円筒形エレメントである。この場合、かつ同様の場合、「第1」という用語は、正常な使用において粒子収集の大部分を行うエレメントを指すものとする。このエレメントは一般に、安全エレメントが含まれる場合にはより「上流の」エレメントになる。本明細書で「エレメント」という用語を使用するとき、安全エレメントが含まれる場合には第1エレメントを指している。安全エレメントは、一般に「安全」という用語を使用することによって、特別に述べられる。

【0058】

フィルタの技術分野で、エレメントは、それが「軽量」、「中量」、または「重量」級の適用例に向けて構成されているかどうかに関してしばしば言及される。オンロードの場合、関連する車両の作動マイル数の点から見ると、その仕様は一般に、エレメントの最小期待寿命に関する。典型的な軽量向け適用例またはエレメントは、少なくとも32,180 km (20,000 マイル)、典型的な場合には少なくとも48,270 km (30,000 マイル)、効果的に作動するよう構成され配置される。中量エレメントは、一般に、平均で少なくとも64,360 km (40,000 マイル)、典型的な場合には少なくとも80,450 km (50,000 マイル) 作動するよう構成され配置されるものである。重量エレメントは、少なくとも約144,810 km (約90,000 マイル)、典型的な場合には160,900 km (100,000 マイル) 以上作動するよう構成され配置されるエレメントである。当然ながら、特徴付けは流動的である。例えば128,720 km (80,000 マイル) 用に設計されたエレメントは、場合によっては重量エレメントとして分類することができる。

【0059】

オフロードエレメントも一般に、軽量、中量、または重量エレメントとして特徴付けられる。しかしオフデューティ仕様の場合、その定義は一般に、フィルタエレメント変更前の、期待使用時間に関する。一般に、オフロードで使用される軽量エレメントは、交換することなく少なくとも約90時間、典型的な場合には少なくとも100時間の期待動作時間に関して構成され配置されるエレメントであり、中量エレメントは一般に、交換することなく少なくとも約225時間、典型的な場合には少なくとも250時間、野外で作動させるために構成され配置され、重量エレメントは一般に、交換することなく少なくとも約450時間、典型的な場合には少なくとも500時間、野外で使用されるよう構成され配置されるエレメントである。この場合も、流動的である。

【0060】

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商標による製造会社（OEM）、および/または関係するトラックまたはその他の機器のOEMの好みによって作成される。広く様々な仕様を含むことができるが、その主なものの1つは以下の通りである。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

- 1 . エンジン吸気要求 (定格流量)
- 2 . 初期制限
- 3 . 初期効率
- 4 . 平均または全体の動作制限
- 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、完全、または「レートされた (定格) (r a t e d) 」負荷での排気量および r p m の関数である。一般にこれは、排気量と定格 r p m との積であり、体積効率によって、またターボ効率やダクト効率などを反映するファクタによって修正されたものである。一般にこれは、定格動作中または完全負荷がかけられている間にエンジンまたはその他の関係するシステムによって必要とされる、単位時間当たりの空気の体積の測定値である。吸気要求は r p m に応じて様々に変わるが、吸気要件は、多くの典型的なトラック用エンジンの場合、定格 r p m、しばしば 1 8 0 0 r p m または 2 1 0 0 r p m で定義される。本明細書でこのことは、「定格空気流」として、または同様の用語によって特徴付けられる。フィルタは、エンジン出力が約 2 ~ 8 H P である小型エンジンの吸気適用例からの、 $0.028 \sim 0.085 \text{ m}^3 / \text{分}$ ($1 \sim 3 \text{ c f m}$ (H P 当たり約 $0.028 \text{ m}^3 / \text{分}$ (約 1 c f m))) 程度の少ない空気流に曝すことができる。大型エンジンは、 $1.42 \sim 2.83 \text{ m}^3 / \text{分}$ ($50 \sim 100 \text{ c f m}$)、しばしば $2.83 \sim 22.64 \text{ m}^3 / \text{分}$ ($100 \sim 800 \text{ c f m}$) という吸入空気流を消費する。一般にフィルタは、故障することなく少なくとも定格量以上の流れが可能になるように、レートされなければならない。その他の適用例では一般に、本明細書で特徴付けられる原理は、例えば約 $1.42 \text{ m}^3 / \text{分}$ (約 50 立方フィート / 分 (c f m)) から $2.83 \text{ m}^3 / \text{分}$ ($10,000 \text{ c f m}$) までの範囲内のものも含め、広範囲に及ぶ定格または要求量で動作するよう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、自動車用エンジン、ピックアップ・トラックおよびスポーツ・ユーティリティ・ビークル用エンジン、小型トラックおよ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、採掘用機器、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、ガスタービンおよび空気圧縮器が含まれる。

【 0 0 6 2 】

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りかつエアクリーナに保持される、「フィルター可能」な固形分の量を反映する。これは典型的な場合、正常使用中にエアクリーナに入ってエアクリーナにより保持される固形分の、重量パーセンテージで表される。これは、S A E 規格を使用することによって多くのシステムに関し評価されかつ報告されているが、その技法は一般に、米国特許第 5 , 4 2 3 , 8 9 2 号の第 2 5 欄、第 6 0 行から第 2 6 欄、第 5 9 行、第 2 7 欄第 1 ~ 4 0 行に特徴付けられている。使用される典型的な規格は S A E J 7 2 6 であり、参照により本明細書に組み込む。

【 0 0 6 3 】

効率に関しては、エンジン製造業者および / または機器製造業者の仕様書は多くの場合様々になり、全体的な動作に関する効率要求 (S A E J 7 2 6 または実地試験に基づき) は、しばしば 9 9 . 5 % 以上、典型的な場合には 9 9 . 8 % 以上に設定される。空気流要求量が $14.15 \text{ m}^3 / \text{分}$ (500 c f m) 以上の典型的な車両エンジンでは、全体平均が 9 9 . 8 % 以上の仕様が珍しくない。

【 0 0 6 4 】

初期効率は、フィルタが最初に稼動し始めたときの測定可能な効率である。米国特許第 5 , 4 2 3 , 8 9 2 号の第 2 7 欄、第 1 ~ 4 0 行で述べたように、特に従来のひだ付きペーパー (バリア・タイプまたは表面負荷) フィルタの場合、初期効率は、一般に使用中の全体平均効率よりもかなり低い。これは、動作中のそのようなフィルタの表面に「ダスト・ケーキ」または汚染物質が蓄積し、それによってフィルタの効率が高まるからである。初

期効率も、エンジン製造業者および／または車両製造業者によってしばしば指定される。空気流需要量が $14.15 \text{ m}^3/\text{分}$ (500 cfm) 以上の典型的な車両エンジンでは、98%以上（典型的な場合には98.5%以上）の仕様が一般的である。

【0065】

制約は、動作中のエアクリーナまたはエアクリーナ・システムを横切る圧力差である。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・サイズ、また、構造上の特徴であって、空気がエアクリーナを通してエンジンに入るときに空気がそこに向かいまたはその周りを通る、構造上の特徴がある。エアクリーナに関し、初期制約限界は、しばしば仕様の一部であり、エンジン製造業者および／または機器製造業者が要求するものである。この初期制約は、清浄なエア・フィルタを内部に備えるシステムが稼動し始めてかなりの負荷が生じる前に、エアクリーナを横切る測定される圧力差と考えられる。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。

【0066】

一般に、エンジンおよび機器製造業者は、エアクリーナ効率が最大制約までの仕様を備えた機器を設計する。米国特許第5,423,892号第2欄第19～29行、および第6欄第47行、第7欄第3行に報告されるように、制限制約は、典型的なトラック用エンジンの場合、水中で約 $50.8 \sim 76.2 \text{ cm}$ (約20～30インチ)、しばしば水中で約 63.5 cm (約25インチ) の圧力低下であり、自動車用内燃機関の場合、水中で約 $50.8 \sim 63.5 \text{ cm}$ (約20～25インチ) であり、ガスタービンの場合、典型的には水中で約 12.7 cm (5インチ) であり、工業用換気システムの場合、典型的には水中で約 7.62 cm (約3インチ) の圧力低下である。

【0067】

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適合するようシステムを開発するためのエアクリーナの設計に関する主要な変数のいくつかは、以下の通りである。

【0068】

1. フィルタ媒体のタイプ、幾何形状、および効率
2. エアクリーナの形状および構造
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ィルタ媒体または同様の媒体は、一般に「バリア」フィルタである。一例はペーパー媒体である。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ぬけるときに媒体の表面がバリアまたは篩として働くことによるものであり、粒子状物質がそこを通過するのを妨げる。そのうち、ダスト・ケーキが媒体の表面に蓄積し、媒体効率が高まる。一般に、ファイバ構造の「耐密性」または「多孔性」がシステムの効率を、特に初期効率を決定する。そのうち、フィルタ・ケーキが効率に影響を与える（効率を高める）。

【0069】

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または指定される。媒体の透過性試験は、米国特許第5,672,399号の第19欄第27～39行において一般に特徴付けられている。一般に、記載されている材料、媒体、または複合体の平らなシート全体にわたって 1.27 cm (0.50 インチ) の水の制約を引き起こすような媒体の面速度（空気）が必要とされる。本明細書で使用される透過性は、例えばメリーランド州ゲイダースバーグの Frazier Precision Instrument Co., Inc. から入手可能なフレイジャー透過性テストを使用して、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、または若干類似の試験によって評価する。

【0070】

Donaldson Company 製の、定格空気流ファイバが $14.15 \text{ m}^3/\text{分}$ (500 cfm) 以上であるトラック用の多くのタイプのエンジン・フィルタに使用されるセルロース・ファイバの透過性は、透過性が約 $4.57 \text{ m}/\text{分}$ (約 15 fpm) 未満、典

10

20

30

40

50

型的な場合には約 3.96 m/分 (約 13 fpm) の媒体である。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、透過性の値が約 7.62 m/分 (約 25 fpm) 未満、典型的な場合には $3.05 \sim 7.62 \text{ m/分}$ ($10 \sim 25 \text{ fpm}$) の範囲内のどれかである様々なバリア媒体 (ひだ付き媒体) が、様々なエレメントの製造業者によって広く利用されている。

【0071】

媒体の幾何形状に関し、一般にバリア・フィルタの場合に好ましい幾何形状は、典型的にはひだ付きの円筒形パターンである。そのような円筒形パターンは、製造が比較的簡単明瞭であり、従来のフィルタ製造技法を使用し、保守が比較的容易であるので、一般に好ましい。表面負荷媒体にひだを付けることによって、所与の体積内に位置決めされた表面積が増大する。一般に、そのような媒体の位置決めに関する主なパラメータは、ひだの深さと、典型的な場合にはひだ付き媒体シリンダの内径に沿った 2.54 cm (1 インチ) 当たりのひだの数として測定されるひだの密度と、円筒形の長さまたはひだの長さである。一般に、媒体のひだの深さ、ひだの長さ、およびひだの密度の選択に関する主要なファクタは、特にバリア装置の場合、任意の所与の適用例または状況に必要な全表面積である。

10

【0072】

効率に関し、その原理は、含まれる媒体のタイプに応じて様々である。例えば、セルロース・ファイバまたは同様のバリア媒体は一般に、総合的な多孔性または透過性を変えることによって、効率に対して変化する。米国特許第 5,423,892 号および第 5,672,399 号で述べるように、バリア媒体の効率は、場合によっては媒体に油を塗ることによって、またその他の場合には、媒体の表面に比較的微細なファイバ、すなわち典型的には 5 ミクロン未満のファイバであって、たいいていの場合にはサブミクロン・サイズ (平均) のファイバの成膜を、媒体の表面に付着させることによって変更することができる。繊維状の深さ媒体構成、例えば米国特許第 5,423,892 号で述べるようなドライ・レイド繊維状媒体に関しては、効率に関する変数として、媒体の中実性パーセント、関係する構成内に媒体がどの程度圧縮されたか、全体の厚さまたは深さ、およびファイバ・サイズが含まれる。

20

【0073】

現在市場に出ている多くのエンジン・エアクリーナ装置の場合、エレメントとハウジングとをシールする一般的な 2 種類のシール装置のうち、少なくとも一方が使用されている。これらの 1 つはラジアル (半径方向: *radially*) シール装置である。ラジアル・シール (半径方向シール) 装置の様々な構成が知られており、(1) ミネソタ州ミネアポリスの Donaldson Company から Donaldson 商標 Radial Seal (登録商標) として入手可能な形のものであって、一般に、参照により本明細書に組み込まれる欧州特許 0329659B1 に記載され特徴付けられているもの、(2) Mann および Hummel によるドイツ特許第 4,241,586 号、および 1994 年 5 月 8 日公開の対応 (英語) 公開南アフリカ文書第 93/09129 号であって、参照により本明細書に組み込まれるものに記載されているタイプ、および (3) 参照により本明細書に組み込まれる Fleet Guard による米国特許第 5,556,440 号、第 10 欄第 53 ~ 67 行および図 26 に特徴付けられているタイプが含まれる。一般に、ラジアル・シール装置では、シールは、エレメントがシールされるチューブを中心として半径方向に向けられた力により形成される。

30

40

【0074】

シール装置の別の一般的なタイプは、一般に「アクシアル (軸方向: *axial*) 」と呼ばれる。アクシアル (軸方向) ・システムは、例えば米国特許第 3,078,650 号、第 3,448,928 号、第 4,20,783 号、第 4,647,373 号、および第 5,562,746 号に示されており、そのそれぞれを参照により本明細書に組み込む。一般に、そのような装置でのシール力は、円筒形エア・フィルタエレメントの長軸に沿った方向に向けられるが、この力は、エア・フィルタの端面と、エア・フィルタが内部に位置

50

決められるハウジングの表面との間のガスケットの圧縮によって得られ、このときシールは、空気流アパーチャまたはチューブを中心とした円周方向に向けられた状態（またはそのアパーチャまたはチューブに外接する状態）になる。

【 0 0 7 5 】

C. 典型的なシステム；エンジン吸気口

図 20 に、システムの概略を 120 で一般的に示す。システム 20 は、システムのタイプの一例であり、本明細書で述べるエアクリーナの装置および構造が使用可能である。図 20 には、何らかの定格空気流要求量が規定されたエンジン 122 を有する車両などの機器 121 が、概略的に示されている。機器 121 には、バス、長距離輸送用トラック、オフロード車両、トラクタ、またはモータ・ボートなどの船舶の適用例を含めることができる。エンジン 122 は、空気、燃料の混合物を使用することによって、機器 121 に動力を供給する。図 20 は、空気流が吸気領域 123 からエンジン 122 内に引き込まれる状態を示す。任意選択のターボ 124 が想像線で示されており、任意選択でエンジン 122 への吸気を増大させる。エンジン 122 およびターボ 124 の上流には、媒体 126 を有するエアクリーナ 125 がある。一般に、動作中、空気は矢印 127 に沿ってエアクリーナ 125 に引き込まれ、媒体 126 に入る。そこでは、空気から粒子および汚染物質が除去される。清浄になった空気は矢印 128 に沿って下流に流れ、吸気口 123 に入る。そこから空気はエンジン 122 に流入し、機器 121 に動力を供給する。

【 0 0 7 6 】

エンジン・システムでは、エンジンの動作中、かつ動力の設定、負荷、外部周囲温度、およびその他の変数の条件に応じて、フード下の温度は一般に少なくとも $26.7 \sim 48.9$ ($80^{\circ}\text{F} \sim 120^{\circ}\text{F}$) であり、しばしば $60 \sim 104.4$ ($140^{\circ}\text{F} \sim 220^{\circ}\text{F}$) の範囲内である。正常動作の場合、フィルタはしばしば周囲温度近くになるが、空気流が少ない期間、またはその他の非標準的な動作期間中は、温度が 104.4 (220°F) 以上に達する可能性がある。そのような温度は、フィルタエレメントの動作効率に悪影響を及ぼす可能性がある。排ガス規制によってエンジン排気の制限が強化され、さらに温度を上昇させることになる。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、場合によっては複数の「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、フィルタエレメントの性能（特に動作効率）を、そのような媒体複合体で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向上させることができる。

【 0 0 7 7 】

D. エアクリーナの例

次に図 21 ~ 24 を参照すると、第 1 フィルタエレメント 132 および安全エレメント 134 を含む、エアクリーナ 130 の第 1 の実施形態が示されている。図 21 ~ 24 に示される特定の実施形態では、エアクリーナ 130 は、半径方向に向けられたシールを用いてシールするよう構成されたエアクリーナのタイプである。

【 0 0 7 8 】

まず第 1 エレメント 132 を見ると、図 22 は、第 1 エレメント 132 の側面図を示している。図示される第 1 エレメント 132 は、対向する第 1 および第 2 のエンド（端部）・キャップ 136、138 と、外部支持チューブまたはライナ 140 と、空気を濾過するための媒体 142 とを含んでいる。媒体 142 は、対向する第 1 および第 2 の端部 143、144 を有する。媒体 142 の第 1 の端部 143 では、第 1 のエンド・キャップ 136 が媒体 142 に固定され、同様に、媒体 142 の第 2 の端部 144 は第 2 のエンド・キャップ 138 に固定されている。典型的な装置の場合、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 136、138 は、ポリウレタン・フォームなどの圧縮性材料から成形される。そのような装置では、ポリウレタン・フォーム中に媒体を注封し、その後ポリウレタン材料を硬化することによって、媒体 142 を第 1 および第 2 のエンド・キャップ 136、138 に結合させる。第 1 および第 2 のエンド・キャップ 136、138 に関するある材料の例について、以下にさらに述べる。

【 0 0 7 9 】

好ましい装置では、媒体 1 4 2 はひだ付き構造 1 4 6 を含む。「ひだ付き構造」とは、媒体 1 4 2 が、通常は媒体 1 4 2 に関して均一に分布された一連のまたは複数の折り目またはひだを有することを意味する。

【 0 0 8 0 】

次に図 2 1 を参照すると、ひだ付き構造 1 4 6 が好ましくはチューブの形をとり、好ましくは円筒形で、開放フィルタ内部 1 4 8 を画定することがわかる。第 1 フィルタエレメント 1 3 2 は、エアクリーナ出口チューブ 1 5 2 と共にシール 1 5 0 を形成し、それによって、空気が媒体 1 4 2 を迂回して直接出口チューブを通して流出するのを阻止する。

【 0 0 8 1 】

ここで、第 1 フィルタエレメント 1 3 2 の動作の一般的な原理を理解することができる。一般に、濾過される空気は媒体 1 4 2 を通って外部環境から開放内部 1 4 8 へと流れる。媒体 1 4 2 は、空気の流れから粒子状物質を除去するよう動作する。そこから空気は安全エレメント 1 3 4 を通って、安全エレメントの開放内部 1 5 4 へと流れる。次いで清浄な空気は、出口チューブ 1 5 2 により形成されたフロー・コンジット 1 5 6 を通ってエアクリーナ 1 3 0 を出る。第 1 フィルタエレメント 1 3 2 と出口チューブ 1 5 2 との間のシール 1 5 0 は、濾過されていない空気が媒体 1 4 2 を迂回して直接フロー・コンジット 1 5 6 内を流れるのを防止する。安全エレメント 1 3 4 と出口チューブ 1 5 2 との間のシール 1 5 8 は、空気が安全エレメント 1 3 4 を迂回するのを防止する。これについて以下にさらに述べる。

【 0 0 8 2 】

次に図 2 3 を参照すると、シール 1 5 0 を得るために、第 1 のエンド・キャップ 1 3 6 に関して好ましい形状が利用される。特に、エンド・キャップ 1 3 6 は、軸方向部分 1 6 0 と半径方向部分 1 6 2 を含む。半径方向部分 1 6 2 はエンド・キャップ開口 1 6 4 に外接しているが、これは開放フィルタ内部 1 4 8 に対して空気流を介し連通しているものである。半径方向部分 1 6 2 は、シール部分 1 6 6 としても機能する。シール部分 1 6 6 は、これを手の圧力 (34.5 kg (76 ポンド)) 未満で締め付けて媒体 1 4 2 のほうに撓めることができるように、圧縮性材料から作製される。シール部分 1 6 6 は、エンド・キャップの軸方向部分 1 6 0 から内部 1 4 8 に向かってその厚さが増大するステップ付き構造 1 6 8 の形をとることが好ましい。特に、ステップ付き構造 1 6 8 は、断面の厚さが増大する 3 つのステップ 1 6 9、1 7 0、1 7 1 を含む。このステップ付き構造 1 6 8 により、第 1 エレメント 1 3 2 を出口チューブ 1 5 2 に取り付けるときに、第 1 エレメント 1 3 2 がより容易に出口チューブ 1 5 2 に嵌め込まれるようになる。適正に取り付けることにより、シール部分 1 6 6 は、出口チューブ 1 5 2 と共にシール 1 5 0 を、特にラジアル・シール 1 7 2 を形成する。ラジアル・シール 1 7 2 は、出口チューブ 1 5 2 と内部支持チューブまたはライナ 1 7 4 との間であってそれらに接するシール部分 6 6 の圧縮によって形成される。内部支持ライナ 1 7 4 は、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 1 3 6、1 3 8 の間に延在し、通常はそれらの内部に注封されて、そこに結合する。内部支持チューブ 1 7 4 は、通常は、外部ライナ 1 4 0 と同様に構成される。したがって、このチューブは多孔質で通気性があり、エキスパンデッド・メタルから構成することができる。

【 0 0 8 3 】

ラジアル・シール 1 6 2 は、米国特許第 4,720,292 号 B2 に詳細に記載されており、参照により本明細書に組み込む。

【 0 0 8 4 】

第 2 のエンド・キャップ 1 3 8 は、図 2 2 および 2 3 に示される実施形態では閉じたエンド・キャップである。「閉じた」という用語は、第 2 のエンド・キャップ 1 3 8 が全体にわたって中実であり、流体がその内部を流れるアパーチャを画定しないことを意味する。

【 0 0 8 5 】

シール部分 1 6 6、好ましくは第 1 のエンド・キャップ 1 3 6 全体は、圧縮性材料、好ましくはポリウレタン、より好ましくはポリウレタン・フォーム（発泡ポリウレタン）に

10

20

30

40

50

よって形成される。ある使用可能な実施形態では、その材料は、成形したそのままの状態での密度が 16.38 cm^3 (1立方インチ) 当たり $6.36 \sim 9.99 \text{ kg}$ (14 ~ 22ポンド) のポリウレタン・フォームを含む。ラジアル・シール172を適正に機能させるには、第1エレメント132を出口チューブ152に取り付けるときに、シール部分166をかなり圧縮させる必要がある。多くの好ましい構造では、シール部分の最も厚い部分171において、その厚さの約15%から40%の間(しばしば約20 ~ 33%)で圧縮され、そのようにすることによって、エレメント132に約 36.32 kg (約80ポンド) 以下、好ましくは 34.05 kg (75ポンド) 以下、一般には $22.7 \sim 31.78 \text{ kg}$ (50 ~ 70ポンド) の力を手で加えて取り付けることにより得られたシールであっても、強力で堅固なシールを得ることができる。シール部分166に使用可能な材料は、米国特許第5,613,992号に記載されており、参照により本明細書に組み込む。

10

【0086】

次に図22および媒体142を見ると、上述のように、エンジン・システム120に使用する場合のエアクリーナ130は、 $26.7 \sim 104.4$ (80°F から 220°F) 程度の温度にかけられる可能性がある。媒体142は、従来技術のエアクリーナに比べて全体効率が高まるように設計することができる。一般に、媒体142は、基体上にファイファイバが成膜した複合体として構成される。図示される特定の実施形態では、基体180は、ひだ付き構造146に構成される。多くのエンジン・システム120で、基体180は、ペーパー媒体またはセルロースを含む。

20

【0087】

基体180に関して特に好ましい特徴は、透過性であることである。エンジン・システム120と共に利用される実施形態では、そこにいかなる処理もせずまたはそこにファイファイバを成膜させる前のその透過度が、1分当たり少なくとも 2.44 m (8フィート)、典型的にかつ好ましくは、1分当たり少なくとも約 3.66 m (約12フィート)、最も好ましくは、1分当たり 4.27 m (14フィート) から1分当たり 91.44 m (300フィート) の範囲内であるペーパー媒体が好ましい。セルロール媒体では、その坪量が $22.7 \sim 36.32 \text{ kg}$ (50 ~ 80ポンド) / 27.87 m^2 (300フィート²) で厚さが $0.025 \sim 0.046 \text{ cm}$ (0.010 ~ 0.018インチ) のものを使用することが好ましい。

30

【0088】

媒体複合体は、エンジン・システム120の高温条件下での効率を高めるため、ファイファイバの処理、成膜、またはコーティングを含む。

【0089】

次に図24を見ると、安全エレメント134が示されている。安全エレメント134は、対向する第1および第2のエンド・キャップ190、192と、外部支持チューブまたはライナ194と、第1のエンド・キャップ190と第2のエンド・キャップ192との間に延在してそれらに結合する媒体196とを含む。媒体196は、開放内部154を画定する管状または円筒形状のひだ付き構造198として示されている。

【0090】

第1のエンド・キャップ190は、開放エンド・キャップとして構成され、このキャップは、開放内部154に気体流を介して連通する空気流コンジット102を画定する。第2のエンド・キャップ192は、中実な、または閉じたエンド・キャップとして示されている。安全エレメント134は、任意選択で、第1および第2のエンド・キャップ190、192の間、また媒体196と開放内部154との間に延在する、内部支持チューブまたはライナを含んでよい。

40

【0091】

第1のエンド・キャップ190はその上部に、軟質の圧縮可能な材料で作製されたリング104であって、出口チューブ152内に嵌め込まれて使用中にチューブ152の内面106に接した状態でシールするよう構成され配置されたリング104を含む。安全エレ

50

メント 134 は、取り付けられたときに第 1 エLEMENT 132 の下に嵌合するよう寸法決められ構成されることが好ましい(図 21 参照)。リング 104 は、シール部分 166 に関して既に述べたように、それと同じポリウレタン・フォームで構成されることが好ましい。ラジアル・シール 108 は、媒体 196 と出口チューブ 152 の間のリング 104 の材料の圧縮によって形成される。

【0092】

多くの好ましい装置で、媒体 96 は、セルロース基体およびファインファイバ層を含んだ複合体を含む。ひだ付き構造 98 のセルロース基体をファインファイバで処理するによって、動作温度が $26.7 (80^{\circ}\text{F})$ から $60 (140^{\circ}\text{F})$ よりも高いエンジン・システム 120 などの環境で利用するときに、制約を過度に増やすことなく動作効率を高めまたは耐用寿命を延ばす助けをする。

10

【0093】

次に、図 25 ~ 28 の実施形態に注目されたい。図 25 ~ 28 には、エンジン・システム 120 と共に使用可能な別のエアクリーナ 115 が示されている。セクション H で述べた好ましい媒体装置を除いて、エアクリーナ 115 の一般的な構造および幾何形状が米国特許第 5,613,992 号に記載されており、本明細書に参照により組み込む。

【0094】

エアクリーナ 115 は、一般に「逆フロー」エアクリーナと呼ばれるタイプである。「逆フロー」という用語は、濾過される空気が一般にフィルタエレメントの内部に入り、そのエレメントを通して外側に向かって流れ、エアクリーナのハウジングとエレメントとの間のボリューム内に入り、次いでエンジン吸気口 123 内に向けられることを意味する。

20

【0095】

図 25 では、エアクリーナ 115 を側面図によって示している。エアクリーナ 115 は、ハウジング 116 を含む。ハウジング 116 は、一般に、吸気フード 118 とカン 120 を含む。カン 120 は、出口チューブ 122 を含む。出口チューブ 122 は、アパーチャを画定し、清浄化された空気をハウジング 116 から吸気領域 23 に向ける。

【0096】

図 26 に、エアクリーナ 115 の分解組立て図を示す。フィルタエレメント 124 は、ハウジング 116 から取り外した状態が示されている。フィルタエレメント 124 は、対向する第 1 および第 2 のエンド・キャップ 126、128 と、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 126、128 の間に延在する外部ライナ 130 と、やはり第 1 および第 2 のエンド・キャップ 126、128 の間に延在する内部ライナ 132 (図 27) と、媒体 134 (図 27) とを含む。一般に、フィルタエレメント 124 はハウジング 116 から取外し可能であり交換可能である。図 26 に、ファスナ 136、138 を示す。図 26 を参照すると、吸気フード 118 は、ファスナ 136、138 を切り離すことによってカン 120 から取り外すことができることがわかる。吸気フード 118 をカン 120 から取り外すと、フィルタエレメント 124 に触れることができるようになる。次いでフィルタエレメント 124 を掴んでカン 120 から取り外すことが可能である。次いで交換フィルタエレメントを取り付けて、エアクリーナ 115 を一新することができる。

30

【0097】

好ましい実施形態において、媒体 134 は管状の形、通常は円筒形の、ひだ付き構造 140 の形をとる。ひだ付き構造 140 は、開放フィルタ内部 142 を画定する(図 27 および 28)。媒体は、高温 ($60 (140^{\circ}\text{F})$ よりも高い) 条件に合わせて作製することが好ましい。

40

【0098】

次に図 27 および 28 を参照すると、フィルタエレメント 124 がカン 120 内にどのようにシールされるかがわかる。図 27 では、第 1 のエンド・キャップ 126 が、圧縮性で可撓性のシール部分 144 を含む。シール部分 144 は、エンド・キャップ 126 の半径方向内側の部分にある。空気入口フード 118 をエレメント 124 上に取り付けるとき、フード 118 の入口チューブ 146 がシール部分 144 に押し付けられ、エンド・キャッ

50

ブ 1 2 6 の材料が内部ライナ 1 3 2 に対して圧縮される。このため、入口チューブ 1 4 6 と内部ライナ 1 4 2 の間にラジアル・シール 1 4 8 が形成される。実際に、ラジアル・シール 1 4 8 が形成される構造および手法は、図 2 1 ~ 2 3 の実施形態のシール部分 6 6 とラジアル・シール 7 2 に類似している。シール部分 1 4 4 は、シール部分 6 6 に関して既に述べたものと同じポリウレタン・フォームから構成されることが好ましい。

【 0 0 9 9 】

図 2 8 には、外部ライナ 1 3 0 とカン 1 2 0 の壁部 1 5 2 との間にかつそれらに接するように別のラジアル・シール 1 5 0 を形成する、底部エンド・キャップ 1 2 8 が示されている。この場合、ラジアル・シール 1 5 0 は外側に向けられ、安全エレメント 3 4 がラジアル・シール 1 0 8 を形成する手法に若干類似する。図 2 6 では、エンド・キャップ 1 2 8 が、シール部分 1 5 6 に沿ってステップ付き構造 1 5 4 を含むことがわかるが、これはエンド・キャップ 1 2 8 の外部ラジアル部分に対応するものである。シール部分 1 5 6 は、フィルタエレメント 1 2 4 を動作可能にカン 1 2 0 および壁部 1 5 2 内に取り付けるときに、撓んで圧縮される。特に、シール部分 1 5 6 は、外部ライナ 1 3 0 と壁部 1 5 2 の間でかつそれらに接して圧縮し、その結果、ラジアル・シール 1 5 0 が形成される。好ましいエンド・キャップ材料には、シール部分 1 4 4 およびシール部分 6 6 に関して既に述べたものと同じポリウレタン・フォームが含まれる。

【 0 1 0 0 】

図 2 8 では、第 2 のエンド・キャップ 1 2 8 がアパーチャ 1 5 8 を画定することもある。アパーチャ 1 5 8 は、中心に位置付けられることが好ましい。アパーチャ 1 5 8 によって、フィルタ内部 1 4 2 に収集される水分の排水が可能になる。エンド・キャップ 1 2 8 は、内部ライナ 1 3 2 から中心アパーチャ 1 5 8 まで傾斜を付けることによって、漏斗状の面 1 6 0 を形成する。この漏斗状の面 1 6 0 は、収集された水分をアパーチャ 1 5 8 に向けてフィルタエレメント 1 2 4 の外部に出すのに役立つ。定期的に、栓 1 6 2 をカン 1 2 0 から取り外して、皿部 1 6 4 内に収集された水分を排水することができる。

【 0 1 0 1 】

次に図 2 9 に注意を向けると、エアクリーナ 1 7 0 の別の実施形態が示されている。エアクリーナ 1 7 0 は、エンジン・システム 2 0 で使用可能である。構造および幾何形状は、一般に、米国特許第 4 , 0 2 0 , 7 8 3 号に記載されており、これを参照により本明細書に組み込む。

【 0 1 0 2 】

エアクリーナ 1 7 0 は、一般にアクシアル・シール・エアクリーナと呼ばれるタイプのものである。エアクリーナ 1 7 0 は、本体 1 7 4 および取外し可能なカバー 1 7 6 を有するハウジング 1 7 2 を含む。カバー 1 7 6 は、クランプ装置 1 7 8 を緩めることによって、本体 1 7 4 から選択的に取り外すことができる。この結果、取外し可能で交換可能なフィルタエレメント 1 8 0 を露出させ、そのエレメントに触れることができるようになる。本体 1 7 4 は、側面または接線方向の入口チューブ 1 8 2 と、出口チューブ 1 8 4 を含む。エンジン吸気口 2 3 に流れる前に清浄化される汚れた空気は、入口チューブ 1 8 2 内を流れ、フィルタエレメント 1 8 0 を通って、出口チューブ 1 8 4 から出る。

【 0 1 0 3 】

フィルタエレメント 1 8 0 は、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 1 8 6、1 8 8 と、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 1 8 6、1 8 8 の間に延在する内部および外部ライナ 1 9 0、1 9 2 と、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 1 8 6、1 8 8 に結合された媒体 1 9 4 を含む。

【 0 1 0 4 】

媒体 1 9 4 は、管状、好ましくは円筒形のひだ付き構造 1 9 6 として示されている。ひだ付き構造 1 9 6 の媒体用の特定の材料は、エンジン・システム 2 0 などの高温環境での動作に対応できるよう作製される。

【 0 1 0 5 】

この実施形態で、第 1 および第 2 のエンド・キャップ 1 8 6、1 8 8 は板金で構成される

10

20

30

40

50

。第1のエンド・キャップ186は、軸方向に向いたシール部材198を支持する。エアクリーナ170は、ボルト204および蝶ナット206を含んだヨーク構造202を含む。蝶ナット206はボルト204を中心として回転することができ、軸方向に向いた力を、本体174の端部壁208とシール部材198との間に引き起こして、第1のエンド・キャップ186と本体174の壁部208との間にかつそれらに接した状態でアクシアル・シール210を形成することができる。

【0106】

エアクリーナ170は、その内部に動作可能に取り付けられた安全エレメント212も含む。ハウジング172のその他の特徴は、入口チューブ182を通して吸入された空気を逸らすために、バッフル部材214を含む。

10

【0107】

動作中、濾過される空気は入口チューブ182内を流れ、バッフル部材214によって逸らされて、ハウジング172内に渦を巻きながら流入する。渦動作によって、より重い塵粒が重力によって底部カバー176に降下する。次いで清浄化される空気は媒体194内を流れ、開放フィルタ内部216内に入る。次いで空気は安全エレメント212内を流れ、多孔質ヨーク構造202内を流れ、その後、出口チューブ184を通過して最終的には外に出て行く。次いで清浄化された空気は、エンジン122の吸気口123などの吸気口に向けられる。

【0108】

図30および31には、エンジン・システム120に使用可能な別のエアクリーナ220が示されている。エアクリーナ220の構造および幾何形状は、米国特許第5,112,372号および米国特許第4,350,509号に記載されており、これらを本明細書に参照により組み込む。

20

【0109】

エアクリーナ220は、好ましくはフィルタエレメント224に一体化したハウジング222を含む。したがってフィルタエレメント224は、ハウジング222に一体化した第1および第2のエンド・キャップ226、228を含む。フィルタエレメント224は、第1および第2のエンド・キャップ226、228に固定されてそれらの間に延在する媒体230を含む。媒体230は、管状、好ましくは円筒形の、ひだ付き構造232であって、開放フィルタ内部234を画定するものを含む。ひだ付き構造232は、高温適用例に特に適合された、以下に述べるような媒体配合物から作製することが好ましい。

30

【0110】

エアクリーナ220は、開放内部234内に向いた共鳴器236も含む。

【0111】

図31は、エアクリーナ220の端面図である。エアクリーナ220に吸気供給源を設けるため、少なくとも1つのアパーチャがエンド・キャップ226、228の一方に形成されている。図31に示される特定のものには、複数のアパーチャ238が第1のエンド・キャップ226によって画定され、その結果、空気がエアクリーナ220に入って、ハウジングの壁部242と媒体230との間のボリューム240を占有するようになる。

【0112】

出口チューブ244は第1のエンド・キャップ226から突出し、清浄化された空気はエアクリーナ220から出ることが可能になる。

40

【0113】

動作中、濾過される空気はアパーチャ238を通過してエアクリーナ220に入り、ボリューム240に流入する。次いで空気はひだ付き構造232内を流れ、開放フィルタ内部234に流入する。音は共鳴器236によって減衰され、清浄化された空気は出口チューブ244を通過してエアクリーナ220から出る。そこから空気は、システム20の吸気領域23などの吸気口に向かう。

【0114】

フィルタエレメントの別の実施形態を、図32および33に示す。この実施形態では、

50

フィルタエレメント 250 はパネル・フィルタ 252 の形をとる。パネル・フィルタエレメント 252 は、ひだ付き構造 256 の形の媒体 254 含む。図 32 および 33 を見てわかるように、ひだ付き構造 256 は、一般に、複数のひだ 258 を備えたフラット・パネルを形成する。

【0115】

パネル・フィルタ構造 252 は、共同するハウジングと共にシールを形成するために、外周ガasket部材 260 を有する。

【0116】

媒体 254 は、エンジン・システム 20 など高温条件下での動作用に特に開発された媒体構造を含む。特に開発された媒体 254 を備えたパネル・フィルタエレメント 252 も、流体圧縮器などのシステムで使用可能である。

【0117】

E. 典型的なシステム；流体圧縮器

図 34 に、流体圧縮器を 265 で概略的に示す。流体圧縮器 265 は、フィルタエレメント 270 を備えたエアクリーナ 268 を含む。1つの使用可能なフィルタエレメント 270 は、パネル・フィルタ構造 252 である（図 32 および 33）。流体圧縮器 265 は、シリンダ 276 を介して従来の手法によりピストン部材を駆動させるための、クランクシャフト 274 およびピストン連接棒を包封する、フレーム 272 を含む。シリンダ 276 の最上部と圧縮器のヘッド 280 との間には、弁板 278 が挟まれている。一般に圧縮器 265 は、当業者に周知の往復ピストン・タイプの圧縮器である。圧縮される空気は、矢印 282 で示される方向で圧縮器 265 に入る。空気はエアクリーナ 268 内を流れ、そこでフィルタエレメント 270 によって微粒子が除去される。次いで清浄化された空気はヘッド 280 に流入し、圧縮器 265 が作動して空気を圧縮する。

【0118】

圧縮器 265 は、高温環境（60 (140 °F) よりも高い）でときどき使用される。

【0119】

F. 典型的な媒体サイズ

本明細書で述べるフィルタエレメントでは、それぞれがひだ付き構造を含むことが好ましい。これらのタイプの適用例では、ひだの長さは少なくとも 15.24 cm (6 インチ)、12.7 cm (50 インチ) 以下であり、20.3 ~ 101.6 cm (8 ~ 40 インチ) でよい。ひだの深さは、通常、少なくとも 1.27 cm (0.5 インチ)、30.48 cm (12 インチ) 以下であり、2.54 ~ 15.24 cm (1 ~ 6 インチ) でよい。

【0120】

管状構造の場合、ひだ付き構造の外径は、通常、少なくとも 10.16 cm (4 インチ)、12.7 cm (50 インチ) 以下であり、典型的には 15.24 ~ 76.2 cm (6 ~ 30 インチ) でよい。

【0121】

パネル・フィルタ構造の場合、通常は少なくともひだが 40 個、200 個以下のひだであり、典型的には 50 ~ 100 個のひだである。

【0122】

G. 典型的なシステム；ガスタービンを備えたタンク

図 35、36、および 37 に、M1 タンク・フィルタを示す。M1 タンクはガスタービンによって動力が供給される。タービン・エンジンは、一般に、装甲板の下に位置付けられる。ガスタービン・エンジンは、作動させるのに大量の周囲空気を必要とする。周囲空気は、その内部に存在する粒子状物質を除去するために、ガスタービン・エンジンに向けられる前に濾過されるべきである。タンクは、タービン・エンジン用に空気を取り込むための吸気口を含む。タンクは、装甲板の下にエアクリーナを含む。タンクは、エアクリーナから粒子状物質を排気するための掃気用出口も含む。

【0123】

10

20

30

40

50

H. タンク用エアクリーナの実施例

図35、36、および37には、タンクで使用可能な一例であるエアクリーナ330が示されている。エアクリーナ330は、フィルタ・ハウジング334内に位置決めされた複数のフィルタエレメント332を含む。図示される特定の装置の場合、各フィルタエレメント332は、V字形媒体336を含む。図示されるものでは、ハウジング334は、使用中および組立て中に、その内部に3つのV字形媒体336が動作可能に受容されるよう寸法決めされるが、これらのパックは並行して、しかし間隔を空けた状態で配置されるものである。

【0124】

セクションHで以下に述べる好ましい媒体の開発品を除き、エアクリーナ330は、タンク用のシステムと共に米国特許第5,575,826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。さらに、以下のセクションHで論じる好ましい媒体の開発品以外に、V字形媒体336のそれぞれが米国特許第4,364,751号に記載されており、これを参照により本明細書に組み込む。

【0125】

図35、36、および37を参照すると、各媒体336は、エンド・キャップ340、341を備えたフレーム338を含む。図示される実施形態では、各V字形媒体336が2つのパネル342、343を含み、これらはV字形の形状に配置されて、それらの間に内部チャンネルまたはスペース345が位置決めされた状態になっている。利用される装置の場合、各内部スペース345は、内部バッフル346、347によって3つの区画に分割されている。

【0126】

パネル342、343は、それぞれがひだ付きフィルタ媒体348によって塞がれている。ひだ付き媒体348は、ファインファイバで処理されたセルロース媒体を含む。このタイプの媒体は、タンクが曝されるような高温環境でのエアクリーナ330の効率を高める助けをする。

【0127】

図35、36、および37では、フィルタ・ハウジング334が、入口350および出口352を含んでいる。3つの媒体336のそれぞれは、ハウジング334内で、並行に配置されていることがわかる。仕切り354は、汚れた空気側356と清浄な空気側357とを分離するための面であって、そこに媒体336のそれぞれがシールされる面を提供する。特に、媒体336のそれぞれは、仕切り354に対して圧縮されるガスカート358を含み、空気流が、汚れた側356から媒体348を迂回して清浄な側357に直接流入するのを阻止する助けをする。仕切り354は、清浄化した空気がボリュームまたはスペース345から清浄な空気の側357に流れることができるように、空気流アパーチャ360を含む。

【0128】

V字形媒体336の動作は、一般に以下の通りである。空気が、ハウジング334の入口352を通してエアクリーナ330に入る。空気はパネル342、343に入り、内部スペース345に向けられる。粒子状物質はパネル342、343の外側（内部スペース345には接していないパネルの側面または表面）に残り、または蓄積されつつあるフィルタ・ケーキ上に残る。濾過された空気が内部ボリューム345を満たし、この空気がポートまたはアパーチャ360内を流れて、清浄な空気の側357に流入する。そこから、空気は出口352を通過して外に流出し、ガスタービンに向けられる。

【0129】

エアクリーナ330は、クリーニング用のパルス・ジェット・システムも含む。一般にそのようなシステムは、フィルタパネル342、343を通して逆方向に向けられた、選択された空気ジェット・パルスを提供する。本明細書で逆方向とは、周囲空気をフィルター中に、パルス・ジェットが正常な空気流（すなわち濾過される空気流）とは反対の方向に向いていることを意味する。図示される装置の場合、この方向は、スペース345内に向

10

20

30

40

50

けられて、最終的には空気をパネル 3 4 2、3 4 3 に通した後にひだ付き媒体 3 4 8 の表面から外側へと向けるパルス・ジェットと同じ方向と考えられる。

【 0 1 3 0 】

図 3 5 では、パルス・ジェット・クリーニング・システムが、スタンド・パイプ 3 6 2 に接続された 3 つの弁 3 6 0 を含むが、これらは、圧縮された空気に対して空気流を介して連絡しているものである。弁 3 6 0 のそれぞれはディフューザ・ノズル 3 6 4 に接続するが、これらのノズルは、チャンバまたはスペース 3 4 5 の中心に向けられるように位置決めされている。

【 0 1 3 1 】

定期的に、パルス・ジェット弁 3 6 0 の全てまたは選択された 1 つを開いて、空気パルスまたは空気ジェットを、V 字形媒体 3 3 6 の内部スペース 3 4 5 の関連部分に放出することができる。このジェット・パルスによって、埃や塵などがパネル 3 4 2、3 4 3 の外に勢い良く流されるようになる。粒子状物質は、そこから勢い良く流されるパネルをじかに取り巻く領域に、分散するようになる。

10

【 0 1 3 2 】

I. 好ましい媒体の開発

本明細書で述べるフィルタエレメントのそれぞれに関し、媒体は、少なくとも部分的に不織布ファイバ層で処理され、またはコーティングされ、または覆われた基体を含んだ媒体複合体を含む。

【 0 1 3 3 】

本発明の、マイクロファイバまたはナノファイバを含んだ層を構成するファインファイバは、ファイバでよく、またその直径は、約 0 . 0 0 1 ~ 1 0 ミクロン、好ましくは 0 . 0 5 ~ 0 . 5 ミクロンでよい。ある特定の適用例では、ファイバは、0 . 0 0 1 ~ 2 ミクロン、0 . 0 1 ~ 5 ミクロン、さらに 0 . 0 5 ~ 1 0 ミクロンに寸法決めすることができる。典型的なファインファイバフィルター層の厚さは、坪量が約 0 . 0 1 ~ 2 4 0 マイクログラム / c m ² のファイバ直径の約 1 ~ 1 0 0 倍の範囲に及ぶ。

20

【 0 1 3 4 】

空気や気体の流れなどの流体の流れは、しばしばその内部に粒子状物質を含む。流体の流れから粒子状物質の一部または全てを除去することが必要である。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、H V A C 空気、クリーン・ルームの換気、さらに、フィルタ・バッグ、バリア用ファブリック、織布を使用した適用例、モータ作動式車両用エンジンまたは発電機器への空気、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、しばしばその内部に粒子状物質を含む。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／または美的な観点から、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・および燃焼炉への空気および気体を取り込む流れに関しては、微粒子によって相当なダメージが、関係する様々な機構の内部の仕組みに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。その他の場合では、工業プロセスまたはエンジンからの生成気体または排出気体が、その内部に粒子状物質を含有する可能性がある。そのような気体を様々な下流機器を通して大気に放出させることができ、または放出させるべきであるその前に、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。

30

40

【 0 1 3 5 】

エア・フィルタ設計の基本的な原理および問題のいくつかの一般的な意味解釈は、以下のタイプのフィルタ媒体を考慮することによって、すなわち表面負荷媒体、および深さ媒体を考慮することによって、理解することができる。これらのタイプの媒体はいずれも十分に研究されており、それぞれ広く利用されている。それらに関するある特定の原理は、例えば米国特許第 5 , 0 8 2 , 4 7 6 号、第 5 , 2 3 8 , 4 7 4 号、および第 5 , 3 6 4 , 4 5 6 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。

【 0 1 3 6 】

50

フィルタの「寿命」は、典型的な場合、フィルタを横切る選択された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の増大が、その適用例または設計用として定められたレベルでの寿命を定める。この圧力の増大は負荷の結果なので、効率が等しいシステムの場合には、容量が大きくなるほどそれに伴って直接寿命が長くなる。効率は、微粒子を通過させるのではなく微粒子を捕捉する媒体の傾向である。典型的な場合、気体流の流れから微粒子を除去するときにフィルタ媒体が効率的であるほど、一般にフィルタ媒体はより速く「寿命」圧力差に近付くことが明らかである（その他の変数が一定に保たれると仮定する）。

【0137】

ペーパ・フィルタエレメントは、広く使用されている形の表面負荷媒体である。一般にペーパエレメントは、粒子状物質を含んだ気体の流れを横断するように配向させたセルロース、合成、またはその他のファイバの稠密マットを含む。ペーパは一般に、気体流を透過させるように構成され、また、十分微細な細孔径および適切な多孔率を有するようにも構成されて、選択されたサイズよりも大きい粒子がその細孔内を通過することができないように構成されている。気体（流体）がフィルタ・ペーパを通過するとき、フィルタ・ペーパの上流側は、拡散および妨害によって、選択されたサイズの粒子が気体（流体）の流れから捕捉され、保持されるように動作する。粒子は、フィルタ・ペーパの上流側にダスト・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はじめ、効率が高まる。これは、時として「シーズニング」と呼ばれ、すなわち初期効率よりも効率が高くなることをいう。

【0138】

上述のような単純なフィルタ設計には、少なくとも2つのタイプの問題が生じる。第1に、比較的単純な欠陥、すなわちペーパの破れが生じて、システムの故障に繋がる。第2に、粒子状物質が、薄いダスト・ケーキまたは層としてフィルタの上流側に急速に蓄積され、圧力低下を増大させる。ペーパ・フィルタなど、表面負荷フィルタ・システムの「寿命」を延ばすために、様々な方法が利用されている。1つの方法は、気体流の流れに直面する媒体の表面積が、平らでひだの無い構造に比べて増大するように、媒体をひだ付き構造にすることである。これはフィルタの寿命を延ばすが、それでもかなり限りのあるものである。そのため表面負荷媒体は、主に、フィルタ媒体を通る速度が比較的遅い適用例、一般には1分当たり約 $6.1 \sim 9.14 \text{ m}$ (約 $20 \sim 30$ フィート) 以下であり、典型的には1分当たり約 3.05 m (約 10 フィート) 程度以下である適用例に、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量）。

【0139】

一般に、空気の流速がひだ付きペーパ媒体を通して増大するにつれ、フィルタ寿命は速度の二乗に比例して短くなる。したがって、ひだ付きペーパの表面負荷フィルタ・システムを、相当な空気流を必要とするシステム用の微粒子フィルタとして使用する場合、フィルタ媒体は比較的大きな表面積を持つことが必要である。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ひだ付きペーパ・フィルタエレメントは、その直径が約 $22.86 \sim 38.1 \text{ cm}$ (約 $9 \sim 15$ インチ)、長さが $30.48 \sim 60.96 \text{ cm}$ ($12 \sim 24$ インチ)、ひだの深さが約 $2.54 \sim 5.08 \text{ cm}$ (約 $1 \sim 2$ インチ) である。したがって媒体のフィルター表面積（片側）は、典型的な場合、約 $2.78 \sim 27.87 \text{ m}^2$ ($30 \sim 300$ 平方フィート) である。

【0140】

特に比較的高い流量を伴う多くの適用例では、時には一般に「深さ」媒体と呼ばれる代替のタイプのフィルタ媒体を使用する。典型的な深さ媒体は、比較的厚く絡まった繊維状材料を含む。深さ媒体は、一般に、その多孔率、密度、または固形分パーセントという用語によって定義される。例えば中実度 $2 \sim 3\%$ の媒体は、全体積の約 $2 \sim 3\%$ が繊維状材料（固形分）を含み、残りは空気または気体のスペースとな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。

【0141】

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）が小さくなる場合、細孔径またはファイバ間スペースは小さくなり、すなわちフィルタはより効率的になり、より効果的により小さい粒子を捕捉することになる。

【0142】

典型的な従来の深さ媒体フィルタは、深く、比較的一定の（または均一な）密度の媒体であり、すなわち、深さ媒体の中実度がその厚み全体を通し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、密度のばらつきが、たとえあるとしても媒体の深さ全体を通して比較的小さくであることが見出されることを意味する。そのようなばらつきは、例えば、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により生じる可能性がある。

10

【0143】

勾配密度深さ媒体装置が開発されている。そのような装置のいくつかは、例えば米国特許第4,082,476号、第5,238,474号、および第5,364,456号に記載されている。一般に、深さ媒体装置は、実質上その体積または深さ全体にわたって粒子状物質が「詰め込まれる（loading）」ように設計することができる。したがってそのような装置は、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が詰め込まれるよう設計することができる。しかし、一般にそのような装置の場合、相当な詰込みが生じるようにするには、中実度が比較的低い媒体が望まれるので、効率が犠牲になっていた。十分な効率およびより長い寿命が得られるように、上述の特許に記載されているような勾配密度システムを設計した。ある場合には、表面負荷媒体を、そのような装置で「研磨」フィルタとして利用する。

20

【0144】

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製繊維媒体または基体の第1の層を含む。ファインファイバ媒体の第1の層は、透過性の粗製繊維媒体の第1の層の、第1の面に固定される。透過性の粗製繊維状材料の第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（または14）～30ミクロンのファイバを含むことが好ましい。また、透過性の粗製繊維状材料の第1の層は、坪量が約200グラム/メートル²、好ましくは約0.50～150g/m²、最も好ましくは少なくとも8g/m²の媒体を含むことが好ましい。透過性の粗製繊維状媒体の第1の層は、厚さが少なくとも0.00127cm（0.0005インチ）（12ミクロン）、典型的には厚さが0.00152～0.051cm（0.0006～0.02インチ）（15～500ミクロン）、好ましくは厚さが約0.00254～0.076cm（約0.001～0.030インチ）（25～800ミクロン）であることが好ましい。

30

【0145】

好ましい装置では、透過性の粗製繊維状材料の第1の層は、残りの構造とは別にフレイジャー透過性試験によって評価した場合、透過度が少なくとも1メートル/分、典型的にかつ好ましくは約2～900メートル/分であることを示す材料を含む。本明細書で効率について述べる場合、それは他に特に指定しない限り、本明細書で述べたようにASTM-1215-89に従って、0.78μmの単分散ポリスチレン球状粒子を用いて20fpm（6.1メートル/分）で測定した場合の効率を意味するものである。

40

【0146】

透過性の粗製繊維媒体層の第1の面に固定されたファインファイバ材料層は、ナノファイバおよびマイクロファイバ媒体の層であって、ファイバの平均ファイバ直径が約2～10ミクロン以下、一般にかつ好ましくは約5ミクロン以下、典型的にかつ好ましくは、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少なくともいくつかのファイバの層であることが好ましい。また、透過性の粗製繊維状材料の第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、全体の厚さが約30ミクロン以下であることが好ましく、より好ましくは20ミクロン以下、最も好ましくは約10ミクロン

50

以下であり、典型的にかつ好ましくはその厚さが、層のファインファイバ平均直径の約 1 ~ 8 倍の範囲（より好ましくは 5 倍以下）である。

【 0 1 4 7 】

本発明によるある特定の好ましい装置は、フィルタ構造全体において一般的に定義された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、円筒形のひだ付きの構成に配置された媒体を含み、そのひだは、ほぼ長手方向に延在し、すなわち円筒形パターンの縦軸と同じ方向に延びている。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および下流ライナを含んでよい。

【 0 1 4 8 】

いくつかの適用例では、全体的なフィルタ性能または寿命を改善するために、本発明による媒体を、その他のタイプの媒体、例えば従来の媒体と併せて使用することができる。例えば、本発明による媒体を従来の媒体に積層することができ、スタック状の装置で利用することができ、あるいは、従来の媒体の 1 つまたは複数の領域を含んだ媒体構造に組み込むことができる（一体化フィーチャ）。これは、良好な負荷を目的として、そのような媒体の上流で使用することができ、かつ / または高効率研磨フィルタとして、従来の媒体の下流で使用することができる。

【 0 1 4 9 】

本発明によるある特定の装置も、液体フィルタ・システム、すなわち濾過される粒子状物質が液体に含まれるフィルタ・システムで利用することができる。また、本発明によるある特定の装置は、ミスト・コレクタ、例えば空気から微細なミストを取り除く（濾過する）ための装置で利用することができる。

【 0 1 5 0 】

本発明によれば、濾過をするための方法が提供される。この方法は、一般に、濾過を行うのに有利になるように、既述の媒体を利用することを含む。以下の記述およ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で比較的長い寿命が有利に得られるように、特に構成され組み立てられる。

【 0 1 5 1 】

様々なフィルタ設計が、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請求する特許に示されている。E n g e l 他の特許第 4 , 7 2 0 , 2 9 2 号は、略円筒形フィルタエレメント設計を有するフィルタ・アセンブリ用のラジアル・シール設計を開示しているが、このフィルタエレメントは、円筒形の半径方向内側に向いた面を有する比較的軟らかいゴム状のエンド・キャップによって、シールされる。K a h l b a u g h 他の特許第 5 , 0 8 2 , 4 7 6 号は、ひだ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されたフォーム基体を含む深さ媒体を使用するフィルタ設計を開示する。S t i f e l m a n 他の特許第 5 , 1 0 4 , 5 3 7 号は、液体媒体を濾過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過して内部環状コアに入り、次いで構造内に戻って有効利用される。そのようなフィルタは、作動液を濾過するのに非常に有用である。E n g e l 他の特許第 5 , 6 1 3 , 9 9 2 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ハウジングの外面から空気を得る。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、ハウジングから排出することができる。G i l l i n g h a m 他の特許第 5 , 8 2 0 , 6 4 6 号は Z フィルタ構造を開示するが、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必要がある、プラグされた通路を含んだ特定のひだ付きフィルタ設計を使用するものである。ひだ付き 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 他の特許第 5 , 8 5 3 , 4 4 2 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 他の特許第 5 , 9 5 4 , 8 4 9 号は、加工中の製品が環境内の空気に著しいダスト負荷を発生

10

20

30

40

50

させた後、典型的な場合にはダスト負荷が大きい空気を処理して空気の流れからダストを取り除く（濾過する）のに有用な、集塵器構造を示す。最後に、Gillinghamの米国意匠特許第425,189号は、Zフィルタ設計を使用したパネル・フィルタを開示する。

【0152】

本発明のポリマー材料、マイクロファイバおよび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、そして本発明のファインファイバ材料で作製された有用なフィルタ構造の構成の様々な態様に関する前述の概略的な説明により、本発明の作用に関する概略的な技術的原理が理解されよう。以下に述べる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、最良の形態であることを開示する。これらの例示的な材料を、以下の特徴およびプロセス条件を念頭において製造した。直径が10ミクロン未満という小さいファイバの電界紡糸は、ポリマー・ジェット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行われる。電界紡糸プロセスではポリマー・メルト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は、ポリマー溶液から最も良く作製される。ポリマー塊が下に引っ張られてより小さい直径になるにつれ、溶媒が蒸発し、それがファイバ・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、かつ直径が大きくなりがちである。溶媒の乾燥が遅すぎると、溶媒は、形成されたファイバを再び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を一致させることが極めて重要である。生成速度が速いと、大量の排気流が可燃性雰囲気を作る助けをし、火災の危険性が減少する。可燃性ではない溶媒が有用である。生成環境では、処理用機器を時折クリーニングする必要がある。安全な低毒性溶媒では、作業者が有害な化学物質に曝されるのを最小限に抑えられる。静電紡糸は、エミッタ当たりの流量1.5ml/分、目標距離20.32cm(8インチ)、エミッタ電圧88kV、エミッタrpm200、および相対湿度45%で行うことができる。

【0153】

ポリマー系の選択は、所与の適用例にとって重要である。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は、圧力損失を最小限に抑えるのを助けることができる。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。マイクロファイバまたはナノファイバと、このマイクロファイバまたはナノファイバが成膜している基体とが良好に接着することが重要である。フィルタを、基体と、マイクロファイバおよびナノファイバの薄い層との複合体で作製する場合、そのような複合体は、自己清浄式適用例での優れたフィルタ媒体を作製する。逆パルスにより表面をクリーニングすることによって、フィルタ媒体は繰返し新しい状態に戻る。基体に対する接着力が不十分なファインファイバは、表面に大きい力がかかると、フィルタの内部から基体を通してマイクロファイバに達する逆パルスによって層剥離する。したがって、マイクロファイバ間の良好な凝集と、基体ファイバと電界紡糸ファイバとの接着は、首尾良く使用するために極めて重要である。

【0154】

上述の要件を満たす製品は、種々のポリマー材料から作製されたファイバを使用することによっ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のようなポリマーと、ナイロン6やナイロン4,6、ナイロン6,6、ナイロン6,10などの様々なナイロンを含むポリマーおよびコポリマーと、これらのコポリマー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、十分に小さいファイバ直径に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、およびナイロン6,10は、電界紡糸することができる。しかし、ギ酸や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、取扱いが難しく、また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、および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について、広く評価した。本発明者等は、PVC、PVC、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。また本発明者等は、ポリマーが水、エタノール、イソプロパノール、アセトン、メタノール、およびこれらの混合物に溶解して首尾良くファイバに形成される場合、そのファイバは、基体に対して優れた接着性を有し、それによって、自己清浄式適用例での優れたフィルタ媒体が作製されることを見出した。逆エア・パルスまた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。アルコール可溶性ポリアミドおよびポリ(ビニルアルコール)から得られたファイバは、そのような適用例において首尾良く使用されてきた。アルコール可溶性ポリアミドの例には、HenkelのMacromelt 6238、6239、および6900と、DuPontのElvamide 8061および8063と、Shakespeare Monofilament CompanyのSVP 637および651が含まれる。アルコール可溶性ポリアミドの別の群は、タイプ8ナイロン、アルコキシアルキル変性ナイロン66(参照、第447ページ、Nylon Plastics handbook、Melvin Kohan編、Hanser Publisher、New York、1995)である。ポリ(ビニルアルコール)の例には、(株)クラレ(日本)のPVA-217、224と、Air Products and Chemical CompanyのVinol 540が含まれる。

【0155】

(実験)

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。

【0156】

以下の材料を、回転エミッタ・システムまたはキャピラリ・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。

【0157】

流量は、エミッタ当たり1.5mil/分、目標距離20.32cm(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。

【0158】

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および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%、およびナイロン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、New York(1995))。報告されたSVP 651樹脂の物理的性質は、以下の通りであり、

【0159】

【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 ミクロンおよび 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劣化にかかる時間は長く、劣化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劣化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。

【 0 1 6 0 】

実施例 2 :

ナイロン・ファイバとフェノール樹脂およびエポキシ樹脂との架橋

20

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、およびそのブレンドの熔融温度を以下に示す。

【 0 1 6 1 】

【表 3】

組成	熔融温度 (°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

【 0 1 6 2 】

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 Rez 510 などとのブレンドを使用することができる。

【 0 1 6 3 】

40

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 および 431 をポリアミドに添加した後、紡糸した。添加量は固形分 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、148.9 (300 °F) で 10 分間加熱した。

【 0 1 6 4 】

実施例 4 :

50

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成膜した。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。成膜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)。

10

【0165】

実施例 5 :

低分子量 p - t 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 - t 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。一部のポリマーおよ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。

20

【0166】

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 ~ 16 は、オリゴマーが、60 (140 ° F) および 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、71.1 (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 60 (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 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。

30

【0167】

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

【0168】

【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

40

【0169】

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 に示される添加量 10 % のサンプルを

50

、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。

【0170】

【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		

【0171】

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考える。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。さら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、後処理の時間およ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。

【0172】

さらに、飛行時間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148amu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で10分間処理したサンプル（E S C A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-ブチルフェノールおよ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、C₂H₃O断片に関連するピークも示している。

【0173】

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コーティング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くと、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、表面の完全なコーティングを促進させる。さらに分子は、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。E S C Aと飛行時間SIMSは、表面の異なる深さを見る。E S C A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。

【 0 1 7 4 】

実施例 6 :

表面コーティングされたインターポリマーの開発

コーティングおよび接着剤の適用例に向けた可溶性およ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およ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. ; Schreiber, 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

【 0 1 7 5 】

タイプ 8 ナイロンを調製するため、37.85 リットル (10 ガロン) の高圧反応器に以下の比で投入した。

【 0 1 7 6 】

【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

20

【 0 1 7 7 】

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、およ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、およ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。

30

【 0 1 7 8 】

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、Barriss 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。さらに、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

【 0 1 7 9 】

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 66

50

30重量%を、SVP 637または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。エタノールに浸漬し、フィルター効率を測定することによって、98%よりも良好なフィルター効率が保持されることが示され、THC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およびコポリアミドの優れたフィルター特性の利点を、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ー効率98%が維持されることを、強く示している。

【0180】

ポリマーAおよびBのブレンドのDSC（図17～19a参照）は、250に加熱された後、ポリマーA単独でのDSC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および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。

【0181】

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、PETとPBTのインターポリマーが形成される。さらに、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。

【0182】

本発明者等は、t-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、さらに良好な結果が得られることを見出した。本発明者等は、t-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。

【0183】

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、およ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148.9（300°F）に10分間暴露し、ESCA表面分析によって表面組成を評価した。

【0184】

表はサンプル6Aおよび6BのESCA分析を示す。

【0185】

【表7】

10

20

30

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

10

【0186】

ESCAは、水素濃度以外の表面組成に関する情報を提供する。ESCAは、炭素、窒素、およ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。ESCA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および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、および添加剤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、および添加剤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。

20

30

【0187】

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行し、約50の疎水性コーティング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-CH₂OCH₃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コーティングがあることを見出した。

【0188】

サンプル6A、6Bおよびセクション5で述べたサンプルの繰返しを、71.1 (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60 (140 °F)および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劣化するのを防止した。しかし、100%RFで温度が71.1 (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、71.1 (160 °F)、100%RHと比較した。

40

【0189】

【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

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		

【0190】

10

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。

【0191】

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。

【0192】

20

サンプル6A、6Bおよびセクション5の繰返しサンプルを、温度を154.4(310°F)に設定した炉内に置いた。表は、サンプル6Aおよび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。

【0193】

【表9】

表：310°F暴露後に保持されるファイン・ファイバ効率

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%

30

【0194】

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。

【0195】

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、および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、また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。

40

【0196】

実施例7：

ポリアミドとビスフェノールAポリマーの相溶性ブレンド

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))および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

50

。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。直線状の、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する性質を持つので、ポリマー・ブレンドの粘度を低くすることができる。

【0197】

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. B. 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。

【0198】

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。

【0199】

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。

【0200】

実施例8:

ビスフェノールAの、ブレンドにおける溶媒および固体としての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。

【0201】

下記の配合を行った。

【0202】

【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

【0203】

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0.326 mPa·s (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%での

ポリマーBの粘度は $2 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (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 $0.6 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (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、フィルター効率およびファイバ・サイズを測定した。アルコール浸漬後、 85.6% というフィルター効率が保持され、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。

10

【0204】

別のポリマー溶液を以下の手法で調製した。

【0205】

【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

20

【0206】

このブレンドの粘度は $0.902 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (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% というフィルター効率が保持され、ファイバ・サイズに変化はなかった。

30

【0207】

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、および水を合わせ、 60°C 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、その混合物をさらに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。

【0208】

下記の表はこれらの例を示す。

【0209】

【表12】

40

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

10

【0210】

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。さらに、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ー効率を維持し、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、およびビスフェノール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。

20

【0211】

実施例10:

ナイロン66とナイロン46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。

【0212】

【表13】

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 (duPont Zytel 101)	10	5	5	5	5
ナイロン6,6 (DSM Stanyl 300)	0	5	5	5	5
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

30

40

【0213】

ナイロン46およびナイロン66で形成したポリマーのDSCは、変性ナイロン46の溶融温度(241)または変性ナイロン66の溶融温度(210)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46と

50

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。

【 0 2 1 4 】

【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

10

【 0 2 1 5 】

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。出所：Modern Plastics Encyclopedia 1998。 20

【 0 2 1 6 】

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 コポリマーのインターポリマーの開発、および電界紡糸ファイバの形成

実験 1 0 B および 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。 30

【 0 2 1 7 】

【表 1 5】

	ポリマー 10B		ポリマー 10D	
	単独	w/30% ポリマー A	単独	w/30% ポリマー A
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

40

【 0 2 1 8 】

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。

【 0 2 1 9 】

実施例 1 2 :

架橋電界紡糸 PVA

PVA 粉末を、Aldrich Chemicals から購入した。この粉末を、水、またはエタノールと水が 5 0 / 5 0 の混合物に溶解した。これらを架橋剤およ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 1 5 0 の炉内で 50

10分間架橋し、その後、THCベンチにかけた。

【0220】

【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	10
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					
(a) 温度 160° F、100%湿度					
(b) 温度 140° F、100%湿度					
(c) 分子量 2000					20
(d) Cytecからのメラミンホルムアルデヒド樹脂					

【0221】

実施例13

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、278.7 m² (3000平方フィート) 当たり 30.4 kg (67ポンド) であり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が 1.27 cm (0.5インチ) で1分当たり 4.88 m (16フィート) であり、厚さが 0.0254 cm (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 60 (140° F) の空気に1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36.5%であった。100%相対湿度で 60 (140° F) 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LEFS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。

【0222】

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、278.7 m² (3000平方フィート) 当たり 30.4 kg (67ポンド) であり、フレイジャー透過率は、水の圧力低下が 1.27 cm (0.5インチ) で1分当たり 4.88 m (16フィート) であり、厚さが 0.0254 cm (0.012インチ) であり、LEFS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LEFS効率は96.0%であった。100%相対湿度で 71.1 (160° F) 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LEFS効率は35.3%であった。100%相対湿度で 71.1 (160° F) 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LEFS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。

【0223】

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、 278.7 m^2 (3000 平方フィート) 当たり 30.4 kg (67 ポンド) であり、フレージャー透過率は、水の圧力低下が 1.27 cm (0.5 インチ) で1分当たり 4.88 m (16 フィート) であり、厚さが 0.0254 cm (0.012 インチ) であり、LEFS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LEFS効率は 92.9% であった。 100% 相対湿度で 71.1 (160°F) 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LEFS効率は 35.3% であった。 100% 相対湿度で 71.1 (160°F) 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LEFS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。

10

【0224】

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、 278.7 m^2 (3000 平方フィート) 当たり 30.4 kg (67 ポンド) であり、フレージャー透過率は、水の圧力低下が 1.27 cm (0.5 インチ) で1分当たり 4.88 m (16 フィート) であり、厚さが 0.0254 cm (0.012 インチ) であり、LEFS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、t-ブ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LEFS効率は 90.4% であった。 100% 相対湿度で 71.1 (160°F) 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LEFS効率は 35.3% であった。 100% 相対湿度で 71.1 (160°F) 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LEFS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。

20

30

【0225】

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、 278.7 m^2 (3000 平方フィート) 当たり 30.4 kg (67 ポンド) であり、フレージャー透過率は、水の圧力低下が 1.27 cm (0.5 インチ) で1分当たり 4.88 m (16 フィート) であり、厚さが 0.0254 cm (0.012 インチ) であり、LEFS効率が 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 71.1 (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 71.1 (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。

40

【0226】

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。

【0227】

【表17】

50

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%

【 0 2 2 8 】

【 表 1 8 】

10

20

30

40

フィルタ媒体の例 (続き)

基体	基体透過率 (Frazier)	基体坪量 (ポンド/3000平方フィート)	基体の厚さ (インチ)	基体効率 (LEFS)	基体効率 (LEFS)
難燃性セルロース・エア・フィルタ媒体	17	77	0.012	31%	72%
難燃性合成エア・フィルタ媒体	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・フィルタ媒体	260	76	0.015	6%	17%
合成/ガラス・エア・フィルタ媒体	31	70	0.012	55%	77%
合成/ガラス・エア・フィルタ媒体	31	70	0.012	50%	90%

【 0 2 2 9 】

【 表 1 9 】

10

20

30

40

フィルタ媒体の例 (続き)

基体	基体透過率 (Frazier)	基体坪量 (ポンド/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

【 0 2 3 0 】

媒体は、平らな、波形の、ひだ付きの、波形かつひだ付きの状態、フラットシート、ひだ付きフラット・パネル、ひだ付きラウンド・フィルタ、および Z e e フィルタに使用し

50

た。

【 0 2 3 1 】

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、フィルター効率の使用には、S E M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。

【 0 2 3 2 】

フィルター測定では、S E M顕微鏡写真に見られるわずかな面積（通常、 0.0064 cm^2 （ 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。

10

【 0 2 3 3 】

フィルター測定では、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また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および機能性に関してのみ含まれる。

【 0 2 3 4 】

それにもかかわらず、フィルター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。

【 0 2 3 5 】

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、L E F S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、 21.1 （ 70°F ）、 60 （ 140°F ）、または 71.1 （ 160°F ）である。

20

【 0 2 3 6 】

手順：

直径 10.16 cm （4インチ）のサンプルを媒体から切り取る。 6.1 m/分 （ 20 FPM ）で動作するL E F S（L E F S試験の説明に関しては、A S T M規格F 1 2 1 5 - 8 9参照）ベンチで、 $0.8 \mu \text{m}$ 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、 60 （ 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、L E F Sベンチ上で効率を再試験する。

30

【 0 2 3 7 】

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。

【 0 2 3 8 】

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。

40

【 0 2 3 9 】

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

$F_e = 1 - \text{EXP}(\ln(1 - E_i) - \ln(1 - E_x))$

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；

50

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。

【0240】

合格／不合格基準：> 50% 効率保持

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。

10

【0241】

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、工業用フィルターの適用例、ガスタービン吸気口の適用例、また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。

【0242】

温度 -35 ~ 198.8 (-31 ~ 390 ° F)

20

湿度 0 ~ 100% RH (100% RHの場合に最高温度は 71.1 (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 0.3048 ~ 10.67 m / 分 (1 ~ 35 FPM)

手順：

直径 10.16 cm (4 インチ) のサンプルを媒体から切り取る。

【0243】

6.1 m / 分 (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、一晩）。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。

30

【0244】

合格／不合格基準：> 50% 効率保持

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。

40

【0245】

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。

【0246】

手順：

直径 10.16 cm (4 インチ) のサンプルを媒体から切り取る。6.1 m / 分 (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。

50

【 0 2 4 7 】

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、L E F S 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。

【 0 2 4 8 】

合格 / 不合格基準 : > 5 0 % 効率保持

上述の仕様、実施例、およびデータは、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、多くの変形例およ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、さらに図 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 および 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およ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 】、

【 図 5 】、

【 図 6 】、

【 図 7 】、

【 図 8 】、

【 図 9 】、

【 図 1 0 】、

【 図 1 1 】 実施例 1 3 に関する分析 E S C A スペクトルを示す図である。

【 図 1 2 】 実施例 5 から得られた本発明の 0 . 2 3 および 0 . 4 5 マイクロファイバ材料の安定性を示す図である。

【 図 1 3 】、

【 図 1 4 】、

【 図 1 5 】、

【 図 1 6 】 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 および 6 の材料の、改善された温度および湿度安定性を示す図である。

【 図 1 7 】、

【 図 1 8 】、

【 図 1 9 】、

【 図 1 9 A 】、 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、架橋しまた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 2 0 】 吸気システムを備えたエンジンとエアクリーナを内部に有するシステムの概略図である。

【 図 2 1 】 第 1 フィルタエレメントおよびそこに取り付けられた安全フィルタエレメントの概略断面図であり、その両方が、図 2 0 に示されるようなエンジン・システムと共に使用される空気流チューブに取り付けられている状態を示す図である。

【 図 2 2 】 図 2 1 に示される第 1 フィルタエレメントの破断側面図である。

【 図 2 3 】 図 2 1 に示されるエンド・キャップおよび第 1 フィルタエレメントのシール部分の拡大概略破断断面図である。

10

20

30

40

50

【図 2 4】 図 2 1 に示される安全エレメントの破断側面図である。

【図 2 5】 図 2 0 に示されるエンジン・システムと共に利用することができる別のエアクリーナの側面図である。

【図 2 6】 図 2 5 に示されるハウジングおよび第 1 フィルタエレメントを含むエアクリーナの概略分解側面図である。

【図 2 7】 図 2 5 の線 8 - 8 に沿って得られたエアクリーナ・ハウジング内に動作可能に設置された第 1 フィルタエレメントの拡大断面図である。

【図 2 8】 図 2 5 の線 9 - 9 に沿って得られたエアクリーナ・ハウジング内に動作可能に設置された第 1 フィルタエレメントの別の部分の拡大断面図である。

【図 2 9】 図 2 0 に示されるエンジン・システムと共に利用することが可能な別のエアクリーナの側面を、一部破断し一部断面で表した図である。

10

【図 3 0】 図 2 0 に示されるエンジン・システムと共に利用することが可能な別のエアクリーナの、一部断面で表した破断側面図である。

【図 3 1】 図 3 0 に示されるエアクリーナの一部破断端面図である。

【図 3 2】 図 2 0 に示されるエンジン・システムと共に使用することが可能なパネル・フィルタエレメントの側面図である。

【図 3 3】 図 3 2 に示されるパネル・フィルタの平面図である。

【図 3 4】 吸気システムを備えた流体圧縮器および第 1 フィルタエレメントを内部に有するシステムの概略図である。

【図 3 5】 エア・フィルタ装置を一部破断した状態で示す平面図である。

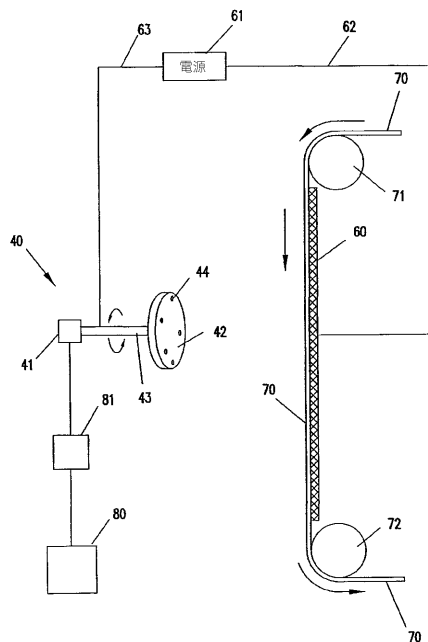
20

【図 3 6】 図 3 7 のエア・フィルタ装置で利用されるフィルタ・アセンブリ (V パック) の斜視図である。

【図 3 7】 図 3 6 の線 2 0 - 2 0 に沿って得られたフィルタ・アセンブリの断面図である。

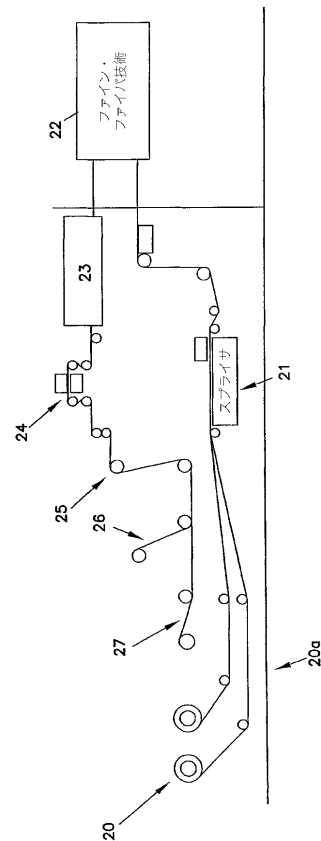
【図 1】

FIG. 1



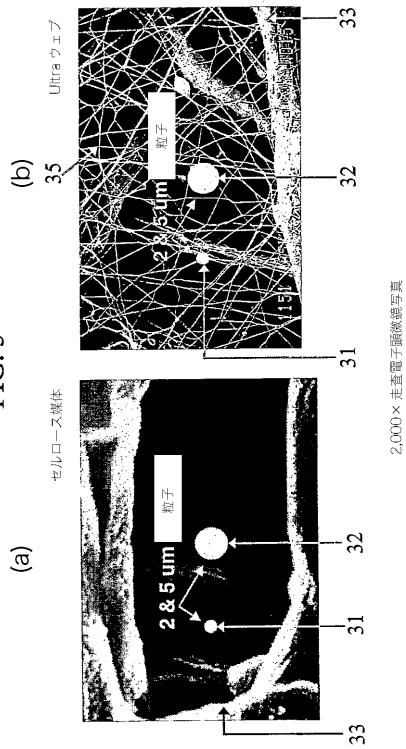
【図 2】

FIG. 2



【図 3】

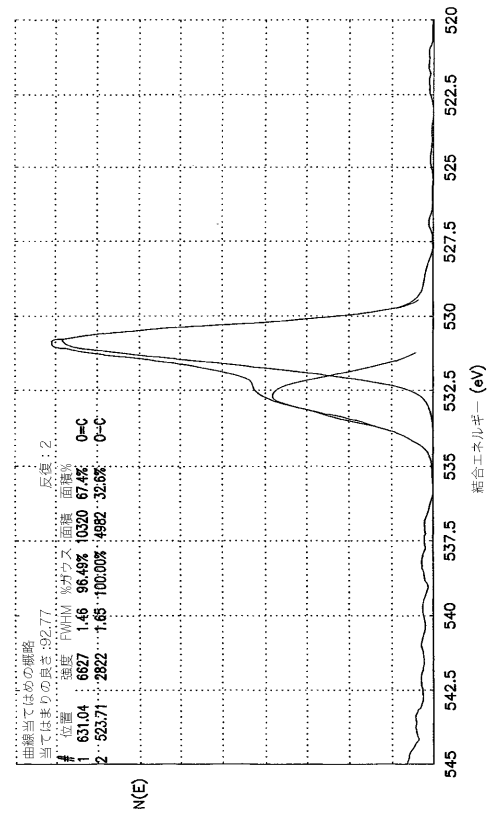
FIG. 3



【図 4】

FIG. 4

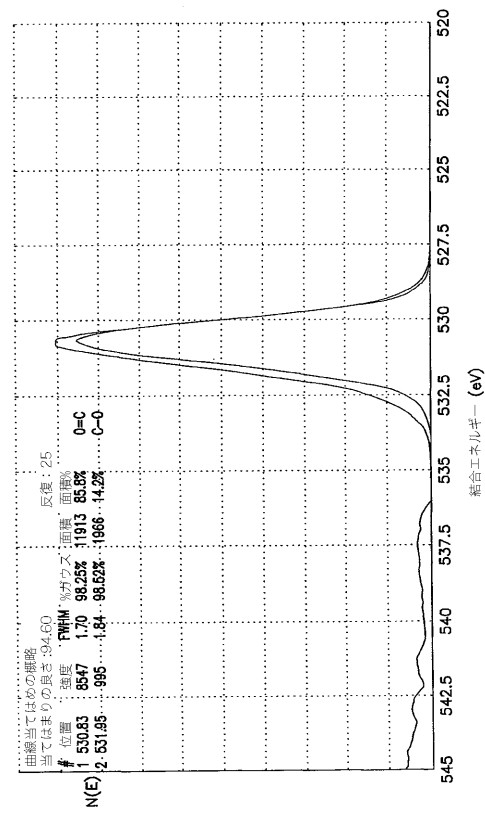
スパンとしてのサンプル 6A の ESCA O1s スペクトル



【図 5】

FIG. 5

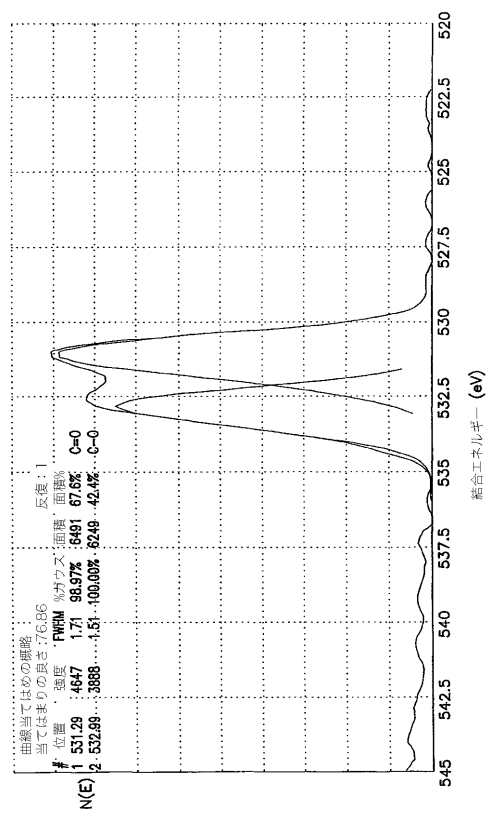
熱処理したサンプル 6A の ESCA O1s スペクトル



【図 6】

FIG. 6

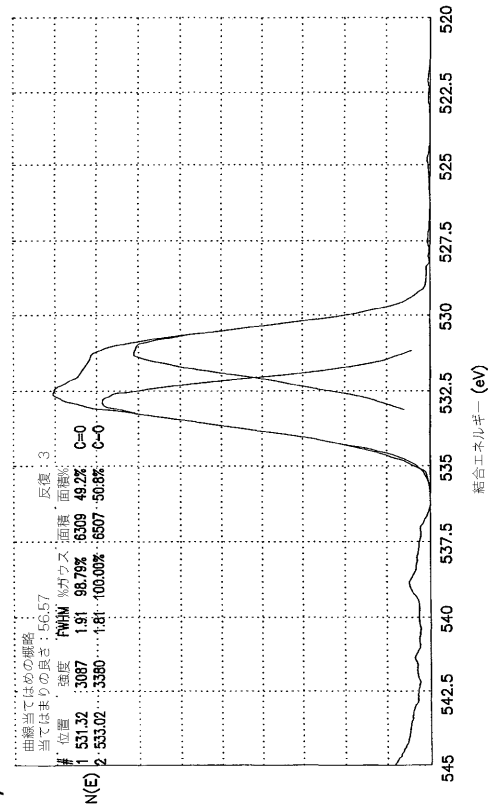
スパンとしての実例 6B の ESCA O1s スペクトル



【図 7】

熱処理した実験例 6B の ESCA O1s スペクトル

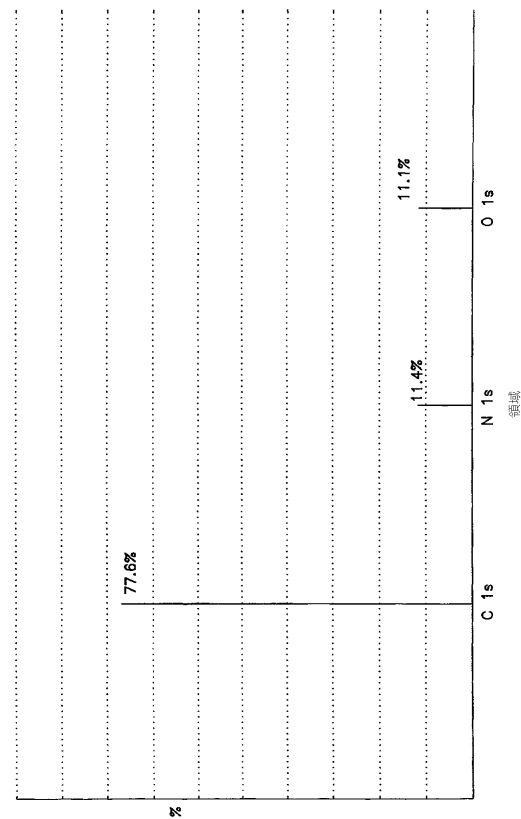
FIG. 7



【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

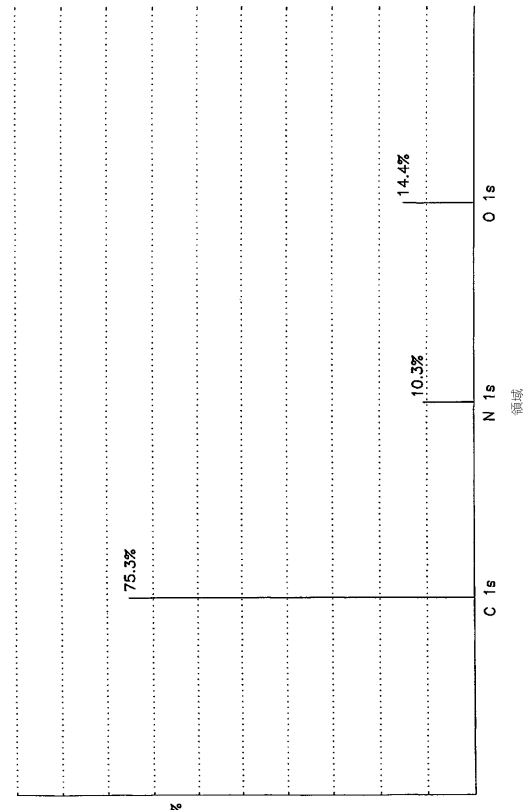
FIG. 9



【図 8】

スパンとしてのサンプル 6A の ESCA O1s マルチプレックス

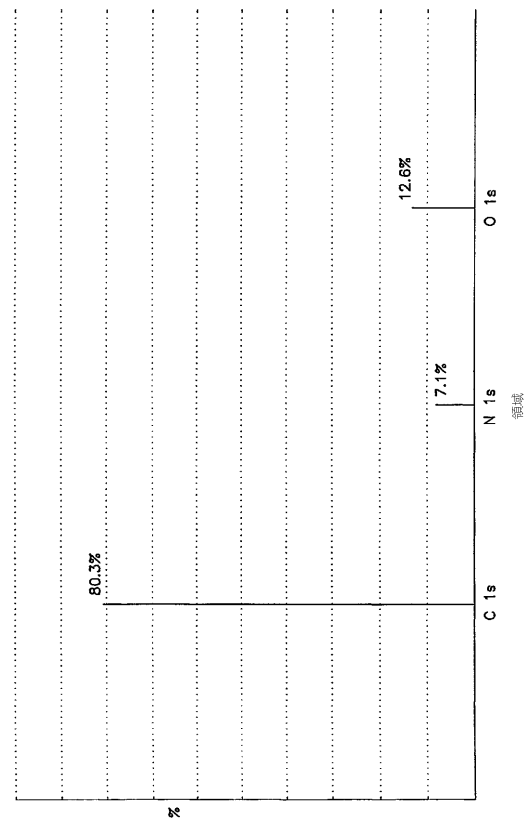
FIG. 8



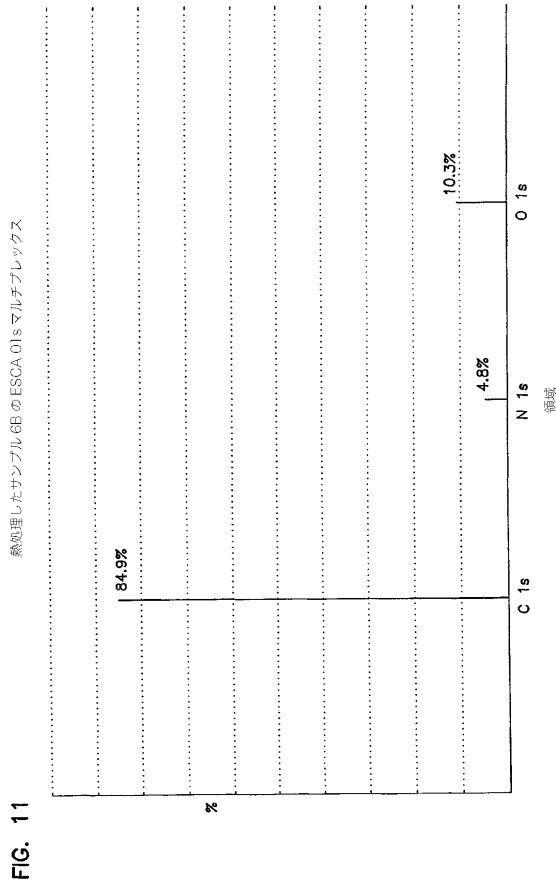
【図 10】

スパンとしてのサンプル 6B の ESCA O1s マルチプレックス

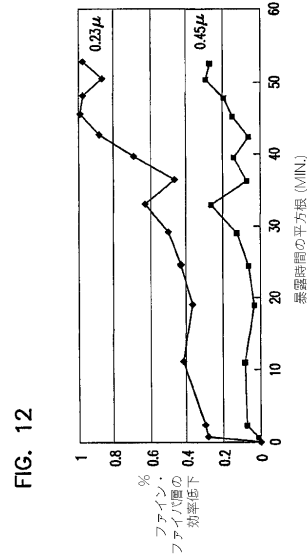
FIG. 10



【図 1 1】

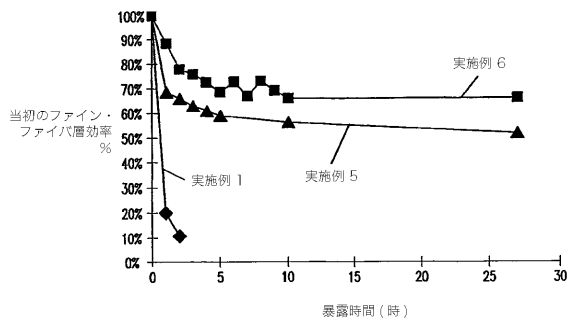


【図 1 2】



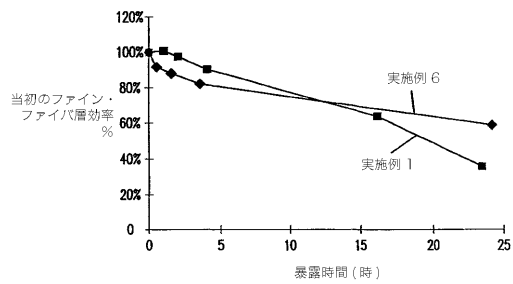
【図 1 3】

FIG. 13



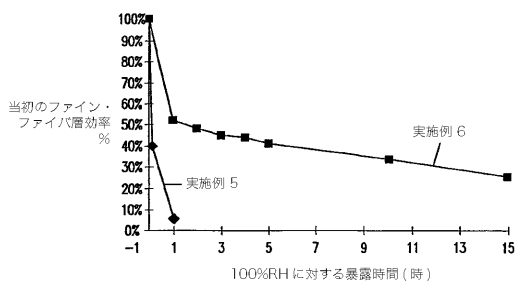
【図 1 5】

FIG. 15



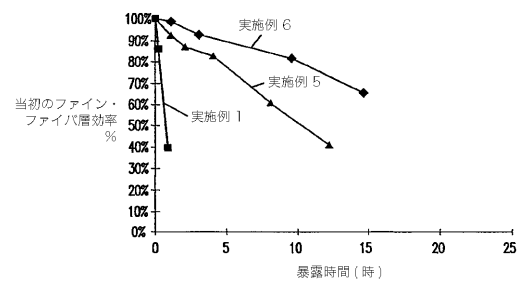
【図 1 4】

FIG. 14

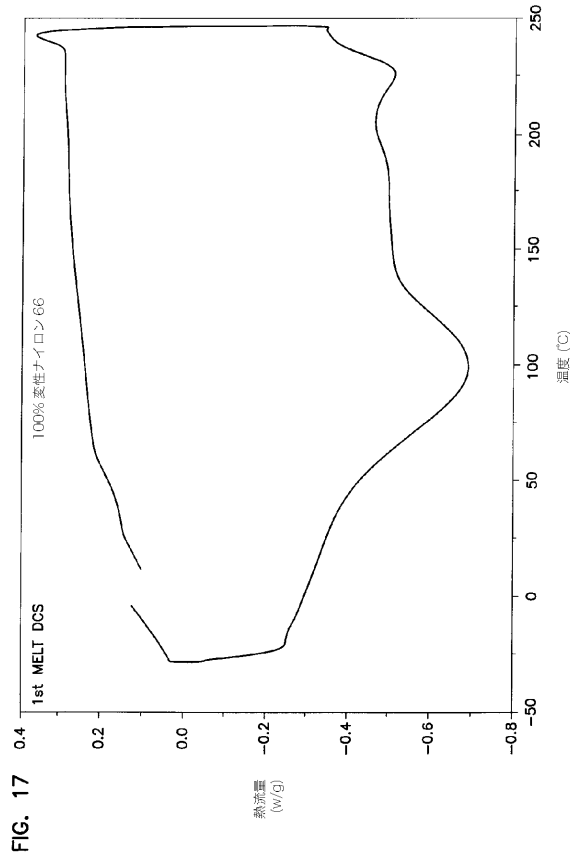


【図 1 6】

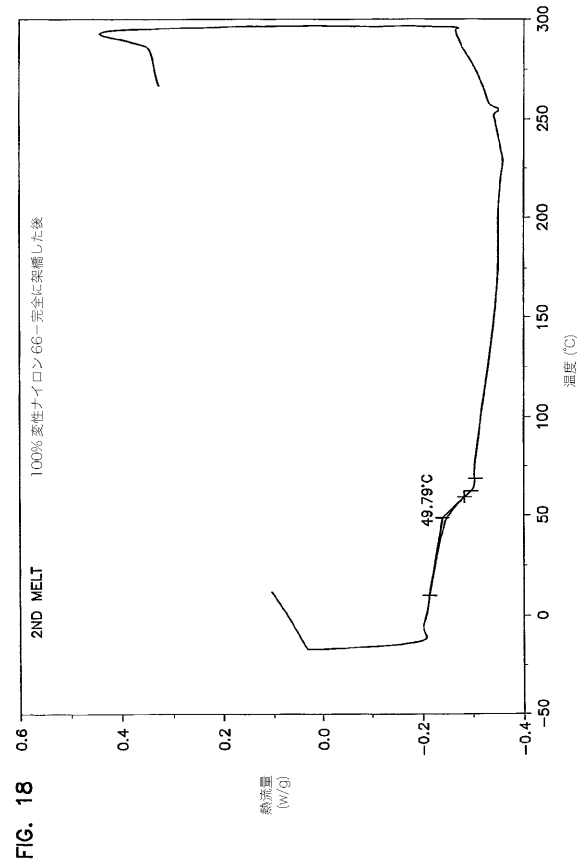
FIG. 16



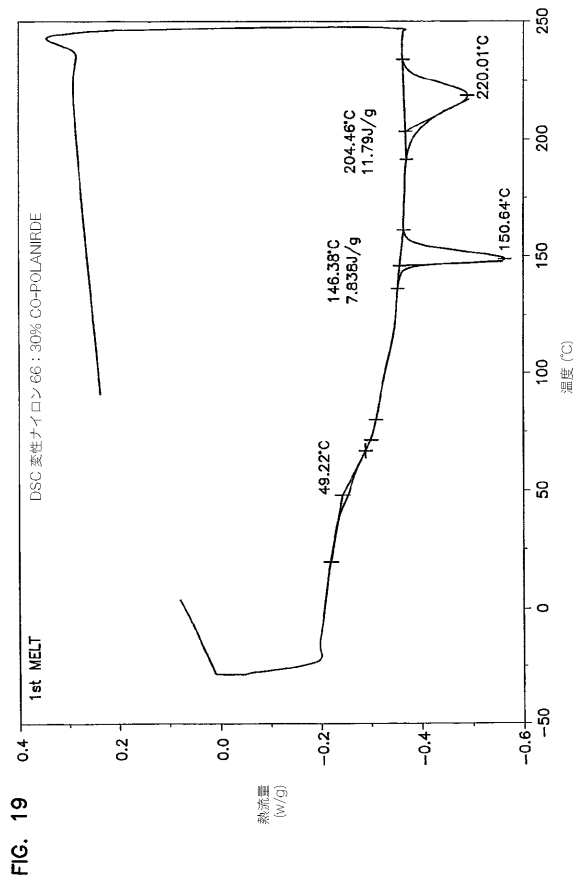
【図 17】



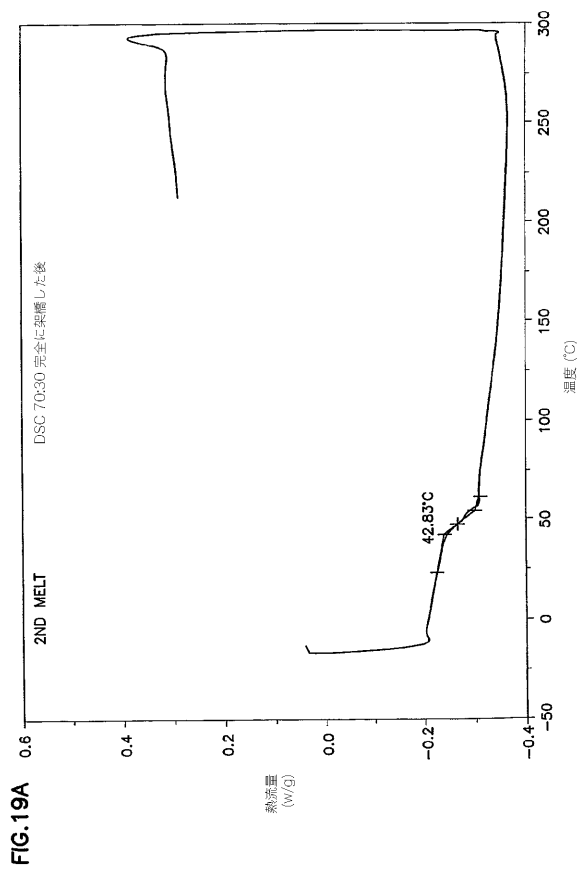
【図 18】



【図 19】



【図 19 A】



【図 20】

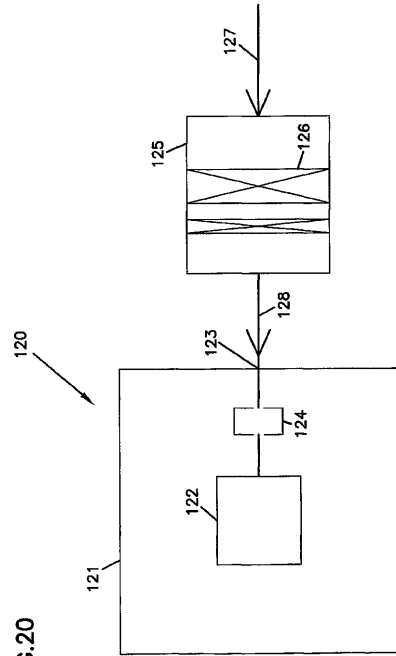
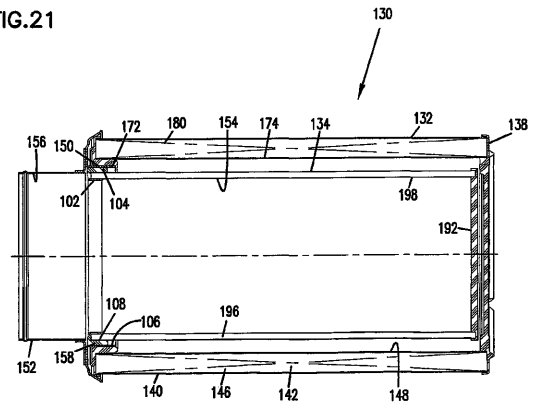


FIG.20

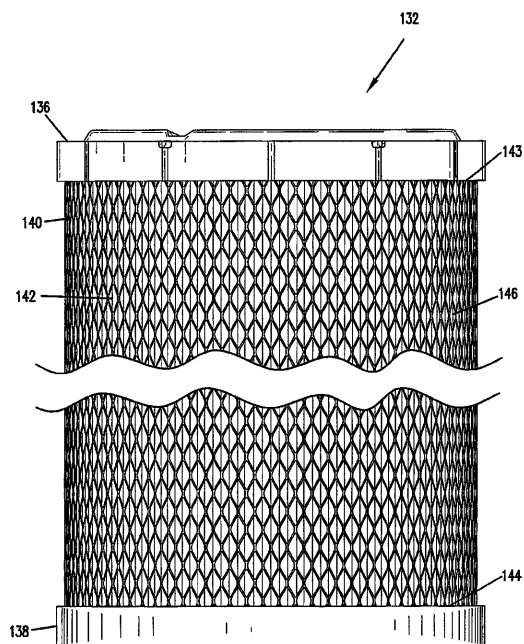
【図 21】

FIG.21



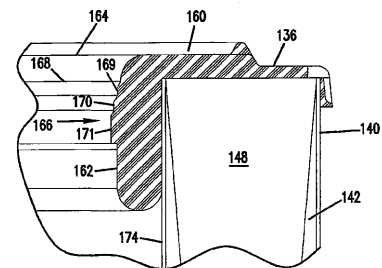
【図 22】

FIG.22



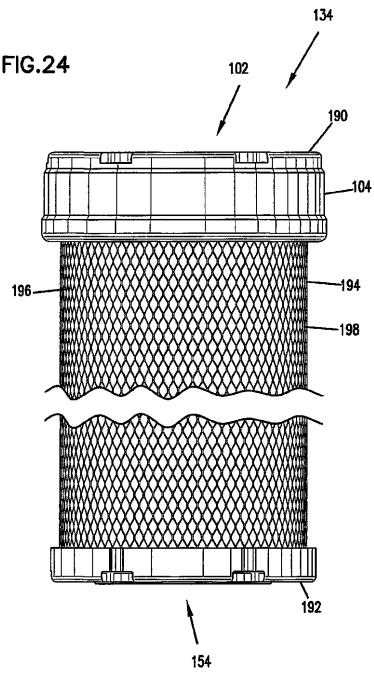
【図 23】

FIG.23



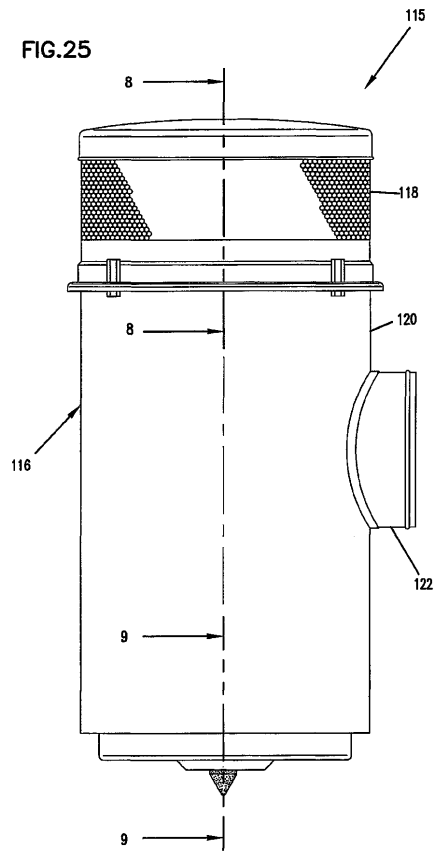
【図24】

FIG.24



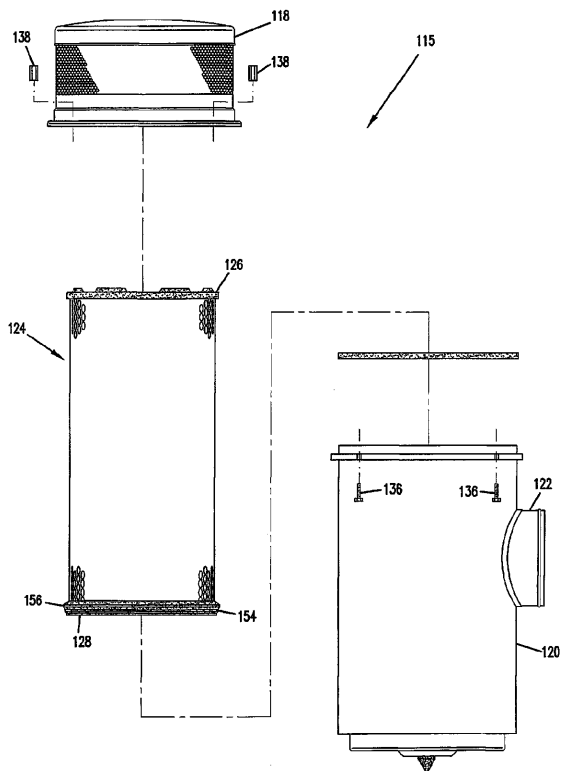
【図25】

FIG.25



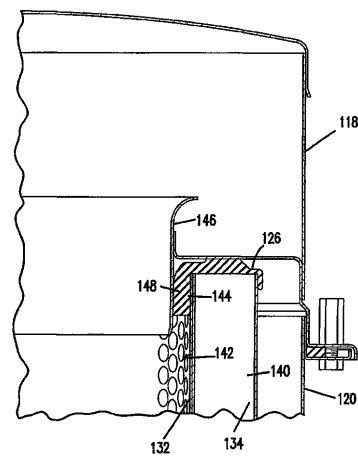
【図26】

FIG.26



【図27】

FIG.27



【図 28】

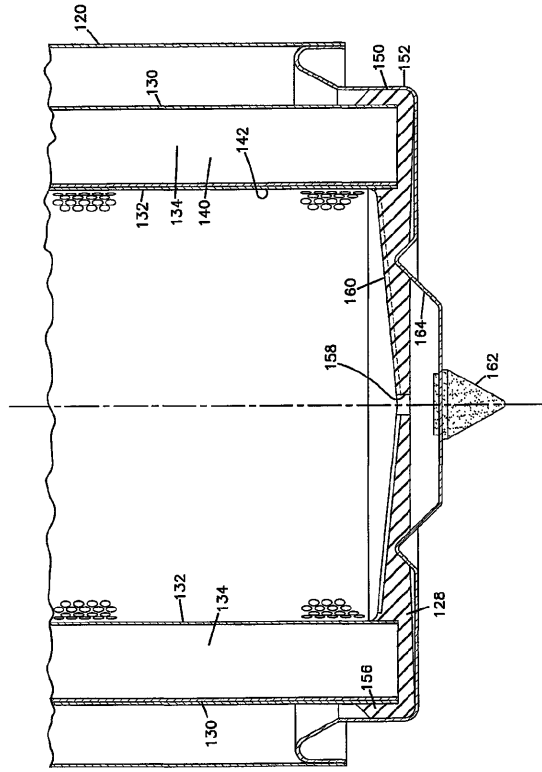


FIG.28

【図 29】

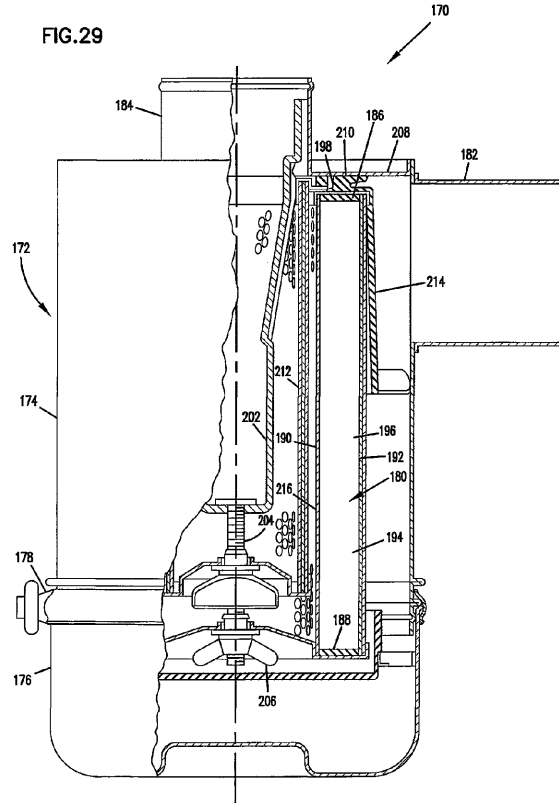


FIG.29

【図 30】

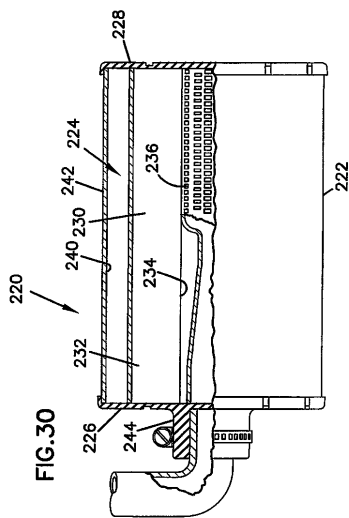


FIG.30

【図 32】

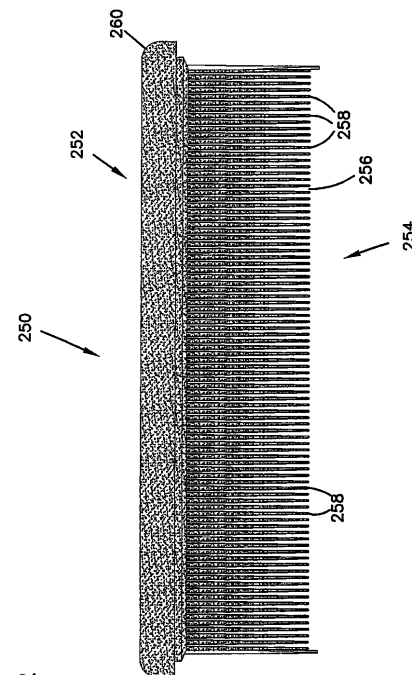


FIG.32

【図 31】

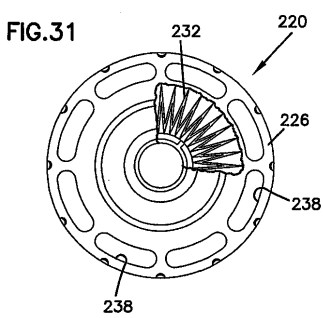
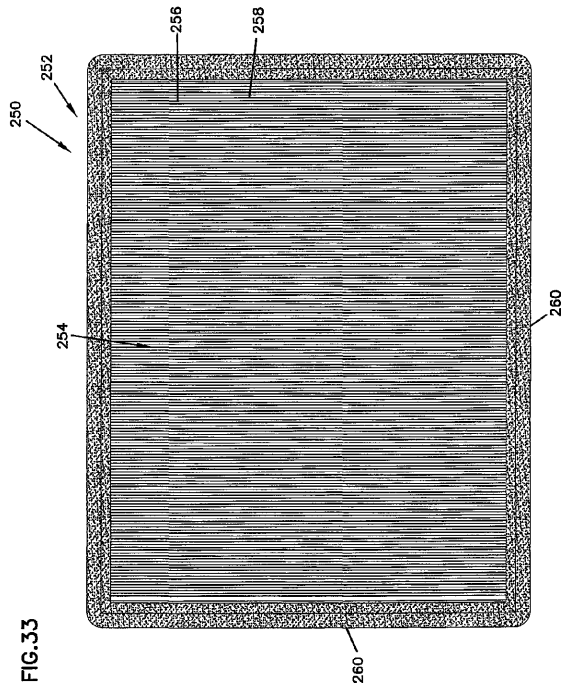


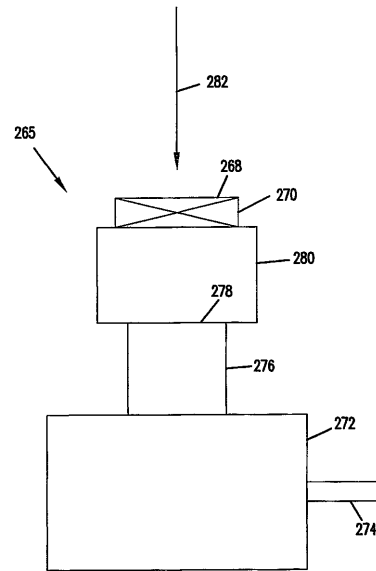
FIG.31

【図 3 3】

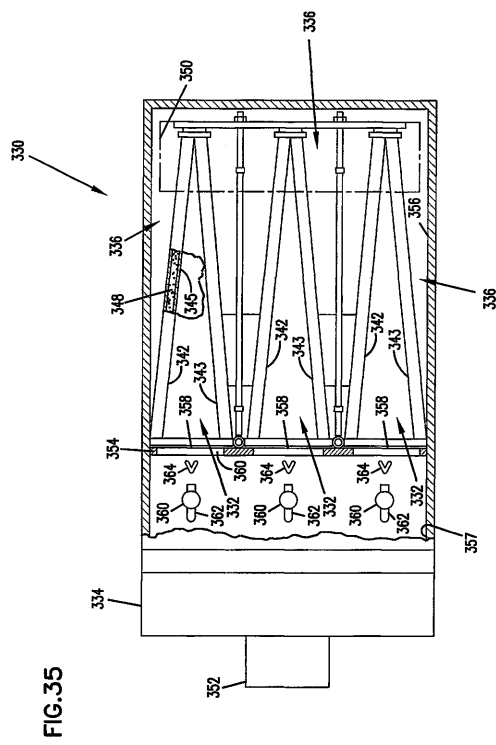


【図 3 4】

FIG.34

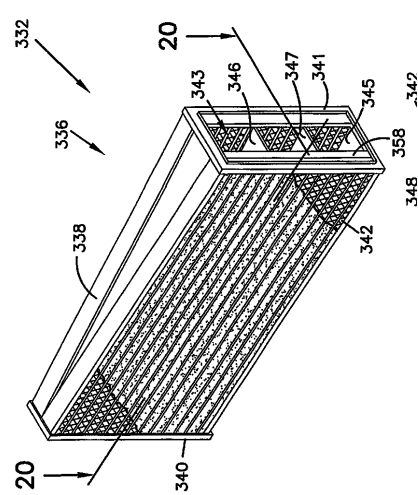


【図 3 5】



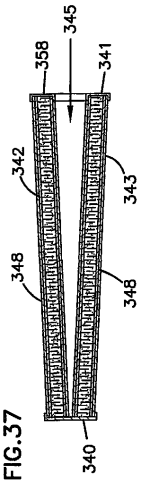
【図 3 6】

FIG. 36



【 3 7 】

FIG. 37



フロントページの続き

- (72)発明者 バリス, マーティー, エー.
アメリカ合衆国 ミネソタ州 55044, レイクヴィル, イレデル コート 19526
- (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 55113, ローズヴィル, ミルウッド アヴェニュー 806
- (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 55391, ディープヘイヴン, アズール ロード 18870

審査官 中村 泰三

- (56)参考文献 特開平11-501860(JP, A)
特開2001-518378(JP, A)
特開平08-024546(JP, A)
特表昭63-502079(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 46/52
B01D 39/00-20
F02M 35/024