(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 693 33 430 T2** 2004.07.22

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 982 061 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **693 33 430.4**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 202 767.2**
(96) Europäischer Anmeldetag: **08.11.1993**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.03.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **25.02.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.07.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B01D 29/21**
B01D 29/11, B01D 46/52

(30) Unionspriorität:
972839 **06.11.1992** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Pall Corp., East Hills, N.Y., US

(74) Vertreter:
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER Patentanwälte, 70182 Stuttgart

(72) Erfinder:
Stoyell, Richard C., Moravia, New York 13118, US; Williamson, Kenneth M., Jamiesville, New York 13078, US; Hopkins, Scott D., Dryden, New York 13053, US; Geibel, Stephen A., Cortland, New York 13045, US; Wolff, Terry L., Marathon, New York 13803, US

(54) Bezeichnung: **Filter, Methoden zur Herstellung eines Filters und Filtermethoden**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft Faltenfilterelemente und Verfahren zur Herstellung von Faltenfilterelementen.
[0002] Zylinderförmige Filterelemente mit sich radial erstreckenden Längsfalten gehören zu den häufigsten Arten von Filterelementen und werden zum Filtrieren unzähliger Fluide, i. e. Flüssigkeiten oder Gase, verwendet (in dieser Beschreibung schließt "Filtrieren" und "Filtration" die Entfernung von Teilchen, z. B. durch Sieben oder Abfangen in einem porösen Medium, und die Entfernung von Verunreinigungen, z. B. durch Ionenaustauscherharze oder Sorbentien, ein). In einem typischen zylinderförmigen Faltenfilterelement sind eine Mehrzahl von Falten um einen rohrförmigen Kern angeordnet, so dass ein Zylinder definiert wird. Bei Betrachtung im Querschnitt erstrecken sich die einzelnen Falten eines solchen Filterelementes radial vom Kern nach außen zur äußeren Peripherie des Filterelementes. Es ist gute Konstruktionspraxis, in einem zylinderförmigen Filterelement ausreichend Falten vorzusehen, so dass benachbarte Falten entlang dem Umfang des Kerns miteinander in Kontakt stehen. Wegen der radialen Geometrie der Falten nimmt jedoch notwendigerweise der Abstand zwischen benachbarten Falten mit dem Abstand vom Zentrum des Kerns zu. Folglich gibt es in einem typischen zylinderförmigen Faltenfilterelement viel ungenutzten Raum zwischen benachbarten Falten.
[0003] Es ist häufig nicht möglich, das Filterelement zu vergrößern, um den ungenutzten Raum zwischen benachbarten Falten zu kompensieren. In der heutigen Filterindustrie sind die Abmessungen von Filtergehäusen, in denen die Filterelemente eingeschlossen sind, weitestgehend standardisiert. Folglich ist es eine große Herausforderung für die Hersteller von Filtern, die Filterkapazität eines Filterelementes, i. e. die nutzbare Oberfläche, ohne Änderung der Außenabmessungen zu erhöhen, so dass es in vorhandenen Filtergehäusen verwendet werden kann.
[0004] Obwohl zylinderförmige Faltenfilterelemente sehr häufig sind, wurden sie üblicherweise nicht als Anschwemmfilter verwendet. Ein Anschwemmfilter ist eine Art von Filter, bei dem eine Aufschlämmung als Kuchen, der Anschwemmschicht genannt wird, auf die Außenseite einer nicht-gefalteten porösen Trägerstruktur, die Septum genannt wird, aufgebracht wird. Nach dem Aufbringen einer Anschwemmschicht auf das Septum wird ein zu filtrierendes Fluid durch die Anschwemmschicht und das Septum geleitet, wobei die Anschwemmschicht zum Filtrieren des Fluids dient. Faltenfilterelemente wurden nicht als Träger für Septa verwendet, weil die Falten zum Zusammenfallen neigen, wenn die Anschwemmschicht aufgebracht wird oder wenn das Fluid durch die Anschwemmschicht strömt.
[0005] Die vorliegende Erfindung stellt ein Filter zum Abtrennen einer oder mehrerer Substanzen aus einem das Filter durchströmenden Fluid bereit, wie im Anspruch 1 definiert.
[0006] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Filters bereit, wie im Anspruch 28 definiert.
[0007] Die **Fig.** 1 ist eine aufgeschnittene perspektivische Ansicht eines Filters. Die **Fig.** 2 ist eine Querschnittsansicht eines Abschnittes des Filters gemäß **Fig.** 1. Die **Fig.** 3 ist eine vergrößerte Schnittansicht einer der Falten gemäß **Fig.** 2. Die **Fig.** 4 ist eine schematische perspektivische Darstellung eines Abschnittes eines Filter-Kompositmaterials mit einem eingesetzten Streifen an einem Ende. Die **Fig.** 5. illustriert schematisch ein Verfahren, um Falten eines Filterelementes in einen übereinandergelegten Zustand zu bringen. Die **Fig.** 6 bis 11 sind schematische Ansichten, die ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bildung eines Filterelementes illustrieren. Die **Fig.** 12 und 13 sind schematische Ansichten, die ein anderes Verfahren und eine Vorrichtung zur Bildung eines Filterelementes illustrieren. Die **Fig.** 14 ist eine vergrößerte Seitenansicht einer der Falten der **Fig.** 9. Die **Fig.** 15 ist eine Seitenansicht einer Faltvorrichtung. Die **Fig.** 16 ist eine Draufsicht der Faltvorrichtung gemäß **Fig.** 15. Die **Fig.** 17 ist eine Seitenansicht einer anderen Faltvorrichtung. Die **Fig.** 18 ist eine Seitenansicht einer anderen Faltvorrichtung. Die **Fig.** 19 bis 21 sind schematische Darstellungen, die ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Zusammenbauen eines Filterelementes illustrieren. Die **Fig.** 22 ist eine aufgeschnittene perspektivische Darstellung eines anderen Filters. Die **Fig.** 23 ist eine Schnittansicht eines Anschwemmfilters. Die **Fig.** 24 ist eine Schnittansicht eines anderen Anschwemmfilters.
[0008] Die **Fig.** 1 illustriert eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Filters. Diese Ausführungsform ist im Allgemeinen zylinderförmig und beinhaltet ein Faltenfilterelement **10** mit einer Mehrzahl von Längsfalten **11**. Ein zylinderförmiger Kern **20** kann koaxial entlang der inneren Peripherie des Filterelementes **10** angeordnet sein, und ein zylinderförmiger Korb oder eine Umhüllung **30** kann entlang der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** angeordnet sein.
[0009] Wie in den **Fig.** 2 und 3 gezeigt, hat jede Falte **11** zwei Schenkel **11a**, die am Kopf **11b** der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** miteinander verbunden sind und die am Fuß **11c** der inneren Peripherie des Filterelementes **10** mit einem Schenkel **11a** einer benachbarten Falte **11** verbunden sind. Jeder Schenkel **11a** hat eine innere Oberfläche **11d**, die der inneren Oberfläche **11d** des anderen Schenkels **11a** derselben Falte gegenüberliegt, und eine äußere Oberfläche **11e**, die der äußeren Oberfläche **11e** eines Schenkels **11a** einer benachbarten Falte gegenüberliegt. Wenn das Filterelement **10** so verwendet wird, dass Fluid radial durch das Element nach innen strömt, bilden die inneren Oberflächen **11d** der Schenkel **11a** die abstromseitige Oberfläche des Filterelementes **10**, während die äußeren Oberflächen **11e** die aufstromseitige Oberfläche des Filter-

elementes **10** bilden. Alternativ können bei einer Verwendung des Filterelementes **10**, bei der Fluid radial nach außen durch das Element strömt, die inneren Oberflächen **11d** bzw. die äußeren Oberflächen **11e** die aufstromseitige bzw. abstromseitige Oberfläche des Filterelementes **10**.

[0010] Wie in den Figuren gezeigt wird, stehen die einander gegenüberliegenden inneren Oberflächen **11d** der Schenkel **11a** jeder Falte **11** über im Wesentlichen die gesamte Höhe h der Schenkel **11a** und der Falte **11** und über einen kontinuierlichen Bereich, der sich über einen signifikanten Abschnitt der axialen Länge des Filterelementes **10** erstreckt, in innigem Kontakt miteinander. Weiter stehen die einander gegenüberliegenden äußeren Oberflächen **11e** der Schenkel **11a** benachbarter Falten **11** über im Wesentlichen die gesamte Höhe h der benachbarten Falten **11** und der Schenkel **11a** und über einen kontinuierlichen Bereich, der sich über einen signifikanten Abschnitt der axialen Länge des Filterelementes erstreckt, in innigem Kontakt miteinander. Hier wird die Höhe h der Falten **11** und der Schenkel **11a** (gezeigt in **Fig.** 2) in einer Richtung entlang der Oberflächen der Schenkel **11a** gemessen und erstreckt sich von der inneren Peripherie zur äußeren Peripherie des Filterelementes **10**. Der in den **Fig.** 2 und 3 illustrierte Zustand, in dem die Oberflächen der Schenkel **11a** der Falten **11** in innigem Kontakt miteinander stehen und bei dem die Höhe h jeder Falte **11** größer ist als der Abstand zwischen der inneren und der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** (i. e. [D – d]/2 in der **Fig.** 2), wird als übereinandergelegter Zustand bezeichnet. In dem übereinandergelegten Zustand können sich Falten beispielsweise bogenförmig oder winkelförmig oder in gerader nicht-radialer Richtung erstrecken, und es kann im Wesentlichen kein leerer Raum zwischen benachbarten Falten vorhanden sein, und praktisch das gesamte Volumen zwischen der inneren und der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** kann von dem Filterelement **10** eingenommen und effektiv für die Filtration genutzt werden.

[0011] Da das Filterelement **10** aus einem Material mit endlicher Dicke t gebildet ist, sind die Falten **11** an den radial innen und außen gelegenen Enden der Falten **11**, wo das Filterelement **10** zur Bildung der Falten **11** auf sich selbst gefaltet ist, etwas abgerundet. Folglich bilden sich an den radial innen gelegenen Enden der Falten **11** kleine dreieckige Lücken **11f** zwischen den einander gegenüberliegenden inneren Oberflächen **11d** benachbarter Schenkel **11a**, und an den radial außen gelegenen Enden der Falten **11** bilden sich kleine dreieckige Lücken **11g** zwischen den einander gegenüberliegenden äußeren Oberflächen **11e** benachbarter Schenkel **11a**. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Höhe dieser Lücken **11f** und **11g**, wie sie entlang der Höhe der Falten gemessen wird, jedoch vorzugsweise extrem klein. Die Höhe der dem Innendurchmesser des Filterelementes **10** benachbarten Lücken **11f** beträgt vorzugsweise nicht mehr als ungefähr t und bevorzugter nicht mehr als ungefähr 1/2 t, wobei t die Dicke des das Filterelement **10** bildenden Materials ist, wie in **Fig.** 3 gezeigt. Die Höhe der dem Außendurchmesser des Filterelementes **10** benachbarten Lücken **11g** beträgt vorzugsweise nicht mehr als ungefähr **4t** und bevorzugter nicht mehr als ungefähr **2t**. Je spitzer die Falten **11** sind, i. e. je weniger abgerundet ihre radial innen und außen gelegenen Enden sind, desto kleiner kann die Höhe der Lücken **11f** und **11g** sein und desto größer kann der Prozentsatz des Volumens zwischen der inneren und der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** sein, der für die Filtration zur Verfügung steht.

[0012] Die einander gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Schenkel **11a** der Falten müssen nicht über die gesamte axiale Länge des Filterelementes **10** in innigem Kontakt miteinander stehen, aber je länger der Bereich des innigen Kontaktes in axialer Richtung ist, desto besser wird der Raum zwischen der inneren und der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** genutzt. Daher stehen benachbarte Schenkel **11a** über einen kontinuierlichen Bereich, der sich vorzugsweise über mindestens ungefähr 50%, bevorzugter mindestens ungefähr 75%, am bevorzugtesten ungefähr 95 bis 100% der axialen Länge des Filterelementes **10** erstreckt, in innigem Kontakt.

[0013] Das Filterelement **10** weist ein Filtermittel und Drainagemittel, die an mindestens einer Seite, vorzugsweise der Aufstromseite, bevorzugter sowohl auf der Aufstrom- als auch auf der Abstromseite des Filtermittels angeordnet sind, auf. Das Drainagemittel verhindert, dass einander gegenüberliegende Oberflächen des Filtermittels miteinander in Kontakt kommen, und ermöglicht, dass Fluid gleichmäßig zu oder von im Wesentlichen allen Abschnitten der Oberfläche des Filtermittels strömt, wenn sich die Falten im übereinandergelegten Zustand befinden. Somit kann praktisch die gesamte Oberfläche des Filtermittels effektiv für die Filtration genutzt werden.

[0014] In der Ausführungsform der **Fig.** 1 umfasst das Filterelement **10** ein dreilagiges Komposit-Material aus einem Filtermittel **12**, einem aufstromseitigen Drainagemittel in Form einer aufstromseitigen Drainagelage **13**, die auf der aufstromseitigen Oberfläche des Filtermittels **12** angeordnet ist, und einem abstromseitigen Drainagemittel in Form einer abstromseitigen Drainagelage **14**, die auf der abstromseitigen Oberfläche des Filtermittels **12** angeordnet ist. Aufstromseitige und abstromseitige Oberfläche können sich auf die äußere und innere Oberfläche beziehen, wenn das Filter einem radial nach innen gerichteten Fluidstrom ausgesetzt ist, oder auf die innere und äußere Oberfläche, wenn das Filter einem radial nach außen gerichteten Fluidstrom ausgesetzt ist.

[0015] Es gibt keine speziellen Einschränkungen hinsichtlich der Art des Filtermittels, das in der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, und es kann entsprechend dem zu filtrierenden Fluid und den gewünschten Filtriereigenschaften ausgewählt werden. Das Filtermittel **12** kann zum Filtrieren von Fluiden wie Flüssigkeiten,

Gasen oder Mischungen davon verwendet werden. Das Filter kann einen porösen Film oder eine Faserschicht oder Masse umfassen; es kann eine gleichmäßige oder eine abgestufte Porenstruktur und jedwede geeignete wirksame Porengröße aufweisen; es kann aus jedwedem geeigneten Material gebildet sein, wie natürlichem oder synthetischem Polymer, Glas oder Metall.

[0016] Das Filtermittel **12** kann eine einzelne Lage umfassen, oder es kann eine Mehrzahl von Lagen des gleichen Mittels bis zur gewünschten Dicke aufeinander angeordnet sein. Außerdem ist es möglich, dass das Filtermittel zwei oder mehr Lagen mit unterschiedlichen Filtriereigenschaften aufweist, wobei z. B. eine Lage als Vorfilter für die zweite Lage wirkt.

[0017] Die aufstromseitige und/oder abstromseitige Drainagelage kann Bereiche einer einzelnen einheitlichen porösen Lage mit einem feinporigen mittleren Bereich, der als Filtermittel wirkt, und grobporigen aufstromseitigen und/oder abstromseitigen Bereichen, die als Drainagelagen wirken, sein. Die Drainagelagen sind jedoch vorzugsweise verschiedene Lagen, separat vom Filtermittel.

[0018] Die aufstromseitige und abstromseitige Drainagelage **13** und **14** können aus jedwedem Material bestehen, das geeignete Längsströmungseigenschaften, i. e. geeigneten Widerstand gegen Strömung durch die Lage in Richtung parallel zu ihrer Oberfläche, aufweist. Der Längsströmungswiderstand der Drainagelage ist vorzugsweise ausreichend niedrig, dass der Druckabfall in der Drainagelage geringer ist als der Druckabfall über das Filtermittel, wobei eine gleichmäßige Fluidverteilung entlang der Oberfläche des Filtermittels erreicht wird. Die Drainagelagen können eine Netz- oder Gitterstruktur oder eine poröse gewebte oder nicht-gewebte Lage sein.

[0019] Netz- und Gitterstrukturen (auch Netzwerke genannt) haben unterschiedliche Form. Für Hochtemperaturanwendungen kann eine metallische Netz- oder Gitterstruktur verwendet werden, während für Anwendungen bei niedrigeren Temperaturen eine polymere Netzstruktur besonders geeignet sein kann. Polymere Netzstrukturen haben die Form von gewebten und extrudierten Netzstrukturen. Es können beide Arten verwendet werden, aber extrudierte Netzstrukturen sind im Allgemeinen vorzuziehen, weil sie glatter sind und daher weniger Abrieb der benachbarten Lagen des Filter-Kompositmaterials bewirken. Eine extrudierte Netzstruktur kann einen ersten Satz paralleler Stränge und einen zweiten Satz paralleler Stränge, die den ersten Satz von Strängen unter einem Winkel schneiden, aufweisen. Extrudierte Netzstrukturen können als symmetrisch oder nicht-symmetrisch klassifiziert werden. In einer symmetrischen Netzstruktur erstreckt sich keiner der Sätze von Strängen in der so genannten "Maschinenrichtung" der Netzstruktur, welche die Richtung ist, in der die Netzstruktur aus einer Vorrichtung zur Herstellung der Netzstruktur austritt. In einer nichtsymmetrischen Netzstruktur erstreckt sich einer der Sätze von Strängen parallel zur Maschinenrichtung. In der vorliegenden Erfindung ist es möglich, symmetrische oder nichtsymmetrische Netzstrukturen zu verwenden. Nicht-symmetrische Netzstrukturen haben einen etwas geringeren Längsströmungswiderstand pro Dicke als symmetrische Netzstrukturen. Daher kann bei einem gegebenen Längsströmungswiderstand eine nicht-symmetrische Netzstruktur dünner sein als eine symmetrische, so dass die Zahl der Falten in einem Filterelement **10**, bei dem eine nicht-symmetrische Netzstruktur verwendet wird, größer sein kann als bei einem Filterelement gleicher Größe, bei dem eine symmetrische Netzstruktur verwendet wird. Andererseits haben symmetrische Netzstrukturen den Vorteil, dass sie bei der Herstellung eines Faltenfilterelementes **10** leichter zu verarbeiten sind.

[0020] Netzstrukturen können durch ihre Dicke und durch die Zahl der Stränge pro Inch charakterisiert werden. Diese Größen sind nicht auf bestimmte Werte eingeschränkt und können entsprechend den gewünschten Längsströmungseigenschaften der Netzstruktur und der gewünschten Festigkeit gewählt werden. Typischerweise hat die Netzstruktur eine Strangdichte von mindestens **10** Strängen pro Inch.

[0021] In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung stehen einander gegenüberliegende Oberflächen der Falten in innigem Kontakt. Folglich werden die Stränge der Drainagenetzstruktur jedes Schenkels der Falten gegen die Stränge der Drainagenetzstruktur eines benachbarten Schenkels der Falten gedrückt. Wenn die Stränge der Netzstruktur auf zwei einander gegenüberliegenden Oberflächen parallel zueinander sind, können die Stränge eine Tendenz zum „Ineinandergreifen" zeigen, i. e. ineinander passen, statt aufeinander zu liegen. Dies verschlechtert die Drainageeigenschaften der Netzstruktur und vermindert ihre Fähigkeit, Drainage für das Filtermittel bereitzustellen. Bei einer nicht-symmetrischen Netzstruktur ist darauf zu achten, dass die Stränge in Maschinenrichtung auf der dem Filtermittel gegenüberliegenden Seite der Netzstruktur statt auf der entgegengesetzten Seite liegen, um das Ineinandergreifen der Stränge zu verhindern, wenn das Filterelement **10** gefaltet wird. Bei einer symmetrischen Netzstruktur gibt es jedoch keine Stränge in Maschinenrichtung, so dass es keinen Unterschied macht, welche Oberfläche der Netzstruktur dem Filtermittel gegenüberliegt, und es ist weniger Sorgfalt beim Zusammenbauen des Filterelementes **10** erforderlich.

[0022] Unabhängig davon, ob eine Netzstruktur symmetrisch oder nicht-symmetrisch ist, können die Stränge der Netzstrukturen am Ineinandergreifen gehindert werden, wenn die Netzstrukturen wie folgt orientiert werden. Angenommen, der erste Satz von Strängen ist auf der zum Filtermittel gewandten Seite einer Netzstruktur und der zweite Satz von Strängen ist von dem Filtermittel durch den ersten Satz von Strängen getrennt, dann kann der zweite Satz von Strängen am Eingreifen gehindert werden, wenn die Falten im übereinandergelegten Zustand sind, wenn sich der zweite Satz von Strängen entlang von Linien erstreckt, welche die Längsachse

des Filterelementes unter einem Winkel zwischen 0 und 90 Grad schneiden. Wenn der zweite Satz von Strängen sich entlang von Linien erstreckt, welche die Achse unter einem Winkel von 0 oder 90 Grad schneiden, i. e. wenn der zweite Satz von Strängen parallel oder senkrecht zur Achse des Filterelementes ist, kann der zweite Satz von Strängen eingreifen. Bei einem Winkel zwischen diesen Grenzen wird der zweite Satz von Strängen jedoch ohne Eingreifen aufliegen.

[0023] Wenn die Netzstruktur so orientiert ist, wenn die Falten **11** einen übereinandergelegten Zustand einnehmen, steht eine Oberfläche, die zu den zweiten Strängen der Netzstruktur auf einem Schenkel einer Falte tangential ist, in innigem Kontakt mit einer Oberfläche, die zu den zweiten Strängen der Netzstruktur eines benachbarten Schenkels tangential ist.

[0024] Spezielle Beispiele für geeignete extrudierte polymere Netzstrukturen sind die von Nalle Plastics (Austin, Texas) unter den Handelsnamen Naltex, Zicot und Ultraflo erhältlichen.

[0025] Netzstrukturen sind besonders geeignet als Drainagelagen, wenn das Filtermittel ein faseriges laid-down-Medium ist. Wenn das Filtermittel eine Membran ist, ist ein Gewebe oder ein Nonwoven für die Verwendung als Drainagelage geeigneter, weil ein Textil üblicherweise glatter als eine Netzstruktur ist und weniger Abrieb benachbarter Lagen des Filter-Kompositmaterials bewirkt. Ein Beispiel für ein geeignetes Nonwoven zur Verwendung als Drainagelage ist ein Polyester-Nonwoven, das unter der Handelsbezeichnung Reemay 2011 von Reemay, Inc., vertrieben wird.

[0026] Die aufstromseitige und abstromseitige Drainagelage **13** und **14** können gleich oder verschieden aufgebaut sein. Es wurde festgestellt, dass der Druckabfall über das Filtermittel **12** am niedrigsten und die Lebensdauer des Filters am höchsten sein kann, wenn beide Drainagelagen **13** und **14** im Wesentlichen den gleichen Längsströmungswiderstand haben. Daher werden die Drainagelagen **13** und **14**, unabhängig davon, ob sie aus dem gleichen Material bestehen, vorzugsweise so gewählt, dass sie im Wesentlichen den gleichen Längsströmungswiderstand haben. Wegen der Einfachheit der Herstellung ist es günstig, identische Materialien für beide Drainagelagen **13** und **14** zu verwenden, wodurch der gleiche Längsströmungswiderstand durch beide Drainagelagen sichergestellt ist.

[0027] Alternativ können die aufstromseitige und die abstromseitige Drainagelage **13** und **14** unterschiedliche Eigenschaften haben, und diese Eigenschaften können variiert werden, um einen gewünschten Effekt hervorzurufen. Wenn beispielsweise die Dicke des Filter-Kompositmaterials fixiert ist, z. B. um die Oberfläche des Filtermittels innerhalb einer Einhüllenden zu fixieren, kann die Dicke der aufstromseitigen Drainagelage größer sein als die Dicke der abstromseitigen Drainagelage. Das kann für einen größeren Kuchenraum auf der Aufstromseite des Filtermittels sorgen, aber es kann zu Abstrichen bei der gleichmäßigen Strömungsverteilung auf der Abstromseite des Filtermittels führen.

[0028] Das das Filterelement **10** bildende Filter-Kompositmaterial kann zusätzlich zum Filtermittel **12** und den Drainagelagen **13** und **14** weitere Lagen aufweisen. Um beispielsweise den Abrieb des Filtermittels durch Reibungskontakt mit den Drainagelagen zu verhindern, wenn sich die Falten während Druckfluktuationen des Fluidsystems, in welches das Filter eingebaut ist, ausdehnen und zusammenziehen, kann eine Pufferlage zwischen dem Filtermittel und einer oder beiden Drainagelagen angeordnet werden. Die Pufferlage besteht vorzugsweise aus einem glatteren Material als die Drainagelagen und hat eine höhere Abriebfestigkeit als das Filtermittel **12**. Wenn die Drainagelagen beispielsweise aus einer extrudierten Netzstruktur aus Nylon gemacht sind, ist ein Beispiel für eine geeignete Pufferlage ein Polyester-Nonwoven, wie das unter der Handelsbezeichnung Reemay 2250 von der Reemay Corporation vertriebene.

[0029] Die das Filterelement **10** bildenden Lagen können nach herkömmlichen Verfahren der Filterherstellung vor oder gleichzeitig mit dem Welligformen zu einem Komposit-Material geformt werden.

[0030] Beim Stand der Technik war es zur Sicherstellung der geeigneten Drainage in einem Filterelement mit eng beabstandeten Falten erforderlich, zur Schaltung von Drainagedurchgängen große Oberflächenirregularitäten, wie Rillen, in den Oberflächen der Falten zu bilden. Diese Rillen, die typischerweise nach einem Verfahren wie Prägen gebildet wurden, reduzierten das für die Filtration verfügbare Volumen eines Filterelementes stark. In der gegenständlichen Erfindung können die Drainagelagen selbst dann, wenn sie in innigem Kontakt miteinander stehen, adäquate Drainage bereitstellen, so dass große Oberflächenirregularitäten in den Falten nicht erforderlich sind. Daher kann jede der Lagen des das Filterelement **10** bildenden Filter-Kompositmaterials eine im Wesentlichen ebene Oberfläche haben.

[0031] Der Kern **20** stützt die innere Peripherie des Filterelementes **10** gegen Kräfte in radialer Richtung und hilft auch, dem Filter axiale Festigkeit und Steifigkeit gegen Biegen zu verleihen. Der Kern **20** kann eine herkömmliche Konstruktion sein und aus jedwedem Material bestehen, das ausreichende Festigkeit hat und mit dem zu filtrierenden Fluid kompatibel ist. Durch die Wand des Kerns **20** sind Öffnungen ausgebildet, um den Durchgang von Fluid zwischen der Außenseite und dem Zentrum des Kerns **20** zu ermöglichen.

[0032] Wenn das Filterelement **10** einem Fluidstrom von außen nach innen ausgesetzt wird, ist das Vorhandensein eines Kerns **20** üblicherweise zweckmäßig. In Abhängigkeit von den während der Filtration auf das Filterelement **10** einwirkenden Kräften kann es jedoch möglich sein, auf den Kern **20** zu verzichten. Wenn beispielsweise ein Fluidstrom durch das Filterelement **10** primär von innen nach außen gerichtet ist, können radial

nach innen gehende Kräfte auf das Filterelement **10** fehlen oder so gering sein, dass ein Kern **20** unnötig wird, wodurch das Gewicht des Filters reduziert werden kann.

[0033] Ein erfindungsgemäßes Filter beinhaltet Mittel zum Halten der Falten des Filterelementes **10** in einem übereinandergelegten Zustand. In der gegenständlichen Ausführungsform umfasst dieses Mittel den äußeren Korb **30**, der das Filterelement **10** umgibt. Der Korb **30** kann von herkömmlicher Bauart sein, mit darin ausgebildeten Öffnungen für den Fluiddurchgang. Das Material, aus dem der Korb **30** gemacht ist, kann auf Basis des zu filtrierenden Fluids und der Filtrierbedingungen gewählt werden.

[0034] Üblicherweise ist ein Filter gemäß der vorliegenden Erfindung an einem oder beiden Enden des Filterelementes **10** mit einer Endkappe **40** (von denen nur eine in der **Fig.** 1 gezeigt ist) versehen. Die Endkappen **40** können blinde oder offene Endkappen sein, und das Material, aus dem sie gebildet sind, sowie ihre Gestalt können gemäß den Filtrierbedingungen und den Materialien der Elemente, auf die die Endkappen aufgesetzt werden, gewählt werden. Vorzugsweise sind die Endkappen **40** an dem Filterelement **10** befestigt, aber sie können auch am Kern **20** oder am Korb **30** befestigt werden. Es können herkömmliche Techniken angewendet werden, um die Endkappen an dem Filterelement **10** zu befestigen, wie durch Verwendung eines Epoxy, durch Abdecken (wie beispielsweise in der US-PS 4 154 688 gelehrt) oder durch Reibungsschweißen.

[0035] Um ein Lecken von Fluid an den Enden des Filterelementes **10** zu verhindern, ist es zweckmäßig, eine gute Abdichtung zwischen den Endkappen **40** und den Endoberflächen des Filterelementes **10** zu erhalten, so dass das Fluid daran gehindert wird, durch die Endoberflächen des Filterelementes **10** zu treten. Es kann jedoch schwierig sein, gute Abdichtung zu erreichen, wenn das Filterelement **10** und die Endkappen **40** aus Materialien mit geringer Affinität zueinander bestehen. In solchen Fällen kann eine Einlage in Form eines Streifens aus einem Material mit guter Affinität zum Material der Endkappe in die Enden des Filterelementes **10** beim Welligformen eingelegt werden. Die **Fig.** 4 zeigt schematisch einen Abschnitt eines Filterelementes mit einer Einlage **15**, die zwischen zwei der Lagen des Filter-Kompositmaterials mit eingefaltet ist. Wenn die Endkappen **40** angebracht sind, ermöglicht der Einsatz **15** eine gute Abdichtung zwischen den Enden des Filterelementes **10** und den Endkappen **40**. Wenn die Endkappen beispielsweise aus einem Fluorpolymer sind, kann ein Streifen aus einem anderen Fluorpolymer, wie fluoriertem Ethylen-Propylen-Harz (FEP), in die Enden des Filterelementes **10** als Einlage **15** eingelegt sein. Die Einlage **15** muss nur breit genug sein, damit das Filtermittel mit der Endkappe verbunden wird, und daher erstreckt sie sich, wie in der **Fig.** 4 gezeigt, normalerweise nur über einen Teil der axialen Länge des Filterelementes **10**. Eine typische Breite der Einlage **15** ist ungefähr 12,7 mm (0,5 Inch).

[0036] Das in der **Fig.** 1 illustrierte Filterelement **10** kann nach einer ganzen Reihe von Verfahren hergestellt werden. Bei einem Verfahren wird das Filter-Kompositmaterial zuerst welliggeformt, um eine welliggeformte Lage zu bilden, auf eine geeignete Länge oder Anzahl von Falten zugeschnitten und dann in Zylinderform gebracht. Die Längskanten der welliggeformten Lage werden dann mit herkömmlichen Mitteln miteinander dichtend verbunden, um ein zylinderförmiges Filterelement **10** zu bilden. Die Falten des Filterelementes **10** werden übereinandergelegt, wenn das Filterelement **10** in einen Korb **30** eingesetzt wird. Nachdem das Filterelement **10** in den Korb **30** eingepasst wurde, wird ein Kern **20** in die hohle Mitte des Filterelementes **10** eingesetzt, und dann werden Endkappen **40** an den Enden des Filterelementes **10** angebracht, um ein fertiges Filter zu erhalten.

[0037] Die **Fig.** 5 illustriert ein Verfahren zum Übereinanderlegen der Falten. Bei diesem Verfahren wird das Filterelement **10** der Länge nach in die Öffnung einer trichterförmigen Vorrichtung **60** eingeführt, die einen einem Korb benachbarten Ausgang (das linke Ende in der **Fig.** 5) hat. Wenn das Filterelement **10** in die Vorrichtung **60** geschoben wird, wird es gleichzeitig manuell oder maschinell verdreht, wodurch die Falten über- und aufeinander zu liegen kommen. Die Abmessungen der Vorrichtung **60** werden so gewählt, dass das Filterelement **10** am Ausgang einen Außendurchmesser hat, der genügend klein ist, dass das Filterelement **10** in den Korb **30** gleitet.

[0038] Es ist auch möglich, die Falten einer welliggeformten Lage **10** in einen übereinandergelegten Zustand zu bringen, ehe die Falten in Zylinderform gebracht werden. Beispielsweise kann die Lage, nachdem das Filter-Kompositmaterial zur Bildung einer im Wesentlichen ebenen, welliggeformten Lage durch eine Vorrichtung zum Welligformen geführt wurde, zwischen zwei ebenen Flächen gepresst werden, um die Lage flach zu machen und die Falten in den übereinandergelegten Zustand zu bringen. Die flachgemachte, welliggeformte Lage kann dann in Zylinderform gebracht werden, und die Enden der Lage werden zueinander abgedichtet, um ein zylinderförmiges Filterelement **10** zu bilden.

[0039] Es kann einfacher sein, die Falten des Filterelementes **10** übereinander zu legen, wenn am äußeren Scheitel der Falte ein glatter Radius, im Gegensatz zu einem scharfen Knift, vorhanden ist. Ein Verfahren zur Schaltung eines glatten Radius besteht darin, eine Wegwerf-Papierlage, die als Abziehpapier bezeichnet wird, während des Welligformens auf der Abstromseite des welliggeformten Filter-Kompositmaterials anzubringen. Das Abziehpapier wird Teil der Falten und schafft den gewünschten glatten Radius. Nach dem Beenden des Welligformens und ehe das Komposit-Material in Zylinderform gebracht wird, wird das Abziehpapier von dem Komposit-Material abgezogen. Das für das Abziehpapier verwendete Material ist nicht kritisch. Ein Beispiel für

ein geeignetes Material ist glattes Papier. Die Dicke des Abziehpapierstreifens kann gemäß dem gewünschten Biegeradius des welliggeformten Komposit-Materials gewählt werden, wobei die Dicke der anderen Lagen des Komposit-Materials berücksichtigt wird.

[0040] Ein anderes Verfahren zur Herstellung des Filterelementes **10** erlaubt die Bildung von Falten, bei denen die benachbarten Schenkel leicht verschiedene Länge haben. Bei vielen Filterelementen, insbesondere solchen, die aus einem mehrlagigen Komposit-Material gebildet sind, ist es leichter und verlässlicher, das Filterelement in einen übereinandergelegten Zustand zu bringen, wenn die benachbarten Schenkel jeder Falte leicht verschiedene Länge haben. Solche Falten werden als Falten mit ungleichen Schenkeln bezeichnet.

[0041] Bevorzugte Ausführungsformen eines Faltverfahrens und einer Faltvorrichtung werden nun unter Bezugnahme auf die **Fig.** 6–11 beschrieben, welche einen Zyklus in einem Faltverfahren schematisch illustrieren. Wie in diesen Figuren gezeigt wird, werden Falten auf einem Träger, wie einem ebenen Falttisch **100**, mit Hilfe eines Faltelementes und eines Abstreifelementes gebildet. Die Falten werden zwischen Flächen des Faltelementes und des Abstreifelementes gebildet, die gebogen sind oder sich in einem spitzen Winkel vom Falttisch **100** erstrecken, vorzugsweise in einem Winkel von wesentlich weniger als 90 Grad, bevorzugter in einem Bereich von etwa 15 Grad bis etwa 75 Grad, am bevorzugtesten im Bereich von Bereich von etwa 30 Grad bis etwa 60 Grad, z. B. 45 Grad. Das Faltelement kann beispielsweise ein keilförmiges Element sein, das als Faltkeil **101** bezeichnet wird, und das Abstreifelement kann eine dünne Platte sein, die als Abstreifmesser **102** bezeichnet wird. Der Faltkeil **101** kann in Bezug auf die Oberseite des Falttisches **100** gehoben und gesenkt sowie parallel dazu vorwärts und rückwärts bewegt werden, während das Abstreifmesser **102** in Bezug auf den Falttisch **100** gehoben und gesenkt werden kann. Der Einfachheit halber ist die Oberfläche des Falttisches **100** üblicherweise horizontal, aber eine horizontale Oberfläche ist nicht erforderlich.

[0042] Das zu faltende Material **103** kann durch jedwedes geeignete Mittel auf den Falttisch **100** gebracht werden, wie beispielsweise eine Rolle **104**. Das Material **103** kann einlagig oder ein Komposit-Material aus einer Mehrzahl von Lagen, wie einem Filtermittel und einer oder mehreren Drainagelagen, sein. Die Lagen können zu einem Komposit-Material geformt werden, ehe auf der Rolle **104** gelagert wird, oder die einzelnen Lagen können auf separaten Rollen gelagert und gleichzeitig auf den Falttisch **100** geführt werden, so dass das Komposit-Material gebildet wird, wenn die Lagen gefaltet werden.

[0043] Wie in den Figuren gezeigt wird, sind die Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** und die hintere Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** (die Fläche, die dem Faltkeil **101** gegenüberliegt) beide in Bezug auf den Falttisch **10** um ähnliche, aber nicht notwendigerweise gleiche spitze Winkel geneigt. Weil sich diese Flächen im spitzen Winkel erstrecken oder gebogen sind, ermöglicht es das Verfahren, Falten mit benachbarten Schenkeln ungleicher Länge zu bilden.

[0044] Die **Fig.** 6 illustriert den Beginn eines Faltzyklus, an dem sich der Faltkeil **101** an einem Punkt A in der Figur befindet. In dieser Position ist die Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** von der hinteren Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** um einen vorbestimmten Abstand entfernt, der von der Höhe der zu bildenden Falten abhängt. Die untere Fläche des Faltkeils **101** ist in Reibungskontakt mit dem zu faltenden Material **103**, und die untere Kante des Abstreifmessers **102** wird gegen das zu faltende Material **103** gedrückt, um es festzuhalten.

[0045] Der Faltkeil **101** wird dann vom Punkt A zum Abstreifmesser **102** in Richtung des Pfeils in der **Fig.** 7 bewegt, während die untere Fläche des Faltkeils **101** in Reibungskontakt mit dem zu faltenden Material **103** bleibt. Gleichzeitig wird das Abstreifmesser **102** stationär gehalten. Aufgrund des Reibungskontaktes zwischen dem Faltkeil **101** und dem zu faltenden Material **103** bewirkt die Bewegung des Faltkeils **101** hin zum Abstreifmesser **104**, dass sich der zwischen dem Faltkeil **101** und dem Abstreifmesser **102** befindliche Teil des Materials **103** in Form einer Wölbung **105** von der Oberfläche des Falttisches **100** weg nach oben biegt.

[0046] Wenn der Faltkeil **101** noch näher zu dem Abstreifmesser **102** bewegt wird, beginnt sich die Wölbung **105** des zu faltenden Materials **103** zu einer Falte **11** zu falten, wie in der **Fig.** 8 gezeigt. Der Faltkeil **101** wird weiter bis zu einem Punkt B in der **Fig.** 9 bewegt, wo das Material **103** zwischen der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** und der hinteren Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** zusammengedrückt wird, wodurch eine einzelne Falte **11** gebildet wird.

[0047] Das Abstreifmesser **102** wird dann von dem Falttisch **100** abgehoben und gleichzeitig im Uhrzeigersinn in den Figuren gedreht. Wenn das Abstreifmesser **102** nach oben geht, gleitet seine hintere Fläche **102a** entlang der eben gebildeten Falte **11**, wodurch die Falte **11** weiter gegen die Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** gedrückt wird. Wenn die hintere Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** über das obere Ende der Falte **11** hinaus geht, kann die hintere Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** mit der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** in Kontakt kommen, wie in der **Fig.** 10 gezeigt. Das Abstreifmesser **102** wird dann abgesenkt, und seine hintere Fläche **102a** gleitet entlang der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** zwischen den Faltkeil **101** und die eben gebildete Falte **11**, bis die untere Kante mit dem zu faltenden Material **103** in Kontakt kommt, wie in der **Fig.** 11 gezeigt. Während des Anhebens und Absenkens des Abstreifmessers **102** kann der Faltkeil **101** im Wesentlichen stationär gehalten werden.

[0048] Dann wird, während das Abstreifmesser **102** stationär gehalten wird, das seinerseits das Material **103** stationär hält, der Faltkeil **101** zum Punkt A zurückgeführt, um den Faltzyklus zu beenden. Der Weg des Falt-

keils **101**, wenn er sich vom Punkt B zurück zum Punkt A bewegt, ist so, dass die untere Fläche des Faltkeils **101** über dem zu faltenden Material **103** angehoben wird, so dass das Material **103** nicht zurückgezogen wird. Beispielsweise kann der Faltkeil **101** entlang einer Bahn mit geraden Seiten bewegt werden, wie sie als B-C-D-A in der **Fig.** 11 angegeben ist. Alternativ kann sich der Faltkeil **101** entlang einer gebogenen Bahn bewegen, wenn er vom Punkt B zum Punkt A geht. Nach der Rückkehr des Keils **101** zum Punkt A wird der obige Vorgang wiederholt.

[0049] Jedes Mal, wenn der in den **Fig.** 6–11 illustrierte Zyklus ausgeführt wird, wird eine neue Falte **11** gebildet, und sie wird von dem Abstreifmesser **102** nach rechts zu den schon vorhandenen Falten **11** bewegt, die sich in den Figuren auf der rechten Seite des Abstreifmessers **102** ansammeln. Die gesamte Gruppe der fertigen Falten **11** wird dann durch die Bewegung des Abstreifmessers **102** inkrementell nach rechts geschoben. Es kann jede gewünschte Anzahl von Falten gebildet werden, indem der oben beschriebene Zyklus entsprechend oft wiederholt wird. Die Gruppe geformter Falten kann geeignet vom Ende des Falttisches **100** weggerollt werden.

[0050] Die **Fig.** 12 und 13 sind schematische Illustrationen, die die Wirkungsweise einer Faltleiste **109** zeigen. Diese Figuren sind analog zu den **Fig.** 6–11, außer dass die Faltvorrichtung eine Faltleiste **109** aufweist, die sich durch einen Spalt **110** im Falttisch **100** auf und ab bewegt. In diesen Figuren wird, wenn sich der Faltkeil **101** vom Punkt A zum Punkt B zu bewegen beginnt, die Faltleiste **109** durch den Spalt **110** im Falttisch **100** und über die Oberfläche des Falttisches **100** vorgeschoben. Wenn die Faltleiste **109** über die Oberfläche des Falttisches **100** vorsteht, kommt sie mit dem Material **103** in Kontakt und zwingt es, sich ordentlich, z. B. ohne zu knittern, nach oben zu wölben. Die Oberkante der Faltleiste kann auch einen Kniff in das Material machen, welcher dann der Kopf oder der Fuß der Falte **11** werden kann. Wenn sich der Faltkeil **101** näher zum Punkt B bewegt, wird die Faltleiste **109** unter die Oberfläche des Falttisches **100** zurückgezogen, so dass sich der Faltkeil **101** über den Spalt 110 im Falttisch **100** bewegen kann. Im Übrigen ist der Faltvorgang wie in Bezug auf die **Fig.** 6–11 beschrieben.

[0051] Die **Fig.** 14 ist eine vergrößerte Ansicht einer Falte **11**, die nach den in den **Fig.** 6–13 illustrierten Verfahren gebildet werden kann. Die Falte hat zwei Schenkel **11a**', **11a"**, von denen einer mit der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** und der andere mit der hinteren Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** in Kontakt ist. Da die Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** in Bezug auf den Falttisch **100** um einen spitzen Winkel geneigt ist, kann die Länge L1 des mit der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** in Kontakt stehenden Schenkels **11a**' kürzer sein als die Länge L2 des benachbarten Schenkels **11a"** derselben Falte **11**, wobei die Längen zwischen den Punkten gemessen werden können, wo das Material **103**, das gefaltet wird, auf sich selbst zurückgefaltet wird. Wenn die Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** in Bezug auf die Oberfläche des Falttisches 100 um einen Winkel **Θ**, geneigt und die Dicke des zu faltenden Materials **103t** ist, beträgt die Differenz zwischen den Längen L1 und L2 der benachbarten Schenkel **11a'**, **11a"** ungefähr $L2 - L1 = 2t/\tan \Theta_1$. Die Längendifferenz kann durch geeignete Wahl des Winkels des Faltkeils **101** auf einen gewünschten Wert gebracht werden. Aufgrund des Längenunterschieds können nach dem obigen Verfahren gebildete Falten leicht in einen übereinandergelegten Zustand gebracht werden.

[0052] Viele der Komponenten einer Faltvorrichtung zur Herstellung von Filtern sind denen der handelsüblichen Faltvorrichtungen vom Typ mit Schiebebalken ähnlich, wie einer Faltvorrichtung Modell Nr. 10148 von Chandler Machine Company, Ayer, Massachusetts. Das Falten erfolgt auf einem Falttisch **100**, wie in den **Fig.** 15 und 16 gezeigt. Bei einer typischen Faltvorrichtung hat der Falttisch **100** zwei Abschnitte **100a** und **100b**, die relativ zueinander in horizontaler Richtung verschoben werden können, um zwischen den beiden Abschnitten einen Spalt gewünschter Größe zu bilden. Wenn die beweglichen Abschnitte **100a** und **100b** durch einen Spalt getrennt sind, kann die Faltleiste **109** in dem Spalt durch einen nicht dargestellten Antriebsmechanismus nach oben und unten bewegt werden, um den Faltvorgang zu unterstützen. Wenn die Faltleiste **109** nicht verwendet wird, lässt man die beiden Abschnitte **100a** und **100b** des Falttisches **100** aneinander stoßen, oder der Falttisch **100** kann in einem gemacht und die Faltleiste weggelassen sein.

[0053] In der Ausführungsform der **Fig.** 15, ist das Material, das gefaltet wird, ein Filter-Kompositmaterial **103** aus drei verschiedenen Lagen **103a**, **103b**, **103c**, die von drei verschiedenen Rollen **104a**, **104b**, **104c** zum Falttisch **100** geführt werden. Die Lagen **103a**, **103b**, **103c** können aus dem gleichen oder aus verschiedenen Materialien sein. In diesem Beispiel ist das Material **103b** auf der mittleren Rolle **104b** ein Filtermittel, während die Materialien **103a** und **103c** auf der oberen und der unteren Rolle **104a** bzw. **104c** extrudierte Netzstrukturen sind, die als Drainagelagen für die aufstromseitige und die abstromseitige Oberfläche des Filtermittels **103b** dienen.

[0054] Die Faltvorrichtung ist mit einem Balken ausgestattet, der im Allgemeinen L-förmigen Querschnitt hat und als Schiebebalken **111** bezeichnet wird. Der Schiebebalken **111** ist beweglich auf dem Falttisch **100** angeordnet, so dass er sich entlang einer geschlossenen Bahn bewegen kann, von der sich mindestens ein Teil parallel zur Oberfläche des Falttisches **100** erstreckt. In dieser Ausführungsform wird der Schiebebalken **111** durch einen Antriebsmechanismus **112** entlang einer vierseitigen, geschlossenen Bahn bewegt, die durch die Punkte A'-B'-C'-D' in der **Fig.** 15 angegeben ist. Obwohl der Schiebebalken **111** in einer erfindungsgemäßen

Faltvorrichtung nicht verwendet werden muss, dienen der Schiebebalken **111** und der ihm zugeordnete Antriebsmechanismus **112** als geeignete Mittel, einen Faltkeil **101** anzutreiben.

[0055] Der Faltkeil **101** ist mit Hilfe von Bolzen oder anderen geeigneten Mitteln fest mit dem Vorderende des Schiebebalkens **111** verbunden, so dass sich beide zusammen als einzelne Einheit bewegen. Der Faltkeil **101** hat eine Stirnfläche **101a** mit einem konstanten spitzen Neigungswinkel Θ_1 in Bezug auf die Oberfläche des Falttisches **100**. Vorzugsweise hat zumindest die Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** eine Breite, die im Wesentlichen gleich oder größer als die Breite des Filter-Kompositmaterials **103** ist.

[0056] Wenn sich der Schiebebalken **111** entlang der Bahn A'-B'-C'-D' bewegt, bewegt sich der Faltkeil **101** entlang der Bahn A-B-C-D. Der Faltkeil **101** hat eine untere Fläche, die sich vorzugsweise parallel zum Falttisch **100** erstreckt. Wenn sich der Schiebebalken **111** entlang dem Schenkel D'-A' der Bahn bewegt, wird die untere Fläche des Faltkeils **101** in Reibungskontakt mit dem Filter-Kompositmaterial **103**, das gefaltet wird, abgesenkt. Solange der Faltkeil **101** mit dem Filter-Kompositmaterial **103** in Reibungskontakt ist, kann die untere Fläche des Schiebebalkens **111** von dem Filter-Kompositmaterial **103** beabstandet sein, wenn sich der Schiebebalken **111** entlang dem Schenkel A'-B' bewegt. Mit anderen Worten, die untere Fläche des Schiebebalkens **111** muss nicht in einer Ebene mit der unteren Fläche des Faltkeils **101** sein. Der horizontale Hub des Schiebebalkens **111**, i. e. die Distanz entlang dem Schenkel A'-B', kann angepasst werden, so dass die Höhe der Falten, die von der Hubhöhe abhängt, auf einen gewünschten Wert gesetzt werden kann. Wenn sich der Schiebebalken **111** entlang B'-C' hebt und entlang C'-D' rückwärts bewegt, geht der Faltkeil **101** entlang B-C und C-D, und die untere Fläche des Faltkeils **101** wird durch den Antriebsmechanismus **112** und den Schiebebalken **111** über dem Filter-Kompositmaterial **103** angehoben, so dass das Filter-Kompositmaterial **103** nicht vom Faltkeil **101** zurückgezogen wird.

[0057] Ein Abstreifmesser **102** ist drehbar an hin- und hergehenden Elementen befestigt, das üblicherweise als Schieber **113** bezeichnet werden. Die Schieber **113** sind an den entgegengesetzten Seiten des Faltkeils **101** angeordnet und werden durch den Antriebsmechanismus **114** entlang einer vertikalen Bahn angehoben und abgesenkt. Die zeitliche Abstimmung der Bewegung der Schieber **113** und des Schiebebalkens **111** sowie der Faltleiste **109** während des Betriebs dieser Ausführungsform kann durch eine herkömmliche mechanische oder elektrische Steuerung, die mit den jeweiligen Antriebsmechanismen **112**, **114** gekoppelt ist, geregelt werden. Das Abstreifmesser **102** umfasst vorzugsweise eine dünne Klinge mit einer Breite, die im Wesentlichen gleich oder größer als die Breite des Filter-Kompositmaterials **103** ist. Das obere Ende des Abstreifmessers **102** ist an einem Balken befestigt, der als Abstreifbalken **115** bezeichnet wird und der durch einen Stift **116**, der zwischen den beiden Schiebern **113** angeordnet ist, drehbar auf den Schiebern **113** gelagert. Das untere Ende des Abstreifmessers **102** erstreckt sich bis nahe an den Falttisch **100**, so dass es das Komposit-Material **103** am Bewegen hindern kann, und das untere Ende des Abstreifmessers **102** kann verjüngt sein, um die Trennung der fertigen Falten von der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** zu unterstützen. Der Abstreifbalken **115** wird in der Figur im Uhrzeigersinn durch ein nicht illustriertes Vorspannelement, wie eine Feder, vorgespannt, so dass das Abstreifmesser **102** in Richtung der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** vorgespannt ist. Alternativ kann die Drehachse des Abstreifbalkens so gewählt werden, dass das Gewicht des Abstreifmessers ein Drehmoment im Uhrzeigersinn um die Stange auf das Abstreifmesser ausübt und dabei das Abstreifmesser in Richtung zum Faltkeil vorgespannt wird. Der Abstreifbalken **115** wird durch ein nicht illustriertes Stoppelement, wie einen Stift, daran gehindert, sich gegen den Uhrzeigersinn über die in der **Fig.** 15 gezeigte Position zu drehen.

[0058] In der illustrierten Ausführungsform ist die hintere Fläche **102a** des Abstreifmessers **102**, die der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** gegenüberliegt, eben. Wenn sich das Abstreifmesser **102** in der in der **Fig.** 15 gezeigten Position befindet, hat die hintere Fläche **102a** einen konstanten spitzen Neigungswinkel Θ_2 in Bezug auf die Oberfläche des Falttisches **100**, der nahe dem Neigungswinkel Θ, der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101** ist. Die Neigung der hinteren Fläche **102a** des Abstreifmessers **102** kann etwas kleiner oder gleich sein, ist aber vorzugsweise etwas größer, z. B. etwa 5 Grad größer als die Neigung der Stirnfläche **101a** des Faltkeils **101**, so dass sich ein keilförmiger Raum zwischen dem Faltkeil **101** und dem Abstreifmesser **102** ergibt. Dieser keilförmige Raum unterstützt die Bildung von Falten mit ungleichen Schenkeln.

[0059] Die **Fig.** 17 illustriert einen Teil einer anderen Faltvorrichtung, die analog zu der in den **Fig.** 15 und 16 gezeigten Faltvorrichtung ist. Wie in der vorigen Ausführungsform ist ein Abstreifmesser **102** an einem Abstreifbalken **115** befestigt, der über eine Stange **116** an zwei Schiebern **113**, die an entgegengesetzten Seiten eines Faltkeils **101** angeordnet sind, drehbar gelagert ist. In dieser Ausführungsform hat im Allgemeinen jeder Schieber L-Form, wobei sich ein erster Schenkel **113a** von der Oberfläche des Falttisches **100** nach oben und ein zweiter Schenkel **113b** im Allgemeinen parallel zum Falttisch **100** erstreckt. Der Abstreifbalken **115** ist an dem zweiten Schenkel **113b** drehbar befestigt, so dass er in Bezug auf den Faltkeil **101** in der gleichen Position ist wie der Abstreifbalken **115** der Ausführungsform gemäß **Fig.** 15. Der erste Schenkel **113a** jedes Schiebers **113** ist von der Stelle der Schieber **113** der **Fig.** 15 beabstandet, so dass die Bewegung der Faltleiste **109** nicht gestört wird. Die beiden Abschnitte **100a**, **100b** des Falttisches **100** sind voneinander getrennt, so dass einen Spalt **110** dazwischen gebildet wird, der groß genug ist, dass die Faltleiste **109** passieren kann. Die Faltleiste

109 kann mit Hilfe eines nicht dargestellten Antriebsmechanismus gehoben und abgesenkt werden, wie zuvor beschrieben. Die Faltleiste **109** hat eine Breite, die im Wesentlichen gleich oder größer als die Breite des Filter-Kompositmaterials **103** ist, das gefaltet wird. Der Aufbau und der Betrieb dieser Ausführungsform sind ansonsten analog zu denen der Ausführungsform der **Fig.** 15 und 16.

[0060] In den vorhergehenden Ausführungsformen sind die gegenüberliegenden Flächen des Faltkeils und des Abstreifmessers beide im Allgemeinen eben, so dass die Schenkel jeder Falte, die zwischen den gegenüberliegenden Flächen geformt wird, im Wesentlichen gerade sind. Wenn jedoch ein Faltenfilterelement in einen übereinandergelegten Zustand in einer zylinderförmigen Konfiguration gebracht wird, nehmen die einzelnen Falten im Allgemeinen eine gebogene Form an, wenn man sie im Querschnitt betrachtet, wobei sich jeder Schenkel einer Falte entlang einem Bogen von der inneren zur äußeren Peripherie des Filterelementes erstreckt. Es ist daher einfacher, die Falten eines Filterelementes übereinander zu legen, wenn die Falten zum Zeitpunkt der Faltenbildung mit einem gebogenen Profil geformt werden.

[0061] Die **Fig.** 18 illustriert eine andere Ausführungsform, die zur Bildung gebogener Falten, einschließlich gebogener Falten mit ungleichen Schenkeln, in der Lage ist. In dieser Ausführungsform sind die gegenüberliegenden Flächen **101a**, **102a** des Faltelementes **101** und des Abstreifmessers **102** zumindest in jenen Abschnitten gebogen, die während der Faltenbildung mit dem Filter-Kompositmaterial in Kontakt stehen. Obwohl eine ganze Reihe von Kurven, regelmäßige oder unregelmäßige, für die gegenüberliegenden Flächen geeignet sind, haben die Flächen in den illustrierten Ausführungsformen bogenförmige Gestalt. Das Faltelement **101** hat eine Stirnfläche **101a** mit einem Krümmungsradius, der vorzugsweise kleiner ist als jener entlang der hinteren Fläche **102a** des Abstreifmessers **102**, so dass die beiden Fläche **101a**, **102a** durch einen Raum getrennt sind, dessen Größe mit zunehmendem Abstand von der Oberfläche des Falttisches **100** zunimmt. Dieser Raum unterstützt die Bildung von Falten mit ungleichen Schenkeln. In der illustrierten Ausführungsform ist das Abstreifmesser **102** drehbar an einem Schieber **113** montiert, der analog zum Schieber **113** der **Fig.** 15 ist, die beiden Abschnitte **100a**, **100b** des Falttisches **100** stoßen aneinander und die Faltleiste **109** befindet sich in nicht betriebsbereiter Position unter dem Falttisch **100**. Die Faltenbildung unter Verwendung der Ausführungsform der **Fig.** 18 erfolgt im Wesentlichen auf die gleiche Art, wie sie in den **Fig.** 6-13 illustriert ist, beispielsweise wird ein Filter-Kompositmaterial zwischen den gebogenen Flächen **101a**, **102a** des Faltelementes **101** und des Abstreifmessers **102** zusammengedrückt, um Falten mit gebogenen Schenkeln, vorzugsweise ungleicher Länge, zu bilden, die leicht in einen übereinandergelegten Zustand in Zylinderform gebracht werden können.

[0062] Nachdem das Filter-Kompositmaterial gefaltet wurde, wird das gefaltete Filter-Kompositmaterial, das aus der Faltvorrichtung austritt, auf eine vorgeschriebene Länge oder eine vorgeschriebene Anzahl von Falten, die von den vorgesehenen Abmessungen des Filterelementes abhängt, zugeschnitten. Das gefaltete Filter-Kompositmaterial wird dann in Zylinderform gebracht, und die Längskanten des gefalteten Filter-Kompositmaterials werden mit herkömmlichen Mitteln miteinander abgedichtet, um eine zylinderförmige Faltenfilterpackung zu bilden. Die Falten der Filterpackung werden dann in einen übereinandergelegten Zustand gebracht, in welchem die gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Schenkel der Falten über einen wesentlichen Abschnitt der Höhe der Falten miteinander in Kontakt stehen. Da die Falten gebogene Schenkel und/oder ungleiche Schenkel haben, wird die Bildung der zylinderförmigen Faltenfilterpackung in einem übereinandergelegten Zustand sehr erleichtert.

[0063] Die **Fig.** 19–21 illustrieren ein geeignetes Verfahren, um das zylinderförmige Faltenfilterelement in den übereinandergelegten Zustand zu bringen. Ein herkömmlicher perforierter, zylinderförmiger Kern **20** wird auf einem Spannfutter **120** angeordnet, und ein zylinderförmiges Faltenfilterelement **10** wird locker über dem Kern **20** angeordnet, wie in der **Fig.** 19 gezeigt. Ein rohrförmiges Element **122** mit einem Innendurchmesser, der dem gewünschten Außendurchmesser des übereinandergelegten Filterelementes **10** entspricht, wird an das obere Ende des Filterelementes **10** gebracht und nach unten gedrückt, wie das der Pfeil in der **Fig.** 19 anzeigt. Die Falten des Filterelementes **10** werden vor dem Übereinanderlegen locker gepackt, und die Falten am oberen Ende des Filterelementes **10** können üblicherweise leicht zusammengedrückt werden, damit sie in das untere Ende des rohrförmigen Elementes **122** passen. Wenn das rohrförmige Element **122** über das Filterelement **10** nach unten gedrückt wird, werden die Falten des Filterelementes **10** übereinandergelegt, bis der Außendurchmesser des Filterelementes **10** zum Innendurchmesser des rohrförmigen Elementes **122** passt.

[0064] Wenn die gesamte Länge des rohrförmigen Elementes **122** über das Filterelement **10** gepasst wurde, werden das rohrförmige Element **122**, das übereinandergelegte Filterelement **10** und der Kern **20** als einzelne Einheit von dem Spannfutter **120** entfernt und auf ein anderes Spannfutter **123** gebracht, wie in der **Fig.** 20 gezeigt. Dieses Spannfutter **123** hat einen unteren Basisteil **124**, der einen oberen Basisteil **125** mittels einer Verbindungsstange **126** stützt. Der obere Basisteil **125** kann scheibenförmig sein und hat vorzugsweise einen Durchmesser, der kleiner als der Innendurchmesser des rohrförmigen Elementes **122**, aber größer als der Innendurchmesser des übereinandergelegten Filterelementes **10** ist. Dann wird ein herkömmlicher perforierter, zylinderförmiger Korb **30** mit einem Innendurchmesser, der dem gewünschten Außendurchmesser des übereinandergelegten Filterelementes **10** entspricht, auf das rohrförmige Element **122** gebracht und in Richtung des Pfeils in der **Fig.** 19 nach unten gedrückt. Die Filterpackung **121** wird durch den oberen Basisteil **125** des

Spannfutters **123** daran gehindert, sich nach unten zu bewegen, aber das rohrförmige Element **122** kann sich bewegen, so dass die auf den Korb **30** ausgeübte, nach unten gerichtete Kraft bewirkt, dass er über das übereinandergelegte Filterelement **10** gleitet und dabei das rohrförmige Element **122** verdrängt. Der Korb **30** wird nach unten geschoben, bis sein unteres Ende den oberen Basisteil **125** erreicht und das rohrförmige Element **122** vollständig von dem Filterelement **10** getrennt ist, wie in der **Fig.** 20 gezeigt. Die den Kern **20**, das übereinandergelegte Filterelement **10** und den Korb **30** umfassende Anordnung kann dann vom Spannfutter **123** entfernt und der weiteren Verarbeitung zugeführt werden, wie dem Anbringen von Endkappen an einem oder an beiden Enden nach herkömmlichen Verfahren zum Anbringen von Endkappen.

[0065] Filterelemente gemäß der vorliegenden Erfindung haben einen weit größeren für die Filtration nutzbaren Oberflächenbereich als herkömmliche Faltenfilterelemente bei gleichem Innen- und Außendurchmesser. Beispielsweise ist für ein Filterelement mit Längsfalten, wie in den **Fig.** 2 und 3 gezeigt, der gesamte Oberflächenbereich A des Filterelementes gegeben durch die Formel

$$A = 2\,hNL \qquad (1)$$

worin h die Höhe der Falten, N die Zahl der Falten in dem Filterelement und L die Länge der Falten, gemessen in axialer Richtung des Filterelementes, ist. In einem Faltenfilterelement, in dem benachbarte Falten entlang dem Innendurchmesser des Filterelementes in Kontakt stehen, ist die Zahl der Falten N ungefähr gegeben durch

$$N = \frac{\pi (d + 2t)}{2t} \qquad (2)$$

worin t die Dicke des Komposit-Materials (Filtermittel + Drainagelagen + andere Lagen) ist.

[0066] In einem herkömmlichen Filterelement ohne übereinandergelegte Falten ist die Faltenhöhe gegeben durch die Formel

$$h = \frac{(D - d)}{2} \qquad (3)$$

worin D der Außendurchmesser des Filterelementes und d der Innendurchmesser des Filterelementes ist.

[0067] Im Gegensatz dazu ist bei einem Filterelement mit übereinandergelegten Falten, wie in der **Fig.** 2 gezeigt, wo gegenüberliegende Oberflächen benachbarter Schenkel der Falten im Wesentlichen über die gesamte Faltenhöhe in innigem Kontakt stehen, die maximal erreichbare Faltenhöhe h_{max} ungefähr gegeben durch die Formel

$$h_{max} = \frac{D^2 - d^2}{4 (d + 2t)} \qquad (4)$$

[0068] In einem Filter mit übereinandergelegten Falten ist die Höhe der Falten geringer als die maximale Faltenhöhe h_{max}, beispielsweise wegen der Schwierigkeit, die Falten perfekt messerscharf zu falten. Die tatsächliche Faltenhöhe beträgt jedoch vorzugsweise mindestens 80%, bevorzugter mindestens 90% von h_{max}, so dass das Volumen zwischen Innen- und Außendurchmesser des Filterelementes optimal genutzt wird.

[0069] Unter Verwendung dieser Formeln ist es möglich, die Zunahme des von dem erfindungsgemäßen Filter bereitgestellten Filtrierbereiches zu berechnen. Für ein Filterelement mit der Länge L gleich 254 mm (10 Inch), einer Dicke t des Komposit-Materials von 4,445 mm (0,175 Inch), einem Innendurchmesser d von 30,5 mm (1,2 Inch) und einem Außendurchmesser D von 69,85 mm (2,75 Inch) ist die Zahl N der Falten, gegeben durch die Gleichung (2), gleich

$$N = \frac{\pi (30{,}5 + 8{,}89)}{8{,}89} = 13$$

[0070] Die Faltenhöhe bei einem herkömmlichen Filter und die maximale Faltenhöhe bei einem erfindungsgemäßen Filter sind durch die Gleichungen (3) bzw. (4) gegeben als

$$h\ (\text{herkömmliches Filter}) = \frac{(69{,}85 - 30{,}5)}{2}$$

$$= 19{,}675\ \text{mm} \quad (0{,}775\ \text{Inch})$$

$$h_{max}\ (\text{übereinandergelegte Falten}) = \frac{(69{,}85^2 - 30{,}5^2)}{4\ (30{,}5 + 8{,}89)}$$

$$= 31{,}47\ \text{mm} \quad (1{,}239\ \text{Inch})$$

[0071] Wenn man diese Werte in die Gleichung (1) einsetzt, bekommt man die folgenden Oberflächenbereiche, wobei A_{max} der maximal mögliche Oberflächenbereich ist, der einer Faltenhöhe h_{max} entspricht:

A(herkömmliches Filter) = 2 × 19,675 × 13 × 254 = 64967 mm^2 (201,5 $Inch^2$)

A_{max}(übereinandergelegte Falten) = 2 × 31,47 × 13 × 254 = 207828 mm^2 (322,14 $Inch^2$)

[0072] In diesem Beispiel ist also der maximal mögliche Oberflächenbereich eines Filters gemäß dieser Erfindung, das übereinandergelegte Falten hat, ungefähr 60% größer als der Oberflächenbereich bei einem herkömmlichen Faltenfilter mit gleichen inneren und äußeren Abmessungen. Selbst wenn die tatsächliche Höhe der übereinandergelegten Falten nur 80% von h_{max} beträgt, ist der tatsächliche Oberflächenbereich des Filters noch 207 828 × 0,80 = 166 262 mm^2 (257,71 $Inch^2$), was 28% höher ist.
[0073] Der vergrößerte Oberflächenbereich eines Filterelementes mit übereinandergelegten Falten gemäß der vorliegenden Erfindung erhöht die Lebensdauer des Filterelementes im Vergleich zu einem herkömmlichen Filterelement mit den gleichen inneren und äußeren Abmessungen.
[0074] Weiter bewirkt die Tatsache, dass die Falten im übereinandergelegten Zustand sind, dass die Falten gleichmäßig gestützt sind und dass konzentrierte Beladungen gleichmäßig über das Filterelement verteilt werden. Dies minimiert die Faltenbewegung und erhöht die Fähigkeit der Falten, Teilchen in pulsierenden Strömungssystemen zurückzuhalten. Wenn die Falten in einem übereinandergelegten Zustand sind, sind außerdem die Endoberflächen des Filterelementes extrem kompakt und bieten besseren Widerstand gegen Beschädigung des Filtermittels während des Anbringens der Endkappen an dem Filterelement.
[0075] Der Druckabfall ΔP über ein Faltenfilterelement mit aufstromseitigen und abstromseitigen Stütz- und Drainagelagen ist durch die folgende Gleichung gegeben:

$$\Delta P = (K_e h + K_m/2h)\cdot(\mu Q/Nl) \qquad (5)$$

worin
μ = absolute Viskosität des Fluids, das filtriert wird,
Q = Volumendurchsatz des Fluids
K_e = Längsströmungswiderstandsfaktor von Stütz- und Drainagematerial
K_m = Strömungswiderstandsfaktor des Filtermittels
h = Faltenhöhe
l = Faltenlänge in axialer Richtung des Filters
N = Zahl der Falten.
[0076] Wenn alle Faktoren außer der Faltenhöhe h in der Gleichung (5) konstant sind, ist der Druckabfall ΔP ein Minimum, wenn die Faltenhöhe durch die folgende Gleichung ausgedrückt wird.
[0077]

$$h = (K_m/2K_e)^{1/2} \qquad (6)$$

[0078] In Fällen, in denen der Außendurchmesser des Filterelementes nach Belieben gewählt werden kann, kann also der Druckabfall ΔP über ein Filter gemäß der vorliegenden Erfindung minimiert werden, und die Effizienz des Filters kann maximiert werden, indem man den Außendurchmesser so wählt, dass die Faltenhöhe h die Gleichung (6) erfüllt.
[0079] Es können auch andere Mittel als ein Korb verwendet werden, um die Falten im übereinandergelegten Zustand zu halten. Beispielsweise kann der Korb durch eine Mehrzahl von nicht miteinander verbundenen Ringen ersetzt werden, die über das Filterelement **10** passen, so dass die Falten am Entfalten gehindert werden. Ein anderes geeignetes Mittel, um die Falten festzuhalten, ist ein flächiges Material, das mit ausreichender Spannung um das Filterelement gewickelt wird, dass die Falten daran gehindert werden, sich aus einem übereinandergelegten Zustand herauszubiegen. Die **Fig.** 22 ist eine aufgeschnittene Ansicht einer zweiten Ausfüh-

rungsform der vorliegenden Erfindung, in der der Korb der **Fig.** 1 durch ein helixförmiges Umhüllungselement **50** ersetzt ist, das einen Streifen mit parallelen Seiten und aus einem flexiblen Material umfasst, der in einer Mehrzahl von Windungen helixförmig um das Filterelement **10** gewickelt ist. Das Umhüllungselement **50** kann aus jedwedem Material sein, das mit dem zu filtrierenden Fluid kompatibel ist. Wenn das Umhüllungselement **50** die äußere Peripherie des Filterelementes **10** vollständig umhüllt, ist das Umhüllungselement **50** vorzugsweise porös. In vielen Anwendungen ist ein poröses, polymeres Nonwoven-Material geeignet, das von Reemay Corporation unter der Handelsbezeichnung Reemay erhältlich ist. Es können auch Laminate des Reemay-Materials verwendet werden. Beispiele für andere geeignete Materialien sind Ölkartonpapier und Mylar-Film.

[0080] Das Umhüllungselement **50** kann ein relativ dünnes Material sein, von dem nicht erwartet wird, dass es großen Belastungen widersteht, so dass es primär geeignet ist, wenn das Filterelement **10** einer Strömung von außen nach innen ausgesetzt ist. In diesem Fall muss das Umhüllungselement **50** nur stark genug sein, dass es die Falten im übereinandergelegten Zustand hält und radial nach außen gerichteten Kräften widersteht, die während momentaner Umkehrungen der Strömungsrichtung von Fluid durch das Filterelement **10** auftreten. Alternativ kann die Umhüllung aus einem stärkeren Material bestehen, das den mit einer Strömung von innen nach außen verbundenen relativ größeren Belastungen widersteht. Die Spannung des Umhüllungselementes **50** kann gemäß den erwarteten Filtrierbedingungen gewählt werden.

[0081] Das Umhüllungselement **50** kann mit oder ohne Überlappungen zwischen benachbarten Windungen des Umhüllungselementes **50** um das Filterelement **10** gewickelt werden. Beispielsweise können benachbarte Windungen des Umhüllungselementes 50 im Wesentlichen ohne Überlappung aneinander stoßen, oder es ist durch Anwendung einer Überlappung möglich, mehrere Lagen des Umhüllungselementes **50** um das Filterelement **10** zu wickeln. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Schmutzkapazität des Filterelementes **10** im Vergleich zu der eines nicht umhüllten Faltenfilterelementes oder im Vergleich zu der eines von dem Umhüllungselement vollständig umhüllten Faltenfilterelementes stark erhöht werden kann, wenn das Umhüllungselement **50** nicht behinderte Öffnungen aufweist. Die Öffnungen können in dem Material des Umhüllungselementes **50** selbst ausgebildete Löcher sein, oder sie können zwischen benachbarten Windungen des Umhüllungselementes **50** verbleibende Zwischenräume sein. In der Ausführungsform der **Fig.** 22 ist das Umhüllungselement **50** so um das Filterelement **10** gewickelt, dass Öffnungen in Form eines helixförmigen Zwischenraumes **51** zwischen benachbarten Windungen bleiben.

[0082] Um zu verhindern, dass das Umhüllungselement **50** beladen wird, sollte die Größe der Öffnungen des Umhüllungselementes **50** ausreichend groß sein, damit praktisch alle in dem Fluid, das filtriert wird, enthaltenen Teilchen passieren können. Zudem ist der Gesamtbereich der Öffnungen im Allgemeinen weniger als 50% des gesamten Oberflächenbereichs der zylinderförmigen Oberfläche, die durch die Scheitel der Falten **11** des Filterelementes **10** definiert wird. Bevorzugter liegt der Gesamtbereich der Öffnungen im Bereich von etwa 6% bis etwa 30% des gesamten Oberflächenbereichs der durch die Scheitel der Falten **11** definierten Oberfläche.

[0083] Das Umhüllungselement **50** ist vorzugsweise so befestigt, dass ein Abwickeln von dem Filterelement **10** verhindert wird. Eine Methode des Befestigens des Umhüllungselementes **50** besteht darin, es durch ein Bindemittel, wie einen Schmelzkleber, das auf das Umhüllungselement **50** aufgebracht wird, wenn es um das Filterelement **10** gewickelt wird, am Filterelement **10** zu befestigen. Das Bindemittel kann auf das Umhüllungselement **50** in Form eines kontinuierlichen oder intermittierenden Stranges aufgebracht werden, der sich parallel zu den Kanten des Umhüllungselementes **50** um das Filterelement **10** erstreckt. Alternativ kann das Umhüllungselement **50**, wenn es aus einem polymeren Material besteht, mit Hilfe eines heißen Rades, das entlang der Länge des Filterelementes **10** wandert, während sich das Filterelement **10** dreht, an das Filterelement **10** schmelzgebunden werden. Das Umhüllungselement **50** kann direkt am Filterelement **10** befestigt werden, oder es können, falls es Überlappungen zwischen benachbarten Windungen des Umhüllungselementes **50** gibt, die benachbarten Windungen direkt aneinander befestigt werden. Es ist auch möglich, das Umhüllungselement **50** um das Filterelement **10** zu wickeln, ohne dass die beiden direkt aneinander befestigt werden, und nur die den Endkappen **40** benachbarten Abschnitte des Umhüllungselementes **50** mit Hilfe der Endkappen **40** oder durch andere mechanischen Mittel, wie Crimpen, zu befestigen.

[0084] Ein Umhüllungselement **50** wird üblicherweise um ein zylinderförmiges Filterelement gewickelt, indem das Filterelement auf einen Dorn gebracht wird und der Dorn und das Filterelement gedreht werden, während das Umhüllungselement auf das Filterelement aufgebracht wird. Die Falten des Filterelementes können zum Zeitpunkt der Umhüllung durch Verwendung einer trichterförmigen Vorrichtung **60**, wie der in der **Fig.** 5 illustrierten, in einen übereinandergelegten Zustand gebracht werden. Wenn der Dorn gedreht wird, kann die Vorrichtung **60** in Längsrichtung des Filterelementes vorgeschoben werden. Wenn die Falten aus dem Ausgang der Vorrichtung **60** austreten, sind sie im übereinandergelegten Zustand, und das Umhüllungselement **50** kann um die Falten in diesem Zustand gewickelt werden.

[0085] Das Umhüllungselement **50** ist nicht auf einen einzelnen Materialstreifen eingeschränkt. Beispielsweise kann das Umhüllungselement **50** zwei Streifen Material umfassen, die in einer Doppelhelix um das Filterelement **10** gewickelt sind. Alternativ kann das Umhüllungselement **50** statt helixförmig auch in Umfangsrichtung

um das Filterelement **10** gewickelt werden.

[0086] Nachstehend ist eine Reihe von Faltenfilterelementen gemäß der vorliegenden Erfindung aufgelistet. Die Komponenten jedes Filterelementes sind von der Aufstromseite zur Abstromseite des Elementes aufgelistet.

Element A – Zylinderförmiges Element in einem äußeren Korb

Aufstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.013D 26 x 31)
Filtermittel	schmelzgeblasenes Polypropylenmedium mit sich verjüngenden Poren mit 10-Mikrometer absoluter Trennleistung
Abstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.013D 26 x 31)

Zahl der Falten = 63

Faltenhöhe = 15,24 mm (0,600 Inch)

Korb I.D. = 66 mm (2,60 Inch)

Kern A.D. = 45,72 mm (1,8 Inch)

Element B - Zylinderförmiges Element in einem äußeren Korb

Aufstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.013D 26 x 31)
Vorfilter	schmelzgeblasenes Polypropylenmedium mit sich verjüngenden Poren mit 10-Mikrometer absoluter Trennleistung
Filtermittel	schmelzgeblasenes Polypropylenmedium mit 6-Mikrometer absoluter Trennleistung
Abstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.013D 26 x 31)

Zahl der Falten = 58

Faltenhöhe = 16,51 mm (0,650 Inch)
Korb I.D. = 66 mm (2,60 Inch)
Kern A.D. = 45,72mm (1,8 Inch)

Element C - Zylinderförmiges Element in einem äußeren Korb

Aufstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.020S 16 x 16)
Vorfilter	faseriges Tiefenfilter aus dicken Polypropylenfasern mit 90-Mikrometer absoluter Trennleistung
Filtermittel	faseriges Tiefenfilter aus dicken Polypropylenfasern. Etwa 2,03 mm (0,080 Inch) dick. 20-Mikrometer absolute Trennleistung
Abstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.020S 16 x 16)

Zahl der Falten = 24
Faltenhöhe = 21,1 mm (0,830 Inch)
Korb I.D. = 62,23 mm (2,45 Inch)
Kern A.D. = 33,02 mm (1.3 Inch)

Element D - Zylinderförmiges Element mit helixförmiger Umhüllung

Aufstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Polypropylen-Netzstruktur (NIF.020S 15 x 15)
Pufferlage	Reemay 2250 Nonwoven-Polyester
Filtermittel	Glasfasermedium mit 6-Mikrometer absoluter Trennleistung auf einem Nonwoven-Polyestersubstrat
Abstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Nylon-Netzstruktur (NIF.020S 15 x 15)
Helixförmige Umhüllung	Reemay 2024 Nonwoven-Polyester, mit Polyamid-Heißschmelzsträngen am Filterelement befestigt

Zahl der Falten = 63
Faltenhöhe = 19,05 mm (0,750 Inch)
Kern A.D. = 47,625 mm (1,875 Inch)
Element A.D. = 76,71 mm (3,02 Inch)

Element E - Zylinderförmiges Element mit helixförmiger Umhüllung

Aufstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Nylon-Netzstruktur (NIF.020S 15 x 15)
Pufferlage	Reemay 2250 Nonwoven-Polyester
Filtermittel	Glasfasermedium mit 12-Mikrometer absoluter Trennleistung auf einem Nonwoven-Polyester-substrat
Abstromseitige Drainagelage	Nalle extrudierte Nylon-Netzstruktur (NIF.020S 15 x 15)
Helixförmige Umhüllung	Reemay 2024 Nonwoven-Polyester, mit Polyamid-Heißschmelzsträngen am Filterelement befestigt

Zahl der Falten = 40
Faltenhöhe = 13,46 mm (0,530 Inch)
Kern A.D. = 28,52 mm (1,123 Inch)
Element A.D. = 49 mm (1,93 Inch)

Element F - Zylinderförmiges Element in einem äußeren Korb

Aufstromseitige Drainagelage	Reemay 2011 Nonwoven-Polyester
Aufstromseitiges Filtermittel	Nylonmembran mit 0,2-Mikrometer absoluter Trennleistung
Abstromseitiges Filtermittel	gleich wie aufstromseitiges Filtermittel
Abstromseitige Drainagelage	Reemay 2011 Nonwoven-Polyester

Zahl der Falten = 127
Faltenhöhe = 21,84 mm (0,86 Inch)
Korb I.D. = 67,31 mm (2,65 Inch)
Kern A.D. = 35,56 mm (1,4 Inch)

Element G - Zylinderförmiges Element in einem äußeren Korb

Aufstromseitige Drainagelage	Nonwoven-PTFE mit FEP-Bindemittel
Filtermittel	Membran der UP00-Serie (PTFE-Membran, erhältlich von Sumitomo Electric unter dem Handelsnamen Poreflon. Geeignete Klasse)
Abstromseitige Drainagelage	Nonwoven-PTFE mit FEP-Bindemittel

Zahl der Falten = 140

Faltenhöhe = 12,45 mm (0,49 Inch)

Korb I.D. = 62,48 mm (2,46 Inch)

Kern A.D. = 42,67 mm (1,68 Inch)

In jedes Ende des Filterelementes wurde ein FEP-Streifen mitgefaltet, um die Befestigung der Endkappen am Filterelement zu erleichtern.

[0087] In jedem der obigen Beispiele standen die gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Schenkel der Falten über die gesamte axiale Länge des Filterelementes in innigem Kontakt.

[0088] Die illustrierten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind für die Verwendung bei radialem Fluidstrom von außen nach innen durch das Filterelement gedacht. Es ist jedoch auch möglich, ein erfindungsgemäßes Filter für einen radialen Strom von innen nach außen zu verwenden. Ein zu filtrierendes Fluid, i. e. eine Flüssigkeit oder ein Gas, wird durch die übereinandergelegten Falten **11** des Filterelementes **10** des Filters geleitet. Das Fluid wird durch die aufstromseitige Drainagelage **13** entlang der gesamten aufstromseitigen Oberfläche des Filtermittels **12** verteilt, selbst auf die Bereiche des Filtermittels **12** tief in dem Filterelement **10**, nahe dem Kern **20**. Das Fluid geht dann durch das Filtermittel **12**, wobei das Fluid filtriert wird und Teilchen auf oder in dem Filtermittel **12** abgelagert werden. Von der Abstromseite des Filtermittels **12** wird das filtrierte Fluid entlang der abstromseitigen Drainagelage **14** abgezogen, tritt in den perforierten Kern **20** ein und aus dem Filter aus.

[0089] Das Filter kann gereinigt werden, indem ein Reinigungsfluid in der entgegengesetzten Richtung durch das Filter geleitet wird. Das Reinigungsfluid kann ein Gas sein, das durch das Filter zurückgeblasen wird, oder es kann eine Flüssigkeit sein, die durch das Filter rückgespült wird. Beispielsweise kann eine Rückspülflüssigkeit, wie Wasser, vom Inneren des perforierten Kerns **20** durch die übereinandergelegten Falten **11** des Filterelementes **10** geleitet werden. Die Rückspülflüssigkeit wird von der abstromseitigen Drainagelage **14** entlang der gesamten abstromseitigen Oberfläche des Filtermittels **12** verteilt, selbst in den Bereichen des Filtermittels **12**, die sich vom Kern **20** beabstandet, nahe dem Korb **30** oder der Umhüllung **50** befinden. Die Rückspülflüssigkeit geht dann durch das Filtermittel **12**, wobei es Teilchen vom Inneren des Filtermittels **12** und/oder von der aufstromseitigen Oberfläche des Filtermittels **12** abführt. Die Teilchen werden dann durch die aufstromseitige Drainagelage **13** gespült und mit der Rückspülflüssigkeit aus dem Filter ausgetragen. Das Verhältnis der Menge an Rückspülflüssigkeit, mit der das Filterelement durchgespült wird, zur Menge an Fluid, das durch das Filterelement filtriert wird, kann so viel wie etwa **10** und bevorzugter im Bereich von etwa **2** bis etwa **4** sein.

[0090] Während Filter, welche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen, in einer großen Anzahl von Anwendungen nützlich sind, ist eine besonders vorteilhafte Verwendung die als Anschwemmfilter. Ein Beispiel für ein Anschwemmfilter **130** ist in der **Fig.** 23 gezeigt und umfasst im Allgemeinen einen perforierten Kern **20** und ein übereinandergelegtes Filterelement **10**, das denen des in der **Fig.** 1 gezeigten Filters ähnlich sein kann. Außerdem umfasst das Anschwemmfilter **130** eine Umhüllung **50**, die als Septum zum Halten einer Anschwemmschicht **131** dient, und ein Schutzelement **132** zum Schutz der Anschwemmschicht **131** vor Erosion.

[0091] Um das Filterelement **10** und das Septum **50** vor radial gerichteten Kräften zu schützen, kann der Kern **20** jedwedes ausreichend starke, steife Material umfassen, das mit dem zu reinigenden Fluid kompatibel ist, wie zuvor beschrieben. Obwohl das Anschwemmfilter vorzugsweise einen perforierten Kern aufweist, kann der Kern auch weggelassen werden, beispielsweise wenn das Filterelement ausreichende strukturelle Integrität aufweist, um radial gerichteten Kräften ohne Kern zu widerstehen.

[0092] Das Filterelement **10** kann ein einlagiges oder ein mehrlagiges Komposit-Material sein und jedwedes geeignete Filtermittel sowie ein Drainagemittel und eine Pufferlage umfassen, wie zuvor beschrieben. Wenn das Anschwemmfilter beispielsweise für Aufbereitung von Nuklearkondensat verwendet werden soll, wo das zu reinigende Fluid Wasser ist, kann das Filterelement **10** ein sandwichartig zwischen einer aufstromseitigen Drainagelage und einer abstromseitigen Drainagelage angeordnetes Filtermittel aufweisen. Jede Drainagelage kann eine extrudierte Polypropylen-Netzstruktur aufweisen. Das Filtermittel schließt enthält ein Fasermaterial, das Fasern aus aromatischem Polyamid umfasst, wie die unter der Handelsbezeichnung Kevlar von DuPont de Nemours E. I. Co. erhältlichen, die fibrilliert und an ein Cellulose- oder ein polymeres Nonwoven-Substrat harzgebunden sind, das die Abstromseite des Mittels bildet. Die Porengröße des Filtermittels ist vorzugsweise ausreichend klein, dass das Filtermittel in der Lage ist, im Wesentlichen alle Teilchen im Anschwemmschichtmaterial aufzuhalten, so dass feine Teilchen in dem Anschwemmmaterial, die durch das Septum gehen, durch das Filtermittel zurückgehalten werden. Die Porengröße des Filtermittel kann auch ausreichend klein

sein, um zusätzliche Feinteilchen in dem zu filtrierenden Fluid aufzuhalten, Feinteilchen, die zu klein sein können, um von der Anschwemmschicht **131** abgefangen zu werden.

[0093] Das Septum **50** umfasst vorzugsweise eine flexible, poröse Umhüllung, die um die äußere Peripherie des Filterelementes **10** gewickelt ist und diese vollständig bedeckt, wie zuvor beschrieben. Vorzugsweise ist das Septum **50** ausreichend stark, so dass es nicht nur als Träger für die Anschwemmschicht **131** dienen kann, sondern auch als Mittel, um das Filterelement **10** in einem übereinandergelegten Zustand zu halten, und zwar sowohl während der Filtration (wenn das Anschwemmfilter einem radial nach innen gerichteten Strom ausgesetzt ist) als auch während des Rückspülens (wenn das Anschwemmfilterelement einem radial nach außen gerichteten Strom ausgesetzt ist). Das Septum **50** ist vorzugsweise auch ausreichend stark, um radial nach außen gerichteten Drücken auf das Anschwemmfilter während des Rückspülens zu widerstehen. Üblicherweise liegen diese Drücke im Bereich von ungefähr 69,95 kPa (10 psi) bis ungefähr 699,5 kPa (100 psi).

[0094] Das Septum **50** wird vorzugsweise so gewählt, dass es eine solche Porengröße aufweist, dass es den Durchgang der meisten Teilchen in dem Anschwemmmaterial verhindern kann, wodurch sich ein Kuchen von Anschwemmmaterial auf der aufstromseitigen Oberfläche des Septums aufbauen kann. Wenn die kleinsten Teilchen in dem Anschwemmmaterial das Septum **50** passieren, können sie von dem Filterelement **10** aufgehalten werden, das eine sehr hohe Schmutzkapazität hat und daher nicht durch die feinen Teilchen verstopft wird. Da das Septum **50** nicht alle Teilchen in dem Anschwemmmaterial halten muss, kann es eine Porosität haben, die ermöglicht, dass es während einer langen Zeitdauer in Verwendung bleibt, ehe es gereinigt oder ersetzt werden muss.

[0095] Das Material, aus dem das Septum **50** hergestellt ist, hängt von den Eigenschaften des zu filtrierenden Fluids und des Anschwemmmaterials ab. Ein geeignetes Septum-Material ist beispielsweise eine gewebte Netzstruktur aus korrosionsbeständigem Metal, wie rostfreiem Stahl. Es ist eine ganze Reihe von Bindungen geeignet, darunter Kreuzbindung und Dutch Köperbindung, wobei die Kreuzbindung bevorzugt ist, weil sie dünner und daher leichter zu handhaben ist. In anderen Anwendungen kann das Septum eine polymere Netzstruktur oder ein polymeres Nonwoven sein. Bei der Aufbereitung von Nuklearkondensat ist ein bevorzugtes Material für das Septum eine Netzstruktur mit Kreuzbindung aus rostfreiem Stahl mit 120 × 180 × 0,1 mm (0,004 Inch) × 0,089 mm (0,0035 Inch).

[0096] Das Septum kann auf das Filterelement auf irgendeine Art aufgebracht werden, so dass alles Fluid, welches nach innen durch das Filterelement strömt, zuerst durch das Septum gehen muss. Vorzugsweise stützt sich das Septum auf das Filterelement und bevorzugter steht es mit dem Filterelement in direktem Kontakt. In der gegenständlichen Ausführungsform hat das Septum **50** die Form eines Streifens mit parallelen Seiten, der in einer Mehrzahl von Windungen über die ganze Länge des Filterelementes helixförmig um das Filterelement **10** gewickelt ist. Vorzugsweise überlappen benachbarte Windungen des Septums **50**, um zu verhindern, dass das Anschwemmmaterial das Septum **50** umgeht. Das Ausmaß der Überlappung kann auf Basis der gewünschten Dicke des Septums **50** gewählt werden. Indem beispielsweise das Septum **50** mit einer Überlappung von 50% gewickelt wird, kann doppelte Dicke des Septums **50** um das Filterelement **10** bereitgestellt werden. Das Septum **50** muss nicht die Form einer helixförmigen Umhüllung haben, es könnte statt dessen beispielsweise in Richtung des Umfangs des Filterelementes **10** gewickelt sein. Eine helixförmige Umhüllung ist jedoch insofern vorteilhaft, als ein schmales Septum **50** zum Umhüllen eines Filterelementes **10** jedweder Länge verwendet werden kann. Ein geeignetes Schneideverfahren, wie Laser-Schneiden, kann angewendet werden um sicherzustellen, dass keine scharfen Kanten auf dem Septum-Streifen vorhanden sind.

[0097] Das Septum **50** wird vorzugsweise auf eine Art vom Bewegen abgehalten, die es am Abwickeln vom Filterelement während der normalen Verwendung und Handhabung hindert. Ein Verfahren der Befestigung des Septums **50** besteht darin, es an der äußeren Peripherie des Filterelementes **10** mit einem Bindemittel, wie einem Schmelzkleber, der auf die innere Oberfläche des Septums **50** aufgebracht wird, wenn es um das Filterelement **10** gewickelt wird, zu befestigen. Das Bindemittel kann auf das Septum **50** in Form eines kontinuierlichen oder intermittierenden Stranges aufgebracht werden, der sich parallel zu den Kanten des Septums **50** um das Filterelement **10** windet. Alternativ kann das Septum **50**, wenn es aus einem polymeren Material besteht, mit Hilfe eines heißen Rades, das entlang der Länge des Filterelementes **10** wandert, während das Filterelement **10** gedreht wird, an das Filterelement **10** schmelzgebunden werden. Statt das Septum **50** direkt am Filterelement **10** zu befestigen, oder zusätzlich dazu, können im Falle von Überlappungen benachbarter Windungen des Septums **50** die benachbarten Windungen direkt, beispielsweise durch Schweißen oder Kleben, aneinander befestigt werden. In vielen Fällen ist es jedoch ausreichend, das Septum **50** um das Filterelement **10** zu wickeln, ohne dass die beiden direkt miteinander verbunden werden und ohne dass benachbarte Windungen des Septums **50** aneinander befestigt werden, und nur die den axialen Enden des Filterelementes **10** benachbarten Endabschnitte des Septums **50** durch Kleben, durch Fixieren des Septums **50** an den Endkappen oder durch ein anderes mechanisches Mittel, wie Klebeband oder Metallband, wie ein Band aus rosttreiem Stahl, festzuhalten.

[0098] Wenn die Anschwemmschicht auf das Anschwemmfilter aufgebracht und wenn das zu filtrierende Fluid durch das Anschwemmfilter geleitet wird, strömt Fluid radial nach innen durch das Anschwemmfilter und un-

terliegt dabei einem Druckabfall. Aufgrund des Druckabfalls wirkt eine radial nach innen gerichtete Kraft auf das Filterelement. Ein herkömmliches Faltenfilterelement mit sich radial erstreckenden Falten kann aufgrund dieser nach innen gerichteten Kraft zusammengedrückt werden oder zusammenfallen. Dieses Zusammendrücken bringt das Septum zum Knittern oder Knicken und dadurch reißt und bricht die Anschwemmschicht, was nicht wünschenswert ist. Da jedoch die Falten eines Anschwemmfilters **130**, das diesen Aspekt der vorliegenden Erfindung verkörpert, im übereinandergelegten Zustand sind, kann das Septum **50** anfangs sehr straft um das Filterelement **10** gewickelt werden, ohne dass die Falten beschädigt werden. Je dichter das Filterelement **10** vor Begin der Filtration ist, desto kleiner ist das Ausmaß der Kompression des Filterelementes **10**, des Septums **50** und der Anschwemmschicht **131** während der Filtration. Daher wird das Septum **50** vorzugsweise mit ausreichender Anfangsspannung um das Filterelement **10** gewickelt, so dass die Anschwemmschicht **131** unter den erwarteten Betriebsdrücken des Anschwemmfilters nicht reißt. Beispielsweise kann das Septum **50** unter Anwendung einer Spannung von bis zu etwa 52,5 N (30 Pfund) oder mehr pro cm (Inch) Breite um das Filterelement **10** gewickelt werden. Die Anfangsspannung des Septums **50** hängt von Faktoren wie der Art des Anschwemmfilters **130** und den Betriebsdrücken während der Filtration ab. Vorzugsweise wird das Septum **50** mit einer solchen Anfangsspannung gewickelt, dass die Kompression des Durchmessers des Anschwemmfilters **130** aufgrund des Druckabfalls über das Anschwemmfilter **130** während der Filtration nicht größer als ungefähr 5% ist. Das strafte Umwickeln des Filterelementes **10** mit dem Septum **50** komprimiert nicht nur das Filterelement **10** vor der Filtration, sondern verhindert auch die Bewegung der Falten während Fluktuationen des Druckes über das Precoat-Element – eine Bewegung, die das Reißen der Anschwemmschicht **131** bewirken könnte.

[0099] Obwohl benachbarte Schenkel der Falten des Filterelementes **10** in innigen Kontakt miteinander gedrückt werden, wenn die Falten im übereinandergelegten Zustand sind, kann das Fluid aufgrund des Vorhandenseins der Drainagelagen leicht entlang der aufstromseitigen und abstromseitigen Oberfläche des Filtermittels strömen. Daher beeinträchtigt das strafte Umwickeln des Filterelementes **10** mit dem Septum **50** das Filtriervermögen des Anschwemmfilters **130** nicht.

[0100] Das Septum **50** kann von einem Schutzelement **132** umgeben sein, welches als Strömungsrichter fungiert, um Turbulenzen in dem das Anschwemmfilter umgebenden Fluid am Erodieren der Anschwemmschicht **131** zu hindern. Das Schutzelement **132** stützt auch die Anschwemmschicht **131** während kurzer Perioden, während deren der radial nach innen gerichtete Strom durch das Anschwemmfilter **130** abnimmt oder gestoppt wird. Das Schutzelement **132** kann aus einer ganzen Reihe von Materialien bestehen, die ausreichend porös sind, dass das Anschwemmmaterial leicht durchtreten kann. Ein Beispiel für ein geeignetes Material für das Schutzelement **132** ist eine gewirkte polymere Netzstruktur, wie in der US-PS 4 904 380 geoffenbart, die nach verschiedenen Verfahren um das Septum **50** angeordnet werden kann. Beispielsweise kann sie die Form eines Netzstruktur-Streifens haben, der helixförmig um das Septum **50** gewickelt wird, oder sie kann die Form eines Ärmels haben, sich jeweils vollständig oder partiell über das Precoat-Element erstreckend.

[0101] Das Anschwemmfilter umfasst auch Endkappen, die an einem oder mehreren der Teile: Kern, übereinandergelegtes Filterelement und Septum auf jedwede geeignete Art angebracht werden können, wie zuvor beschrieben. Die Endkappen können verwendet werden, um die Enden des Septums **50** zu befestigen und dieses am Abwickeln zu hindern. Wenn die Enden des Septums **50** vor dem Anbringen der Endkappen durch mechanische Rückhalteelemente, wie Band oder Steifen, festgehalten werden, können die Endkappen über den Rückhalteelementen angebracht werden. Obwohl das nicht gezeigt ist, können die Endkappen mit herkömmlichen Dichtungselementen ausgestattet sein, wie Dichtungen oder O-Ringe, um das Anschwemmfilter dichtend mit einem Filtrationssystem, in dem es verwendet werden soll, zu verbinden.

[0102] Das Anschwemmfilter kann weiter einen perforierten Korb oder ein ähnliches Element aufweisen, welches das Schutzelement **132** umgibt, um das Schutzelement **132** an seinem Platz zu halten und dem Anschwemmfilter zusätzlich Festigkeit zu verleihen. Dieser Korb hat Öffnungen, die vorzugsweise ausreichend groß sind, so dass der Strom des Fluids nicht behindert und kein signifikanter Druckabfall erzeugt wird. Der Korb kann eine herkömmliche Konstruktion und aus jedwedem Material, das mit dem zu filtrierenden Fluid kompatibel ist, hergestellt sein.

[0103] Ein Anschwemmfilter mit übereinandergelegten Falten ist einem herkömmlichen Faltenfilter vorzuziehen, weil es einen wesentlich größeren Oberflächenbereich als ein herkömmliches Faltenfilter mit denselben Innen- und Außenabmessungen hat. Das bedeutet, dass das Anschwemmfilter mit übereinandergelegten Falten eine längere Lebensdauer hat und feine Teilchen der Anschwemmschicht **131**, die durch das Septum **50** treten, längere Zeit ohne Verschmutzung aufhalten kann.

[0104] Außerdem widerstehen die Falten, da sie im übereinandergelegten Zustand sind, besser Schädigungen aufgrund von Druckkräften, die erzeugt werden, wenn das Septum **50** um das Filterelement **10** gewickelt wird und wenn das Fluid durch die Anschwemmschicht **131** und das Anschwemmfilter **130** strömt. Diese Kräfte verteilen sich entlang dem Schenkel jeder übereinandergelegten Falte, statt am Kopf konzentriert zu werden, wie bei herkömmlichen, sich radial erstreckenden Falten. Folglich kann das Septum **50** straffer um ein übereinandergelegtes Filterelement **10** gewickelt werden, und das übereinandergelegte Filterelement **10** kann grö-

ßeren Precoat-Druckdifterenzen ohne Beschädigung widerstehen als ein herkömmliches Faltenfilter.

[0105] Außerdem bewirkt die Tatsache, dass die Falten in einem übereinandergelegten Zustand sind, dass die Falten gleichmäßig gestützt werden und dass konzentrierte Beladungen gleichmäßig über das Anschwemmfilter verteilt werden. Das minimiert die Bewegung der Falten und erhöht deren Fähigkeit, Teilchen in Systemen mit pulsierender Strömung zurückzuhalten. Wenn die Falten in einem übereinandergelegten Zustand sind, sind zudem die Endoberflächen des Filterelementes außerordentlich kompakt und bieten während des Anbringens der Endkappen an den Enden der Filterpackung größeren Widerstand gegen Beschädigung.

[0106] Die Anschwemmschicht **131** wird üblicherweise auf das Septum **50** aufgebracht, nachdem das Anschwemmfilter in ein Filtrationssystem eingebaut wurde. Das Anschwemmmaterial kann entsprechend dem Fluid, das filtriert wird, gewählt werden, und ein Anschwemmfilter gemäß der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die Verwendung mit einer speziellen Art von Anschwemmmaterial eingeschränkt. In einem System zur Kondensataufbereitung für ein Kernkraftwerk umfasst das Anschwemmmaterial häufig Ionenaustauscherharze. Alternativ kann das Anschwemmmaterial jedwedes andere geeignete Material umfassen, wie Diatomeenerde. Die Dicke der Anschwemmschicht **131** hängt von den gewünschten Filtrationseigenschaften und/oder den Ionenaustauschereigenschaften ab. Die Anschwemmschicht **131** kann nach jedwedem geeigneten Verfahren, wie den üblicherweise in bestehenden, Anschwemmfilter verwendenden Filtrationssystemen verwendeten Verfahren, auf das Septum **50** aufgebracht werden. Beispielsweise kann eine das Anschwemmmaterial enthaltende Aufschlämmung von außen nach innen durch das Anschwemmfilter **130** geleitet werden, bis sich ein ausreichender Kuchen auf dem Septum **50** und innerhalb des Schutzelementes **132** abgelagert hat.

[0107] Wenn die Anschwemmschicht **131** auf dem Septum **50** ist, kann das zu filtrierende Fluid, typischerweise eine Flüssigkeit, durch die Anschwemmschicht **131**, das Septum **50** und das Filterelement **10** geleitet werden. Die Anschwemmschicht **131** kann sowohl dazu dienen, Teilchen zu entfernen, z. B. indem die Teilchen innerhalb der Anschwemmschicht **131** gehalten werden, als auch zur Entfernung von Verunreinigungen, z. B. durch Ionenaustausch oder Sorption. Das Filterelement **10** kann zum Abfangen kleiner Teilchen der Anschwemmschicht **131**, die sich aus der Anschwemmschicht **131** lösen und durch das Septum **50** gehen, dienen. Außerdem kann das Faltenfilterelement **10** mit seinem großen Oberflächenbereich eine ausreichend kleine Porengröße haben, um Feinteilchen aus dem zu filtrierenden Fluid zu entfernen, die ansonsten durch die Anschwemmschicht **131** und das Septum **50** gehen. Das Faltenfilterelement kann also Porendimensionen haben, das kleiner als die der Anschwemmschicht oder des Septums ist.

[0108] Die Anschwemmschicht **131** kann vom Septum **50** durch Rückspülen entfernt werden, wenn sie erschöpft oder durch Teilchen so verstopft ist, dass der Druckabfall über das Septum **50** oder das Filterelement **10** inakzeptabel hoch wird. Das Rückspülen erfolgt dadurch, dass man ein Rückspülfluid, wie Wasser, durch das Anschwemmfilter in der zur Filtration entgegengesetzten Richtung, z. B. von innen nach außen, durch das Anschwemmfilter leitet, wie zuvor beschrieben. Das Schutzelement **132** ist ausreichend porös, so dass die Anschwemmschicht **131** leicht davon abgelöst und dann geeignet entsorgt werden kann. Aufgrund des Vorhandenseins der Drainagelagen kann das Rückspülfluid leicht entlang der aufstromseitigen und der abstromseitigen Oberfläche des Filtermittels strömen, selbst wenn das Septum **50** straft um das Filterelement **10** gewickelt ist. Folglich können der Durchsatz, der Druck und andere Parameter des Rückspülfluids während des Rückspülens jene sein, die üblicherweise bei herkömmlichen Anschwemmfiltern verwendet werden. Das Rückspülen kann in bestimmten Zeitintervallen durchgeführt werden, oder es kann durchgeführt werden, wenn der Druckabfall über das Anschwemmfilter **130** während des Filterns einen vorbestimmten Wert erreicht, der anzeigt, dass das Filterelement **10** oder das Septum **50** verstopft ist. Das Rückspülen dient nicht nur dem Entfernen der Anschwemmschicht **131** vom Septum **50**, sondern reinigt auch das Filterelementes **10** durch Ablösen von Teilchen aus dem Filterelement **10**. Nachdem die Anschwemmschicht **131** durch Rückspülen entfernt wurde, kann eine frische Anschwemmschicht **131** auf die gleiche Weise aufgebracht werden wie die ursprüngliche Anschwemmschicht **131**, und das Precoat-Element kann wieder zum Filtrieren verwendet werden.

[0109] Ein nicht erfindungsgemäßes Precoat-Element ist nicht auf eines mit übereinandergelegten Falten eingeschränkt, und es ist möglich, das Septum um ein herkömmliches gefaltetes Element zu wickeln, das sich radial erstreckende Falten nicht im übereinandergelegten Zustand hat, wobei das Septum gegen die Falten gelegt ist und vorzugsweise direkt mit ihnen in Kontakt steht. Sich radial erstreckende Falten haben jedoch eine geringe Knickfestigkeit, und das Septum muss ziemlich locker um ein solches Faltenelement gewickelt werden, um ein Knicken zu verhindern. Folglich können die Falten während der Filtration Relativbewegungen machen oder als Reaktion auf die Druckdifferenz über die Anschwemmschicht zusammendrücken, was zu einer Verformung des Septums mit begleitendem Reißen der Anschwemmschicht führen kann. Dennoch kann in Anwendungen, in denen während der Filtration nur ein kleiner Druckabfall über das Anschwemmfilter auftritt und die Falten nur geringe Relativbewegung machen, das Septum mit ausreichend niedriger Spannung um das herkömmlich gefaltete Element gewickelt werden, dass ein herkömmlich gefaltetes Element als Precoat-Element verwendet werden kann.

[0110] Die **Fig.** 24 illustriert ein zweites, nicht erfindungsgemäßes Anschwemmfilter **140**. Um die Schwäche der herkömmlichen, sich radial erstreckenden Falten zu überwinden, werden die Falten des Filterelementes **10**

zu einer Mehrzahl von Gruppen **141** geformt, die jede eine Mehrzahl von Falten enthalten, und benachbarte Faltengruppen **141** sind durch keilförmige Stützelemente **142** getrennt. Ein Filterelement mit durch keilförmige Stützen gruppierten Falten ist detailliert in der US-PS 4 154 688 beschrieben. Das zweite Anschwemmfilter **140** umfasst weiter Endkappen und ein um das Filterelement **10** gewickeltes Septum **50**, und es kann ein Schutzelement **132** einschließen, wie zuvor beschrieben. Zudem kann das zweite Anschwemmfilter **140** mit einer Anschwemmschicht versehen und rückgespült werden, wie zuvor beschrieben.

[0111] Die Keilstützen **142** des zweiten Anschwemmfilters **140** versteifen die Falten, so dass das Septum **50** straft um das Filterelement **10** gewickelt werden und das zweite Anschwemmfilter **140** großen Druckunterschieden widerstehen kann. Die Keilstützen **142** vermindern jedoch den verfügbaren Filtrationsbereich, so dass das zweite Anschwemmfilter **140** weniger bevorzugt ist als das erste Anschwemmfilter **130**.

Patentansprüche

1. Filter, welches eine oder mehrere Substanzen aus einem das Filter durchströmenden Fluid entfernt, wobei das Filter umfasst: ein zylinderförmiges Filterelement (**10**) mit einer Längsachse, einem Innendurchmesser (d), einem Außendurchmesser (D) und einer Mehrzahl von Längsfalten zwischen den Durchmessern, wobei jede Falte (**11**) sich in einer gekrümmten, bogenförmigen, winkelförmigen oder geraden nicht-radialen Richtung erstreckt und einen Kopf (**11b**) an der äußeren Peripherie des Filterelementes, einen Fuß (**11c**) an der inneren Peripherie des Filterelementes und ein Paar Schenkel (**11a**) aufweist und wobei die Schenkel jeder Falte an dem Kopf der Falte miteinander verbunden sind und mit Schenkeln von benachbarten Falten an dem Fuß der Falte verbunden sind, wobei jede Falte eine Höhe (h) aufweist, die größer als (D – d)/2 und kleiner als ca. (D2 – d2)/[4(d + 2t)] ist, wobei t die Dicke eines Faltenschenkels ist, wobei die Höhe gemessen wird in einer Richtung entlang der Schenkel von dem Fuß zu dem Kopf und wobei (D2 – d2)/[4(d + 2t)] die maximale Faltenhöhe ist, die für ein Filterelement erzielt werden kann, bei dem die einander gegenüberliegenden inneren Oberflächen (**11d**) der Schenkel (**11a**) jeder Falte über die gesamte Höhe der Schenkel in innigem Kontakt miteinander stehen und die einander gegenüberliegenden äußeren Oberflächen (**11e**) der Schenkel von benachbarten Falten ebenfalls über die gesamte Höhe der benachbarten Falten in innigem Kontakt stehen.

2. Filter nach Anspruch 1, bei dem das Filterelement ferner eine erste und eine zweite Endoberfläche aufweist, wobei das Faltenfilterelement ein gefaltetes Komposit-Material mit einem Filtermittel, welches eine Aufstromseite und eine Abstromseite aufweist, einem stromauf der Aufstromseite des Filtermittels angeordneten aufstromseitigen Drainagemittel und einem stromab der Abstromseite des Filtermittels angeordnetem abstromseitigen Drainagemittel umfasst, wobei das Filter ferner ein erstes und ein zweites Endelement in gedichteter Anordnung zu der ersten bzw. zweiten Endoberfläche des Faltenfilterelementes umfasst, wobei wenigstens eines der Endelemente ein offenes Endelement umfasst.

3. Filter nach Anspruch 2, bei dem das aufstromseitige und das abstromseitige Drainagemittel im Wesentlichen den gleichen Längsströmungswiderstand aufweisen.

4. Filter nach Anspruch 2 oder 3, bei dem das aufstromseitige und das abstromseitige Drainagemittel identische Materialien umfassen.

5. Filter nach Anspruch 2, bei dem das aufstromseitige und das abstromseitige Drainagemittel unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

6. Filter nach Anspruch 5, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel dicker ist als das abstromseitige Drainagemittel.

7. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel einen Längsströmungswiderstand aufweist, derart, dass der Druckabfall in dem aufstromseitigen Drainagemittel niedriger ist als der Druckabfall über das Filtermittel.

8. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel und/oder das abstromseitige Drainagemittel eine gewebte oder nicht-gewebte Schicht umfasst.

9. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel und/oder das abstromseitige Drainagemittel eine Netz- oder Gitterstrukturumfasst.

10. Filter nach Anspruch 9, bei dem die Netzstruktur einen Satz paralleler Stränge mit einer Strangdichte von wenigstens 10 Strängen pro 25,4 mm (1 Inch) aufweist, wobei die Drainagenetzstruktur eines Schenkels

gegen die Drainagenetzstruktur eines benachbarten Schenkels gedrückt wird.

11. Filter nach Anspruch 9, bei dem die Netzstruktur eine extrudierte polymere Netzstruktur umfasst, welche einen ersten und einen zweiten Satz paralleler Stränge aufweist, wobei der erste Satz von Strängen zwischen dem Filtermittel und dem zweiten Satz von Strängen angeordnet ist und eine Strangdichte von wenigstens 10 Strängen pro 25,4 mm (1 Inch) aufweist, wobei die Drainagenetzstruktur eines Schenkels gegen die Drainagenetzstruktur eines benachbarten Schenkels gedrückt wird.

12. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel sowie das abstromseitige Drainagemittel eine Netzstruktur umfassen, welche einen Satz paralleler Stränge mit einer Strangdichte von wenigstens 10 Strängen je 25,4 mm (1 Inch) aufweist, wobei die Drainagenetzstruktur eines Schenkels gegen die Drainagenetzstruktur eines benachbarten Schenkels gedrückt wird.

13. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem das Filtermittel wenigstens ein erstes und ein zweites Filtermittel-Medium umfasst.

14. Filter nach Anspruch 13, bei dem das erste und das zweite Filtermittel-Medium unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

15. Filter nach Anspruch 14, bei dem das erste Filtermittel ein Vorfilter umfasst.

16. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem jede Falte eine Höhe von wenigstens ca. 80% von $(D2 – d2)/[4(d + 2t)]$ aufweist.

17. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 16, bei dem das Filtermittel eine poröse polymere Membran umfasst.

18. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 16, bei dem das Filtermittel ein Fasermaterial umfasst.

19. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 18, bei dem das Filtermittel eine abgestufte Porenstruktur aufweist, welche einen Bereich mit feineren Poren und einen stromauf des Bereichs mit feineren Poren angeordneten Bereich mit gröberen Poren aufweist.

20. Filter nach einem der Ansprüche 2 bis 19, bei dem das erste und das zweite Endelement eine erste und eine zweite Endkappe aufweisen, welche mit der ersten und der zweiten Endoberfläche des Filterelementes verbunden sind, wobei die erste und/oder die zweite Endkappe eine offene Endkappe ist.

21. Filterverfahren, umfassend das Hindurchleiten eines Fluids in einer Richtung durch die Falten eines Filters nach einem der Ansprüche 1 bis 20; und Hindurchleiten eines Reinigungsfluids in der Gegenrichtung durch die Falten des Filters.

22. Filterverfahren nach Anspruch 21, wobei das Hindurchleiten des Fluids in einer Richtung und das Hindurchleiten des Reinigungsfluids in der Gegenrichtung das Hindurchleiten des Fluids im Wesentlichen von außen nach innen und das Hindurchleiten des Reinigungsfluids im Wesentlichen von innen nach außen durch die Falten des Filterelementes beinhalten.

23. Filterverfahren nach Anspruch 21, wobei das Hindurchleiten des Fluids in einer Richtung und das Hindurchleiten des Reinigungsfluids in der Gegenrichtung das Hindurchleiten des Fluids im Wesentlichen von innen nach außen und das Hindurchleiten des Reinigungsfluids im Wesentlichen von außen nach innen durch die Falten des Filterelementes beinhalten.

24. Filterverfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei das Hindurchleiten des Fluids in einer Richtung das Hindurchleiten einer Flüssigkeit in einer Richtung durch das Filterelement beinhaltet.

25. Filterverfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei das Hindurchleiten des Fluids in einer Richtung das Hindurchleiten eines Gases in einer Richtung durch das Filterelement beinhaltet.

26. Filterverfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, wobei das Hindurchleiten des Reinigungsfluids das Hindurchleiten einer Rückspülflüssigkeit in der Gegenrichtung durch das Filterelement beinhaltet.

27. Filterverfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, wobei das Hindurchleiten des Reinigungsfluids das Hindurchleiten eines Rückspülgases in der Gegenrichtung durch das Element beinhaltet.

28. Verfahren zur Herstellung eines Filters, umfassend: Welligformen eines Komposit-Materials mit einem aufstromseitigen Drainagemittel, einem Filtermittel und einem abstromseitigen Drainagemittel zum Bilden einer Mehrzahl von Falten, welche sich in einer gekrümmten, bogenförmigen, winkelförmigen oder geraden nicht-radialen Richtung erstrecken, wobei jede Falte einen Kopf, einen Fuß und ein Paar Schenkel aufweist und wobei die Schenkel jeder Falte an dem Kopf der Falte miteinander verbunden sind und mit Schenkeln von benachbarten Falten an dem Fuß der Falte verbunden sind; Anordnen der Mehrzahl von Falten zu einem zylinderförmigen Filterelement mit einer ersten und einer zweiten Endoberfläche und sich in Längsrichtung erstreckenden Falten, wobei die Höhe jeder Falte, gemessen in einer Richtung entlang der Schenkel, von der inneren Peripherie am Fuß bis zur äußeren Peripherie am Kopf, größer als $(D - d)/2$ und kleiner oder gleich ca. $(D2 - d2)/[4(d + 2t)]$ ist, wobei D und d den Außendurchmesser bzw. den Innendurchmesser des Filterelementes an der äußeren Peripherie bzw. der inneren Peripherie bezeichnen, wobei $(D2 - d2)/[4(d + 2t)]$ die maximale Faltenhöhe ist, die für ein Filterelement erzielt werden kann, bei dem die einander gegenüberliegenden inneren Oberflächen (**11d**) der Schenkel (**11a**) jeder Falte über die gesamte Höhe der Schenkel in innigem Kontakt miteinander stehen und die einander gegenüberliegenden äußeren Oberflächen (**11e**) der Schenkel von benachbarten Falten ebenfalls über die gesamte Höhe der benachbarten Falten in innigem Kontakt stehen, und wobei t die Dicke eines Faltenschenkels ist; Abdichten des ersten und des zweiten Endelementes zu der ersten bzw. zweiten Endoberfläche des Faltenfilterelementes, wobei wenigstens eines der Endelemente ein offenes Endelement umfasst; und Anordnen einer Haltevorrichtung um die Mehrzahl von Falten.

29. Verfahren nach Anspruch 28, bei dem das Welligformen des Komposit-Materials das Welligformen eines Komposit-Materials beinhaltet, welches ein zwischen einem der Drainagemittel und dem Filtermittel angeordnetes Puffermittel aufweist, um eine Mehrzahl von Falten zu bilden, wobei das Puffermittel eine höhere Abriebfestigkeit als das Filtermittel aufweist.

30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel und/oder das abstromseitige Drainagemittel eine Netzstruktur umfasst, und wobei das Anordnen der Falten das Drücken eines Netzstruktur-Drainagemittels eines Schenkels gegen ein Netzstruktur-Drainagemittel eines benachbarten Schenkels beinhaltet.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel und/oder das abstromseitige Drainagemittel eine Netzstruktur umfasst, welche einen Satz von parallelen Strängen mit einer Strangdichte von wenigstens 10 Strängen je 25,4 mm (1 Inch) aufweist, und wobei das Anordnen der Falten das Drücken eines Netzstruktur-Drainagemittels eines Schenkels gegen ein Netzstruktur-Drainagemittel eines benachbarten Schenkels beinhaltet.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel und/oder das abstromseitige Drainagemittel eine extrudierte polymere Netzstruktur umfasst, welche einen ersten und einen zweiten Satz von parallelen Strängen aufweist, wobei der erste Satz paralleler Stränge zwischen dem Filtermittel und dem zweiten Satz paralleler Stränge angeordnet ist und eine Strangdichte von wenigstens 10 Strängen pro 25,4 mm (1 Inch) aufweist, und wobei das Anordnen der Falten das Drücken eines Netzstruktur-Drainagemittels eines Schenkels gegen ein Netzstruktur-Drainagemittel eines benachbarten Schenkels beinhaltet.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, bei dem das aufstromseitige Drainagemittel sowie das abstromseitige Drainagemittel eine extrudierte polymere Netzstruktur umfassen, welche einen ersten und einen zweiten Satz von parallelen Strängen aufweist, wobei der erste Satz paralleler Stränge zwischen dem Filtermittel und dem zweiten Satz paralleler Stränge angeordnet ist und eine Strangdichte von wenigstens 10 Strängen pro 25,4 mm (1 Inch) aufweist, und wobei das Anordnen der Falten das Drücken eines Netzstruktur-Drainagemittels eines Schenkels gegen ein Netzstruktur-Drainagemittel eines benachbarten Schenkels beinhaltet.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 33, bei dem das Drücken der Netzstruktur-Drainagemittel das Drücken der Stränge eines Netzstruktur-Drainagemittels eines Schenkels gegen die Stränge des Netzstruktur-Drainagemittels des benachbarten Schenkels beinhaltet.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 34, bei dem das Welligformen des Komposit-Materials das Formen jeder Falte mit einem ersten Schenkel und einem zweiten, längeren Schenkel beinhaltet.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 35, bei dem das Anordnen der Mehrzahl von Falten das Abdichten von Längskanten des Faltenfilter-Kompositmaterials zueinander beinhaltet.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 36, bei dem das Anordnen der Mehrzahl von Falten das Formen der Falten zu einer zylinderförmigen Konfiguration mit anschließendem Drehen der Falten beinhaltet.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 37, bei dem das Abdichten des ersten Endelementes zu der ersten Endoberfläche das Bedecken der ersten Endoberfläche mit einer ersten Endkappe umfasst.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 38, ferner umfassend das Anordnen der Mehrzahl von Falten um einen perforierten Kern herum.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 39, bei dem das Anordnen einer Haltevorrichtung das Anordnen eines perforierten Korbs um die Mehrzahl von Falten herum beinhaltet.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 39, bei dem das Anordnen einer Haltevorrichtung das Umhüllen des Filterelementes mit einem Umhüllungselement beinhaltet.

42. Verfahren nach Anspruch 41, bei dem das Anordnen des Umhüllungselementes das helixförmige Umwickeln des Filterelementes mit einem porösen Streifen umfasst.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 42, bei dem das Anordnen der Falten das Formen des Filterelementes derart, dass es sich in Längsrichtung erstreckende Falten, jeweils mit einer Höhe von wenigstens ca. 80% von (D2 – d2)/[4(d + 2t)], aufweist, beinhaltet.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 43, ferner umfassend das Formen eines im Wesentlichen glatten Radius am Kopf jeder Falte.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

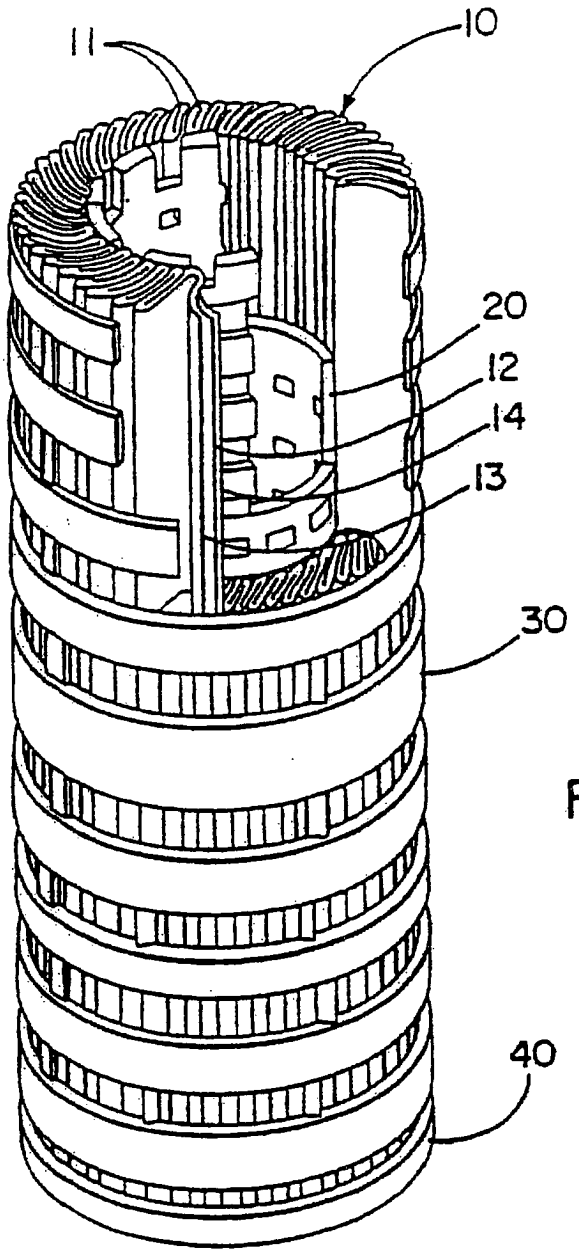

FIG. 1

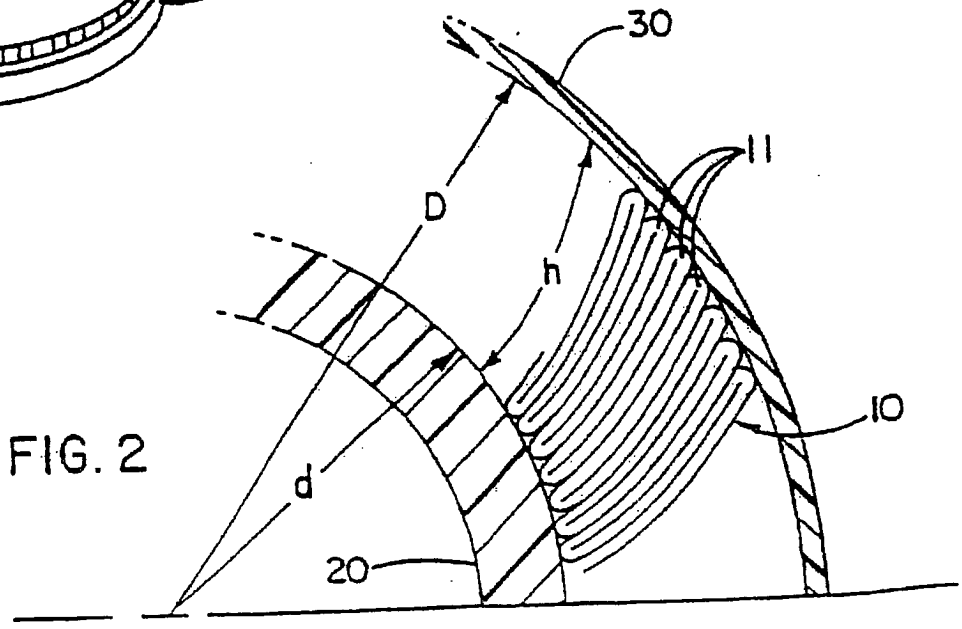

FIG. 2

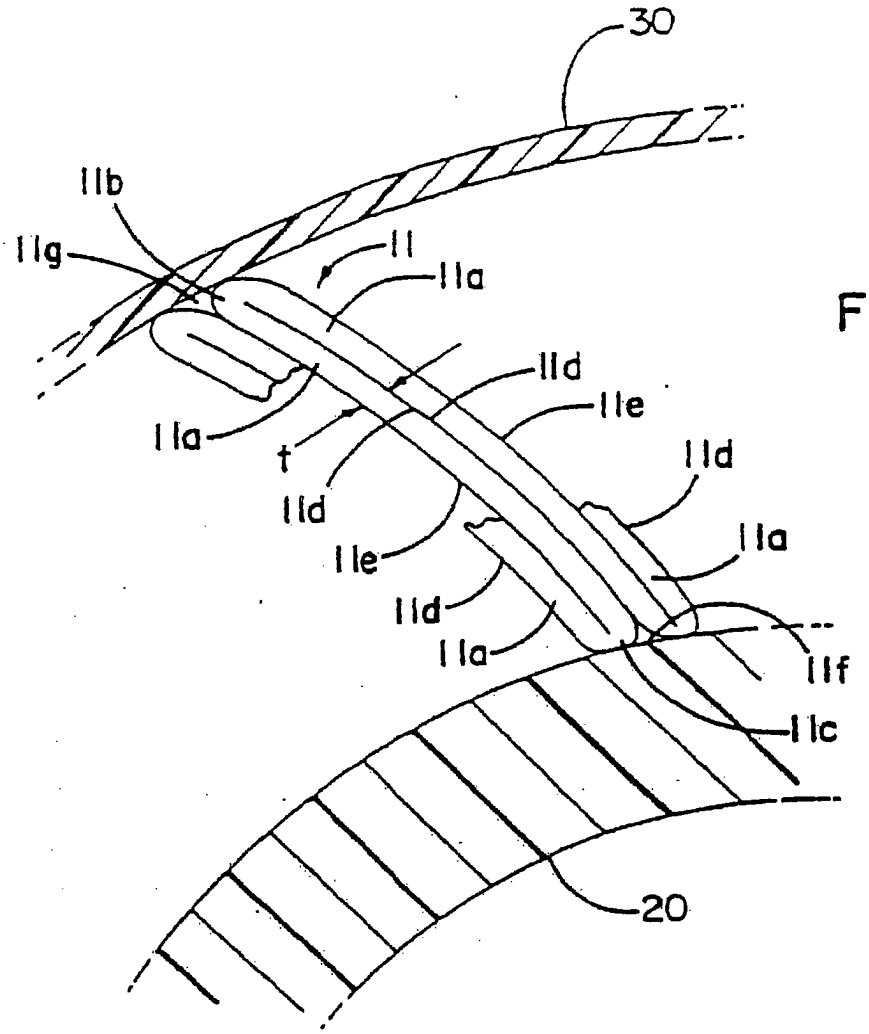
30
11b
11g
11
11a
11d
11e
11a
t
11d
11e
11d
11a
11d
11a
11f
11c
20

FIG. 3

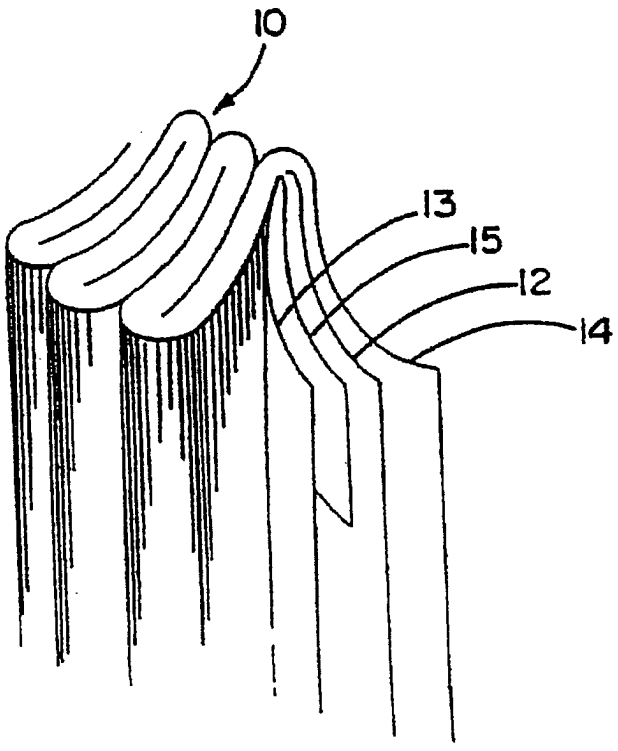
10
13
15
12
14

FIG. 4

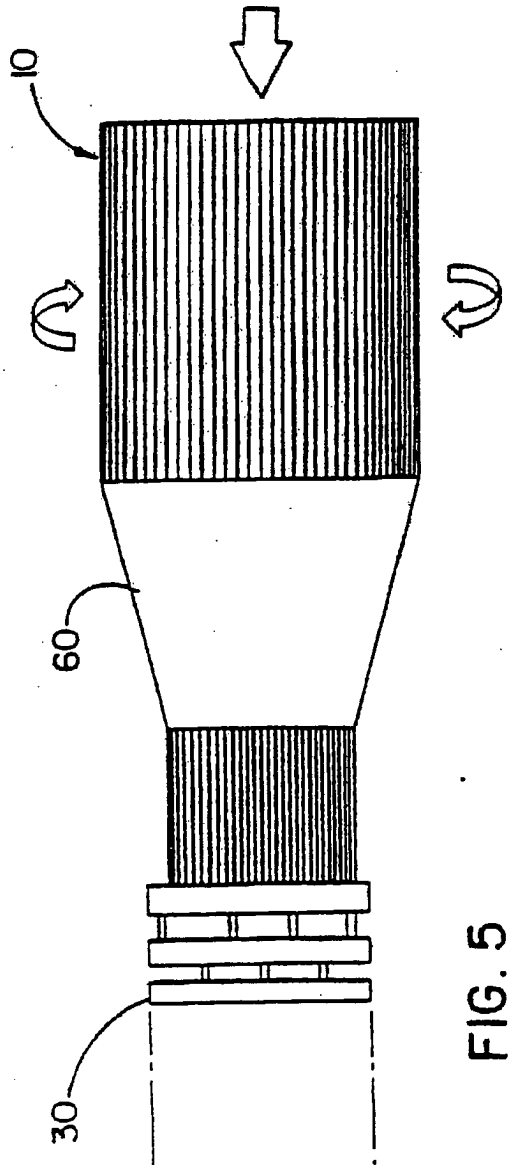

FIG. 5

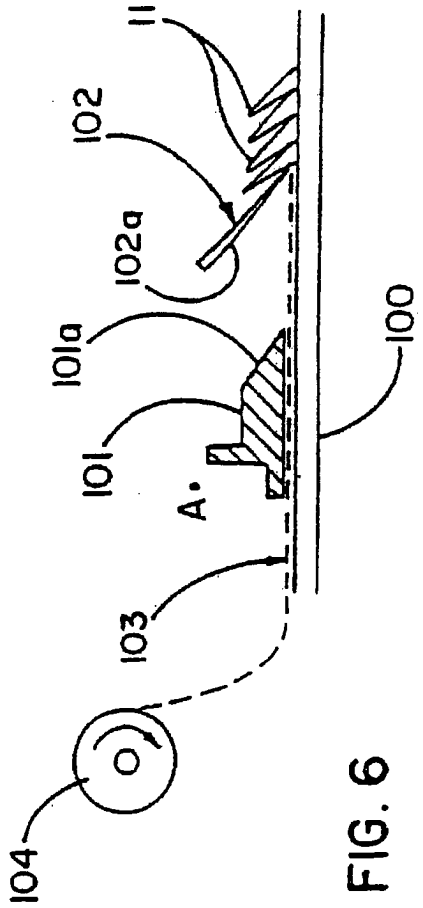

FIG. 6

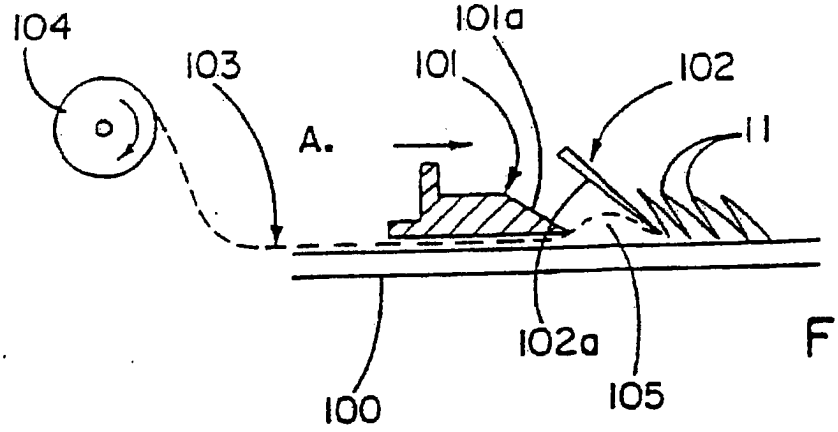

FIG. 7

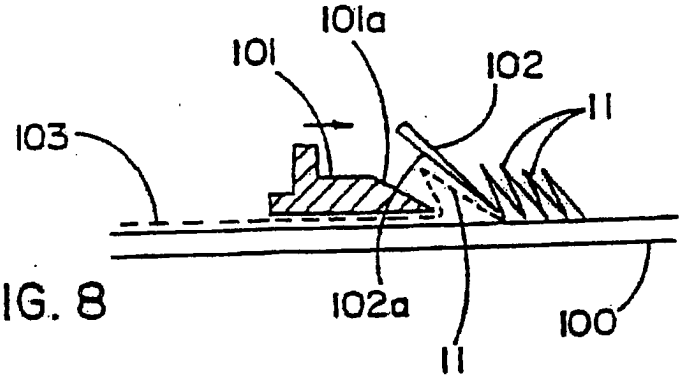

FIG. 8

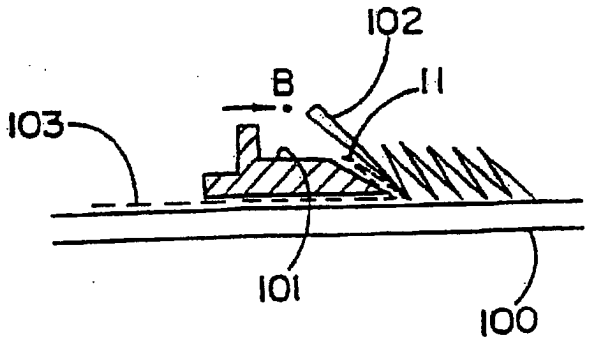

FIG. 9

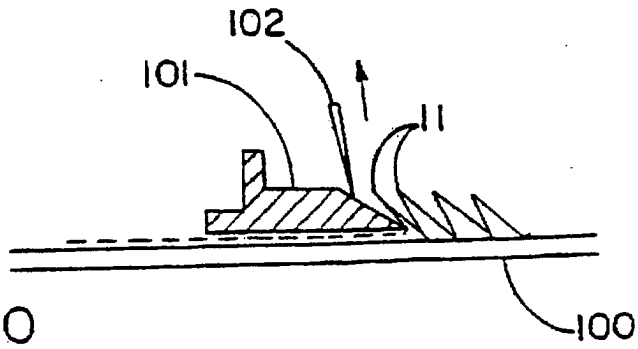

FIG. 10

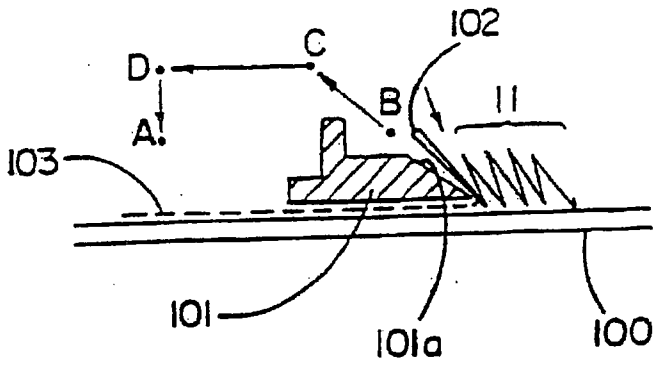

FIG. 11

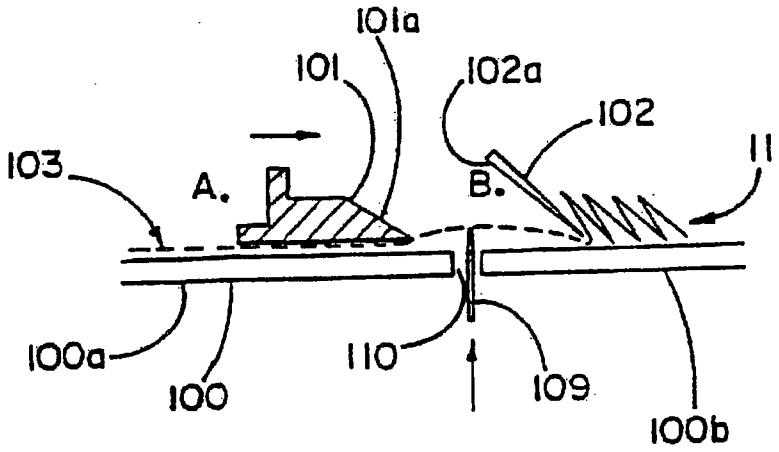

FIG. 12

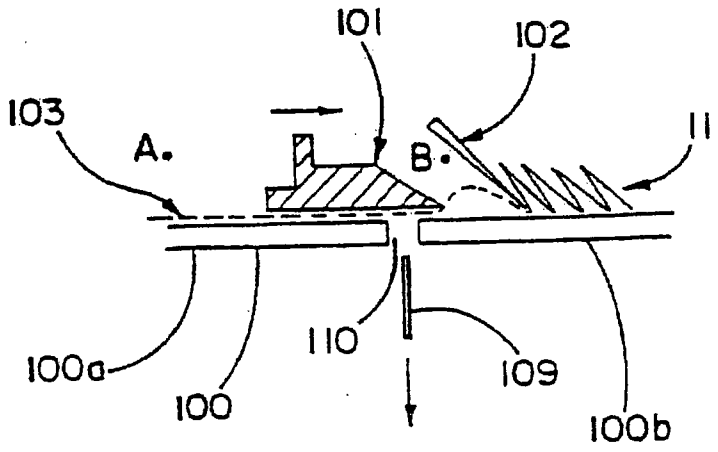

FIG. 13

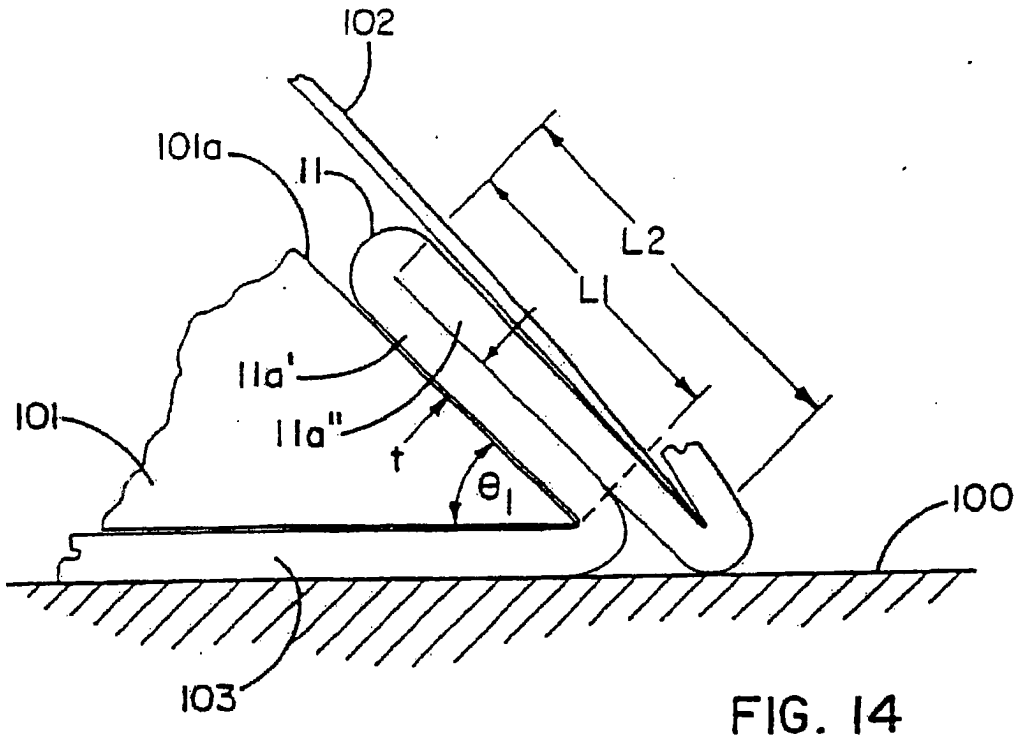
102
101a
11
L2
L1
11a'
11a"
101
t
θ1
100
103

FIG. 14

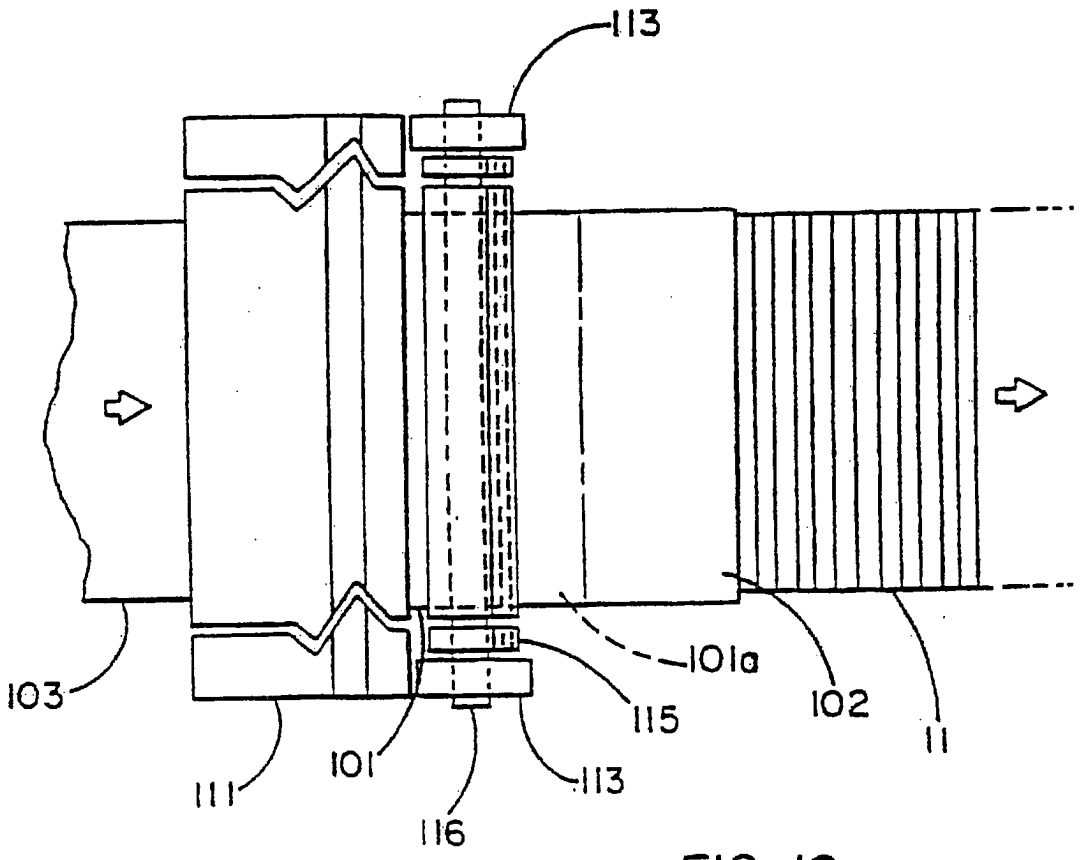
113
103
111
101
116
113
115
101a
102
11

FIG. 16

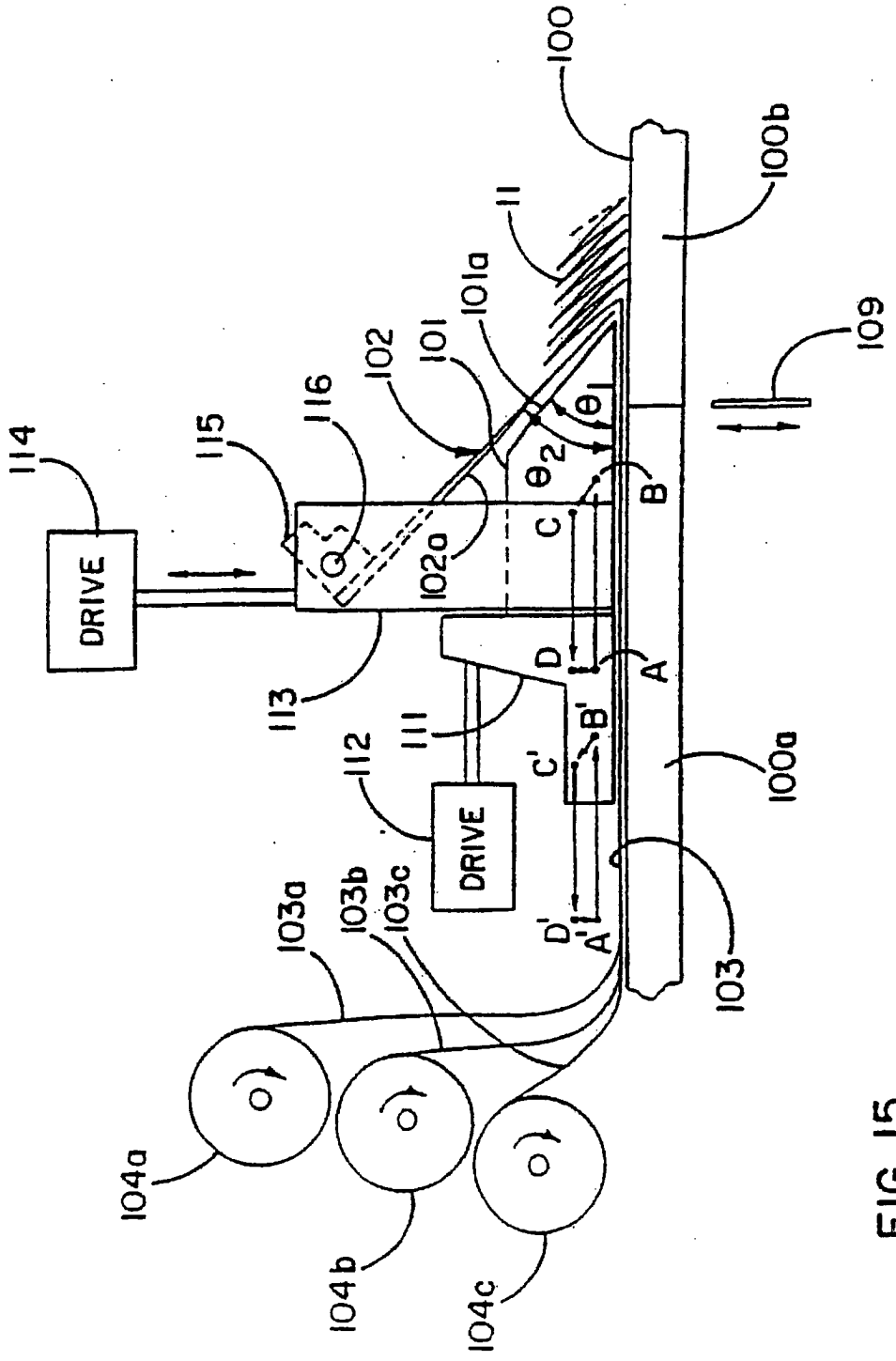
DRIVE
DRIVE
100
100a
100b
101
101a
102
102a
103
103a
103b
103c
104a
104b
104c
109
111
112
113
114
115
116
11
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
θ1
θ2

FIG. 15

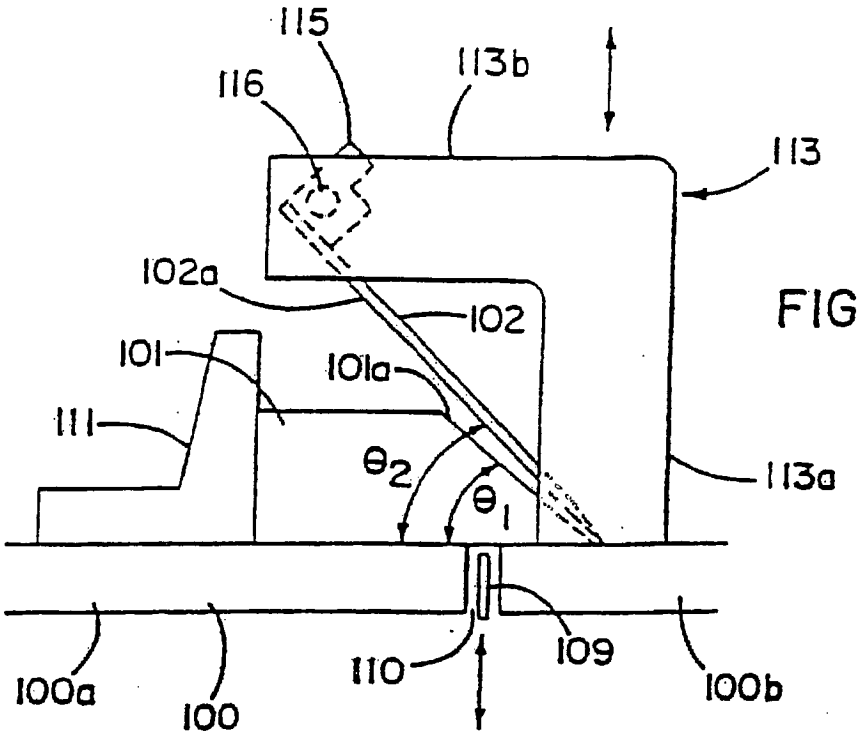
115
113b
116
113
102a
102
101
101a
111
θ2
θ1
113a
100a
100
110
109
100b

FIG. 17

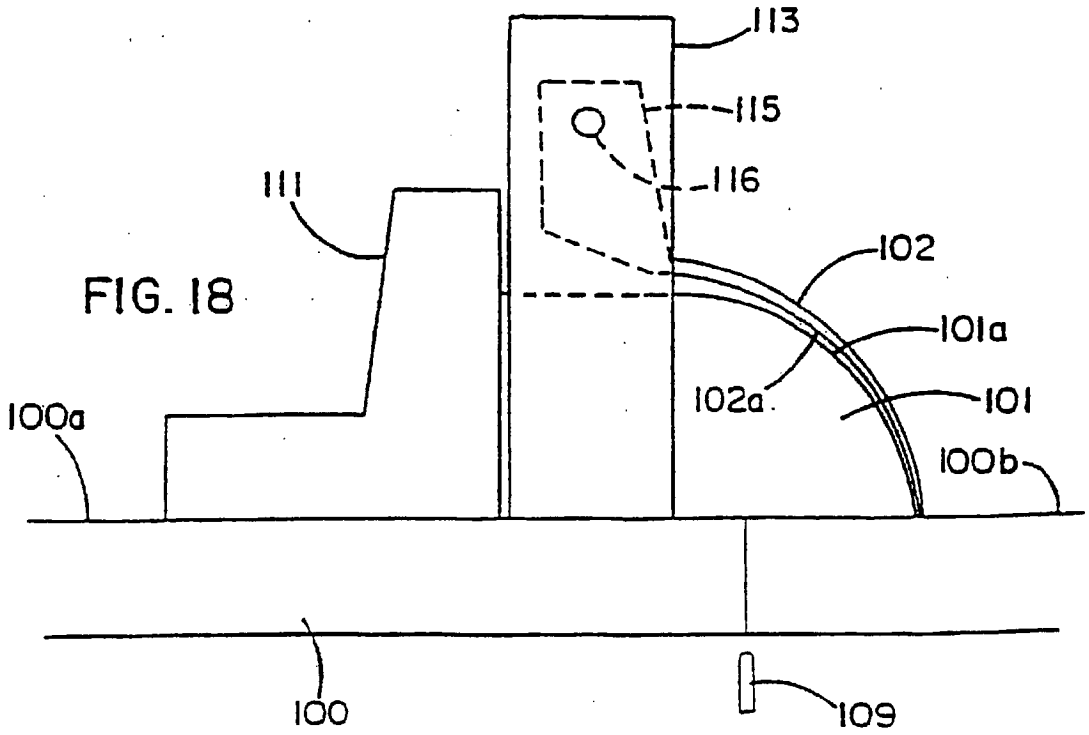
113
115
116
111
102
101a
102a
101
100a
100b
100
109

FIG. 18

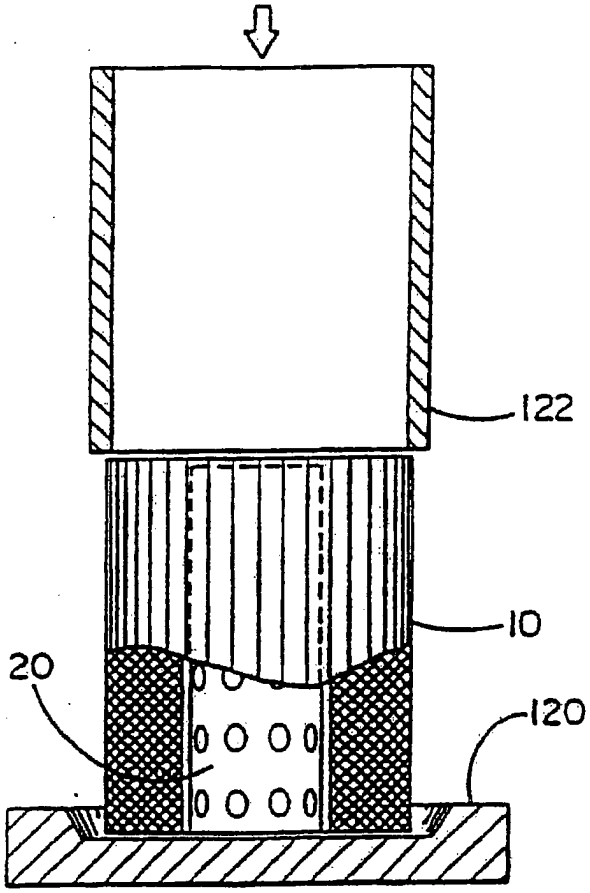

FIG. 19

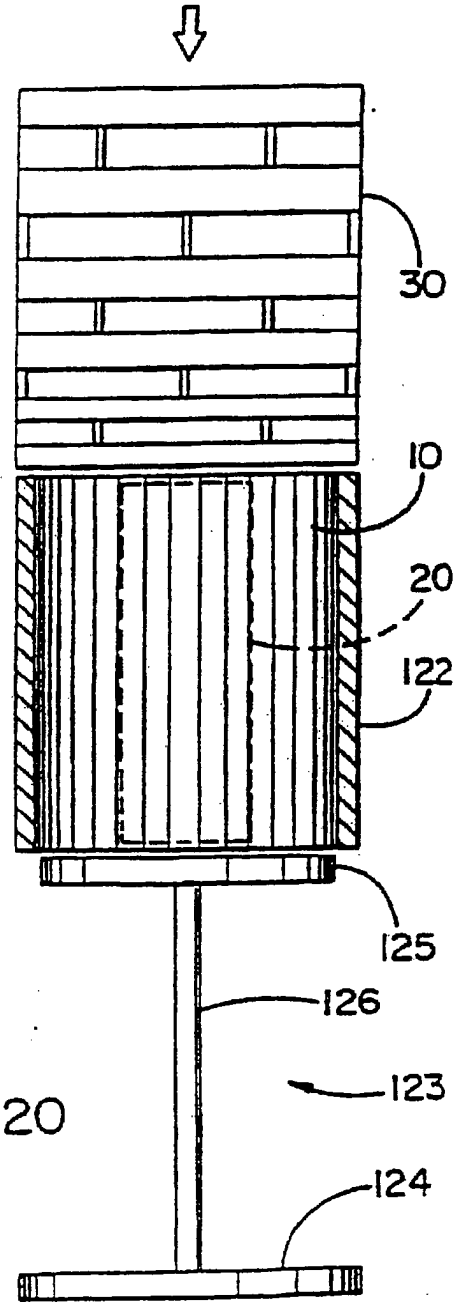

FIG. 20

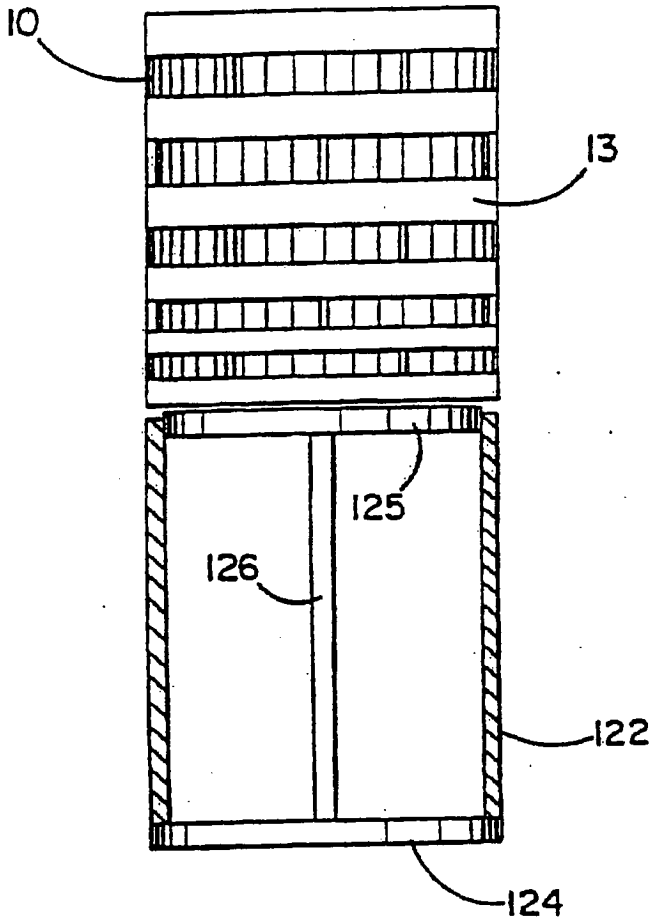

FIG. 21

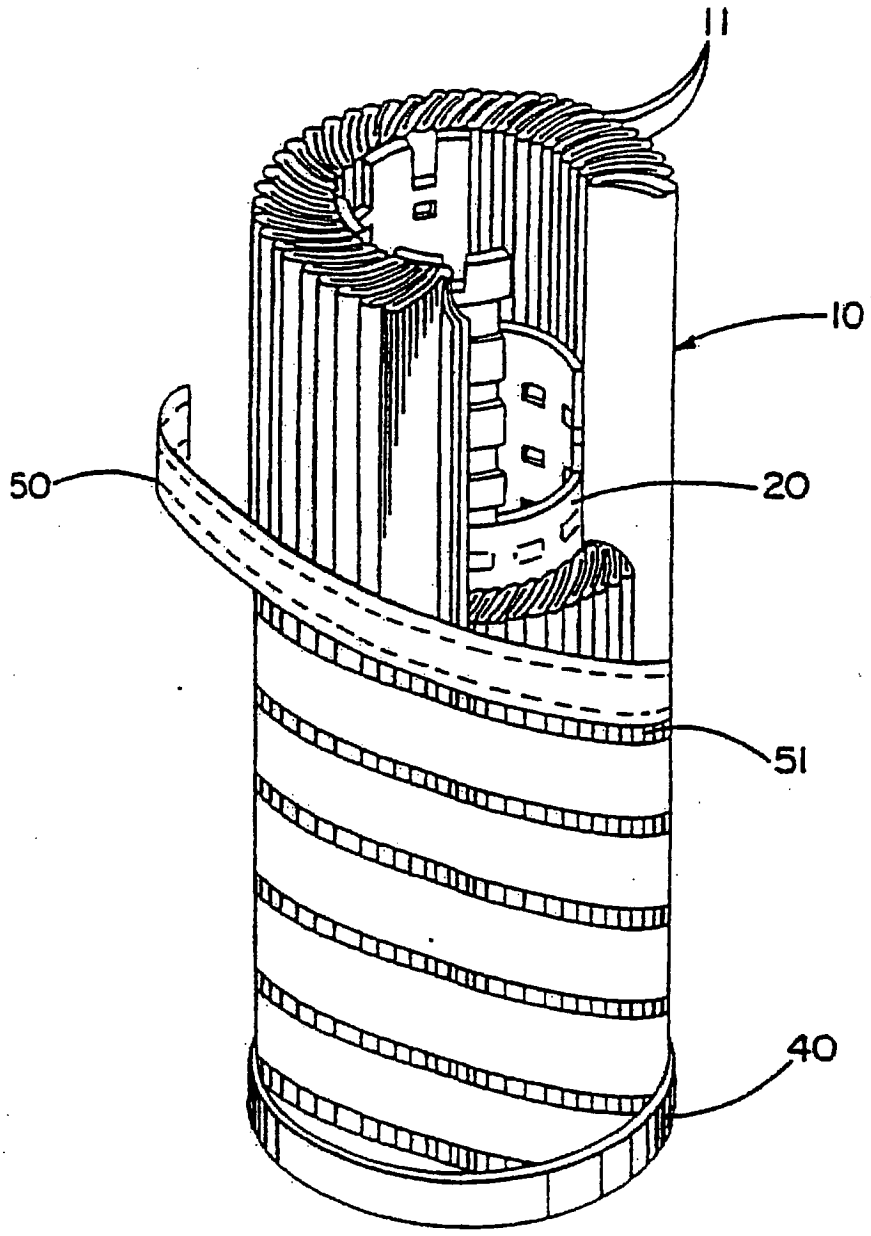

FIG. 22

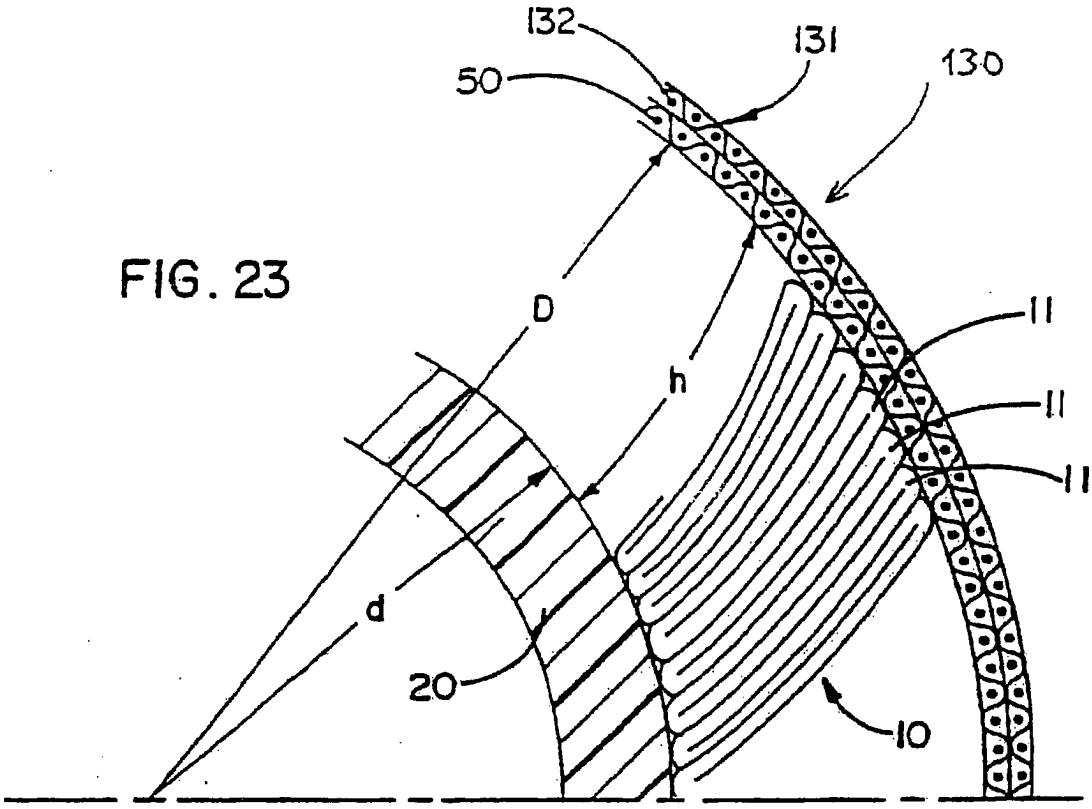

FIG. 23

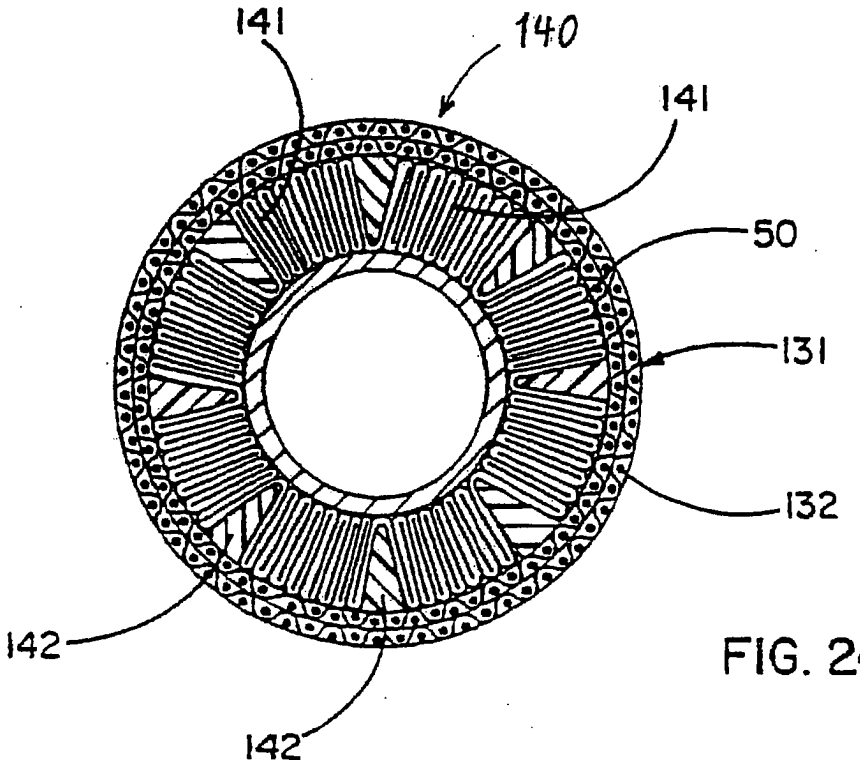

FIG. 24