



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 22 933 T2** 2004.05.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 904 143 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 22 933.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/07050**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 923 469.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/040918**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.04.1997**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **06.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **18.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.05.2004**

(51) Int Cl.7: **B01D 46/12**  
**B01D 46/52, B01D 25/24**

(30) Unionspriorität:

**639220 26.04.1996 US**

(73) Patentinhaber:

**Donaldson Co., Inc., Minneapolis, Minn., US**

(74) Vertreter:

**Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,  
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**WAGNER, M., Wayne, Apple Valley, US;  
GILLINGHAM, R., Gary, Prior Lake, US; TOKAR, C.,  
Joseph, Apple Valley, US; RISCH, T., Daniel,  
Burnsville, US; ROTHMAN, C., Jim, Burnsville, US;  
WAHLQUIST, H., Fred, Bloomington, US;  
MATTHYS, A., Bernard, Apple Valley, US;  
SABELKO, W., Stephen, Prescott, US; PATTEN, D.,  
Bryan, Bloomington, US; REICHTER, L., Gregory,  
Bloomington, US**

(54) Bezeichnung: **GEFALTETES FILTERMATERIAL**

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****Hintergrund der Erfindung****Gebiet der Erfindung:**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft gewellte Filtermedien, die den Widerstand über das Filter minimieren, und ein Verfahren zum Herstellen derselben.

**Stand der Technik:**

[0002] Faltenfilter mit Anwendung von Filtermedien zum Entfernen von Verunreinigungen aus Fluiden sind allgemein bekannt und treten in vielen Formen in Erscheinung.

[0003] Ein allgemeines Problem bei Filtern ist die unzureichende Filterfläche. Frühere Versuche, die effektive Filterfläche für ein gegebenes Filtervolumen zu erhöhen, waren nicht ganz erfolgreich. Um diesen Mangel zu überwinden, werden gewöhnlich Faltenfilter angewandt, für die ein gefaltetes Filtermedium benutzt wird. Obwohl gefaltetes Filtermedium die Filterfläche erhöhen kann, wenn die Falten immer dichter zueinander angeordnet werden, wodurch immer mehr Filtermedium in einem gegebenen Volumen angeordnet wird, werden die Falten immer dichter aneinander gedrückt, wodurch der Durchfluss begrenzt wird. Dieser Widerstand kann das Erhöhen der Strömungsgeschwindigkeit zum Durchströmen des Filtermediums bewirken, wodurch sich die Druckdifferenz über das Filter erhöht, was zusätzliche Probleme im System erzeugen kann.

[0004] Die meisten durchlässigen Filtermedien sind nicht eigentragfähig, so dass die Filter Gehäuse zum Tragen des Filtermaterials erfordern. Dieses erhöht sowohl die Herstellungskosten als auch die Masse und Größe des Filters.

[0005] Um den Widerstand zu verbessern und eine größere Filterfläche als auch Filterleistung vorzusehen, können gewellte Filteraufbauten verwendet werden. Gewellte Filter haben die Leistungsfähigkeit einer größeren Filterfläche pro Volumeneinheit als auch weniger Widerstand und im Wesentlichen geraden Durchfluss.

[0006] Obwohl gewellte Filter gegenüber früheren Filterkonstruktionen verbesserte Strömungseigenschaften und Wirkungsgrad zur Verfügung stellen, haben gewellte Filter Entwicklungsmöglichkeiten eines höheren Wirkungsgrades und verbesserter Strömungseigenschaften. Die verschlossenen, stromaufwärts liegenden Enden der Wellen stellen eine beträchtliche Strömungssperre dar, und in Kombination mit dem Filtermaterial wird mehr als die Hälfte der verfügbaren Fluidströmungsquerschnittsfläche blockiert. Filterkonstruktionen mit einer größeren Querschnittsfläche quer zur Strömung stellen verbesserte Strömungs- und Widerstandseigenschaften zur Verfügung.

[0007] Beispiele für bekannte gewellte Filter sind in US-A-4,310,419, US-A-3,025,963 und EP-A1-0 630 672 offenbart. Das erste dieser Patente offenbart ein Filterelement mit einem ebenen Teil und einem gewellten Teil. Die Wellen formen zusammen mit Teilen eines ebenen Teiles Falten. Infolge einer besonderen Falttechnik haben die Falten eine abnehmende Höhe. Das US-A-3,025,963 offenbart ein Verfahren zum Herstellen eines gewellten Filtermediums, wobei bei diesem Verfahren das Filtermedium durch den Zwischenraum von zwei Riffelrollen geführt wird. Eine Bahn eines ebenen Filtermediums ist mit der gewellten Bahn verklebt und der Kleber wird verwendet, um Wellen oder Falten vorzusehen, die abwechselnd an dem einen oder dem anderen Ende geschlossen sind.

[0008] EP-A1-0 630 672 offenbart ein gewelltes Filtermedium. Wiederum sind gewellte und nicht gewellte Bahnen aneinander befestigt, um Wellen zu bilden, wobei die Spitzenabschnitte der Wellen im Vergleich mit den breitbogigen Tälern zwischen jeweils zwei Spitzen relativ schmal sind.

[0009] US-A-4,925,561 offenbart ein Filterelement, das ein gefaltetes Filtermedium umfasst, das durch eine Lage eines flachen Mediums abgedeckt ist. Die Falten sind in eine rechteckige Form gefaltet, so dass sie abwechselnde obere und untere Abschnitte von annähernd dreieckiger Form aufweisen, wobei sich die oberen Abschnitte in eine Richtung in der Breite verjüngen und die unteren Abschnitte sich in entgegengesetzter Richtung verjüngen. Infolgedessen stellt die Einlassseite des zusammengebauten Filterelementes, die der Fluidströmung ausgesetzt ist, im Vergleich mit der Querschnittsfläche der stromaufwärts liegenden Ränder des Filtermediums eine sehr große rechteckige Einlassfläche zur Verfügung.

[0010] Es ist ersichtlich, dass neue und verbesserte Filter gebraucht werden, die selbsttragend sind, verbesserte Strömungswiderstandseigenschaften, höheren Wirkungsgrad und geringere Herstellungskosten zur Verfügung stellen.

[0011] Insbesondere sollten gewellte Filter einen vorderen Rand haben, der weniger Widerstand aufweist und weniger von der Strömungsquerschnittsfläche einnimmt als Standardwellenkonstruktionen. Außerdem sollte die Filtermediumquerschnittsfläche und die geschlossenen Enden der Wellen am stromaufwärts liegenden Rand kleiner als die Öffnungsfläche am stromaufwärts liegenden Rand der Wellen sein. Solche verbesserten Filterkonstruktionen sollten außerdem ohne unnötige zusätzliche Schritte einfach herstellbar sein. Die vorliegende Erfindung geht diese als auch andere, mit den Filterkonstruktionen verbundenen Probleme an.

**Zusammenfassung der Erfindung**

[0012] Die vorliegende Erfindung ist auf eine Wellenfiltereinrichtung gerichtet, und insbesondere auf ein gewelltes Filtermedium mit verbesserten Strö-

mungseigenschaften und auf ein Verfahren zum Herstellen der Wellenfiltereinrichtung.

[0013] Gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Wellenfiltermedium eine gewellte mittlere Lage zwischen einer oberen und einer unteren Schicht. Es ist erkennbar, dass das Filtermedium gewickelt oder auf andere Weise gestapelt werden kann, so dass nur eine einzige Lage an einer gewellten Lage befestigt werden muss, da benachbarte Schichten entweder als die obere oder untere Lage der nächsten benachbarten Schicht dienen. Außerdem können die Schichten in einer Spiralform gewickelt sein. Abwechselnde Enden von durch das gewellte Material gebildeten benachbarten Kammern werden entweder auf der stromaufwärts oder stromabwärts liegenden Seite gesperrt. Die Erfindung hat konische Wellen, die sich von einem Ende zum anderen aufweiten. Die Wellenkammern, deren stromaufwärts liegendes Ende geschlossen ist, weiten sich zu einem offenen stromabwärts liegenden Ende auf. Umgekehrt weiten sich die stromabwärts geschlossenen Wellenkammern zu einem offenen stromaufwärts liegenden Ende auf.

[0014] Es ist erkennbar, dass bei dieser Konfiguration die Filtermediumfläche quer zur Zulaufströmung einen großen, zu den Kammern offenen Teil zur Aufnahme der Strömung umfasst. Wenn die Strömung die verschiedenen Filtermateriallagen durchströmt, passiert das gefilterte Fluid auch ein vergrößertes stromabwärts liegendes Ende. Auf diese Weise wird der Widerstand infolge des Filters gegenüber Standardwellenfiltermaterialien wesentlich verringert. Außerdem ist der prozentuale Anteil des Raupenmaterials am stromaufwärts liegenden Rand der Filterlagen wesentlich geringer als die offene Fläche, die die Zulaufströmung aufnimmt.

[0015] Gemäß einer ersten Ausführungsform umfasst der Vorderrand des Filtermediums Raupen, die abwechselnde Kammern der Filterwellen versperren. Der stromaufwärts liegende Rand der Raupe und gewellten Lage sind abgewinkelt, so dass ein verbreiteter Rand die Strömung abfängt und sich zum stromabwärts liegenden Ende neigt. Wenn die Strömung den stromaufwärts liegenden Rand schneidet, berührt nur die vordere Kante der Lage die Zulaufströmung und die Raupe und gewellte Lage neigen sich nach hinten. Mit diesem Aufbau wird der Widerstand und Anteil des Filtermediums, der die Zulaufströmung am vorderen Rand des Filters abfängt, reduziert. Deshalb wird ein verbesserter Durchfluss erreicht, der für einen erhöhten Wirkungsgrad und reduzierten Widerstand über das Filter sorgt.

[0016] Diese und verschiedene andere Vorteile und die Erfindung charakterisierende Neuheitsmerkmale werden insbesondere in den Ansprüchen dargelegt, die hier beigefügt sind und einen Teil derselben bilden. Für ein besseres Verständnis der Erfindung, ihrer Vorteile und der durch ihre Anwendung erreichten Ziele sollte jedoch auf die Zeichnungen Bezug genommen werden, die einen weiteren Teil derselben

bilden, und auf die beigefügte Beschreibung, in der eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung dargestellt und beschrieben wird.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] In den Zeichnungen bezeichnen gleiche Bezugsbuchstaben und -zahlen entsprechende Elemente in den gesamten Ansichten:

[0018] **Fig. 1** zeigt eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines doppelseitig gewellten Filtermediums mit konischen Wellen gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung;

[0019] **Fig. 2A–2B** zeigen schematische Ansichten des Herstellungsverfahrens des in **Fig. 1** gezeigten Filtermediums;

[0020] **Fig. 3** zeigt eine Stirnseitenansicht des in **Fig. 1** gezeigten Filtermediums;

[0021] **Fig. 4** zeigt eine Stirnseitenansicht einer Rolle zum Formen des in **Fig. 1** gezeigten Filtermediums;

[0022] **Fig. 5** zeigt eine detaillierte Stirnansicht der Zähne für die in **Fig. 4** gezeigte Rolle;

[0023] **Fig. 6** zeigt eine perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines Filtermediums mit asymmetrischen Wellen gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung;

[0024] **Fig. 7** zeigt eine Stirnseitenansicht des in **Fig. 6** gezeigten Filtermediums;

[0025] **Fig. 8** zeigt eine Stirnseitenansicht einer Rolle zum Formen des in **Fig. 6** gezeigten Filtermediums;

[0026] **Fig. 9** zeigt eine perspektivische Ansicht einer dritten Ausführungsform eines Filtermediums mit zusammengedrückten vorderen Wellenrändern gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung;

[0027] **Fig. 10** zeigt eine Stirnseitenansicht des in **Fig. 9** gezeigten Filtermediums;

[0028] **Fig. 11** zeigt eine seitliche Schnittansicht des Vorderrandes des in **Fig. 9** gezeigten Filtermediums;

[0029] **Fig. 12** zeigt ein Diagramm des Druckabfalls über das Filter als Funktion der Luftströmung durch das Filter für verschiedene Wellenfiltermediumkonstruktionen;

[0030] **Fig. 13** zeigt ein Diagramm des Druckabfalls als Funktion der Staubbefrachtung für verschiedene Wellenfiltermediumkonstruktionen;

[0031] **Fig. 14** zeigt eine Schnittansicht einer vierten Ausführungsform eines Filtermediums mit stromaufwärts geschlossenen Wellen gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung, wobei ein geschlossener Teil vom stromaufwärts liegenden Rand des Filtermediums zurückgesetzt ist;

[0032] **Fig. 15** zeigt eine Seitenansicht eines Verfahrens zum Bilden des Vorderrandes des in den **Fig. 9–11** gezeigten Filtermediums; und

[0033] **Fig. 16** zeigt eine Seitenansicht einer unter Anwendung des in **Fig. 15** gezeigten Verfahrens in Streifen geschnittenen Filtermediumlage.

# Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0034] Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen und insbesondere auf **Fig. 1** ist dort ein Teil einer Schicht aus doppelseitigem, durchlässigen, gewellten Filtermedium gezeigt, das allgemein mit **100** bezeichnet ist. Die erste Ausführungsform des gewellten Filtermediums **100** umfasst eine Vielzahl konischer Wellenkammern **102**. Die Wellenkammern **102** werden durch eine mittlere gewellte Lage **108** gebildet, die zwischen Decklagen **110**, die eine erste Decklage **112** und eine zweite Decklage **114** umfassen, abwechselnde Spitzen **104** und Täler **106** bildet. Die Täler **106** und Spitzen **104** teilen die Wellen **102** in eine obere Reihe und eine untere Reihe. In der in **Fig. 1** gezeigten Ausgestaltung bilden die oberen Wellen am stromabwärts liegenden Ende geschlossene Wellenkammern **122**, während die am stromaufwärts liegenden Ende geschlossenen Wellenkammern **120** die untere Reihe der Wellenkammern sind. Die Wellenkammern **120** sind durch eine erste Randraupe **124** geschlossen, die einen Teil des stromaufwärts liegenden Endes der Welle zwischen der mittleren gewellten Lage **108** und der zweiten Decklage **114** vollständig füllt. Gleichermaßen schließt eine zweite Randraupe **126** das stromabwärts liegende Ende abwechselnder Wellen **102**. Klebepunkte verbinden die Spitzen **104** und Täler **106** der Wellen **102** mit den Decklagen **112** und **114**. Die Wellen **102** und Endraupen **124** und **126** stellen ein Filterelement zur Verfügung, das ohne ein Gehäuse eigentragfähig ist.

[0035] Beim Filtern tritt ungefiltertes Fluid in die Wellenkammern **122** ein, deren stromaufwärts liegenden Enden offen sind, wie es durch den schattierten Pfeil angegeben ist. Beim Eintritt in die Wellenkammern **122** wird der Strom des ungefilterten Fluides durch die zweite Endraupe **126** am stromabwärts liegenden Ende gestoppt. Deshalb wird das Fluid gezwungen, durch die gewellte Lage **108** oder die Decklagen **110** weiterzuströmen. Wenn das ungefilterte Fluid die gewellte Lage **108** oder die Decklagen **110** passiert, wird das Fluid durch die Filtermediumschichten gefiltert, wie es durch den nicht schattierten Pfeil angegeben wird. Das Fluid kann dann frei durch die Wellenkammern **120** strömen, deren stromaufwärts liegendes Ende geschlossen ist, und am stromabwärts liegenden Ende aus dem Filtermedium **100** herausströmen. Mit der gezeigten Konfiguration kann das ungefilterte Fluid durch die gewellte Lage **108**, die obere Decklage **112** oder die untere Decklage **114** und in eine Wellenkammer **120** strömen, die auf ihrer stromaufwärts liegenden Seite gesperrt ist.

[0036] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 2A–2B** ist der nachfolgend beschriebene Herstellungsprozess für gewelltes Filtermedium gezeigt, das zum Bilden von Filterelementen gestapelt oder gerollt werden kann. Es ist erkennbar, dass, wenn das Filtermedium geschichtet oder gewickelt wird, wobei benachbarte Schichten einander berühren, nur eine Decklage **110**

erforderlich ist, da sie als Oberseite für eine gewellte Lage und als untere Lage für eine andere gewellte Lage dienen kann. Deshalb ist verständlich, dass die gewellte Lage **108** nur auf eine Decklage **110** aufgebracht werden muss, wenn die Schichten gestapelt oder gerollt werden.

[0037] Wie in **Fig. 2A** gezeigt ist, wird eine erste Filtermediumlage **30** von einem Satz Rollen zu gegenüber liegenden Wellenprofilrollen **44** ausgegeben, die einen Spalt bilden. Die Rollen **44** haben ineinander greifende wellige Flächen, um die erste Lage **30** in Wellenform zu bringen, wenn sie zwischen den Rollen **44** zusammengedrückt wird. Wie in **Fig. 2B** gezeigt ist, wird die erste, nun gewellte Lage **30** und eine zweite flache Lage des Filtermediums **32** zusammen zu einem zweiten, zwischen einer der Wellenprofilrollen **44** und einer gegenüber liegenden Rolle **45** gebildeten Spalt geführt. Eine Dichtungsmittelaufragsvorrichtung **47** trägt vor dem Eingriff zwischen der Wellenprofilrolle **44** und der gegenüber liegenden Rolle **45** ein Dichtungsmittel **46** entlang der oberen Fläche der zweiten Lage **32** auf. Zu Beginn eines Fertigungsdurchlaufes fallen die Lagen auseinander, wenn die erste Lage **30** und die zweite Lage **32** die Rollen **44** und **45** passieren. Wenn jedoch Dichtungsmittel **46** aufgetragen wird, bildet das Dichtungsmittel **46** zwischen der gewellten Lage **30** und der Decklage **32** eine erste Endraupe **38**. Die Spitzen **26** und Täler **28** haben Verbindungsraupen **42**, die in beabstandeten Intervallen auf ihre Spitze aufgebracht oder auf andere Weise an der Decklage **32** befestigt werden, um Wellenkammern **34** zu bilden. Die sich daraus ergebende Struktur der an einem Rand mit der gewellten Lage **30** geschlossenen Decklage **32** ist ein einseitiges, schichtbares Filtermedium. Wenn die Schichten gestapelt oder gewickelt werden, wird auf einem gegenüber liegenden Rand eine zweite Raupe auf die gewellte Lage **30** aufgetragen. Wenn die Schichten nicht gestapelt oder gewickelt werden, wird eine zweite Raupe auf einem gegenüber liegenden Rand aufgetragen und eine zweite Decklage aufgebracht.

[0038] Nochmals bezugnehmend auf **Fig. 1** ist erkennbar, dass sich die Wellen **102** verjüngen. Die Wellenkammern **120**, deren stromaufwärts liegendes Ende geschlossen ist, verbreitern sich entlang des Tales zu einer vergrößerten stromabwärts liegenden Öffnung, wie es in **Fig. 3** gezeigt ist. Gleichermaßen haben die Kammern **122** eine große stromaufwärts liegende Öffnung, die ebenfalls in **Fig. 3** gezeigt ist, und verjüngen sich zu einem engeren geschlossenen Ende. Auf diese Weise wird der Teil des Filtermediums, der die Zulaufströmung abfängt, das heißt offen ist, wesentlich erhöht. Außerdem strömt das Fluid aus einem vergrößerten offenen Ende an der stromabwärts liegenden Seite des Filters heraus, wenn das Fluid entlang der Wellen strömt und die Wände des Filtermediums, entweder die mittlere Lage **108** oder die Decklagen **112** oder **114** passiert.

[0039] Es ist erkennbar, dass zur Herstellung der

konischen Wellen **102** eine spezielle Rolle **144** erforderlich ist, die in **Fig. 4** gezeigt ist. Die Rolle **144** umfasst eine Umfangsfläche, die eine Vielzahl daran ausgebildeter, ausgerichteter Zähne **146** besitzt. Die konischen Zähne **146** sind von einem schmalen ersten Ende zu einem breiteren zweiten Ende abge-schrägt, wie es genauer in **Fig. 5** gezeigt ist. Es ist erkennbar, dass komplementäre Zähne **147** an einer gegenüber liegenden Rolle **145** von einem schmalen zweiten Ende zu einem breiteren ersten Ende abge-schrägt sind. Deshalb wird das Filtermedium, wenn die Decklage der mittleren Lage **108** durch den Zwischenraum der komplementären Rollen **144** geführt wird, gewellt, so dass Spitzen **104** und Täler **106** gebildet werden, die sich über ihre Länge in abwechselnden Richtungen verjüngen. Es ist erkennbar, dass die Raupen **124** und **126** ein Filtermedium zur Verfügung stellen, dass konstruktiv selbsttragend ist.

[0040] Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, umfasst das resultierende Filtermedium **100** konische Wellenkammern **120**, die ein geschlossenes stromaufwärts liegendes Ende besitzen, und Wellenkammern **122**, die ein offenes stromaufwärts liegendes Ende besitzen. Es ist erkennbar, dass bei den konischen Wellen **102** die Wellenkammern **122** quer zur Strömung eine größere Querschnittfläche als die Kammern **120** besitzen, deren stromaufwärts liegende Enden geschlossen sind. Es ist auch erkennbar, dass die Querschnittfläche quer zur Strömung der Wellenkammern **120** größer ist als die Querschnittfläche der geschlossenen Kammern **122** und der Ränder der Lagen **108**, **112** und **114**. Auf diese Weise nimmt das Filtermedium **100** eine größere Strömung mit weniger Widerstand auf. Da sich die Wellenkammern **120** und **122** entgegengesetzt zueinander verjüngen, sind die Enden der Kammern am stromabwärts liegenden Rand in der Größe umgekehrt. Mit diesem Aufbau ist verständlich, dass die Wellenkammern **120** am geschlossenen stromabwärts liegende Ende des Filtermediums **100** einen viel kleineren Querschnitt und die Wellenkammern **122** eine viel größere Querschnittfläche besitzen. Deshalb tritt die Strömung durch die größeren Öffnungen der Kammern **120** ein und durch die größeren offenen stromabwärts liegenden Enden der Wellenkammern **122** aus. Mit diesem Aufbau durchströmt der Strom Filtermaterial, das einen viel größeren offenen Raum mit weniger Widerstand besitzt, während noch ausreichend Filtermediumfläche in dem gleichen Volumen zur Verfügung steht.

[0041] Bezugnehmen auf **Fig. 6** ist dort eine zweite Ausführungsform eines Filtermediums gezeigt, das allgemein mit **200** bezeichnet ist und erfindungsgemäß asymmetrische Wellen besitzt. Das Filtermedium **200** umfasst asymmetrische Wellen, die wesentlich schmalere Spitzen **204** und breitbogige Täler **206** bilden. Der Radius des Bogens der Spitzen **204** ist geringer als der Radius des Bogens der Täler **206** der asymmetrischen Wellen. Das Filtermedium **200** umfasst eine mittlere Lage **208** und Decklagen **210**, die aus einer ersten oberen Decklage **212** und einer

zweiten unteren Decklage **214** bestehen.

[0042] Die Decklagen **210** sind durch stromaufwärts liegende Raupen **224** und stromabwärts liegende Raupen **226** verbunden. Auf diese Weise bilden die Lagen **208**, **212** und **214** Kammern **220**, deren stromaufwärts liegende Enden geschlossen sind, und Kammern **222**, deren stromabwärts liegende Enden geschlossen sind.

[0043] Es ist erkennbar, dass mit der in **Fig. 6** gezeigten Konfiguration der stromaufwärts liegende Teil des Filtermediums **200**, der die Strömung abfängt, eine größere Öffnung für die Kammern **222** umfasst. Auf diese Weise wird durch die Wellenkammern **222** eine größere Strömung aufgenommen, die dann durch die Lagen **208**, **212** und **214** und durch die Kammern **220** strömt. Außerdem stellt das asymmetrische Wellenfiltermedium **200** eine eigentragfähige Filterkonstruktion zur Verfügung.

[0044] Bezugnehmend auf **Fig. 7** ist das offene Ende der Kammern **222** wesentlich größer als die Raupe **224** am stromaufwärts liegenden Ende und der Flächenbereich quer zur Strömung der Lagen **208**, **212** und **214**. Diese Anordnung verringert den Widerstand am Filtereinlass und sorgt für verbesserten Durchfluss und Staubbefruchtungskapazität.

[0045] Bezugnehmend auf **Fig. 8** umfasst die Rolle **244** zum Bilden des asymmetrischen, gewellten Filtermediums **200** an ihrem Außenrand eine Vielzahl von Zähnen **246**. Die Zähne **246** einer ersten Rolle **244** haben eine verbreiterte Außenfläche mit einem dazwischen ausgebildeten schmalen Tal. Die komplementäre Rolle würde zum Ineinandergreifen mit den Zähnen **246** schmalere Zähne mit einem dazwischen ausgebildeten verbreiterten Tal besitzen. Es ist erkennbar, dass, wenn die Rollen mit dem dazwischen hindurchgeführten Filtermaterial ineinander greifen, asymmetrische Spitzen und Täler in dem gewellten Filtermaterial ausgebildet werden.

[0046] Bezugnehmend auf **Fig. 9** ist eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt, die allgemein mit **300** bezeichnetes, zusammengequetschtes Filtermedium besitzt. Das zusammengequetschte Filtermedium umfasst Wellen **302** mit einem zusammengequetschten stromaufwärts liegenden Rand **316**. Die Wellen umfassen Spitzen **304** und Täler **306**, die durch eine gewellte mittlere Lage **308** gebildet werden. Deckschichten **310** nehmen zwischen sich die mittlere Lage **308** bildet werden. Deckschichten **310** nehmen zwischen sich die mittlere Lage **308** auf, so dass Wellenkammern **320** und **322** gebildet werden. Eine erste Decklage **312** berührt die obere Fläche der Wellen, während eine untere Decklage **314** die Unterseite der Wellen berührt. Das Filtermedium **300** umfasst eine stromaufwärts liegende Raupe **324** und stromabwärts liegende Raupe **326**. Der Querschnitt der Wellen am stromabwärts liegenden Ende erscheint in **Fig. 10**. Die Schnittansicht von den stromaufwärts liegenden Enden würde umgekehrt zu der gezeigten sein, wobei die offenen und geschlossenen Teile entgegenge-

setzt sind.

[0047] Wie in **Fig. 11** gezeigt ist, umfasst die stromaufwärts liegende Seite des Filtermediums **300** einen zusammengequetschten Rand **316** entlang der stromaufwärts liegenden Raupe **324**. Dieses bildet eine schräge Fläche **328** der Raupe **324** und der mittleren Lage **308**, die mit der Strömung in Berührung kommt. Die Schräge erzeugt weniger Widerstand, während ein größerer Durchfluss erreicht wird, so dass der Widerstand über das Filtermedium reduziert wird. Es ist erkennbar, dass das mit der Strömung am Rand **330** in Berührung kommende Filtermaterial und Raupe kleiner ist als die die Strömung aufnehmende offene Fläche, was den Wirkungsgrad und die Strömung verbessert.

[0048] Der abgeschrägte Rand kann durch eine Reihe von Verfahren ausgebildet werden, ein bevorzugtes Verfahren ist jedoch in den **Fig. 15** und **16** gezeigt. Ein bogenförmiges oder rundes Formgebungselement **350** wird auf die stromaufwärts liegende Raupe **324** gedrückt, bevor das Dichtungsmaterial der Raupe ausgehärtet ist, so dass ein schnelles und einfaches Verfahren zum Bilden einer schrägen Fläche **328** zur Verfügung gestellt wird, wie es in **Fig. 15** gezeigt ist. Das Formgebungswerkzeug **350** kann ein Ball sein, der über die stromaufwärts liegende Raupe **324** gerollt wird, oder ein abgerundetes Element, das auf das Medium **300** gedrückt wird. Nachdem die Vertiefung hergestellt ist, wird das Medium **300** mit einer Schneide **360** oder einem Schneidwerkzeug an der stromaufwärts liegenden Raupe **324** geschnitten, wodurch zwei Streifen des Filtermediums **300** gebildet werden, die einen schrägen stromaufwärts liegenden Rand **330** besitzen, wie es in **Fig. 16** gezeigt ist. Es ist erkennbar, dass eine Reihe von Sätzen verbreiteter, alternierender Raupen **324** und **326** auf eine Mediumlage **300** aufgebracht werden können. Die stromaufwärts liegenden Raupen **324** werden dann wie in **Fig. 15** gezeigt gequetscht. Wenn das Dichtungsmaterial der Raupen **324** und **326** aushärtet, wird die Filtermediumlage **300** an den Raupen **324** und **326** geschnitten, so dass Mehrfachlagen des Filtermediums **300** gebildet werden, die zusammengequetschte stromaufwärts liegende Ränder **300** besitzen.

[0049] Bezugnehmend auf **Fig. 14** ist eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit gewelltem Filtermedium **400** gezeigt. Das gewellte Filtermedium **400** ist ähnlich den anderen gewellten Filtermedien, das gewellte Filtermedium **400** hat jedoch eine modifizierte stromaufwärts liegende Rand- und Raupenkonfiguration, wie es nachfolgend erläutert wird. Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, umfasst das gewellte Filtermedium **400** Wellen **402** mit Spitzen und Tälern und mit Wellen **420**, die stromaufwärts geschlossen sind, und Wellen **422**, die stromabwärts geschlossen sind. Anders als andere gewellte Filter, die abwechselnde Kammern besitzen, die an der äußersten stromaufwärts liegenden Fläche des Filtermediums geschlossen sind, umfassen die Wellen **420** jedoch

eine Raupe **424**, die die Wellenkammer abschließt, und die vom stromaufwärts liegenden Rand des Filtermediums **400** zurückgesetzt ist. Die Wellen **422** haben Raupen **426**, die sich am stromabwärts liegenden Ende befinden.

[0050] Das Filtermedium **400** stellt, wie erkennbar ist, Vorteile in der Funktionsweise zur Verfügung, indem große Partikel **1000** sich an der stromaufwärts liegenden Fläche des Filtermediums sammeln können. Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, können einige der Wellen **402** vollständig abgesperrt werden, wenn die Partikel **1000** groß genug sind. Bei bekannten Filtermedien hat die Sperrung **1000**, wenn mehrere Wellen verschlossen sind, größeren Einfluss, da aufeinanderfolgende, umliegende Wellen an ihrer stromaufwärts liegenden Seite geschlossen sind, was eine größere Strömungsrückführung um die blockierten Wellen herum erzeugt. Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, erlaubt eine Sperrung **1000** einer benachbarten, stromabwärts geschlossenen Welle **422**, wenn die Wellen **420** an ihrer stromaufwärts liegenden Seite bei **424** geschlossen und von dem stromaufwärts liegenden Rand zurückgesetzt sind, dass die Strömung in das stromaufwärts liegende Ende der Wellen **420** eintritt und durch die gewellte Lage oder anderes Filtermaterial stromaufwärts von der Dichtung **424** strömt. Auf diese Weise strömt das Fluid in die Welle **422**, wo es durch das Filtermaterial zurück in die Wellen **420** gedrückt wird, die an der stromabwärts liegenden Seite des Filters offen sind. Dieses verringert das Verstopfen und sorgt für einen besseren Durchfluss ohne Druckaufbau oder andere nachteilige Beeinflussung des Filterverhaltens. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die stromaufwärts liegenden Dichtungsraupen **424** vom stromaufwärts liegenden Rand ungefähr 6–25 mm (1/4" bis 1") zurückgesetzt. Auf diese Weise ist das gewellte Material noch selbsttragend, während die Auswirkungen des Verstopfens an der stromaufwärts liegenden Fläche des Filtermediums **400** verringert werden.

[0051] Wie in **Fig. 12** gezeigt ist, wird der Druckabfall für die Luftströmung eines gewellten Filtermediums mit Wellen der Standard-B-Größe mit konischem Filtermedium **100** verglichen, das ebenfalls eine Welle der B-Größe besitzt. Außerdem wird ein gewelltes Filtermedium mit einer Standard-A-Größe mit dem zusammengequetschten Filtermedium **300** verglichen, das eine Welle der A-Größe besitzt. Es ist erkennbar, dass der Druckabfall über das Filter in beiden Beispielen im Vergleich mit den Standardwellenfilterkonfigurationen verringert ist, obwohl sie gleiches Filtervolumen und Wellennenngröße haben.

[0052] Wie in **Fig. 13** gezeigt ist, ist außerdem erkennbar, dass, wenn das Filtermedium mit Staub befrachtet wird, eine Standard-B-Welle einen viel größeren Druckabfall als eine B-Welle mit konischem Filtermedium **100** aufweist. Außerdem hat eine Welle der Größe A für das Filtermedium **300** mit einem zusammengequetschten vorderen Rand einen wesentlich geringeren Anfangsdruckabfall als eine Stan-

dard-A-Welle.

[0053] Es ist erkennbar, dass mit der vorliegenden Erfindung ein Filtermedium zur Verfügung gestellt wird, das eine wesentlich größere offene Fläche quer zur Strömung besitzt, die die Strömung aufnimmt. Dieses sorgt für einen höheren Wirkungsgrad mit geringerem Widerstand.

### Patentansprüche

#### 1. Filteranordnung, umfassend:

(a) Filtermedium (**100**), umfassend mindestens eine Lage aus gewelltem Filtermedium (**108**) mit einem stromaufwärtsliegenden Rand und einen stromabwärtsliegenden Rand;

(i) wobei die Lage aus gewelltem Filtermedium aus sich abwechselnden runden Spitzen und runden Tälern besteht, die bilden:

(A) einen ersten Satz beabstandeter Rillen (**122**) auf einer Seite der Lage aus gewelltem Filtermedium; wobei jede Rille des ersten Rillensatzes eine Längsausdehnungsrichtung besitzt, die sich generell zwischen dem stromaufwärtsliegenden Rand und dem stromabwärtsliegenden Rand über die Lage erstreckt, und auf ihrer stromabwärtsliegenden Seite gesperrt ist; und

(B) einen zweiten Satz beabstandeter Rillen (**120**) auf einer zweiten Seite der Lage aus gewelltem Filtermedium;

wobei jede Rille des zweiten Rillensatzes eine Längsausdehnungsrichtung besitzt, die sich generell zwischen dem stromaufwärtsliegenden Rand und dem stromabwärtsliegenden Rand über die Lage erstreckt, und auf ihrer stromaufwärtsliegenden Seite gesperrt ist;

(b) mindestens eine zusätzliche Lage aus nicht gewelltem Filtermedium (**112**, **114**), die angrenzend an die mindestens eine Lage aus gewelltem Filtermedium ausgerichtet ist, wobei die Anordnung **dadurch gekennzeichnet** ist, dass

jede Rille des ersten Rillensatzes sich nach unten in der Breite über die Längsausdehnungsrichtung von einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle zu einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle verjüngt; und

jede Rille des zweiten Rillensatzes sich nach unten in der Breite über die Längsausdehnungsrichtung von einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle zu einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle verjüngt.

2. Filteranordnung gemäß Anspruch 1, bei der die mindestens eine Lage aus gewelltem Filtermedium (**108**) aus einem Filtermedium besteht, das mittels des Durchganges zwischen einem Paar Wellenprofilrollen (**144**, **145**), die jeweils konische Zähne (**146**) besitzen, gewellt wurde; wobei sich der Konus der Zähne eines ersten Paares der Wellenprofilrollen in eine Richtung verjüngt, die entgegengesetzt zu ei-

ner Richtung des Konus der Zähne eines zweiten Paares der Wellenprofilrollen ist.

3. Filteranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, die außerdem umfasst: eine erste Dichtungsmittelraupe, die die mindestens eine Lage des nicht gewellten Filtermediums an der mindestens einen Lage des gewellten Filtermediums befestigt.

4. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 1–3, bei der: das Filterelement aus der mindestens einen, an der mindestens einen Lage des nicht gewellten Filtermediums befestigten, Lage aus gewelltem Filtermedium besteht und in Rollenform aufgewickelt ist.

5. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 1–4, bei der:

(a) jede Rille des ersten Rillensatzes an einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle geschlossen ist, für den Durchgang von ungefiltertem Material dort heraus, und

(b) jede Rille des zweiten Rillensatzes an einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle geschlossen ist, für den Durchgang von ungefiltertem Material dort hinein.

6. Filteranordnung gemäß Anspruch 5, bei der:

(a) jede Rille des ersten Rillensatzes durch die erste, angrenzend am stromabwärtsliegenden Rand angeordnete Dichtungsmittelraupe dicht verschlossen ist; und

(b) jede Rille des zweiten Rillensatzes durch eine zweite, angrenzend am stromaufwärtsliegenden Rand angeordnete Dichtungsmittelraupe dicht verschlossen ist.

7. Filteranordnung gemäß einem der Ansprüche 1–4, bei der:

(a) das Filtermedium eine Schichtung gewellter Lagen umfasst, wobei jede von ihnen zwischen zwei flachen Filtermediumlagen angeordnet ist;

(i) wobei jede gewellte Lage der Schichtung aus gewellten Lagen sich abwechselnde Spitzen und Täler umfasst, die bilden:

(A) einen ersten Satz Rillen auf einer Seite der Lage aus gewelltem Filtermedium; und

(B) einen zweiten Satz Rillen auf einer zweiten Seite der Lage aus gewelltem Filtermedium;

(ii) wobei sich jede Rille des ersten Rillensatzes nach unten in der Breite über ihre Längsausdehnung von einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle zu einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle verjüngt; und

(iii) jede Rille des zweiten Rillensatzes sich benachbart vom stromabwärtsliegenden Rand zu einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle nach unten verjüngt.

8. Filteranordnung gemäß Anspruch 7, bei der

- (a) jede Rille des ersten Rillensatzes an einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle geschlossen ist, für den Durchgang von ungefiltertem Material dort heraus; und
- (b) jede Rille des zweiten Rillensatzes an einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle geschlossen ist, für den Durchgang von ungefiltertem Material dort hinein.

9. Verfahren zum Herstellen einer Filteranordnung, wobei das Verfahren umfasst:

- (a) Ausbilden eines gewellten Filtermediums mittels Hindurchführen des Filtermediums zwischen einem Paar Wellenprofilrollen, die jeweils Zähne mit einer konischen Breite besitzen, wobei sich der Konus der Zähne eines ersten Paares der Wellenprofilrollen in eine Richtung verjüngt, die entgegengesetzt zu einer Richtung des Konus der Zähne eines zweiten Paares der Wellenprofilrollen ist;
- (i) wobei das gewellte Filtermedium einen stromaufwärtsliegenden Rand und einen stromabwärtsliegenden Rand besitzt; das gewellte Filtermedium aus sich abwechselnden runden Spitzen und runden Tälern besteht, die bilden:
  - (A) einen ersten Satz beabstandeter Rillen auf einer Seite des gewellten Filtermediums; wobei jede Rille des ersten Rillensatzes eine Längsausdehnungsrichtung besitzt, die sich generell zwischen dem stromaufwärtsliegenden Rand und dem stromabwärtsliegenden Rand erstreckt, und an ihrem stromabwärtsliegenden Ende geschlossen ist; und
  - (B) einen zweiten Satz beabstandeter Rillen auf einer zweiten Seite des gewellten Filtermediums; wobei jede Rille des zweiten Rillensatzes eine Längsausdehnungsrichtung besitzt, die sich generell in eine Richtung zwischen dem stromaufwärtsliegenden Rand und dem stromabwärtsliegenden Rand über das Filtermedium erstreckt und an ihrem stromaufwärtsliegenden Ende geschlossen ist;
- (ii) wobei jede Rille des ersten Rillensatzes sich nach unten in der Breite über die Längsausrichtung von einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle zu einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle verjüngt; und
- (iii) jede Rille des zweiten Rillensatzes sich nach unten in der Breite über die Längsausrichtung von einer am stromabwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle zu einer am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzenden Stelle verjüngt;
- (b) Ausrichten mindestens einer Lage aus nicht gewelltem Filtermedium angrenzend an das gewellte Filtermedium; und
- (c) Befestigen des nicht gewellten Filtermediums an mindestens einer Lage des gewellten Filtermediums.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, bei dem: der Schritt des Befestigens das Befestigen des nicht gewellten Filtermediums an der mindestens einen Lage aus gewelltem Filtermedium mit einer ersten Dichtungsmittelraupe umfasst.

11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 und 10, außerdem umfassend: Aufwickeln des an der mindestens eine Lage aus nicht gewelltem Filtermedium befestigten, gewellten Filtermediums in eine Rollenform.

12. Verfahren gemäß Anspruch 10, außerdem umfassend:

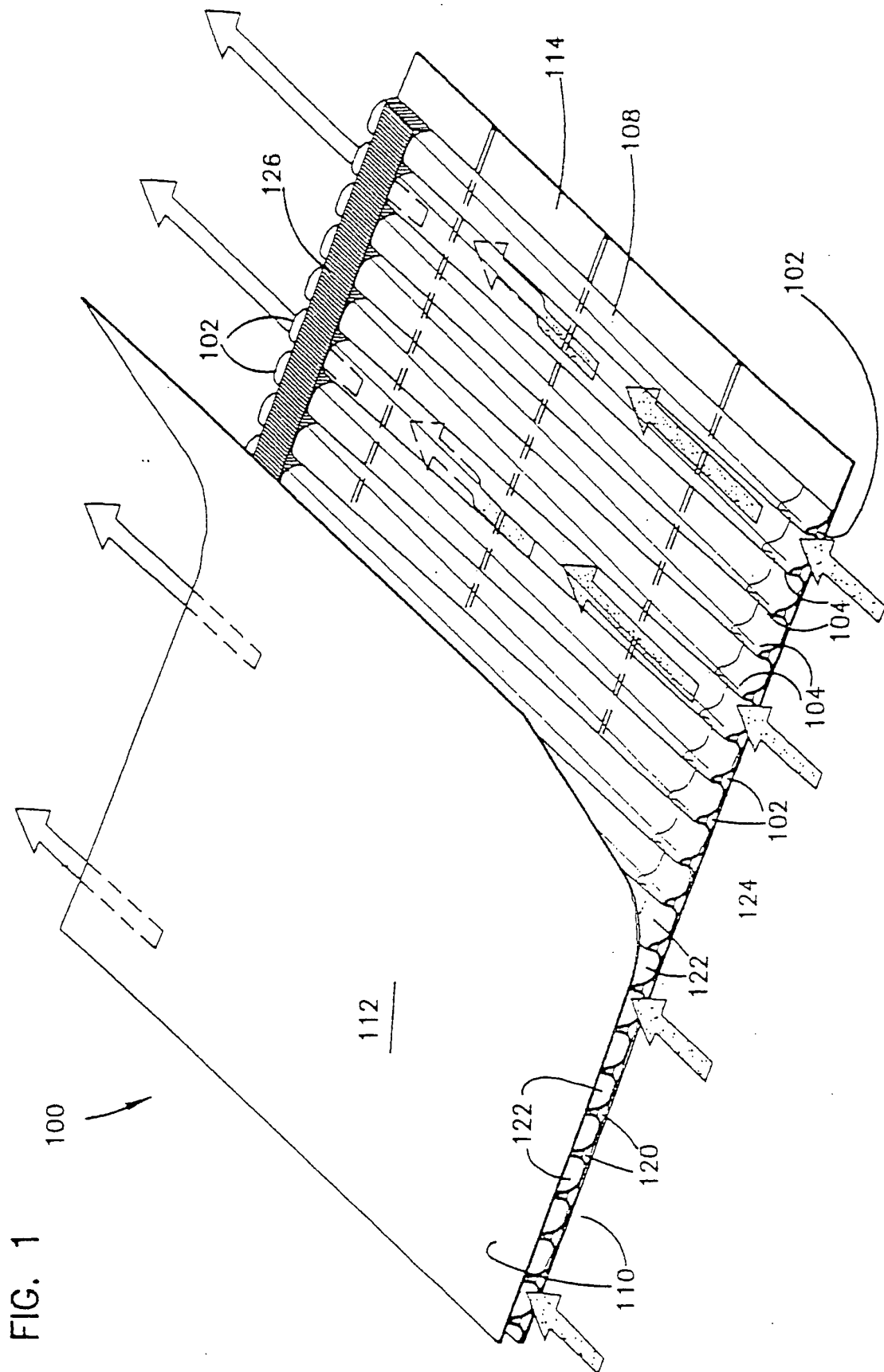
- (a) Abdichten jeder Rille des ersten Rillensatzes, die durch die am stromabwärtsliegenden Rand angrenzend angeordnete erste Dichtungsmittelraupe verschlossen ist;
- (b) Abdichten jeder Rille des zweiten Rillensatzes, die durch eine am stromaufwärtsliegenden Rand angrenzend angeordnete zweite Dichtungsmittelraupe verschlossen ist.

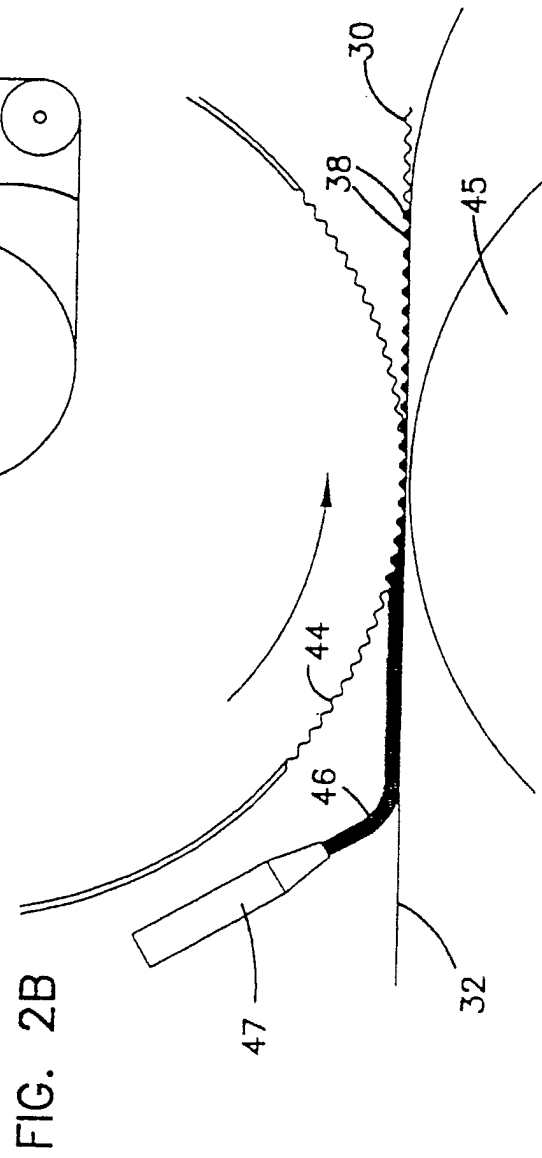
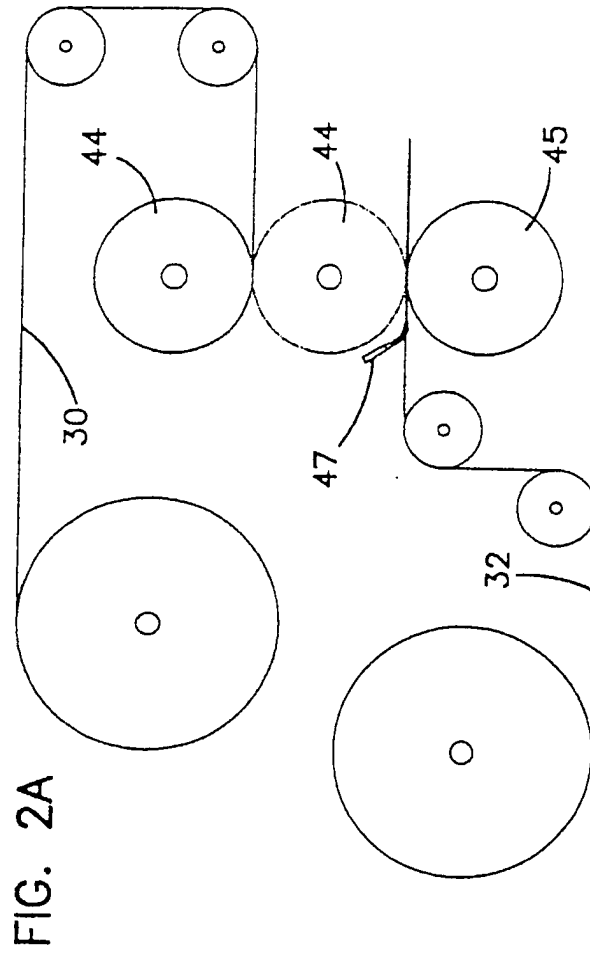
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9–11, außerdem umfassend: Zusammenquetschen jeder Rille des zweiten Rillensatzes, die angrenzend an einen ausgewählten Rand des Filtermediums verschlossen ist.

14. Verfahren gemäß Anspruch 13, bei dem: der Schritt des Zusammenquetschens das Zusammenquetschen jeder Rille des zweiten Rillensatzes umfasst, die angrenzend am stromaufwärtsliegenden Rand des Filtermediums geschlossen ist.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen







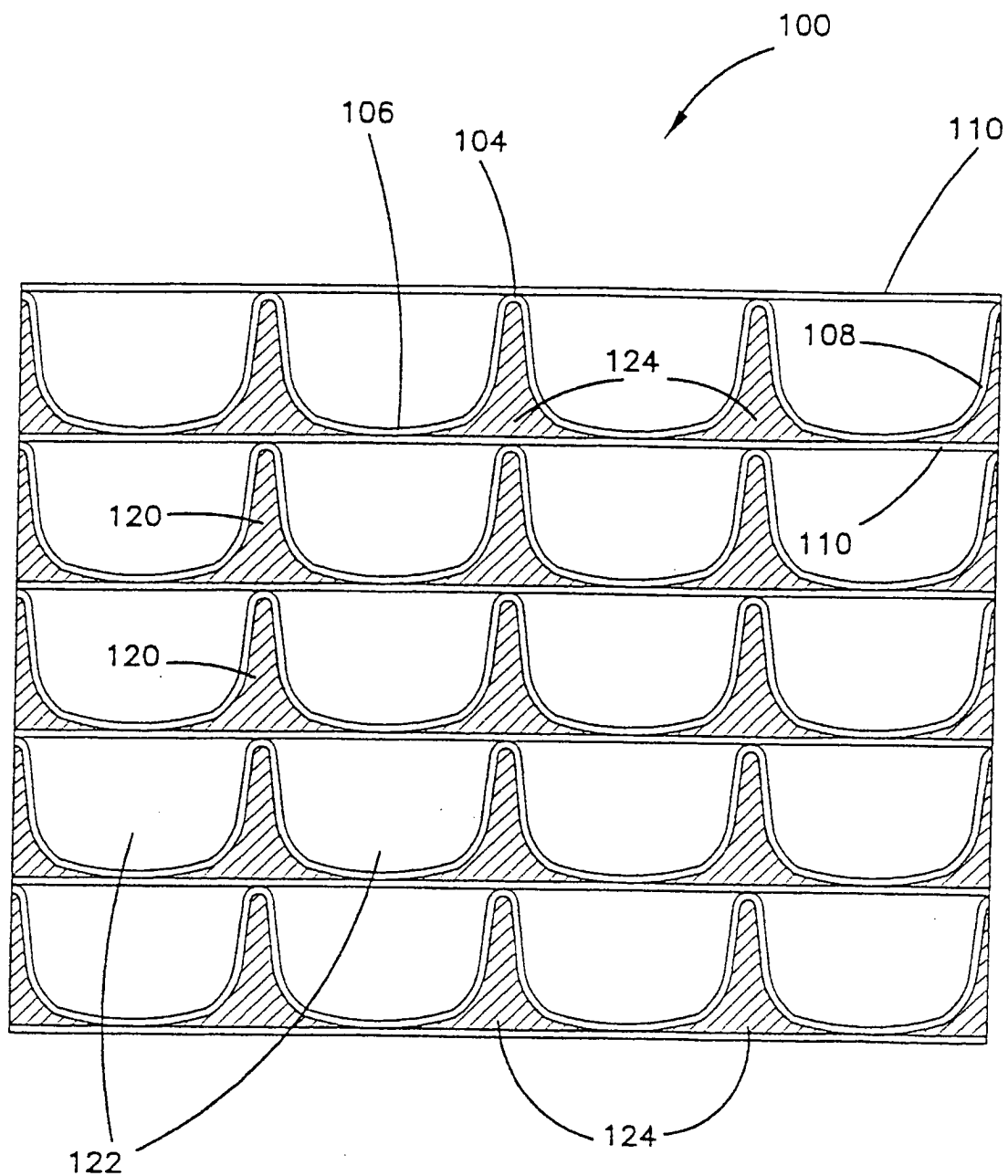


FIG. 3

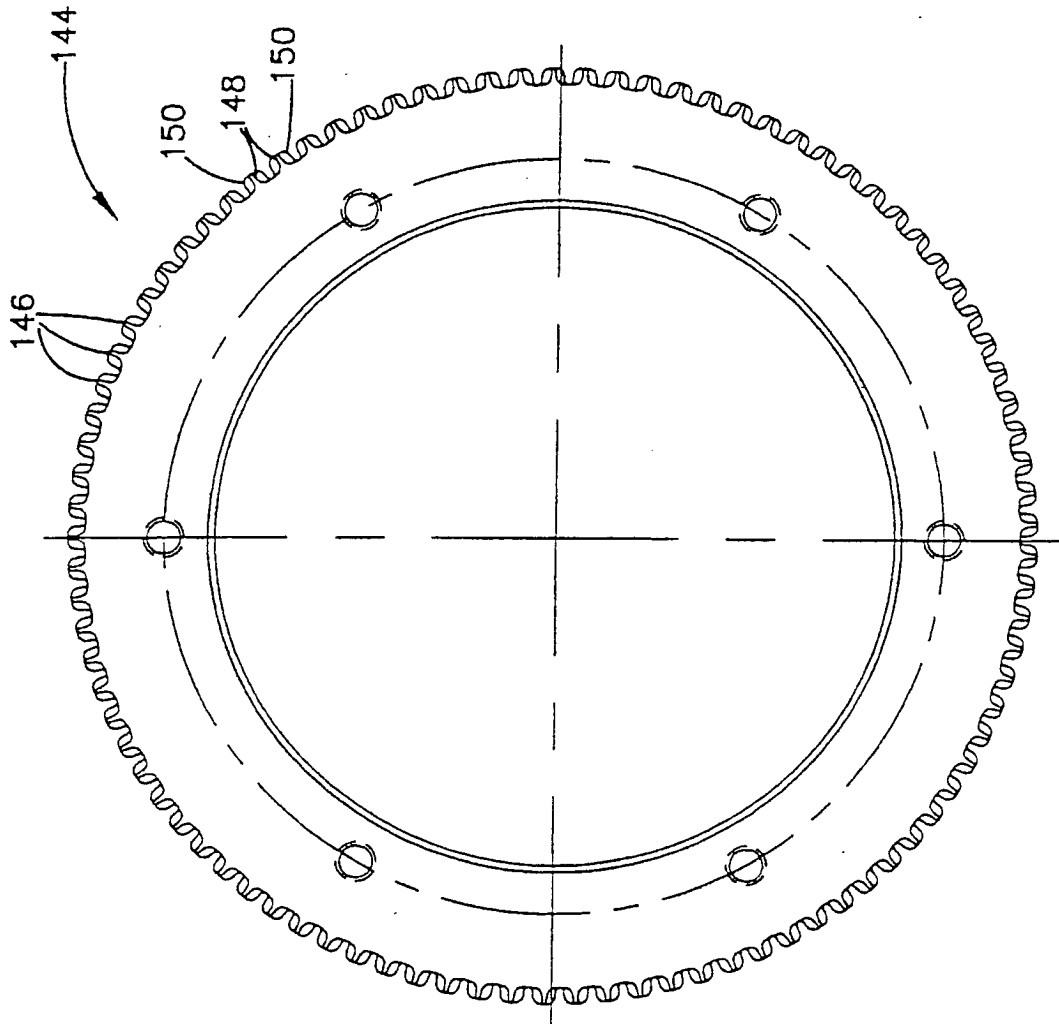


FIG. 4

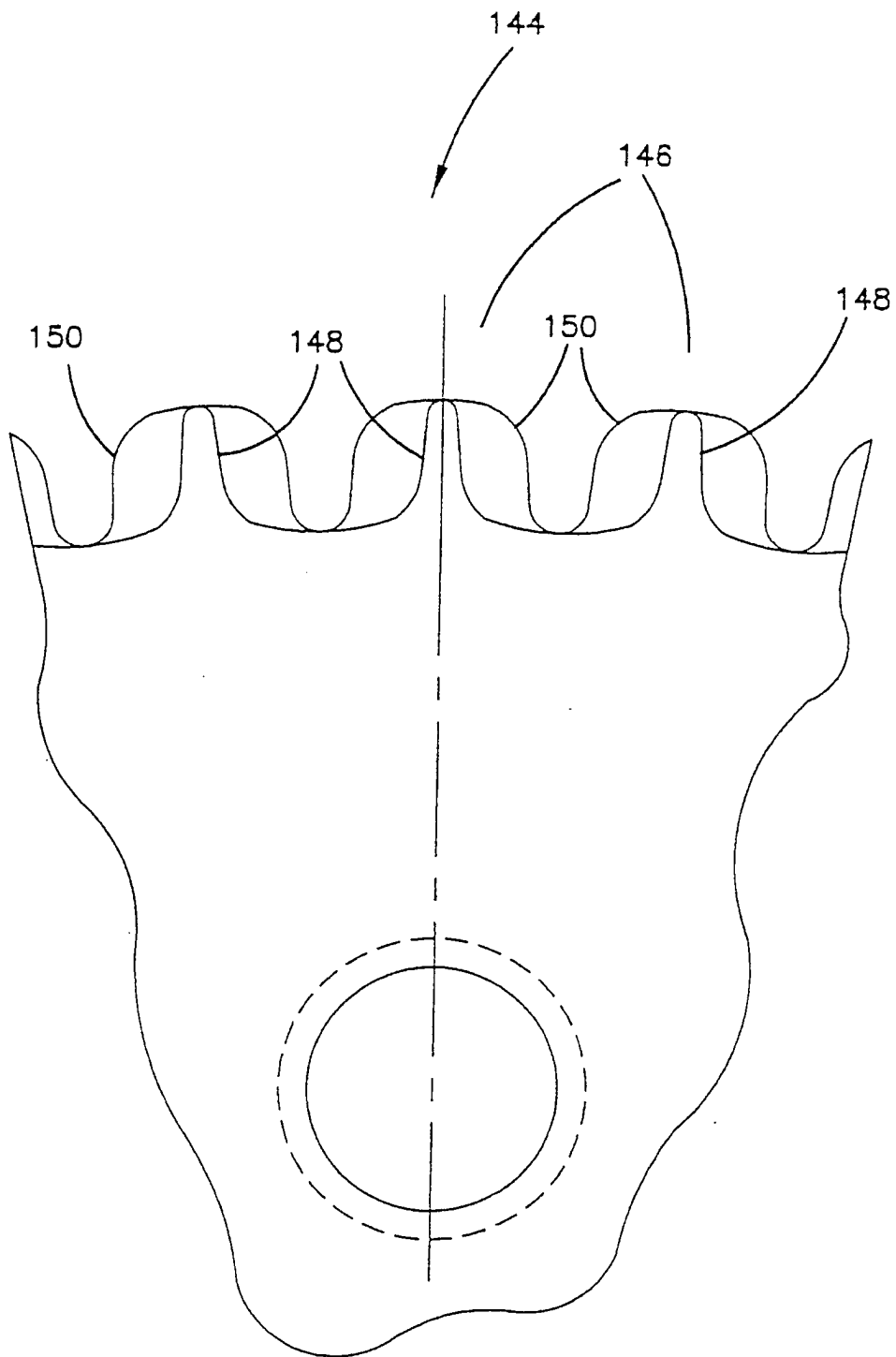
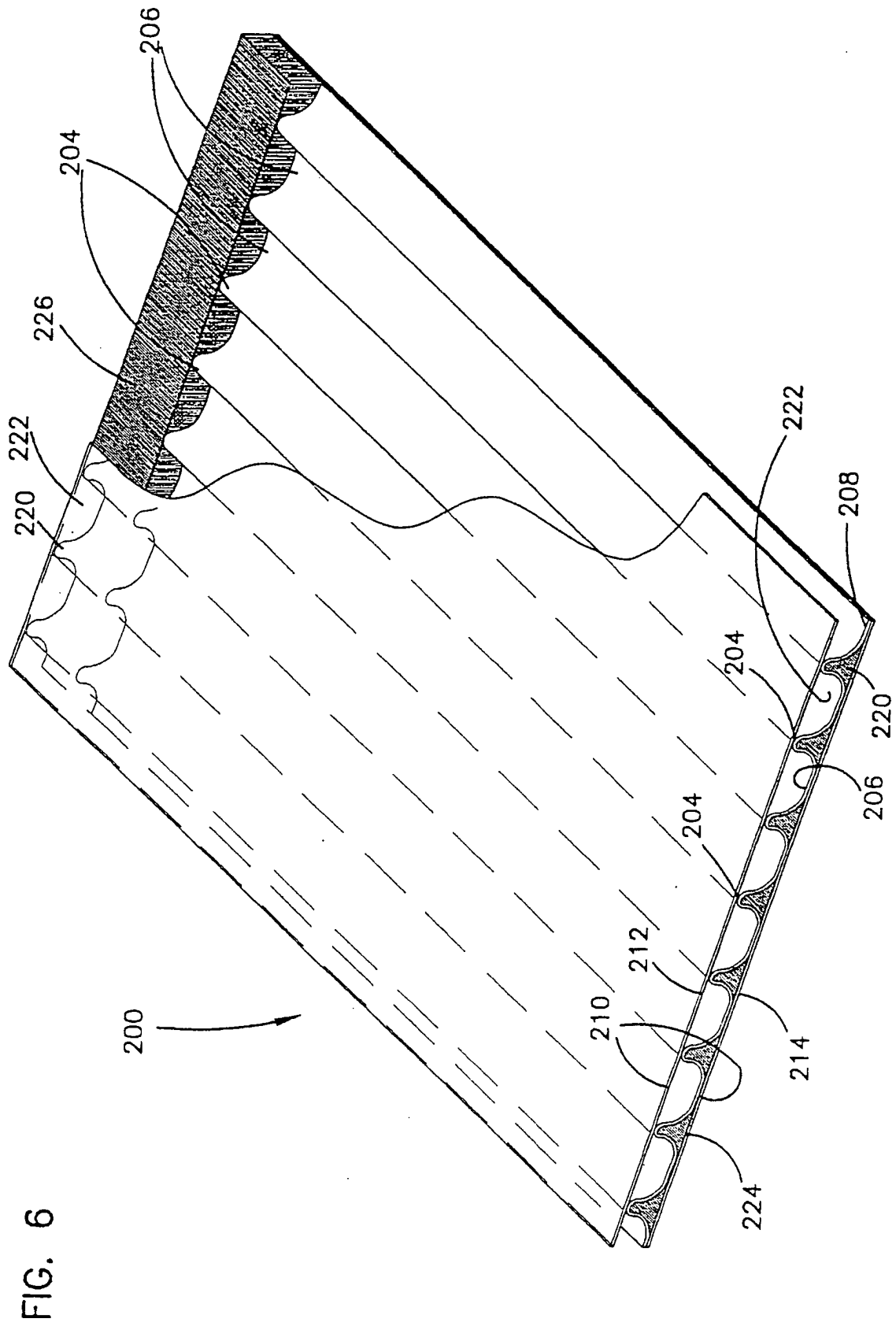


FIG. 5



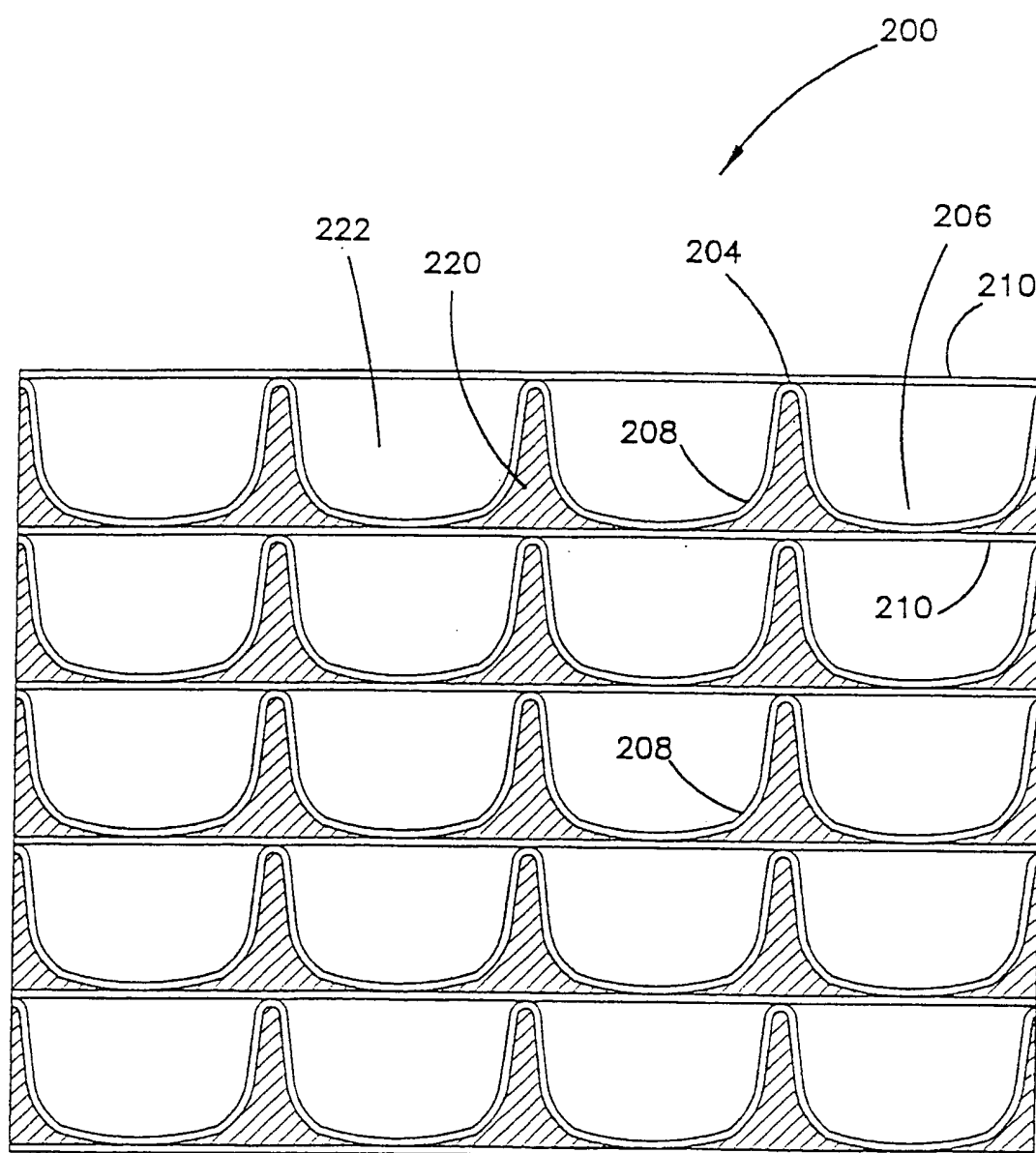


FIG. 7

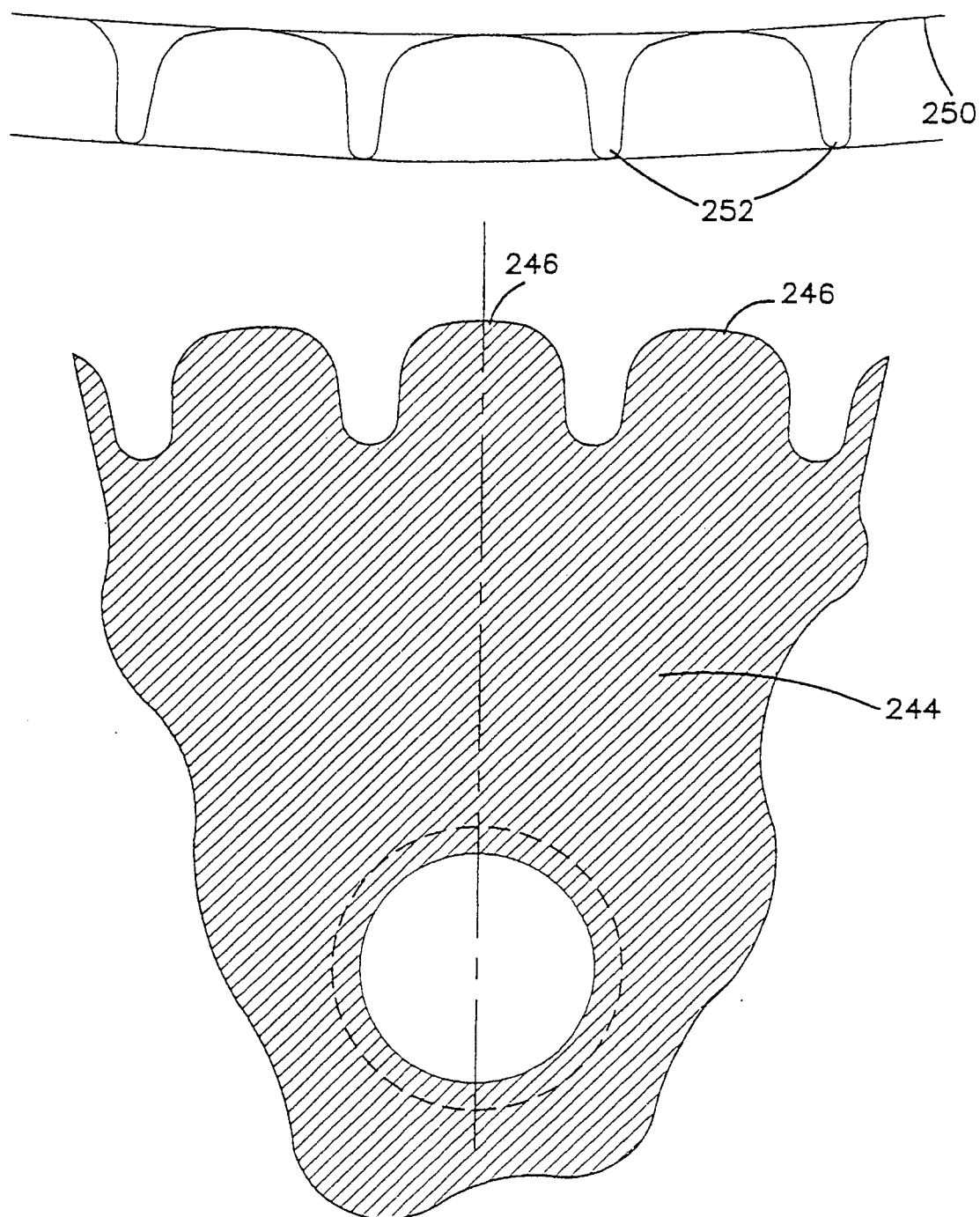


FIG. 8



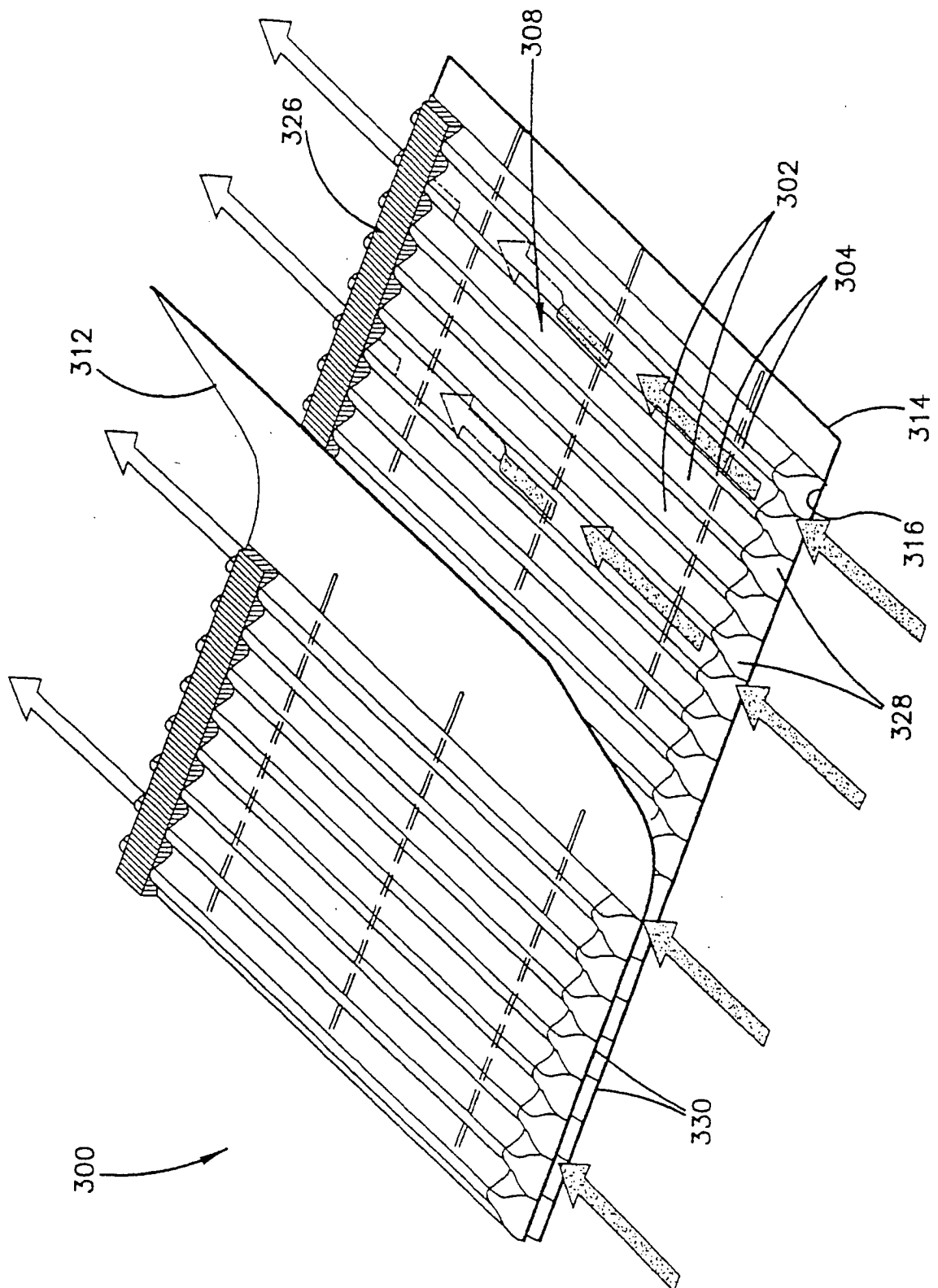


Fig. 9

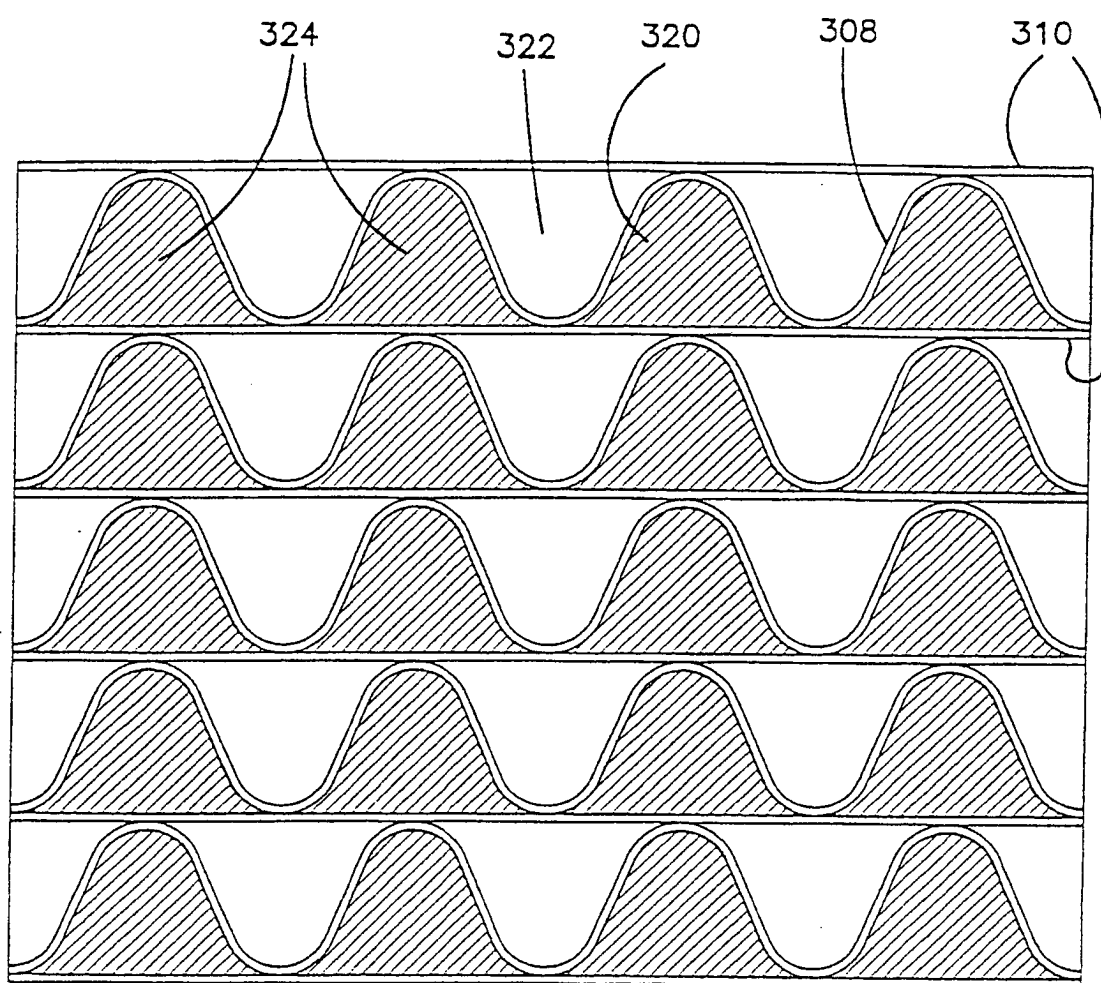


FIG. 10

FIG. 11

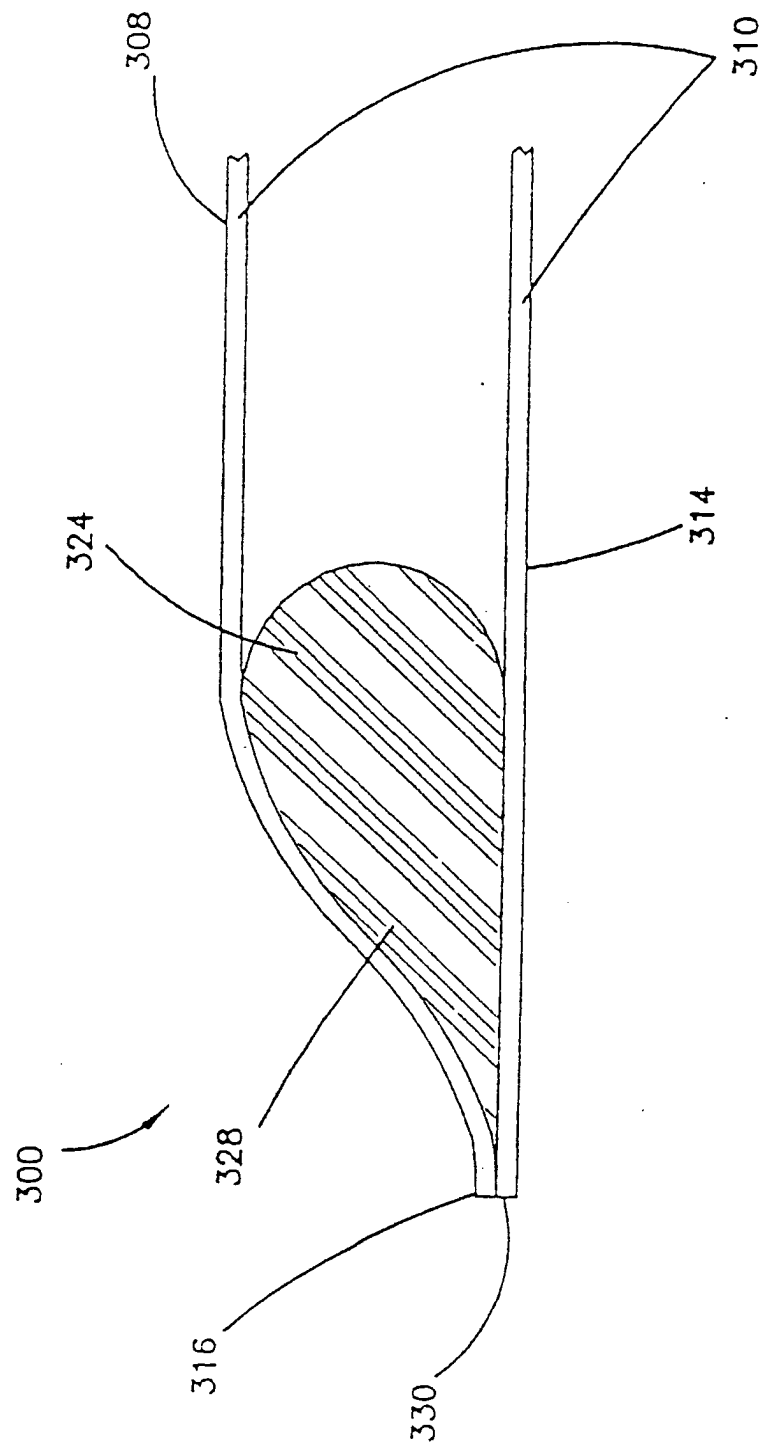


FIG. 12

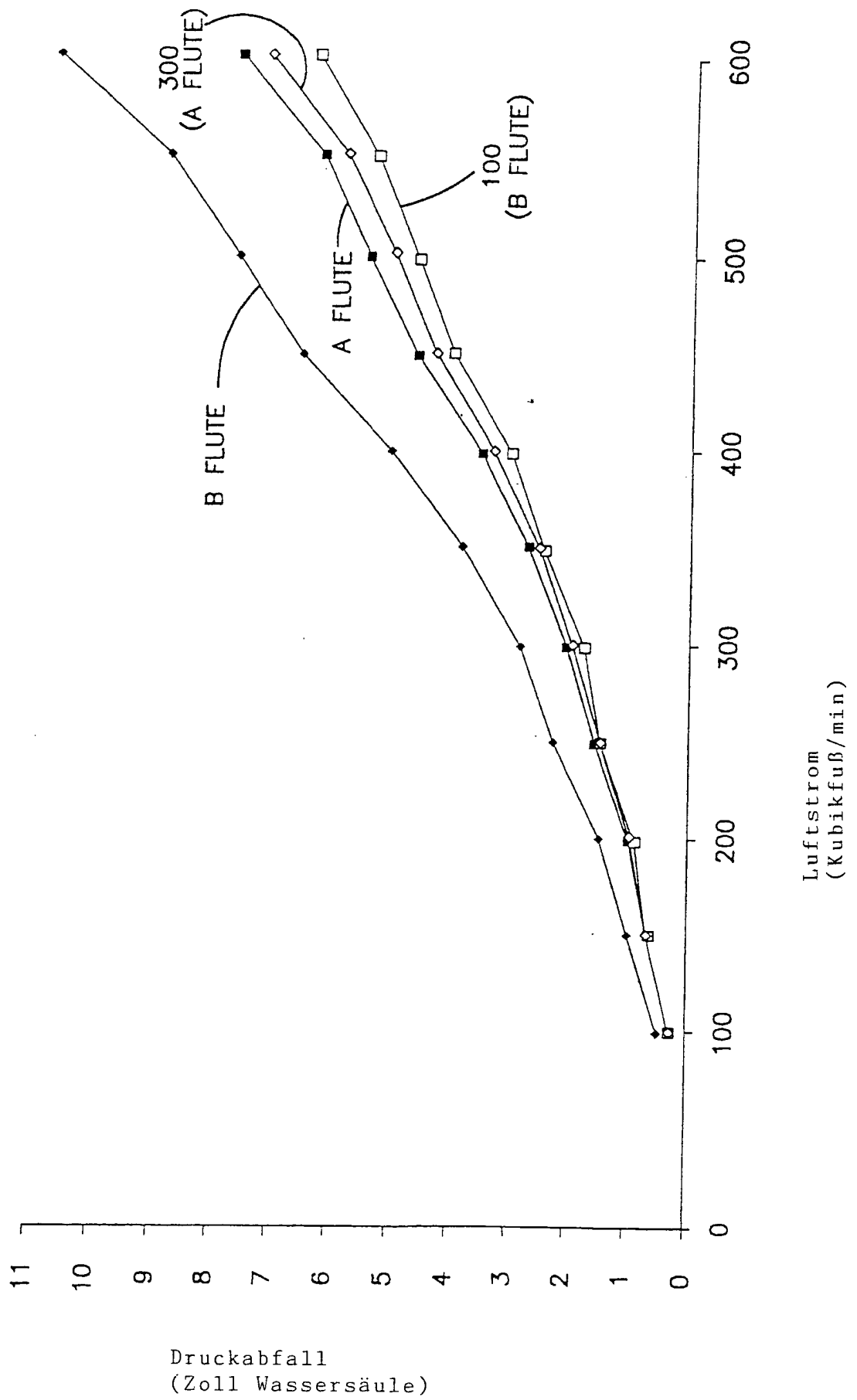
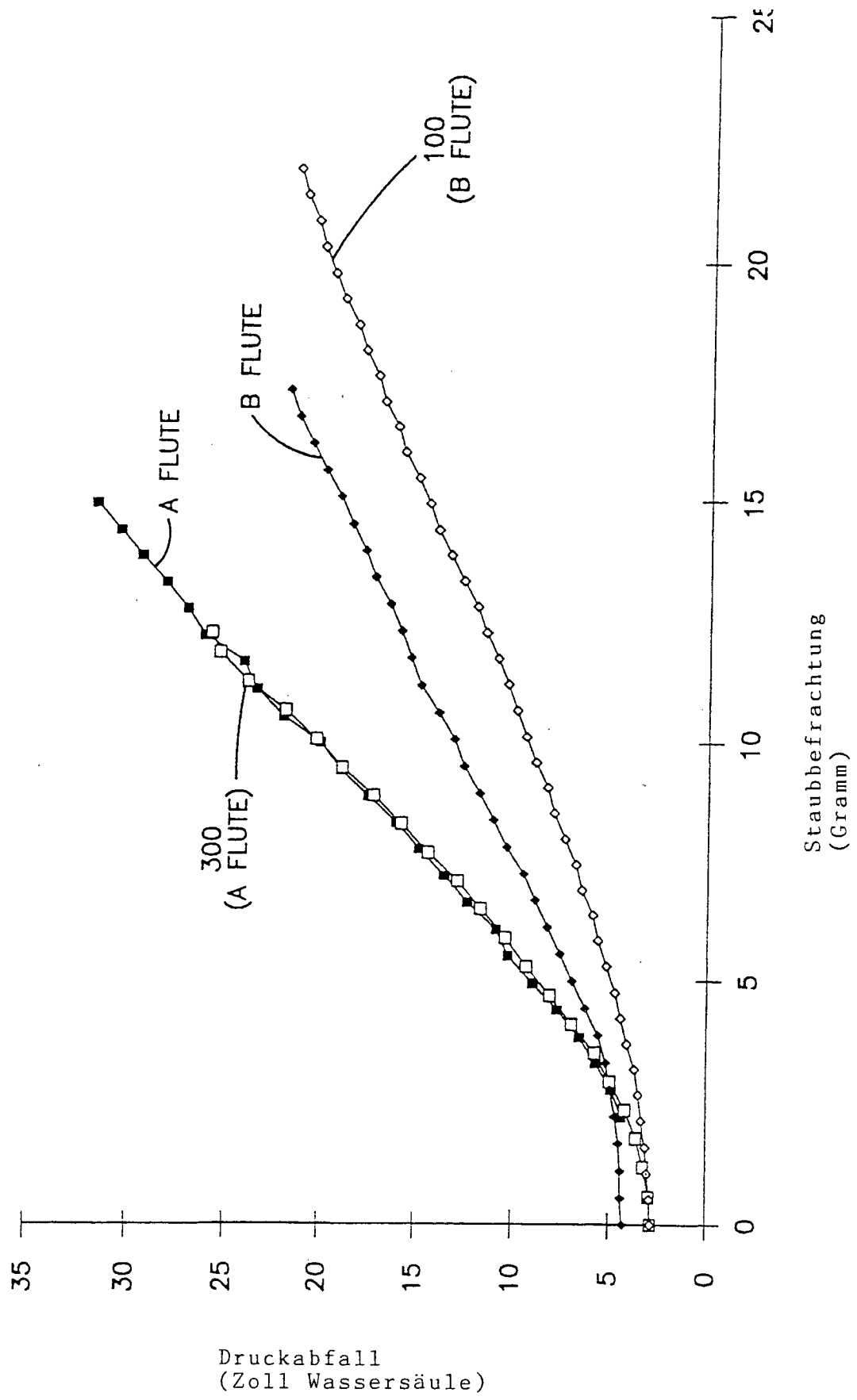


FIG. 13



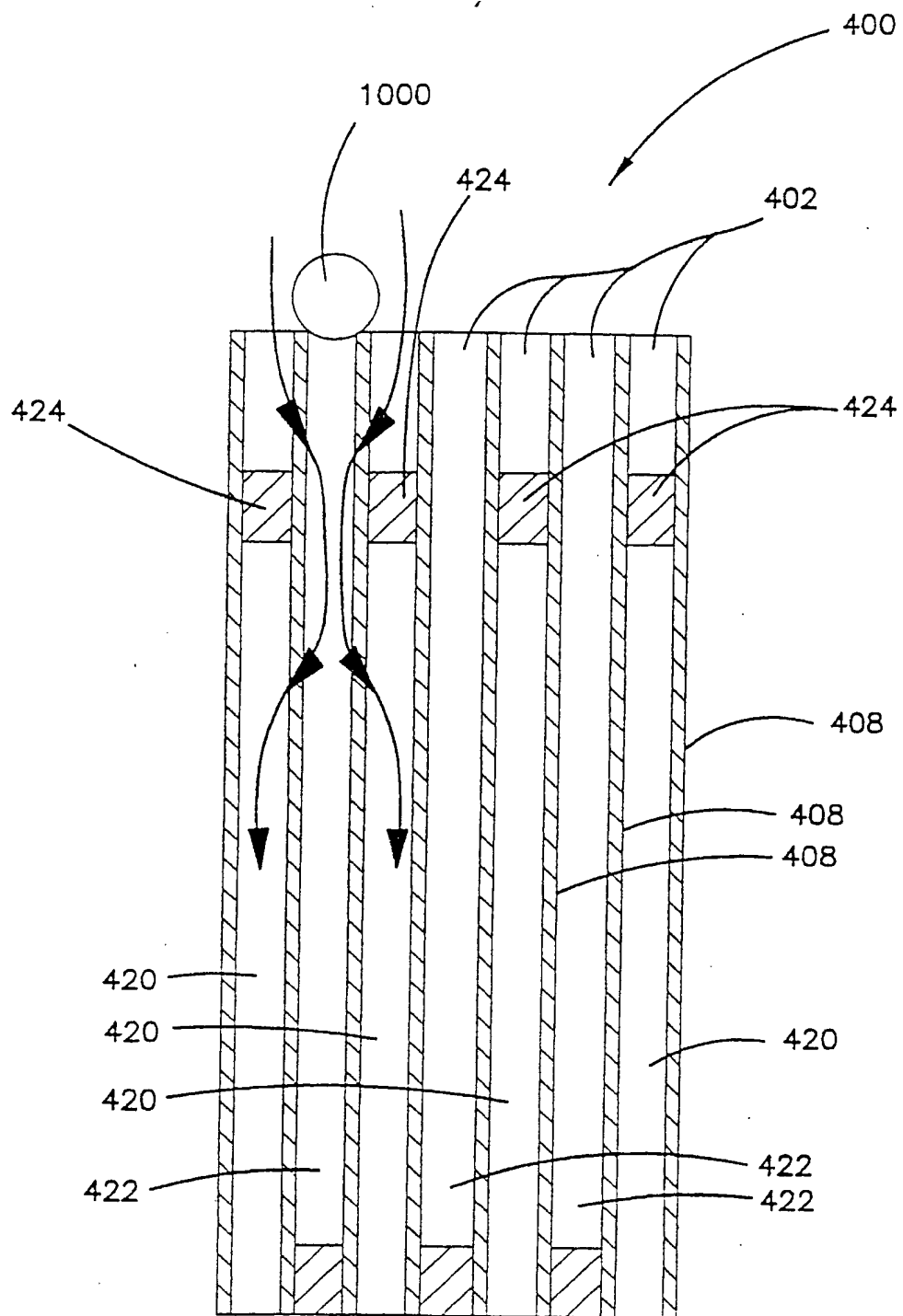


FIG. 14

FIG. 15

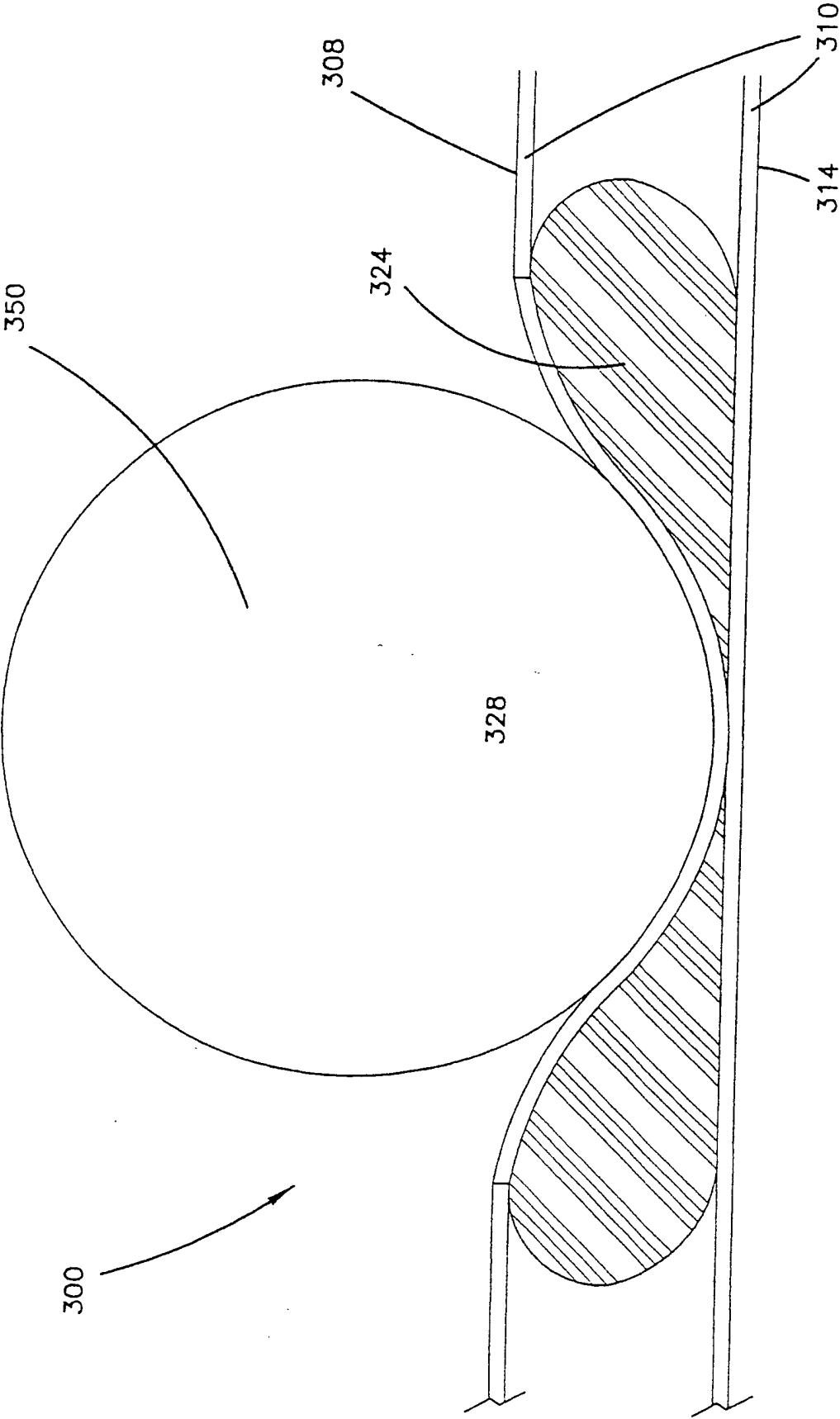


FIG. 16

