

(19)



(11)

EP 2 805 773 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.12.2020 Patentblatt 2020/50

(51) Int Cl.:
B03C 1/034 ^(2006.01) **B03C 1/033** ^(2006.01)
B03C 1/28 ^(2006.01) **B03C 1/30** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14001804.5**

(22) Anmeldetag: **22.05.2014**

(54) **Vorrichtung zum Abscheiden magnetisierbarer Partikeln aus einem Fluid durch magnetische Separation**

Device for separating magnetisable particles from a fluid by means of magnetic separation

Dispositif de séparation de particules magnétisables d'un fluide par séparation magnétique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **Steinke, Lars**
67655 Kaiserslautern (DE)
- **Vetter, Alexandra**
67319 Wattenheim (DE)

(30) Priorität: **25.05.2013 DE 102013008817**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Dr. Keller, Schwertfeger
Partnerschaft mbB
Westring 17
76829 Landau (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.11.2014 Patentblatt 2014/48

(73) Patentinhaber: **Technische Universität
Kaiserslautern
67663 Kaiserslautern (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-2013/189549 WO-A2-2013/025643
CH-A- 226 922 DE-A1- 2 922 549
DE-B3-102005 034 327**

(72) Erfinder:
• **Ripperger, Siegfried**
67724 Gonbach (DE)

EP 2 805 773 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Abscheiden von Partikeln aus einem Fluid durch magnetische Separation gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine solche Vorrichtung ist beispielsweise aus der DE 10 2005 034 327 B3 bekannt.

[0002] Derartige Vorrichtungen sind insbesondere im Zusammenhang mit der Reinigung von Schmier- und Hydraulikölen bekannt, eignen sich aber auch zur Aufbereitung anderer magnetische oder magnetisierbare partikelförmige Verunreinigungen enthaltender Fluide und insbesondere von Suspensionen. Die Verunreinigungen können unterschiedlicher Natur sein und sind vor allem auf Fremdkörper und Partikel aus betriebsbedingtem Abrieb zurückzuführen oder auf Schleifgut und Sandpartikeln, die sich im Produktionsprozess nicht vollständig vermeiden lassen.

[0003] Diese Verunreinigungen bedingen einen erhöhten Verschleiß der Maschinen- und Anlagenteile mit der Folge, dass der Umfang an Wartungs- und Reparaturarbeiten zunimmt und sich die Lebensdauer verkürzt. Im Extremfall führen Fremdkörper zu Betriebsstörungen bis hin zu Betriebsausfällen. Beides erhöht den Anteil an Maschinenstillstandszeiten und beeinträchtigt damit einen wirtschaftlichen Betrieb. Es besteht daher ein großes Interesse daran, partikelförmige Verunreinigungen möglichst vollständig aus Fluiden und insbesondere Suspensionen entfernen zu können.

[0004] Zur Partikelabscheidung ist neben der Filtration auch die magnetische Separation bekannt, bei der magnetische oder magnetisierbare Partikel in einem Fluid unter Einfluss eines außerhalb des Fluids erzeugten Magnetfelds an eine Abscheidematrix gebunden werden. Beispielsweise offenbart die DE 10 2010 0619 52 A1 einen rohrförmigen Reaktor, der von einer ferromagnetischen Partikeln enthaltenden Suspension axial durchströmt ist. In dem Reaktor ist ein zylindrischer Verdrängungskörper angeordnet, dessen Außenumfang mit dem Innenumfang des Reaktors einen Strömungskanal mit ringscheibenförmigem Querschnitt bildet. Zur Abscheidung ferromagnetischer Partikeln sind sowohl entlang des Innenumfangs des Reaktors als auch Außenumfangs des Verdrängungskörpers Mittel zur Erzeugung eines Magnetfelds angeordnet, dessen Gradient quer zum Strömungskanal gerichtet ist. Die auf die ferromagnetischen Partikeln einwirkende Magnetkraft bewirkt eine Bewegung der Partikeln quer zur Strömungsrichtung, bis diese an der Reaktorwandung und dem Außenumfang des Verdrängungskörpers magnetisch fixiert werden. Durch die gegenüberliegende Anordnung der das Magnetfeld erzeugenden Mittel entlang des Strömungskanals wird eine effektive Abscheidung insbesondere größerer ferromagnetischer Partikeln erreicht. Der Abscheidungsgrad kleinerer und kleinster Partikeln ist demgegenüber jedoch geringer, da die auf die Partikeln einwirkende Magnetkraft zum einen vom Partikelvolumen und zum anderen vom relativen Aufenthaltsort des Partikels

im Magnetfeld abhängt.

[0005] Die WO 2013/189549 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Abscheiden magnetisierbarer Verunreinigungen aus strömenden Fluiden, umfassend eine zylindrische Kammer mit Kammerwänden, ein Innenrohr mit einem Abstreifer und einen Ringspalt im Inneren der Kammer. Der Ringspalt ist von dem Fluid in vorbestimmter Strömungsrichtung durchströmbar. Außerdem umfasst die Vorrichtung mindestens einen Magneten zur Erzeugung eines im Strömungskanal wirksamen Magnetfelds.

[0006] Aus der WO 2013/025643 A2 ist eine Vorrichtung zur dynamischen Filtration eines Ferrofluids bekannt. Innerhalb eines nicht magnetischen bzw. nicht magnetisierbaren Gehäuses sind magnetische Platten positioniert. Das Magnetfeld verläuft parallel zur Strömungsrichtung und hat die Wirkung eines Strömungsantriebs für das Fluid. Weiterhin sind im Strömungskanal Filtermedien angeordnet.

[0007] Die DE 29 22 549 A1 offenbart einen Filter mit einem Filtereinsatz, welcher eine Abscheidestruktur aus ferromagnetischen und nicht ferromagnetischen Stoffen umfasst. An der Außenwand eines Gehäuses ist ein Elektromagnet angeordnet, der im Filtereinsatz ein elektromagnetisches Feld erzeugt.

[0008] Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, bestehende Vorrichtungen im Hinblick auf eine Verbesserung des Abscheidegrads weiter zu entwickeln. Insbesondere sollen auch kleine und kleinste Partikeln aus dem Fluid abgeschieden werden.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0010] Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0011] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass im Strömungskanal eines Magnetseparators Strömungsbedingungen vorliegen, die dazu führen, dass die einzelnen Partikeln eines Fluids den Magnetseparator auf einer durch die Strömung vorgegebenen Bahn durchströmen. Unter Einfluss eines Magnetfelds, dessen Gradient quer zur Durchströmrichtung verläuft, ist es möglich, magnetische oder magnetisierbare Partikeln von dieser Bahn in Richtung des Gradienten des Magnetfelds abzulenken und schließlich an der Wand des Strömungskanals zu fixieren. Dabei können die abzuschheidenden Substanzen von den magnetischen oder magnetisierbaren Partikeln selbst gebildet sein oder aber auch von nicht magnetischen oder nicht magnetisierbaren Partikeln. Letztgenannte werden mittelbar über magnetische oder magnetisierbare Partikeln abgeschieden, die der Suspension zugegeben werden, mit dem Ziel der Heterokoagulation nicht magnetischer/nicht magnetisierbarer Partikeln und magnetischer/magnetisierbarer Partikeln.

[0012] Weiter geht die Erfindung davon aus, dass der Abscheidegrad von der Größe der Partikeln und vom Abstand eines Partikels von den Magneten abhängig ist, da mit zunehmendem Abstand die magnetische Kraftfeldstärke abnimmt. Das hat zur Folge, dass vor allem klei-

nere Partikeln und/oder Partikeln in der Mitte des Strömungskanals schwerer abzuschneiden sind.

[0013] Der Grundgedanke der Erfindung besteht nun darin, durch lokale Veränderungen der Strömungsparameter im Strömungskanal eine Bewegungsänderung der Partikeln relativ zur ungestörten Strömung herbeizuführen. Zu diesem Zweck sieht die Erfindung die Anordnung eines nicht magnetischen oder nicht magnetisierbaren Strömungsmanipulators im Strömungskanal vor, der Einfluss auf die Strömungsrichtung, -geschwindigkeit und/oder -beschleunigung nimmt. Damit wird eine Veränderung der relativen Lage der Partikeln innerhalb des Strömungskanals erreicht, im Zuge derer sich die Partikeln den Magnete annähern und damit in Bereiche mit höherer Kraftfelddichte gelangen. Die dabei zunehmende Magnetkraft bewirkt eine verbesserte Partikelabscheidung.

[0014] Ein weiterer Effekt, der auf die veränderten Strömungsbedingungen im Strömungskanal zurückzuführen ist, besteht in der Agglomeration kleinerer Partikeln, wobei die dabei entstehenden Agglomerate aufgrund ihrer Größe effizienter aus der Suspension abgeschieden werden können. Dabei hat sich gezeigt, dass durch Heterokoagulation, also durch Anhaften von nicht magnetisierbaren Partikeln an magnetisierbaren Partikeln, zusätzlich eine Abscheidung nicht magnetisierbarer Partikeln erreicht werden kann.

[0015] Es ist das Verdienst der Erfindung, diese Zusammenhänge erkannt und darauf aufbauend eine Vorrichtung geschaffen zu haben, die sich gegenüber dem bekannten Stand der Technik durch eine erheblich wirksamere Abscheidung von Partikeln auszeichnet, insbesondere im Bereich kleinerer Partikeln mit einem Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$.

[0016] Im Regelfall besitzt eine erfindungsgemäße Vorrichtung einen Strömungskanal mit geschlossenem Querschnitt. Dadurch ist es möglich, eine erfindungsgemäße Vorrichtung unabhängig vom Einsatzort der Suspension innerhalb einer Maschine oder Anlage anzuordnen, beispielsweise an beliebiger Stelle eines Fluidkreislaufs.

[0017] Davon unterscheidet sich eine ebenfalls im Rahmen der Erfindung liegende Ausführungsform, bei der der Querschnitt des Strömungskanals zu einer Seite hin offen ist, also ein Gerinne bildet. Diese Ausführungsform ermöglicht es, einen geeignet geformten Teil eines Gehäuses eines Maschinenelements, z.B. eines Getriebes, als Strömungskanal zu nutzen, wo das Fluid gesammelt und erneut zum Einsatzort gepumpt wird.

[0018] Der nicht magnetische oder nicht magnetisierbare Strömungsmanipulator dient, wie bereits beschrieben, der Einflussnahme auf die Strömungsbedingungen im Strömungskanal. Dazu kann der Strömungsmanipulator nur teilweise den Strömungsquerschnitt ausfüllen, was neben geringerem Materialeinsatz zusätzlich den Vorteil eines geringeren Strömungswiderstandes hat. Vorzugsweise wird in diesem Fall der Strömungsmanipulator im Zentrum des freien Strömungsquerschnitts

angeordnet, da dort die auf die Partikeln wirkende Magnetkraft infolge des größeren Abstands zu den Magneten am geringsten ist. Durch den vom Strömungsmanipulator ausgeübten zusätzlichen Bewegungsimpuls in Richtung von Bereichen mit höheren magnetischen Kraftfelddichten wird ein verbesserter Abscheidegrad erreicht.

[0019] Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung füllt der Strömungsmanipulator den Strömungsquerschnitt des Strömungskanals vollständig aus. Dadurch werden sämtliche in der Dispersion mitgeführten Partikeln der Wirkung des Strömungsmanipulators unterzogen, wodurch der Abscheidegrad zusätzlich gesteigert wird. Zudem kann die Fixierung des Strömungsmanipulators durch Anliegen an den Wänden des Strömungskanals erreicht werden, ohne dass zusätzliche Befestigungsmaßnahmen nötig sind.

[0020] Grundsätzlich sieht die Erfindung zwei mögliche Arten der Anordnung eines erfindungsgemäßen Strömungsmanipulators im Strömungskanal vor. Zum einen kann sich der Strömungsmanipulator mit seiner Haupterstreckungsrichtung parallel zu den Längswänden des Strömungskanals entwickeln. Der Strömungsmanipulator verläuft bei dieser Ausführungsform also parallel zur Strömungsrichtung. Die aus dem Fluid abzuschneidenden Partikeln sind dabei über ihren gesamten Strömungsweg dem Einfluss des Strömungsmanipulators ausgesetzt, was wiederum zur Steigerung der Abscheidewirkung beiträgt.

[0021] Zum anderen kann der Strömungsmanipulator quer zur Strömungsrichtung an einer oder mehreren axial beabstandeten Ebenen im Strömungskanal angeordnet sein. Das Fluid passiert den oder die Strömungsmanipulator/en seitlich oder durch Öffnungen im Strömungsmanipulator selbst, wobei beim Durchströmen bzw. Umströmen Einfluss auf die Strömungsparameter und damit die Bahn der Partikeln genommen wird.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden der oder die Strömungsmanipulatoren von einem Flächenelement gebildet, besitzen also eine im Wesentlichen zweidimensionale Gestalt. Derartige Flächenelemente können Durchtrittsöffnungen aufweisen, beispielsweise wenn sie von Gittern, Lochblechen, Geflech-ten, Netzen und dergl. gebildet sind. Die Manipulation der Strömung findet durch Umströmen und/oder Durchströmen der Flächenelemente statt. Bei einer Anordnung parallel zur Strömungsrichtung erweist sich deren geringer Strömungswiderstand als Vorteil, bei einer Anordnung senkrecht zur Strömungsrichtung die Manipulation der Strömung über den gesamten Strömungsquerschnitt.

[0023] Alternativ kann der Strömungsmanipulator von einem Fasergebilde gebildet sein, beispielsweise einem Vlies, bei dem die Fasern in ungeordneter Lage angeordnet sind und die Durchströmung des Strömungskanals innerhalb des Fasergebildes erfolgt. Jede Faser quer zur Strömungsrichtung stellt dabei einen Strömungswiderstand dar, der einen Anteil zur Einflussnahme auf die Strömung beiträgt.

[0024] Eine andere Ausführungsform der Erfindung sieht einen flächenförmigen Strömungsmanipulator vor, dessen Oberfläche eine quer zur Strömungsrichtung verlaufende Wellenstruktur aufweist. Die schräg zur Strömungsrichtung verlaufenden Flanken zwischen Wellenbergen und Wellentälern bilden Strömungsleitflächen, an denen die Strömung quer zur Hauptströmungsrichtung umgelenkt wird.

[0025] Die im Strömungskanal angeordnete Abscheidestruktur dient der Aufnahme und Immobilisierung der aus dem Fluid ausgeschiedenen Partikeln, was durch Anhaften der Partikeln an der Abscheidestruktur infolge der vorherrschenden Magnetkräfte geschieht. Dabei kann die Abscheidestruktur selbst magnetisch oder magnetisierbar sein, mit dem Vorteil einer hohen magnetischen Kraftfeldichte im Strömungskanal und daher einer hohen Abscheidewirkung.

[0026] Alternativ kann die Abscheidestruktur aus wirtschaftlichen oder anderen Erwägungen heraus aus einem nicht magnetischen oder nicht magnetisierbaren Material bestehen, beispielsweise aus einem Kunststoff. In diesem Fall dient die Abscheidestruktur im Wesentlichen der Bereitstellung von Aufnahmeflächen und/oder Aufnahmeräumen, während die auf die Partikeln einwirkenden Rückhaltekkräfte nicht von der Abscheidestruktur selbst ausgehen.

[0027] In einer einfachen und kostengünstigen Ausführungsform der Erfindung wird die Abscheidestruktur von ebenen oder zylindrischen Flächenelementen gebildet, an deren geschlossener Oberfläche die abzutrennenden Partikeln anhaften. Demgegenüber bevorzugt ist jedoch eine Ausgestaltung der Abscheidestruktur in Form von Flächenelementen mit Ausnehmungen oder Vertiefungen in der Oberfläche, die einen Aufnahmeraum für die Partikeln bilden. Die ausgeschiedenen Partikeln werden dabei außerhalb des dem Fluid zur Verfügung stehenden Strömungsquerschnitts zurückgehalten, was zum einen den Vorteil bringt, dass der Strömungsquerschnitt nicht verengt wird und zum anderen, dass abgeschiedene Partikeln sich nicht infolge der von der Strömung ausgeübten Schleppkraft von der Abscheidestruktur lösen.

[0028] Auch wenn die Abscheidestruktur gemäß der Erfindung unmittelbar von der Kanalwand gebildet sein kann, so ist dennoch eine Ausführungsform der Erfindung bevorzugt, bei der die Abscheidestruktur als eigenständiges Bauteil im Strömungskanal angeordnet ist und dabei vorzugsweise an mindestens einer Wand des Strömungskanals anliegt, insbesondere an zwei sich gegenüberliegenden Wänden. Auf diese Weise lassen sich die abgeschiedenen Partikeln einfach und rasch durch Austausch der Abscheidestruktur aus der Vorrichtung entfernen.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Abscheidestruktur von einem Fasergebilde gebildet ist. Die Fasern des Fasergebildes können dabei gewebe-, gewirk-, netz- oder vliesartig entlang einer oder mehrerer Kanalwände verlaufen. Die auf

diese Weise von den einzelnen Fasern gebildete große Oberfläche ermöglicht die sichere Aufnahme einer Vielzahl von Partikeln.

[0030] Eine andere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, die Fasern des Fasergebildes bürstenartig senkrecht zur Strömungsrichtung in den Strömungskanal hineinreichen zu lassen, wobei die abzuschneidenden Partikeln zwischen den einzelnen Fasern gefangen werden. Das Volumen des auf diese Weise zur Verfügung gestellten Aufnahmeraums für die abgeschiedenen Partikeln kann durch die Länge der einzelnen Fasern bestimmt werden.

[0031] Darüber hinaus ist es möglich, dass Abscheideelement und Strömungsmanipulator ein Verbundelement bilden, wodurch der Zusammenbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung vereinfacht und der Wechsel von Abscheideelement und Strömungsmanipulator erleichtert werden.

[0032] In bevorzugter Weiterbildung der Erfindung ist die Vorrichtung mit einer Wärmetauschereinrichtung kombiniert, was sich vor allem bei Anwendungen als vorteilhaft erweist, bei denen sich das Fluid einsatzspezifisch erwärmt, beispielsweise bei Getriebe- oder Schmierölen. In diesen Fällen übernimmt die Abscheidevorrichtung gleichzeitig die Kühlung des Fluids und steigert somit die Funktionalität der Vorrichtung bei gleichzeitigem Erhalt eines kompakten Aufbaus.

[0033] In Umsetzung dieses Gedankens wird bei einer ersten Ausführungsform der Erfindung die Wärmetauscherfläche vom Strömungsmanipulator gebildet. Durch die exponierte Anordnung der Wärmetauscherflächen in der Strömung ist ein sehr wirkungsvoller Wärmeübergang gewährleistet.

[0034] Zusätzlich oder alternativ kann die Wärmetauscherfläche auch von der Abscheidestruktur gebildet sein, z.B. von der Kanalwand selbst oder an der Kanalwand anliegenden Flächenelementen. Diese Ausführungsform ermöglicht eine einfache und dabei effektive Wärmeableitung durch thermische Kopplung mit dem Gehäuse der Vorrichtung.

[0035] Zur Steigerung des Wirkungsgrads der Wärmetauschereinrichtung kann diese Hohlräume aufweisen, die von einem Wärmeträgermedium durchströmt sind. Vorzugsweise werden dabei sowohl Wärmetauschereinrichtung als auch Strömungsmanipulator bzw. Abscheidestruktur von Rohren gebildet, die auf diese Weise mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen. Sind die Rohre im Kernbereich des freien Strömungsquerschnitts angeordnet, so kommt ihnen als primäre Funktion die Manipulation der Strömung zu. Verlaufen die Rohre hingegen entlang der Kanalwände, so bilden die lichten Abstände zwischen den einzelnen Rohrabschnitten Aufnahmeräume zur Aufnahme der abgeschiedenen Partikeln.

[0036] Die Erfindung wird nachstehend anhand in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, wobei weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung offenbar werden. Für gleiche oder gleichwirkende Merkmale werden dabei gleichlautende Bezugszei-

chen verwendet, soweit dies dem besseren Verständnis der Erfindung dient.

Es zeigen:

[0037]

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung entlang der in Fig. 2 dargestellten Linie I - I,

Fig. 2 einen Teillängsschnitt durch die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung entlang der dortigen Linie II - II, die

Fig. 3a, 3b und 3c Ansichten unterschiedlicher Abwandlungen einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Abscheidestruktur,

Fig. 4 einen Teillängsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Abscheidestruktur,

Fig. 5 einen Teillängsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Abscheidestruktur,

Fig. 6 einen Teillängsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer vierten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Abscheidestruktur,

Fig. 7 einen Teillängsschnitt durch den Strömungskanal einer erfindungsgemäßen Vorrichtung im Bereich des Strömungsmanipulators entlang der in Fig. 8a dargestellten Linie VII - VII, die

Fig. 8a, 8b und 8c Ansichten unterschiedlicher Abwandlungen des in Figur 7 gezeigten Strömungsmanipulators innerhalb des Strömungskanals entlang der dortigen Linie VIII - VIII,

Fig. 9 einen Teillängsschnitt durch den Strömungskanal einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit quer zur Strömungsrichtung angeordneten Strömungsmanipulatoren entlang der in Fig. 10a dargestellten Linie IX - IX, die

Fig. 10a bis d Ansichten unterschiedlicher Abwandlungen des in Figur 9 dargestellten Strömungsmanipulators innerhalb des Strömungskanals entlang der dortigen Linie X - X,

Fig. 11 einen Längsschnitt durch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit integrierter Wärmetauschereinrichtung,

Fig. 12 einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung

mit integrierter Wärmetauschereinrichtung,

Fig. 13 einen Schnitt durch die in Fig. 12 dargestellte Wärmetauschereinrichtung entlang der dortigen Linie XIII - XIII,

Fig. 14 einen Längsschnitt durch eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit von der Abscheidestruktur gebildeter Wärmetauschereinrichtung,

Fig. 15 einen Querschnitt durch eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit von der Abscheidestruktur gebildeter Wärmetauschereinrichtungen,

Fig. 16 einen Querschnitt durch eine fünfte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Wärmetauschereinrichtung entlang der in Fig. 17 dargestellten Linie XVI - XVI,

Fig. 17 einen Längsschnitt durch die in Fig. 16 dargestellte Ausführungsform entlang der dortigen Linie XVII - XVII, und

Fig. 18 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit ringscheibenförmigem Strömungskanal.

[0038] Die Fig. 1 bis 3a zeigen eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei Fig. 1 einen Querschnitt und Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Vorrichtung darstellt. Man sieht ein Gehäuse 1 mit einer oberen plattenförmigen Gehäusewand 2 und einer im Randbereich durch seitliche Gehäusewände 3 und 4 in planparallelem Abstand gehaltenen unteren Gehäusewand 5. Die Gehäusewände 2, 3, 4 und 5 umschließen auf diese Weise einen Strömungskanal 6 mit gedrungem rechteckförmigem Strömungsquerschnitt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist der Strömungskanal (6, 6') eine Höhen/Breitenverhältnis in einem Bereich von 1:2 bis 1:100 auf, vorzugsweise in einem Bereich von 1:10 bis 1:50, so dass eine hohe Magnetfelddichte über die gesamte Höhe des Strömungskanals (6, 6') vorherrscht. Der Strömungskanal 6 dient zur Durchleitung einer mit Partikeln beladenen Suspension, deren Strömungsrichtung mit dem Pfeil 7 angegeben ist. Die Achse des Gehäuses 1 und damit des Strömungskanals 6 ist mit dem Bezugszeichen 8 gekennzeichnet.

[0039] An der Außenseite der oberen Gehäusewand 2 und unteren Gehäusewand 5 ist jeweils ein rechteckförmiger, den Rand der Gehäusewände 2 und 5 umlaufender Zentrierrahmen 9 angeordnet, der zusammen mit den Gehäusewänden 2 und 5 jeweils eine Vertiefung zur Aufnahme einer Anzahl von Permanentmagneten 10 bildet. Die Permanentmagnete 10 sind dabei mit wechselseitiger Anordnung der Pole über die gesamte Breite und Länge des Strömungskanals 6 angeordnet und erzeugen

auf diese Weise ein permanentes offenes Magnetfeld, in dessen Wirkungsbereich der Strömungskanal 6 liegt.

[0040] Im Strömungskanal 6 sieht man eine Abscheidestruktur, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel von einem oberen und unteren Gitter 11 gebildet ist, die die den Magneten 10 zugewandten Kanalwände 2 und 5 über die gesamte Länge und Breite des Strömungskanals 6 bedecken.

[0041] Fig. 3a zeigt eine Teilansicht auf das Gitter 11, das eine Vielzahl rechteckförmiger Öffnungen 12 besitzt, die durch Stege 13 voneinander getrennt sind. Die Öffnungen 12 bilden in der Ebene der Gitter 11 liegende Aufnahmeräume, in denen sich die abzuscheidenden Partikeln ansammeln, ohne dabei den Strömungsquerschnitt des Strömungskanals 6 zu verengen.

[0042] Der von den seitlichen Kanalwänden 3 und 4 und den beiden Gittern 11 begrenzte freie Strömungsquerschnitt dient der Aufnahme eines nicht magnetischen oder nicht magnetisierbaren Strömungsmanipulators, dessen Funktion es ist, die Strömung 7 der Suspension derart zu beeinflussen, dass der Strömungsweg der Partikeln relativ zur Hauptströmrichtung 7 lokal verändert wird.

[0043] Zu diesem Zweck besteht der in den Fig. 1 und 2 dargestellte Strömungsmanipulator aus einem ungeordneten Fasergebilde 14 aus Kunststoff, das den freien Strömungsquerschnitt vollständig ausfüllt. Die Fasern weisen beispielsweise einen Durchmesser im Bereich von 0,1 bis 1 mm auf. Aufgrund der geringen Faserdichte bleibt die Durchströmbarkeit des Strömungskanals 6 weiterhin erhalten.

[0044] Die stirnseitigen Enden der Vorrichtung sind nicht dargestellt, werden jedoch in bekannter Art und Weise von einem Zulauf zum und einem Ablauf vom Strömungskanal 6 gebildet, die an Leitungssystem angeschlossen sind.

[0045] Im Zuge der Durchströmung des Fasergebildes 14 werden die Partikeln an den Fasern von ihrer ursprünglichen Bahn abgelenkt. Infolge der damit einhergehenden Annäherung an die Magnete 10 gelangen die Partikeln in Bereiche höherer magnetischer Kraftfeldichte und sind somit höheren Magnetkräften ausgesetzt. Gleichzeitig führt die Beeinflussung des Strömungswegs zu einer Annäherung einzelner Partikeln untereinander, wodurch diese Agglomerate bilden können. Aufgrund der damit einhergehenden Volumenzunahme sind die Agglomerate einer höheren Magnetkraft unterworfen. Beides trägt zur Steigerung des Wirkungsgrads einer erfindungsgemäßen Abscheidevorrichtung bei.

[0046] Gegenstand der Fig. 3b und 3c sind Abwandlungen der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Gitter 11. Bei der in Fig. 3b gezeigten Abwandlung handelt es sich um ein Lochblech 15 mit kreisrunden Öffnungen 16, die bezogen auf die Strömungsrichtung 7 mit einem seitlichen Versatz zueinander angeordnet sind. Die Öffnungen 16 bilden wiederum Aufnahmeräume für die abzuscheidenden Partikeln.

[0047] Die in Fig. 3c dargestellte Abwandlung der Ab-

scheidestruktur besteht aus einem Lochblech 17, dessen Öffnungen 18 ellipsenförmig ausgebildet sind, wobei die längere Hauptachse parallel zur Strömungsrichtung 7 verläuft und somit den einzelnen Partikeln im Vergleich zu kreisförmigen Öffnungen mehr Zeit zum Eindringen in den Aufnahmeraum zur Verfügung steht.

[0048] Weitere Ausführungsformen der Abscheidestruktur zeigen jeweils in einem Teillängsschnitt die Figuren 4, 5 und 6, wobei hinsichtlich des Aufbaus des Gehäuses 1 auf das unter den Figuren 1 und 2 Gesagte Bezug genommen wird. Bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform wird die Abscheidestruktur von einem ungeordneten Fasergebilde 19 gebildet, das sich jeweils entlang der oberen und unteren Gehäusewände 2 und 5 erstreckt. Das Fasergebilde 19 weist eine dichtere Struktur auf als das den Strömungsmanipulator bildende Fasergebilde 14, so dass im Wesentlichen keine axiale Durchströmung des Fasergebildes 19 erfolgt. Das Fasergebilde 19 kann sowohl aus einem magnetischen/magnetisierbaren Material wie z.B. Stahl als auch aus einem nicht magnetischen Material wie z.B. Kunststoff gebildet sein. Die zwischen den Fasern vorhandenen Zwischenräume dienen der Aufnahme der auszuscheidenden Partikeln.

[0049] Davon unterscheidet sich die Ausführungsform gemäß Fig. 5 durch Anordnung eines geordneten Fasergebildes 20 entlang der Innenseiten der oberen und unteren Kanalwände 2 und 5. Das geordnete Fasergebilde 20 setzt sich aus einer Vielzahl senkrecht zur Strömungsrichtung 7 verlaufender Fasern 21 zusammen, die auf einem Grundgewebe 22 nach Art von Florfäden büstenartig verankert sind. Der Durchmesser der Fasern 21 liegt in einem Bereich von 0,1 bis 1 mm und die Dichte der Fäden 21 beträgt 25 bis 250 Stück pro cm². Durch die Magnetkraft werden die einzelnen Partikeln zum Grund des Fasergebildes 20 gezogen und dort zwischen den einzelnen Fasern 21 festgehalten.

[0050] Anstelle der Fasern 21 können auch eine Vielzahl lammellenartig angeordneter Bleche oder Folien die Abscheidestruktur bilden. Bei dieser - nicht dargestellten - Ausführungsform erstrecken sich die Bleche oder Folien wie die Fasern 21 quer zur Strömungsrichtung 7 in den Strömungsraum 6 hinein, wobei deren Ebenen orthogonal zur Strömungsrichtung 7 oder parallel oder schräg dazu angeordnet sein können. Die Dichte der Bleche oder Folien beträgt vorzugsweise 5 bis 25 Stück pro cm.

[0051] Fig. 6 offenbart eine Abscheidestruktur aus einem dünnwandigen Element 23 mit wellenförmigem Verlauf, das sich entlang der Innenseiten der oberen Gehäusewand 2 und unteren Gehäusewand 5 entwickelt. Dabei liegen die Wellentäler 24 an den Gehäusewänden 2 und 5 an, während die Wellenberge 25 der Achse 8 zugewandt sind. Wellentäler 24 und Wellenberge 25 verlaufen quer zur Strömungsrichtung 7, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Wellenberge 25 des oberen Elements 23 den Wellentälern 24 des unteren Elements 23 gegenüberliegen. Auf diese

Weise bildet sich eine zwischen den Elementen 23 hin und her pendelnde Strömung aus, die ein Abscheiden der Partikeln aus der Suspension begünstigt. Die abgeschiedenen Partikeln werden dabei in den Wellentälern 24 der Elemente 23 aufgenommen.

[0052] Gegenstand der Figuren 7 bis 10d sind unterschiedliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Strömungsmanipulators, wobei die Figuren 7 bis 8c Ausführungsformen betreffen, deren Hauptstreckungsrichtung mit der Strömungsrichtung 7 zusammenfällt, sich der Strömungsmanipulator also im Wesentlichen über die gesamte Länge des Strömungskanals 6 erstreckt. Hingegen zeigen die Figuren 9 bis 10d Ausführungsformen eines Strömungsmanipulators mit Hauptstreckungsrichtung quer zur Strömungsrichtung 7 im Strömungskanal 6.

[0053] Bei der in Fig. 7 in einer Draufsicht und in Fig. 8a in einem Querschnitt gezeigten Ausführungsform wird der Strömungsmanipulator von einem Gitter 26 gebildet, das aus kreuzenden Stäben 27 und 28 zusammengesetzt ist. In den Kreuzungspunkten sind die Stäbe 27 und 28 miteinander verbunden. Die Längsachse der Stäbe 27 schließt mit der Strömungsrichtung 7 einen Winkel α ein, der vorzugsweise zwischen 30° und 60° liegt, um einen Impuls auf die Durchströmung quer zur Strömungsrichtung 7 zu erzeugen. Wie vor allem aus Fig. 8a hervorgeht, liegen die achsparallelen Stäbe 27 und die im Winkel dazu angeordneten achsparallelen Stäbe 28 jeweils in einer Ebene übereinander, bilden also auf diese Weise eine obere Lage und eine untere Lage, und sind mittig im freien Strömungsquerschnitt des Strömungskanals und planparallel zur oberen Gehäusewand 2 bzw. unteren Gehäusewand 5 angeordnet. Somit befindet sich der Strömungsmanipulator in einer Zone des Strömungskanals 6, wo die auf die Partikeln wirkenden Magnetkräfte aufgrund des maximalen Abstands zu den Magneten 10 am schwächsten sind.

[0054] Von dieser Ausführungsform unterscheidet sich der Strömungsmanipulator gemäß Fig. 8b lediglich durch die Anordnung mehrerer planparalleler Gitter 26 übereinander, wodurch der Einfluss des Strömungsmanipulators auf die Strömung 7 der Suspension verstärkt wird.

[0055] Eine Abwandlung hiervon betrifft den Strömungsmanipulator gemäß Fig. 8c, bei dem ein Gitter 26 dreilagig aufgebaut ist, wobei die Stäbe 28 der oberen Lage und Stäbe 28' der unteren Lage achsparallel zueinander verlaufen und die kreuzenden Stäbe 27 der mittleren Lage einschließen. Die Ausführungsform gemäß Fig. 8c umfasst zwei solcher Gitter 26, die planparallel übereinander im Zentrum des freien Strömungsquerschnitts des Strömungskanals 6 angeordnet sind.

[0056] Eine nicht dargestellte Ausführungsform sieht eine gewebeartige Ausbildung des Strömungsmanipulators vor, wobei sich flexible Stäbe kreuzen und dabei zwischen einer oberen Lage und unteren Lage wechseln.

[0057] Die in Fig. 9 in einer Draufsicht gezeigte Ausführungsform eines Strömungsmanipulators zeichnet

sich durch eine Anordnung des Strömungsmanipulators quer zur Strömungsrichtung 7 aus. Der Strömungsmanipulator wird von Flächenelementen 30 gebildet, die orthogonal zur Strömungsrichtung 7 verlaufen und die im Bereich des freien Strömungsquerschnitts des Strömungskanals 6 Öffnungen 31 für den Durchtritt der Suspension aufweisen. Die Strömung wird daher zu den Öffnungen 31 hin gebündelt und erfährt dahinter wiederum eine Auffächerung, wobei mitgeführte Partikeln den Magneten 10 angenähert werden.

[0058] Die Fig. 10a bis 10d zeigen unterschiedliche Ausführungsformen der Flächenelemente 30, 30', 30'', 30''' in einer Ansicht parallel zur Strömungsrichtung 7. Wie aus Fig. 10a ersichtlich können die Flächenelemente 30 eine Gitterstruktur mit rechteckförmigen Öffnungen 31 aufweisen, die fluchtend oder mit Versatz zueinander angeordnet sind. Bei der Ausführungsform der Flächenelemente 30' gemäß Fig. 10b besitzen die Durchtrittsöffnungen 31' kreisförmige Gestalt, wobei seitlich benachbarte Durchtrittsöffnungen 31' einen Höhenversatz zueinander aufweisen. Davon unterscheiden sich die Flächenelemente 30'' gemäß Fig. 10c lediglich durch die Form und Anzahl der Durchtrittsöffnungen 31'', die in diesem Fall Ellipsenform besitzen. Fig. 10d zeigt ein gitterartiges Flächenelement 30''', dessen Durchtrittsöffnungen 31''' von kreuzenden Stäben 32 gebildet sind.

[0059] Die Fig. 11 bis 17 betreffen Ausführungsformen der Erfindung mit integrierter Wärmetauschereinrichtung, wobei der Grundaufbau der Vorrichtung mit oberer Gehäusewand 2, seitlichen Gehäusewänden 3 und 4, unterer Gehäusewand 5 und Strömungskanal 6 dem unter den Fig. 1 bis 10d beschriebenen entspricht, so dass auf die dortige Beschreibung verwiesen wird. Bei den Ausführungsformen gemäß der Fig. 11 bis 13 ist die Wärmetauschereinrichtung mit dem Strömungsmanipulator kombiniert, während die Ausführungsformen gemäß der Fig. 14 bis 17 eine Kombination der Wärmetauschereinrichtung mit der Abscheidestruktur vorsehen.

[0060] In Fig. 11 ist eine erste Ausführungsform einer Wärmetauschereinrichtung 32 dargestellt, die von einer Vielzahl seitlich beabstandeter achsparalleler Rohre 33 gebildet ist, die in zwei zu den Gehäusewänden 2 bzw. 5 planparallelen Ebenen angeordnet sind. Dabei können die Rohre 33 beider Ebenen wie dargestellt quer zur Strömungsrichtung 7 verlaufen, oder aber die Rohre 33 beider Ebenen verlaufen in Strömungsrichtung 7 (nicht dargestellt) oder die Rohre 33 einer Ebene kreuzen sich mit den Rohren 33 der benachbarten Ebene (nicht dargestellt). Die Enden der Rohre 33 sind an einen Kühlkreislauf angeschlossen, so dass das Wärmeträgermedium des Kühlkreislaufes die Rohre 33 durchströmt.

[0061] Durch die Anordnung der Rohre 33 im freien Strömungsquerschnitt des Strömungskanals 6 zwischen der Abscheidestruktur an der oberen Gehäusewand 2 und unteren Gehäusewand 5 kommt der Wärmetauschereinrichtung gleichzeitig die Funktion als Strömungsmanipulator zu, da die Strömung 7 an den Rohren 33 zwangsweise umgelenkt wird.

[0062] Die in Fig. 12 und Fig. 13 dargestellte Wärmetauschereinrichtung 32' unterscheidet sich davon durch einen mäandrierenden Verlauf des Rohres 33' innerhalb des Strömungskanal 6. Das Rohr 33' weist daher Abschnitte 34 auf, die quer zur Strömungsrichtung 7 verlaufen und auf diese Weise ein zu umströmendes Hindernis im Strömungskanal 6 bilden. Die mäanderartige Ausbildung der Wärmetauschereinrichtung 32' erlaubt eine wirtschaftliche Herstellung des Strömungsmanipulators bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad hinsichtlich der Abscheidung von Partikeln und Kühlung der Suspension.

[0063] Bei den Ausführungsformen gemäß der Fig. 14 und 16 kommt der Wärmetauschereinrichtung 34, 34' gleichzeitig die Funktion der Abscheidestruktur zu. Die Ausführungsform gemäß Fig. 14 sieht hierfür wiederum eine Vielzahl achsparalleler Rohre 35 vor, die quer zur Strömungsrichtung 7 an der Innenseite der oberen Gehäusewand 2 und unteren Gehäusewand 5 entlang verlaufen. Durch den seitlichen Abstand zweier benachbarter Rohre 35 ergibt sich ein Aufnahme- und in dem sich die Partikel der Suspension ansammeln können. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 15 weist die Wärmetauschereinrichtung zwei mäanderartig verlaufende Rohre 35' auf, von denen eines an der Unterseite der oberen Gehäusewand 2 und das andere an der Innenseite der unteren Gehäusewand 5 angeordnet ist. Durch den seitlichen Abstand der parallel und dabei quer zur Strömungsrichtung 7 verlaufenden Leitungsabschnitte 37 ergeben sich wiederum Aufnahme- und in dem sich die Partikel der Suspension ansammeln können. Bei beiden Ausführungsformen ist im freien Strömungsquerschnitt zwischen den Rohren 35, 35' an der oberen Gehäusewand 2 und den Rohren 35, 35' an der unteren Gehäusewand 5 wiederum ein Strömungsmanipulator der bereits beschriebenen Art angeordnet, der zur Vermeidung von Wiederholungen daher nicht weiter dargestellt und beschrieben ist. Die Rohre 35, 35' sind wiederum vom Wärmeträgermedium eines Kühlkreislaufes durchströmt.

[0064] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung mit integrierter Wärmetauschereinrichtung 38 ist in Fig. 17 offenbart. Der Querschnitt des Strömungskanal 6 ist bei dieser Ausführungsform von zwei wellenartig ausgebildeten Flächenelementen 39 unterteilt, die parallel zur oberen Gehäusewand 2 und unteren Gehäusewand 5 verlaufen. Auf diese Weise wird der Strömungskanal 6 in drei benachbarte Kammern unterteilt mit einer mittleren, von den beiden Flächenelementen 39 begrenzten Kammer 40 und zwei äußeren Kammern 41, die von einem Flächenelement 39 und der oberen Gehäusewand 2 bzw. unteren Gehäusewand 5 gebildet sind. Die mit Partikeln beladene Suspension durchströmt den Strömungsraum 6 in den beiden äußeren Kammern 41, wobei mit den Wellentälern der Wellenstruktur Aufnahme- und in dem sich die Partikel der Suspension ansammeln können. Die mittlere Kammer 40 ist von einem Wärmeträgermedium durchströmt, das als Teil eines Kühlkreislaufes thermische Energie von der Suspension abführt.

[0065] Während die Ausführungsformen gemäß der Fig. 1 bis 17 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit rechteckförmigem Strömungskanal 6 zeigen, offenbart die Ausführungsform gemäß Fig. 18 einen ringscheibenförmigen von der Suspension durchströmten Strömungskanal 6', der von einem äußeren Rohr 42 und einem dazu koaxial verlaufenden inneren Rohr 43 gebildet wird. Sowohl über den Außenumfang des äußeren Rohrs 42 als auch den Innenumfang des inneren Rohrs 43 sind wiederum Magnete 10 angeordnet, die ein im Strömungsraum 6' wirksames Magnetfeld erzeugen.

[0066] Entlang des Innenumfanges des äußeren Rohrs 42 und Außenumfanges des inneren Rohrs 43 erstreckt sich eine Abscheidestruktur, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel jeweils von einer den Umfang schraubenlinienförmig umlaufenden äußeren Wendel 44 und inneren Wendel 45 gebildet ist. Der axiale Abstand zwischen den einzelnen Windungen der Wendeln 44 und 45 dient der Aufnahme der abgeschiedenen Partikeln. Die Wendeln 44 und 45 können rohrförmig ausgebildet und von einem Wärmeträgermedium durchströmt sein, um auch bei dieser Ausführungsform der Erfindung eine Wärmetauscherfunktion zu realisieren. Alternativ stehen als Abscheidestruktur die bereits unter den Figuren 1 bis 16 beschriebenen Ausführungsformen zur Verfügung, die an die Krümmung der Wände des Strömungskanal 6' anzupassen sind. Entsprechendes gilt für den Strömungsmanipulator, der in dem Ringspalt zwischen den Wendeln 44 und 45 angeordnet ist, und der analog der unter den Figuren 1 bis 16 beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet sein kann.

[0067] Die Erfindung ist nicht auf die in den einzelnen Ausführungsbeispielen offenbarten Merkmalskombinationen beschränkt. Vielmehr liegen auch Ausführungsformen im Rahmen der Erfindung, bei denen Merkmale unterschiedlicher Ausführungsformen miteinander kombiniert sind, soweit sich diese Kombinationen dem Fachmann aufgrund seines Fachwissens ohne weiteres erschließen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Abscheiden von Partikeln aus einem Fluid, insbesondere aus einer Suspension, durch magnetische Separation, mit einem wenigstens eine Kanalwand (2, 3, 4, 5) aufweisenden Strömungskanal (6, 6'), der von der Suspension in vorbestimmter Strömungsrichtung (7) durchströmbar ist, mit einer Abscheidestruktur (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) innerhalb des Strömungskanal (6, 6') zur Aufnahme der Partikeln, wobei eine Einrichtung (10) zur Erzeugung eines im Strömungskanal (6, 6') wirksamen Magnetfelds quer zur Strömungsrichtung vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abscheidestruktur (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) entlang wenigstens einer Kanalwand (2, 5) des Strömungskanal (6, 6') an-

- geordnet ist und im Strömungskanal (6, 6') mindestens ein von der Suspension durchströmbarer, nicht magnetischer oder nicht magnetisierbarer Strömungsmanipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') zur lokalen Veränderung der Strömungsparameter der Suspension angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungskanal (6, 6') einen rechteckförmigen, kreisförmigen oder ringscheibenförmigen Strömungsquerschnitt besitzt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsmanipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') eine ausgeprägte Haupterstreckungsrichtung aufweist, die parallel zur Strömungsrichtung (7) der Suspension verläuft.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsmanipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') in mindestens einer Ebene quer zur Strömungsrichtung (7) verläuft, vorzugsweise in mehreren beabstandeten Ebenen quer zur Strömungsrichtung (7).
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsmanipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') von einem Flächenelement gebildet ist, vorzugsweise von einem Flächenelement (30, 30', 30", 30''') mit Durchtrittsöffnungen (31, 31', 31", 31'''), oder von einem Flächenelement mit geschlossener strukturierter Oberfläche, oder von einem Gitter (26, 26'), oder von einem Netz, oder von einem Fasergebilde (14).
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abscheidestruktur (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) aus einem magnetischen bzw. magnetisierbaren oder einem nicht magnetischen bzw. nicht magnetisierbaren Material besteht.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abscheidestruktur (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) von mindestens einer Kanalwand (2, 5) gebildet ist, vorzugsweise von zwei sich gegenüberliegenden Kanalwänden (2, 5).
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abscheidestruktur (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) von einem Abscheideelement gebildet ist, das im Strömungskanal (6, 6') angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abscheideelement von einem geordneten oder ungeordneten Fasergebilde (19, 20) gebildet ist, oder von einem gewebe-, gewirk-, netz-, vlies- oder bürstenartigen Flächengebilde gebildet ist, oder von einem Flächengebilde (11, 15, 17, 23) mit Öffnungen (12, 16, 18) und/oder Vertiefungen (24) senkrecht zur Strömungsrichtung (7) gebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Strömungskanal (6, 6') eine Wärmetauschereinrichtung (32, 32', 35, 35', 38) integriert ist, deren Wärmetauscherflächen von der Suspension benetzt sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Oberfläche des Strömungsmanipulators (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') als Wärmetauscherfläche ausgebildet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Oberfläche der Abscheidestruktur (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) als Wärmetauscherfläche ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmetauschereinrichtung (32, 32', 35, 35', 38) einen von einem Wärmeträgermedium durchströmten und gegenüber der Suspension räumlich getrennten Hohlraum umfasst, der innerhalb des Strömungskanals (6, 6') angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum von einem oder mehreren Rohren (33, 33', 36, 36') gebildet ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (33') mit mäandrierendem Verlauf innerhalb des Strömungskanals (6, 6') angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (33, 33') zur Bildung eines Strömungsmanipulators (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') im Abstand zur Abscheidestruktur angeordnet sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (36, 36') zur Bildung einer Abscheidestruktur an mindestens einer Wand (2, 5) des Strömungskanals (6, 6') angeordnet sind.
18. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum von mindestens einem trennwandartigen Flächenelement (39) gebildet ist, das sich von einer ersten Kanalwand (3) zu einer zweiten Kanalwand (4) erstreckt, wobei vorzugsweise die erste und zweite Kanalwand (3, 4)

einander gegenüberliegen, und wobei vorzugsweise das mindestens eine trennwandartige Flächenelement (39) eine Wellenstruktur aufweist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsraum (6') einen kreisförmigen oder ringscheibenförmigen Strömungsquerschnitt besitzt und die Abscheidestruktur von einer Wendel (44, 45) gebildet ist, die sich koaxial entlang mindestens einer Wand des Strömungskanaals (6') erstreckt.

Claims

1. Apparatus for separating particles from a fluid, in particular from a suspension, by means of magnetic separation, comprising a flow channel (6, 6') which has at least one channel wall (2, 3, 4, 5) and through which the suspension can flow in a predetermined flow direction (7), and comprising a separation structure (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) within the flow channel (6, 6') for receiving the particles, a device (10) for generating a magnetic field that acts in the flow channel (6, 6') being provided transversely to the flow direction, **characterised in that** the separation structure (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) is arranged along at least one channel wall (2, 5) of the flow channel (6, 6') and at least one non-magnetic or non-magnetisable flow manipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') through which the suspension can flow is arranged in the flow channel (6, 6') in order to locally change the flow parameters of the suspension.
2. Apparatus according to claim 1, **characterised in that** the flow channel (6, 6') has a rectangular, circular or annular-disc-shaped flow cross section.
3. Apparatus according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the flow manipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') has a distinct main extension direction which extends in parallel with the flow direction (7) of the suspension.
4. Apparatus according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the flow manipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') extends in at least one plane transverse to the flow direction (7), preferably in a plurality of spaced-apart planes transverse to the flow direction (7).
5. Apparatus according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** the flow manipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') is formed by a surface element, preferably by a surface element (30, 30', 30", 30''') comprising through-openings (31, 31', 31", 31'''), or by a surface element having a closed structured sur-

face, or by a lattice (26, 26'), or by a mesh, or by a fibre assembly (14).

6. Apparatus according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** the separation structure (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) is made of a magnetic or magnetisable or a non-magnetic or non-magnetisable material.
7. Apparatus according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** the separation structure (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) is formed by at least one channel wall (2, 5), preferably by two opposite channel walls (2, 5).
8. Apparatus according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** the separation structure (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) is formed by a separation element which is arranged in the flow channel (6, 6').
9. Apparatus according to claim 8, **characterised in that** the separation element is formed by an ordered or random fibre assembly (19, 20), or is formed by a woven, knitted, mesh-like, non-woven or brush-like fabric, or is formed by a fabric (11, 15, 17, 23) comprising openings (12, 16, 18) and/or depressions (24) perpendicular to the flow direction (7).
10. Apparatus according to any of claims 1 to 9, **characterised in that** a heat exchanger device (32, 32', 35, 35', 38) is integrated into the flow channel (6, 6'), the heat exchanger surfaces of which device are wetted by the suspension.
11. Apparatus according to claim 10, **characterised in that** at least part of the surface of the flow manipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') is in the form of a heat exchanger surface.
12. Apparatus according to either claim 10 or claim 11, **characterised in that** at least part of the surface of the separation structure (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) is in the form of a heat exchanger surface.
13. Apparatus according to any of claims 10 to 12, **characterised in that** the heat exchanger device (32, 32', 35, 35', 38) comprises a cavity through which a heat transfer medium flows, which cavity is spatially separated from the suspension and is arranged within the flow channel (6, 6').
14. Apparatus according to claim 13, **characterised in that** the cavity is formed by one or more tubes (33, 33', 36, 36').
15. Apparatus according to claim 14, **characterised in that** the tubes (33') are arranged within the flow

channel (6, 6') so as to have a meandering course.

16. Apparatus according to either claim 14 or claim 15, **characterised in that** the tubes (33, 33') are arranged at a distance from the separation structure to form a flow manipulator (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''').
17. Apparatus according to either claim 14 or claim 15, **characterised in that** the tubes (36, 36') are arranged on at least one wall (2, 5) of the flow channel (6, 6') to form a separation structure.
18. Apparatus according to claim 13, **characterised in that** the cavity is formed by at least one partition-wall-like surface element (39) which extends from a first channel wall (3) to a second channel wall (4), the first and the second channel wall (3, 4) preferably being opposite one another, and the at least one partition-wall-like surface element (39) preferably having a wave structure.
19. Apparatus according to claim 2, **characterised in that** the flow chamber (6') has a circular or annular-disc-shaped flow cross-section and the separation structure is formed by a helix (44, 45) which extends coaxially along at least one wall of the flow channel (6').

Revendications

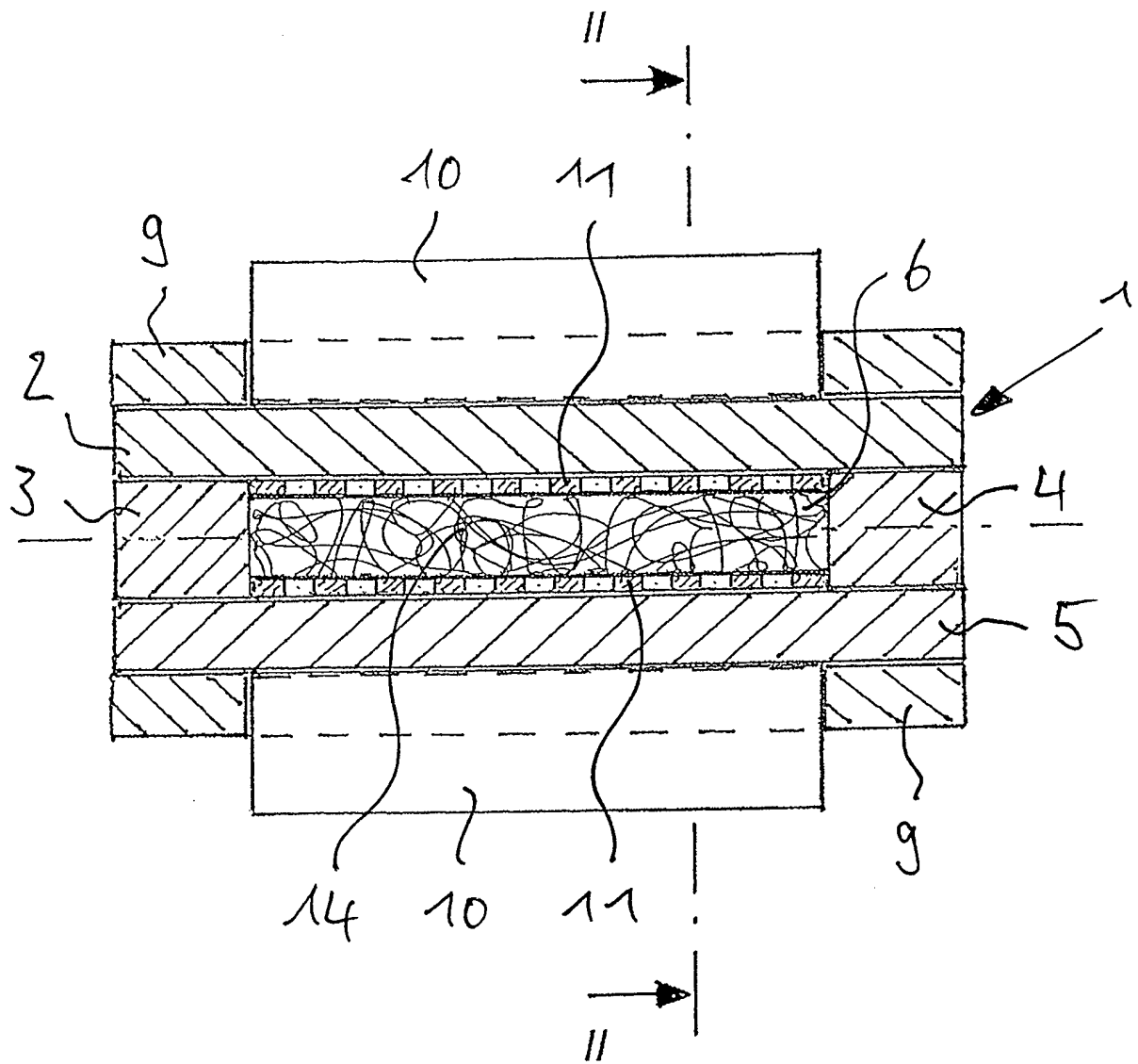
1. Dispositif de séparation de particules d'un fluide, en particulier d'une suspension, par séparation magnétique, ledit dispositif comprenant un conduit d'écoulement (6, 6') pourvu d'au moins une paroi de conduit (2, 3, 4, 5) et pouvant être traversé par la suspension dans un sens d'écoulement prédéterminé (7), une structure de séparation (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) située à l'intérieur du conduit d'écoulement (6, 6') et destinée à recevoir les particules, un moyen (10) étant prévu pour générer un champ magnétique actif dans le conduit d'écoulement (6, 6') transversalement à la direction d'écoulement, **caractérisé en ce que** la structure de séparation (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) est disposée le long d'au moins une paroi de conduit (2, 5) du conduit d'écoulement (6, 6') et au moins un manipulateur d'écoulement non magnétique ou non magnétisable (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30'''), pouvant être traversé par la suspension, est disposé dans le conduit d'écoulement (6, 6') pour modifier localement les paramètres d'écoulement de la suspension.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le conduit d'écoulement (6, 6') a une section transversale d'écoulement rectangulaire, circulaire ou en forme de disque annulaire.

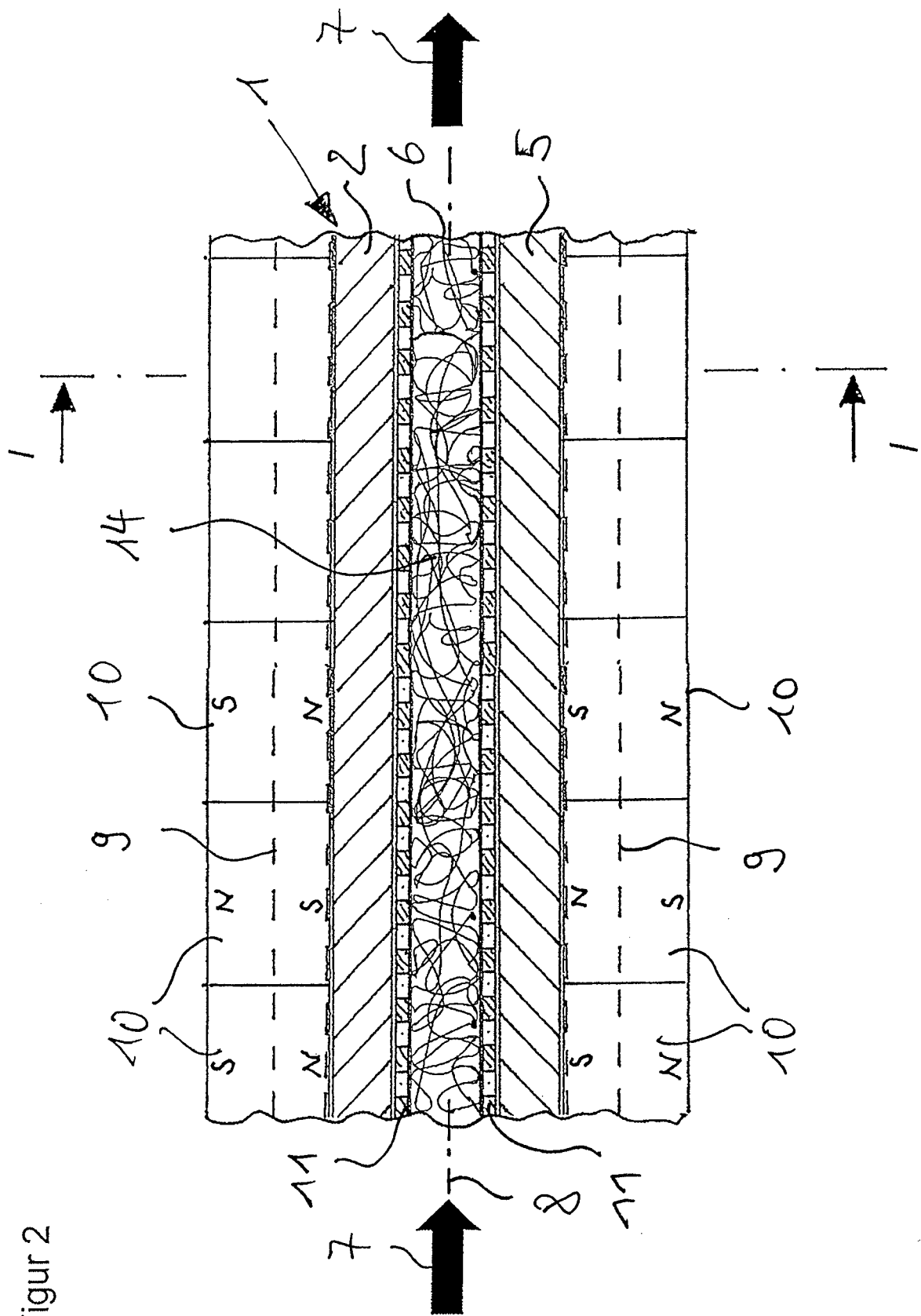
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le manipulateur d'écoulement (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') a une direction d'extension principale marquée qui est parallèle à la direction d'écoulement (7) de la suspension.
4. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le manipulateur d'écoulement (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') s'étend dans au moins un plan transversal à la direction d'écoulement (7), de préférence dans plusieurs plans espacés transversaux à la direction d'écoulement (7).
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le manipulateur d'écoulement (14, 26, 26', 30, 30', 30", 30''') est formé par un élément de surface, de préférence par un élément de surface (30, 30', 30", 30''') pourvu d'ouvertures de passage (31, 31', 31", 31'''), ou par un élément de surface pourvu d'une surface structurée fermée, ou par une grille (26, 26'), ou par un treillis, ou par une structure fibreuse (14).
6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la structure de séparation (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) est d'un matériau magnétique ou magnétisable ou d'un matériau non magnétique ou non magnétisable.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la structure de séparation (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) est formée par au moins une paroi de conduit (2, 5), de préférence par deux parois de conduit (2, 5) opposées.
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la structure de séparation (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34, 34', 44, 45) est formée par un élément de séparation qui est disposé dans le conduit d'écoulement (6, 6').
9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'élément de séparation est formé par une structure fibreuse (19, 20) ordonnée ou désordonnée, ou par une structure de surface de type tissu, tricot, filet, non-tissé ou brosse, ou par une structure de surface (11, 15, 17, 23) pourvue d'ouvertures (12, 16, 18) et/ou de dépressions (24) perpendiculairement à la direction d'écoulement (7).
10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'un** moyen échangeur de chaleur (32, 32', 35, 35', 38), dont les surfaces échangeuses de chaleur sont mouillées par la suspension, est intégré dans le conduit d'écoulement (6, 6').
11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'au** moins une partie de la surface du manipu-

lateur d'écoulement (14, 26, 26', 30, 30', 30'', 30''')
est conçue comme une surface échangeuse de cha-
leur.

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, **caracté-
risé en ce qu'**au moins une partie de la surface de
la structure de séparation (11, 15, 17, 19, 20, 23, 34,
34', 44, 45) est conçue comme une surface échan-
geuse de chaleur. 5
13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12,
caractérisé en ce que le moyen échangeur de cha-
leur (32, 32', 35, 35', 38) comprend une cavité tra-
versée par un fluide caloporteur et séparée spatia-
lement de la suspension et disposée à l'intérieur du
conduit d'écoulement (6, 6'). 10 15
14. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en
ce que** la cavité est formée par un ou plusieurs tubes
(33, 33', 36, 36'). 20
15. Dispositif selon la revendication 14, **caractérisé en
ce que** les tubes (33') sont disposés suivant un trajet
sinueux à l'intérieur du conduit d'écoulement (6, 6'). 25
16. Dispositif selon la revendication 14 ou 15, **caracté-
risé en ce que** les tubes (33, 33') sont disposés à
distance de la structure de séparation pour former
un manipulateur d'écoulement (14, 26, 26', 30, 30',
30'', 30'''). 30
17. Dispositif selon la revendication 14 ou 15, **caracté-
risé en ce que** les tubes (36, 36') sont disposés sur
au moins une paroi (2, 5) du conduit d'écoulement
(6, 6') pour former une structure de séparation. 35
18. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en
ce que** la cavité est formée par au moins un élément
de surface (39) en forme de cloison qui s'étend d'une
première paroi de conduit (3) à une deuxième paroi
de conduit (4), les première et deuxième parois de
conduit (3, 4) étant de préférence opposées l'une à
l'autre, et l'au moins un élément de surface (39) en
forme de cloison comportant de préférence une
structure ondulée. 40 45
19. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en
ce que** l'espace d'écoulement (6') a une section
transversale d'écoulement circulaire ou en forme de
disque annulaire et la structure de séparation est 50
formée par une hélice (44, 45) qui s'étend coaxiale-
ment le long d'au moins une paroi du conduit d'écou-
lement (6'). 55

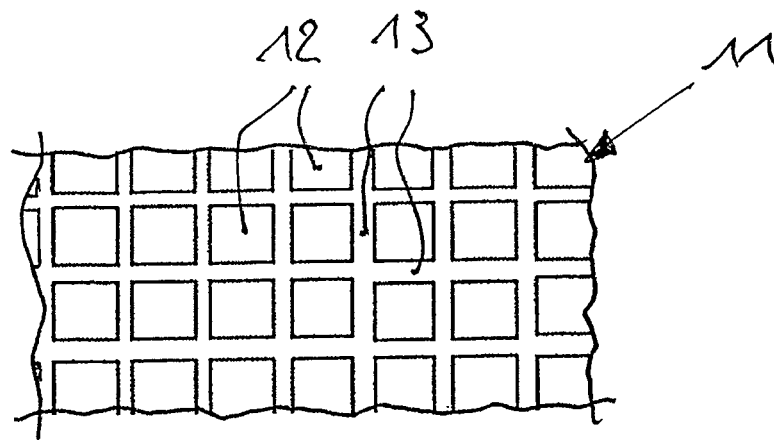
Figur 1



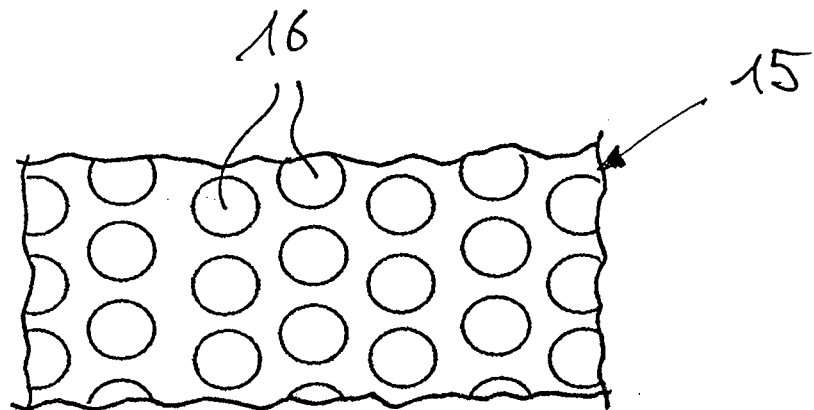


Figur 2

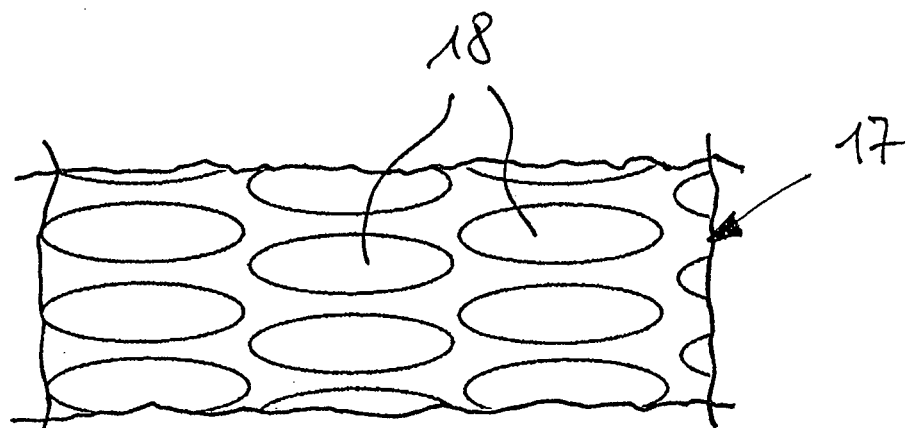
Figur 3a



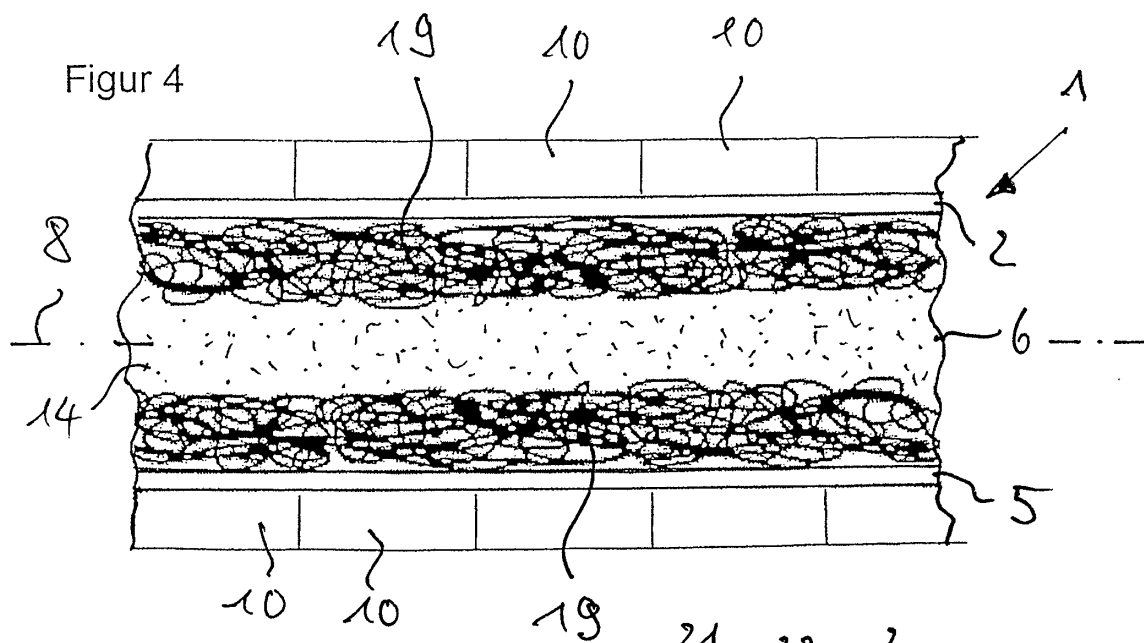
Figur 3b



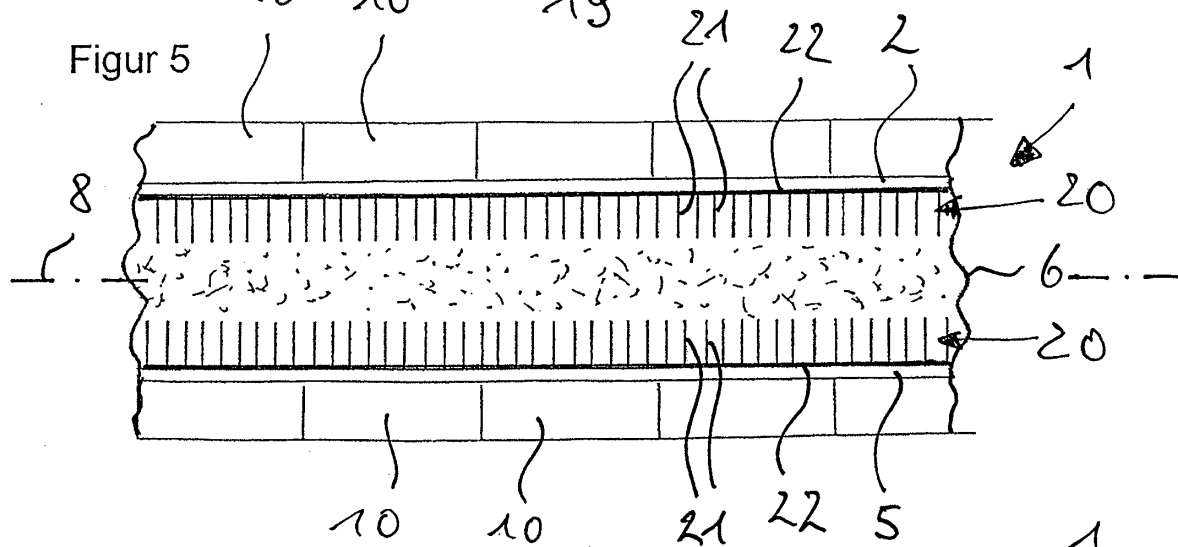
Figur 3c



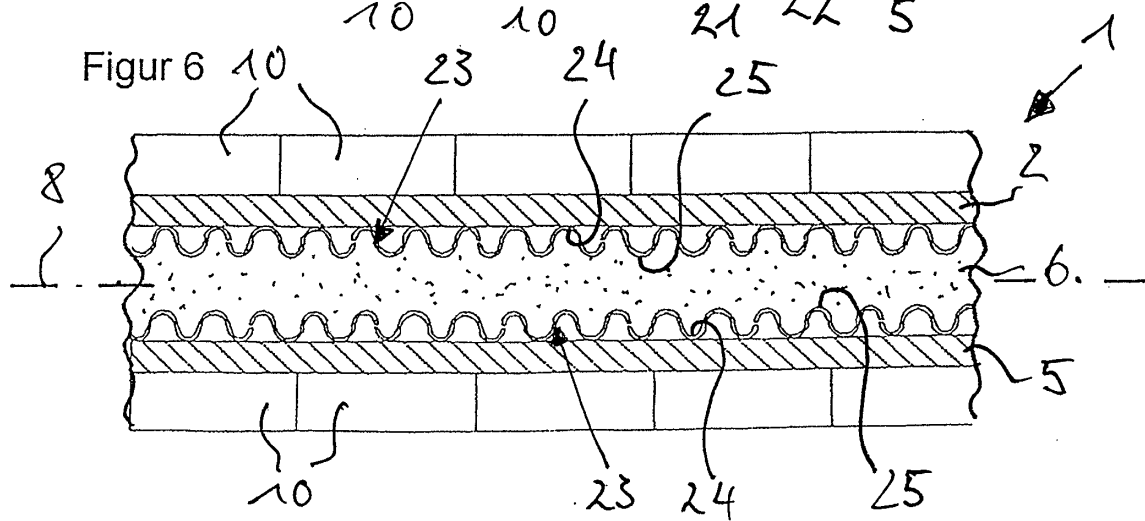
Figur 4

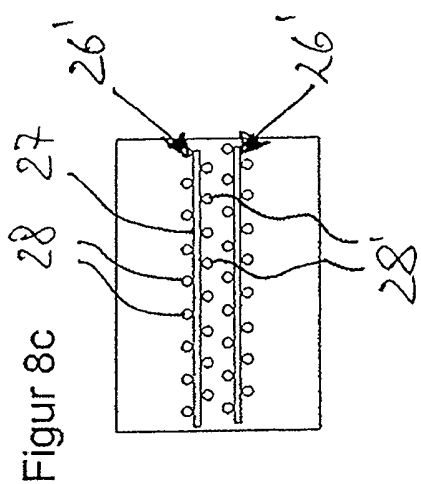
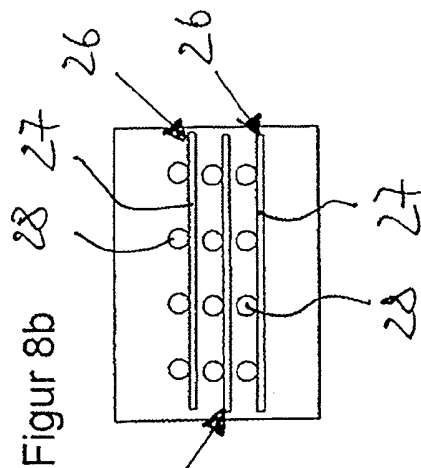
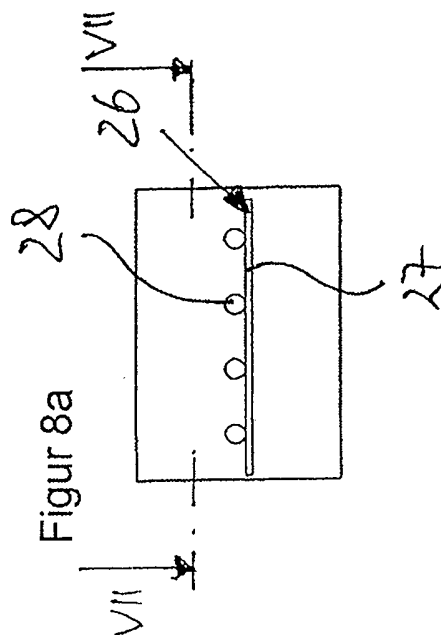
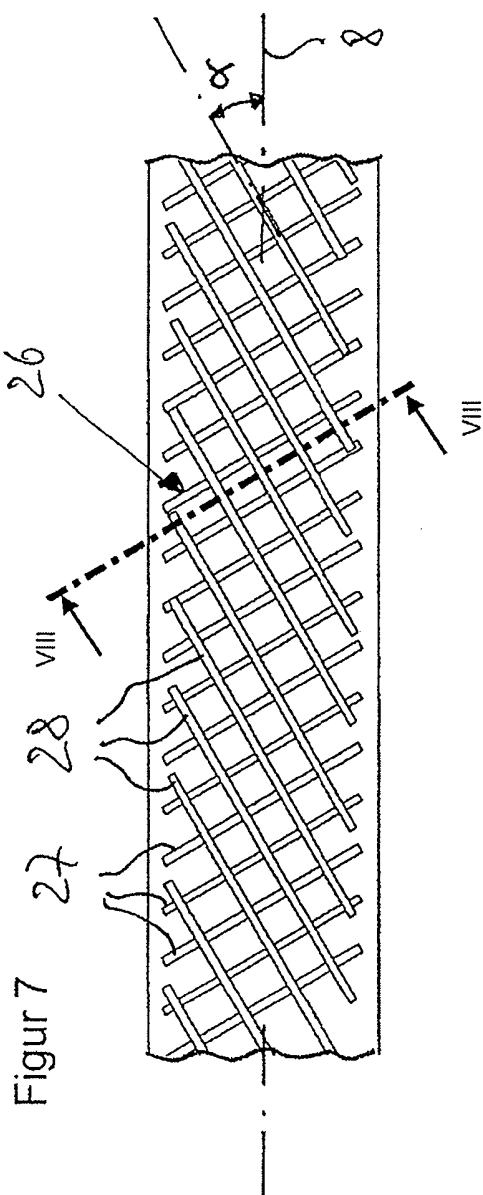


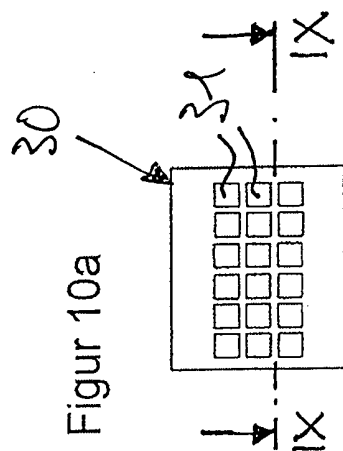
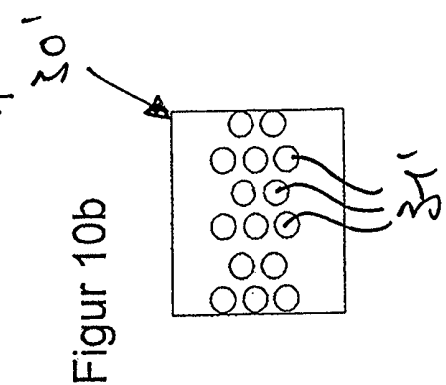
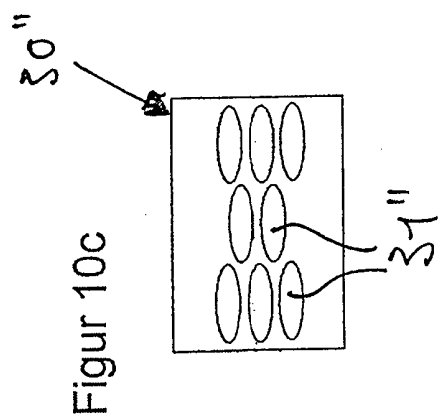
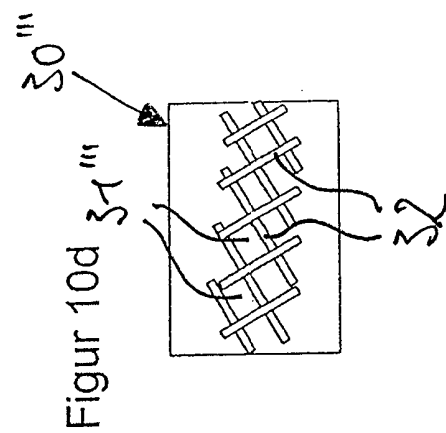
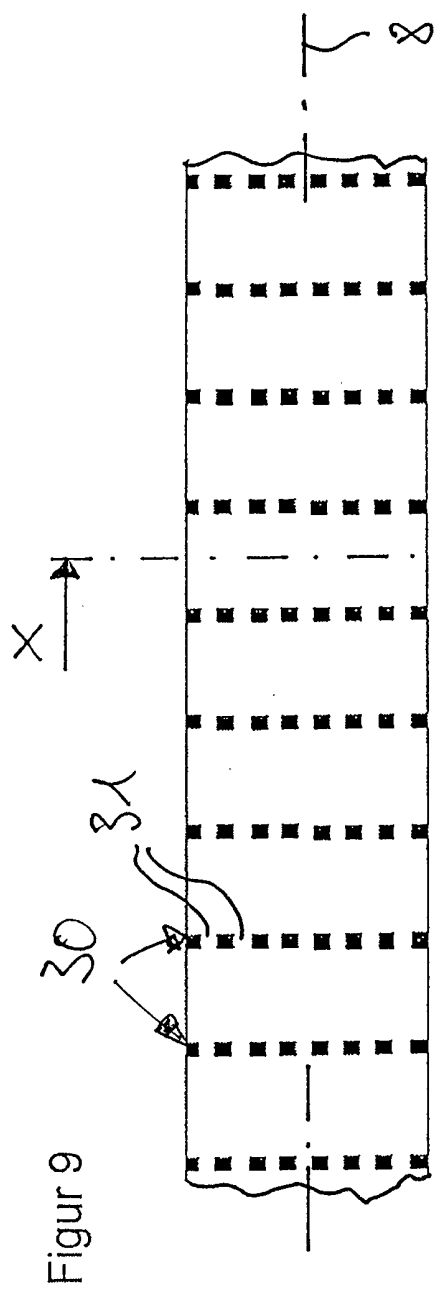
Figur 5



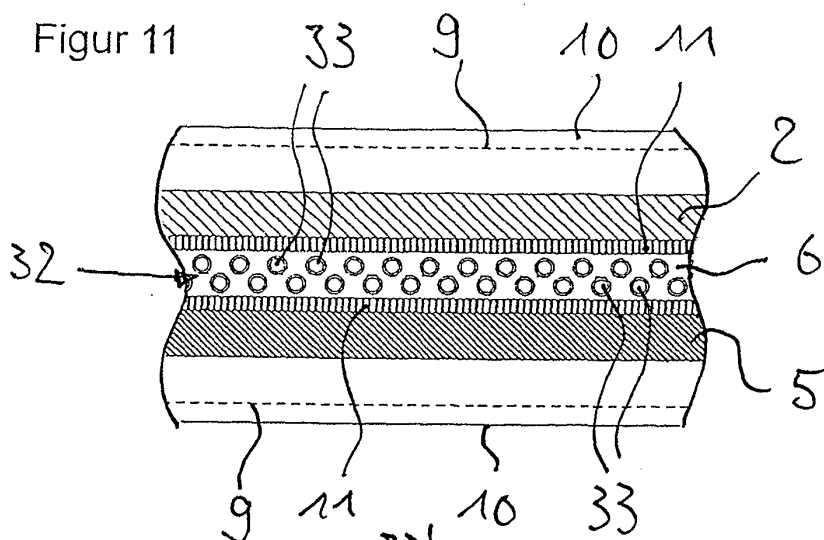
Figur 6



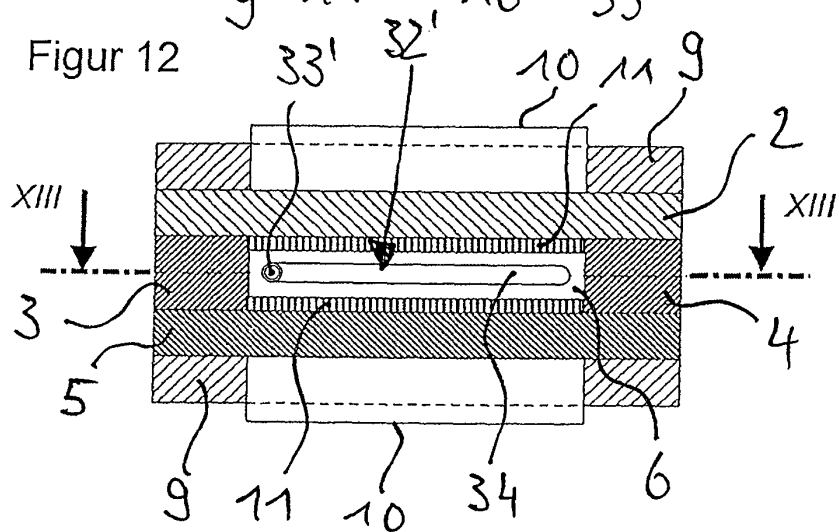




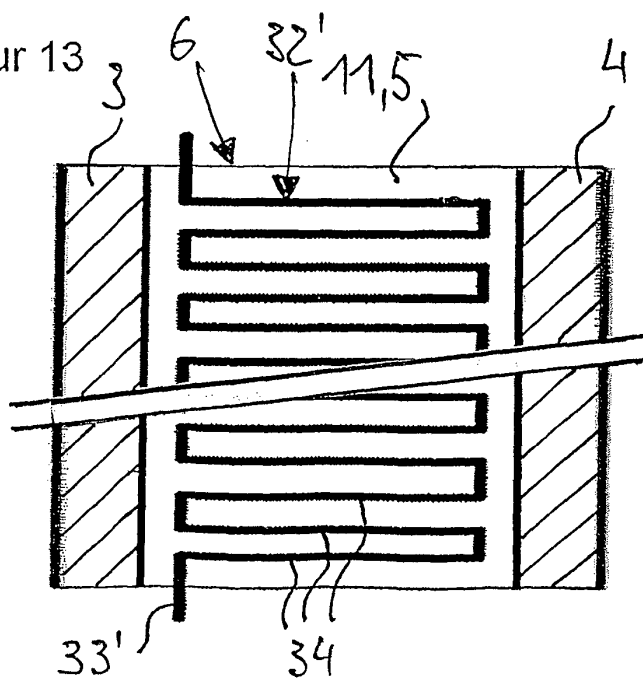
Figur 11



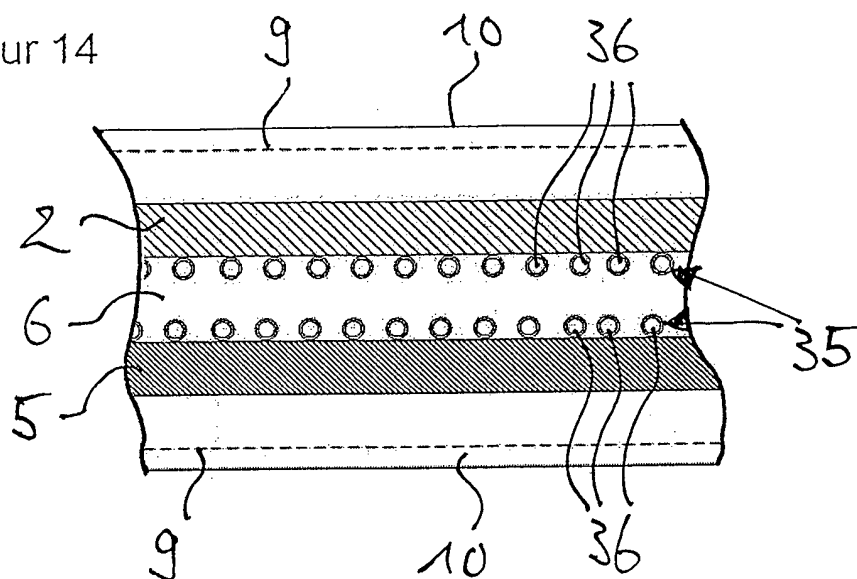
Figur 12



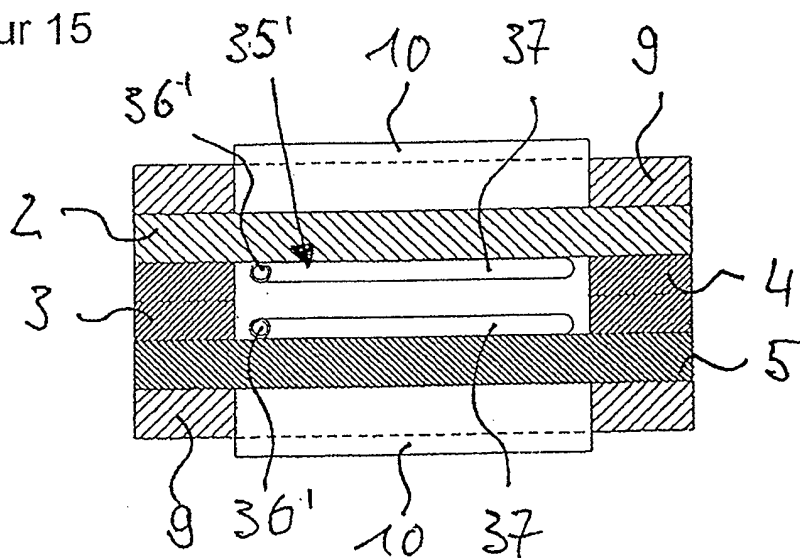
Figur 13



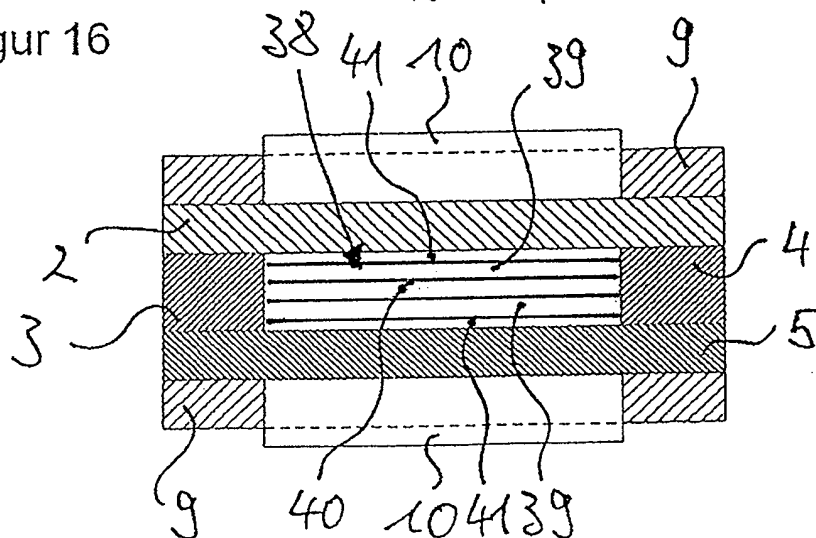
Figur 14



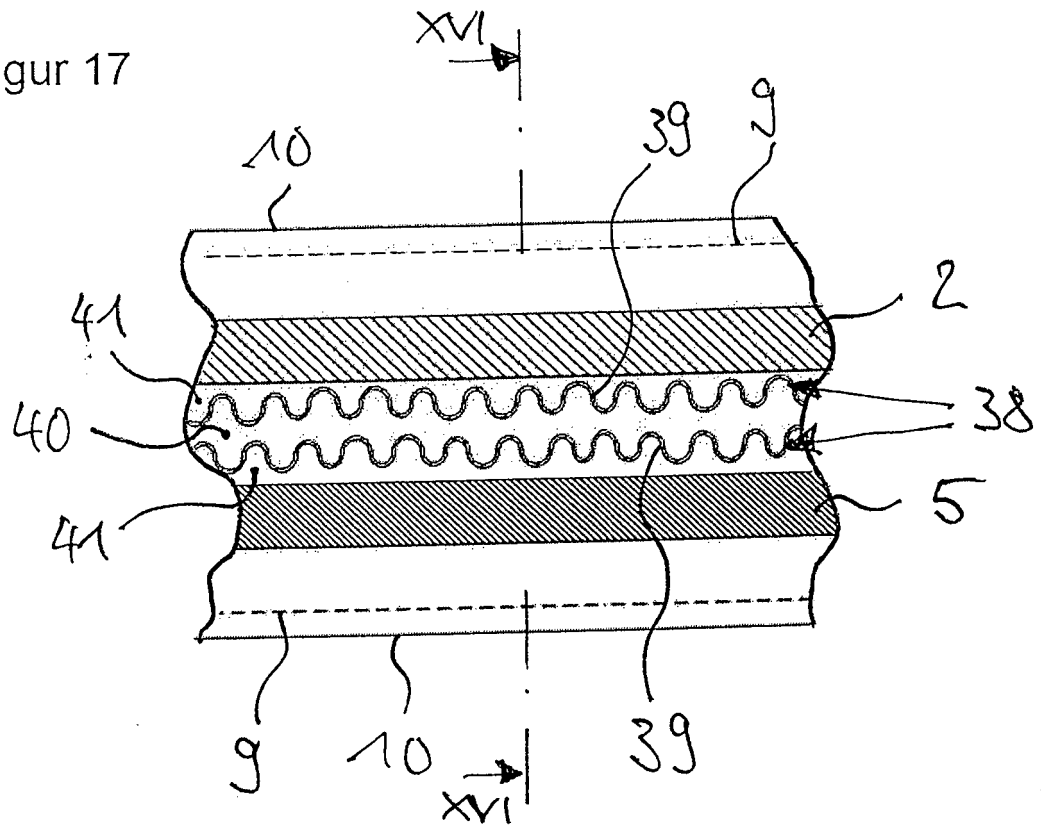
Figur 15



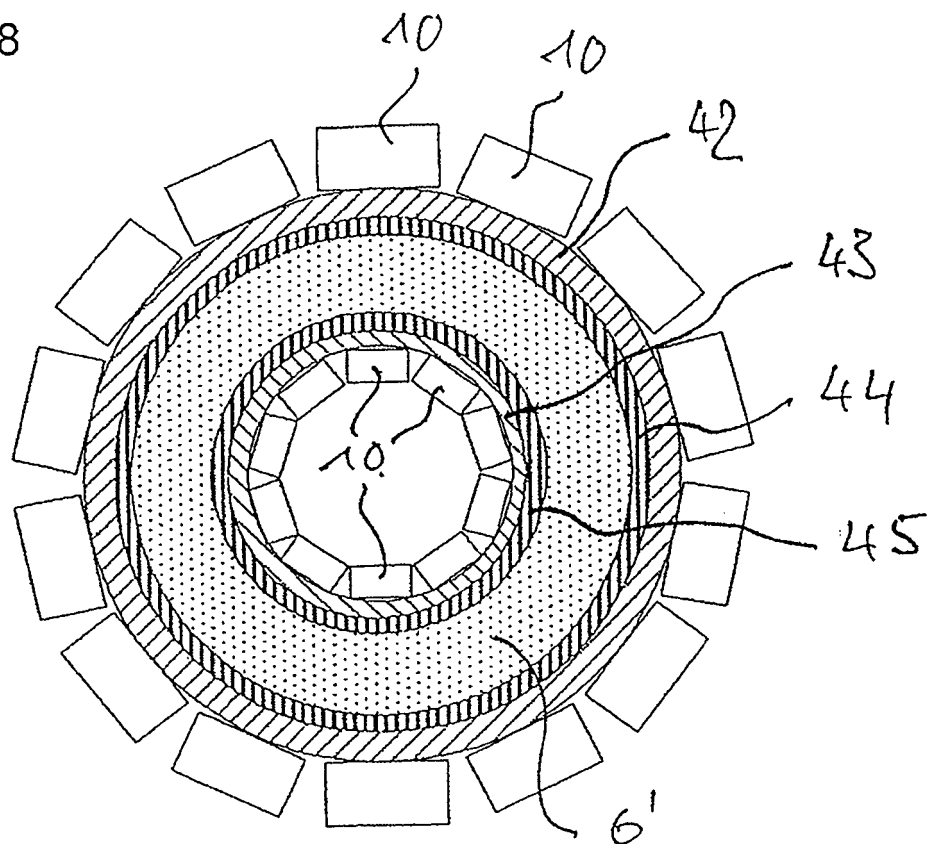
Figur 16



Figur 17



Figur 18



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005034327 B3 **[0001]**
- DE 102010061952 A1 **[0004]**
- WO 2013189549 A1 **[0005]**
- WO 2013025643 A2 **[0006]**
- DE 2922549 A1 **[0007]**