



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 815 941 A1

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**(43) Veröffentlichungstag:  
07.01.1998 Patentblatt 1998/02(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B03C 1/03, B03C 1/034**

(21) Anmeldenummer: 97111007.7

(22) Anmeldetag: 02.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

(30) Priorität: 05.07.1996 DE 19626999

(71) Anmelder:  
**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
76133 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:

- **Franzreb, Matthias, Dr.**  
**76185 Karlsruhe (DE)**
- **Jüngst, Klaus-Peter, Dr.**  
**76297 Stutensee (DE)**
- **Franz, Markus**  
**76139 Karlsruhe (DE)**
- **Höll, Wolfgang, Dr.**  
**76275 Ettlingen (DE)**
- **Eberle, Siegfried, Prof. Dr.**  
**76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)**

**(54) Hochgradienten-Magnetabscheider**

(57) Die Erfindung betrifft einen Hochgradienten-Magnetabscheider mit einer magnetischen Einheit aus zwei Polen, die miteinander einen Zwischenraum bilden, in dem sich ein homogenes Magnetfeld erzeugen läßt, einem Matrixrahmen, der sich um eine Achse in eine Drehung versetzen läßt und zumindest teilweise einen ringförmigen, durch Trennwände in Segmente abgeteilten Innenraum umschließt, sowie mindestens jeweils einer Zufluß- und einer Abflußleitung .

Aufgabe der Erfindung ist, eine Vorrichtung dieser Art vorzuschlagen, bei der der Weg des Fluids innerhalb des Magnetfelds vergrößert ist. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Breite der magnetischen Einheit entlang dem Innenraum mindestens der Breite von zwei Segmenten entspricht und im Bereich des Zwischenraums jedes Segment des ringförmigen Innenraums mit seinen benachbarten Segmenten über jeweils eine Öffnung verbunden ist, wobei die Öffnungen alternierend an einer ersten und einer zweiten, der ersten nicht gegenüberliegenden Stelle der angebracht sind.

**EP 0 815 941 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Hochgradienten-Magnetabscheider gemäß dem Oberbegriff des ersten Patentanspruchs.

Ein solcher Hochgradienten-Magnetabscheider ist aus der US-3,920,543 bekannt. Diese Vorrichtung weist einen drehbaren, ringförmigen Matrixrahmen auf, der horizontal angeordnet und radial in Segmente unterteilt ist. Die Segmente sind mit Füllkörpern, etwa mit Stahlwolle oder Kugeln gefüllt. Wird der Matrixrahmen in eine Drehung um seinen Mittelpunkt versetzt, passiert jedes Segment nacheinander mehrere magnetische Einheiten, die aus zwei Polen bestehen, zwischen denen sich der Matrixrahmen bei seiner Drehung bewegt. Zwischen den Polen wird ein homogenes Magnetfeld erzeugt. Die magnetischen Einheiten können z. B. aus Permanentmagneten oder elektrischen Spulen bestehen. Im Bereich der magnetischen Einheiten wird ein feststoffhaltiges Fluid über eine Zuflußleitung von oben in das darunter liegende Segment geleitet, wobei infolge des angelegten Magnetfelds para- oder schwach ferromagnetische Feststoffe an den Füllkörpern abgeschieden werden. Das von den Feststoffen befreite Fluid fließt über eine Abflußleitung nach unten ab. Die Füllkörper werden nachfolgend in mehreren außerhalb des Magnetfelds befindlichen Spülleinrichtungen wieder regeneriert.

Bei diesem Hochgradienten-Magnetabscheider stehen die Zu- und Abflußleitungen für das Fluid übereinander. Das Fluid befindet sich nur für kurze Zeit im Einflußbereich des Magnetfelds, so daß die Abscheidewirkung nicht optimal ist.

Einen Überblick über die magnetische Abscheidung von in Fluiden suspendierten Festkörpern findet sich in J. Svoboda: "Magnetic Methods for the Treatment of Minerals", Developments in Mineral Processing, 8, Elsevier Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo 1987. Auf den Seiten 158 bis 194 werden verschiedene Hochgradienten-Magnetabscheider, unter anderem auch der oben beschriebene, eingehend erläutert.

Ein weiterer drehbarer Hochgradienten-Magnetabscheider wird in der EP 0 429 700 A1 beschrieben. Dieser Magnetabscheider enthält einen ringförmigen, mit Stahlwolle gefüllten Behälter, der im Querschnitt u-förmig ist und durch eine Trennwand, die am Boden des u-Profilen mit Öffnungen versehen ist, in einen äußeren und einen inneren Bereich geteilt wird. Der Behälter befindet sich in einem homogenen Magnetfeld, das durch Permanentmagnete und magnetisierbare Einbauten erzeugt wird. Das zu reinigende Fluid durchläuft zuerst den äußeren Bereich des Behälters, passiert dann die Öffnungen in der Trennwand und fließt in den inneren Bereich des Behälters, wobei Feststoffanteile zurückgehalten werden. Danach verläßt das gereinigte Fluid die Vorrichtung.

Gegenüber der eingangs genannten Vorrichtung hat dieser Hochgradienten-Magnetabscheider den Vor-

teil, daß der Weg des Fluids innerhalb des Magnetfelds länger ist, so daß eine effektivere Abscheidung von Feststoffen möglich ist. Allerdings ist es nicht möglich, mehrere magnetische Einheiten in derselben Vorrichtung hintereinanderzuschalten. Der Hauptnachteil ist jedoch, daß die Vorrichtung nicht kontinuierlich betrieben werden kann, denn der Zwischenraum befindet sich dauernd im Bereich des Magnetfelds zwischen den Polen der magnetischen Einheit. Deshalb muß die beladene Stahlwolle mechanisch aus dem Bereich ausgeschleust werden.

Aufgabe der Erfindung ist, eine kontinuierlich arbeitende Vorrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, bei der der Weg des Fluids innerhalb des Magnetfelds größer ist als bei den bekannten Vorrichtungen, so daß eine effektivere Feststoffabtrennung möglich ist. Die Vorrichtung soll gleichzeitig eine Hintereinanderschaltung mehrerer magnetischer Einrichtungen ermöglichen.

Die Aufgabe wird durch das im Kennzeichen des ersten Patentanspruchs beschriebene Merkmal gelöst. In den weiteren Ansprüchen sind bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Hochgradienten-Magnetabscheiders angegeben.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Hochgradienten-Magnetabscheiders ist, daß der Fluidstrom innerhalb des Magnetfelds nicht nur einmal wie bei der oben genannten EP 0 429 700 A1, sondern mehrfach umgelenkt werden kann, so daß sich insgesamt ein wesentlich längerer Weg innerhalb des Magnetfelds und damit eine bessere Feststoffabscheidung erzielen läßt. Der Fluidstrom wird dabei nicht radial, sondern wie in der eingangs genannten US-3,920,543 zirkular geführt, so daß wie bei dieser Vorrichtung mehrere magnetische Einrichtungen hintereinandergeschaltet werden können.

Erfindungsgemäß ist ein Matrixrahmen mit einem ringförmigen Innenraum vorgesehen, der durch radial angeordnete Trennwände in mehrere Segmente aufgeteilt wird. Die Zahl der Segmente und damit der Trennwände bestimmen die Länge des Wegs des Fluids im Zwischenraum. Über jeweils eine Öffnung sind zwei benachbarte Segmente miteinander verbunden. Wesentlich ist, daß die Öffnungen nicht jeweils an den selben Stellen, sondern alternierend an einer ersten und einer zweiten, der ersten nicht gegenüberliegenden Stelle im Bereich der Trennwand angebracht sind. Auf diese Weise kann der Weg des Fluids beträchtlich verlängert werden. Die magnetische Einheit hat eine Breite, die der Breite von mindestens zwei Segmenten entspricht, so daß der in Art einer Wellenlinie verlaufende Weg des Fluids durch mindestens zwei der Segmente innerhalb des Magnetfelds liegt.

Die Segmente sind mit einer Matrix mit großer Oberfläche, etwa mit Stahlwolle, Drahtnetzen oder profilierten Metallplatten gefüllt. Das Material der Matrix soll das magnetische Feld bündeln. Der Hochgradienten-Magnetabscheider enthält außerdem eine Spülvor-

richtung, mit der die beladene Matrix regeneriert werden kann. Die Spülvorrichtung befindet sich außerhalb des Magnetfelds und besteht aus einem Zu- und einem Abfluß, die in der Weise zueinander stehen, daß jeweils nur ein einziges Segment mit der Spülvorrichtung regeneriert wird.

Vorzugsweise wird in die Trennwände keine gesonderte Öffnung eingebracht, sondern die Größe der Trennwände wird so gewählt, daß sie mit einer den Innenraum begrenzenden Wand einen Spalt bilden. Beispielsweise kann der Matrixrahmen einen Torus darstellen, der mit Mitteln zum Befestigen an einer Achse, etwa mit zwei oder mehr Speichen, versehen ist. Bei liegender Stellung des Torus lassen die erste, dritte, fünfte etc. Trennwand zur oberen Wand des Torus einen Spalt frei, während bei jeder zweiten, vierten, sechsten etc. Trennwand der Spalt zwischen zwischen der Trennwand und der unteren Wand des Torus vorhanden ist.

Besonders bevorzugt wird jedoch eine Ausführungsform, bei der der Innenraum nicht vollständig durch den Matrixrahmen begrenzt wird. Bei dieser Ausführungsform begrenzt der Matrixrahmen den Innenraum nur an zwei gegenüberliegenden Seiten. Der Matrixrahmen ist hier in ein Gehäuse integriert, dessen Innenwände die zwei nicht vom Matrixrahmen begrenzten Seiten des Innenraums abschließen.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird diese Ausführungsform im folgenden anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise (Bruchlinie B) aufgeschnittene Darstellung einer Ausführungsform des Hochgradienten-Magnetabscheiders;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung (Schnitt A-A in Fig. 1);

Fig. 3 eine weitere Schnittdarstellung;

Fig. 4 die erste innere Wand des Gehäuses;

Fig. 5 die zweite innere Wand des Gehäuses;

Fig. 6 eine Schnittdarstellung mit Zuflußleitung;

Fig. 7 eine weitere Schnittdarstellung mit Zuflußleitung.

In Fig. 1 ist die Ausführungsform des Hochgradienten-Magnetabscheiders in Aufsicht dargestellt, wobei das Gehäuse 10 entlang der Bruchlinie B aufgeschnitten ist. Die Vorrichtung weist eine einzige magnetische Einheit 1 auf. Im aufgebrochenen Teil ist der Matrixrahmen 2 erkennbar, der aus einer äußeren 12 und einer inneren 11 ringförmigen Wand besteht, die durch radial angeordnete Trennwände 4 miteinander verbunden sind. Der Matrixrahmen 2 ist um die Achse 3 in dem Gehäuse 10 drehbar. Bei der Drehung werden die Segmente 4 nacheinander durch den Zwischenraum, den die beiden Pole 1a, 1b (siehe Fig. 2) der magnetischen Einheit 1 miteinander bilden, hindurchgeführt. In das Gehäuse 10 ist eine Spülvorrichtung 16 eingelassen, der zum Regenerieren des Matrixmaterials 17 (siehe Fig. 2) in den Segmenten 5 dient. In der Aufsicht ist die

Spülmittelzuleitung 16a sichtbar.

Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung der Ausführungsform des Hochgradienten-Magnetabscheiders entlang der Linie A-A (Fig. 1). Der Matrixrahmen 2 dreht sich zwischen den beiden Wänden 9 des Gehäuses 10. Auf den Wänden 9 sind die Pole 1a, 1b der magnetischen Einheit 1 angebracht. Vom Matrixrahmen 2 sind mehrere mit der Matrix 17 gefüllte Segmente dargestellt, von denen sich sechs im Einflußbereich des Magnetfeldes der magnetischen Einheit 1 befinden.

Das feststoffbeladene Fluid wird durch die Zuflußleitung 6 in das Gehäuse 10 und den Matrixrahmen 2 eingeleitet. Es durchströmt nacheinander die Segmente zwischen der Zuflußleitung 6 und der Abflußleitung 7, wobei das Fluid abwechselnd den Spalt 8a an der ersten 9a und an der zweiten 9b Wand des Gehäuses 10 durchströmt. Die Kanten 13 der Trennwände 4 (Fig. 1) sind mit einem Mittel zur Abdichtung, hier Dichtlippen aus Teflon, versehen, so daß in dem Zwischenraum zwischen den Polen 1a, 1b die dem Spalt 8a gegenüberliegende Seite der jeweiligen Trennwand dicht an der inneren Wand 9a oder 9b des Gehäuses 10 anliegt. Außerhalb dieses Zwischenraums liegen die Dichtlippen der Trennwände an beiden inneren Wänden 9a, 9b des Gehäuses 10 an und schließen dadurch die betreffenden Segmente dicht ab. Im Bereich des Zwischenraums haben die inneren Gehäusewände 9a, 9b auf Lücke stehende Vertiefungen, die bewirken, daß zwischen den Dichtlippen und einer der beiden inneren Gehäusewände 9a und 9b der Spalt 8a auftritt.

Im Bereich des Magnetfelds findet die Abscheidung der para- oder schwach ferromagnetischen Feststoffe aus dem Fluid statt. Dabei wird die Matrix 17 mit den Feststoffen beladen, während das von den Feststoffen befreite Fluid die Vorrichtung durch die Abflußleitung 7 verläßt. Durch die Spülvorrichtung 16, die außerhalb des Magnetfelds angeordnet ist, wird die Matrix 17 wieder regeneriert, d. h. von den angelagerten Feststoffen befreit.

Fig. 3 zeigt eine Alternative zu der Ausführungsform in Fig. 2. Die inneren Wände des Gehäuses weisen hier keine Vertiefungen auf; sie sind vielmehr wellenlinienartig geformt, wobei die Ausbuchtungen, die den Vertiefungen 15 entsprechen, auf Lücke stehen. Hiermit wird derselbe Effekt erzielt wie mit der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform. Die übrigen Bezugszeichen haben dieselbe Bedeutung wie in den Fig. 1 und 2.

In Fig. 4 ist die erste innere Wand 9a bei der Ausführungsform nach Fig. 2 dargestellt. Es befinden sich vier Vertiefungen 15 im Bereich des Zwischenraums zwischen den Polen 1a und 1b (Fig. 1). Außerdem ist die Spülvorrichtung 16 dargestellt.

Fig. 5 zeigt die zweite innere Wand 9b bei der Ausführungsform nach Fig. 2. Im Bereich des Zwischenraums zwischen den Polen befinden sich 5 Vertiefungen 15, deren Zentren zu den Vertiefungen 15 in Fig. 4 auf Lücke stehen.

In den Fig. 6 und 7 sind zwei alternative Ausfüh-

rungsformen für die Ableitung 7 dargestellt. Die Ableitungen werden durch einen der beiden Pole, Pol 1a, geführt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß im Bereich der Ableitungen ein höheres Magnetfeld vorherrscht und damit die Gefahr einer unbeabsichtigten Ablösung der Feststoffe deutlich reduziert wird. Ähnliche Ausführungsformen können auch im Bereich der Zuleitung 6 eingesetzt werden.

#### Versuchsbeispiel:

Die in den Fig. 1 und 2 dargestellte Ausführungsform des Hochgradienten-Magnetseparators wurde mit einem Matrixdurchmesser von 500 mm gefertigt. Die Matrix war in 40 Segmente in einer Abmessung von ca. 80 x 35 x 40 mm unterteilt. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Matrix betrug 1 Umdrehung pro 20 Minuten. Die eingesetzte Flußdichte war ca. 0,57 Tesla, der Volumenstrom betrug 1 L/min. Die Phosphatkonzentration im Zulauf war 10 mg P/l. Die Ausgangstrübung wurde zu ca. 50 Trübungseinheiten Formazin (FEF) bestimmt. Der Versuch zeigte, daß während der gesamten Versuchszeit von über 2 Stunden konstant niedrige Trübungswerte von im Mittel unter 4 FEF und Phosphatkonzentrationen unter 0,5 mg P/l erzielt werden konnten.

#### Patentansprüche

1. Hochgradienten-Magnetabscheider zur kontinuierlichen Abtrennung para- oder schwach ferromagnetischer Feststoffe aus einem Fluid mit

- a) mindestens einer magnetischen Einheit (1) mit zwei in einem Abstand zueinander stehenden Polen (1a, 1b), die miteinander einen Zwischenraum bilden, in dem sich ein homogenes Magnetfeld erzeugen läßt,
- b) einem Matrixrahmen (2), der sich um eine Achse (3) in eine Drehung versetzen läßt und zum mindest teilweise einen ringförmigen, durch Trennwände (4) in Segmente (5) abgeteilten Innenraum umschließt, wobei sich die Segmente (5) des Innenraums infolge der Drehung nacheinander durch den Zwischenraum führen lassen,
- c) mindestens jeweils einer Zufluß- (6) und einer Abflußleitung (7), mit deren Hilfe das Fluid durch mindestens ein sich im Zwischenraum befindliches Segment (5) des ringförmigen Innenraums geleitet werden kann,

dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der magnetischen Einheit (1) entlang dem Innenraum mindestens der Breite von zwei Segmenten (5) entspricht und im Bereich des Zwischenraums jedes Segment (5) des ringförmigen Innenraums mit seinen benachbarten Seg-

menten (5) über jeweils eine Öffnung (8) verbunden ist, wobei die Öffnungen (8) alternierend an einer ersten und einer zweiten, der ersten nicht gegenüberliegenden Stelle angebracht sind.

2. Hochgradienten-Magnetabscheider nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (5) im Bereich des Zwischenraums durch solche Trennwände (4) gebildet werden, die abwechselnd an einer ersten und an einer zweiten den Innenraum begrenzenden Wand (9) einen Spalt (8a) bilden.
3. Hochgradienten-Magnetabscheider nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Matrixrahmen (2) in ein Gehäuse (10) eingebaut ist und eine innere (11) und eine äußere (12) zylindermantelförmige Wandfläche aufweist, die über die Trennwände (4) miteinander verbunden sind, die erste und die zweite Wand (9) durch eine erste (9a) und eine zweite (9b) Innenwand des Gehäuses (10) gebildet wird, die Trennwände (4) an ihren auf Innenwände des Gehäuses (10) weisenden Bereichen Kanten (13) aufweisen, die mit Mitteln zur Abdichtung (14) gegenüber den Innenwänden (9a, 9b) versehen sind, und die Innenwände (9a, 9b) des Gehäuses (10) in der Weise ausgeformt sind, daß die Mittel zur Abdichtung (14) im Bereich des Zwischenraums abwechselnd die erste (9a) und die zweite (9b) Innenwand des Gehäuses (10) berühren und abwechselnd an der zweiten (9b) und der ersten (9a) Innenwand des Gehäuses (10) den Spalt (8a) bilden.
4. Hochgradienten-Magnetabscheider nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in die Innenwände (9a, 9b) des Gehäuses (10) radial angebrachte Vertiefungen (15) eingebracht sind.
5. Hochgradienten-Magnetabscheider nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse eine Spülvorrichtung (16) bestehend aus einer Zu- und einer Abflußleitung aufweist, die außerhalb des Magnetfelds angebracht sind und einander auf der ersten und der zweiten Innenwand des Gehäuses gegenüberliegen.

Fig. 1

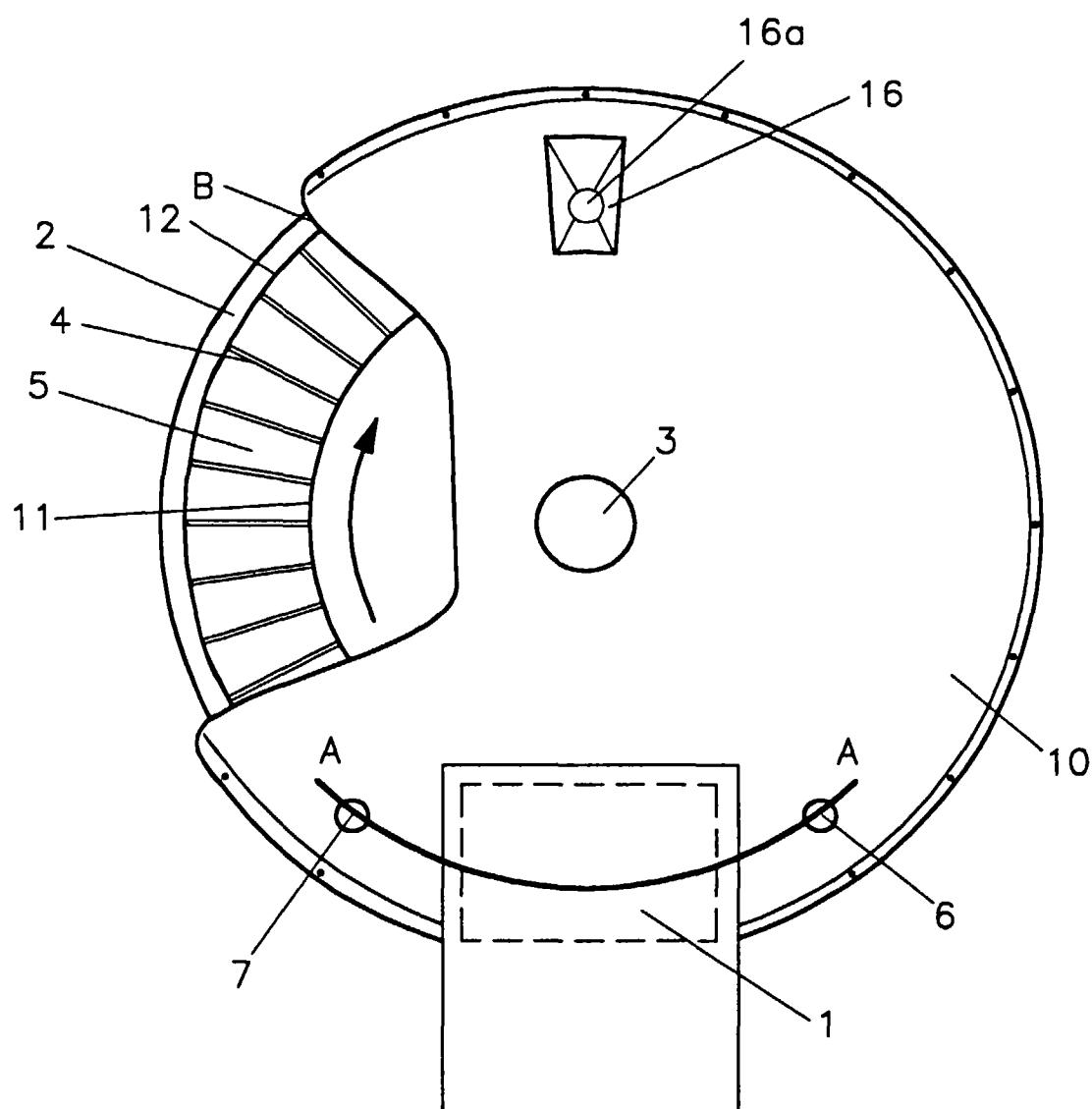


Fig. 2

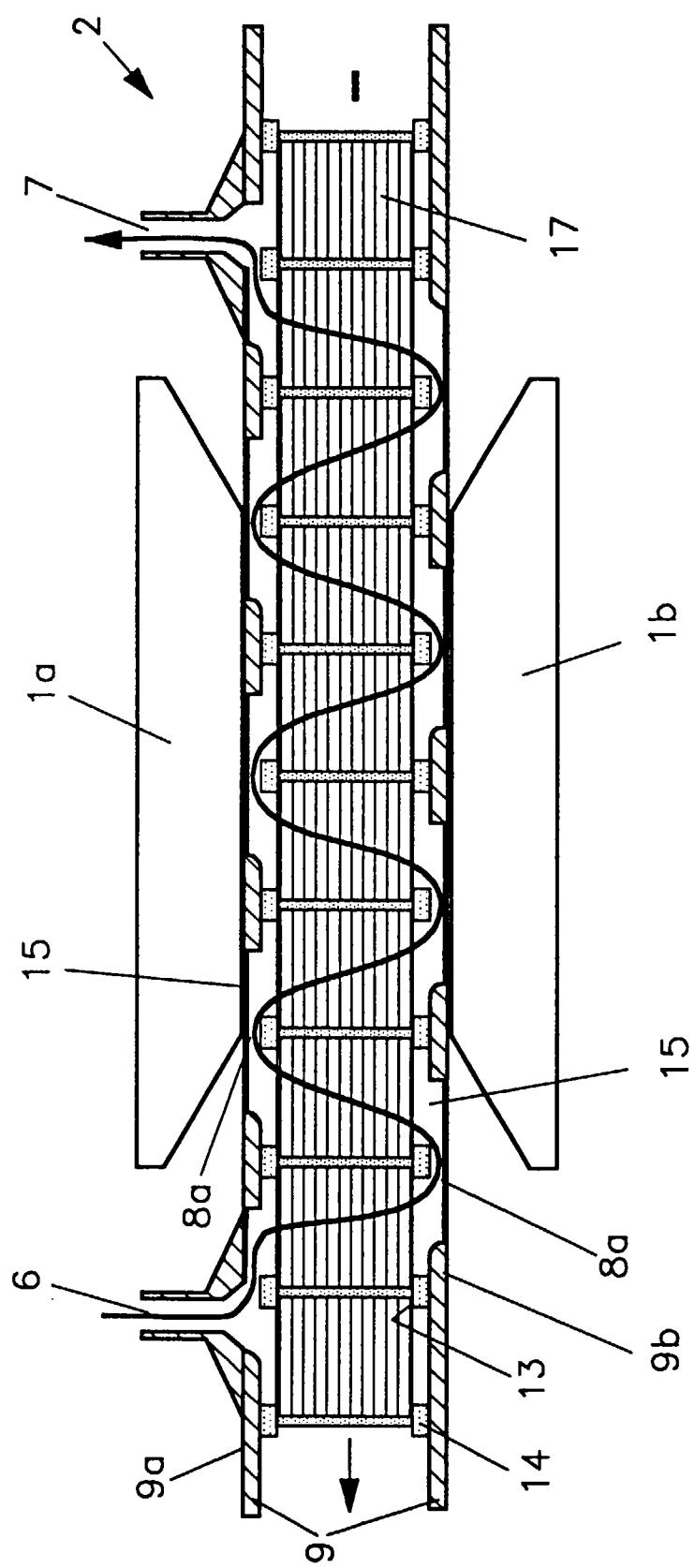


Fig. 3

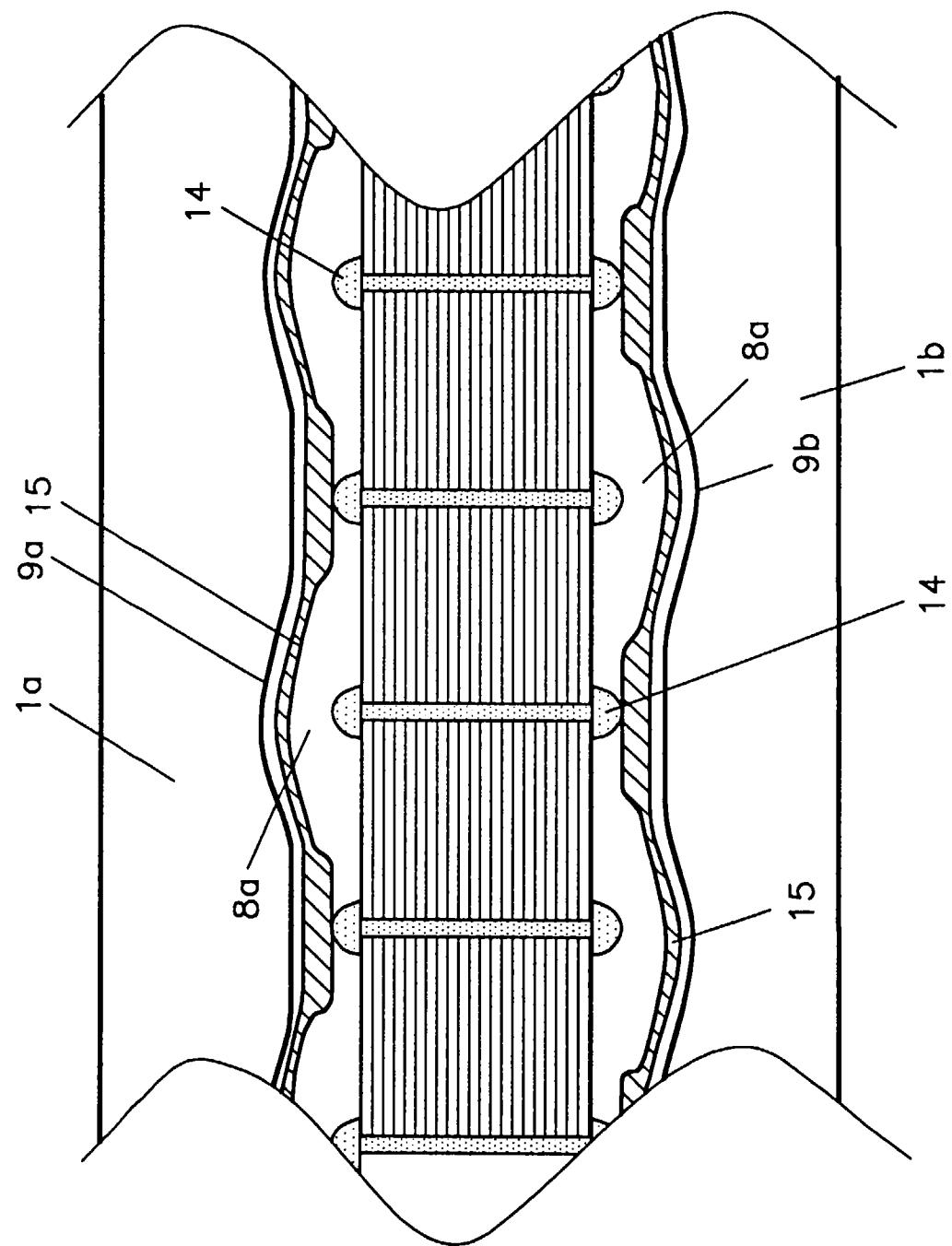


Fig. 4

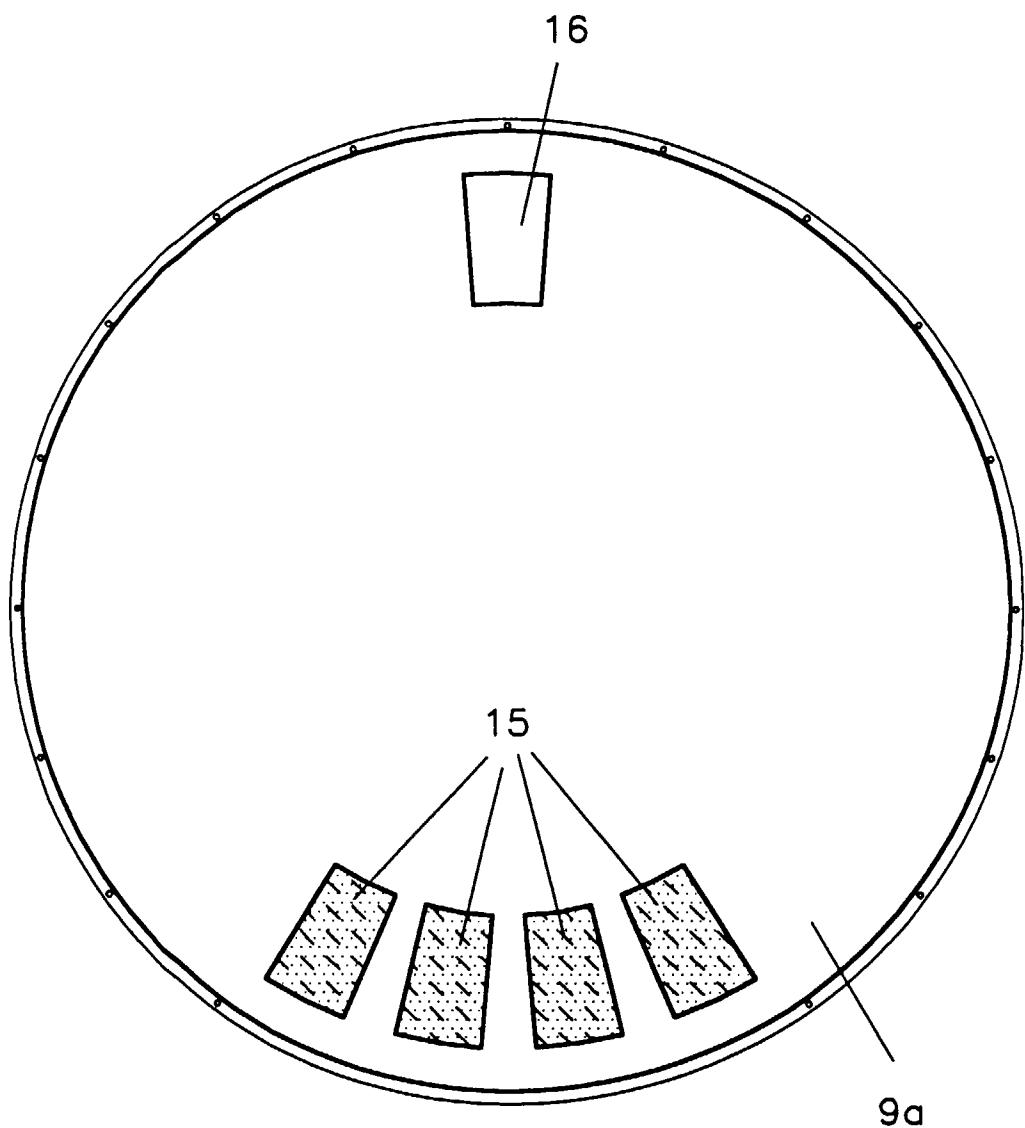
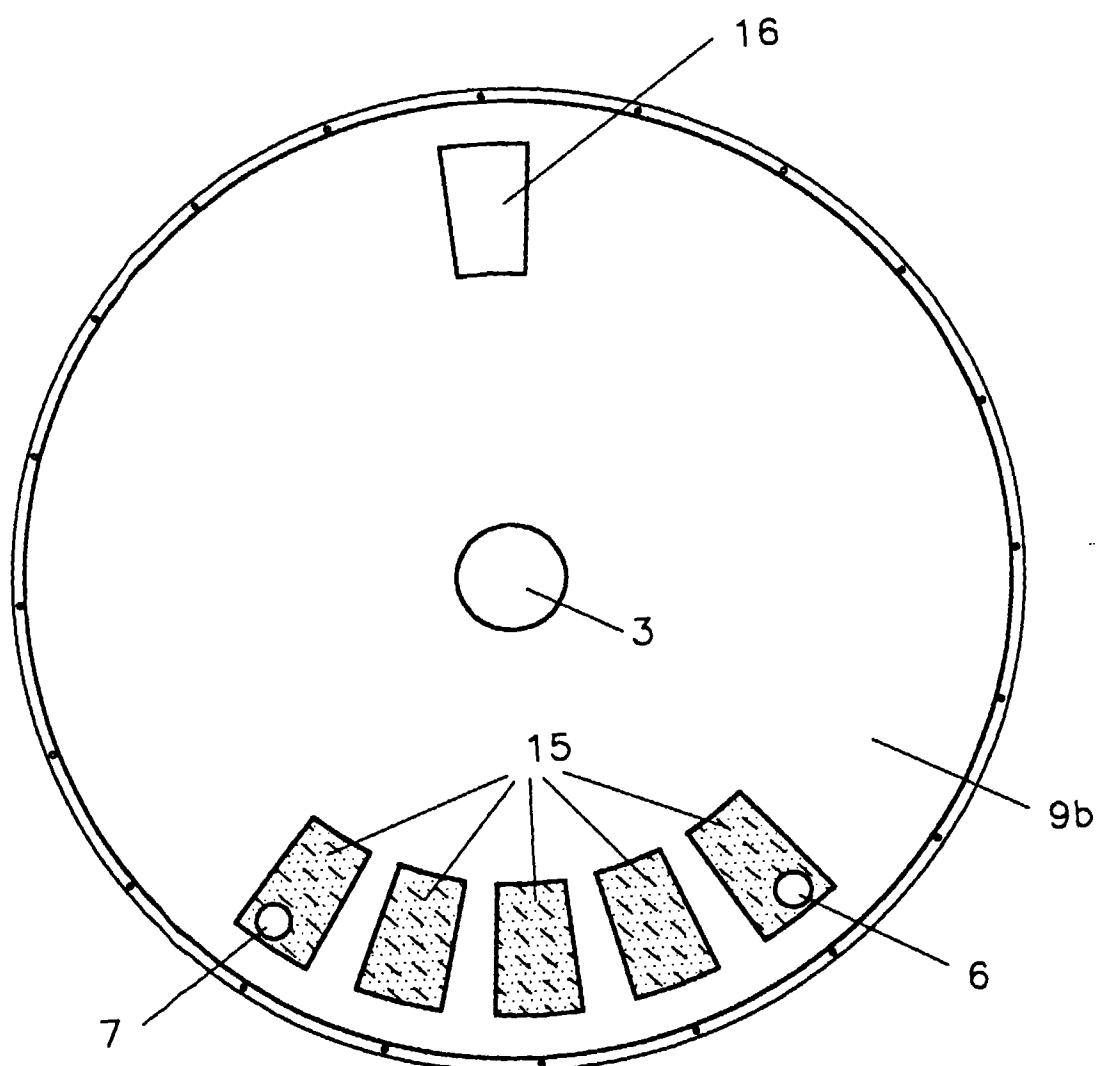


Fig. 5



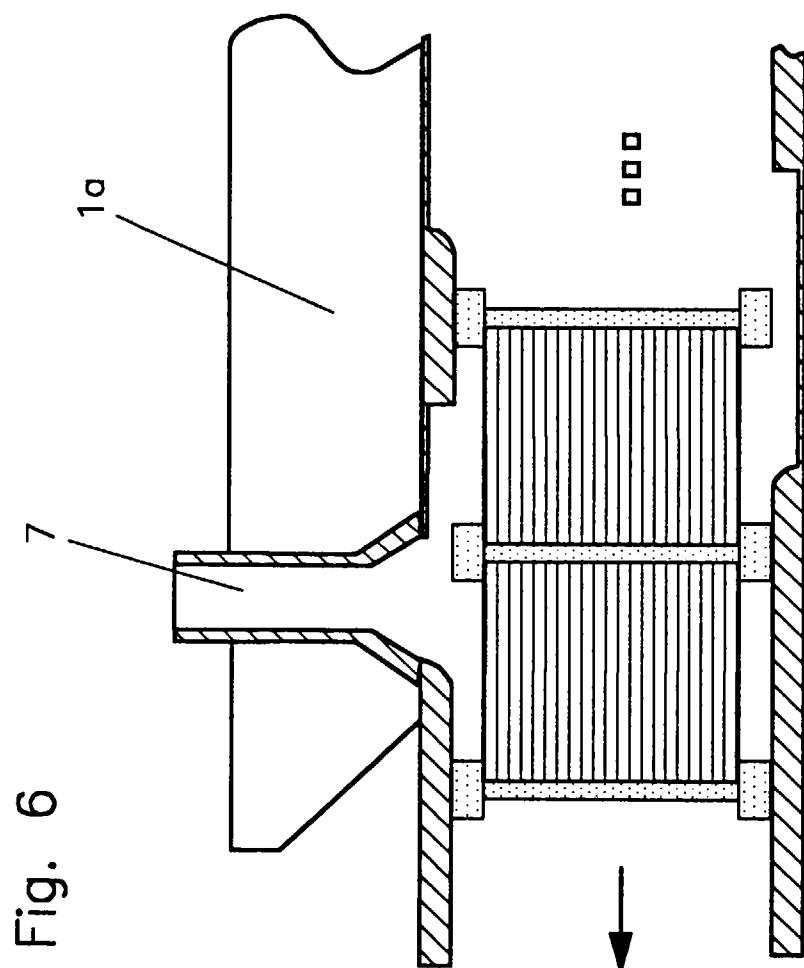


Fig. 6

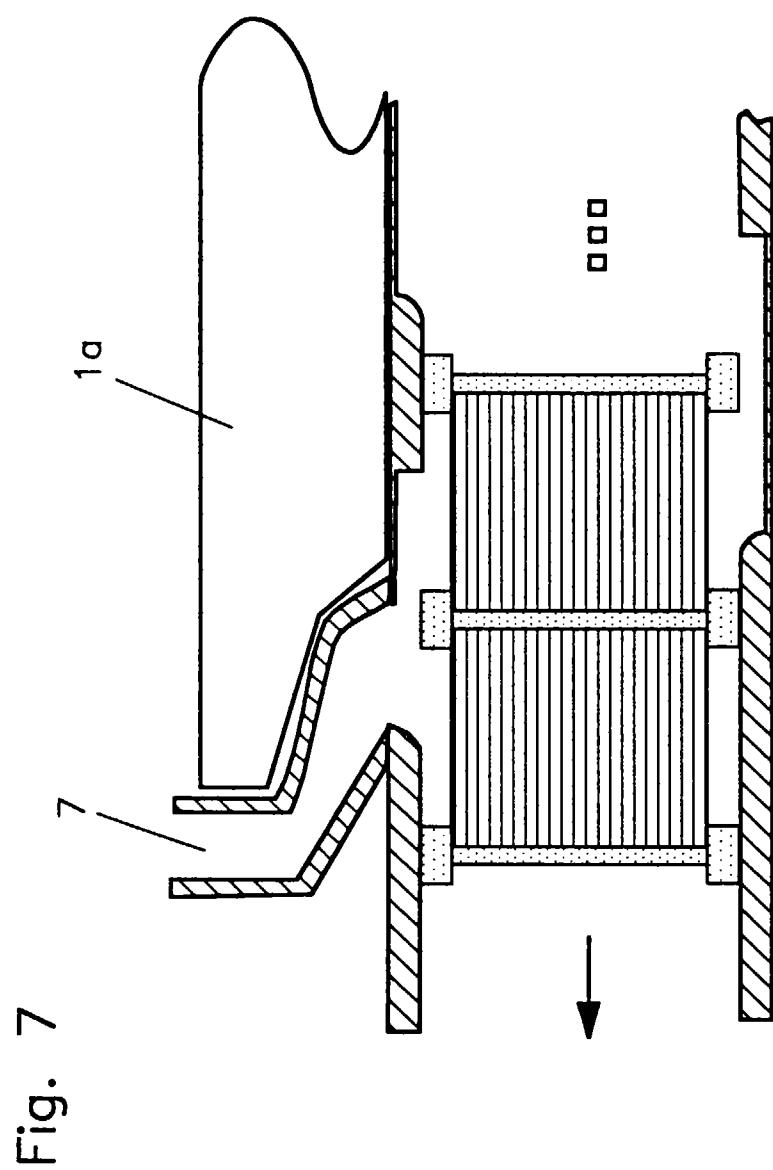


Fig. 7



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 1007

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)						
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch							
A	AU 24983 77 A (J.E BRANDER) 9.November 1978 * Seite 3, Absatz 2 * * Seite 8, Absatz 3; Ansprüche 1,2,4,6,8,9; Abbildungen 2,11 * ---	1	B03C1/03 B03C1/034						
A	GB 2 174 928 A (KLOECKNER HUMBOLDT DEUTZ AG) 19.November 1986 * Seite 2, Zeile 70 - Zeile 124; Ansprüche 1,2,4,5,7; Abbildungen 1,2 *	1,5							
D,A	EP 0 429 700 A (ASTI GIOVANNI ;PRIOLI MARIO (IT); ERCOLE SALVATORE (IT); VERNI MA) 5.Juni 1991 * Spalte 7, Zeile 44 - Zeile 58; Anspruch 1; Abbildung 3 *	1							
D,A	FR 2 220 310 A (MAGNETIC ENG ASS INC) 4.Oktober 1974 -----								
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.6)  B03C						
<p><b>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>19.September 1997</td> <td>Decanniere, L</td> </tr> </table> <p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung <b>allein</b> betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>				Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	19.September 1997	Decanniere, L
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	19.September 1997	Decanniere, L							