

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 691 747 A5

51 Int. Cl.⁷: G 01 F 001/80
G 01 F 015/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02339/96

22 Anmeldungsdatum: 25.09.1996

30 Priorität: 11.10.1995 DE 195 37 856.3

24 Patent erteilt: 28.09.2001

45 Patentschrift
veröffentlicht: 28.09.2001

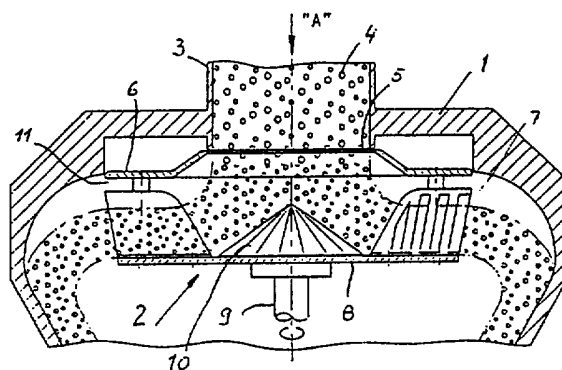
73 Inhaber:
Schenck Process GmbH, Landwehrstrasse 55,
64293 Darmstadt (DE)

72 Erfinder:
Robert Müller, Dresdener Strasse 11,
64720 Michelstadt (DE)

74 Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Siewerdtstrasse 95,
Postfach, 8050 Zürich (CH)

54 Messrotor für Massendurchflussmessgeräte.

57 Für Massendurchflussmessgeräte, die nach dem Coriolis-Messprinzip arbeiten, wird ein Messrotor (2) vorgeschlagen, bei dem zwischen einem Rotorboden (8) und einem Rotordeckel (6) Rotorscheufeln (7) angeordnet sind, die möglichst dünnwandig ausgebildet und nur mit dem Rotorboden (8) verbunden sind. Diese Rotorscheufeln (7) können leicht zu Biegeschwingungen angeregt werden, die einen Selbstreinigungseffekt bewirken, sodass der Messrotor (2) auch bei anbackendem und mit faserigen Teilen verunreinigtem Schüttgut eingesetzt werden kann, ohne die Messgenauigkeit zu beeinträchtigen.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Messrotor für Massendurchflussmessgeräte, die nach dem Coriolis-Messprinzip arbeiten, mit einem antreibbaren Rotorboden, einem Rotordeckel und einer Mehrzahl von Rotorscheaufeln, wobei Rotorboden und Rotordeckel drehfest miteinander verbunden sind und zwischen ihnen ein während des Messbetriebes rotierender von innen nach aussen durchströmter Fliessraum ausgebildet ist, der von den radial angeordneten Rotorscheaufeln in einzelne Strömungskanäle unterteilt ist.

Derartige Messrotoren sind aus der DE 3 346 145 A1 und der EP 0 537 765 bekannt.

Der Messrotor besteht nach der erstgenannten Schrift aus einem ebenen Rotorboden mit zentral angeordnetem Leitkegel, bei dem der als Ringscheibe ausgebildete Rotordeckel über rechteckige, radial angeordnete Rotorscheaufeln drehfest mit dem antreibbaren Rotorboden verbunden ist. Das durch den Rotordeckel zugeführte Schüttgut wird vom Messrotor aus der axialen Anströmrichtung in eine radiale Abströmrichtung umgelenkt. Der Messrotor wird von einem pendelnd aufgehängten Motor mit konstanter Drehzahl angetrieben, wobei das Schüttgut beschleunigt und das Reaktionsmoment des Motors zur Ermittlung der Durchsatzmenge herangezogen wird. Zur Vermeidung von unkontrollierten, die Messgenauigkeit beeinflussenden Abpralleffekten sowie zur Ausschaltung unterschiedlich langer Beschleunigungstrecken ist vorgesehen, dass die sich vom Aussenumfang zum Mittelpunkt hin erstreckenden Rotorscheaufeln des Messrotors vor dem zentralen Zuführbereich enden.

Bei dem Gerät nach der zweiten Schrift sind Rotorboden und Rotordeckel kegelstumpfförmig mit unterschiedlichen Kegelwinkeln ausgebildet, wobei sich der Abstand zwischen Rotorboden und Rotordeckel in Strömungsrichtung verkleinert. Rotorboden und Rotordeckel sind wiederum mittels der Rotorscheaufeln miteinander verbunden, wobei lange, sich radial im Wesentlichen über den gesamten Fliessraum erstreckende und kürzere, sich nur über endseitige Teilbereiche des Fliessraums erstreckende Rotorscheaufeln vorgesehen sind. Dieser Messrotor arbeitet mit geringen Umlenkwinkeln für das Schüttgut, was zur Verbesserung der Messgenauigkeit und Reduzierung des Wartungsaufwandes führen soll.

Es wurde jedoch festgestellt, dass mit den bekannten Ausführungsformen von Messrotoren bei Schüttgütern, die zum Anbacken neigen oder die durch faserartige Fremdkörper verunreinigt sind, eine akzeptable Messgenauigkeit (Fehler < 1%) nur erreicht werden kann, wenn zusätzliche Korrektur- und Kontrolleinrichtungen vorgesehen werden. Eine hohe Messgenauigkeit kann nur erreicht werden, wenn bei entsprechend empfindlicher Messtechnik die Geometrie des Messrotors im Betrieb nicht verändert wird. Bei Anbackungen auf den Rotorscheaufeln ist diese Bedingung nicht mehr erfüllt. Faserartige Fremdkörper können in Verbindung mit den Anbackungen dazu führen, dass die Ausgangsbedingung schon nach kürzerer Betriebszeit oder quantitativ stärker verändert werden, wodurch ent-

sprechende Messfehler verursacht werden. Die Vorteile der nach dem Coriolis-Messprinzip arbeitenden Massendurchflussmessgeräte, wie hohe Messgenauigkeit, schnelle Messwerterfassung und Unabhängigkeit der Messergebnisse von den physikalischen Schüttguteigenschaften, können in solchen Fällen also nicht voll genutzt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Messrotor der eingangs genannten Art so zu gestalten, dass die Durchflussmenge auch bei problematischen Schüttgütern, die zum Anbacken neigen oder die mit faserartigen Fremdkörpern verunreinigt sind, mit hoher Messgenauigkeit ermittelt werden kann und dass Betriebsunterbrechungen zur Reinigung des Messrotors nicht oder nur in vertretbar grossen Abständen notwendig sind.

Überraschenderweise wurde festgestellt, dass dieses Problem gelöst werden kann, wenn man die Rotorscheaufeln nur mit dem Rotorboden verbindet und ihre Steifigkeit so gering bemisst, dass die durch beide Massnahmen erreichte dynamische Nachgiebigkeit der Rotorscheaufeln dazu führt, dass die Rotorscheaufeln im Betrieb durch äussere Anregung wie Schwankungen der Motordrehzahl infolge Schwankungen der Netzspannung, asymmetrische oder turbulente Schüttgutströmung usw. zu Biegeschwingungen angeregt werden, wobei abwechselndes Dehnen und Stauchen der Schaufeloberfläche im Mikrobereich ein Abplatzen von Anbackungen bewirkt.

Die Rotorscheaufeln werden zweckmässigerweise aus einem dünnwandigen blechartigen Halbzeug hergestellt, wobei die Dicke des Halbzeugs zwischen 0,5 und 1,5 mm betragen kann und proportional zur Grösse der Rotorscheaufeln ausgewählt wird. Die Dicke der Rotorscheaufeln ist dabei entsprechend ihrer Grösse und unter Berücksichtigung der mechanischen Beanspruchung und des Verschleisses so zu wählen, dass die zur Abreinigung von Anbackungen angestrebten Biegeschwingungen erreicht werden.

Eine weitere Verbesserung der Schwingfähigkeit kann dadurch erreicht werden, dass die Flächen der Rotorscheaufeln durch Trennschnitte unterteilt werden, wobei Anzahl und Lage der Trennschnitte so zu wählen sind, dass ein möglichst guter Selbstreinigungseffekt erzielt wird. Dies kann u.U. vom Schüttgut abhängig sein und ist gegebenenfalls durch einfache Versuche zu ermitteln.

Als vorteilhaft hat sich ferner erwiesen, wenn die Rotorscheaufeln nicht stumpf auf den Rotorboden aufgesetzt und so mit diesem durch Löten oder Schweiessen verbunden werden, sondern wenn die Rotorscheaufeln fussseitig einen rechtwinklig abgebogenen Befestigungsflansch aufweisen. Dabei wird zweckmässigerweise am Befestigungsflansch ein Biegeradius zwischen 5 und 20 mm vorgesehen, der proportional zur Grösse der Rotorscheaufeln auszuwählen ist. Auf diese Weise kann die für das Biegeverhalten massgebliche Abmessung der Rotorscheaufeln senkrecht zum Rotorboden vergrössert und eine verhältnismässig «weiche» Verbindung zwischen Rotorscheufel und Rotorboden geschaffen werden.

Zwischen den kopfseitigen Enden der Rotor-

schaufeln und dem Rotordeckel ist ein in Strömungsrichtung durchgehender Spalt mit einer Breite von 5 bis 12 mm vorteilhaft, wobei auch hier die Breite wieder proportional zur Grösse der Rotorschaukel und unter Berücksichtigung des Anwendungszweckes zu wählen ist. Dieser Spalt ist vor allem im Hinblick auf faserartige Verunreinigungen im Schüttgut wichtig, weil diese über die Eintrittskante der Rotorschaukel in Richtung auf den Rotordeckel abgleiten und durch den Spalt unbehindert abfliessen können.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung kann vorsehen, dass der Rotorboden als ebene Scheibe ausgebildet und mit einem zentral angeordneten Leitkegel versehen ist, wobei sich die Rotorschaukeln nur im radial aussen liegenden Bereich zwischen Rotorboden und Rotordeckel erstrecken.

Diese Ausführungsform ist herstellungstechnisch sehr einfach und liefert wegen der mindestens rechtwinkligen Umlenkung des Schüttgutes durch den Messrotor ein kräftiges Messsignal. Gleichzeitig werden bei dieser Ausführungsform eintritts- und austrittsseitige Störeffekte weitgehend unterbunden.

Eine weitere Verbesserung, insbesondere auch im Hinblick auf das Abgleiten faserartiger Verunreinigungen, wird erreicht, wenn die Eintrittskanten der Rotorschaukeln unter einem Winkel α schräg zu einer Senkrechten auf den Rotorboden bzw. schräg zur Drehachse des Messrotors verlaufen, wobei der Winkel α 40 bis 60° betragen kann.

Weiterhin kann es günstig sein, wenn die Austrittskanten der Rotorschaukeln mit einem Winkel β schräg zur Senkrechten auf dem Rotorboden bzw. zur Drehachse des Messrotors verlaufen, wobei ein Winkel β von 10 bis 20° günstig ist. Eine derart schräge Austrittskante bewirkt eine Kompensation des Effekts der Minderumlenkung bei grösser werdendem Massenstrom und zusätzlich eine Fehlerkompensation bei geringfügigen Anbackungen.

Da der Rotorboden und der Rotordeckel erfindungsgemäss nicht über die Rotorschaukeln miteinander verbunden sind, sind stattdessen mehrere radial aussen liegende Bolzen oder Stege vorgesehen, mittels derer die notwendige drehfeste Verbindung hergestellt wird. Diese Verbindungsmittel können im messtechnisch unkritischen Aussenbereich des Messrotors angeordnet werden und haben deswegen keinen nachteiligen Einfluss auf das Messergebnis.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung dargestellt ist. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch ein schematisch dargestelltes Massendurchflussmessgerät,

Fig. 2 eine Ansicht des Messrotors in Richtung «A» gemäss Fig. 1,

Fig. 3 einen vergrösserten Ausschnitt aus Fig. 1 und

Fig. 4 eine Ansicht der Rotorschaukel in Richtung «X» gemäss Fig. 3.

Das in Fig. 1 als Teilschnitt dargestellte Massendurchflussmessgerät umfasst ein Gehäuse 1, in dem ein antreibbarer Messrotor 2 drehbar gelagert

ist. Das Gehäuse 1 hat einen zentralen Einlassquerschnitt 3 für das Schüttgut 4, das durch eine ebenfalls zentrale Ausnehmung 5 eines Rotordeckels 6 in den Messrotor 2 eintritt und von diesem umgelenkt und zentrifugal nach aussen beschleunigt wird. Dazu sind radial angeordnete Rotorschaukeln 7 mit einem scheibenförmigen Rotorboden 8 verbunden, der über eine Welle 9 mit einem nicht dargestellten Antrieb koppelbar ist. Gegenüber dem Einlassquerschnitt 3 ist ein mit dem Rotorboden 8 verbundener Leitkegel 10 vorgesehen, der das einströmende Schüttgut 4 umlenkt und in einen sich nach aussen erweiternden Fliessraum führt. Dieser Fliessraum ist durch die Rotorschaukeln 7 in einzelne Strömungskanäle unterteilt. Dabei ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass die Rotorschaukeln 7 möglichst dünnwandig ausgebildet und nur mit dem Rotorboden 8 verbunden sind. Abweichend von der üblichen Praxis erstrecken sich die Rotorschaukeln 7 nicht bis zum Rotordeckel 6 und sind nicht mit dem Rotordeckel 6 verbunden. Zwischen den Rotorschaukeln 7 und dem Rotordeckel 6 ist vielmehr ein Freiraum oder Spalt 11 vorgesehen. Durch diese Massnahmen sind die Rotorschaukeln 7 so nachgiebig, dass sie leicht zu Biegeschwingungen angeregt werden können, die ihrerseits zu mikroskopischen Dehnungen und Stauchungen an der Oberfläche der Rotorschaukeln 7 führen und ein Abplatzen vorhandener Anbackungen bewirken.

Die Rotorschaukeln 7 haben ausserdem schräg nach aussen verlaufende Eintrittskanten 12, die ein Abgleiten faseriger Verunreinigung nach oben und aussen begünstigen, wo diese in dem durch den Spalt gebildeten Freiraum leicht abfliessen können, ohne das Messergebnis zu beeinträchtigen. Auch die Austrittskanten 13 der Rotorschaukeln 7 verlaufen leicht schräg nach oben und aussen, wodurch der Effekt einer Minderumlenkung bei grösser werdendem Massenstrom kompensiert und zusätzlich Messfehler bei geringfügigen Anbackungen unterdrückt werden. Die konstruktive Gestaltung verleiht den Rotorschaukeln gute Selbstreinigungseigenschaften und macht den Messrotor für Durchflussmessungen von anbackenden und faserige Verunreinigungen enthaltenden Fließgütern besonders geeignet.

Zur Verbesserung der Selbstreinigung bzw. zur Erleichterung der Anregung von Biegeschwingungen bei gegebener Materialstärke sind die Flächen der Rotorschaukeln 7 noch durch z.B. mittels Laser hergestellter Trennschnitte 14 unterteilt, die kammartig geführt sind oder aber in anderer geeigneter Weise geführt sein können, wobei optimales Biegeschwingverhalten der Rotorschaukeln 7 angestrebt wird. Die günstigste Schnittführung ist gegebenenfalls durch einfache Versuche unter den jeweiligen Anwendungsbedingungen zu ermitteln.

Die notwendige Verbindung zwischen dem Rotorboden 8 und dem Rotordeckel 6 ist durch Bolzen 15 hergestellt, die radial aussen angeordnet sind, wo sie sich nicht negativ auf das Messergebnis auswirken können. An Stelle der Bolzen 15 kann man auch Stege oder andere Verbindungsmittel benutzen, die geeignet sind, Rotorboden 8 und Rotordeckel 6 im gewünschten Abstand zu halten und

die Rotorscheaufeln 7 selbst von der Verbindungsfunktion freizuhalten.

Fig. 2 zeigt eine Ansicht des Messrotors 2 in Richtung des Pfeiles «A» gemäss Fig. 1, wobei das Gehäuse 1 vollständig und der Rotordeckel 6 teilweise weggelassen wurde. Man sieht den Rotorboden 8, die mit diesem über rechtwinkelig abgebogene Befestigungsflansche 16 verbundenen Rotorscheaufeln 7, den Rotordeckel 6 mit der Ausnehmung 5, den Leitkegel 10 und die Bolzen 15, mittels derer der Rotorboden 8 und der Rotordeckel 6 auf Abstand gehalten und drehfest miteinander verbunden sind.

In Fig. 3 ist die Gestaltung der Rotorscheaufeln 7 noch einmal vergrössert dargestellt. Diese sind zwischen dem Rotorboden 8 und dem Rotordeckel 6 radial angeordnet und nur mit dem Rotorboden 8 verbunden. Ihre Eintrittskanten 12 sind unter einem Winkel α zur Senkrechten auf den scheibenförmigen Rotorboden 8 angeordnet, während die Austrittskanten 13 einen Winkel β mit der Senkrechten bilden.

Fig. 4 zeigt einen vergrösserten Ausschnitt in Richtung des Pfeiles «X», wobei insbesondere der rechtwinkelig abgebogene Befestigungsflansch 16 mit dem Biegeradius 17 zu erkennen ist, der eine nachgiebige Befestigung der Rotorscheaufeln 7 mit dem Rotorboden 8 erlaubt, indem die für das Schwingungsverhalten wichtige Abmessung der Rotorscheaufel 7 gegenüber derjenigen einer stumpfen, rechtwinkelig aufgesetzten Befestigung vergrössert wird. Zu erkennen sind ferner die Welle 9, der Rotordeckel 6, der Leitkegel 10 und ein Bolzen 15 für die Verbindung zwischen dem Rotorboden 8 und dem Rotordeckel 6.

Patentansprüche

1. Messrotor für Massendurchflussmessgeräte, die nach dem Coriolis-Messprinzip arbeiten, mit einem antreibbaren Rotorboden (8, 18), einem Rotordeckel (6, 19) und einer Mehrzahl von Rotorscheaufeln (7, 21), wobei Rotorboden (8, 18) und Rotordeckel (6, 19) drehfest miteinander verbunden sind und zwischen ihnen ein während des Messbetriebs rotierender, von innen nach aussen durchströmter Fliessraum ausgebildet ist, der von den radial angeordneten Rotorscheaufeln (7, 21) in einzelne Strömungskanäle unterteilt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorscheaufeln (7, 21) nur mit dem Rotorboden (8, 18) verbunden sind und eine so geringe Steifigkeit haben, dass sie im Betrieb zu Biegeschwingungen angeregt werden.

2. Messrotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorscheaufeln (7, 21) aus einem dünnwandigen blechartigen Halbzeug hergestellt sind.

3. Messrotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des Halbzeugs zwischen 0,5 und 1,5 mm beträgt und proportional zur Grösse der Rotorscheaufeln (7, 21) ausgewählt wird.

4. Messrotor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Flächen der Rotorscheaufeln (7, 21) durch Trennschnitte (14) unterteilt sind.

5. Messrotor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorscheaufeln (7, 21) fussseitig einen rechtwinkelig abgebogenen Befestigungsflansch (16) aufweisen.

6. Messrotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Biegeradius (17) am Befestigungsflansch (16) zwischen 5 und 20 mm liegt und proportional zur Grösse der Rotorscheaufeln (7, 21) ausgewählt wird.

7. Messrotor nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem kopfseitigen Ende der Rotorscheaufeln (7, 21) und dem Rotordeckel (6, 19) ein in Strömungsrichtung durchgehender Spalt (11, 22) von 5 bis 12 mm Breite vorgesehen ist.

8. Messrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotorboden (8) als ebene Scheibe ausgebildet und mit einem zentral angeordneten Leitkegel (10) versehen ist, wobei sich die Rotorscheaufeln (7) nur im radial aussen liegenden Bereich zwischen Rotorboden (8) und Rotordeckel (6) erstrecken.

9. Messrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittskanten (12) der Rotorscheaufeln (7) unter einem Winkel α schräg zu einer Senkrechten auf dem Rotorboden (8) bzw. schräg zur Drehachse des Messrotors (2) verlaufen.

10. Messrotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel α 40 bis 60° beträgt.

11. Messrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittskanten (13) der Rotorscheaufeln (7) unter einem Winkel β schräg zur Senkrechten auf dem Rotorboden (8) bzw. zur Drehachse des Messrotors (2) verlaufen.

12. Messrotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel β 10 bis 20° beträgt.

13. Messrotor nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Rotorboden (8) und Rotordeckel (6) mittels mehrerer radial aussen liegender Bolzen (15) oder Stege miteinander drehfest verbunden sind.

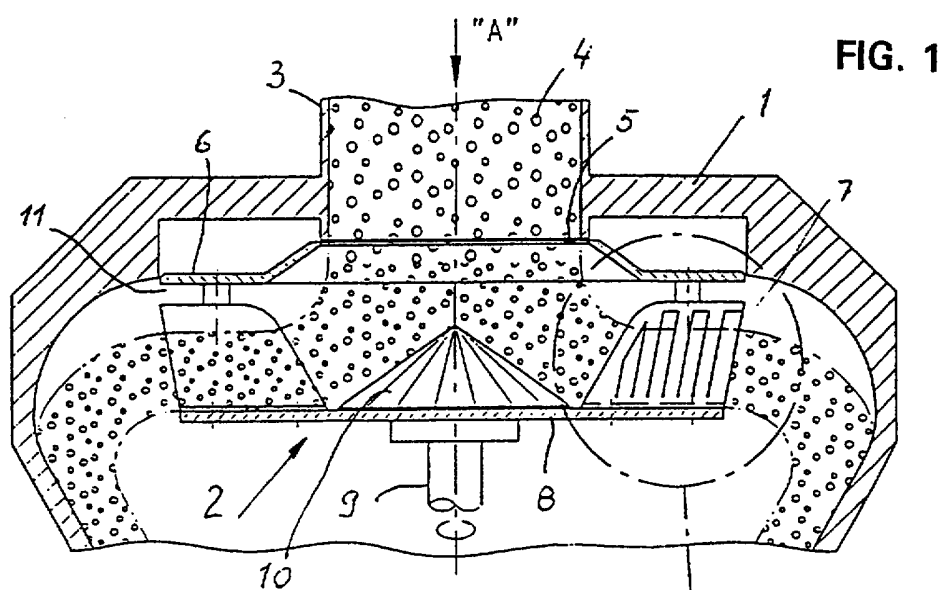


FIG. 3

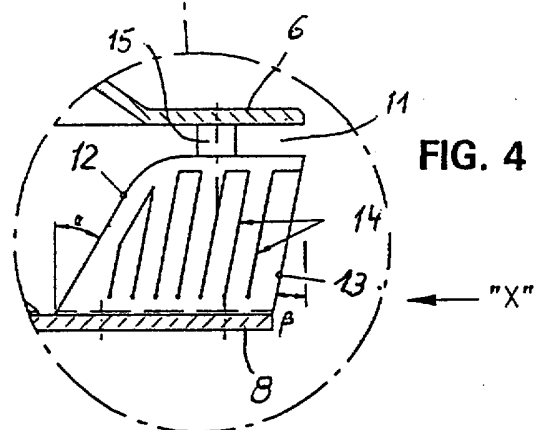
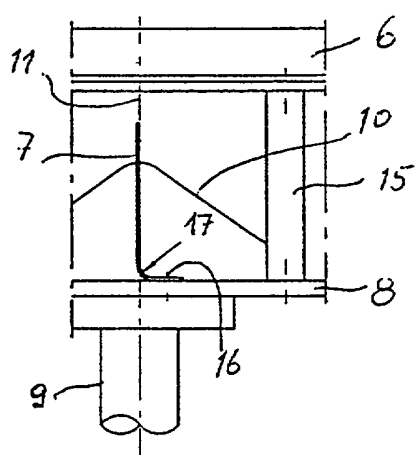


FIG. 4

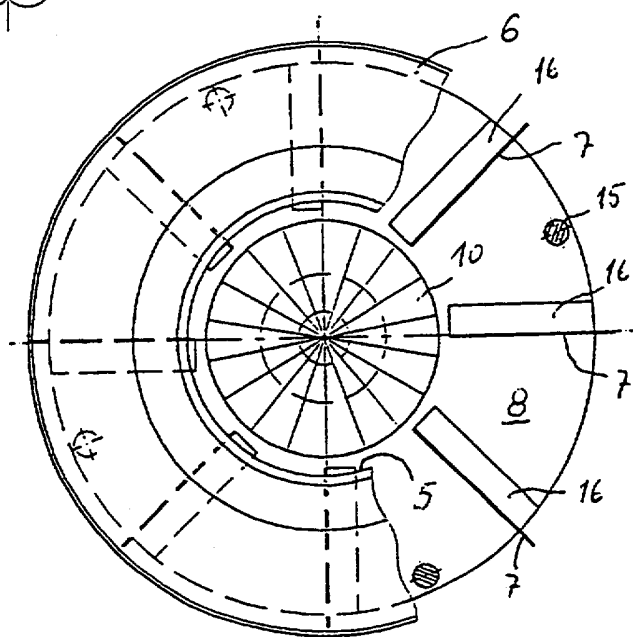


FIG. 2