



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 412 879 B**

(12)

## PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1268/2003  
(22) Anmeldetag: 12.08.2003  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.01.2005  
(45) Ausgabetag: 25.08.2005

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **C25B 9/04**  
C25B 11/02

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 19607235C1 DE 10017058A1

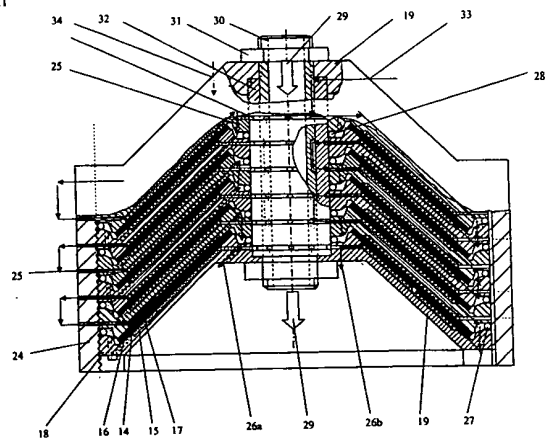
(73) Patentinhaber:  
GRUBER KARL DIPL.ING.  
A-1190 WIEN (AT).  
EGGER THOMAS DIPL.ING. (FH)  
A-6460 IMST, TIROL (AT).

(72) Erfinder:  
GRUBER KARL DIPL.ING.  
WIEN (AT).

### (54) POLYMERELEKTROLYT ELEKTROLYSEUR

(57) Die Erfindung stellt eine neue Form eines Polymer-elektrolyt Elektrolyseurs dar, welcher durch Elektrolyse von Wasser Wasserstoff und Sauerstoff erzeugt. Die Konstruktion der Membran-, Anoden-, Kathoden- Gasdiffusionsmedien- und Bipolarplatten in konischer Form läßt ein einfaches Aufeinanderstapeln der einzelnen Elektrolysezellen zu einem Stack zu, und erlaubt ein besonders ökonomisches Zuführen des Elektrolyten. Die Bipolarplatten werden über den Hohlzylinder (24) verschraubt. Die Heizung oder Kühlung des Stacks erfolgt zentral durch die mittlere Achse (29). Diese Modifikationen in der Form und Konstruktion ergeben eine Minimierung der Verluste und somit eine Verbesserung des Wirkungsgrades eines Elektrolyseurs.

Fig.1



AT 412 879 B

In einem Elektrolyseur laufen die Elektrodenvorgänge eines galvanischen Elementes in umgekehrter Richtung ab. Das heißt, eine elektrochemische Reaktion wird durch Verrichtung elektrischer Arbeit mittels einer äußeren Spannungsquelle erzwungen.

Dabei wird im Falle der Wasserelektrolyse das Wasser an der Anode oxidiert und es entsteht Sauerstoff. An der Kathode werden die Protonen ( $H^+$ ) welche durch einen Separator z.B. PEM (Polymer Elektrolyt Membran) wandern zu Wasserstoff reduziert. Der Separator ist im beschriebenen Fall eine Polymerelektrolytmembran, welche protonenleitend ist. Es ist aber auch eine kationenleitende Membran (alkalischer Elektrolyt) oder eine andere Vorrichtung mit der gewünschten Wirkung denkbar. Die an den Elektroden entstehenden Gase werden über entsprechende Kanäle abtransportiert. In der Praxis wird eine bestimmte Anzahl von Elektrolysezellen gestapelt oder miteinander verschachtelt, um eine Elektrolyseeinheit zu bilden. Nach dem Stand der Technik werden diese Bipolarplatten üblicherweise entweder aus Kohlenstoff, Metall oder einem Kompositmaterial gefertigt. Die Bipolarplatte wird üblicherweise mit einem Netzwerk von Kanälen durch mechanische Bearbeitung oder Prägung versehen. Diese Nuten oder Kanäle sorgen für die Abfuhr der Reaktionsgase von der Anode und Kathode. Dabei bildet die Bipolarplatte eine elektrische Verbindung von einer Elektrolysezelle zur nächsten und dient zur Trennung des Anodengases und des Kathodengases. Zum weiteren Halten des Elektrolyten und zur Trennung der Produktgase muss eine Dichteinrichtung wie z.B. ein O-Ring oder ähnliches vorgesehen werden.

Nach dem Stand der Technik sind heutzutage meist alkalische Elektrolyseure mit Separatoren aus diversen Geweben im Einsatz. Diese wie auch die neueren PEM - Elektrolyseure sind meist in der Filterpressenbauweise ausgeführt.

Die Einzelteile sind dabei in planarer Bauweise ausgeführt. Durch die planare Bauweise ergeben sich Probleme bei der Zufuhr des Wassers und bei der Abfuhr der Produktgase Wasserstoff und Sauerstoff.

Herkömmliche PEM Elektrolyseure besitzen meist eine aufwändige Peripherie welche für die Zufuhr von Wasser und den Abtransport der Produktgase sorgen. Die bei der elektrochemischen Reaktion anfallende Wärme muss auch in geeigneter Weise mit hohem Aufwand durch ein entsprechendes Kühlsystem abtransportiert werden.

#### Figurenübersicht

**Fig.1** Ausführungsbeispiel eines Elektrolyseurs in bipolarer Bauweise, mit eingezeichneten Reaktandenverläufen und Kühlungsverläufen nach dieser Erfindung.

Der Zellenblock besteht aus stapelförmig übereinander angeordneten Einheiten bestehend aus konusförmiger Anode (14), Kathode (15), Polymermembran (16), Gasdiffusionsmedium (17) und Bipolarplatte (18). Den Abschluss bilden jeweils konusförmige Endplatten über die die Zu- und Ableitung des elektrischen Stromes erfolgt (19). Der Stapel wird von einem druckfesten Hohlzylinder umschlossen (24). Als spezielle Ausführungsform können die Bipolarplatten mit dem Hohlzylinder verschraubt sein.

Der Elektrolyseur wird in der zentralen Achse über die innere kleine Hohlwelle (30) mittels zweier Muttern (31) zusammengespannt. Die äußere kleine Hülse (32) dient zur Dichtung zwischen den Segmenten und über geeignete Bohrungen und Nuten zur Durchleitung des Produktgases. Der Einlass des Wassers erfolgt über eine Bohrung in der oberen Endplatte (34). Über Bohrungen durch die Bipolarplatten und den umschließenden Hohlzylinder (25) erfolgt die Zu- und Ableitung des Wassers in und aus den einzelnen Zellsegmenten. Durch eine Bohrung in der unteren Endplatte (26a) erfolgt der Austritt des bei der elektrochemischen Reaktion entstehenden Sauerstoffgases. Die Flussrichtung des Wassers außerhalb des Hohlzylinders ist nur durch Pfeile angedeutet. Der Fluss kann entweder in Kanälen eines weiteren umschließenden Zylinders erfolgen oder in Rohrleitungen, Schläuchen oder ähnlichem.

Der Einlass von Wasser erfolgt über Bohrungen durch die obere Endplatte (33). Anschließend fließt das Wasser durch eine bzw. mehrere Bohrungen durch die äußere kleine Hülse (32) weiter entlang einer Nut an der Außenseite der inneren kleinen Hohlwelle (30) nach unten. In einer ringförmigen Nut sammelt sich das Wasser und gelangt über Bohrungen durch die äußere Hülse und durch die Bipolarplatte in das erste Zellsegment. Der Fluss des Wassers durch die einzelnen Zellsegmente folgt den Pfeilen. Die Ableitung des entstehenden Wasserstoffgases erfolgt durch Bohrungen in der unteren

ren Endplatte (26b).

Die Bipolarplatten sind durch Dichtungen unterschiedlicher Größe (27, 28) voneinander getrennt.

Die Flussrichtung des Kühl- oder Heizmediums ist mittels zweier Pfeile entlang der Mittelachse angedeutet (29).

5

**Fig.2** Darstellung einer konischen Bipolarplatte wie sie in der Erfindung zum Einsatz kommt, in Aufriss und Seitenriss, deren Grundflächen aus einem symmetrischen 8-Eck ( $n=8$ ) gebildet werden, und deren Mantelflächen nach außen und nach innen gewölbt sind.

10

**Fig.3** Schnittdarstellung durch einen Zellenblock wie er in der Erfindung zum Einsatz kommt. Die Darstellung zeigt den prinzipiellen Aufbau des Zellenblocks allerdings noch ohne Peripherie der Zu- und Ableitungen, Endplatten und Mittelstück, mit einer Detailansicht- Detail A. Detail A zeigt Membran, Anode, Kathode und Gasdiffusionsschichten wie sie von zwei Bipolarplatten zusammengepresst.

15

Die Erfindung betrifft einen PEM Elektrolyseur, zur Erzeugung von gasförmigen Produkten aus einem flüssigen Elektrolyten. Ein PEM (Polymer Elektrolyt Membran) Elektrolyseur besteht üblicherweise aus einer Abfolge von Anode, Polymerelektrolyt Membran, Kathode, Gasdiffusionsmedium und einer elektronisch leitenden Bipolarplatte. Die Anode und Kathode einer Elektrolysezelle besitzen eine katalytisch aktive Beschichtung und sind elektrisch leitend in einer Parallelschaltung, oder Serienschaltung, miteinander verbunden. Die für die Spaltung des Elektrolyten (hier Wasser) an den Elektroden notwendige Energie wird über eine externe Spannungsquelle in das System eingebracht. Durch diese eingebrachte Energie wird der Elektrolyt an der Anode oxidiert und an der Kathode reduziert. Dabei entstehen die Produkte (im Falle von Wasserelektrolyse: Wasserstoff und Sauerstoff). Die Bipolarplatte wird üblicherweise aus einem Graphit-Kompositmaterial aus Metall oder Graphit gefertigt. Üblicherweise sind die Anode, Kathode, Bipolarplatte und Gasdiffusionsmedium planar ausgeführt und in Form einer Filterpressenanordnung, wie nach DE19607235 bekannt, angeordnet.

20

25

30

35

40

Die vorliegende Erfindung unterscheidet sich grundlegend vom Stand der Technik darin, dass die Form der Bestandteile Anode, Kathode, Polymerelektrolyt, Gasdiffusionsmedium und Bipolarplatte eine konische Form aufweist, wobei die Grundflächen der Konuse ein symmetrisches oder beliebiges  $n$ -Eck darstellen, mit  $n$  zwischen 3 und unendlich (**Anspruch 1**). Die Form der Grundflächen der Konuse und der Neigungswinkel der Mantelflächen bestimmen die strömungstechnischen Eigenschaften maßgeblich. Durch geeignete Wahl der Geometrie sollen bekannte Probleme die bei planarer Bauweise der Komponenten auftreten, vermieden werden. Die an der Anode (14) und Kathode (15) entstehenden Produktgase können durch das Gasdiffusionsmedium (17) dringen und entlang der Kanäle in den Bipolarplatten abtransportiert werden. Der Elektrolyt (Wasser) kann selbstständig ohne zusätzliche treibende Kraft durch die Kanäle der Bipolarplatte nach unten fließen (25). Durch die Kombination von selbstständig herabfließendem Elektrolyten und aufsteigendem Gas ist eine stetige Erneuerung der katalytischen Oberfläche an den Elektroden gewährleistet. Dadurch ist es möglich den für den Stofftransport notwendigen Energieaufwand zu reduzieren. Aufgrund der Anordnung können die Gase in den entsprechenden Kanälen nach oben steigen und getrennt voneinander gesammelt werden.

45

Die Grundflächen der konusförmigen Bauteile können die Form einer beliebigen Schnittfigur aus einem symmetrischen oder beliebigen  $n$ -Eck und eines Kreises bzw. beliebigen Ellipsoids aufweisen (**Anspruch 2**).

Die Grundflächen der konusförmigen Bauteile können auch nur die Form eines Kreises oder beliebigen Ellipsoids aufweisen (**Anspruch 5**).

Für eine optimale Funktion, muss der Reaktor auf einer konstanten Betriebstemperatur gehalten werden, dies wird hier durch einen zentral laufenden Heiz- bzw. Kühlkanal (29) realisiert.

50

Durch Wölbung der Mantelfläche nach außen oder nach innen wird die Reaktionsfläche im Vergleich zu geraden Flanken vergrößert. Bei Verwendung einer symmetrischen Halbkugelform ist das beste erzielbare Ergebnis hinsichtlich des verwendeten Volumens zu eingesetzter Reaktionsfläche gegeben (**Anspruch 3**).

55

Durch eine Kombination der Wölbungsrichtungen der Mantelflächen der konischen Bauteile sowohl nach innen als auch nach außen, kann sowohl das Verhältnis von Zellvolumen zu aktiver Reaktionsoberfläche als auch das Strömungsverhalten des Reaktanden und der Produktgase

optimiert werden. Diese Bauweise wurde als Ausführungsbeispiel in Figur 3 dargestellt. Zur besseren Übersicht wurde hier lediglich die Bipolarplatte dargestellt (**Anspruch 4**).

Wie in Figur 1 und Figur 2 dargestellt, erfolgt der Aufbau eines Elektrolyseurs durch das Aneinanderreihen der einzelnen Elektrolysezellen in einem Hohlzylinder (24). Die einzelnen Bauteile werden durch eine Druckkraft zusammengepresst die entweder durch eine Verschraubung der Bauteile mit dem Hohlzylinder erfolgt oder durch alternative Druckkräfte. Die Zu- und Ableitung der Reaktanden und Produkte kann über diesen Zylinder erfolgen. Der Zylinder trägt weiters die Aufgabe die Reaktanden und Produkte über Ausnehmungen an seiner Innenwand von einer Zelle zur nächsten zu leiten (**Anspruch 6**).

Die Zuleitungs- und Ableitungskanäle führen wie in Figur 1 (25) durch die Bipolarplatten. Die Form dieser Kanäle kann beliebig sein, ihre Anordnung erfolgt jedoch in einem strömungstechnisch gesehen optimalen Winkel. Die Zuleitung des Reaktanden kann von außen, oder von innen durch die Bipolarplatten erfolgen (**Anspruch 9**).

Die Ableitung der Reaktionsprodukte kann ebenso von außen oder innen, durch die Bipolarplatten erfolgen (**Anspruch 10**).

Wie in Figur 1 dargestellt erfüllen die Dichtungen (27/28) einerseits den Zweck die Reaktionsgase von einander zu trennen und andererseits die elektrische Isolation zwischen den entgegengesetzt geladenen Bipolarplatten zu gewährleisten (**Anspruch 12**). Die Bipolarplatten können dabei entweder parallel oder in Serie geschaltet sein (**Anspruch 11**).

Bei der in Figur 1 dargestellten Anordnung kann durch die zentrale Ausnehmung eine Kühl- oder Heizleitung geführt werden (29) (**Anspruch 13**).

Die Flussrichtung der Reaktanten und Produkte kann prinzipiell beliebig gewählt werden, allerdings ist es in den meisten Fällen energetisch günstiger wenn Reaktanden und Produkte im Gleichstrom von oben nach unten (in Richtung der Erdanziehungskraft) fließen (**Anspruch 16**).

Bei Zellgeometrien die kreisrunde Basisflächen aufweisen, kann die Druckkraft durch verschrauben der Bipolarplatten (18) mit entsprechendem Außengewinde mit dem Hohlzylinder, der das entsprechende Gegengewinde aufweist, erfolgen (**Anspruch 17**).

Bei herkömmlichen Elektrolyseuren nach dem Stand der Technik muss auf Grund der planaren Bauweise viel zusätzliche Energie aufgewendet werden, um die Durchströmung der Zelle mit Reaktanden und Produkten zu gewährleisten. Bei den beschriebenen Zellgeometrien kann der An- und Abtransport der Reaktanden und Produkte einerseits durch die Schwerkraft und andererseits durch die Auftriebskraft der entstehenden Gase erfolgen. Dies ermöglicht eine deutliche Leistungsreduzierung der Nebenaggregate und begünstigt darüber hinaus eine fortwährende Erneuerung der Reaktionszone zwischen Elektrodenoberfläche und Elektrolyt.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Ein PEM (Proton Exchange Membrane) Elektrolyseur bestehend aus Anode, Kathode, Polymermembran, Bipolarplatte und Gasdiffusionsmedium **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form von Anode (14) Kathode (15) Polymermembran (16) Gasdiffusionsmedium (17) und Bipolarplatte (18) konusförmig ausgeführt sind, wobei die Grundflächen der Konuse ein symmetrisches oder beliebiges n-Eck darstellen von  $n = 3$  bis  $n$  gegen unendlich (19).
2. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grundflächen des Konus eine beliebige Schnittfigur aus einem symmetrischen oder beliebigen n-Eck und eines Kreises oder beliebigen Ellipsoids darstellt.
3. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form von Anode, Kathode, Polymermembran, Gasdiffusionsmedium und Bipolarplatte konkav nach außen, oder konvex nach innen gewölbt ist.
4. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form von Anode, Kathode, Polymermembran, Gasdiffusionsmedium und Bipolarplatte sowohl nach innen gewölbt als auch nach außen gewölbt ist.
5. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 2,3,4 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form von Anode, Kathode, Polymermembran, Gasdiffusionsmedium und Bipolarplatte konusförmig ausgeführt sind, wobei die Grundflächen des Konus einen Kreis oder ein beliebiges

Ellipsoid darstellen.

6. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der innere Aufbau durch einfaches Aneinanderreihen der Elektrolysezellenbauteile in einem zylindrischen Behälter erfolgt.
- 5 7. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 1 bis 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kathode eine katalytische Oberfläche besitzt um den Elektrolyten (Wasser) elektrokatalytisch in zwei unterschiedliche Ionen (hier Sauerstoff- und Wasserstoffionen) zu spalten.
8. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 7 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anode eine katalytische Oberfläche besitzt um die Gasbildung (hier Wasserstoffbildung) aus einer Ionenspezies (hier Wasserstoffionen) zu ermöglichen.
- 10 9. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 6 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung des Elektrolyten von außen oder innen durch die Bipolarplatten (25) erfolgt.
10. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 6 bis 9 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abführung des Elektrolyts und der Reaktionsprodukte nach außen oder innen durch die Bipolarplatten erfolgt (26).
- 15 11. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrolysezellenelemente elektrisch in Serie oder parallel geschaltet sind.
12. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Elektrolysezellen durch elektrisch isolierende Dichtungen (27,28) getrennt sind.
- 20 13. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zusätzliche Kühlung oder Heizung durch die Mittelbohrung des Elektrolysezellenstapels geführt wird (29).
14. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 13 **dadurch gekennzeichnet**, dass sowohl flüssige als auch gasförmige Medien zur Kühlung oder Heizung eingesetzt werden können.
- 25 15. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 14 **dadurch gekennzeichnet**, dass Elektrolyt (hier Wasser) von oben nach unten und von unten nach oben fließen kann.
16. Ein Prozeß nach Anspruch 1 bis 15 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Produktgase und Elektrolyt im Gleichstrom oder Gegenstrom fließen.
- 30 17. Ein PEM Elektrolyseur nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusammenfassende Kraft der einzelnen Elektrolysezelleneinheiten über eine Verschraubung der Bipolarplatten (18) mit dem Hohlzylinder erfolgt (24).

**HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN**

35

40

45

50

55

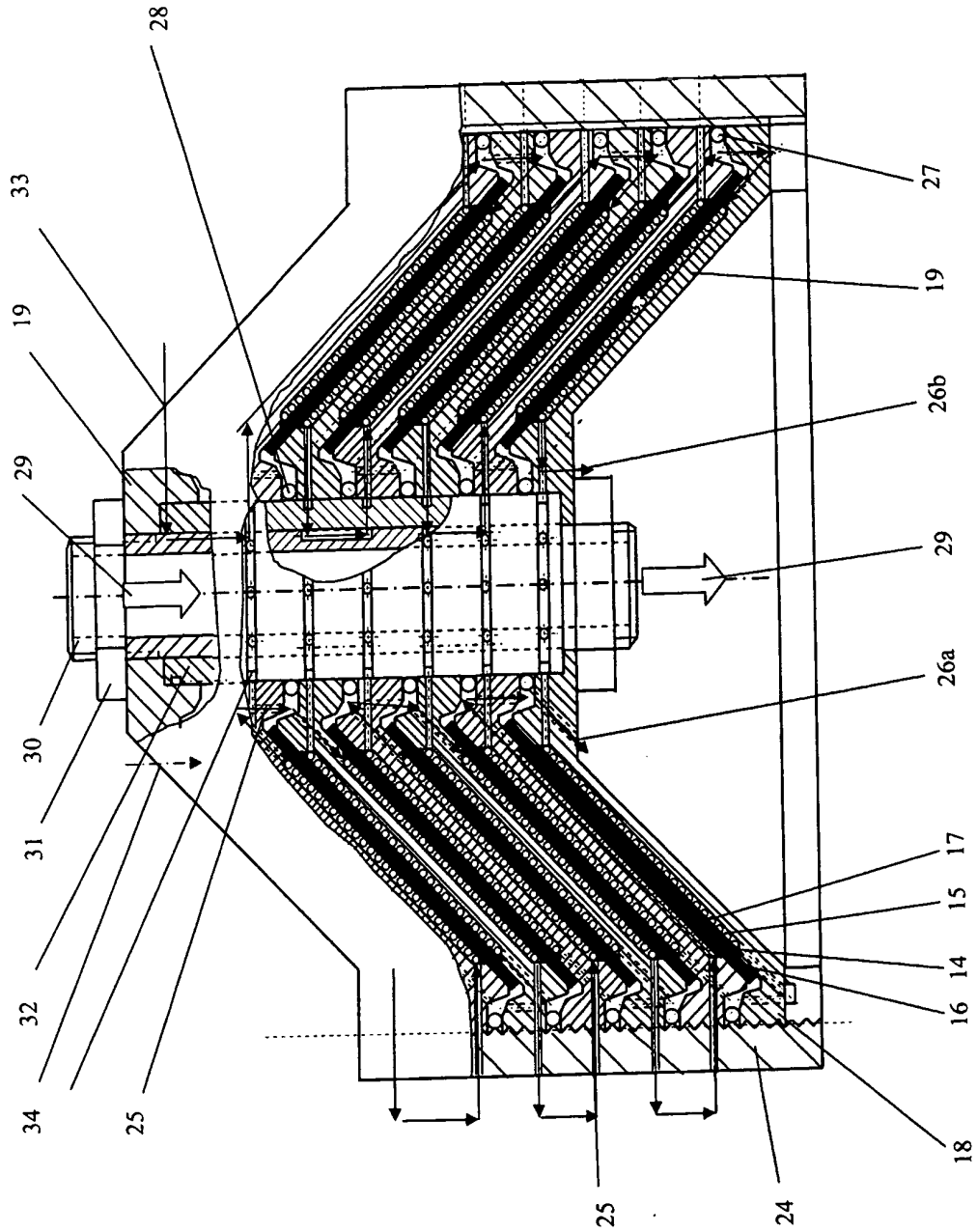


Fig.1

