



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 01 510 T2** 2005.10.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 366 212 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 01 510.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP02/02204**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 729 944.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/068718**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.02.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **06.09.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.12.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **06.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.10.2005**

(51) Int Cl.⁷: **C25B 9/00**
C25B 1/46, C25B 9/20

(30) Unionspriorität:
MI20010401 28.02.2001 IT

(73) Patentinhaber:
Uhdenora Technologies S.r.l., Mailand/Milano, IT

(74) Vertreter:
Reitstötter, Kinzebach & Partner (GbR), 81679 München

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

(72) Erfinder:
OLDANI, Dario, I-20154 Milan, IT; FABIAN, Peter, 63571 Gelnhausen, DE; FEDERICO, Fulvio, I-29100 Piacenza, IT; FISCHER, Antonius, 63571 Gelnhausen, DE; CARRETTIN, Lionello, I-20146 Milan, IT

(54) Bezeichnung: **BIPOLARE ANORDNUNG FÜR ELEKTROLYSEZELLEN VOM TYP FILTERPRESSE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

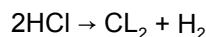
[0001] Salzsäure, in der folgenden Beschreibung als HCl bezeichnet, ist ein wichtiges Nebenprodukt, das in zahlreichen industriellen Prozessen in großer Menge erzeugt wird, unter denen insbesondere die Synthese von Vinylchlorid durch Pyrolyse von Dichlorethan und anschließender Polymerisierung zu Polyvinylchlorid (PVC) und die Synthese von verschiedenen Isocyanaten von Bedeutung sind, aus denen man durch Reaktion mit Glycolen die Verbindungsfamilie der Polyurethane erhält, die zunehmend für die Herstellung von Anstrichen und von expandierten zellulären Materialien verwendet werden, die als Wärmeisolationssysteme, beispielsweise als Isolationen für Kühlschränke und Gebäudewände, geschätzt werden. Die kontinuierliche weltweite Erhöhung der Produktionskapazitäten von PVC und Polyurethanen führt bereits jetzt und noch mehr in Zukunft zu einer solchen Übersättigung des HCl-Marktes, dass der Bau neuer Anlagen gefährdet wird. Um sich von Randbedingungen wie Marktschwierigkeiten zu befreien, werden bereits seit langem in den Geräten zur Vinylchloridsynthese Einheiten zur Oxychlorierung installiert, in denen das durch Pyrolyse erzeugte HCl mit Ethylen und Sauerstoff unter Bildung von Dichlorethan reagiert, welches in die Pyrolyse zurückgeleitet wird. So wird ein geschlossener HCl-Kreislauf erzeugt, der aber einige Sicherheitsprobleme mit sich bringt (wie die Möglichkeit der Bildung von explosiven Gemischen auf Grund des Einsatzes von Sauerstoff) und mit der Erzeugung von schwierig zu entsorgenden Nebenprodukten verbunden ist.

[0002] Seit neuestem wird auch HCl aus der Isocyanatproduktion in die Oxychlorierungseinheiten geleitet, wenn die beiden Anlagen, nämlich die PVC- und die Isocyanat-Polyurethan-Anlage, ausreichend nah beieinander stehen. Diese Lösung wird von den Betreibern der Isocyanat-Anlage nicht sonderlich geschätzt, da ihre Produktion durch diese Integration, sowohl hinsichtlich der geplanten Anlagenabschaltungen (die üblicherweise mit den Zyklen des PVC-Marktes zusammenhängen, die keineswegs mit denen des Polyurethanmarktes übereinstimmen), als auch hinsichtlich der unerwarteten Abschaltungen praktisch von der PVC-Anlage abhängt.

[0003] Selbst wenn man bislang in industrieller Hinsicht in der Lage war, die mit dem Verbleib des Nebenproduktes HCl verbundenen Probleme in den Griff zu bekommen, kann man jedoch sagen, dass im Allgemeinen der gegenwärtige Anlagenbestand bei weitem nicht befriedigend ist und dass zweifellos ein Bedarf an innovativen Prozessalternativen existiert. Eine dieser besonders interessanten Alternativen ist die HCl-Elektrolyse mit Bildung von neuem Chlorgas, das in die Hauptanlage zurückgeführt werden kann.

[0004] Eine solche Elektrolyse kann mit zwei Technologien durchgeführt werden, die auf der Verwendung von gasförmiger Salzsäure (was die physikalische Zustandsform ist, in der HCl durch Dichlorethan-Pyrolyse und Isocyanat-Synthese gebildet wird) beziehungsweise von einer wässrigen HCl-Lösung basieren, welche man erhält, indem man gasförmiges HCl in eine mit Wasser betriebene Absorptionssäule leitet. Derartige Säulen gehören zur normalen Ausrüstung von Anlagen, die HCl als Nebenprodukt erzeugen, denn die wässrige Lösung stellt praktisch die einzige Möglichkeit dar, wie eine Kommerzialisierung bewirkt werden kann.

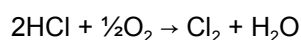
[0005] Die ursprüngliche Technologie, die, wie bereits gesagt, auf der direkten Verwendung der gasförmigen Säure basiert und in der PCT-Anmeldung WO 95/14797 von DuPont/USA beschrieben ist, befindet sich immer noch in einer Phase der angewandten Forschung, da noch einige wichtige Probleme, die im Wesentlichen mit der extremen Aggressivität des Systems zusammenhängen, auf eine zuverlässige Lösung warten. Die spätere Technologie, welche wässrige Säurelösungen verwendet (bekannt als Hoechst-Bayer-Uhde-Verfahren), wurde bereits in einigen Fällen industriell umgesetzt, hat aber bislang noch nicht die Anerkennung von potentiellen Kunden erfahren. Die Gründe für diese beträchtliche Enttäuschung liegen ganz wesentlich im hohen Energieverbrauch, der bei Stromdichten von 4000 A/m² bei etwa 1500 kWh/t Chlorgas liegt und hauptsächlich auf die freie Energie zurückgeht, die mit der Reaktion verbunden ist, durch die HCl gemäß folgendem Schema in Chlorgas und Wasserstoffgas umgesetzt wird:



[0006] Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Grund liegt in den hohen Kapitalinvestitionen, die für Elektrolysezellen erforderlich sind, deren Bipolarplatten mit Platten aus gefährlich zerbrechlichen, gasundurchlässigen Graphitplatten oder Platten aus Verbundmaterialien bestehen, die man durch Verpressen eines Gemischs aus Graphitpulver und einem chemisch inerten polymeren Bindematerial, üblicherweise einem fluoriertem Polymer, bei hohen Temperaturen erhält.

[0007] Um diese Probleme teilweise zu überwinden wurde, beispielsweise von General Electric Co., vorgeschlagen, die wasserstofffreisetzende Kathode durch eine sauerstoffverbrauchende zu ersetzen.

[0008] In diesem Fall lautet die elektrochemische Gesamtreaktion:



[0009] Die entsprechende freie Energie ist wesentlich niedriger als diejenige mit Wasserstofffreiset-

zung, was zu einer Verringerung des Verbrauchs an elektrischer Energie auf 1000–1100 kWh/t Chlorgas führt. Die Belastung durch die Kapitalinvestitionen bleibt jedoch unverändert hoch, weil die Konstruktionsmaterialien immer noch diejenigen sind, die auf Graphit oder Graphitverbundwerkstoffen basieren. Ein wesentlicher Schritt in Richtung der Bedingungen einer ökonomischen Machbarkeit wird in US 5,770,035 beschrieben: Das Verfahren zur Elektrolyse von wässrigen Salzsäurelösungen mit einer sauerstoffverbrauchenden Kathode wird in einer Zelle durchgeführt, deren Kathoden- und Anodenkammern beide aus dem gleichen Material bestehen, nämlich insbesondere einem Ventilmaterial, wie beispielsweise Titan oder dessen Legierungen. Mehrere dieser Zellen oder Bipolarbaugruppen, die in einer als „Filterpresse“ bekannten Anordnung gestapelt sind, bilden den Elektrolyseur, welcher die eigentliche industrielle Produktionseinheit darstellt.

[0010] Gemäß der üblicheren Konstruktion können die beiden Wände der Kathoden- und Anodenkammern von zwei benachbarten Zellen entweder mittels geeigneter Kompression (ein Konzept, das dem Fachmann in diesem Bereich als „Einzelzelle“ bekannt ist) oder durch eine Verbindung mit geeigneten Klemmelementen, wie beispielsweise Schrauben und Muttern oder Schweißverbindungen (Bipolarbaugruppen) in mechanischen und elektrischen Kontakt gebracht werden. In letzterem Fall erleichtert die Tatsache, dass die Kathoden- und Anodenkammer aus demselben Metall bestehen, die Herstellungsverfahren ganz wesentlich und ermöglicht insbesondere eine neue Art der Konstruktion, gemäß der eine Kathode und eine benachbarte Anode durch eine einzelne Wand getrennt ist, deren beiden Oberflächen die Funktion der beiden getrennten und benachbarten Wände der herkömmlichen Technologie erfüllen. Diese Art der Konstruktion minimiert den Einsatz von teuren Materialien, wie beispielsweise Titan und dessen Legierungen, was mit einem nicht zu leugnenden wesentlichen ökonomischen Vorteil verbunden ist und sehr allgemein in US 5,770,035 beschrieben wurde. Jedoch ist die Einführung dieser Art der Konstruktion mit der Einschränkung verbunden, dass die beiden Kathoden- und Anodenkammern mit Randflanschen versehen sein müssen, die zusammen mit geeigneten Dichtungen deren Abdichtung ermöglichen und das Auslaufen von Prozessfluiden verhindern. Mit den herkömmlichen Herstellungsverfahren erzeugt man die Randflansche entweder durch Druckformgebung oder durch Falten der Bleche, welche die Kammerwände bilden: solche Arbeitsschritte ergeben im Allgemeinen zufriedenstellende Resultate mit geringem prozentualen Ausschuss wegen unzureichender Planarität oder mechanischer Defekte, da jede Wand nur zur Bildung ihres eigenen, kathodischen beziehungsweise anodischen Flansches bearbeitet wird. Andererseits muss im Fall der einzelnen Trennwand für zwei Kathoden- und Anodenkammern

die Wand beim Einsatz der herkömmlichen Prozesse einem doppelten Formungsprozess unterzogen werden, da beide Flansche, der kathodische und der anodische, notwendigerweise einen Teil derselben Wand bilden. Der doppelte Formgebungsvorgang führt unabhängig davon, ob er durch Pressformen oder Falten durchgeführt wird, zu großen mechanischen Spannungen im Material, verbunden mit häufig inakzeptabler Planarität und/oder Defekten, wie beispielsweise Brüchen. Es besteht daher ein beträchtlicher Bedarf, Konstruktionen und Herstellungsverfahren anzugeben, welche es erlauben, Bipolarbaugruppen für Filterpressenelektrolyseure sehr zuverlässig herzustellen, bei denen die Trennwand von benachbarten Kathoden- und Anodenkammern eine einzige Wand ist, die mit zwei Umfangsflanschen, einem kathodischen und einem anodischen, versehen ist und sich durch eine gute Planarität und das Fehlen von mechanischen Defekten auszeichnet.

[0011] Unter einem ersten Aspekt beschreibt die vorliegende Erfindung Bipolarbaugruppen mit einem einzigen Trennblech mit der doppelten Funktion als Anodenwand und Kathodenwand aus einem korrosionsbeständigen Metall und einer Metalllegierung, das mit einem anodischen Umfangsflansch und einem kathodischen Umfangsflansch versehen ist, wobei wenigstens einer der Umfangsflansche aus einem vorgeformten Element besteht und nicht durch Druckformgebung oder Faltung der Trennwand hergestellt wurde.

[0012] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform erhält man den kathodischen und anodischen Umfangsflansch dadurch, dass man die Faltung des Umfangsabschnitts des Bleches mit einem Rahmen kombiniert, der aus einem Stab oder einem Rohr besteht, die jeweils einen viereckigen Querschnitt aufweisen und aus einem Material eines ähnlichen Typs wie desjenigen des Bleches hergestellt sind.

[0013] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform erhält man einen der Flansche durch Falten des Umfangsabschnitts des Blechs und der andere ist ein vorgeformter Flansch, der mit dem Blech selbst verschweißt ist: ein Verstärkungselement wird vorzugsweise zwischen die beiden Flansche eingesetzt. Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform bilden der anodische Umfangsflansch und der kathodische ein im Allgemeinen U-förmiges, vorgeformtes einstückiges Bauteil das mit dem Trennblech verschweißt ist; vorzugsweise wird ein Verstärkungsbauteil zwischen den anodischen und den kathodischen Umfangsflansch eingesetzt. Das vorgeformte, einstückige Bauteil erhält man durch Falten eines zweiten Bleches oder durch Verschweißen von zwei vorgeformten Flanschen.

[0014] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur katalytischen Aktivierung

einer bipolaren Baugruppe, die wenigstens eine Elektrode und vorzugsweise ein Paar von Elektroden umfasst, die an den beiden anodischen und kathodischen Flächen des Bleches fixiert sind.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die katalytisch aktivierte Bipolarbaugruppe ein neu hergestellte Baugruppe.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Bipolarbaugruppe eine bereits katalytisch behandelte Baugruppe, die schon in einem Elektrolyseur in Betrieb war, deren verbrauchten katalytische Aktivierung durch Reaktivierung wieder hergestellt wird.

[0017] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung einen Elektrolyseur, der mehrere Bipolarbaugruppen gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen umfasst.

[0018] Obwohl dieser Konstruktionstyp in zahlreichen industriell interessante Anwendungsformen einsetzbar ist, erweist er sich als besonders vorteilhaft im Fall der Elektrolyse von wässrigen Salzsäurelösungen unter Einsatz von sauerstoffverbrauchenden Kathoden, wobei die Wände der benachbarten Kathoden- und Anodenkammern aus einem einzigen Ventilmetalblech, beispielsweise aus Titan oder einer Titanlegierung, bestehen.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt einer Bipolarbaugruppe, bei welcher die beiden Wände, nämlich die anodische und die kathodische, getrennt und aneinander befestigt sind und die Umfangsflansche durch Faltung jeder Wand gemäß der Lehre des Standes der Technik hergestellt wurden.

[0020] [Fig. 2](#) skizziert den Querschnitt einer Bipolarbaugruppe, dessen anodischen und kathodischen Wände aus einem einzelnen Blech bestehen und die beiden Umfangsflansche mit Verfahren des Standes der Technik hergestellt wurden.

[0021] [Fig. 3](#) zeigt einen Querschnitt einer Bipolarbaugruppe, dessen anodischen und kathodischen Wände aus einem einzelnen Blech bestehen und die beiden Umfangsflansche jeweils gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung hergestellt wurden, indem man die Randabschnitte des Blechs umgefaltet hat und mit einem Stab oder einem Rohr mit jeweils viereckigem Querschnitt so bearbeitet hat, dass ein Rahmen gebildet wurde, der aus einer ähnlichen Materialart wie der es einzelnen Blechs besteht.

[0022] [Fig. 4](#) zeigt den Querschnitt einer Bipolarbaugruppe, deren Wände aus einem einzelnen Blech bestehen und deren beiden Umfangsflansche gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung jeweils durch Falten der Umfangsabschnitte des Blechs und

Verschweißen mit einem vorgeformten Flansch hergestellt wurden, dessen Material vergleichbar ist mit demjenigen des Blechs.

[0023] [Fig. 5](#) zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei welcher das Blech, welches die Doppelrolle als anodische und kathodische Wand hat, nicht im Umfangsbereich gefaltet ist und mit einem einzigen vorgeformten Rahmen mit U-förmigem Querschnitt verschweißt ist, dessen Material vergleichbar mit demjenigen des Blechs ist.

[0024] [Fig. 6](#) zeigt eine Variante der Ausführungsform der [Fig. 5](#), bei welcher der vorgeformte Rahmen aus zwei Schalen besteht, die so zusammengeschnitten sind, dass sie ein Bauteil mit U-förmigem Querschnitt bilden, das eine Innenkante aufweist, an welche wiederum das Blech geschweißt ist.

[0025] [Fig. 7](#) skizziert die Baugruppe der [Fig. 3](#), die mit Trägern und Elektroden in Form von Loch- oder Streckmetallblechen oder Gittern vervollständigt ist.

[0026] [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) zeigen eine dreidimensionale Abbildung der Baugruppe der [Fig. 7](#) in Ansichten von beiden Seiten.

[0027] Im Folgenden werden einige Ausführungsformen der Erfindung beschrieben, deren Hauptgegenstand eine neue, vereinfachte und zuverlässigere Konstruktion von Bipolarbaugruppen für Filterpressen-Elektrolyseure ist, die ein einziges Blech umfassen, das eine doppelte Rolle als anodische und kathodische Wand erfüllt und aus einem Metall oder einer Metalllegierung ausgewählt aus der Gruppe der korrosionsbeständigen Metalle und Metalllegierungen besteht: diese Art der Konstruktion ist zwar besonders vorteilhaft für Elektrolyseure, die sich zur Elektrolyse von wässrigen Salzsäurelösungen eignen, ist aber nichts desto weniger allgemein für Elektrolyseure nützlich, die mit mehreren Bipolarbaugruppen hergestellt werden können, die eine einzige Wand als Trennung zwischen den Anoden- und Kathodenkammern umfassen. Lediglich als Beispiel für weitere Anwendungen seien Elektrolyseure für die Elektrolyse von alkalihaltigem Wasser genannt.

[0028] Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen zwei Querschnitte einer Bipolarbaugruppe gemäß der Konstruktion des Standes der Technik, bei der die anodischen und kathodischen Wände zwei getrennte Bleche beziehungsweise ein einzelnes Blech sind. Insbesondere zeigt [Fig. 1](#) die wesentlichen Konstruktionselemente der Baugruppe, wobei **1** und **2** die separaten anodischen beziehungsweise kathodischen Wände, **3** die Schweißverbindungen zur Gewährleistung der mechanischen Stabilität und der zur Durchleitung des elektrischen Stroms erforderlichen elektrischen Kontinuität sind, **4** die Oberfläche des anodischen Flansches, **5** die Oberfläche des kathodischen

Flansches, **6** ein Randverstärkungselement, das aus einer Stange aus einem Metall oder Kunststoffmaterial hergestellt ist, welche sicherstellt, dass die Flansche zusammengedrückt werden können, ohne dass Verformungen oder Verbiegungen stattfinden, **7** die jeweiligen anodischen (links) und kathodischen (rechts) Dichtungen, welche die Umfangsfläche unter Kompression abdichten und das Austreten von in den Anoden- und Kathodenkammern enthaltenen Fluiden verhindern.

[0029] In [Fig. 2](#) ist eine Ausführungsform gemäß Stand der Technik skizziert, bei welcher die beiden Wände der benachbarten Anoden- und Kathodenkammern aus einem einzelnen Blech bestehen. Auf dieser Konstruktionsart basierend wird der Randbereich des einzelnen Blechs einer Reihe, wenigstens fünf oder, wie in der Figur gezeigt, sechs Faltungen um das Umfangs-Verstärkungselement unterzogen, um so die beiden Flanschflächen, nämlich die anodische und die kathodische, zu bilden. Insbesondere ist mit **1** das einzelne Blech bezeichnet, welches gleichzeitig die Rolle der Wände **1** und **2** in [Fig. 1](#) erfüllt, **4** ist die anodische Flanschfläche, **5** ist die kathodische Flanschfläche, **6** ist das Umfangsverstärkungselement mit der gleichen Funktion wie dasjenige der [Fig. 1](#), [Fig. 7](#) sind die anodischen und kathodischen Dichtungen, **8** ist die Schweißverbindung zur Befestigung der freien Kante des gefalteten Abschnitts des Blechs mit dem Ziel, das Eindringen von Fluid aus der Kathodenkammer (auf der rechten Seite der Figur) zu verhindern. Dieses Fluid kann korrosiv sein, so dass dessen Kontakt mit dem Umfangs-Verstärkungselement **6** erfordern würde, dieses aus einem korrosionsbeständigen und daher von sich aus teuren Material herzustellen. Wenn das Element **6** vor Kontakt mit aggressiven Fluiden sicher geschützt ist, kann billiger Kohlenstoffstahl aus Baumaterial verwendet werden.

[0030] Die Baugruppe der [Fig. 2](#) hat sicherlich Vorteile gegenüber der üblicheren Konstruktionsart gemäß dem in [Fig. 1](#) dargestellten Stand der Technik, da hier nur ein einziges Blech aus teurem Material, beispielsweise Titan oder dessen Legierungen im Fall der Elektrolyse von Salzsäurelösung, verwendet wird, so dass auf die Schweißverbindungen **3** der [Fig. 1](#) für den mechanischen Zusammenbau und die elektrische Kontinuität verzichtet werden kann. Die Baugruppe wird jedoch durch die mehrfachen Faltungen nachteilig beeinflusst, die erforderlich sind, um die beiden anodischen und kathodischen Flanschflächen unter Verwendung desselben Umfangsabschnittes des Bleches zu bilden: die Durchführung dieser Art von Faltungen ist sehr komplex und führt zu großen mechanischen Spannungen mit großer Gefahr von Defektbildungen und einem damit verbundenen inakzeptabel hohen Prozentsatz von Teilen, die während der Qualitätskontrolle im Produktionsprozess zurückgewiesen werden.

[0031] [Fig. 3](#) zeigt eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform der Baugruppe, bei welcher die Wände der beiden benachbarten Anoden- und Kathodenkammern aus einem einzigen Blech **1** bestehen, wobei der Umfangsabschnitt des einzelnen Blechs **1** so gefaltet ist, dass nur die Oberfläche **4** des Anodenflansches gebildet wird (was im Falle der Elektrolyse von Salzsäurelösungen bevorzugt ist, ohne jedoch die Alternative ausschließen zu wollen, bei der die einzige gebildete Flanschfläche die kathodische Fläche ist) und diese einzige Oberfläche bei der mit **9** bezeichneten Stelle mit einem Rahmen **14** verschweißt wird, der aus einem korrosionsbeständigen Material hergestellt ist. Insbesondere besteht der Rahmen **14** aus einem Stab, vorzugsweise einem Rohr mit polygonalem, vorzugsweise viereckigem Querschnitt, um die Menge des korrosionsbeständigen und daher teuren Materials zu reduzieren. Darüberhinaus kann die Schweißverbindung **9**, wie in der Figur gezeigt, gegebenenfalls als Doppelschweißnaht ausgeführt sein, um eine höhere Zuverlässigkeit gegen ein mögliches Auslaufen von in der Kathodenkammer enthaltenen Fluids in die äußere Umgebung zu gewährleisten. Diese erste erfindungsgemäße konstruktive Alternative ermöglicht es, die mechanischen Faltungsspannungen auf sehr niedrigem Niveau zu halten, bei dem sicherlich keine Defekte in dem Blechmaterial erzeugt werden können. Die Qualität der Schweißnaht oder der Schweißnähte **9**, sowie angemessene Geschwindigkeiten und Herstellungskosten werden durch geeignete Klemmvorrichtungen für die verschiedenen Bauteile und die modernen automatisierten Schweißverfahren, insbesondere Laserverfahren, gewährleistet. Bei genauerer Betrachtung der [Fig. 3](#) stellt man fest, dass die Anordnung aus gefaltetem Blech und Rahmen einen Spalt **15** erzeugt, in welchen Prozessflüssigkeit eindringen und dort stocken kann: diese Situation erzeugt im Allgemeinen keine besonderen Nachteile, außer in dem speziellen Fall, wenn derartige Flüssigkeiten Chloride enthält und insbesondere dann, wenn sie säurehaltig ist und eine höhere Temperatur als die Umgebungstemperatur hat, was bei der Elektrolyse von Salzsäurelösungen tatsächlich der Fall ist. Unter diesen Umständen kann ein auf den Spaltbereich begrenzter Korrosionsangriff stattfinden. Der Schutz gegen diese Art von Angriff wird entweder dadurch bewirkt, dass man ein Material mit höherer Beständigkeit auswählt, beispielsweise im erwähnten Fall der Elektrolyse von Salzsäurelösung durch die Verwendung von einer Titan-0,2% Palladium-Legierung anstelle von Titan, oder durch Aufbringen einer dünnen Schutzschicht im Spaltbereich. Diese in der elektrochemischen Technologie bekannten Schichten enthalten im Allgemeinen eine geringe Menge von Edelmetallen, wie beispielsweise Platin, Ruthenium oder Iridium oder deren Oxide.

[0032] Die oben erwähnten Schutzmaßnahmen erhöhen die Produktionskosten für die Baugruppe der

Fig. 3 nicht: Sie müssen nämlich in jedem Fall durchgeführt werden, um Korrosionsgefahr auf den Oberflächen der Flansche **4** und **5** zu vermeiden, auf denen sehr gefährliche Spalte auf Grund einer geringen Anhaftung der Dichtungen **7** auftreten können, die üblicherweise auf Oberflächendefekte der gleichen Flansche zurückgeht. Anders ausgedrückt kann man sagen, dass die Anwendung geeigneter Mittel zum Schutz der Flanschoberflächen gleichzeitig mit der Anwendung derselben Mittel im Spaltbereich **15** ohne besondere Zusatzkosten durchgeführt wird.

[0033] **Fig. 4** zeigt eine Variante der Ausführungsform der **Fig. 3**, bei der die Verwendung eines Rahmens **14** aus einem Stab oder Rohr mit viereckigem Querschnitt aus korrosionsbeständigen Material vermieden werden soll. Die Baugruppe umfasst, wiederum im Querschnitt dargestellt, das einzelne Blech **1** mit dem Randabschnitt, der, wie bereits in **Fig. 3** gezeigt, so gefaltet ist, dass nur der Anodenflansch **4** gebildet wird, mit dem Unterschied, dass der Rahmen **14** aus korrosionsbeständigem Material ersetzt wurde durch einen weiteren vorgeformten Flansch **5**, der als Kathodenflansch dient und der über die Schweißnaht **10** mit dem Blech **1** verschweißt ist, welche wiederum durch ein automatisiertes Verfahren, vorzugsweise ein Laserverfahren, hergestellt wurde. Gegebenenfalls kann die Schweißnaht **10** als (in den Figuren nicht dargestellte) Doppelschweißnaht ausgeführt sein. Das Umfangs-Verstärkungselement kommt nicht in Kontakt mit korrosivem Fluid und kann daher aus billigem Material, beispielsweise Kohlenstoffstahl bestehen.

[0034] Im Vergleich mit der Anordnung der **Fig. 3** erlaubt die Ausführungsform der **Fig. 4** eine Einsparung von teuren Materialien, ist aber andererseits empfindlicher im Bezug auf den Endplanarität des Bauteils, die beim Zusammenbau des Elektrolyseurs wichtig ist.

[0035] Eine weitere Konstruktionsalternative der Baugruppe der **Fig. 4** ist ein **Fig. 5** dargestellt, wo das einzelne Blech **1** im Umfangsbereich nicht gefaltet ist und die beiden Oberflächen des Anodenflanschs **4** und des Kathodenflanschs **5** durch ein vorgeformtes Umfangelement mit U-förmigem Querschnitt erhalten werden, das durch die Schweißnaht **11** mit dem einzigen Blech verschweißt wird. Wie bereits bei der Baugruppe der **Fig. 1** ist das Konstruktionsmaterial des Verstärkungselements **6** nicht kritisch, so dass Kohlenstoffstahl völlig ausreicht.

[0036] Verglichen mit der Baugruppe der **Fig. 4** ist die in **Fig. 5** dargestellt Lösung durch die gleiche reduzierte Menge an teurem Material gekennzeichnet und erlaubt es außerdem, eine gute Endplanarität einfach zu erreichen. Andererseits ist die Ausführung der Schweißnaht **11** relativ kritisch: um eine qualitativ hochwertige Schweißnaht zu erhalten ist es nämlich

erforderlich, dass die Kante des Blechs geradlinig und frei von Mängeln, wie beispielsweise Schnitthaken ist, und dass die Kante des Blechs und das vorgeformte Bauteil mit U-förmigem Querschnitt bei der Ausführung der Schweißverbindung, die automatisiert, beispielsweise durch ein Laserverfahren, durchgeführt werden muss, perfekt aneinander haften. Ein „physiologischer“ Nachteil der Baugruppe der **Fig. 5** ergibt sich auf Grund der Unmöglichkeit, die Schweißverbindung **11** als Doppelnaht auszuführen: jedoch würden Defekte in der Schweißnaht **11**, wie beispielsweise durchgehende Porositäten, zu einem Fluiddurchtritt zwischen den beiden Anoden- und Kathodenkammern führen, der wenigstens teilweise toleriert werden kann, nicht jedoch zu einem Auslaufen in die äußere Umgebung.

[0037] Schließlich ist in **Fig. 6** eine Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt skizziert, bei welcher das im Zusammenhang mit **Fig. 5** diskutierte Umfangsbauteil mit U-förmigem Querschnitt durch Verschweißen von zwei Schalen vorgefertigt wurde, die man aus zwei Metallstreifen durch nur zwei Faltungen erhielt: die Verbindungsschweißnaht **12** der beiden Schalen kann einzeln oder, falls man eine hohe Zuverlässigkeit gegen Infiltration gewährleisten will, doppelt ausgeführt sein. Das so vorgefertigte Element wird beispielsweise in einer Presse bearbeitet, damit man eine hohe Planarität erhält. Das Bauteil weist eine gegenüber der Schweißnaht **12** herausragende freie Kante auf: diese Kante, die geradlinig und frei von Defekten, wie Schnitthaken sein muss, wird Kopf an Kopf (Schweißnaht **13**) mit der Kante des Blechs **1** verschweißt.

[0038] Diese Ausführungsform ist verglichen mit der in **Fig. 5** beschriebenen wegen der zusätzlichen Schritte bei der Ausführung der Schweißnaht **12** und dem Pressen zur Herstellung der Planarität des Bauteils, das nach den durch den Schweißvorgang induzierten Verformungen erforderlich ist, weniger vorteilhaft: Andererseits gewährleistet die Pressbearbeitung eine adäquate Planarität auch nach Ausführung der Schweißnaht **13**. Diese letzte Schweißnaht, die, wie die Schweißnaht **11** der Baugruppe der **Fig. 5**, unvermeidlicherweise einfach ist, kann jedoch leichter ausgeführt werden (die beiden zu verbindenden Kanten sind in einer Kopf-an-Kopf-Position, während bei der Baugruppe der **Fig. 5** die Oberfläche des Umfangsteils mit U-förmigem Querschnitt und die Kante des Bleches in einem 90° Winkel positioniert sind). Die leichtere Durchführung garantiert eine hohe Wahrscheinlichkeit des Fehlens von Defekten, die aber andererseits, wie oben erwähnt, wenigstens teilweise toleriert werden können.

[0039] Wie in den vorherigen Fällen ist auch hier bei weitem bevorzugt, dass die Verschweißung automatisiert ist, vorzugsweise durch Laserverfahren.

[0040] Die in den [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) skizzierten Baugruppen müssen durch die jeweiligen Anoden und Kathoden komplettiert werden. Diese bestehen üblicherweise aus Loch- oder Streckmetallblechen oder Gittern aus korrosionsbeständigen Metalllegierungen, die vorzugsweise mit einem dünnen Oberflächenfilm aus elektrokatalytischem Material beschichtet sind.

[0041] [Fig. 7](#) zeigt einen Querschnitt der Baugruppe der [Fig. 3](#), wobei die Anode **17** und die Kathoden **18** durch Befestigung, beispielsweise Verschweißen, auf geeigneten Trägern **16** installiert wurde, die wiederum vorzugsweise durch Verschweißen, mit der Wand **1** verbunden sind. Zum besseren Verständnis der Struktur der Anordnung der [Fig. 7](#) ist eine dreidimensionale Darstellung in den [Fig. 8a](#) (Blick von der Anodenseite) und [Fig. 8b](#) (Blick von der Kathodenseite) wiedergegeben.

[0042] Im Stand der Technik ist es üblich, eine Schicht eines elektrokatalytischen Materials auf den Loch- oder Streckblechen oder Gittern **17** und **18** vor deren Befestigung auf den Trägern **16** aufzutragen: der Grund für dieses Vorgehen liegt in den für die Auftragung der elektrokatalytischen Beschichtung erforderlichen Temperatur, die häufig im Bereich von 400–500°C liegt. Würde man die Bleche oder Gitter vor der Auftragung der elektrokatalytischen Beschichtung auf den Trägern **16** befestigen, würde die anschließende Auftragung notwendigerweise die gesamte Anordnung Temperaturen von 400–500°C aussetzen, was sicherlich zu beträchtlichen Verformungen (Verlust an Planarität) führen würde, die auf Grund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Baumaterialien (Material der Anodenkammer, Material der Kathodenkammer, Material des Umfangs-Verstärkungselements) aufträte. Andererseits ist die Befestigung durch Verschweißen der vorab mit einer elektrokatalytischen Beschichtung versehenen Bleche und Gitter relativ kritisch, da in den Schweißbereichen das elektrokatalytische Beschichtungsmaterial in der geschmolzenen Zone eingebettet wird, was zu möglichen Kontaminationen und der damit verbundenen Entstehen von Defekten, wie Porosität und/oder Brüchigkeit einhergeht.

[0043] Während dieses Vorgehen – Anbringung einer elektrokatalytischen Beschichtung auf Bleche oder Gitter und anschließendes Verschweißen von diesen mit den Trägern **16** der Anordnungen – für die Herstellung von neuen Anordnungen toleriert werden kann, erweist es sich als sehr lästig in der sogenannten „Reaktivierungsphase“, die periodisch durchgeführt werden muss, weil die elektrokatalytischen Beschichtungen während der Elektrolyse einem fortschreitenden Verbrauch unterliegen. Da die elektrokatalytischen Filme eine niedrigere Betriebsspannung und somit einen niedrigeren Verbrauch an elek-

trischer Energie gewährleisten, ist es daher notwendig, sie zu erneuern.

[0044] Da man die Baugruppen nicht den für die Anbringungen der elektrokatalytischen Materialien erforderlichen hohen Temperaturen aussetzen kann, ist es erforderlich, die verbrauchten Bleche oder Gitter von den Trägern **16** zu lösen, was eine zeitraubende Maßnahme darstellt, die häufig Beschädigungen der Bleche oder Gitter hervorruft, was deren Austausch erzwingt.

[0045] Das oben erwähnte Problem betrifft die in den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) skizzierten Strukturen, aber nicht die in [Fig. 3](#) skizzierte Struktur, deren verschiedenen Bauteile alle aus demselben Material bestehen. Da die Baugruppe der [Fig. 2](#) dadurch gekennzeichnet ist, dass sie aus Bauteilen besteht, welche denselben Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, kann die Baugruppe ohne Verformungsgefahr hohen Temperaturen ausgesetzt werden. Eine wichtige Konsequenz dieser Eigenschaft ist, dass die neuen Baugruppen mit Blechen oder Gittern ausgerüstet werden können, die frei von elektrokatalytischen Beschichtungen sind (mit einer damit verbundenen wesentlichen Vereinfachung der Schweißverbindungen mit den Trägern **16**). In einer anschließenden Phase wird die gesamte Anordnung dem Auftragsverfahren der elektrokatalytischen Beschichtungen auf die Bleche oder Gitter bei relativ hohen Temperaturen unterworfen. Die „Reaktivierung“ von verbrauchten Baugruppen wird entsprechend durchgeführt: so werden insbesondere die verbrauchten Baugruppen behandelt, um Reste der alten elektrokatalytischen Beschichtung zu beseitigen, beispielsweise durch Sandblasen oder chemische Waschvorgänge, anschließend werden neue Beschichtungen mit einem Verfahren aufgebracht, das exakt dem entspricht, das bei neuen Baugruppen eingesetzt wird.

[0046] Ein weiterer Vorteil der Auftragung von elektrokatalytischen Beschichtungen auf die Baugruppen mit Loch- oder Streckmetallblechen oder Gittern besteht in dem Fehlen von Beschädigungen der Beschichtungen, die ansonsten durch die Befestigungsschweißnähte auf den gemäß Stand der Technik vorab mit der Beschichtung versehenen Bleche oder Gitter notwendigerweise hervorgerufen werden.

Patentansprüche

1. Bipolaranordnung für filterpressenartige Elektrolyseure, mit einem einzelnen Blech aus Metall oder einer Metalllegierung, ausgewählt aus der Gruppe der korrosionsbeständigen Metalle oder Metalllegierungen, wobei die beiden Seiten des einzelnen Blechs als Anoden- beziehungsweise Kathodenwand dienen und das einzelne Blech mit wenigstens zwei Umfangsflanschen versehen ist, wobei wenigstens

einer der Flansche ein vorgeformtes, mit dem einzelnen Blech nicht einstückiges Bauteil ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine aus einem vorgeformten Bauteil hergestellte Flansch aus einem Rahmen besteht, der aus einem Stab oder einem Rohr mit polygonalem Querschnitt aus einem Metall oder einer Metalllegierung derselben Gruppe der Metalle oder Legierungen wie das einzelne Blech gebildet ist, und dass der andere Flansch an dem Rahmen befestigt ist.

2. Anordnung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der andere Flansch mittels Nahtschweißung an dem Rahmen befestigt ist.

3. Bipolaranordnung für filterpressenartige Elektrolyseure, mit einem einzelnen Blech aus Metall oder einer Metalllegierung, ausgewählt aus der Gruppe der korrosionsbeständigen Metalle oder Metalllegierungen, wobei die beiden Seiten des einzelnen Blechs als Anoden- beziehungsweise Kathodenwand dienen und das einzelne Blech mit wenigstens zwei Umfangsflanschen versehen ist, wobei wenigstens einer der Flansche ein vorgeformtes, mit dem einzelnen Blech nicht einstückiges Bauteil ist, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine aus einem vorgeformten Bauteil bestehende Flansch durch Falten eines Metall- oder Metalllegierungsstreifens aus derselben Gruppe der Metalle oder Legierungen wie das einzelne Blech erhältlich ist und mittels Nahtschweißung an dem einzelnen Blech befestigt wird, und dass der andere Flansch durch Falten des einzelnen Blechs erhältlich ist, und dass zwischen dem wenigstens einen Flansch und dem anderen Flansch ein umfangverstärkendes Bauteil eingesetzt ist.

4. Bipolaranordnung für filterpressenartige Elektrolyseure, mit einem einzelnen Blech aus Metall oder einer Metalllegierung, ausgewählt aus der Gruppe der korrosionsbeständigen Metalle oder Metalllegierungen, wobei die beiden Seiten des einzelnen Blechs als Anoden- beziehungsweise Kathodenwand dienen und das einzelne Blech mit wenigstens zwei Umfangsflanschen versehen ist, wobei wenigstens einer der Flansche ein vorgeformtes, mit dem einzelnen Blech nicht einstückiges Bauteil ist, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgeformte Bauteil durch die beiden Randflansche gebildet wird, die ein einzelnes Umfangsteil mit U-förmigem Querschnitt bilden, das ein umfangverstärkendes Bauteil einschließt.

5. Anordnung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Umfangsbauteil durch Falten eines Streifens aus Metall oder einer Metalllegierung derselben Gruppe der Metalle oder Legierungen wie das einzelne Blech erhältlich ist.

6. Anordnung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Umfangsbauteil mittels Nahtschweißung an dem einzelnen Blech befestigt ist.

7. Anordnung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Umfangsteil mit einer Kante versehen ist.

8. Anordnung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Umfangsteil mittels Nahtschweißung von zwei vorgeformten Flanschen erhältlich ist, und dass die Kante mittels Nahtschweißung mit dem einzelnen Blech verbunden ist.

9. Anordnung gemäß einem der Ansprüche 2, 3, 6, oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nahtschweißung eine Laserschweißung ist.

10. Anordnung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umfangsflansche einen Kathodenflansch und einen Anodenflansch umfassen.

11. Anordnung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Herstellungsmaterial der Flansche und des einzelnen Blechs ausgewählt ist unter Ventilmetallen und deren Legierungen.

12. Anordnung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenflansch und das einzelne Blech aus Titanlegierung und der Kathodenflansch aus Titan bestehen.

13. Anordnung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Kathodenflansch, der Anodenflansch und das Blech aus Titan bestehen und dass wenigstens einer der Flansche mit einer Schutzschicht gegen Spaltkorrosion versehen ist.

14. Anordnung gemäß einem der vorherigen Ansprüche, die außerdem Träger umfasst, die an den Seiten des einzelnen Blechs befestigt sind, während eine Anode und eine Kathode wiederum an den Trägern befestigt sind, wobei die Anode und die Kathode aus Loch- oder Streckblechen oder Gittern bestehen, die mit Schichten versehen sind, welche elektrokatalytische Materialien umfassen, die erhältlich sind durch Auftragen eines Anstrichs mit einer Vorläuferverbindung des elektrokatalytischen Materials und anschließender Wärmebehandlung, die erforderlich ist, um den Anstrich in dieses Material umzuwandeln, dadurch gekennzeichnet, dass das Auftragen des Anstrichs auf die Bleche oder Gitter nach deren Befestigung an den Trägern durchgeführt und die gesamte Anordnung der Wärmebehandlung unterzogen wird.

15. Anordnung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine neu konstruierte Anordnung handelt.

16. Anordnung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine verbrauchte Anordnung handelt.

17. Filterpressenartiger Elektrolyseur für Elektrolyseverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass er aus einer Vielzahl von Anordnungen gemäß den vorherigen Ansprüchen aufgebaut ist.

18. Verfahren zur Elektrolyse einer wässrigen Lösung in einem filterpressenartigen Elektrolyseur, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyseur wenigstens eine Bipolaranordnung der Ansprüche 1 bis 16 umfasst.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die wässrige Lösung eine Salzsäurelösung ist, wobei die Elektrolyse mit chlorfrei-setzenden Anoden und sauerstoffverbrauchenden Kathoden durchgeführt wird, und dass das Metall oder die Metalllegierung der Umfangsflansche und des einzelnen Blechs Titan oder eine Titanlegierung ist.

20. Verfahren gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolyse eine Elektrolyse von alkalihaltigem Wasser ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

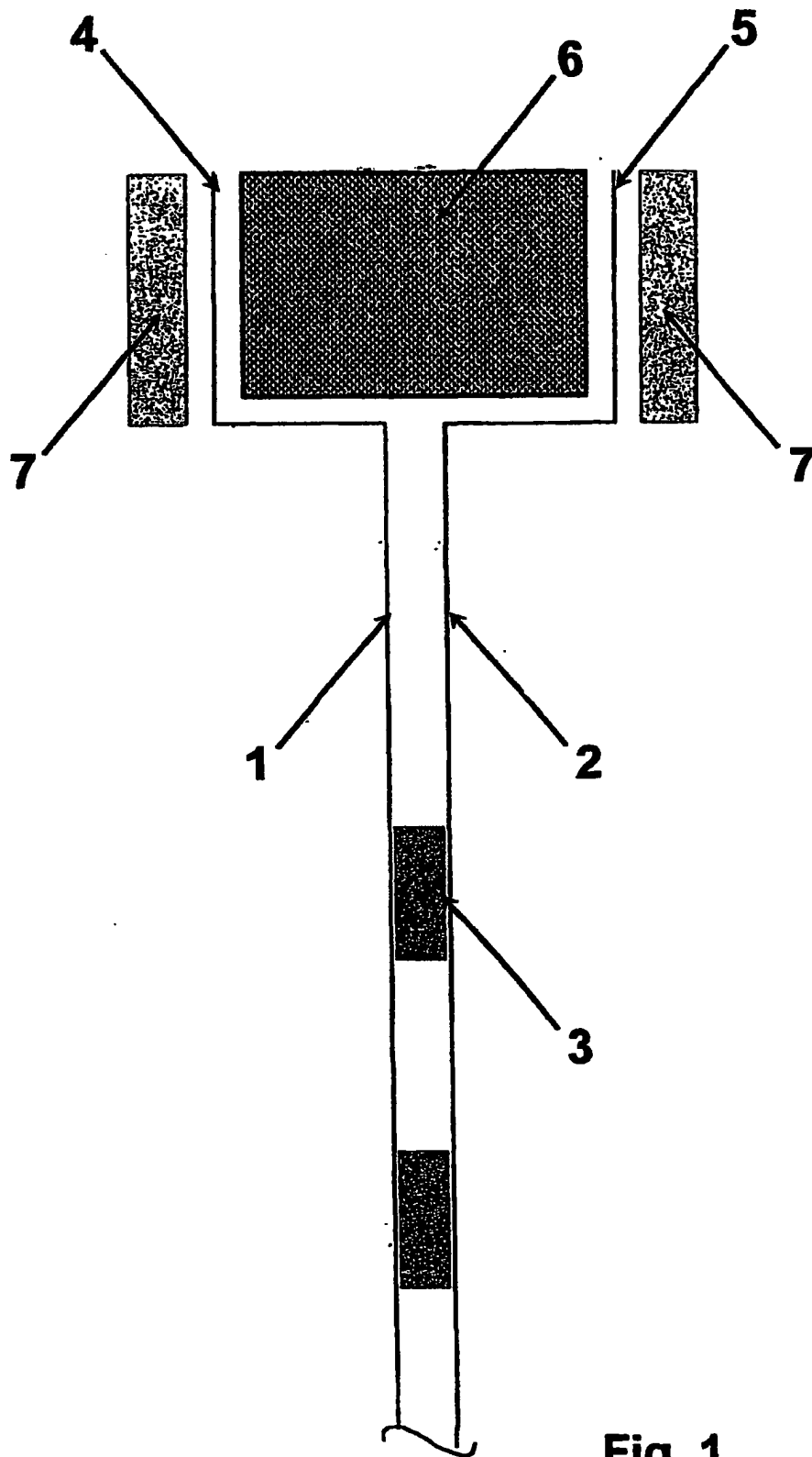


Fig. 1

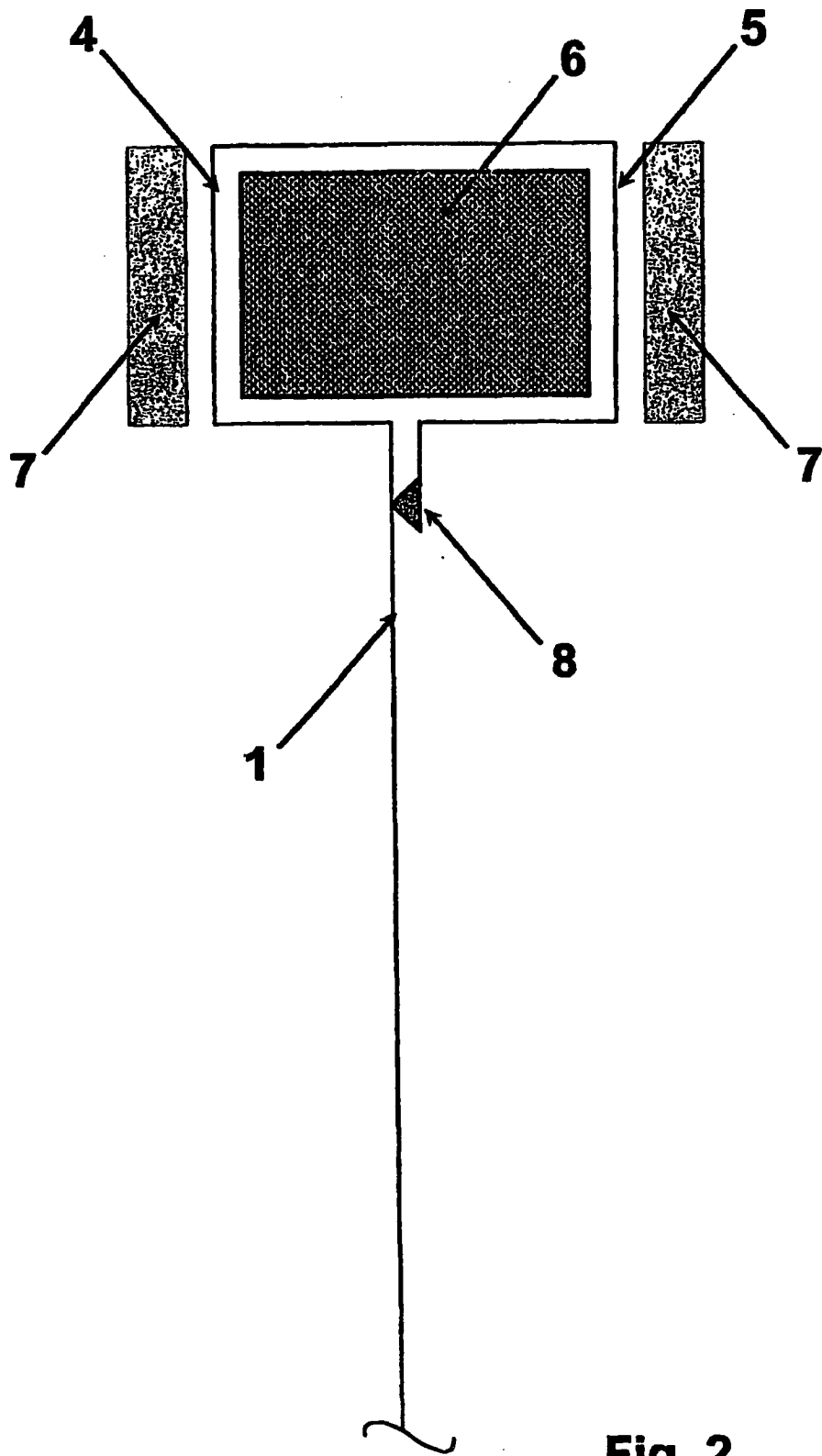


Fig. 2

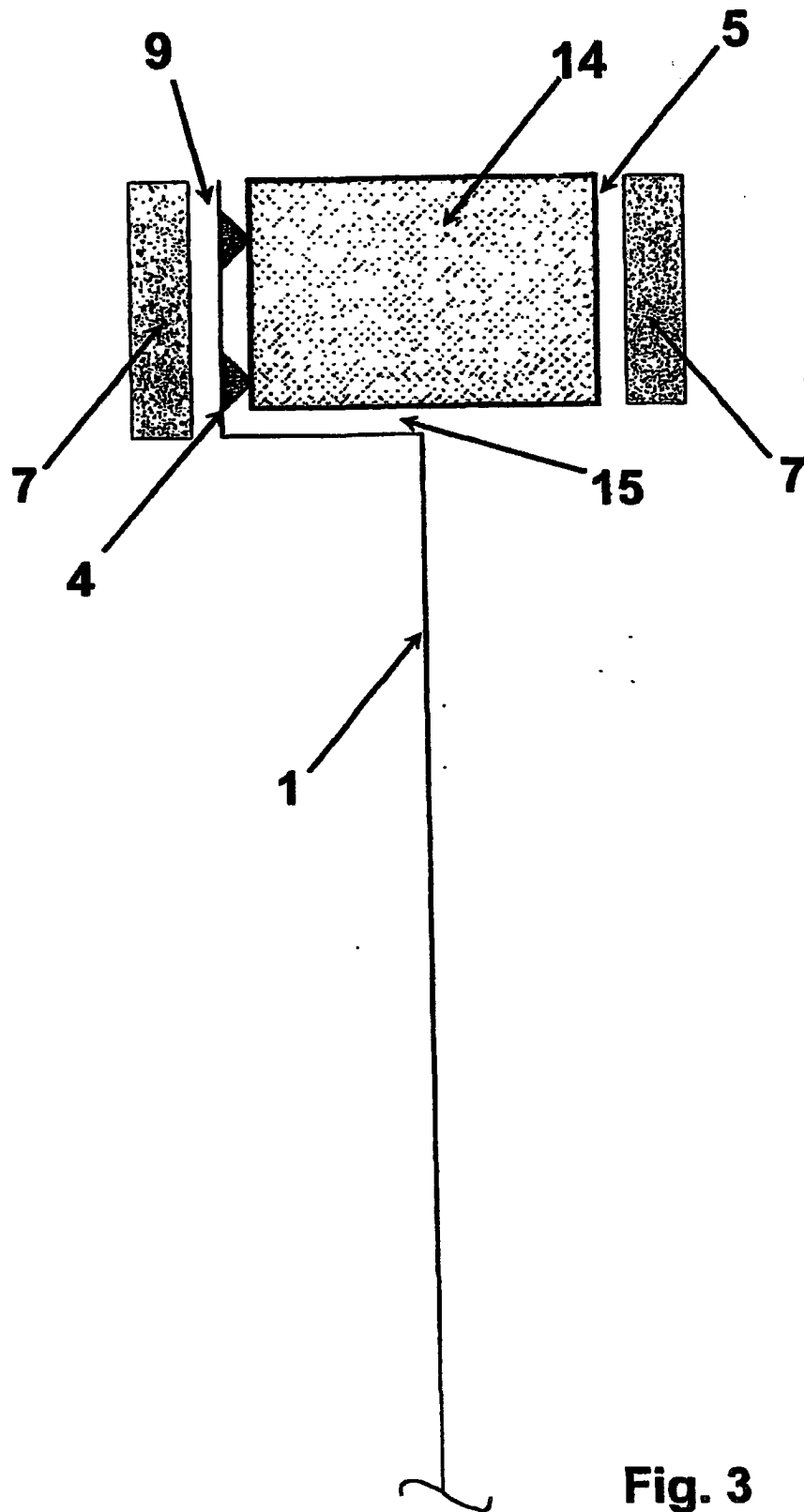


Fig. 3

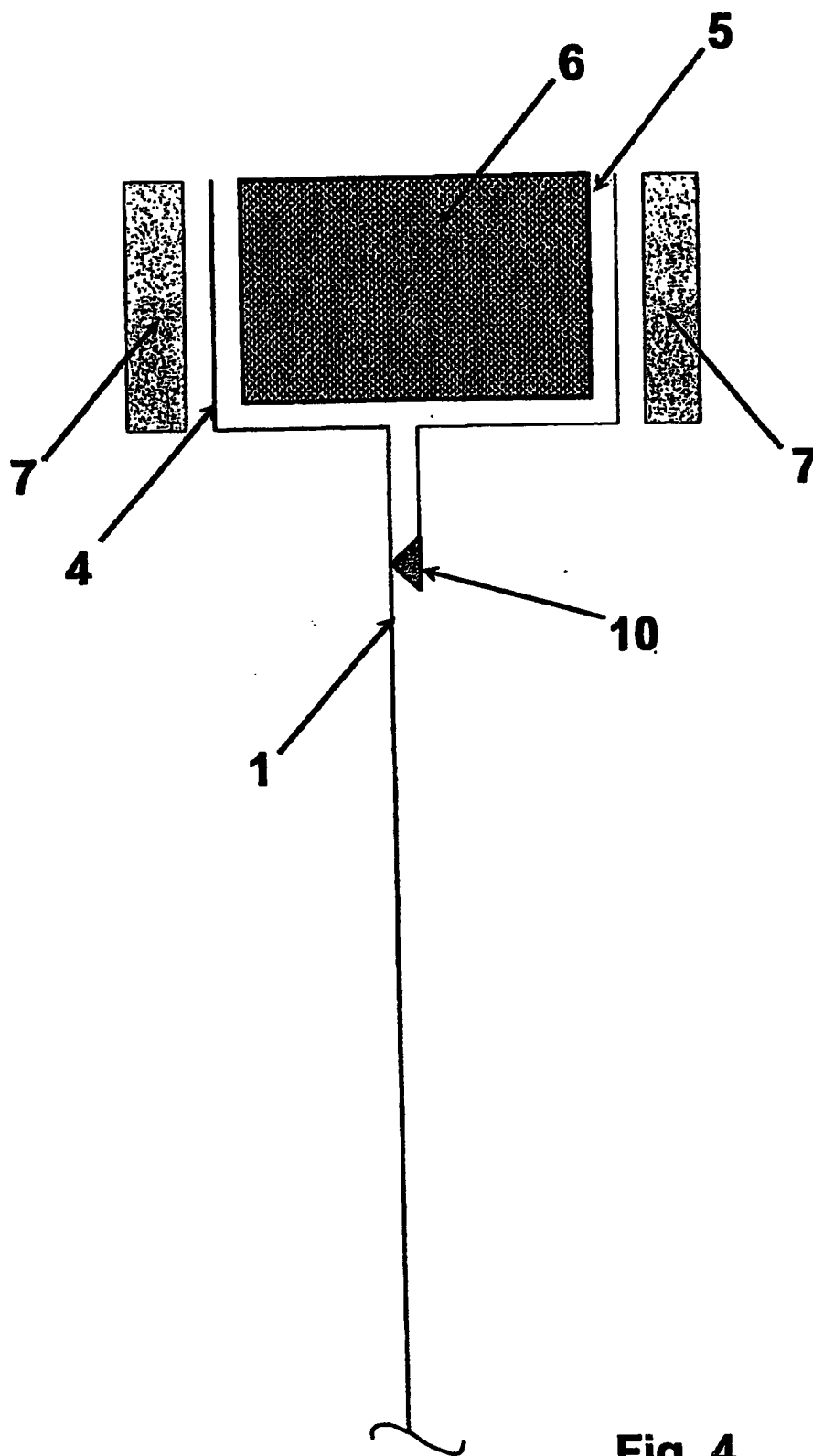


Fig. 4

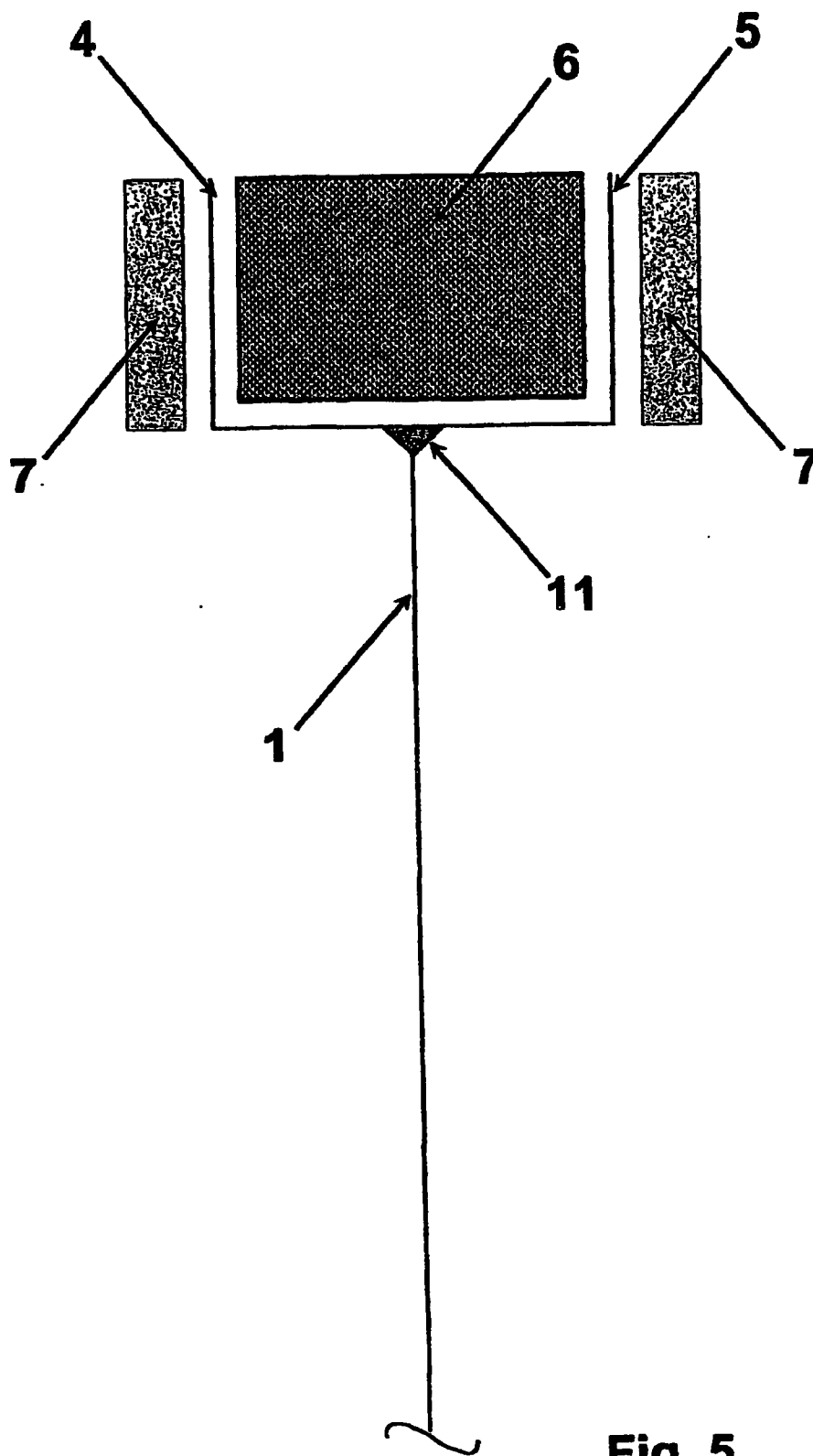


Fig. 5

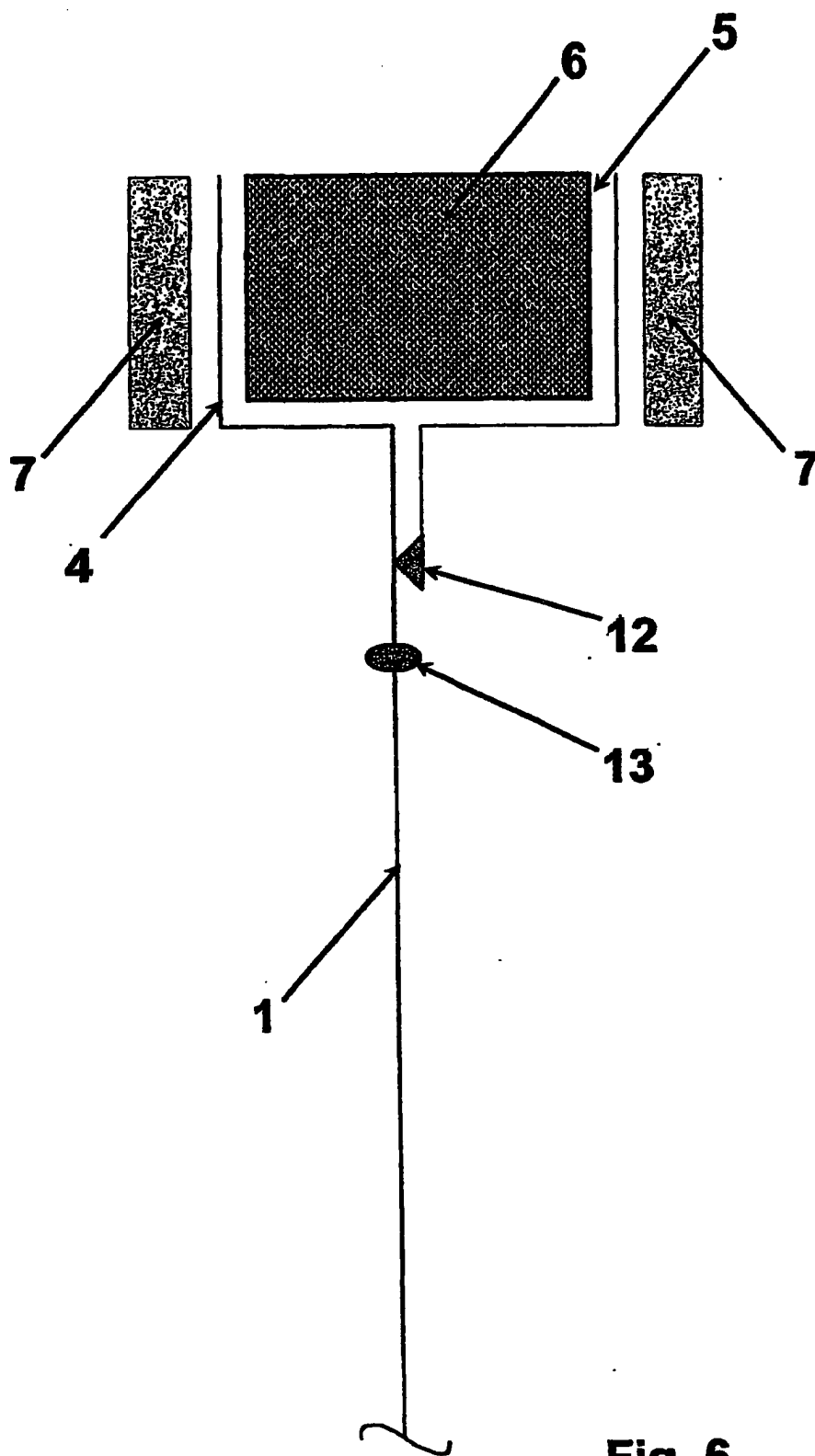


Fig. 6

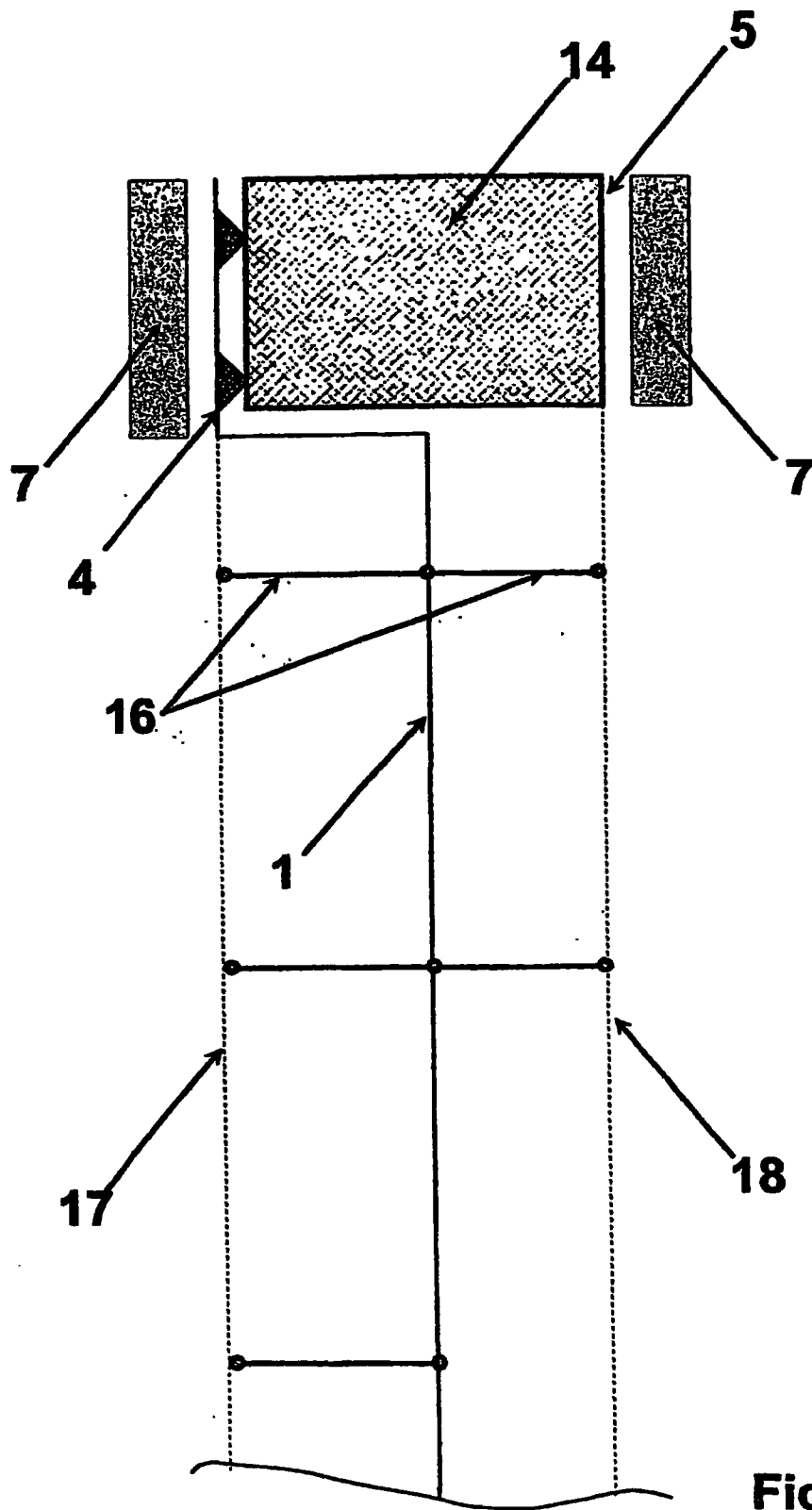


Fig. 7

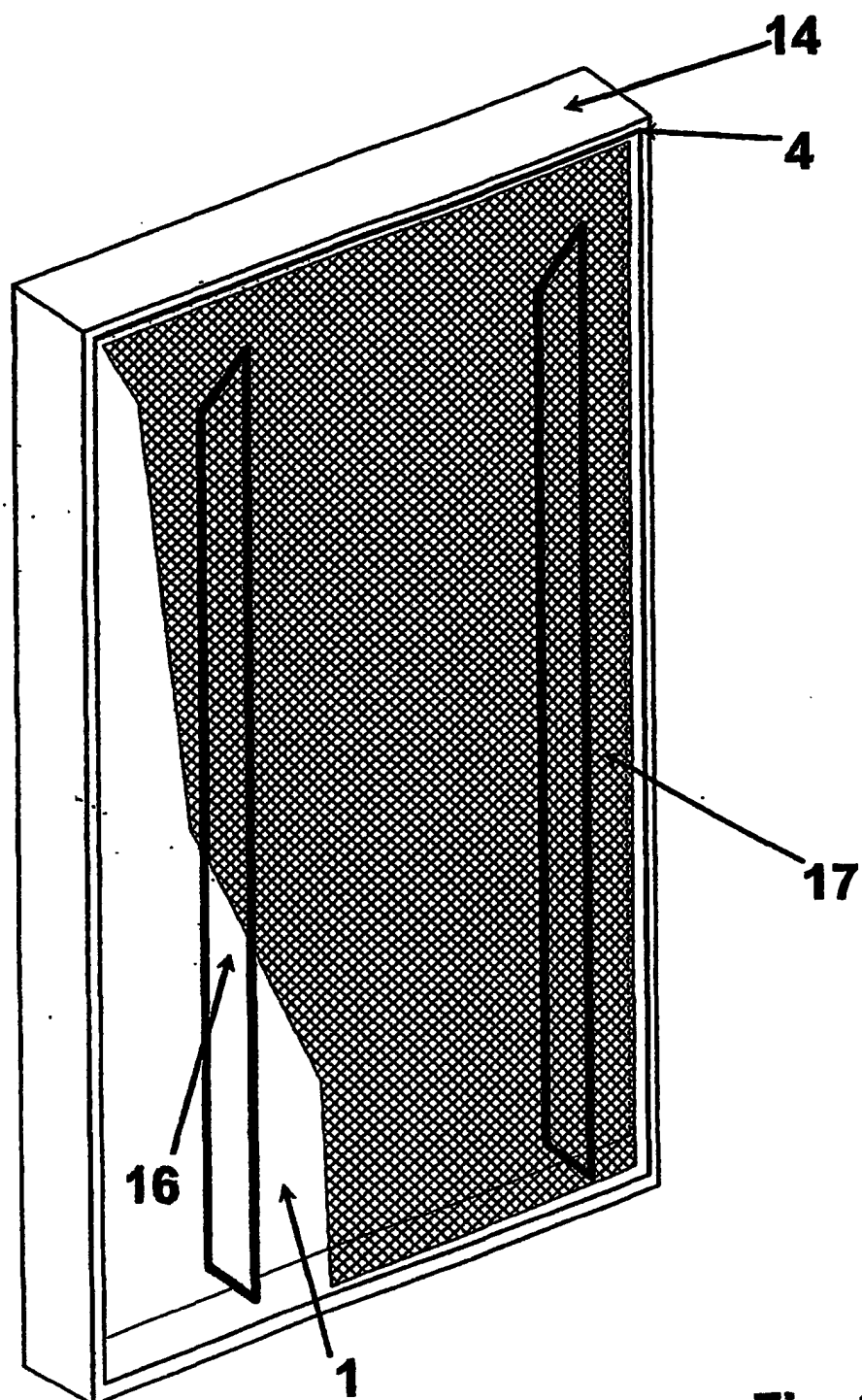


Fig. 8A

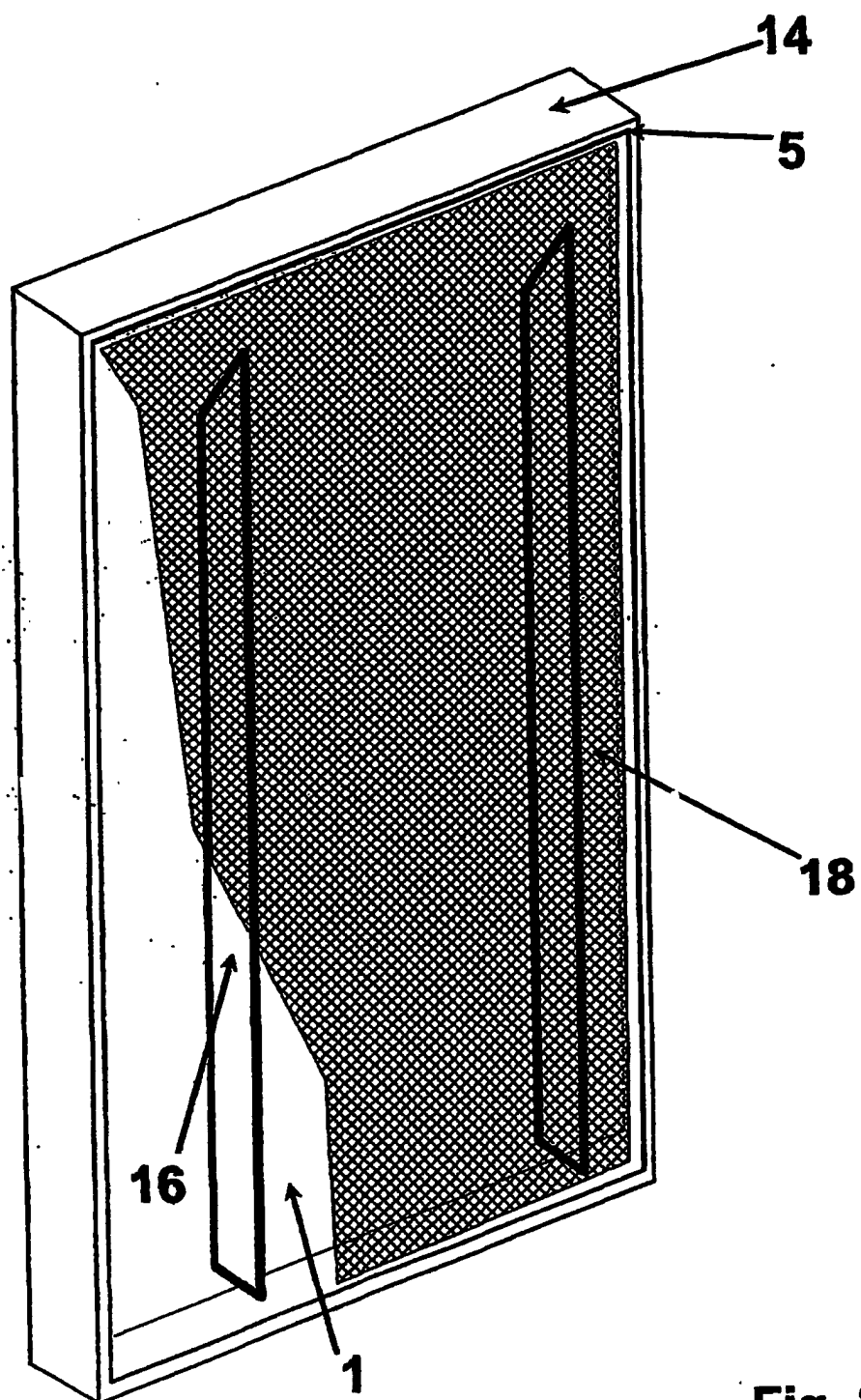


Fig. 8B