



(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1820/2005 (51) Int. Cl.⁸: H01M 2/02 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2005-11-08
(43) Veröffentlicht am: 2006-12-15

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0143300A1 WO 2004/079849A1
WO 1999/0393397A1

(73) Patentanmelder:
EN-O-DE, ENERGY ON DEMAND
PRODUCTION AND SALES GMBH
A-7000 EISENSTADT (AT)

(72) Erfinder:
MALY-SCHREIBER MARTHA DDR.
MÖDLING (AT)
HARRER MARTIN
WIEN (AT)
WHITEHEAD ADAM HARDING DR.
EISENSTADT (AT)
BUCSICH HERBERT
ANTAU (AT)

(54) RAHMEN FÜR EINE ZELLE EINES REAKTORS EINER REDOX-DURCHFLUSSBATTERIE

- (57) Eine Redox-Durchflussbatterie besteht aus einer Reihe von Rahmen, in denen Elektroden angeordnet sind und die zu Zellen zusammengesetzt werden, wobei zwei benachbarte Zellen durch bipolare Platten voneinander getrennt werden. Durch die Zellen werden Elektrolytflüssigkeiten mit unterschiedlichen Ladungszuständen durchgeführt. Für eine ordnungsgemäße Funktion einer solchen Redox-Durchflussbatterie, müssen die Rahmen untereinander und auch nach außen hin dicht sein, um einerseits zu verhindern, dass sich die Elektrolytflüssigkeiten mischen und andererseits um Leckagen von Elektrolytflüssigkeit zu meiden. Außerdem sollen solche Rahmen noch kostengünstig herstellbar sein, da für eine Redox-Durchflussbatterie eine große Anzahl Rahmen benötigt wird. Die gegenständliche Erfindung beschreibt einen hinsichtlich Dichtwirkung verbesserten Rahmen 1, der aus einem Elastomer gefertigt wird und dessen Stirnflächen gleichzeitig als Dichtflächen wirken und die einen in eine Stirnfläche des Rahmens 1 eingearbeiteten Kanal 4, 5 aufweisen, in denen eine Rippe 6 angeordnet ist, die den Kanal 4, 5 in Strömungsrichtung teilt.

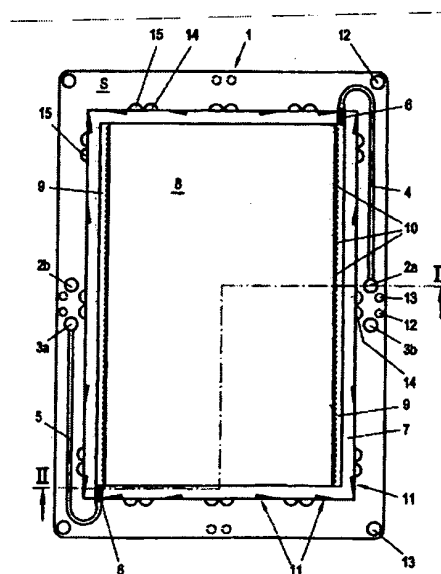


Fig. 1

Die gegenständliche Erfindung betrifft einen Rahmen für eine Zelle eines Reaktors einer Redox-Durchflussbatterie, wobei der Rahmen aus einem Elastomer geformt ist und zwei Stirnflächen aufweist, die zumindest teilweise als Dichtflächen ausgebildet sind und in zumindest einer Stirnfläche ein Kanal zum Zu- oder Abführen von Flüssigkeit zur Zelle vorgesehen ist, sowie
5 eine Zelle bestehen aus zwei solcher Rahmen, einem Modul bestehend aus einer Mehrzahl solcher Rahmen und einem Verfahren zur Herstellung eines solchen Rahmens.

Zellen eines Reaktors einer Redox-Durchflussbatterie bestehen in der Regel aus zwei nebeneinander liegenden Halbzellen, wobei jede Halbzelle aus je einem Rahmen gebildet ist, der eine
10 Öffnung aufweist, in der jeweils eine Elektrode angeordnet ist und die Halbzellen zumindest im Bereich der Öffnung durch eine semipermeable Membran getrennt sind. Die beiden Halbzellen werden dabei durch zwei Elektrolytflüssigkeiten durchströmt, wobei durch elektro-chemische Vorgänge elektrischer Strom erzeugt wird, der über die Elektroden abgegriffen wird. Bei einigen Typen von Redox-Durchflussbatterien, wie z.B. ein Vanadium-Redox-Durchflussbatterie oder
15 einer Vanadium/Polyhalid-Batterie, sind die beiden Elektrolytflüssigkeiten chemisch weitgehend ähnlich bzw. weisen nur einen anderen Oxidationszustand auf (z.B. V^{2+} und V^{3+} , VO_2^+ und VO^{2+}). Dieser Vorgang kann auch umgekehrt werden, womit die Elektrolytflüssigkeit (bzw. die Batterie) geladen wird. Mehrere solche Zellen werden in einer Redox-Durchflussbatterie zu einem Modul zusammengefasst, indem die einzelnen Zellen nebeneinander angeordnet werden,
20 um eine höhere Leistung bzw. Spannung zu erreichen. Die einzelnen Zellen werden dabei durch bipolare Platten voneinander getrennt. Solche Anordnungen sind in unterschiedlichsten Ausführungen hinlänglich bekannt.

Ein entscheidendes Designkriterium für solche Zellen ist die Dichtheit zwischen den beiden
25 Elektrolytflüssigkeiten, da es bei Leckagen, also bei Querströmungen in den Zellen zwischen den beiden Halbzellen oder externen Leckagen, zu Funktions-, Leistungs- bzw. Wirkungsgrad-einbußen in der Redox-Durchflussbatterie kommt. Kritisch ist dabei die Abdichtung zwischen den beiden Halbzellen, also zwischen den beiden Rahmen bzw. zwischen Rahmen und semipermeabler Membran, aber auch zwischen zwei nebeneinander liegenden Zellen in einem
30 Modul. Um ausreichende Dichtheit zwischen zwei Halbzellen zu erreichen, finden sich im Stand der Technik unterschiedliche Ansätze.

Frühe Ausführungen solcher Redox-Durchflussbatterien verwenden Elastomer-Rahmen, in denen die Elektroden angeordnet sind, und die durch eine Membran getrennt sind. Ein Beispiel
35 dafür ist die JP 63-298 977 A. Zwei benachbarte Zellen werden dabei durch bipolare Platten voneinander getrennt. Die Zellen werden durch eine Spannkraft zusammengepresst, wodurch ausreichende Dichtheit zwischen den aneinander liegenden Rahmen auch ohne Notwendigkeit des Verklebens der Rahmen gewährleistet werden kann. Die Zuführung der Elektrolytflüssigkeit zu den Zellen erfolgt dabei jedoch durch axial ausgerichtete, röhrenförmige Ansätze an den
40 Rahmen, Membranen und bipolaren Platten, durch die die Elektrolytflüssigkeiten zu- und abgeführt werden. Die Zu- und Abführungen können aber auch in die Elastomer-Rahmen integriert sein. Diese Ausführung hat jedoch den Nachteil, dass die Zu- und Abführung der Elektrolytflüssigkeit zu den Elektroden durch nachträglich gefertigte Verbindungsbohrungen von den röhrenförmigen Ansätzen zu den Elektroden verwirklicht werden muss, was einen erhöhten Fertigungsaufwand bedingt. Außerdem bilden diese Ansätze eine Schwachstelle in der Dichtheit der
45 Zellen, wenn die Spannkraft nicht direkt auf die Ansätze aufgebracht werden kann. Durch die Notwendigkeit, solche Ansätze auch an den Membranen und bipolaren Platten anzuordnen, weisen solche Zellen auch eine große Baulänge auf, was sich natürlich negativ auf die Baugröße einer Redox-Durchflussbatterie auswirkt.

Andere Designs verwenden unterschiedliche zusätzliche Dichtelemente, um eine Abdichtung zwischen den Teilen einer Zelle zu bewirken.

Bei dem in der JP 08-007 913 A2 gezeigten Ansatz wird eine Halbzelle aus fünf Rahmen gebildet, wobei ein PVC-Rahmen die bipolare Platte aus Karbon beinhaltet, ein PVC-Rahmen, in
55

dem die Elektrode angeordnet ist, zur Zu- und Abfuhr der Elektrolytflüssigkeit dient und der PVC-Rahmen mit bipolarer Platte, der PVC-Rahmen zur Zu- und Abfuhr der Elektrolytflüssigkeit und die Membran durch jeweils eine Trennplatte aus Ethylen-Propylen-Gummi (EPR) getrennt werden. Diese EPR-Trennplatte dient gleichzeitig auch als Dichtung zwischen den PVC-Rahmen bzw. zwischen PVC-Rahmen und Membran der Halbzelle. Durch diesen Aufbau einer Halbzelle und der Anzahl der Einzelteile wird die Konstruktion einer Zelle und damit einer Redox-Durchflussbatterie aufwendig. Außerdem wird dadurch der Aufwand zum Zusammenstellen einer Zelle bzw. einer ganzen Redox-Durchflussbatterie bzw. die Fehleranfälligkeit beim Zusammenstellen erheblich erhöht.

Eine weitere solche Ausführung zeigt z.B. die EP 870 342 A1, die Rahmen aus einem thermoplastischen Material (wie z.B. Polystyren, Polymethylmetacrylat oder Polycarbonat) betrifft, die Ausnehmungen und Erhebungen aufweisen, die in einer Art Nut und Federsystem zusammenwirken. Die Erhebungen sind dabei etwas größer ausgeführt als die Ausnehmungen, sodass beim Zusammenpressen der deformierbaren Rahmen entlang den Ausnehmungen und Erhebungen eine Dichtung zwischen den beiden Rahmen entsteht. Diese Dichtung wird dabei natürlich notwendigerweise entlang des gesamten Umfangs eines Rahmens ausgeführt. Dieser Veröffentlichung ist jedoch nicht zu entnehmen, wie die Elektrolytflüssigkeiten in den Rahmen zu- bzw. abgeführt werden.

Andere Ausführungen verwenden O-Ringe als Dichtelemente zwischen aneinander liegenden Rahmen einer Zelle, wie z.B. in der EP 1 411 575 A1 gezeigt. Dabei werden die O-Ringe in Nuten eines PVC-Rahmes angeordnet und dichten somit zwischen zwei aneinander liegenden Rahmen. Die Zu- und Abführung der Elektrolytflüssigkeiten zu den Rahmen erfolgt dabei über Kanäle in den Rahmen.

Diesen bekannten Ausführungen eines Rahmens einer Zelle einer Redox-Durchflussbatterie mit eigenen Dichtelementen ist gemein, dass sie entweder aufwendig in der Fertigung und/oder im Zusammenbau sind oder jeweils ein zusätzliches Dichtelement benötigen, was ebenfalls den Aufwand für eine solche Zelle erhöht.

Aus der Veröffentlichung „Status of the vanadium battery development program“, Menictas C., et al, Electrical Engineering Congress, Sydney, Australia 1994 (abrufbar unter <http://www.ceic.unsw.edu.au/centers/vrb/eec94a.htm>) ist wiederum ein Rahmen aus Santoprene (Elastomer) bekannt, der durch Spritzgießen hergestellt wird und bei dem die Stirnflächen der Rahmen gleichzeitig als Dichtflächen wirken und somit kein Verkleben oder zusätzliche Dichtungen notwendig sind. Allerdings wurde festgestellt, dass es bei solchen Rahmen hervorgerufen im Wesentlichen durch die Verformung des Rahmens beim Zusammenpressen zu Dichtproblemen, insbesondere im Bereich der in den Stirnflächen angeordneten Kanäle kommen kann, was zu Querströmungen zwischen den Elektrolytflüssigkeiten oder zu einem nach außen Dringen von Elektrolytflüssigkeit führen kann. Andererseits kann es durch Verformungen auch zu einem Verengen der Kanäle kommen, was wiederum die Funktion beeinträchtigen würde. Obwohl solche kleinen Leckagen oder geringfügige Verengungen der Kanäle für den Betrieb der Batterie und funktionell problemlos sein können, führen diese doch zu unerwünschten Wirkungsgrad- und Leistungseinbußen. Im Extremfall, bei besonders großen Verformungen, kann es aber auch zu einem Ausfall der Batterie kommen, z.B. wenn der Kanal so weit verengt wird, dass nicht genug Elektrolytflüssigkeit durchgeleitet werden kann, oder wenn zu große Leckagen bzw. Leckagen nach außen auftreten.

Eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ist es folglich, einen kompakten Rahmen, sowie eine Zelle und einen Modul einer Redox-Durchflussbatterie anzugeben, der einfach zu fertigen ist, eine einfache, sichere und rasche Montage der Rahmen zu einer Zelle bzw. zu einem Modul einer Redox-Durchflussbatterie ermöglicht und eine verbesserte Dichtwirkung ohne Beschränkung der Funktionalität des Rahmens sicherstellt.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, indem im Kanal, bevorzugt im Mündungsbereich des Kanals, zumindest eine Rippe vorgesehen ist, die den Kanal in Strömungsrichtung teilt, womit der Kanal (und damit auch der Rahmen selbst) versteift werden kann. Damit wird einerseits verhindert, dass sich der Kanal durch den Anpressdruck verengt bzw. verwölbt, zumindest wird jedoch dieser Effekt durch die Rippe reduziert. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit einer Leckage im Bereich der Kanäle oder einer zu großen Verengung der Kanäle zumindest reduziert. Im Bereich der Fläche, in der die bipolare Platte den Rahmen berührt, ist der Druck auf den Rahmen größer als auf die restliche Fläche des Rahmens. Die Rippe dient folglich auch dazu, den Kanal insbesondere in diesem Bereich zu stärken und zu verhindern, dass der Kanal in der Nähe der bipolaren Platte deformiert wird, was ebenfalls zu Leckagen führen könnte.

Durch die Anordnung des Zuführ- oder Abführkanals in der Stirnfläche, kann ein solcher Rahmen sehr einfach gefertigt werden, da dadurch die Fertigung durch ein Warmformverfahren, wie z.B. durch Spritzgießen, in einem Arbeitsgang möglich ist. Ein aufwendiges Nachbearbeiten, z.B. zum Bohren von Zuführkanälen, ist damit nicht mehr nötig, da sämtliche Merkmale des Rahmens durch eine entsprechende Gestaltung z.B. der Spritzgussform verwirklicht werden können.

Dadurch, dass der Rahmen erfindungsgemäß aus einem Elastomer gefertigt wird, ist die Stirnfläche zumindest teilweise gleichzeitig auch Dichtfläche. Nach bisher vorherrschender Meinung wurde es für problematisch gehalten, den Zuführ- oder Abführkanal in der Stirnfläche bzw. der Dichtfläche anzuordnen. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass erkannt wurde, dass sich der elastische Rahmen, vor allem im Bereich des Kanals, der ja eine Schwächung des Rahmens darstellt, unter dem Anpressdruck, der benötigt wird, um eine Dichtfunktion zu erzielen, natürlich verformen oder verwölben wird und damit auch der Strömungsquerschnitt des Zu- oder Abführkanals verengt oder im schlimmsten Fall verschlossen wird und andererseits durch die Verwölbung des Kanals Elektrolytflüssigkeit ausfließen kann. Deshalb finden sich in jüngeren Veröffentlichungen zu Durchflussbatterien auch großteils starre Rahmen (z.B. aus einem Thermoplast), da bei diesen dieses Problem nicht auftreten kann. Untersuchungen des Anmelders haben jedoch ergeben, dass ein solcher elastischer Rahmen mit einem in der Stirnfläche bzw. Dichtfläche eingeformten Kanal mit einer darin angeordneten Rippe die Dichtwirkung eines Rahmens einer Zelle einer Redox-Durchflussbatterie verbessert.

Eine günstige Strömung von Elektrolytflüssigkeit durch den Rahmen kann erzielt werden, wenn in einer Stirnfläche zwei Kanäle vorgesehen sind, die im Rahmen diametral gegenüberliegend angeordnet sind.

Die Rahmen lassen sich einfacher zu einer Zelle bzw. zu einem Modul zusammensetzen, wenn in einer Stirnfläche kein Kanal vorgesehen ist. Diese Fläche kann zudem auch zur Anordnung einer semipermeablen Membran genutzt werden.

Die Elektrode einer Halbzelle wird vorteilhaft in einer im Rahmen vorgesehenen Öffnung angeordnet, in die der Kanal oder die Kanäle münden. Die Elektrode kann dabei im nicht zusammengedrückten Zustand eine größere Dicke wie der Rahmen haben, und wird durch das Zusammendrücken der Rahmen auf die im Wesentlichen gleiche Dicke wie der Rahmen zusammengedrückt. Die Elektrolytflüssigkeit kann daher durch die Kanäle einfach der Elektrode zu- bzw. abgeführt werden.

Um eine gleichmäßige Verteilung der Elektrolytflüssigkeit in der Öffnung bzw. der Elektrode sicherzustellen, ist im Rahmen ein Verteilkanal vorgesehen, der sich vorzugsweise entlang einer Seite der Öffnung erstreckt und in den ein Kanal mündet und der zur Stirnseite des Rahmens hin offen ist und zur Öffnung hin eine Anzahl von Stegen aufweist. Damit wird verhindert, dass die Elektrode in den Verteilkanal rutscht oder sich in den Verteilkanal hinein verformt, womit eine ungleichmäßige Verteilung der Elektrolytflüssigkeit vermieden wird. Die Stege dienen auch dazu, zu verhindern, dass Fasern aus der Elektrode in den Elektrolytflüssigkeitskreis-

lauf gelangen, was dort zu Blockaden der Pumpen oder zum Verlegen der Leitungen bzw. von Ventilen führen könnte.

In einer um den Umfang der Öffnung herum vorgesehenen Vertiefung kann vorteilhaft eine bipolare Platte angeordnet werden. Durch die Vertiefung wird gleichzeitig eine Zentrierung der Platte möglich, was die für das Zusammenstellen der Zellen vorteilhaft ist. Durch die Anordnung einer Anzahl von Dichtfingern in der Vertiefung, die vorzugsweise teilweise unterschiedliche Längen aufweisen und die sich vom Rand der Vertiefung zur Öffnung hin erstrecken, wird weiters eine zusätzliche Dichtwirkung erzielt, was die Leistung der Batterie und insbesondere den Wirkungsgrad, im speziellen den Coulombschen Wirkungsgrad (also wie viel Ladung verfügbar ist verglichen mit der Ladung, die benötigt wird, um die Zelle zu laden), der Batterie erhöhen kann.

Die Rahmen lassen sich besonders einfach zu Zellen und Modulen zusammenstellen, wenn an den Stirnflächen eine Anzahl von Noppen und Vertiefungen angeordnet sind, die zur Ausrichtung und gleichzeitig auch zur Lagefixierung der Rahmen zueinander dienen.

Ein erfindungsgemäßer Rahmen kann vorteilhaft in einer Zelle oder einem Modul einer Redox-Durchflussbatterie verwendet werden.

Durch die Verwendung eines Elastomer als Material für den Rahmen und die besondere Gestaltung des Rahmens kann der Rahmen in einem Arbeitsschritt mit einem Warmformverfahren, vorzugsweise durch Spritzgießen oder Pressformen, hergestellt werden, wodurch der Herstellungsvorgang weitestgehend vereinfacht wird und kein aufwendiges Nachbearbeiten des Rahmens mehr notwendig ist. Damit lassen sich auch die Kosten für einen solchen Rahmen bzw. einer Zelle oder einer Redox-Durchflussbatterie erheblich reduzieren.

Die vorliegende Erfindung wird im Nachfolgenden anhand der schematischen, nicht einschränkenden Figuren 1 bis 6 beschrieben, die jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele zeigen. Dabei zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rahmens in einer Grundsicht, Fig. 2 einen Schnitt durch den erfindungsgemäßen Rahmen entlang der Linie II-II, Fig. 3 eine Darstellung mehrerer nebeneinander angeordneter Zellen, Fig. 4 einen Schnitt durch zwei nebeneinander liegende Rahmen während der Montage, Fig. 5 einen Reaktor einer Redox-Durchflussbatterie und Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung eines Schnittes durch zwei nebeneinander liegenden Rahmen mit bipolarer Platte und Dichtfingern.

Zur Beschreibung der Merkmale eines erfindungsgemäßen Rahmens wird im Folgenden auf die Figs. 1 und 2 Bezug genommen. Der Rahmen 1 ist aus einem Elastomer, wie z.B. ein polyolefinisch thermoplastisches Elastomer (TPE oder TPO), wie z.B. Santoprene, oder ein thermoplastisches Vulkanat (TPV), gefertigt, insbesondere in einem Spritzgießverfahren. Das Rahmenmaterial weist z.B. eine Härte im Bereich von 40 - 95 Shore A, bevorzugt 60 - 75 Shore A, auf. Im Rahmen 1 ist in seiner Mitte eine Öffnung 8 vorgesehen, in der eine Elektrode 20, z.B. eine Matte aus Karbonfasern, angeordnet werden kann (siehe Fig. 3). Um die Öffnung 8 herum ist eine Vertiefung 7 vorgesehen, in der eine bipolare Platte 22 angeordnet werden kann (siehe Fig. 3). Ein solcher Rahmen 1 mit Elektrode 20 bildet dabei eine Halbzelle einer Zelle 30 eines Reaktors 32 einer Redox-Durchflussbatterie, wie weiter unten noch genauer beschrieben.

Der Rahmen 1 weist weiters durchgehende Bohrungen 2a, 3a auf, die die beiden Stirnflächen S miteinander verbinden und durch die Elektrolytflüssigkeit gepumpt wird. Die Bohrung 2a dient dabei beispielsweise als Zufuhr und die Bohrung 3a als Abfuhr für Elektrolytflüssigkeit einer Halbzelle. Eine Halbzelle wird von einer ersten Elektrolytflüssigkeit durchströmt und die benachbarte Halbzelle, die durch eine semipermeable Membran von der ersten getrennt ist (siehe

in Fig. 3), von einer zweiten Elektrolytflüssigkeit. Diese zweite Elektrolytflüssigkeit wird durch den Rahmen 1 durchgehende Bohrungen 2b, 3b geführt und versorgt die benachbarte Halbzelle der Zelle mit Elektrolytflüssigkeit.

5 In einer Stirnfläche S des Rahmens 1, die zumindest teilweise auch Dichtfläche ist, ist ein Kanal 4, 5 angeordnet, wobei ein Kanal 4 mit einem Ende mit der Zuführbohrung 2a verbunden ist und einen Zuführkanal bildet. Der Kanal 4, 5 kann auch im als Dichtfläche vorgesehenen Teil der Stirnfläche S angeordnet sein. Bevorzugt kann auch die gesamte Stirnfläche S Dichtfläche sein. Der Kanal 4 ist zur Stirnfläche S hin offen und erstreckt sich in einer Ebene parallel zur Stirnfläche S. Der zweite Kanal 5 ist diametral gegenüber angeordnet und bildet einen Abführkanal. Die nachfolgende Beschreibung des Zuführkanals 4 gilt folglich auch für den Abführkanal 5 gleichermaßen. Der Zuführkanal 4 mündet an seinem anderen Ende in einen Verteilkanal 9, der entlang einer Seite der Öffnung 8 angeordnet ist und der zur Öffnung 8 in durch mehrere Stege 10 begrenzt ist, die sich bevorzugt vom Boden des Verteilkanals 9 bis zur Oberkante der Vertiefung 7 erstrecken. Die Stege 10 sollen dabei im Wesentlichen verhindern, dass die Elektrode in den Verteilkanal rutscht oder in diesen hineinverformt wird, was eine ungleichmäßige Verteilung der Elektrolytflüssigkeit bewirken würde, und um zu verhindern, dass aus der Elektrode ausgeschwemmte Fasern in den Elektrolytflüssigkeitskreislauf gelangen.

20 Im Mündungsbereich des Zuführkanals 4 (bzw. des Abführkanals 5) in den Verteilkanal 9 ist eine Rippe 6 angeordnet, die den Zuführkanal 4 in Strömungsrichtung teilt. Der Zuführkanal 4 kann im Bereich der Rippe 6 etwas breiter sein, um einen gleich bleibenden Strömungsquerschnitt zu erreichen. Die Rippe 6 dient hauptsächlich dazu, den Kanal 4, 5 im Mündungsbereich steifer zu machen, damit sich dieser beim aneinander Pressen zweier benachbarter Halbzellen einer Zelle, und insbesondere auch im Bereich der bipolaren Platte zwischen zwei benachbarten Zellen, nicht (zu stark) verformt, was im schlimmsten Fall dazu führen könnte, dass der Kanal 4 verschlossen wird oder der Strömungsquerschnitt so weit eingeschränkt wird, dass nicht mehr ausreichend Elektrolytflüssigkeit zu- bzw. abgeführt werden kann. Durch den wirkenden Anpressdruck kann sich der Rahmen im Bereich des Kanals 4, 5 aber andererseits auch verwölben, was dazu führen kann, dass an dieser Stelle der Rahmen 1 undicht wird und Elektrolytflüssigkeit vom Kanal 4, 5 ausströmt. Auch dieser negative Effekt wird durch die Anordnung einer Rippe 6 im Kanal 4, 5 verbessert. Obwohl grundsätzlich beliebig viele Rippen im Kanal 4, 5 angeordnet sein können, ist bevorzugt eine Rippe 6 im Kanal 4, 5 angeordnet, da bei mehreren Rippen 6 der Strömungswiderstand ansteigt. Wenn kein Verteilkanal 9 vorgesehen ist, mündet der Kanal 4, 5 natürlich direkt in die Öffnung 8.

Der Kanal 4, 5 kann auch einen abgerundeten Boden (z.B. halbkreisförmig) aufweisen, wodurch Deformationen des Kanals 4, 5 wenn die Rahmen 1 zusammengepresst werden verringert bzw. vermieden werden.

40 Die Elektrolytflüssigkeit wird also über die Zuführbohrung 2a zugeführt, gelangt von dort über den Zuführkanal 4 in den Verteilkanal 9 und weiter zur in der Öffnung 8 angeordneten Elektrode 20. Die Elektrolytflüssigkeit strömt durch die Elektrode 20, wird an der gegenüberliegenden Seite über einen weiteren Verteilkanal 9 gesammelt und wird über den Abführkanal 5 und der Abführbohrung 3a wieder abgeführt.

In der Vertiefung 7 ist weiters eine Anzahl von Dichtfingern 11 angeordnet, deren Funktion weiter unten mit Referenz auf Fig. 6 näher beschrieben wird.

50 Um das Aneinanderreihen mehrerer solcher Rahmen zu Zellen und zu Modulen einer Redox-Durchflussbatterie zu erleichtern, sind weiters am Rahmen 1 eine Reihe von von den Stirnflächen S abstehenden Noppen 12, 14 und zugehörige in den Stirnflächen S eingearbeiteten Ausnehmungen 13, 15 vorgesehen, die somit eine einfache Zentrierung der bipolaren Platten 22 und zweier benachbarter Rahmen 1 und/oder von Teilen einer Halbzelle und dem Rahmen 1 ermöglichen. Die den Kanälen 4, 5 abgewandte Stirnseite des Rahmens 1 ist hier, mit Ausnah-

me von eventuell vorhandenen Noppen 12, 14 oder Ausnehmungen 13, 15, im Wesentlichen glatt ausgeführt.

Es ist aber im Rahmen der Erfindung selbstverständlich möglich, die Kanäle 4, 5, die Bohrungen 2, 3 und die Verteilkanäle 9 auch an anderen Stellen anzuordnen oder anders als oben beschrieben auszuführen.

Durch diese besondere Ausgestaltung eines Rahmens 1, insbesondere der Anordnung der Kanäle 4, 5, und des gewählten Materials, nämlich ein Elastomer, kann ein solcher Rahmen in einem Arbeitsschritt in einem Warmformverfahren, wie z.B. durch Spritzgießen, hergestellt werden. Eine aufwendige Nachbearbeitung des Rahmens 1 ist nicht mehr erforderlich. Dies ermöglicht eine besonders einfache und kostengünstige Herstellung.

In Fig. 3 ist ein Ausschnitt eines Reaktors 32 einer Redox-Durchflussbatterie mit einer Anzahl von nebeneinander angeordneten Zellen 30 dargestellt. Die Zellen 30 bestehen jeweils aus zwei Halbzellen, die von einem Rahmen 1 und einer darin angeordneten Elektrode 20 gebildet werden. Die Elektrode 20 kann dabei dicker sein als der Rahmen 1 und wird durch das Zusammendrücken der Halbzellen komprimiert. Da auch zwischen den beiden Halbzellen auch noch die bipolare Platte 22 angeordnet ist, wird die Elektrode 20 auf eine Dicke zusammengedrückt, die um die Hälfte der Dicke der bipolaren Platte 22 kleiner ist, als die Dicke des Rahmens 1. Die zwei Halbzellen einer Zelle 30 sind durch eine semipermeable Membran 24, typischerweise eine Ion-Austauschmembran (entweder Kation- oder Anion-Austausch Membran, z.B. Nafion 115), voneinander getrennt. Zwei benachbarte Zellen 30 sind jeweils durch eine bipolare Platte 22 voneinander getrennt. Die Dichtung zwischen zwei benachbarten Rahmen 1 bzw. zwischen Rahmen 1 und semipermeabler Membran 24 erfolgt über die Stirnflächen der Rahmen 1, die zumindest teilweise als Dichtflächen dienen. Mehrere solcher Zellen 30 ergeben einen Reaktor (Modul) 32 einer Redox-Durchflussbatterie. Die beiden Elektrolytflüssigkeiten mit unterschiedlichem Ladungszustand werden über Bohrungen 2, 3 zugeführt und wie oben beschrieben durch die Zellen 30 durchgeführt, wodurch es wie hinlänglich bekannt durch elektro-chemische Vorgänge zur Erzeugung von elektrischem Strom kommt bzw. die Batterie oder genauer die Elektrolytflüssigkeiten wieder aufgeladen werden.

Der Montagevorgang des Reaktors 32 wird durch die Noppen 12, 14 und den zugehörigen Ausnehmungen 13, 15 wesentlich vereinfacht, da die Elektroden 20 im nicht komprimierten Zustand dicker sind als die Rahmen, wie in Fig. 4 angedeutet. Wenn der Reaktor 32 zusammengestellt wird, sitzen die Rahmen 1 über die Vertiefungen 13, 15 auf den Noppen 12, 14 der benachbarten Rahmen 1 auf und die bipolaren Platten 22 sitzen auf den Elektroden 20 der benachbarten Rahmen 1 auf. Die Noppen 14 helfen in diesem Zustand darüber hinaus die bipolaren Platten 22 relativ zu den Rahmen 1 auszurichten und in eine Lage zu bringen, damit diese im zusammengepressten Zustand in der Vertiefung 7 zu liegen kommen. Alle Teile des Reaktors 32 sind somit zueinander ausgerichtet und behalten beim Zusammendrücken ihre Lage zueinander, wodurch die Montage des Reaktors 32 wesentlich erleichtert wird.

Die Zellen 30 eines Reaktors 32 werden dabei zwischen zwei starre Endplatten 46 angeordnet und durch Spannmittel 28, wie z.B. durchreichende Bolzen 40, die mittels Muttern 42, Beilagscheiben 43 und Federn 41 verspannt werden, aneinander gepresst, wie in Fig. 5 schematisch dargestellt. Im in Fig. 6 gezeigten Beispiel ist an den Endplatten 46 ein elektrischer Anschluss 48 vorgesehen, über den die Batterie mit einem externen Stromkreis verbunden werden kann. Weiters sind an den Endplatten Anschlüsse 47 für die Zu- und Abführung der Elektrolytflüssigkeit vorgesehen. Die beiden Endplatten 46 sind weiters zwischen zwei Druckplatten 45 angeordnet, die durch die federbelasteten Bolzen 40 zusammengedrückt werden. Selbstverständlich kann auch jedes andere geeignete Spannmittel eingesetzt werden.

Da die Rahmen 1 aus Elastomeren gefertigt werden und folglich elastisch sind, wird bei einem ausreichenden Druck die Dichtheit zwischen den Rahmen 1 bzw. Zellen 30 sichergestellt. Es

sind folglich keine zusätzlichen Dichtmittel oder ein Verkleben der Rahmen 1 notwendig, sondern die Dichtung erfolgt ausschließlich über die Stirnflächen S der Rahmen 1. Die Bolzen 40 können dabei durch Bohrungen in den Rahmen 1 durchgeführt sein, oder können auch außerhalb der Rahmen 1 oder in seitlichen Ausnehmungen der Rahmen 1 angeordnet sein. Es sollte
5 nur darauf geachtet werden, dass ein gleichmäßiger Druck auf die Zellen 30 ausgeübt werden kann.

Dadurch, dass die Rahmen 1 aus Elastomeren gefertigt werden, kommt es aber auch zu einem Setzen der Rahmen 1 unter Druck, wodurch die Dichtheit der Rahmen 1 untereinander abnehmen kann. Um dies zu verhindern, kann auch ein Anschlag bzw. Abstandshalter 44 vorgesehen
10 sein, der ein Setzen der Rahmen 1 über ein bestimmtes Maß hinaus unterbindet, was dazu führen könnte, dass die Strömungskanäle 4, 5, 9 im Rahmen 1 für ein ordnungsgemäßen Funktionieren der Batterie zu eng werden. Verwendet werden kann z.B. ein PVC Abstandhalter 44, der um die elastomeren Rahmen 1 angeordnet sein kann.

Die jeweils äußersten Halbzellen des Reaktors 32 können weiters Mittel aufweisen, mit denen der Reaktor elektrisch mit einem externen Stromkreis verbunden werden kann. Außerdem können starre Elektrolytflüssigkeits-Zuführungsplatten mit Anschlüssen (z.B. Schraubgewinde)
15 für die Elektrolytflüssigkeits-Leitungen (z.B. PVC-Rohre) vorgesehen sein, um den Reaktor 32 mit dem externen Flüssigkeitskreislauf der Redox-Durchflussbatterie zu verbinden.

Die beiden Elektrolytflüssigkeiten werden dabei wie hinlänglich bekannt in zwei Tanks gespeichert und über Leitungen dem Reaktor (Modul) der Redox-Durchflussbatterie zu- bzw. abgeführt. Solche Anordnungen sind vielfach bekannt, weshalb darauf hier nicht im Detail eingegan-
20 gen wird.

Die bipolare Platte 22, die in der Vertiefung 7 angeordnet ist, bzw. der Rahmen 1 mit Vertiefung 7 können mit vertretbarem Aufwand nicht so exakt gefertigt werden, dass diese genau zusammenpassen. Es würde daher immer ein kleiner Spalt zwischen bipolarer Platte 22 in der Vertiefung 7 und dem Rahmen 1 entstehen, durch den Elektrolytflüssigkeit fließen kann. Dadurch
30 würde um die bipolare Platte 22 eine Undichtheit zwischen den beiden Halbzellen entstehen und die beiden Elektrolytflüssigkeiten könnten sich, wenn auch nur in geringem Ausmaß, vermischen, was zu einem Wirkungsgradverlust (insbesondere des Coulombschen Wirkungsgrades) und einer Leistungseinbuße der Batterie führen würde. Um dies zu verhindern, ist in der Vertiefung 7 eine Anzahl von Dichtfingern 11 vorgesehen, die vom Boden der Vertiefung 7 zur Stirnfläche S hin und vom Rand der Vertiefung 7 zur Öffnung 8 hin abstehen. Die Dichtfinger 11 sind dabei in Gruppen von mehreren Dichtfingern 11 angeordnet, wobei die einzelnen Dichtfinger 11 einer Gruppe unterschiedliche Längen aufweisen, womit gewissen Dimensions- oder Lageun-
35 genauigkeiten der bipolaren Platte 22 bzw. des Rahmens 1 Rechnung getragen wird. In Fig. 6 ist ein Schnitt durch zwei nebeneinander liegende Rahmen 1 mit Vertiefung 7 dargestellt. In der Vertiefung 7 ist eine bipolare Platte 22 angeordnet. Die Rahmen 1 sind hier nicht exakt zueinander ausgerichtet sein, wie in Fig. 6 angedeutet, und die Dimension der bipolaren Platte 22 stimmt nicht genau mit der Vertiefung 7 überein, ist hier also zu klein. Um den dadurch entstehenden Spalt zwischen bipolarer Platte 22 und Rahmen 1 weitestgehend zu verschließen, ist
40 der Rand der bipolaren Platte 22 von beiden Seiten abgeschrägt. Die schrägen Flächen wirken mit den Dichtfingern 11 zusammen und verschließen somit den entstandenen Spalt bzw. engen diesen soweit ein, dass es kein Problem mehr darstellt. Obwohl dies aufgrund der elastischen Dichtfinger 11 grundsätzlich auch mit bipolaren Platten 22 mit geraden Randflächen möglich wäre, ist es vorteilhaft, den Rand der bipolaren Platte 22 abzuschrägen, da dann zu große
45 Verformungen des Rahmens 1 in diesem Bereich vermieden werden können. Durch die unterschiedlich langen Dichtfinger 11 einer Gruppe wird sichergestellt, dass sicher zumindest ein Dichtfinger 11 mit einer der schrägen Flächen zusammenwirkt. Da die Dichtfinger 11 natürlich ebenfalls elastisch sind, verformen sich diese unter den auf die Rahmen 1 wirkenden Anpressdruck und passen sich dem Spalt bzw. der schrägen Randfläche der bipolaren Platte 22 an,
50 wodurch die Dichtwirkung noch erhöht wird.

Patentansprüche:

- 5 1. Rahmen für eine Zelle eines Reaktors einer Redox-Durchflussbatterie, wobei der Rahmen (1) aus einem Elastomer geformt ist und zwei Stirnflächen (S) aufweist, die zumindest teilweise als Dichtflächen ausgebildet sind und in zumindest einer Stirnfläche (S) ein Kanal (4, 5) zum Zu- oder Abführen von Flüssigkeit zur Zelle vorgesehen ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Kanal (4, 5) zumindest eine Rippe (6) vorgesehen ist, die den Kanal (4, 5) in Strömungsrichtung teilt.
- 10 2. Rahmen nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Rippe (6) im Mündungsbereich des Kanals (4, 5) angeordnet ist.
3. Rahmen nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass sich die Rippe (6) im Wesentlichen vom Boden des Kanals (4, 5) zur Stirnfläche (S) hin erstreckt.
- 15 4. Rahmen nach Anspruch 1, 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass in einer Stirnfläche (S) zwei Kanäle (4, 5) vorgesehen sind, die vorzugsweise im Rahmen (1) diametral gegenüberliegend angeordnet sind.
- 20 5. Rahmen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Stirnfläche (S) ohne Kanal (4, 5) ausgeführt ist.
6. Rahmen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Rahmen (1) eine Öffnung (8) vorgesehen ist, in die der Kanal (4, 5) oder die Kanäle münden.
- 25 7. Rahmen nach Anspruch 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Rahmen (1) ein Verteilkanal (9) vorgesehen ist, in den ein Kanal (4, 5) mündet und der zur Stirnseite (S) des Rahmens (1) hin offen ist.
- 30 8. Rahmen nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Verteilkanal (9) zur Öffnung (8) hin eine Anzahl von Stegen (10) angeordnet sind.
9. Rahmen nach Anspruch 6, 7 oder 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass sich der Verteilkanal (9) entlang einer Seite der Öffnung (8) erstreckt.
- 35 10. Rahmen nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass in einer Stirnfläche (S) um den Umfang der Öffnung (8) herum eine Vertiefung (7) vorgesehen ist.
- 40 11. Rahmen nach Anspruch 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass in der Vertiefung (7) eine Anzahl von Dichtfingern (11) angeordnet sind, die vom Rand der Vertiefung (7) zur Öffnung (8) hin ausgerichtet sind.
12. Rahmen nach Anspruch 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Dichtfinger (11) teilweise unterschiedliche Längen aufweisen.
- 45 13. Rahmen nach einem der Ansprüche 1 bis 12, *dadurch gekennzeichnet*, dass an den Stirnflächen (S) eine Anzahl von Noppen (12, 14) und Vertiefungen (13, 15) angeordnet sind.
- 50 14. Zelle eines Reaktors einer Redox-Durchflussbatterie bestehend aus zwei nebeneinander liegenden Halbzellen, wobei jede Halbzelle aus je einem Rahmen (1) gebildet ist, der eine Öffnung (8) aufweist, in der jeweils eine Elektrode (20) angeordnet ist und die Halbzellen zumindest im Bereich der Öffnung (8) durch eine semipermeable Membran (24) getrennt sind und wobei die Rahmen (1) je zwei Stirnflächen (S) aufweisen, die zumindest teilweise als Dichtflächen ausgebildet sind und die beiden aneinander liegenden Halbzellen nur
55 durch die beiden Dichtflächen abgedichtet sind und wobei die Rahmen (1) nach einem der

Ansprüche 1 bis 13 ausgeführt sind.

- 5 15. Reaktor einer Redox-Durchflussbatterie bestehend aus einer Anzahl von Zellen (30), die nebeneinander angeordnet und durch bipolare Platten (22) voneinander getrennt sind, wobei jede Zelle (30) aus zwei nebeneinander liegenden Halbzellen besteht und jede Halbzelle aus je einem Rahmen (1) gebildet ist, der eine Öffnung (8) aufweist, in der jeweils eine Elektrode (20) angeordnet ist und die Halbzellen zumindest im Bereich der Öffnung (8) durch eine semipermeable Membran (24) getrennt sind und die Rahmen (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgeführt sind.
- 10 16. Verfahren zur Herstellung eines Rahmens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 für eine Zelle (30) eines Reaktors einer Redox-Durchflussbatterie, wobei der Rahmen (1) in einem Arbeitsschritt mit einem Warmformverfahren, vorzugsweise durch Spritzgießen oder Pressformen, aus einem Elastomer hergestellt wird und wobei die zwei Stirnflächen (S) des Rahmens (1) zumindest teilweise als Dichtflächen geformt werden und in zumindest einer Stirnfläche (S) ein Kanal (4, 5) mit einer darin angeordneten Rippe (6) zum Zu- oder Abführen von Flüssigkeit zur Zelle (30) eingeformt wird.
- 15

20 Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

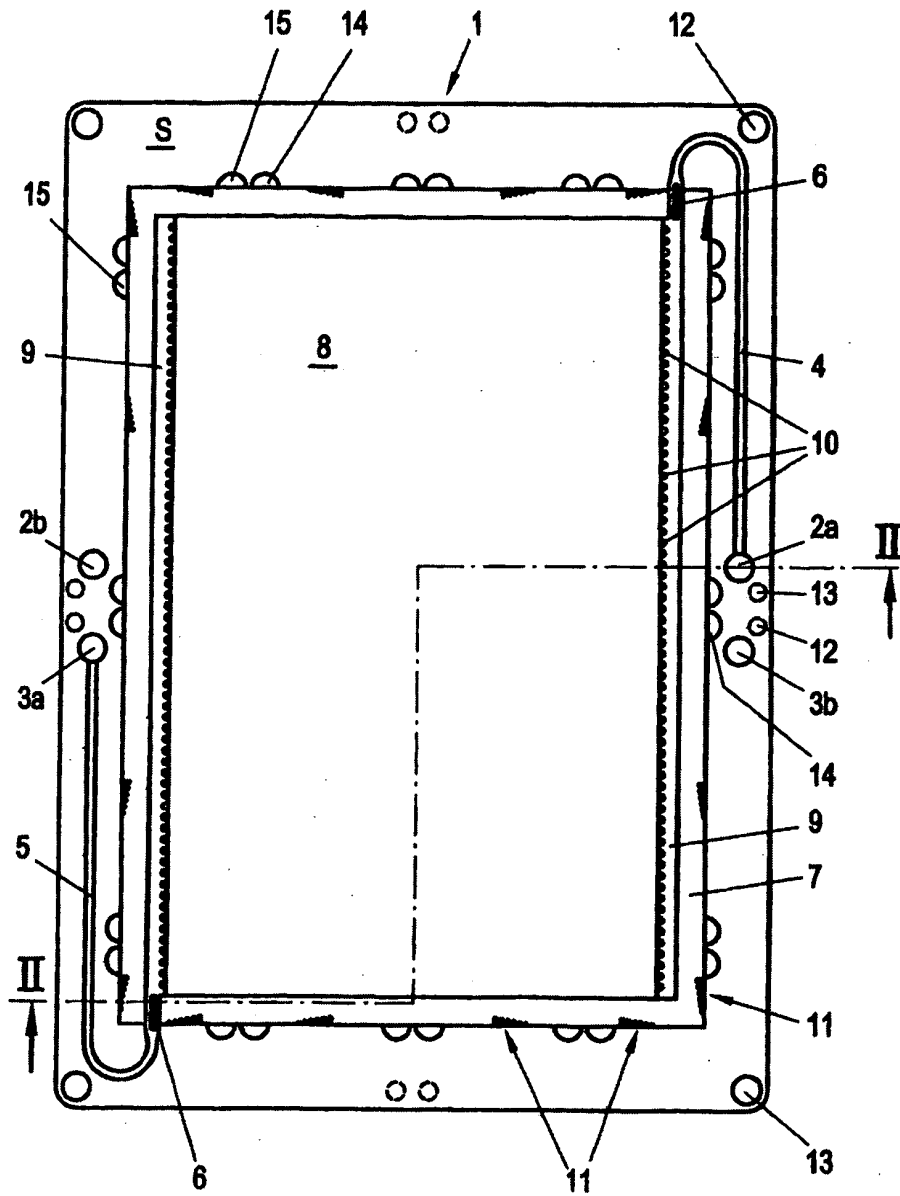


Fig. 1

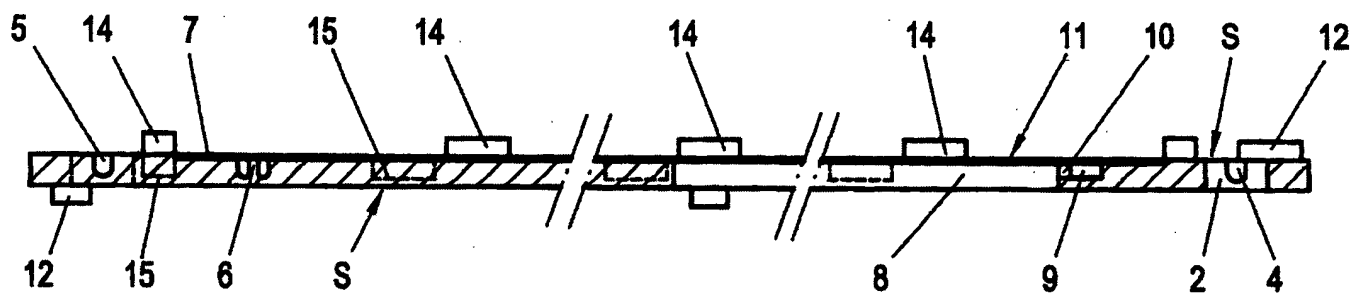


Fig. 2

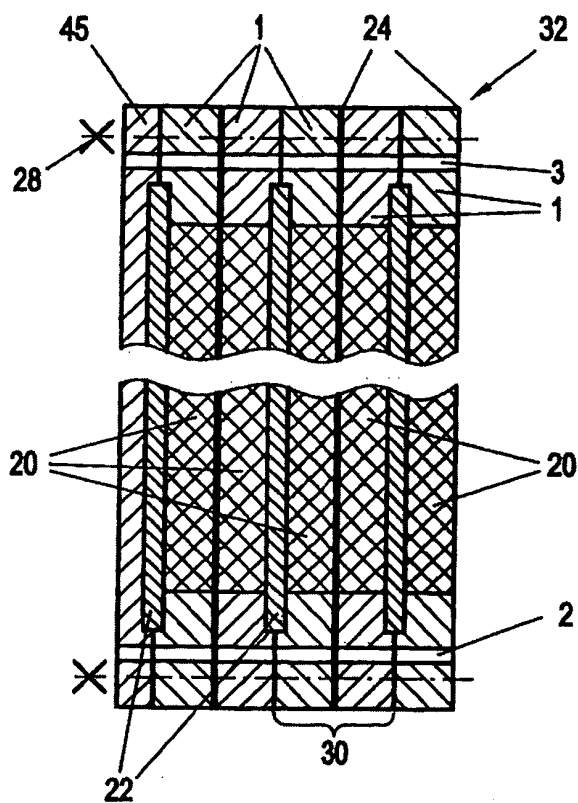


Fig. 3

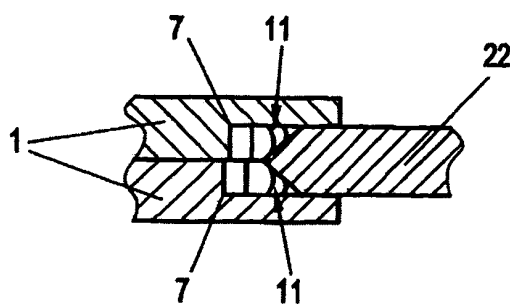


Fig. 6

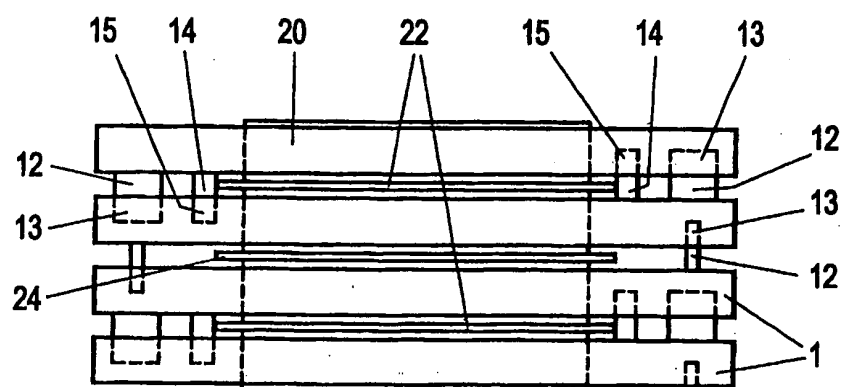


Fig. 4

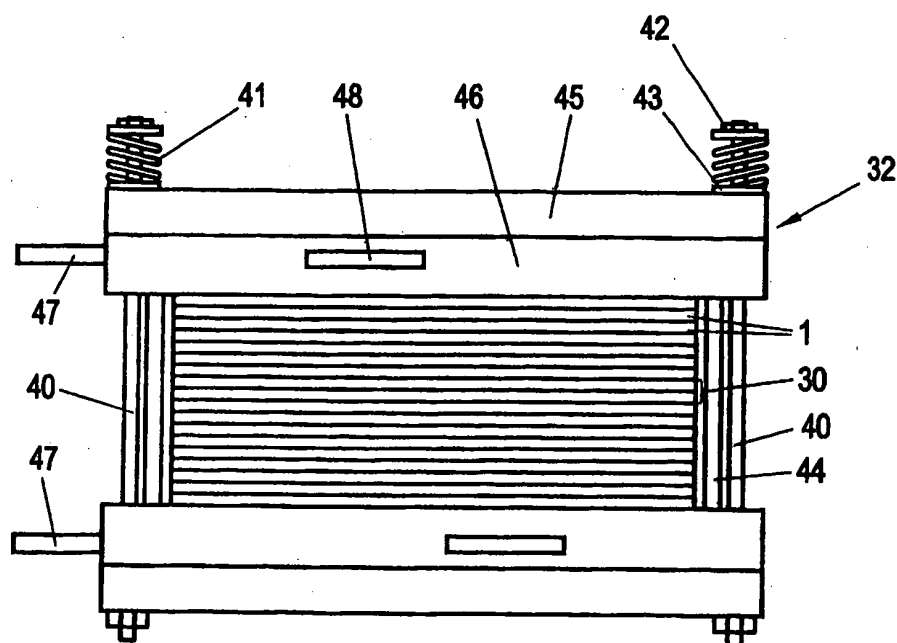


Fig. 5