



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.11.2004 Patentblatt 2004/47

(51) Int Cl.7: **C25B 9/00**

(21) Anmeldenummer: **04010573.6**

(22) Anmeldetag: **04.05.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Werner, Michael**
85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn (DE)
• **Gantner, Josef**
85662 Hohenbrunn (DE)

(30) Priorität: **14.05.2003 DE 10321681**

(74) Vertreter: **Klunker . Schmitt-Nilson . Hirsch**
Winzererstrasse 106
80797 München (DE)

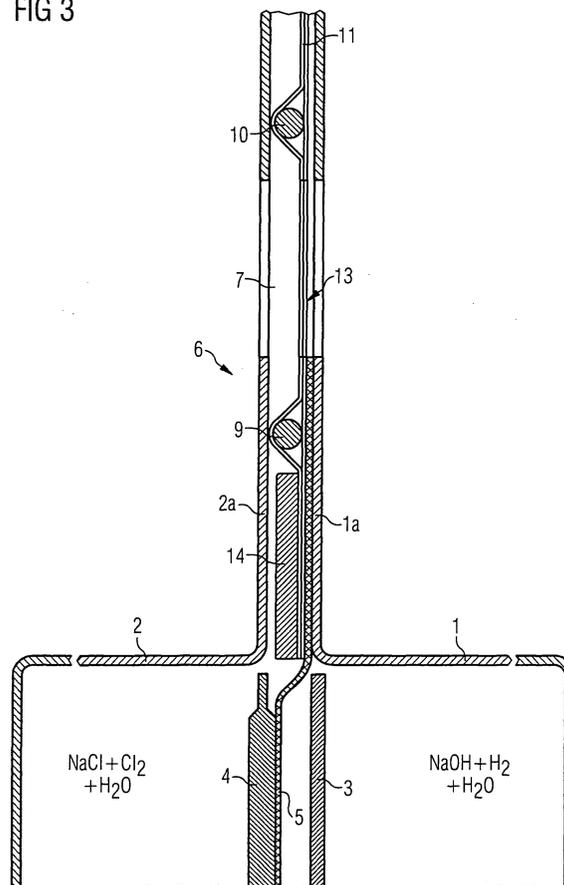
(71) Anmelder: **W.L. GORE & ASSOCIATES GmbH**
85640 Putzbrunn (DE)

(54) **Elektrolysezellendichtung**

(57) Eine Elektrolysezellendichtung umfasst zwischen zwei Folien (8a, 8b) zwei zueinander beabstandete Schnüre (9, 10) zur Erzeugung zweier Dichtlinien. Die beiden Folien sind durch einen temperaturstabilen

Kleber (11) verbunden. Die Folien sind an ihrer dem Elektrolysezellenraum zugewandten Seite mit einem Abstandsmaterial (14) versehen, um Toträume im Dichtspalt der Elektrolysezelle auszufüllen.

FIG 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Dichtung für eine Elektrolysezelle, ein Verfahren zu deren Herstellung sowie eine Elektrolysezellenanordnung mit einer solchen Dichtung.

[0002] Die Elektrolysezellen werden beispielsweise zur Herstellung von Chromsäure, molekularem Wasserstoff, molekularem Sauerstoff, Chlor und Alkalimetallhydroxyden durch Elektrolyse verwendet, wobei zunehmend Elektrolysezellen vom Membrantyp zum Einsatz gelangen. Aus der EP 1 029 118 B1 (W.L. Gore & Associates) ist eine Elektrolysezellendichtung bekannt, die in einfacher Weise zwischen zwei Elektrolysezellenhälften einsetzbar ist, da sie als einstückig ausgebildete Dichtung selbständig handhabbar ist. Unter Berücksichtigung der beachtlichen Abmessungen der Elektrolysezellenhälften von beispielsweise 2,5 m x 1,3 m im Falle von Elektrolysezellen zur Chlorerzeugung aus einer Salzlösung unter Bildung von Natronlauge und aufgrund der daraus resultierenden Dichtlänge von über 7,5 m ist die einfache Handhabbarkeit ein wesentlicher Aspekt für Elektrolysezellendichtungen.

[0003] Anhand der Figur 2 wird nachfolgend eine konkret im Einsatz befindliche Elektrolysezellendichtung gemäß der Lehre der EP 1 029 118 B1 erläutert. Gezeigt ist lediglich ein relevanter Dichtabschnitt der Zelle. Die Elektrolysezelle wird üblicherweise, wie dargestellt, hängend eingesetzt. Sie umfaßt zwei Gehäusehälften 1 und 2 mit darin aufgenommener Kathode 3 bzw. Anode 4. Der Kathodenraum enthält als Elektrolyseprodukt beispielsweise Natronlauge (NaOH in Wasser) und gasförmigen Wasserstoff H_2 und der Anodenraum eine Salzlösung (NaCl in Wasser) und als Elektrolyseprodukt gasförmiges Chlor Cl_2 . Anodenraum und Kathodenraum sind durch eine Ionenaustauschmembran 5 voneinander getrennt, durch die hindurch der Ionenaustausch von Na^+ Ionen vom Anoden- zum Kathodenraum stattfindet. Die beiden Gehäusehälften 1 und 2 sind über eine Flanschbohrung 7 mittels einer nicht dargestellten Schraubverbindung miteinander unter Zwischenschaltung einer Dichtung 6 verbunden. Der Dichtung 6 kommen dabei mehrere Funktionen zu. Einerseits verhindert die Dichtung 6 ein Austreten der Natronlauge und der Salzlösung sowie ein unkontrolliertes Entweichen von H_2 bzw. Cl_2 aus der Elektrolysezelle. Dazu ist die Dichtung nicht nur flüssigkeitsdicht sondern auch gasdicht. Unter Gasdichtigkeit ist eine Leckrate von weniger als 0,01 mg/ms bei einer Flächenpressung von 10 MPa zu verstehen. Darüber hinaus isoliert die Dichtung 6 die beiden Gehäusehälften 1 und 2 elektrisch voneinander. Immerhin liegt beispielsweise bei der Chlorerzeugung eine Spannung von ca. 3 V bei 4,5 kA an. Schließlich dient die Dichtung 6 desweiteren zur Fixierung der empfindlichen Ionenaustauschmembran 5, indem letztere zwischen der Dichtung 6 und einer Gehäusehälfte, beispielsweise dem Kathodengehäuse 2, eingeklemmt wird. Die Dichtung 6 besteht ihrerseits aus ei-

ner doppelt gefalteten ePTFE-Folie, in der eine Dichtschnur 9 aus gerollter ePTFE-Folie sowie eine flächige, gitterförmige Abstandshalterstruktur 10 aufgenommen sind. Die Abstandshalterstruktur 10 ist über einen Kleber 11 mit der doppelt gefalteten ePTFE-Folie 8 einseitig fixiert. Innerhalb der Dichtung 6 kommt der Dichtschnur 9 überwiegend Dichtungsfunktion und der Abstandshalterstruktur 10 überwiegend abstandshaltende Funktion zu. Dementsprechend ist die Abstandshalterstruktur 10 nicht oder jedenfalls nur gering komprimierbar, während die Dichtschnur 9 durch Komprimieren verformbar und verdichtbar ist. Die Figur 2 zeigt die Dichtung im Vormontagezustand, d. h. im noch nicht komprimierten Zustand.

[0004] Die aus der EP 1 029 118 B1 bekannte Elektrolysezellendichtung ist jedoch in verschiedener Hinsicht verbesserungsfähig. Beispielsweise ist die bekannte Dichtung sowohl material- als auch herstellungsaufwändig. Beides schlägt sich in den Herstellungskosten nieder. Die Herstellung erfolgt in Handarbeit und kann bei den vorgenannten Dimensionen unter Berücksichtigung der nachfolgend diskutierten Maßnahmen bis zu 1,5 Stunden pro Dichtung in Anspruch nehmen.

[0005] So hat sich beim Einsatz der bekannten Dichtung 6 gezeigt, dass die Dichtschnur 9 im Dichtspalt zwischen der doppelt gefalteten Folie 8 wandert. Dies kann im Extremfall Undichtigkeit der Zelle und/oder ein Reißen der Membran 5 zur Folge haben. Man hat daher versucht, die Dichtschnur 9 mittels beidseitig entlang der Dichtschnur 9 verlaufenden, die Folie 8 durchdringenden Nähten 12 örtlich zu fixieren. Dies bedeutet aber nicht nur zusätzlichen Arbeitsaufwand, sondern es wurde darüber hinaus Korrosion der mit Titan beschichteten Gehäusehälfte 2 insbesondere im Bereich der dadurch in der Membran 8 erzeugten Nahtlöcher festgestellt. Ein zusätzliches Abkleben der Nähte 12 mittels eines geeigneten Abdeckbands bedeutet wieder zusätzlichen Material- und Herstellungsaufwand.

[0006] In der Praxis wird daher stattdessen vielfach ein stabiler Rahmen aus elektrisch isolierendem, gesinterten PTFE mit den entsprechenden Abmessungen von z. B. 2,5 m x 1,3 m und einer umlaufenden Breite von beispielsweise 54 mm für zur Chlorerzeugung bestimmte Elektrolysezellen eingesetzt. Solche Rahmen sind umständlich zu transportieren, da sie nicht geknickt werden dürfen. Die beiden Elektrolysezellen-Gehäusehälften, zwischen die der Rahmen dann platziert wird, werden zunächst jeweils mit einem schmalen, dünnen Dichtband aus monodirektional gerecktem PTFE beklebt, wobei sich die beiden Dichtbänder über die gesamte Dichtlänge immer nur teilweise überlappen dürfen. Dabei treten leicht Montagefehler auf. Reparaturen sind teuer, so dass die Dichtungen von vornherein nur von speziell geschultem Personal montiert werden sollten. Problematisch sind auch die Kleberrückstände des Dichtbands an den Gehäusehälften, wenn die Dichtungen routinemäßig beim Austauschen der Ionenaustauschmembran nach etwa vier Jahren erneuert wer-

den. Während bei diesem Vorgang des sogenannten "Remembrating" die Dichtung entsorgt werden kann, werden die Elektrolysezellen-Gehäusehälften wieder verwendet. Das Abreinigen des Klebers von den Gehäusehälften ist aufwändig.

[0007] Es besteht daher nach wie vor ein Bedürfnis für eine einfach handhabbare Dichtung, die insbesondere zur Verwendung in Elektrolysezellenanordnungen geeignet ist. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher insbesondere, die aus der EP 1 029 118 B1 bekannte Dichtung zu verbessern.

[0008] Insofern können im Zusammenhang mit der nachfolgend beschriebenen Erfindung, soweit konkret nichts anderes angegeben wird, dieselben Materialien für die einzelnen Komponenten der Dichtung verwendet werden, wie sie im Zusammenhang mit der EP 1 029 118 B1 beschrieben sind.

[0009] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird die flächige, gitterförmige Abstandhalterstruktur der bekannten Dichtung durch eine schnurförmige Abstandhalterkomponente ersetzt, die im Gegensatz zur bekannten Dichtung um ein Vielfaches ihrer maximalen Dicke bzw. ihres maximalen Durchmessers von der Dichtschnur entfernt liegt. Dadurch ergeben sich im montierten Zustand der Dichtung zwei voneinander beabstandete, linienförmige Dichtlinien, von denen allerdings nur der innenliegenden Dichtschnur effektive Dichtwirkung zukommt.

[0010] Das Ersetzen der Abstandhalterstruktur durch eine Schnur bietet verschiedene Vorteile. Einerseits reduziert sich dadurch die verarbeitete Materialmenge, wodurch Beschaffungs- und Lagerkosten reduziert werden. Andererseits ist eine Schnur wesentlich einfacher zu verarbeiten, insbesondere mit geringerem maschinellen Aufwand, als eine großflächige Abstandhalterstruktur. Durch die Beabstandung der Abstandshalterschnur von der Dichtschnur wird dennoch erreicht, dass beim Einspannen der Dichtung ein Verkanten der beiden Gehäusehälften bis auf einen unwesentlichen Grad reduziert werden kann.

[0011] Im Gegensatz zum Stand der Technik kann der Dichtschnur innerhalb der Dichtung im selben Maße abstandshaltende Funktion zukommen wie der Abstandshalterschnur. Da die Dichtung üblicherweise zur Verwendung bei einem bestimmten Kompressionsdruck vorgesehen ist, sollten die beiden Schnüre bei diesem Kompressionsdruck in etwa dieselbe komprimierte Dicke besitzen. Idealerweise ist dies dadurch erreichbar, dass beide Schnüre aus demselben Material bestehen oder zumindest dieselbe oder in etwa dieselbe Kompressibilität besitzen, so dass sie auch im nicht komprimierten Vormontagezustand die Folien, zwischen denen sie angeordnet sind, in etwa auf gleichem Abstand halten. Insbesondere können die beiden zwischen den Folien anzuordnenden Schnüre auch im Koextrusionsverfahren mit einem die beiden Schnüre verbindenden Steg hergestellt werden. Da jedoch der Dichtschnur zusätzlich zur Abstandshaltungsfunktion insbesondere

Dichtungsfunktion zukommt und die Dichtschnur aus vergleichsweise hochwertigem und teurem Material besteht, wird für die Abstandshalterschnur vorzugsweise ein völlig anderes, wesentlich preiswerteres Material gewählt als für die Dichtschnur.

[0012] Bei der die Abstandhalterstruktur ersetzenden Schnur kann es sich daher beispielsweise auch um einen Draht handeln. Der Querschnitt der Schnur ist von untergeordneter Bedeutung und kann beispielsweise auch oval sein. Er soll aber nicht großflächig eben sein, um genau wie bei der Dichtschnur eine möglichst schmale Dichtlinie zu erzielen, damit eine hohe Flächenpressung bei geringen Schraubenkräften erzielbar ist.

[0013] Es ist auch möglich, die beiden Schnüre im Coextrusionsverfahren in eine Folie zu integrieren. Dann liegen die beiden Schnüre zwischen zwei Folienoberflächen der extrudierten Folie. Separate Folien können dann entfallen. Unter geeigneten Voraussetzungen kann es sogar ausreichend sein, die beiden Schnüre im Extrusionsverfahren mit einem sie verbindenden Steg als Vollmaterial ohne zusätzliche äußere Folien herzustellen und als Dichtung einzusetzen. Denn die Gefahr der relativen Verschiebung der beiden Schnüre, die dann eher als schnurförmige Dichtungsbestandteile zu bezeichnen sind, ist wegen des Verbindungsstegs ausgeschlossen.

[0014] Vorzugsweise liegen die Schraubenlöcher, über die die beiden Gehäusehälften miteinander verspannt werden, zwischen dieser Abstandshalterschnur und der Dichtschnur. Dadurch kann eine gleichmäßige Lastverteilung auf beide Schnüre erreicht werden. Die Schraubenlöcher können in einfacher Weise aus der Dichtung heraus gestanzt werden.

[0015] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung sind die beiden Folien, zwischen denen die Schnüre aufgenommen sind, durch einen bis 100°C wärme-stabilen Kleber miteinander verbunden. Dadurch kann überraschenderweise ein Wandern der Dichtschnur im Dichtspalt zwischen den Folien vermieden werden. Es wird vermutet, dass dieses beim Stand der Technik beobachtete Wandern der Dichtschnur auf die mangelnde Wärmebeständigkeit des dort verwendeten Klebers mit zurückzuführen ist. Immerhin liegen die Arbeitstemperaturen von Elektrolysezellen zur Chlorerzeugung bei bis zu 90 °C. Durch eine wärme-stabile Verklebung der beiden Folien werden die Schnüre nun zwischen den Folien verschiebesicher fixiert. Ein Abnähen der Schnüre zur Verhinderung ihres Wanderns ist nicht notwendig. Dadurch ergeben sich auch keine Nahtlöcher, durch die hindurch eine Korrosion vom Kathodenraum zum Anodenraum oder umgekehrt erfolgen könnte.

[0016] Um die beiden Folien in einfacher Weise in einem thermischen Fügeverfahren miteinander verbinden zu können, ist der Kleber vorzugsweise thermisch aktivierbar. Es kann sich beispielsweise um einen thermisch aktivierbaren Zweikomponentenkleber oder einen thermoplastischen Kleber, insbesondere auf Basis

eines Fluorpolymers, handeln. Fluorpolymere sind wegen ihrer chemikalienbeständigkeit besonders geeignet. Es reicht aus, wenn eine der Folien mit diesem Kleber vorbeschichtet ist. Eine Beschichtung aus dem thermoplastischen Kunststoff Ethylen-Fluorethylenpropylen (EFEP) wird besonders bevorzugt. EFEP ist ein Copolymer aus Ethylen, Tetrafluorethylen und Hexafluorpropylen. Alternativ dazu kann die Beschichtung aus PVDF, ETFE, ECTFE, PFA oder FEP bestehen.

[0017] Der Beschichtung kommt zusätzlich zu ihrer Funktion als Verbindungs- bzw. Schweißmittel des weiteren die Bedeutung als Diffusionssperre zu. Die Diffusion korrodierender Stoffe durch die Ionenaustauschmembran und weiter durch die beiden Folien der Dichtung hindurch vom Anodenraum zum Kathodenraum (oder umgekehrt) wird dadurch zusätzlich erschwert.

[0018] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird die Dichtung an ihrer der Elektrolysezelle zugewandten Seite mit einem Abstandsmaterial ausgestattet, welches dafür sorgt, dass die Dichtung im montierten Zustand den Dichtspalt möglichst vollständig ausfüllt. Die Dicke des Abstandsmaterials entspricht dazu in etwa der Dicke der Dichtung, wenn sie im Montagezustand einem vorbestimmten Kompressionsdruck ausgesetzt ist, abzüglich der Gesamtdicke der beiden (nicht komprimierten) Folien. Das Abstandsmaterial kann aus einem sehr weichen chemisch beständigen Material bestehen, insbesondere aus einem Fluorpolymer, so daß es selbst in dem Fall, daß es im komprimierten Zustand der Dichtung auch komprimiert wird, keine oder jedenfalls im wesentlichen keine Kompressionskräfte aufnimmt.

[0019] Der mit dem Abstandsmaterial verfolgte Zweck besteht darin, die Dichtung im Bereich zwischen den Elektrolysezellenräumen und der inneren Dichtschnur eng mit den Dichtflanschen der Elektrolysezellenhälften in Kontakt zu bringen; um zu verhindern, dass Toträume entstehen, in denen sich ansonsten Elektrolyseprodukte, wie beispielsweise Lauge, sammeln könnten. Auch diese Maßnahme hat sich als bedeutsam für die Korrosionsvermeidung herausgestellt. Es wird nämlich vermutet, dass sich bei der bekannten Dichtung derartige Toträume bildeten. Mangels einer ständigen Durchspülung solcher Toträume kam es wohl zu einem Feuchtigkeitsentzug der Ionenaustauschmembran und dadurch zu ihrer Versprödung im Bereich des Dichtspalts. Es wird weiter vermutet, dass Natronlauge aus dem Kathodenraum durch die versprödeten Membranbereiche und weiter durch die Folien der Dichtung hindurch an die Gehäusewandung der den Kathodenraum definierenden Elektrolysezellenhälfte gelangen konnte und dort zur Korrosion des mit Titan beschichteten Gehäuseblechs führte. Durch Füllung der Toträume mit dem Abstandsmaterial wird somit ein Austrocknen der Ionenaustauschmembran und damit einhergehend die Korrosion aufgrund von durch die Membran hindurchtretenden Stoffen effektiv verhindert.

[0020] Das Abstandsmaterial kann zwischen den beiden Folien oder einseitig auf einer der beiden Folien angeordnet sein. Es kann seinerseits ein Folienmaterial und insbesondere identisch zu dem Material der beiden Folien sein, z.B. aus ePTFE.

[0021] Die mittels der vorgenannten drei erfindungsgemäßen Aspekte erzielten Vorteile gegenüber der aus der EP 1 029 118 B1 bekannten Dichtung stellen sich auch jeweils unabhängig voneinander ein, können sich jedoch durch Kombination miteinander gegenseitig verstärken.

[0022] Vorteilhafter Weise ist die Dichtung einseitig flach und auf der anderen Seite durch die zwischen den Folien aufgenommenen Schnüre sowie das Abstandsmaterial profiliert. Die Ionenaustauschmembran wird dann zwischen der flachen Seite der Dichtung und einem Dichtungsflansch einer Elektrolysezellenhälfte eingeklemmt. Diese Anordnung ist besonders schonend für die mechanisch empfindliche Ionenaustauschmembran, wenn die Elektrolysezellenhälften zur Bildung einer Elektrolysezelle miteinander verspannt werden. Andererseits muß die Dichtung nicht notwendigerweise einseitig flach sein, sondern kann auch beidseitig durch die zwischen den Folien aufgenommenen Schnüre profiliert sein, wobei entweder beide Schnüre zur Profilierung beider Dichtungsflächen oder jede Schnur nur zur Profilierung jeweils einer Dichtungsfläche beitragen können.

[0023] Die Dichtung ist somit einstückig und daher einfach handhabbar und montierbar. Die Fixierung der Dichtung zwischen den Elektrolysezellenhälften erfolgt in einfacher Weise über Schraubenlöcher. Die Dichtung ist flexibel und daher durch Zusammenlegen einfach zu transportieren. Sie muß bei der Montage nicht mit einem Kleber am Dichtungsflansch der Elektrolysezellenhälften fixiert werden, so dass ein Abreinigen von Kleberückständen beim Remembraning nicht notwendig wird. Insbesondere durch den Einsatz von wärmestabilem Kleber läßt sich die Gefahr von austretendem und später abzureinigendem Kleber vermeiden. Der Kleber wirkt auch als Diffusionssperre und verhindert so die Korrosion aufgrund von durch die Membran hindurchtretenden Stoffen. Die Korrosion wird zusätzlich vermindert, indem durch Einsatz eines Abstandsmaterials Toträume geschlossen und dadurch ein Versprödung der Membran vermieden wird.

[0024] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben. Darin zeigen:

Figur 1 eine Elektrolysezelle zur Chlorerzeugung;

Figur 2 eine Dichtungsanordnung gemäß dem Stand der Technik;

Figur 3 eine erfindungsgemäße Dichtungsanordnung im unverpressten Zustand;

Figur 4 eine erfindungsgemäße Dichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;

Figur 5 eine erfindungsgemäße Dichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Figur 6 eine Doppelbandpresse zum Verschweißen von zwei Folien unter Einschluss einer Schnur;

Figur 7a, 7b das Ergebnis aus dem Schweißverfahren nach Figur 6 in Aufsicht und im Querschnitt; und

Figur 8 eine aus dem Schweißergebnis nach Figur 7a gebildete rahmenartige Anordnung zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Dichtung unter Einsatz einer Ringschnur.

[0025] Figur 1 zeigt eine Elektrolysezellenanordnung am Beispiel der Chlorerzeugung aus Natriumchlorid (NaCl). Die Elektrolysezellenanordnung besteht im wesentlichen aus zwei Gehäusehälften 1, 2, zwischen denen eine Ionenaustauschmembran 5 gespannt ist. Dadurch entsteht zwischen der Membran 5 und der ersten Gehäusehälfte 1 ein erster Raum, in dem eine Kathode 3 nahe der Membran 5 angeordnet ist, und zwischen der Membran 5 und der zweiten Gehäusehälfte 2 ein zweiter Raum, in dem eine Anode 4 nahe der Membran 5 angeordnet ist. Durch den Kathodenraum wird Wasser (H₂O) gespült. Im Anodenraum befindet sich eine Salzlösung, die durch Zuführen von NaCl auf einem konstanten Konzentrationsniveau gehalten wird. Durch Anlegen einer Spannung zwischen der Kathode 3 und der Anode 4 diffundieren Na⁺ Ionen durch die Ionenaustauschmembran 5 hindurch aus dem Anodenraum in den Kathodenraum. Gleichzeitig entsteht im Anodenraum molekulares gasförmiges Chlor Cl₂. Die in den Kathodenraum diffundierten Na⁺ Ionen führen dort zur Bildung von NaOH in Wasser (Natronlauge) sowie zu molekularem, gasförmigen Wasserstoff H₂. Der Kathodenraum wird ständig mit frischem Wasser H₂O gespült.

[0026] Die durch die Gehäuse 1 und 2 gebildete Elektrolysezelle ist durch eine Dichtung 6 flüssigkeitsdicht und gasdicht nach außen zur Umgebung hin abgedichtet.

[0027] Figur 3 zeigt im Vormontagezustand eine Dichtung 6 gemäß einer ersten Ausführungsform zwischen den Flanschen 1a, 2a der Kathodengehäusehälfte 1 und der Anodengehäusehälfte 2, d.h. in einer Anordnung, bevor die beiden Gehäusehälften 1, 2 miteinander verspannt werden. Die Gehäusehälfte 1 der Kathode 3 besteht aus einem Nickelblech und die Gehäusehälfte 2 der Anode 4 besteht aus einem beschichteten Titanblech. Zwischen dem Gehäuseflansch 1a der Kathodengehäusehälfte 1 und der Dichtung 6 wird die Ionenaustauschmembran 5 festgeklemmt. Zu diesem Zweck ist die Dichtung 6 an ihrer der Ionenaustauschmembran 5 zugewandten Seite eben. Die Dichtung 6 erstreckt sich bis zum Innenrand der Gehäuse-

flansche 1a, 2a, um einen Kontakt der Anodengehäusehälfte 2 mit der Ionenaustauschmembran 5 und darüber einen Kurzschluss mit dem Kathodengehäuse 1 auszuschließen. Die Dichtung besteht im wesentlichen aus zwei zueinander beabstandeten Schnüren, der innenliegenden Dichtschnur 9 und der außenliegenden Abstandshalterschnur 10 mit einem Durchmesser von jeweils beispielsweise 1,9 mm, zwischen zwei Folien.

[0028] Zum Verspannen der beiden Gehäusehälften 1 und 2 werden Schrauben durch um die Elektrolysezelle herum verteilt angeordnete Bohrungen 7 und entsprechende Spannleisten hindurch geführt und angezogen. Die Dichtung 6 besitzt daher deckungsgleich zu den Bohrungen 7 angeordnete Durchgangslöcher 13 zwischen den beiden Schnüren 9, 10. Der Abstand zwischen den Gehäuseflanschen 1a und 2a liegt bei dem in Figur 3 dargestellten Vormontagezustand beispielsweise bei 2,6 mm. Das entspricht der Dicke der Dichtung im nicht komprimierten Zustand. Dieser Abstand wird durch Verspannen der beiden Gehäusehälften 1 und 2 auf beispielsweise 1,1 mm reduziert (nicht dargestellt). Somit reduziert sich die Dicke der Dichtung sowohl im Bereich der näher zum Elektrolysezellenraum liegenden Dichtschnur 9 als auch im Bereich der außenliegenden Abstandshalterschnur 10 entsprechend um etwa 1,5 mm. Die beiden dünnen Folien, zwischen denen die beiden Schnüre 9, 10 aufgenommen sind, tragen zur Gesamtkompression der Dichtung einen nicht unerheblichen Anteil von ca. 33% bei, da sie dabei jeweils von 0,35 mm auf 0,1 mm komprimiert werden.

[0029] Zwischen der Dichtschnur 9 und der innenliegenden Kante der Dichtung 6 ist die Dichtung 6 mit einem Abstandsmaterial 14 ausgestattet. Das Abstandsmaterial 14 bedeckt diesen Bereich vorzugsweise vollflächig. Die Dicke des Abstandsmaterial 14 ist so gewählt, dass die Ionenaustauschmembran 5 im verspannten Zustand der beiden Gehäusehälften 1 und 2 vorzugsweise gerade an dem Gehäuseflansch 1a anliegt oder gegebenenfalls mit geringem Druck angepreßt wird. Das heißt, der Abstand zwischen dem Abstandsmaterial 14 und dem Gehäuseflansch 2a beträgt abweichend von dem in Figur 3 dargestellten Vormontagezustand vorzugsweise etwa 1,5 mm. Das entspricht dem Weg, um den die beiden Gehäusehälften beim Verspannen zueinander verlagert werden. Vorzugsweise wird als Abstandsmaterial 14 dasselbe Material verwendet wie für die Folien, also ein Folienmaterial mit einer Dicke von 0,35 mm.

Beim Verspannen der beiden Gehäusehälften 1 und 2 kann aber gegebenenfalls auch das Abstandsmaterial 14 komprimiert werden, wenn es nämlich dicker als 0,4 mm ist, wie in der in Figur 3 dargestellten Variante. Da dem Abstandsmaterial 14 aber im wesentlichen nur stabilisierende Funktion für die Ionenaustauschmembran 5 und nicht etwa Dichtungsfunktion zukommt, sollte das Abstandsmaterial 14 in diesem Fall aus einem gegenüber der Dichtschnur 9 wesentlich weicherem Material bestehen.

[0030] Mit dem Abstandsmaterial 14 wird somit erreicht, daß es im komprimierten Zustand der Dichtung 6 einen Spalt zwischen der Dichtung 6 und der Elektrolysezellenanordnung im Abstandsbereich vollständig oder zumindest im wesentlichen ausfüllt, ohne Kompressionskraft oder jedenfalls nur einen unwesentlichen Anteil der Kompressionskraft aufzunehmen.

[0031] In Figur 4 ist die Dichtung 6 nochmals separat dargestellt. Gut zu erkennen sind daran der zweischichtige Folienaufbau bestehend aus den beiden Folien 8a und 8b, zwischen denen die Dichtschnur 9 und die Abstandshalterschnur 10 eingelagert sind. Die Dichtung 6 ist einseitig flach und besitzt Öffnungen 13, durch die hindurch Verspannungsschrauben geführt werden können. Eine der beiden Folien 8a, 8b ist mit einer thermoplastischen Fluorpolymerschicht 11 versehen, über die die beiden Schichten 8a, 8b im Thermoschweißverfahren miteinander fest verbunden sind. Die Breite der Dichtung 6 beträgt z.B. 54 mm und ist vorzugsweise der Gehäuseflanschbreite 1a, 2a angepaßt.

[0032] In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 liegt das Abstandsmaterial 14 auf der profilierten Aussenseite der Dichtung 6 zwischen der Dichtschnur 9 und der nächstliegenden Aussenkante der Dichtung 6. Das Abstandsmaterial 14 kann aus einem mit der angrenzenden Folie 8b verschweißbaren thermoplastischen Material bestehen oder mit einem solchen Material beschichtet sein, um eine Thermoschweißverbindung zwischen dem Abstandsmaterial 14 und der Folie 8b herstellen zu können. Denkbar ist aber auch eine Verbindung mittels eines anderen thermisch stabilen Klebers.

[0033] Figur 5 zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der das Abstandsmaterial 14 zwischen den beiden Folien 8a, 8b liegt. Dies kann verfahrenstechnisch günstiger sein. Wenn nämlich die Dichtschnur 9 erst in einem separaten Arbeitsgang zwischen die beiden Folien 8a, 8b, die in anderen Bereichen der Dichtung bereits vorverschweißt sein können, gebracht wird, dann läßt sich das Abstandsmaterial 14 im selben Arbeitsgang gemeinsam mit der Dichtschnur 9 zwischen die beiden Folien 8a, 8b bringen.

[0034] Insbesondere ist es auch denkbar, daß die Dichtung im Bereich des Abstandsmaterials nur eine Folienschicht besitzt, die Folie 8a oder die Folie 8b.

[0035] In den Figuren 4 und 5 sind die Folien 8a, 8b der Dichtung 6 als zwei eigenständige Folien dargestellt. Sie können aber auch durch eine einzige, doppelt gefaltete Folie gebildet sein. Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung können die beiden Folien 8a, 8b auch im Co-Extrusionsverfahren als eine einzige Folie mit dazwischen eingeschlossenen Schnüren 9 und 10 hergestellt werden. Die Schnüre 9 und 10 liegen dann nicht zwischen zwei Folien, sondern zwischen zwei Folienoberflächen. Das Abstandsmaterial 14 kann im Querschnittprofil der extrudierten Folie bereits berücksichtigt sein. Schließlich ist es sogar denkbar, daß anstelle der beiden in dem Extrudat integrierten Schnüre 9 und 10 das Extrudat aus einem Vollmaterial besteht,

wobei die Schnüre 9 und 10 lediglich durch entsprechende Verdickungen des Extrudatquerschnitts als schnurförmige Dichtungskomponenten realisiert sind.

[0036] Die Dichtschnur 9 kann aus unterschiedlichsten Materialien bestehen, beispielsweise auch aus drahtartigem Material wie einem PVDF-Draht oder einem Schweißdraht.

[0037] Bei der Dichtschnur 9 handelt es sich jedoch vorzugsweise um ein im wesentlichen schnurförmig ausgebildetes Gebilde aus wenigstens einem spiralig-gerollten folienförmigen Material aus expandiertem Polytetrafluorethylen (ePTFE). Eine solche Dichtung ist beispielsweise in der DE 197 23 907 A1 der Anmelderin beschrieben. Wie darin erläutert ist, kann diese Dichtung über ihren Schnurquerschnitt einen Dichtegradienten aufweisen, welcher von der Aussenseite der zweiten Dichtungskomponente ausgehend in Richtung zu deren Querschnittsmittelpunkt zunimmt. Insbesondere wird in der vorher genannten Patentanmeldung beschrieben, wie eine in sich geschlossene Ringdichtung aus einer auf sich selbst gerollten zylindrischen Folie hergestellt werden kann. Bei einer solchen in sich geschlossenen Ringdichtung treten weniger Leckageprobleme auf, weil sie keine inhomogenen Dichtungsstoßstellen besitzt. Das ePT-FE-Material der Ringdichtung 9 kann darüber hinaus einen Füller aufweisen, wie beispielsweise Glas, Keramik und / oder Polymerharz.

[0038] Das Material für die Abstandshalterschnur 10, die - da sie keine Dichtungsfunktion im engeren Sinne besitzt - nicht in sich geschlossen sein muß, ist vergleichsweise unkritisch. Wesentlich ist vor allem, dass die Dichtschnur 9 und die Abstandshalterschnur 10 im Betriebszustand, das heißt nach einem etwaigen Setzen innerhalb der anfänglichen Betriebszeit, in etwa dieselbe komprimierte Dicke besitzen. Ansonsten könnten die Gehäuseflansche 1a, 2a beim Verspannen eine keilförmige Anordnung zueinander einnehmen und dadurch ein Wandern der Schnüre hervorrufen. Dies kann im Extremfall zur Undichtigkeit der Elektrolysezellenanordnung führen. Daher wird es bevorzugt, dass die Dichtschnur 9 und die Abstandshalterschnur 10 im unbelasteten Zustand in etwa denselben Durchmesser besitzen und darüber hinaus vorzugsweise auch in etwa dasselbe Elastizitätsmodul besitzen, auch wenn die beiden Schnüre 9,10 aus Kostengründen nicht notwendigerweise aus demselben Material zu bestehen brauchen.

[0039] Bei den beiden Folien 8a, 8b handelt es sich vorzugsweise um Fluorpolymerfolien, insbesondere um Folien aus Polytetrafluorethylen, wie beispielsweise multidirektional expandiertes Polytetrafluorethylen (ePTFE), wobei wenigstens eine der Folien einseitig mit Ethylen-Fluorethylenpropylen (EFEP) oder einem anderen Fluorpolymer als Schweißmittel beschichtet ist.

[0040] Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung der vorbeschriebenen Elektrolysezellendichtung erläutert. Zunächst wird eine rahmenartige Anordnung zur Verfügung gestellt, die aus den beiden Folien 8a, 8b

sowie der dazwischen liegenden Schnur 10 mit Abstandshaltefunktion umfasst. Dieses rahmenförmig angeordnete Material kann im Falle von Großserien in einem einzigen Arbeitsgang, beispielsweise in einem Autoklaven, hergestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass ein innenliegender Bereich der beiden Folien noch nicht miteinander verschweißt wird, damit in einem nachfolgenden Schritt noch die Dichtschnur 9 und gegebenenfalls auch das Abstandsmaterial 14 zwischen die beiden Schichten 8a, 8b eingelegt werden können, woraufhin dann auch das Verschweißen der beiden Folien 8a, 8b in diesem Bereich erfolgt. Es ist aber auch denkbar, alle Dichtungskomponenten in einem Arbeitsgang miteinander zu verschweißen.

[0041] Wird die rahmenartige Anordnung jedoch in Handarbeit hergestellt, so erfolgt dies vorzugsweise unter Einsatz einer beheizten Doppelbandpresse, wie in Figur 6 gezeigt. Zwei Folien 8a, 8b aus multidirektional gerecktem Polytetrafluorethylen werden von Vorratsrollen mit einer Vorratslänge von beispielsweise 180 m abgezogen und durch eine Verbindungsstation 15 in Gestalt einer Doppelbandpresse mit beidseitig zum Transportweg angeordneten Heizelementen 16 geführt. Zwischen die beiden Folien 8a, 8b wird die Abstandshalterschnur 10 zugeführt. Aufgrund der thermoplastischen Beschichtung zumindest einer der beiden Folien 8a, 8b mit Ethylen-Fluorethylenpropylen (EFEP) und der Wärmezufuhr durch die Heizelemente 16 verschweißen die beiden Folien 8a, 8b im Bereich der Doppelbandpresse 15 unter Einschluss der Abstandshalterschnur 10 miteinander.

[0042] Figur 7a, 7b zeigen das resultierende Produkt einmal in Aufsicht und einmal im Querschnitt. Die Folien 8a, 8b werden in der Verbindungsstation beziehungsweise Doppelbandpresse 15 nicht über die gesamte Breite sondern nur über einen Teil der Breite durch die EFEP-Beschichtung 11 miteinander verschweißt. Zwar ist eine EFEP-Beschichtung auch im übrigen Bereich zumindest einer der beiden Folien 8a, 8b vorhanden. Dieser Bereich wird jedoch neben der Verbindungsstation 15 hergeführt. Gleichzeitig werden die beiden Kanten der übereinanderliegenden Folien 8a, 8b so beschnitten, dass jeweils zwei Kanten exakt übereinander liegen.

[0043] Um zu erreichen, dass der Folienverbund einseitig eben ist (Fig. 7B), ist entweder das obere Band oder das untere Band der Doppelbandpresse 15 derart geteilt, dass die Abstandshalterschnur 10 entlang diesem Teilungsspalt in einer Vertiefung geführt wird.

[0044] Figur 8 zeigt nun die rahmenartige Anordnung bestehend aus vier Abschnitten der miteinander verschweißten Folienbahnen. In den nicht verschweißten Bereichen ist die jeweils oben liegende Folie 8b hochgeklappt, so dass zwischen die Folien 8a, 8b eine in sich geschlossene Ringdichtung 9 eingelegt werden kann. Die hochgeklappten Abschnitte der Folien 8b werden anschließend auf die Ringdichtung 9 heruntergeklappt. In den Eckbereichen der rahmenartigen Anordnung

werden die Folien 8a, 8b jeweils durch eine Eckverbindungsfolie 18 unterlegt, um aneinander angrenzende Folienabschnitte fest miteinander zu verbinden. Eine entsprechende Eckverbindungsfolie 18 wird an jeder Ecke der rahmenartigen Anordnung zusätzlich auch von oben aufgelegt (nicht dargestellt). Es werden dann zunächst die Eckbereiche beispielsweise durch Impulsschweißen miteinander verschweißt. Anschließend werden die Folien 8a, 8b der vier Folienbahnen auch in den bisher unverschweißten Bereichen unter Einschluss der Ringdichtung 9 miteinander verschweißt. Dies kann beispielsweise durch erneutes Hindurchführen durch eine Doppelbandpresse oder eine stationäre Heizpresse erfolgen, wobei wiederum eine Profilierung für die Dichtschnur 9 vorzusehen ist, so dass die resultierende Dichtung einseitig eben ist.

[0045] Das in Figur 8 nicht dargestellte Abstandsmaterial 14 kann entweder vor dem Herunterklappen der Folie 8b zwischen die Folien 8a und 8b eingelegt werden oder danach auf die Folie 8b aufgelegt werden. Zusätzlich können Ergänzungsstücke der Abstandshalterschnur 10 auf die Folie 8b aufgelegt werden, damit auch die Abstandshalterschnur 10 einen geschlossenen Ring bildet. Das Abstandsmaterial 14 und die Ergänzungsstücke der Abstandshalterschnur 10 werden dann bei dem vorbeschriebenen Schweißschritt mit in die Dichtung integriert. Schließlich werden noch Löcher (nicht dargestellt) zur Durchführung von Schrauben in die Dichtung gestanzt.

Patentansprüche

1. Dichtung (6) für eine Elektrolysezellenanordnung, umfassend eine erste Folienoberfläche und eine zweite Folienoberfläche, sowie eine im wesentlichen Abstandshalterfunktion übernehmende, schnurförmige erste Dichtungskomponente (10) und eine im wesentlichen Dichtungsfunktion übernehmende, schnurförmige zweite Dichtungskomponente (9), die zwischen der ersten Folienoberfläche und der zweiten Folienoberfläche beabstandet zueinander verlaufen, wobei der Abstand zwischen den beiden Dichtungselementen (9, 10) ein Vielfaches ihrer maximalen Dicke beträgt.
2. Dichtung nach Anspruch 1, wobei die Dichtung für einen bestimmten Kompressionsdruck vorgesehen ist und wobei die beiden Dichtungselemente (9, 10), wenn sie jeweils einem solchen Kompressionsdruck ausgesetzt sind, dieselbe komprimierte Dicke besitzen.
3. Dichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die beiden Dichtungselemente (9, 10) dieselbe oder zumindest in etwa dieselbe Kompressibilität besitzen.
4. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei

- es sich um eine in sich geschlossene rahmenförmige Dichtung handelt.
5. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste Dichtungskomponente (10) eine erste Schnur und die zweite Dichtungskomponente (9) eine zweite Schnur ist. 5
6. Dichtung nach Anspruch 5, wobei diejenige der beiden Schnüre (9), welche im Benutzungsfall der Dichtung (6) näher an der Elektrolysezelle liegt, aus einer spiralförmig gewickelten Folie besteht. 10
7. Dichtung nach Anspruch 6, wobei die aus der spiralförmig gewickelten Folie bestehende Schnur (9) eine in sich geschlossene Ringschnur ist, welche aus einer auf sich selbst gerollten zylindrischen Folie hergestellt ist. 15
8. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die erste Folienoberfläche von einer ersten Folie (8a) und die zweite Folienoberfläche von einer zweiten Folie (8b) gebildet wird. 20
9. Dichtung für eine Elektrolysezellenanordnung, insbesondere nach Anspruch 8, umfassend eine im wesentlichen Abstandshalterfunktion übernehmende erste Dichtungskomponente (10) und eine im wesentlichen Dichtungsfunktion übernehmende zweite Dichtungskomponente (9), die zwischen einer ersten Folie (8a) und einer zweiten Folie (8b) nebeneinander in Umfangsrichtung der Dichtung (6) verlaufen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Folien (8a, 8b) durch einen bis 100°C stabilen Kleber (11) miteinander verbunden sind. 25 30 35
10. Dichtung nach Anspruch 9, wobei der Kleber (11) thermisch aktivierbar ist.
11. Dichtung nach Anspruch 10, wobei der Kleber (11) ein thermoplastischer Kleber ist. 40
12. Dichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei der Kleber (11) ein auf einem Fluorpolymer basierender Kleber ist. 45
13. Dichtung nach Anspruch 12, wobei der Kleber (11) Ethylen-Fluorethylenpropylen (EFEP) umfasst.
14. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die beiden Folienoberflächen durch eine die schnurförmigen Dichtungskomponenten (9, 10) enthaltende extrudierte Folie gebildet werden. 50
15. Dichtung nach Anspruch 14, wobei die Dichtungskomponenten (9, 10) zwischen den Folienoberflächen eingeschlossen sind. 55
16. Dichtung nach Anspruch 14, wobei die extrudierte Folie als Vollmaterial extrudiert ist und die Dichtungskomponenten (9, 10) als Verdickungen des Querschnitts der extrudierten Folie realisiert sind.
17. Dichtung für eine Elektrolysezellenanordnung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 16, umfassend eine im wesentlichen Abstandshalterfunktion übernehmende erste Dichtungskomponente (10) und eine im wesentlichen Dichtungsfunktion übernehmende zweite Dichtungskomponente (9), die zwischen einer ersten Folienoberfläche und einer zweiten Folienoberfläche nebeneinander in Umfangsrichtung der Dichtung (6) verlaufen, wobei sich zumindest eine der beiden Folienoberflächen über diejenige der beiden Dichtungskomponenten (9), welche im Fall der Benutzung der Dichtung näher am Elektrolysezellenraum liegt, ein Stück weit hinaus erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** in diesem Erstreckungsbereich ein Abstandsmaterial (14) vorgesehen ist, welches im komprimierten Zustand der Dichtung einen Spalt zwischen der Dichtung und der Elektrolysezellenanordnung in dem Erstreckungsbereich vollständig oder zumindest im wesentlichen ausfüllt, ohne Kompressionskraft oder jedenfalls nur unwesentlich Kompressionskraft aufzunehmen.
18. Dichtung nach Anspruch 17, wobei das Abstandsmaterial (14) zwischen den Folien (8a, 8b) liegt.
19. Dichtung nach Anspruch 17, wobei das Abstandsmaterial (14) auf einer Außenseite der beiden Folien (8a, 8b) der Dichtung (6) vorliegt.
20. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei das Folienmaterial jeweils multidirektional expandiertes Polytetrafluorethylen (ePTFE) ist.
21. Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei die Dichtung einseitig flach und einseitig aufgrund der zwischen den beiden Folien (8a, 8b) verlaufenden Dichtungskomponenten (9, 10) profiliert ist.
22. Elektrolysezellenanordnung umfassend
- einen Kathodenraum mit einem ersten Gehäuseteil (1) und einer Kathode (3),
 - einen Anodenraum mit einem zweiten Gehäuseteil (2) und einer Anode (4),
 - einen zwischen dem ersten Gehäuseteil (1) und dem zweiten Gehäuseteil (2) angeordneten, den Anodenraum und den Kathodenraum voneinander trennenden Separator (5), und
 - eine Dichtung (6) zwischen dem ersten Gehäu-

seteil (1) oder dem zweiten Gehäuseteil (2) und dem Separator (5),

wobei die Dichtung (6) eine Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21 ist.

23. Verfahren zur Herstellung einer Dichtung (6) für eine Elektrolysezellenanordnung umfassend die Schritte:

- zur Verfügung Stellen eines mindestens zweischichtigen Materials inrahmenförmiger Anordnung mit einer zwischen den Materialschichten (8a, 8b) aufgenommenen ersten Schnur (10),
- Anordnen einer zweiten Schnur (9) umlaufend zwischen die Materialschichten (8a, 8b) des rahmenförmig angeordneten Materials derart, dass der Abstand der ersten Schnur (10) zur zweiten Schnur (9) ein Vielfaches ihres maximalen Durchmessers beträgt und die zweite Schnur (9) näher zum Zentrum der rahmenförmigen Anordnung liegt als die erste Schnur (10), und
- Verbinden der Materialschichten (8a, 8b) unter Einschluss der Schnüre (9,10) derart, dass eine einstückige rahmenförmige Dichtung entsteht.

24. Verfahren nach Anspruch 23, umfassend das Herstellen des zur Verfügung gestellten mindestens zweischichtigen rahmenförmig angeordneten Materials unter Einsatz der folgenden Schritte:

- Einführen der ersten Schnur (10) zwischen eine erste Materialschicht (8a) und eine zweite Materialschicht (8b),
- Zuführen der ersten Materialschicht (8a) und der zweiten Materialschicht (8b) zu einer Verbindungsstation (15),
- Verbinden der ersten Materialschicht (8a) mit der zweiten Materialschicht (8b) unter Einschluss der ersten Schnur (10) in der Verbindungsstation (15), und
- Bilden einer rahmenförmigen Anordnung aus den miteinander verbundenen Materialschichten (8a, 8b).

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die Herstellung des mindestens zweischichtigen Materials in einem kontinuierlichen Verfahren erfolgt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei die Verbindungsstation (15) eine Doppelbandpresse ist.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei die Doppelbandpresse derart beheizt wird, dass die erste Materialschicht (8a) mit der zweiten Materialschicht (8b) verschweißt.

28. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, wobei die erste Schnur (10) in der Verbindungsstation (15) einseitig in einer Vertiefung geführt wird, so dass das hergestellte zweischichtige Material einseitig eben und einseitig profiliert ist.

FIG 1

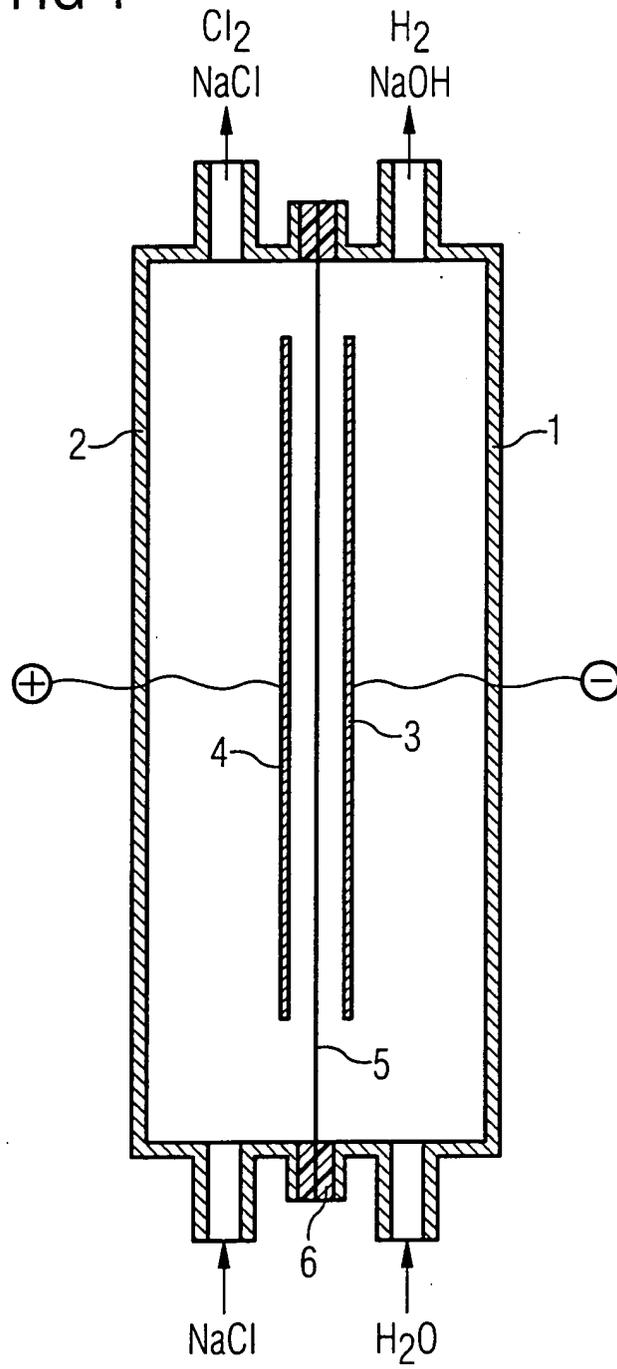


FIG 2
Stand der Technik

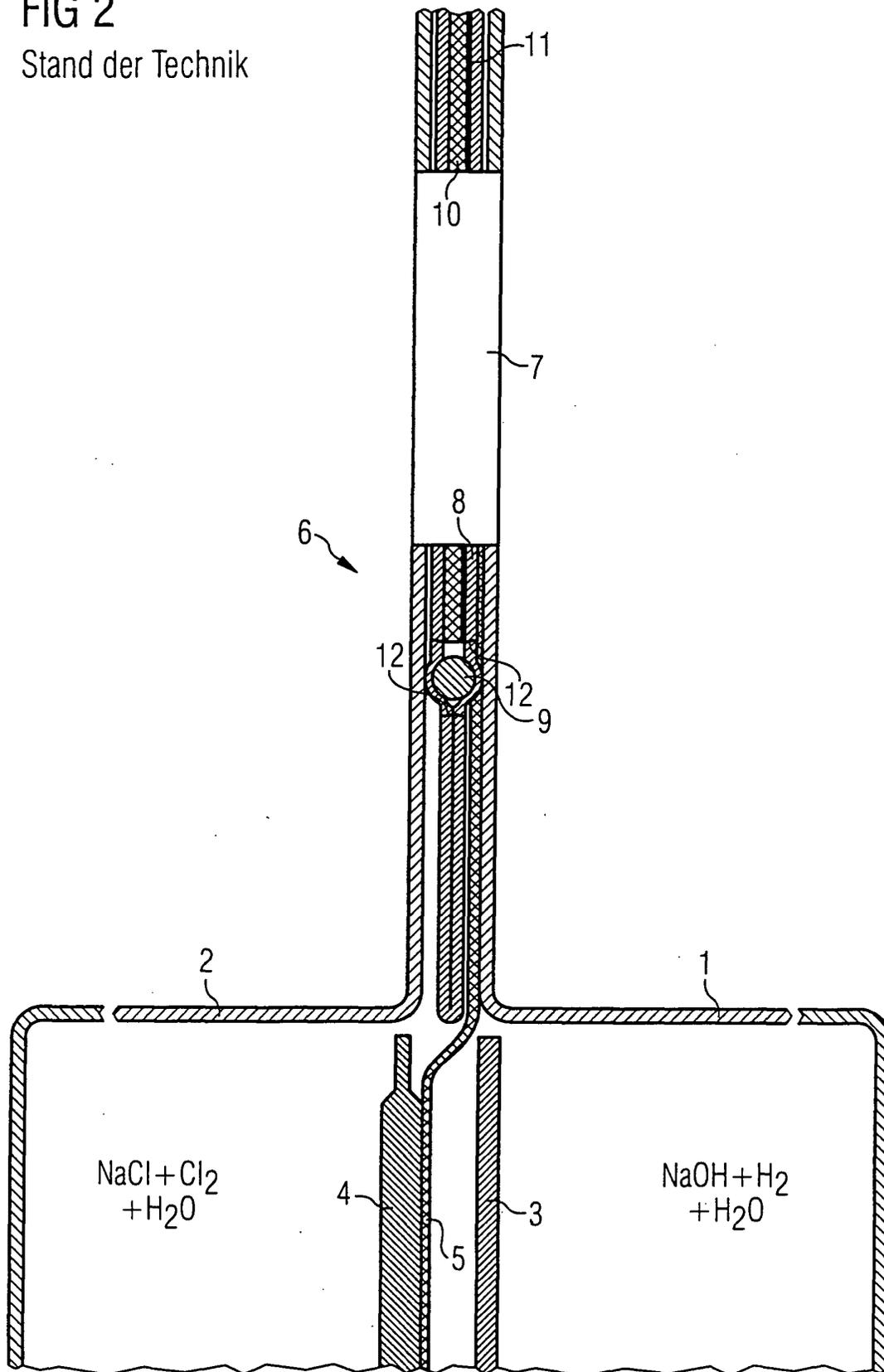
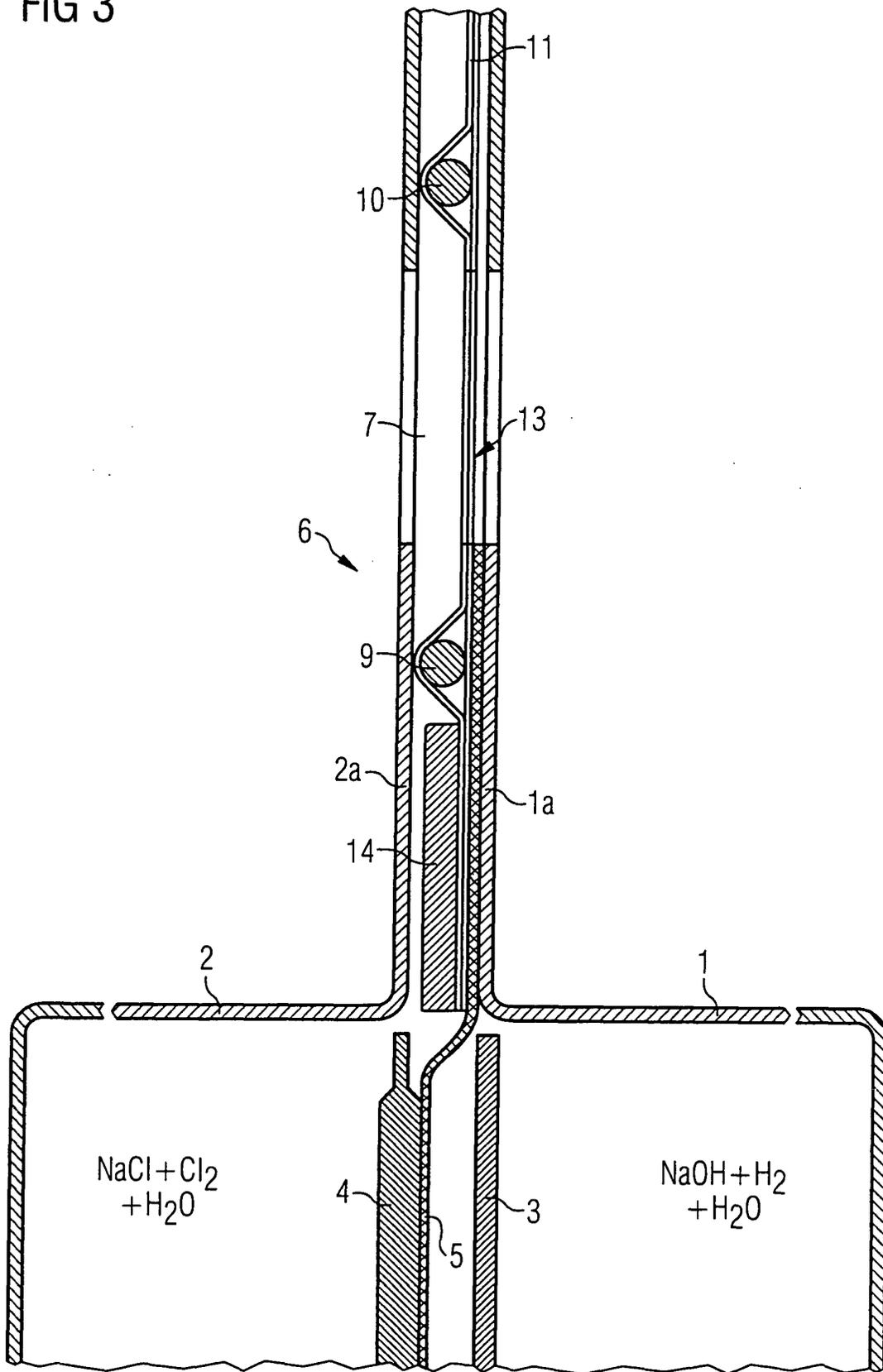


FIG 3



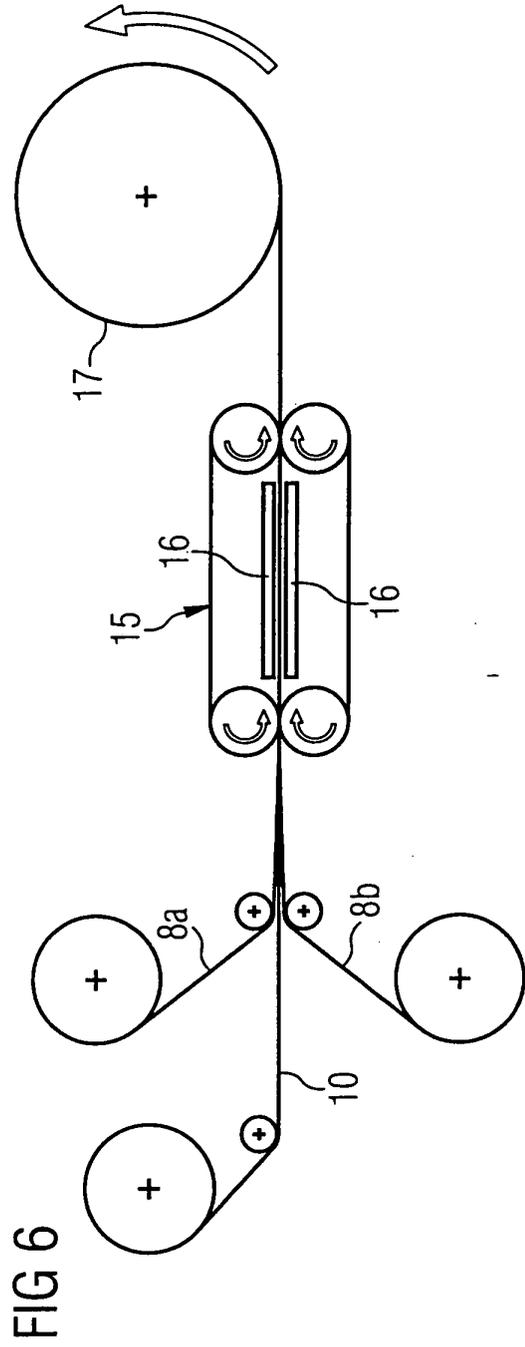
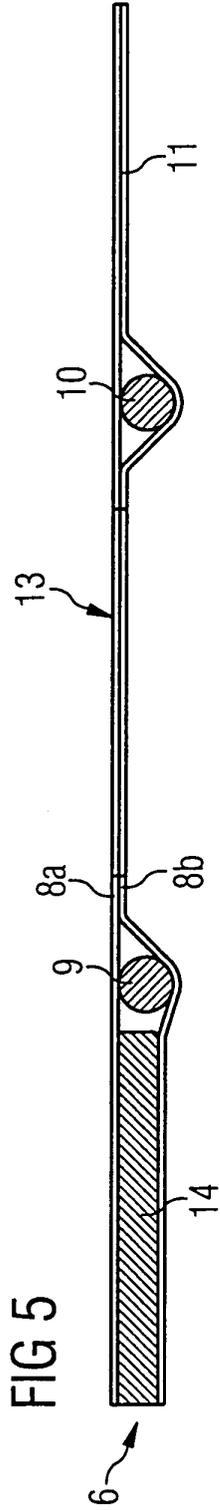
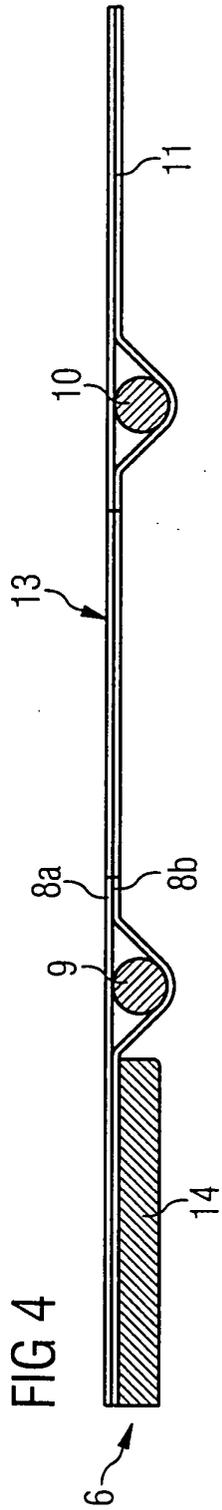


FIG 7A

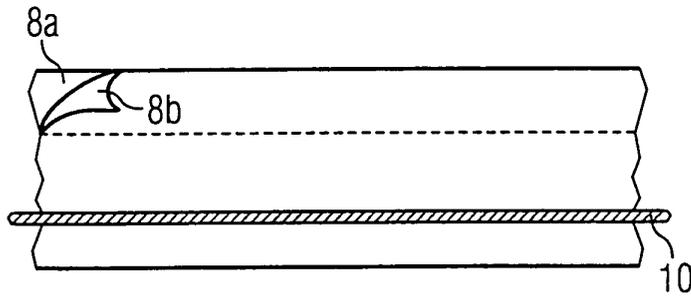


FIG 7B

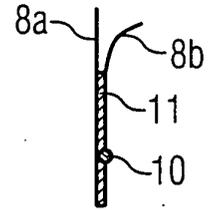


FIG 8

