

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50299/2012
(22) Anmeldetag: 27.07.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2013

(51) Int. Cl. : **C25B 1/04** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 5082544 A JP 5287570 A
JP 8085892 A JP 11189890 A
JP 2001300245 A

(73) Patentinhaber:
FRONIUS INTERNATIONAL GMBH
4643 PETTENBACH (AT)

(72) Erfinder:
WAHLMÜLLER EWALD
LINZ (AT)
STADLER THOMAS
WELS (AT)
ZWIRCHMAYR PAUL
OHLSDORF (AT)
FÜGER JOSEF
GMUNDEN (AT)
NEUMAIR ELISABETH
WELS (AT)

(54) **Elektrolyseur**

(57) Um einen Elektrolyseur zur Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff sehr flexibel einsetzbar zu machen, wird vorgeschlagen, eine Trocknungseinheit vorzusehen, in der ein mehrkreisiger Wärmetauscher (20) mit einem ersten Kreis zur Kühlung des erzeugten Wasserstoffs (H_2) und einem zweiten Kreis zur Kühlung des erzeugten Sauerstoffes (O_2) vorgesehen ist, wobei beide Kreise des mehrkreisigen Wärmetauschers (20) einen gemeinsamen Kältekreis (27) aufweisen.

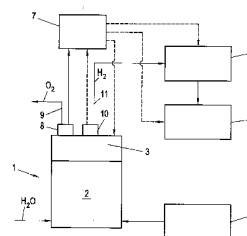


Fig. 1

Beschreibung

ELEKTROLYSEUR

[0001] Die gegenständliche Erfindung betrifft einen Elektrolyseur zur Erzeugung der Produktgase Wasserstoff und Sauerstoff, wobei eine Trocknungseinheit zur Trocknung des Produktgases Wasserstoff vorgesehen ist und ein zugehöriges Verfahren zur Trocknung der in einem Elektrolyseprozess hergestellten Produktgase Wasserstoff und Sauerstoff.

[0002] Zur Erzeugung von Wasserstoff werden häufig Elektrolyseure eingesetzt, die Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff aufspalten, die dann als Produktgase abgeführt werden. Sauerstoff wird in der Regel nicht wirtschaftlich verwertet, sondern an die Atmosphäre abgegeben. Aufgrund des Elektrolyseprozesses enthalten die Produktgase unvermeidlich einen bestimmten Anteil Wasserdampf, der umso höher ist, umso höher die Elektrolysetemperatur ist. Gleichzeitig wird zwecks Verbesserung der Wärmeauskoppelung und zur Erhöhung des Wirkungsgrades ein möglichst hohes Temperaturniveau im Elektrolyseprozess angestrebt, z.B. 80°C. Zur Speicherung und Lagerung von Wasserstoff muss dieser allerdings auf einen bestimmten Taupunkt getrocknet werden, z.B. auf einen Taupunkt von kleiner minus 45°C. Es ist also notwendig, das in einem Elektrolyseur hergestellte Produktgas Wasserstoff zu trocknen, sodass es auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gelagert werden kann. Sauerstoff wird dabei aufgrund der Reduzierung des Anlagen- und Energieaufwands in der Regel nicht getrocknet, da dies nicht notwendig ist. Eine Erhöhung der Elektrolysetemperatur führt allerdings zu einem exponentiell erhöhten Trocknungsaufwand, was bei den zumeist eingesetzten Adsorptionstrocknern, z.B. ein Molekularsieb, aufgrund der benötigten Regenerationszyklen zu erheblichen Verkürzungen der Standzeiten und damit auch zu schlechten Gesamtwirkungsgraden führt.

[0003] Daher sind schon Elektrolyseure bekannt geworden, die das Produktgas Wasserstoff in einem zweistufigen Prozess trocknen. Die TWM 421 948 Y beschreibt z.B. einen PEM (proton exchange membrane) Elektrolyseur, bei dem Wasserstoff in einer ersten Trocknungsstufe in einer Kondensationseinheit vorgetrocknet wird und anschließend in einer zweiten Trocknungsstufe in einem Molekularsieb fertiggetrocknet wird. Der derart getrocknete Wasserstoff wird dann gelagert.

[0004] In einem Elektrolyseprozess werden aus Sicherheitsgründen häufig auch Sensoren, z.B. ein Wasserstoffsensor oder ein Sauerstoffsensor, eingesetzt, um Explosionsgrenzen, z.B. die untere Explosionsgrenze (UEG) oder die obere Explosionsgrenze (OEG) zu überwachen und um damit indirekt auch die Dichtheit der Elektrolysemembran zu überwachen. Häufig werden dazu Sensoren zur Messung der Wasserstoffkonzentration im gewonnenen Sauerstoff und/oder Sensoren zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Wasserstoff eingesetzt. Je nach Elektrolysetyp kommen verschiedene Überwachungsprinzipien zur Anwendung. Z.B. ist bei PEM Elektrolyse eine Überwachung der H₂ Konzentration im Anodensystem (=Speisewassersystem bzw. O₂ Produktgasseite) üblich. Bei alkalischer Elektrolyse werden dagegen z.B. vielfach sowohl Anoden- als auch Kathodensystem (=H₂ Produktgasseite) auf Einhaltung der unteren und oberen Explosionsgrenzen überwacht. Allerdings kann auch bei PEM Elektrolyse in Abhängigkeit vom Betriebsbereich (Teillastgrad) und von den Betriebsparametern (Druck auf der Anode bzw. Druckdifferenz zwischen Anode und Kathode) eine beidseitige Konzentrationsüberwachung nötig sein.

[0005] In den Produktgasen Wasserstoff und Sauerstoff ist aber immer Wasserdampf enthalten, der am jeweiligen Sensor kondensieren kann, was die Messergebnisse verfälschen kann. Das ist insbesondere bei der Verwendung von thermischen Halbleitersensoren der Fall. Daher sind an den Sensoren zusätzliche Maßnahmen notwendig, um das zu verhindern. Z.B. werden die Sensoren oftmals beheizt, um eine Kondensation von Wasser am Sensor zu verhindern. Das ist aber mit zusätzlichem Instrumentenaufwand verbunden.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe, einen flexibel einsetzbaren Elektrolyseur anzugeben, der anoden-und/oder kathodenseitig mit Sensoren zur Sicherheitsüberwachung ausgestattet wer-

den kann, ohne dabei aufwendige zusätzliche Maßnahmen am Sensor erforderlich zu machen, und der die einfache Weiternutzung beider erzeugter Produktgase ermöglicht. Gleichsam ist es eine Aufgabe ein zugehöriges Verfahren zur Verfügung zu stellen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, in dem in der Trocknungseinheit ein mehrkreisiger Wärmetauscher mit einem ersten Kreis zur Kühlung des Wasserstoffs und einem zweiten Kreis zur Kühlung des Sauerstoffes vorgesehen ist, wobei beide Kreise des mehrkreisigen Wärmetauschers einen gemeinsamen Kältekreis teilen. Auf diese Weise wird der Sauerstoff mit dem Wasserstoff mitgekühlt und dadurch gleichzeitig mitgetrocknet. Stromab des Wärmetauschers enthält der gekühlte und damit getrocknete Sauerstoff somit nur mehr eine geringe Menge Wasser. Die Problem mit der Kondensation von Wasser an einem im Sauerstoffkreis angeordneten Sensor, z.B. ein Wasserstoffsensor zur Erfassung der Wasserstoffkonzentration, können so erheblich reduziert werden. Da der Wasserstoff ohnehin für die Lagerung getrocknet werden muss, stellt die gleichzeitige Kühlung des Sauerstoffs durch denselben Kältekreis nur einen geringen Mehraufwand dar. Darüber hinaus kann der mitgetrocknete Sauerstoff nun auch einfach, und ohne viel zusätzlichen Anlagenaufwand, weitergenutzt werden, z.B. gespeichert werden. Ein derart ausgeführter Elektrolyseur kann ohne großen zusätzlichen Aufwand in unterschiedlichsten Konfigurationen, z.B. mit oder ohne Sensoren oder auch zur Weiternutzung des Sauerstoffs, und damit sehr flexibel eingesetzt werden.

[0008] Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn der Wärmetauscher so ausgelegt ist oder angesteuert wird, dass der Taupunkt des getrockneten Sauerstoffs unterhalb der Umgebungstemperatur eines in der Sauerstoffleitung angeordneten Sensors zu liegen kommt. Damit wird sichergestellt, dass es zu keiner Kondensation am Sensor kommen kann. Der Wärmetauscher kann dabei sehr einfach z.B. über die Länge des Wärmetauschers, die Volumenströme, die geometrischen Verhältnisse, die Materialien, die Leistung des gemeinsamen Kältekreises, etc. gesteuert (z.B. in einem geschlossenen Regelkreis) oder eingestellt werden.

[0009] In einer ganz besonders kompakten, einfachen und damit vorteilhaften Ausgestaltung besteht der Wärmetauscher aus drei ineinandergesteckten, radial beanstandeten Rohren besteht, sodass drei durchströmbare Kanäle entstehen, wobei ein erster Kanal vom Sauerstoff und ein zweiter Kanal vom Wasserstoff durchströmt wird und ein dritter, radial zwischen ersten und zweiten Kanal angeordneter Kanal, vom Kältemittel des Kältekreises durchströmt wird. Solche Wärmetauscher aus drei ineinander gesteckten Rohren sind an sich für andere Medien bekannt, z.B. aus der DE 33 18 722 A1.

[0010] Bevorzugt wird dabei das Medium mit dem höchsten Druck durch das innerste Rohr geführt, da dann die Wandstärken der Rohre minimal gehalten werden können. Ganz besonders vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Drücke der durch die Rohre geführten Medien von innen nach außen abnehmen.

[0011] Die Trocknung kann verbessert werden, wenn in der Trocknungseinheit stromab des Wärmetauschers in der Wasserstoffleitung weiters ein Adsorptionstrockner zur Trocknung des Wasserstoffs angeordnet ist und/oder, wenn in der Trocknungseinheit stromaufwärts des Wärmetauschers in der Sauerstoffleitung ein Wasserabscheider angeordnet ist.

[0012] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die schematischen, nicht einschränkenden Figuren 1 bis 4 näher erläutert, die die Erfindung anhand von vorteilhaften Ausgestaltungen beschreiben, näher erläutert. Dabei zeigt

[0013] Fig.1 ein schematisches Blockschaltbild einer regenerativen Energieerzeugungsanlage mit einem erfindungsgemäßen Elektrolyseurs,

[0014] Fig.2 eine vorteilhafte Ausgestaltung einer Trocknungseinheit des Elektrolyseurs,

[0015] Fig.3 einen Querschnitt durch den Wärmetauscher der Trocknungseinheit und

[0016] Fig.4 ein schematisches Blockschaltbild der Trocknungseinheit.

[0017] In einer regenerativen Energieerzeugungsanlage wie in Fig.1 dargestellt, wird eine Elektrolyseeinheit 2 eines Elektrolyseurs 1, z.B. ein Hochdruck-PEM-Elektrolyseur, mit Wasser

und mit Strom aus einer Stromquelle 6, z.B. eine Photovoltaikanlage, eine Windkraftanlage, ein elektrisches Versorgungsnetz, etc., versorgt. Daraus erzeugt der Elektrolyseur 1 in bekannter Weise Sauerstoff O_2 und Wasserstoff H_2 . Aufbau und Funktion der verschiedenen Typen eines Elektrolyseurs 1 sind hinlänglich bekannt, weshalb hier nicht näher darauf eingegangen wird. Zudem ist der genaue Typ des Elektrolyseurs 1 für die gegenständliche Erfindung auch unerheblich. Der erzeugte Wasserstoff H_2 wird in einer Trocknungseinheit 3 auf einen bestimmten Taupunkt getrocknet und in einem Wasserstoffspeicher 4 gespeichert. Von dort kann der Wasserstoff H_2 entnommen werden, um in einer Brennstoffzelle 5 elektrischen Strom zu erzeugen. Trocknungseinheit 3 und Elektrolyseeinheit 2 können im Elektrolyseur 1 integriert sein, können aber auch zwei separate Einheiten sein. Die Brennstoffzelle 5 könnte natürlich auch im Elektrolyseur 1 integriert sein. In der Sauerstoffleitung 9 ist ein Wasserstoffsensor 8 zur Messung der Wasserstoffkonzentration im Produktgas Sauerstoff O_2 für eine UEG-Überwachung angeordnet. Ebenso kann in der Wasserstoffleitung 11 ein Sauerstoffsensor 10 zur Messung der Sauerstoffkonzentration im Produktgas Wasserstoff H_2 für eine OEG-Überwachung angeordnet sein, wie in Fig.1 angedeutet. Der Sauerstoff O_2 wird in der Regel nicht verwendet und wird unter Umgebungsdruck an die Atmosphäre abgegeben, wie in Fig.1 angedeutet. Selbstverständlich könnte aber auch eine wirtschaftliche Verwertung des Sauerstoffs O_2 vorgenommen werden. Dazu kann es zweckmäßig sein, auch den Sauerstoff zu trocknen und eventuell auch auf Überdruck zu bringen.

[0018] Die Messwerte des Wasserstoffsensors 8 und/oder des Sauerstoffsensors 10 werden an eine Steuereinheit 7 geliefert, die im Fall einer Überschreitung einer vorgegebenen zulässigen Wasserstoff- und/oder Sauerstoffkonzentration, was auf einen Schaden in der Elektrolyseeinheit 2 des Elektrolyseurs hindeutet, eine Sicherheitsfunktion, z.B. ein Notabschaltung des Elektrolyseurs 1 und/oder der gesamten Anlage, auslöst. Die Steuereinheit 7 kann auch zur Steuerung des Elektrolyseurs 1 und/oder der restlichen Komponenten der regenerativen Energieerzeugungsanlage dienen, wie in Fig.1 durch die strichlierten Linien angedeutet.

[0019] In Fig.2 und 3 ist nun eine vorteilhafte Ausgestaltung der Trocknungseinheit 3 dargestellt. In der Trocknungseinheit 3 ist ein mehrkreisiger, hier ein dreikreisiger, Wärmetauscher 20 angeordnet. In einem ersten Kreis des Wärmetauschers 20 wird Wasserstoff H_2 geführt, in einem zweiten Kreis Sauerstoff O_2 und der dritte Kreis wird durch den Kältekreis 27 gebildet. Der Wärmetauscher 20 besteht hier aus drei konzentrisch ineinander gesteckten und radial beabstandeten Rohren 30, 31, 32 (siehe Fig.3), sodass radial zwischen den Rohren drei axial durchströmbare Kanäle 33, 34, 35 entstehen. Der Wärmetauscher 20 ist hier mäanderförmig gebogen, könnte aber natürlich auch jede andere Form annehmen, z.B. gerade oder zylindrisch in Form einer Spule gewickelt, etc. Die Form des Wärmetauschers 20 wird vorzugsweise an den zur Verfügung stehenden Platz in der Trocknungseinheit 3 angepasst, wobei entsprechend die minimalen Biegeradien der Rohre 30, 31, 32 eingehalten werden. Wesentlich ist hierbei, dass die für die benötigte Kühlleistung erforderliche Länge des Wärmetauschers 20 erreicht wird. Beispielsweise liegt diese im Bereich von 1 bis 3m, in Abhängigkeit der verfügbaren Kühlleistung des Kältekreises 27 und den geometrischen Verhältnissen.

[0020] Der Wärmetauscher 20 hat einen Eingangsanschluss 24 und einen Ausgangsanschluss 25. Weiters ist ein Kältekreis 27 vorgesehen, der eine Kältemittelleitung 21, sowie ein Kühlsystem 22 umfasst. Das Kühlsystem 22 kann z.B. als Kompressor mit einem geeigneten Kühlmittel ausgeführt sein. Die Abwärme 23 des Kühlsystems 22 kann z.B. auch für andere Prozesse oder zur Speicherung in einem Wärmespeicher verwendet werden.

[0021] Im Hohlraum 33 des radial innersten Rohres 30 wird z.B. der aus der Elektrolyseeinheit 2 abgegebene Wasserstoff H_2 , der einen gewissen Anteil an Wasserdampf beinhaltet, geführt. Im Kanal 34 zwischen dem innersten Rohr 30 und dem mittlerem Rohr 31 wird das Kältemittel des Kältekreises 27 geführt. Und im Kanal 35 zwischen dem äußersten Rohr 32 und dem mittlerem Rohr 31 wird der aus der Elektrolyseeinheit 2 abgegebene Sauerstoff O_2 , der einen gewissen Anteil an Wasserdampf beinhaltet, geführt. Das Kältemittel wird hier im Gegenstrom durch den Wärmetauscher 20 geleitet, wobei das selbstverständlich auch im Gleichstrom erfolgen könnte. Es könnte auch der Wasserstoff H_2 mit dem Kältemittel im Gegenstrom und der Sauer-

stoff O_2 mit dem Kältemittel im Gleichstrom geführt werden, womit eine geringere Temperaturabsenkung des Sauerstoffs O_2 bei vorteilhaft reduziertem Kühlaufwand erreicht werden kann. Das durch die Kühlung des Wasserstoffs H_2 und des Sauerstoffs O_2 anfallende Kondensat wird über eine Kondensatleitung 26 abgeführt, welche z.B. am Ausgangsanschluss 25 angeordnet ist.

[0022] Der Wärmetauscher 20 wird nun so ausgelegt oder gesteuert, z.B. über die Länge des Wärmetauschers 20, die Volumenströme, die geometrischen Verhältnisse, die Materialien, die Leistung des Kältekreis 27, etc., dass der Wasserstoff H_2 an Ausgang 25 des Wärmetauschers auf einen bestimmten minimalen Taupunkt getrocknet ist. Der Kältekreis 27 könnte dazu auch in einem geschlossenen Regelkreis entsprechend geregelt werden. Der Sauerstoff O_2 wird auf diese Weise mitgetrocknet und erreicht am Ende des Wärmetauschers 20 im Wesentlichen dieselbe Temperatur wie der Wasserstoff H_2 . Im Wesentlichen erfolgt im Wärmetauscher 20 eine Kühlung von z.B. ca. $80^\circ C$ auf ca. $5^\circ C$, wodurch entsprechend viel Feuchtigkeit entzogen wird und die Produktgase Wasserstoff H_2 und Sauerstoff O_2 getrocknet werden. Die Trocknung bewirkt also, dass ein Taupunkt im Bereich von minus $45^\circ C$ resultiert, obwohl die Produktgase eine Temperatur von $5^\circ C$ aufweist. Im Fall, dass das Kältemittel im Gegenstrom geführt wird, wird dieses im Wesentlichen auf die Temperatur des Wasserstoffs H_2 am Eingangsanschluss 24, also im Bereich von z.B. $80^\circ C$, erwärmt. Dementsprechend kann die Abwärme 23 beispielsweise über einen hier nicht dargestellten weiteren Wärmetauscher effizient genutzt werden. Bevorzugt wird der Wärmetauscher 20 so ausgelegt oder gesteuert, dass der Taupunkt des Sauerstoffs O_2 unterhalb der Umgebungstemperatur im Bereich des Wasserstoffsensors 8, die z.B. einfach gemessen werden kann, liegt, sodass eine Kondensation am Wasserstoffsensor 8 ausgeschlossen ist.

[0023] In einer typischen Ausführung hat das innerste Rohr 30 einen Durchmesser von 6mm und führt im innersten Kanal 33 Wasserstoff H_2 mit einem sehr hohen Druck, z.B. 200bar und höher. Das mittlere Rohr 31 hat einen Durchmesser von 12mm und im mittleren Kanal 34 wird Kältemittel mit einem Druck von 10-20bar geführt. Das äußere Rohr 32 hat einen Durchmesser von 16mm und im äußeren Kanal 35 wird Sauerstoff O_2 mit Umgebungsdruck geführt. Das Medium mit dem höchsten Druck wird vorteilhaft durch das innerste Rohr 30 geführt, wobei der Druck in den Rohren 30, 31, 32 bevorzugt nach außen hin abnimmt. Damit können die Wandstärken der Rohre 30, 31, 32 minimal gehalten werden. Die Rohre 30, 31, 32 werden bevorzugt in Edelstahl ausgeführt. Wesentlich ist dabei eine gute Wärmeleitfähigkeit der Rohre 30, 31, 32, sodass die Trocknung der feuchten Produktgase H_2 , O_2 schneller erfolgt. Beschleunigt wird die Trocknung auch durch einen hohen Druck, da das zu kühlende Volumen reduziert wird.

[0024] Der hohe Druck kann dabei durch eine Druckerhöhungseinheit aufgebaut, welche nach dem Wärmetauscher 20 und stromaufwärts der Trocknungseinheit 3 angeordnet sein kann. Als eine mögliche Variante bleibt die Druckerhöhungseinheit während der Elektrolyse im Wesentlichen geschlossen, sodass sich die Produktgase bis zum erforderlichen Druck aufstauen. Ist entsprechend der gewünschte Druck erreicht, wird die Druckerhöhungseinheit geöffnet und die Produktgase durchströmen die Trocknungseinheit 3.

[0025] Selbstverständlich könnte auch jede andere geeignete Ausgestaltung eines mehrkreisi-gen Wärmetauschers mit einem gemeinsamen Kältekreis 27 zur Anwendung kommen, z.B. ein mehrkreisiger Plattenwärmetauscher.

[0026] Wie in Fig.4 (ohne Kältekreis 27) dargestellt kann in der Trocknungseinheit 3 stromab des Wärmetauschers 20 zusätzlich noch ein Adsorptionstrockner 37, z.B. ein Molekülsieb, angeordnet sein, um den Wasserstoff H_2 noch weiter zu trocknen, bevor dieser im Wasserstoffspeicher 4 eingelagert wird. Der Sauerstoff O_2 aus der Elektrolyseeinheit 2 könnte vor dem Wärmetauscher 20 über einen, an sich bekannten, Wasserabscheider 36 geführt werden, um Wasser aus dem Produktgas Sauerstoff O_2 abzuscheiden. Das abgeführte Kondensat (reines Wasser) kann über die Kondensatleitung 26 auch in die Elektrolyseeinheit 2 rückgeführt werden.

[0027] Indem der Sauerstoff O_2 im zweikreisigen Wärmetauscher 20 mitgekühlt wird, enthält es

stromab der Trocknungseinheit 3 nur mehr so geringe Mengen an Wasser, dass dieses einerseits an einem in der Sauerstoffleitung angeordneten Sensor 8 keine Probleme bereitet. Andererseits kann auch das getrocknete Produktgas Sauerstoff O_2 , anstelle ungenutzt in die Atmosphäre abgegeben zu werden, direkt industriell genutzt werden. An den Sensoren 8, 10 sind somit keine zusätzlichen Maßnahmen mehr nötig, um dessen ordnungsgemäße Funktion sicherzustellen.

Patentansprüche

1. Elektrolyseur zur Erzeugung der Produktgase Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2), wobei eine Trocknungseinheit (3) zur Trocknung des Produktgases Wasserstoff (H_2) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Trocknungseinheit (3) ein mehrkreisiger Wärmetauscher (20) mit einem ersten Kreis zur Kühlung des Wasserstoffs (H_2) und einem zweiten Kreis zur Kühlung des Sauerstoffes (O_2) vorgesehen ist, wobei beide Kreise des mehrkreisigen Wärmetauschers (20) einen gemeinsamen Kältekreis (27) aufweisen.
2. Elektrolyseur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (20) so ausgelegt ist oder angesteuert wird, dass der Taupunkt des getrockneten Sauerstoffs (O_2) unterhalb der Umgebungstemperatur im Bereich eines in der Sauerstoffleitung (9) angeordneten Sensors (8) liegt.
3. Elektrolyseur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (20) aus drei ineinandergesteckten, radial beanstandeten Rohren (30, 31, 32) besteht, sodass drei durchströmbare Kanäle (33, 34, 35) entstehen, wobei ein erster Kanal (35) vom Sauerstoff (O_2) und ein zweiter Kanal (33) vom Wasserstoff (H_2) durchströmt wird und ein dritter, radial zwischen ersten und zweiten Kanal angeordneter dritter Kanal (34) vom Kältemittel des Kältekreises (27) durchströmt wird.
4. Elektrolyseur, nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Medium mit dem höchsten Druck durch das innerste Rohr (33) geführt ist.
5. Elektrolyseur nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drücke der durch die Rohre (30, 31, 32) geführten Medien von innen nach außen abnehmen.
6. Elektrolyseur nach einem der Ansprüche 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Trocknungseinheit (3) stromab des Wärmetauschers (20) in der Wasserstoffleitung weiters ein Adsorptionstrockner (37) zur Trocknung des Wasserstoffs (H_2) angeordnet ist.
7. Elektrolyseur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Trocknungseinheit (3) stromaufwärts des Wärmetauschers (20) in der Sauerstoffleitung ein Wasserabscheider (36) angeordnet ist.
8. Elektrolyseur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromab der Trocknungseinheit (3) in einer Sauerstoffleitung (9) ein Wasserstoffsensor (8) angeordnet ist.
9. Verfahren zur Trocknung der in einem Elektrolyseprozess hergestellten Produktgase Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2), bei dem der erzeugte Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zur Kältetrocknung in einem mehrkreisigen Wärmetauscher (20) mit einem gemeinsamen Kältekreis (27) gekühlt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sauerstoff (O_2) auf einen Taupunkt getrocknet wird, der unterhalb der Umgebungstemperatur eines in der Sauerstoffleitung (9) angeordneten Sensors (8) liegt.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wasserstoff (H_2), der Sauerstoff (O_2) und ein Kältemittel des Kältekreises (27) durch je eines von drei ineinandergesteckten, radial beanstandeten Rohren (30, 31, 32) geführt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der im Wärmetauscher (20) getrocknete Wasserstoff (H_2) in einem Adsorptionstrockner (37) weiter nachgetrocknet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sauerstoff (O_2) vor dem Wärmetauscher (20) in einem Wasserabscheider (36) vorgetrocknet wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

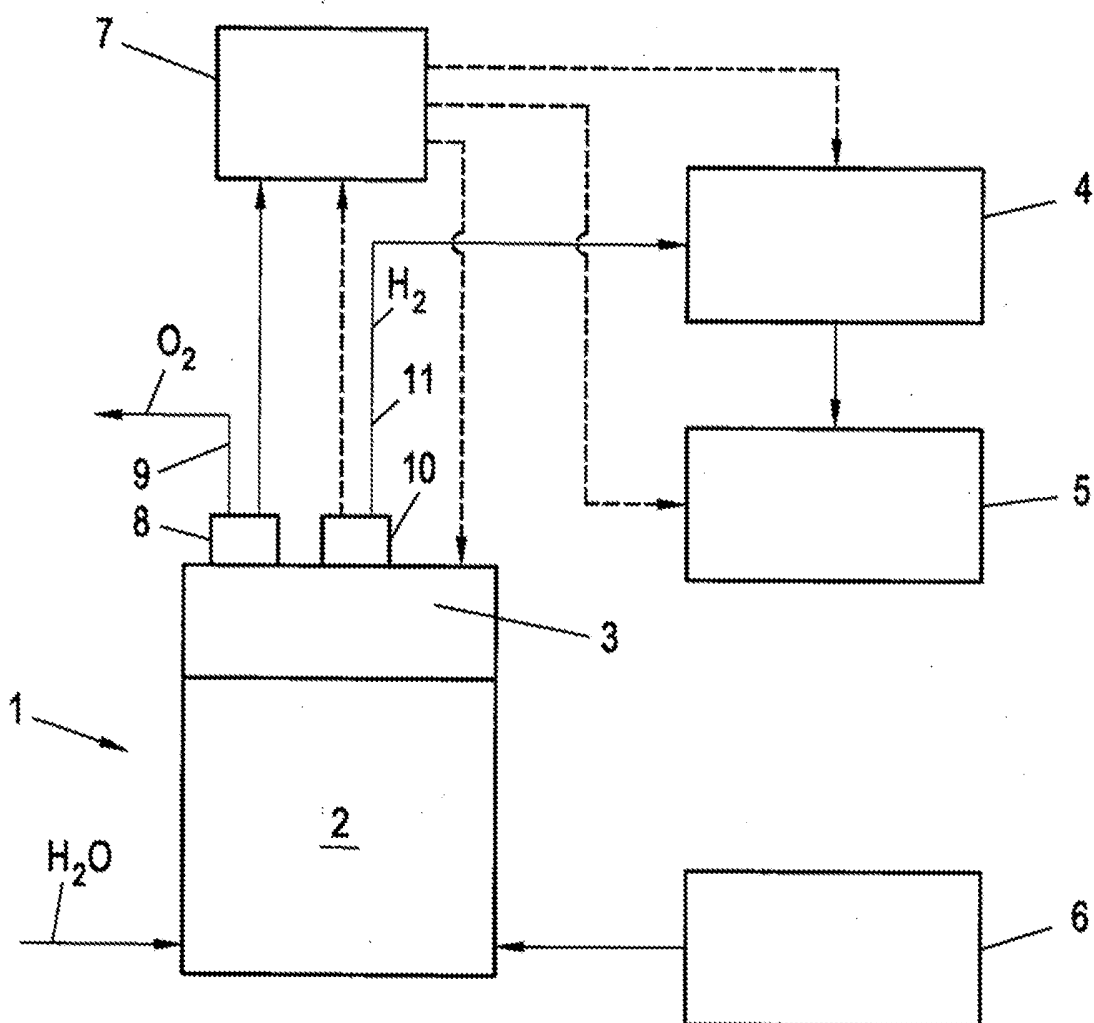


Fig. 1

2/3

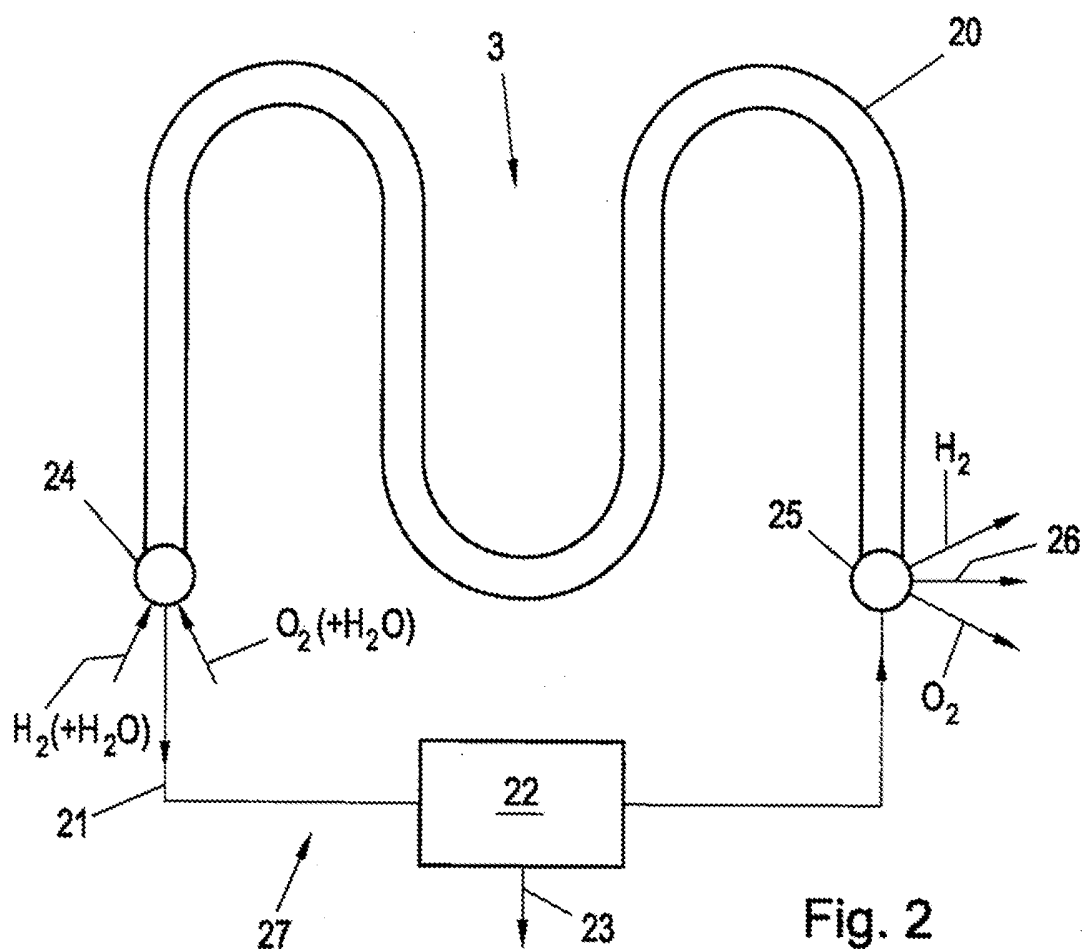


Fig. 2

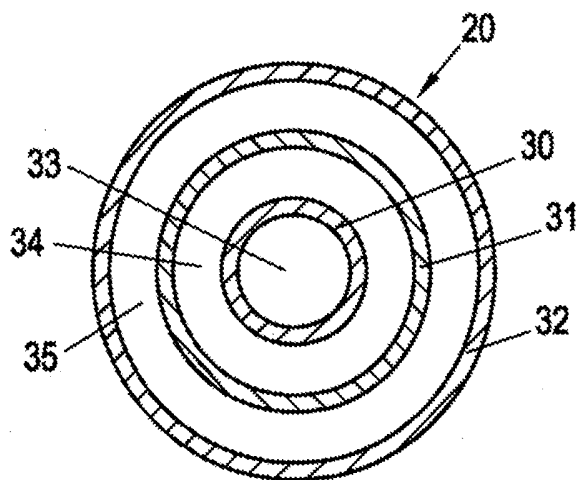


Fig. 3

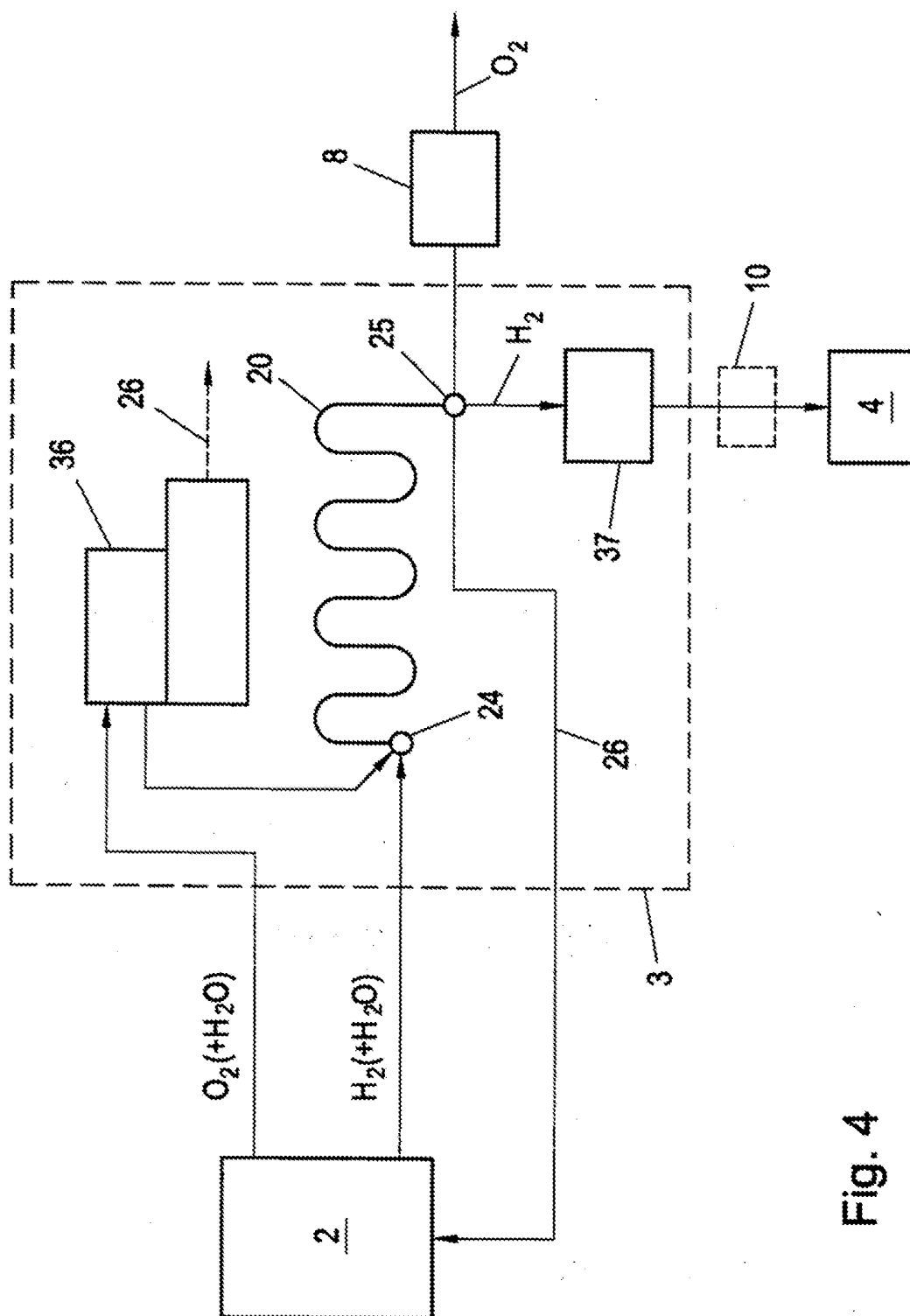


Fig. 4