



(11) **EP 4 224 104 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.07.2024 Patentblatt 2024/31

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F28D 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23153692.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F28D 9/0037; F28D 9/0062; F28F 2250/02

(22) Anmeldetag: **27.01.2023**

(54) **STRÖMUNGSOPTIMISIERTER PLATTENWÄRMETAUSCHER**

FLOW-OPTIMISED PLATE HEAT EXCHANGER

ÉCHANGEUR DE CHALEUR À PLAQUES À ÉCOULEMENT OPTIMISÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **08.02.2022 DE 102022201289**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.08.2023 Patentblatt 2023/32

(73) Patentinhaber:
• **thyssenkrupp Marine Systems GmbH**
24143 Kiel (DE)
• **thyssenkrupp AG**
45143 Essen (DE)

(72) Erfinder:
• **JESSEN, Marius**
24256 Fargau-Pratjau (DE)

- **KULLMANN, Tim**
22767 Hamburg (DE)
- **KRANZ, Jannis**
24235 Laboe (DE)
- **CLAUSEN, Per Nicolai**
24222 Schwentinental (DE)
- **RUSER, Dennis**
24211 Preetz (DE)

(74) Vertreter: **thyssenkrupp Intellectual Property GmbH**
ThyssenKrupp Allee 1
45143 Essen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2020/207754 CN-B- 107 687 780
CN-B- 111 335 963 DE-B3- 102020 210 532
US-A- 2 892 618

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 4 224 104 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Plattenwärmetauscher mit einem möglichst geringen Strömungswiderstand.

[0002] In nicht nuklear-betriebenen Unterseebooten werden derzeit zunehmend Brennstoffzellenvorrichtungen eingesetzt, um die Einsatzfähigkeit im getauchten Zustand zu steigern. Eine wichtige Form ist hierbei die Rezirkulationsbrennstoffzelle. Das Gas der Brennstoffzelle stammt beispielsweise und bevorzugt zum einen aus einem Tank für flüssigen Sauerstoff, zum anderen aus einem Metallhydridspeicher oder einem Reformier. In allen Fällen weist das zugeführte Gas praktisch keine Feuchtigkeit auf, was wiederum zu einer Verkürzung der Lebensdauer der Membran führt. Daher erfolgt bevorzugt eine Befeuchtung der Eduktgase in einem Wärmetauscher.

[0003] Hieraus ergeben sich einige Anforderungen an die unter diesen Bedingungen eingesetzten Wärmetauscher. Neben einer kompakten Bauweise ist auch eine hohe Effizienz bei möglichst geringem Strömungswiderstand notwendig. Weiter ist ein gewisses Maß an Modularität vorteilhaft, um bei der vergleichsweise geringen Stückzahl eine effiziente Ersatzteillagerung zu haben.

[0004] Aus der US 2020/0064075 A1 ist ein Gegenflusswärmetauscher mit einem spiralförmigen Aufbau bekannt.

[0005] Aus der US 10,434,575 B2 ist ein im additiven Fertigungsverfahren hergestellter Wärmetauscher bekannt, welcher eine Vielzahl an Fluiddurchlässen aufweist.

[0006] Aus der US 2019/0063842 A1 ist ein spiralförmiger Wärmetauscher bekannt.

[0007] Aus der US 2019/023703A1 ist ein spiralförmiger Wärmetauscher bekannt.

[0008] Aus der US 9,657,999 B2 ist ein Wärmetauscher mit alternierenden Kanälen bekannt.

[0009] Aus der DE 10 2020 210 532 B3 ist ein Entfeuchter für einen Rezirkulationskreislauf einer Brennstoffzellenvorrichtung bekannt.

[0010] Aus der DE 10 2020 210 310 ist ein Plattenwärmetauscher bekannt.

[0011] Aus der US 10 801 790 B2 ist ein Plattenlamellenwärmetauscher mit flexibler Verteilerstruktur bekannt.

[0012] Aus der CN 1 11 335 963 A ist eine Tragflächen-Stifflossenstruktur und eine Turbinenschaufel bekannt.

[0013] Aus der US 11 168 570 B1 ist eine Kühlvorrichtung für Komponenten von Gasturbinentriebwerken bekannt.

[0014] Aus der US 2 892 618 A ist ein Wärmetauscher gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie Oberflächenvergrößerungselemente für den Wärmetauscher bekannt.

[0015] Aus der CN 107 687 780 B ist ein Plattenwärmetauscher mit stromlinienförmigen Rippelementen bekannt.

[0016] Aus der WO 2020 / 207 754 A1 ist eine Bipolarplatte für Brennstoffzellen und ein Brennstoffzellenstapel mit solchen Bipolarplatten bekannt.

[0017] Aus der CN 111 335 963 B ist eine Tragflächenstruktur und ein Turbinenblatt bekannt. Aufgabe der Erfindung ist es, einen Wärmetauscher bereitzustellen, der insbesondere in einem Befeuchter für die einer Brennstoffzellenvorrichtung zugeführten Eduktgase an Bord eines Unterseebootes einsetzbar ist.

[0018] Gelöst wird diese Aufgabe durch den Wärmetauscher mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhaft Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

[0019] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher ist als Plattenwärmetauscher ausgeführt. Der Wärmetauscher weist entsprechend Trennwände auf, durch welche erste Bereiche und zweite Bereiche getrennt werden. Der Wärmetauscher weist entsprechend erste Bereiche zwischen den Trennwänden für ein erstes Medium und zweite Bereiche zwischen den Trennwänden für zweites Medium auf. Im Wärmetauscher wird Wärme von dem ersten Medium auf das zweite Medium oder vom zweiten Medium auf das erste Medium übertragen. Die ersten Bereiche und die zweiten Bereiche sind somit durch eine Mehrzahl von Trennwänden getrennt. Jeweils zwischen zwei benachbarten Trennwänden sind alternierend erste Bereiche und zweite Bereiche angeordnet. Dieses entspricht dem bekannten Aufbau eines Plattenwärmetauschers. Im ersten Bereich sind zwischen den Trennwänden Verbindungselemente angeordnet. Diese Verbindungselemente können mehrere Aufgaben übernehmen. Zum einen bewirken die Verbindungselemente eine mechanische Verbindung der Trennwände, wodurch eine mechanische Stabilisierung erreicht wird. Die Verbindungselemente dienen somit dazu, die Trennwände tragend zu verbinden, Kräfte zu übertragen und den Wärmetauscher insgesamt zu stabilisieren. Darüber hinaus dienen die Verbindungselemente als Kontaktfläche zum ersten Medium. Dieses wiederum hat mehrere Funktionen. Zum ersten wird der Gasstrom durch die Verbindungselemente strömungstechnisch gezielt beeinflusst, also geführt oder vermischt. Zum zweiten dienen die Verbindungselemente auch als Wärmeüberträger. Und zum dritten können die Verbindungselemente auch als Kondensationskeim und/oder zur Flüssigkeitsführung dienen.

[0020] Erfindungsgemäß weisen die Verbindungselemente einen länglichen Querschnitt auf. Die Verbindungselemente sind damit länger als diese breit sind. Die Verbindungselemente sind in Längsrichtung parallel zur Strömungsrichtung des ersten Mediums angeordnet. Dieses wirkt insbesondere strömungstechnisch führend auf den Gasstrom aus. Die Verbindungselemente weisen einen Querschnitt parallel zu den Trennwänden auf. Der Querschnitt weist parallel zur Längsrichtung und senkrecht zu den Trennwänden eine Spiegelsymmetrie auf. Hierdurch wird verhindert, dass es gemäß dem Gesetz von Bernoulli zu einem Druckunterschied durch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit des umströmenden Gases und somit zu einer resultierenden Kraftwirkung auf das Verbindungselement kommt.

[0021] Der Querschnitt weist bevorzugt eine kontinuierliche Veränderung der Dicke auf, wobei die Dicke an den beiden Enden in Längsrichtung jeweils gegen null läuft. Die Veränderung der Dicke ist bevorzugt entlang der Längsrichtung stetig. An wenigstens einem Ende kann zwischen den beiden Seiten eine Unstetigkeit bestehen, das Verbindungselement kann also beispielsweise an einem Ende spitz zulaufen. Die Dicke des Querschnitts nimmt in Längsrichtung erst kontinuierlich zu bis zu einer größten Dicke und nimmt dann wieder kontinuierlich bis auf null ab. Der Punkt der größten Dicke liegt bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 0,4 der Länge in Richtung der Anströmung. Durch die beidseitig spitz zulaufende Form wird der Strömungswiderstand verringert und so der Druckverlust minimiert.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Querschnitt ein Verhältnis zwischen der größten Dicke senkrecht zu Längsrichtung geteilt durch die Länge in Längsrichtung von höchstens 0,5, bevorzugt von höchstens 0,35, weiter bevorzugt von 0,25, besonders bevorzugt von höchstens 0,15 auf.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die größten Dicke senkrecht zu Längsrichtung in Strömungsrichtung wenigstens das 0,05-fache, bevorzugt wenigstens das 0,1-fache, der Länge in Längsrichtung von der in Strömungsrichtung vordersten Position in Längsrichtung entfernt.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die größten Dicke senkrecht zur Längsrichtung in Strömungsrichtung höchstens das 0,4-fache, bevorzugt höchstens das 0,35-fache, der Länge in Längsrichtung von der in Strömungsrichtung vordersten Position in Längsrichtung entfernt.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Verbindungselement eine äußere Umrandung auf. Die äußere Umrandung hat eine Form, die sich dadurch beschreiben lässt, dass die Steigung der Tangente der Oberfläche des Verbindungselements der spiegelsymmetrischen Seiten in Längsrichtung (der Anströmung), bevorzugt stetig, abnimmt und die Seiten sich an dem einen Ende in einem stetigen Übergang treffen, am anderen Ende sich in einem unsteten Übergang treffen.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Form der äußeren Umrandung des Querschnitts gegeben über die Formel:

$$y = \pm 5 \cdot d \cdot (0,2969\sqrt{x} - 0,1260x - 0,3516x^2 + 0,2843x^3 - 0,1015x^4)$$

[0027] Hierbei ist x entlang der Längsrichtung von 0 bis 1 und y ist senkrecht zu x. d ist das Verhältnis zwischen der größten Dicke senkrecht zu Längsrichtung geteilt durch die Länge in Längsrichtung.

[0028] Diese Form hat sich als besonders strömungsgünstig für ein gasförmiges erstes Medium erwiesen. Somit kann der erfindungsgemäße Wärmetauscher besonders effizient als Befeuchter verwendet werden und stellt hierbei einen geringen Strömungswiderstand dar.

[0029] Erfindungsgemäß weist das Verbindungselement zwischen zwei Trennwänden ein zur Mitte zwischen den Trennwänden, also in z-Richtung, sich verjüngenden Querschnitt auf. Da sich damit das Verbindungselement in Längsrichtung verkürzt, hat sich als bevorzugt herausgestellt, dass die Verkürzung am hinteren Ende (x=1) stärker ausfällt als am vorderen Ende (x=0). Somit verschiebt der Mittelpunkt sich entlang der z-Richtung. Die Längsachse bleibt jedoch immer übereinander, sodass die Verjüngung in der Breite symmetrisch ausfallen.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Längserstreckung der Verbindungselemente geringer als die Trennwände, besonders bevorzugt ist die Länge der Verbindungselemente höchstens 10 % der Länge der Trennwände und mindestens 0,5 % der Länge der Trennwände, die es verbindet.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Verbindungselement in der Mitte verjüngend ausgeführt. Hierbei bleibt der Querschnitt verhältnismäßig gleich, Länge und Dicke ändern sich proportional, sodass die gleiche Querschnittsform nur in unterschiedlicher Größe gegeben ist. Somit ergibt sich ein Verjüngen des Verbindungselement in der Mitte zwischen den Trennwänden. Durch diese Verjüngung kann beispielsweise die Oberfläche vergrößert werden, was wiederum bei der Verwendung als Befeuchter oder Entfeuchter sinnvoll ist, um mehr Oberfläche zur Kondensation oder Verdampfung zu schaffen.

[0032] Erfindungsgemäß weist das Verbindungselement in der Mitte eine um wenigstens 20 % kürzere Länge auf. Insbesondere weist das Verbindungselement in der Mitte eine um maximal 50 % kürzere Länge auf.

[0033] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Verbindungselement in der Mitte eine um wenigstens 20 % verringerte Dicke auf. Insbesondere weist das Verbindungselement in der Mitte eine um maximal 50 % verringerte Dicke auf.

[0034] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind mehrere Verbindungselemente zeilenweise nebeneinander angeordnet.

[0035] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind mehrere Verbindungselemente reihenweise fluchtend übereinander angeordnet.

[0036] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Verbindungselemente derart angeordnet, dass der x-Wert entlang der Strömungsrichtung des ersten Mediums ansteigend ist. Dieses bedeutet, dass die Strömung zunächst auf den sich schneller verbreitenden Teil des Verbindungselements trifft und am lang auslaufenden Ende des Verbindungs-

dungselements wieder strömungsgünstig zusammengeführt wird.

[0037] Besonders bevorzugt wird der erfindungsgemäße Wärmetauscher mittels additiver Fertigung hergestellt.

[0038] Bevorzugt wird dieser erfindungsgemäße Wärmetauscher als Befeuchter verwendet. Besonders bevorzugt wird der Befeuchter zur Befeuchtung der zu einer Brennstoffzellenvorrichtung zugeführten Eduktgase verwendet.

[0039] Wird der Wärmetauscher als Befeuchter verwendet, so weist der Wärmetauscher eine Wasserzuführung auf. Die Wasserzuführung ist bevorzugt oben angeordnet, damit das Wasser von oben nach unten und zwar bevorzugt über die Verbindungselemente fließen kann. Hierdurch wird eine vergleichsweise große Flüssigkeitsoberfläche und damit eine gute Befeuchtung erreicht. Zusätzlich weist der Wärmetauscher eine an der Unterseite angeordnete Wasserabführung auf, um überschüssiges Wasser abzuführen und bevorzugt zurück zur Wasserzuführung zu führen.

[0040] Besonders bevorzugt wird die Brennstoffzellenvorrichtung mit dem Befeuchter an Bord eines Unterseeboots verwendet.

[0041] In diesem Fall weist das Unterseeboot vorzugsweise einen ersten Gasspeicher, einen ersten Wärmetauscher und eine Brennstoffzellenvorrichtung auf. Bevorzugt ist der als Befeuchter betriebene Wärmetauscher zwischen dem ersten Gasspeicher, beispielsweise einem Tank für flüssigen Sauerstoff mit Verdampfer oder einem Metallhydridspeicher, und der Brennstoffzellenvorrichtung, vorzugsweise außerhalb eines optionalen Rezirkulationskreislaufes, angeordnet. Besonders bevorzugt weist das Unterseeboot einen ersten Gasspeicher, beispielsweise für Sauerstoff, und einen zweiten Gasspeicher, beispielsweise für Wasserstoff auf. Weiter weist das Unterseeboot einen ersten Wärmetauscher und einen zweiten Wärmetauscher auf. Der erste Wärmetauscher ist zwischen dem ersten Gasspeicher und der Brennstoffzellenvorrichtung angeordnet und der zweite Wärmetauscher ist zwischen dem zweiten Gasspeicher und der Brennstoffzellenvorrichtung angeordnet. Alternativ kann anstelle des zweiten Gasspeicher auch beispielsweise ein Reformier verwendet werden, welcher Wasserstoff beispielsweise aus Kohlenwasserstoff oder Methanol erzeugt.

[0042] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden zwei erfindungsgemäße Wärmetauscher übereinander angeordnet, wobei das erste gasförmige Medium von unten einströmt und in dem ersten Wärmetauscher durch das zweite Medium abgekühlt, wodurch Wasser auskondensiert. Anschließend wird das erste Medium in den zweiten Wärmetauscher überführt und dort durch das zweite Medium wieder erwärmt.

[0043] Vorzugsweise ist unter dem ersten Wärmetauscher ein Wasserablass angeordnet. Somit ergibt sich ein kompakter und effizienter Entfeuchter mit einem minimalen Strömungswiderstand.

[0044] Bevorzugt wird dieser erfindungsgemäße Befeuchter im Rezirkulationskreis einer Brennstoffzellenvorrichtung verwendet.

[0045] Besonders bevorzugt wird die Brennstoffzellenvorrichtung mit dem Befeuchter an Bord eines Unterseeboots verwendet.

[0046] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verbinden die Verbindungselemente die benachbarten Trennwände kraftschlüssig. Die Verbindungselemente dienen somit primär auch als tragendes Element und stellen so die Stabilität des Wärmetauschers sicher.

[0047] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Verbindungselemente und die benachbarten Trennwände einstückig ausgebildet. Dieses erfolgt besonders bevorzugt durch eine Herstellung mittels additiver Fertigungstechniken, insbesondere mittels 3D-Druck. Durch die einstückige Fertigung ist eine besonders gute Kraftübertragung möglich, da es keine Übergänge oder Verbindungen gibt, welche ein Schwachpunkt bei der Kraftübertragung sein können.

[0048] In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Brennstoffzellenvorrichtung mit einem erfindungsgemäßen Wärmetauscher. Insbesondere handelt es sich bei der Brennstoffzellenvorrichtung um eine Rezirkulationsbrennstoffzellenvorrichtung. Bevorzugt ist der Wärmetauscher innerhalb des Rezirkulationskreises der Brennstoffzellenvorrichtung angeordnet. Gerade innerhalb des Rezirkulationskreises ist jeder Druckabfall besonders relevant, da dieser beispielsweise durch einen Kompressor kompensiert werden muss. Je geringer also der Druckabfall ausfällt, umso weniger Energie muss für das erneute Verdichten aufgewendet werden und umso weniger Geräusche entstehen.

[0049] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Wärmetauscher Bestandteil eines Entfeuchters. Insbesondere weist der Entfeuchter zwei erfindungsgemäße Wärmetauscher auf, einen zum Abkühlen und Auskondensieren und einen zweiten zum anschließenden Erwärmen durch Rückführen der Wärme. Bevorzugt die die beiden Wärmetauscher des Entfeuchters übereinander angeordnet, wobei der Rezirkulationsgasstrom von unten nach oben beide Wärmetauscher durchströmt und so das auskondensierte Wasser nach unten abgeführt wird.

[0050] In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Unterseeboot mit einer erfindungsgemäßen Brennstoffzellenvorrichtung. Hier ergibt sich der Vorteil, dass aufgrund des erfindungsgemäßen Wärmetauschers der Druckverlust im Rezirkulationskreis reduziert wird, was wiederum weniger Bedarf der Verdichtung des rezirkulierenden Gases bedeutet, was wiederum dazu führt, dass die Schallemissionen gesenkt werden können und so durch die reduzierte akustische Signatur die Wahrscheinlichkeit einer Entdeckung des Unterseebootes durch den erfindungsgemäßen Wärmetauscher reduziert wird.

[0051] Nachfolgend ist der erfindungsgemäße Wärmetauscher anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 Querschnitt eines Verbindungselements

Fig. 2 Querschnitt des Wärmetauschers

[0052] Die Figuren sind nur grob schematisch. Insbesondere geben die Verbindungselemente nicht die exakte erfindungsgemäße Form wieder, sondern sind nur eine grobe Annäherung.

[0053] In Fig. 1 ist der Querschnitt eines Verbindungselements 50 gezeigt. x und y sind die Koordinaten parallel zu den Trennwänden 20. L ist die Länge, auch Akkord genannt. D ist die maximale Dicke. Somit ergibt sich $d = D / L$. Das Verbindungselement 50 beginnt links am Koordinatenpunkt [0;0] und endet rechts am Koordinatenpunkt [1;0]. d liegt bevorzugt zwischen 0,1 und 0,2.

[0054] Fig. 2 zeigt einen Querschnitt des Wärmetauschers 10. Durch Trennwände 20 werden erste Bereiche 30 und zweite Bereiche 40 abwechselnd getrennt. Durch die ersten Bereiche strömt ein erstes Medium, beispielsweise das rezirkulierte Gas einer Brennstoffzelle. Durch die zweiten Bereiche strömt beispielsweise als zweites Medium Wasser als Wärmetauschmedium. Innerhalb der ersten Bereiche 30 sind Verbindungselemente 50 reihen- und zeilenweise angeordnet. Die Verbindungselemente 50 weisen eine hier angedeutete Verjüngung zwischen den Trennwänden 20 auf. Im gezeigten Fall würde das erste Medium bevorzugt von oben nach unten strömen. Für die Anordnung in einem Entfeuchter würde man den Wärmetauscher 10 entsprechend bevorzugt umdrehen, damit das Medium von unten nach oben strömen kann.

Bezugszeichen

[0055]

10 Wärmetauscher

20 Trennwand

30 erster Bereich

40 zweiter Bereich

50 Verbindungselement

Patentansprüche

1. Wärmetauscher (10), wobei der Wärmetauscher (10) als Plattenwärmetauscher ausgeführt ist, wobei der Wärmetauscher (10) Trennwände (20) aufweist, wobei der Wärmetauscher (10) erste Bereiche (30) zwischen den Trennwänden (20) für ein erstes Medium und zweite Bereiche (40) zwischen den Trennwänden (20) für zweites Medium aufweist, wobei die ersten Bereiche (30) und die zweiten Bereiche (40) durch eine Mehrzahl von Trennwänden (20) getrennt sind, wobei jeweils zwischen zwei benachbarten Trennwänden (20) alternierend erste Bereiche (30) und zweite Bereiche (40) angeordnet sind, wobei im ersten Bereich (30) zwischen den Trennwänden (20) Verbindungselemente (50) angeordnet sind, wobei die Verbindungselemente (50) einen länglichen Querschnitt aufweisen, wobei die Verbindungselemente (50) in Längsrichtung parallel zur Strömungsrichtung des ersten Mediums angeordnet sind, wobei die Verbindungselemente (50) einen Querschnitt parallel zu den Trennwänden (20) aufweisen, wobei der Querschnitt parallel zur Längsrichtung und senkrecht zu den Trennwänden (20) eine Spiegelsymmetrie aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbindungselement (50) zwischen zwei Trennwänden (20) ein zur Mitte zwischen den Trennwänden (20) sich verjüngenden Querschnitt aufweist, wobei das Verbindungselement (50) in der Mitte eine um wenigstens 20 % kürzere Länge aufweist.

2. Wärmetauscher (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt ein Verhältnis zwischen der größten Dicke senkrecht zu Längsrichtung geteilt durch die Länge in Längsrichtung von höchstens 0,5, bevorzugt von höchstens 0,35, weiter bevorzugt von 0,25, besonders bevorzugt von höchstens 0,15 aufweist.

3. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die größten Dicke senkrecht zu Längsrichtung in Strömungsrichtung wenigstens das 0,05-fache der Länge in Längsrichtung von der in Strömungsrichtung vordersten Position in Längsrichtung entfernt ist.

4. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die größten Dicke

senkrecht zu Längsrichtung in Strömungsrichtung höchstens das 0,35-fache der Länge in Längsrichtung von der in Strömungsrichtung vordersten Position in Längsrichtung entfernt ist.

- 5 5. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt gegeben ist über die Formel:

$$y = \pm 5 \cdot d \cdot (0,2969\sqrt{x} - 0,1260x - 0,3516x^2 + 0,2843x^3 - 0,1015x^4)$$

10 wobei x entlang der Längsrichtung von 0 bis 1 ist, wobei y senkrecht zu x ist, wobei d das Verhältnis zwischen der größten Dicke senkrecht zu Längsrichtung geteilt durch die Länge in Längsrichtung ist.

- 15 6. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Verbindungselemente (50) zeilenweise nebeneinander angeordnet sind.

7. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Verbindungselemente (50) reihenweise fluchtend übereinander angeordnet sind.

- 20 8. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungselemente (50) derart angeordnet sind, dass der X-Wert entlang der Strömungsrichtung des ersten Mediums ansteigend ist.

- 25 9. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungselemente (50) die benachbarten Trennwände (20) kraftschlüssig verbinden.

- 30 10. Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungselemente (50) und die benachbarten Trennwände (20) einstückig ausgebildet sind.

11. Brennstoffzellenvorrichtung mit einem Wärmetauscher (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche.

- 35 12. Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) innerhalb des Rezirkulationskreises der Brennstoffzellenvorrichtung angeordnet ist.

13. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) Bestandteil eines Entfeuchters ist.

14. Unterseeboot mit einer Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13.

40 Claims

- 45 1. Heat exchanger (10), wherein the heat exchanger (10) is designed as a plate heat exchanger, wherein the heat exchanger (10) has partition walls (20), wherein the heat exchanger (10) has first regions (30) between the partition walls (20) for a first medium and second regions (40) between the partition walls (20) for a second medium, wherein the first regions (30) and the second regions (40) are separated by a plurality of partition walls (20), wherein first regions (30) and second regions (40) are arranged alternately between two neighbouring partition walls (20), wherein connecting elements (50) are arranged in the first region (30) between the partition walls (20), wherein the connecting elements (50) have an elongate cross-section, wherein the connecting elements (50) are arranged in the longitudinal direction parallel to the direction of flow of the first medium, wherein the connecting elements (50) have a cross-section parallel to the partition walls (20), wherein the cross-section parallel to the longitudinal direction and perpendicular to the partitions (20) has a mirror symmetry, **characterised in that** the connecting element (50) between two partitions (20) has a cross-section which tapers towards the centre between the partitions (20), wherein the connecting element (50) has a length which is at least 20% shorter in the centre.
- 55 2. Heat exchanger (10) according to claim 1, **characterised in that** the cross-section has a ratio between the greatest thickness perpendicular to the longitudinal direction divided by the length in the longitudinal direction of at most 0.5, preferably of at most 0.35, further preferably of at most 0.25, particularly preferably of at most 0.15.

3. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the greatest thickness perpendicular to the longitudinal direction in the direction of flow is at least 0.05 times the length in the longitudinal direction away from the foremost position in the longitudinal direction in the direction of flow.

5 4. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the greatest thickness perpendicular to the longitudinal direction in the direction of flow is at most 0.35 times the length in the longitudinal direction away from the foremost position in the longitudinal direction in the direction of flow.

10 5. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the cross-section is given by the formula:

$$y = \pm 5 \cdot d \cdot (0,2969\sqrt{x} - 0,1260x - 0,3516x^2 + 0,2843x^3 - 0,1015x^4)$$

15 where x is from 0 to 1 along the longitudinal direction, where y is perpendicular to x, where d is the ratio between the greatest thickness perpendicular to the longitudinal direction divided by the length in the longitudinal direction.

20 6. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** a plurality of connecting elements (50) are arranged next to one another in rows.

7. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** a plurality of connecting elements (50) are arranged in rows one above the other in alignment.

25 8. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the connecting elements (50) are arranged such that the X value increases along the direction of flow of the first medium.

9. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the connecting elements (50) connect the adjacent partition walls (20) in a non-positive manner.

30 10. Heat exchanger (10) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the connecting elements (50) and the adjacent partition walls (20) are formed in one piece.

11. Fuel cell device with a heat exchanger (10) according to one of the preceding claims.

35 12. Fuel cell device according to claim 11, **characterised in that** the heat exchanger (10) is arranged within the recirculation circuit of the fuel cell device.

40 13. Fuel cell device according to one of claims 11 to 12, **characterised in that** the heat exchanger (10) is part of a dehumidifier.

14. A submarine comprising a fuel cell device according to any one of claims 11 to 13.

Revendications

45 1. Échangeur de chaleur (10), dans lequel l'échangeur de chaleur (10) est conçu comme un échangeur de chaleur à plaques, dans lequel l'échangeur de chaleur (10) a des parois de séparation (20), dans lequel l'échangeur de chaleur (10) a des premières régions (30) entre les parois de séparation (20) pour un premier fluide et des secondes régions (40) entre les parois de séparation (20) pour un second fluide, dans lequel les premières régions (30) et les secondes régions (40) sont séparées par plusieurs cloisons (20), dans lequel les premières régions (30) et les secondes régions (40) sont disposées alternativement entre deux cloisons voisines (20), dans lequel des éléments de connexion (50) sont disposés dans la première région (30) entre les cloisons (20), dans laquelle les éléments de connexion (50) ont une section transversale allongée, dans laquelle les éléments de connexion (50) sont disposés dans la direction longitudinale parallèle à la direction d'écoulement du premier fluide, dans laquelle les éléments de connexion (50) ont une section transversale parallèle aux cloisons de séparation (20), dans laquelle la section transversale parallèle à la direction longitudinale et perpendiculaire aux cloisons (20) présente une symétrie miroir, **caractérisée par le fait que** l'élément de raccordement (50) entre deux cloisons (20) présente une section transversale qui se rétrécit vers le centre entre les cloisons (20), dans laquelle l'élément de raccordement (50) présente

une longueur qui est au moins 20 % plus courte au centre.

2. Échangeur de chaleur (10) selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** la section transversale présente un rapport entre la plus grande épaisseur perpendiculaire à la direction longitudinale divisée par la longueur dans la direction longitudinale d'au plus 0,5, de préférence d'au plus 0,35, de préférence encore d'au plus 0,25, de préférence encore d'au plus 0,15.

3. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la plus grande épaisseur perpendiculaire à la direction longitudinale dans le sens de l'écoulement est au moins 0,05 fois la longueur dans la direction longitudinale à partir de la position la plus avancée dans la direction longitudinale dans le sens de l'écoulement.

4. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la plus grande épaisseur perpendiculaire à la direction longitudinale dans le sens de l'écoulement est au plus égale à 0,35 fois la longueur dans la direction longitudinale à partir de la position la plus avancée dans la direction longitudinale dans le sens de l'écoulement.

5. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** la section transversale est donnée par la formule :

$$y = \pm 5 \cdot d \cdot (0,2969\sqrt{x} - 0,1260x - 0,3516x^2 + 0,2843x^3 - 0,1015x^4)$$

où x est compris entre 0 et 1 le long de la direction longitudinale, où y est perpendiculaire à x, où d est le rapport entre la plus grande épaisseur perpendiculaire à la direction longitudinale divisée par la longueur dans la direction longitudinale.

6. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** plusieurs éléments de connexion (50) sont disposés en rangées les uns à côté des autres.

7. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** plusieurs éléments de liaison (50) sont disposés en rangées superposées et alignées.

8. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments de liaison (50) sont disposés de telle sorte que la valeur X augmente le long de la direction d'écoulement du premier fluide.

9. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** les éléments de liaison (50) relient les cloisons adjacentes (20) de manière non positive.

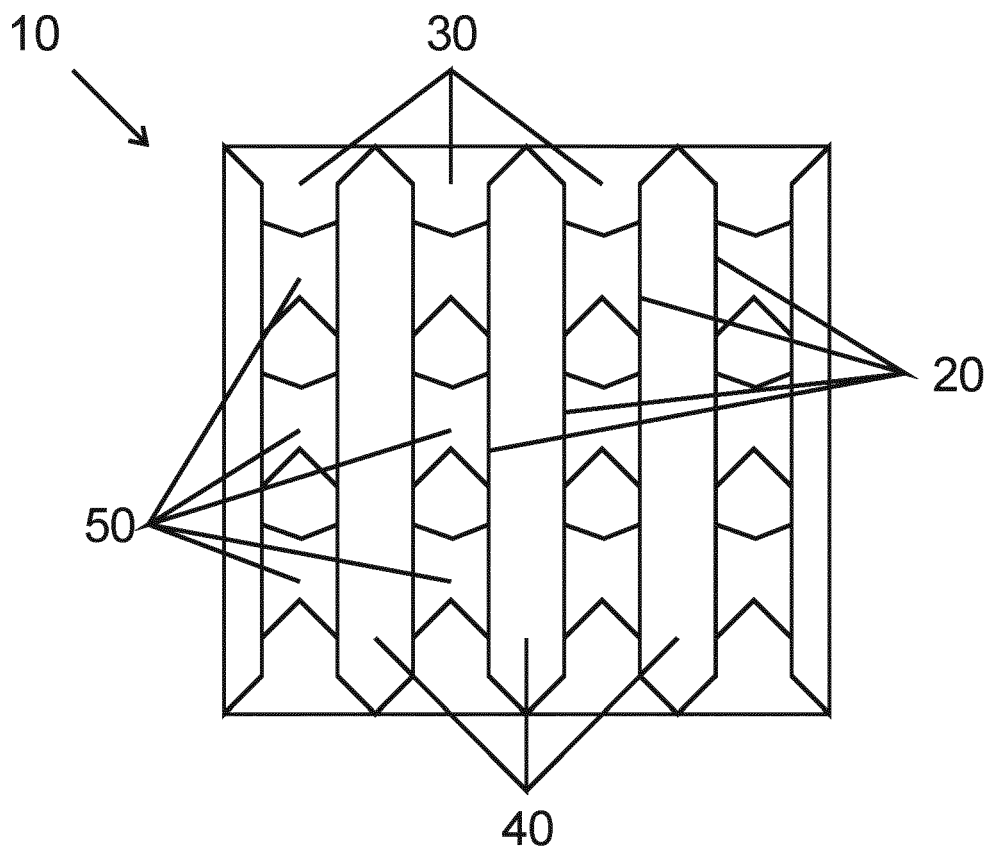
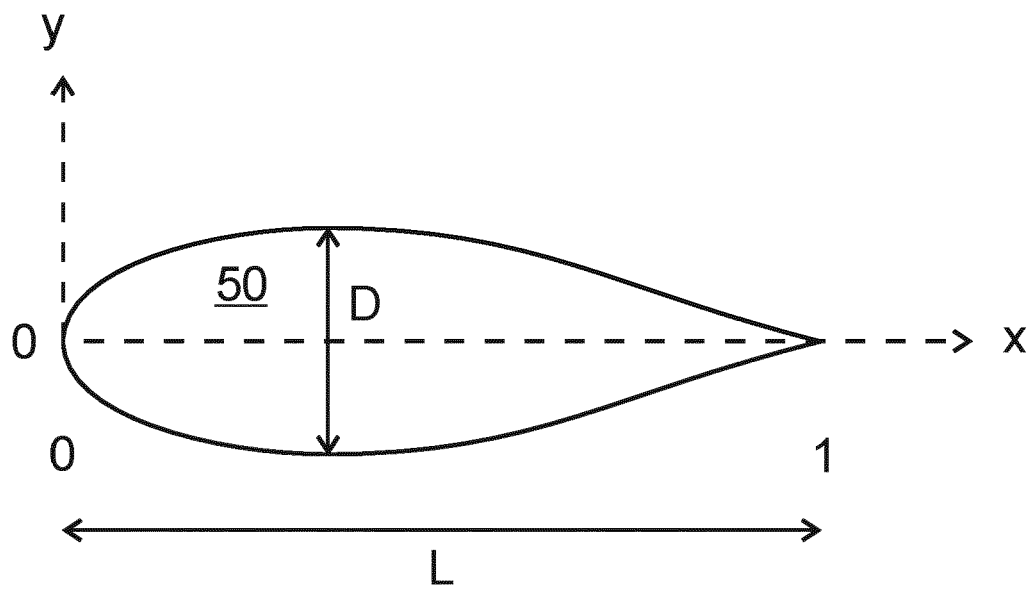
10. Échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** les éléments de liaison (50) et les cloisons adjacentes (20) sont formés d'une seule pièce.

11. Dispositif de pile à combustible avec échangeur de chaleur (10) selon l'une des revendications précédentes.

12. Dispositif de pile à combustible selon la revendication 11, **caractérisé par le fait que** l'échangeur de chaleur (10) est disposé dans le circuit de recirculation du dispositif de pile à combustible.

13. Dispositif à pile à combustible selon l'une des revendications 11 à 12, **caractérisé par le fait que** l'échangeur de chaleur (10) fait partie d'un déshumidificateur.

14. Sous-marin comprenant un dispositif de pile à combustible selon l'une des revendications 11 à 13.



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20200064075 A1 **[0004]**
- US 10434575 B2 **[0005]**
- US 20190063842 A1 **[0006]**
- US 2019023703 A1 **[0007]**
- US 9657999 B2 **[0008]**
- DE 102020210532 B3 **[0009]**
- DE 102020210310 **[0010]**
- US 10801790 B2 **[0011]**
- CN 111335963 A **[0012]**
- US 11168570 B1 **[0013]**
- US 2892618 A **[0014]**
- CN 107687780 B **[0015]**
- WO 2020207754 A1 **[0016]**
- CN 111335963 B **[0017]**