

(19)



(11)

EP 3 919 849 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.12.2021 Patentblatt 2021/49

(51) Int Cl.:
F28D 7/16 (2006.01) **F28F 1/00** (2006.01)
F28F 1/02 (2006.01) **F28F 1/42** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20178551.6**

(22) Anmeldetag: **05.06.2020**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

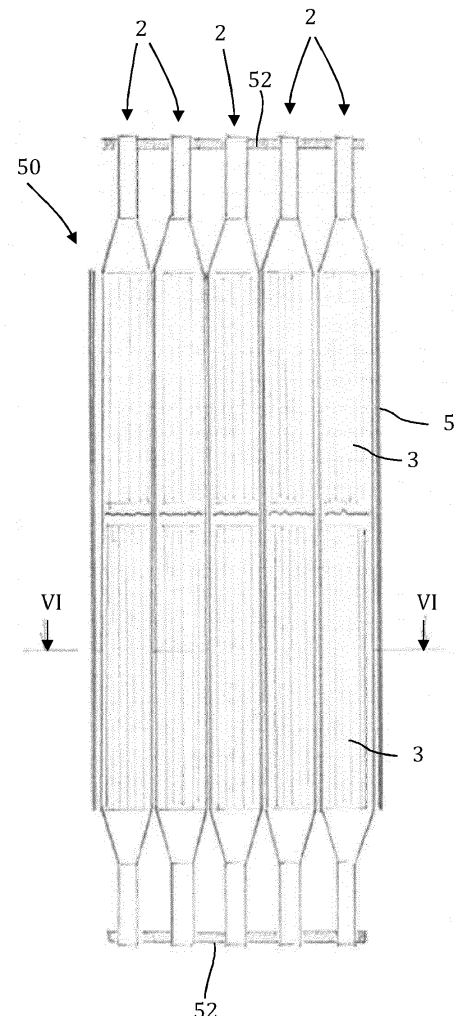
(71) Anmelder: **WS-Wärmeprozessestechnik GmbH**
71272 Renningen (DE)

(72) Erfinder: **Wünning, Joachim A.**
71229 Leonberg (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(54) FLACHROHRWÄRMEÜBERTRAGER

(57) Die Erfindung betrifft einen Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere einen Hochtemperatur-Flachrohrwärmeübertrager für gasförmige Medien, umfassend ein geschlossenes Gehäuse (5) mit einem Rohrbündelraum (50) und ein in dem Rohrbündelraum (50) des Gehäuses (5) angeordnetes Rohrbündel umfassend mehrere Flachrohre (2), wobei in den Flachrohren (2) und in dem Rohrbündelraum (50) zwischen den Flachrohren (2) Wellbänder (3, 6) mit sich in Längsrichtung der Flachrohre (2) erstreckenden Wellbergen (30, 60) und Wellentälern (31, 61) angeordnet sind, wobei die Wellberge (30, 60) und Wellentäler (31, 61) an Flachseiten (200) der Flachrohre (2) innen bzw. außen anliegen, und wobei eine Vorrichtung vorgesehen ist, um das Gehäuse (5) zumindest im Bereich des Rohrbündelraums (50) von außen mit einer Flächenpressung zu beaufschlagen, welche höher ist als ein Druck (p_1 , p_2) der in den Flachrohren (2) oder um die Flachrohre (2) geführten Medien.

**Fig. 4****EP 3 919 849 A1**

Beschreibung

ANWENDUNGSGEBIET UND STAND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung betrifft einen Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere einen Hochtemperatur-Flachrohrwärmeübertrager für gasförmige Medien.

[0002] Flachrohrwärmeübertrager sind allgemein bekannt. Beispielsweise beschreibt EP 2 584 301 A1 einen Hochtemperatur-Flachrohrwärmeübertrager für gasförmige Medien, mit einem geschlossenen Gehäuse, das an zwei einander gegenüberliegenden Seiten zwei Rohrböden aufweist, die in dem Gehäuse einen eingangsseitigen Sammelraum, einen Rohrbündelraum und einen ausgangsseitigen Sammelraum abteilen, mit einem Rohrbündel das zumindest vorwiegend aus gerade ausgebildeten Flachrohren mit runden oder polygonalen Enden besteht, wobei ein Rohrbündelraum drei Zonen aufweist, nämlich zwei im Bereich von Rohrbündelraumanschlüssen ausgebildete Querströmungszonen und eine zwischen diesen Querströmungszonen ausgebildete Längsströmungszone. Der dort beschriebene Flachrohrwärmeübertrager kann bei hoher Temperaturspreizung und häufigem Temperaturwechsel ohne die Gefahr von Spannungsrissen eingesetzt werden. Derartige Flachrohrwärmeübertrager haben sich insbesondere bei Gaseintritts-Temperaturen bis zu 1100°C vielfach bewährt.

[0003] Ein Wirkungsgrad eines Flachrohrwärmeübertragers ist unter anderem abhängig von der Anzahl der eingesetzten Flachrohre. Typischerweise erfolgt ein Einsatz eines Flachrohrwärmeübertragers bei einem Wirkungsgrad von ca. 75%. Bei einem herkömmlichen Flachrohrwärmeübertrager muss für eine weitere Steigerung des Wirkungsgrads von ca. 75% auf ca. 90% bei gleichem Durchsatz die Anzahl der Flachrohre in etwa verdreifacht werden. Dies ist in der Regel nicht wirtschaftlich sinnvoll möglich.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0004] Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Flachrohrwärmeübertrager mit einem verbesserten Wirkungsgrad zu schaffen.

[0005] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere für gasförmige Medien, umfassend ein geschlossenes Gehäuse mit einem Rohrbündelraum und ein in dem Rohrbündelraum des Gehäuses angeordnetes Rohrbündel umfassend mehrere Flachrohre, wobei in den Flachrohren und in dem Rohrbündelraum zwischen den Flachrohren Wellbänder mit sich in Längsrichtung der Flachrohre erstreckenden Wellentälern und Wellenbergen angeordnet sind, wobei die Wellentäler und Wellenberge an Flachseiten der Flachrohre innen bzw. außen anliegen, und wobei eine Vorrichtung vorgesehen ist, um das Gehäuse zumindest im Bereich des Rohrbündelraums von außen mit einer Flächenpressung zu beaufschlagen, welche höher ist als

ein Druck der in den Flachrohren oder um die Flachrohre geführten Medien, insbesondere ca. 1 bar bis ca. 4 bar höher.

[0006] Mittels der Wellbänder kann eine Fläche für eine Wärmeübertragung von oder an das in den Flachrohren geführte Medium, auch als Übertragungsfläche bezeichnet, mehr als verdoppelt werden. Gleichzeitig wird ein hydraulischer Durchmesser für eine Strömung durch die Flachrohre und um die Flachrohre reduziert, mit der Folge, dass ein Wärmeübergangskoeffizient bei einem Gegenstrombetrieb umgekehrt proportional erhöht wird.

[0007] Mittels der Vorrichtung zur Beaufschlagung des Gehäuses mit einer Flächenpressung wird eine zu eventuellen Kontaktverlusten führende Verformung der Flachrohre, beispielsweise aufgrund einer Temperatur oder eines Drucks des darin geführten Mediums, sicher verhindert. Der Flachrohrwärmeübertrager ist somit geeignet, um sowohl mit hohen Druckdifferenzen zwischen den in den Flachrohren und um die Flachrohre geführten Medien als auch mit hohen Temperaturschwankungen, beispielsweise beim Hoch- und Herunterfahren, betrieben zu werden.

[0008] Im Zusammenhang mit der Anmeldung soll der Ausdruck "in den Flachrohren" nicht als "in allen Flachrohren" interpretiert werden. Vielmehr sind sowohl Ausgestaltung denkbar, in welchen lediglich ein Teil der Flachrohre Wellbänder aufweist, als auch Ausgestaltungen, in welchen sämtliche Flachrohre Wellbänder aufweisen. Ebenso werden im Zusammenhang mit der Anmeldung die Wörter "ein", "eine", "eines", etc. lediglich als unbestimmte Artikel verwendet und sollen nicht als Zahlwort interpretiert werden.

[0009] Das Gehäuse weist üblicherweise zwei Sammelräume auf, welche ein Einströmen eines ersten Mediums in die Flachrohre und ein Ausströmen des ersten Mediums aus den Flachrohren ermöglicht. Die Sammelräume sind bei einem in einer Richtung durchströmten Rohrbündel an gegenüberliegenden Enden des Rohrbündelraums angeordnet. Für eine Zu- und Abfuhr eines zweiten Mediums zu dem Rohrbündelraum sind Rohrbündelraumanschlüsse an den in Strömungsrichtung betrachtet gegenüberliegenden Enden oder an Seiten des Gehäuses vorgesehen.

[0010] Als Flachrohre werden Rohre bezeichnet, welche zumindest an einem zwischen zwei Enden liegenden mittleren Abschnitt flach sind, d.h. zwei einander gegenüberliegende Flachseiten und zwei, die Flachseiten verbindende Schmalseiten aufweisen. Die mittleren Abschnitte der Flachrohre haben in einer Ausgestaltung einen stadionförmigen Querschnitt mit zwei zueinander parallelen, ebenen Flachseiten und zwei, die Flachseiten verbindenden, gekrümmten, beispielsweise halbkreisförmig gekrümmten, Schmalseiten. Dabei kann ein Wellband mit konstanter Höhe eingesetzt werden, dessen Wellentäler und Wellenberge die Flachseiten berühren. Die in Längsrichtung gegenüberliegenden Enden der Flachrohre weisen in Ausgestaltungen einen von dem mittleren Abschnitt abweichenden Querschnitt für einen

Anschluss an die Sammelräume auf, insbesondere einen kreisförmigen Querschnitt, einen polygonförmigen Querschnitt oder dergleichen.

[0011] Der Flachrohrwärmeübertrager ist in einer Ausgestaltung als Rechtekanordnung mit einem quaderförmigen Rohrbündelraum und mit mehreren in Reihen und Spalten angeordneten Flachrohren aufgebaut. In einer anderen Ausgestaltung ist der Flachrohrwärmeübertrager als Rundanordnung mit einem zylindrischen Rohrbündelraum, der einen kreisförmigen oder einem polygonförmigen Querschnitt aufweist, aufgebaut. In Rundanordnung ist der Wärmeübertrager in einer Ausgestaltung als Ringwärmeübertrager aufgebaut, wobei die Flachrohre entlang mehrerer konzentrischer Kreisinge mit unterschiedlichen Durchmessern angeordnet sind.

[0012] Die Wellbänder weisen in einer Ausgestaltung eine sinusförmige, dreieckförmige oder sägezahnförmige Wellenform auf. Diese Wellenformen haben gemeinsam, dass die Wellenberge und Wellentäler an den Flachseiten lediglich entlang eines sich in Längsrichtung erstreckenden schmalen Streifens, im Idealfall linienförmig, anliegen. Dadurch werden an Kontaktstellen Materialanhäufungen, welche einen Wärmeübergang negativ beeinflussen, vermieden oder zumindest minimiert. Eine Wellenform ist durch den Fachmann je nach Anwendungsfall geeignet wählbar, um eine gewünschte Vergrößerung einer Übertragungsfläche zu erzielen. Dabei ist es auch möglich, ein Standerdmodul eines Flachrohrwärmeübertragers zu schaffen, wobei durch Wahl geeigneter Wellbänder Flachrohrwärmeübertrager mit unterschiedlich dimensionierter Übertragungsfläche geschaffen werden.

[0013] Je nach Material und Wandstärke der Wellbänder dienen die Wellbänder gleichzeitig auch als Stützmittel gegen ein Verformen der Flachrohre aufgrund eines Unterdrucks des in den Flachrohren geführten Mediums gegenüber dem um die Flachrohre geführten Medium. In Ausgestaltungen des Flachrohrwärmeübertragers ist eine Breite der Wellbänder mindestens gleich einer Breite der Flachseiten der Flachrohre.

[0014] Eine Höhe der in den Flachrohren angeordneten Wellbänder ist in etwa gleich einer Höhe der Flachrohre, wobei die Wellbänder und die Flachrohre beispielsweise eine Höhe von ca. 2 bis ca. 4 mm aufweisen. In einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Flachrohre für ein Einsetzen der Wellbänder mittels Druck und/oder Temperatur aufgedehnt werden, wobei nach Wegfall des Drucks bzw. der Temperatur die Wellbänder an den Flachseiten der Flachrohre anliegen. Eine Höhe der zwischen den Flachrohren angeordneten Wellbänder ist in einer Ausgestaltung in etwa gleich einem Abstand benachbarter Flachrohre, sodass die Wellenberge und Wellentäler dieser Wellbänder an den Flachseiten benachbarte Flachrohre anliegen.

[0015] Die Wellenberge und Wellentäler liegen in einer Ausgestaltung frei an Flachseiten der Flachrohre an, d. h. die Wellbänder sind mit den Flachrohren weder verschweißt noch verlötet oder auf andere Weise stoff-

schlüssig verbunden. Dadurch wird insbesondere auf aufwendige und somit kostspielige Schweißverbindungen verzichtet. Zudem ist es möglich, Wellbänder oder Flachrohre aus einem nicht schweiß- oder lötbaren Material vorzusehen. Da erfindungsgemäß eine Vorrichtung vorgesehen ist, um das Gehäuse zumindest im Bereich des Rohrbündelraums von außen mit einer Flächenpressung zu beaufschlagen, welche höher ist als ein Druck der in den Flachrohren oder um die Flachrohre geführten Medien, ist eine Kontaktierung der Wellbänder mit den Flachrohren im Betrieb auch ohne stoffschlüssige Verbindung der Wellbänder mit den Flachrohren sichergestellt.

[0016] Die Vorrichtung umfasst in einer Ausgestaltung ein das Gehäuse aufnehmendes Mantelgehäuse, wobei das Mantelgehäuse das Gehäuse zumindest im Bereich des Rohrbündelraums unter Belassung eines Druckraums mit Abstand umgibt. Das Mantelgehäuse ist dabei derart gestaltet und ausgelegt, dass in dem Druckraum ein Fluid aufnehmbar ist, dessen Druck höher ist, insbesondere ca. 1 bar bis ca. 4 bar höher, als ein Druck der Medien im Innenraum des Gehäuses. Eine Auslegung des Mantelgehäuses ist dabei durch den Fachmann je nach Anwendungsfall geeignet vorzunehmen. Um das Gehäuse ist dabei in einer Ausgestaltung eine Wärmeisolierung vorgesehen, um ein Erwärmen eines in dem Druckraum zwischen Gehäuse und Mantelgehäuse vorhandenen Fluids zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren.

[0017] In einer Ausgestaltung ist das Mantelgehäuse als Druckbehälter mit einem Anschluss für eine Medienzufuhr und/oder Medienabfuhr gestaltet, wobei ein Druck in dem Druckbehälter mittels Medienzufuhr und/oder Medienabfuhr regelbar ist. Als Druckbehälter wird im Zusammenhang mit der Anmeldung ein geschlossener Behälter zur Aufnahme eines unter Druck stehenden Fluids ohne oder zumindest ohne wesentliche Verformung bezeichnet, wobei ein Druck im Inneren des Druckbehälters oberhalb des Umgebungsdrucks liegt.

[0018] In einer alternativen Ausgestaltung umfasst die Vorrichtung ein Balken- und/oder Plattenpaar mit zwei relativ zueinander bewegbaren, biegesteifen, mittels Zuganker verbundenen Balken und/oder Platten, wobei zumindest ein Abschnitt des Gehäuses zwischen den Balken und/oder Platten dem Balken- und/oder Plattenpaars angeordnet ist. Die Balken oder Platten eines Balken- bzw. eines Plattenpaars sind mittels Zuganker verbunden und können mittels einer geeigneten Einrichtung mit einer definierten Kraft miteinander verspannt werden. Wie bereits oben erwähnt, werden im Zusammenhang mit der Anmeldung die Wörter "ein", "eine", "eines", etc. lediglich als unbestimmte Artikel verwendet und sollen nicht als Zahlwort interpretiert werden. Die Vorrichtung kann dabei insbesondere mehr als ein Balken- und/oder Plattenpaar umfassen. Eine Anzahl an Balken- und/oder Plattenpaaren ist durch den Fachmann je nach Anwendungsfall geeignet wählbar. Dadurch wird eine kostengünstige Vorrichtung zum Beaufschlagen des Gehäuses

mit einer Flächenpressung geschaffen, welche insbesondere für Einsatzgebiete, bei welchen kein oder lediglich ein mäßiger Überdruck in und um die Flachrohre vorliegt, zweckmäßig ist. Beispielsweise kann ein Flachrohrwärmeübertrager mit einer derartigen Vorrichtung bei einer thermischen Nachverbrennung von kontaminierter Luft oder Abgas eingesetzt werden.

[0019] In einer Ausgestaltung wirkt das Balken- und/oder Plattenpaar unmittelbar auf das Gehäuse. In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Vorrichtung weiter ein Mantelgehäuse, wobei das Mantelgehäuse das Gehäuse zumindest im Bereich des Rohrbündelraums mit Abstand umgibt. Die durch das Balken- und/oder Plattenpaar auf das Mantelgehäuse aufgebrachte Kraft wird auf das Gehäuse übertragen. Dies erfolgt in einer Ausgestaltung mittels eines in dem Mantelgehäuse vorhandenen inkompressiblen Fluids. In vorteilhaften Ausgestaltungen sind zwischen dem Mantelgehäuse und dem Gehäuse Druckstempel für eine Kraftübertragung angeordnet. Das Mantelgehäuse ist von außen mittels des Balken- und/oder Plattenpaars belastbar, wobei die Belastung mittels der Druckstempel auf das Gehäuse übertragen wird. Zwischen dem Mantelgehäuse und dem Gehäuse ist dabei in einer Ausgestaltung zusätzlich eine Wärmeisolierung vorgesehen.

[0020] In einer Ausgestaltung sind die Wellbänder zumindest teilweise mit einem als Katalysator wirkenden Material beschichtet. Eine derartige Beschichtung ist beispielsweise bei einem Einsatz des Flachrohrwärmeübertragers in einem Reaktor für endotherme Prozesse, beispielsweise für eine Reformierung von Kohlenwasserstoffen, oder für exotherme Prozesse, beispielsweise für eine Synthese künstlicher Kraftstoffe, vorteilhaft. Insbesondere wenn die Wellbänder frei an den Flachrohren anliegen, ist eine Beschichtung ohne Einschränkung betreffend eine Schweißbarkeit möglich. In Ausgestaltungen des Flachrohrwärmeübertragers sind dabei ausschließlich die in den Flachrohren oder ausschließlich die außerhalb der Flachrohre angeordneten Wellbänder beschichtet. In anderen Ausgestaltungen weisen die in den Flachrohren und die außerhalb der Flachrohre angeordneten Wellbänder unterschiedliche Beschichtungen auf.

[0021] In einer Ausgestaltung ist in einem Flachrohr exakt ein Wellband vorgesehen, wobei eine Länge des Wellbands in Längsrichtung des Flachrohres kleiner oder gleich einer Länge des mittleren Abschnitts der Flachrohres ist. Eine Strömung durch das Flachrohr mit dem Wellband ist dabei laminar, sofern keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden.

[0022] In einer alternativen Ausgestaltung sind in den Flachrohren in Längsrichtung betrachtet jeweils mindestens zwei Wellenbänder gegenläufig angeordnet. Als gegenläufige Anordnung wird dabei eine um 180° phasenverschobene Anordnung bezeichnet, sodass Wellenberge und Wellentäler eines Wellbands fluchtend zu Wellentälern bzw. Wellenbergen eines benachbarten Wellbands angeordnet sind. Durch diese Maßnahme wird ei-

ne Verwirbelung der Strömung durch das Flachrohr für eine verbesserte Wärmeübertragung erzielt.

[0023] Dabei sind in einer Ausgestaltung zwischen zwei benachbarten Wellenbändern Querrippen angeordnet. Mittels der Querrippen wird eine weitere Verwirbelung erzielt. Die Wellenbänder und die Querrippen sind in einer Ausgestaltung miteinander verbunden. In anderen Ausgestaltungen liegen die Wellbänder an den Querrippen frei an.

[0024] In einer Ausgestaltung sind die Flachrohre jeweils aus mindestens zwei sich jeweils in Längsrichtung erstreckenden Flachrohrstücken zusammengesetzt. Die Flachrohrstücke werden in einer Ausgestaltung ausgehend von einem Rohr erzeugt, das einen kurzen Abschnitt mit Kreisquerschnitt und geringerem Durchmesser und einen Abschnitt mit Kreisquerschnitt und größerem Durchmesser aufweist. Der Abschnitt mit größerem Durchmesser kann in einem Umformprozess, beispielsweise einem Walzprozess, insbesondere zwischen Zylindermalzen, flachgedrückt werden. In die umgeformten Abschnitte können anschließend die Wellbänder eingesetzt werden und zwei spiegelsymmetrisch angeordnete Flachrohrstücke können miteinander verbunden, insbesondere verschweißt werden. Dabei ist es insbesondere für einen Einsatz mit einer großen Temperaturspreizung von beispielsweise bis zu 1000°C möglich, das Flachrohr aus Flachrohrstücken aus verschiedenen Werkstoffen zusammenzusetzen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die nachfolgend anhand der schematischen Figuren erläutert sind. Dabei zeigen:

Fig. 1: ein Flachrohr für einen Flachrohrwärmeübertrager in einem Längsschnitt, wobei in dem Flachrohr ein Wellband mit sich in Längsrichtung des Flachrohres erstreckenden Wellenbergen und Wellentälern angeordnet ist,

Fig. 2: das Flachrohr gemäß Fig. 1 in einem Querschnitt entlang einer Schnittpflinie II-II gemäß Fig. 1,

Fig. 3: das Flachrohr gemäß Fig. 1 in einem Querschnitt entlang einer Schnittpflinie III-III gemäß Fig. 1,

Fig. 4: einen Rohrbündelraum eines Flachrohrwärmeübertragers mit mehreren Flachrohren gemäß Fig. 1 in einem Längsschnitt,

Fig. 5: eine Draufsicht auf den Rohrbündelraum gemäß Fig. 4 ,

- Fig. 6: den Rohrbündelraum gemäß Fig. 4 in einem Querschnitt entlang einer Schnittrlinie VI-VI gemäß Fig. 4,
- Fig. 7: eine erste Ausgestaltung eines Flachrohrwärmübertragers mit mehreren Flachrohren in einem Längsschnitt, wobei ein Gehäuse des Flachrohrwärmübertragers von einem als Druckbehälter gestalteten Mantelgehäuse umgeben ist,
- Fig. 8: den Flachrohrwärmübertrager gemäß Fig. 7 in einem Querschnitt entlang einer Schnittrlinie VIII-VIII gemäß Fig. 7,
- Fig. 9: eine zweite Ausgestaltung eines Flachrohrwärmübertragers mit mehreren Flachrohren in einem Längsschnitt, wobei ein Gehäuse des Flachrohrwärmübertragers von einem Mantelgehäuse umgeben ist, auf das mittels mehrerer Balkenpaare eine Flächenpres-sung aufgebracht ist.
- Fig. 10: einen Flachrohrwärmübertrager gemäß Fig. 9 in einem Querschnitt entlang einer Schnittrlinie X-X gemäß Fig. 9,
- Fig. 11: eine alternative Anordnung von Wellbändern in einer perspektivischen Darstellung und
- Fig. 12: ein Flachrohr mit der Anordnung von Wellbändern gemäß Fig. 11 in einem Querschnitt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0026] In der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung werden für gleiche oder ähnliche Bauteile einheitliche Bezugszeichen verwendet.

[0027] Fig. 1 bis 3 zeigen ein Flachrohr 2 für einen in Fig. 1 bis 3 nicht dargestellten Flachrohrwärmübertrager 1 (vgl. Fig. 7 bis 10) in einem Längsschnitt sowie in zwei Querschnitten entlang der Schnittrlinien II-II und III-III gemäß Fig. 1.

[0028] Das Flachrohr 2 weist zwei Enden 21, 22 und einen zwischen den zwei Enden 21, 22 liegenden mittleren Abschnitt 20 auf. Ein Querschnitt des mittleren Abschnitt 20 hat eine Stadionform mit zwei zueinander parallelen, ebenen Flachseiten 200 und zwei, die Flachseiten 200 verbindenden, gekrümmten, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel halbkreisförmig gekrümmten, Schmalseiten 201. Die Enden 21, 22 weisen einen von dem mittleren Abschnitt 20 abweichenden Querschnitt für einen Anschluss an Sammelräume eines Gehäuses des nicht dargestellten Flachrohrwärmübertragers 1 auf, beispielsweise einen kreisförmigen Querschnitt.

[0029] In dem Flachrohr 2, genauer in dem mittleren

Abschnitt 20 des Flachrohrs 2, sind zwei Wellbänder 3 mit sich in Längsrichtung L des Flachrohrs erstreckenden Wellenbergen 30 und Wellentälern 31 (vgl. Fig. 2 und 3) angeordnet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die zwei Wellbänder 3 eine sinusförmige Wellenform auf. Die Wellenberge 30 und Wellentäler 31 sind formgleich. Als Wellenberge 30 werden die in der Zeichenebene nach oben ragenden Amplituden der Wellbänder 3 bezeichnet, wobei es ebenso denkbar wäre, die in der Zeichenebene nach unten ragenden Amplituden als Wellenberge zu bezeichnen.

[0030] Die dargestellten Wellbänder 3 weisen jeweils eine konstante Höhe auf und die Wellenberge 30 und Wellentäler 31 berühren gegenüberliegende Innenflächen der Flachseiten 200 der Flachrohre 2. Eine Breite der Wellbänder 3 ist in etwa gleich einer Breite der Flachseiten 200.

[0031] Das in Fig. 1 dargestellte Flachrohr 2 ist aus zwei sich jeweils in Längsrichtung L erstreckenden Flachrohrstücken 2a, 2b zusammengesetzt. Die Flachrohrstücke 2a, 2b sind spiegelsymmetrisch angeordnet und entlang einer Schweißnaht 4 miteinander verschweißt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Flachrohrstücke 2a, 2b zumindest im Wesentlichen die gleiche Länge auf. Die Flachrohrstücke 2a, 2b sind in einer Ausgestaltung aus verschiedenen Werkstoffen gefertigt, wobei jedes Flachrohrstück 2a, 2b für eine Temperaturzone eines zugehörigen Flachrohrwärmübertragers optimierbar ist. Die Flachrohrstücke sind entlang einer Schweißnaht 4 miteinander verschweißt.

[0032] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist in den Flachrohrstücken 2a, 2b jeweils ein Wellband 3 vorgesehen, wobei die Wellenform der Wellbänder 3 gleich ist und die Wellbänder 3 zueinander fluchtend angeordnet sind. In anderen Ausgestaltungen unterscheiden sich die in den Flachrohrstücken 2a und 2b angeordneten Wellbänder 3 in einer Wellenform oder einer Wellenzahl. In wieder anderen Ausgestaltungen ist ein Wellband 3 vorgesehen, welches sich über beide Flachrohrstücke 2a, 2b erstreckt.

[0033] Fig. 4 bis 6 zeigen einen Rohrbündelraum 50 eines nur abschnittsweise dargestellten, geschlossenen Gehäuses 5 eines in Fig. 4 bis 6 nicht dargestellten Flachrohrwärmübertragers 1 (vgl. Fig. 7 bis 10) in einem Längsschnitt, in einer Draufsicht bzw. in einem Querschnitt entlang einer Schnittrlinie VI-VI gemäß Fig. 4.

[0034] Der dargestellte Rohrbündelraum 50 ist quaderförmig. In dem Rohrbündelraum 50 ist ein Rohrbündel mit mehreren Flachrohren 2 gemäß Fig. 1 angeordnet, wobei in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Rechteckanordnung der Flachrohre 2 vorgesehen ist. Das Rohrbündel umfasst fünfzig Flachrohre 2, welche in zehn Reihen umfassend jeweils fünf nebeneinander angeordnete Flachrohre 2, deren Flachseiten 200 in gemeinsamen Ebenen liegen, angeordnet sind. Die Zahl der Reihen und die Anzahl an Flachrohren 2 pro Reihe sind dabei beispielhaft, in anderen Ausgestaltungen sind mehr oder weniger Reihen vorgesehen.

[0035] Die Enden 21, 22 der Flachrohre 2 sind in Rohrböden 52 befestigt.

[0036] In dem Flachrohren 2, genauer in deren mittleren Abschnitten 20 (vgl. Fig. 1), sind wie oben beschriebenen Wellbänder 3 angeordnet. Zudem sind zwischen den Reihen an Flachrohren 2 ebenfalls Wellbänder 6 vorgesehen, deren Wellenberge 60 und Wellentäler an den Flachseiten 200 der Flachrohre 2 außen anliegen. Die zwischen den Flachrohren 2 angeordneten Wellbänder 6 weisen in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls eine sinusförmige Wellenform auf. Eine Höhe dieser Wellbänder 6 entspricht zumindest in etwa einem Abstand zwischen zwei Reihen der Flachrohre 2. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel erstrecken sich die Wellbänder 6 jeweils über die gesamte Reihe. In anderen Ausgestaltungen sind zwei oder mehr Wellbänder pro Reihe vorgesehen.

[0037] Wie schematisch in Fig. 6 durch Pfeile angedeutet, wird das Gehäuse 5 im Bereich des Rohrbündelraums 50 mit einer Flächenpressung beaufschlagt. Die Flächenpressung liegt höher, insbesondere ca. 1 bis 4 bar höher als ein Druck der in den Flachrohren 2 oder um die Flachrohre 2 geführten Medien. Durch die Flächenpressung wird sichergestellt, dass ein Kontakt der Wellbänder 3, 6 mit den Flachrohren 2 an den Innen- und Außenseiten im Betrieb aufrechterhalten bleibt, ohne dass hierfür eine stoffschlüssige, insbesondere eine Schweiß- oder Lötverbindung zwischen den Flachrohren 2 und den Wellbändern 3, 6 notwendig ist. Die Flächenpressung ist durch eine geeignete Vorrichtung aufbringbar.

[0038] Fig. 7 und 8 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel eines Flachrohrwärmeübertragers 1 mit mehreren Flachrohren 2 in einem Längsschnitt bzw. in einem Querschnitt entlang einer Schnittlinie VIII-VIII gemäß Fig. 7, wobei ein Gehäuse 5 von einem als Druckbehälter gestalteten Mantelgehäuse 7 umgeben ist.

[0039] Das Gehäuse 5 weist einen Rohrbündelraum 50, einen eingangsseitigen Sammelraum 54, einen ausgangsseitigen Sammelraum 56 sowie zwei Rohrbündelraumanschlüsse 58 auf. Der Rohrbündelraum 50 ist von den Sammelräumen 54, 56 mittels Rohrböden 52 getrennt. Die Rohrböden 52 weisen Anschlüsse für die schematisch dargestellten Flachrohre 2 auf, sodass ein dem eingangsseitigen Sammelraum 54 zugeführtes Medium mit einem Druck p_1 von dem eingangsseitigen Sammelraum 54 in die Flachrohre 2 und von den Flachrohren 2 in den ausgangsseitigen Sammelraum 56 strömen kann.

[0040] Der dargestellte Flachrohrwärmeübertrager 1 wird vorzugsweise im Gegenstrom betrieben, wobei ein um die Flachrohre 2 geführtes Medium mit einem Druck p_2 über einen in der Zeichenebene oben dargestellten Rohrbündelraumanschluss 58 zugeführt wird und von dort in den Rohrbündelraum 50 strömt.

[0041] Das als Druckbehälter gestaltete Mantelgehäuse 7 umgibt das Gehäuse 5 unter Belassung eines Druckraums 70 mit einem Abstand. Wie schematisch in Fig. 8

dargestellt, weist das Mantelgehäuse 7 einen Anschluss 72 für eine Medienzufuhr und/oder Medienabfuhr auf, sodass ein Druck p in dem Mantelgehäuse 7 mittels Medienzufuhr und/oder Medienabfuhr regelbar ist. Der Druck p in dem Druckraum 70 des als Druckbehälter gestalteten Mantelgehäuses 7 wird dabei derart gewählt, dass dieser höher ist als der Druck p_1 , p_2 der in den Flachrohren 2 oder um die Flachrohre 2 geführten Medien, insbesondere ca. 1 bar bis ca. 4 bar höher. Dadurch wird das Gehäuse 5 von außen mit einer Flächenpressung beaufschlagt, durch welche sichergestellt wird, dass die in Fig. 7 und 8 nicht dargestellten Wellbänder 3, 6 (vgl. Fig. 1 bis 6) an den Flachrohren 2 auch ohne stoffschlüssige Verbindung anliegen.

[0042] Die in den Figuren 7 und 8 dargestellte Rechteckanordnung der Flachrohre 2 ist lediglich beispielhaft. In anderen Ausgestaltungen sind abweichende Anordnungen, insbesondere Ringanordnungen der Flachrohre 2 wie in EP 2 584 201 A1 beschrieben vorgesehen. Auf die Offenbarung der EP 2 584 201 A1 wird hiermit vollumfänglich Bezug genommen.

[0043] Fig. 9 und 10 zeigen eine zweite Ausgestaltung eines Flachrohrwärmeübertragers 1 mit mehreren Flachrohren 2 in einem Längsschnitt bzw. einem Querschnitt entlang einer Schnittlinie X-X gemäß Fig. 9. Der in Fig. 9 und 10 dargestellte Flachrohrwärmeübertrager 1 ist Teil einer schematisch dargestellten Anlage zur thermischen Nachverbrennung (TNV), wobei kontaminierte Luft oder ein Abgas über einen eingangsseitigen Sammelraum 54 den Flachrohren 2 zugeführt wird und von dort in einen schematisch dargestellten Brennraum 9 gelangt. Aus dem Brennraum 9 strömt das verbrannte Abgas in den Rohrbündelraum 50 und wird über den Rohrbündelraumanschluss 58 an die Umgebung abgegeben. Das Abgas und das verbrannte Abgas strömen dabei üblicherweise nur bei mäßigem Überdruck in und um die Flachrohre 2.

[0044] In den Flachrohren 2 und je nach Ausgestaltung zusätzlich auch um die Flachrohre 2 sind in Fig. 9 und 10 nicht dargestellte Wellbänder 3, 6 (vgl. Fig. 1 bis 6) angeordnet, wobei eine Vorrichtung zum Aufbringen einer Flächenpressung auf das Gehäuse 5 vorgesehen ist, um einen Kontakt zwischen den Flachrohren und den Wellbändern 3, 6 sicherzustellen.

[0045] Bei dem in Fig. 9 und 10 dargestellten Ausführungsbeispiel ist zu diesem Zweck das Gehäuse 5 des Flachrohrwärmeübertragers 1 ebenfalls von einem Mantelgehäuse 7 umgeben. Weiter sind mehrere, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel vier Balkenpaare 8 vorgesehen. Die Balkenpaare 8 umfassen jeweils zwei mittels Zuganker 82 verbundene Balken 80. An den Zugankern 82 sind in einer Ausgestaltung Federelemente vorgesehen, mittels welcher die Balken 80 mit einer definierten Kraft miteinander verspannt sind. In anderen Ausgestaltungen sind zu diesem Zweck alternativ oder zusätzlich manuell oder motorisch einstellbare Stellelemente, insbesondere Stellschrauben, vorgesehen. Mittels der Balkenpaare 8 wird das Mantelgehäuse

7 mit einer Flächenpressung beaufschlagt. Die Beaufschlagung wird auf das Gehäuse 5 übertragen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind zu diesem Zweck zwischen dem Mantelgehäuse 7 und dem Gehäuse 5 Druckstempel 84 angeordnet, welche ausgelegt sind, um das Gehäuse 5 gleichmäßig mit einer Flächenpressung zu beaufschlagen.

[0046] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Flachrohre 2 in Rechteckanordnung. Daher ist eine Kraftbeaufschlagung in einer Richtung senkrecht zur Richtung der Reihen der Flachrohre 2 ausreichend, um einen Kontakt zwischen den Flachrohren 2 und den darin angeordneten Wellbändern 3 sowie zwischen den Flachrohren 2 und den zwischen den Reihen angeordneten Wellbändern 6 sicherzustellen. Bei einem Flachrohrwärmeübertrager mit Ringanordnung ist dagegen eine Vorrichtung vorgesehen, mittels welcher in Radialrichtung der Ringanordnung wirkende Kräfte aufbringbar sind.

[0047] Zwischen dem Gehäuse 5 und dem Mantelgehäuse 7 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Wärmeisolierung 88 vorgesehen.

[0048] In einer alternativen Ausgestaltung wird auf das Mantelgehäuse 7 verzichtet, wobei mittels der Balkenpaare 8 unmittelbar eine Flächenpressung auf das Gehäuse 5 aufgebracht wird.

[0049] Gemäß den in den Fig. 1 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispielen sind in den Flachrohren 2 jeweils zwei Wellbänder 3 mit zueinander fluchtenden Wellenbergen 30 und Wellentälern angeordnet.

[0050] Fig. 11 zeigt eine alternative Anordnung von Wellbändern 3 in einer perspektivischen Darstellung. Bei der Anordnung gemäß Fig. 11 sind in einer Längsrichtung L betrachtet mehrere Wellbänder 3 mit sich in Längsrichtung L erstreckenden Wellenbergen 30 und Wellentälern 31 alternierend gegenläufig angeordnet. In anderen Worten sind die Wellenberge 30 und Wellentäler 31 von aufeinanderfolgenden Wellbändern 3 jeweils um 180° phasenverschoben. Zwischen aufeinanderfolgenden Wellbändern 3 sind zudem Querrippen 34 angeordnet.

[0051] Fig. 12 zeigt ein Flachrohr 2 mit der Anordnung von Wellbändern 3 gemäß Fig. 11 in einem Querschnitt.

[0052] Durch die alternierend gegenläufige Anordnung der Wellbänder 3 gemäß den Fig. 11 und 12 wird eine Verwirbelung der Strömung für eine verbesserten Wärmeübergang erzielt.

[0053] Erfindungsgemäß wird durch eine Anordnung von Wellbändern 3 in den Flachrohren 2 und zusätzlich auch an Außenseiten der Flachrohre 2 eine Übertragungsfläche für eine Wärmeübertragung vergrößert und so ein Wirkungsgrad eines Flachrohrwärmeübertragers 1 gesteigert. Dabei kann auf Schweiß- und/oder Lötverbindungen zwischen den Wellbändern 3, 6 und den Flachrohren 2 verzichtet werden, indem durch Aufbringen einer Flächenpressung auf ein Gehäuse 5 des Flachrohrwärmeübertragers 1 ein Kontakt zwischen den Wellbändern 3, 6 und den Flachrohren 2 auch im Betrieb sichergestellt wird.

Patentansprüche

1. Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere für gasförmige Medien, umfassend ein geschlossenes Gehäuse (5) mit einem Rohrbündelraum (50) und ein in dem Rohrbündelraum (50) des Gehäuses (5) angeordnetes Rohrbündel umfassend mehrere Flachrohre (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Flachrohren (2) und in dem Rohrbündelraum (50) zwischen den Flachrohren (2) Wellbänder (3, 6) mit sich in Längsrichtung der Flachrohre (2) erstreckenden Wellenbergen (30, 60) und Wellentälern (31, 61) angeordnet sind, wobei die Wellenberge (30, 60) und Wellentäler (31, 61) an Flachseiten (200) der Flachrohre (2) innen bzw. außen anliegen, und dass eine Vorrichtung vorgesehen ist, um das Gehäuse (5) zumindest im Bereich des Rohrbündelraums (50) von außen mit einer Flächenpressung zu beaufschlagen, welche höher ist als ein Druck (p1, p2) der in den Flachrohren (2) oder um die Flachrohre (2) geführten Medien.
2. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (5) mit einer Flächenpressung beaufschlagt wird, welche ca. 1 bar bis ca. 4 bar höher ist als ein Druck (p1, p2) der in den Flachrohren (2) oder um die Flachrohre (2) geführten Medien.
3. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellbänder (3, 6) eine sinusförmige, dreieckförmige oder sägezahnförmige Wellenform aufweisen.
4. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Breite der in den Flachrohren (2) angeordneten Wellbänder (3) mindestens gleich einer Breite der Flachseiten (200) der Flachrohre (2) ist.
5. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellenberge (30, 60) und Wellentäler (31, 61) der Wellbänder (3, 6) frei an Flachseiten (200) der Flachrohre (2) anliegen.
6. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung ein das Gehäuse (5) aufnehmendes Mantelgehäuse (7) umfasst, wobei das Mantelgehäuse (7) das Gehäuse (5) zumindest im Bereich des Rohrbündelraums (50) unter Belassung eines Druckraums (70) mit Abstand umgibt.
7. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mantelgehäuse (7) als Druckbehälter mit einem Anschluss (72) für eine Medienzufuhr und/oder Medienabfuhr gestaltet

ist, wobei ein Druck (p) in dem Druckbehälter mittels Medienzufuhr und/oder Medienabfuhr regelbar ist.

8. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung ein Balken- und/oder Plattenpaar (8) mit zwei relativ zueinander bewegbaren, biegesteifen mittels Zugankern (82) verbundenen Balken (80) oder Platten umfasst, wobei zumindest ein Abschnitt des Gehäuses (5) zwischen den Balken (80) oder Platten des Balken- und/oder Plattenpaars (8) angeordnet ist. 5 10
9. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung ein Mantelgehäuse (7) umfasst, wobei das Mantelgehäuse (7) das Gehäuse zumindest im Bereich des Rohrbündelraums (50) mit Abstand umgibt, und wobei vorzugsweise zwischen dem Mantelgehäuse (7) und dem Gehäuse (5) Druckstempel (84) für eine Kraftübertragung angeordnet sind. 15 20
10. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Mantelgehäuse (7) und dem Gehäuse (5) eine Wärmeisolierung (88) vorgesehen ist. 25
11. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flachrohrwärmeübertrager (1) als Rechteckanordnung mit einem quaderförmigen Rohrbündelraum (50) und mit mehreren in Reihen und Spalten angeordnete Flachrohre (2) aufgebaut ist. 30
12. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellbänder (3, 6) zumindest teilweise mit einem als Katalysator wirkenden Material beschichtet sind. 35
13. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Flachrohren (2) in Längsrichtung betrachtet jeweils mindestens zwei Wellenbänder (3) gegenläufig angeordnet sind. 40 45
14. Flachrohrwärmeübertrager nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen zwei benachbarten Wellenbändern (3) Querrippen (34) angeordnet sind. 50
15. Flachrohrwärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flachrohre (2) jeweils aus mindestens zwei sich jeweils in Längsrichtung (L) erstreckenden Flachrohrstücken (2a, 2b) zusammengesetzt sind. 55

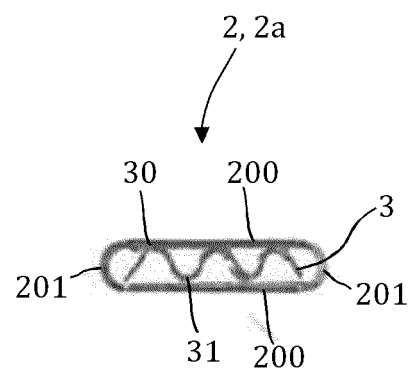
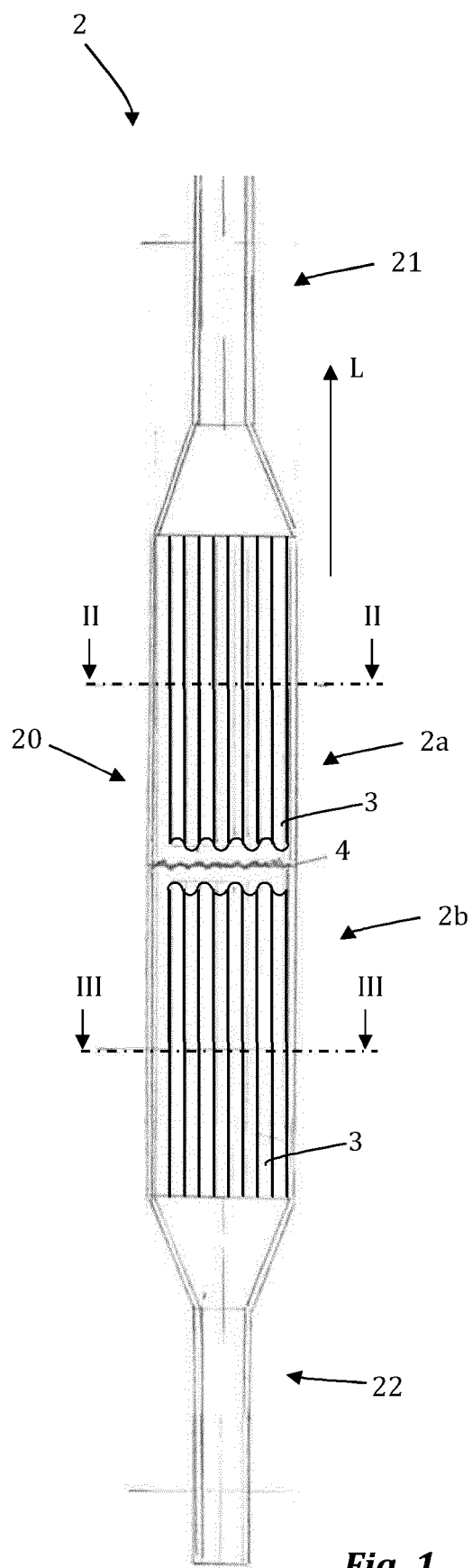


Fig. 2

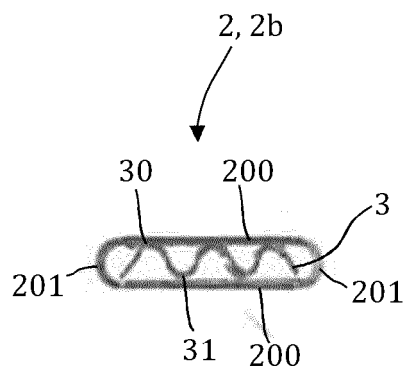


Fig. 3

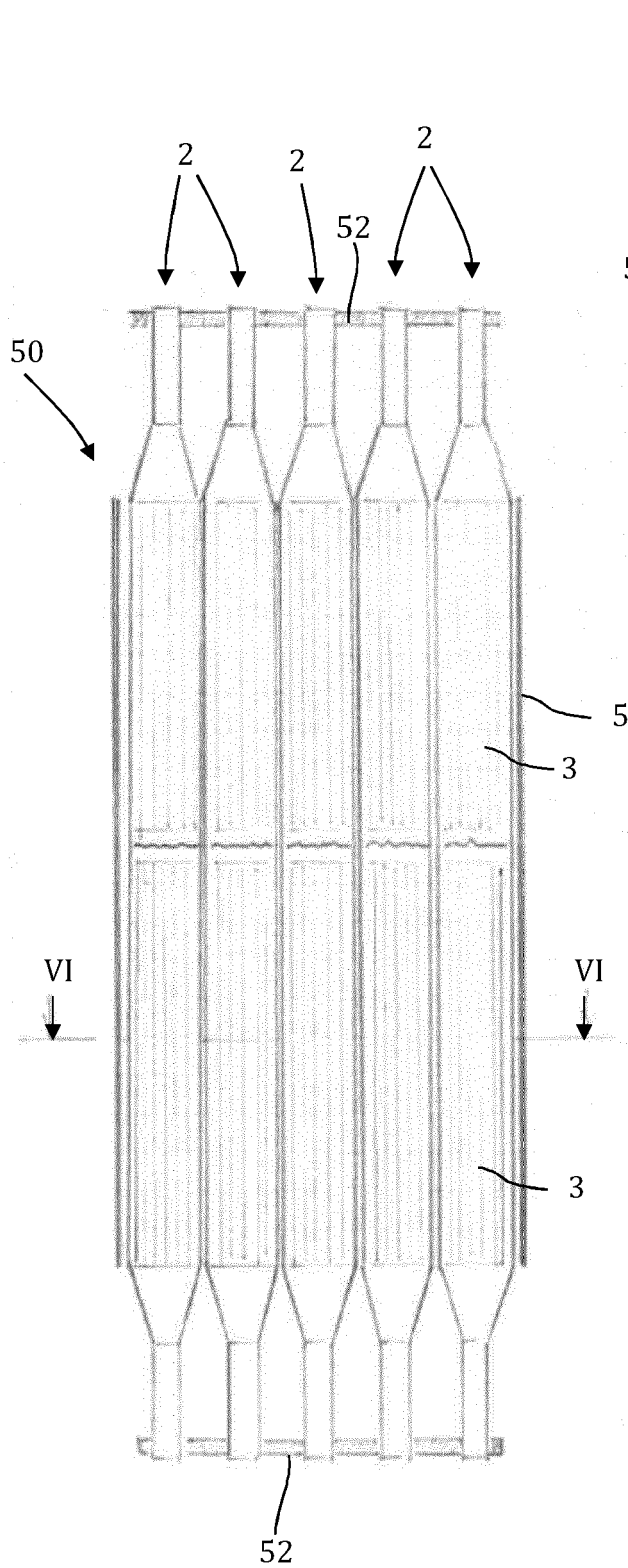


Fig. 4

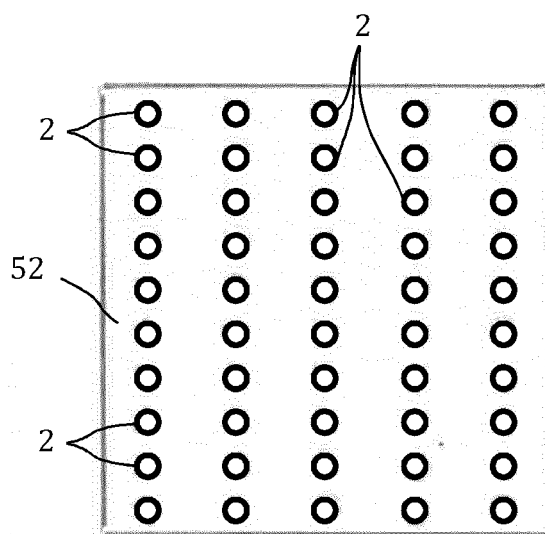


Fig. 5

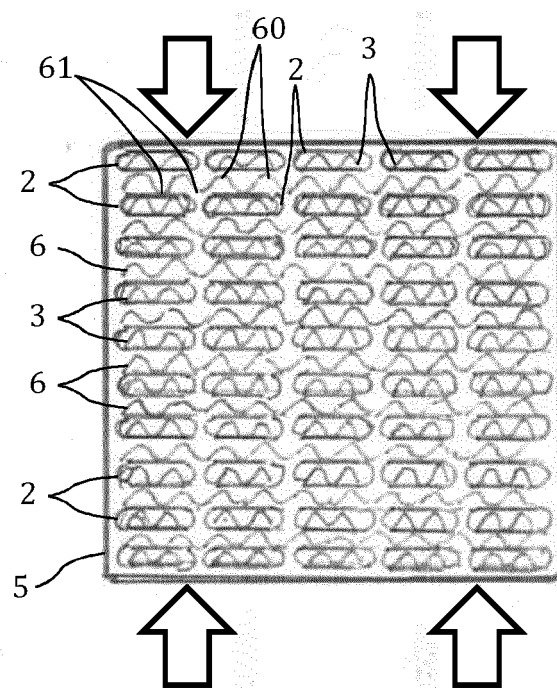


Fig. 6

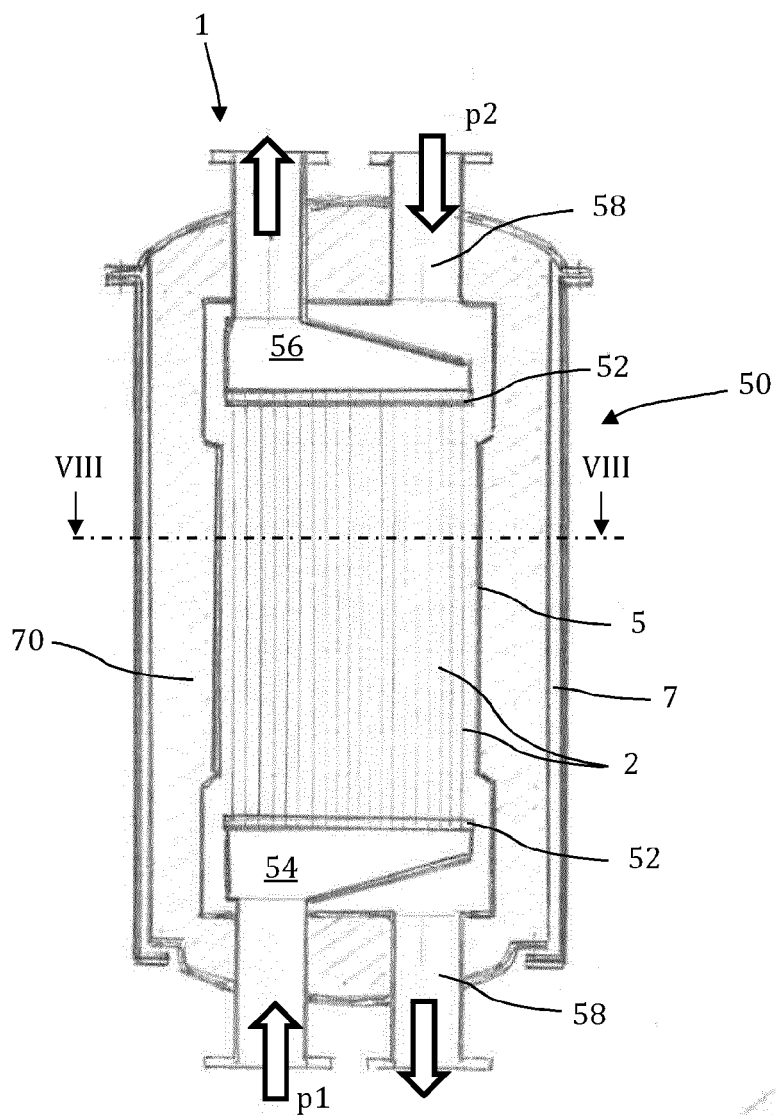


Fig. 7

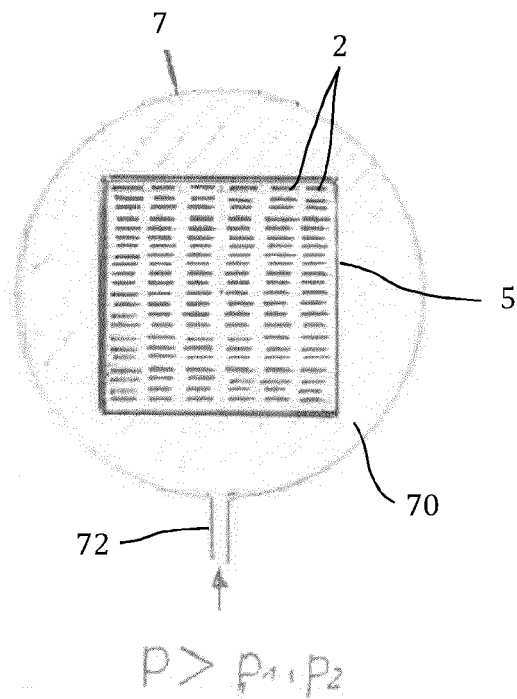


Fig. 8

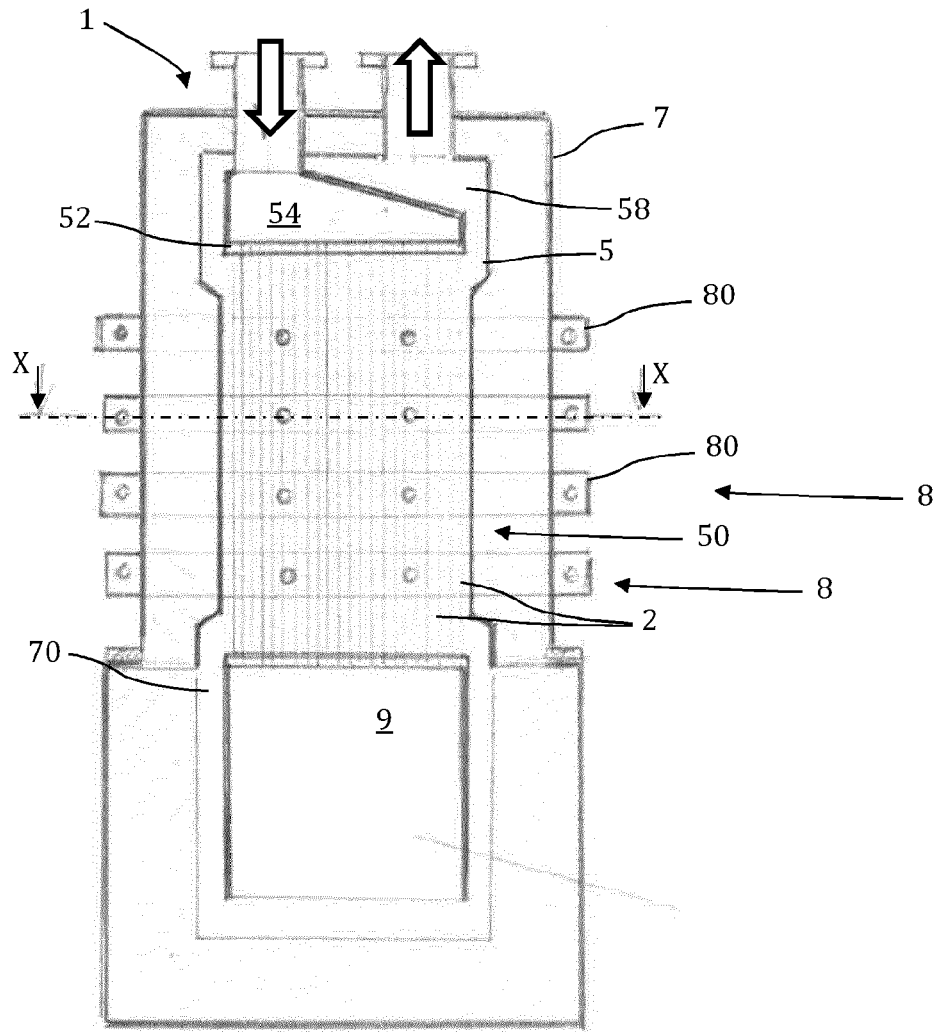


Fig. 9

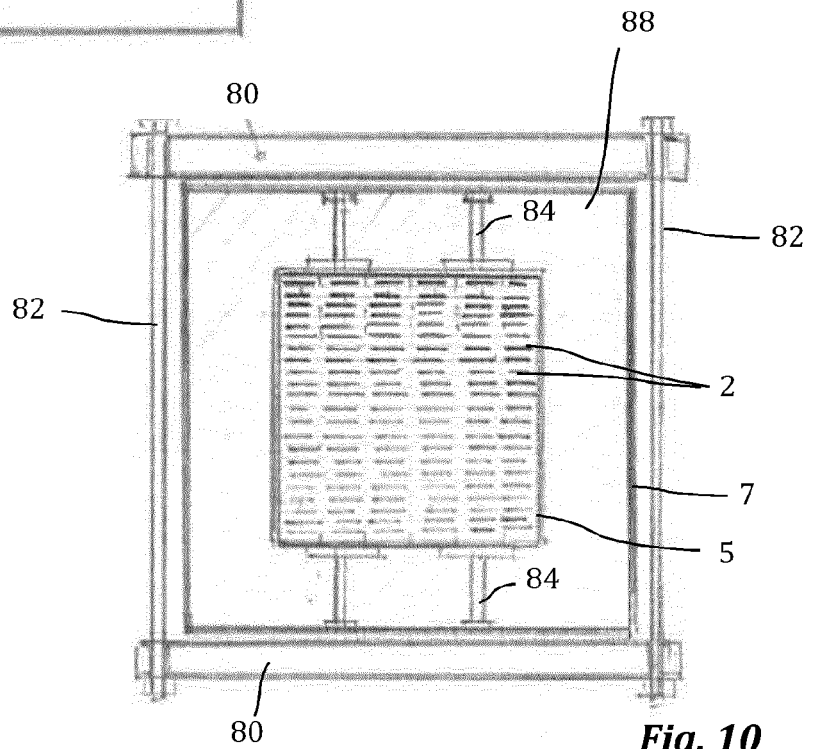


Fig. 10

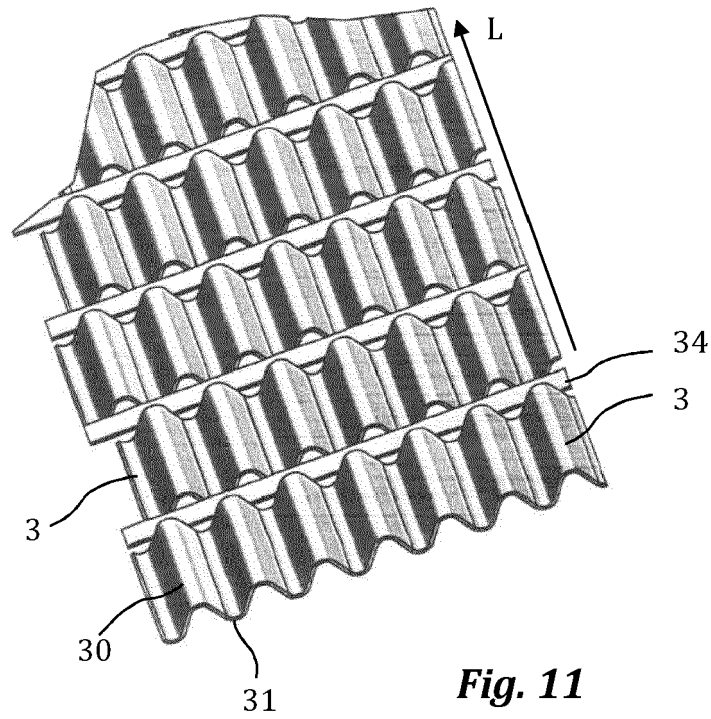


Fig. 11

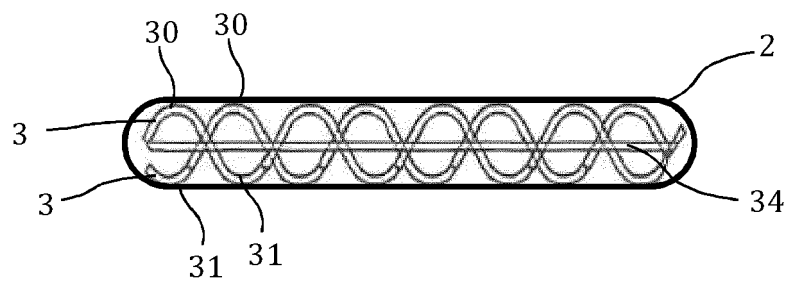


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 17 8551

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2006/124284 A1 (USHIO TAKESHI [JP] ET AL) 15. Juni 2006 (2006-06-15) * Abbildungen *	1-15	INV. F28D7/16 F28F1/00 F28F1/02 F28F1/42
Y	DE 37 43 293 A1 (LAENGERER & REICH KUEHLER [DE]) 29. Juni 1989 (1989-06-29) * Abbildungen *	1-15	
A	US 3 489 209 A (JOHNSON HERBERT G) 13. Januar 1970 (1970-01-13) * das ganze Dokument *	1-15	
A,D	EP 2 584 301 A1 (WS WAERMEPROZESSTECHNIK GMBH [DE]) 24. April 2013 (2013-04-24) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28D F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Oktober 2020	Prüfer Mellado Ramirez, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 17 8551

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-10-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006124284 A1	15-06-2006	JP 4418358 B2	17-02-2010
		JP 2006170484 A	29-06-2006
		US 2006124284 A1	15-06-2006
DE 3743293 A1	29-06-1989	DE 3743293 A1	29-06-1989
		FR 2625303 A1	30-06-1989
		IT 1227866 B	10-05-1991
US 3489209 A	13-01-1970	KEINE	
EP 2584301 A1	24-04-2013	EP 2584301 A1	24-04-2013
		JP 6113175 B2	12-04-2017
		JP 2014531011 A	20-11-2014
		KR 20140092308 A	23-07-2014
		US 2014262174 A1	18-09-2014
		WO 2013057003 A1	25-04-2013

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 2584301 A1 [0002]
- EP 2584201 A1 [0042]