

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
25. August 2016 (25.08.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/131787 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F28D 7/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/053200

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Februar 2016 (15.02.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 102 312.1
18. Februar 2015 (18.02.2015) DE

(71) Anmelder: HUGO PETERSEN GMBH [DE/DE];
Rheingaustraße 190-196, 65203 Wiesbaden (DE).

(72) Erfinder: SCHULZE, Axel; Am Schlabach 6, 65510
Idstein/Heftrich (DE). FANI YAZDI, Sayyed Ahmad;
Hildastraße 32, 65189 Wiesbaden (DE).

(74) Anwalt: BLUMBACH ZINNGREBE; Elisabethenstraße
11, 64283 Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER HAVING SEQUENTIALLY ARRANGED SHELL AND TUBE COMPONENTS

(54) Bezeichnung : ROHRBÜNDELWÄRMEÜBERTRAGER MIT SEQUENTIELL ANGEORDNETEN ROHRBÜNDELKOMPONENTEN

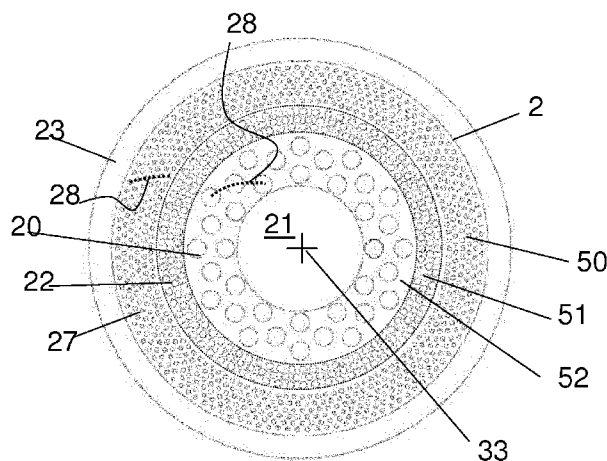


Fig. 4

(57) Abstract: The invention relates to a shell and tube heat exchanger (1) in which a tube bundle (2) consisting of a plurality of tubes (20, 22, 27) having at least one tube bottom (25; 26) is arranged in a shell space (3), in order to be able to increase the heat exchanger area without having to enlarge the total diameter of a shell and tube heat exchanger. The shell and tube heat exchanger (1) is delimited to the outside by a shell surface (31) and has a longitudinal axis (33) extending centrally in the shell space, around which an inner channel (21), which is free of tubes, is designed, and wherein an outer channel (23), which is free of tubes, is designed on the inside, adjacent to the shell surface (31), wherein the tube bundle (2) comprises at least two tube bundle components (50, 51, 2, 53, 54) between the inner channel (21) and the outer channel (23), which differ in the number of tubes per area and/or in the outside diameter of the tubes and/or in the spacing of the tubes.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/131787 A1



Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Um die Wärmeaustauscherfläche erhöhen zu können, ohne den Gesamtdurchmesser eines Rohrbündelwärmetauschers vergrößern zu müssen, schafft die Erfindung einen Rohrbündelwärmeübertrager (1), in welchem in einem Mantelraum (3) ein Rohrbündel (2) aus mehreren Rohren (20, 22, 27) mit zumindest einem Rohrboden (25; 26) angeordnet ist, wobei der Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach außen von einer Mantelfläche (31) begrenzt wird und eine zentral im Mantelraum verlaufende Längsachse (33) hat, um welche ein von Rohren freier innerer Kanal (21) ausgebildet ist, und wobei innenseitig, der Mantelfläche (31) benachbart ein von Rohren freier äußerer Kanal (23) ausgebildet ist, wobei das Rohrbündel (2) zwischen innerem Kanal (21) und äußerem Kanal (23) zumindest zwei Rohrbündelkomponenten (50, 51, 2, 53, 54) umfasst, welche sich in der Anzahl der Rohre pro Fläche und/oder im Außendurchmesser der Rohre und/oder im Abstand der Rohre unterscheiden.

5

**Rohrbündelwärmeübertrager
mit sequentiell angeordneten Rohrbündelkomponenten**

10 Die Erfindung betrifft einen Rohrbündelwärmeübertrager nach
Anspruch 1.

Rohrbündelwärmeübertrager werden auch als
Rohrbündelwärmetauscher bezeichnet und sind die in der
15 Industrie am Häufigsten eingesetzten Wärmetauscher. Bei den
Rohrbündelwärmetauschern trennt die Wärmeübertragungsfläche
einen heißen von einem kalten Fluidraum. Ein Fluid fließt
durch die Rohre (rohrseitig), während das andere Fluid um
die Rohre strömt (mantelseitig). Rohrbündel werden im
20 Mantel platziert und dabei so in einem Rohrboden gehalten,
dass dieser eine Barriere bildet, um die Vermischung der
beiden unterschiedlich temperierten Fluide zu vermeiden.
Um eine höhere Geschwindigkeit im Mantel zu erzeugen bzw.
die Kontakthäufigkeit des Mediums im Mantelraum mit der
25 Wärmeübertragungsfläche zu erhöhen, werden Umlenksegmente
eingesetzt. Das Fluid im Mantel hat eine längere Strecke
zwischen Ein- und Ausgangsstutzen zur passieren.

Ein derartiger Wärmetauscher gemäß dem Stand der Technik
30 ist in Figur 1 dargestellt. In der Abbildung oben ist ein
Längsschnitt durch einen im Kreuzstrom betriebenen
Rohrbündelwärmetauscher dargestellt. In der Abbildung unten

ist eine offene perspektivische Darstellung des Mantelraums mit Rohrbündel und Umlenksegmenten gezeigt.

Auf der Mantelseite hat die Rohrteilung einen großen
5 Einfluss auf die Fluidgeschwindigkeit und damit auf die
Wärmeübertragung sowie auf den Druckverlust. Herkömmliche
Kreuzströmungswärmetauscher haben auf der Mantelseite
ungleichmäßige Strömungslinien und dadurch eine höhere
mechanische Belastung. Außerdem sind die Druckverluste bei
10 diesen Wärmetauschern sehr hoch.

Der nächste Schritt in der Entwicklung von
Rohrbündelwärmetauschern war ein sogenannter radial
durchströmter Apparat. Ein derartiger Wärmeübertrager ist
15 in Figur 2 in einem Längsschnitt dargestellt. In der
Abbildung oben ist ein Längsschnitt durch einen im
Kreuzstrom betriebenen Rohrbündelwärmetauscher dargestellt.
In der Abbildung unten ist eine offene perspektivische
Darstellung des Mantelraums mit Rohrbündel und
20 Umlenksegmenten gezeigt, wobei der jeweilige Kopfraum für
die Zufuhr und Abfuhr des rohrseitigen und mantelseitigen
Fluids nicht dargestellt sind.

Mit einem radial durchströmten Rohrbündelwärmeübertrager
25 können Schwächen des klassischen Rohrbündelwärmetauschers
verringert werden. Durch gleichmäßige Strömung vom
Zentralkanal nach außen in radialer Richtung
beziehungsweise vom Raum zwischen dem Mantel des
Wärmetauschers um die Rohrbündel herum zum Zentralkanal
30 erreicht man sowohl geringere mechanische Belastungen als
auch kleinere Druckverluste im Mantelraum des
Wärmetauschers. Damit gewinnt man nicht nur Freiheit in der

Wahl der mantelseitigen Ausrichtung der Zu- und Abführstutzen, sondern auch eine kompaktere Bauweise des Rohrbündels

5 Die radiale Anordnung der Rohre hat den Nachteil, dass man bei der Anzahl der Rohrreihen limitiert ist. Als "Rohrreihe" werden hier die Rohre bezeichnet, welche nebeneinander im Wesentlichen auf einer Kreisbahn um die Längsachse des Rohrbündels angeordnet sind. Das Rohrbündel
10 weist mehrere derartige Rohrreihen mit unterschiedlichem Radius auf. Die Abstände der Rohre zueinander in jeder Rohrreihe sowie der Abstand benachbarter Rohrreihen ist so gewählt, dass eine möglichst gleichmäßige Durchströmung des Rohrbündels in radialer Richtung durch das Mantelraumfluid
15 gegeben ist, damit die beabsichtigte Wärmeübertragung zuverlässig erfolgen kann.

Probleme können bei Rohrbündelwärmeübertragern insbesondere dann entstehen, wenn große Wärmeübertragungsflächen
20 realisiert werden sollen. Wie die Abbildung in Figur 3A zeigt, werden sich bei vorgegebenen Abmessungen des Rohrbündelwärmeübertragers nach einer kleinen Anzahl von Rohrreihen die Rohrreihen derart nah kommen, so dass diese Bauweise unwirtschaftlich ist beziehungsweise praktisch
25 unmöglich wird. Im gezeigten Beispiel kann eine Erhöhung von drei auf vier Rohrreihen nicht mehr erfolgen. Außerdem hat die schlechte Durchströmung solcher Engpässe zwischen den Rohren eine Reduzierung der effektiven Wärmeaustauschfläche zur Folge. Durch die Kollision der
30 Rohre wird die Unterbringung der Bedarfsfläche zum Wärmeaustausch eingeschränkt, was die Grenzen des

Wärmetauscher-Entwurfs eines Rohrbündelwärmeübertragers aufzeigt.

Als Gegenmaßnahme wird ein größerer Durchmesser des
5 Zentralraums des Bündels gewählt. In Figur 3B ist diese Lösung illustriert. Durch die Wahl größerer Abmessungen können im Vergleich zu dem in Figur 3A gezeigten Rohrspiegel nun vier Rohrreihen untergebracht werden, was allerdings wiederum einen größeren Gesamtdurchmesser der
10 Wärmetauschers zur Folge hat.

Es ergibt sich daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Rohrbündelwärmeübertrager zur Verfügung zu stellen, welcher die Nachteile bekannter Rohrbündelwärmeübertrager
15 überwindet. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zu schaffen, die Wärmeaustauscherfläche zu erhöhen, ohne den Gesamtdurchmesser des Rohrbündelwärmetauschers vergrößern zu müssen. Gerade bei konstanten Abmessungen des Rohrbündelwärmetauschers soll
20 eine Erhöhung der Wärmeaustauscherfläche ermöglicht werden.

Diese Aufgaben werden auf überraschend einfache Weise gelöst mit einem Rohrbündelwärmeübertrager gemäß Anspruch 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand
25 der Unteransprüche.

Die Erfindung stellt einen Rohrbündelwärmeübertrager zur Verfügung, in welchem in einem Mantelraum ein Rohrbündel aus mehreren Rohren mit zumindest einem Rohrboden
30 angeordnet ist, wobei der Rohrbündelwärmeübertrager nach außen von einer Mantelfläche begrenzt wird und eine zentral im Mantelraum verlaufende Längsachse hat, um welche ein von

Rohren freier innerer Kanal ausgebildet ist, und wobei
innenseitig, der Mantelfläche benachbart ein von Rohren
freier äußerer Kanal ausgebildet ist, wobei das Rohrbündel
zwischen innerem Kanal und äußerem Kanal zumindest zwei
5 Rohrbündelkomponenten umfasst, welche sich in der Anzahl
der Rohre pro Fläche und/oder im Außendurchmesser der Rohre
und/oder im Abstand der Rohre unterscheiden.

Damit realisiert die Erfindung den Vorteil, dass die
10 Wärmeaustauscherfläche des Rohrbündelwärmeübertragers bei
konstanten Abmessungen des Mantels flexibel an
unterschiedliche Anforderungen angepasst werden kann. Der
erfindungsgemäße Rohrbündelwärmeübertrager kann auch als
Mehrfachbündel-Radialwärmetauscher bezeichnet werden.

15 Mit einem derartigen Mehrfachbündel-Radialwärmetauscher
besteht die Flexibilität, zunächst kleinstmögliche
Rohrbündeldurchmesser zu wählen, und bei Bedarf
beziehungsweise zu Optimierungszwecken zu einem neu
20 orientierten Rohrbündel zu wechseln. Dies gilt sowohl für
vollständig am Umfang jeder Rohrreihe berohrte
Wärmetauscherbündel, als auch für sogenannte semi-radiale
Wärmetauscher, auf die unten im Zusammenhang mit der
Weiterbildung der Erfindung durch eine Verbindungszone
25 näher eingegangen wird.

Die Anzahl der Rohre pro Fläche der Rohrbündelkomponente
senkrecht zur Längserstreckung der Rohre definiert die
Rohrdichte.

30

Der Abstand der Rohre voneinander ist die kürzeste Distanz zwischen der Außenwand eines Rohrs zur Außenwand des nächsten benachbarten Rohrs.

5 Die zumindest zwei kreisringförmigen Rohrbündelkomponenten werden im Betrieb vom Mantelraumfluid als radial sequentielle Rohrbündel durchströmt. Sie sind insbesondere konzentrisch zur Längsachse angeordnet. So schafft die Erfindung einen Rohrbündelwärmeübertrager mit im Mantelraum
10 in einer Richtung senkrecht zur Längsachse sequentiell angeordneten Rohrbündelkomponenten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmeübertragers weisen die zumindest zwei
15 Rohrbündelkomponenten senkrecht zur Längsachse gesehen jeweils im Wesentlichen einen kreisringförmigen Querschnitt auf. Damit wird eine konstruktiv besonders einfache Möglichkeit geschaffen, Rohrbündelkomponenten sozusagen radial zu einem Rohrbündel stapeln zu können. Insbesondere
20 kann der Rohrbündelwärmeübertrager ein Rohrbündel mit zwischen zwei und zehn Rohrbündelkomponenten umfassen.

Um je nach Anwendungsfall ein darauf abgestimmtes Rohrbündel bereit stellen zu können, sieht die Erfindung
25 des Weiteren vor, dass zumindest zwei Rohrbündelkomponenten lösbar miteinander verbunden sind. Insbesondere ist das Rohrbündel modulartig aus zumindest zwei Rohrbündelkomponenten aufgebaut.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung schließt sich von der Längsachse radial nach außen gesehen an den inneren Kanal eine erste Rohrbündelkomponente an und an

diese eine zweite Rohrbündelkomponente, wobei der Radius der zur Längsachse hin weisenden inneren Begrenzung der zweiten Rohrbündelkomponente korrespondierend zu dem Radius der äußeren Begrenzung der ersten Rohrbündelkomponente
5 ausgebildet ist.

Praktischerweise kann der Radius der zur Längsachse hin weisenden inneren Begrenzung der zweiten Rohrbündelkomponente größer ausgebildet sein als der Radius
10 der äußeren Begrenzung der ersten Rohrbündelkomponente, zumindest so viel größer, dass sich die zweite Rohrbündelkomponente über die erste Rohrbündelkomponente montieren lässt.

15 Auf diese Weise können sich an die zweite Rohrbündelkomponente weitere Rohrbündelkomponenten anschließen. Dabei können auch innerhalb einer Rohrbündelkomponente Zonen unterschiedlicher Anzahl der Rohre pro Fläche und/oder unterschiedlichen
20 Außendurchmessers der Rohre und/oder unterschiedlichen Abstands der Rohre ausgebildet sein, so dass eine Rohrbündelkomponente mehrere Rohrbündelstufen umfassen kann.

25 Die Anordnung der Rohre im Rohrbündel beziehungsweise in der Rohrbündelkomponente definiert den sogenannten Rohrspiegel. Der Rohrspiegel kann grundsätzlich eine radial geordnete Form haben oder mit Hilfe mehrerer Segmente eine radiale Form nachbilden. Die Anzahl der Segmente kann
30 beliebig sein. Die Segmente sind in der Praxis als Rohrbündelmodule ausgeführt. Wenn zumindest eine Rohrbündelkomponente aus zumindest zwei, vorzugsweise drei

oder vier oder fünf, Rohrbündelmodulen zusammengesetzt ist, wird ein Aufbau eines gewünschten Rohrbündels unter Realisierung der erfindungsgemäßen Verbindungszone mit vorgefertigten Modulen nach dem Baukastenprinzip ermöglicht.

5

Die Rohrbündelmodule können dabei gleichartig sein. Insbesondere können $n-1$ (beispielsweise drei) Rohrbündelmodule mit im Querschnitt senkrecht zur Längsachse gesehen im Wesentlichen $1/n$ -kreisförmigem (beispielsweise viertelkreisförmigem) Rohrspiegel miteinander verbunden werden, wobei die Verbindungszone durch das zum Vollkreis fehlende n -te (beispielsweise vierte) Modul entsteht. Die Verbindung der Rohrbündelmodule erfolgt bevorzugt in einfacher Weise durch Einsetzen in den zumindest einen Rohrboden. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist zumindest ein Rohrbündelmodul ungleichartig zu dem zumindest einen anderen Rohrbündelmodul ausgebildet.

20 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Rohrbündelwärmeübertrager eine einzige Kammer auf. Insbesondere ist der Rohrbündelwärmeübertrager mit einer Kammer als ein Modul für einen mehrteiligen Rohrbündelwärmeübertrager ausgebildet, indem der Austritt
25 aus der einen Kammer zum Anschluss an den Eintritt der nächsten Kammer ausgebildet ist. Dadurch wird ein Verbinden mehrerer Rohrbündelwärmeübertrager zu einer Art Turm oder Stapel ermöglicht, in welchem im Betrieb das Mantelraumfluid nach dem Verlassen eines
30 Wärmeübertragermoduls in das nächste Modul eintritt.

Um längere Strömungswege bei möglichst hohem treibenden Gefälle für die Wärmeübertragung realisieren zu können, weist der Rohrbündelwärmeübertrager in einer Weiterbildung der Erfindung zwei oder mehr, vorzugsweise bis zu zwanzig, 5 Kammern um ein einziges Rohrbündel auf, wobei zwischen einander benachbarten Kammern zumindest ein Umlenksegment für das Mantelraumfluid angeordnet ist.

Im Betrieb des Rohrbündelwärmeübertragers tritt das 10 Mantelraumfluid in die erste Kammer ein, welche außer durch die Mantelfläche von einem Rohrboden und einem Umlenksegment begrenzt ist. Das Umlenksegment besteht aus einer Scheibe mit einer Fläche senkrecht zur Längsachse, welche invers zum Rohrspiegel korrespondiert, wobei von 15 dieser Fläche ein innerer Bereich ausgeschnitten oder ein äußerer Bereich abgeschnitten ist. Insbesondere korrespondiert der innere Bereich in seinem Querschnitt praktisch mit demjenigen des inneren Kanals, und der äußere Bereich in seinem Querschnitt praktisch mit demjenigen des 20 äußeren Kanals.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung definiert die Anordnung der Rohre im Rohrbündel einen Rohrspiegel, welcher zumindest eine Verbindungszone 25 aufweist, durch welche im Betrieb des Rohrbündelwärmeübertragers Fluid in den Mantelraum eintritt und/oder aus dem Mantelraum austritt. Dabei kann die Anzahl der Rohre pro Querschnittsfläche senkrecht zur Längsachse in der Verbindungszone geringer sein als außerhalb der 30 Verbindungszone, oder dass die Verbindungszone ist gänzlich frei von Rohren. Durch einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager mit Verbindungszone kann auf eine Haube im

herkömmlichen Sinn im Anschluss an den Rohrboden in Längsrichtung des Wärmetauschers im Prinzip verzichtet werden. Auf diese Weise kann mit Hilfe der Erfindung kompakter und damit auch kleiner gebaut werden.

5

Schlagwortartig ausgedrückt wird mit dem Rohrbündelwärmeübertrager mit Verbindungszone eine "semiradiale Strömung" realisiert. Ein erfindungsgemäßer Wärmeübertrager wird daher auch als "Semi RF Heat

10

Exchanger" bezeichnet. Dabei soll der Ausdruck "semi" dahingehend verstanden werden, dass nur ein Teil - nicht zwingend die Hälfte - des Rohrspiegels mit Rohren bestückt ist.

15

Ist zumindest eine Rohrbündelkomponente aus Rohrbündelmodulen zusammengesetzt und ist zumindest ein Rohrbündelmodul ungleichartig zu dem zumindest einen anderen Rohrbündelmodul ausgebildet, kann in konstruktiv einfacher Weise die Verbindungszone realisiert werden. Ein Rohrbündelmodul umfasst dann beispielsweise einen Ausschnitt aus dem Rohrspiegel mit der Verbindungszone und benachbarten Rohren, während das eine weitere oder die weiteren Rohrbündelmodule die übrigen Rohre zum gesamten Rohrspiegel beisteuern.

25

Der durch die Verbindungszone geschaffene Ein-und/oder Austrittsspalt für das Mantelraumfluid kann beliebige Geometrie annehmen. Dazu weist die Verbindungszone in einer vorteilhaft einfachen Ausgestaltung eine erste und eine zweite Durchtrittsfläche sowie zwei seitliche Begrenzungen auf, wobei die erste Durchtrittsfläche der Übergang zwischen dem äußeren Kanal und der Verbindungszone ist, die

30

zweite Durchtrittsfläche der Übergang zwischen der
Verbindungszone und dem inneren Kanal ist, die erste
seitliche Begrenzung sich vom einen in Längsrichtung des
Mantelraums verlaufenden Rand der ersten Durchtrittsfläche
5 zum korrespondierenden in Längsrichtung des Mantelraums
verlaufenden Rand der zweiten Durchtrittsfläche erstreckt,
und die zweite seitliche Begrenzung sich vom anderen in
Längsrichtung des Mantelraums verlaufenden Rand der ersten
Durchtrittsfläche zum korrespondierenden in Längsrichtung
10 des Mantelraums verlaufenden Rand der zweiten
Durchtrittsfläche erstreckt.

Die beiden seitlichen Begrenzungen der Verbindungszone
verlaufen im wesentlichen parallel zueinander, wenn die
15 Verbindungszone den kürzesten Weg zwischen innerem und
äußeren Kanal realisieren soll. Im Rahmen der Erfindung
können die seitlichen Begrenzungen der Verbindungszone in
einer Richtung senkrecht zur Längsachse oder einer
Parallelen der Längsachse auch abschnittsweise
20 unterschiedliche Querschnittsformen der Verbindungszone
schaffen. Der Querschnitt der Verbindungszone ist die vom
Mantelraumfluid durchströmte Fläche, wenn dieses zwischen
dem inneren und dem äußeren Kanal strömt.

25 Die Erfindung schafft eine Vielzahl von Möglichkeiten,
durch die Gestaltung der Geometrie der Verbindungszone das
im Betrieb gewünschte Strömungsprofil des Mantelraumfluids
und damit auch die Kinetik des Wärmeübergangs einzustellen.
Die seitlichen Begrenzungen der Verbindungszone können
30 beispielsweise zumindest abschnittsweise im wesentlichen
parallel zueinander verlaufen.

Die beiden seitlichen Begrenzungen können von der Längsachse aus gesehen zumindest abschnittsweise miteinander einen Winkel (α) im Bereich von etwa 180° bis etwa 10° einschließen. Eine weitere Möglichkeit im Rahmen
5 der Erfindung ist, dass die beiden seitlichen Begrenzungen in Richtung vom äußeren Kanal auf den inneren Kanal hin zumindest abschnittsweise miteinander einen Winkel (α) im Bereich von etwa 180° bis etwa 10° einschließen.

10 Des Weiteren bietet die Erfindung die Möglichkeit, dass die erste oder die zweite seitliche Begrenzung oder beide seitliche Begrenzungen der Verbindungszone zumindest abschnittsweise radial von der Längsachse aus gesehen verläuft oder verlaufen. Eine zusätzliche Möglichkeit ist,
15 dass die erste oder die zweite seitliche Begrenzung oder beide seitliche Begrenzungen der Verbindungszone im Querschnitt senkrecht zur Längsachse gesehen zumindest abschnittsweise im wesentlichen tangential zum Rand des inneren Kanals verläuft oder verlaufen.

20

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die erste oder die zweite seitliche Begrenzung oder beide seitliche Begrenzungen der Verbindungszone im Querschnitt senkrecht zur Längsachse gesehen zumindest abschnittsweise
25 gekrümmt verläuft oder verlaufen, wobei die erste oder die zweite seitliche Begrenzung oder beide seitliche Begrenzungen zumindest abschnittsweise insbesondere ein Kreisbogensegment oder einen Abschnitt einer Spirale definiert oder definieren. Hinsichtlich einer noch
30 ausführlicheren Beschreibung der Verbindungszone in verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten wird auf die am selben Tag von der Anmelderin eingereichte deutsche

Patentanmeldung mit dem Titel "Rohrbündelwärmeübertrager",
und dort insbesondere auf die Figuren 12 bis 30 und ihre
Beschreibung verwiesen, welche durch Bezugnahme in die
vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

5

Die Erfindung stellt auch ein Rohrbündel für einen oben
beschriebenen Rohrbündelwärmeübertrager sowie eine
Rohrbündelkomponente für ein derartiges Rohrbündel zur
Verfügung. Ein derartiges Rohrbündel beziehungsweise jede
10 Rohrbündelkomponente kann separat gefertigt und vertrieben
werden. Die Endmontage des gesamten Wärmetauschers kann
dann beispielsweise erst am Einsatzort durch Einbau in den
Mantel und Anbringen der Zu- und Abführungen an die
Anschlüsse für die Verbindungszone erfolgen.

15

Die Erfindung schafft zudem über weitere Parameter die
Möglichkeit, die Strömung insbesondere des Mantelraumfluids
gezielt zu beeinflussen und an die jeweiligen praktischen
Anforderungen anzupassen. So ist zum einen vorgesehen, dass
20 die Anordnung der Rohre im Rohrbündel einen Rohrspiegel
definiert, in welchem die Rohre zumindest bereichsweise
fluchtend zueinander und/oder zumindest bereichsweise
versetzt zueinander angeordnet sind. Des Weiteren kann das
Rohrbündel auch exzentrisch zur Längsachse im Mantelraum
25 angeordnet werden.

Der erfindungsgemäße Rohrbündelwärmeübertrager kann
grundsätzlich für flüssige und gasförmige Medien verwendet
werden sowie für Fluide, die flüssige und gasförmige
30 Komponenten enthalten wie etwa Aerosole oder Nassdampf.
Durch die mit der Erfindung erreichbare relativ hohe
Wärmeaustauschfläche ist der Rohrbündelwärmeübertrager

besonders vorteilhaft zu verwenden als Gas-Gas-Wärmeübertrager, also zum Wärmeaustausch zwischen zwei im Wesentlichen gasförmigen Fluiden. Beispielsweise kann der erfindungsgemäße Rohrbündelwärmeübertrager zur

5 Wärmerückgewinnung aus heißen Abgasströmen eingesetzt werden. Ein besonderes Anwendungsgebiet ergibt sich mit dem Einsatz im Rahmen von Verfahren zur Synthese von Schwefelsäure (H_2SO_4).

10 Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche und ähnliche Bauteile sind dabei mit gleichen Bezugszeichen versehen, wobei die Merkmale der verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert

15 werden können. Es zeigen:

Figur 1 Schematische Darstellung eines Längsschnitts durch einen im Kreuzstrom betriebenen Rohrbündelwärmetauscher nach dem Stand der

20 Technik (oben) sowie eine schematische offene perspektivische Darstellung des entsprechenden Mantelraums mit Rohrbündel und Umlenksegmenten (unten),

Figur 2 schematische Darstellung eines Längsschnitts durch einen im Kreuzstrom betriebenen radialen Rohrbündelwärmetauscher nach dem Stand der

25 Technik (oben) sowie eine schematische offene perspektivische Darstellung des entsprechenden Mantelraums mit Rohrbündel und Umlenksegmenten (unten), wobei der jeweilige Kopfraum für die

30 Zufuhr und Abfuhr des rohrseitigen und mantelseitigen Fluids nicht dargestellt sind,

- Figur 3 schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel mit kollidierenden Rohren (Figur 3A) und mit vergrößerten Abmessungen (Figur 3B) zur Unterbringung von vier statt drei Rohrreihen,
- 5
- Figur 4 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,
- Figur 5 eine schematische Darstellung fluchtender und versetzter Rohranordnung (Figur 5A) sowie eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel (Figur 5B) im Mantel (links) und ohne Mantel (rechts) mit versetzter Rohranordnung,
- 10
- 15 Figur 6 eine schematische offene perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmetauschers mit zwei Kammern mit einem Rohrbündel gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,
- 20 Figur 7 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,
- Figur 8 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,
- 25
- Figur 9 eine schematische offene perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmetauschers mit zwei Kammern mit

einem Rohrbündel gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,

Figur 10 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel gemäß einer
5 weiteren Ausführungsform der Erfindung,

Figur 11 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,

Figur 12 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Rohrbündel im Mantel gemäß einer
10 weiteren Ausführungsform der Erfindung.

In den Figuren ist zur Veranschaulichung teilweise die Strömungsrichtung des Mantelraumfluids und des
15 Rohrraumfluids durch Pfeile angedeutet, wie sie im Betrieb des erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmeübertragers prinzipiell erfolgt. Des Weiteren sind teilweise gepunktete Linien eingezeichnet, welche zur Veranschaulichung der Unterteilung des Rohrbündels in Rohrbündelkomponenten
20 (Figuren 4 und 8) beziehungsweise des Rohrbündels und der Verbindungszone (Figur 10) dienen sollen.

Die Fluidein- und -austrittsstutzen 13, 14 für das Mantelraumfluid können im Rahmen der Erfindung
25 grundsätzlich eine beliebige Gestalt annehmen, beispielsweise mit einem rechteckigen, ovalen oder kreisförmigen Querschnitt. Der Arbeitstemperaturbereich des erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmetauschers kann grundsätzlich zwischen -270 °C bis 2000 °C liegen,
30 insbesondere zwischen -80 °C und 2000 °C , vor allem zwischen

-50 °C und 1300 °C. Bevorzugt wird ein Arbeitskreis zwischen 0 bis 600 °C.

Um die Wärmeaustauscherfläche eines
5 Rohrbündelwärmetauschers variieren zu können, ohne die
äußeren Abmessungen des Rohrbündels beziehungsweise des
Wärmetauschers zu verändern, schafft die Erfindung ein
Rohrbündel 2 mit mehreren Rohrbündelkomponenten, welche
miteinander kombiniert sind und deren Rohre gemeinsam die
10 gesamte Wärmeübertragungsfläche bestimmen.

In Figur 4 ist ein erfindungsgemäßes Rohrbündel 2 im
Querschnitt dargestellt. Es erstreckt sich entlang der
Längsachse 33 und weist einen inneren Kanal 21 auf.
15 Zwischen der äußersten Rohrreihe des Rohrbündels 2 und der
Innenseite der Mantelfläche verläuft der äußere Kanal 23.
Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst das Rohrbündel 2
drei Rohrbündelkomponenten 50, 51, 52. Diese sind
konzentrisch zueinander um die Längsachse 33 positioniert.

20 Die Rohrbündelkomponenten 50, 51, 52 haben jeweils eine
kreisringförmige Querschnittsfläche. Senkrecht zu dieser
Querschnittsfläche verlaufen in der äußeren
Rohrbündelkomponente 50 Rohre 27 in sechs konzentrischen
25 Rohrreihen um die Längsachse 33.

Die mittlere Rohrbündelkomponente 51 hat eine Erstreckung
in radialer Abmessung zur Längsachse 33, welche etwa die
Hälfte der entsprechenden Erstreckung der äußeren
30 Rohrbündelkomponente 51 beträgt. Die Rohre 22 der mittleren
Rohrbündelkomponente 51 haben einen größeren Durchmesser
als die Rohre 27 der der äußeren Rohrbündelkomponente 50.

Die Rohre 27 verlaufen in drei konzentrischen Rohrreihen zur Längsachse 33.

Die innere Rohrbündelkomponente 52 weist Rohre 20 auf, die ebenfalls in drei konzentrischen Rohrreihen zur Längsachse 33 verlaufen. Die Rohre 20 haben einen größeren Durchmesser als die Rohre 22 der mittleren Rohrbündelkomponente 51. Deren Rohre 22 haben einen Durchmesser, der ebenfalls größer als der Durchmesser der Rohre 27 der äußeren Rohrbündelkomponente 52 ist. Je nach Prozessbedarf kann diese Durchmesserrelation genau in der umgekehrten Reihenfolge realisiert oder in radialer Richtung gesehen eine Mischung aus aufeinander folgenden zunehmenden und abnehmenden Durchmessern der Rohrbündelkomponenten sein.

Die Rohre 20, 22, 27 sind in der Rohrbündelkomponente 50, 51, 52 nach Art eines Mauerverbundes, das heißt sozusagen auf Lücke zueinander, angeordnet. Der Abstand zweier benachbarter Rohre 20, 22, 27 in einer Rohrbündelkomponente 52, 51, 50 hat einen Minimumabstand des 1,05-fachen Rohrdurchmessers vom Zentrum eines Rohres zum Zentrum des benachbarten Rohres. Prozessbedingt sowie konstruktiv bedingt kann dieser vergrößert werden.

Der Abstand der Rohre 20 der inneren Rohrbündelkomponente 52 beträgt etwa das 1,8- bis 2,0-fache des Rohrdurchmessers. Der Abstand der Rohre 22 der mittleren Rohrbündelkomponente 51 beträgt etwa das 1,1- bis 1,3-fache des Rohrdurchmessers. Der Abstand der Rohre 27 der äußeren Rohrbündelkomponente 50 beträgt etwa das 1,8- bis 2-fache des Rohrdurchmessers.

Oben wurde ein Rohrbündel aus Rohrbündelkomponenten beschrieben, wobei jede Rohrbündelkomponente eine versetzte Anordnung der Rohre bei rohrfreier Mitte und rohrfreiem Außenring hat (Mauerverbund). Eine weitere Möglichkeit zur Anordnung der Rohre relativ zueinander im Rahmen der Erfindung ist eine spezielle Variante der versetzten Anordnung, nämlich das Anordnen von - von der Längsachse aus gesehen - hintereinander positionierten Rohrreihen derart, dass die Rohre auf einer gekrümmten Bahn angeordnet sind. Diese Anordnung wird erreicht, wenn ein Mauerverbund mit Rohren aufgebaut wird, deren Mittelpunkte auf konzentrischen Kreisen um die Längsachse positioniert sind. In Figur 4 sind als gepunktete Linien solche gekrümmte Bahnen 28 für die innere und äußere Rohrbündelkomponente markiert.

Die erfindungsgemäße Rohrbündelkomponente weist in einer bevorzugten entsprechenden Ausführungsform zumindest eine Rohrbündelkomponente auf, in welcher Rohre mit ihren Mittelpunkten auf zumindest drei zur Längsachse konzentrischen Kreisen derart angeordnet sind, dass die Verbindungslinie der Mittelpunkte eines Rohres eines Kreises zu einem Rohr des Kreises mit dem nächstgrößeren Durchmesser bei Weiterführung zu einem benachbarten Rohr eines nächsten Kreises mit größerem Durchmesser eine gekrümmte Bahn 28 ergibt. Damit schafft die Erfindung die Möglichkeit, die Rohre auf einander benachbarten Kreisen besonders eng zu packen, denn der Abstand der Kreise, auf denen die Mittelpunkte der Rohre angeordnet sind, kann bei passend dimensioniertem Rohrabstand auch geringer gewählt werden als der Rohrradius. Derartige Rohranordnungen sind

in den Rohrbündeln verwirklicht, die in den Figuren 7 bis 12 dargestellt sind.

Im Rahmen der Erfindung können die Rohre in einer
5 Rohrbündelkomponente jedoch auch fluchtend zueinander
angeordnet sein. Ebenso liegt es im Rahmen der Erfindung,
fluchtende und versetzte Rohranordnungen miteinander zu
kombinieren. Eine derartige Kombination kann innerhalb
einer einzigen Rohrbündelkomponente vorliegen. Des Weiteren
10 können Rohrbündelkomponenten mit versetzter Rohranordnung
mit solchen mit fluchtender Rohranordnung in einem
Rohrbündel kombiniert sein. Dabei können sich die
Rohrabstände in jeder Rohrbündelkomponente voneinander
unterscheiden.

15 Beispiele für fluchtende und versetzte Rohranordnungen sind
in Figur 5 dargestellt. In Figur 5A ist auf der linken
Seite eine Anordnung von Rohren 20 gezeigt, in welcher die
Mittelpunkte benachbarter Rohre in einer Rohrreihe auf
einer Geraden liegen. Ebenso liegen die Mittelpunkte
20 benachbarter Rohre von unmittelbar aufeinander folgenden
Rohrreihen jeweils auf einer Geraden. Jedes Rohr ist somit
der Mittelpunkt eines Kreuzes mit orthogonalen Armen, auf
dessen Armen die benachbarten Rohre liegen.

25 Bei der in Figur 5A auf der rechten Seite dargestellten
versetzten Rohranordnung definieren zwei einander
benachbarte Rohre einer Rohrreihe einen Abstand, wobei in
der folgenden Rohrreihe die Rohre an der Stelle angeordnet
sind, welche einen halben Abstand entfernt von einem Rohr
30 der vorausgegangenen und nachfolgenden Rohrreihe in der
Reihe positioniert ist. Die Rohre sind also nach Art eines
Mauerverbundes auf Lücke angeordnet.

In Figur 6 ist eine offene perspektivische Darstellung einer Kammer eines Rohrbündelwärmeübertragers mit einem Rohrbündel dargestellt, welches drei Rohrbündelkomponenten 50, 51, 52 aufweist. Deren Rohre haben denselben Rohrdurchmesser, jedoch ist die Anzahl der Rohre pro Querschnittsfläche der inneren Rohrbündelkomponente 52 geringer.

10 Im Betrieb tritt das Mantelraumfluid durch den zentralen Kanal 21 ein und umströmt nacheinander die Rohre der inneren Rohrbündelkomponente 52, der mittleren Rohrbündelkomponente 51 und der äußeren Rohrbündelkomponente 50. Dann passiert das Mantelraumfluid im äußeren Kanal 23 das Umlenkblech 32 und umströmt auf seinem Weg zurück in den zentralen Kanal 21 die Rohre der genannten Rohrbündelkomponenten in umgekehrter Reihenfolge, bevor es aus dem inneren Kanal 21 austritt.

20 In Figur 7 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rohrbündels 2 im Querschnitt dargestellt. Es erstreckt sich entlang der Längsachse 33 und weist einen inneren Kanal 21 auf. Zwischen der äußersten Rohrreihe des Rohrbündels 2 und der Innenseite der Mantelfläche verläuft der äußere Kanal 23. Das Rohrbündel 2 umfasst zwei Rohrbündelkomponenten 50, 51. Diese sind konzentrisch zueinander um die Längsachse 33 positioniert.

Die Rohrbündelkomponenten 50, 51 haben jeweils eine kreisringförmige Querschnittsfläche. Senkrecht zu dieser Querschnittsfläche verlaufen Rohre 20.

Die Rohre 20 der inneren Rohrbündelkomponente 51 verlaufen in drei konzentrischen Rohrreihen zur Längsachse 33. Der Abstand der Rohre 20 der inneren Rohrbündelkomponente 51 beträgt etwa das 0,95- bis 1,05-fache des Rohrdurchmessers.

5

Im Anschluss an die dritte Rohrreihe der inneren Rohrbündelkomponente radial in Richtung nach außen gesehen befindet sich ein Bereich ohne Rohre. Dieser entspricht in seiner radialen Abmessung in etwa einer Rohrreihe. Ein
10 derartiger Freiraum kann bei modularem Aufbau des Rohrbündels aus miteinander lösbar verbindbaren Rohrbündelkomponenten etwa als Montagefläche genutzt werden, in welcher Befestigungsmittel wie zum Beispiel Flanschverbindungen angebracht werden können (in den
15 Figuren nicht dargestellt). Anschließend an den Freiraum ist die äußere Rohrbündelkomponente 50 angeordnet. In dieser sind die Rohre 20 deutlich dichter gepackt als in der inneren Rohrbündelkomponente 51. Der Abstand der Rohre 20 in der äußeren Rohrbündelkomponente 50 beträgt
20 etwa das 0,05- bis 0,1-fache des Rohrdurchmessers.

In Figur 8 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rohrbündels 2 im Querschnitt dargestellt, welches fünf radial sequentiell angeordnete
25 Rohrbündelkomponenten 50, 51, 52, 53, 54 mit jeweils kreisringförmiger Querschnittsfläche umfasst. Der Abstand der Rohrreihen voneinander ist in der äußeren, mittleren und inneren Rohrbündelkomponente 50, 52, 54 gleich. Allerdings ist die Anzahl der Rohre 20 pro Reihe in der
30 mittleren Rohrbündelkomponente 54 deutlich geringer als in der äußeren Rohrbündelkomponente 50.

In der in Figur 8 gezeigten Ausführungsform des Rohrbündels 2 wechseln sich berohrte und nicht berohrte Zonen radial von der Längsachse 33 aus gesehen ab. Dadurch werden zwischen der äußeren und der mittleren
5 Rohrbündelkomponente 50, 52 sowie zwischen der mittleren und der inneren Rohrbündelkomponente 52, 54 rohrfreie Zone geschaffen, welche ebenfalls als Rohrbündelkomponente 51, 53 bezeichnet werden können. Diese haben eine Rohrdichte von Null. Diese Zonen helfen bei einem modularen Aufbau und
10 Montage der Wärmetauscher sowie der besseren Wartung und einer spätere Ertüchtigung der Anlage.

In Figur 9 ist eine offene perspektivische Darstellung einer Kammer eines Rohrbündelwärmeübertragers mit Rohrböden
15 25, 26 für ein Rohrbündel 2 gemäß der in Figur 6 dargestellten Ausführungsform mit zwei Rohrbündelkomponenten 50, 51 dargestellt. Jedoch sind nicht in alle Öffnungen Rohre eingesetzt, vielmehr wird ein Bereich von Rohren freigehalten. Dieser Bereich stellt eine
20 Verbindungszone 4 dar, durch welche im Betrieb das Mantelraumfluid durch entsprechende Zu- und Abführstutzen (nicht dargestellt) in den inneren Kanal um die Längsachse 33 eingeleitet beziehungsweise aus diesem
abgezogen werden kann.

25
Im Betrieb tritt das Mantelraumfluid durch die Verbindungszone 4 in den zentralen Kanal 21 ein und umströmt nacheinander die Rohre der inneren Rohrbündelkomponente 51 und der äußeren
30 Rohrbündelkomponente 50. Dann passiert das Mantelraumfluid im äußeren Kanal 23 das Umlenkblech 32 und umströmt auf seinem Weg zurück in den zentralen Kanal 21 die Rohre der

genannten Rohrbündelkomponenten in umgekehrter Reihenfolge, bevor es aus dem inneren Kanal durch die Verbindungszone 4 wieder austritt.

5 In Figur 10 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rohrbündels 2 im Querschnitt dargestellt, welches vier Rohrbündelkomponenten 51, 52, 53, 54 mit jeweils ringförmiger Querschnittsfläche eines Dreiviertelkreises umfasst. Der zum Vollkreis ausgesparte
10 Bereich bildet die Verbindungszone 4, den inneren Kanal 21 und den äußeren Kanal 23 direkt miteinander verbindet. Der Abstand der Rohre 20 voneinander nimmt von innen nach außen von einer Rohrbündelkomponente zur nächstfolgenden ab. Die größte Rohrdichte hat die äußere Rohrbündelkomponente 51.

15 Die Rohrbündelkomponenten der oben beschriebenen Ausführungsformen erlauben in radialer Richtung in Bezug auf die Längsachse einen Aufbau des Rohrbündels nach dem Baukastenprinzip. Dies wird im Rahmen der Erfindung auch in
20 Richtung parallel der Längsachse ermöglicht, was gerade in Bezug auf Ausführungsformen mit Verbindungszone eine besonders einfache Konstruktion erlaubt. Zudem wird über die Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Rohrbündels mit mehreren Rohrbündelmodulen ein weiterer Freiheitsgrad im
25 Aufbau und der Berohrung des Rohrbündels geschaffen.

In Figur 11 ist ein Rohrbündel 2 im Mantelraum 3 einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers im Querschnitt dargestellt. Hinsichtlich
30 der radialen Unterteilung in Rohrbündelkomponenten entspricht dieses Rohrbündel dem in Figur 6 dargestellten Rohrbündel. Das Rohrbündel 2 ist aus vier

Rohrbündelmodulen 200 zusammengesetzt, welche sich parallel zur Längsachse 33 erstrecken. Die vier Rohrbündelmodule sind derart im Rohrboden montiert, dass sie sich zu einem in Umfangsrichtung geschlossenen Rohrbündel ergänzen. Im
5 gezeigten Beispiel hat jedes der vier Rohrbündelmodule einen im Wesentlichen viertelkreisringförmigen Querschnitt. Im Rahmen der Erfindung können auch Rohrbündelmodule mit Querschnittsflächen, welche jeweils in Umfangsrichtung in Bezug auf die Längsachse gesehen unterschiedliche Anteile
10 eines Vollkreisringes abdecken, miteinander zu einem Rohrbündel kombiniert werden.

Im Rahmen der Erfindung können beispielsweise auch drei Rohrbündelmodule 200 der in Figur 11 dargestellten
15 Ausführungsform zu einem Rohrbündel 2 verbunden werden, welches dann anstelle des vierten Rohrbündelmoduls eine Verbindungszone aufweist. Diese Bauform entspricht im Prinzip der in Figur 10 dargestellten Ausführungsform. Die Unterteilung in vier Rohrbündelmodule 200 beziehungsweise
20 die Ausführungsform mit einer Verbindungszone mit viertelkreisringförmigem Querschnitt ist beispielhaft zu verstehen; im Rahmen der Erfindung können größere und kleinere Unterteilungen der Vollkreisringquerschnittsfläche des Rohrbündels 2 gewählt werden und/oder auch mehrere
25 Verbindungszone im Rohrbündel angeordnet werden.

Des Weiteren ist es im Rahmen der Erfindung möglich, Einfluss auf die Strömung des Mantelraumfluids dadurch zu nehmen, dass das Rohrbündel 2 mit seiner Längsachse
30 versetzt zu der Längsachse des Mantelraums 3 angeordnet wird. Eine derartige exzentrische Anordnung des Rohrbündels 2 im Mantelraum ist in Figur 12 dargestellt.

Der Abstand des äußeren Randes 24 des Rohrbündels zur Innenseite der Mantelfläche 31 nimmt im Uhrzeigersinn gesehen bei der in Figur 12 dargestellten Ausführungsform von oben mittig aus betrachtet zunächst zu, bis er sein Maximum unten in der Mitte erreicht und entsprechend wieder abnimmt bis zum Minimum oben in der Mitte. Mit einer exzentrischen Anordnung des Rohrbündels zur Zentralachse 33 kann die Fluidverteilung optimiert werden, besonders, wenn Gas als Mantelraumfluid nicht durch den Zentralkanal, sondern direkt durch Mantel in das Rohrbündel strömt. Damit schafft die Erfindung die Möglichkeit, auch auf konstruktive Besonderheiten eingehen zu können.

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Beispiele beschränkt ist, sondern vielmehr in vielfältiger Weise variiert werden kann. Insbesondere können die Merkmale der einzelnen dargestellten Beispiele auch miteinander kombiniert oder gegeneinander ausgetauscht werden. Dies gilt insbesondere für die Rohrdichte, den Außendurchmesser der Rohre und den Abstand der Rohre voneinander in miteinander kombiniert dargestellten Rohrbündelkomponenten. Gerade hinsichtlich dieser Parameter besteht im Rahmen der Erfindung Freiheit in der Gestaltung eines aus mehreren Rohrbündelkomponenten aufgebauten Rohrbündels, so dass für jeden in der Praxis interessierenden Anwendungsfall die optimale Berohrung gewählt werden kann. Dies gilt sowohl für Ausführungsformen mit als auch ohne Verbindungszone.

Bezugszeichenliste

	1	Rohrbündelwärmeübertrager
5	11	Kammer, erste Kammer
	12	letzte Kammer
	13	Zuführung für Mantelraumfluid, Zuführungseinrichtung
	14	Abführung für Mantelraumfluid, Abführungseinrichtung
	2	Rohrbündel
10	20, 22, 27	Rohr
	21	innerer Kanal
	23	äußerer Kanal
	24	äußerer Rand des Rohrbündels
	200	Rohrbündelmodul
15	25	erster Rohrboden
	26	zweiter Rohrboden
	28	gekrümmte Bahn
	250	Zuführkammer
	260	Abführkammer
20	R	Rohrraummedium
	M	Mantelraummedium
	3	Mantelraum
	31	Mantelfläche
	32	Leitblech, Umlenksegment für das Mantelraumfluid
25	33	Längsachse
	4	Verbindungszone
	50 bis 54	Rohrbündelkomponente

Patentansprüche

1. Rohrbündelwärmeübertrager (1), in welchem in einem Mantelraum (3) ein Rohrbündel (2) aus mehreren
5 Rohren (20, 22, 27) mit zumindest einem Rohrboden (25; 26) angeordnet ist,
wobei der Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach außen von einer Mantelfläche (31) begrenzt wird und eine zentral im Mantelraum verlaufende
10 Längsachse (33) hat, um welche ein von Rohren freier innerer Kanal (21) ausgebildet ist, und
wobei innenseitig, der Mantelfläche (31) benachbart ein von Rohren freier äußerer Kanal (23) ausgebildet ist,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
das Rohrbündel (2) zwischen innerem Kanal (21) und äußerem Kanal (23) zumindest zwei Rohrbündelkomponenten (50, 51, 52, 53, 54) umfasst, welche sich in der Anzahl der Rohre pro Fläche
20 und/oder im Außendurchmesser der Rohre und/oder im Abstand der Rohre unterscheiden.
2. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
25 die zumindest zwei Rohrbündelkomponenten (50, 51, 52, 53, 54) senkrecht zur Längsachse (33) gesehen jeweils im Wesentlichen einen kreisringförmigen Querschnitt aufweisen.
- 30 3. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

das Rohrbündel (2) zwischen zwei und zehn Rohrbündelkomponenten (50, 51, 52, 53, 54) umfasst.

4. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der
5 vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
in zumindest einer Rohrbündelkomponente (50, 51,
52, 53, 54) die Rohre (20, 22, 27) mit ihren
Mittelpunkten auf zumindest drei zur Längsachse (33)
10 konzentrischen Kreisen derart angeordnet sind, dass
die Verbindungslinie der Mittelpunkte eines Rohres
eines Kreises zu einem Rohr des Kreises mit dem
nächstgrößeren Durchmesser bei Weiterführung zu einem
benachbarten Rohr des nächsten Kreises mit größerem
15 Durchmesser eine gekrümmte Bahn (28) ergibt.
5. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der
vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 zumindest zwei Rohrbündelkomponenten (50, 51, 52,
53, 54) lösbar miteinander verbunden sind.
6. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der
vorangegangenen Ansprüche,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
das Rohrbündel modulartig aus zumindest zwei
Rohrbündelkomponenten (50, 51, 52, 53, 54) aufgebaut
ist.
- 30 7. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der
vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest eine Rohrbündelkomponenten (50, 51, 52, 53, 54) aus zumindest zwei, vorzugsweise drei oder vier oder fünf, Rohrbündelmodulen (200) zusammengesetzt ist.

5

8. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

die Rohrbündelmodule (200) gleichartig sind oder dass zumindest ein Rohrbündelmodul ungleichartig zu dem zumindest einen anderen Rohrbündelmodul ausgebildet ist.

10

9. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

der Rohrbündelwärmeübertrager eine einzige Kammer (11) aufweist.

15

10. Rohrbündelwärmeübertrager nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

der Rohrbündelwärmeübertrager zwei oder mehr, vorzugsweise bis zu zwanzig, Kammern (11, 12) und zumindest ein einziges Rohrbündel (2) aufweist, wobei zwischen einander benachbarten Kammern ein Umlenksegment (32) für das Mantelraumfluid (M) angeordnet ist.

20

25

11. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

30

die Anordnung der Rohre (20) im Rohrbündel (2) einen Rohrspiegel definiert, welcher zumindest eine Verbindungszone (4) aufweist, durch welche im Betrieb des Rohrbündelwärmeübertragers (1) Fluid (M) in den Mantelraum (3) eintritt und/oder aus dem Mantelraum (3) austritt.

12. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Rohre (20) pro Querschnittsfläche senkrecht zur Längsachse (33) in der Verbindungszone (4) geringer ist als außerhalb der Verbindungszone oder dass die Verbindungszone frei von Rohren ist.

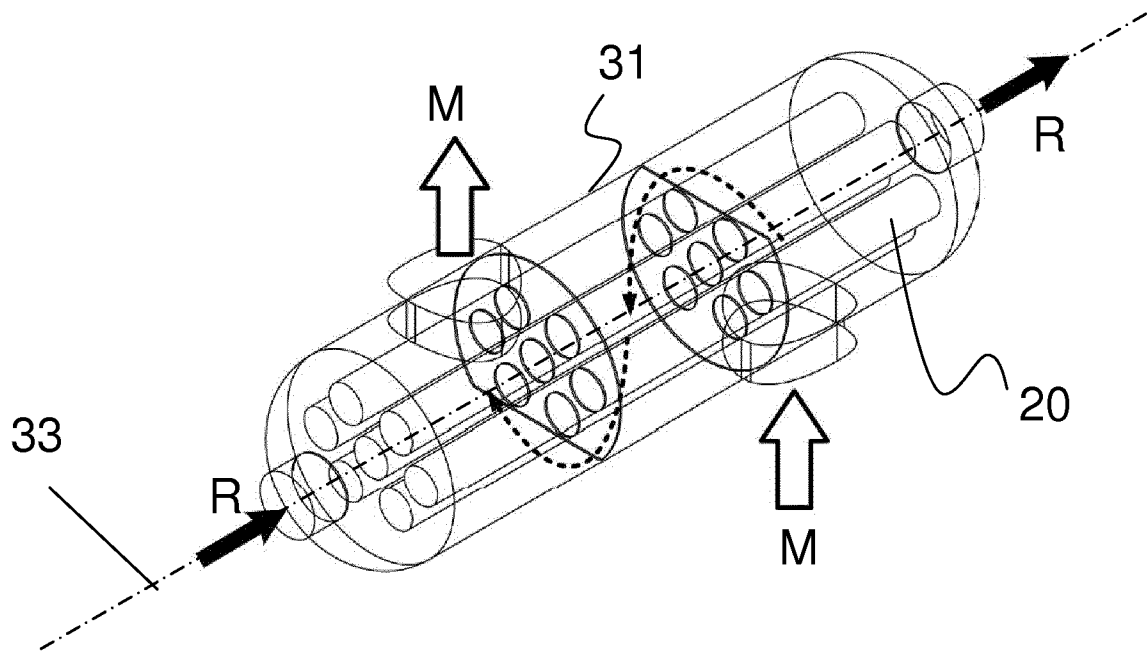
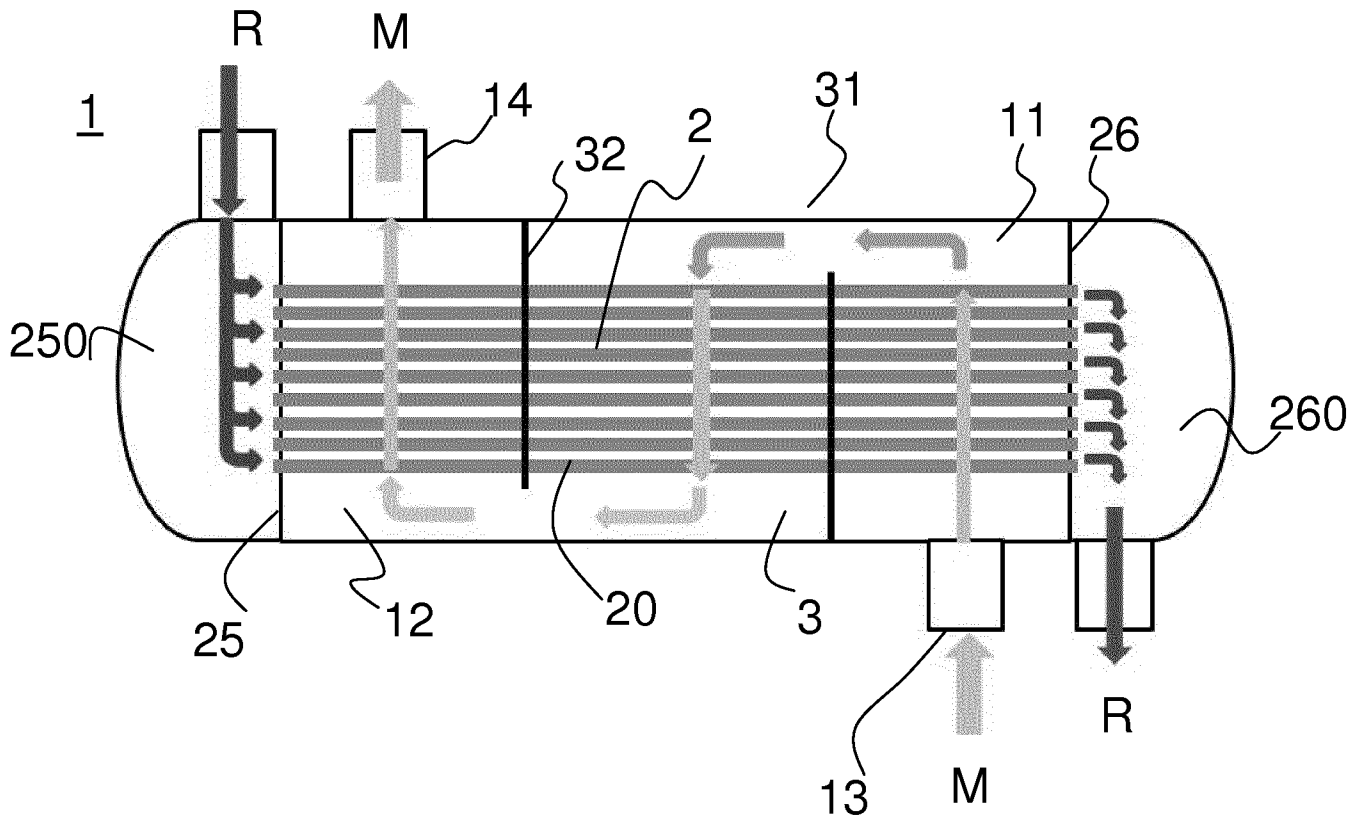
13. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung der Rohre (20) im Rohrbündel (2) einen Rohrspiegel definiert, in welchem die Rohre (20) zumindest bereichsweise fluchtend zueinander und/oder zumindest bereichsweise versetzt zueinander angeordnet sind.

14. Rohrbündelwärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohrbündel (2) exzentrisch zur Längsachse (33) im Mantelraum (3) angeordnet ist.

15. Rohrbündel (2) für einen Rohrbündelwärmeübertrager (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14.

16. Rohrbündelkomponente (50, 51, 52, 53, 54) für ein Rohrbündel (2) gemäß Anspruch 15.
- 5 17. Verwendung eines Rohrbündelwärmeübertragers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Gas-Gas-Wärmeübertrager, insbesondere zur Wärmerückgewinnung.
- 10 18. Verwendung eines Rohrbündelwärmeübertragers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Gas-Gas-Wärmeübertrager, insbesondere zur Wärmerückgewinnung, wobei der Gas-Gas-Wärmeübertrager in einem Verfahren zur Synthese von Schwefelsäure verwendet wird.

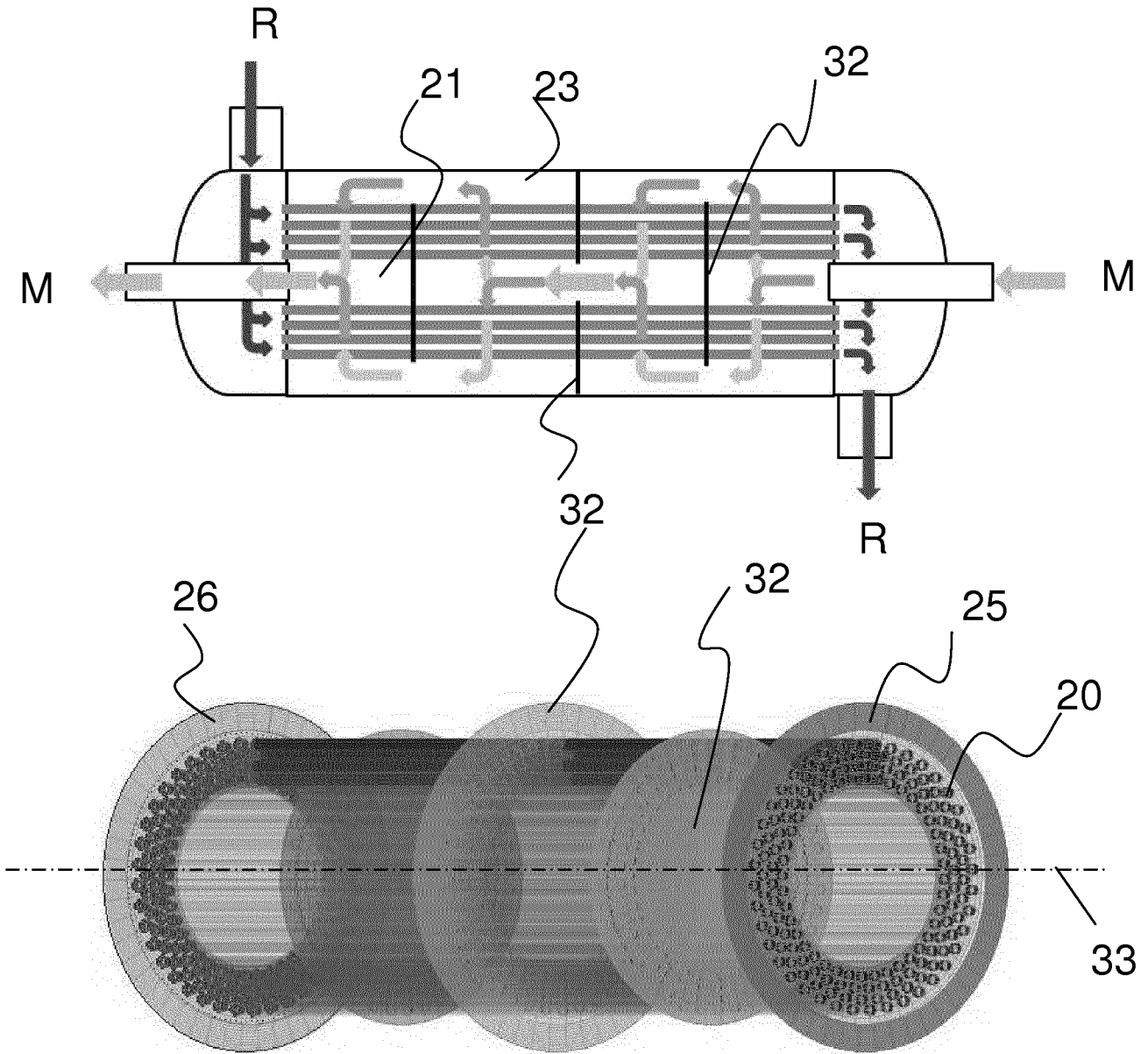
⊥



Stand der Technik

Fig. 1

∠



Stand der Technik

Fig. 2

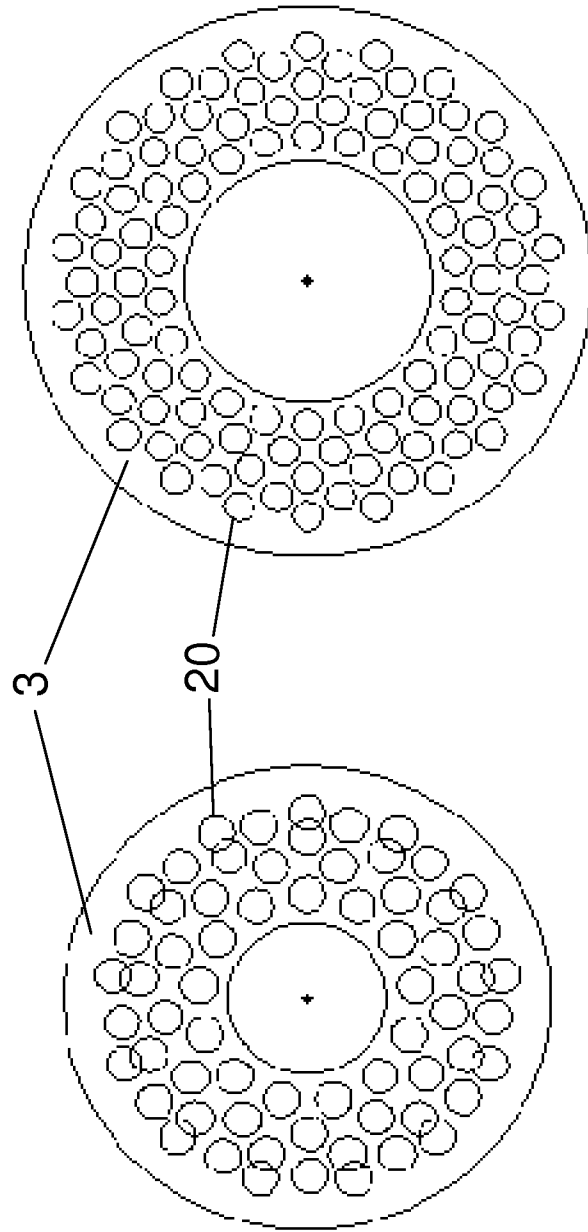


Fig. 3A

Fig. 3B

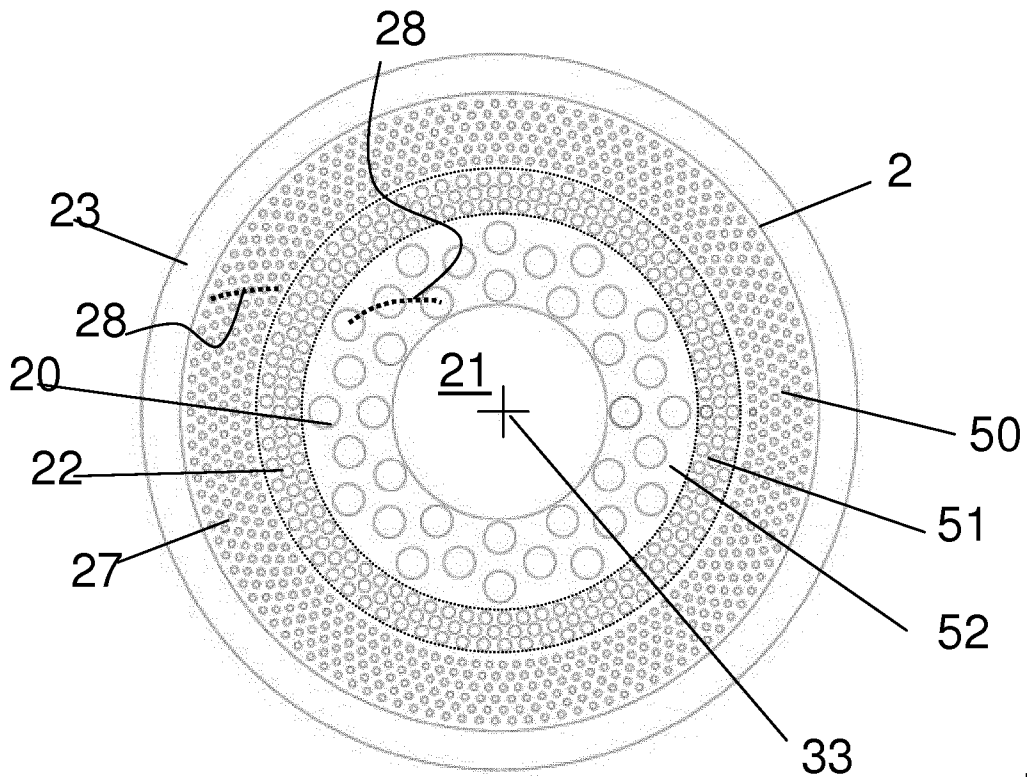


Fig. 4

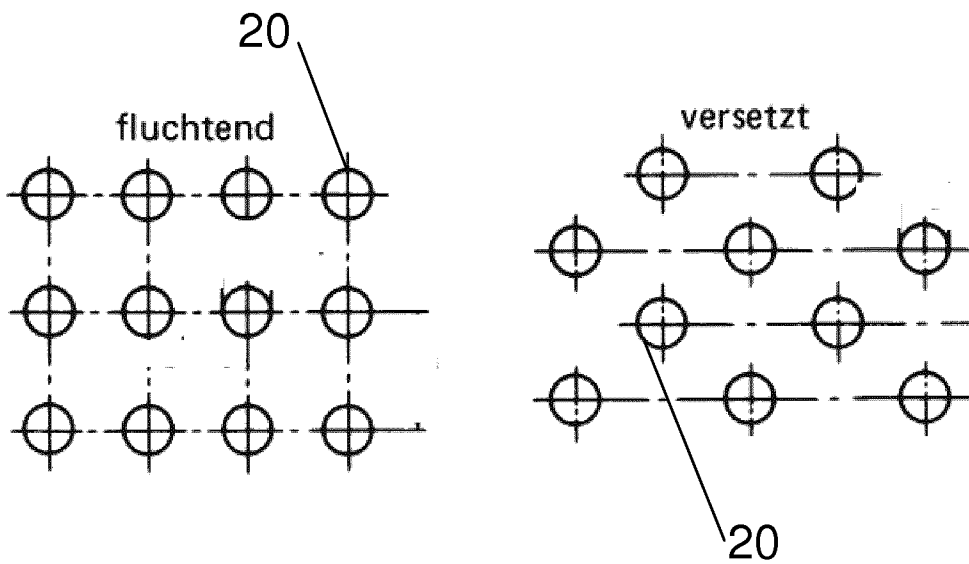


Fig. 5A

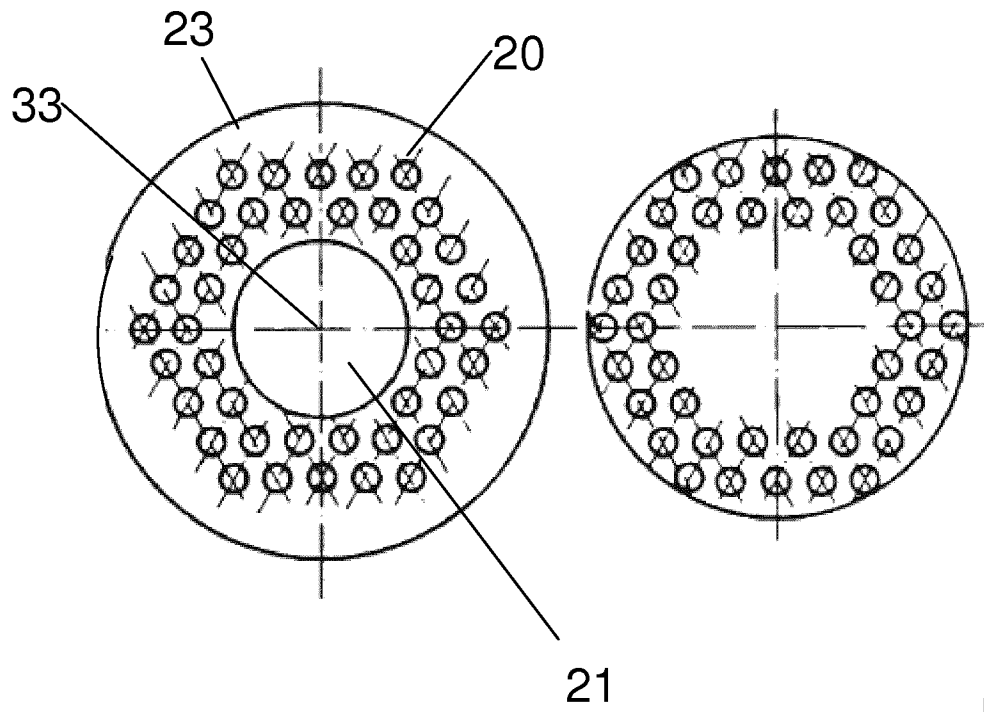


Fig. 5B

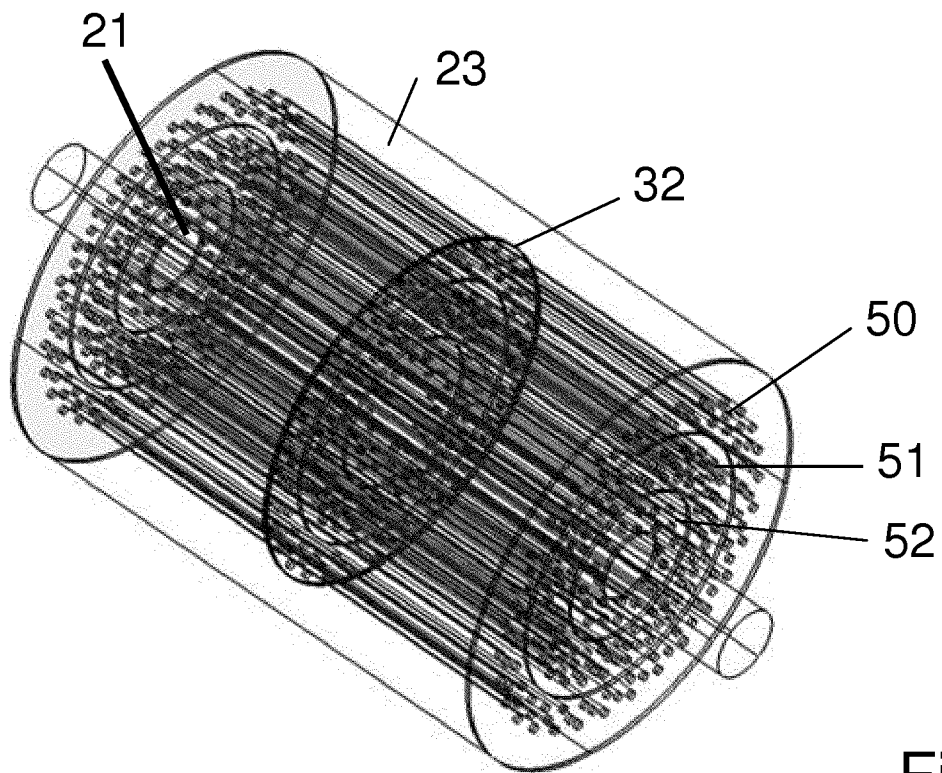


Fig. 6

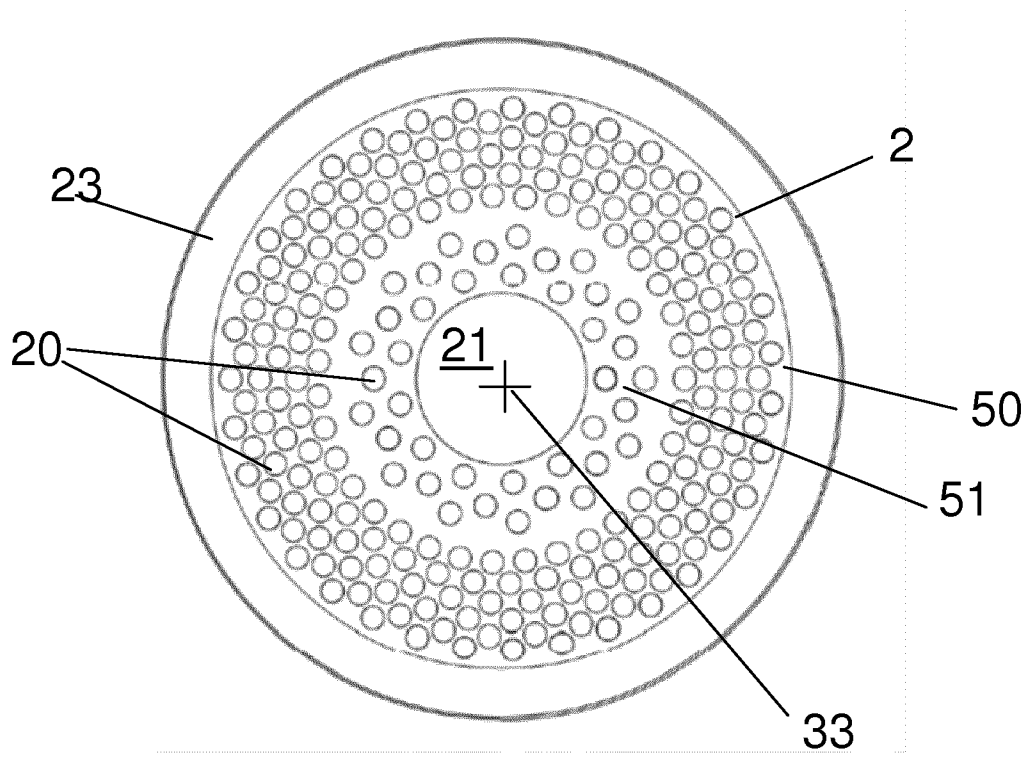


Fig. 7

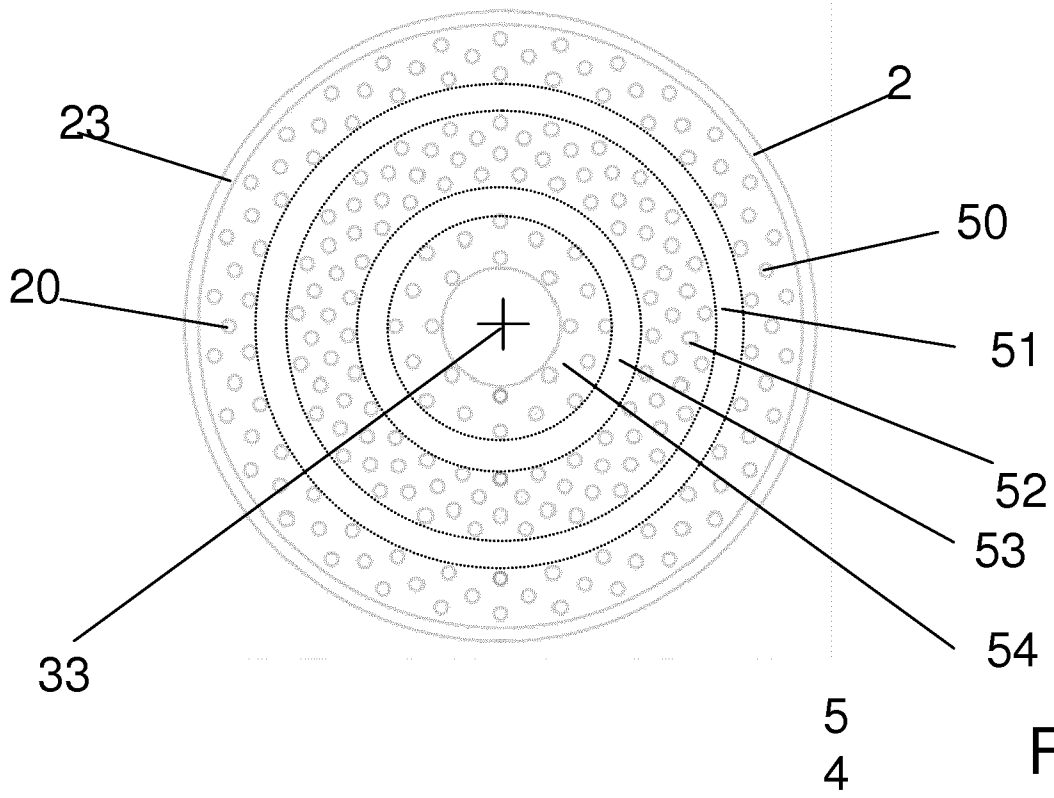


Fig. 8

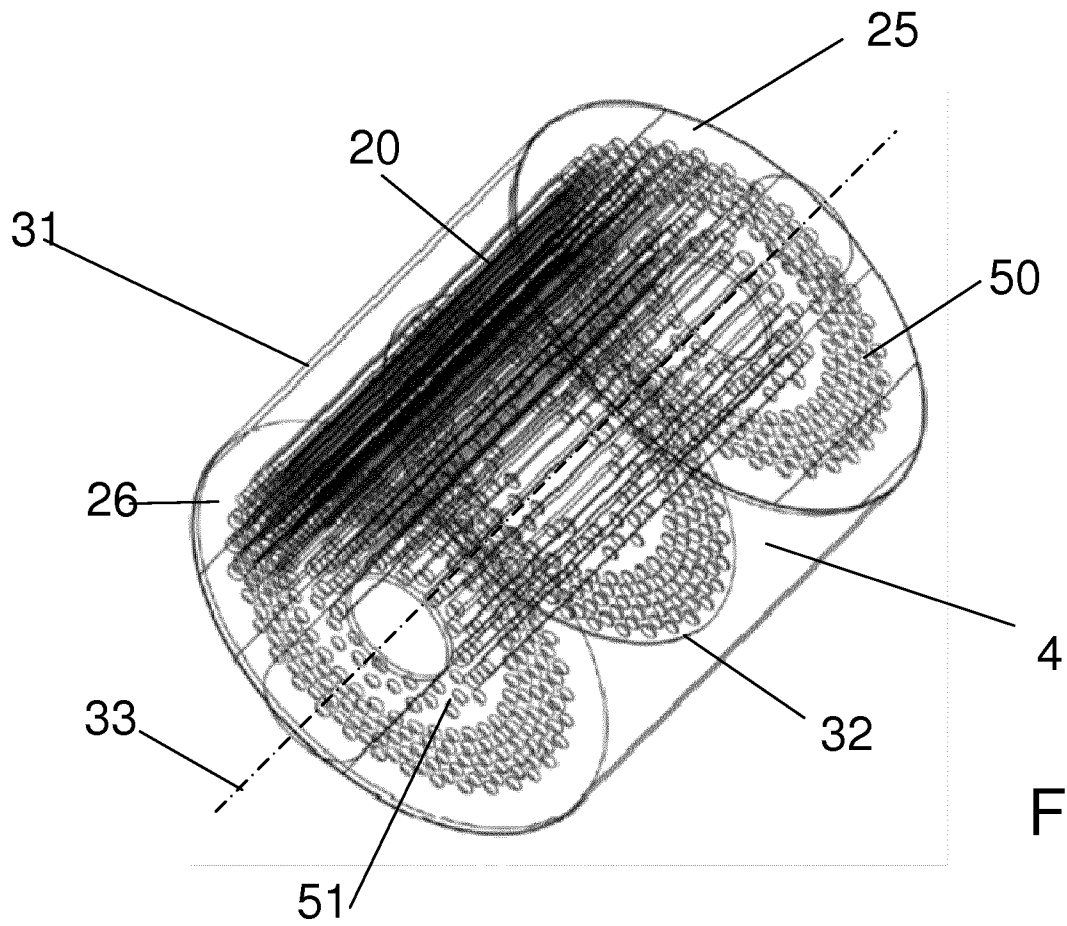


Fig. 9

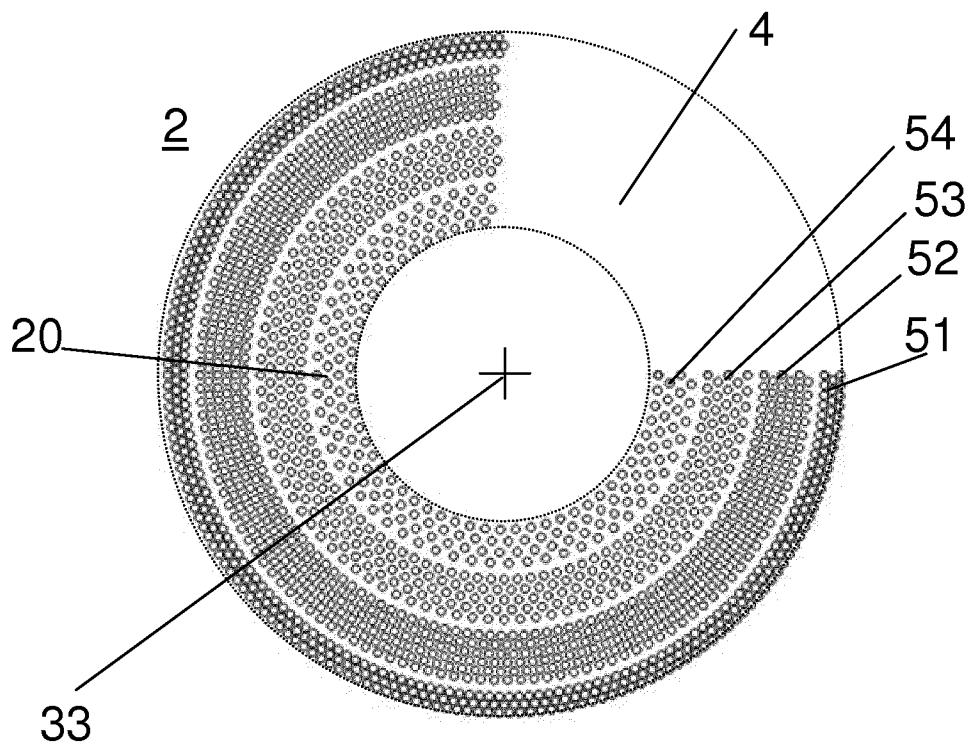


Fig. 10

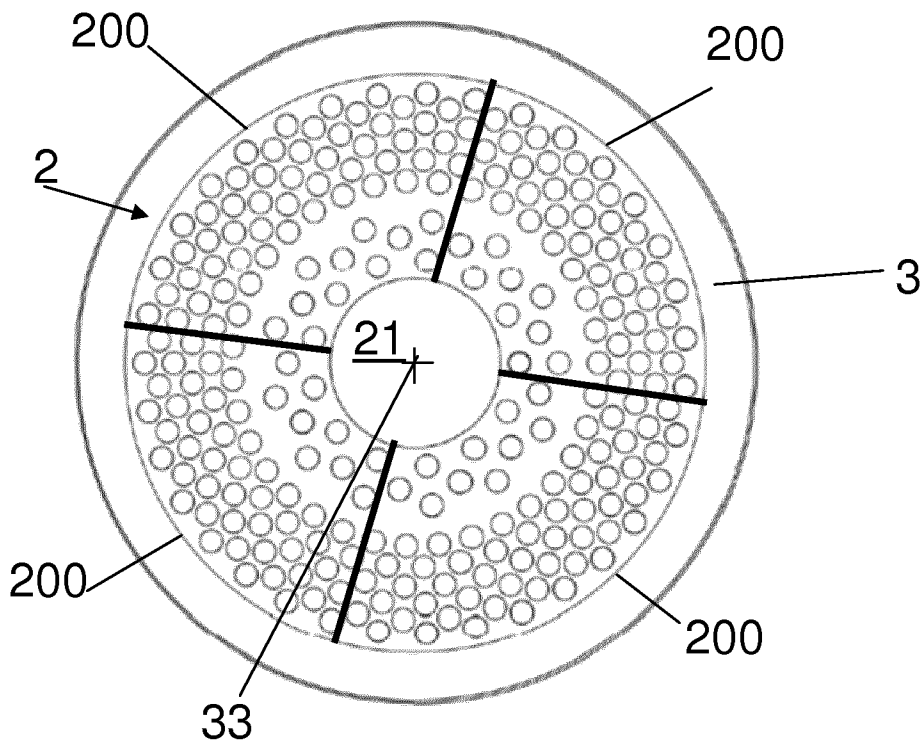


Fig. 11

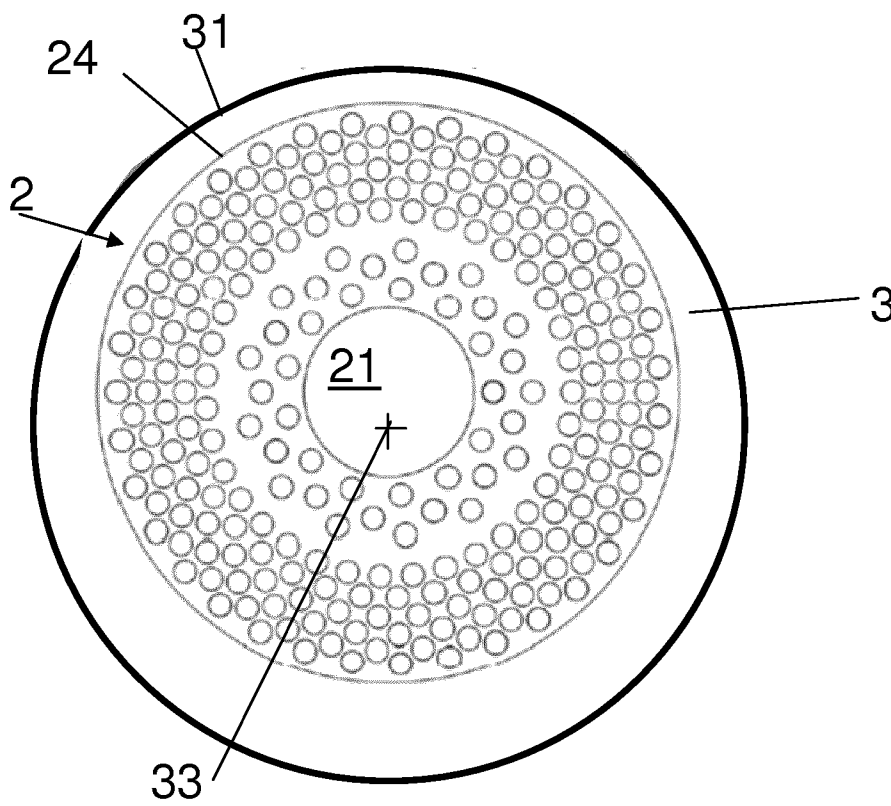


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/053200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F28D7/16
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CA 2 513 989 A1 (AKER KVAERNER CANADA INC [CA]) 6 June 2006 (2006-06-06) page 7, line 30 - page 9, line 18; figures 1-3	1-18
X	US 2004/194932 A1 (JENSEN JOSEPH MEAD [US] ET AL) 7 October 2004 (2004-10-07) paragraphs [0018] - [0035]; figures 1-3	1-18
X	DE 10 2010 012629 A1 (EMITEC EMISSIONSTECHNOLOGIE [DE]) 29 September 2011 (2011-09-29) paragraphs [0041] - [0044]; figures 1-3	1-18
X	DE 10 2012 220926 A1 (CHEMIEANLAGENBAU CHEMNITZ GMBH [DE]; MAN DIESEL & TURBO SE [DE]) 15 May 2014 (2014-05-15) paragraphs [0096] - [0103]; figures 1, 2	1-18
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 13 May 2016	Date of mailing of the international search report 25/05/2016
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Axters, Michael
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/053200

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 291 944 A (SANZ DELIO [CA] ET AL) 8 March 1994 (1994-03-08) the whole document -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/053200

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CA 2513989	A1	06-06-2006	AU 2005256114 A1 15-02-2007
			BR PI0506668 A 12-06-2007
			CA 2513989 A1 06-06-2006
			US 2007023173 A1 01-02-2007
			WO 2007012171 A1 01-02-2007

US 2004194932	A1	07-10-2004	US 2004194932 A1 07-10-2004
			WO 2005033605 A2 14-04-2005

DE 102010012629	A1	29-09-2011	DE 102010012629 A1 29-09-2011
			WO 2011117222 A1 29-09-2011

DE 102012220926	A1	15-05-2014	AU 2013257470 A1 29-05-2014
			CA 2833055 A1 15-05-2014
			CN 103816840 A 28-05-2014
			DE 102012220926 A1 15-05-2014
			EA 201301166 A1 30-05-2014

US 5291944	A	08-03-1994	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F28D7/16 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F28D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CA 2 513 989 A1 (AKER KVAERNER CANADA INC [CA]) 6. Juni 2006 (2006-06-06) Seite 7, Zeile 30 - Seite 9, Zeile 18; Abbildungen 1-3 -----	1-18
X	US 2004/194932 A1 (JENSEN JOSEPH MEAD [US] ET AL) 7. Oktober 2004 (2004-10-07) Absätze [0018] - [0035]; Abbildungen 1-3 -----	1-18
X	DE 10 2010 012629 A1 (EMITEC EMISSIONSTECHNOLOGIE [DE]) 29. September 2011 (2011-09-29) Absätze [0041] - [0044]; Abbildungen 1-3 -----	1-18
X	DE 10 2012 220926 A1 (CHEMIEANLAGENBAU CHEMNITZ GMBH [DE]; MAN DIESEL & TURBO SE [DE]) 15. Mai 2014 (2014-05-15) Absätze [0096] - [0103]; Abbildungen 1, 2 ----- -/--	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
13. Mai 2016		25/05/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Axters, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 291 944 A (SANZ DELIO [CA] ET AL) 8. März 1994 (1994-03-08) das ganze Dokument -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/053200

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CA 2513989	A1	06-06-2006	AU 2005256114 A1 15-02-2007 BR PI0506668 A 12-06-2007 CA 2513989 A1 06-06-2006 US 2007023173 A1 01-02-2007 WO 2007012171 A1 01-02-2007
US 2004194932	A1	07-10-2004	US 2004194932 A1 07-10-2004 WO 2005033605 A2 14-04-2005
DE 102010012629	A1	29-09-2011	DE 102010012629 A1 29-09-2011 WO 2011117222 A1 29-09-2011
DE 102012220926	A1	15-05-2014	AU 2013257470 A1 29-05-2014 CA 2833055 A1 15-05-2014 CN 103816840 A 28-05-2014 DE 102012220926 A1 15-05-2014 EA 201301166 A1 30-05-2014
US 5291944	A	08-03-1994	KEINE