

(19)



(11)

**EP 3 039 372 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**01.05.2019 Patentblatt 2019/18**

(51) Int Cl.:

**F28F 1/42** (2006.01)

**F02M 26/00** (2016.01)

**F28F 3/02** (2006.01)

**F28F 3/04** (2006.01)

**F28F 9/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14749833.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2014/067103**

(22) Anmeldetag: **08.08.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2015/024802 (26.02.2015 Gazette 2015/08)**

(54) **WÄRMEÜBERTRAGER**

HEAT EXCHANGER

ÉCHANGEUR DE CHALEUR

(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**

(72) Erfinder: **GESKES, Peter**

**73760 Ostfildern (DE)**

(30) Priorität: **19.08.2013 DE 102013216408**

(74) Vertreter: **BRP Renaud & Partner mbB**

**Rechtsanwälte Patentanwälte**

**Steuerberater**

**Königstraße 28**

**70173 Stuttgart (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**06.07.2016 Patentblatt 2016/27**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 1 985 953**

**WO-A1-2006/100072**

(73) Patentinhaber: **MAHLE Behr GmbH & Co. KG**  
**70469 Stuttgart (DE)**

**WO-A1-2008/091918**

**EP 3 039 372 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft ferner einen Abgaskühler mit einem solchen Wärmetauscher.

**[0002]** In modernen Verbrennungskraftmaschinen wird zunehmend ein Teil des Verbrennungsabgases im Abgaskrümmen abgezweigt, als Ballastgas mit angesaugter Frischluft vermischt und in den Brennraum zurückgeführt, um die Wärmekapazität des Brenngemisches zu erhöhen und somit die Verbrennungstemperatur abzusenken. Zur Verringerung von Stickoxid- und Partikelemissionen werden in diesem Zusammenhang sogenannte Abgaskühler eingesetzt, die thermisch in hohem Maße durch die eingeleiteten Verbrennungsabgase belastet werden. Letztere können im Betrieb der Verbrennungskraftmaschine Temperaturen von bis zu 700°C aufweisen.

**[0003]** Herkömmliche Abgaskühler genügen meist dem Wirkprinzip eines Wärmeübertragers, der die vom Verbrennungsabgas aus dem Brennraum abgeführte Wärme auf ein Kühlmittel überträgt. Da die Stoffströme als solche im Abgaskühler durch eine wärmedurchlässige Wand getrennt bleiben, werden entsprechende Vorrichtungen in Fachkreisen als indirekte Wärmeübertrager, Rekuperatoren oder Wärmetauscher klassifiziert. Das Ausmaß der Wärmeübertragung, in der Automobilindustrie häufig durch den Kennwert Q100 charakterisiert, ist in diesem Fall stark von der relativen geometrischen Führung von Abgas- und Kühlmittelstrom abhängig.

**[0004]** DE 10 2008 045 845 A1 etwa geht aus von einem Strömungsleitelement zur Anordnung in einem Wärmetauscher zu einer den Wärmetausch beeinflussenden Strömungsführung eines Fluids entlang einer Hauptströmungslängsrichtung von einem Fluideintritt zu einem Fluidaustritt. Gemäß diesem Konzept weist das Strömungsleitelement eine sich in Hauptströmungslängsrichtung erstreckende flächige Grundebene auf, wobei sich über die Grundebene hinaus wenigstens teilweise seitliche Begrenzungsstrukturen zur Bildung wenigstens eines Strömungspfades erheben. Zur Beeinflussung der Strömungsführung in Hauptströmungslängsrichtung weist der wenigstens eine Strömungspfad einen strömungsaufwärtigen ersten Abstand der seitlichen Begrenzungsstrukturen und einen strömungsabwärtigen zweiten Abstand der seitlichen Begrenzungsstrukturen auf, wobei die Abstände derart unterschiedlich sind, dass ein dem Strömungspfad zugeordneter Druckverlust des Fluids von einer dem strömungsaufwärtigen ersten Abstand zugeordneten Stelle zu einer dem strömungsabwärtigen zweiten Abstand zugeordneten Stelle anders als ein Druckverlust eines gedachten Strömungspfades mit im Wesentlichen gleich beabstandeten Begrenzungsstrukturen ist.

**[0005]** Aus der EP 1 985 953 A1 ist ein Wärmeübertrager mit einem im Wesentlichen fluiddichten Gehäuse zum Leiten eines ersten Stoffstroms, insbesondere eines

Kühlmittels, und zumindest einem in dem Gehäuse verlaufenden wärmedurchlässigen Rohr zum Leiten eines zweiten Stoffstroms, beispielsweise eines Verbrennungsabgases bekannt. Das Gehäuse und die Außenoberflächen des zumindest einen Rohres bilden dabei parallele Strömungspfade für den ersten Stoffstrom, die stirnseitig durch einen Boden, in welchen das wenigstens eine Rohr gefasst ist, begrenzt sind.

**[0006]** Aus der WO 2006/100072 A1 sowie aus der WO 2008/091918 A1 sind weitere gattungsgemäße Wärmeübertrager bekannt.

**[0007]** Bei einem Einsatz von Wärmeübertragern im Rahmen der Abgaskühlung bei einem Kraftfahrzeug, kann der von einer Kühlwasserpumpe geförderte Kühlmittelmassenstrom oftmals nicht ausreichen oder die Geometrie des Wärmeübertragers nicht optimal sein, so dass es aufgrund von nicht ausreichend durchströmten Gebieten zur lokalen Überhitzung (hotspot) des Wärmeübertragers kommen kann.

**[0008]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Wärmeübertrager bereit zu stellen, welcher - insbesondere im Rahmen der Abgaskühlung - ein Auftreten von sogenannten hotspots zuverlässig vermeidet. Eine weitere Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung eines entsprechenden Abgaskühlers.

**[0009]** Diese Aufgaben werden durch einen Wärmeübertrager mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch einen Abgaskühler mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Die Erfindung fußt demnach auf dem Grundprinzip eines Rohrwärmeübertragers (RWÜ), durch dessen sogenannten Rohrraum ein zweiter Stoffstrom, beispielsweise Abgas einer Brennkraftmaschine, gepumpt oder anderweitig gefördert wird. Das zumindest eine den Rohrraum bildende Rohr verläuft dabei in einem durch ein fluiddichtes Gehäuse begrenzten sogenannten Mantelraum, der von einem ersten Stoffstrom, beispielsweise Kühlmittel, durchströmt wird, und ist erfindungsgemäß mit Erhebungen an seiner Außenoberfläche versehen, welche den das/die Rohr(e) umströmenden ersten Stoffstrom, also beispielsweise das Kühlmittel, in geringem Maße aufstauen und dadurch lenken. Selbstverständlich kann dabei rein theoretisch auch nur ein einziges Rohr vorhanden sein, wobei im Folgenden stets von Rohren gesprochen wird, dies aber in analoger Weise auch für eine Ausführungsform mit nur einem Rohr gilt. Das Gehäuse und die Außenoberflächen des zumindest einen Rohrs bilden parallele Strömungspfade für den ersten Stoffstrom, die stirnseitig durch einen Boden, in welchem das zumindest eine Rohr gefasst ist, begrenzt sind. Über einen Anschluss wird der erste Stoffstrom im Bereich des Bodens, vorzugsweise orthogonal zum zweiten Stoffstrom, in das Gehäuse eingeleitet. Die Erhebungen an den Außenoberflächen der Rohre sind dabei derart ausgebildet, dass der erste Stoffstrom nach Eintritt in das Gehäuse im Wesentlichen gleichmäßig im Bereich des Bodens verteilt und im Wesentlichen gleichmäßig auf die Strömungspfade aufgeteilt wird.

**[0010]** Die Erhebungen an den Außenoberflächen der

Rohre stauen den ersten Stoffstrom in manchen Bereichen zumindest leicht auf und lenken ihn dadurch in andere, schlechter durchströmte und siedegefährdete Bereiche um, bzw. erhöhen dort den Volumenstrom. Insbesondere bei der Verwendung des Wärmeübertragers in einem Abgaskühler, bei welcher der erste Stoffstrom seitlich in das Gehäuse ein- und durch dessen Formgebung in erheblichem Maße, beispielsweise rechtwinklig, umgeleitet wird, erweist sich diese Modifikation des Wärmeübertragers als vorteilhaft. Insofern reduzieren die beschriebenen Erhebungen der Rohroberflächen nämlich die Gefahr der Bildung sogenannter Toträume oder Hotspots innerhalb des Abgaskühlers, welche nur unzureichend von Kühlmittel durchströmt und somit einer besonders intensiven thermischen Belastung ausgesetzt sind. Vor allem in modernen Kraftfahrzeugen, deren Kühlmittelkreislauf zum Zwecke der Energieeinsparung oftmals mit einer nur geringen Förderleistung betrieben wird, trägt die erfindungsgemäße Konfiguration des Wärmeübertragers somit dazu bei, das Risiko von Überhitzungserscheinungen wie lokalen Siedevorgängen des Kühlmittels mit der Folge nachteiliger chemischer Reaktionen beträchtlich zu verringern und auf diesem Wege die Gesamtlebensdauer des Abgaskühlers maßgeblich zu erhöhen.

**[0011]** Um eine möglichst gleichmäßige Durchströmung und damit auch homogene Temperierung im Bereich der siedegefährdeten Stellen erreichen zu können, wird erfindungsgemäß durch die Erhebungen/Sicken ein Porositätsfaktor F, das heißt ein Durchgangsfaktor von 60% und 90% (idealer Druckabfall) eingestellt, der wie folgt definiert ist:

$$F = (A_{KM1} - A_{KM2}) / A_{KM2}$$

mit:

A<sub>KM1</sub>: kühlmittelseitige Fläche, die einem der Rohre zuzurechnen ist mit Erhebungen/Sicken (als Teilfläche der gesamten Querschnittsfläche)

A<sub>KM2</sub>: kühlmittelseitige Fläche, die einem der Rohre zuzurechnen, jedoch mit Erhebungen/Sicken verblockt ist,

(A<sub>KM1</sub>-A<sub>KM2</sub>) verbleibende offene Fläche, durch die weiterhin Kühlmittel (KM) strömen kann.

**[0012]** Der Porositätsfaktor F liegt im Bereich 20%, bei den von den hotspots entfernten Rohren, über F ca. 80%, bei den näher zu den hotspots gelegenen Rohren, bis hin zu F = 100 %, bei den direkt benachbart zu den hotspots gelegenen Rohren liegen, wobei 100% eine vollständige Durchgängigkeit ohne Erhebungen Sicken bedeutet.

**[0013]** Der Porositätsfaktor F nimmt somit bei dem

Wärmeübertrager bei den Rohren ausgehend vom Anschluss von oben nach unten zu.

**[0014]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind die genannten Erhebungen dabei mittels einer geeigneten Umformtechnik in einem die Außenoberfläche umfassenden Blech, beispielsweise einem Feinblech, ausgebildet. Dieser Ansatz erlaubt im Wege eines wirtschaftlichen Verfahrens die gezielte plastische Formgebung eines erfindungsgemäßen Rohres auf der Grundlage eines handelsüblichen Halbzeugs oder Walzwerkfertigungsprodukts, ohne dessen Masse und Zusammenhalt substantiell zu beeinträchtigen. Zugleich können die eingesetzten Rohre je nach verwendeter Stahlsorte und angestrebtem Betriebspunkt etwa verzinkt, verzinkt, verkupfert, vernickelt, lackiert, emailliert oder kunststoffbeschichtet sowie mittels bekannter Fügeverfahren wie Schweißen, Löten, Nieten, Falzen, Schrauben, Kleben oder Durchsetzfugen verbunden werden.

**[0015]** Verfahrenstechnisch empfiehlt sich hierzu insbesondere ein etabliertes Druckumformverfahren, insbesondere das Einprägen der Erhebung in einen ebenen Bereich der Außenoberfläche. Geeignetes Umformwerkzeug wie Prägemaschinen oder Pressen ist dem Fachmann vertraut und unter fertigungspraktischen Aspekten bewährt.

**[0016]** Hinsichtlich der Gestalt der Erhebungen bietet sich dabei eine Vielfalt möglicher Varianten, die von einer einfachen Noppe auf der Außenoberfläche bis zur Prägung der Erhebung durch eine Sicke der gegenüber liegenden Innenoberfläche des Blechs reichen. Die letztere Option eröffnet dem Fachmann angesichts der Verfügbarkeit verschiedenster Sickenrollen eine breite Auswahl unterschiedlicher Formgebungsalternativen und Anstellwinkel. Bei fachgerechter Auslegung trägt die Ausführung der Erhebungen als Sicken zusätzlich nicht nur zum Abbau etwaiger durch den Prägeprozess bedingter Spannungsspitzen im Blech der Rohre, sondern in vorteilhafter Weise auch zur Versteifung des gesamten Wärmeübertragers bei.

**[0017]** Um die Außenoberfläche zusätzlich zu vergrößern und den Wärmeaustausch dadurch weiter zu begünstigen, sind die Rohre vorzugsweise mit Winglets versehen, welche die Turbulenz des ersten und/oder zweiten Stoffstroms maßgeblich erhöhen können. Eine vergleichbare Maximierung der Kontaktfläche lässt sich mittels analog im Blech ausgeformter Rippen, beispielsweise Kühlrippen, erzielen, welche um den Preis einer geringfügigen Gewichtserhöhung zugleich die mechanische Festigkeit des Wärmeübertragers erhöhen und durch die Unterdrückung von Oberflächenschwingungen die Schallabstrahlung eines entsprechenden Abgaskühlers mindern.

**[0018]** In einer vorteilhaften Ausführungsform können die Rohre stoffschlüssig mit dem Boden des Gehäuses verbunden sein, sodass die resultierenden atomaren oder molekularen Kräfte den strukturellen Zusammenhalt des Wärmeübertragers unterstützen. Neben der Anwendung einer der zahlreichen bekannten Schweißtech-

niken ist ein solcher Stoffschluss auch im Wege des Lötens zu erreichen, ohne die Liquidustemperatur von Rohr oder Boden - unter Inkaufnahme der bekannten nachteiligen Folgen für die jeweiligen Grundwerkstoffe - überschreiten zu müssen.

**[0019]** Schließlich kann es sich im Rahmen der Abgaskühlung als pragmatisch erweisen, den erfindungsgemäßen Rohrwärmeübertrager mit einem rechtwinklig zum Anschluss orientierten Diffusor zum Einleiten der zu kühlenden Verbrennungsabgase auszustatten. Auf diese Weise wird nicht nur der Gasdruck in der Abgasleitung auf ein gewünschtes Druckniveau eingestellt, sondern ferner - in Umkehr des Arbeitsprinzips einer Düse - der durch die Leitung zugeführte Stoffstrom beim Eintreten in den Wärmeübertrager verlangsamt und dessen Durchflussquerschnitt für das Abgas insgesamt erhöht, was sich positiv auf die Übertragungsleistung auswirkt.

**[0020]** Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

**[0021]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0022]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

**[0023]** Es zeigen, jeweils schematisch

Fig. 1 eine bereichsweise perspektivische Ansicht des Rohres eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers gemäß einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 eine bereichsweise perspektivische Ansicht des Rohres eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers gemäß einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 3 einen Querschnitt des entsprechenden Rohres einer dritten Ausführungsform,

Fig. 4 einen Querschnitt des entsprechenden Rohres einer vierten Ausführungsform,

Fig. 5 den Querschnitt eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers gemäß einer fünften Ausführungsform und

Fig. 6 den bereichsweisen Längsschnitt eines erfindungsgemäßen Abgaskühlers.

**[0024]** Figur 1 illustriert die spezifische Beschaffenheit

eines Rohres 5 eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 (vgl. Fig. 6). Als Rohr 5 - 10 ist im vorliegenden Zusammenhang dabei jedweder im Wesentlichen fluid-dichte Hohlkörper zu verstehen, dessen Länge wesentlich größer als sein Durchmesser und der - beispielsweise im Gegensatz zu einem Schlauch - aus einem vergleichsweise unflexiblen Werkstoff gefertigt ist.

**[0025]** Das Rohr 5 der Figur 1 weist konkret einen rechteckigen Querschnitt und somit insgesamt eine annähernd quaderförmige Gestalt auf. Eine derartige Bauform wird mitunter als Rechkant bezeichnet und vorliegend durch zwei schmale Außenoberflächen 12, 13 sowie zwei breite Außenoberflächen 14, 15 aus Blech gebildet, welche die seitlichen Wände des Rohres 5 konstituieren. Die schmalen Außenoberflächen 12, 13 sind dabei jeweils mit einer orthogonal zu ihrer Längsachse verlaufenden konvexen Erhebung 16 in Gestalt einer kurzen Quersicke 17 der entsprechenden Gegenoberfläche versehen, während die breiten Außenoberflächen 14, 15 Erhebungen 16 aufweisen, die in analoger Weise durch lange Quersicken 18 geprägt sind. Technische Beschränkungen des im Rahmen der Fertigung angewandten Umformverfahrens bedingen es dabei, dass zumindest die aus der Perspektive der Figur 1 erkennbaren Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 sich nicht über die vollständige Breite der jeweiligen Außenoberflächen 13, 15 erstrecken, sondern kurz vor den beidseitigen Kanten enden. Die beschriebenen Sicken 17, 18 sind an der Außenoberfläche 12, 13, 14, 15 als negative Sicke 17, 18, also als Wulst wahrnehmbar. Zwischen den Rohren 5 - 10 bzw. zwischen einem Rohr 5 - 10 und dem Gehäuse 3 sind dabei Strömungspfade 24 angeordnet, die zumindest teilweise miteinander zusammenhängen und/oder kommunizierend miteinander verbunden sind, im Wesentlichen aber parallel verlaufen.

**[0026]** Die alternative Ausführungsform der Figur 2 indes ist durch eine Erhebung 16, 19 gekennzeichnet, die nicht wie die Sicken 17, 18 rinnenförmig, sondern höckerartig in Form einer nahezu kreisrunden Noppe 16 ausgebildet ist. Zusätzlich besitzt das entsprechende Rohr 6 der Figur 2 sternförmig von der Noppe 16 fortweisende sogenannte Winglets 19, welche die breiten Außenoberflächen 14, 15 des Rohres 6 vergrößern und Verwirbelungen des darin oder darum geführten Stoffstroms 11, 4 tendenziell begünstigen.

**[0027]** Auch das im Querschnitt dargestellte Rohr 8 gemäß Figur 4 ist zusätzlich zu den Sicken 17, 18 mit weiteren geometrischen Optimierungen in Form von Rippen 20 versehen.

**[0028]** Der umfassendere Querschnitt eines im Rahmen eines Abgaskühlers 2 eingesetzten Wärmeübertragers 1 gemäß Figur 5 lässt nunmehr eine Vielzahl in zwei Schichten im Wesentlichen achsenparallel verlaufender Rohre 7, 9, 10 einer Höhe von 4 bis 5 mm erkennen, die durch ihre relative Anordnung paarweise einen Zwischenraum von 2 mm für einen ersten Stoffstrom 4 entlang ihrer Außenoberflächen bieten. Charakteristisch für diese exemplarische Ausführungsform ist die spezifische

Abfolge der unterschiedlich konfigurierten Rohre 7, 9, 10 in Richtung des ersten Stoffstroms 4, welche sich durch eine abnehmende Anzahl von Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 der aufeinander folgenden Rohre 7, 9, 10 auszeichnen. So verfügen die - der Ausführungsform gemäß Figur 3 entsprechenden - Rohre 7 neben herkömmlichen Winglets 19 über erfindungsgemäß eingeprägte kurze Erhebungen 16 / (Quer-)sicken 17 an ihren schmalen Außenoberflächen 12, 13 sowie lange Erhebungen 16 / (Quer-)sicken 18 an ihren breiten Außenoberflächen 14, 15 die jeweils eine Höhe von etwa 1 mm aufweisen. Die stromabwärts folgenden Rohre 9 indes verzichten auf die seitlich ausgeformten kurzen Erhebungen 16 / Quersicken 17 der Rohre 7. Die vom Stoffstrom 4 zuletzt passierten Rohre 10 schließlich weisen lediglich kurze Erhebungen 16 / Quersicken 17 an ihren schmalen Außenoberflächen 12, 13 auf, während die breiten Außenoberflächen 14, 15 ausschließlich durch Winglets 19 vergrößert sind.

**[0029]** Der Längsschnitt der Figur 6 verdeutlicht den Nutzen eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 im Rahmen eines Abgaskühlers 2, welcher über einen seitlichen Anschluss 22 mit einem Kühlmittelkreislauf und über einen stirnseitig angeordneten Diffusor 23 mit einer Abgasleitung in Fluidverbindung steht. Der durch das Verbrennungsabgas eines - in Figur 6 nicht gezeigten - Verbrennungsmotors gebildete zweite Stoffstrom 11 tritt dabei im Wesentlichen über die gesamte Breite des Gehäuses 3 in die in dessen Boden 21 eingefügten Rohre 5 ein, welche der Ausführungsform der Figur 1 entsprechen. Die seitliche Anbringung des Anschlusses 22 bedingt einen im Vergleich nahezu orthogonalen Eintritt des durch ein geeignetes Kühlmittel gebildeten ersten Stoffstroms 4 in den durch das Gehäuse 3 begrenzten Mantelraum des Wärmeübertragers 1, der jedoch durch die stromabwärts des Anschlusses 22 in den Rohren 5 ausgeformten kurzen und langen Erhebungen 16 / Quersicken 17, 18 nicht unerheblich verzögert wird. Der resultierende geringfügige Rückstau des Kühlmittels innerhalb des Eingangsbereichs des Gehäuses 3 gewährleistet einen über dessen gesamte Breite weitgehend homogenen Volumenstrom entlang der Außenoberflächen 12, 13, 14, 15 der Rohre 5, sodass eine Überhitzung insbesondere in den dem Anschluss 22 abgewandten Bereichen, insbesondere in einem dort bei herkömmlichen Wärmetauschern vorkommenden Totraum, des Gehäuses 3 vermieden werden kann. Die Anzahl der Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 nimmt dabei bei den Rohren 5 von oben nach unten ab, wodurch sich eine Verblockung der Strömungspfade 24 zunehmend verringert. Die wechselseitig einander berührenden Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 benachbarter Rohre 5 können ihrerseits dauerhaft verbunden sein, um die Steifigkeit des Abgaskühlers 2 zu erhöhen.

**[0030]** Vorzugsweise liegt ein Verhältnis  $a/h$  zwischen einem Abstand  $a$  zwischen dem Boden 21 und der Erhebung 16 / Sicke 17, 18 und der Höhe  $h$  des Bodens 21 bei  $0,3 < a/h < 0,7$  bevorzugt bei  $0,4 < a/h < 0,6$ . Hierdurch

kann eine besonders gleichmäßige Temperaturverteilung erreicht werden.

**[0031]** Der Abstand  $a$  zwischen dem Boden 21 und der Erhebung 16 / Sicke 17, 18 beträgt ca. 20 bis 60 mm, bevorzugt 30 bis 60 mm. Dies sorgt für eine optimale Stauwirkung des ersten Stoffstroms 4, beispielsweise des Kühlmittels, und dadurch für eine besonders gleichmäßige Verteilung desselben im Bereich des Bodens 21, wodurch insbesondere sogenannte "hotspots", an denen ein Sieden des ersten Stoffstromes 4 befürchtet werden muss, vermieden werden können. Dabei gilt, je näher die Erhebungen/Sicken 16, 17, 18 an dem seitlichen Ende des Anschlusses 22 angeordnet sind, desto geringer ist der Abstand  $a$  zum Boden 21 und desto effektiver ist die Umlenkung des ersten Stoffstroms 4 und damit die Kühlung. In diesem Bereich stromauf der Erhebungen/Sicken 16, 17, 18 soll ein möglichst homogen temperiertes Strömungsfeld erzeugt werden, dessen Temperatur unterhalb der Siedetemperatur des Kühlmittels 4 liegt, wodurch ein lokales Sieden desselben mit den damit verbundenen Problemen vermieden werden kann.

**[0032]** Generell können die Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 an einzelnen oder an mehreren Stellen in Umfangsrichtung des Rohres 5 - 10 angeordnet sein. Die Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 müssen darüber hinaus nicht über die gesamte Rohrbreite gehen, sondern können auch nur bereichsweise über die Rohrbreite reichen. Die Sicken 17, 18 bzw. Erhebungen 16 verblocken dabei die Strömungspfade 24 nie vollständig, ein Teil des ersten Stoffstroms 4 kann somit auch trotz der Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 immer noch an den Rohren 5 - 10 entlang strömen.

**[0033]** Um eine möglichst gleichmäßige Durchströmung und damit auch homogene Temperierung im Bereich der siedegefährdeten Stellen erreichen zu können, wird durch die Erhebungen/Sicken 16, 17, 18 ein Porositätsfaktor  $F$ , das heißt ein Durchgangsfaktor von 60% und 90% (idealer Druckabfall) angestrebt, wobei der Porositätsfaktor  $F$  wie folgt definiert ist:

$$F = (A_{KM1} - A_{KM2}) / A_{KM2}$$

mit:

$A_{KM1}$ : kühlmittelseitige Fläche, die einem der Rohre zuzurechnen ist mit Erhebungen/Sicken (als Teilfläche der gesamten Querschnittsfläche)

$A_{KM2}$ : kühlmittelseitige Fläche, die einem der Rohre zuzurechnen, jedoch mit Erhebungen/Sicken verblockt ist, verbleibende offene Fläche, durch die weiterhin Kühlmittel (KM) strömen kann.

**[0034]** Der Porositätsfaktor  $F$  sollte im Bereich 20%,

bei den von den hotspots entfernteren Rohren 5, über F ca. 80%, bei den näher zu den hotspots gelegenen Rohren 5, bis hin zu F = 100 %, bei den direkt benachbart zu den hotspots gelegenen Rohren 5 liegen, wobei 100% eine vollständige Durchgängigkeit ohne Erhebungen 16 / Sicken 17, 18 bedeutet.

**[0035]** Der Porositätsfaktor F nimmt somit bei dem Wärmeübertrager 1 bei den Rohren 5 - 10 ausgehend vom Anschluss 22 von oben nach unten zu. Der Porositätsfaktor F (Öffnungsgrad) nimmt also zu, je näher das jeweilige Rohr 5 - 10 bzw. die jeweilige Rohrreihe den hotspots ist). Idealerweise sollte der Wert zwischen 60% und 90% liegen, da dann der Druckabfall nicht zu stark ansteigt.

**[0036]** In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung mögen die Rohre 5 - 10 entlang ihrer Längsachse mehrere Erhebungen/Sicken 16, 17, 18 in spezifischen Abständen oder charakteristische Kombinationen von quer und längs verlaufenden Erhebungen/Sicken 16, 17, 18 aufweisen. Dabei können die Erhebungen/Sicken 16, 17, 18 auch nur an jeweils einer Seite jedes Rohres 5 - 10 vorgesehen sein, dafür aber eine gegenüber der beidseitigen Konfiguration verdoppelte Höhe besitzen.

## Patentansprüche

### 1. Wärmeübertrager (1), insbesondere für einen Abgaskühler (2), mit

- einem im Wesentlichen fluiddichten Gehäuse (3) zum Leiten eines ersten Stoffstroms (4), insbesondere eines Kühlmittels, und
- zumindest einem in dem Gehäuse (3) verlaufenden wärmedurchlässigen Rohr (5 - 10) zum Leiten eines zweiten Stoffstroms (11), insbesondere eines Verbrennungsabgases,
- wobei das Gehäuse (3) und Außenoberflächen (12, 13, 14, 15) des zumindest einen Rohrs (5 - 10) parallele Strömungspfade (24) für den ersten Stoffstrom (4) bilden, die stirnseitig durch einen Boden (21), in welchem das wenigstens eine Rohr (5-10) gefasst ist, begrenzt sind,
- einem Anschluss (22), über den der erste Stoffstrom (4) im Bereich des Bodens (21) in das Gehäuse (3) einleitbar ist,
- wobei eine Außenoberfläche (12, 13, 14, 15) des zumindest einen Rohrs (5 - 10) eine Erhebung (16, 17, 18) dergestalt aufweist, dass der erste Stoffstrom (4) nach Eintritt in das Gehäuse (3) im Wesentlichen gleichmäßig im Bereich des Bodens (21) verteilt und im Wesentlichen gleichmäßig auf die Strömungspfade (24) aufgeteilt wird,
- wobei das Rohr (5 - 10) ein Blech umfasst, welches die Außenoberfläche (12, 13, 14, 15) aufweist, und die Erhebung (16, 17, 18) in dem Blech geformt, insbesondere geprägt ist,

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** ein Porositätsfaktor F der jeweiligen Strömungspfade (24) zwischen 60% und 90% liegt, wobei der Porositätsfaktor F wie folgt definiert ist

$$F = (A_{KM1} - A_{KM2}) / A_{KM2}$$

mit:

A\_KM1: kühlmittelseitige Fläche, die einem der Rohre zuzurechnen ist mit Erhebungen/Sicken (als Teilfläche der gesamten Querschnittsfläche)

A\_KM2: kühlmittelseitige Fläche, die einem der Rohre zuzurechnen, jedoch mit Erhebungen/Sicken verblockt ist, (A\_KM1-A\_KM2) verbleibende offene Fläche, durch die weiterhin Kühlmittel (KM) strömen kann,

- **dass** der Porositätsfaktor F im Bereich 20%, bei den von hotspots entfernteren Rohren (5), über F ca. 80%, bei den näher zu hotspots gelegenen Rohren (5), bis hin zu F = 100 %, bei den direkt benachbart zu hotspots gelegenen Rohren (5) liegt, wobei 100% eine vollständige Durchgängigkeit ohne Erhebungen (16)/Sicken (17, 18) bedeutet,

- der Porositätsfaktor F bei dem Wärmeübertrager (1) bei den Rohren (5 - 10) ausgehend vom Anschluss (22) von oben nach unten zunimmt.

2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Erhebung (16, 17, 18) eine Noppe (16) ist.
3. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Blech eine der Außenoberfläche (12, 13, 14, 15) gegenüber liegende Innenoberfläche mit einer Sicke (17, 18) aufweist, sodass die Sicke (17, 18) der Innenoberfläche die Erhebung (16, 17, 18) der Außenoberfläche (12, 13, 14, 15) prägt.
4. Wärmeübertrager nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,**
  - **dass** die Sicke (17, 18) quer oder längs zu dem ersten Stoffstrom (4) verläuft, und/oder
  - **dass** sich die Erhebungen (16, 17, 18) in Umfangsrichtung zumindest teilweise über die Außenoberfläche (12, 13, 14 15) erstrecken.
5. Wärmeübertrager nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Innenoberfläche ferner mindestens ein

- Winglet (19) und/oder mindestens eine Rippe (20) aufweist.
6. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 5  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest eine Rohr (5 - 10) ein rechteckiges Rohr (5) mit zwei schmalen Außenoberflächen (12, 13) und zwei breiten Außenoberflächen (14, 15) ist. 10
7. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 15  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Boden (21) mit dem zumindest einen Rohr (5 - 10) stoffschlüssig verbunden, insbesondere verlötet oder verschweißt ist.
8. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 20  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Erhebung (16, 17, 18) eine Höhe zwischen 0,5 mm und 3 mm, vorzugsweise von weniger als 1,5 mm, aufweist. 25
9. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, 30  
**dadurch gekennzeichnet, dass** folgendes Verhältnis gilt  $0,3 < a/h < 0,7$  bevorzugt  $0,4 < a/h < 0,6$  mit 35
- a : Abstand zwischen dem Boden (21) und der Erhebung (16,17,18)
- h: Höhe des Bodens (21).
10. Wärmeübertrager nach Anspruch 9, 40  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand a zwischen dem Boden (21) und der Erhebung (16, 17, 18) ca. 20 bis 60 mm beträgt, bevorzugt 30 bis 60 mm.
11. Abgaskühler (2) mit 45
- einem mit einer Kühlmittelleitung verbundenen Anschluss (22) zum Einleiten eines ersten Stoffstroms (4), insbesondere eines Kühlmittels, in den Abgaskühler (2) und
  - einem mit einer Abgasleitung verbundenen Diffusor (23) zum Einleiten eines zweiten Stoffstroms (11) eines Verbrennungsabgases in den Abgaskühler (2), 50
  - wobei der Anschluss (22) und der Diffusor (23) so zueinander angeordnet sind, dass der erste Stoffstrom (4) im Wesentlichen rechtwinklig zu dem zweiten Stoffstrom (11) eingeleitet wird, 55

**gekennzeichnet durch**

einen Wärmeübertrager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Übertragen von Wärme von dem zweiten Stoffstrom (11) auf den ersten Stoffstrom (4).

### Claims

1. Heat transfer device (1), in particular for an exhaust gas cooler (2), having
- a substantially fluid-tight housing (3) for conducting a first material flow (4), in particular of a coolant, and
  - at least one heat-permeable tube (5-10) extending in the housing (3) for conducting a second material flow (11), in particular a combustion exhaust gas,
  - wherein the housing (3) and outer surfaces (12, 13, 14, 15) of the at least one tube (5-10) form parallel flow paths (24) for the first material flow (4), which are on the end face side delimited by a base (21), in which the at least one tube (5-10) is held,
  - a connection (22), via which the first material flow (4) in the region of the base (21) can be guided into the housing (3),
  - wherein an outer surface (12, 13, 14, 15) of the at least one tube (5-10) has a protuberance (16, 17, 18) formed such that the first material flow (4) after entrance into the housing (3) disperses evenly in the region of the base (21) and is substantially evenly distributed onto the flow paths (24),
  - wherein the tube (5-10) comprises a metal sheet, which has the outer surface (12, 13, 14, 15), and the protuberance (16, 17, 18) is formed, in particular imprinted in the metal sheet,
- characterised in**
- **that** a porosity factor F of the respective flow paths (24) lies between 60 % and 90 % wherein the porosity factor F is defined as follows

$$F = (A_{KM1} - A_{KM2}) / A_{KM2}$$

with:

A\_KM1: coolant-side surface, which is to be attributed to one of the tubes with protuberances/corrugations (as partial surface of the entire cross-section surface)

A\_KM2: coolant-side surface, which is to be attributed to one of the tubes, but which is blocked with protuberances/corrugations (A-KM1-A\_KM2) remaining open surface, through which coolant (KM) can still flow,

- **that** the porosity factor F lies in the region of 20 %, in the case of tubes (5) distanced from hotspots, via F approximately 80 %, in the case of tubes (5) situated nearer to hotspots, up to F = 100 %, in the case of tubes (5) situated directly adjoining hotspots, wherein 100 % means a complete pervasiveness without protuberances (16)/corrugations (17, 18),  
 - the porosity factor F in the case of the heat transfer device (1) at the tubes (5-10) increases starting from the connection (22) from top to bottom.
2. Heat transfer device according to claim 1, **characterised in** **that** the protuberance (16, 17, 18) is a knob (16).
3. Heat transfer device according to claim 1, **characterised in** **that** the metal sheet has, situated opposite the outer surface (12, 13, 14, 15), an inner surface having a corrugation (17, 18), such that the corrugation (17, 18) of the inner surface imprints the protuberance (16, 17, 18) of the outer surface (12, 13, 14, 15).
4. Heat transfer device according to claim 3 **characterised in**
- **that** the corrugation (17, 18) extends transversely or longitudinally to the first material flow (4), and/or
  - **that** the protuberances (16, 17, 18) in circumferential direction extend at least partially over the outer surface (12, 13, 14, 15).
5. Heat transfer device according to claim 3 or 4, **characterised in** **that** the inner surface has furthermore at least one winglet (19) and/or at least one rib (20).
6. Heat transfer device according to any of claims 1 to 5, **characterised in** **that** the at least one tube (5-10) is a rectangular tube (5) having two narrow outer surfaces (12, 13) and two broad outer surfaces (14, 15).
7. Heat transfer device according to any of claims 1 to 6, **characterised in** **that** the base (21) is connected material-fittingly with the at least one tube (5-10), in particular is soldered or welded.
8. Heat transfer device according to any of claims 1 to 7, **characterised in** **that** the protuberance (16, 17, 18) has a height of between 0.5 mm and 3 mm, preferably of less than 1.5 mm.
9. Heat transfer device according to any of claims 1 to 8, **characterised in** **that** the following relationship applies  
 $0.3 < a/h < 0.7$  preferably  $0.4 < a/h < 0.6$
- where a: distance between the base (21) and the protuberance (16, 17, 18)  
 h: height of the base (21).
10. Heat transfer device according to claim 9, **characterised in** **that** the distance a between the base (21) and the protuberance (16, 17, 18) is approximately 20 to 60 mm, preferably 30 to 60 mm.
11. Exhaust gas cooler (2), having
- a connection (22) connected with a coolant line for conducting a first material flow (4), in particular a coolant, into the exhaust gas cooler (2) and
  - a diffuser (23) connected with an exhaust gas line for conducting a second material flow (11) of a combustion exhaust gas into the exhaust gas cooler (2),
  - wherein the connection (22) and the diffuser (23) are disposed in relationship to one another such that the first material flow (4) is conducted substantially at right angles to the second material flow (11),
- characterised by**  
 a heat transfer device (1) according to any of claims 1 to 10 for conducting heat from the second material flow (11) to the first material flow (4).
- Revendications**
1. Échangeur de chaleur (1), en particulier pour un refroidisseur de gaz d'échappement (2), avec
- un boîtier (3) sensiblement étanche aux fluides pour la conduite d'un premier flux de matière (4), un particulier d'un réfrigérant, et
  - au moins un tube (5-10) perméable à la chaleur s'étendant dans le boîtier (3) pour la conduite d'un deuxième flux de matière (11), en particulier d'un gaz de combustion,
  - dans lequel le boîtier (3) et des surfaces extérieures (12, 13, 14, 15) de l'au moins un tube (5-10) forment des trajets d'écoulement parallèles (24) pour le premier flux de matière (4), qui sont délimités côté frontal par un fond (21), dans lequel l'au moins un tube (5-10) est enchâssé,
  - un raccord (22), par le biais duquel le premier flux de matière (4) peut être introduit dans la zone du fond (21) dans le boîtier (3),

- dans lequel une surface extérieure (12, 13, 14, 15) de l'au moins un tube (5-10) présente une élévation (16, 17, 18) de sorte que le premier flux de matière (4) après l'entrée dans le boîtier (3) est distribué de manière sensiblement homogène dans la zone du fond (21) et réparti de manière sensiblement homogène sur le trajet d'écoulement (24),

dans lequel le tube (5-10) comprend une tôle, laquelle présente la surface extérieure (12, 13, 14, 15), et l'élévation (16, 17, 18) est moulée, en particulier estampée, dans la tôle,

**caractérisé en ce**

- **qu'**un facteur de porosité F des trajets d'écoulement (24) respectifs se situe entre 60 % et 90 %, dans lequel le facteur de porosité F est défini comme suit

$$F = (A\_KM1 - A\_KM2) / A\_KM2$$

avec :

A\_KM1 : surface côté réfrigérant, qui est imputable à un des tubes, avec des élévations/moulures (en tant que surface partielle de la section transversale totale)

A\_KM2 : surface côté réfrigérant, qui est imputable à un des tubes, mais bloquée avec des élévations/moulures

(A\_KM1-A\_KM2) surface ouverte restante, par laquelle le réfrigérant (KM) peut continuer de s'écouler,

- **que** le facteur de porosité F se situe dans la plage de 20 %, pour les tubes (5) plus éloignés des points chauds, en passant par F env. 80 %, pour les tubes (5) se trouvant plus près des points chauds, jusqu'à F = 100 %, pour les tubes (5) se trouvant directement adjacents aux points chauds, dans lequel 100 % signifie une perméabilité complète sans élévations (16)/moulures (17, 18),

- le facteur de porosité F augmente du haut vers le bas en partant du raccord (22) pour les tubes (5-10) pour l'échangeur de chaleur (1).

2. Échangeur de chaleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce**

**que** l'élévation (16, 17, 18) est une nope (16).

3. Échangeur de chaleur selon la revendication 1, **caractérisé en ce**

**que** la tôle présente une surface intérieure avec une moulure (17, 18) située en face de la surface extérieure (12, 13, 14, 15), de sorte que la moulure (17, 18) de la surface intérieure marque l'élévation (16,

17, 18) de la surface extérieure (12, 13, 14, 15).

4. Échangeur de chaleur selon la revendication 3, **caractérisé en ce**

- **que** la moulure (17, 18) s'étend transversalement ou le long du premier flux de matière (4), et/ou

- **que** les élévations (16, 17, 18) s'étendent dans la direction circonférentielle au moins en partie sur la surface extérieure (12, 13, 14, 15).

5. Échangeur de chaleur selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce**

**que** la surface intérieure présente en outre au moins un winglet (19) et/ou au moins une nervure (20).

6. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5,

**caractérisé en ce**

**que** l'au moins un tube (5-10) est un tube rectangulaire (5) avec deux surfaces extérieures étroites (12, 13) et deux surfaces extérieures larges (14, 15).

7. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

**caractérisé en ce**

**que** le fond (21) est relié par matière à l'au moins un tube (5-10), en particulier brasé ou soudé.

8. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,

**caractérisé en ce**

**que** l'élévation (16, 17, 18) présente une hauteur entre 0,5 mm et 3 mm, de préférence inférieure à 1,5 mm.

9. Échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,

**caractérisé en ce**

**que** le rapport suivant s'applique  $0,3 < a/h < 0,7$  de préférence  $0,4 < a/h < 0,6$

avec a : distance entre le fond (21) et l'élévation (16, 17, 18)

h : hauteur du fond (21).

10. Échangeur de chaleur selon la revendication 9, **caractérisé en ce**

**que** la distance a entre le fond (21) et l'élévation (16, 17, 18) est d'environ 20 à 60 mm, de préférence 30 à 60 mm.

11. Refroidisseur de gaz d'échappement (2) avec

- un raccord (22) relié à une conduite de réfrigérant pour l'introduction d'un premier flux de matière (4), en particulier d'un réfrigérant, dans

le refroidisseur de gaz d'échappement (2) et  
- un diffuseur (23) relié à une conduite de gaz  
d'échappement pour l'introduction d'un deuxième  
flux de matière (11) d'un gaz de combustion 5  
- dans lequel le raccord (22) et le diffuseur (23)  
sont agencés l'un par rapport à l'autre de sorte  
que le premier flux de matière (4) est introduit  
sensiblement perpendiculairement au deuxième  
flux de matière (11), 10

**caractérisé par**

un échangeur de chaleur (1) selon l'une quelconque  
des revendications 1 à 10 pour le transfert de chaleur 15  
du deuxième flux de matière (11) au premier flux de  
matière (4).

20

25

30

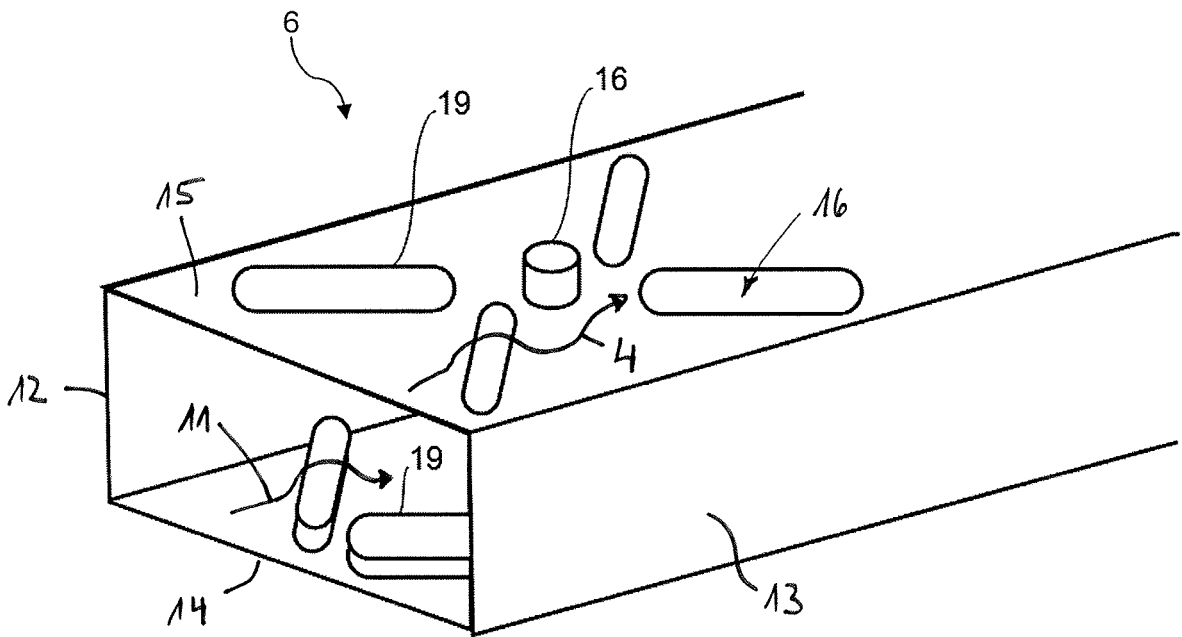
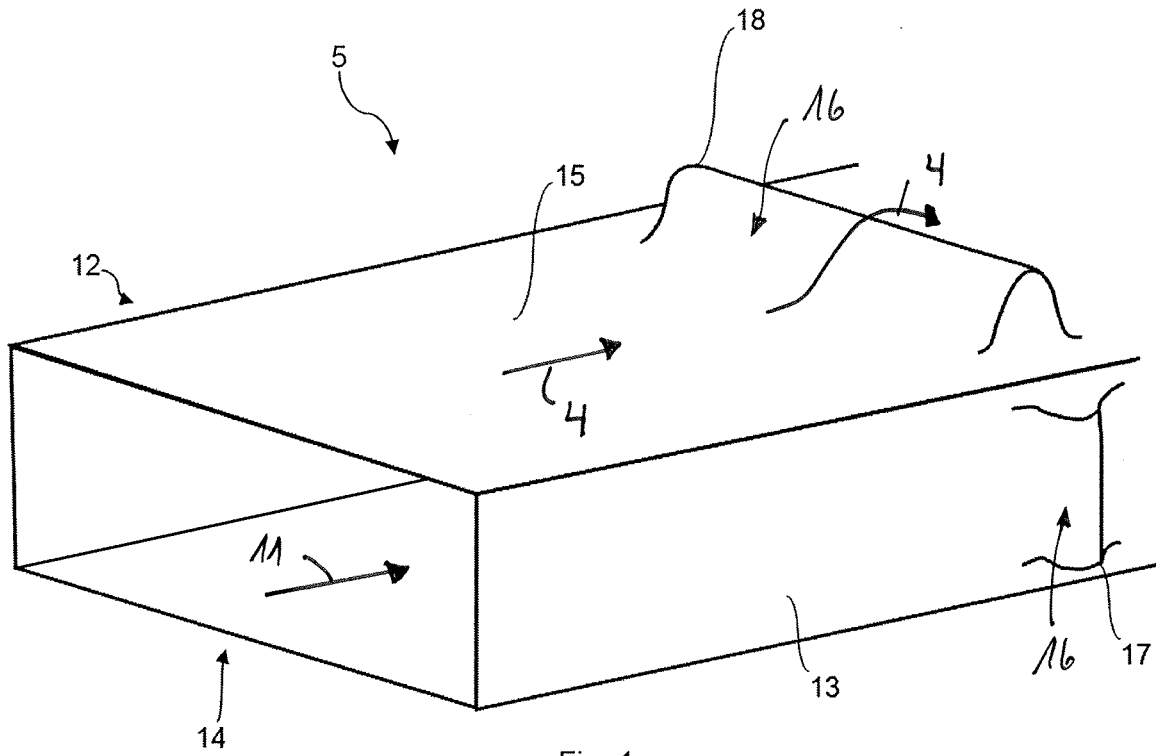
35

40

45

50

55



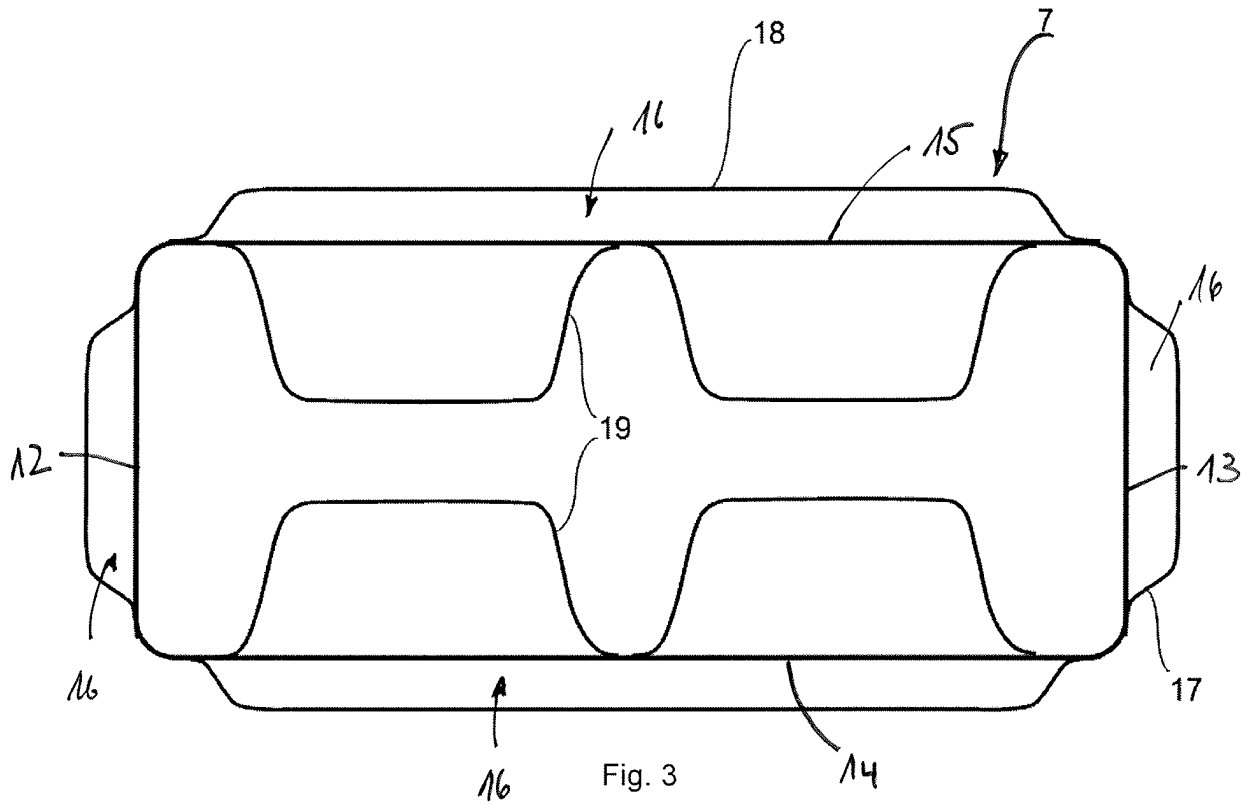


Fig. 3

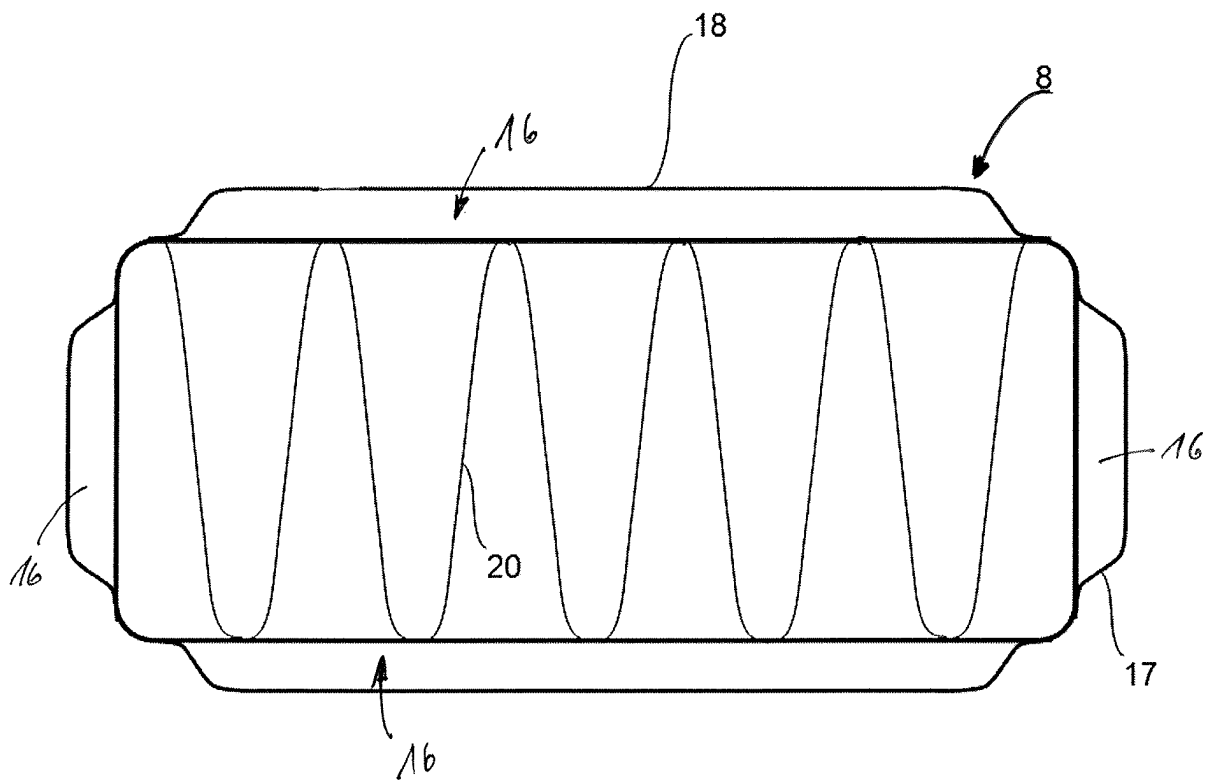


Fig. 4

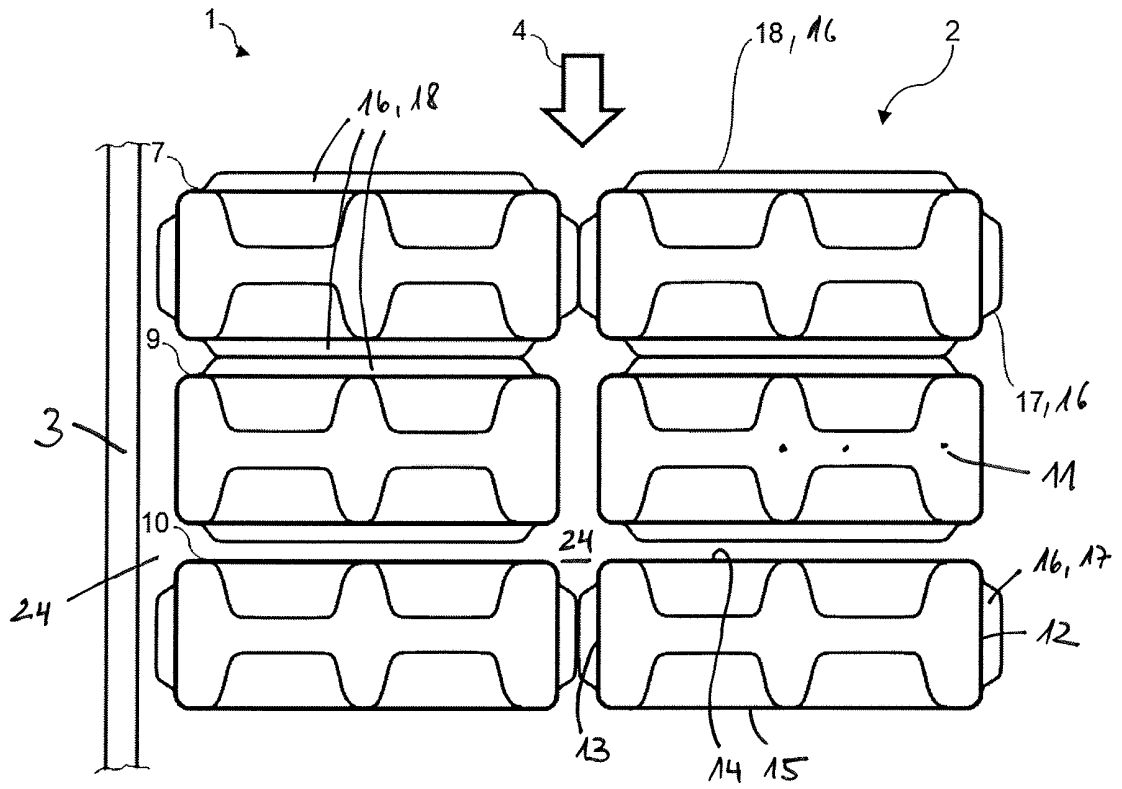


Fig. 5

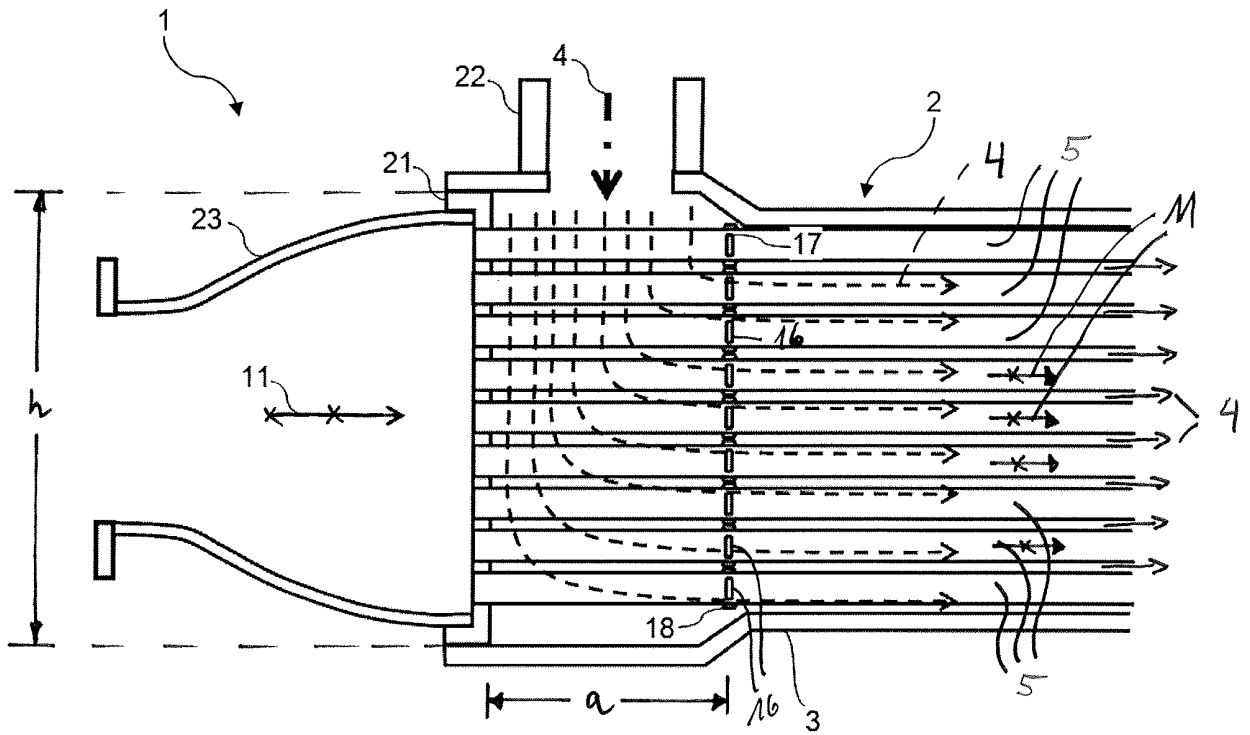


Fig. 6

**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**

- DE 102008045845 A1 [0004]
- EP 1985953 A1 [0005]
- WO 2006100072 A1 [0006]
- WO 2008091918 A1 [0006]