



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.08.2017 Patentblatt 2017/35

(51) Int Cl.:
F28D 7/16 (2006.01)
F28F 9/24 (2006.01)
F28F 9/013 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17156946.0**

(22) Anmeldetag: **20.02.2017**

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

(30) Priorität: **24.02.2016 DE 102016103226**

(71) Anmelder: **Airbus-Safran Launchers GmbH**
82024 Taufkirchen (DE)

(72) Erfinder:
• **Isselhorst, Dr. Armin**
28199 Bremen (DE)
• **Duong, Linh**
28199 Bremen (DE)
• **Haase, Manfred**
28199 Bremen (DE)

(74) Vertreter: **Marschall, Stefan**
Elbpatent
Marschall & Partner PartGmbH
Jessenstrasse 4
22767 Hamburg (DE)

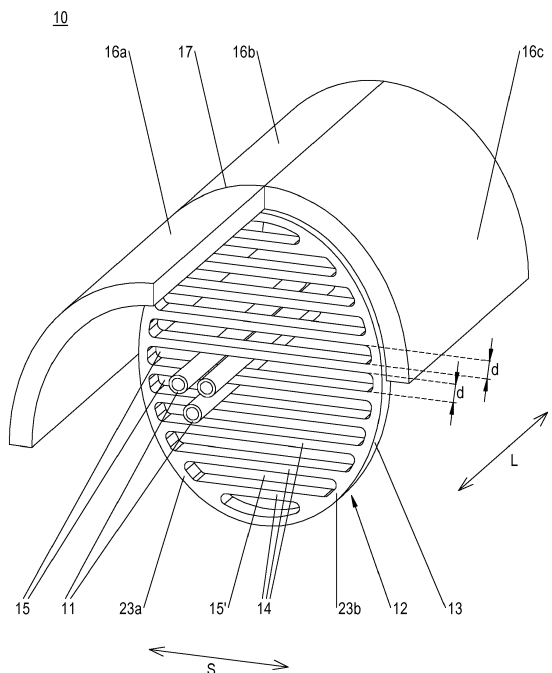
(54) **ROHRBÜNDEL, ROHRBÜNDELWÄRMETAUSCHER UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**

(57) Ein erfindungsgemäßes Rohrbündel (10) für einen Rohrbündelwärmetauscher umfasst eine Mehrzahl an Rohren (11) sowie mindestens eine Stegscheibe (12, 12a, 12b, 12c)). Diese weist einen die Mehrzahl an Rohren umlaufenden ringartigen Rand (13) und mehrere zueinander im Wesentlichen parallel verlaufende Stege (14) auf, zwischen denen jeweils Spalte (15, 15', 15a, 15b, 15c) ausgebildet sind, durch die mehrere der Rohre (11) verlaufen. An ihren Enden gehen die Stege (14) kontinuierlich in den ringartigen Rand (13) über.

Ein erfindungsgemäßer Rohrbündelwärmetauscher umfasst ein erfindungsgemäßes Rohrbündel (10).

Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient einem Herstellen eines erfindungsgemäßen Rohrbündels (10) und umfasst ein Fertigen mindestens einer der Stegscheiben (12, 12a, 12b, 12c) mittels Herausfräsen der Spalte (15, 15', 15a, 15b, 15c) aus einem Vollmaterial oder mittels eines additiven Fertigungsverfahrens.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Rohrbündel für einen Rohrbündelwärmetauscher, ein Verfahren zum Herstellen eines Rohrbündels sowie einen Rohrbündelwärmetauscher.

[0002] Rohrbündelwärmetauscher dienen einer Temperaturübertragung zwischen einem wärmeren und einem kälteren Fluid, von denen ein erstes durch ein Rohrbündel mit einer Mehrzahl an Rohren geleitet wird, während das zweite Fluid (das in dieser Schrift auch als Umströmungsfluid bezeichnet wird) die Mehrzahl an Rohren umströmt. Diese Rohre sind dazu im Inneren eines Außenrohrs angeordnet und bestehen mindestens teilweise aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit.

[0003] Zur Verbesserung der Wärmeübertragung können im Außenrohr ein oder mehrere Umlenkelemente wie beispielsweise Kreisscheiben, schraubenförmig angeordnete Prallbleche oder Gitter angeordnet sein, die dazu dienen, das zweite Fluid bei Umströmen der Mehrzahl an Rohren zu verwirbeln.

[0004] Die Herstellung derartiger Wärmetauscher ist jedoch oft aufwendig. So müssen die Rohre häufig entweder in einzelne Löcher zwischen Umlenkstäben eingefädelt werden (z.B. in einem Gitter), oder die entsprechenden Stäbe müssen (z.B. nach einem Anordnen von Stäben und Rohren) miteinander und/oder mit einem Rahmenelement verbunden (z.B. verschweißt) werden. Zudem umfasst das Fixieren der Rohre in einem Außenrohr insbesondere bei Wärmetauschern, die im Gebrauch Belastungen (z.B. Erschütterungen) standhalten sollen, Befestigungsschritte wie beispielsweise eine Vielzahl von Verschweißungen. Dies ist zum einen aufwendig, zum anderen sind derartige Verschweißungen insbesondere nach längeren Benutzungszeiten anfällig für Brüche.

[0005] Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, eine Technik bereitzustellen, die eine vereinfachte Herstellung von Rohrbündelwärmetauschern bzw. besonders solide Rohrbündel ermöglicht.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Rohrbündel gemäß Anspruch 1, durch einen Rohrbündelwärmetauscher gemäß Anspruch 9 und durch ein Verfahren zum Herstellen eines Rohrbündels gemäß Anspruch 10. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen, den Figuren und der Beschreibung offenbart.

[0007] Ein erfindungsgemäßes Rohrbündel für einen Rohrbündelwärmetauscher umfasst eine Mehrzahl an Rohren sowie mindestens eine Stegscheibe. Die mindestens eine Stegscheibe weist einen die Mehrzahl an Rohren umlaufenden ringartigen Rand und mehrere zueinander im Wesentlichen parallel verlaufende Stege auf; zwischen zueinander benachbarten Stegen sind jeweils Spalte ausgebildet, und durch die Spalte hindurch verlaufen jeweils mehrere der Rohre. An ihren Enden gehen die Stege kontinuierlich (insbesondere schweißstellenfrei) in den ringartigen Rand über.

[0008] Die Stege sind somit nicht an den ringartigen Rand angesetzte, eigene Bauteile, sondern Stege und Rand bilden zusammen die Stegscheibe als ein integrales, monolithisches Bauteil.

[0009] Ein erfindungsgemäßer Rohrbündelwärmetauscher umfasst ein erfindungsgemäßes Rohrbündel gemäß einer der in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen.

[0010] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient einem Herstellen eines Rohrbündels gemäß einer der in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen. Es umfasst ein Herstellen mindestens einer der Stegscheiben, das ein Herausfräsen der Spalte aus einem Vollmaterial und/oder die Anwendung eines additiven Fertigungsverfahrens (z.B. ein Laserauftragsschweißen, ein selektives Laserschmelzen, ein selektives Lasersintern, ein Elektronenstrahlschmelzen und/oder ein Metall-Pulver-Auftragsverfahren) umfasst.

[0011] Aufgrund der genannten integralen Ausbildung von Stegen und Rand der Stegscheibe hat ein erfindungsgemäßes Rohrbündel bzw. ein erfindungsgemäßer Rohrbündelwärmetauscher eine hohe Haltbarkeit. Zudem müssen die Stege nicht am Ring verschweißt werden, so dass die Herstellung eines derartigen Rohrbündels vereinfacht ist. Die mindestens eine Stegscheibe kann zur Stabilisierung der Rohre und/oder als Umlenkelement für ein die Rohre umströmendes Umströmungsfluid vorgesehen sein bzw. dienen.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Mehrzahl an Rohren des Rohrbündels mindestens 100 oder sogar mindestens 1000 Rohre, die vorzugsweise in mindestens einem Abschnitt gerade und parallel zueinander verlaufen. Bei einer derartigen Anzahl an Rohren können große Flüssigkeitsmengen aufgewärmt bzw. abgekühlt werden.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der ringartige Rand der mindestens einen Stegscheibe im Wesentlichen als Kreiszylinder ausgebildet. Ein solcher Rand passt sich aufgrund seiner als Zylindermantelfläche ausgebildeten Außenkontur gut in ein entsprechendes Außenrohr ein und kann mit einem solchen entlang der Zylindermantelfläche besonders haltbar verbunden (z.B. verschweißt und/oder gelötet) werden.

[0014] Eine Höhe einer derart kreiszylindrisch ausgebildeten Randes einer Stegscheibe (die in Längsrichtung der hindurchgeführten Rohre verläuft) richtet sich vorzugsweise nach der Gesamtgröße eines zugehörigen Rohrbündels. Bei einer exemplarischen vorteilhaften Ausführungsform (bei der die Mehrzahl an Rohren z.B. 1000 oder mehr Rohre umfassen kann) beträgt die Höhe vorzugsweise das 1,5- bis maximal 2fache des Außendurchmessers der einzelnen Rohre des Rohrbündels. Gemäß einem speziellen Ausführungsbeispiel umfasst ein erfindungsgemäßes Rohrbündel Rohre mit jeweils einem Außendurchmesser im Bereich von 4 mm bis 10 mm und/oder liegt die Höhe des kreiszylindrisch ausgebildeten Randes der Stegscheibe vorzugsweise in einem Bereich von 6 mm bis 15 mm.

[0015] Bei derartigen Abmessungen kann eine gute Verbindung zum Außenrohr (bzw. zu Außenrohrsegmenten)

gewährleistet werden und gleichwohl ein Gewicht und Materialverbrauch für die Stegscheibe und damit für das Rohrbündel gering gehalten werden.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rohrbündels werden die Spalte durch jeweils im Wesentlichen flache Oberflächen der jeweiligen Stege begrenzt. Eine derartige Stegscheibe ist besonders einfach mittels Fräsen zu fertigen. Vorzugsweise liegen die durch die Spalte verlaufenden Rohre entsprechend jeweils an diesen flachen Oberflächen an.

[0017] Die flachen Oberflächen liegen vorzugsweise in einer Ebene, die parallel zu den durchlaufenden Rohren (bzw. deren Längsrichtung) verläuft (die also einen Richtungsvektor in Längsrichtung der Rohre hat). Dies erlaubt eine dichte Anordnung der Rohre und damit eine große Anzahl an derartigen Rohren im Rohrbündelwärmetauscher.

[0018] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erstrecken sich die Spalte jeweils von einem ersten Abschnitt des ringartigen Rands bis zu einem zweiten Abschnitt des ringartigen Rands. Mit einer sich so (durch die Spalte) ergebenden durchgängigen Querung der Stegscheibe wird eine Fertigung des Rohrbündels vereinfacht.

[0019] Benachbarte Stege der mindestens einen Stegscheibe haben vorzugsweise jeweils denselben Abstand voneinander. Vorzugsweise haben die Rohre der Mehrzahl jeweils einen Außendurchmesser, der im Wesentlichen gleich einem Abstand benachbarter Stege ist (also gleich einer Spaltbreite der Spalte); als Außendurchmesser wird dabei ein äußerer Durchmesser eines Rohrquerschnitts an einer Position im Spalt bezeichnet, der also insbesondere orthogonal zur Längsrichtung des Rohrs gemessen wird. Die Rohre liegen somit vorzugsweise im Querschnitt an zwei gegenüberliegenden Seiten an entsprechenden Stegen an. Auf diese Weise werden die Rohre stabil gehalten, und die als Aufprallelemente wirkenden Stege verwirbeln ein die Rohre umströmendes Umströmungsfluid an beiden Seiten, was einen Temperatúraustausch verbessert. Insbesondere haben die Rohre der Mehrzahl an Rohren vorzugsweise jeweils im Wesentlichen denselben, über eine Rohrlänge konstant bleibenden Außendurchmesser.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante verlaufen die Rohre in mindestens einem Abschnitt parallel zueinander und sind jeweils durch zwei oder mehr (in Rohrlängsrichtung gesehen) hintereinander angeordnete Stegscheiben (bzw. jeweils durch einen Spalt darin) geführt. Dadurch wird eine hohe Stabilität des Rohrbündels sowie eine wiederholte Verwirbelung eines Umströmungsfluids entlang der Rohre ermöglicht. Vorzugsweise sind die Stegscheiben im Wesentlichen identisch ausgebildet. Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, bei der die Spaltlängsrichtung (also die Richtung der längsten Ausdehnung der Spalte) der mehreren Stegscheiben (bzw. die Längsrichtung der die Spalte begrenzenden Stege) gegeneinander (um eine Achse in Längsrichtung der Rohre) verdreht (bzw. zueinander abgewinkelt) ist; die Spaltlängsrichtungen der mehreren Stegscheiben sind dabei vorzugsweise jeweils orthogonal zur Längsrichtung der Rohre. Infolge einer derartigen Drehung/ Abwinkelung sind die Rohre nach verschiedenen Seiten von den Stegen der entsprechenden Stegscheiben eingegrenzt. Ein derartiges Rohrbündel ist besonders stabil und ermöglicht einen besonders guten Temperatúraustausch, weil ein Umströmungsfluid durch die gegeneinander verdrehten (abgewinkelten) Stege an verschiedenen Seiten der Rohre verwirbelt werden kann. Besonders bevorzugt sind Ausführungsformen, bei denen die Spalte aufeinanderfolgender Stegscheiben jeweils um 90° oder jeweils um 60° gegeneinander verdreht (bzw. abgewinkelt) sind (wobei jeweils der kleinere Winkel zwischen den gegeneinander verdrehten/ abgewinkelten Spalten gemessen wird).

[0021] Ein erfindungsgemäßes Rohrbündel gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst eine Mehrzahl an Außenrohrsegmenten, die - in Längsrichtung der Rohre gesehen - hintereinander angeordnet sind und die Mehrzahl an Rohren mindestens teilweise erfassen. Mindestens zwei der Mehrzahl an Außenrohrsegmenten stoßen dabei an einer Kante aneinander an. An einer der Mehrzahl an Rohren des Rohrbündels zugewandten Seite (die in dieser Schrift als Innenseite bezeichnet wird) der Außenrohrsegmente verläuft dabei entlang der Kante der ringartige Rand einer Stegscheibe (bzw. der mindestens einen Stegscheibe) des Rohrbündels. In Ausführungsformen mit drei oder mehr in Längsrichtung der Rohre hintereinander angeordneten Außenrohrsegmenten verläuft vorzugsweise entlang jeder Kante, an der benachbarte Außenrohrsegmente aneinander anstoßen, analog ein ringartiger Rand einer jeweiligen Stegscheibe.

[0022] Der ringartige Rand der Stegscheibe kann (bzw. die ringartigen Ränder der mehreren Stegscheiben können) somit die Kante(n), an der die Außenrohrsegmente aneinander anstoßen, abdichten.

[0023] Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, bei der die mindestens zwei Außenrohrsegmente entlang der Kante jeweils an den ringartigen Rand (bzw. dessen Peripherie) der Stegscheibe angeschweißt und/oder angelötet ist. Der ringartige Rand dient somit als ein Verbindungselement für die beiden Außenrohrsegmente.

[0024] Vorteilhaft ist dabei insbesondere ein ringartiger Rand mit einer im Wesentlichen als Kreiszylindermantelfläche ausgebildeten Peripherie: Eine derartige Fläche kann besonders gut an entsprechend geformte Außenrohrsegmente angeschweißt werden, deren Innenflächen vorzugsweise entsprechend im Wesentlichen als Kreiszylindersegmente ausgebildet sind. Die Anordnung des ringartigen Randes an der den Rohren des Rohrbündels zugewandten Seite der Außenrohrsegmente (also an einer Innenfläche eines durch die Außenrohrsegmente vorzugsweise gebildeten Außenrohrs) erlaubt dabei insbesondere ein Verschweißen mit jeweils einer einzigen Schweißnaht.

[0025] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bilden die aneinander anstoßenden Außenrohrsegmente entlang der Kante (gemeinsam) eine Nut aus, in die hinein mindestens ein Abschnitt des ringartigen

Rands der Stegscheibe abgesenkt ist. Dies ermöglicht eine besonders solide Verbindung des ringartigen Randes mit den Außenrohrsegmenten, zudem wird - insbesondere bei einem sukzessiven Aufbau des Außenrohres durch Ansetzen der Außenrohrsegmente nacheinander - eine genaue Positionierung von Außenrohrsegmenten relativ zur Stegscheibe entlang der Kante erleichtert.

[0026] Insbesondere kann der Abschnitt des ringartigen Randes formschlüssig in die Nut eingepasst sein. Dies ermöglicht eine besonders gute Dichtigkeit des Außenrohres an der Kante.

[0027] Die Außenrohrsegmente bilden vorzugsweise mindestens einen Teil eines Außengehäuses bzw. Außenrohres, durch das ein Umströmungsfluid geleitet werden kann, um einen Temperatúraustausch mit einem durch die Mehrzahl an Rohren geleiteten Fluid zu ermöglichen;

je nach Verwendung kann dabei das Umströmungsfluid kälter oder wärmer als das durch die Rohre des Rohrbündels geleitete Fluid sein. Insbesondere bilden die Außenrohrsegmente zusammengesetzt vorzugsweise ein Außenrohr, das das Rohrbündel vollständig einfasst.

[0028] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist ein erfindungsgemäßer Rohrbündelwärmetauscher als Druckbehälter ausgelegt. Insbesondere eignet sich ein derartiger Rohrbündelwärmetauscher somit zu einer Verwendung, bei der ein gegenüber einer Außenumgebung unter Druck stehendes Fluid (z.B. ein Flüssiggas) an einem Temperatúraustausch beteiligt wird.

[0029] Ein erfindungsgemäßer Rohrbündelwärmetauscher kann insbesondere in ein Versorgungssystem für ein Triebwerk (beispielsweise ein Flugzeug- oder Raketentriebwerk) mit Treibstoff integriert sein, das einen Tank und ein Förderleitungssystem aus dem Tank (und vorzugsweise zum Triebwerk) umfasst, wobei das Förderleitungssystem dazu eingerichtet ist, den Treibstoff als Umströmungsfluid durch den Rohrbündelwärmetauscher zu führen. Mittels einer Durchleitung eines kälteren Fluids durch das Rohrbündel kann damit der Treibstoff auf seinem Weg in das Triebwerk abgekühlt werden, z.B. um spezifische Druck- und Temperaturbereiche für den Treibstoff einzuhalten und so eine Kavitationsbildung (die eine ungleichmäßige Verbrennung zur Folge haben kann) zu verhindern oder zumindest zu reduzieren.

[0030] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass einzelne Elemente und Komponenten auch anders kombiniert werden können als dargestellt. Bezugszeichen für einander entsprechende Elemente sind figurenübergreifend verwendet und werden ggf. nicht für jede Figur neu beschrieben.

[0031] Es zeigen schematisch:

Figur 1: Elemente eines erfindungsgemäßen Rohrbündels in perspektivischer Darstellung;

Figur 2: einen Einblick in ein exemplarisches erfindungsgemäßes Rohrbündel mit Blickrichtung in Längsrichtung der Rohre; und

Figur 3: eine Darstellung einer Einpassung einer Verbindung zweier Außenrohrsegmente mit einer Stegscheibe.

[0032] Figur 1 illustriert einen Aufbau eines erfindungsgemäßen Rohrbündels 10 für einen Rohrbündelwärmetauscher. Das Rohrbündel 10 umfasst eine Stegscheibe 12 sowie eine Mehrzahl an Rohren 11; zur besseren Erkennbarkeit der Anordnung sind dabei lediglich drei Rohre 11 der Mehrzahl an Rohren dargestellt. Es versteht sich, dass die Mehrzahl eines vollständigen Rohrbündels weitere analog angeordnete Rohre umfassen kann.

[0033] Die Stegscheibe 12 weist einen die Mehrzahl an Rohren umlaufenden ringartigen Rand 13 und mehrere zueinander im Wesentlichen parallel verlaufende Stege 14 auf, zwischen denen jeweils Spalte 15 ausgebildet sind, durch die mehrere der Rohre 11 verlaufen. Die Spaltlängsrichtung S der Spalte verläuft dabei orthogonal zur Rohrlängsrichtung L; in den Figuren in dieser Schrift sind die Richtungen jeweils mit einem Doppelpfeil gekennzeichnet, weil die jeweiligen Vorzeichen irrelevant sind bzw. nicht festgelegt werden.

[0034] Die Spalte erstrecken sich jeweils von einem (zum Spalt gehörigen) ersten Abschnitt des ringartigen Rands bis zu einem (zum Spalt gehörigen) zweiten Abschnitt des ringartigen Rands 13, verlaufen also insbesondere jeweils durchgängig zwischen diesen beiden jeweiligen Abschnitten des Randes; zur Verdeutlichung sind der erste Abschnitt 23a und der zweite Abschnitt 23b, zwischen denen sich der (exemplarisch ausgewählte) Spalt 15' erstreckt, in der Figur gekennzeichnet.

[0035] Die Stege 14 gehen an ihren Enden kontinuierlich in den ringartigen Rand über, sind also insbesondere nicht an den Rand angesetzt, sondern die Stegscheibe ist ein integrales, monolithisches Bauteil, dessen Fertigung ein Herausfräsen der Spalte 15 aus einem Vollmaterial umfassen kann; alternativ kann die Stegscheibe mittels generativen Fertigungsverfahren (bzw. 3D-Druck) hergestellt worden sein. Damit weist die Stegscheibe eine hohe Haltbarkeit auf, und da die Stege nicht am Ring verschweißt werden, ist die Herstellung der Stegscheibe vereinfacht.

[0036] Benachbarte Stege 14 haben jeweils einen Abstand d voneinander. Die Spalte 15 weisen somit jeweils dieselbe Spaltbreite auf (die durch den Abstand d gegeben ist). Der ringartige Rand 13 ist im Wesentlichen kreiszylindrisch ausgebildet; die Zylinderhöhe verläuft dabei in (bzw. parallel zur) Längsrichtung L der Rohre 11 (im gezeigten Abschnitt).

[0037] Die Spalte 15 werden jeweils durch im Wesentlichen flache Oberflächen der jeweiligen Stege 14 begrenzt; im

gezeigten Beispiel haben diese Oberflächen eine sich in Rohrlängsrichtung erstreckende Stegbreite, die der Höhe des kreiszylindrisch ausgebildeten ringartigen Randes 13 entspricht.

[0038] Die Mantelfläche (bzw. Peripherie) des kreiszylindrischen ringartigen Randes stößt außen an die jeweiligen Innenseiten von Außenringsegmenten 16a, 16b, 16c an, von denen die Außenringsegmente 16a, 16b in Längsrichtung der Rohre (also Rohrlängsrichtung) L hintereinander angeordnet sind. Der ringartige Rand verläuft dabei entlang der Kante 17, an der die Außenringsegmente 16a und 16b aneinander anstoßen. Vorzugsweise sind die Außensegmente 16a, 16b, 16c mit dem ringartigen Rand 13 der Stegscheibe 12 verschweißt. Somit wird insbesondere ein einfacher Aufbau des Rohrbündels möglich, indem die Außenrohrsegmente sukzessive auf die Stegscheibe(n) aufgesetzt und verschweißt werden können.

[0039] Vorzugsweise umfasst das Rohrbündel eine oder mehrere (in der Figur 1 nicht dargestellte) weitere Stegscheiben, die entlang den Rohren 11 weiter hinten und/oder vorne angeordnet sind als die gezeigte Stegscheibe 12 und die vorzugsweise im Wesentlichen identisch zu dieser aufgebaut sind. Vorteilhafterweise ist dabei eine derartige weitere Stegscheibe so angeordnet, dass ihre Spaltrichtung gegenüber der Spaltrichtung S der Stegscheibe 12 (um eine zentrale Achse durch die Mittelpunkte der Stegscheiben) verdreht ist. Dies ist in der Figur 2 zu erkennen:

Die Figur 2 zeigt - in einem Ausschnitt - einen Einblick in ein exemplarisches erfindungsgemäßes Rohrbündel mit Blickrichtung in Längsrichtung der Rohre 11.

[0040] Zu erkennen sind dabei die Stege von drei Stegscheiben 12a, 12b und 12c, deren durch entsprechende Stege begrenzte Spalte 15a, 15b und 15c (als Abstand voneinander benachbarter Stege) jeweils dieselbe Spaltbreite d aufweisen.

[0041] Die Stegscheiben 12a, 12b, 12c sind in Blickrichtung hintereinander angeordnet, und ihre jeweiligen Spaltrichtungen S_a , S_b , S_c sind gegeneinander verdreht bzw. abgewinkelt: Wie am Rand der Figur als Erläuterung kenntlich gemacht ist, sind die Spaltrichtungen S_a und S_b um einen Winkel α gegeneinander verdreht (bzw. abgewinkelt) und die Spaltrichtungen S_b und S_c um einen Winkel β ; dabei wird jeweils der kleinere Winkel zwischen sich in der Projektion schneidenden Stegen gemessen. Im gezeigten Beispiel betragen α und β jeweils 60° . Als Winkel zwischen den Spaltrichtungen S_a und S_c ergibt sich somit ein Winkel von ebenfalls 60° .

[0042] Wie in der Figur 2 zu erkennen ist, werden die einzelnen Rohre 11, deren Außendurchmesser jeweils mit den Spaltbreiten d der Stegscheiben übereinstimmen, von verschiedenen Seiten durch die Stege der zugehörigen Stegscheiben eingefasst; gemäß einem speziellen Ausführungsbeispiel ist $1\text{ mm} \leq d \leq 1\text{ cm}$ oder sogar $3\text{ mm} \leq d \leq 5\text{ mm}$. Der (in der Figur 2 aufgrund der Perspektive nicht zu erkennende) Abstand l einer derartigen Stegscheibe zu einer benachbarten Stegscheibe kann beispielsweise mindestens 5 cm, bevorzugter mindestens 10 cm betragen und/oder höchstens 25 cm; vorzugsweise haben alle Stegscheiben einen derartigen Abstand l zu einer oder beiden jeweils benachbarten Stegscheibe(n). Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, bei der für das Verhältnis l/d von Abstand l zur Spaltbreite d (und damit zum Außendurchmesser der Rohre) jeweils gilt $10 \leq l/d \leq 100$, bevorzugter $20 \leq l/d \leq 30$. Damit kann eine weit entfernte Resonanzfrequenz realisiert werden.

[0043] Gemäß einem speziellen vorteilhaften Ausführungsbeispiel umfasst ein erfindungsgemäßes Rohrbündel 1000 bis 1300 Rohre, die insgesamt durch jeweilige Spalte von 8 - 12 gegeneinander (um eine zentrale Mittelachse) verdrehten Stegscheiben verlaufen können. Andere Abmessungen und/oder Anzahlen liegen jedoch ebenfalls im Rahmen der vorliegenden Erfindung.

[0044] Figur 3 zeigt schematisch in einem Querschnitt, wie eine Stegscheibe 12 eines erfindungsgemäßen Rohrbündels mit an einer Kante 17 aneinander anstoßenden Außensegmenten 16a, 16b verbunden werden kann: Entlang der Kante 17 bilden die Außensegmente 16a, 16b zusammen eine Nut 18 aus, in die hinein ein Teil des ringartigen Randes 13 der Stegscheibe versenkt ist. Vorteilhaft ist eine Tiefe der Nut von ca. 20 - 30% der Wandstärke der aneinander anstoßenden Außensegmente 16a, 16b; gemäß einem speziellen Ausführungsbeispiel beträgt die Wandstärke 1 mm - 3 mm.

[0045] Durch die Nut kann die Stegscheibe auf einfache Weise genau entlang der Kante positioniert werden, zudem ermöglicht die Versenkung in die Nut eine solide Verbindung und gute Abdichtung des Außenrohrs an der Kante. Vorzugsweise wird der ringartige Rand 13 in der Nut (z.B. mit einer einzigen Schweißnaht) verschweißt.

[0046] Für ein besonders einfaches Einsetzen ist die Breite h des Randes (also die Zylinderhöhe des kreiszylindrisch ausgebildeten ringartigen Randes) im dargestellten Beispiel kleiner als die Nutbreite; die Nut weist somit einen Einpassungsspielraum 19 einer Breite a auf (die größer als Null ist, vorzugsweise größer als ein Schweißschrumpf; gemäß einem speziellen Ausführungsbeispiel gilt $1\text{ mm} \leq a \leq 5\text{ mm}$). Die Breite h des ringartigen Randes 13 der Stegscheibe ist zudem im gezeigten Beispiel größer als eine Stegbreite b (die z.B. im Wesentlichen gleich dem Außendurchmesser der Rohre sein kann); damit kann eine gute Befestigung des ringartigen Randes an den Außenrohrsegmenten bei zugleich schmalen Stegen gewährleistet werden, die ihrerseits aufgrund einer daraus resultierenden besseren Umspülung der Rohre vorteilhaft sein können. Gemäß speziellen vorteilhaften Ausführungsformen gilt z.B. $1,5d \leq h \leq 2d$ (wobei d den Stegabstand bezeichnet, der vorzugsweise dem Außendurchmesser der Rohre entspricht).

Bezugszeichen**[0047]**

5	10	Rohrbündel
	11	Rohr
	12, 12a, 12b, 12c	Stegscheibe
	13	ringartiger Rand
	14	Steg
10	15, 15'	Spalt
	16a, 16b, 16c	Außenrohrsegmente
	17	Kante
	18	Nut
	19	Einpassungsspielraum
15		
	a	Breite des Einpassungsspielraums
	b	Stegbreite
	d	Stegabstand
	h	Breite des ringartigen Randes
20	L	Längsrichtung der Rohre
	S, S _a , S _b , S _c	Spalttrichtung
	α , β	Verdrehungswinkel

25 Patentansprüche

1. Rohrbündel (10) für einen Rohrbündelwärmetauscher, das eine Mehrzahl an Rohren (11) sowie mindestens eine Stegscheibe (12, 12a, 12b, 12c) umfasst, wobei die mindestens eine Stegscheibe einen die Mehrzahl an Rohren umlaufenden ringartigen Rand (13) und mehrere zueinander im Wesentlichen parallel verlaufende Stege (14) aufweist, zwischen denen jeweils Spalte (15, 15', 15a, 15b, 15c) ausgebildet sind, durch die mehrere der Rohre (11) verlaufen, wobei die Stege an ihren Enden kontinuierlich in den ringartigen Rand übergehen.
2. Rohrbündel gemäß Anspruch 1, wobei der ringartige Rand (13) im Wesentlichen als Kreiszylinder ausgebildet ist.
3. Rohrbündel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Spalte (15, 15', 15a, 15b, 15c) durch jeweils im Wesentlichen flache Oberflächen der jeweiligen Stege (14) begrenzt werden.
4. Rohrbündel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die Spalte (15') jeweils von einem ersten Abschnitt (23a) des ringartigen Rands bis zu einem zweiten Abschnitt (23b) des ringartigen Rands (13) erstrecken, und/oder wobei die Rohre jeweils einen Außendurchmesser (d) haben, der im Wesentlichen gleich einem Abstand benachbarter Stege (14) der mindestens einen Stegscheibe ist.
5. Rohrbündel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rohre (11) in mindestens einem Abschnitt zueinander parallel verlaufen und jeweils durch zwei oder mehr hintereinander angeordnete Stegscheiben (12a, 12b, 12c) geführt sind, deren Spaltlängsrichtung (S_a, S_b, S_c) gegeneinander verdreht ist.
6. Rohrbündel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das eine Mehrzahl an Außenrohrsegmenten (16a, 16b, 16c) umfasst, die in Längsrichtung der Rohre hintereinander angeordnet sind und die Mehrzahl an Rohren (11) mindestens teilweise einfassen, wobei mindestens zwei der Mehrzahl an Außenrohrsegmenten an einer Kante (17) aneinander anstoßen, entlang der innenseitig der ringartige Rand (13) einer Stegscheibe (12, 12a, 12b, 12c) verläuft.
7. Rohrbündel gemäß Anspruch 6, wobei jedes der mindestens zwei Außenrohrsegmente (16a, 16b) an dem ringartigen Rand (13) angeschweißt und/oder angelötet ist.
8. Rohrbündel gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei die aneinander anstoßenden Außenrohrsegmente (16a, 16b) entlang der Kante eine Nut (18) ausbilden, in die hinein mindestens ein Abschnitt des ringartigen Rands (13) der Stegscheibe (12, 12a, 12b, 12c) abgesenkt ist.

EP 3 211 357 A1

9. Rohrbündelwärmetauscher mit einem Rohrbündel (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.

10. Verfahren zum Herstellen eines Rohrbündels (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, das ein Fertigen mindestens einer der Stegscheiben (12, 12a, 12b, 12c) mittels Herausfräsen der Spalte (15, 15', 15a, 15b, 15c) aus einem Vollmaterial oder mittels eines additiven Fertigungsverfahrens umfasst.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

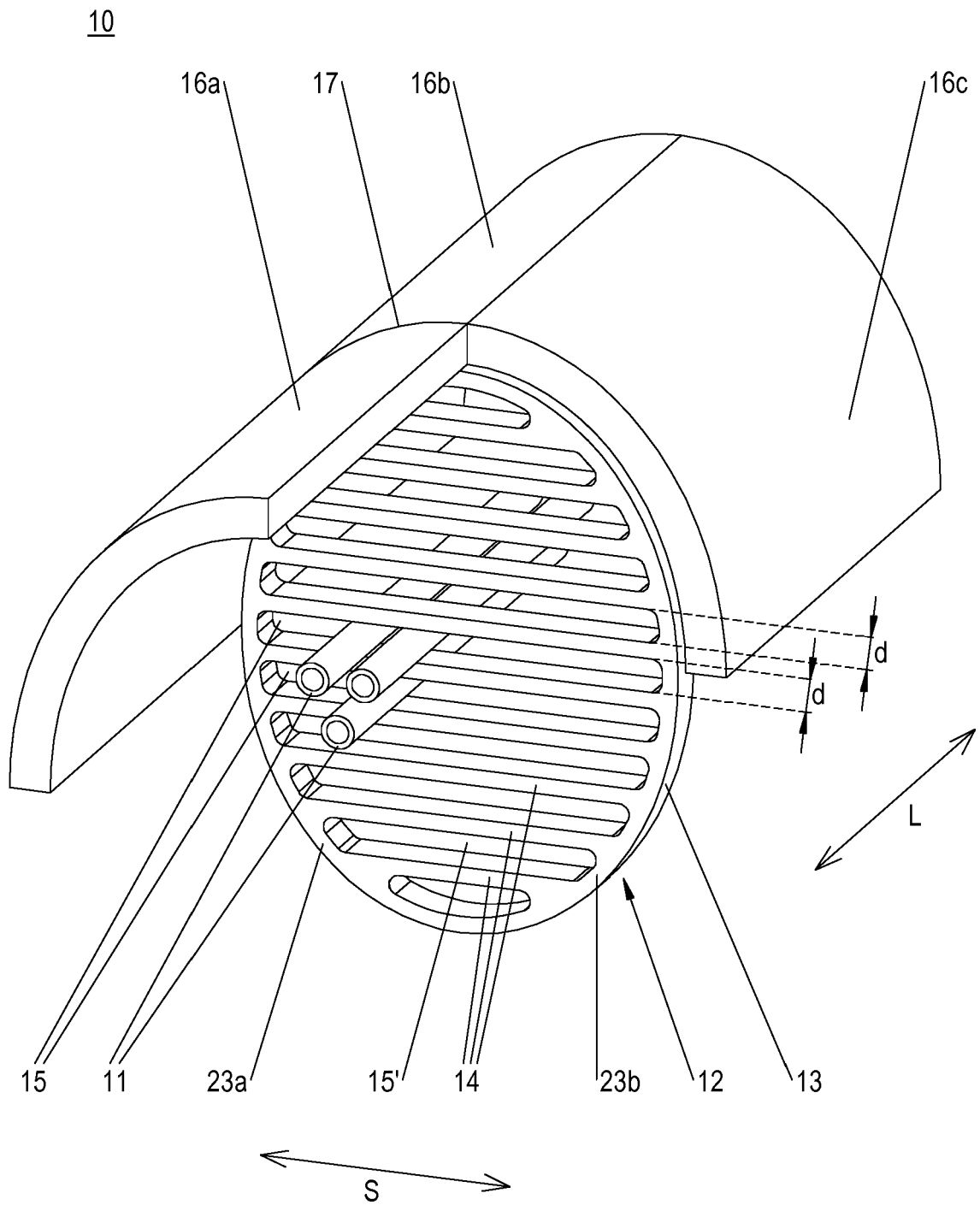


Fig. 2

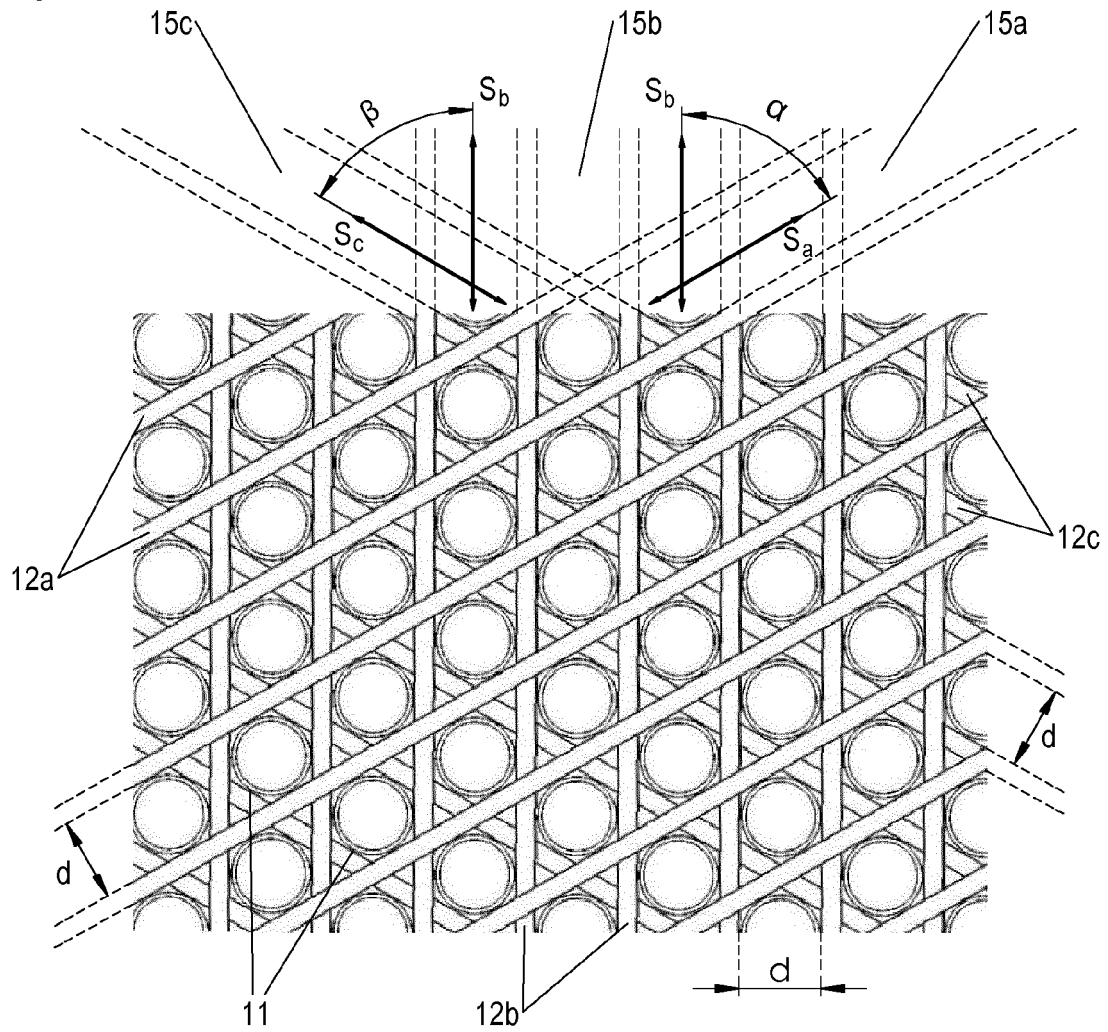
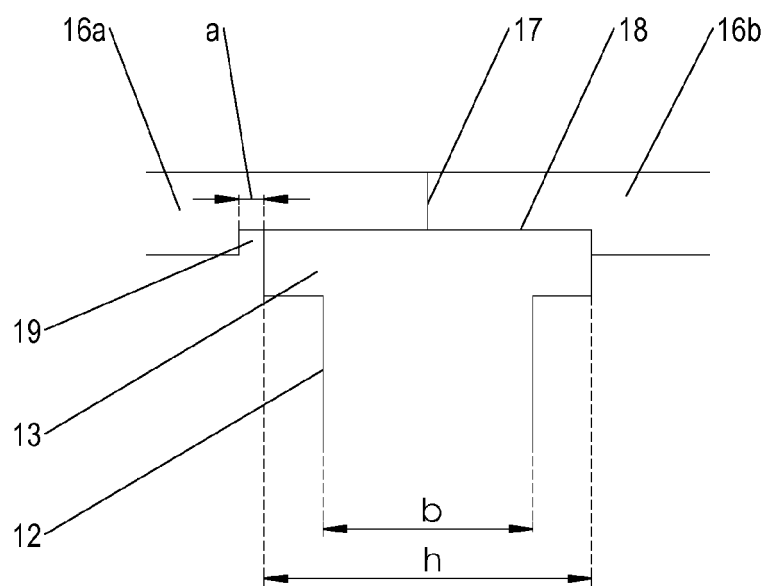


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 17 15 6946

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 887 001 A1 (CASALE SA [CH]) 24. Juni 2015 (2015-06-24) * das ganze Dokument *	1-10	INV. F28D7/16 F28F9/013 F28F9/24
X	EP 2 076 728 A1 (EXXONMOBIL RES & ENG CO [US]) 8. Juli 2009 (2009-07-08) * Seite 1- - Seite 10; Abbildungen 1-4 *	1-3,10	
X	CN 1 320 802 A (HUANAN SCIENCE & ENGINEERING [CN]) 7. November 2001 (2001-11-07) * Abbildungen 1-5 *	1-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28D F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Juni 2017	Prüfer Bloch, Gregor
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 15 6946

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

20-06-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2887001 A1	24-06-2015	AU 2014364675 A1	12-05-2016
		CA 2928802 A1	25-06-2015
		CN 105849497 A	10-08-2016
		EP 2887001 A1	24-06-2015
		EP 3084334 A1	26-10-2016
		US 2016273845 A1	22-09-2016
		WO 2015091445 A1	25-06-2015
EP 2076728 A1	08-07-2009	AU 2007307163 A1	17-04-2008
		CA 2665067 A1	17-04-2008
		CN 101523146 A	02-09-2009
		EP 2076728 A1	08-07-2009
		JP 2010506128 A	25-02-2010
		KR 20090085614 A	07-08-2009
		US 2008245515 A1	09-10-2008
		WO 2008045243 A1	17-04-2008
CN 1320802 A	07-11-2001	KEINE	

EPO FORM P0461

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