



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.12.2019 Patentblatt 2019/51

(51) Int Cl.:
F28F 13/18 ^(2006.01) **F28F 1/26** ^(2006.01)
F28F 1/36 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19000245.1**

(22) Anmeldetag: **17.05.2019**

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

(30) Priorität: **12.06.2018 DE 102018004701**

(71) Anmelder: **Wieland-Werke AG**
89079 Ulm (DE)

(72) Erfinder:
• **Gotterbarm, Achim**
89160 Dornstadt (DE)
• **El Hajal, Jean**
89077 Ulm (DE)
• **Dietl, Jochen**
89077 Ulm (DE)
• **Schwitalla, Andreas**
89171 Illerkirchberg (DE)
• **Lutz, Ronald**
89143 Blaubeuren (DE)
• **Weixler, Martin**
89294 Oberroth (DE)
• **Knab, Manfred**
89160 Dornstadt (DE)

(54) **METALLISCHES WÄRMEAUSTAUSCHERROHR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Wärmeaustauscherrohr (1), umfassend eine Rohrwand (2) und auf der Rohraußenseite (21) umlaufende Rippen (3), welche einen Rippenfuß (31), Rippenflanken (32) und eine Rippenspitze (33) haben sowie eine zwischen den Rippen gebildete Primärnut (34), wobei der Rippenfuß (31) im Wesentlichen radial von der Rohrwand (2) absteht, und die Rippenflanken (32) entlang der Primärnut (34) mit zusätzlichen voneinander beabstandeten Strukturelementen (4)

versehen sind, welche als aus Material der Rippenflanke (32) geformte Werkstoffvorsprünge (4) ausgebildet sind, die seitlich an der Rippenflanke (32) angeordnet sind. Die Werkstoffvorsprünge (4) sind derart verformt, dass sie die Rohrwand (2) im Bereich der Primärnut (34) berühren, so dass lokale Kavitäten (5) ausgebildet sind. Die Kavitäten (5) weisen in Umlaufrichtung (U) der Rippen Öffnungen (51, 52) auf.

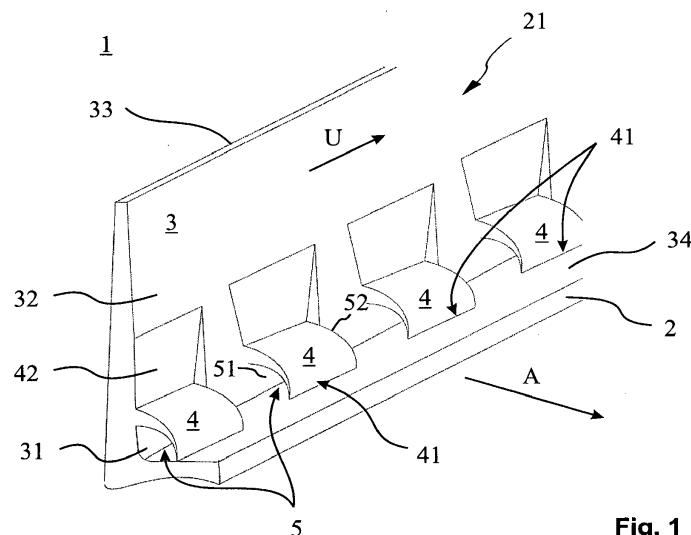


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein metallisches Wärmeaustauscherrohr mit auf der Rohraußenseite umlaufenden Rippen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Derartige metallische Wärmeaustauscherrohre dienen insbesondere zur Verdampfung von Flüssigkeiten aus Reinstoffen oder Gemischen auf der Rohraußenseite.

[0003] Verdampfung tritt in vielen Bereichen der Kälte- und Klimatechnik sowie in der Prozess- und Energietechnik auf. Häufig werden Rohrbündelwärmeaustauscher verwendet, in denen Flüssigkeiten von Reinstoffen oder Mischungen auf der Rohraußenseite verdampfen und dabei auf der Rohrinne- oder Wasser abkühlen. Solche Apparate werden als überflutete Verdampfer bezeichnet.

[0004] Durch die Intensivierung des Wärmeübergangs auf der Rohraußen- bzw. der Rohrinne- oder Wasser lässt sich die Größe der Verdampfer stark reduzieren. Hierdurch nehmen die Herstellungskosten solcher Apparate ab. Außerdem sinkt die notwendige Füllmenge an Kältemitteln, die bei den heute überwiegend verwendeten, chlorfreien Sicherheitskältemitteln einen nicht zu vernachlässigenden Kostenanteil an den gesamten Anlagekosten ausmachen kann. Bei toxischen oder brennbaren Kältemitteln lässt sich durch eine Reduktion der Füllmenge ferner das Gefahrenpotenzial herabsetzen. Die heute üblichen Hochleistungsrohre sind bereits etwa um den Faktor vier leistungsfähiger als glatte Rohre gleichen Durchmessers.

[0005] Es ist Stand der Technik, derartig leistungsfähige Rohre auf der Basis von integral gewalzten Rippenrohren herzustellen. Unter integral gewalzten Rippenrohren werden berippte Rohre verstanden, bei denen die Rippen aus dem Wandmaterial eines Glattrohres geformt wurden. Es sind hierbei verschiedene Verfahren bekannt, mit denen die zwischen benachbarten Rippen befindlichen Kanäle derart verschlossen werden, dass Verbindungen zwischen Kanal und Umgebung in Form von Poren oder Schlitzbleiben. Insbesondere werden solche im Wesentlichen geschlossenen Kanäle durch Umbiegen oder Umlegen der Rippen (US 3 696 861 A; US 5 054 548 A; US 7 178 361 B2), durch Spalten und Stauchen der Rippen (DE 27 58 526 C2; US 4 577 381 A) und durch Kerben und Stauchen der Rippen (US 4 660 630 A; EP 0 713 072 B1; US 4 216 826 A) erzeugt.

[0006] Die leistungsstärksten, kommerziell erhältlichen Rippenrohre für überflutete Verdampfer besitzen auf der Rohraußenseite eine Rippenstruktur mit einer Rippendichte von 55 bis 60 Rippen pro Zoll (US 5 669 441 A; US 5 697 430 A; DE 197 57 526 C1). Dies entspricht einer Rippenteilung von ca. 0,45 bis 0,40 mm. Prinzipiell ist es möglich, die Leistungsfähigkeit derartiger Rohre durch eine noch höhere Rippendichte bzw. kleinere Rippenteilung zu verbessern, da hierdurch die Blasenkeimstellendichte erhöht wird. Eine kleinere Rippenteilung erfordert zwangsläufig gleichermaßen feinere

Werkzeuge. Feinere Werkzeuge sind jedoch einer höheren Bruchgefahr und einem schnelleren Verschleiß unterworfen. Die derzeit verfügbaren Werkzeuge ermöglichen eine sichere Fertigung von Rippenrohren mit Rippendichten von maximal 60 Rippen pro Zoll. Ferner wird mit abnehmender Rippenteilung die Produktionsgeschwindigkeit der Rohre kleiner und folglich werden die Herstellungskosten höher.

[0007] Weiterhin ist bekannt, dass leistungsgesteigerte Verdampfungsstrukturen bei gleichbleibender Rippendichte auf der Rohraußenseite erzeugt werden können, indem man zusätzliche Strukturelemente im Bereich des Nutengrundes zwischen den Rippen einbringt. Da im Bereich des Nutengrundes die Temperatur der Rippe höher ist als im Bereich der Rippenspitze, sind Strukturelemente zur Intensivierung der Blasenbildung in diesem Bereich besonders wirkungsvoll.

[0008] Beispiele hierfür sind in EP 0 222 100 B1; US 5 186 252 A; JP 4 039 596 B2 und US 2007 / 0 151 715 A1 zu finden. Diesen Erfindungen ist gemeinsam, dass die Strukturelemente am Nutengrund keine hinterschnittene Form aufweisen, weshalb sie die Blasenbildung nicht ausreichend intensivieren. In EP 1 223 400 B1 und WO 2014/ 072 047 A1 wird vorgeschlagen, am Nutengrund zwischen den Rippen hinterschnittene Sekundärnuten zu erzeugen, die sich kontinuierlich entlang der Primärnut erstrecken. Der Querschnitt dieser Sekundärnuten kann konstant bleiben oder in regelmäßigen Abständen variiert werden. In WO 2014/ 072 046 A1 wird vorgeschlagen, am Nutengrund zwischen den Rippen pyramidenartige hinterschnittene Strukturelemente zu erzeugen, die in regelmäßigen Abständen entlang der Primärnut angeordnet sind.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein leistungsgesteigertes Wärmeaustauscherrohr zur Verdampfung von Flüssigkeiten auf der Rohraußenseite anzugeben.

[0010] Die Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren rückbezogenen Ansprüche betreffen vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung.

[0011] Die Erfindung schließt ein metallisches Wärmeaustauscherrohr ein, umfassend eine Rohrwand und auf der Rohraußenseite umlaufende Rippen, welche einen Rippenfuß, Rippenflanken und eine Rippenspitze haben sowie eine zwischen den Rippen gebildete Primärnut, wobei der Rippenfuß im Wesentlichen radial von der Rohrwand absteht, und die Rippenflanken entlang der Primärnut mit zusätzlichen voneinander beabstandeten Strukturelementen versehen sind, welche als aus Material der Rippenflanke geformte Werkstoffvorsprünge ausgebildet sind, die seitlich an der Rippenflanke angeordnet sind. Die Werkstoffvorsprünge sind derart verformt, dass sie die Rohrwand im Bereich der Primärnut berühren, so dass lokale Kavitäten ausgebildet sind. Die Kavitäten weisen in Umlaufrichtung der Rippen Öffnungen auf.

[0012] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass zur Erhöhung des Wärmeüberganges bei der

Verdampfung der Vorgang des Blasensiedens intensivi-
viert wird. Die Bildung von Blasen beginnt an Keimstel-
len. Diese Keimstellen sind meist kleine Gas- oder
Dampfeinschlüsse. Wenn die anwachsende Blase eine
bestimmte Größe erreicht hat, löst sie sich von der Ober-
fläche ab. Würde im Zuge der Blasenablösung uner-
wünscht die Keimstelle mit Flüssigkeit geflutet, dann wird
die Keimstelle deaktiviert. Die Oberfläche muss also der-
art gestaltet werden, dass beim Ablösen der Blase eine
kleine Blase zurück bleibt, die dann als Keimstelle für
einen neuen Zyklus der Blasenbildung dient. Dies wird
erreicht, indem man auf der Oberfläche lokale Kavitäten
ausbildet, die in Umlaufrichtung der Rippen Öffnungen
aufweisen. Durch die Öffnung erfolgt der Austausch von
Flüssigkeit und Dampf.

[0013] Eine Kavität wird aus Material der Rippenflanke
gebildet, welches ähnlich einem Span geformt als Werk-
stoffvorsprung die Rohrwand im Bereich der Primärnut
berührt. Im Sonderfall handelt es sich um die stirnseitige
Kante, also den von der Rippenflanke im Krümmungs-
verlauf entferntesten Bereich eines Werkstoffvor-
sprungs. Mit anderen Worten: Die verformten Werkstoff-
vorsprünge weisen vorderseitig quasi eine Spitze auf,
deren stirnseitigen Kanten oder auch die durch einen
denkbaren Einrollvorgang im Herstellungsprozess an
diese stirnseitigen Kanten unmittelbar anschließenden
Flächenanteile mit der Rohrwand im Bereich der Primär-
nut in Berührung kommen können. Eine Kavität wird fol-
glich aus dem Werkstoffvorsprung und dem radial inner-
halb des Werkstoffvorsprungs verbleibenden Rippenfuß
und dem an den Rippenfuß anschließenden Bereich der
Primärnut bis zum Kontakt des Werkstoffvorsprungs
ausgeformt. Die Werkstoffvorsprünge sind besonders
bevorzugt beidseitig an den Rippen angeordnet.

[0014] Die Länge der Bereiche in Umlaufrichtung zwi-
schen zwei Kavitäten können zwischen 0,2 mm und 0,5
mm betragen. Hierdurch wird eine optimale Abstimmung
der aufeinanderfolgenden Kavitäten und dazwischen lie-
genden Bereiche erzielt.

[0015] Zudem können die Rippenspitzen derart ver-
formt sein, dass sie die Primärnuten in Radialrichtung
überdecken und teilweise verschließen und so einen he-
lixförmig umlaufenden, teilweise abgeschlossenen Hohl-
raum bilden. Die Rippenspitzen können dabei beispiels-
weise einen im Wesentlichen T-förmigen Querschnitt mit
porenartigen Ausnehmungen aufweisen, durch welche
die Dampfblasen entweichen können.

[0016] Der besondere Vorteil der Erfindung besteht
darin, dass die Wirkung einer Kavität auf die Bildung von
Blasen dann besonders groß ist, wenn der Austausch
von Flüssigkeit und Dampf gezielt gesteuert und die Flu-
tung der Blasenkeimstelle in der Kavität verhindert wird.
Die Lage der Kavitäten in der Nähe des primären Nuten-
grundes ist für den Verdampfungsprozess besonders
günstig, da am Nutengrund die Übertemperatur am
größten ist und deshalb dort die höchste treibende Tem-
peraturdifferenz für die Blasenbildung zur Verfügung
steht.

[0017] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung
können die Kavitäten einen zylinderartigen Hohlraum
ausbilden. Die Werkstoffvorsprünge können sich mit zu-
nehmender Entfernung von der Rippenflanke zuneh-
mend verformen, so dass sie sich quasi bis zum Kontakt
mit der Rohrwand einrollen und sich dadurch eine zylin-
derförmige Röhre ausbildet. Ein zylinderartiger Hohl-
raum hat in Umlaufrichtung der Rippen zwei im Wesent-
lichen gleichgeartete Öffnungen, über die ein Blasen-
keim den Verdampfungsprozess eines Fluids unter-
stützt.

[0018] Vorteilhafterweise kann die maximale lichte
Weite einer Kavität maximal die Hälfte der Längserstreckung
der Kavität betragen. Hierdurch werden längliche
Hohlräume ausgebildet, die besonders effizient Blasen-
keimstellen darstellen und zu einer Erhöhung des Wär-
meüberganges bei der Verdampfung beitragen. Wenn
die aus der längsgestreckten Kavität anwachsende Blase
eine bestimmte Größe erreicht hat, löst sie sich von
der Oberfläche ab. Nach der Ablösung wird die längliche
Röhre als Keimstelle nur zu einem gewissen Teil mit Flüssig-
keit geflutet, wodurch die Keimstelle ständig aktiviert
bleibt. Die Dimension des Hohlraums wird folglich derart
gestaltet, dass beim Ablösen einer Blase eine kleine Blase
zurück bleibt, die dann als Keimstelle für einen neuen
Zyklus der Blasenbildung dient.

[0019] In besonders bevorzugter Ausgestaltung kön-
nen an den Rippenflanken zwischen den Kavitäten Fluid-
leitstrukturen angeordnet sein. Die im Verdampfungs-
prozess gebildeten Blasen haben bevorzugt ihren Ur-
sprung in den in Umlaufrichtung der Rippen geöffneten
Kavitäten, die Flüssigkeit strömt durch die Fluidleitstruk-
turen bevorzugt radial entlang der Rippenflanke nahe der
verschlossenen Bereiche der Kavität nach. Hierbei wird
die entweichende Blase durch das einströmende flüssige
Arbeitsmedium nicht behindert und kann sich ungestört
in der Primärnut ausdehnen. Die jeweiligen Strömungs-
zonen für die Flüssigkeit und den Dampf sind dabei im
Idealfall räumlich voneinander getrennt.

[0020] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungs-
form der Erfindung können Fluidleitstrukturen angeord-
net sein, welche sich von einer Kavität zur in Umlaufrich-
tung der Rippen benachbarten Kavität erstrecken. Hier-
durch strömt die Flüssigkeit besonders effizient radial
entlang der Rippenflanke nach. Die entweichende Blase
wird durch das einströmende flüssige Arbeitsmedium
nicht behindert und kann sich bis zur Ablösung in der
Primärnut ausdehnen. Durch die Fluidleitstrukturen wer-
den die jeweiligen Strömungszonen für die Flüssigkeit
und für den Dampf räumlich getrennt.

[0021] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung können
sich die Fluidleitstrukturen an den Rippenflanken in ei-
nem zur Rippenspitze hin ansteigenden erhabenen Bo-
gensegment erstrecken. Durch derartige Fluidleitstruk-
turen wird das Fluid zu den Kavitäten als Blasenkeim-
stellen zur Verdampfung hingeführt.

[0022] Vorteilhafterweise können sich die Fluid-
leitstrukturen an den Rippenflanken in radialer Richtung

als erhabene Fluidleitflächen erstrecken. Erhabene Fluidleitflächen können aufgrund vergleichsweise scharfer Kanten und des Benetzungsverhaltens des flüssigen Fluids besonders wirksam für einen Stofftransport am Wärmeaustauscherrohr und damit für einen effizienten Wärmeaustausch sorgen.

[0023] In bevorzugter Ausführungsform der Erfindung kann eine Fluidleitfläche radial einwärts gerichtet an oder in unmittelbarer Nachbarschaft einer Kavität enden. Derartige Strukturen sorgen für eine gezielte Fluidführung und damit effiziente Wärmeabfuhr auf der Rohraußen-seite.

[0024] Vorteilhafterweise kann eine Fluidleitfläche radial auswärts gerichtet an oder in unmittelbarer Nachbarschaft der Rippen Spitze enden. So wird bereits, ausgehend vom Bereich der Rippen Spitze, das flüssige Fluid für einen Wärmeaustausch an den Rippenflanken entlang radial in Richtung Rohrwand geführt.

[0025] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können sich die Fluidleitstrukturen an den Rippenflanken in radialer Richtung auswärts gerichtet maximal bis zur Hälfte der Rippenhöhe erstrecken. Aus fertigungstechnischen Gründen kann die Rippen Spitze ausgesprochen schmal ausgebildet sein, wodurch radial einwärts gerichtet eine Rippe erst im mittleren Teil und im Bereich des Rippenfußes eine ausreichende Breite und damit genügend Material aufweist, um aus der Flanke einen Werkstoffvorsprung auszubilden.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

[0027] Darin zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Teilansicht eines Rippenabschnitts eines Wärmeaustauscherrohres mit Werkstoffvorsprüngen,
- Fig. 2 eine Detailansicht eines in Figur 1 dargestellten Werkstoffvorsprungs mit einer gekrümmten Begrenzungsfläche,
- Fig. 3 eine perspektivische Teilansicht eines Rippenabschnitts eines Wärmeaustauscherrohres mit Werkstoffvorsprüngen und erhabenen Fluidleitstrukturen, und
- Fig. 4 eine weitere perspektivische Teilansicht eines Rippenabschnitts eines Wärmeaustauscherrohres mit Werkstoffvorsprüngen und bogenartigen Fluidleitstrukturen.

[0028] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0029] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Teilansicht eines Rippenabschnitts eines Wärmeaustauscherrohres 1 mit vier Werkstoffvorsprüngen 4. Von der Rohraußen-seite 21 ist nur ein Teil der umlaufenden, integral ausgeformten Rippen 3 abgebildet. Die Rippen 3 haben einen Rippenfuß 31, der an der Rohrwand 2 ansetzt, Rippenflanken 32 und eine Rippen Spitze 33. Die Rippe 3 steht im Wesentlichen radial von der Rohrwand 2 ab. Die Rippenflanken 32 sind mit zusätzlichen Strukturelementen

versehen, die als Werkstoffvorsprünge 4 ausgebildet sind, die seitlich an der Rippenflanke 32 ansetzen. Die Werkstoffvorsprünge 4 weisen stirnseitige Spitzen 41 auf, welche die Rohrwand 2 im Bereich der Primärnut 34 berühren. Hierdurch bilden sich zusammen mit dem Rippenfuß 31 Kavitäten 5 aus, welche in Umlaufrichtung U der Rippen Öffnungen 51, 52 aufweisen. Derartige Kavitäten 5 bilden im Verdampfungsprozess eines Fluids bevorzugt Blasenkeimstellen, welche den Wärmeaustausch fördern.

[0030] In der abgebildeten Ausführungsform sind die Begrenzungsflächen der Werkstoffvorsprünge 4 auf der von der Rohrwand 2 abgewandten Seite konvex gekrümmt. Prinzipiell können allerdings bei jedem Werkstoffvorsprung 4 auch andere Begrenzungsflächen mit einer konvexen Krümmung ausgestattet sein. Die übrigen, nicht konvexen Begrenzungsflächen, können entweder eben oder auch konkav ausgestaltet sein. Das Material der integral herausgearbeiteten Werkstoffvorsprünge 4 stammt aus der Rippenflanke 32, wobei durch eine Materialverlagerung bei der Herstellung der Wärmeaustauscherrohre 1 zusätzlich Ausnehmungen 42 in der Rippenflanke 32 entstehen.

[0031] Fig. 2 zeigt eine Detailansicht eines Werkstoffvorsprungs 4 mit einer gekrümmten Begrenzungsfläche und einer Spitze 41, welche die Rohrwand 2 im Bereich der Primärnut 34 berührt. Die aus dem Rippenfuß 31 und der Innenseite der Werkstoffvorsprünge 4 gebildeten Kavität 5 weist einen annähernd zylinderartigen Hohlraum auf.

[0032] Die maximale lichte Weite x_1 einer Kavität 5 ist wesentlich geringer als die Längserstreckung x_2 der Kavität 5. Hierdurch entstehen längliche Hohlräume, die besonders effizient Blasenkeimstellen bilden und zu einer Erhöhung des Wärmeüberganges bei der Verdampfung beitragen. Die Dimension des Hohlraums wird folglich derart gestaltet, dass beim Ablösen einer Blase im Verdampfungsprozess ein kleiner Blasenrest zurück bleibt, der dann als Keimstelle für einen neuen Zyklus der Blasenbildung dient. Im Bereich der Ausnehmung 42 wird im Betrieb flüssiges Fluid bevorzugt angesammelt, wodurch sich vermehrt Flüssigkeit im Bereich des Blasenkeims befindet, welches zur Verdampfung zur Verfügung steht. Bei üblichen Strukturgrößen der erfindungsgemäßen Wärmeaustauscherrohre 1 mit integral gewalzten Rippen 3 liegt die Strukturgröße der Werkstoffvorsprünge 4 und damit auch der Kavitäten 5 typischerweise im Submillimeterbereich.

[0033] Fig. 3 zeigt eine perspektivische Teilansicht eines Rippenabschnitts eines Wärmeaustauscherrohres 1 mit Werkstoffvorsprüngen 4 und erhabenen Fluidleitstrukturen 6. Von der Rohraußen-seite 21 ist wiederum nur ein Teil einer der umlaufenden, integral ausgeformten Rippen 3 abgebildet. Die Rippen 3 haben einen Rippenfuß 31, der an der Rohrwand 2 ansetzt, Rippenflanken 32 und eine Rippen Spitze 33. Die Rippen 3 stehen radial von der Rohrwand 2 ab. Die Rippenflanken 32 sind mit zusätzlichen Strukturelementen versehen, die als

Werkstoffvorsprünge 4 ausgebildet sind. Die ausgebildeten Fluidleitstrukturen 6 erstrecken sich im Wesentlichen in Axial- und Radialrichtung des Rohres 1.

[0034] In Fig. 3 sind zu jedem der Werkstoffvorsprünge 4 jeweils zwei Fluidleitflächen 62 zugeordnet. Die Fluidleitflächen 62 sind radial von außen an die Werkstoffvorsprünge 4 herangeführt. Durch die Fluidleitstrukturen 6 wird die Oberfläche des Rohres 1 vergrößert. Ferner stellen die von der Rippenflanke 32 abgewandten Ränder der Fluidleitflächen 62 konvexe Kanten dar, an denen das flüssige Fluid bevorzugt angesammelt und zur Kavität 5 geleitet wird. Die in Fig. 3 dargestellten Fluidleitflächen 62 sind ebene Flächen. Derartige Flächen können jedoch auch in sich gekrümmt sein bzw. auch eine wellige Gestalt annehmen.

[0035] Wie in Fig. 3 zudem dargestellt, ist die axiale Erstreckung der Fluidleitflächen 62 kleiner als die axiale Erstreckung der Werkstoffvorsprünge 4. Dadurch entstehen an der Rippenflanke 32 taschenartige Strukturen als Ausnehmungen 42. Folglich kann sich bei einem so ausgestalteten Wärmeaustauscherrohr 1 zudem flüssiges Fluid in den taschenartigen Strukturen 42 sammeln und zum Verdampfungsprozess zur Verfügung stehen. Es wird die Oberfläche des Rohres 1 damit gezielt mit flüssigem Fluid bedeckt. Dies begünstigt den Verdampfungsprozess, wodurch die Leistungsfähigkeit des Rohres erhöht wird.

[0036] Fig. 4 zeigt eine perspektivische Teilansicht eines Rippenabschnitts eines Wärmeaustauscherrohres 1 mit mehreren Werkstoffvorsprüngen 4. Von der Rohraußenseite 21 ist wiederum nur ein Teil der umlaufenden, integral ausgeformten Rippen 3 abgebildet. Das Material der integral herausgearbeiteten Werkstoffvorsprünge 4 stammt in erster Linie aus der Rippenflanke 32, wobei durch eine Materialverlagerung bei der Herstellung der Wärmeaustauscherrohre 1 Ausnehmungen 42 entstehen. Ausgehend von diesen Ausnehmungen 42 verlaufen Fluidleitstrukturen 6 als Bogensegmente 61, die an den Rippenflanken 32 zur Rippenspitze hin ansteigen. Derartige Fluidleitstrukturen 6 erstrecken sich folglich von einer Kavität 5 zur in Umlaufrichtung der Rippen 3 benachbarte Kavität 5. Hierdurch strömt die Flüssigkeit besonders effizient radial entlang der Rippenflanke 32 zur Kavität 5 nach.

Bezugszeichenliste

[0037]

1	Wärmeaustauscherrohr
2	Rohrwand
21	Rohraußenseite
22	Rohrinnenseite
3	Rippe auf der Rohraußenseite
31	Rippenfuß
32	Rippenflanke
33	Rippenspitze
34	Primärnut

4	Strukturelement, Werkstoffvorsprung
41	Spitze
42	Ausnehmung
5	Kavität
51	Öffnung
52	Öffnung
6	Fluidleitstruktur
61	Bogensegment
62	Fluidleitfläche
10	
x ₁	lichte Weite einer Kavität
x ₂	Längserstreckung einer Kavität
U	Umlaufrichtung
A	Rohrachse

15

Patentansprüche

1. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1), umfassend eine Rohrwand (2) und auf der Rohraußenseite (21) umlaufende Rippen (3), welche einen Rippenfuß (31), Rippenflanken (32) und eine Rippenspitze (33) haben sowie eine zwischen den Rippen gebildete Primärnut (34), wobei der Rippenfuß (31) im Wesentlichen radial von der Rohrwand (2) absteht, und die Rippenflanken (32) entlang der Primärnut (34) mit zusätzlichen voneinander beabstandeten Strukturelementen (4) versehen sind, welche als aus Material der Rippenflanke (32) geformte Werkstoffvorsprünge (4) ausgebildet sind, die seitlich an der Rippenflanke (32) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Werkstoffvorsprünge (4) derart verformt sind, dass sie die Rohrwand (2) im Bereich der Primärnut (34) berühren, so dass lokale Kavitäten (5) ausgebildet sind, und
- **dass** die Kavitäten (5) in Umlaufrichtung (U) der Rippen Öffnungen (51, 52) aufweisen.

2. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kavitäten (5) einen zylinderartigen Hohlraum ausbilden.

45

3. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale lichte Weite (x₁) einer Kavität (5) maximal die Hälfte der Längserstreckung (x₂) der Kavität (5) beträgt.

50

4. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Rippenflanken (32) zwischen den Kavitäten (5) Fluidleitstrukturen (6) angeordnet sind.

55

5. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Fluid-

leitstrukturen (6) angeordnet sind, welche sich von einer Kavität (5) zur in Umlaufrichtung (U) der Rippen (3) benachbarten Kavität (5) erstrecken.

6. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Fluidleitstrukturen (6) an den Rippenflanken (32) in einem zur Rippenspitze (33) hin ansteigenden erhabenen Bogensegment (61) erstrecken. 5
7. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Fluidleitstrukturen (6) an den Rippenflanken (32) in radialer Richtung als erhabene Fluidleitflächen (62) erstrecken. 10
8. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Fluidleitfläche (62) radial einwärts gerichtet an oder in unmittelbarer Nachbarschaft einer Kavität (5) endet. 15
9. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach einem der Ansprüche 4, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Fluidleitfläche (62) radial auswärts gerichtet an oder in unmittelbarer Nachbarschaft der Rippenspitze (33) endet. 20
10. Metallisches Wärmeaustauscherrohr (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Fluidleitstrukturen (6) an den Rippenflanken (32) in radialer Richtung auswärts gerichtet maximal bis zur Hälfte der Rippenhöhe erstrecken. 25

30

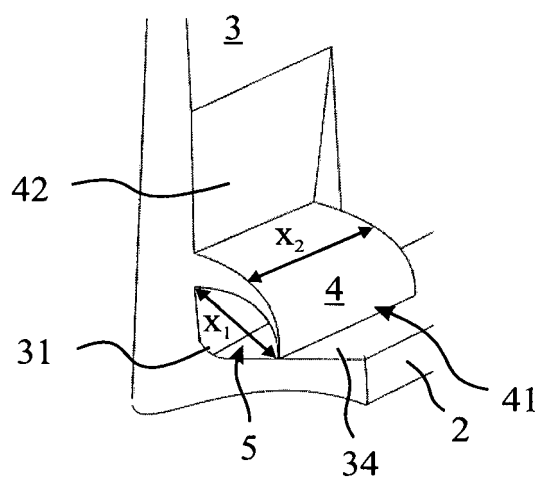
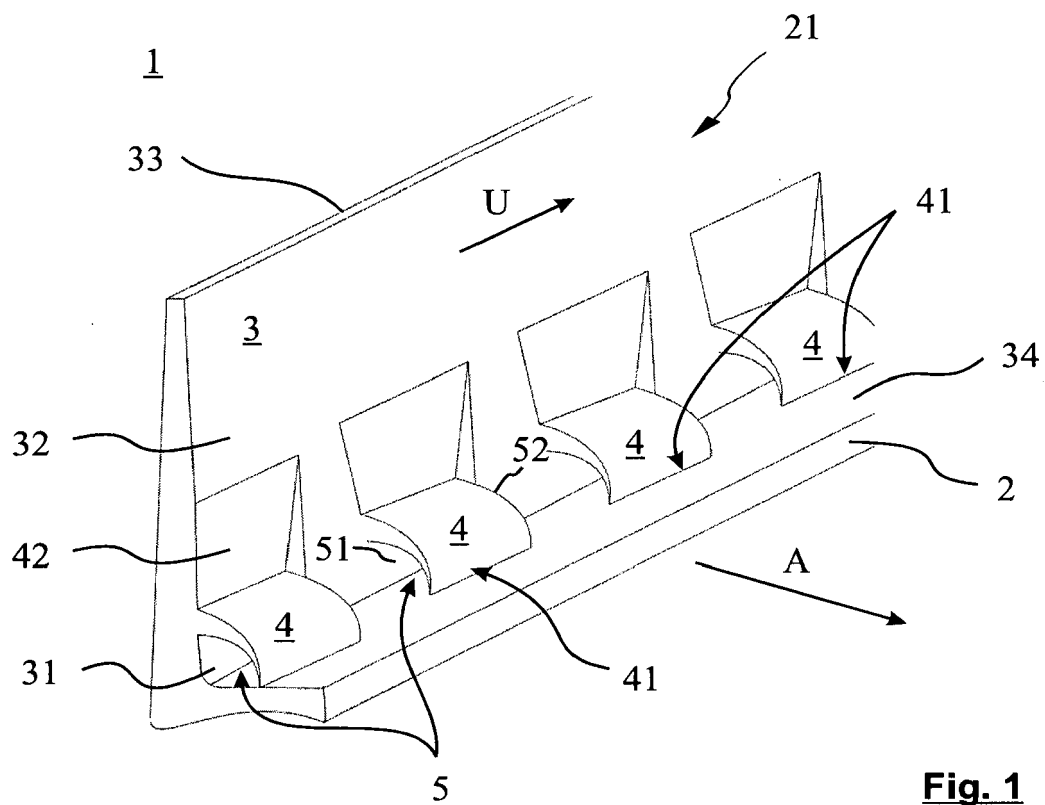
35

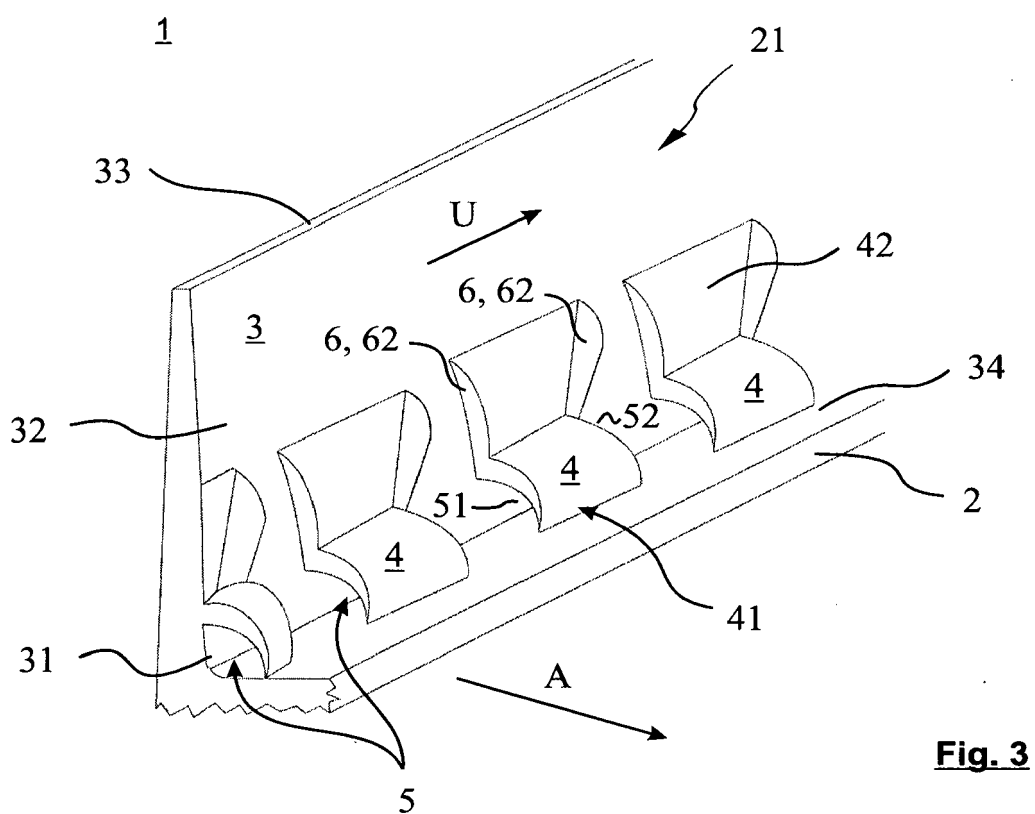
40

45

50

55





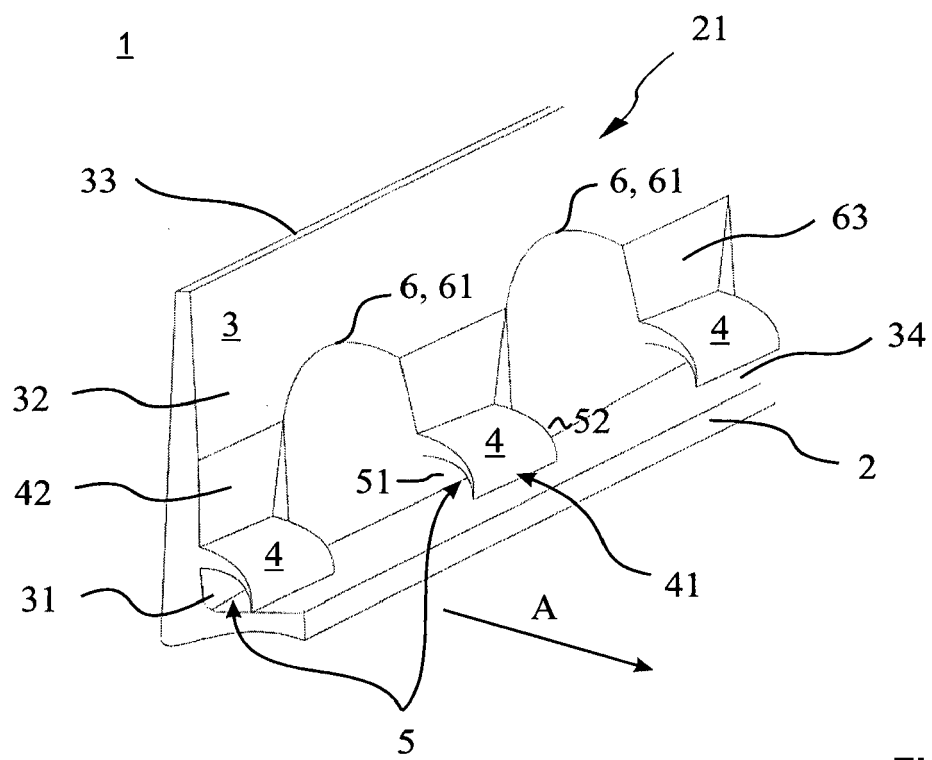


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 00 0245

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)
A	WO 2013/087140 A1 (WIELAND WERKE AG [DE]) 20. Juni 2013 (2013-06-20) * Abbildung 1 *	1-10	INV. F28F13/18 F28F1/26 F28F1/36
A	EP 2 253 922 A2 (WIELAND WERKE AG [DE]) 24. November 2010 (2010-11-24) * Abbildung 8 *	1-10	
A	US 2007/034361 A1 (LU MINGHUA [CN] ET AL) 15. Februar 2007 (2007-02-15) * Abbildung 6 *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Juli 2019	Prüfer Bain, David
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 : nichtschriftliche 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 03.92 (P04C03)

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

EP 19 00 0245

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.

10-07-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	WO 2013087140 A1	20-06-2013	DE 102011121436 A1	20-06-2013
			EP 2791609 A1	22-10-2014
			JP 5961279 B2	02-08-2016
15			JP 2015500455 A	05-01-2015
			PT 2791609 T	02-01-2018
			TW 201333409 A	16-08-2013
			US 2014284036 A1	25-09-2014
			US 2019033010 A1	31-01-2019
20			WO 2013087140 A1	20-06-2013
	-----	-----	-----	-----
	EP 2253922 A2	24-11-2010	BR PI1001514 A2	28-06-2011
			CN 101886887 A	17-11-2010
			DE 102009021334 A1	18-11-2010
25			EP 2253922 A2	24-11-2010
			JP 5748963 B2	15-07-2015
			JP 2010266189 A	25-11-2010
			KR 20100123599 A	24-11-2010
			PL 2253922 T3	30-12-2016
			PT 2253922 T	27-09-2016
30			US 2010288480 A1	18-11-2010
	-----	-----	-----	-----
	US 2007034361 A1	15-02-2007	CN 1731066 A	08-02-2006
			US 2007034361 A1	15-02-2007
	-----	-----	-----	-----
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3696861 A [0005]
- US 5054548 A [0005]
- US 7178361 B2 [0005]
- DE 2758526 C2 [0005]
- US 4577381 A [0005]
- US 4660630 A [0005]
- EP 0713072 B1 [0005]
- US 4216826 A [0005]
- US 5669441 A [0006]
- US 5697430 A [0006]
- DE 19757526 C1 [0006]
- EP 0222100 B1 [0008]
- US 5186252 A [0008]
- JP 4039596 B [0008]
- US 20070151715 A1 [0008]
- EP 1223400 B1 [0008]
- WO 2014072047 A1 [0008]
- WO 2014072046 A1 [0008]