

(19)



(11)

EP 3 465 057 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.06.2022 Patentblatt 2022/25

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F28F 1/40 ^(2006.01) **F28F 1/42** ^(2006.01)
F28F 1/18 ^(2006.01) **F28F 1/36** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17727102.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F28F 1/18; F28F 1/36; F28F 1/40; F28F 1/422

(22) Anmeldetag: **17.05.2017**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/000595

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/207089 (07.12.2017 Gazette 2017/49)

(54) **WÄRMEÜBERTRAGERROHR**

HEAT EXCHANGER TUBE

TUBE D'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:

- **GOTTERBARM, Achim**
89160 Dornstadt (DE)
- **LUTZ, Ronald**
89143 Blaubeuren (DE)
- **EL HAJAL, Jean**
89077 Ulm (DE)
- **KNAB, Manfred**
89160 Dornstadt (DE)

(30) Priorität: **01.06.2016 DE 102016006914**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.2019 Patentblatt 2019/15

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-03/089865 DE-A1- 2 808 080
US-A- 5 597 039 US-A1- 2005 145 377
US-A1- 2006 213 346

(73) Patentinhaber: **Wieland-Werke AG**
89079 Ulm (DE)

EP 3 465 057 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 ein Wärmeübertragerrohr gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Derartige metallische Wärmeübertragerrohre 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 Rohrinneenseite eine Sole oder Wasser abkühlen. Solche Apparate werden als überflutete Verdampfer bezeichnet.

[0004] Durch die Intensivierung des Wärmeübergangs auf der Rohraußen- und der Rohrinneenseite lässt sich die Größe der Verdampfer stark reduzieren. Hierdurch nehmen die Herstellungskosten solcher Apparate ab. Außerdem sinkt die notwendige Füllmenge an Kältemittel, 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 Schlitzen bleiben. Insbesondere werden solche im Wesentlichen geschlossene Kanäle durch Umbiegen oder Umlegen der Rippen (US 3,696,861; US 5,054,548; US 7,178,361 B2), durch Spalten und Stauchen der Rippen (DE 2 758 526 C2; US 4,577,381) und durch Kerben und Stauchen der Rippen (US 4,660,630; EP 0 713 072 B1; US 4,216,826) 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; US 5,697,430; 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 hö-

heren Bruchgefahr und schnellerem 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 geringer 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. Beispiele hierfür sind in EP 0 222 100 B1; US 5,186,252; JP 04039596A und US 2007/0151715 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 EP 2 101 136 B1 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.

[0008] Die Druckschriften US 2006/0213346 A1 und US 2005/0145377 A1 offenbaren verbesserte Wärmeübertragungsflächen, die die Wärmeübertragung von einer Seite der Oberfläche zur anderen erleichtern. Hierzu beschrieben ist eine weitere Methode zur Verbesserung von Wärmeübertragungsflächen durch die Verwendung eines Werkzeugs zum Schneiden der Innenfläche eines Rohrs. Das Werkzeug hat mindestens eine Spitze mit einer Schneidkante und einer Hubkante. Durch Schneiden der Innenoberfläche eines Wärmeübertragerrohres und Anheben der angeschnittenen Oberfläche werden Vorsprünge ausgebildet. Derart hergestellte Siedeflächen weisen eine Vielzahl von Primärnuten, Vorsprüngen und Sekundärnuten auf, beispielsweise um Siedehohlräume zu bilden.

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

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

[0011] Bei beiden erfindungsgemäßen Lösungen kann der strukturierte Bereich prinzipiell auch auf der Rohraußenseite ausgeformt sein.

[0012] Die beschriebenen Strukturen lassen sich sowohl für Verdampfer- als auch für Kondensatorrohre einsetzen. Ebenso eignen sich die Strukturen für einphasige Fluidströmungen, wie beispielsweise Wasser.

[0013] Eine Kavität bei benachbarten Vorsprüngen liegt dann vor, wenn sich der jeweils kürzeste Abstand

zwischen benachbarten Vorsprüngen ausgehend von der Rohrwand bis zur von der Rohrwand entferntesten Stelle der Vorsprünge verringert. Mit anderen Worten: Die eine Kavität ausbildenden benachbarte Vorsprünge neigen sich aufeinander zu.

[0014] Anders ausgedrückt: Die Kavität wird mit den jeweils sich gegenüber stehenden konkaven Flächen benachbarter Vorsprünge gebildet. So erstrecken sich die eine Kavität bildenden Flächen der benachbarten Vorsprünge über ihr gewölbeartig. Die Vorsprungshöhe wird zweckmäßigerweise als die Abmessung eines Vorsprungs in radialer Richtung definiert. Die Vorsprungshöhe ist dann in radialer Richtung die Strecke ausgehend von der Rohrwand bis zur von der Rohrwand entferntesten Stelle des Vorsprungs.

[0015] Die Kerbtiefe der Einkerbungen ist die in radialer Richtung gemessene Strecke ausgehend von der originären Rippenspitze bis zur tiefsten Stelle der Kerbe. Mit anderen Worten: Die Kerbtiefe ist die Differenz der originären Rippenhöhe und der an der tiefsten Stelle einer Kerbe verbleibenden Restrippenhöhe.

[0016] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass die Hohlräume, die zwischen der Rohrwand und den umgelegten Vorsprüngen bzw. zwischen benachbarten Vorsprüngen gebildet werden, die erfindungsgemäßen Kavitäten ausbilden. Zur Erzeugung der Kavitäten werden die Vorsprünge so geschnitten und aufgestellt bzw. umgelegt, damit diese solche Kavitäten bilden. Dabei gibt es auch nicht erfindungsgemässe Möglichkeiten, bei denen die Vorsprünge die Rohrwand berühren oder auch ohne direkten Kontakt Kavitäten bilden. Die Herstellung kann direkt über angepasste Schneidgeometrien oder über einen sekundären Umformprozess erfolgen, wobei das verwendete Sekundärwerkzeug glatt oder über eine zusätzliche Struktur verfügen kann.

[0017] Prinzipiell können bei der Verdampfung beispielsweise auf der Rohrinenseite die Rohre waagrecht oder senkrecht angeordnet sein. Ferner gibt es Fälle, in denen die Rohre geringfügig gegenüber der waagrechten oder der senkrechten geneigt sind. In der Kältetechnik werden üblicherweise Verdampfer mit horizontalen Rohren eingesetzt. Dagegen werden in der Chemietechnik zur Beheizung von Destillationskolonnen häufig vertikale Umlaufverdampfer verwendet. Die Verdampfung des Stoffes findet dabei auf der Innenseite von senkrechten Rohren statt.

[0018] Um den Wärmetransport zwischen dem Wärme abgebenden Medium und dem verdampfenden Stoff zu ermöglichen, muss die Temperatur des wärmeabgebenden Mediums höher sein als die Sättigungstemperatur des Stoffes. Diesen Temperaturunterschied bezeichnet man als treibende Temperaturdifferenz. Je höher die treibende Temperaturdifferenz ist, desto mehr Wärme kann übertragen werden. Andererseits ist meist das Bestreben, die treibende Temperaturdifferenz klein zu halten, da dies vorteilhaft für die Prozesseffizienz ist.

[0019] Durch die erfindungsgemäßen Kavitäten wird

zur Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten bei der Verdampfung der Vorgang des Blasensiedens intensiviert. Die Bildung von Blasen beginnt an Keimstellen. Diese Keimstellen sind meist kleine Gas- oder Dampfeinschlüsse. Wenn die anwachsende Blase eine bestimmte Größe erreicht hat, löst sie sich von der Oberfläche ab. Wird im Zuge der Blasenablösung die Keimstelle mit Flüssigkeit geflutet, dann wird die Keimstelle deaktiviert. Die Oberfläche muss also derart als Kavität gestaltet werden, dass beim Ablösen der Blase eine kleine Blase bestehen bleibt, die dann als Keimstelle für einen neuen Zyklus der Blasenbildung dient. Dies wird erreicht, indem man auf der Oberfläche Kavitäten anordnet, in denen nach Ablösung der Blase eine kleine Blase zurück bleiben kann.

[0020] Erfindungsgemäss berühren oder überkreuzen sich die Spitzen von zumindest zwei Vorsprüngen entlang dem Rippenverlauf gegenseitig. Dies ist speziell im reversiblen Betrieb beim Phasenwechsel von Vorteil, da die Vorsprünge für die Verflüssigung weit aus dem Kondensat ragen und für die Verdampfung eine Art Kavität ausbilden.

[0021] In nicht erfindungsgemässer Ausgestaltung können sich die Spitzen von zumindest zwei Vorsprüngen über die Primärnut hinweg gegenseitig berühren oder überkreuzen. Dies ist im reversiblen Betrieb beim Phasenwechsel von Vorteil, da die Vorsprünge für die Verflüssigung wiederum weit aus dem Kondensat ragen und für die Verdampfung eine Art Kavität ausbilden.

[0022] Demgegenüber ist es in einer nicht erfindungsgemässen Ausgestaltung auch möglich, dass der Abstand der Spitze des Vorsprungs zur Rohrwand geringer ist als die Restrippenhöhe. Hierdurch erhält der Vorsprung eine hakenartige bzw. ösenartige Form unmittelbar über der Rohrwand. Derartig gerundete Formen sind bei Verdampfungsprozessen für eine Blasenkeimbildung besonders vorteilhaft.

[0023] Bei einer anderen nicht erfindungsgemässen Ausgestaltung kann mindestens einer der Vorsprünge derartig verformt sein, dass dessen Spitze die Rohrinenseite berührt. Hierdurch wird ein Blasenkeim durch eine wiederum hakenartige bzw. ösenartige Form des Vorsprungs beim Phasenübergang eines fluiden Wärmeträgermediums nahe an der Rohrwand gebildet. Über die Rohrwand findet dort ein besonders intensiver Wärmeaustausch in das Fluid statt.

[0024] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können die Einkerbungen durch Schneiden der Innenrippen mit einer Schneidtiefe quer zum Rippenverlauf zur Bildung von Rippenschichten und durch Anheben der Rippenschichten mit einer Hauptausrichtung entlang dem Rippenverlauf zwischen Primärnuten ausgeformt sein.

[0025] Die verfahrensseitige Strukturierung des erfindungsgemässen Wärmeübertragerrohrs kann unter Verwendung eines Werkzeugs hergestellt werden, welches in der DE 603 17 506 T2 bereits beschrieben ist. Die Offenbarung dieser Druckschrift DE 603 17 506 T2 wird

vollumfänglich in die vorliegenden Unterlagen einbezogen. Hierdurch lässt sich die Vorsprungshöhe und der Abstand variabel gestalten und individuell auf die Anforderungen, beispielsweise der Viskosität der Flüssigkeit oder der Strömungsgeschwindigkeit, anpassen.

[0026] Das verwendete Werkzeug weist eine Schneidkante zum Schneiden durch die Rippen an der inneren Fläche des Rohres auf zur Schaffung von Rippenschichten und eine Anhebekante zum Anheben der Rippenschichten zur Bildung der Vorsprünge. Auf diese Weise werden die Vorsprünge ohne Entfernung von Metall von der inneren Fläche des Rohrs gebildet. Die Vorsprünge an der inneren Fläche des Rohrs können in der gleichen oder einer unterschiedlichen Bearbeitung wie die

[0027] Bildung der Rippen gebildet werden.

[0028] Hiermit lässt sich die Vorsprungshöhe und Abstand variabel gestalten und individuell auf die Anforderungen des in Betracht kommenden Fluids, beispielsweise hinsichtlich Viskosität der Flüssigkeit, Strömungsgeschwindigkeit, anpassen.

[0029] Vorteilhafterweise können die Vorsprünge in Vorsprungshöhe, Form und Ausrichtung untereinander variieren. Hierdurch lassen sich die einzelnen Vorsprünge gezielt aufeinander anpassen sowie zueinander variieren, damit besonders bei laminarer Strömung durch unterschiedliche Rippenhöhen in die unterschiedlichen Grenzschichten der Strömung eintaucht, um die Wärme an die Rohrwand abzuleiten. Damit lässt sich auch die Vorsprungshöhe und der Abstand individuell auf die Anforderungen, beispielsweise der Viskosität des Fluids oder der Strömungsgeschwindigkeit, anpassen.

[0030] In bevorzugter Ausführungsform der Erfindung kann ein Vorsprung an der von der Rohrwand abgewandten Seite eine spitz zulaufende Spitze aufweisen. Dies führt bei Kondensatorrohren mit einer Verwendung von zweiphasigen Fluiden zu einer optimierten Kondensation an der Vorsprungsspitze.

[0031] In besonders bevorzugter Ausführungsform kann ein Vorsprung an der von der Rohrwand abgewandten Seite eine gekrümmte Spitze aufweisen, deren lokaler Krümmungsradius mit entlang dem Vorsprungsverlauf zunehmender Entfernung von der Rohrwand verkleinert ist. Dies hat zum Vorteil, dass insbesondere bei Kondensation das an der Spitze entstandene Kondensat durch die konvexe Krümmung schneller hin zum Rippenfuß transportiert und somit der Wärmeübergang bei der Verflüssigung optimiert wird. Beim Phasenwechsel, hier im speziellen bei der Verflüssigung, liegt das Hauptaugenmerk auf der Verflüssigung des Dampfes und das Abführen des Kondensats weg von der Spitze hin zum Rippenfuß. Dafür bildet ein konvex gekrümmter Vorsprung eine ideale Grundlage zur effektiven Wärmeübertragung. Die Basis des Vorsprungs steht dabei im Wesentlichen radial von der Rohrwand ab. So können sich gleiche oder ähnliche Strukturelemente sowohl für ein Verdampferrohr wie auch für ein Kondensatorrohr gleichermaßen eignen.

[0032] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden

anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen 2, 3, 7 und 8 zeigen hingegen nicht erfindungsgemäße Ausführungen.

[0033] Darin zeigen:

5

Fig. 1 schematisch eine Schrägansicht eines Rohrausschnitts des Wärmeübertragerrohrs mit einer erfindungsgemäßen Struktur auf der Rohrinneinnenseite;

10

Fig. 2 schematisch eine Schrägansicht eines Rohrausschnitts des Wärmeübertragerrohrs mit einer nicht erfindungsgemäßen Struktur;

Fig. 3 schematisch eine Schrägansicht eines Rohrausschnitts des Wärmeübertragerrohrs mit einer nicht erfindungsgemäßen Struktur auf der Rohrinneinnenseite;

15

Fig. 4 schematisch einen Rippenabschnitt mit unterschiedlicher Kerbtiefe;

Fig. 5 schematisch einen Rippenabschnitt mit zwei sich entlang dem Rippenverlauf sich gegenseitig berührenden Vorsprüngen;

20

Fig. 6 schematisch einen Rippenabschnitt mit zwei sich entlang dem Rippenverlauf sich gegenseitig überkreuzenden Vorsprüngen;

25

Fig. 7 schematisch einen Rippenabschnitt mit zwei sich über die Primärnut hinweg gegenseitig berührenden Vorsprüngen; und

Fig. 8 schematisch einen Rippenabschnitt mit zwei sich über die Primärnut hinweg gegenseitig überkreuzenden Vorsprüngen.

30

[0034] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0035] Fig. 1 zeigt schematisch eine Schrägansicht eines Rohrausschnitts des Wärmeübertragerrohrs 1 mit einer erfindungsgemäßen Struktur auf der Rohrinneinnenseite 22. Das Wärmeübertragerrohr 1 besitzt eine Rohrwand 2, eine Rohraußenseite 21 und eine Rohrinneinnenseite 22. Auf der Rohrinneinnenseite 22 sind aus der Rohrwand 2 kontinuierlich verlaufende, helixförmig umlaufende Rippen 3 geformt. Die Rohrlängsachse A verläuft gegenüber den Rippen 3 unter einem gewissen Winkel. Zwischen jeweils benachbarten Rippen 3 sind sich kontinuierlich erstreckende Primärnuten 4 gebildet.

35

[0036] Mehrere Vorsprünge 6 sind soweit paarweise zueinander verformt, dass sich Kavitäten 10 zwischen benachbarten Vorsprüngen 6 ausbilden. Hierbei berühren sich die Spitzen 61 von zumindest zwei Vorsprüngen 6 entlang dem Rippenverlauf gegenseitig.

40

[0037] Die Vorsprünge 6 sind durch Schneiden der Rippen 3 mit einer Schneidtiefe quer zum Rippenverlauf zur Bildung von Rippenschichten und durch Anheben der Rippenschichten mit einer Hauptausrichtung entlang dem Rippenverlauf zwischen Primärnuten 4 ausgeformt. Die Einkerbungen 7 zwischen den Vorsprüngen 6 können auch mit einer wechselnden Kerbtiefe in einer Rippe 3 ausgebildet sein.

55

[0038] Fig. 2 zeigt schematisch eine Schrägansicht ei-

nes Rohrausschnitts des Wärmeübertragerrohrs 1 mit einer nicht erfindungsgemäßen Struktur. Mehrere Vorsprünge 6 sind soweit paarweise zueinander verformt, dass sich Kavitäten 10 zwischen benachbarten Vorsprüngen 6 ausbilden. Hierbei reichen die Spitzen 61 von zumindest zwei Vorsprüngen 6 über die Primärnut 4 hinweg und berühren sich gegenseitig. Die Spitzen 61 von paarweise zueinander verformten Vorsprüngen 6 können jedoch auch noch einen gewissen Abstand zueinander haben. Dieser ist jedoch so gering, dass sich dennoch wirksame Kavitäten 10 ausbilden.

[0039] Die Vorsprünge 6 sind wiederum durch Schneiden der Rippen 3 mit einer Schneidtiefe quer zum Rippenverlauf zur Bildung von Rippenschichten und durch Anheben der Rippenschichten mit einer Hauptausrichtung entlang dem Rippenverlauf zwischen Primärnuten 4 ausgeformt. Die Einkerbungen 7 zwischen den Vorsprüngen 6 können auch mit einer wechselnden Kerbtiefe in einer Rippe 3 ausgebildet sein.

[0040] Fig. 3 zeigt schematisch eine Schrägansicht eines Rohrausschnitts des Wärmeübertragerrohrs 1 mit einer weiteren nicht erfindungsgemäßen Struktur auf der Rohrinneenseite 22. Mehrere Vorsprünge 6 sind in Richtung Rohrwand 2 verformt, so dass sich Kavitäten 10 zwischen einem jeweiligen Vorsprung und der Rohrwand 2 ausbilden.

[0041] Hierbei ist der Abstand der Spitzen 61 eines Vorsprungs zur Rohrwand geringer ist als die Restrippenhöhe. Es entsteht folglich eine hakenartige Form. Es kann jedoch ein Vorsprung 6 derartig verformt sein, dass dessen Spitze 61 die Rohrinneenseite 22 berührt. In diesem in Figur 3 nicht dargestellten Fall entsteht bevorzugt eine ösenartige Form. Die Vorsprünge 6 sind wiederum durch Schneiden der Rippen 3 analog zu den Figuren 1 und 2 ausgebildet.

[0042] Fig. 4 zeigt schematisch einen Rippenabschnitt 31 mit unterschiedlicher Kerbtiefe t_1 , t_2 , t_3 . Die Bezeichnungen Schneidtiefe bzw. Kerbtiefe stellen im Rahmen der Erfindung dieselbe Begrifflichkeit dar. Die Vorsprünge 6 weisen alternierend wechselnde Kerbtiefen t_1 , t_2 , t_3 durch eine Rippe 3 auf. Gestrichelt angedeutet ist in der Fig. 4 die originäre geformte helixförmig umlaufende Rippe 3. Aus dieser sind die Vorsprünge 6 durch Schneiden der Rippe 3 mit einer Kerb-/Schneidtiefe t_1 , t_2 , t_3 quer zum Rippenverlauf zur Bildung von Rippenschichten und durch Anheben der Rippenschichten mit einer Hauptausrichtung entlang dem Rippenverlauf ausgeformt. Die unterschiedlichen Kerb-/Schneidtiefen t_1 , t_2 , t_3 bemessen sich folglich an der Einkerbtiefe der originären Rippe in radialer Richtung.

[0043] Die Vorsprungshöhe h ist in Fig. 2 als die Abmessung eines Vorsprungs in radialer Richtung eingezeichnet. Die Vorsprungshöhe h ist dann in radialer Richtung die Strecke ausgehend von der Rohrwand bis zur von der Rohrwand entferntesten Stelle des Vorsprungs.

[0044] Die Kerbtiefe t_1 , t_2 , t_3 ist die in radialer Richtung gemessene Strecke ausgehend von der originären Rippen spitze bis zur tiefsten Stelle der Kerbe. Mit anderen

Worten:

Die Kerbtiefe ist die Differenz der originären Rippenhöhe und der an der tiefsten Stelle einer Kerbe verbleibenden Restrippenhöhe.

[0045] Fig. 5 zeigt schematisch einen Rippenabschnitt 31 mit zwei sich entlang dem Rippenverlauf sich gegenseitig berührenden Vorsprüngen 6. Des Weiteren zeigt Fig. 6 zeigt schematisch einen Rippenabschnitt 31 mit zwei sich entlang dem Rippenverlauf gegenseitig überkreuzenden Vorsprüngen 6. Auch Fig. 7 zeigt schematisch einen hier allerdings nicht erfindungsgemässen Rippenabschnitt 31 mit zwei sich über die Primärnut hinweg gegenseitig berührenden Vorsprüngen 6. Fig. 8 zeigt schematisch einen weiteren nicht erfindungsgemässen Rippenabschnitt 31 mit zwei sich über die Primärnut hinweg gegenseitig überkreuzenden Vorsprüngen 6.

[0046] Bei den in den Fig. 5 bis 8 dargestellten Strukturelementen ist speziell im reversiblen Betrieb bei zweiphasigen Fluiden von Vorteil, dass diese für die Verdampfung eine Art Kavität 10 ausbilden. Die Kavitäten 10 dieser besonderen Art bilden die Ausgangsstellen für Blasenkeime eines verdampfenden Fluids.

25 Bezugszeichenliste

[0047]

	1	Wärmeübertragerrohr
30	2	Rohrwand
	21	Rohraußenseite
	22	Rohrinneenseite
	3	Rippe
	31	Rippenabschnitt
35	4	Primärnut
	6	Vorsprung
	61	Spitze
	7	Einkerbungen
	10	Kavität
40	A	Rohrlängsachse
	t_1	erste Schneidtiefe
	t_2	zweite Schneidtiefe
	t_3	dritte Schneidtiefe
45	h	Vorsprungshöhe

Patentansprüche

- 50 1. Wärmeübertragerrohr (1) mit einer Rohrlängsachse (A), wobei
- aus der Rohrwand (2) auf der Rohrinneenseite (22) kontinuierlich verlaufende, achsparallele oder helixförmig umlaufende Rippen (3) geformt sind,
 - zwischen jeweils benachbarten Rippen (3) sich kontinuierlich erstreckende Primärnuten (4) ge-

bildet sind,

- die Rippen (3) mindestens einen strukturierten Bereich auf der Rohrrinnenseite (22) aufweisen,
 - der strukturierte Bereich eine Mehrzahl von aus der Oberfläche herausragenden Vorsprüngen (6) mit einer Vorsprungshöhe (h) aufweist, wodurch die Vorsprünge (6) durch Einkerbungen (7) getrennt sind, wobei mehrere Vorsprünge (6) soweit paarweise zueinander verformt sind,
 - dass sich Kavitäten (10) zwischen benachbarten Vorsprüngen ausbilden, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Spitzen (61) von zumindest zwei Vorsprüngen (6) entlang dem Rippenverlauf gegenseitig berühren oder überkreuzen.

2. Wärmeübertragerrohr (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einkerbungen (7) durch Schneiden der Innenrippen (3) mit einer Schneidtiefe (t_1 , t_2 , t_3) quer zum Rippenverlauf zur Bildung von Rippenschichten und durch Anheben der Rippenschichten mit einer Hauptausrichtung entlang dem Rippenverlauf zwischen Primärnuten (4) ausgeformt sind.
3. Wärmeübertragerrohr (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsprünge (6) in Vorsprungshöhe (h), Form und Ausrichtung untereinander variieren.
4. Wärmeübertragerrohr (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorsprung (6) an der von der Rohrwand (2) abgewandten Seite eine spitz zulaufende Spitze (61) aufweist.
5. Wärmeübertragerrohr (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorsprung (6) an der von der Rohrwand (2) abgewandten Seite eine gekrümmte Spitze (61) aufweist, deren lokaler Krümmungsradius mit entlang dem Vorsprungsverlauf zunehmender Entfernung von der Rohrwand (2) verkleinert ist.

Claims

1. Heat transfer pipe (1) having a longitudinal pipe axis (A), wherein
 - continually extending, axially parallel or helically circumferential ribs (3) are formed from the pipe wall (2) at the inner pipe side (22),
 - continuously extending primary grooves (4) are formed in each case between adjacent ribs (3),
 - the ribs (3) have at least one structured region at the inner pipe side (22),
 - the structured region has a plurality of projections (6) which protrude from the surface and

which have a projection height (h),

whereby the projections (6) are separated by notches (7), wherein a plurality of projections (6) are deformed with respect to each other in pairs to such an extent that cavities (10) are formed between adjacent projections, **characterised in that** the tips (61) of at least two projections (6) contact each other or intersect along the rib path.

2. Heat transfer pipe (1) according to claim 1, **characterised in that** the notches (7) are formed by cutting the inner ribs (3) with a cutting depth (t_1 , t_2 , t_3) transversely relative to the rib path in order to form rib layers and by raising the rib layers with a main orientation along the rib path between primary grooves (4).
3. Heat transfer pipe (1) according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** the projections (6) vary relative to each other in terms of projection height (h), shape and orientation.
4. Heat transfer pipe (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** a projection (6) has an acutely tapering tip (61) at the side facing away from the pipe wall (2).
5. Heat transfer pipe (1) according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** a projection (6) at the side facing away from the pipe wall (2) has a curved tip (61) whose local radius of curvature is reduced with increasing spacing from the pipe wall (2) along the projection path.

Revendications

1. Tube de transfert de chaleur (1) avec un axe longitudinal du tube (A), où
 - des nervures (3) s'étendant en continu, parallèles à l'axe ou circonférentielles hélicoïdales sont formées sur le côté interne du tube (22) depuis la paroi du tube (2),
 - des rainures primaires (4) s'étendant en continu sont formées entre les nervures (3) voisines respectives,
 - les nervures (3) présentent au moins une zone structurée sur le côté interne du tube (22),
 - la zone structurée présente une pluralité de saillies (6) dépassant de la surface avec une hauteur de saillie (h), de sorte que les saillies (6) sont séparées par des entailles (7),

où plusieurs saillies (6) sont déformées les unes par rapport aux autres par paires dans une mesure telle que des cavités (10) se forment entre les saillies voi-

sines,

caractérisé en ce que les pointes (61) d'au moins deux saillies (6) se touchent ou se croisent mutuellement le long du tracé des nervures.

5

2. Tube de transfert de chaleur (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les entailles (7) sont formées entre les rainures primaires (4) par coupe des nervures internes (3) avec une profondeur de coupe (t_1 , t_2 , t_3) transversalement au tracé des nervures pour former des couches de nervures et par élévation des couches de nervures avec une orientation principale le long du tracé des nervures. 10
3. Tube de transfert de chaleur (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les saillies (6) varient entre elles dans la hauteur de saillie (h), la forme et l'orientation. 15
4. Tube de transfert de chaleur (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**une saillie (6) du côté opposé à la paroi du tube (2) présente une pointe (61) qui se termine en pointe. 20
5. Tube de transfert de chaleur (1) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** une saillie (6) présente, sur le côté opposé à la paroi du tube (2), une pointe (61) courbée dont le rayon de courbure local diminue à mesure que la distance de la paroi du tube (2) augmente le long du tracé des saillies. 25
30

35

40

45

50

55

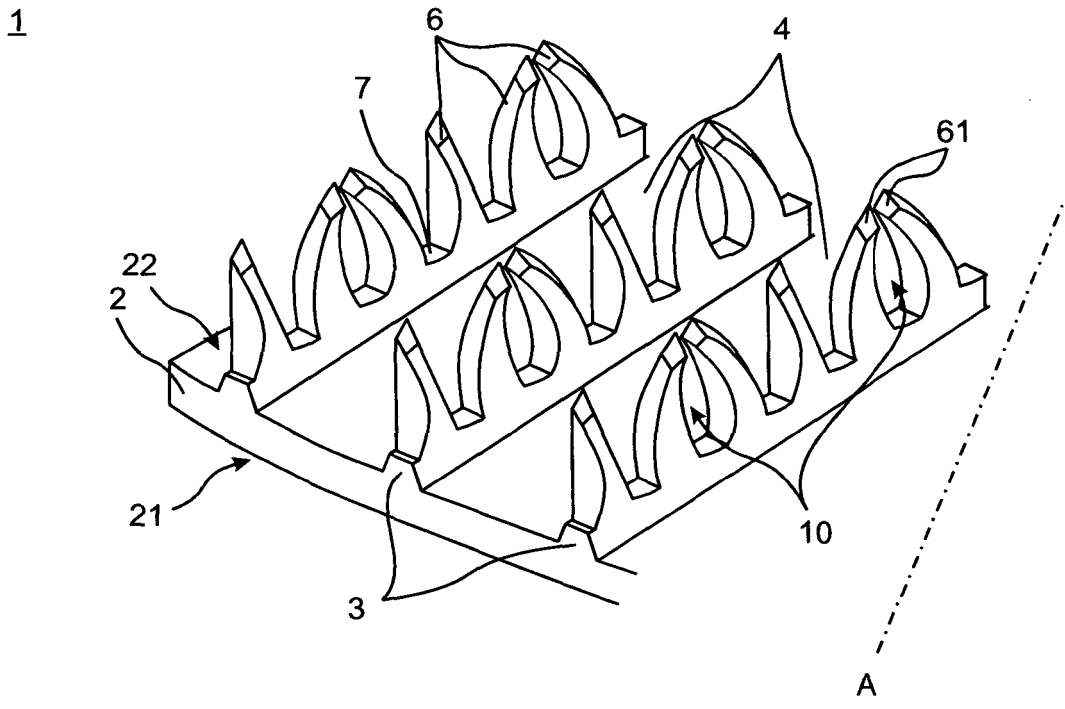


Fig. 1

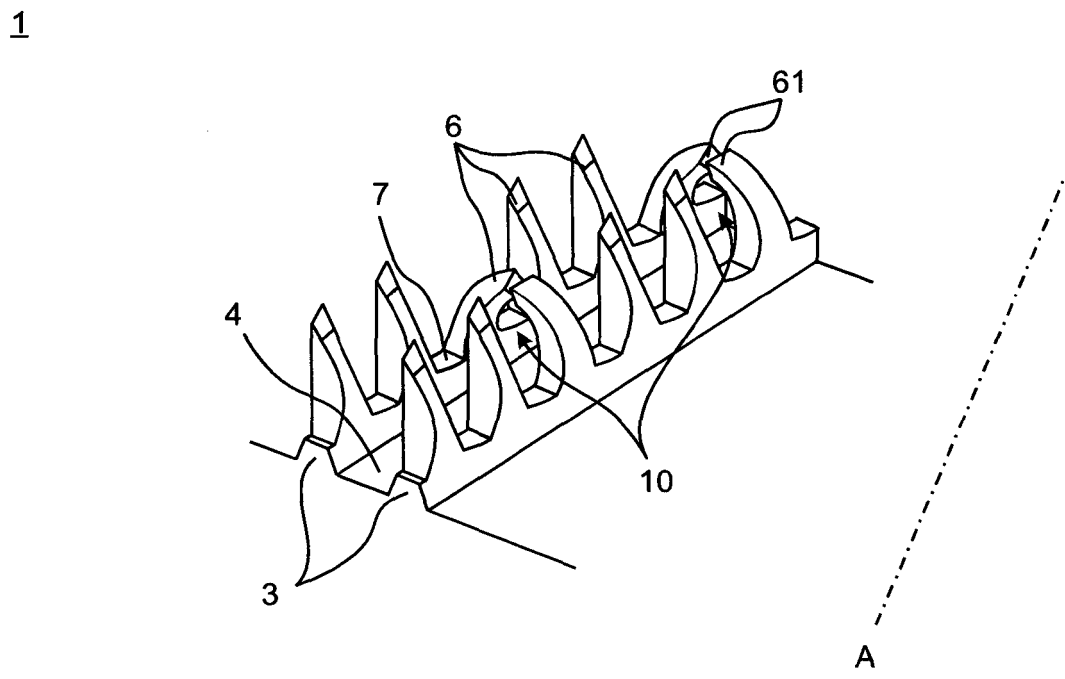


Fig. 2

1

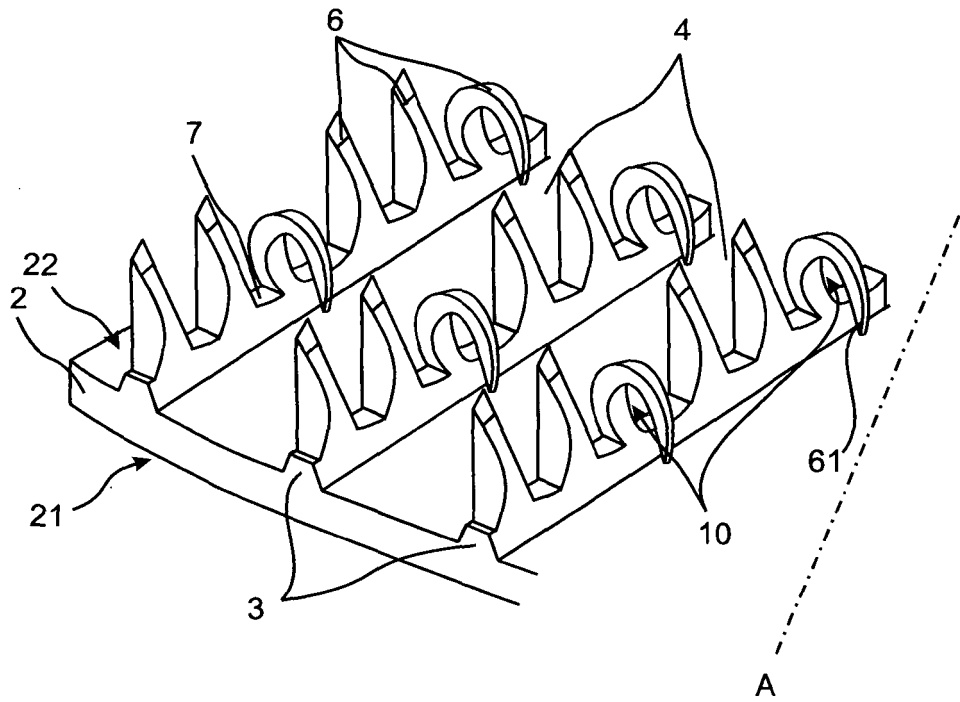


Fig. 3

31

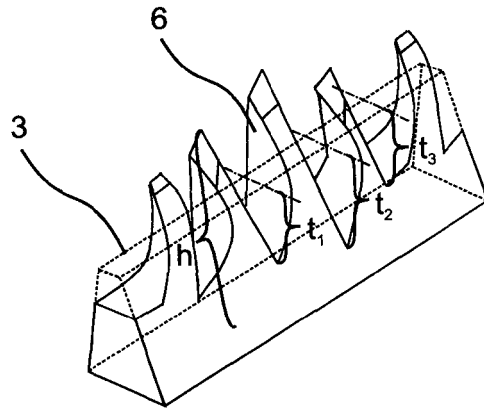


Fig. 4

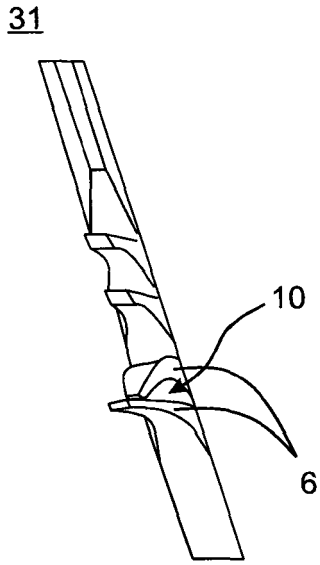


Fig. 5

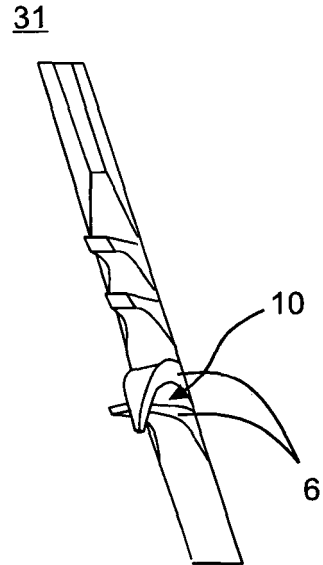


Fig. 6

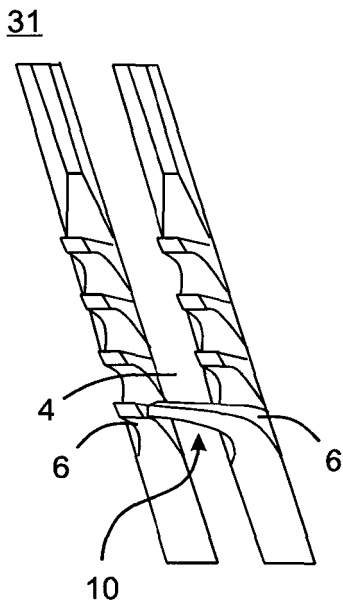


Fig. 7

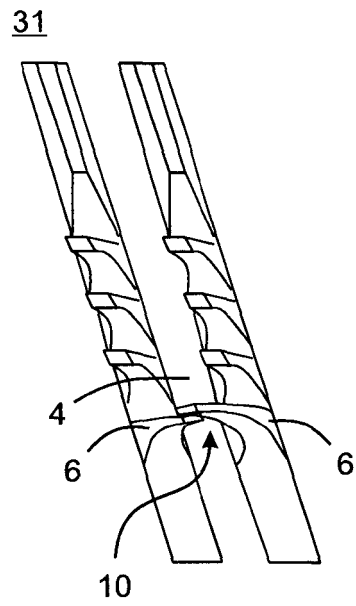


Fig. 8

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 [0007]
- US 5186252 A [0007]
- JP 04039596 A [0007]
- US 20070151715 A1 [0007]
- EP 1223400 B1 [0007]
- EP 2101136 B1 [0007]
- US 20060213346 A1 [0008]
- US 20050145377 A1 [0008]
- DE 60317506 T2 [0025]