



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(51) Int Cl.:
F28D 7/02^(2006.01) F28F 13/12^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16001913.9**

(22) Anmeldetag: **01.09.2016**

(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

- **Matten, Christian**
82049 Pullach (DE)
- **Müller-Thorwart, Ole**
82223 Eichenau (DE)
- **Estiot, Elise**
81379 München (DE)
- **Gewald, Stefan**
81379 München (DE)

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

(74) Vertreter: **Meilinger, Claudia Sabine**
Linde AG
Technology & Innovation
Corporate Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

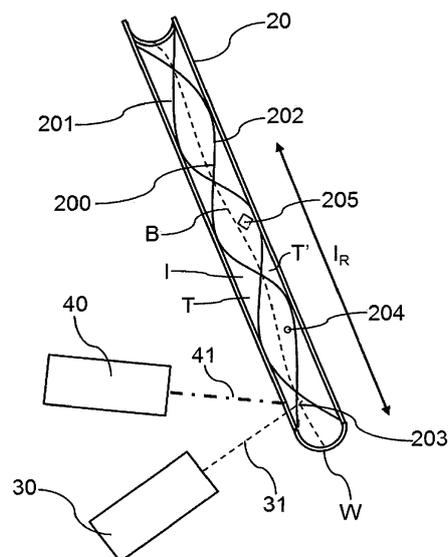
(72) Erfinder:
• **Steinbauer, Manfred**
82399 Raisting (DE)

(54) **WÄRMEÜBERTRAGER UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG MINDESTENS EINES ROHRES EINES WÄRMEÜBERTRAGERS**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager (1) zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten und einem zweiten Fluid, mit einem Mantel (10), der einen Mantelraum (M) zur Aufnahme des ersten Fluids umgibt und sich entlang einer Längsachse (L) erstreckt, und einem im Mantelraum (M) angeordneten Rohrbündel (2) mit mindestens einem Rohr (20) zur Aufnahme des zweiten Fluids, wobei das mindestens eine Rohr (20) einen von einer Wandung (W) umschlossenen Innenraum (I) aufweist, und wobei das mindestens eine Rohr (20) einen Turbulator (200) aufweist, der in zumindest einem Abschnitt des Innenraums (I) des mindestens einen Rohres (20) angeordnet ist, und wobei das Rohr (20) mit dem darin angeordneten Turbulator (200) durch 3D-Drucken gebildet ist, wobei der Turbulator (200) durch das 3D-Drucken stoffschlüssig mit der Wandung (W) des mindestens einen Rohres (20) ausgebildet ist.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Rohres (20) eines Wärmeübertragers (1).

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager sowie ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Rohres eines Wärmeübertragers.

[0002] Gewickelte Wärmeübertrager weisen einen drucktragenden Mantel auf, der einen Mantelraum zur Aufnahme eines ersten Fluids umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt, sowie ein im Mantel verlaufendes Kernrohr, das sich entlang der Längsachse erstreckt, die - bezogen auf einen bestimmungsgemäß angeordneten Wärmeübertrager - vorzugsweise entlang der Vertikalen verläuft. Der Wärmeübertrager weist weiterhin ein im Mantelraum angeordnetes Rohrbündel auf, das zumindest ein Rohr aufweist und zur Aufnahme des zweiten Fluids dient, wobei dieses mindestens eine Rohr helikal um das Kernrohr gewickelt ist.

[0003] Geradrohrwärmeübertrager weisen ebenfalls einen drucktragenden Mantel auf, der einen Mantelraum zur Aufnahme eines ersten Fluids umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt. Sie weisen weiterhin in dem Mantelraum eine Mehrzahl von parallel geführten entlang der Längsachse angeordneten Rohren auf, die zwischen zwei den Mantelraum stirnseitig abschließenden Rohrböden angeordnet sind.

[0004] Gewickelte Wärmeübertrager werden gegenwärtig in verschiedenen Anlagen in der Prozessindustrie verwendet, z.B. in LNG-Anlagen als Erdgasverflüssiger, in Rectisol-Anlagen als Methanolkühler, in Ersatzsystemen von Luftzerlegungsanlagen oder petrochemischen Anlagen als Wasserbadverdampfer und Wärmeenergiespeichersystemen als Salzschnmelze-Wärmeübertrager. Wasserbadverdampfer sind dazu ausgebildet, ein im Rohrbündel geführtes verflüssigtes Gas zu verdampfen, wobei das Rohrbündel in einem im Mantelraum befindlichen Wasserbad angeordnet ist.

[0005] Bisher werden bei gewickelten Wärmeübertragern glatte Rohre als helikal gewundene Wärmeübertragungsf lächen verwendet.

[0006] Strömungsturbulatoren werden in Geradrohrwärmeübertragern in der Prozessindustrie zur Verbesserung der Wärmeübertragung eingesetzt. Solche Turbulatoren sind üblicherweise als entlang einer helixförmigen Bahn innerhalb der Rohre erstreckte Bänder ausgebildet. Die Verbesserung der Wärmeübertragung erfolgt hauptsächlich durch Erzeugung eines Wirbelflusses der rohseitigen Flüssigkeit, der eine höhere Geschwindigkeit in der Nähe der Rohrwandung und eine verbesserte Durchmischung der Flüssigkeiten bewirkt. Dies resultiert in einer Erhöhung des Wärmeübertragungskoeffizienten und in einem Druckabfall.

[0007] Strömungsturbulatoren nach dem Stand der Technik werden in die entsprechenden Rohre eingezo gen. Dies ist nur in geradem Zustand der Rohre möglich. Bei gewickelten Wärmetauschern müssen daher die Rohre vor dem Einziehen der Turbulatoren gestreckt werden und anschließend auf dem Kernrohr aufgewickelt werden.

[0008] Um ein Einziehen in die Rohre zu ermöglichen, muss der Querschnitt der Turbulatoren etwas kleiner sein als der Innenquerschnitt der Rohre. Dies verhindert eine optimale Geometrie der Turbulatoren.

5 **[0009]** Zudem können die Turbulatoren beim Durchziehen durch die Rohre beschädigt werden, insbesondere bei Turbulatoren aus einem netzartigen Material (z.B. hi-tran inserts).

10 **[0010]** Durch ein Aufwickeln der Rohre mit eingesetzten Turbulatoren kann es außerdem zu mechanischen Spannungen zwischen Turbulator und Rohrwandung kommen. Da die Turbulatoren üblicherweise nicht innerhalb des Rohres fixiert sind (z.B. durch Schweißen oder Löten), können sie sich im Rohr bewegen und sich ausdehnen bzw. zusammenziehen. Aufgrund dieser mechanischen Belastung können die Rohre beschädigt werden, was im schlimmsten Fall zu einem Reißen der Rohre und Austreten der im Rohr geführten Flüssigkeit führen kann.

20 **[0011]** Infolgedessen ergibt sich die Aufgabe, einen im Hinblick auf die genannten Nachteile verbesserten Wärmeübertrager mit Turbulatoren, insbesondere einen gewickelten Wärmeübertrager, zur Verfügung zu stellen.

25 **[0012]** Diese Aufgabe wird durch einen Wärmeübertrager mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 sowie durch das Herstellungsverfahren nach dem unabhängigen Anspruch 9 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Wärmeübertragers sind in den Unteransprüchen 2 bis 8 angegeben; vorteilhafte Ausführungsformen des Herstellungsverfahrens sind in den Unteransprüchen 9 bis 11 angegeben. Die Ausführungsformen werden im Folgenden beschrieben.

30 **[0013]** Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten und einem zweiten Fluid, wobei der Wärmeübertrager einen Mantel aufweist, der einen Mantelraum zur Aufnahme des ersten Fluids umgibt und sich entlang einer Längsachse erstreckt, und wobei der Wärmeübertrager weiterhin ein im Mantelraum angeordnetes Rohrbündel mit mindestens einem Rohr zur Aufnahme des zweiten Fluids aufweist, wobei das mindestens eine Rohr einen von einer Wandung umschlossenen Innenraum aufweist, und wobei das mindestens eine Rohr einen Turbulator aufweist, der in zumindest einem Abschnitt des Innenraums des mindestens einen Rohres angeordnet ist, und wobei das Rohr mit dem darin angeordneten Turbulator durch 3D-Drucken gebildet ist, wobei der Turbulator durch das 3D-Drucken stoffschlüssig mit der Wandung des mindestens einen Rohres ausgebildet ist.

40 **[0014]** Ein derartiger Turbulator ist dazu konfiguriert, eine in dem mindestens einen Rohr geführte Strömung zu verwirbeln.

45 **[0015]** Der erfindungsgemäße Turbulator ist einstückig, also integral, mit der Wandung des mindestens einen Rohres ausgeführt. Das mindestens eine Rohr weist also eine definierte interne Struktur auf, die sich in ständigem Kontakt mit der inneren Rohrwandung befindet.

[0016] Der erfindungsgemäße Wärmeübertrager hat den Vorteil eines vereinfachten Herstellungsprozesses. So können in einem einzigen Herstellungsschritt durch 3D-Drucken Rohre mit integrierten Turbulatoren hergestellt werden. Diese werden dann in einem weiteren Schritt z.B. um ein Kernrohr gewickelt, um einen gewickelten Wärmeübertrager zu erhalten. Das Einziehen der Turbulatoren in die Rohre, und somit auch das Strecken der Rohre, kann entfallen.

[0017] Die erfindungsgemäßen mit den Rohren 3D-gedruckten Turbulatoren weisen eine erhöhte mechanische Stabilität und eine erhöhte Lebensdauer auf. Insbesondere wird eine mechanische Beschädigung der Turbulatoren beim Einziehen oder Wickeln durch die integral mit den Rohren ausgeführten Turbulatoren vermieden.

[0018] Zudem können die erfindungsgemäßen Turbulatoren in jeder beliebigen Form und Anordnung gebildet und in den Rohren angeordnet werden, was eine Optimierung der Strömungsführung, Wärmeübertragung und des Druckabfalls erlaubt.

[0019] Die erfindungsgemäßen Turbulatoren können außerdem aus demselben Material wie die Rohre ausgebildet werden.

[0020] Das mindestens eine Rohr mit dem Turbulator kann dabei insbesondere durch bekannte 3D-Druckverfahren wie z.B. Selective Laser Sintering (SLS), Electron Beam Melting/ Electron Beam Additive Manufacturing (EBM/EBAM), Fused Filament Fabrication (FFF), Schmelzschichtung (z.B. Fused Deposition Modeling, FDM), Stereolithographie (STL, SLA), Digital Light Processing (DLP), Multi Jet Modeling (MJM), Polyjet-Verfahren, Film Transfer Imaging (FTI), Laserauftragschweißen oder Laminated Object Modeling (LOM) gedruckt werden.

[0021] Insbesondere kann der erfindungsgemäße Wärmeübertrager sowohl mit Turbulatoren 3D-gedruckte Rohre als auch konventionelle Rohre (ohne Turbulator oder mit herkömmlichen Turbulatoren) aufweisen. Es ist auch denkbar, dass innerhalb der Rohre nur bestimmte Rohrabschnitte mit dem Rohr 3D-gedruckte Turbulatoren aufweisen. Andere Rohrabschnitte können insbesondere mit glatter Innenwandung ausgeführt sein und/oder konventionelle Turbulatoren (welche nicht zusammen mit dem Rohr 3D-gedruckt sind) aufweisen.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform ist der Turbulator als ein entlang einer helixförmigen Bahn erstrecktes Band ausgebildet, das eine erste und eine zweite entlang der helixförmigen Bahn erstreckte Kante aufweist, wobei die beiden Kanten die Bahn helixförmig umlaufen, und wobei die beiden Kanten jeweils mit der Wandung des mindestens einen Rohres durch das 3D-Drucken stoffschlüssig verbunden sind, so dass der Innenraum in zwei separate Teilräume unterteilt ist.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausführungsform erstreckt sich der Turbulator nur über einen Abschnitt des mindestens einen Rohres entlang einer Rohrlängsachse im Innenraum des mindestens einen Rohres.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform erstreckt sich der Turbulator über die gesamte Länge des mindestens einen Rohres entlang einer Rohrlängsachse im Innenraum des mindestens einen Rohres.

5 **[0025]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das mindestens eine Rohr durch 3D-Drucken, insbesondere Lasersintern, aus einem Metall, insbesondere Aluminium, einstückig mit dem Turbulator ausgebildet.

10 **[0026]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das mindestens eine Rohr mit dem darin angeordneten Turbulator durch das 3D-Drucken als eine einstückige Einheit schichtweise aus einem pulverförmigem Werkstoff, insbesondere aufweisend ein Metall, insbesondere Aluminium, gedruckt, so dass der Turbulator stoffschlüssig mit der Wandung des mindestens einen Rohres ausgebildet ist, wobei nacheinander mehrere Schichten des Werkstoffs übereinander aufgebracht sind, wobei jede Schicht vor dem Aufbringen der nächstfolgenden Schicht mittels eines Laserstrahls an einer Druckposition, der einem Querschnittsbereich der herzustellenden Einheit entspricht, erhitzt ist und dabei an der darunterliegenden Schicht fixiert ist, insbesondere mit dieser verschmolzen ist.

20 **[0027]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Wärmeübertrager in dem Mantelraum eine Mehrzahl von parallel geführten entlang der Längsachse angeordneten Rohren auf, die zwischen zwei den Mantelraum stirnseitig abschließenden Rohrböden angeordnet sind. Solche Wärmeübertrager werden als Geradrohrwärmeübertrager bezeichnet.

30 **[0028]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Wärmeübertrager ein im Mantelraum angeordnetes Kernrohr auf, das sich entlang der Längsachse erstreckt, wobei das mindestens eine Rohr helikal um das Kernrohr gewickelt ist. Dabei trägt das Kernrohr die Last des Rohrbündels. Derartige Wärmeübertrager werden als gewickelte Wärmeübertrager bezeichnet.

35 **[0029]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Turbulator mindestens ein Durchgangsloch und/oder mindestens einen, insbesondere entlang des Rohrquerschnitts des Rohres erstreckten, Vorsprung auf, wobei das mindestens eine Durchgangsloch und/oder der mindestens eine Vorsprung zusammen mit dem Turbulator durch das 3D-Drucken gebildet sind bzw. ist. Der mindestens eine Vorsprung ist dabei stoffschlüssig mit dem Turbulator ausgebildet.

40 **[0030]** Dies hat den Vorteil, dass die durch das Rohr strömende Flüssigkeit mittels des mindestens einen Durchgangslochs und/oder des mindestens einen Vorsprungs verwirbelt wird, wodurch eine verbesserte Wärmeübertragung erzielt wird.

45 **[0031]** Insbesondere für den Fall, dass der Turbulator als helixförmig gewundenes Band ausgeführt ist, verbindet das mindestens eine Durchgangsloch den ersten und zweiten Teilraum des Rohrrinnenraums, welcher durch den Turbulator gebildet wird.

50 **[0032]** Insbesondere weist der Turbulator mehrere Durchgangslöcher und/oder mehrere Vorsprünge auf.

Diese können gleichmäßig über die Fläche des Turbulators verteilt sein, oder an bestimmten zur Erzeugung einer Verwirbelung besonders günstigen Positionen angeordnet sein.

[0033] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Rohres eines Wärmeübertragers, insbesondere nach dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei das mindestens eine Rohr zusammen mit dem darin angeordneten Turbulator durch 3D-Drucken gebildet wird und dabei durch das 3D-Drucken der Turbulator stoffschlüssig mit einer Wandung des mindestens einen Rohres verbunden wird. Dabei wird der Turbulator stoffschlüssig mit der Wandung des mindestens einen Rohrs ausgebildet.

[0034] Gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens wird das mindestens eine Rohr zusammen mit dem darin angeordneten Turbulator durch 3D-Drucken, insbesondere Lasersintern, aus einem Metall, insbesondere Aluminium, gebildet.

[0035] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird das mindestens eine Rohr zusammen mit dem darin angeordneten Turbulator als eine einstückige Einheit schichtweise aus einem pulverförmigem Werkstoff, insbesondere aufweisend ein Metall, insbesondere Aluminium, gedruckt, wobei nacheinander mehrere Schichten des Werkstoffs übereinander aufgebracht werden, wobei jede Schicht vor dem Aufbringen der nächstfolgenden Schicht mittels eines Laserstrahls an einer Druckposition, die einem Querschnittsbereich der herzustellenden Einheit entspricht, erhitzt wird und dabei an der darunterliegenden Schicht fixiert wird, insbesondere mit dieser verschmolzen wird.

[0036] Das Aufbringen der Schichten kann z.B. in einer Querschnittsebene des Rohres mit Turbulator erfolgen, wobei nacheinander Querschnittsschichten des Rohres mit Turbulator gedruckt werden. Alternativ kann das Aufbringen der Schichten auch in einer anderen Richtung, insbesondere senkrecht zur Querschnittsebene erfolgen, wobei die Schichten zumindest eines Abschnitts des Rohres in Längserstreckungsrichtung des Rohres gebildet werden.

[0037] Eine geeignete 3D-Druckvorrichtung weist zumindest eine Laserquelle zur Erzeugung eines Laserstrahls, eine Stoffzuführung zur Bereitstellung des Werkstoffs und eine Transportvorrichtung auf, wobei die Transportvorrichtung dazu ausgebildet ist, das Werkstück, also das teilweise fertig gestellte Rohr mit dem Turbulator, gegen die Laserquelle und die Stoffzuführung zu bewegen und/oder die Laserquelle und die Stoffzuführung gegen das Werkstück zu bewegen.

[0038] Die oben beschriebene Erfindung wird nachfolgend vor dem betreffenden technischen Hintergrund unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen, die spezielle Ausgestaltungen zeigen, detailliert erläutert.

[0039] Es zeigen

Fig. 1 einen gewickelten Wärmeübertrager,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines 3D-gedruckten Rohres mit einem stoffschlüssig mit dem Rohr verbundenen Turbulator.

[0040] Figur 1 zeigt im Zusammenhang mit Figur 2 einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager 1, der sich dadurch auszeichnet, dass er ein Rohrbündel 2 mit zumindest einem Rohr 20 aufweist (vgl. insbesondere Fig. 2), das entlang einer Längsachse L des Wärmeübertragers 1 verläuft und dabei helikal um oder auf ein Kernrohr 21 des Wärmeübertragers 1 gewickelt ist, so dass es entlang einer gedachten helikalen Bahn B verläuft, die in der Figur 1 angedeutet ist. In dem mindestens einen Rohr 20 ist ein stoffschlüssig mit einer Wandung W des Rohres verbundener Turbulator 200 angeordnet (vgl. Figur 2), wobei der Turbulator 200 entlang einer Rohrlängsachse L_R helixförmig verwendet ausgebildet ist.

[0041] Im Einzelnen weist der erfindungsgemäße Wärmeübertrager 1 gemäß Figuren 1 und 2 das besagte Kernrohr 21 auf, auf das die Rohre 20 des Rohrbündels 2 aufgewickelt sind, so dass das Kernrohr 21 die Last der Rohre 20 trägt. Die Erfindung ist jedoch auch grundsätzlich auf gewickelte Wärmeübertrager ohne Kernrohr anwendbar, bei denen die Rohre 20 um die Längsachse L helikal gewickelt sind. Der Wärmeübertrager 1 ist zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten und einem zweiten Fluid ausgebildet und weist einen Mantel 10 auf, der einen Mantelraum M zur Aufnahme des ersten Fluids umgibt, das z.B. über einen Einlassstutzen 101 am Mantel 10 in den Mantelraum M einleitbar und z.B. über einen entsprechenden Auslassstutzen 102 am Mantel 10 wieder aus dem Mantelraum M abziehbar ist.

[0042] Der Mantel 10 erstreckt sich entlang der besagten Längsachse L, die bezogen auf einen bestimmungsgemäß angeordneten Wärmeübertrager 1 vorzugsweise entlang der Vertikalen verläuft. Im Mantelraum M ist weiterhin das Rohrbündel 2 mit einer Mehrzahl an Rohren 20 zur Aufnahme des zweiten Fluids angeordnet. Diese Rohre 20 sind vorzugsweise in mehreren Lagen 22 helikal auf das Kernrohr 21 gewickelt, wobei sich das Kernrohr 21 ebenfalls entlang der Längsachse L erstreckt und konzentrisch im Mantelraum M angeordnet ist. Mehrere Rohre 20 des Rohrbündels 2 können jeweils eine Rohrgruppe bilden (in der Figur 1 sind drei solche Rohrgruppen gezeigt), wobei die Rohre einer Rohrgruppe in einem zugeordneten Rohrboden 104 zusammengefasst sein können, wobei das zweite Fluid über Einlassstutzen 103 am Mantel 10 in die Rohre 20 der jeweiligen Rohrgruppe eingeleitet und über Auslassstutzen 105 aus den Rohren 20 der entsprechenden Rohrgruppe abgezogen werden kann. Somit kann zwischen den beiden Fluiden indirekt Wärme übertragen werden.

[0043] Der Mantel 10 sowie das Kernrohr 21 können weiterhin zumindest abschnittsweise zylinderförmig ausgeführt sein, so dass die Längsachse L eine Zylinderachse des Mantels 10 und des konzentrisch darin verlaufenden Kernrohres 21 bildet. Im Mantelraum M kann

des Weiteren ein Hemd 3 angeordnet sein, das das Rohrbündel 2 bzw. das mindestens eine Rohr 200 umschließt, so dass zwischen dem Rohrbündel 2 und jenem Hemd 3 ein das Rohrbündel 2 bzw. Rohr 200 umgebender Zwischenraum ausgebildet ist. Das Hemd 3 dient dazu, ggf. eine Bypassströmung des im Mantelraum M geführten ersten Fluids, mit dem das Rohrbündel 2/Rohr 200 beaufschlagt wird, am Rohrbündel 2/Rohr 200 vorbei möglichst zu unterdrücken. Das erste Fluid wird also im Mantelraum M vorzugsweise in dem vom Hemd 3 umgebenen Bereich des Mantelraumes M geführt. Weiterhin können sich die einzelnen Rohrlagen 22 (insbesondere bei horizontaler Lagerung des Rohrbündels 2) über entlang der Längsachse L erstreckte Abstandselemente 6 aneinander bzw. am Kernrohr 21 abstützen, wobei jeweils mehrere Abstandselemente 6 in radialer Richtung R des Rohrbündels 2 übereinander angeordnet sein können.

[0044] Die Figur 2 zeigt ein etwa zur Hälfte fertiggestelltes Rohr 20 eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1 während des 3D-Drucks des Rohres 20 gemeinsam mit dem Turbulator 200. Das Rohr 20 weist einen Turbulator 200 auf, der durch 3D-Drucken des Rohres 20 zusammen mit dem Turbulator 200 einstückig ausgeführt ist, wobei der Turbulator 200 mit der Wandung W des Rohres 20 stoffschlüssig verbunden ist.

[0045] Weiterhin zeigt die Figur 2 eine Laserquelle 30 zur Erzeugung eines Laserstrahls 31 und eine Stoffzuführung 40 zur Zuführung eines Werkstoffs 41. Die Laserquelle 30 und die Stoffzuführung 40 sind derart zu dem teilweise fertiggestellten Rohr 20 ausgerichtet bzw. ausrichtbar, dass der Werkstoff 41 an einer Druckposition 203 auf das teilweise fertiggestellte Rohr 20 aufgebracht werden kann, wobei der Laserstrahl 31 auf die jeweilige Druckposition 203 gerichtet ist, so dass der Werkstoff 41 mittels des Laserstrahls 31 geschmolzen wird und der Werkstoff 41 auf das Rohr 20 aufgebracht bzw. mit diesem stoffschlüssig verbunden wird. Durch relative Bewegung des teilweise fertig gestellten Rohres 20 bezüglich der Laserquelle 30 und der Stoffzuführung 40 (es können z.B. die Stoffzuführung 40 und die Laserquelle 30 bzw. der Laserstrahl 31 bewegt werden, wobei das Werkstück bzw. Rohr ruht) kann schichtweise die Struktur des Rohres 20 und des Turbulators 200 erweitert werden, so dass das fertige Rohr 20 mit dem Turbulator 200 vollständig gedruckt wird.

[0046] In der Darstellung der Figur 2 ist wird das Rohr 20 schichtweise zusammen mit dem Turbulator 200 gedruckt, wobei die gedruckten Schichten entlang der Rohrlängsachse l_R verlaufen. Es ist aber auch denkbar, dass die gedruckten Schichten entlang des Rohrquerschnitts verlaufen.

Wenn das jeweilige Rohr 20 mit dem Turbulator 200 vollständig gedruckt ist, wird dieses in seinen helikal gewickelten Zustand gebracht, beispielsweise indem es auf das Kernrohr 21 aufgewickelt wird. Alternativ kann das Rohr 20 auch gleich derart auf ein Kernrohr 21 bzw. eine Tragstruktur aufgedruckt werden, dass es durch das 3D-Drucken zugleich seinen helikalen Verlauf um das Kern-

rohr 21 erhält. Das Rohr 20 muss dann nicht mehr gebogen bzw. gewickelt werden.

[0047] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die zuvor beschriebene 3D-Drucktechnik beschränkt, sondern es können beliebige, geeignete 3D-Drucktechniken zum Drucken des Rohres 20 mit dem Turbulator 200 verwendet werden.

[0048] Wie in der Figur 2 gezeigt, kann der Turbulator 200 z.B. in Form eines längserstreckten Bandes ausgeführt werden, das helikal verwunden ist. D.h., das Band 200 erstreckt sich gemäß Figur 2 entlang einer Rohrlängsachse l_R , wobei einander gegenüberliegende Kanten 201, 202 des Bandes 200 jeweils helixförmig diese Rohrlängsachse l_R umlaufen. Ist das Rohr 20 fertiggestellt, sind die beiden Kanten 201, 202 stoffschlüssig mit der Innenseite der Wandung W des Rohres 20 verbunden und unterteilen den Innenraum des Rohres 20 entsprechend in einen ersten und einen zweiten Teilraum T, T'.

[0049] Der Turbulator 200 weist außerdem ein Durchgangsloch 204 auf, das den ersten und zweiten Teilraum T, T' miteinander verbindet und somit der durch das Rohr 20 fließenden Flüssigkeit erlaubt, von dem ersten Teilraum T in den zweiten Teilraum T' und umgekehrt zu fließen. Dies führt zu einer Strömungsverwirbelung, einer besseren Durchmischung und daher zu einer verbesserten Wärmeübertragung. Der Turbulator 200 kann insbesondere eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen 204 aufweisen, die gleichmäßig oder ungleichmäßig über die Fläche des Turbulators 200 verteilt sind.

[0050] Der in Figur 2 gezeigte Turbulator 200 weist weiterhin einen Vorsprung 205 auf, der insbesondere in der Querschnittsebene des Rohres 20 erstreckt ist. In der Darstellung der Figur 2 weist der Vorsprung 205 eine viereckige Querschnittsfläche auf, die in der Rohrquerschnittsebene verläuft. Es sind aber auch andere Formen denkbar. Der Vorsprung 205 resultiert in einer Strömungsverwirbelung und einer besseren Durchmischung der durch das Rohr 20 strömenden Flüssigkeit und daher zu einer verbesserten Wärmeübertragung. Der Turbulator 200 kann insbesondere eine Mehrzahl von Vorsprüngen 205 aufweisen, die gleichmäßig oder ungleichmäßig über die Fläche des Turbulators 200 verteilt sind.

[0051] Sofern das jeweilige Rohr 20 gerade gedruckt wird und dann auf das Kernrohr 21 gewickelt wird, weist die (anfangs bzw. vor dem Aufwickeln) gerade Rohrlängsachse l_R nach dem Aufwickeln des Rohres 20 auf das Kernrohr 21 einen helixförmigen Verlauf auf, wobei nunmehr die beiden Kanten 201, 202 ihrerseits helixförmig um diese Bahn B verlaufen (vgl. Figur 1).

[0052] Anstelle des in der Figur 2 gezeigten Turbulators 200 können natürlich auch andere Turbulatoren, insbesondere die hierin beschriebenen Turbulatoren, verwendet werden.

Bezugszeichenliste

Wärmeübertrager	1
-----------------	---

(fortgesetzt)

Mantel	10
Einlassstutzen	101,103
Auslassstutzen	102
Rohrboden	104
Auslassstutzen	105
Rohrbündel	2
Rohr	20
Kernrohr	21
Rohrlage	22
Turbulator	200
Kanten	201,202
Druckposition	203
Durchgangsloch	204
Vorsprung	205
Hemd	3
Laserquelle	30
Laserstrahl	31
Stoffzuführung	40
Werkstoff	41
Abstandselement	6
Band	B
Innenraum	I
Längsachse	L
Rohrlängsachse	I_R
Mantelraum	M
Radiale Richtung	R
Erster Teilraum	T
Zweiter Teilraum	T'
Wandung	W

Patentansprüche

1. Wärmeübertrager (1) zur indirekten Wärmeübertragung zwischen einem ersten und einem zweiten Fluid, mit

- einem Mantel (10), der einen Mantelraum (M) zur Aufnahme des ersten Fluids umgibt und sich entlang einer Längsachse (L) erstreckt,
- einem im Mantelraum (M) angeordneten Rohrbündel (2) mit mindestens einem Rohr (20) zur Aufnahme des zweiten Fluids, wobei das min-

destens eine Rohr (20) einen von einer Wandung (W) umschlossenen Innenraum (I) aufweist, und wobei das mindestens eine Rohr (20) einen Turbulator (200) aufweist, der in zumindest einem Abschnitt des Innenraums (I) des mindestens einen Rohres (20) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Rohr (20) mit dem darin angeordneten Turbulator (200) durch 3D-Drucken gebildet ist, wobei der Turbulator (200) durch das 3D-Drucken stoffschlüssig mit der Wandung (W) des mindestens einen Rohres (20) ausgebildet ist.

2. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turbulator (200) als ein entlang einer helixförmigen Bahn (B) erstrecktes Band ausgebildet ist, das eine erste und eine zweite entlang der helixförmigen Bahn (B) erstreckte Kante (201, 202) aufweist, wobei die beiden Kanten (201, 202) die Bahn (B) helixförmig umlaufen, und wobei die beiden Kanten (201, 202) jeweils mit der Wandung (W) des mindestens einen Rohres (20) stoffschlüssig verbunden sind, so dass der Innenraum (I) in zwei separate Teilräume (T, T') unterteilt ist.

3. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Turbulator (200) nur über einen Abschnitt des mindestens einen Rohres (20) entlang einer Rohrlängsachse (I_R) im Innenraum (I) des mindestens einen Rohres (20) erstreckt.

4. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Turbulator (200) über die gesamte Länge des mindestens einen Rohres (20) entlang einer Rohrlängsachse (I_R) im Innenraum (I) des mindestens einen Rohres (20) erstreckt.

5. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Rohr (20) durch 3D-Drucken, insbesondere Lasersintern, aus einem Metall, insbesondere Aluminium, einstückig mit dem Turbulator (200) ausgebildet ist.

6. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Rohr (20) mit dem darin angeordneten Turbulator (200) durch das 3D-Drucken als eine einstückige Einheit schichtweise aus einem pulverförmigem Werkstoff (41), insbesondere aufweisend ein Metall, insbesondere Aluminium, gedruckt ist, so dass der Turbulator (200) stoffschlüssig mit der Wandung (W) des mindestens einen Rohres (20) ausgebildet ist, wobei nacheinander mehrere Schichten des Werkstoffs (41) übereinander aufge-

- bracht sind, wobei jede Schicht vor dem Aufbringen der nächstfolgenden Schicht mittels eines Laserstrahls (31) an einer Druckposition (203), die einem Querschnittsbereich der herzustellenden Einheit entspricht, erhitzt ist und dabei an der darunterliegenden Schicht fixiert ist, insbesondere mit dieser verschmolzen ist. 5
7. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmeübertrager (1) ein im Mantelraum (M) angeordnetes Kernrohr (21) aufweist, das sich entlang der Längsachse (L) erstreckt, wobei das mindestens eine Rohr (20) helikal um das Kernrohr (21) gewickelt ist. 10 15
8. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turbulator (200) mindestens ein Durchgangsloch (204) und/ oder mindestens einen, insbesondere entlang des Rohrquerschnitts des Rohres (20) erstreckten, Vorsprung (205) aufweist, wobei das mindestens eine Durchgangsloch (204) und/ oder der mindestens eine Vorsprung (205) zusammen mit dem Turbulator (200) durch das 3D-Drucken gebildet ist. 20 25
9. Verfahren zur Herstellung mindestens eines Rohres (20) eines Wärmeübertragers (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das mindestens eine Rohr (20) zusammen mit dem darin angeordneten Turbulator (200) durch 3D-Drucken gebildet wird und dabei durch das 3D-Drucken der Turbulator (200) stoffschlüssig mit einer Wandung (W) des mindestens einen Rohres (20) verbunden wird. 30 35
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das mindestens eine Rohr (20) zusammen mit dem darin angeordneten Turbulator durch 3D-Drucken, insbesondere Lasersintern, aus einem Metall, insbesondere Aluminium, gebildet wird. 40
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei das mindestens eine Rohr (20) zusammen mit dem darin angeordneten Turbulator (200) als eine einstückige Einheit schichtweise aus einem pulverförmigem Werkstoff (41), insbesondere aufweisend ein Metall, insbesondere Aluminium, gedruckt wird, wobei nacheinander mehrere Schichten des Werkstoffs (41) übereinander aufgebracht werden, wobei jede Schicht vor dem Aufbringen der nächstfolgenden Schicht mittels eines Laserstrahls (31) an einer Druckposition (203), die einem Querschnittsbereich der herzustellenden Einheit entspricht, erhitzt wird und dabei an der darunterliegenden Schicht fixiert wird, insbesondere mit dieser verschmolzen wird. 45 50 55

Fig. 1

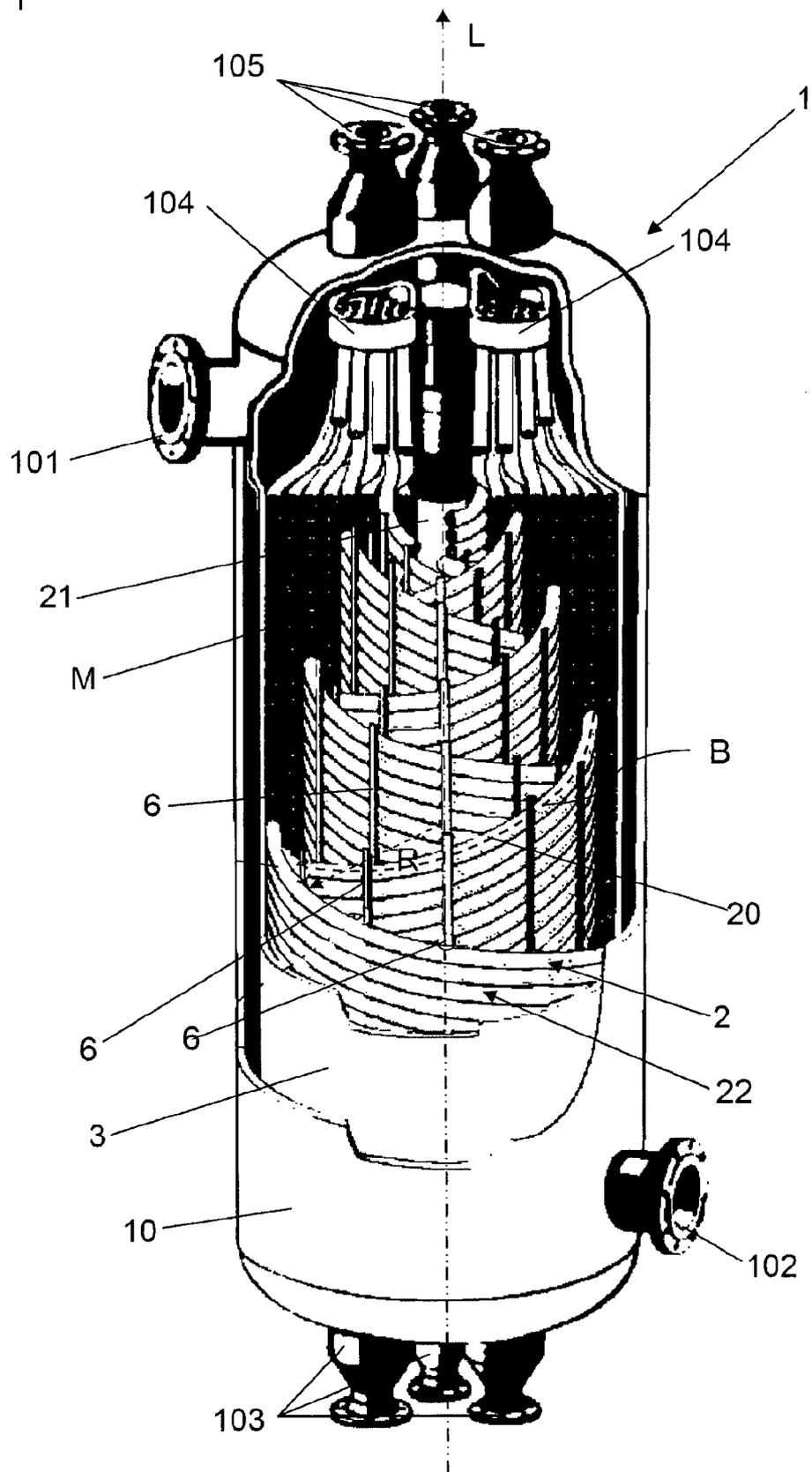
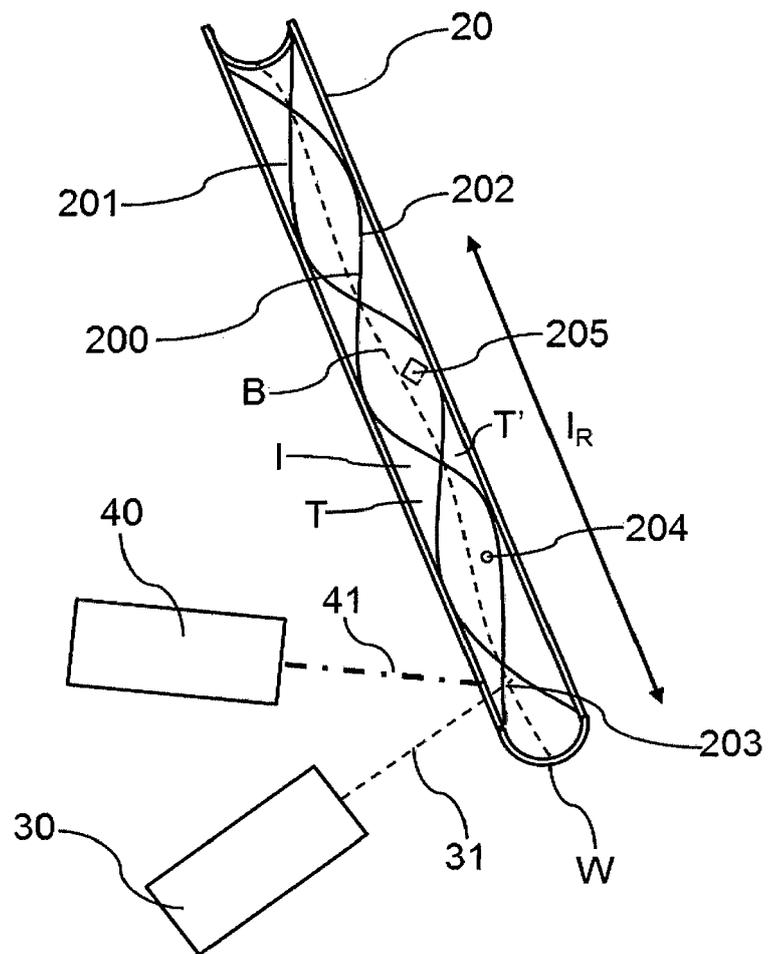


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 00 1913

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)
Y	WO 2011/127574 A1 (PRODIGY ENERGY RECOVERY SYSTEMS INC [CA]; BOSE RANA [CA]; VELAN DAVID) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) * Seite 14, Zeile 30 - Seite 17, Zeile 34; Abbildungen 1-9, 26-28 *	1-11	INV. F28D7/02 F28F13/12
Y	WO 2015/007375 A1 (LINDE AG [DE]) 22. Januar 2015 (2015-01-22) * Seite 9, Zeile 7 - Seite 11, Zeile 35; Abbildungen 1,2 *	1-11	
Y	WO 2013/163398 A1 (FLOWSERVE MAN CO [US]) 31. Oktober 2013 (2013-10-31) * Absätze [0005] - [0008], [0010]; Abbildungen 1A-1D *	1-11	
Y	EP 2 977 707 A1 (HAMILTON SUNDSTRAND SPACE SYS [US]) 27. Januar 2016 (2016-01-27) * Absätze [0006], [0010], [0024], [0025]; Abbildungen 1-8 *	1-11	
A	US 2014/102673 A1 (JOARDAR ARINDOM [US] ET AL) 17. April 2014 (2014-04-17) * das ganze Dokument *	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F28D F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. Februar 2017	Prüfer Axters, Michael
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 Patentedokument, 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 16 00 1913

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.

03-02-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011127574 A1	20-10-2011	KEINE	
WO 2015007375 A1	22-01-2015	CN 105518410 A EP 3022510 A1 US 2016370130 A1 WO 2015007375 A1	20-04-2016 25-05-2016 22-12-2016 22-01-2015
WO 2013163398 A1	31-10-2013	KEINE	
EP 2977707 A1	27-01-2016	EP 2977707 A1 JP 2016023926 A US 2016025420 A1	27-01-2016 08-02-2016 28-01-2016
US 2014102673 A1	17-04-2014	KEINE	

EPO FORM P0461

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