

(19)



(11)

EP 3 759 411 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.01.2022 Patentblatt 2022/01

(51) Int Cl.:

F28F 9/02 ^(2006.01) **F28F 9/06** ^(2006.01)
F28F 9/12 ^(2006.01) **F28F 21/00** ^(2006.01)
F28F 21/02 ^(2006.01) **F28F 21/04** ^(2006.01)
F28F 21/06 ^(2006.01) **F28D 7/16** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19708280.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/054870

(22) Anmeldetag: **27.02.2019**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/166493 (06.09.2019 Gazette 2019/36)

(54) **ROHRBÜNDELWÄRMEAUSTAUSCHER SOWIE ROHRBODEN UND VERFAHREN ZUM ABDICHTEN DESSELBEN**

TUBE BUNDLE-TYPE HEAT EXCHANGER, TUBE BASE, AND METHOD FOR SEALING SAME

ÉCHANGEUR DE CHALEUR À FAISCEAU TUBULAIRE ET PLAQUE TUBULAIRE ET PROCÉDÉ POUR ASSURER SON ÉTANCHÉITÉ

(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:

- **ANETSEDER, Werner**
86405 Meitingen (DE)
- **FERBER, Hermann**
86405 Meitingen (DE)
- **BALDERMANN, Klaus**
86405 Meitingen (DE)
- **SPULLER, Ralph**
86405 Meitingen (DE)

(30) Priorität: **28.02.2018 DE 102018001548**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.01.2021 Patentblatt 2021/01

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A2- 1 422 488 EP-A2- 1 491 842
DE-A1-102010 005 216 DE-A1-102015 114 130
DE-U1-202004 021 912

(73) Patentinhaber: **SGL Carbon SE**
65201 Wiesbaden (DE)

EP 3 759 411 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] Aspekte der Erfindung betreffen einen Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher. Der Rohrboden umfasst insbesondere einen Stapel von mehreren Rohrbodenplatten mit mindestens einer Durchgangsöffnung zur Aufnahme eines jeweiligen Rohres des Rohrbündelwärmeaustauschers. Die Durchgangsöffnung ist mittels mindestens einem Dichtring abgedichtet. Weitere Aspekte betreffen einen Rohrbündelwärmeaustauscher mit einem solchen Rohrboden und ein Verfahren zum Abdichten eines Rohrbündelwärmeaustauschers insbesondere im Bereich des Rohrbodens.

Technischer Hintergrund:

[0002] Wärmetauscher für den hochkorrosiven Einsatz werden typischerweise mit Rohren aus einem korrosionsfesten Material wie z.B. Graphit, Siliziumcarbid, Glas oder PTFE gebaut. Die Rohre enthalten ein erstes Fluid und werden von einem in einem inneren Gehäusebereich befindlichen zweiten Fluid umgeben, so dass ein Wärmetausch zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid durch die Rohrwände erfolgen kann. Die Ein- und Ausgänge der Rohre sind durch einen Rohrboden von dem inneren Gehäusebereich getrennt, so dass sich das ein- und austretende erste Fluid nicht mit dem zweiten Fluid vermischen kann. Hierfür ist eine hervorragende Abdichtung des Rohrbodens entscheidend.

[0003] Der Rohrboden eines typischen solchen Wärmetauschers ist typischerweise aus einer oder mehreren Rohrbodenplatten mit kunststoffummanteltem Metallkern aufgebaut. Die Kunststoffummantelung kann beispielsweise ein chemisch widerstandsfähiges Material wie PFA oder PTFE umfassen, um den Einsatz mit korrosiven Medien (erstes und/oder zweites Fluid) zu ermöglichen.

[0004] Im Gegensatz zu Wärmeaustauschern aus Metall, bei denen die Rohre mit den Rohrböden durch Schweißen und ähnliche Verfahren fluiddicht verbunden sind, ist dieses bei Einsatz von Glas- oder Siliziumcarbidrohren nicht möglich. Stattdessen sind die Rohre durch Durchgangsöffnungen im Rohrboden (ganz oder teilweise) hindurchgeführt und müssen aufwändig abgedichtet werden.

[0005] Beispielsweise ist in der DE 197 14 423 C2 ein Rohrbündelwärmeaustauscher mit zweigeteilt ausgeführten Rohrböden aus Kunststoff mit darin eingelegter Metallplatte offenbart. Darin sind in Bohrungen angeordnete Rohre jeweils mit Hilfe eines O-Ringes zwischen den einzelnen Rohrböden eingedichtet. Jedoch kann bei derartigen Wärmetauschern die Dichtwirkung nach einiger Zeit nachlassen. Daher ist es erstrebenswert, die Dichtwirkung zu verbessern.

[0006] Als weiteres Beispiel zeigt die DE 10 2010 005216 A1 einen Rohrbündelwärmeaustauscher gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, mit zweigeteilt ausgeführten Rohrböden aus Kunststoff, zwischen denen eine

Zwischenplatte angeordnet ist. In die Durchgangsbohrungen in der Zwischenplatte sind Compoundhülsen einsetzbar.

[0007] Vorbekannte Lösungen haben den Nachteil, dass sie einen konstruktiv hohen Aufwand erfordern und dennoch die Langzeitstabilität der Dichtung nicht immer gewährleistet ist.

Zusammenfassung der Erfindung:

[0008] Daher ist es eine Aufgabe der Erfindung, einen Rohrbündelwärmeaustauscher zu ermöglichen, bei dem zumindest einige der oben genannten Nachteile verringert sind.

[0009] Insbesondere soll eine möglichst einfache Konstruktion mit möglichst zuverlässiger Dichtwirkung ermöglicht werden.

[0010] Daher wird ein Rohrboden gemäß Anspruch 1, ein Rohrbündelwärmeaustauscher gemäß Anspruch 11, ein Verfahren gemäß Anspruch 14 und eine Verwendung gemäß Anspruch 15 vorgeschlagen. Weitere vorteilhafte Aspekte sind in den abhängigen Ansprüchen, den Figuren und der folgenden Beschreibung dargestellt.

[0011] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher zur Verfügung gestellt. Der Rohrboden umfasst eine erste Rohrbodenplatte mit einem Kern und einer den Kern umgebenden Kunststoffummantelung, eine zweite Rohrbodenplatte aus einem temperaturbeständigen Material (z. B. eine Graphitoder Keramikplatte), und eine dritte Rohrbodenplatte mit einem Kern und einer den Kern umgebenden Kunststoffummantelung.

[0012] Die erste, zweite und dritte Rohrbodenplatte sind zu einem Stapel gestapelt, wobei die zweite Rohrbodenplatte als Zwischenplatte zwischen der ersten und der dritten Rohrbodenplatte (20, 40) angeordnet ist, so dass eine erste Oberfläche der zweiten Rohrbodenplatte zur ersten Rohrbodenplatte gerichtet ist und eine gegenüberliegende zweite Oberfläche der zweiten Rohrbodenplatte zur dritten Rohrbodenplatte gerichtet ist.

[0013] Der Stapel weist zumindest eine Durchgangsöffnung zur Aufnahme eines jeweiligen Rohres des Rohrbündelwärmeaustauschers auf. Der Rohrboden weist für jede der zumindest einen Durchgangsöffnung weiter auf: Je mindestens einen Dichtring zum Abdichten des jeweiligen Rohres, und je mindestens einen Dichtungssitz zur Aufnahme des mindestens einen Dichtrings, wobei der Dichtungssitz eine die jeweilige Durchgangsöffnung unmittelbar ringartig umgebende Vertiefung in der zweiten Rohrbodenplatte ist.

[0014] Aspekte der Erfindung haben den Vorteil, dass eine zweite Rohrbodenplatte aus einem temperaturbeständigen Material zur Verfügung gestellt wird, und dass darin ein Dichtungssitz zur Aufnahme des Dichtrings eingelassen ist. Ein solcher Dichtungssitz ermöglicht eine zuverlässige und langzeitstabile Abdichtung der Rohrbodenplatte.

[0015] Zusätzlich ist die zweite Rohrbodenplatte in ei-

nem Stapel zwischen zwei kunststoffummantelten Rohrbodenplatten (erste und dritte Rohrbodenplatte) angeordnet und wird von diesen vor mechanischen Belastungen geschützt. Durch diese Anordnung wird die Stabilität des Rohrbodens weiter erhöht. Durch diese Anordnung als Stapel kann insbesondere ein Rohrboden zur Verfügung gestellt werden, der die vorteilhaften Eigenschaften der jeweiligen Rohrbodenplatten in sich vereint.

[0016] Da die zweite Rohrbodenplatte als Ganzes aus einem temperaturbeständigen Material aufgebaut ist und vorzugsweise aus dem temperaturbeständigen Material besteht, wird die Zuverlässigkeit des Dichtungssitzes noch weiter erhöht. Weiter kann hierdurch ein besonders einfacher Aufbau des Rohrbodens erreicht werden.

Beschreibung weiterer Aspekte der Erfindung:

[0017] Im Folgenden werden weitere, bevorzugte (d. h. optionale) Aspekte der Erfindung beschrieben. Bezugszeichen beziehen sich zur Illustration auf die im Anschluss genauer beschriebenen Figuren, schränken die Aspekte jedoch nicht auf die dort dargestellten Ausführungsformen ein. Soweit nicht anders angegeben, kann jeder Aspekt mit jedem anderen hierin beschriebenen Aspekt oder jeder anderen hierin beschriebenen Ausführungsform kombiniert werden.

[0018] Gemäß einem Aspekt ist das temperaturbeständige Material der zweiten Rohrbodenplatte dadurch definiert, dass das Material für Temperaturen bis mindestens 250 °C kein substantielles Fließverhalten aufweist. Für Kunststoffe ist diese Bedingung durch eine Formbeständigkeitstemperatur von größer als 250°C definiert, wobei die Formbeständigkeitstemperatur gemäß DIN EN ISO 75-2:2013 (unter einer Last von 0,45 MPa gemäß Verfahren B) zu ermitteln ist. Übliche Kunststoffe wie PFA, PTFE erfüllen diese Bedingung nicht. Eine Ausnahme, für die die Formbeständigkeitstemperatur größer als 250°C ist, ist der Kunststoff PEEK. Auch mit formbeständigen Füllstoffen hochfüllstoffbeladene Kunststoffe können die Bedingung erfüllen. Für Nicht-Kunststoffe gilt das obige Kriterium analog. Dabei sind Stahl, Keramik, Graphit, Glas und weitere Materialien mit ähnlich geringen Fließeigenschaften bei 250 °C stets als temperaturbeständig anzusehen, unabhängig von der obigen Bedingung. Besonders bevorzugt ist das Material der zweiten Rohrbodenplatte eine Keramik.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt ist das temperaturbeständige Material der zweiten Rohrbodenplatte daher ausgewählt aus den Materialien Stahl, Keramik, Glas, Kunststoff mit einer Formbeständigkeitstemperatur von größer als 250°C wie oben definiert, insbesondere PEEK, und einer Mischung daraus (etwa als Verbundmaterial).

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt hat das Material der zweiten Rohrbodenplatte eine thermische Längenausdehnung $\alpha < 20 \mu\text{m/mK}$ für jegliche Temperaturen zwischen -50 °C und 200 °C. Dadurch wird ein sicherer Dichtungssitz auch bei Temperaturschwankungen ge-

währleistet.

[0021] Gemäß einem weiteren Aspekt hat das Material der zweiten Rohrbodenplatte ein E-Modul $> 300 \text{ GPa}$. Dadurch wird eine gute Biegesteifigkeit der zweiten Rohrbodenplatte sichergestellt.

[0022] Gemäß einem weiteren Aspekt umfasst der Kern (22, 42) der ersten und/oder der dritten Rohrbodenplatte jeweils zumindest eins von einem Metall (z.B. eine Metall-Legierung) und einem Faserverbundwerkstoff oder besteht daraus. Der Faserverbundwerkstoff kann z.B. ein kohlenstoffbasierter Faserverbundwerkstoff wie etwa CFK und/oder CFC sein. Die Kunststoffummantelung (24, 44) der ersten und/oder der dritten Rohrbodenplatte kann jeweils zumindest ein Fluoropolymer wie etwa PFA und/oder PTFE umfassen. Die Kunststoffummantelung (24, 44) ist gemäß einem Aspekt nicht bzw. aus einem nur eingeschränkt temperaturbeständigen Material (erfüllt z.B. nicht die obige Definition eines temperaturbeständigen Materials).

[0023] Gemäß einem weiteren Aspekt sind die erste und dritte Rohrbodenplatte (20, 40) baugleich ausgeführt, wodurch die Anzahl verschiedener Teile reduziert werden kann.

[0024] Gemäß einem weiteren Aspekt ist die zweite Rohrbodenplatte (30) eine Graphit- oder Keramikplatte, wobei die Keramik vorzugsweise eine Nichtoxid-Keramik wie etwa SiC, SiSiC, und/oder SN ist. Die zweite Rohrbodenplatte kann das Graphit bzw. die Keramik umfassen oder daraus bestehen. Vorteile dieser Materialien sind ihre Temperaturbeständigkeit bei gleichzeitiger Korrosionsfestigkeit, sowie in dem Stapel vorteilhafte mechanische Eigenschaften.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt ist die zumindest eine Durchgangsöffnung (14) eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen. Gemäß einem weiteren Aspekt ist die zweite Rohrbodenplatte (30) einstückig, so dass das gleiche monolithische Material der zweiten Rohrbodenplatte (30), z.B. Graphit oder Keramik, an die Mehrzahl der Durchgangsöffnungen (14) angrenzt.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt ist der mindestens eine Dichtungssitz (34, 38, 39) und/oder der mindestens eine Dichtring (52) mit rechteckigem (insbesondere quadratischem), trapezförmigem, kegelförmigem, konusförmigem oder abschnittsweise ovalem Querschnitt ausgebildet. Der Querschnitt des Dichtungssitzes kann hierbei nach einer Innenseite der jeweiligen Durchgangsöffnung (14) hin offen sein. Weiter kann eine Seite des Dichtungssitzes durch einen Oberflächenabschnitt der ersten bzw. der dritten Rohrbodenplatte gebildet sein. Gemäß einem Abschnitt sind mindestens zwei Seiten des Dichtungssitzes durch einen (vertieften) Oberflächenabschnitt der zweiten Rohrbodenplatte gebildet.

[0027] Gemäß einem weiteren Aspekt ist der je mindestens eine Dichtring (52) je mindestens zwei Dichtringe. Somit umfasst der je mindestens eine Dichtungssitz (34, 38) je mindestens einen ersten und einen zweiten Dichtungssitz. Der erste Dichtungssitz (34) kann etwa als Vertiefung in der ersten Oberfläche (32) der zweiten

Rohrbodenplatte (30) angeordnet sein, und der zweite Dichtungssitz (38) kann als Vertiefung in der zweiten Oberfläche (36) der zweiten Rohrbodenplatte (30) angeordnet sein.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt sind die Dichtringe (52) in dem jeweiligen Dichtungssitz (34, 38) zwischen der zweiten und der ersten Rohrbodenplatte (30, 20) bzw. der zweiten und der dritten Rohrbodenplatte (30, 40) derart eingepresst, dass die Dichtringe auf höchstens einer Seite die jeweilige Kunststoffummantelung (24, 44) berühren, aber vorzugsweise auf mindestens zwei Seiten (davon eine Seite die der Durchgangsöffnung gegenüberliegende Seite) das Material der zweiten Rohrbodenplatte berühren.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt ist der Dichtungssitz (39) als von der ersten und zweiten Oberfläche (32, 36) der zweiten Rohrbodenplatte (30) beabstandete Vertiefung in einer Seitenwand der Durchgangsöffnung (14) angeordnet.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt sind die erste, zweite und dritte Rohrbodenplatte (20, 30, 40) durch Verkleben aneinander gepresst, z.B. durch einen Flansch und/oder einen Zuganker. Bevorzugt wird die Kraft zum Aneinanderpressen der Rohrbodenplatten ausschließlich von einem Randbereich der Rohrbodenplatten (20, 30, 40) her eingeleitet, z.B. durch einen Flansch. Ansonsten sind die Rohrbodenplatten (20, 30, 40) vorzugsweise mechanisch entkoppelt. Eine ausreichende Klemmwirkung kann durch die Steifigkeit der zweiten Rohrbodenplatte vermittelt werden.

[0031] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Rohrbündelwärmeaustauscher (1) mit dem hierin beschriebenen Rohrboden (10) zur Verfügung gestellt. Der Rohrbündelwärmeaustauscher (1) umfasst für jede der zumindest einen Durchgangsöffnung (14) ein Rohr (50), welches durch die jeweilige Durchgangsöffnung vollständig oder teilweise (mindestens bis zur zweiten Rohrbodenplatte) hindurchführt und welches mittels des in dem mindestens einen Dichtungssitzen (34, 38, 39) liegenden mindestens einen Dichtungsringes (52) eingedichtet ist. Dies schließt das Vorhandensein weiterer Durchgangsöffnungen (etwa für Zuganker) nicht aus.

[0032] Gemäß einem weiteren Aspekt ist das Rohr (50) ein Graphit-, SiC-, oder Glas-Rohr, umfasst also diese Materialien oder besteht aus ihnen.

[0033] Gemäß einem weiteren Aspekt ist der Rohrbündelwärmeaustauscher für ein stark korrodierendes Medium vorgesehen (z.B. starke Säuren wie Flußsäure (HF), Salzsäure (HCl), Salpetersäure (HNO₃), oder auch starke Laugen). Die Kunststoffummantelung (24, 44) ist gegenüber dem korrodierenden Medium chemisch beständig.

[0034] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zum Abdichten eines Rohrbündelwärmeaustauschers (1) vorgeschlagen. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Ein Rohrboden (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 wird zur Verfügung gestellt; und zumindest ein Rohr (50) des Rohrbündelwärmeaustau-

schers wird durch die entsprechende Durchgangsöffnung (14) hindurchgeführt und mittels des in dem mindestens einen Dichtungssitz (34, 38, 39) liegenden mindestens einen Dichtungsringes (52) eingedichtet. Das Verfahren kann Teil eines Herstellungsverfahrens des Rohrbündelwärmeaustauschers oder eines Wartungs- bzw. Reparaturverfahrens für den Rohrbündelwärmeaustauscher sein.

10 Kurzbeschreibung der Figuren:

[0035] Im Weiteren soll die Erfindung anhand von in Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden, aus denen sich weitere Vorteile und Abwandlungen ergeben. Dazu zeigen:

Figur 1 zeigt eine Querschnittsansicht eines Rohrbündelwärmeaustauschers mit einem Rohrboden gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Figur 2 zeigt eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Rohrbodens gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; und

Figur 3 zeigt eine Querschnittsansicht der zweiten Rohrbodenplatte eines Rohrbodens gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

30 Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung:

[0036] Mit Bezug auf Figur 1 wird im Folgenden ein Rohrbündelwärmeaustauscher 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Der Rohrbündelwärmeaustauscher 1 hat ein Gehäuse 6, einen Rohrboden 10 mit Durchgangsöffnungen 14, und Rohre 50, welche durch die jeweiligen Durchgangsöffnungen 14 hindurchführen.

[0037] Im Betrieb enthalten die Rohre 50 ein erstes Fluid und werden von einem in einem inneren Gehäusebereich (rechts des Rohrbodens 10 in Fig. 1) befindlichen zweiten Fluid umgeben, so dass ein Wärmetausch zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid durch die Rohrwände erfolgen kann. Die Ein- und Ausgänge der Rohre 50 (zur linken Seite des Rohrbodens 10 in Fig. 1) sind durch den Rohrboden 10 von dem inneren Gehäusebereich rechts des Rohrbodens 10 getrennt und darin wie im Folgenden beschrieben eingedichtet.

[0038] Der Rohrboden 10 umfasst eine erste Rohrbodenplatte 20 mit einem Kern 22 und einer den Kern umgebenden Kunststoffummantelung 24, eine zweite Rohrbodenplatte 30 aus dem bereits oben beschriebenen temperaturbeständigen Material, und eine dritte Rohrbodenplatte 40 mit einem Kern 42 und einer den Kern umgebenden Kunststoffummantelung 44.

[0039] Die drei Rohrbodenplatten 20, 30, 40 sind zu einem Stapel gestapelt, bei dem die zweite Rohrbodenplatte 30 als Zwischenplatte zwischen der ersten und der

dritten Rohrbodenplatte 20, 40 angeordnet ist. Mit anderen Worten ist die erste Oberfläche 32 der zweiten Rohrbodenplatte zur ersten Rohrbodenplatte 20 gerichtet und die gegenüberliegende zweite Oberfläche 36 der zweiten Rohrbodenplatte zur dritten Rohrbodenplatte 40 gerichtet.

[0040] In jeder der Durchgangsöffnungen 14 sind je zwei Dichtungssitze 34, 38 mit jeweils einem darin aufgenommenen Dichtring 52 angebracht, um das jeweilige Rohr 50 abzudichten. Genauer sind die Dichtungssitze 34, 38 eine als Vertiefungen in der zweiten Rohrbodenplatte 30 ausgebildet, welche die Durchgangsöffnung 14 unmittelbar ringartig umgibt. Die der Durchgangsöffnung 14 gegenüberliegende Rückfläche und eine Seitenfläche der Dichtungssitze 34, 38 wird durch die zweite Rohrbodenplatte 30 gebildet, und eine weitere Seitenfläche der Dichtungssitze 34, 38 wird durch die erste bzw. dritte Rohrbodenplatte 20, 40, genauer durch deren Kunststoffummantelung 24, 44 gebildet.

[0041] Dadurch, dass die Dichtungssitze 34, 38 eine als Vertiefungen in der zweiten, temperaturstabilen Rohrbodenplatte 30 ausgebildet sind, wird eine stabile und zuverlässige Dichtwirkung ermöglicht.

[0042] Die drei Rohrbodenplatten 20, 30 und 40 sind durch ein Paar von Flanschen des Gehäuses 6 aneinander gepresst und somit miteinander verklemt. Das Verkleben erfolgt mittels eines nicht dargestellten Verspannelements (etwa eines Zugelements wie einer Schraube), welches durch die Flansche und durch den Stapel der Rohrbodenplatten 20, 30 und 40 hindurchgeführt wird, um die Flansche aneinanderzupressen und somit den Stapel zusammenzupressen. Das Verspannelement erstreckt sich hier durch eine Flansch-Durchgangsöffnung 16, welche durch die Flansche und durch den Stapel der drei Rohrbodenplatten 20, 30 und 40 hindurchgeht.

[0043] Die Verspannelemente sind ausschließlich im Randbereich (Flanschbereich) des Rohrbodens angeordnet. Im Inneren des Gehäuses 6 sind die Rohrbodenplatten 20, 30, 40 dagegen mechanisch entkoppelt. Aufgrund der Verbiegesteifigkeit des Rohrbodens, insbesondere der zweiten Rohrbodenplatte 30, kann auf weiter innenliegende Verspannelemente oder Verbindungselemente verzichtet werden und dennoch sichergestellt werden, dass die Rohrbodenplatten 20, 30, 40 ausreichend aneinandergepresst werden.

[0044] Figur 2 zeigt eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Rohrbodens gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform entspricht weitgehend der Ausführungsform der Figur 1, und die Beschreibung der Figur 1 gilt auch entsprechend hier.

[0045] Lediglich die Querschnittsform der Dichtungsringe 52 und der zugehörigen Dichtungssitze 34, 38 unterscheidet sich. In Figur 1 haben die Dichtungsringe 52 und die Dichtungssitze 34, 38 einen rechteckigen (quadratischen) Querschnitt, und in Figur 2 haben sie einen trapezförmigen Querschnitt. Auch weitere oben beschriebene Querschnitte sind möglich.

[0046] Figur 3 zeigt eine Querschnittsansicht der zweiten Rohrbodenplatte 30 eines Rohrbodens gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Abgesehen von der dargestellten Gestaltung der zweiten Rohrbodenplatte 30 (und insbesondere von dem Dichtungssitz und der zugehörigen Dichtungsringe) entspricht die Ausführungsform dem in Fig. 1 dargestellten Aufbau.

[0047] In der zweiten Rohrbodenplatte 30 gemäß Figur 4 ist statt der in Fig. 1-3 dargestellten zwei Dichtungssitze 34, 38 nur ein einziger Dichtungssitz 39 angebracht. Der Dichtungssitz 39 ist an der Seitenwand der Durchgangsöffnung 14 in einem axial mittigen Abschnitt der zweiten Rohrbodenplatte 30 angebracht und somit von der ersten und dritten Rohrbodenplatte beabstandet. Gemäß Figur 4 ist somit nur ein einziger Dichtungsring pro Durchgangsöffnung vorgesehen. Sämtliche Seiten des Dichtungssitzes 39 werden durch das temperaturfeste Material der zweiten Rohrbodenplatte 30 gebildet.

[0048] Soweit nicht anders dargestellt, können die Ausführungsformen der Figuren 1-4 sämtliche oben beschriebenen weiteren Aspekte aufweisen. Die Ausführungsformen und Aspekte dienen lediglich zur Illustration und sollen den Schutzbereich nicht einschränken. Der Schutzbereich wird durch die folgenden Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Rohrboden (10) für einen Rohrbündelwärmeaustauscher (1), der Rohrboden umfassend:

- eine erste Rohrbodenplatte (20) mit einem Kern (22) und einer den Kern umgebenden Kunststoffummantelung (24),
- eine zweite Rohrbodenplatte (30) aus einem temperaturbeständigen Material, und
- eine dritte Rohrbodenplatte (40) mit einem Kern (42) und einer den Kern umgebenden Kunststoffummantelung (44), wobei

die erste, zweite und dritte Rohrbodenplatte zu einem Stapel gestapelt sind, wobei die zweite Rohrbodenplatte (30) als Zwischenplatte zwischen der ersten und der dritten Rohrbodenplatte (20, 40) angeordnet ist, so dass eine erste Oberfläche (32) der zweiten Rohrbodenplatte zur ersten Rohrbodenplatte (20) gerichtet ist und eine gegenüberliegende zweite Oberfläche (36) der zweiten Rohrbodenplatte zur dritten Rohrbodenplatte (40) gerichtet ist, und wobei der Stapel zumindest eine Durchgangsöffnung (14) zur Aufnahme eines jeweiligen Rohres (50) des Rohrbündelwärmeaustauschers aufweist, und wobei der Rohrboden für jede der zumindest einen Durchgangsöffnung (14) weiter aufweist:

- je mindestens einen Dichtring (52) zum Abdichten des jeweiligen Rohres,
 - je mindestens einen Dichtungssitz (34, 38, 39) zur Aufnahme des mindestens einen Dichtrings (52), wobei der Dichtungssitz eine die jeweilige Durchgangsöffnung unmittelbar ringartig umgebende Vertiefung in der zweiten Rohrbodenplatte (30) ist,
dadurch gekennzeichnet, dass das temperaturbeständige Material kein substantielles Fließverhalten für Temperaturen bis mindestens 200 °C und keine substantielle Wärmeausdehnung für Temperaturen zwischen -50 °C und 200 °C aufweist.
2. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach Anspruch 1, wobei der Kern (22, 42) der ersten und/oder der dritten Rohrbodenplatte jeweils zumindest eins von einem Metall und einem Faser-
verbundwerkstoff umfasst.
 3. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste und dritte Rohrbodenplatte (20, 40) baugleich ausgeführt sind.
 4. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei die zweite Rohrbodenplatte (30) eine Graphitoder Keramikplatte ist.
 5. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine Durchgangsöffnung (14) eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen sind, und wobei die zweite Rohrbodenplatte (30) einstückig ist, so dass das gleiche monolithische Material der zweiten Rohrbodenplatte (30) an die Mehrzahl der Durchgangsöffnungen (14) angrenzt.
 6. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Dichtring (52) mit rechteckigem, trapezförmigem, kegelförmigem, konusförmigem oder abschnittsweise ovalem Querschnitt ausgebildet ist.
 7. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei der je mindestens eine Dichtring (52) je mindestens zwei Dichtringe sind, und wobei der je mindestens einen Dichtungssitz (34, 38) je mindestens einen ersten und einen zweiten Dichtungssitz umfassen, wobei der erste Dichtungssitz (34) als Vertiefung in der ersten Oberfläche (32) der zweiten Rohrbodenplatte (30) angeordnet ist und der zweite Dichtungssitz (38) als Vertiefung in der zweiten Oberfläche (36) der zweiten Rohrbodenplatte (30) angeordnet ist.
 8. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei die Dichtringe (52) in dem jeweiligen Dichtungssitz (34, 38) zwischen der zweiten und der ersten Rohrbodenplatte (30, 20) bzw. der zweiten und der dritten Rohrbodenplatte (30, 40) derart eingepresst sind, dass die Dichtringe auf höchstens einer Seite die jeweilige Kunststoffummantelung (24, 44) berühren,
 9. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Dichtungssitz (39) als von der ersten und zweiten Oberfläche (32, 36) der zweiten Rohrbodenplatte (30) beabstandete Vertiefung in einer Seitenwand der Durchgangsöffnung (14) angeordnet ist.
 10. Rohrboden für einen Rohrbündelwärmeaustauscher nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste, zweite und dritte Rohrbodenplatte (20, 30, 40) durch Verklemmen aneinander gepresst sind.
 11. Rohrbündelwärmeaustauscher (1), umfassend den Rohrboden (10) nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche, und für jede der zumindest einen Durchgangsöffnung (14) ein Rohr (50), welches durch die jeweilige Durchgangsöffnung hindurchführt und mittels des in dem mindestens einen Dichtungssitz (34, 38, 39) liegenden mindestens einen Dichtungsring (52) eingedichtet ist.
 12. Rohrbündelwärmeaustauscher nach Anspruch 11, wobei das Rohr (50) ein Graphit-, SiC-, oder Glas-Rohr ist.
 13. Verwendung des Rohrbündelwärmeaustauscher nach Anspruch 11 oder 12, wobei der Rohrbündelwärmeaustauscher für ein korrodierendes Medium vorgesehen ist und wobei die Kunststoffummantelung (24, 44) gegenüber dem korrodierenden Medium chemisch beständig ist.
 14. Verfahren zum Abdichten eines Rohrbündelwärmeaustauschers (1), das Verfahren umfassend:
 - Ein Rohrboden (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 wird zur Verfügung gestellt,
 - zumindest ein Rohr (50) des Rohrbündelwärmeaustauschers wird durch die entsprechende Durchgangsöffnung (14) hindurchgeführt und mittels des in dem mindestens einen Dichtungssitz (34, 38, 39) liegenden mindestens einen Dichtungsring (52) eingedichtet.

15. Verwendung des Rohrbodens (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Abdichten des Rohrbündelwärmeaustauschers (1).

Claims

1. Tube sheet (10) for a shell and tube heat exchanger (1), the tube sheet comprising:

- a first tube sheet plate (20) having a core (22) and a plastics sheath (24) surrounding the core,
- a second tube sheet plate (30) made of a temperature-resistant material, and
- a third tube sheet plate (40) having a core (42) and a plastics sheath (44) surrounding the core,

the first, second and third tube sheet plates being stacked to form a stack,

the second tube sheet plate (30) being arranged as an intermediate plate between the first and the third tube sheet plate (20, 40), such that a first surface (32) of the second tube sheet plate is directed to the first tube sheet plate (20) and an opposite second surface (36) of the second tube sheet plate is directed to the third tube sheet plate (40), and

the stack having at least one through-opening (14) for receiving a relevant tube (50) of the shell and tube heat exchanger, and wherein

the tube sheet further has, for each of the at least one through-opening (14):

- at least one sealing ring (52) each for sealing the relevant pipe,
- at least one seal seat (34, 38, 39) each for receiving the at least one sealing ring (52), the seal seat being a recess in the second tube sheet plate (30) that surrounds the relevant through-opening directly in an annular manner, **characterised in that** the temperature-resistant material has no substantial flow behaviour for temperatures up to at least 200°C and no substantial thermal expansion for temperatures between -50°C and 200°C.

2. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to claim 1, wherein the core (22, 42) of the first and/or the third tube sheet plate in each case comprises at least one of a metal and a fibre composite material.

3. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to either of the preceding claims, wherein the first and third tube sheet plates (20, 40) are of identical construction.

4. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of the preceding claims, wherein the second tube sheet plate (30) is a graphite or ceramic plate.

5. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of the preceding claims, wherein the at least one through-opening (14) is a plurality of through-openings, and wherein the second tube sheet plate (30) is formed in one piece, such that the same monolithic material of the second tube sheet plate (30) is adjacent to the plurality of through-openings (14).

6. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of the preceding claims, wherein the at least one sealing ring (52) is designed with a cross section which is rectangular, trapezoidal, conical, cone-shaped, or oval in portions.

7. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of the preceding claims, wherein each at least one sealing ring (52) is in each case at least two sealing rings, and wherein each at least one seal seat (34, 38) in each case comprises at least one first and one second seal seat, wherein the first seal seat (34) is arranged as a recess in the first surface (32) of the second tube sheet plate (30) and the second seal seat (38) is arranged as a recess in the second surface (36) of the second tube sheet plate (30).

8. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of the preceding claims, wherein the sealing rings (52) are pressed in the relevant seal seat (34, 38) between the second and the first tube sheet plates (30, 20) or the second and the third tube sheet plates (30, 40), respectively, such that the sealing rings contact the relevant plastics sheath (24, 44) on at most one side.

9. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of claims 1 to 6, wherein the seal seat (39) is arranged in a lateral wall of the through-opening (14) as a recess spaced from the first and second surfaces (32, 36) of the second tube sheet plate (30).

10. Tube sheet for a shell and tube heat exchanger according to any of the preceding claims, wherein the first, second and third tube sheet plates (20, 30, 40) are pressed against one another by clamping.

11. Shell and tube heat exchanger (1) comprising the tube sheet (10) according to any of the preceding claims, and, for each at least one through-opening (14), a tube (50) which passes through the relevant through-opening and is sealed in by the at least one sealing ring (52) located in the at least one seal seat

(34, 38, 39).

12. Shell and tube heat exchanger according to claim 11, wherein the tube (50) is a graphite tube, SiC tube or glass tube.

5

13. Use of the shell and tube heat exchanger according to either claim 11 or claim 12, wherein the shell and tube heat exchanger is provided for a corrosive medium and wherein the plastics sheath (24, 44) is chemically resistant to the corrosive medium.

10

14. Method for sealing a shell and tube heat exchanger (1), the method comprising:

15

- providing a tube sheet (10) according to any of claims 1 to 10,
- passing at least one tube (50) of the shell and tube heat exchanger through the corresponding through-opening (14) and sealing said tube by means of the at least one sealing ring (52) located in the at least one seal seat (34, 38, 39).

20

15. Use of the tube sheet (10) according to any of claims 1 to 10 for sealing the shell and tube heat exchanger (1).

25

Revendications

30

1. Fond tubulaire (10) destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire (1), le fond tubulaire comprenant :

- une première plaque de fond tubulaire (20) comportant un noyau (22) et une enveloppe en plastique (24) entourant le noyau,
- une deuxième plaque de fond tubulaire (30) en un matériau résistant à la température, et
- une troisième plaque de fond tubulaire (40) comportant un noyau (42) et une enveloppe en plastique (44) entourant le noyau,

35

40

les première, deuxième et troisième plaques de fond tubulaire étant empilées en une pile, la deuxième plaque de fond tubulaire (30) étant agencée en tant que plaque intermédiaire entre la première et la troisième plaques de fond tubulaire (20, 40), de sorte qu'une première surface (32) de la deuxième plaque de fond tubulaire est dirigée vers la première plaque de fond tubulaire (20) et une seconde surface (36) opposée de la deuxième plaque de fond tubulaire est dirigée vers la troisième plaque de fond tubulaire (40), et la pile présentant au moins une ouverture traversante (14) permettant de recevoir un

45

50

55

tube respectif (50) de l'échangeur de chaleur à faisceau tubulaire, et le fond tubulaire présentant en outre, pour chacune de l'au moins une ouverture traversante (14) :

- respectivement au moins une bague d'étanchéité (52) permettant d'assurer l'étanchéité du tuyau respectif,
- respectivement au moins un siège d'étanchéité (34, 38, 39) permettant de recevoir l'au moins une bague d'étanchéité (52), le siège d'étanchéité étant un évidement dans la seconde plaque de fond tubulaire (30) qui entoure directement l'ouverture traversante respective à la manière d'une bague, **caractérisé en ce que** le matériau résistant à la température ne présente pas d'aptitude à l'écoulement substantielle pour des températures jusqu'à au moins 200 °C et pas de dilatation thermique substantielle pour des températures entre -50 °C et 200 °C.

2. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon la revendication 1, dans lequel le noyau (22, 42) de la première et/ou de la troisième plaques de fond tubulaire comprend respectivement au moins un métal et/ou un matériau renforcé par des fibres.

3. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les première et troisième plaques de fond tubulaire (20, 40) sont de construction identique.

4. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième plaque de fond tubulaire (30) est une plaque en graphite ou en céramique.

5. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'au moins une ouverture traversante (14) est une pluralité d'ouvertures traversantes, et dans lequel la deuxième plaque de fond tubulaire (30) est réalisée d'une seule pièce, de sorte que le même matériau monolithique de la deuxième plaque de fond tubulaire (30) est adjacent à la pluralité d'ouvertures traversantes (14).

6. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'au moins une bague d'étanchéité (52) est conçue avec une section

transversale rectangulaire, trapézoïdale, conique ou, dans certaines régions, ovale.

7. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chacune de l'au moins une bague d'étanchéité (52) est constituée respectivement d'au moins deux bagues d'étanchéité, et dans lequel chacun de l'au moins un siège d'étanchéité (34, 38) comprend respectivement au moins un premier et un second sièges d'étanchéité, le premier siège d'étanchéité (34) étant agencé en tant qu'évidement dans la première surface (32) de la deuxième plaque de fond tubulaire (30) et le second siège d'étanchéité (38) étant agencé en tant qu'évidement dans la seconde surface (36) de la deuxième plaque de fond tubulaire (30). 5
8. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les bagues d'étanchéité (52) dans le siège d'étanchéité (34, 38) respectif sont pressées entre la deuxième et la première plaques de fond tubulaire (30, 20) ou la deuxième et la troisième plaques de fond tubulaire (30, 40) de telle sorte que les bagues d'étanchéité touchent au plus un côté de l'enveloppe en plastique (24, 44) respective. 10
9. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le siège d'étanchéité (39) est agencé en tant qu'évidement, espacé des première et seconde surfaces (32, 36) de la deuxième plaque de fond tubulaire (30), dans une paroi latérale de l'ouverture traversante (14). 15
10. Fond tubulaire destiné à un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les première, deuxième et troisième plaques de fond tubulaire (20, 30, 40) sont pressées ensemble par serrage. 20
11. Échangeur de chaleur à faisceau tubulaire (1), comprenant le fond tubulaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, et pour chacune de l'au moins une ouverture traversante (14) un tube (50), qui passe à travers l'ouverture traversante respective et qui est rendu étanche au moyen de l'au moins une bague d'étanchéité (52) se trouvant dans l'au moins un siège d'étanchéité (34, 38, 39). 25
12. Échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon la revendication 11, dans lequel le tube (50) est un tube en graphite, en SiC ou en verre. 30
13. Utilisation de l'échangeur de chaleur à faisceau tubulaire selon la revendication 11 ou 12, dans laquelle 35

l'échangeur de chaleur à faisceau tubulaire est prévu pour un milieu corrosif et dans laquelle l'enveloppe en plastique (24, 44) est chimiquement résistante au milieu corrosif.

14. Procédé permettant de sceller un échangeur de chaleur à faisceau tubulaire (1), le procédé comprenant : 40
 - un fond tubulaire (10) selon l'une des revendications 1 à 10 est fourni,
 - au moins un tube (50) de l'échangeur de chaleur à faisceau tubulaire est passé à travers l'ouverture de passage (14) correspondante et est scellé au moyen de l'au moins une bague d'étanchéité (52) se trouvant dans l'au moins un siège d'étanchéité (34, 38, 39). 45
15. Utilisation du fond tubulaire (10) selon l'une des revendications 1 à 10 pour sceller l'échangeur de chaleur à faisceau tubulaire (1). 50

Fig. 1

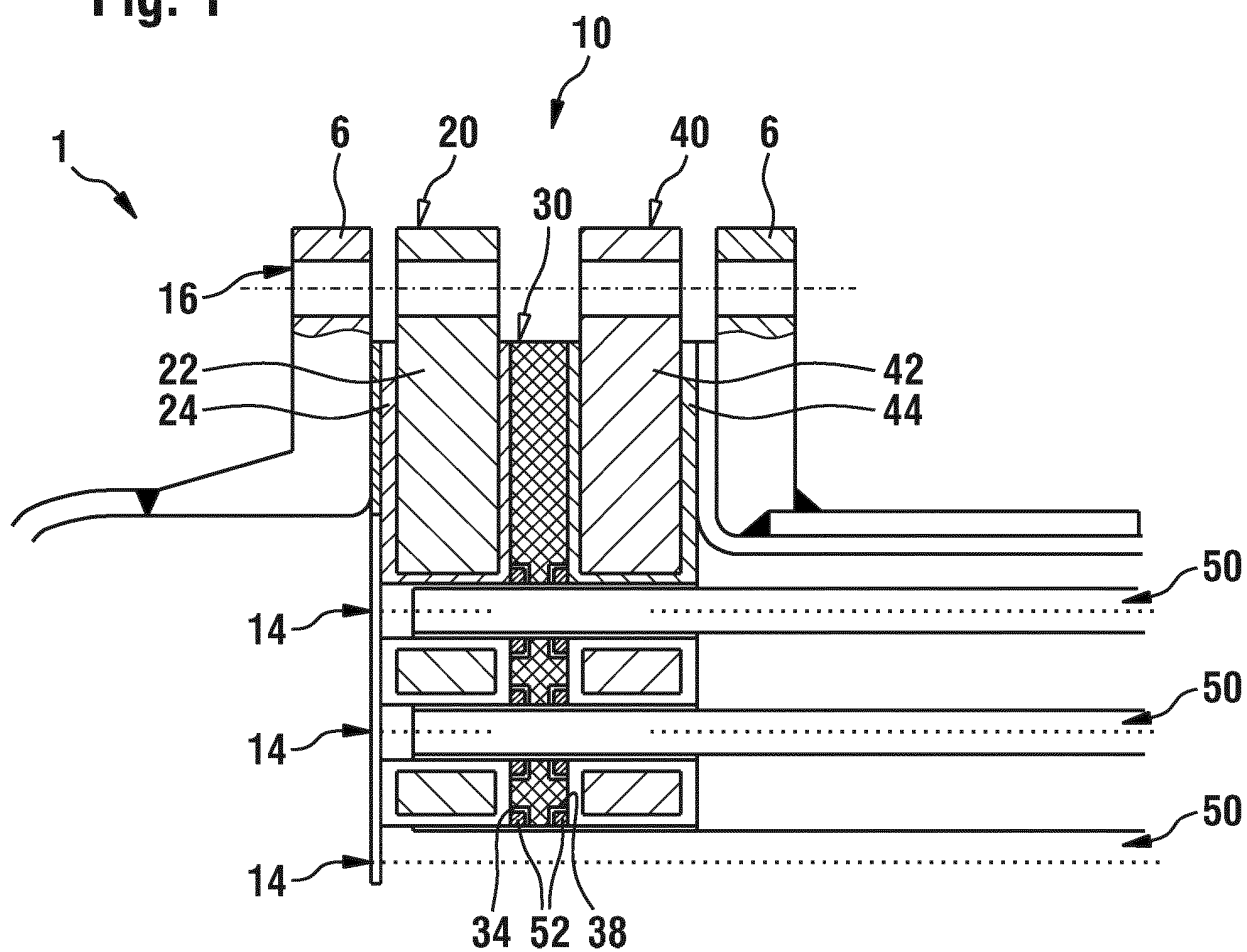


Fig. 2

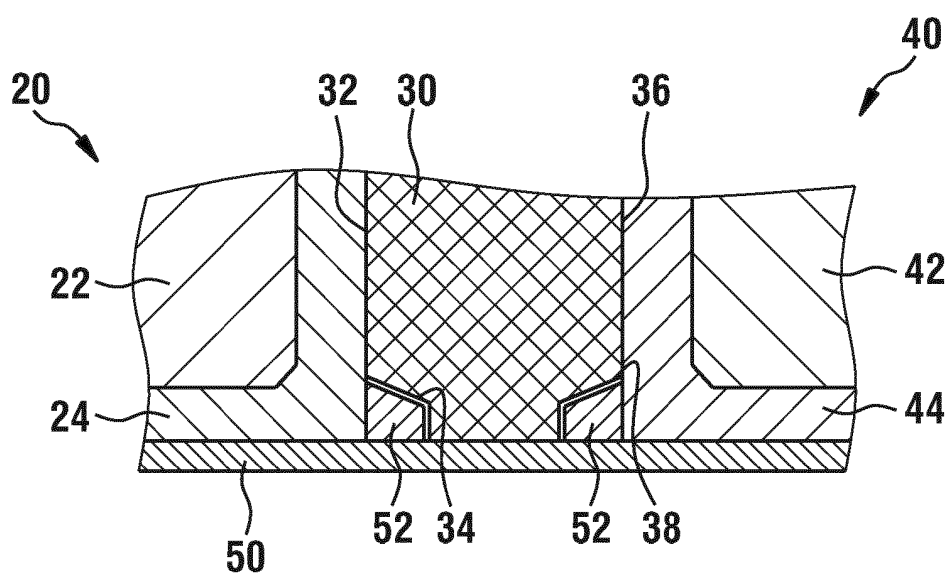
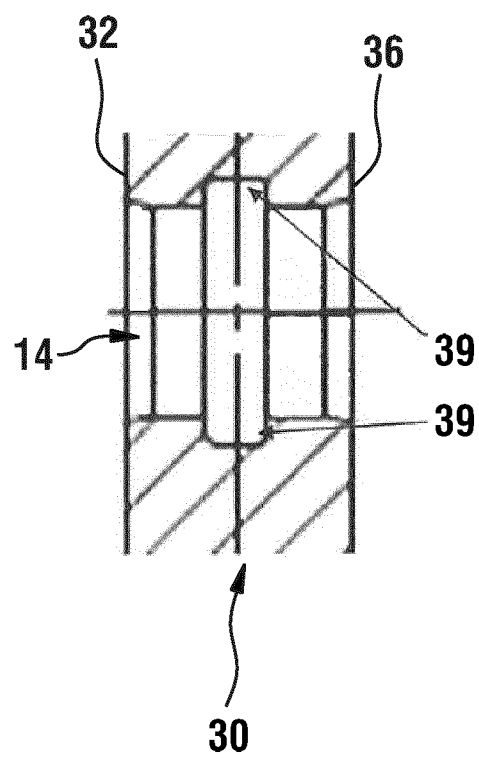


Fig. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19714423 C2 [0005]
- DE 102010005216 A1 [0006]