

(19)



(11)

EP 2 473 811 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.06.2016 Patentblatt 2016/25

(51) Int Cl.:
F28F 13/00 ^(2006.01) **F25B 39/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10770972.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2010/001054

(22) Anmeldetag: **02.09.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/026483 (10.03.2011 Gazette 2011/10)

(54) **FLÄCHIGE KÄLTEMITTEL-ZUFUHR UND -VERTEILUNG FÜR EINEN WÄRMETAUSCHER IN SORPTIONSMASCHINEN**

SURFACE FEEDING AND DISTRIBUTION OF A REFRIGERANT FOR A HEAT EXCHANGER IN SORPTION MACHINES

AMENÉE ET DISTRIBUTION DE RÉFRIGÉRANT SUR UNE SURFACE D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR ÉQUIPANT DES MACHINES À SORPTION

(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 SE SI SK SM TR

- **PAULUSSEN, Sören**
10405 Berlin (DE)
- **LAUFER, Andrej**
10369 Berlin (DE)

(30) Priorität: **02.09.2009 DE 102009040248**
18.11.2009 DE 102009053843

(74) Vertreter: **Lange, Sven**
Hertin und Partner
Rechts- und Patentanwälte PartG mbB
Kurfürstendamm 54/55
10707 Berlin (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.07.2012 Patentblatt 2012/28

(73) Patentinhaber: **InvenSor GmbH**
13355 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
FR-A1- 2 666 875 GB-A- 507 416
GB-A- 654 396 JP-A- 9 061 079
US-A- 2 720 763

(72) Erfinder:
• **BRAUNSCHWEIG, Niels**
10119 Berlin (DE)

EP 2 473 811 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 einen Verdampfer für Sorptionsmaschinen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es offenbart ferner auch die Verwendung eines Solchen Verdampfers, GB 654,396 offenbart einen solchen Verdampfer.

[0002] Sorptionsmaschinen bestehen in der Regel aus einem oder mehreren Sorbern, einem Kondensator und einem Verdampfer. Im Verdampfer findet der Phasenwechsel des Kältemittels zwischen flüssig und gasförmig statt. Dabei wird dem Kältemittel Wärme entzogen. Dementsprechend ist dies der eigentlich Prozess der Kälteerzeugung. Treibende Kraft für diesen Vorgang ist die Dampfdruckabsenkung durch die Sorptionsvorgänge sowie das Verdampfen des Kältemittels durch die aus dem Wärmeträgerfluid übertragene thermische Energie.

[0003] Dem Verdampfer-Wärmetauscher wird in der Regel über ein Wärmeträgerfluid (z. B.: Luft, Wasser, Sole etc.) Wärme auf niedrigerem Temperaturniveau zugeführt. Je geringer die Temperaturdifferenzen zwischen dem Wärmeträgerfluid und dem Kältemittel, desto effektiver ist der Verdampfer-Wärmetauscher und damit auch die Sorptionsmaschine selbst.

[0004] Bei Sorptionsmaschinen handelt es sich in der Regel um Anlagen mit dem Kältemittel Wasser z. B. bei den verbreiteten Stoffpaarungen: Lithiumbromid - Wasser (Absorption) oder Silikagel - Wasser (Adsorption) bzw. Zeolith - Wasser (Adsorption). Wasser verdampft bei niedrigen Temperaturen nur im Unterdruckbereich (z. B. bei 10°C und 12,3 mbar absolut). Dementsprechend handelt es sich in der Regel bei Sorptionsmaschinen um Vakuumreaktoren, die im Unterdruck betrieben werden. Aufgrund des sehr niedrigen Absolutdruckes ergeben sich bestimmte Eigenarten und Randbedingungen bzgl. des Verdampfer-Design, die in der Regel dazu führen, dass klassische Verdampfer-Bauformen aus z. B. Kompressionskältemaschinen keine Anwendung finden, denn klassische Kompressionsmaschinen benutzen in der Regel Kältemittel die im Überdruckbereich arbeiten. Der Betrieb im Unterdruckbereich führt beispielsweise zu sehr geringen Dichten bzw. großen spez. Volumina des Kältemittels. Dies führt beispielsweise zu unüblichen hohen Strömungsgeschwindigkeiten der Kältemitteldämpfe, so dass auf eine großzügige Dimensionierung der Dampfstromwege innerhalb der Anlage großes Augenmerk gelegt werden muss. Trotzdem kommt es nicht selten in Sorptionsmaschinen zu Dampfstromgeschwindigkeiten von >50m/s oder 100m/s.

[0005] Auf Grund des niedrigen Absolutdruckes darf der hydrostatische Druck des flüssigen Kältemittels nicht vernachlässigt werden und ist ein wichtiges Auslegungskriterien. Je nach Füllstandshöhe kann dieser Druck einige mbar betragen, was bei einem Betriebsdruck von nur wenigen mbar absolut erhebliche Auswirkung auf den Verdampfungsprozess hat.

[0006] Des Weiteren werden Verdampfer von Sorptionsmaschinen in der Regel nicht im Bereich des Blasen-

siedens betrieben, da dies eine treibende Mindesttemperaturdifferenz bedeuten würde, welche für Sorptionsmaschinen in der Regel nicht wünschenswert bzw. akzeptabel sind.

[0007] Eine im Bereich der Absorptionsmaschinen (Flüssig-Sorption) sehr verbreitete Verdampfer-Bauform ist der Rieselfilmverdampfer. Dabei wird mittels einer Umwälzpumpe das Kältemittel umgepumpt und mittels geeigneter Verteilsysteme in einem dünnen Film über die Wärmeaustauschflächen geleitet. Diese führt zu sehr hohen Wärmeübergangskoeffizienten, da sich beispielsweise die Turbulenz im Film als auch die sehr geringen Dicke des Films positiv auf den Verdampfungsprozess auswirken.

[0008] Im Bereich der Adsorptionswärmepumpen gibt es darüber hinaus auch den Ansatz des überfluteten Verdampfers. Hier wird ein Wärmetauscher mit dem Kältemittel geflutet. Das Wärmeträgerfluid strömt somit in den Rohren oder Kanälen des Wärmetauschers. In der Regel sind auf den Rohren des Wärmetauschers flächenvergrößernde Elemente angebracht, wie z. B. Lamellen oder Rippen.

[0009] Da es sich bei Sorptionsmaschinen häufig um Vakuumreaktoren handelt, ist der Einsatz von aktiv bewegten Komponenten wie z. B. Ventile oder Umwälzpumpen als nachteilig anzusehen, da diese Komponenten hinsichtlich der Vakuumdichtigkeit und Wartbarkeit große Probleme darstellen. Grundsätzlich ist der Vermeidung von Pumpen oder Ventilen natürlich auch aus Kostengründen und wegen des Stromverbrauchs angebracht. Deshalb bietet es sich insbesondere für Adsorptionsmaschinen an, auf einen Rieselfilmverdampfer zu verzichten, um somit den Einsatz von Umwälzpumpen zu umgehen.

[0010] Setzt man stattdessen einen überfluteten Verdampfer ein, zeigt sich, dass die überflutete Wärmetauscherfläche, also die Fläche unterhalb der Wasseroberfläche nur begrenzt für einen effektiven Wärmeübergang zur Verfügung steht. Insbesondere wirken sich flächenvergrößernde Elemente nicht sehr effektiv auf den Wärmeübergang aus, da diese ggf. von dem Kältemittel überflutet sind. Dies kann u.a. mit dem hydrostatischen Druck des Kältemittels aber auch mit dem blockiertem Dampfweg erklärt werden, welche bei einer Verdampfung unterhalb der Kältemitteloberfläche durch das flüssige Kältemittel führen würde.

[0011] Um diese Nachteile zu umgehen wurden beispielsweise apparativ sehr aufwändige Verdampfer gebaut, die das Kältemittel in mehreren flachen Ebenen verdampfen. Neben dem apparativen Aufwand - wie beispielsweise Kältemittelüberlauf, Auffangwannen für das Kältemittel in jeder Ebene - kommt es hier auch zu dem Problem, dass sich das Kältemittel zwar im Betrieb bei geschickter Auslegung der Wannengrößen und der Überläufe relativ gut auf die Ebenen verteilt, jedoch bei einem Stillstand ohne kontinuierliche Kältemittelzufuhr oder bei verminderter Leistung mit verminderter Kältemittelzufuhr, die Wärmetauscherflächen nicht mehr gut

benetzt werden. Hierbei kommt es zu einer verminderten Effektivität des Verdampfers, insbesondere bei einer spontanen Erhöhung der Verdampferleistung.

[0012] Allen beschriebenen Verdampfern der Stand der Technik ist zusätzlich der Nachteil gemein, dass diese Apparate sehr empfindlich auf Schrägstellungen der Apparate, auf Fliehkräfte die auf das Kältemittel wirken oder sonstige Randbedingungen, die die Kältemittelaufbringung oder -verteilung stören können, reagieren. In der Regel müssen die Verdampfer des Standes der Technik am Aufstellort aufwendig justiert werden und eignen sich auch nicht für mobile Anwendungen.

[0013] Im Stand der Technik sind Methoden und Apparate beschrieben, die versuchen, die Effektivität des Verdampfers zu verbessern.

[0014] So offenbart beispielsweise die WO 2008/155543 A2 eine Wärmepumpe, die aus zwei Adsorptionsbehältern besteht, in die jeweils ein Wärmetauscher integriert ist. Als Kältemittel wird ein Gas verwendet, welches an einem Adsorptionsmaterial adsorbiert. Durch einen Energieeintrag kann das Gas wieder von dem Adsorptionsmaterial desorbiert werden. Zur Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit, können in das Adsorptionsmaterial wärmeleitende Materialien eingefügt werden. Die Materialien sind beispielsweise aus Kupfer oder Aluminium hergestellt und können in unterschiedlichen Formen in das Adsorptionsmaterial eingefügt sein. Die Formen umfassen Flakes, Schäume, Fasern oder Geflechte. Die offenbarte Wärmepumpe muss einen Kompressor verwenden, um das Kältemittel umzupumpen. Hierdurch müssen bewegliche Teile in der Wärmepumpe eingesetzt werden, die beispielsweise regelmäßige Wartungskosten anfallen lassen. Außerdem ist die Verwendung von Pumpen oder Ventilen aus Kostengründen und wegen des Stromverbrauchs zu vermeiden. Die WO 2008/155543 A2 beschreibt mithin nicht, wie die Leistung des Verdampfers verbessert werden kann.

[0015] Weiterhin offenbart die US 2009/0249825 A1 eine Wärmepumpe, die einen Kondensator/Verdampfer enthält. Die Wand des Kondensators/Verdampfers ist mit einer dünnen Matrix beschichtet, die der Aufnahme einer aktiven Substanz (z. B. LiCl) dient. Die aktive Substanz vollzieht in Abhängigkeit von der Betriebsweise der Wärmepumpe eine Aggregatzustandsänderung von flüssig nach fest und umgekehrt. Die Matrix besteht vorzugsweise aus einem inertem Material, wie z. B. Aluminiumoxid. Nachteilig bei der offenbarten Wärmepumpe ist, dass diese eine große Oberfläche aufweisen muss, auf der die Matrix aufgebracht ist. Um den Wirkungsgrad zu verbessern, muss folglich eine große Wärmepumpe bereitgestellt werden, wodurch nicht nur das Gewicht sondern auch die Produktionskosten erhöht werden. Außerdem enthält die Wärmepumpe viele Bestandteile, umfassend die aktive Substanz, die Matrix und ein Kältemittel. Hierdurch ist der Betrieb der Wärmepumpe sehr störanfällig.

[0016] Aufgabe der Erfindung war es demgemäß, ei-

nen Verdampfer für den Verdampfungsvorgang im Unterdruckbereich bereitzustellen, der nicht die Nachteile des Stands der Technik aufweist.

[0017] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0018] Erfindungsgemäß wurde im Verdampfer nach Anspruch 1 bereitgestellt. Es war völlig überraschend, dass ein Verdampfer bereitgestellt wird, der nicht die Nachteile der im Stand der Technik beschriebenen Verdampfer aufweist und lediglich einen Wärmetauscher und das poröse Material umfasst, welches bevorzugt als Schüttung in den Verdampfer eingebracht wird. Es sind vorteilhafterweise keine weiteren Bestandteile, wie eine aktive Substanz oder aktives Medium oder eine Matrix in dem Verdampfer nötig, das heißt, der erfindungsgemäße Verdampfer weist keine aktive Substanz (oder Medium) wie z. B. LiCl auf, welche eine Aggregatzustandsänderung vollzieht. Eine Schüttung bezeichnet im Sinne der Erfindung insbesondere ein Gemenge des porösen Materials, das in schüttfähiger Form vorliegt.

[0019] Im Sinne der Erfindung bezeichnet ein Wärmetauscher insbesondere einen Apparat, der thermische Energie von einem Stoffstrom auf einen anderen überträgt. Ein Stoffstrom, der durch die Rohre des Wärmetauschers geleitet wird, ist beispielsweise ein Wärmeträger, bevorzugt umfassend Wasser. Hierbei kann es sich beispielsweise um Wasser mit Kombination mit einem Frostschutzmittel handeln. Selbstverständlich sind auch andere Wärmeträger möglich, wie z. B. Thermoöle. Dieser gibt die thermische Energie an einen weiteren Stoffstrom beispielsweise ein Kältemittel ab. Die Wärmetauscher bestehen bevorzugt aus Metall, beispielsweise Edelstahl, Kupfer, Aluminium und/oder Stahl. Es können jedoch auch Kunststoff, Glas oder Keramik als Material verwendet werden. Der Wärmetauscher ist vorteilhafterweise ein Bestandteil des Verdampfers. Der Wärmetauscher kann im Sinne der Erfindung auch als Verdampfer genutzt werden.

[0020] Ein poröses Material, welches auch als Material bezeichnet wird, ist im Sinne der Erfindung eine Material, welches mit Poren versehen oder durchlässig ist. Im Sinne der Erfindung kann zwischen Fein-Porösität und Grob-Porösität sowie offener (scheinbarer) Porösität und geschlossener Porösität unterschieden werden. Vorteilhafte Eigenschaften des porösen Materials umfassen stark vergrößerte Oberfläche, Kapillarität oder Transportphänomene. Vorteilhafterweise kann das poröse Material in fester und/oder flüssiger Form in dem Verdampfer vorliegen. Dem Fachmann ist bekannt, dass ein festes Material beispielsweise in Flüssigkeiten aufgelöst werden kann, um so eine Aufschlammung herzustellen. Eine Aufschlammung bezeichnet im Sinne der Erfindung insbesondere ein heterogenes Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und darin verteilten Feststoffen. Dem Fachmann ist bekannt, dass eine Aufschlammung ebenfalls als Suspension oder Brei bezeichnet werden kann. Es

kann auch bevorzugt sein, eine Aggregatzustandsänderung des porösen Materials von fest nach flüssig oder umgekehrt hervorzurufen.

[0021] Ein Rohr beschreibt im Sinne der Erfindung einen länglicher Hohlkörper, dessen Länge in der Regel wesentlich größer als sein Querschnitt ist. Es kann auch einen rechteckigen, ovalen oder anderen Querschnitt aufweisen.

[0022] Ein Kanal beschreibt im Sinne der Erfindung einen freien Querschnitt in einer Struktur, durch den ein Medium fließen kann. Dieser freie Querschnitt kann z. B. offen sein zu anderen freien Querschnitten, wie es in einem Plattenwärmetauscher der Fall ist. Dem Fachmann ist bekannt, dass Rohre und Kanäle im Hinblick auf das Durchleiten von Medien äquivalente Mittel darstellen können.

[0023] Das Fluid, welches beispielsweise Wasser oder einen sonstigen Wärmeträger umfasst, wird durch die Rohre geleitet. Es ist bevorzugt, dass die Rohre aus Metall, Kunststoff und/oder keramischen Werkstoffen bestehen. Vorzugsvarianten umfassen Stahl, rostfreier Stahl, Gusseisen, Kupfer, Messing, Nickel-Legierungen, Titan-Legierungen, Aluminiumlegierungen, Kunststoff, Kombinationen aus Kunststoff und Metall (Verbundrohr), Kombinationen aus Glas und Metall (Email) oder Keramik. Mehrere Rohre können kraftschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Kraftschlüssige Verbindungen umfassen Spannringe, Formteile, verbogene Rohrstücke, Schrauben oder Niete. Stoffschlüssige Verbindungen umfassen Kleben, Schweißen, Löten oder Vulkanisieren. Aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit wird vorteilhafterweise Kupfer oder Aluminium als Material für die Rohre eingesetzt, wobei auch die Verwendung von Edelstahl vorteilhaft sein kann, da dieser hohe statische und dynamische Festigkeitswerte und eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweist. Rohre aus Kunststoff, beispielsweise Polyvinylchlorid, sind besonders leicht und flexibel und können somit das Gewicht des Wärmetauschers reduzieren. Keramische Werkstoffe, umfassend baukeramische Werkstoffe, weisen eine hohe Stabilität und lange Haltbarkeit auf. Besonders vorteilhaft sind Kombinationen der aufgeführten Materialien, da somit unterschiedliche Stoffeigenschaften kombiniert werden können. Die bevorzugten Materialien genügen den hohen fertigungstechnischen Ansprüchen eines Wärmetauschers, da sie stabil gegenüber hohen Temperaturen oder variierenden Drücken sind.

[0024] Vorteilhafterweise weist der Wärmetauscher flächenvergrößernde Rohranhänge oder Strukturen, insbesondere Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen, 2- oder 3-dimensionale Gitterstrukturen und/oder Lamellen auf. Die flächenvergrößernden Rohranhänge oder Strukturen umfassen im Sinne der Erfindung Mittel, die eine Oberflächenvergrößerung der Rohre und/oder Kanäle und so eine Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche bewirken. Die Mittel umfassen beispielsweise Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen, 2- oder 3-dimensionale

Gitterstrukturen und/oder Lamellen. Die Mittel sind bevorzugt in einem regelmäßigen oder unregelmäßigen Abstand auf den Rohren aufgebracht. Der Fachmann kann eine optimale Anordnung der flächenvergrößernden Anhänge mittels Routineversuchen empirisch ermitteln. Bevorzugt sind die Mittel aus Metall, beispielsweise Edelstahl, Stahl, Kupfer oder Aluminium gefertigt, da diese einen hohen Wärmeleitkoeffizienten aufweisen und einen optimalen Wärmeaustausch, beziehungsweise Wärmeleitung garantieren. Dem Fachmann ist bekannt, dass er verschiedenste Materialien einsetzen kann.

[0025] Ein Fluid wird durch die Rohre und/oder Kanäle beziehungsweise den Wärmetauscher geleitet und überträgt thermische Energie auf das Material des Wärmetauschers. Im Betrieb einer Sorptionsmaschine, beispielsweise einer Adsorptionskältemaschine wird ein Kältemittel durch die Maschine geleitet, wobei das Kältemittel beim Durchleiten Aggregatzustandsänderung erfährt. Der Wärmetauscher wird bevorzugt als Verdampfer genutzt, so dass das Kältemittel bevorzugt in diesem verdampft wird. Hierzu wird das flüssige Kältemittel in den Wärmetauscher eingetragen und benetzt die Oberfläche der Wärmetauscherrohre und/oder der flächenvergrößernden Rohranhänge. Das Kältemittel kann sich auch in Schalen oder Sumpfen sammeln, die bevorzugt im Verdampfer angeordnet sind. Vorteilhafterweise ist das in den Schalen oder Sumpfen vorliegende Kältemittel in Kontakt mit wenigstens einer Oberfläche des Wärmetauschers. Bei dem direkten Kontakt zwischen Kältemittel und Wärmetauscheroberfläche, die insbesondere die Wärmetauscherrohre und/oder die flächenvergrößernden Rohranhänge umfasst, wird thermische Energie von den Rohren und/oder den Rohranhängen auf das Kältemittel übertragen, was eine Aggregatzustandsänderung des Kältemittels bewirkt und das Kältemittel in eine Dampfphase überführt. Vorteilhafterweise steht der Wärmetauscher beziehungsweise die Rohre und/oder Rohranhänge mit einem dampfoffenen insbesondere porösen Material in Kontakt. Das Material wird vorzugsweise als Schüttung in den Verdampfer eingebracht und füllt vorteilhafterweise den Verdampfer vollständig aus, so dass das flüssige Kältemittel durch das Material optimal in dem Verdampfer verteilt werden kann. Das poröse Material weist bevorzugt hohe Kapillarkräfte auf, so dass das Kältemittel durch Kapillarkräfte der Schüttung in dem Verdampfer verteilt wird, sobald es mit dem Material in Kontakt kommt. Das Kältemittel benetzt so bevorzugt in einem dünnen Film die Wärmeaustauschfläche des Wärmetauschers und verdampft, wobei der Dampf vorteilhafterweise durch die bevorzugt dampfoffene Struktur des Materials strömen kann. Experimente haben gezeigt, dass der Wirkungsgrad des Verdampfers durch die Einbringung des dampfoffenen porösen Materials in diesen, verbessert wird. Vorteilhafterweise kann ein Verdampfer bereitgestellt werden, bei dem sich die Wärmetauscheroberfläche nicht mit dem Kältemittel in den Schalen oder Sumpfen in direktem Kontakt befinden muss. Die bevorzugten Verdampfer

können kleiner dimensioniert werden und sind insbesondere ohne Schalen oder Sumpfe herstellbar, da das Kältemittel von dem porösen Material durch Kapillarkräfte in dem Verdampfer verteilt wird. Vorteilhafterweise kann das Kältemittel an jeder beliebigen Stelle in den Verdampfer eingetragen werden. Hierdurch ist es weiterhin möglich, einen Verdampfer, in den das poröse Material als Schüttung eingebracht wurde, in Schräglage oder Schrägstellung zu verwenden, was einen erheblichen Vorteil gegenüber dem im Stand der Technik offenbarten Verdampfer darstellt. Das heißt, es ist durch die erfindungsgemäßen Merkmale des Verdampfers nicht notwendig, diesen horizontal zu positionieren. Der Verdampfer kann horizontal oder in Schrägstellung betrieben werden. Eine Schrägstellung bezeichnet im Sinne der Erfindung insbesondere eine nicht-horizontale Lage des Verdampfers. Da das poröse Material unabhängig von der jeweiligen Lage des Verdampfers das Kältemittel aufsaugt und speichert, funktioniert ein erfindungsgemäßer Verdampfer insbesondere auch im mobilen Einsatz. Dort kommt es auch bei starken Fliehkräften oder aufgrund von Rüttelbewegungen zu keiner Beeinträchtigung der Verdampferleistung, da das Kältemittel jederzeit optimal auf dem Verdampfer bzw. Rohranhängen verteilt wird.

[0026] Das poröse Material verteilt das Kältemittel im Wesentlichen gleichmäßig in dem Verdampfer, insbesondere dem Wärmetauscher, ohne den im Verdampfer entstehenden Dampf in seinem Strömungsweg zu blockieren. Nachteile wie der hydrostatische Druck des Kältemittels sowie eine suboptimale Kältemittelverteilung nach einem Stillstand oder im Teillastbetrieb werden ebenfalls vermieden. Das Kältemittel wird in den Verdampfer eingeführt und durch Kapillarkräfte des Materials von dem Material bevorzugt teilweise und/oder vollständig aufgenommen und in diesem verteilt. Das Material saugt das Kältemittel auf und speichert und/oder transportiert es, woraus im Wesentlichen kein Druckverlust für die entstehende Dampfströmung entsteht.

[0027] Das Material steht bevorzugt zumindest teilweise in Kontakt mit dem Wärmetauscher, wodurch thermische Energie auf das Material beziehungsweise auf das von dem Material aufgenommene Kältemittel übertragen wird.

[0028] Ebenfalls wird die wärmeleitende Oberfläche des Wärmetauschers und/oder der Anhänge vorteilhafterweise von einem dünnen Kältemittelfilm benetzt. Das Kältemittel wird durch die Aufnahme der thermischen Energie, die von dem Wärmetauscher und/oder den Anhängen übertragen wird, verdampft. Durch die vorteilhafte poröse Struktur des Materials, kann der Dampf entweichen und den Wärmetauscher durchströmen, wobei bevorzugt kein Druckverlust für die Dampfströmung innerhalb des Wärmetauschers entsteht.

[0029] Bei einem vorteilhaften Verdampfer ist für die Umwälzung des Kältemittels und für dessen Einfuhr in den Verdampfer keine Pumpe oder sonstige aktiv bewegten Teile notwendig. Das Kältemittel wird durch das

poröse Material im Wesentlichen gleichmäßig in dem Verdampfer verteilt. Es ist ein effektiver Betrieb des Verdampfers und der Sorptionsmaschine ohne einen großen apparativen Aufwand möglich. Außerdem ist die Wartung des Verdampfers wesentlich vereinfacht und die Kosten für den Verdampfer sind reduziert, da durch das Material ein kompakter und leichter Verdampfer herstellbar ist. Der vorteilhafte Verdampfer erfüllt die Anforderungen, die an im Vakuum eingesetzte Materialien gestellt werden. Er weist eine überraschend hohe chemische, thermische Langzeitstabilität auf, die insbesondere bei unterschiedlichen Betriebsweisen der Sorptionsmaschinen notwendig ist.

[0030] Es ist bevorzugt, wenn das poröse Material ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend, Sand, Glaskugeln, Glasfasern, Ton, Mineralwolle, Schaumglas, Zellulose, Hartschaum, Glaswolle, Metallwolle oder -späne, -fasern, -strukturen, -feinstrukturen, -fäden, Steinwolle, Schlackenwolle, Blähglas, Perlit, Kalziumsilikat, Naturbims, Keramikfasern, Keramikschaum, Silikatschaum, Gipsschaum, pyrogene Kieselsäure, Flachs, Polyesterfasern, Phenolharz-Hartschaum, Filz oder eine Mischung dieser. Sand bezeichnet im Sinne der Erfindung klastische Gesteine, die lockere Anhäufungen von abgerundeten oder eckigen, insbesondere 0,06-2 mm großen Körnchen darstellen. Sand weist besonders hohe Kapillarkräfte und ein großes Wasserbindevermögen auf. Ton bezeichnet im Sinne der Erfindung ein körniges, den bindigen Lockergesteinen zugerechnetes unverfestigtes Sedimentgestein, das im Wesentlichen aus Mineralpartikeln besteht. Ton weist bevorzugt eine seifenartige Konsistenz im feuchten Zustand auf und hat ein hohes Wasserbindevermögen, eine hohe Quellbarkeit und eine hohe Adsorptionskapazität gegenüber vielen anorganischen und organischen Stoffen. Es kann auch bevorzugt sein, dass eine Aufschlammung eines ursprünglich porösen Materials in den Verdampfer eingefüllt wird, wobei die Aufschlammung ein poröses Material im Sinne der Erfindung ist.

[0031] Es war völlig überraschend, dass die bevorzugten porösen Materialien in einem Verdampfer verwendet werden können. Dem Fachmann ist bekannt, dass die bevorzugten porösen Materialien teilweise nicht oder nur schlecht wärmeleitend sind, wodurch ein Fachmann sie nicht in einem Wärmeleitprozess, wie in einem Verdampfer, einsetzen würde. Experimente haben aber gezeigt, dass wenn das bevorzugte poröse Material insbesondere als Schüttung in den Verdampfer eingebracht wird, der Wirkungsgrad des Verdampfers erheblich verbessert wird. Die vorteilhaften Materialien sind porös und bestehen aus einem Kältemittel anziehendem Material, wobei das Kältemittel auch innerhalb des porösen Materials oder in Zwischenräumen des porösen Materials transportiert wird. Die Materialien weisen vorteilhafterweise viele Hohlräume, bei einem geringen Gewicht auf. Der Dampf, der durch die Verdampfung des Kältemittels entsteht, kann vorteilhafterweise durch die Hohlräume strömen, was eine kontinuierliche Betriebsweise des Ver-

dampfers sicherstellt. Die Materialien sind kostengünstig herzustellen, wobei auch Abfallprodukte nutzbar sind, die insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten günstig sind. Die bevorzugten porösen Materialien weisen hohe Kapillarkräfte auf und verteilen das Kältemittel optimal in dem Verdampfer

[0032] Eine bevorzugte Ausführungsform ist die Verwendung von Glasfaser als poröses Material. Glasfasern sind bevorzugt dünne Fäden, die aus Glas hergestellt sind und eine hohe Zug- und Druckfestigkeit aufweisen. Die Glasfaser hat bevorzugt eine amorphe Struktur und isotrope mechanische Eigenschaften. Die Glasfaser können in unterschiedlichen Stärken vorliegen, beispielsweise 0,1-3 μm (dünne Glasfasern), 3-12 μm (schwache Glasfasern), 12-35 μm (starke Glasfasern), 35-100 μm (elastische Glasfasern) und/oder 100-300 μm (dicke Glasfasern). Hierdurch sind vorteilhafterweise unterschiedliche Strukturen und Formen aus den Glasfasern herstellbar, wodurch sie an unterschiedliche Wärmetauscher- oder Verdampferformen und -rößen anpassbar sind. Weiterhin können die Glasfasern aus Spezialgläsern hergestellt sein, beispielsweise Faserglas oder Glas umfassend Quarzglas, Kalk-Natron-Glas, Floatglas, Bleikristallglas und/oder Borosilikatglas. Die Glasfasern sind bevorzugt als Glasfaserschnitzel, -schnüre, -roving, -matten, -gewebe und/oder -perlen ausgebildet. Glasfaserschnitzel sind insbesondere kurze 3 mm lange Abschnitte aus Glasfasern, bevorzugt mit und/oder ohne einer Silanebeschichtung. Sie können jedoch auch mit Polyester- oder Epoxidharz beschichtet werden. Vorteilhafterweise sind Glasfaserschnitzel besonders günstig herstellbar. Außerdem entsteht durch die Struktur der Schnitzel überraschenderweise eine hoch poröse Füllung.

[0033] Die Glasfasern können auch als Glasfaser-schnüren mit praktisch unbegrenzter Länge oder begrenzter Länge verarbeitet werden. Hierbei sind Strukturen wie beispielsweise Garn, Spinnfäden, Zwirn oder Kordeln in den Verdampfer einführbar. Die Strukturen weisen hohe Kapillarkräfte auf, wodurch das Kältemittel auch in länglich ausgestalteten Verdampfern gleichmäßig verteilt wird. Glasfaserroving sind bevorzugt eine bestimmte Anzahl parallel zu einem Strang zusammengefasster Glasfaser-Spinnfäden, die eine große Menge an Kältemittel aufnehmen können. Ebenfalls wie die Glasfasermatten oder Glasfasergewebe, können die Glasfaserroving bevorzugt in Verdampfern verwendet werden, die eine hohe Leistung erbringen müssen.

[0034] Die Glasfaserperlen weisen bevorzugt eine runde Form auf. Dem Fachmann ist jedoch bekannt, dass auch ovale oder im Wesentlichen runde Strukturen als Perlen bezeichnet werden. Es ist auch bevorzugt, dass die unterschiedlichen Glasfaserstrukturen miteinander kombiniert werden. Beispielsweise können Glasfaserperlen an einer Glasfaserschnüre befestigt werden. Durch diese Kombinationen ist das Einsatzgebiet der Glasfaser als poröses Material in einem Verdampfer wesentlich vergrößert und es können im Wesentlichen alle Ver-

dampferformen mit den Strukturen befüllt werden. Außerdem ist es vorteilhaft, dass die Glasfaser leicht bearbeitbar ist, das heißt das Material kann einfach und schnell an unterschiedliche Betriebsweisen der Sorptionsmaschinen angepasst werden.

[0035] Es ist in einer weiteren Ausführungsform bevorzugt, dass das Material auf dem Rohr aufgebracht ist, insbesondere indem das Material die Rohre des Wärmetauschers zumindest teilweise ummantelt oder beschichtet. Das Material kann vorteilhafterweise die Rohre des Wärmetauschers vollständig ummanteln oder beschichten. Hierbei ist das Material beispielsweise mit mindestens einem Rohr wirkverbunden. Das Material kann durch stoffschlüssige Verbindungen, wie beispielsweise Kleben oder andere an dem Rohr angebracht sein. Durch diese Anordnung wird das durch das Material aufgenommene Kältemittel in direkten Kontakt mit dem Rohr, das heißt der Wärmeaustauschfläche gebracht. So ist eine effiziente Wirkungsweise des Wärmetauschers garantiert und das Kältemittel kann schnell in die Dampfphase überführt werden. Das Material kann jedoch auch nur in räumlicher Nähe zu dem Rohr angeordnet sein, ohne direkt mit diesem in Kontakt zu stehen. Es kann auch vorteilhaft sein, das Material nur teilweise mit einem oder mehreren Rohren zu verbinden. Hierdurch können Bereiche - Rohre die keine Material aufweisen - entstehen, die für sonstige apparative Vorrichtungen, wie beispielsweise Trennwände oder Ventile verwendet werden können.

[0036] Weiterhin umfasst eine andere bevorzugte Ausführungsform einen Verdampfer, bei dem das poröse Material auf den Rohranhängen des Wärmetauschers aufgebracht ist. Die Rohranhänge sind beispielsweise Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen und/oder Lamellen. Durch diese Anhänge, die vorteilhafterweise mit den Rohren des Wärmetauschers in wärmeleitenden Kontakt stehen, wird die effektive Wärmeaustauschfläche des Wärmetauschers erhöht. Folglich kann es bevorzugt sein, dass das Material ebenfalls oder ausschließlich an die Anhänge angebracht ist oder sich zumindest in räumlicher Nähe zu diesen befindet. Das Material kann ebenfalls stoffschlüssig mit den Anhängen verbunden sein. Jedoch kann es auch vorteilhaft sein, wenn das Material die Anhänge und/oder die Rohre kontaktiert. Durch das variable Einbringen des Materials wird eine Flexibilität bewahrt, die einen einfachen und schnellen Austausch des Materials ermöglicht. Der durch die Rohre geleitete Wärmeträger überträgt thermische Energie auf die Rohre und auf die Rohranhänge. Das Kältemittel wird durch die Kapillarkräfte des porösen Materials gleichmäßig in dem Wärmetauscher verteilt und beschlägt mindestens teilweise die Rohre und die Rohranhänge, wodurch vorteilhafterweise ein dünner Kältemittelfilm oder Tropfen bzw. eine Tropfenstruktur auf diesen entsteht. Das Kältemittel wird durch die aus dem Wärmeträgerfluid übertragenen thermischen Energie verdampft und strömt durch das poröse Material. Bedingt durch die Anordnung des Materials in dem Verdampfer und die Form des Ma-

terials an sich, erfolgt im Wesentlichen kein Druckverlust für die Dampfströmung. Die bevorzugte Ausführungsform ermöglicht, dass die Verdampfer als Einheit zum Kauf angeboten werden können und das Material beim Transport des Verdampfers nicht aus diesem herausfällt.

[0037] Vorteilhafterweise sind die Rohranhänge aus Metall gefertigt. Es kann auch bevorzugt sein, einen Verdampfer bereitzustellen, bei dem die flächenvergrößernde Rohranhänge und/oder Strukturen porös sind. Die porösen Rohranhänge und/oder Strukturen, die Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen und/oder Lamellen umfassen, weisen insbesondere eine poröse Oberfläche auf, die das Kältemittel durch Kapillarkräfte verteilen und thermische Energie auf das Kältemittel übertragen. Hierfür kann lediglich die Oberfläche der Rohranhänge porös gefertigt sein. Dies kann beispielsweise durch die Aufbringung einer porösen Schicht auf die Rohranhänge erreicht werden. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, die Rohranhänge an sich porös zu gestalten, indem beispielsweise das Material, insbesondere die Oberfläche oxidiert wird. Dem Fachmann ist bekannt, dass durch eine gezielte Oxidation, Oberflächen aufgeraut und porös werden. Die aufgeraute Oberfläche weist eine vergrößerte und bevorzugt poröse Oberfläche auf, die das Kältemittel mittels Kapillarkräften verteilt, wodurch sich ein dünner Flüssigkeitsfilm auf der Oberfläche bildet, der durch thermische Energie schnell in den Dampfzustand überführt werden kann. Die Rohranhänge können bevorzugt auch als Metallfasern ausgeführt sein, wobei das Kältemittel durch zwischen den Fasern gebildete Hohlräume transportiert wird. Vorteilhafterweise können die Rohranhänge als Rippenrohre gestaltet sein, bei denen das Kältemittel durch die Rippen mittels Kapillarkräften verteilt wird. In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine hydrophile Schicht auf den Wärmeaustauscher und/oder flächenvergrößernde Rohranhänge und/oder Strukturen aufgetragen. Die hydrophile Schicht kann auf die Oberfläche des Verdampfers, insbesondere des Wärmeaustauschers und/oder flächenvergrößernde Rohranhänge aufgebracht sein. Hydrophilie bezeichnet im Sinne der Erfindung, dass die aufgetragene Schicht wasseranziehend ist und/oder Wasser dünnflächig verteilt. Hierbei kann es sich beispielsweise um Polymere oder Gele handeln, die bewirken, dass das Kältemittel an der Schicht, beziehungsweise der Oberfläche zu einem dünnen Kältemittelfilm verteilt wird. Durch die Übertragung von thermischer Energie von der Wärmeaustauscheroberfläche und/oder den flächenvergrößernden Rohranhängen und/oder Strukturen auf den dünnen Film, wird dieser in die Dampfphase überführt.

[0038] Ein Fluid, welches beispielsweise Wasser oder einen sonstigen Wärmeträger umfasst, wird durch die Rohre geleitet und die Rohre sind derart angeordnet, dass sich Rohrpakete in einer Ebene bilden. Rohrpakete beschreiben im Sinne der Erfindung eine Ansammlung von Rohren, wobei vorzugsweise die Rohrpakete insbesondere als eine Rohrschlange in einer Ebene angeordnet sind. Die Ebene kann sich in einer vertikalen oder

horizontal oder in einer sonstigen Position befinden. An den Rohren in einer Ebene können Rohranhänge angebracht werden.

[0039] Zwischenräume bezeichnen im Sinne der Erfindung einen Hohlraum in dem Wärmetauscher, der keine funktionellen Bauteile aufweist. Vorteilhaft ist eine alternierende Anordnung der übereinander angeordneten Rohrpakete mit den Zwischenräumen, das heißt zwischen zwei übereinander angeordneten Rohrpaketen entsteht ein Zwischenraum. Bevorzugt beträgt ein Abstand, d. h. der Zwischenraum, zwischen zwei Rohrpaketen 0,2 bis 1,0 cm, besonders bevorzugt 0,5 cm. Es können aber auch kleinere oder größere Abstände bevorzugt sein. Die Rohrpakete können in unterschiedlichen Winkeln zueinander übereinander angeordnet werden. Hierbei ist eine im Wesentlichen parallele Anordnung der Rohrpakete vorteilhaft. Jedoch weiß der Fachmann, dass eine im Wesentlichen parallele Anordnung auch eine Anordnung der Rohrpakete umfasst, die von einer idealisierten Parallelität um 5-10 Grad abweicht.

[0040] Die bevorzugte Anordnung der Rohre im Wärmetauscher ermöglicht beispielsweise das Einbringen von Auffangschalen in die Zwischenräume, in denen sich bevorzugt Kältemittel ansammelt. Das in den Auffangschalen vorliegende Kältemittel steht bevorzugt in direktem Kontakt mit den Rohren und/oder den Rohranhängen. Durch die Zwischenräume wird weiterhin sichergestellt, dass das Kältemittel den Wärmetauscher optimal durchströmt, wodurch bevorzugt alle Rohre und Rohranhänge als Wärmeaustauschfläche genutzt werden. Hierdurch wird die Effektivität des Wärmetauschers verbessert.

[0041] Erfindungsgemäß liegt das Material zumindest teilweise auf den Rohren und in den Zwischenräumen positioniert vor. Das Material kann in einfacher Weise in den Verdampfer eingeführt werden und steht vorteilhafterweise in Kontakt mit den Rohren und/oder den Rohranhängen des Wärmetauschers. Hierbei kann das Material beispielsweise auf den Rohren mittels stoffschlüssiger Verbindungen aufgebracht sein. Auch kann das Material die Zwischenräume des Verdampfers oder Wärmetauschers im Wesentlichen vollständig befüllen. Hierdurch wird garantiert, dass das Kältemittel optimal in dem Verdampfer verteilt wird. Das Kältemittel wird durch die Kapillarkräfte des Materials in diesem verteilt und kann so ebenfalls die Zwischenräume, in denen keine Rohre angeordnet sind, überbrücken. Es sind so kompakte und leichte Verdampfer herstellbar, in denen durch das Material das Kältemittel in Kontakt mit den Rohren und/oder Rohranhängen kommt und ein Energietransfer stattfindet, wodurch die Verdampfung des Kältemittels bewirkt wird. Bedingt durch die offene Struktur - gekennzeichnet durch die Zwischenräume und das poröse Material - des Verdampfers kann das Kältemittel den Verdampfer und/oder den Wärmetauscher durchströmen. Es entsteht bevorzugt kein Druckverlust für die Dampfströmung und die Effektivität des Verdampfers wird wesentlich verbessert.

[0042] Weiterhin ist bevorzugt, dass die Glasfaser-schnitzel zumindest teilweise eine größere Länge aufweisen als der Abstand zwischen zwei Lamellen oder Rippen. Diese bevorzugte Ausführungsform ermöglicht ein einfaches Befüllen des Verdampfers dem Material. Außerdem ergibt sich durch die bevorzugte Länge eine Vorzugsorientierung des Materials, das heißt, das Material liegt bevorzugt in einer bestimmten Orientierung in dem Verdampfer und Wärmetauscher vor. Hierdurch wird bewirkt, dass das Kältemittel gut von dem Material aufgenommen wird. Außerdem ist so die Kontaktfläche zwischen Material und Rohr beziehungsweise Rohranhänge besonders groß und das Kältemittel wird in direkten Kontakt mit den Rohren und/oder Rohranhängen gebracht, was wiederum eine optimale Wärmeübertragung bewirkt.

[0043] Die Erfindung betrifft ebenfalls die Verwendung eines porösen Materials als Füllung in einem Verdampfer. Es kann auch bevorzugt sein, dass ein Material, insbesondere ein Fasermaterial als Füllung in den Verdampfer eingeschüttet wird. Eine Faser ist im Sinne der Erfindung ein dünnes und flexibles Gebilde, was aus synthetischen und/oder natürlichen Bestandteilen besteht. Das Material, insbesondere das Fasermaterial kann auf die Rohre und/oder Rohranhänge des Verdampfers, insbesondere des Wärmetauschers aufgebracht sein. Es kann jedoch auch bevorzugt sein, dass das Material, insbesondere Fasermaterial nicht auf diese aufgebracht ist, sondern nur in räumlicher Nähe zu den Rohren und/oder Rohranhängen angeordnet ist.

[0044] Es ist weiterhin bevorzugt, dass der Verdampfer einen Wärmetauscher aufweisend mindestens ein mit einem Fluid durchströmtes Rohr, Kanal und/oder eine Kombination aus beiden umfasst, welche zumindest teilweise mit einem Kältemittel beaufschlagt werden, wobei das Material den Verdampfer im Wesentlichen vollständig ausfüllt und mit dem Rohr, Kanal und/oder Kombination in Kontakt gebracht vorliegt. Das Kältemittel wird bevorzugt von dem porösen Material aufgesaugt und durch Kapillarkräfte in dem Verdampfer verteilt. Das Material, das bevorzugt als Fasermaterial verwendet wird, verteilt das Kältemittel optimal in dem Verdampfer insbesondere auf die Wärmetauscherflächen des Wärmetauschers, ohne den dort entstehenden Kältemitteldampf in seinem weiteren Strömungsweg zu blockieren. Hierdurch kann der Wirkungsgrad des Verdampfers beziehungsweise des Wärmetauschers erheblich verbessert werden. Außerdem werden keine apparativen Bauteile benötigt, die das Kältemittel umwälzen, um so eine Verteilung des Kältemittels in dem Verdampfer zu erreichen. Es wird überraschenderweise auch eine optimale Kältemittelverteilung nach einem Stillstand oder im Teillastbetrieb des Verdampfers sichergestellt.

[0045] Insbesondere durch die vorteilhaften physikalischen und chemischen Eigenschaften des porösen Materials, kann das Kältemittel angezogen, transportiert und bevorzugt kurzzeitig gespeichert werden, ohne dass ein Druckverlust für die entstehende Dampfströmung

entsteht. Weitere Vorteile sind, dass der Wirkungsgrad des Verdampfers ohne den Einsatz von Umwälzpumpen oder sonstigen aktiv bewegten Teilen im Vakuum verbessert werden kann. Außerdem können kompakte Verdampfer bereitgestellt werden, die in verschiedenen Bereichen einsetzbar sind. Das poröse Material weist eine hohe chemische und thermische Langzeitstabilität und Verträglichkeit mit den in dem Verdampfer oder einer Sorptionsmaschine eingesetzten Materialien auf. Weiterhin ist bevorzugt, dass das poröse Material inert ist und keine chemische Reaktion mit dem Kältemittel eingeht oder auch nicht chemisch verändert wird.

[0046] Durch das poröse Material können vorteilhafterweise Herstellungskosten eingespart und das Gewicht des Verdampfers reduziert werden. Die Verdampfer können individuell für einen spezifischen Prozess angefertigt werden, wobei das Material als Füllung bevorzugt nach der Fertigstellung des Verdampfers in diesen eingefüllt werden kann. Das Material kann vorteilhafterweise auch an Bauteile des Wärmetauschers, umfassend z. B. Rohre oder Kanäle immobilisiert werden. Bevorzugt erfolgt die Immobilisierung durch Kleben und/oder Einbringen in vernetzte Strukturen.

[0047] Es kann jedoch auch bevorzugt sein, dass der Wärmetauscher flächenvergrößernde Rohranhänge oder Strukturen, ausgewählt aus der Gruppe umfassend Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen, 2- oder 3-dimensionale Gitterstrukturen und/oder Lamellen, aufweist, an die das Material bevorzugt anbringbar oder angebracht ist. Durch die flächenvergrößernde Bauteile wird die Wärmeaustauschfläche maßgeblich vergrößert, so dass der Wirkungsgrad und die Effizienz des Wärmetauschers verbessert wird. Das Material kann in den Wärmetauscher eingeschüttet werden und/oder an den Bauteilen befestigt werden. Zur Befestigung können bevorzugt Klebstoffe verwendet werden, die eine permanente Verbindung zwischen Bauteil und Material herstellen. Das Material verteilt das Kältemittel insbesondere durch Kapillarkräfte gleichmäßig in dem Wärmetauscher, insbesondere dem Verdampfer.

[0048] Das Fasermaterial ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe umfassend Metallfasern, Gipsfasern, Anhydritfasern, Filzfasern, Tobermoritfasern, Wollastonitfasern, Xonotlitfasern, Steinwollfasern, Baumwollfasern, Zellulosefasern, Polyesterfasern, Polyamidfasern, Metacrylsäureesterfasern, Polyacrylfasern, Nitrilfasern, Polyethylenfasern, Polypropylenfasern und/oder Silikatfasern, insbesondere Glasfasern. Vorteilhafterweise können die unterschiedlichen Fasermaterialien für unterschiedliche Verdampfer in Abhängigkeit von derer Betriebsweise und Einsatzort eingesetzt werden. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, die Fasermaterialien zu mischen oder beispielsweise metallische Späne oder Wolle einzufügen, die eine Erhöhung der Dampfdurchlässigkeit und/oder der Wärmeleitfähigkeit bewirken. Auch können Aufschlammungen der Fasern genutzt werden, die in den Verdampfer eingefüllt werden. Experimente haben gezeigt, dass insbesondere Filzaufschwämmungen vorteil-

haft sind und hohe Kapillarkräfte aufweisen. Das Kältemittel kann so optimal in dem Verdampfer verteilt werden, wobei die Aufschwämmungen ein Entweichen und Durchströmen des Kältemitteldampfes ermöglichen. Das Kältemittel wird durch die Kapillarkräfte des Fasermaterials und durch Diffusionskräfte in diesem und in dem Verdampfer verteilt, wodurch wiederum ein optimaler Kontakt zwischen der Wärmeübertragungsfläche - den Rohren und/oder den Rohranhängen - und dem Kältemittel hergestellt wird. Die Effektivität des Verdampfers wird somit verbessert. Außerdem ist durch einen verbesserten Wirkungsgrad, ein kleinerer und kompakterer Verdampfer herstellbar.

[0049] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Fasermaterial als Aufschlammung in den Verdampfer eingebracht. Das Fasermaterial kann mittels dem Fachmann bekannten mechanischen Geräten zum Zerkleinern von unterschiedlichsten Materialien, zerkleinert werden. Beispielsweise kann das Fasermaterial zerkleinert oder geschreddert werden. Das zerkleinerte Material wird bevorzugt mit einer Flüssigkeit, beispielsweise Wasser vermischt, wodurch eine Aufschlammung entsteht. Die Aufschlammung kann getrocknet und als getrocknete, poröse und dampföffene Aufschlammung in den Verdampfer eingebracht werden. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass die getrocknete Aufschlammung schnell und einfach in den Verdampfer eingebracht werden kann. Vorteilhafterweise kann die getrocknete poröse Aufschlammung in den Verdampfer eingerüttelt werden. Hierbei wird der Verdampfer bevorzugt auf einer Rüttelvorrichtung platziert. Durch die Rüttelbewegung wird die poröse Aufschlammung in den Verdampfer gerüttelt und in diesem verteilt. Die getrocknete Aufschlammung füllt den Verdampfer im Wesentlichen vollständig aus und bildet während dem Betrieb des Verdampfers Dampfkanäle für das Kältemittel. Es kann aber auch bevorzugt sein, die Aufschlammung nicht zu trocknen, sondern in nassen Zustand in den Verdampfer einzubringen. Die Einbringung kann ebenfalls mittels einer Rüttelvorrichtung erreicht werden. Vorteilhafterweise kann die zur Herstellung der Aufschlammung verwendete Flüssigkeit als Kältemittel in dem Verdampfer genutzt werden. Die nasse Aufschlammung wird in den Verdampfer eingebracht und die Flüssigkeit wird durch thermische Energie verdampft, wobei die Aufschlammung Dampfkanäle bildet, die die Strömung des entstehenden Dampfes ermöglichen. Es war überraschend, dass die eingebrachte Aufschlammung den Wirkungsgrad des Verdampfers verbessert, indem das Kältemittel durch die Aufschlammung in dem Verdampfer optimal verteilt wird und durch den Kontakt mit den Wärmeaustauschflächen schneller verdampft.

[0050] Im Nachfolgenden soll die Erfindung anhand von Figuren beispielhaft erläutert werden, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein.

[0051] Es zeigen:

Fig. 1 Beispiel eines im Stand der Technik

beschriebenen Wärmetauschers

- Fig. 2 Beispiel eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers
- Fig. 3 A) und B) Kippvorgang eines im Stand der Technik beschriebenen Verdampfers
- Fig. 4 A)-E) Bevorzugter Verdampfer mit Fasermaterial
- Fig. 5 Transportmechanismen in einem bevorzugten Verdampfer
- Fig. 6 Fluidströmungen in einem bevorzugten Verdampfer

[0052] Fig. 1 zeigt ein Beispiel eines im Stand der Technik beschriebenen Wärmetauschers. Der Wärmetauscher 1 ist mit Kältemittel 2 überflutet und das Kältemittel 2 bedeckt das Rohr 3 vollständig. Ebenfalls sind die Lamellen 4 fast vollständig von dem Kältemittel 2 umgeben. Bei dem im Stand der Technik offenbarten überfluteten Wärmetauscher 1 zeigt sich, dass die überflutete Wärmeaustauscherfläche, also die Fläche unterhalb der Kältemitteloberfläche 5 nicht oder nur begrenzt für einen effektiven Wärmeübergang 7 zur Verfügung steht. Außerdem ist das Einbringen von flächenvergrößernden Anhängen (Lamellen 4) nicht effektiv, da diese ggf. von dem Kältemittel 2 überflutet sind und kaum Kältemittel 2 verdampft. Der Phasenwechsel des Kältemittels findet ausschließlich an der horizontalen Kältemitteloberfläche 5 statt.

[0053] Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers. In dem Wärmetauscher 1 ist ein poröses Material 6 eingefüllt, das beispielsweise aus Glasfaser bestehen kann. Es können unterschiedliche Strukturen oder Formen der Glasfaser verwendet werden. Beispiele hierfür sind Glasschnitzel oder Glasfaser-schnüre. Der Wärmeaustauscher 1 ist bevorzugt vollständig mit dem Material 6 befüllt. Es kann jedoch auch bevorzugt sein, den Wärmetauscher 1 nur partiell zu füllen. Das Material 6 kann direkt mit dem Rohr 3 und/oder den Rohranhängen, beispielsweise den Lamellen 4 verbunden sein. Es kann jedoch auch bevorzugt sein, dass das Material 6 in Kontakt mit dem Rohr 3 und/oder Rohranhängen 4 steht, ohne mit diesen mittels einer stoffschlüssigen Verbindung verbunden zu sein. Ein in den Wärmetauscher 1 eingebrachtes Kältemittel 2 wird von dem Material 6 aufgenommen und durch Kapillarkräfte in dem Wärmetauscher 1 verteilt. Hierdurch wird eine optimale Verteilung des Kältemittels 2 in dem Wärmetauscher 1 erreicht und die Wärmeaustauschfläche wird vergrößert. Hierdurch verbessert sich die Effizienz des Wärmetauschers 1. Vorteilhafterweise besteht der Wärmetauscher aus Rohrpaketen, die in Ebenen angeordnet sind. Zwischen den Ebenen entstehen bevorzugt Zwi-

schenräume, die ebenfalls mit dem porösen Material befüllt sein können.

[0054] Fig. 3 A) und B) skizzieren einen Kippvorgang eines im Stand der Technik beschriebenen Verdampfers. Ein Nachteil der im Stand der Technik beschriebenen Verdampfer 1 ist, dass diese horizontal positioniert werden müssen. Beim Kippen des Verdampfers/Wärmetauschers 1 tritt Kältemittel aus dem Verdampfer 1, wodurch dieses Kältemittel dem Verdampfer 1 zunächst verloren geht, nicht verdampfen kann und ggf. nochmals zugeführt werden muss. Außerdem wird durch das Kippen, was auch durch Fliehkräfte verursacht sein kann, die Nutzung der Wärmeaustauschfläche der Rohre 3 oder Rohranhänge 4 reduziert. Der erfindungsgemäße Verdampfer kann vorteilhafterweise auch in Schräglage genutzt werden.

[0055] Fig. 4 A)-E) stellen einen bevorzugten Verdampfer mit Fasermaterial dar. Fig. 4 A) zeigt einen Verdampfer mit Fasermaterial 6, bei dem das Fasermaterial 6 den Verdampfer 1 vollständig ausfüllt und zwischen den Rohranhängen 4 angeordnet ist. In trockenen Zustand ist das Fasermaterial 6 insbesondere vollständig dampfdurchlässig (siehe Fig. 4 C)). Fig. 4B) zeigt eine Vergrößerung des zwischen den Rohranhängen 4 eingeschlossenen Fasermaterials 6. Fig. 4 E) stellt ein bevorzugtes Fasermaterial 6 im trockenen Zustand im Verdampfer 1 dar. Das Fasermaterial 6 ist im trockenen Zustand dampfdurchlässig. Fig. 4 D) zeigt, dass durch Aufnahme des Kältemittels und/oder durch Bildung einer Aufschlammung oder Brei, durch die ggf. eine verbesserte Einfüllung des Fasermaterials 6 erreicht werden kann, es zu einer fast vollständigen Verschließung möglicher Dampfwege oder -kanäle kommt. Fig. 4 E) zeigt, dass durch eine Trocknung der Aufschlammung und/oder bei einer ersten Dampfabfuhr/ Dampfentwicklung des Kältemittels Dampfkanäle 8 entstehen, die die Gesamtstruktur wieder dampfdurchlässig machen. Der Kältemitteldampf kann die Aufschlammung durchströmen.

[0056] Fig. 5 skizziert Transportmechanismen, die in einem bevorzugten Verdampfer stattfinden können. Das flüssige Kältemittel 9 (Blockpfeile) wird durch die Kapillarkräfte des porösen Materials 6, beispielsweise Glasfasern, in dem Verdampfer 1 verteilt und benetzt eine Wärmetauscherfläche, umfassend Rohre 3 und/oder Rohranhänge 4 in einem dünnen Flüssigkeitsfilm 11. Vorteilhafterweise transportiert das poröse Material 6 kontinuierlich flüssiges Kältemittel 9 an die Rohre 3 und/oder Rohranhänge, wodurch eine insbesondere konstante Benetzung der Wärmeaustauschfläche mit flüssigen Kältemittel 9 erreicht wird. Durch den Eintrag thermischer Energie von der Wärmetauscherfläche her, kann der dünne Kältemittelfilm 11 schnell verdampfen. Das entstandene dampfförmige Kältemittel 10 kann durch die poröse dampföffene Struktur des Materials 6 aus dem Verdampfer 1 entweichen.

[0057] Fig. 6 zeigt Fluidströmungen in einem bevorzugten Verdampfer. Das Kältemittel kann an verschiede-

nen Stellen in den Verdampfer 1 eingebracht werden. Fig. 6 zeigt bevorzugte Zuläufe für das Kältemittel 12. Das Kältemittel kann beispielsweise unten, oben oder mittig in den Verdampfer 1 eingeleitet werden. Das in dem Verdampfer 1 vorliegende poröse Material verteilt das Kältemittel mittels Kapillarkräften optimal in dem Verdampfer 1. Das flüssige Kältemittel 9 wird von dem porösen Material in dem Verdampfer transportiert, wodurch sich ein Kältemittelfilm auf den Wärmetauscherflächen bilden. Der Film wird durch den Eintrag thermischer Energie verdampft, wobei das dampfförmige Kältemittel 10 durch das poröse dampföffene Material entweichen kann.

15 Bezugszeichenliste

[0058]

- | | |
|----|--------------------------------------|
| 1 | Wärmetauscher/Verdampfer |
| 2 | Kältemittel |
| 3 | Rohr |
| 4 | Rohranhänge, beispielsweise Lamellen |
| 5 | Kältemitteloberfläche |
| 6 | poröses Material |
| 7 | Wärmeübergang |
| 8 | Dampfkanäle |
| 9 | flüssiges Kältemittel |
| 10 | dampfförmiges Kältemittel |
| 11 | dünner Kältemittelfilm |
| 12 | Zuläufe Kältemittel |

Patentansprüche

1. Verdampfer für eine Sorptionsmaschine, umfassend einen Wärmetauscher aufweisend mindestens ein mit einem Fluid durchströmtes Rohr, Kanal und/oder eine Kombination aus beiden, welche zumindest teilweise mit einem Kältemittel beaufschlagt werden, wobei der Verdampfer mit einem dampföffenen insbesondere porösen Material gefüllt ist und mit dem Rohr, dem Kanal und/oder der Kombination zumindest teilweise in Kontakt gebracht vorliegt, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem Wärmetauscher mehrere Rohre oder Kanäle im Wesentlichen parallel angeordnet sind, wodurch Zwischenräume zwischen diesen gebildet werden, wobei das poröse Material zumindest teilweise auf den Rohren und in den Zwischenräumen vorliegt.
2. Verdampfer nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher flächenvergrößernde Rohranhänge oder Strukturen, insbesondere Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen, 2- oder 3-dimensionale Gitterstrukturen und/oder Lamellen aufweist.

3. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das poröse Material ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Sand, Glaskugeln, Glasfasern, Ton, Mineralwolle, Schaumglas, Zellulose, Hartschaum, Glaswolle, Metallwolle oder -späne, Steinwolle, Schlackenwolle, Blähglas, Perlit, Kalziumsilikat, Naturbims, Keramikfasern, Keramikschaum, Silikatschaum, Gipschaum, pyrogene Kieselsäure, Flachs, Polyesterfasern, Phenolharz-Hartschaum, Filz oder eine Mischung dieser. 5
4. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Glasfasern als Glasfaserschnitzel, -schnüre, -fäden, -roving, -matten, -gewebe und/oder -perlen ausgebildet sind. 10
5. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das poröse Material in fester und/oder flüssiger Form in dem Verdampfer vorliegt. 15
6. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das poröse Material auf dem Rohr aufgebracht ist, insbesondere indem das Material die Rohre des Wärmetauschers zumindest teilweise ummantelt oder beschichtet. 20
7. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das poröse Material auf den Rohranhängen oder auf Strukturen des Wärmetauschers, die die Wärmeaustauschflächen vergrößern, aufgebracht ist. 25
8. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Glasfaserschnitzel zumindest teilweise eine größere Länge aufweisen als der Abstand zwischen zwei Lamellen oder Rippen. 30
9. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die flächenvergrößernde Rohranhänge und/oder Strukturen porös sind. 35
10. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das poröse Material Kapillarkräfte aufweist. 40

11. Verdampfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine hydrophile Schicht auf den Wärmeaustauscher und/oder flächenvergrößernde Rohranhänge und/oder Strukturen aufgetragen ist. 45
12. Verwendung eines porösen Materials als Füllung in einem Verdampfer, nach Anspruch 1. 50
13. Verwendung nach dem vorherigen Anspruch,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wärmetauscher flächenvergrößernde Rohranhänge oder Strukturen, ausgewählt aus der Gruppe umfassend Platten, Netze, Rippen, Ausbuchtungen, 2- oder 3-dimensionale Gitterstrukturen und/oder Lamellen, aufweist. 55

Claims

1. An evaporator for a sorption machine, comprising a heat exchanger provided with at least one tube, channel and/or combination of both passed through by a fluid, to which a refrigerant is at least partially applied, wherein the evaporator is filled with a, in particular, porous material through which vapour can pass through and is at least partially in contact with the tube, the channel and/or the combination, **characterised in that**
a plurality of tubes or channels is arranged in the heat exchanger essentially in parallel causing gaps to be formed between them, wherein the porous material is at least partially present on the tubes and in the gaps. 25
2. The evaporator of the preceding claim,
characterised in that
the heat exchanger is provided with surface-enlarging tubular accessories or structures, in particular plates, nets, ribs, protrusions, 2- or 3-dimensional grid structures and/or fins. 30
3. The evaporator of any one of the preceding claims,
characterised in that
the porous material is selected from the group consisting of sand, glass balls, glass fibres, clay, mineral wool, foam glass, cellulose, rigid foam, glass wool, metal wool or swarf, rock wool, slag wool, expanded glass, perlite, calcium silicate, natural pumice, ceramic fibres, ceramic foam, silicate foam, plaster foam, pyrogenic silicic acid, flax, polyester fibres, phenolic foam, felt or a mixture thereof. 35
4. The evaporator of any one of the preceding claims,
characterised in that
the glass fibres are present in the form of glass fibre chips, cords, threads, rovings, mats, fabric and/or 40

beads.

5. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** the porous material is present in a solid and/or liquid state in the evaporator. 5
6. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** the porous material is applied to the tube, particularly by the material at least partially sheathing or coating the tubes of the heat exchanger. 10
7. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** the porous material is applied to the tubular accessories or on structures of the heat exchanger which enlarge the heat exchange surfaces. 15
8. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** the glass fibre chips are at least partially of a length greater than the clearance between two fins or ribs. 20
9. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** the surface-enlarging tubular accessories and/or structures are porous. 25
10. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** the porous material has capillary forces. 30
11. The evaporator of any one of the preceding claims, **characterised in that** a hydrophilic layer is applied to the heat exchanger and/or surface-enlarging tubular accessories and/or structures. 35
12. A use of a porous material as filling material in an evaporator according to claim 1. 40
13. The use of the preceding claim, **characterised in that** the heat exchanger comprises surface-enlarging tubular accessories or structures, selected from the group consisting of plates, nets, ribs, protrusions, 2- or 3-dimensional grid structures and/or fins. 45

Revendications

1. Évaporateur pour une machine à sorption, comprenant un échangeur thermique présentant au moins un tube, un canal traversé par un fluide et/ou une combinaison des deux, qui sont alimentés au moins partiellement par un réfrigérant, dans lequel l'évaporateur est rempli d'un matériau laissant passer la

vapeur, en particulier poreux, et est au moins partiellement en contact avec le tube, le canal et/ou la combinaison, **caractérisé en ce que** plusieurs tubes ou canaux sont agencés sensiblement de manière parallèle dans l'échangeur thermique, de sorte que des espaces sont formés entre ceux-ci, dans lequel le matériau poreux est présent au moins en partie sur les tubes et dans les espaces.

2. Évaporateur selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'échangeur thermique présente des accessoires tubulaires ou des structures d'augmentation de surface, en particulier des plaques, des réseaux, des nervures, des renflements, des structures réticulaires à 2 ou 3 dimensions et/ou des lamelles.
3. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau poreux est sélectionné parmi le groupe comprenant le sable, les billes de verre, les fibres de verre, l'argile, la laine minérale, le verre mousse, la cellulose, la mousse rigide, la laine de verre, la laine ou les copeaux de métal, la laine de roche, la laine de laitier, le verre expansé, la perlite, le silicate de calcium, la pierre ponce naturelle, les fibres céramiques, la mousse céramique, la mousse de silicate, la mousse de plâtre, l'acide silicique pyrogène, le lin, les fibres de polyester, la mousse dure de résine phénolique, le feutre ou un mélange de ceux-ci.
4. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fibres de verre sont formées comme des fibres de verre coupées, cordons, fils, stratifiés, nattes, tissus et/ou perles en fibre de verre.
5. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau poreux se présente sous forme solide et/ou liquide dans l'évaporateur.
6. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau poreux est appliqué sur le tube, en particulier par enrobage ou revêtement au moins partiel des tubes de l'échangeur thermique avec le matériau.
7. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau poreux est appliqué sur les accessoires tubulaires ou sur des structures de l'échangeur thermique qui augmentent les surfaces d'échange thermique.
8. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fibres de verre coupées présentent au moins partiellement une longueur plus importante que l'espacement entre deux

lamelles ou nervures.

9. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les accessoires tubulaires et/ou structures d'augmentation de surface sont poreux. 5
10. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau poreux présente des capillarités. 10
11. Évaporateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une couche hydrophile est déposée sur l'échangeur de chaleur et/ou sur les accessoires tubulaires et/ou structures d'augmentation de surface. 15
12. Utilisation d'un matériau poreux comme matériau de remplissage dans un évaporateur, selon la revendication 1. 20
13. Utilisation selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** l'échangeur thermique présente des accessoires tubulaires ou structures d'augmentation de surface, sélectionnés parmi le groupe comprenant des plaques, des réseaux, des nervures, des renflements, des structures réticulaires à 2 ou 3 dimensions et/ou des lamelles. 25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

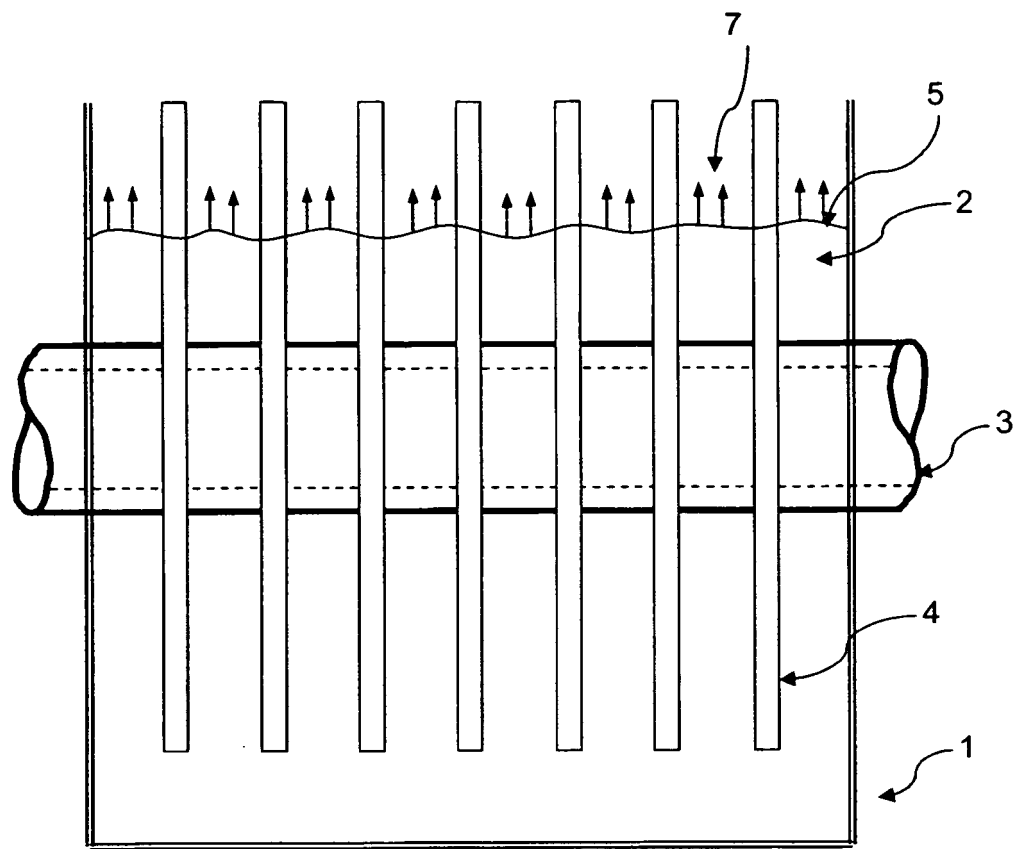


Fig. 2

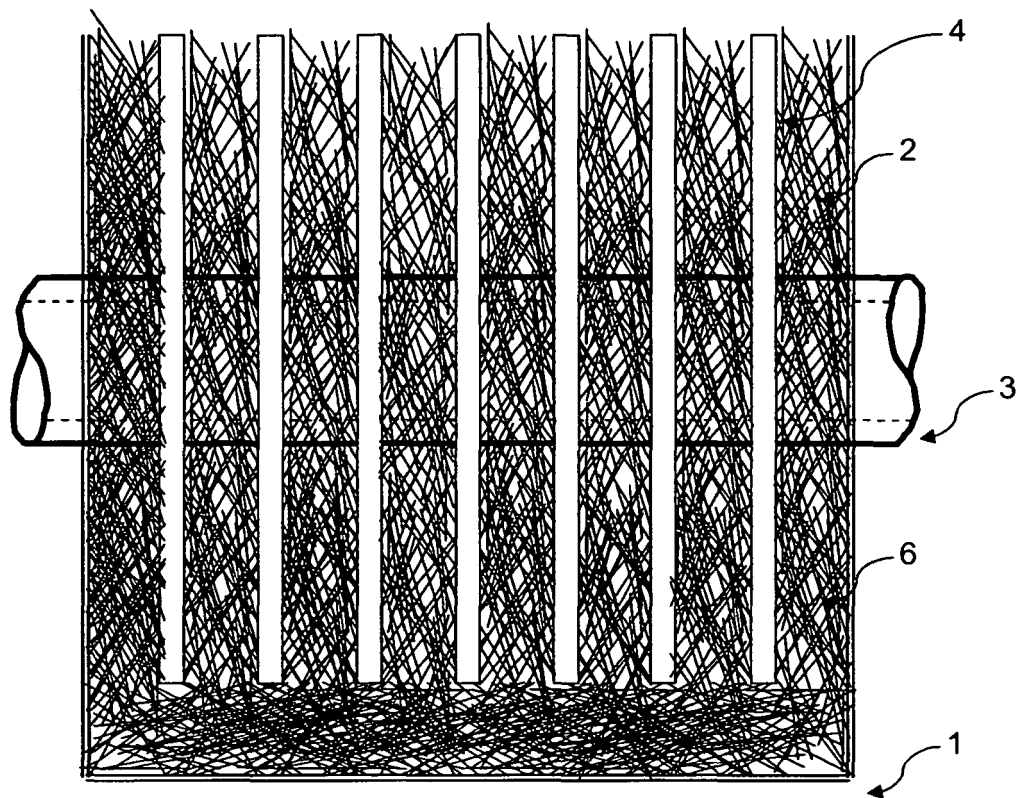


Fig. 3

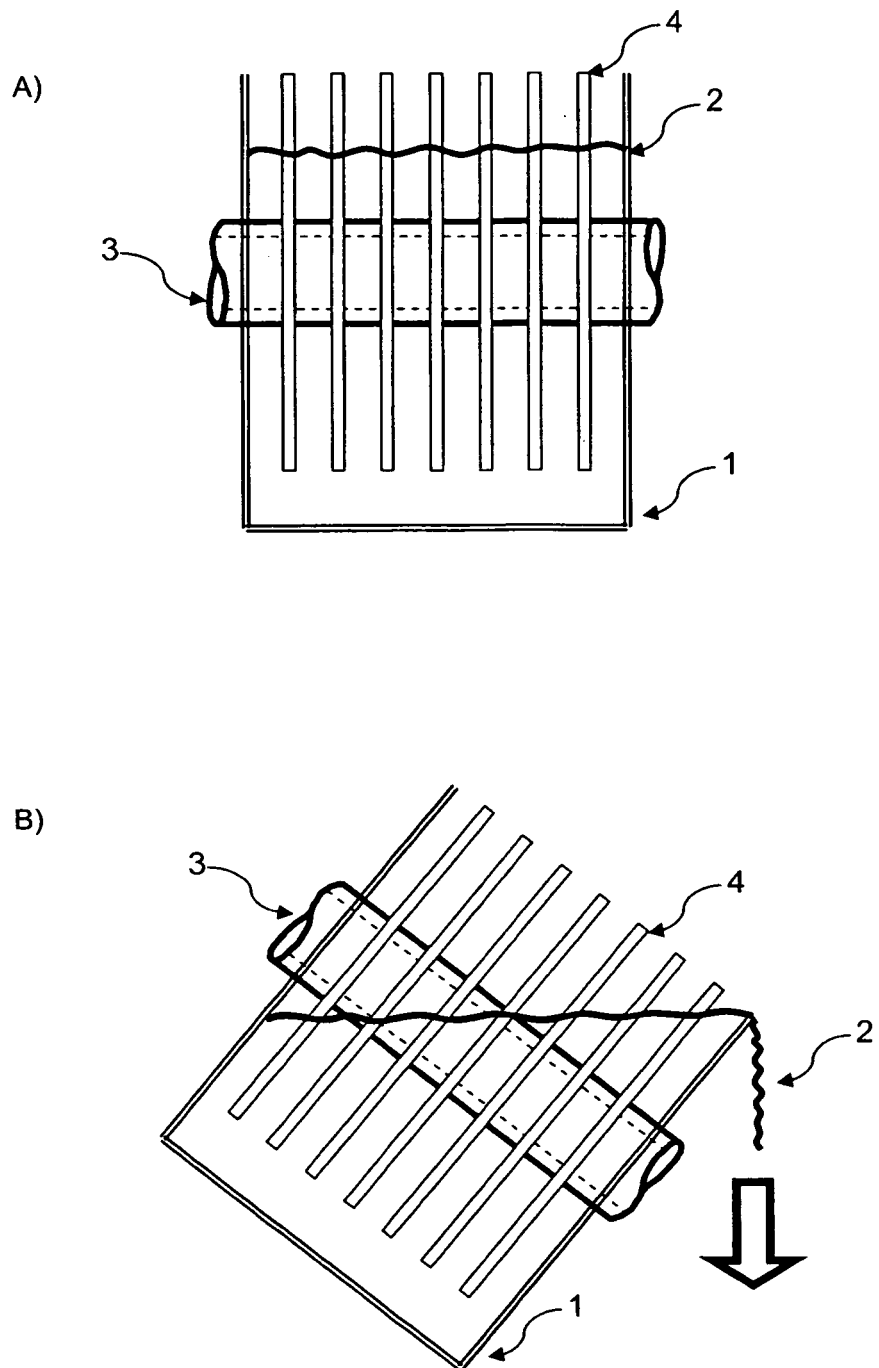


Fig. 4

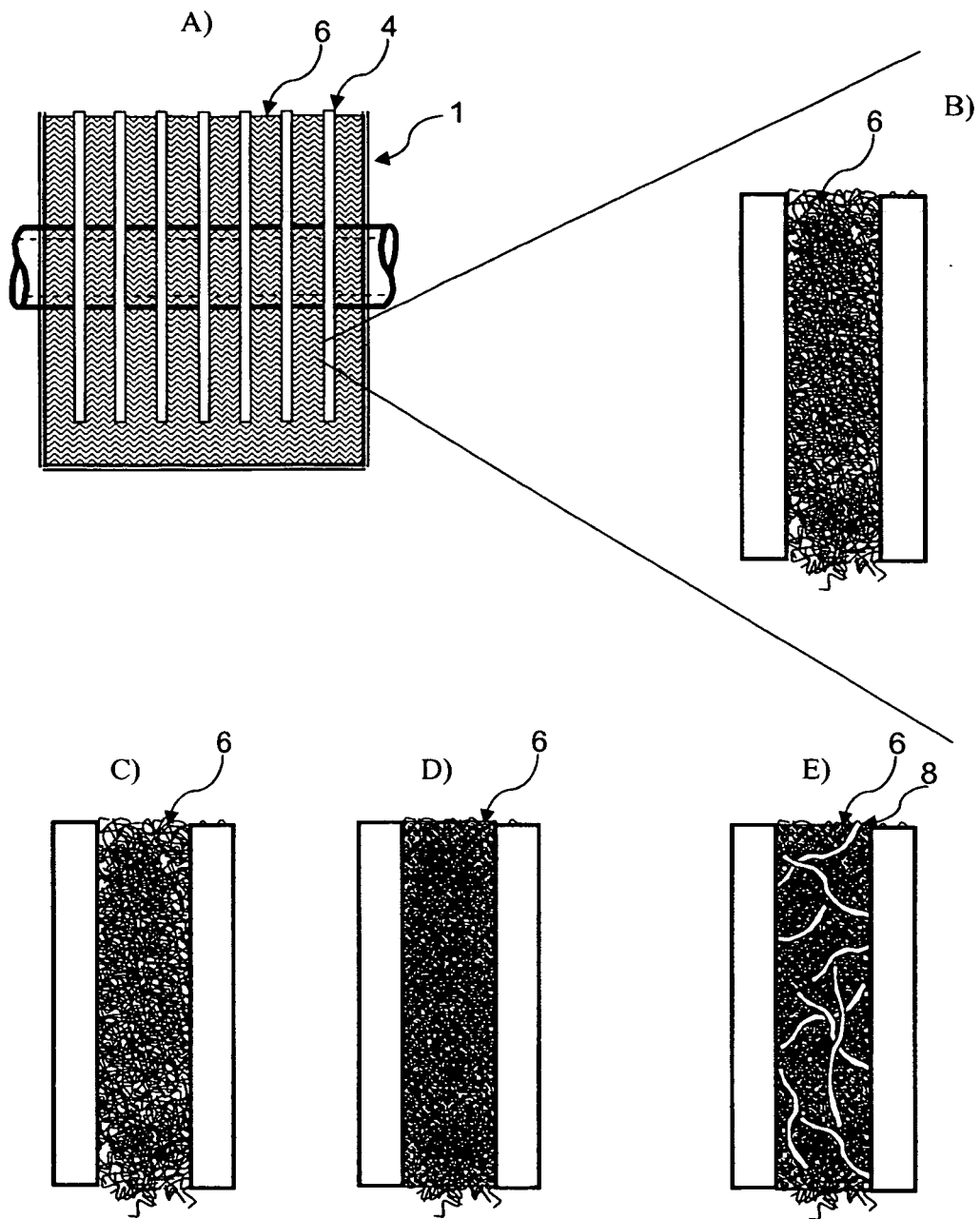


Fig. 5

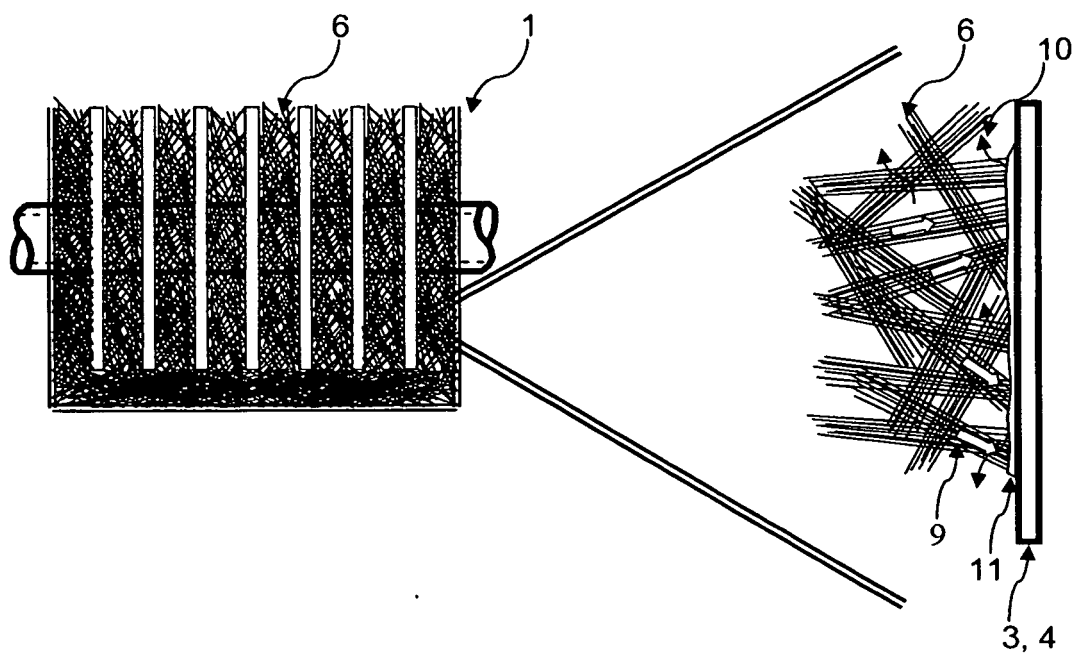
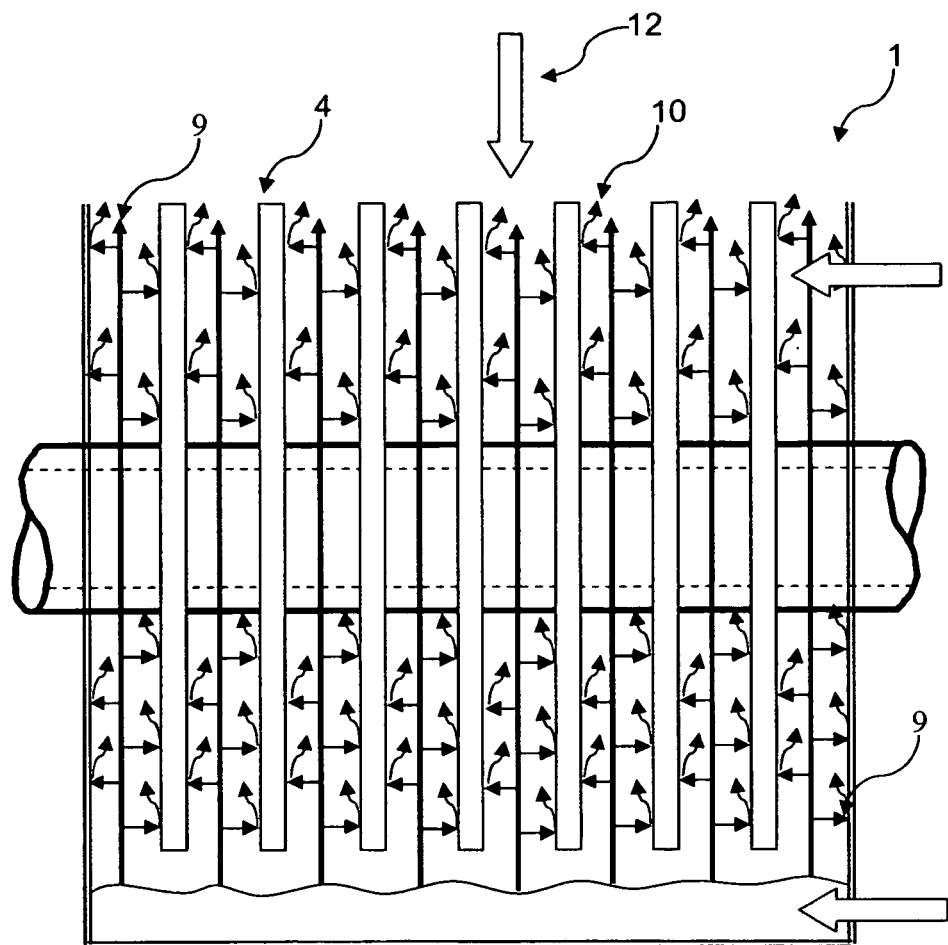


Fig. 6



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

- GB 654396 A [0001]
- WO 2008155543 A2 [0014]
- US 20090249825 A1 [0015]