

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 795 349 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.12.2001 Patentblatt 2001/49

(51) Int Cl.7: **B01D 1/26, F25J 3/00**

(21) Anmeldenummer: **96107773.2**

(22) Anmeldetag: **15.05.1996**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Verdampfen einer Flüssigkeit**

Device and process for evaporating a liquid

Dispositif et procédé pour l'évaporation d'un liquide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB

(30) Priorität: **14.02.1996 DE 19605500**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.09.1997 Patentblatt 1997/38

(73) Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft**
65189 Wiesbaden (DE)

(72) Erfinder: **Rohde, Wilhelm**
81476 München (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar et al**
Linde AG
Zentrale Patentabteilung
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Höllriegelskreuth (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 469 780 **US-A- 5 438 836**

EP 0 795 349 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verdampfen einer Flüssigkeit mit einem ersten und einem zweiten Wärmetauscher, wobei beide Wärmetauscher Verdampfungspassagen sowie Passagen für ein Heizfluid enthalten, der erste Wärmetauscher als Fallfilmverdampfer und der zweite Wärmetauscher als Flüssigkeitsbadverdampfer ausgebildet ist, der erste Wärmetauscher Mittel zum Einführen von Heizfluid und Mittel zum Abziehen von Heizfluid aufweist und wobei der zweite Wärmetauscher Mittel zum Einführen von Heizfluid aufweist.

[0002] In vielen Prozessen ist es notwendig, eine Flüssigkeit in indirektem Wärmeaustausch mit einem Heizfluid zu verdampfen. Unter Heizfluid ist dabei irgendein Fluid zu verstehen, das Wärme abgibt, beispielsweise ein kondensierendes Gas. Es gibt zwei Grundformen derartiger Verdampfer. Flüssigkeitsbadverdampfer, auch Thermosiphon-Verdampfer genannt, stehen in einem Flüssigkeitsbad, wobei die Verdampfungspassagen mit dem Flüssigkeitsbad kommunizieren und der gebildete Dampf oben aus den Verdampfungspassagen austritt. Bei Fallfilmverdampfern fließt die Flüssigkeit als Film über die Wände der Verdampfungspassagen und verdampft dabei teilweise; der gebildete Dampf strömt mit der Flüssigkeit nach unten und wird am unteren Ende der Verdampfungspassagen zusammen mit dem flüssig verbliebenen Anteil abgezogen. Beide Typen haben Nachteile. So ist bei Flüssigkeitsbadverdampfern die Bauhöhe begrenzt und bei Fallfilmverdampfern wird eine Pumpe zum Umwälzen von Flüssigkeit benötigt, weil mit dem verdampften Anteil eine bestimmte Restmenge an Flüssigkeit austritt, die umgewälzt werden muß. In EP-A-469780 wurde bereits vorgeschlagen, einen Fallfilmverdampfer und einen Flüssigkeitsbadverdampfer zu kombinieren, indem sie verdampfungsseitig seriell verbunden sind. Die Heizfluidpassagen sind parallel geschaltet. Diese Vorrichtung benötigt einen Regelmechanismus, der die Aufteilung des Heizfluids auf die beiden Wärmetauschertypen einstellt. Dazu muß mindestens ein Rohr aus dem Gehäuse heraus zu einem steuerbaren Ventil geführt werden. Insgesamt ergibt sich eine aufwendige Verrohrung und eine relativ große Bauhöhe.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu entwickeln, die besonders kostengünstig, insbesondere sehr kompakt hergestellt werden kann.

[0004] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Mittel zum Abziehen von Heizfluid aus dem ersten Wärmetauscher in Strömungsverbindung mit den Mitteln zum Einführen von Heizfluid in den zweiten Wärmetauscher stehen. Die beiden Wärmetauscher sind also auch heizfluidseitig seriell verbunden, und zwar so, daß das Heizfluid zunächst die Heizfluidpassagen des Fallfilmverdampfers durchläuft und das aus dem Fallfilmverdampfer austretende Heizfluid minde-

stens teilweise, vorzugsweise vollständig oder im wesentlichen vollständig den Heizfluidpassagen des Flüssigkeitsbadverdampfers zugeführt wird. Jeder der Wärmetauscher der Erfindung kann aus einem oder mehreren Blöcken gebildet sein. Es ist beispielsweise möglich, den Flüssigkeitsbadverdampfer in Form von zwei oder mehr nebeneinander angeordneten Blöcken zu realisieren.

[0005] Im Rahmen der Erfindung braucht die Verteilung des Heizfluids auf die beiden Wärmetauscher nicht geregelt zu werden. Die Heizfluidpassagen können direkt-beispielsweise durch ein einziges kurzes Rohr - miteinander verbunden werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann somit sehr kostengünstig hergestellt werden.

[0006] Vorzugsweise sind gemäß einem weiterführenden Aspekt der Erfindung die beiden Wärmetauscher als ein Block ausgebildet, wobei der obere Abschnitt des Blocks den ersten Wärmetauscher bildet und der untere Abschnitt des Blocks den zweiten Wärmetauscher bildet. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, das Heizfluid am unteren Ende des ersten Wärmetauschers (Fallfilmverdampfers) zu sammeln und anschließend wieder auf die Heizfluidpassagen des zweiten Wärmetauschers (Flüssigkeitsbadverdampfers) zu verteilen.

[0007] Dabei ist es günstig, wenn der Block über seine gesamte Länge oder über im wesentlichen seine gesamte Länge verlaufende Heizfluidpassagen aufweist. Die gesamte Vorrichtung ist also heizfluidseitig wie ein einziger Wärmetauscherblock ausgebildet, der beispielsweise die Bauform eines Plattenwärmetauschers aufweist. Lediglich verdampfungsseitig muß im Übergang zwischen erstem und zweiten Wärmetauscher von oben (aus dem Fallfilmverdampfer) herabfließendes Dampf-Flüssigkeitsgemisch aus dem Wärmetauscherblock herausgeleitet werden, so daß der flüssig verbliebene Anteil in das Flüssigkeitsbad strömt und der gebildete Dampf abgezogen werden kann. Gleichzeitig muß in diesem Bereich der in den Verdampfungspassagen des zweiten Wärmetauschers (Flüssigkeitsbadverdampfers) erzeugte Dampf aus dem Wärmetauscherblock abgezogen werden.

[0008] Insgesamt kann die Vorrichtung somit auf sehr einfache und kostengünstige Weise gebaut werden. Es entfallen spezielle Maßnahmen zur Verbindung der Heizfluidpassagen; auch die oben beschriebenen speziellen Maßnahmen im Übergangsbereich können ohne großen Aufwand realisiert werden, vorzugsweise in einem Aluminium-Plattenwärmetauscher.

[0009] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Verdampfen einer Flüssigkeit gemäß Patentanspruch 4.

[0010] Außerdem sind eine Anwendung der Vorrichtung und des Verfahrens in einem Doppelsäulenverfahren zur Luftzerlegung gemäß Patentanspruch 5 sowie eine entsprechende Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 6 Gegenstand

der Erfindung. Dabei wird die oben beschriebene Vorrichtung als Kondensator-Verdampfer (Hauptkondensator) in einer Luftzerleger-Doppelsäule eingesetzt. Die zu verdampfende Flüssigkeit wird hierbei durch sauerstoffreiche Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule, das Heizfluid durch stickstoffreiches Kopfgas der Drucksäule gebildet, das in dem Kondensator-Verdampfer kondensiert.

[0011] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Figur 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die in eine Luftzerleger-Doppelsäule eingebaut ist, und

Figur 2 dieselbe Vorrichtung im Querschnitt.

[0012] Das Gehäuse der Vorrichtung wird bei dem Ausführungsbeispiel durch den Mantel 1 einer Doppelsäule zur Tieftemperaturluftzerlegung gebildet, die eine Drucksäule 2 und eine Niederdrucksäule 3 aufweist. Von den beiden Säulen sind nur der Kopfbeziehungsweise Sumpfbereich dargestellt. Der gesamte Kondensator-Verdampfer ist als ein Plattenwärmetauscher-Block 4 ausgebildet. In der Schnittdarstellung von Figur 1 ist eine der Verdampfungspassagen dargestellt. Die senkrechten Linien stellen keine Wände zwischen verschiedenen Passagen dar, sondern die Einbauten (Fins) innerhalb der einen Verdampfungspassage. Die Anordnung der Passagen ist in Figur 2 schematisch im Querschnitt dargestellt: Schichtweise wechseln sich Verdampfungspassagen 15 und Heizfluidpassagen 16 ab. Die Höhe der Passagen (Abstand zwischen zwei Platten) liegt beispielsweise bei 2 bis 10 mm. Die Gesamtzahl der nebeneinander angeordneten Passagen beträgt - je nach deren Höhebeispielsweise 10 bis 400.

[0013] An der Oberseite des Kondensator-Verdampfers wird flüssiger Sauerstoff 5 aus der Niederdrucksäule 3 über einen Verteiler 6 auf die Flüssigkeitspassagen des ersten Wärmeaustauschers (Fallfilmverdampfers) aufgegeben, der durch den oberen Abschnitt 7 des Blocks 4 gebildet wird. Im Übergangsbereich 8 wird das Flüssigkeits-Dampfgemisch seitlich aus dem Block 4 heraus geleitet und strömt in den Außenraum 10 zwischen Block 4 und Mantel 1.

[0014] Der untere Teil 9 derselben Passagen bildet die Verdampfungspassagen des als Flüssigkeitsbadverdampfer ausgebildeten zweiten Wärmeaustauschers. Sie sind an ihrer Unterseite offen und kommunizieren dadurch mit einem Flüssigkeitsbad 11. Nach oben strömender Dampf und eventuell mitgerissene Flüssigkeit strömen im Übergangsbereich 8 seitlich aus dem Block 4 heraus (links in der Zeichnung). Durch jede Verdampfungspassage verläuft eine Trennleiste 17 schräg durch den Übergangsbereich, die den ersten und den zweiten Wärmeaustauscher voneinander

trennt.

[0015] Der in den beiden Wärmeaustauschern gebildete Dampf wird zu einem Teil über die Produktleitung 12 abgeführt; zu einem anderen Teil strömt er in die Niederdrucksäule 3. Der flüssig verbliebene Anteil aus beiden Wärmeaustauschern fällt in das Flüssigkeitsbad 11, aus dem der zweite Wärmeaustauscher 9 gespeist wird. Dort kann über Leitung 20 bei Bedarf Sauerstoff flüssig entnommen werden.

[0016] Als Heizfluid dient gasförmiger Stickstoff, der vom Kopf der Drucksäule 2 herangeführt (13) wird. Er wird über einen Header 14 oben auf die Heizfluidpassagen 16 des ersten Wärmeaustauschers 7 aufgegeben. Die (in Figur 1 nicht dargestellten) Heizfluidpassagen verlaufen bei dem Ausführungsbeispiel ohne Trennung über die gesamte Höhe des Blocks 4, das heißt durch den ersten Wärmeaustauscher 7, den Übergangsbereich 8 und den zweiten Wärmeaustauscher 9. Allenfalls die Dichte oder der Typ der Einbauten (Fins) kann sich über die Höhe der Heizfluidpassagen ändern. Nach Durchlaufen der gesamten Höhe des Blocks 4 wird der - bei dem Wärmeaustausch mit dem verdampfenden Sauerstoff kondensierte - Stickstoff am unteren Ende des zweiten Wärmeaustauschers 9 über einen Sammler 18 aus dem Heizfluidpassagen abgezogen und über Leitung 19 in ein Gefäß am Kopf der Drucksäule 2 geführt.

[0017] Die Länge (vertikale Ausdehnung) des ersten Wärmeaustauschers 7 beträgt in einem konkreten Beispiel 1,7 m, der zweite Wärmeaustauschers 9 ist 2,8 m lang; der Übergangsbereich 8 weist in der Vertikalen eine Ausdehnung von 0,6 m auf, die Stapelhöhe der Platten (Vertikale in Figur 2) ist gleich 1,20 m bei einer Passagenhöhe (Plattenabstand) von 6 mm.

[0018] Der Kondensator-Verdampfer vereinigt in einem Block 4 die Funktionen zweier verschiedenartiger Wärmetauscher 7, 9. Dennoch ist der Herstellungsaufwand kaum größer als bei einem üblichen Plattenwärmetauscher: Während die Heizfluidpassagen völlig konventionell ausgeführt sein können, sind lediglich im Übergangsbereich 8 der Verdampfungspassagen einige zusätzliche Maßnahmen notwendig, nämlich der Einbau von schräg verlaufenden Fins und einer Trennleiste 17, sowie die seitliche Öffnung der Verdampfungspassagen. Insgesamt ergibt sich eine sehr kostengünstige und kompakte Anordnung, die die Vorteile von Fallfilmverdampfern und Flüssigkeitsbadverdampfern auf sich vereinigt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verdampfen einer Flüssigkeit mit einem ersten (7) und einem zweiten (9) Wärmeaustauscher, wobei beide Wärmeaustauscher (7, 9) Verdampfungspassagen (15) sowie Passagen (16) für ein Heizfluid enthalten, der erste Wärmeaustauscher (7) als Fallfilmverdampfer und der zweite

Wärmeaustauscher (9) als Flüssigkeitsbadverdampfer ausgebildet ist, der erste Wärmeaustauscher (7) Mittel (13, 14) zum Einführen von Heizfluid und Mittel zum Abziehen von Heizfluid aufweist und wobei der zweite Wärmeaustauscher (9) Mittel zum Einführen von Heizfluid aufweist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mittel zum Abziehen von Heizfluid aus dem ersten Wärmeaustauscher (7) in Strömungsverbindung mit den Mitteln zum Einführen von Heizfluid in den zweiten Wärmeaustauscher (9) stehen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die beiden Wärmeaustauscher (7, 9) als ein Block (4) ausgebildet sind, wobei der obere Abschnitt des Blocks (4) den ersten Wärmeaustauscher (7) bildet und der untere Abschnitt des Blocks (4) den zweiten Wärmeaustauscher (9) bildet.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Block (4) über seine gesamte Länge oder über im wesentlichen seine gesamte Länge verlaufende Heizfluidpassagen (16) aufweist.

4. Verfahren zum Verdampfen einer Flüssigkeit in indirektem Wärmeaustausch mit einem Heizfluid, wobei die Flüssigkeit (5, 6) zunächst in die Verdampfungspassagen (15) eines ersten Wärmeaustauschers (7), der als Fallfilmverdampfer ausgebildet ist, und anschließend in einen zweiten Wärmeaustauscher (9), der als Flüssigkeitsbadverdampfer ausgebildet ist, eingeleitet wird und wobei ein Heizfluid (13, 14) in die Heizfluidpassagen beider Wärmeaustauscher (7, 9) eingeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein Teil des Heizfluids, das aus dem ersten Wärmeaustauscher (7) abgezogen wird, in den zweiten Wärmeaustauscher (9) eingeleitet wird.

5. Anwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und/oder des Verfahrens nach Anspruch 4 in einem Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, das eine aus Drucksäule (2) und Niederdrucksäule (3) bestehende Doppelsäule aufweist, zur Verdampfung von Flüssigkeit (5, 6) aus dem unteren Abschnitt der Niederdrucksäule (3) in indirektem Wärmeaustausch (7, 9) gegen kondensierenden Dampf (13, 14) aus dem oberen Bereich der Drucksäule (2).

6. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, das eine aus Drucksäule (2) und Niederdrucksäule (3) bestehende Doppelsäule aufweist, wobei die Drucksäule (2) und die Niederdrucksäule (3) über einen gemeinsamen Kondensator-Verdampfer (7, 9) in thermischer Verbindung stehen, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Kondensator-Verdampfer

(7, 9) als Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 ausgebildet ist.

5 Claims

1. Apparatus for evaporating a liquid, having a first heat exchanger (7) and a second heat exchanger (9), both heat exchangers (7, 9) containing evaporation passages (15) and passages (16) for a heating fluid, the first heat exchanger (7) being designed as a falling-film evaporator and the second heat exchanger (9) being designed as a liquid bath evaporator, the first heat exchanger (7) having means (13, 14) for introducing heating fluid and means for removing heating fluid, and the second heat exchanger (9) having means for introducing heating fluid, **characterized in that** the means for removing heating fluid from the first heat exchanger (1) are in flow communication with the means for introducing heating fluid into the second heat exchanger (9).

2. Apparatus according to Claim 1, **characterized in that** the two heat exchangers (7, 9) are designed as a block (4), the upper section of the block (4) forming the first heat exchanger (7) and the lower section of the block (4) forming the second heat exchanger (9).

3. Apparatus according to Claim 2, **characterized in that** the block (4) has heating-fluid passages (16) which run over its entire length or over substantially its entire length.

4. Process for evaporating a liquid in indirect heat exchange with a heating fluid, the liquid (5, 6) firstly being passed into the evaporation passages (15) of a first heat exchanger (7), which is designed as a falling-film evaporator, and then being passed into a second heat exchanger (9), which is designed as a liquid bath evaporator, and a heating fluid (13, 14) being introduced into the heating-fluid passages of both heat exchangers (7, 9), **characterized in that** at least some of the heating fluid which is removed from the first heat exchanger (7) is passed into the second heat exchanger (9).

5. Use of the apparatus according to one of Claims 1 to 3 and/or of the process according to Claim 4 in a process for the low-temperature fractionation of air, which has a double column, comprising pressure column (2) and low-pressure column (3), for evaporating liquid (5, 6) from the lower section of the low-pressure column (3), in indirect heat exchange (7, 9) against condensing vapour (13, 14) from the upper region of the pressure column (2).

6. Apparatus for the low-temperature fractionation of

air, which has a double column comprising pressure column (2) and low-pressure column (3), the pressure column (2) and the low-pressure column (3) being in thermal communication by means of a common condenser/evaporator (7, 9), **characterized in that** the condenser/evaporator (7, 9) is designed as an apparatus according to one of Claims 1 to 3.

Revendications

1. Dispositif pour évaporer un liquide, comprenant un premier (7) échangeur de chaleur et un deuxième (9) échangeur de chaleur, les deux échangeurs de chaleur (7,9) contenant des passages d'évaporation (15) ainsi que des passages (16) pour un fluide chaud, le premier échangeur de chaleur (7) étant exécuté sous forme d'un évaporateur à film tombant et le deuxième échangeur de chaleur (9) étant exécuté sous forme d'un évaporateur à bain liquide, le premier échangeur de chaleur (7) contenant des moyens (13,14) pour introduire un fluide chaud et des moyens pour soutirer un fluide chaud et le deuxième échangeur de chaleur (9) présentant des moyens pour introduire un fluide chaud, **caractérisé en ce que** les moyens pour soutirer le fluide chaud du premier échangeur de chaleur (7) se trouvent en liaison d'écoulement avec les moyens pour l'introduction du fluide chaud dans le deuxième échangeur de chaleur (9).
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les deux échangeurs de chaleur (7,9) sont exécutés sous forme d'un bloc (4), la partie supérieure du bloc (4) formant le premier échangeur de chaleur (7) et la partie inférieure du bloc (4) formant le deuxième échangeur de chaleur (9).
3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le bloc (4) présente des passages (16) pour le fluide chaud s'étendant sur toute sa longueur ou sur essentiellement toute sa longueur.
4. Procédé pour l'évaporation d'un liquide en échange de chaleur indirect avec un fluide chaud, le liquide (5,6) étant d'abord introduit dans les passages d'évaporation (15) d'un premier échangeur de chaleur (7), qui est exécuté sous forme d'un évaporateur à film tombant, puis dans un deuxième échangeur de chaleur (9), qui est exécuté sous forme d'un évaporateur à bain liquide, et un fluide chaud (13,14) étant introduit dans les passages de fluide chaud des deux échangeurs de chaleur (7,9), **caractérisé en ce qu'**au moins une partie du fluide chaud qui est soutiré du premier évaporateur de chaleur (7) est introduit dans le deuxième échangeur de chaleur (9).

5. Utilisation du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 et/ou du procédé selon la revendication 4 dans un procédé pour le fractionnement de l'air à basse température, qui présente une double colonne constituée d'une colonne de pression (2) et d'une colonne de basse pression (3), pour l'évaporation d'un liquide (5,6) provenant de la partie inférieure de la colonne de basse pression (3) en échange de chaleur indirect (7,9) à contre-courant de la vapeur condensante (13,14) provenant de la partie supérieure de la colonne de pression (2).
6. Dispositif pour le fractionnement de l'air à basse température, qui présente une double colonne constituée d'une colonne de pression (2) et d'une colonne de basse pression (3), la colonne de pression (2) et la colonne de basse pression (3) se trouvant en liaison thermique via un condenseur-évaporateur (7,9) commun, **caractérisé en ce que** le condenseur-évaporateur (7,9) est exécuté comme dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

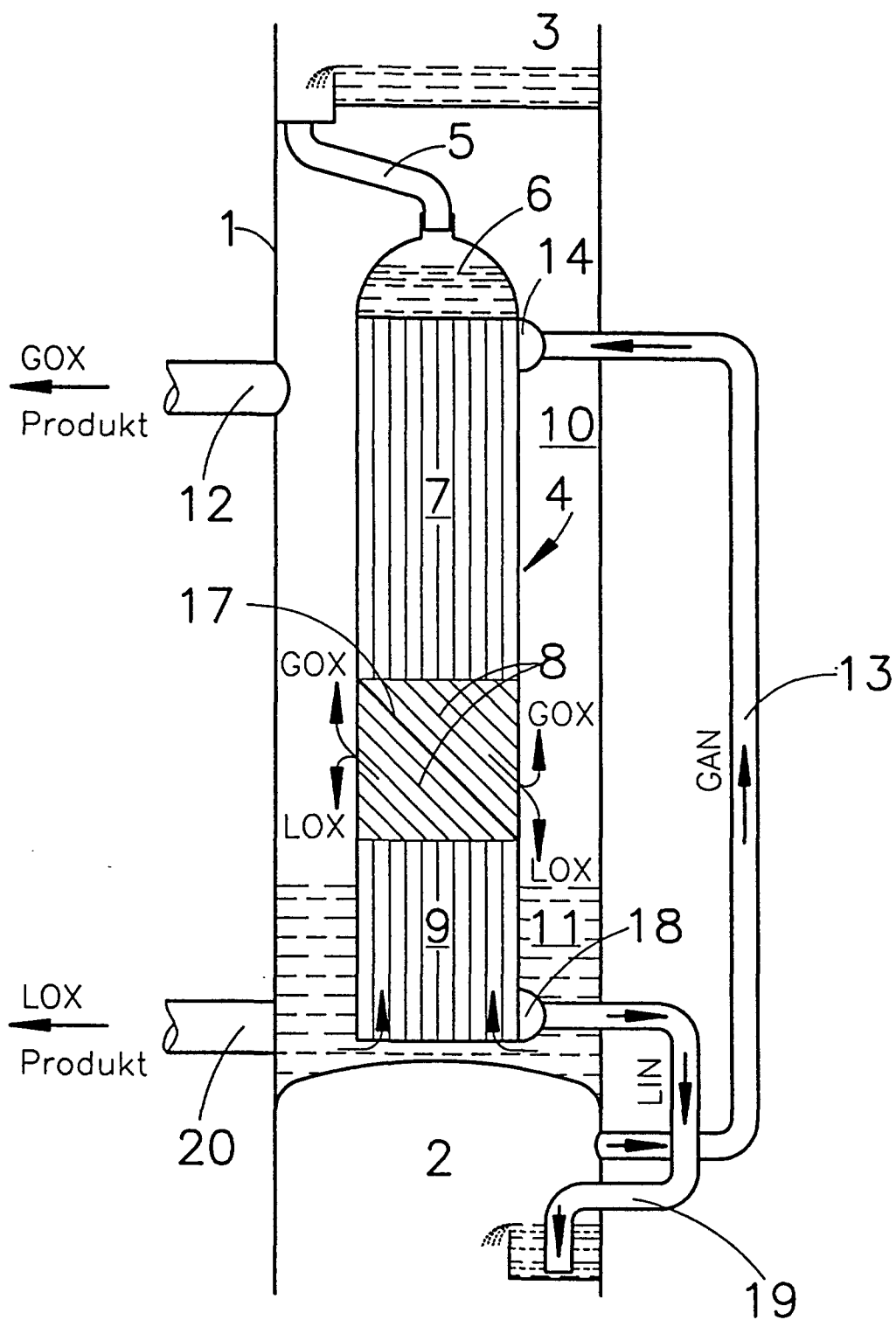


Fig.1

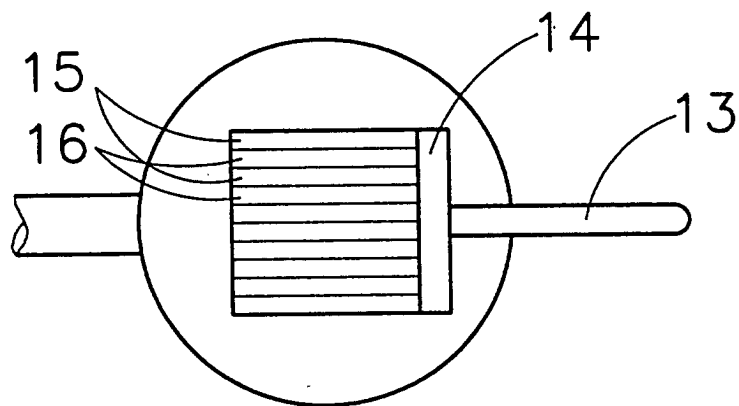


Fig.2