



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 795 349 A1

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**(43) Veröffentlichungstag:  
17.09.1997 Patentblatt 1997/38(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B01D 1/26, F25J 3/00**

(21) Anmeldenummer: 96107773.2

(22) Anmeldetag: 15.05.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(30) Priorität: 14.02.1996 DE 19605500

(71) Anmelder: 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)

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

(57) Die Vorrichtung und das Verfahren dienen zum Verdampfen einer Flüssigkeit. Ein erster (7) und ein zweiter (9) Wärmeaustauscher enthalten Verdampfungspassagen sowie Passagen für ein Heizfluid. Der erste Wärmeaustauscher (7) ist als Fallfilmverdampfer ausgebildet, der zweite Wärmeaustauscher (9) als Flüssigkeitsbadverdampfer. Der erste Wärmeaustauscher (7) weist Mittel (13, 14) zum Einführen von Heizfluid und Mittel zum Abziehen von Heizfluid auf. Der zweite Wärmeaustauscher (9) umfaßt Mittel zum Einführen von Heizfluid. Die Mittel zum Abziehen von Heizfluid aus dem ersten Wärmeaustauscher (7) stehen in Strömungsverbindung mit den Mitteln zum Einführen von Heizfluid in den zweiten Wärmeaustauscher (9). Der Apparat und die Vorrichtung können in einem Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft angewandt werden, das eine aus Drucksäule (2) und Niederdrucksäule (3) bestehende Doppelsäule aufweist, wobei der Apparat 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) dient.

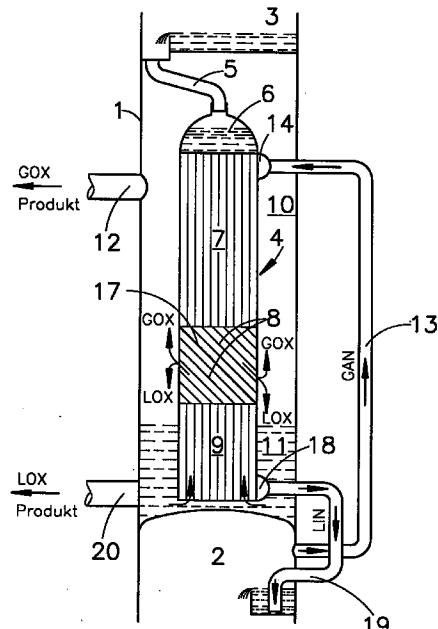


Fig. 1

## Beschreibung

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

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.

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

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Mittel zum Abziehen von Heizfluid aus dem ersten Wärmeaustauscher in Strömungsverbindung mit den Mitteln zum Einführen von Heizfluid in den zweiten Wärmeaustauscher stehen. Die beiden Wärmeaustauscher 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 mindestens teilweise, vorzugsweise vollständig oder im wesentlichen

vollständig den Heizfluidpassagen des Flüssigkeitsbadverdampfers zugeführt wird. Jeder der Wärmeaustauscher 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.

Im Rahmen der Erfindung braucht die Verteilung des Heizfluids auf die beiden Wärmeaustauscher 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.

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

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 Wärmeaustauscherblock ausgebildet, der beispielsweise die Bauform eines Plattenwärmetauschers aufweist. Lediglich verdampfungsseitig muß im Übergang zwischen erstem und zweitem Wärmeaustauscher von oben (aus dem Fallfilmverdampfer) herabfließendes Dampf-Flüssigkeitsgemisch aus dem Wärmeaustauscherblock 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 Wärmeaustauschers (Flüssigkeitsbadverdampfers) erzeugte Dampf aus dem Wärmeaustauscherblock abgezogen werden.

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.

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

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.

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.

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 Höhe - beispielsweise 10 bis 400.

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.

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.

Der in den beiden Wärmeaustauschern gebildete Dampf wird zu einem Teil über die Produktleitung 12 abgeführt; zu einem anderen Teil strömt er in die Nie-

derdrucksäule 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.

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 den Heizfluidpassagen abgezogen und über Leitung 19 in ein Gefäß am Kopf der Drucksäule 2 geführt.

Die Länge (vertikale Ausdehnung) des ersten Wärmeaustauschers 7 beträgt in einem konkreten Beispiel 1,7 m, der zweite Wärmeaustauscher 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 Passenhöhe (Plattenabstand) von 6 mm.

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.

5

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.

45

10

15

20

25

30

35

40

50

55

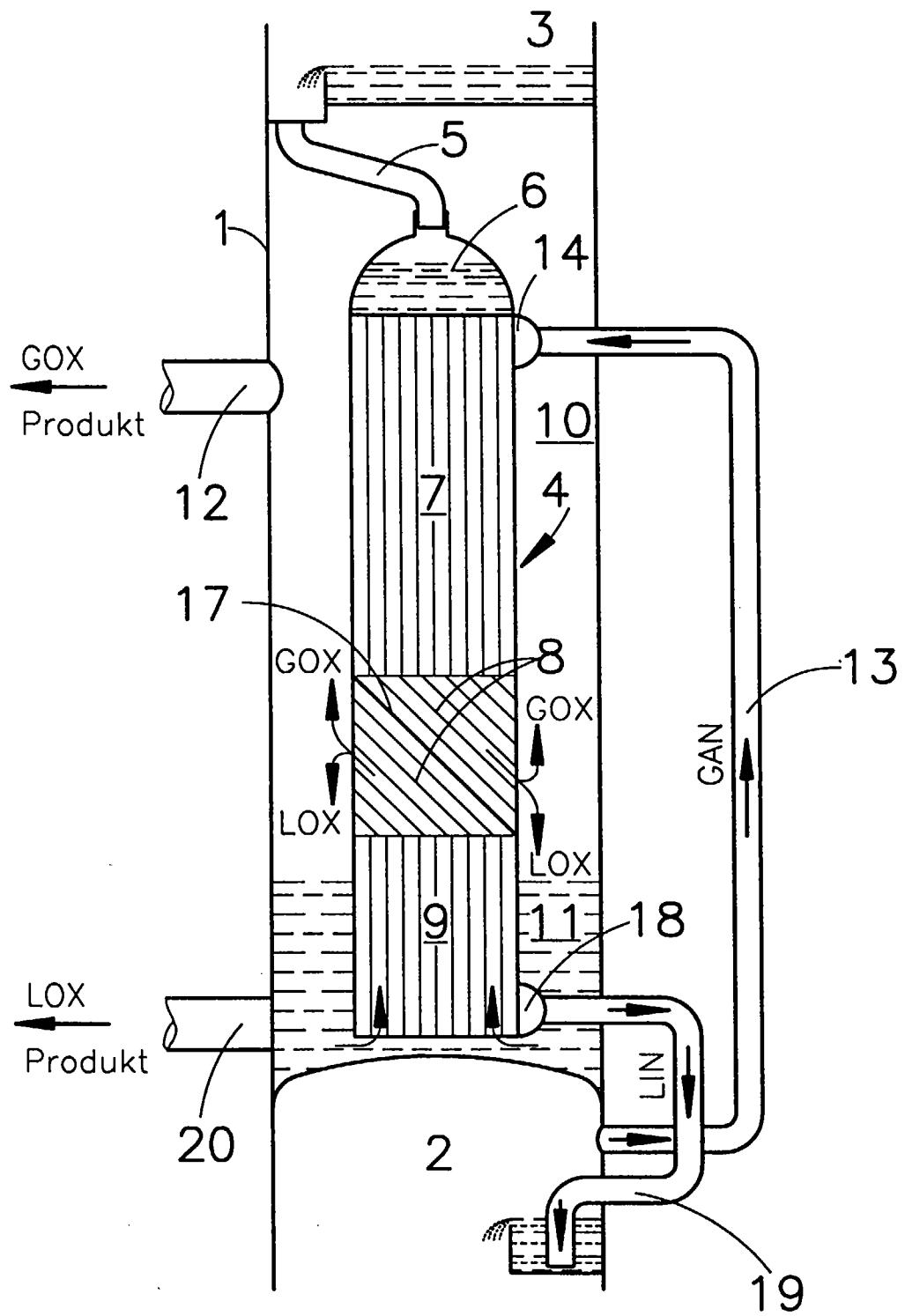


Fig.1

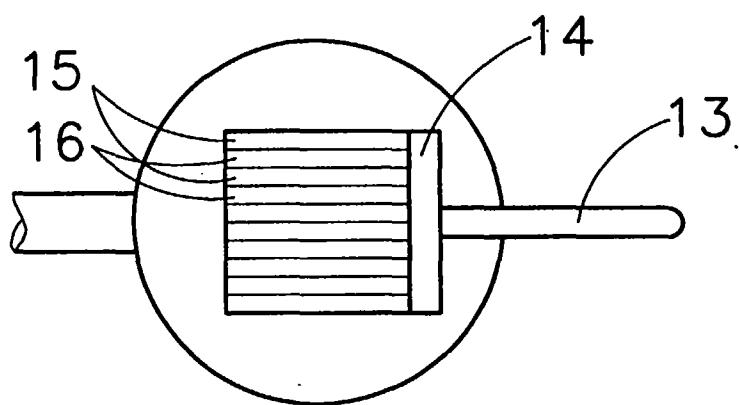


Fig.2



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 10 7773

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,D	EP-A-0 469 780 (THE BOC GROUP PLC) * das ganze Dokument *	1-6	B01D1/26 F25J3/00
A	US-A-5 438 836 (V.SRINIVASAN) * Anspruch 1; Abbildungen 1,5A *	1	
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.6)			
B01D F25J			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
BERLIN	24.0ktober 1996	Bertram, H	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		