

(19)



(11)

EP 3 329 191 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.06.2024 Patentblatt 2024/23

(21) Anmeldenummer: **16748095.3**

(22) Anmeldetag: **29.07.2016**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 11/02^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 11/02; F25B 2400/06; F25B 2400/13; F25B 2400/23

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/068126

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/021293 (09.02.2017 Gazette 2017/06)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM DURCHFÜHREN EINES KALTDAMPFPROZESSES**

APPARATUS AND METHOD FOR CARRYING OUT A COLD STEAM PROCESS

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ PERMETTANT LA MISE EN UVRE D'UN PROCESSUS DE VAPORISATION À FROID

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **31.07.2015 DE 102015214705**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.06.2018 Patentblatt 2018/23

(73) Patentinhaber: **BITZER Kühlmaschinenbau GmbH 71065 Sindelfingen (DE)**

(72) Erfinder: **NICKL, Joerg 01744 Dippoldiswalde (OT Malter) (DE)**

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner Patentanwälte mbB Uhlandstrasse 14c 70182 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 896 912 EP-A2- 0 787 891 WO-A1-2008/079128 DE-A1- 10 010 864

EP 3 329 191 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 vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum

[0002] Durchführen eines Kaltdampfprozesses. DE 10010864 zeigt eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0003] Kaltdampfprozesse mit Kohlendioxid als Kältemittel sind bekannt und werden aufgrund der günstigen Eigenschaften von Kohlendioxid im Hinblick auf den Treibhauseffekt zunehmend verstärkt eingesetzt. Die Leistungszahl eines derartigen CO₂-Kaltdampfprozesses durch Nutzung einer arbeitsleistenden Expansion zu erhöhen ist beispielsweise aus der Druckschrift EP 1 812 759 B1 bekannt. Nachteilig an dieser bekannten Lösung ist jedoch, dass eine komplizierte Frequenzsteuerung zur Beeinflussung des Hochdrucks verwendet wird. Darüber hinaus ist ein sogenannter hydraulischer Druckübersetzer aus Quack, H.; Kraus, W.E.: Carbon Dioxide as a Refrigerant for Railway Refrigeration and Air Conditioning, Proceedings of the IIR-Conference New Application of Natural Working Fluids in Refrigeration and Air Conditioning, Hannover, Deutschland 1994, S. 489-494 bekannt.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Durchführen eines Kaltdampfprozesses vorzuschlagen, mit denen eine vereinfachte Steuerung und Regelung des Kaltdampfprozesses möglich ist.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 9. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0006] Eine Vorrichtung zum Durchführen eines Kaltdampfprozesses weist einen motorbetriebenen Hauptkompressor auf, der eingerichtet ist, einen Massestrom eines als Kältemittel dienenden Fluids, der sich auf Verdampfendruckniveau befindet, anzusaugen und diesen Massestrom auf Hochdruckniveau zu komprimieren. Außerdem ist ein Hochdruckwärmeübertrager vorgesehen, um den Massestrom des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, zu kühlen, eine Dichte desselben zu erhöhen und eine Temperatur des Fluids durch das Kühlen zu verringern. Der vom Hochdruckwärmeübertrager kommende Massestrom des Fluids wird in einem Expander arbeitsleistend auf Verdampfendruckniveau entspannt und einem Verdampfer zugeführt. Der Verdampfer ist eingerichtet, Wärme aufzunehmen, so dass die Dichte des Fluids beim Durchlaufen des Verdampfers abnimmt und die Temperatur des von dem Expander kommenden Massestroms, der sich auf Verdampfendruckniveau befindet und den Verdampfer durchläuft, steigt. Schließlich ist ein dem Hochdruckwärmeübertrager nachgeschalteter und dem Expander vorgeschalteter Unterkühler vorgesehen. Nach dem Unterkühler und vor dem Expander ist ein Teil des Massestroms des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, abzweigbar

und mittels eines Hochdruckregelventils auf Mitteldruckniveau entspannbar, so dass das Fluid anschließend auf Mitteldruckniveau im Gegenstrom im Unterkühler Wärme aufnimmt und hierbei den Massestrom, der sich auf Hochdruckniveau befindet, im Unterkühler unterkühlt. Ein Hochdruckkompressor, der mit dem Expander mechanisch direkt verbunden ist, ist dazu eingerichtet, ausschließlich den zwischen dem Unterkühler und vor dem Expander abgezweigten und im Gegenstrom zu dem den Unterkühler durchlaufenden Massestrom des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, geführten Massestrom von Mitteldruckniveau auf Hochdruckniveau zu verdichten und vor dem Hochdruckwärmeübertrager dem von dem motorbetriebenen Hauptkompressor kommenden Massestrom des Fluids beizumischen.

[0007] Durch die beschriebene Vorrichtung ist eine effiziente Regelung des Hochdrucks, der typischerweise an dem Hochdruckwärmeübertrager, dem Hochdruckkompressor und teilweise an dem Unterkühler anliegt, möglich. Dadurch, dass der zusätzlich von dem Expander direkt angetriebene Hochdruckkompressor nur einen separaten Massestrom des Fluids, den Mitteldruckmassestrom, verdichtet, kann der durch den Expander geführte Massestrom, der von dem Hochdruckwärmeübertrager kommt, zusätzlich unterkühlt werden. Die Exergie der Expansion wird somit letztlich zur zusätzlichen Unterkuhlung bei Hochdruck genutzt bzw. eine Leistung des Expanders dient dazu, den Mitteldruckmassestrom im Hochdruckkompressor zu verdichten.

[0008] Nach dem Expander (und somit vor dem Verdampfer) kann ein Sammler angeordnet sein. Dieser ist dazu eingerichtet, eine Flüssigphase des Fluids und eine Dampfphase des Fluids zu trennen. Die Flüssigphase des Fluids ist speicherbar in dem Sammler sowie über ein zwischen dem Sammler und dem Verdampfer angeordnetes Einspritzventil auf Verdampfendruck entspannbar. Die Dampfphase des Fluids ist über ein Druckhalteventil entspannbar. Die entspannte Flüssigphase ist im Massestrom dem Verdampfer zuführbar, während die entspannte Dampfphase nach dem Verdampfer in den von dem Verdampfer kommenden Massestrom des Fluids beimischbar ist.

[0009] Es kann vorgesehen sein, dass der Expander und der Hochdruckkompressor in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind und eine Einheit bilden, die auch als "Expander-Kompressor-Einheit" bezeichnet wird. Durch die Anordnung in einem einzigen Gehäuse wird eine platzsparende Bauart ermöglicht, bei der der Expander und der Hochdruckkompressor mechanisch direkt, insbesondere druckdicht miteinander verbindbar sind.

[0010] Ein Hubraumverhältnis zwischen dem Expander und dem Hochdruckkompressor soll vorzugsweise zwischen 0,5 und 0,75 liegen, um einen optimalen Verlauf des Kaltdampfprozesses zu gewährleisten. Besonders vorzugsweise beträgt das Hubraumverhältnis 0,6. Grundsätzlich sind niedrigere Werte für hohe Rückkühltemperaturen am Austritt des Hochdruckwärmeübertra-

gers sinnvoll anzuwenden.

[0011] Alternativ oder zusätzlich können Arbeitsräume des Expanders über einen Hauptschieber und einen Hilfsschieber steuerbar sein. Der Hauptschieber und der Hilfsschieber sind hierbei mittig zwischen den üblicherweise innenliegenden, also einander zugewandten Arbeitsräumen des Expanders angeordnet.

[0012] Vorzugsweise sind der Hauptschieber und bzw. oder der Hilfsschieber als Flachschieber ausgeführt, um eine einfache und besonders dichte Funktionsweise bei nur geringem Platzbedarf zu gewährleisten.

[0013] Es kann auch vorgesehen sein, dass der Hilfsschieber von Arbeitskolben durch zwei Stifte bewegbar ist.

[0014] Typischerweise ist eine Kolbenstange, die die Arbeitskolben auf Abstand hält, lösbar mit den Arbeitskolben verbunden, also nicht fest mit diesen verbunden. Dies ist fertigungstechnisch einfach und dennoch funktional, da die innenliegende Kolbenstange nur Druckkräfte erfährt und somit nicht fest mit dem oder den Kolben verbunden sein muss. Hierdurch können geringe Fluchtungsfehler von Gehäuseteilen akzeptiert werden und die Fertigung wird erleichtert. In gleicher Weise kann auch eine aus dem Hauptschieber, einer Schieberstange und einem Schieberkolben bestehende Hauptschiebereinheit aufgebaut sein. Ebenso kann in gleicher Weise auch eine aus dem Hilfsschieber und den Stiften bestehende Hilfsschiebereinheit aufgebaut sein.

[0015] Es kann vorgesehen sein, den Expander mehrstufig auszuführen, worunter insbesondere auch mehrere hintereinander geschaltete Expander verstanden werden sollen, die in mehreren Stufen eine Expansion durchführen, wobei sich eine ältere Bauart nach DE 102 42 271 B3 ohne Frequenzsteuerung anbietet.

[0016] Es können bei der beschriebenen Vorrichtung vier Druckniveaus auftreten, die typischerweise die nachfolgend beschriebenen Wertebereiche einnehmen: ein Hochdruckniveau zwischen 50 bar und 100 bar, ein Mitteldruckniveau zwischen 40 bar und 65 bar, ein Sammlerdruckniveau zwischen 30 bar und 35 bar sowie ein Verdampferdruckniveau zwischen 25 bar und 30 bar.

[0017] Ein Verfahren zum Durchführen eines Kaltdampfprozesses weist einen Verfahrensschritt auf, in dem ein Massestrom eines als Kältemittel dienenden Fluids, der sich auf Verdampferdruckniveau befindet, durch einen motorbetriebenen Hauptkompressor auf Hochdruckniveau komprimiert wird. Dieser Massestrom des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, wird in einem Hochdruckwärmeübertrager gekühlt, wobei eine Dichte erhöht wird und eine Temperatur des Fluids verringert wird. Das von dem Hochdruckwärmeübertrager kommende Fluid wird in einem Expander arbeitsleistend auf Verdampferdruckniveau entspannt, wobei der Expander mechanisch direkt mit einem Hochdruckkompressor verbunden ist. Das von dem Expander kommende Fluid wird in einen Verdampfer geführt und nimmt dort Wärme auf, so dass die Dichte des Fluids abnimmt und die Temperatur des von dem Expander kommenden

Massestroms des Fluids, der sich auf Verdampferdruckniveau befindet, zunimmt. Nach dem Hochdruckwärmeübertrager und vor dem Expander wird das Fluid durch einen Unterkühler geführt, wobei zwischen dem Unterkühler und vor dem Expander ein Teil des Fluids aus dem auf Hochdruckniveau befindlichen Massestrom abgezweigt sowie mittels eines Hochdruckregelventils auf Mitteldruckniveau entspannt wird. Nachfolgend wird das Fluid im Gegenstrom zu dem durch den Unterkühler geführten Massestrom, der sich auf Hochdruckniveau befindet, auf Mitteldruckniveau durch den Unterkühler geführt, wobei es Wärme aufnimmt und der Massestrom, der sich auf Hochdruckniveau befindet, unterkühlt wird. Nach dem Durchlaufen des Unterkühlers gelangt das Fluid im abgezweigten Mitteldruckmassestrom zu dem Hochdruckkompressor, der ausschließlich das im Gegenstrom geführte Fluid von Mitteldruckniveau auf Hochdruckniveau verdichtet und vor dem Hochdruckwärmeübertrager dem von dem motorbetriebenen Hauptkompressor kommenden Massestrom beimischt.

[0018] Es kann vorgesehen sein, dass das Fluid nach dem Expander in einen Sammler geführt wird, in dem eine Flüssigphase des Fluids von einer Dampfphase des Fluids getrennt wird. Die Flüssigphase wird über ein Einspritzventil auf Verdampferdruck entspannt. Die Dampfphase des Fluids wird über ein Druckhalteventil entspannt und nach dem Verdampfer in den von dem Verdampfer kommenden Massestrom des Fluids beige mischt.

[0019] Als Fluid, das in diesem Zusammenhang auch als Kältemittel bezeichnet wird, kann Kohlendioxid, CO_2 , verwendet werden, da Kohlendioxid nicht explosiv und nicht brennbar, aber thermisch stabil ist. Als Kälteträger zählen zu seinen Vorteilen ein geringes spezifisches Volumen und ein hoher Wärmeübergangskoeffizient sowie niedrige Druckverluste bei einer Strömung durch Wärmeübertrager.

[0020] Das beschriebene Verfahren kann mit der beschriebenen Vorrichtung durchgeführt werden bzw. die beschriebene Vorrichtung ist zum Durchführen des beschriebenen Verfahrens eingerichtet.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 12 erläutert.

[0022] Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Prozessführung eines Kaltdampfprozesses und
- Fig. 2 eine Figur 1 entsprechende schematische Ansicht der Prozessführung ohne einen Sammler;
- Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer Expander-Kompressor-Einheit;
- Fig. 4 eine seitliche Ansicht einer Kolbenstange samt Arbeitskolben;
- Fig. 5 eine Schnittansicht durch ein Ende der Expander-Kompressoreinheit;
- Fig. 6 eine Schnittansicht eines Mittelteils der in Fi-

- gur 3 gezeigten Expander-Kompressor-Einheit;
- Fig. 7 eine Figur 4 entsprechende seitliche Ansicht des Hauptschiebers samt Schieberstange und Kolben;
- Fig. 8 eine vergrößerte Ansicht des Hilfsschiebers samt Stiften;
- Fig. 9 eine Figur 4 entsprechende Ansicht eines Hilfsschiebers samt Stiften;
- Fig. 10 eine Draufsicht auf einen Dichtungsrahmen samt O-Ringen;
- Fig. 11 eine vergrößerte Ansicht des Hauptschiebers in Draufsicht und
- Fig. 12 eine Draufsicht auf einen weiteren Dichtungsrahmen samt O-Ring.

[0023] Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Prozessführung eines Kaldampfprozesses. Im unteren Teil von Figur 1 ist ein Niederdruckkreis dargestellt, bei dem von einem Sammler S kommend durch ein Einspritzventil TV ein Fluid, im dargestellten Ausführungsbeispiel Kohlendioxid, durch einen Verdampfer V zu einem motorbetriebenen Hauptkompressor C1 gelangt. Das von dem Hauptkompressor C1 verdichtete Fluid mischt sich mit einem von einem Hochdruckkompressor C2 verdichteten Mitteldruckmassenstrom des Fluids vor dem Hochdruckwärmeübertrager H, in dem ein höherer Druck als in dem Sammler S eingehalten ist. Von dem Hochdruckwärmeübertrager H gelangt das Fluid über einen Unterkühler U und den Expander E wieder in den Sammler S.

[0024] Bei der dargestellten Prozessführung wird jedoch ein separater Mitteldruckmassenstrom durch den von dem Expander E direkt angetriebenen Hochdruckkompressor C2 verdichtet, bevor er in den Hochdruckwärmeübertrager H gelangt. Der Hochdruckkompressor C2 verdichtet nur diesen Mitteldruckmassenstrom, also kein Fluid, das außerhalb des Mitteldruckmassenstroms geführt ist. Nach dem Hochdruckwärmeübertrager H, der auch als Gaskühler bzw. Kondensator bezeichnet wird, wird das gerade aus dem Hochdruckwärmeübertrager H und in einen zwischen dem Hochdruckwärmeübertrager H und dem Expander E liegenden Unterkühler U strömende Fluid nach Durchlaufen des Unterkühlers U aufgeteilt. Ein kleinerer Teil, typischerweise zwischen 15 Prozent und 30 Prozent wird in einer Drossel TH, die auch als Hochdruckregelventil bezeichnet wird, drosselentspannt. Anschließend nimmt das abgezweigte Fluid im Unterkühler U im Gegenstrom Wärme auf und gelangt zu dem Hochdruckkompressor C2. Dadurch wird der Hochdruckmassenstrom des Fluids zusätzlich unterkühlt. Die Exergie der Expansion wird somit zur zusätzlichen Unterkühlung bei Hochdruck genutzt. Schließlich wird der durch den Hochdruckkompressor C2 wieder auf Hochdruck verdichtete Mitteldruckmassenstrom vor dem Hochdruckwärmeübertrager H dem vom Hauptkompressor C1 kommenden Fluid zugemischt. Durch die Abzweigung des Hochdruckregelventils TH direkt vor dem Ex-

pander E reduziert es außerdem ungewollte Pulsationen im "Flüssigkeitsteil" auf Hochdruckniveau und hat im Vergleich zur bekannten Abzweigung zwischen dem Hochdruckwärmeübertrager H und dem Unterkühler U weiterhin energetische Vorteile in manchen Betriebspunkten.

[0025] Eine Druckdifferenz und ein Saugvolumenstrom können sich hierbei nach der Erfindung am Hochdruckkompressor C2 entsprechend einem Angebot auf der Expanderseite frei einstellen. Wird das Hochdruckregelventil bzw. die Drossel TH geschlossen, steigt dessen Druckdifferenz solange, bis die skizzierte Expander-Kompressor-Einheit stehenbleibt und kein Expandermassenstrom mehr vorhanden ist. Die Folge ist ein steigender Hochdruck. Wird das Hochdruckregelventil TH nun langsam geöffnet, steigt der Mitteldruck wieder, bis der Expander E läuft und der gewünschte Expandermassenstrom, Hochdruck und Expandereintrittstemperatur sich einstellen. Dabei sollte allerdings der Hochdruck nur soweit gesteigert werden, dass eine minimale Temperaturdifferenz an der "heißen Seite" des Unterkühlers U, d. h. hochdruckkompressorseitig, bleibt. Das ist ein weiterer Regelungsgrundsatz. Der Expandermassenstrom wird somit geregelt, ohne ihn einzudrosseln, was einem Exergieverlust gleichkäme.

[0026] Der Sammlerdruck in dem Sammler S wird nur so hoch gewählt, dass eine ausreichende Regelbarkeit des Einspritzventils TV und eines Druckhalteventils TS gewährleistet ist, das in einer zwischen einem Dampfraum des Sammlers S und nach dem Verdampfer V sowie vor dem Hauptkompressor C1 angeschlossenen Leitung angeordnet ist. Bei einem konstanten Verdampferdruck erlaubt dies einen konstant niedrigen Sammlerdruck, unabhängig vom Hochdruck.

[0027] Mit der in dem in Figur 1 in einem Ausführungsbeispiel dargestellten Vorrichtung bzw. einem entsprechenden Verfahren kann eine Leistungszahl bei -10 °C Verdampfungstemperatur und 20 °C Umgebungstemperatur um ca. 15 Prozent gegenüber einem einfachen Kaldampfprozess, bei dem lediglich ein Kompressor, ein Hochdruckgaskühler bzw. Kondensator, ein Drosselventil, ein Sammler und ein Verdampfer in bekannter Weise Verwendung finden, gesteigert werden. Der Hochdruck bleibt hierbei bei vergleichbaren Werten. Um eine noch größere Steigerung zu erhalten, können noch weitere Exergieverluste durch eine zweistufige Verdichtung mit Zwischenkühlung verringert werden, wobei eine restliche Prozessführung bzw. der restliche Aufbau gleich bleibt.

[0028] Außerdem ist es möglich, den Expander E mehrstufig auszuführen, d. h. die Expansion des Fluids in mehreren Stufen ablaufen zu lassen. Hierfür können beispielsweise mehrere einzelne Expander E hintereinander angeordnet werden. Dafür bietet sich die bekannte Konstruktion aus DE 102 42 271 B3 ohne Frequenzsteuerung an.

[0029] Figur 2 zeigt in einer Figur 1 entsprechenden Ansicht die beschriebene Prozessführung ohne den Sammler S. Wiederkehrende Merkmale sind in dieser Figur wie auch in den folgenden Figuren mit identischen

Bezugszeichen versehen. Der Expander E führt das Fluid somit direkt zu dem Verdampfer V, ohne dass das Fluid zuvor den Sammler S passiert. Dementsprechend sind auch das Einspritzventil TV und das Druckhalteventil TS obsolet.

[0030] Figur 3 zeigt in einer seitlichen Ansicht einen Querschnitt durch eine Expander-Kompressor-Einheit aus dem Expander E und dem Hochdruckkompressor C2, die in einem gemeinsamen Gehäuse 10 angeordnet sind und somit die Expander-Kompressor-Einheit bilden. Zwei Kolben 1 und 2 werden über eine Kolbenstange 3 auf Abstand gehalten und durch einen Mittelteil 4 der Einheit räumlich voneinander getrennt. Hierdurch bilden sich mehrere Arbeitsräume, von denen im dargestellten Beispiel allerdings nur die Arbeitsräume 5.1 und 6.2 bei maximalem Arbeitsraum zu sehen sind. Der Arbeitsraum 5.1 sowie der Arbeitsraum 5.2 ist jeweils einer von zwei Expanderarbeitsräumen, während der Arbeitsraum 6.1 und 6.2 jeweils einer von zwei Kompressorarbeitsräumen ist. Als optimales Hubvolumenverhältnis der dargestellten Einheit hat sich ein Wert zwischen 0,5 und 0,75 herausgestellt.

[0031] Im dargestellten Ausführungsbeispiel werden die innenliegenden Expanderarbeitsräume 5.1 und 5.2 über einen im Mittelteil 4 angeordnete Hilfsschieber 9 bzw. einen Hauptschieber 8 gesteuert. Dabei wird der Hilfsschieber 9 direkt von den Arbeitskolben 1 und 2 durch Stifte 7 bewegt. Der Hilfsschieber 9 wechselt anschließend eine Druckbeaufschlagung auf den Hauptschieber 8, der sich dadurch bewegt und eine Zu- 5 strömöffnung und eine Abströmöffnung für die Arbeitsräume 5.1 und 5.2 des Expanders E durch Öffnen und Schließen steuert. Der Hauptschieber 8 und der Hilfsschieber 9 sind dabei in vorteilhafter Weise als Flachschieber ausgestal- 10 tet.

[0032] In den Kompressorarbeitsräumen 6.1 und 6.2 sind einfache Kugelventile angeordnet. Da die Kolbenstange 3 im dargestellten Ausführungsbeispiel nur Druckkräfte erfährt, ist die Kolbenstange 3 nicht fest, sondern lösbar mit den Kolben 1 und 2 verbunden, indem die Kolben 1 und 2 auf die Kolbenstange 3 nur stirnseitig oder flächig berühren. Dies ist in Figur 4 in einer seitlichen Darstellung gezeigt, bei der die Arbeitskolben 1 und 2 von der Kolbenstange 3 getrennt sind. In weiteren Aus- 40 führungsbeispielen kann aber natürlich auch eine feste Verbindung vorliegen. Die dargestellte Konstruktion erlaubt somit auch eine Verwendung von O-Ringen an sonst schwierig abzudichtenden Stellen.

[0033] Figur 5 stellt eine Schnittansicht entlang der Linie B-B von Figur 3 durch ein Endstück der Expander-Kompressor-Einheit dar. Ein als Kugelventil ausgestal- 50 tetes Kompressorventil ist mit einem oberen Anschluss hochdruckseitig und mit seinem unteren Anschluss mit dem Mitteldruckniveau des Unterkühlers U verbunden.

[0034] In Figur 6 ist eine Schnittansicht des Mittelteils 4 der in Figur 3 gezeigten Expander-Kompressor-Einheit entlang der Linie A-A dargestellt. Ein oberer Anschluss führt das Fluid vom Hochdruckniveau des Unterkühlers 55

U, während der untere Anschluss zum Sammler S führt. Der Hauptschieber 8 ist über eine Schieberstange 11 mit einem Schieberkolben 12 verbunden, wobei diese Verbindung lösbar ist. Dies ist in einer seitlichen Ansicht in Figur 7 auch dargestellt, bei der der Hauptschieber 8, die Schieberstange 11 und der Schieberkolben 12 als separate und voneinander getrennte Bauteile dargestellt sind.

[0035] Der Hilfsschieber 9 samt den zu seiner Betätigung durch die Arbeitskolben 1 und 2 eingesetzten Stiften 7 ist in Figur 8 entlang einer Linie D-D aus Figur 3 gezeigt. Figur 9 zeigt in einer Figur 4 entsprechenden Ansicht den Hilfsschieber 9 und die beiden Stifte 7 in getrennter Weise, durch die der Hilfsschieber 9 bewegt werden kann.

[0036] Figur 10 zeigt in Draufsicht einen Dichtungsrahmen 13 mit zwei O-Ringen 14 und 15 für den Hilfsschieber 9, die bei einem Einbau in Durchbrüchen des Dichtungsrahmens 13 angeordnet werden. In Figur 11 ist der Hauptschieber 8 samt Schieberstange 11 und Schieberkolben 12 in Draufsicht entlang der Linie C-C aus Figur 3 dargestellt. In gleicher Weise wie Figur 10 zeigt Figur 12 einen weiteren Dichtungsrahmen 16 mit O-Ring 17 für den Hauptschieber 8. Die beschriebene Konstruktion erlaubt gerade die Verwendung von O-Ringen an schwierig abzudichtenden Flächen (nämlich um den Hauptschieber 8 und den Hilfsschieber 9), so dass ein Taschenfräsen durch entsprechende Stützrahmen vermieden wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Durchführen eines Kaltdampfprozesses mit

einem motorbetriebenen Hauptkompressor (Cl), der eingerichtet ist, einen Massestrom eines als Kältemittel dienenden Fluids, der sich auf Verdampferdruckniveau befindet, anzusaugen und diesen Massestrom auf Hochdruckniveau zu komprimieren,
einem Hochdruckwärmeübertrager (H), der eingerichtet ist, den Massestrom des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, zu kühlen, eine Dichte zu erhöhen und eine Temperatur des Fluids zu verringern,
einem Expander (E), der eingerichtet ist, den von dem Hochdruckwärmeübertrager (H) kommenden Massestrom des Fluids arbeitsleistend auf Verdampferdruckniveau zu entspannen,
einem Verdampfer (V), der eingerichtet ist, Wärme aufzunehmen, so dass die Dichte des Fluids beim Durchlaufen des Verdampfers (V) abnimmt und die Temperatur des von dem Expander (E) kommenden Massestroms, der sich auf Verdampferdruckniveau befindet, und des durch den Verdampfer (V) geführten Fluids steigen,

- einem dem Hochdruckwärmeübertrager (H) nachgeschalteten und dem Expander (E) vorgeschalteten Unterkühler (U), wobei Fluid auf Mitteldruckniveau im Gegenstrom im Unterkühler (U) Wärme aufnimmt und hierbei den den Unterkühler durchströmenden Massestrom, der sich auf Hochdruckniveau befindet, unterkühlt, einem Hochdruckkompressor (C2), der eingerichtet ist, den im Gegenstrom zu dem den Unterkühler (U) durchlaufenden und auf Hochdruck befindlichen Massestrom des Fluids geführten Massestrom, der sich auf Mitteldruckniveau befindet, zu verdichten und vor dem Hochdruckwärmeübertrager (H) dem von dem motorbetriebenen Hauptkompressor (C1) kommenden Massestrom beizumischen, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Unterkühler (U) und vor dem Expander (E) der im Gegenstrom durch den Unterkühler (U) geführte Teil des Massestroms des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, abzweigbar und mittels eines Hochdruckregelventils (TH) auf Mitteldruckniveau entspannbar ist, dass der Hochdruckkompressor (C2) mit dem Expander (E) mechanisch direkt verbunden ist, um ausschließlich den vor dem Expander (E) abgezweigten Massestrom zu verdichten, und dass mittels des Hochdruckregelventils (TH) ein Expandermassestrom regelbar ist, wobei sich am Hochdruckkompressor (C2) eine Druckdifferenz und ein Saugvolumen entsprechend einem Angebot auf der Expanderseite dadurch frei einstellen können, dass bei einem Schließen des Hochdruckregelventils (TH) dessen Druckdifferenz so lange steigt, bis die Einheit aus dem Expander (E) und dem mechanisch direkt verbundenen Kompressor (C2) stehenbleibt, so dass kein Expandermassestrom mehr vorhanden ist und in Folge davon der Hochdruck steigt, und dass bei einem Öffnen des Hochdruckregelventils (TH) der Mitteldruck ansteigt bis der Expander € läuft und der gewünschte Expandermassestrom, Hochdruck und Expandereintrittstemperatur sich einstellen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Expander (E) ein Sammler (S) angeordnet und eingerichtet ist, eine Flüssigphase des Fluids und eine Dampfphase des Fluids zu trennen, wobei die Flüssigphase speicherbar, über ein Einspritzventil (TV) auf Verdampfendruck entspannbar und die Dampfphase des Fluids über ein Druckhalteventil (TS) entspannbar ist, wobei die entspannte Flüssigphase dem Verdampfer (V) zuführbar und die entspannte Dampfphase nach dem Verdampfer (V) in den von dem Verdampfer kommenden Massestrom des Fluids beimischbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Expander (E) und der Hochdruckkompressor (C2) in einem gemeinsamen Gehäuse (10) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Hubvolumenverhältnis zwischen dem Expander (E) und dem Hochdruckkompressor (C2) zwischen 0,5 und 0,75 eingehalten ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Arbeitsräume (5.1, 5.2) des Expanders (E) über einen Hauptschieber (8) und einen Hilfsschieber (9) steuerbar sind, die mittig zwischen den Arbeitsräumen (5.1, 5.2) angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hauptschieber (8) und/oder der Hilfsschieber (9) als Flachschieber ausgeführt ist/sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hilfsschieber (9) von Arbeitskolben (1, 2) durch mindestens zwei Stifte (7) bewegbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kolbenstange (3) lösbar mit den Arbeitskolben (1, 2) verbunden ist.
9. Verfahren zum Durchführen eines Kaltdampfprozesses, bei dem
- ein Massestrom eines als Kältemittel dienenden Fluids, der sich auf Verdampfendruckniveau befindet, durch einen motorbetriebenen Hauptkompressor (C1) angesaugt und auf Hochdruckniveau komprimiert wird, der Massestrom des Fluids, der sich auf Hochdruckniveau befindet, in einem Hochdruckwärmeübertrager (H) gekühlt wird, wobei eine Dichte erhöht und eine Temperatur des Fluids verringert werden, das Fluid von dem Hochdruckwärmeübertrager (H) kommend in einem Expander (E) arbeitsleistend auf Verdampfendruckniveau entspannt wird, das von dem Expander (E) kommende Fluid in einem Verdampfer (V) geführt wird und Wärme aufnimmt, so dass die Dichte abnimmt und die Temperatur des von dem Expander (E) kommenden Massestroms, der sich auf Verdampfendruckniveau befindet, zunimmt, wobei das Fluid nach dem Hochdruckwärmeübertrager (H) durch einen Unterkühler (U) geführt wird

und ein Teil des Fluids abgezweigt und auf Mitteldruck entspannt wird und im Unterkühler (U) im Gegenstrom zu dem auf Hochdruckniveau strömenden Massestrom geführt wird, Wärme aufnimmt und hierbei der Massestrom im Unterkühler, der sich auf Hochdruckniveau befindet, unterkühlt wird,

und das Fluid auf Mitteldruck nach dem Durchlaufen des Unterkühlers (U) einen Hochdruckkompressor (C2) durchläuft, wobei ausschließlich das im Gegenstrom geführte Fluid durch den Hochdruckkompressor (C2) auf Hochdruckniveau verdichtet wird und vor dem Hochdruckwärmeübertrager (H) dem von dem motorbetriebenen Hauptkompressor (C1) kommenden Massestrom beigemischt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Unterkühler (U) und vor dem Expander (E) der im Gegenstrom durch den Unterkühler (U) geführte Teil des Fluids aus dem durch den Unterkühler (U) geführten Massestrom, der sich auf Hochdruckniveau befindet, abgezweigt sowie mittels eines Hochdruckregelventils (TH) auf Mitteldruckniveau entspannt wird, wobei der Expander (E) mechanisch direkt mit dem Hochdruckkompressor (C2) verbunden ist, um ausschließlich den vor dem Expander (E) abgezweigten Massestrom zu verdichten, so dass mittels des Hochdruckregelventils (TH) ein Expandermassenstrom geregelt wird, wobei sich am Hochdruckkompressor (C2) eine Druckdifferenz und ein Saugvolumen entsprechend einem Angebot auf der Expanderseite dadurch frei einstellen können, dass bei einem Schließen des Hochdruckregelventils (TH) dessen Druckdifferenz so lange steigt, bis die Einheit aus dem Expander (E) und dem mechanisch direkt verbundenen Kompressor (C2) stehenbleibt, so dass kein Expandermassenstrom mehr vorhanden ist und in Folge davon der Hochdruck steigt und dass bei einem Öffnen des Hochdruckregelventils (TH) der Mitteldruck ansteigt bis der Expander (E) läuft und der gewünschte Expandermassenstrom, Hochdruck und Expandereintrittstemperatur sich einstellen.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid nach dem Expander (E) in einen Sammler (S) geführt wird, in dem eine Flüssigphase des Fluids von einer Dampfphase des Fluids getrennt wird und die Flüssigphase über ein Einspritzventil (TV) auf Verdampfendruck sowie die Dampfphase des Fluids über ein Druckhalteventil (TS) entspannt wird und nach dem Verdampfer (V) in den von dem Verdampfer (V) kommenden Massestrom des Fluids beigemischt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, **da-**

durch gekennzeichnet, dass als Fluid Kohlendioxid verwendet wird.

5 Claims

1. Apparatus for carrying out a vapour refrigeration process comprising

10 a motor-operated main compressor (C1) which is equipped to suck in a mass flow of a fluid which serves as a refrigerant and is at evaporating pressure level and to compress this mass flow to a high pressure level,

15 a high pressure heat exchanger (H) which is equipped to cool the mass flow of the fluid that is at a high pressure level, to increase a density and to reduce a temperature of the fluid,

20 an expander (E) which is equipped to expand the mass flow of the fluid coming from the high pressure heat exchanger (H) to the evaporating pressure level in work-performing manner,

25 an evaporator (V) which is equipped to absorb heat so that the density of the fluid when going through the evaporator (V) decreases and the temperature of the mass flow coming from the expander (E) at evaporating pressure level and the temperature of the fluid being fed through the evaporator (V) increase,

30 a subcooler (U) which is connected downstream of the high pressure heat exchanger (H) and upstream of the expander (E),

35 wherein fluid at intermediate pressure level in the counter-flow in the subcooler (U) absorbs heat and thereby subcools the mass flow flowing through the subcooler which is at high pressure level,

40 a high pressure compressor (C2), which is equipped to compress the mass flow which is at intermediate pressure level and which is guided counter to the mass flow of the fluid at high pressure level flowing through the subcooler (U) and to mix it before the high pressure heat exchanger (H) with the mass flow coming from the motor-operated main compressor (C1), **characterized in that** after the subcooler (U) and before the expander (E) the part of the mass flow of the fluid, which is at high pressure level, guided in counter-flow through the subcooler (U) is arranged to be branched off and to be expanded by means of a high pressure regulating valve (TH) to an intermediate pressure level, **in that** the high pressure compressor (C2) is mechanically connected directly to the expander (E) to compress exclusively the mass flow branched off before the expander (E), and **in that** by means of the high pressure regulating valve (TH) an expander mass flow is arranged to be

- regulated, wherein there can be freely set at the high pressure compressor (C2) a pressure difference and an intake volume corresponding to a supply on the expander side, **in that** upon closure of the high pressure regulating valve (TH) its pressure difference rises until the unit of the expander (E) and the mechanically directly connected compressor (C2) stops, so that there is no longer an expander mass flow and as a result thereof the high pressure rises, and **in that** upon opening of the high pressure regulating valve (TH) the intermediate pressure rises until the expander (E) is operating and the desired expander mass flow, high pressure and expander intake temperature are set.
2. An apparatus in accordance with Claim 1, **characterized in that**, after the expander (E), there is arranged an accumulator (S) which is equipped to separate a liquid phase of the fluid and a vapour phase of the fluid, wherein the liquid phase is storable, expandable to the pressure of evaporation by an injector valve (TV) and the vapour phase of the fluid is expandable by a pressure retaining valve (TS), wherein the expanded liquid phase is arranged to be supplied to the evaporator (V) and the expanded vapour phase is mixable after the evaporator (V) into the mass flow of the fluid coming from the evaporator.
 3. An apparatus in accordance with Claim 1 or Claim 2, **characterized in that** the expander (E) and the high pressure compressor (C2) are arranged in a common housing (10).
 4. An apparatus in accordance with any of the preceding Claims, **characterized in that** a piston displacement ratio between the expander (E) and the high pressure compressor (C2) is maintained between 0.5 and 0.75.
 5. An apparatus in accordance with any of the preceding Claims, **characterized in that** work spaces (5.1, 5.2) of the expander (E) are controllable by a main slide valve (8) and an auxiliary slide valve (9) which are arranged centrally between the work spaces (5.1, 5.2).
 6. An apparatus in accordance with Claim 5, **characterized in that** the main slide valve (8) and/or the auxiliary slide valve (9) is/are in the form of flat slide valves.
 7. An apparatus in accordance with Claim 5 or Claim 6, **characterized in that** the auxiliary slide valve (9) is movable by working pistons (1, 2) by means of at least two pins (7).
 8. An apparatus in accordance Claim 7, **characterized**

in that a piston rod (3) is connected to the working pistons (1, 2) in releasable manner.

9. Method for carrying out a vapour refrigeration process, in which

a mass flow of a fluid which is at evaporating pressure level and serves as a refrigerant is sucked in by a motor-operated main compressor (C1) and compressed to a high pressure level, the mass flow of the fluid which is at a high pressure level is cooled in a high pressure heat exchanger (H), whereby a density is increased and a temperature of the fluid is reduced,

the fluid coming from the high pressure heat exchanger (H) is expanded in an expander (E) in work-performing manner to evaporating pressure level, the fluid coming from the expander (E) is guided in an evaporator (V) and absorbs heat, so that the density reduces and there increases the temperature of the mass flow coming from the expander (E) which is at evaporator pressure level,

wherein the fluid after the high pressure head exchanger (H) is guided through a subcooler (U) and a part of the fluid is branched off and expanded to intermediate pressure level and is guided in the subcooler (U) in counter-flow to the mass flow flowing at high pressure level, absorbs heat and thereby the mass flow in the subcooler, which is at high pressure level, is subcooled,

and which fluid, at intermediate pressure after flowing through the subcooler (U) goes through a high-pressure compressor (C2), whereby exclusively the fluid guided in counter-flow is compressed to high pressure level by the high pressure compressor (C2) and before the high pressure heat exchanger (H) is mixed with the mass flow coming from the motor-operated main compressor (C1),

characterized in that between the subcooler (U) and before the expander (E) the part of the fluid guided in the counter-flow through the subcooler (U) is branched off from the mass flow, which is guided through the subcooler (U) and which is at high pressure level, and expanded by means of a high pressure regulating valve (TH) to an intermediate pressure level, wherein the expander (E) is mechanically connected directly to the high pressure compressor (C2), to compress exclusively the mass flow branched off before the expander (E), so that by means of the high pressure regulating valve (TH) an expander mass flow is regulated, whereby at the high pressure compressor (C2) there can be freely set a pressure difference and an intake volume corresponding to a supply on the ex-

pander side, **in that** upon closure of the high pressure regulating valve (TH) its pressure difference rises until the unit of the expander (E) and the mechanically directly connected compressor (62) stops, so that there is no longer an expander mass flow and as a result thereof the high pressure rises and **in that** upon opening of the high pressure regulating valve (TH) the intermediate pressure rises until the expander (E) is operating and the desired expander mass flow high pressure and expander intake temperature are set.

10. A method in accordance with Claim 9, **characterized in that**, after the expander (E), the fluid is fed into an accumulator (S) in which a liquid phase of the fluid is separated from a vapour phase of the fluid and the liquid phase is expanded to the pressure of evaporation by an injector valve (TV) and the vapour phase of the fluid is expanded by a pressure retaining valve (TS) and, after the evaporator (V), is mixed with the mass flow of the fluid coming from the evaporator (V).
11. A method in accordance with Claim 9 or Claim 10, **characterized in that** carbon dioxide is used as the fluid.

Revendications

1. Dispositif de mise en œuvre d'un processus de vaporisation à froid, avec

un compresseur principal à moteur (C1), qui est mis au point pour aspirer un flux massique d'un fluide faisant office d'agent de refroidissement, qui se trouve à un niveau de pression d'évaporation, et pour comprimer ledit flux massique à un niveau de haute pression,

un échangeur de chaleur haute pression (H), qui est mis au point pour refroidir le flux massique du fluide, qui se trouve à niveau de haute pression, pour augmenter la densité et pour réduire la température du fluide,

un détendeur (E), qui est mis au point pour détendre en produisant un travail le flux massique du fluide provenant de l'échangeur de chaleur haute pression (H) à un niveau de pression d'évaporation,

un évaporateur (V), qui est mis au point pour absorber de la chaleur de telle sorte que la densité du fluide diminue lors du passage lorsqu'il traverse l'évaporateur (V), et pour augmenter la température du flux massique provenant du détendeur (E), qui se trouve à un niveau de pression d'évaporation, et du fluide guidé à travers l'évaporateur (V),

un sous-refroidisseur (U) monté en aval de l'échangeur de chaleur haute pression (H) et en amont du détendeur (E),

dans lequel fluide absorbe de la chaleur dans le sous-refroidisseur (U) à contre-courant à un niveau de moyenne pression et sous-refroidit ce faisant le flux massique traversant le sous-refroidisseur, qui se trouve à un niveau de haute pression,

un compresseur haute pression (C2), qui est mis au point pour comprimer le flux massique guidé à contre-courant vers le flux massique du fluide traversant le sous-refroidisseur (U) et se trouvant à haute pression, qui se trouve à un niveau de moyenne pression et pour le mélanger au flux massique provenant du compresseur principal à moteur (C1) en amont de l'échangeur de chaleur haute pression (H),

caractérisé en ce que la partie du flux massique du fluide, guidée à contre-courant à travers le sous-refroidisseur (U), laquelle se trouve à un niveau de haute pression, peut être dérivée en aval du sous-refroidisseur (U) et en amont du détendeur (E) et peut être détendue à un niveau de moyenne pression au moyen d'une soupape de régulation haute pression (TH), que le compresseur haute pression (C2) est directement relié de manière mécanique au détendeur (E) pour comprimer exclusivement le flux massique dérivé en amont du détendeur (E), et qu'un flux massique de détendeur peut être régulé au moyen de la soupape de régulation haute pression (TH), dans lequel une différence de pression et un volume d'aspiration peuvent être réglés sur le compresseur haute pression (C2) de manière à correspondre à une offre sur le côté de détendeur **en ce que** lors d'une fermeture de la soupape de régulation haute pression (TH), sa différence de pression augmente lentement jusqu'à ce que l'unité composée du détendeur (E) et du compresseur (C2) relié directement de manière mécanique s'arrête si bien qu'aucun flux massique de détendeur n'est plus présent ce qui provoque l'augmentation de la haute pression, et que la moyenne pression augmente lors d'une ouverture de la soupape de régulation haute pression (TH) jusqu'à ce que le détendeur (E) fonctionne et le flux massique de détendeur souhaité, la haute pression et la température d'entrée de détendeur soient réglés.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'est** disposé en aval du détendeur (E) un collecteur (S), qui est mis au point pour séparer une phase liquide du fluide et une phase vapeur du fluide, dans lequel la phase liquide peut être stockée, peut être détendue sur la pression d'évaporation par l'intermédiaire d'une soupape d'injection (TV) et la pha-

se vapeur du fluide peut être détendue par l'intermédiaire d'une soupape de maintien de pression (TS), dans lequel la phase liquide détendue peut être amenée à l'évaporateur (V) et la phase vapeur détendue peut être mélangée en aval de l'évaporateur (V) au flux massique provenant de l'évaporateur.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** le détendeur (E) et le compresseur haute pression (C2) sont disposés dans un boîtier (10) commun. 5
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** rapport de cylindrée entre le détendeur (E) et le compresseur haute pression (C2) est maintenu entre 0,5 et 0,75. 10
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des espaces de travail (5.1, 5.2) du détendeur (E) peuvent être commandés par l'intermédiaire d'un coulisseau principal (8) et d'un coulisseau auxiliaire (9), qui sont disposés au centre entre les espaces de travail (5.1, 5.2). 20
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le coulisseau principal (8) et/ou le coulisseau auxiliaire (9) sont réalisés en tant que coulisseaux plats. 25
7. Dispositif selon la revendication 5 ou la revendication 6, **caractérisé en ce que** le coulisseau auxiliaire (9) peut être déplacé par des pistons de travail (1, 2) par au moins deux broches (7). 30
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'une** tige de piston (3) est reliée de manière amovible aux pistons de travail (1, 2). 35
9. Procédé de mise en œuvre d'un processus de vaporisation à froid, dans lequel 40

un flux massique d'un fluide faisant office d'agent de refroidissement, qui se trouve à un niveau de pression d'évaporation, est aspiré par un compresseur principal à moteur (C1) et est comprimé à un niveau de haute pression, le flux massique du fluide, qui se trouve à un niveau de haute pression, est refroidi dans un échangeur de chaleur haute pression (H), dans lequel une densité est augmentée et une température du fluide est diminuée, le fluide provenant de l'échangeur de chaleur haute pression (H) est détendu tout en produisant un travail à un niveau de pression d'évaporation dans un détendeur (E), le fluide provenant du détendeur (E) est guidé dans un évaporateur (V) et absorbe de la cha-

leur de sorte que la densité baisse et la température du flux massique provenant du détendeur (E), qui se trouve à un niveau de pression d'évaporation, augmente, dans lequel le fluide est guidé à travers un sous-refroidisseur (U) en aval de l'échangeur de chaleur haute pression (H), et une partie du fluide est dérivée et est détendue à une moyenne pression et est guidée vers le flux massique s'écoulant à un niveau de haute pression à contre-courant dans le sous-refroidisseur (U), absorbe de la chaleur et le flux massique dans le sous-refroidisseur, qui se trouve à un niveau de haute pression, est sous-refroidi ce faisant, et le fluide détendu à la moyenne pression après avoir traversé le sous-refroidisseur (U) traverse un compresseur haute pression (C2), dans lequel exclusivement le fluide guidé à contre-courant est comprimé à un niveau de haute pression par le compresseur haute pression (C2) et est mélangé au flux massique provenant du compresseur principal à moteur (C1) en amont de l'échangeur de chaleur haute pression (H), **caractérisé en ce qu'entre** le sous-refroidisseur (U) et en amont du détendeur (E), la partie du fluide guidée à contre-courant à travers le sous-refroidisseur (U) est dérivée du flux massique guidé à travers le sous-refroidisseur (U), qui se trouve à un niveau de haute pression et est détendu à un niveau de moyenne pression au moyen d'une soupape de régulation haute pression (TH), dans lequel le détendeur (E) est relié directement de manière mécanique au compresseur haute pression (C2) pour comprimer exclusivement le flux massique dérivé en amont du détendeur (E) de sorte qu'un flux massique de détendeur est régulé au moyen de la soupape de régulation haute pression (TH), et une différence de pression et un volume d'aspiration peuvent être réglés sur le compresseur haute pression (C2) de manière à correspondre à une offre sur le côté de détendeur **en ce que** lors d'une fermeture de la soupape de régulation haute pression (TH), sa différence de pression augmente lentement jusqu'à ce que l'unité composée du détendeur (E) et du compresseur (C2) relié directement de manière mécanique s'arrête de sorte qu'aucun flux massique de détendeur n'est plus présent, ce qui provoque l'augmentation de la haute pression, et que lors d'une ouverture de la soupape de régulation haute pression (TH), la moyenne pression augmente jusqu'à ce que le détendeur (E) fonctionne et que le flux massique de détendeur souhaité, la haute pression et la température d'entrée de détendeur soient réglés.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le fluide est guidé en aval du détendeur (E) dans un collecteur (S), dans lequel une phase liquide du fluide est séparée d'une phase vapeur du fluide et la phase liquide est détendue sur une pression d'évaporation par l'intermédiaire d'une soupape d'injection (TV) et la phase vapeur du fluide est détendue par l'intermédiaire d'une soupape de maintien de pression (TS) et sont mélangées au flux massique du fluide provenant de l'évaporateur (V) en aval de l'évaporateur (V). 5 10
11. Procédé selon la revendication 9 ou la revendication 10, **caractérisé en ce que** du dioxyde de carbone est utilisé en tant que fluide. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

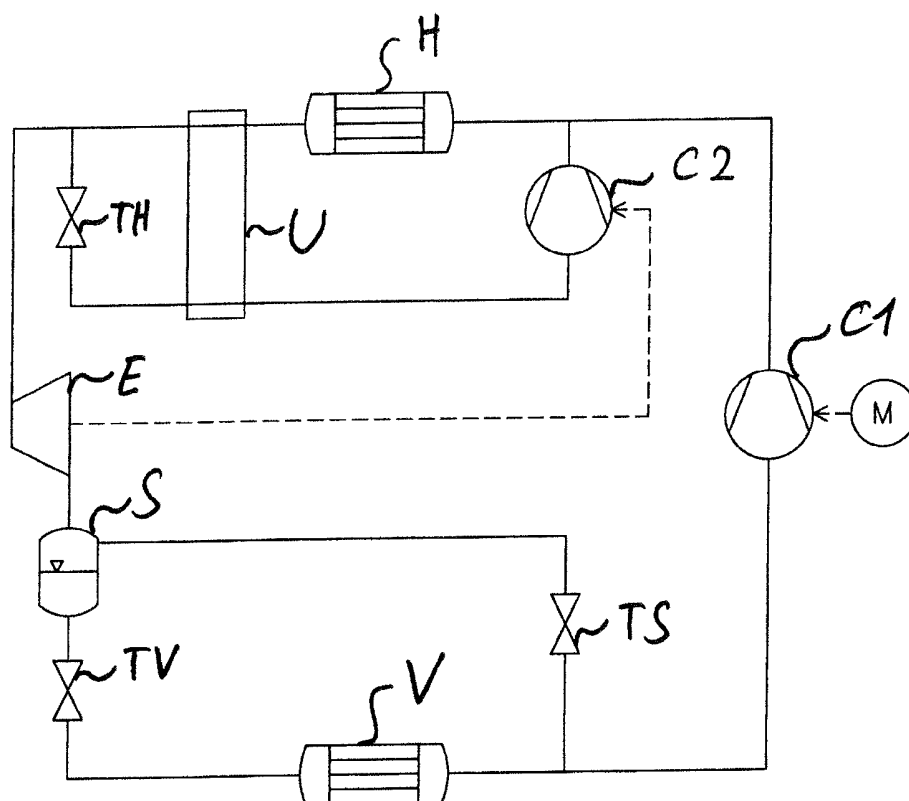


Fig. 1

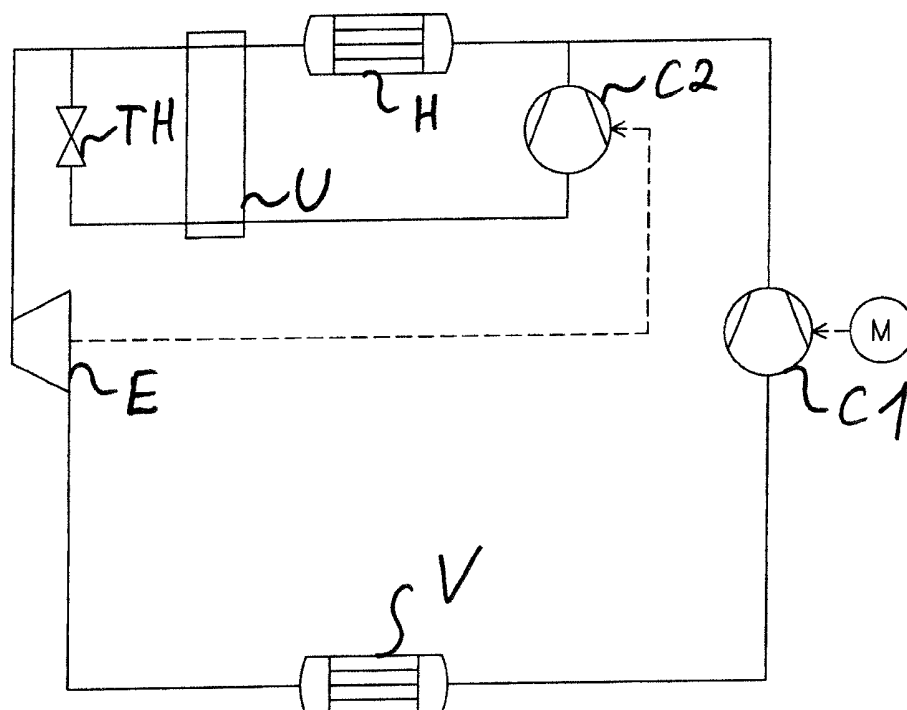


Fig. 2

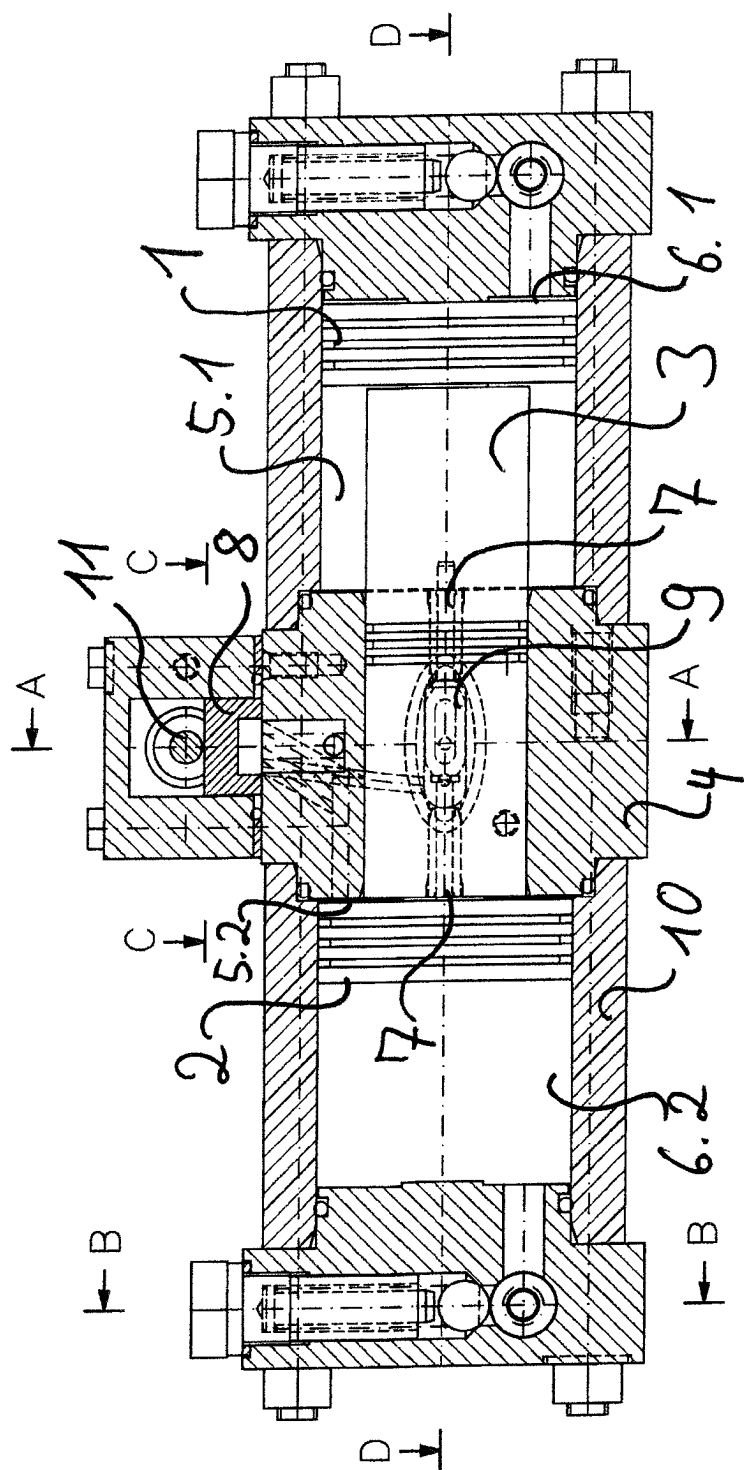


Fig. 3

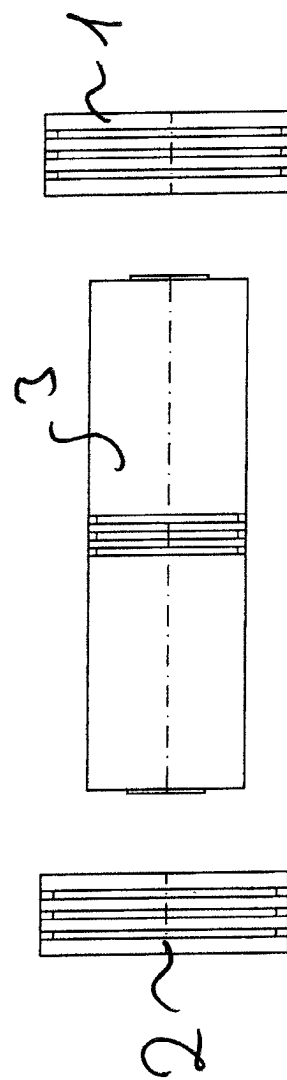


Fig. 4

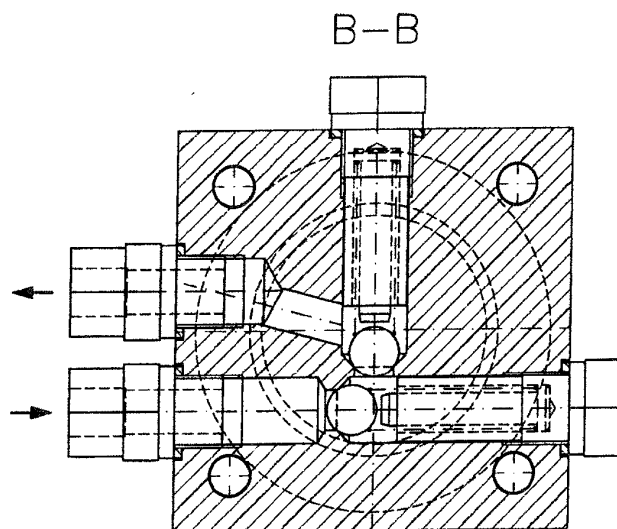


Fig. 5

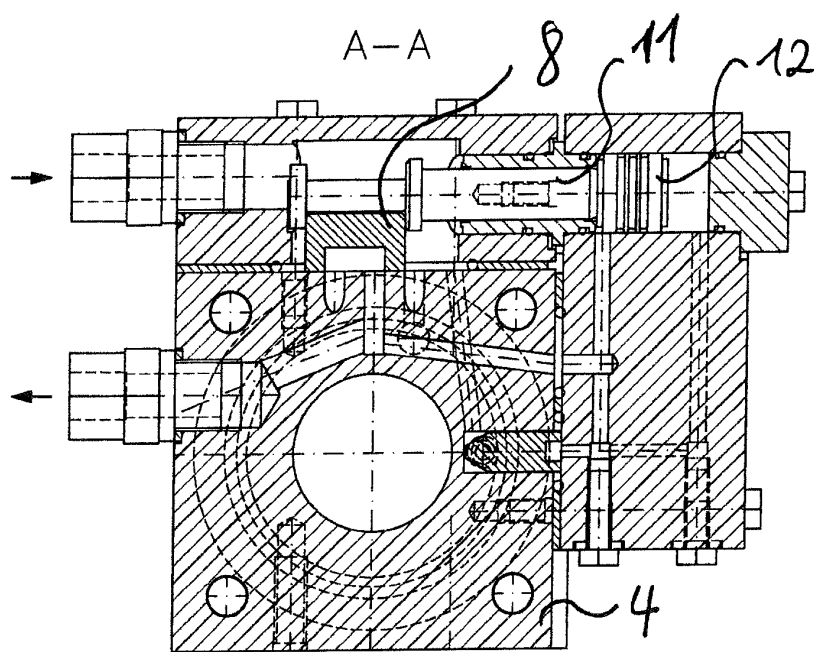


Fig. 6

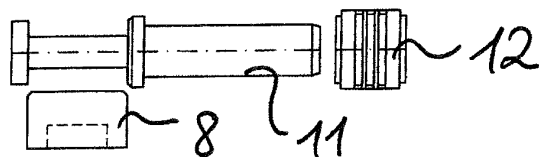


Fig. 7

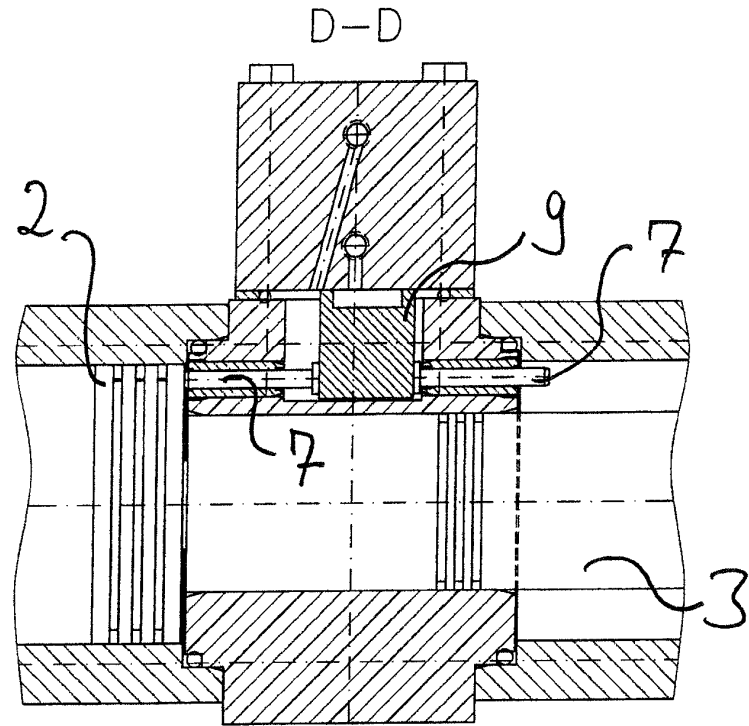


Fig. 8

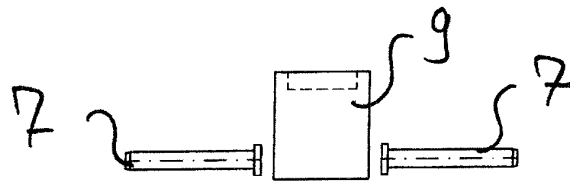


Fig. 9

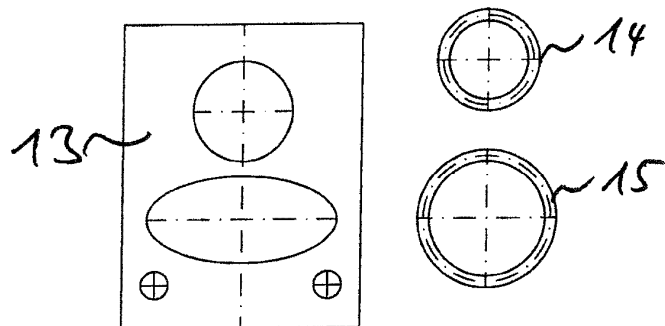


Fig. 10

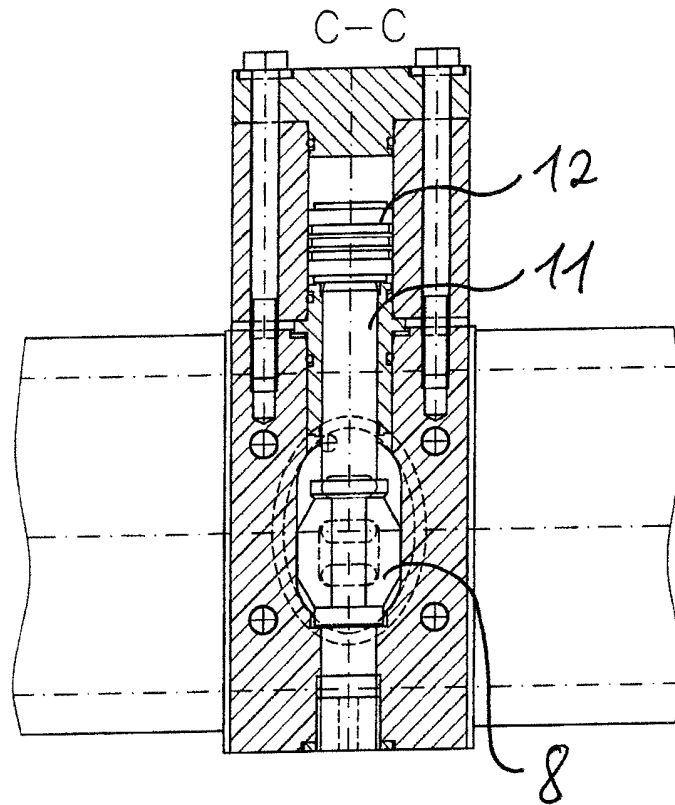


Fig. 11

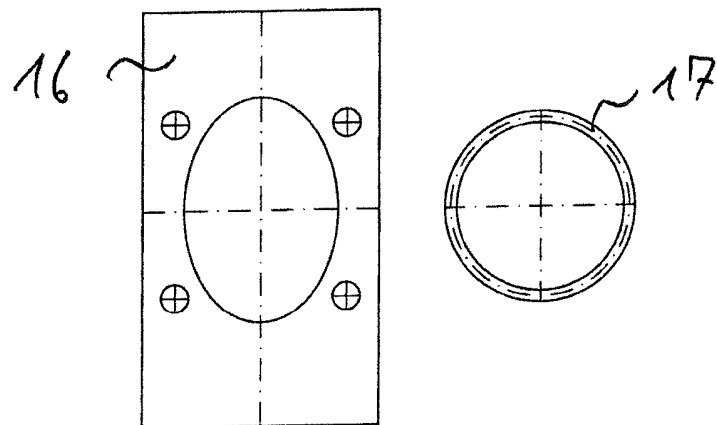


Fig. 12

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10010864 [0002]
- EP 1812759 B1 [0003]
- DE 10242271 B3 [0015] [0028]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **QUACK, H. ; KRAUS, W.E.** Carbon Dioxide as a Refrigerant for Railway Refrigeration and Air Conditioning. *Proceedings of the IIR-Conference New Application of Natural Working Fluids in Refrigeration and Air Conditioning*, 1994, 489-494 [0003]