



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer: **O 021 205**
B1

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **22.02.84**

51 Int. Cl.³: **F 25 B 25/02, F 25 B 29/00**

21 Anmeldenummer: **80103173.3**

22 Anmeldetag: **09.06.80**

54 **Hybrides Kompressions-Absorptionsverfahren für das Betreiben von Wärmepumpen oder Kältemaschinen.**

30 Priorität: **08.06.79 HU PE001086**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.01.81 Patentblatt 81/1

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.02.84 Patentblatt 84/8

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

56 Entgegenhaltungen:
DE - A - 2 538 730
DE - A - 2 617 351
DE - A - 2 624 714
DE - B - 1 125 956
DE - B - 1 241 468
DE - C - 84 084
DE - C - 142 330
DE - C - 386 863
DE - C - 491 065
DE - C - 953 378
FR - A - 537 438

73 Patentinhaber: **ENERGIAGAZDALKODASI INTEZET**
33-34, Bem-rakpart
H-1027 Budapest II (HU)

72 Erfinder: **Hivessy, Géza, Dipl.-Ing.**
Kalap utca 6.
H-1037 Budapest (HU)
Erfinder: **Pecz, Péter, Dipl.-Ing.**
Római körút 31
H-2400 Dunaujváros (HU)

74 Vertreter: **Viering, Hans-Martin, Dipl.-Ing. et al.**
Patentanwälte Viering & Jentschura
Steinsdorfstrasse 6
D-8000 München 22 (DE)

56 Entgegenhaltungen:
FR - A - 983 950
US - A - 2 307 380
US - A - 2 581 558
US - A - 2 952 139

EP O 021 205 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

Hybrides Kompressions-Absorptionsverfahren für das Betreiben von Wärmepumpen oder Kältemaschinen

Die Erfindung betrifft ein hybrides Kompressions-Absorptionsverfahren für das Betreiben von Wärmepumpen oder Kältemaschinen, mit einem Arbeitsmedium aus einem Lösungsmittel und einem darin löslichen Kältemittel, bei welchem in einem ersten Wärmeaustauschvorgang das Kältemittel in dem Lösungsmittel unter Wärmeentzug gelöst wird und nach Expansion des als Flüssigkeitsphase aus dem Lösungsmittel und dem darin gelösten Kältemittel aus dem ersten Wärmeaustauschvorgang abgeführten Arbeitsmedium diesem in einem zweiten Wärmeaustauschvorgang Wärme zugeführt wird und dadurch das in dem Lösungsmittel gelöste Kältemittel wenigstens teilweise als Dampfphase ausgetrieben wird, und in einem Verdichtungs-
vorgang die aus dem zweiten Wärmeaustauschvorgang abgezogene Dampfphase des Arbeitsmediums verdichtet wird, wobei entlang des Weges des Arbeitsmediums durch den zweiten Wärmeaustauschvorgang, vorzugsweise auch durch den ersten Wärmeaustauschvorgang die Konzentration des Kältemittels in der Flüssigkeitsphase des Arbeitsmediums kontinuierlich geändert wird.

Ferner betrifft die Erfindung eine hybride Kältemaschine oder Wärmepumpe zur Durchführung des Verfahrens.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Wärmepumpen und die Erhöhung ihrer Effektivität werden infolge der Energiekrise überall in der Welt mit erhöhter Intensität untersucht. Die Wärmepumpe ist eigentlich eine umgekehrt betriebene Kältemaschine, welche die Energie der Umgebung in einen funktionell geschlossenen Raum überführt.

Die zur Zeit bekannten Kompressions-Wärmepumpen werden meistens mit in der Kältetechnik allgemein verwendeten Kältemitteln betrieben. Der Trend der Forschungen weist ebenfalls in Richtung der Verfeinerung der in der Kältetechnik schon bewährten Methoden bzw. der Anwendung der Methoden für die Wärmepumpen. Einen wesentlichen Durchbruch kann man allerdings von diesem Entwicklungstrend nicht erwarten.

Es gibt auch solche Kühlungsaufgaben, wo ein Medium mit veränderlicher Temperatur (ein sich abkühlendes Medium) gekühlt werden soll und die abgezogene Energie ebenfalls einem Medium mit veränderlicher Temperatur (z.B. Kühlwasser) übergeben werden soll. In solchen Fällen haben die herkömmlichen Kompressions-Kältemaschinen den großen Nachteil, daß man mit den Verdampfungs- und Kondensationstemperaturen der Kältemaschine an der Seite des Wärmeabzuges unter die tiefste Temperatur des abzukühlenden Mediums, und an der Seite der Wärmeabgabe über die höchste Temperatur des wärmeabziehenden Mediums gehen muß, und daß — was damit eng im

Zusammenhang steht — auch die Drücke der Wärmeaustauschgefäße mit einer unnötig großen Abweichung bestimmt werden müssen. So wird der Wert des Druckverhältnisses, das den Betrieb des Verdichters grundsätzlich bestimmt, ziemlich ungünstig. Das gleiche Problem tritt auch bei Wärmepumpen auf.

Es sind auch Kompressionsverfahren bekannt (DE — B — 1 241 468), bei welchem mit einem Gemisch aus zwei Kältemitteln unterschiedlicher Siedepunkte gearbeitet wird, wobei aus dem verdichteten Kältemittel-Dampfgemisch durch partielle Kondensation die höhersiedende Komponente verflüssigt, von der tiefersiedenden dampfförmigen Komponente getrennt und zur Verflüssigung der tiefersiedenden Komponente entspannt und verdampft wird, wohingegen die verflüssigte tiefersiedende Komponente entspannt und verdampft und vor der Verdampfung der entspannten höhersiedenden Komponente wieder mit dieser gemischt wird, wonach die dampfförmige höhersiedende Komponente und die mit dieser gemischte dampfförmige tiefersiedende Komponente gemeinsam wieder verdichtet werden.

Darüberhinaus ist es jedoch auch bereits bekannt, das Absorptionsverfahren und das Kompressionsverfahren miteinander zu kombinieren. Bei einem derartigen bekannten Verfahren (DE — A — 2 538 730) wird ein Kältemittel, wie ein halogenierter Kohlenwasserstoff, welches im Betriebsbereich des Verfahrens kondensiert werden kann, und ein damit verträgliches Lösungsmittel, wie ein Öl, als Arbeitsmedium verwendet, und das Verfahren ist derart geführt, daß nur ein Teil des Kältemittels, z.B. die Hälfte oder weniger, während des Absorptionsvorganges in dem Lösungsmittel gelöst wird. Der restliche Kältemittelanteil wird nach dem Austritt aus dem Absorber, der als überfluteter stehender Röhrenbündel-Wärmeaustauscher mit oben liegendem gemeinsamen Zulauf für die Dampfphase des Kältemittels und das flüssige Lösungsmittel gestaltet ist, von der mit Kältemittel angereicherten Lösung getrennt und in einem Entgaser, der als stehender Röhrenkessel mit unten liegendem Zulauf für die im Absorber mit Kältemittel angereicherte Lösung nach deren Entspannung gestaltet ist, in den Wärmeaustausch mit der reichen Lösung gebracht und dabei teilweise kondensiert, so daß durch die freiwerdende Verdampfungswärme das Kältemittel aus der Lösung ausgetrieben wird. Das ausgetriebene Kältemittel und das flüssige Lösungsmittel werden aus dem oben liegenden Ablauf des Entgasers in einen Verdichter gesaugt, in welchen auch derjenige Teil des Kältemittels, der im Entgaser zum Austreiben des in dem Lösungsmittel absorbierten Kältemittelanteils verwendet wurde, nach voll-

ständiger Kondensierung und sich daran anschließender Verdampfung eingesaugt wird. Bei diesem bekannten Verfahren wird daher der den Kältemitteldampf verdichtende Verdichter zusätzlich zum Hindurchsaugen des Arbeitsmediums durch den Entgaser und zum Pumpen des flüssigen Lösungsmittels zur Hochdruckseite des Absorbers ausgenutzt, so daß eine zusätzliche Lösungsmittelpumpe entfallen kann. Da außerdem als Lösungsmittel ein Öl verwendet wird, wird dieses durch das Hindurchführen auch durch den Verdichter, der z.B. ein Schraubenkompressor ist, zusätzlich zu dessen Schmierung ausgenutzt. Da jedoch bei diesem Verfahren mit Überschuß an Kältemittel gearbeitet wird, ist die Verdichtungsarbeit hoch.

Bei einem anderen bekannten hybriden Kompressions-Absorptionsverfahren (DE—A—2 617 351) der eingangs erwähnten Art wird als Arbeitsmedium z.B. Ammoniak und Wasser verwendet. Das in dem zweiten Wärmeaustauschvorgang aus dem flüssigen Lösungsmittel ausgetriebene Kältemittel wird von dem Lösungsmittel getrennt, die aus dem abgetrennten Kältemittel bestehende Dampfphase wird nach ihrer Verdichtung in den ersten Wärmeaustauschvorgang zurückgeführt, während die aus der abgetrennten, an Kältemittel armen Lösung bestehende Flüssigkeitsphase mittels einer Pumpe über einen inneren Wärmetauscher, in welchem die Flüssigkeitsphase im Gegenstrom zu der aus dem zweiten Wärmeaustauschvorgang abgezogenen, an absorbiertem Kältemittel reichen Lösung vor deren Entspannung von dieser erwärmt wird, in den ersten Wärmeaustauschvorgang zurückgeführt und dort mit dem verdichteten Kältemitteldampf wieder zusammengebracht wird. Dieses bekannte Verfahren zeigt, daß der Wirkungsgrad wesentlich dadurch gesteigert werden kann, wenn sowohl im ersten Wärmeaustauschvorgang für die Absorption des verdichteten Kältemittels in dem Lösungsmittel, wie auch in dem zweiten Wärmeaustauschvorgang für das Austreiben des Kältemittels aus dem Lösungsmittel jeweils das Lösungsmittel im Gegenstrom zu dem in den Wärmeaustauschvorgängen wärmezuführenden bzw. abführenden äußeren Wärmeträgermedium geführt wird. Durch Ausnutzung des Gegenstromprinzips läßt sich nämlich erreichen, daß die Temperatur des Wärmeträgermediums sich über die Wärmeaustauschfläche hin kontinuierlich ändert und dem die Temperatur der Lösung an der anderen Seite der Wärmeaustauschfläche folgt, so daß in der Lösung aus dem Lösungsmittel und dem absorbierten Kältemittel sowohl bei dem Entgasungsvorgang als auch bei dem Absorptionsvorgang ein von deren Beginn bis zu deren Ende kontinuierlich geänderter Gleichgewichtszustand der Lösungskonzentration und Temperatur vorliegt. Dieses Ziel wird bei dem bekannten Verfahren jedoch dadurch beeinträchtigt, daß über den ganzen Flüssigkeitsraum des Absorbers und des Ent-

gasers hin ein Dampfraum für das Kältemittel ausgebildet ist, so daß die Flüssigkeitsphase mit ihren längs des Absorbers bzw. Entgasers unterschiedlichen Temperatur- und Konzentrationszuständen das Gleichgewicht mit der gesamten Gasphase herstellen muß, die über die gesamte Flüssigkeitsphase hin praktisch gleiche Zustandsparameter aufweist.

Auch bei einem anderen bekannten kombinierten Kompressions-Absorptionsverfahren (DE—C—84 084) wird nach der Trennung der Dampfphase von der Flüssigkeitsphase des aus dem Entgaser abgezogenen Arbeitsmediums die Dampfphase verdichtet und mit der Flüssigkeitsphase, nachdem diese in einem inneren Gegenstrom-Wärmetauscher von der aus dem Absorber abgezogenen, an Kältemittel reichen Lösung unter Abkühlung derselben erwärmt wurde, vor dem Eintritt in den Absorber wieder zusammengeführt. Im Entgaser, der auch als Verdampfer verstanden werden kann, wird das Arbeitsmedium durch eine Rohrschlange geführt und entzieht dabei aus einem abzukühlenden Raum Wärme. Derartige Rohrschlangenverdampfer, bei denen durch den Verlauf der Rohrschlange eine Zwangsbahn für das Arbeitsmedium herbeigeführt wird, werden auch als Trocken-Verdampfer im Gegensatz zu Überflutungs-Verdampfern bezeichnet, bei denen die Benetzung der Wärmeaustauschfläche mit der Flüssigkeitsphase gesteigert ist. Da aber bei diesem bekannten Verfahren die Temperatur auf der abzukühlenden wärmeabgebenden Seite des Entgasers über die ganze Länge der Rohrschlange hin praktisch konstant ist, läßt sich zwischen dem Eintritt und Austritt des Entgasers keine deutliche kontinuierliche Temperaturerhöhung und daher Konzentrationsabnahme des Kältemittels im Lösungsmittel entsprechend des vorstehend beschriebenen anderen bekannten Verfahrens (DE—A—2 617 351) erhalten, wo dieses Ziel durch Ausnutzung des Gegenstromprinzips erreicht wird.

Außerdem ist bei den bekannten Verfahren die Überhitzung des Kältemitteldampfes im Verdichter hoch, wodurch das mögliche Druckverhältnis begrenzt ist.

Durch die Erfindung wird die Aufgabe gelöst, ein hybrides Kompressions-Absorptionsverfahren der eingangs erwähnten Art sowie eine hybride Kältemaschine oder Wärmepumpe zur Durchführung des Verfahrens derart zu gestalten, daß unter Vermeidung der genannten Nachteile der bekannten Verfahren ein energetisch höherer Wirkungsgrad erzielbar ist.

Dies wird gemäß der Erfindung bei dem Verfahren dadurch erreicht, daß durch die Wärmezufuhr in dem zweiten Wärmeaustauschvorgang auch das Lösungsmittel teilweise verdampft wird, daß entlang des Weges des Arbeitsmediums durch den zweiten Wärmeaustauschvorgang, vorzugsweise auch durch den ersten Wärmeaustauschvorgang die Konzentration des Kältemittels auch in der Dampf-

phase des Arbeitsmediums gleichzeitig und gemeinsam mit der der Flüssigkeitsphase kontinuierlich geändert wird, und daß dem Verdichtungs Vorgang die Dampfphase und die Flüssigkeitsphase des Arbeitsmediums, die aus dem zweiten Wärmeaustauschvorgang abgezogen werden, gleichzeitig und gemeinsam unterworfen werden.

Zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung wird eine hybride Kältemaschine oder Wärmepumpe mit einem Arbeitsmediumkreislauf bevorzugt, der einen Absorber, einen diesem über ein Expansionsventil nachgeschalteten Entgaser und einen diesem nachgeschalteten mechanischen Verdichter enthält, wobei der Absorber und der Entgaser als derartige Wärmetauscher ausgebildet sind, daß durch ihre Konstruktion zwischen ihrem Eingang und Ausgang eine der Flüssigkeitsphase und der Dampfphase des Arbeitsmediums gemeinsame, durch Leitelemente gebildete Zwangsbahn für das Arbeitsmedium herbeigeführt wird, daß zwischen den Absorber und das Expansionsventil einerseits und zwischen den Entgaser und den Verdichter andererseits ein innerer Gegenstrom-Wärmetauscher geschaltet ist, und daß der Ausgang des Entgasers über den inneren Wärmetauscher an den Verdichter ohne Leitungsverzweigung angeschlossen ist.

Im Sinne der Erfindung ist in einem als Arbeitsmedium ein Arbeitsstoffpaar aus einem Kältemittel und einem Lösungsmittel umwälzenden, mit einem mechanischen Verdichter versehenen System wenigstens der eine der mit der Umgebung einen Wärmeaustausch ermöglichenden Wärmetauscher eine zweckmäßigerweise aus Rohren oder Platten bestehende, so-genannte "trockene" Konstruktion, durch welche entlang der Wärmeaustauschfläche sowohl bezüglich der Flüssigkeitsphase als auch der Dampfphase des Arbeitsmediums zwischen dem Anfangs- und Endzustand sich kontinuierlich verändernde Konzentrationsverhältnisse bzw. diesen eindeutig zugeordnete, sich kontinuierlich verändernde Temperaturverhältnisse gewährleistet sind. Da außerdem im Arbeitsraum des Verdichters die auch einen Anteil an Lösungsmitteldampf enthaltende Dampfphase und die Flüssigkeitsphase des Arbeitsmediums gleichzeitig und gemeinsam vorhanden sind, laufen während der Verdichtung die Vermischung der Dampf- und der Flüssigkeitsphase und das Inlösengehen des Dampfes parallel mit der Druckerhöhung ab, so daß bei dem Verdichtungs Vorgang zusätzlich auch die Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik der Lösungen ausgenutzt werden.

Die Erfindung wird ausführlicher anhand der Zeichnung erläutert, in welcher mögliche Schaltschemen der erfindungsgemäßen hybriden Kältemaschine bzw. Wärmepumpe dargestellt sind. Es zeigen:

Fig. 1 die Grundschaltung der erfindungsgemäßen hybriden Wärmepumpe und

Fig. 2 eine weitere zweckmäßige Aus-

führungsform der erfindungsgemäßen Wärmepumpe.

In Fig. 1 ist der Grundtyp der erfindungsgemäßen hybriden Wärmepumpe dargestellt. Wie aus der Fig. ersichtlich, weist die Anlage, in deren thermodynamischen System ein Arbeitsmedium aus einem Lösungsmittel und einem darin löslichen Kältemittel umgewälzt wird, als Wärmetauscher einen Absorber 1 und einen Entgaser 4 auf. Zwischen dem Absorber 1 und dem Entgaser 4 ist ein innerer Wärmetauscher 2 (Temperaturwechsler) und ein druckreduzierendes Expansionsventil 3 (zweckmäßigerweise ein Drosselventil) angeordnet. Hinter dem Entgaser 4 befindet sich ein innerer Wärmetauscher 2, in dem das aus dem Entgaser 4 austretende Arbeitsmedium im Gegenstrom zu der aus dem Absorber 1 austretenden Lösung strömt und aus dem der Weg des Arbeitsmediums zu einem mechanischen Verdichter 8 führt, dessen Ausgang mit dem Absorber 1 verbunden ist.

Die Arbeitsweise der Anlage ist wie folgt: Die aus dem Absorber 1 austretende Lösung strömt durch die eine Seite des inneren Wärmetauschers 2 und durch das Expansionsventil 3. Nach dem Durchströmen durch das druckreduzierende Expansionsventil 3 gelangt in den Entgaser 4 eine Lösung niedrigen Druckes, die aus dem abzukühlenden Medium Wärme entzieht. Durch die aus dem abzukühlenden Medium entzogene Wärmemenge q_g wird Kältemittel und Lösungsmittel in die Dampfphase des Arbeitsmediums überführt, wobei also diese Wärmemenge das Kältemittel aus der Lösung austreibt und den Lösungsmittelanteil verdampft und die dazu notwendige Lösungs- und Verdampfungswärme zur Verfügung stellt.

Im Entgaser 4 entsteht somit eine Zweiphasenströmung, wobei durch die konstruktive Gestaltung des Entgasers 4 als sogenannte "trockene" Konstruktion, die charakterisiert ist durch die Ausbildung einer durch Leitelemente, wie Rohre oder Platten, herbeigeführten Zwangsbahn für das Arbeitsmedium zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Wärmetauschers, der Anteil der Dampfphase entlang der Wärmeaustauschfläche allmählich definiert zunimmt. In Abhängigkeit davon nimmt die Temperatur des strömenden Systems entsprechend den Gesetzmäßigkeiten der Lösungen zu.

Das aus dem Entgaser 4 austretende zweiphasige Gemisch gelangt über die andere Seite des inneren Wärmeaustauschers 2 in den Verdichter 8, der das zweiphasige Arbeitsmedium durch den Einsatz von mechanischer Arbeit q_k auf das höhere Druckniveau des Absorbers 1 komprimiert.

Aus dem Verdichter 8 strömt das Flüssigkeits-Dampf-Gemisch hohen Druckes wieder zurück in den Absorber 1, wo die Verdampfungswärme der Dampfphase und die Lösungswärme des Kältemittels, d.h. die Wärmemenge q_o , bei einem sich verändernden

Temperaturablauf entzogen bzw. für Heizungszwecke verwendet wird.

Nach den gleichen Konstruktionsprinzipien wie beim Entgaser 4 kann auch hier der Wärmeaustauschfläche des Absorbers eindeutig ein sich entlang derselben definiertes Temperaturfeld zugeordnet werden; die abgegebene Wärme kann also wirklich bei sich verändernden Temperaturparametern ausgenutzt werden.

Die Anwendung des inneren Wärmetauschers 2 verbessert den thermischen Wirkungsgrad der Anlage.

Bei der erfindungsgemäßen Anlage werden daher die Phasen des aus dem Entgaser 4 austretenden zweiphasigen Arbeitsmediums nicht getrennt, sondern sie gelangen — nach Passieren des inneren Wärmeaustauschers 2 — zusammen und gleichzeitig in den Arbeitsraum des Verdichters 8, wo sich neben der Verdichtung auch die durch die Thermodynamik der Lösungen bestimmten physikalischen Vorgänge abspielen.

Neben der Dampfphase kann die Flüssigkeit hier sogar in zwei voneinander verschiedenen Formen anwesend sein. Einerseits kann nach dem einen Lösungsweg die Flüssigkeitsphase in ihrer spezifisch flüssigen Form vorkommen. Andererseits kann sie jedoch auch in Form von Aerosol im Dampf anwesend sein. Zur letzteren Ausführungsform sind natürlich auch eine geeignete Pumpe sowie auch ein Zerstäuber erforderlich.

Ein sehr großer Vorteil dieser "nassen" Verdichtung liegt darin, daß während der Verdichtung die Vermischung der Dampfphase und der Flüssigkeitsphase des Arbeitsmediums und das Inlösengehen des Dampfes parallel mit der Druckerhöhung abläuft, wobei die Dampfphase sowie die Flüssigkeitsphase bestrebt sind, in Funktion der Zeit und der Reaktionsgeschwindigkeiten — entsprechend den Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik der Lösungen — ein Gleichgewicht zu erreichen. Die zu diesen Gleichgewichtszuständen gehörenden Temperaturwerte sind aber immer wesentlich niedriger, als die zu einem gegebenen Druck gehörenden Temperaturwerte im Falle einer adiabaten Verdichtung.

Hinsichtlich der Dampfphase kann diese Situation also so bewertet werden, als ob sich parallel mit der Verdichtung auch ein gleichmäßiger und kontinuierlicher Rückkühlungsvorgang abspielen würde. Die energetische Bedeutung dieser Erscheinung ist für einen Fachmann wohlbekannt. Eine weitere, die Verdichtungsarbeit vermindernde Wirkung entsteht dadurch, daß während des Inlösengehens auch der Massenanteil der Dampfphase abnimmt, und in dieser Weise weniger Dampf verdichtet werden muß.

Über die beschriebenen Erscheinungen hinaus nimmt auch die Endtemperatur der Verdichtung ab, was hinsichtlich der konstruktiven

Merkmale des Verdichters sowie der verwendbaren Werkstoffe von entscheidender Bedeutung ist. Das Druckverhältnis der einstufigen Verdichtung kann wesentlich erhöht werden, wodurch das gestellte Ziel mit einfacheren und billigeren Mitteln erreicht werden kann.

Durch die erwähnten Eigenschaften können mit dieser Ausführungsform wesentliche Vorteile erzielt werden.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 2 hat den Vorteil, daß sie die guten Eigenschaften des zu Fig. 1 behandelten Arbeitsmediumkreislaufs und der Absorptionsmaschinen als Antriebskreislauf vereinigt, da diese Ausführungsform aus Fig. 2 ohne äußeren mechanischen Energieaufwand durch Einführung von Wärmeenergie funktioniert.

Der wesentlichste Vorteil dieser Ausführungsform besteht gegenüber der als Ausgangsbasis dienenden Resorptionskältemaschine darin, daß mit ihrer Hilfe ein ganz großer Temperaturunterschied zwischen den Wärmetauschern überbrückt werden kann, bzw. bei gleichen äußeren Umgebungsverhältnissen diese erfindungsgemäße Anlage nahezu eine doppeltso große Leistungsziffer ϵ aufweist.

Das flüssige Arbeitsmedium strömt aus dem Absorber 1 in der schon bekannten Art und Weise über die eine Seite des inneren Wärmetauschers 2 und das druckreduzierende Expansionsventil 3 in den Entgaser 4, in welchem das Arbeitsmedium aus der Umgebung Wärmeenergie q_g entzieht, infolgedessen ein Teil des Arbeitsmediums verdampft.

Die restliche Flüssigkeitsphase und die Dampfphase gelangen über die andere Seite des inneren Wärmetauschers 2 in den Verdichter 8, in welchem sich die "nasse" Verdichtung abspielt.

Das Arbeitsmedium wird von dem Verdichter 8 in den Absorber 19 des Antriebskreislaufs gedrückt. Hier wird die Dampfphase des Arbeitsmediums kondensiert und das Kältemittel in einer aus einem Kessel 18 kommenden armen Lösung aufgelöst, wobei das Arbeitsmedium seine Verdampfungs- und Lösungswärme q_{o2} abgibt.

Aus dem Absorber 19 strömt die reiche Lösung mit Hilfe einer Lösungspumpe 6 über die eine Seite eines inneren Wärmetauschers 12 des Antriebskreislaufs in den Kessel 18, in welchem aus dieser reichen Lösung mit Hilfe einer äußeren Energiemenge q_k hohen Temperaturniveaus der an Kältemittel reiche Dampf wieder angetrieben wird.

Die arme Lösung strömt über die andere Seite des inneren Wärmeaustauschers 12 und das druckreduzierende Expansionsventil 3 wieder in den antriebsseitigen Absorber 19 zurück.

Der den Kessel 18 verlassende Dampf strömt in eine mechanische Expansionsmaschine 17, in welcher ein Teil der Enthalpie des Dampfes in

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

mechanische Energie umgewandelt wird. Durch diese mechanische Energie wird der Verdichter 8 angetrieben.

Der die Expansionsmaschine 17 verlassende Dampf gelangt in den Absorber 1 und damit wird der thermodynamische Kreis geschlossen.

Bei dieser Ausführungsform kann man noch erwähnen, daß das aus dem Verdichter 8 austretende Arbeitsmedium auch in den Absorber 1 geleitet werden könnte, wobei der aus der Expansionsmaschine 17 austretende Dampf in den antriebsseitigen Absorber 19 geleitet werden müßte. Dadurch könnten die Arbeitsseite und die Antriebsseite thermodynamisch getrennt werden. Diese Schaltungsweise ist aber weniger interessant, weil sie hinsichtlich der Funktion keine weiteren Vorteile bedeutet; sie hat sogar eine gewisse Verschlechterung der spezifischen Kennwerte zur Folge, weil im ersteren Fall durch die zweckmäßige Auswahl der Konzentrationsverhältnisse auf der Antriebsseite im Absorber 19 höhere Temperaturen erzielt werden können, wodurch ein größerer Anteil der aufgewendeten Energie auf einem höheren Temperaturniveau gewonnen werden kann.

Zusammenfassung kann also festgestellt werden, daß die erfindungsgemäße Wärmepumpe ein sehr breites Anwendungsgebiet aufweist, weil sie von den Tiefkühlungsaufgaben bis hin zu den Heizungszwecken überall einen energetisch günstigeren Betrieb gewährleistet als die bisherigen Anlagen.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anlage besteht darin, daß sie in Abhängigkeit von den Konzentrationsverhältnissen der verwendeten Lösung an die zu lösende Aufgabe sehr elastisch angepaßt werden kann und in dieser Weise ihre Betriebskennwerte optimiert werden können.

Patentansprüche

1. Hybrides Kompressions-Absorptionsverfahren für das Betreiben von Wärmepumpen oder Kältemaschinen, mit einem Arbeitsmedium aus einem Lösungsmittel und einem darin löslichen Kältemittel, bei welchem in einem ersten Wärmeaustauschvorgang das Kältemittel in dem Lösungsmittel unter Wärmezufuhr gelöst wird und nach Expansion des als Flüssigkeitsphase aus dem Lösungsmittel und dem darin gelösten Kältemittel aus dem ersten Wärmeaustauschvorgang abgeführten Arbeitsmediums diesem in einem zweiten Wärmeaustauschvorgang Wärme zugeführt wird und dadurch das in dem Lösungsmittel gelöste Kältemittel wenigstens teilweise als Dampfphase ausgetrieben wird, und in einem Verdichtungs-
vorgang die aus dem zweiten Wärmeaustausch-
vorgang abgezogene Dampfphase des Arbeits-
mediums verdichtet wird, wobei entlang des
Weges des Arbeitsmediums durch den zweiten
Wärmeaustauschvorgang, vorzugsweise auch
durch den ersten Wärmeaustauschvorgang

die Konzentration des Kältemittels in der Flüssigkeitsphase des Arbeitsmediums kontinuierlich geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Wärmezufuhr in dem zweiten Wärmeaustauschvorgang auch das Lösungsmittel teilweise verdampft wird, daß entlang des Weges des Arbeitsmediums durch den zweiten Wärmeaustauschvorgang, vorzugsweise auch durch den ersten Wärmeaustauschvorgang die Konzentration des Kältemittels auch in der Dampfphase des Arbeitsmediums gleichzeitig und gemeinsam mit der der Flüssigkeitsphase kontinuierlich geändert wird, und daß dem Verdichtungs-
vorgang die Dampfphase und die
Flüssigkeitsphase des Arbeitsmediums, die aus dem zweiten Wärmeaustauschvorgang abgezogen werden, gleichzeitig und gemeinsam unterworfen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das aus dem ersten Wärmeaustauschvorgang abgezogene Arbeitsmedium vor dem Verdichtungs-
vorgang im Gegenstrom in den inneren Wärmeaustausch mit dem Arbeitsmedium vor der Expansion gebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das aus dem Verdichtungs-
vorgang abgezogene Arbeitsmedium unter Wärmezufuhr mit einer an Kältemittel armen Lösung vermischt und dadurch seine Dampfphase kondensiert und deren Kältemittel absorbiert wird, daß dann aus der aus dem dritten Wärmeaustauschvorgang abgezogenen, an Kältemittel reichen Lösung in einem vierten Wärmeaustauschvorgang durch Wärmezufuhr das Kältemittel ausgetrieben und ein Teil des Lösungsmittels verdampft werden, daß die dadurch entstehende, an Kältemittel arme Lösung in den Wärmeaustausch mit der aus dem dritten Wärmeaustauschvorgang abgezogenen, an Kältemittel reichen Lösung gebracht und danach expandiert und in den dritten Wärmeaustauschvorgang zurückgeführt wird, und daß der aus dem vierten Wärmeaustauschvorgang abgezogene Kältemittel- und Lösungsmitteldampf unter Erzeugung von mechanischer Energie, die als Antriebsenergie des Verdichtungs-
vorganges verwendet wird, expandiert und in den ersten Wärmeaustausch-
vorgang zurückgeführt wird.

4. Hybride Kältemaschine oder Wärmepumpe zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und 2, mit einem Arbeitsmediumkreislauf, der einen Absorber (1), einen diesem über ein Expansionsventil (3) nachgeschalteten Entgaser (4) und einen diesem nachgeschalteten mechanischen Verdichter (8) enthält, dadurch gekennzeichnet, daß der Absorber (1) und der Entgaser (4) als derartige Wärmetauscher ausgebildet sind, daß durch ihre Konstruktion zwischen ihrem Eingang und Ausgang eine der Flüssigkeitsphase und der Dampfphase des Arbeitsmediums gemeinsame, durch Leitelemente gebildete Zwangsbahn für das

Arbeitsmedium herbeigeführt wird, daß zwischen den Absorber (1) und das Expansionsventil (3) einerseits und zwischen den Entgaser (4) und den Verdichter (8) andererseits ein innerer Gegenstrom-Wärmetauscher (2) geschaltet ist, und daß der Ausgang des Entgasers (4) über den inneren Wärmetauscher (2) an den Verdichter (8) ohne Leitungsverzweigung angeschlossen ist.

5. Hybride Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 4, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Verdichters (8) an einen Absorber (19) eines Antriebskreislaufs angeschlossen ist, der einen seinen Absorber (19) nachgeschalteten Kessel (18) aufweist, der flüssigkeitsphasenseitig über ein zweites Expansionsventil (3) an den Absorber (19) des Antriebskreislaufs und dampfseitig über eine mechanische Expansionsmaschine (17), die als Antrieb des Verdichters (8) mit diesem gekuppelt ist, an den Absorber (1) des Lösungskreislaufs angeschlossen ist, wobei zwischen den Kessel (18) und das Expansionsventil (3) des Antriebskreislaufs einerseits, und dessen Absorber (19) und den Kessel (18) andererseits ein innerer Wärmetauscher (2) eingeschaltet ist.

Revendications

1. Procédé de compression-absorption hybride pour le fonctionnement des pompes à chaleur ou de machines frigorifiques avec un fluide caloporteur constitué d'un solvant et d'un fluide frigorigène soluble dans le solvant, procédé dans lequel, dans un premier temps processus d'échange de chaleur, le fluide frigorigène est dissous dans le solvant avec prélèvement de chaleur et, après expansion du fluide caloporteur sortant du premier processus d'échange de chaleur sous la forme de phase liquide constituée du solvant et du fluide frigorigène qui y est dissous, de la chaleur est apportée à celui-ci dans un deuxième processus d'échange de chaleur et, de ce fait, le fluide frigorigène dissous dans le solvant est expulsé au moins partiellement en phase vapeur et, dans un processus de compression, la phase vapeur du fluide caloporteur prélevée dans le deuxième processus d'échange de chaleur est comprimée, la concentration du fluide frigorigène dans la phase liquide du fluide caloporteur étant de ce fait continuellement modifiée le long du cheminement du fluide caloporteur à travers le deuxième processus d'échange de chaleur, de préférence aussi à travers le premier processus d'échange de chaleur, caractérisé en ce que, grâce à l'apport de chaleur dans le deuxième processus d'échange de chaleur, le solvant est lui aussi partiellement vaporisé, que, le long du cheminement du fluide caloporteur à travers le deuxième processus d'échange de chaleur, de préférence aussi à travers le premier processus d'échange de chaleur, la concentration du fluide frigori-

gène varie aussi continuellement dans la phase vapeur du fluide caloporteur en même temps que et en commun avec celle de la phase liquide et en ce que la phase vapeur et la phase liquide du fluide caloporteur qui sont prélevées au deuxième processus d'échange de chaleur sont soumises en même temps et en commun au processus de compression.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide caloporteur prélevé du premier processus d'échange de chaleur avant le processus de compression est amené à contre-courant à l'intérieur de l'échange de chaleur avec le fluide caloporteur avant sa détente.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le fluide caloporteur retiré du processus de compression est mélangé dans un troisième processus de chaleur en perdant de la chaleur avec une solution pauvre en solvant et de ce fait sa phase vapeur se condense, et le fluide frigorigène est absorbé, que le fluide frigorigène est alors expulsé de la solution riche en fluide frigorigène prélevée du troisième processus d'échange de chaleur par apport de chaleur se produisant dans un quatrième processus d'échange de chaleur et une partie du solvant est évaporée, que la solution pauvre en fluide frigorigène ainsi formée est amenée à l'échange de chaleur avec la solution riche en fluide frigorigène prélevée sur le troisième processus d'échange de chaleur et après cela détendue et ramenée au troisième processus d'échange de chaleur, et en ce que la vapeur du fluide frigorigène et du solvant prélevée sur le quatrième processus d'échange de chaleur est détendue avec production d'énergie mécanique que l'on utilise comme énergie d'entraînement du processus de compression et est recyclée dans le premier processus d'échange de chaleur.

4. Machines frigorifiques ou pompes à chaleur hybride pour la mise en oeuvre du procédé suivant les revendications 1 et 2 avec un circuit de fluide caloporteur comportant un absorbeur (1), un dégazeur (4) branché à la suite de celui-ci à l'aide d'une vanne de détente (3), et un compresseur (8) mécanique également branché à la suite de celui-ci, caractérisées en ce que l'absorbeur (1) et le dégazeur (4) sont conçus comme des échangeurs de chaleur de telle sorte que leur construction ménage entre l'entrée et la sortie un parcours forcé formé par des éléments d'orientation commun à la phase liquide et à la phase vapeur du fluide caloporteur pour le fluide caloporteur, que entre l'absorbeur (1) et la vanne de détente (3) d'une part, et entre le dégazeur (4) et le compresseur (8) d'autre part, est branché un échangeur de chaleur à contre-courant (2) interne et que la sortie du dégazeur (4) est raccordée par l'échangeur de chaleur interne (2) au compresseur (8) sans ramification de conduites.

5. Machines frigorifiques ou pompes à chaleur hybride suivant la revendication 4 pour

la mise en oeuvre du procédé suivant la revendication 3, caractérisées en ce que la sortie du compresseur (8) est raccordée à un absorbeur (19) d'un circuit d'entraînement qui comporte une chaudière (18) placée en aval de son absorbeur (19), qui, du côté de la phase liquide, est raccordée à l'absorbeur (19) du circuit de dissolution par une deuxième vanne de détente (3) du circuit d'entraînement et du côté de la vapeur à l'absorbeur (1) par une machine de détente mécanique (17) qui est couplée en tant qu'entraînement du compresseur (8) avec celui-ci, un échangeur de chaleur interne (2) étant intercalé entre la chaudière (18) et la vanne de détente (3) du côté du circuit d'entraînement d'une part et de son absorbeur (19) et la chaudière d'autre part.

Claims

1. Hybrid compression-absorption method for operating heat pumps or refrigeration machines, with a working medium consisting of a solvent and a refrigerant soluble therein, in which in a first heat-exchange action, the refrigerant is dissolved in the solvent, heat being withdrawn, and after expansion of the working medium removed from the first heat-exchange action as liquid phase consisting of the solvent and the refrigerant dissolved therein, heat is supplied to this medium in a second heat-exchange action and thus the refrigerant dissolved in the solvent is at least partially expelled as vapour phase, and in a compression action the vapour phase of the working medium withdrawn from the second heat-exchange action is compressed, the concentration of the refrigerant in the liquid phase of the working medium being continuously varied along the path of the working medium through the second heat exchange action, characterised in that by the supply of heat in the second heat-exchange action the solvent is also partially evaporated, in that along the path of the working medium through the second heat-exchange action, preferably also through the first heat-exchange action, the concentration of the refrigerant in the vapour phase of the working medium too is varied continuously, simultaneously and in common with that of the liquid phase, and in that the vapour phase and the liquid phase of the working medium, which are withdrawn from the second heat-exchange action, are subjected simultaneously and in common to the compression action.

2. Method according to claim 1, characterised in that the working medium withdrawn from the first heat-exchange action is brought before the compression action in counter-current into interior heat-exchange with the working medium before the expansion.

3. Method according to claim 1 or 2, characterised in that the working medium withdrawn from the compression action is mixed in a third heat-exchange action, heat being withdrawn, with a solution poor in refrigerant and thus its vapour phase is condensed and the refrigerant thereof is absorbed, in that then in a fourth heat-exchange action by supply of heat the refrigerant is expelled and a part of the solvent is evaporated out of the refrigerant-rich solution withdrawn from the third heat-exchange action, in that the consequent refrigerant-poor solution is brought into heat exchange with the refrigerant-rich solution withdrawn from the third heat-exchange action and thereafter expanded and returned into the third heat-exchange action, and in that the refrigerant and solvent vapour withdrawn from the fourth heat-exchange action is expanded, mechanical energy being generated which is used as drive energy of the compression action, and returned into the first heat-exchange action.

4. Hybrid refrigeration machine or heat pump for carrying out the method according to Claims 1 and 2, having a working medium cycle which contains an absorber (1), a gas extractor (4) connected by way of an expansion valve (3) after the absorber, and a mechanical compressor (8) placed after the gas extractor, characterised in that the absorber (1) and the gas extractor (4) are formed as heat exchangers of such kind that, due to their design, between their entry and exit a constrained path for the working medium formed by guide elements and common to the liquid phase and the vapour phase of the working medium is brought about, in that between the absorber (1) and the expansion valve (3) on the one hand and between the gas extractor (4) and the compressor (8) on the other an inner counter-current heat exchanger (2) is placed, and in that the exit of the gas extractor (4) is connected by way of the inner heat exchanger (2) to the compressor (8) without conduit branching.

5. Hybrid refrigeration machine or heat pump according to claim 4, for carrying out the method according to claim 3, characterised in that the exit of the compressor (8) is connected to an absorber (19) of a drive cycle which comprises a boiler (18) following its absorber (19), which boiler is connected on the liquid phase side through a second expansion valve (3) to the absorber (19) of the drive cycle and on the vapour side through a mechanical expansion machine (17), which is coupled with the compressor (8) as its drive, to the absorber (1) of the working medium cycle, while an inner heat exchanger (2) is interposed between the boiler (18) and the expansion valve (3) of the drive cycle on the one hand, and its absorber (19) and the boiler (18) on the other hand.

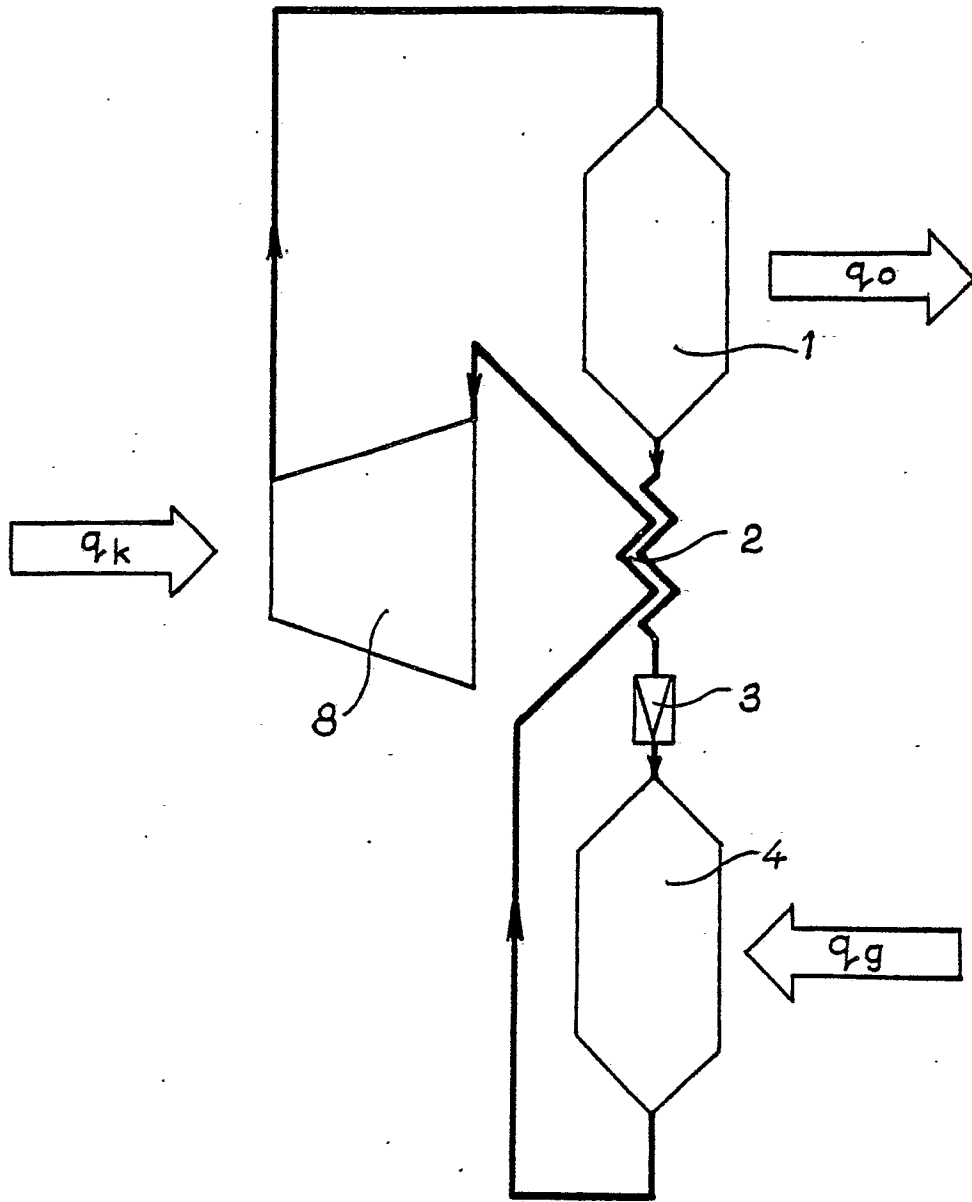


Fig.1

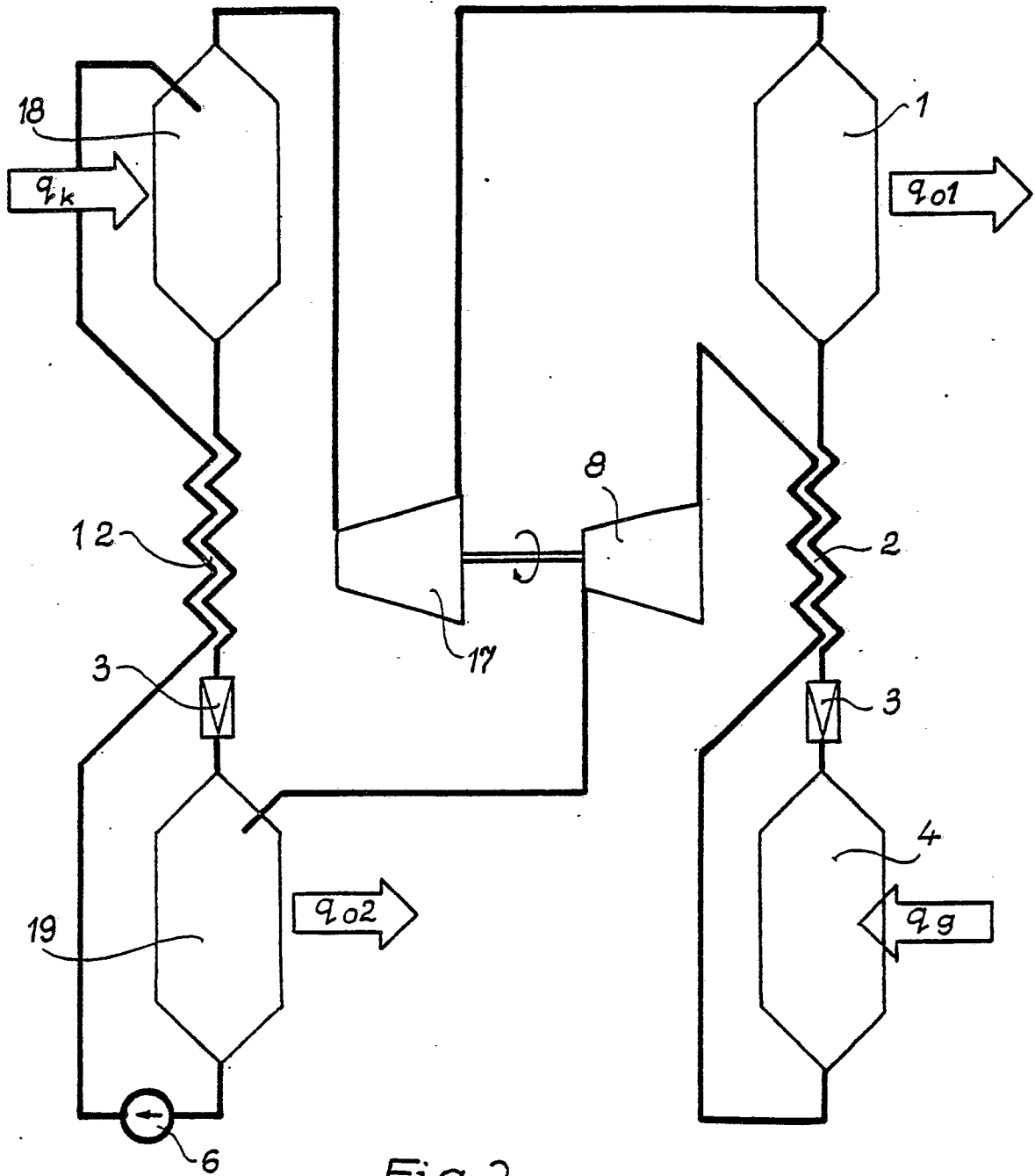


Fig. 2