

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6526639号  
(P6526639)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.

F 1

F25B 7/00 (2006.01)  
C09K 5/04 (2006.01)  
F25B 1/00 (2006.01)

F 25 B 7/00 D  
C 09 K 5/04 C  
F 25 B 1/00 3 9 6 S  
F 25 B 1/00 3 9 6 Z

請求項の数 10 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2016-518920 (P2016-518920)  
 (86) (22) 出願日 平成26年6月4日 (2014.6.4)  
 (65) 公表番号 特表2016-526650 (P2016-526650A)  
 (43) 公表日 平成28年9月5日 (2016.9.5)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2014/061528  
 (87) 國際公開番号 WO2014/198593  
 (87) 國際公開日 平成26年12月18日 (2014.12.18)  
 審査請求日 平成28年2月8日 (2016.2.8)  
 審判番号 不服2017-16916 (P2017-16916/J1)  
 審判請求日 平成29年11月14日 (2017.11.14)  
 (31) 優先権主張番号 102013211087.1  
 (32) 優先日 平成25年6月14日 (2013.6.14)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 390039413  
 シーメンス アクチエンゲゼルシヤフト  
 S i e m e n s A k t i e n g e s e l l  
 I s c h a f t  
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュ  
 ンヘン ヴェアナー-フォン-シーメンス  
 -シュトラーセ 1  
 (74) 代理人 100114890  
 弁理士 アインゼル・フェリックス=ライ  
 ンハルト  
 (74) 代理人 100116403  
 弁理士 前川 純一  
 (74) 代理人 100135633  
 弁理士 二宮 浩康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ヒートポンプ装置を動作させる方法、及びヒートポンプ装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ヒートポンプ装置(1)を動作させる方法であって、  
 第1ヒートポンプ(2)を第1流体(26)が通流し、第2ヒートポンプ(3)を第2流体(27)が通流し、  
 熱交換器(19)を介して前記第1流体(26)から前記第2流体(27)に熱が伝達される、方法において、  
 前記第1流体(26)及び前記第2流体(27)の体積加熱能力(20)が少なくとも 500kJ/m<sup>3</sup>である条件で動作させて前記第2流体(27)の有効熱を放熱することにより、少なくとも150 の流体温度(21)において、前記第2流体(27)から前記有効熱を取り出し、

前記第1ヒートポンプ(2)に、前記第1流体(26)として少なくとも1種類のフルオロケトンを通流させ、

前記フルオロケトンは、NOVEC(登録商標)649であり、

前記第1流体(26)を、該第1流体の臨界温度未満で使用する、

ことを特徴とする、方法。

## 【請求項 2】

少なくとも160 の流体温度(21)において、前記第2流体(27)から前記有効熱を取り出す、

請求項1記載の方法。

**【請求項 3】**

前記第2流体(27)として、水又は少なくとも1種類のフルオロケトンを使用する、請求項1または2記載の方法。

**【請求項 4】**

前記第1流体(26)及び前記第2流体(27)として、互いに異なる流体を使用する、請求項1から3のいずれか一項記載の方法。

**【請求項 5】**

前記第1流体(26)から前記第2流体(27)への放熱を、充分に等温的に実施する、請求項1から4のいずれか一項記載の方法。

**【請求項 6】**

前記第1流体(26)及び前記第2流体(27)の体積加熱能力(20)が少なくとも $1000\text{ kJ/m}^3$ である条件で動作させて前記第2流体(27)の前記有効熱を放熱する、

請求項1から5のいずれか一項記載の方法。

**【請求項 7】**

第1流体(26)が通流する少なくとも1つの第1ヒートポンプ(2)と、第2流体(27)が通流する少なくとも1つの第2ヒートポンプ(3)とを有するヒートポンプ装置(1)であって、

熱交換器(19)を介して前記第1流体(26)から前記第2流体(27)に熱が伝達される、ヒートポンプ装置(1)において、

前記第2流体(27)によって、少なくとも150の流体温度(21)において有効熱が伝達され、

前記第1流体(26)及び前記第2流体(27)は、少なくとも $500\text{ kJ/m}^3$ の体積加熱能力(20)を有し、

前記第1ヒートポンプ(2)に、前記第1流体(26)として少なくとも1種類のフルオロケトンを通流させ、

前記フルオロケトンは、NOVEC(登録商標)649であり、

前記第1流体(26)は、該第1流体の臨界温度未満で使用される、

ことを特徴とする、ヒートポンプ装置。

**【請求項 8】**

少なくとも160の流体温度(21)において、前記第2流体(27)から前記有効熱を取り出す、

請求項7記載のヒートポンプ装置。

**【請求項 9】**

少なくとも二段階の圧縮によって、前記第1流体(26)及び/又は前記第2流体(27)の少なくとも1つの温度差が増大される、

請求項7または8記載のヒートポンプ装置。

**【請求項 10】**

前記第2流体(27)は、液封式圧縮機(24)によって充分に等温的に圧縮される、請求項7から9のいずれか一項記載のヒートポンプ装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、請求項1の上位概念に記載のヒートポンプ装置を動作させる方法に関する。本発明はさらに、請求項8の上位概念に記載のヒートポンプ装置にも関する。

**【0002】**

このようなヒートポンプ装置は、例えば産業用熱供給のために使用される。ヒートポンプは、技術的作業を使用して、より低い温度を有する熱源から熱の形態の熱エネルギーを吸収し、圧縮機の駆動エネルギーと協働して、より高い温度を有するヒートシンクに排熱とし

10

20

30

40

50

て放熱する機械装置である。この場合には、一時的な蓄熱又は熱交換のために流体が使用され、この流体は、サイクルプロセス中にヒートポンプの内部にて圧縮機によって運ばれる。このサイクルプロセスは、熱力学的蒸気圧縮サイクルとも呼ばれる。

#### 【0003】

高温ヒートポンプ(HTHP)に適した流体及び圧縮機が存在しないので、現在市販されているヒートポンプの有効熱は、最高100の温度まで制限されている。

#### 【0004】

従って、本発明の課題は、特に高温の有効熱を供給可能にする方法及びヒートポンプ装置を提供することである。

#### 【0005】

この課題は、請求項1に記載の特徴を有する方法と、請求項8に記載の特徴を有するヒートポンプ装置とによって解決される。本発明を有利に発展させる好ましい実施形態は、従属請求項に示されている。

#### 【0006】

冒頭に述べた形式の方法を改善して特に高温の有効熱を供給可能にするために、本発明によれば、少なくとも120の流体温度において、前記第2流体から前記有効熱を取り出すようにし、この場合、少なくとも $500\text{ kJ/m}^3$ の第1流体及び第2流体の体積加熱能力で前記第2流体の有効熱が放熱される。体積加熱能力(VHC)は、ヒートポンプの理論的に達成可能な成績係数(COP)にとって決定的なものである。換言すれば、ヒートポンプはつまり、体積加熱能力が大きくなればなるほど効率的に動作する。体積加熱能力が上述した $500\text{ kJ/m}^3$ よりも大きくなればなるほど、各ヒートポンプの成績係数(COP)も高くなる。第2ヒートポンプによって特に高い流体温度を実現することができる。その結果、第2流体から、第1流体によって伝達された熱に依存した、特に高温の有効熱を取り出すことが可能となる。

#### 【0007】

少なくとも150、特に好ましくは少なくとも160の流体温度において、前記第2流体から前記有効熱を取り出すと有利であることが判明している。第2ヒートポンプによって特に高い流体温度を実現することができる。その結果、第2流体から特に高温の有効熱を取り出すことが可能となり、これによって、例えば産業利用のための有効熱を一層効率的に供給可能となる。

#### 【0008】

本発明の有利な実施形態では、前記第1ヒートポンプに、前記第1流体として少なくとも1種類のフルオロケトンが通流される。フルオロケトンは、産業的に特に無害に使用可能である。なぜなら、危険時における特別な保護対策を省略することができるからである。フルオロケトンの使用は環境規制されていないので、特に将来的にも継続的に使用することができる。フルオロケトンはさらに、特に低い地球温暖化係数を有しており、不燃性かつ非毒性である。この理由から、とりわけヒートポンプ装置によって産業用プロセス熱、とりわけ120より高温の有効熱を供給する場合には、このようなヒートポンプ装置における流体として使用するためにフルオロケトンが特に適している。

#### 【0009】

本発明のさらなる有利な実施形態では、前記第2流体として、水又は少なくとも1種類のフルオロケトンが使用される。これらは環境に優しく、かつ安全技術的に無害であるので、水もフルオロケトンも、高い流体温度が生じる用途における流体として特に適している。なぜなら、これらは可燃性でも毒性でもないからである。

#### 【0010】

前記第1流体及び前記第2流体として、互いに異なる流体を使用すると特に有利である。各ヒートポンプの成績係数(COP)は、それぞれの温度に依存している。ヒートポンプの温度差とは、ヒートポンプの各凝縮器とヒートポンプの各蒸発器との間で達成可能な温度差であると理解される。従って、第1ヒートポンプの達成可能な温度差に基づいて特に高温の排熱が用意され、熱交換器を介してこの排熱を第2ヒートポンプの第2流体へと

10

20

30

40

50

伝達することができる。従って、第2ヒートポンプによって達成可能な第2流体の最高温度は、第1流体によって伝達される熱量に直接依存している。各ヒートポンプの特に大きな温度差によって、特に高い成績係数を実現することができる。第1流体及び第2流体のためにそれぞれ異なる組成を有する流体を使用することが有利である理由を、以下に1つの例を挙げて説明する。例えば第1ヒートポンプによって最高140の流体温度を達成すべき場合には、特にフルオロケトンNOVEC<sub>(登録商標)</sub>524を使用することが推奨される。フルオロケトンNOVEC<sub>(登録商標)</sub>524は、100~140の範囲において特に大きい体積加熱能力(VHC)を有する。しかしながらNOVEC<sub>(登録商標)</sub>524は、上述した140の最高流体温度までしか適さないので、第2ヒートポンプによって例えば140から200への温度差を実現するためには、第2流体として、例えば140よりも高い流体温度にも適した水を使用することが推奨される。

#### 【0011】

前記第1流体から前記第2流体への放熱を、充分に等温的に実施すると特に有利である。等温的な放熱によって、放熱された熱量の温度が特に一定に維持される。これにより、温度変動が特に充分に回避され、従って、第2ヒートポンプによって充分に一定の温度上昇を実現することができる。熱交換器を介した等温的な放熱を実現するためには、第1流体を、亜臨界的に動作させなければならず、すなわち第1流体は、該第1流体の臨界温度未満でのみ使用することができる。つまり換言すれば、第1流体を、液体及び気体の両方の物理状態で存在することができる温度で動作させなければならない。

#### 【0012】

本発明のさらなる有利な実施形態では、前記第2流体の体積加熱能力が少なくとも1000kJ/m<sup>3</sup>、好ましくは少なくとも1200kJ/m<sup>3</sup>、特に好ましくは少なくとも1500kJ/m<sup>3</sup>であるときに、前記有効熱が放熱される。理論的に達成可能な成績係数(COP)は、各ヒートポンプの各流体を圧縮する圧縮装置の種類に実質的に依存してはいるが、しかしながら流体は、ヒートポンプ装置において、少なくとも1000kJ/m<sup>3</sup>の体積加熱能力が存在する点で動作させるべきである。体積加熱能力が上述した1000kJ/m<sup>3</sup>よりも大きくなればなるほど、各ヒートポンプの成績係数(COP)も高くなる。各流体の体積加熱能力に関して、少なくとも1000kJ/m<sup>3</sup>が必要となる場合には、例えば150を下回る温度を有する水は、流体として使用するには適さない。各流体に関して少なくとも1500kJ/m<sup>3</sup>の体積加熱能力が存在する場合には、各ヒートポンプの成績係数(COP)は特に高くなる。

#### 【0013】

第1流体が通流する少なくとも1つのヒートポンプと、第2流体が通流する少なくとも1つの第2ヒートポンプとを有する本発明によるヒートポンプ装置においては、熱交換器を介して前記第1流体から前記第2流体に熱を伝達可能である。

#### 【0014】

この場合に、前記第2流体によって、少なくとも120の流体温度において有効熱が伝達可能であり、前記第1流体及び前記第2流体は、少なくとも500kJ/m<sup>3</sup>の体積加熱能力を有する。体積加熱能力が大きくなればなるほど、各ヒートポンプの達成可能な成績係数(COP)も高くなる。この場合には、第1流体によって伝達された熱に基づいて、第2流体から特に高温の有効熱を取り出すことが可能となる。第2ヒートポンプを用いて特に高温において有効熱を供給可能な、ヒートポンプカスケードとも呼ばれるヒートポンプ装置を提供するためには、第1ヒートポンプの第1流体の体積加熱能力ができるだけ大きいことが有利であり、この場合にはさらに、第1流体から第2流体へと伝達される熱量を、特に高温において伝達すると有利である。

#### 【0015】

本発明の方法に関連して上で説明した利点は、本発明のヒートポンプ装置にも該当し、またその逆も同様である。

#### 【0016】

ヒートポンプ装置の有利な実施形態では、少なくとも二段階の圧縮によって、前記第1

10

20

30

40

50

流体及び／又は前記第2流体の大きな圧力比に起因して少なくとも1つの温度上昇を増大させることが可能である。ヒートポンプにおいて流体によって特に大きな温度上昇を実現すべき場合には、2段階以上の圧縮を実施することが推奨される。この場合には、圧縮の各段を形成する各圧縮装置の間に、中間冷却装置を設置してもよい。特に流体が水である場合には、このことが意義深い。中間冷却装置の熱は、各ヒートポンプの蒸発装置へと特にエネルギー効率的に供給することができる。非常に大きな温度上昇を実現するためには、さらに3つ以上のヒートポンプサイクルのカスケードも可能である。

## 【0017】

ヒートポンプ装置のさらなる有利な実施形態として、前記第2流体を、液封式圧縮機によって充分に等温的に圧縮可能であると有利であることが判明している。流体の圧縮は、液封式圧縮機によって充分に等温的に実施することができる。液封式圧縮機の液体リングは、圧縮すべき流体と直接接触しており、これによって、流体から、液体リングを構成しているリング液体へと、圧縮熱を特に効率的伝達することができる。すなわち換言すれば、流体とリング液体とが壁によって互いに離隔されていないので、熱交換抵抗が特に小さくなっている。

## 【0018】

本発明のさらなる利点、特徴、及び詳細は、特許請求の範囲と、好ましい実施形態についての以下の説明とを参照し、図面に基づいて明らかとなる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】2つのヒートポンプサイクルを有するヒートポンプ装置に相当する、従来技術によるヒートポンプカスケードの概略図である。

【図2】ヒートポンプ装置の複数の異なる流体のそれぞれの体積加熱能力の推移を、温度軸上に示した概略線図である。

【図3】2つのヒートポンプサイクルを有するヒートポンプ装置に相当する、ヒートポンプカスケードの概略図であり、ここでは2つのヒートポンプの一方が、流体としてフルオロケトンを用いて動作される。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0020】

図1は、従来技術によりカスケードヒートポンプ1として公知の、2つのヒートポンプサイクルを有するヒートポンプ装置の概略図を示す。カスケードヒートポンプ1は、第1流体が通流する第1ヒートポンプ2と、第2流体が通流する第2ヒートポンプ3とを含む。第1流体と第2流体とは、熱交換器19を介して相互に熱交換するように結合されている。熱交換器19は、第1ヒートポンプ2の凝縮器6と、第2ヒートポンプ3の蒸発器8とを含む。第1ヒートポンプ2の第1流体は、蒸発器4によって蒸発され、この蒸発器4には、熱源12によって熱エネルギーが供給される。蒸発器4によって加熱された第1流体は、矢印14の矢印方向に応じて、第1ヒートポンプ2の圧縮機5によって第1ヒートポンプ2を通して圧送される。次いで、圧縮されて加熱された第1流体は、凝縮器6にて蒸発器8へと放熱し、この蒸発器8によって、第2ヒートポンプ3の第2流体が蒸発される。この放熱に引き続き、第1流体は、第1ヒートポンプ2の膨張弁7によって膨張され、次いで、蒸発器4によって再び吸熱する。第1ヒートポンプ2のサイクルは、このようにして閉成されている。熱交換器19によって、すなわち第1ヒートポンプ2の凝縮器6による蒸発器8への放熱によって加熱された、第2ヒートポンプ3の第2流体は、第2ヒートポンプ3の圧縮機9によって圧縮され、そして、第2ヒートポンプ3の凝縮器10にてヒートシンク13へと放熱する。これに引き続き、第2流体は、矢印15の矢印方向に応じて、第2ヒートポンプ3の膨張弁11を通流し、ここで膨張される。これに引き続き、第2流体は、熱交換器19によって再び吸熱する。第2ヒートポンプ3のサイクルは、このようにして閉成されている。

## 【0021】

図2は、複数の異なる体積加熱能力曲線を概略線図で示す。この線図の縦軸には、加熱

10

20

30

40

50

能力 20 がプロットされており、横軸には、流体の凝縮温度に相当する流体温度 21 がプロットされている。この線図からは、NOVEC (登録商標) 524 なる名称のフルオロケトンの加熱能力曲線に相当する加熱能力曲線 16 が、それぞれの流体温度 21 が同じである場合には、NOVEC (登録商標) 649 なる名称のフルオロケトンの加熱能力曲線に相当する加熱能力曲線 17 よりも高い値を有することが見て取れる。線図から見て取れるように、加熱能力曲線 16 及び加熱能力曲線 17 のいずれも、流体温度 21 がプロットされている横軸の長さ全体に亘っては延在していない。つまり、フルオロケトン NOVEC (登録商標) 524 の加熱能力曲線 16 は、約 148 の臨界点 28 の到達によって制限され、フルオロケトン NOVEC (登録商標) 649 の加熱能力曲線 17 は、約 169 の臨界点 29 の到達によって制限される。10 線図から見て取れるように、水の加熱能力曲線に相当する加熱能力曲線 18 は、それぞれの流体温度 21 が同じである場合には、2つのフルオロケトンと比較して体積加熱能力 20 が最も小さいが、しかしながら水は、臨界点に到達することなく流体温度 21 の特に広い範囲に亘って使用することが可能である。図 2 からさらに見て取れるように、水の加熱能力曲線 18 は、流体温度 21 が臨界点 28 又は臨界点 29 未満である場合には加熱能力曲線 16 又は加熱能力曲線 17 よりも下にあるが、流体温度 21 が高い場合には、水の加熱能力曲線 18 は、加熱能力曲線 16 又は加熱能力曲線 17 がそれぞれ各臨界点 28, 29 に到達したときに得られる値よりも高い値にまで上昇する。20 さらに、第 1 ヒートポンプ 2 の第 1 流体としてフルオロケトン NOVEC (登録商標) 649 を使用した場合には、カスケードヒートポンプ 1 によって、少なくとも 160 の有効温度を有する熱量をヒートシンク 13 へと放熱することができる事が見て取れる。第 2 ヒートポンプ 3 の第 2 流体は、熱交換器 19 を介してこの第 1 流体から第 2 流体へと伝達される、最高 160 の温度における熱量から開始して、さらに加熱されるので、第 2 ヒートポンプ 3 によって、有効熱の温度に関して 160 を超える温度さえも実現することが可能となる。

#### 【0022】

カスケードヒートポンプ 1 の第 1 ヒートポンプ 2 のための流体としては、亜臨界的に動作される流体のみが考慮の対象となる。なぜなら、熱交換器 19 を介した第 1 流体から第 2 流体への放熱は、等温的に実施すべきであるからである。等温的な放熱を可能にするために、第 1 ヒートポンプ 2 の第 1 流体は、各臨界点 28, 29 の臨界温度を下回る流体温度 21 で動作される。これらのヒートポンプ 2, 3 のうちの 1 つが有する流体の体積加熱能力 20 が大きくなればなるほど、各ヒートポンプ 2, 3 はより効率的に動作する。従って、各ヒートポンプ 2, 3 の理論的に達成可能な成績係数も、それぞれの体積加熱能力 20 が増加するにつれて増加する。30

#### 【0023】

図 2 と図 3 とを組み合わせて見れば明らかのように、第 1 ヒートポンプ 2 の第 1 流体として、例えば NOVEC (登録商標) 524 のようなフルオロケトン 26 を使用すると特に有利である。この場合には、熱交換器 19 を介した第 2 ヒートポンプ 3 の第 2 流体への等温的な放熱を可能にするために、フルオロケトン 26 が加熱されて到達する流体温度 21 は、臨界点 28 の基礎をなす臨界温度を下回ったままであることに留意すべきである。40 第 2 ヒートポンプ 3 の第 2 流体として、例えば水 27 が使用される。

#### 【0024】

図 3 に概略図で図示したカスケードヒートポンプ 1 は、図 1 で既に説明した各要素を実質的に含み、従って、以下では相違点についてのみ説明することとする。

#### 【0025】

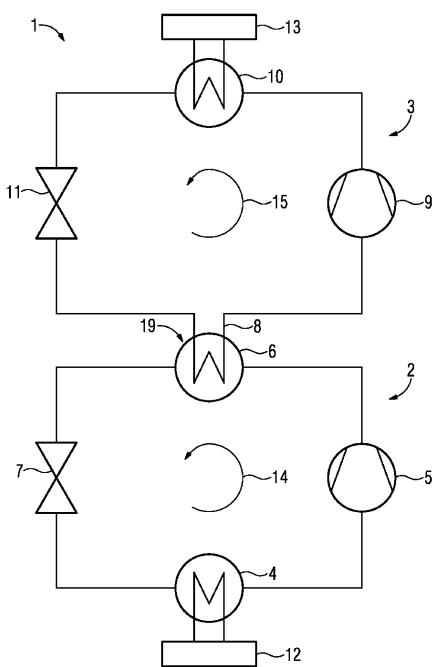
図 3 による熱交換器 19 は、凝縮器 6 及び蒸発器 8 の代わりに、第 1 ヒートポンプ 2 の高温凝縮器 22 と、第 2 ヒートポンプ 3 の高温蒸発器 23 とを含む。図 3 からさらに見て取れるように、水 27 を圧送するために、圧縮機 9 の代わりに液封式圧縮機 24 が使用される。高温圧縮機による熱供給の結果として既に蒸発された状態の水 27 が、この液封式圧縮機 24 によって圧縮され、高温凝縮器 25 へと供給される。

#### 【0026】

3000 kJ/m<sup>3</sup>を上回る、ひいては1500 kJ/m<sup>3</sup>を格段に上回る、フルオロケトン26の特に大きい体積加熱能力に基づき、臨界点28の臨界温度未満である、フルオロケトン26の140の流体温度21における熱量が、第1ヒートポンプ2の高温凝縮器22を介して第2ヒートポンプ3の高温蒸発器23へと伝達される。従って、高温蒸発器23によって特に高温の熱量を水27へ放熱することが可能となり、その結果として、高温凝縮器25によって特に高温の有効熱量をヒートシンク13へ放熱することも可能となる。第2ヒートポンプ3において流体として運ばれる水27が、熱交換器19を介してフルオロケトン26から水27へと伝達された140の熱量によって例えば200の温度まで加熱された場合、このことは水27の60の温度差に相当する。200では、水27の体積加熱能力20は4000 kJ/m<sup>3</sup>を上回り、すなわち1500 kJ/m<sup>3</sup>を格段に上回る値になる。  
10

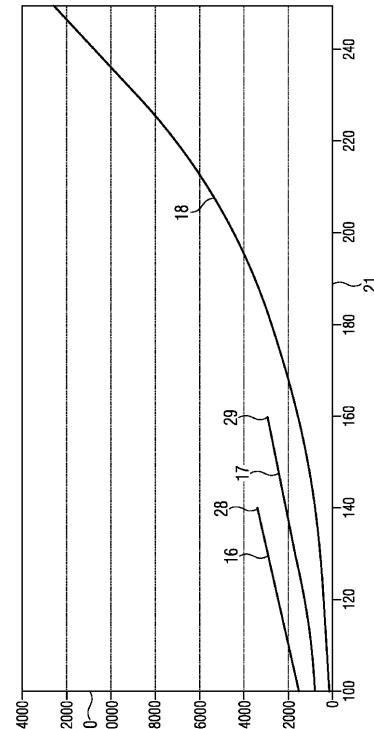
【図1】

FIG 1



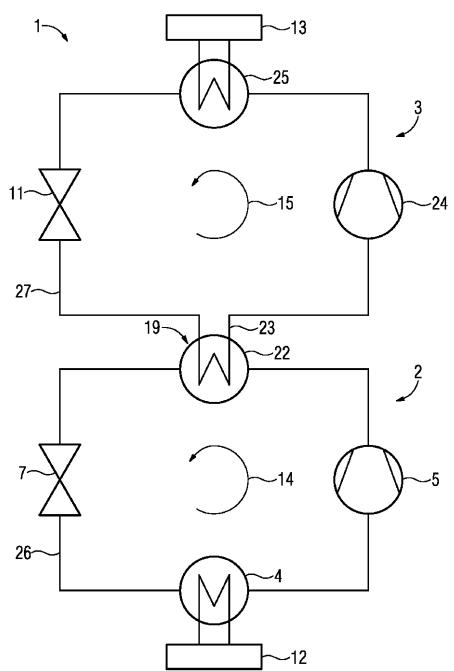
【図2】

FIG 2



【図3】

FIG 3



---

フロントページの続き

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 ベアント グロー・モル

ドイツ連邦共和国 バイアースドルフ エガーラントシュトラーセ 34カ-

(72)発明者 フローリアン ライスナー

ドイツ連邦共和国 ニュルンベルク シュトロイブック 3エフ

(72)発明者 ヨヘン シェーフラー

ドイツ連邦共和国 ニュルンベルク コーベアガーシュトラーセ 54

合議体

審判長 田村 嘉章

審判官 松下 聰

審判官 井上 哲男

(56)参考文献 特開昭62-190360(JP,A)

特開昭61-138059(JP,A)

特表2007-520662(JP,A)

獨国特許出願公開第102011086476(DE,A1)

特開昭53-80848(JP,A)

国際公開第2013/082575(WO,A1)

国際公開第2011/119456(WO,A1)

特開2012-172866(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B7/00

C09K5/04

F25B1/00