(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 5 月 2 日(02.05.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/061436 A1

(51) 国際特許分類:
F16J 15/40 (2006.01) *F16J 15/34* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/074768

(22) 国際出願日: 2011 年 10 月 27 日(27.10.2011)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 堀 匠(**HORI Takumi**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 船越 大司 (**FUNAKOSHI Hiroshi**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 前田 学 (**MAEDA Manabu**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 上原 秀和(**UEHARA Hidekazu**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 山下 一彦 (**YAMASHITA Kazuhiko**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 善一 (**YOSHIDA Zenichi**) [JP/JP]; 〒7330036 広島県広島市西区観音新町一丁目２０番２４号 ＭＨＩソリューションテクノロジーズ株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 森 隆一郎, 外 (**MORI Ryuichirou** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

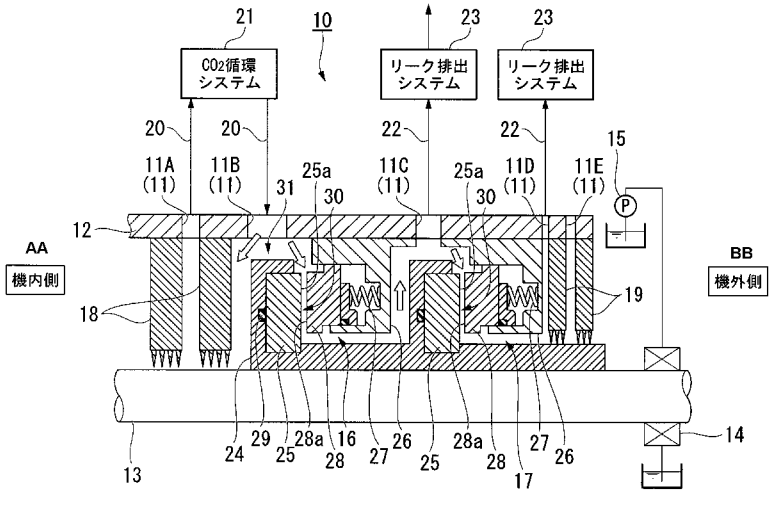
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) **Title**: DRY GAS SEAL STRUCTURE

(54) 発明の名称 : ドライガスシール構造

[図1]



21 CO_2 circulation system
23 Leak discharge system
AA Machine interior
BB Machine exterior

(57) **Abstract**: This dry gas seal structure (10) is equipped with: a housing (12) that stores a supercritical fluid; a rotary shaft (13) that passes though the housing (12); rotary rings (25) that rotate integrally with the rotary shaft (13); stationary rings (28), which make contact with the rotary rings (25) when the rotary shaft (13) is stopped, and which come to rest with seal spaces (30) opened between these stationary rings and the rotary rings (25) when the rotary shaft (13) rotates; a circulation pipeline (20) that supplies a portion of the fluid to the inlet portions of the seal spaces (30); a temperature adjustment device that adjusts the temperature of the fluid flowing through the circulation pipeline (20); and a control unit (C) that controls the operation of the temperature adjustment device so as to heat the inlet portions of the seal spaces (30) to a prescribed temperature prior to the driving of the rotary shaft (13).

(57) 要約: このドライガスシール構造（１０）は、超臨界状態の流体を収容するハウジング（１２）と、ハウジング（１２）を貫通する回転軸（１３）と、回転軸（１３）と一体的に回転する回転環（２５）と、回転軸（１３）の停止時に回転環（２５）と当接し、回転軸（１３）の回転時に回転環（２５）との間にシール隙間（３０）を開けた状態で静止する静止環（２８）と、シール隙間（３０）の入口部分に対し、流体の一部を供給する循環配管路（２０）と、循環配管路（２０）を流れる流体の温度を調節する温調装置と、回転軸（１３）を駆動する前にシール隙間（３０）の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、温調装置の動作を制御する制御部（Ｃ）とを備える。

WO 2013/061436 A1

MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： ドライガスシール構造

技術分野

[0001] 本発明は、ハウジングを貫通して設けられたドライガスシール構造に関する。

背景技術

[0002] ハウジングを貫通して回転軸が設けられる回転機械では、回転軸とハウジングとの間を密封するためのシール構造として、ドライガスシール構造が広く用いられている（例えば、特許文献１参照）。ここで、図１３は、従来例に係るドライガスシール構造７０を示す概略縦断面図である。図に示すように、ドライガスシール構造７０は、回転軸７１に固定されて一体回転する回転環７２と、この回転環７２に対向するようにしてハウジング７３に設けられた静止環７４とから構成され、回転環７２の表面に螺旋状の溝（不図示）が形成されるとともに、静止環７４はコイルバネ７５によって回転環７２の側へ付勢される。このような構成によれば、回転軸７１が停止している時は、コイルバネ７５の付勢力によって回転環７２と静止環７４とが当接している。一方、回転軸７１が回転すると、ハウジング７３内のガスが螺旋状の溝の内部に導入され、その動圧効果によって回転環７２と静止環７４との間に微小なシール隙間７６が生じる。そして、このシール隙間７６を通してハウジング７３内のガスが微量だけ外部へリークすることにより、回転軸７１とハウジング７３の間が密封される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００４－１９０７８３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、従来のドライガスシール構造７０は、いわゆるCO_2インジェクシ

ョンポンプのように吐出圧が高圧なポンプに適用した場合、回転環７２と静止環７４との間に生じるシール隙間７６において不具合が生じることがある。ここで、図１４は、従来のドライガスシール構造７０におけるCO_2のエンタルピーとCO_2の圧力との関係を示すグラフである。ドライガスシール構造７０をCO_2インジェクションポンプに適用した場合、ハウジング７３内に収容されるCO_2は、例えば圧力が２０ＭＰａであって温度が３０℃以上といった超臨界状態である。このような超臨界状態下では、回転軸７１の駆動開始前であってハウジング７３内のCO_2の温度がまだ低い場合、例えば図１４に示すようにCO_2の温度が５０℃である場合、このCO_2は、シール隙間７６を通過する際に減圧されることにより、その状態が超臨界状態から変化し、気液２相状態すなわち気体と液体とが混在した状態になる。そうすると、CO_2の物性、具体的には密度や粘度が急激に変化する。この状態で回転駆動を開始した場合、コイルバネ７５によって付勢された静止環７４の挙動が安定しないことがある。尚、本発明における「超臨界状態」とは、気体と液体とが共存できる限界の温度や圧力を有する点、すなわち臨界点を超えた状態を意味する。

[0005] また、回転軸７１の駆動開始前であってハウジング７３内のCO_2の温度がまだ低い場合、例えば図７に示すようにCO_2の温度が４０℃である場合、超臨界状態のCO_2は気体状態のCO_2に比べて粘度が高い。この状態で回転駆動を開始した場合、CO_2がシール隙間７６を通過する際の粘性発熱量が大きくなり、回転環７２と静止環７４において過大な熱変形を生じることがある。

[0006] 更に、回転軸７１の駆動開始前であってハウジング７３内のCO_2の温度がまだ低い場合、シール隙間７６を通過する際にCO_2が断熱膨張することにより、シール隙間７６の出口部分でCO_2の温度が氷点下になる場合がある。この場合、シール隙間７６の出口部分の周辺で大気中の水分が氷結することがある。

[0007] 本発明は、このような事情を考慮してなされたものであり、その目的は、

ハウジングの内部に超臨界状態の流体が収容されるような回転機械に適用した場合でも、回転軸の駆動開始時にシール隙間で不具合が生じることのないドライガスシール構造を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係るドライガスシール構造の第一の態様は、超臨界状態の流体を収容するハウジングと、該ハウジングを貫通して設けられ回転駆動される回転軸と、該回転軸を包囲して設けられこれと一体的に回転する回転環と、前記ハウジングに設けられ、前記回転軸の停止時に前記回転環と全周で当接し、前記回転軸の回転時に前記回転環との間にシール隙間を開けた状態で静止する静止環と、前記シール隙間の入口部分に対し、前記ハウジングに収容された流体の一部を供給する配管路と、前記配管路を流れる流体の温度を調節する温調装置と、前記回転軸を駆動する前に、前記シール隙間の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、前記温調装置の動作を制御する制御部と、を備える。

[0009] このような構成によれば、回転軸の駆動開始前に、温調装置によって加熱された超臨界状態の流体が供給されることにより、シール隙間の入口部分が予め所定温度まで加熱される。

[0010] 本発明に係るドライガスシール構造の第一の態様は、前記配管路に、前記シール隙間の入口部分に供給した流体を循環させて前記シール隙間の入口部分に再度供給する循環ポンプが設けられていてもよい。

[0011] このような構成によれば、ハウジングに収容された流体の一部を、循環して繰り返しシール隙間の入口部分に供給するので、ハウジングに収容された流体の全てを加熱する必要がない。従って、温調装置による流体の温度コントロールに要する時間を短縮することができ、また温調装置を構成するヒータの容量を縮小化することができる。

[0012] また、本発明に係るドライガスシール構造の第一の態様において、前記温調装置が、前記配管路を流れる流体を加熱するヒータを備え、該ヒータの熱源が、前記循環ポンプ、または前記回転軸を回転自在に支持する軸受に対し

て潤滑油を供給する潤滑用油ポンプのいずれかであってもよい。

[0013] このような構成によれば、流体を加熱するために専用の熱源を設ける必要がないため、コスト削減を図ることができる。

[0014] 本発明に係るドライガスシール構造の第二の態様は、超臨界状態の流体を収容するハウジングと、該ハウジングを貫通して設けられ回転駆動される回転軸と、該回転軸を包囲して設けられこれと一体的に回転する回転環と、前記ハウジングに設けられ、前記回転軸の停止時に前記回転環と全周で当接し、前記回転軸の回転時に前記回転環との間にシール隙間を開けた状態で静止する静止環と、前記回転環及び前記静止環の少なくともいずれか一方に設けられたヒータと、前記回転軸を駆動する前に、前記シール隙間の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、前記ヒータの動作を制御する制御部と、を備える。

[0015] このような構成によれば、回転軸の駆動開始前に、回転環や静止環に設けられたヒータにより、シール隙間の入口部分が予め所定温度まで加熱される。また、流体の温度を調節するための温調装置等をハウジングの外部に設置する必要がないため、回転機械全体としての省スペース化を図ることができる。

[0016] 本発明に係るドライガスシール構造の第三の態様は、超臨界状態の流体を収容するハウジングと、該ハウジングを貫通して設けられ回転駆動される回転軸と、該回転軸を包囲して設けられこれと一体的に回転する回転環と、前記ハウジングに設けられ、前記回転軸の停止時に前記回転環と全周で当接し、前記回転軸の回転時に前記回転環との間にシール隙間を開けた状態で静止する静止環と、前記ハウジングにおける前記シール隙間の直前位置に設けられたヒータと、前記回転軸を駆動する前に、前記シール隙間の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、前記ヒータの動作を制御する制御部と、を備える。

[0017] このような構成によれば、回転軸の駆動開始前に、ハウジングに設けられたヒータにより、シール隙間の入口部分が予め所定温度まで加熱される。ま

た、流体の温度を調節するための温調装置等をハウジングの外部に設置する必要がないため、回転機械全体としての省スペース化を図ることができる。

[0018] また、本発明に係るドライガスシール構造の第一から第三の態様において、前記ハウジングの内部に形成され前記超臨界状態の流体が流れる流通路は、前記シール隙間の直前部分がその他の部分より幅狭に形成されてもよい。

[0019] このような構成によれば、回転軸の駆動開始後は、流通路の幅狭の部分を流体が流れる際の攪拌損失により、シール隙間の入口部分が加熱される。従って、駆動開始前にシール隙間の入口部分を加熱するために使用する温調装置やヒータを、回転軸の駆動開始後は停止させることができる。従って、温調装置やヒータのランニングコストが不要になる分、コスト削減を図ることができる。

発明の効果

[0020] 本発明に係るドライガスシール構造によれば、回転軸の駆動開始前に、シール隙間の入口部分が予め加熱されるので、回転軸の駆動開始時にシール隙間を通過する超臨界状態の流体の温度が高くなる。従って、超臨界状態の流体は、シール隙間を通過する際に減圧されると、超臨界状態から気体状態に変化する。これにより、流体の物性が急激に変化することがなく、静止環の挙動は安定した状態を保つ。

[0021] また、回転軸の駆動開始時にシール隙間を通過する流体の温度が高くなるため、流体の粘度が低下する。これにより、流体がシール隙間を通過する際に生じる粘性発熱量が小さくなり、静止環等に熱変形が生じることもない。

[0022] 更に、回転軸の駆動開始時にシール隙間を通過する流体の温度が高くなるため、シール隙間を通過する際に流体が断熱膨張しても、シール隙間の出口部分で流体の温度が氷点下になるのを防止することができる。これにより、シール隙間の出口部分の周辺で大気中の水分が氷結することはない。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第１実施形態に係るドライガスシール構造を示す概略縦断面図である。

[図2]CO_2循環システムの構成を示す模式図である。

[図3]リーク排出システムの構成を示す模式図である。

[図4]本発明の第１実施形態に係るドライガスシール構造を備えたCO_2インジェクションポンプにおける起動時の処理の流れを示すフローチャートである。

[図5]本発明の第１実施形態に係るドライガスシール構造を備えたCO_2インジェクションポンプにおける起動時の処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]回転軸の駆動開始前にシール隙間を加熱することの作用効果を説明するための説明図であって、CO_2のエンタルピーを横軸にCO_2の圧力を縦軸に取ったグラフである。

[図7]回転軸の駆動開始前にシール隙間を加熱することの作用効果を説明するための説明図であって、CO_2の圧力を横軸にCO_2の粘度を縦軸に取ったグラフである。

[図8]本発明の第２実施形態に係るドライガスシール構造を示す概略縦断面図である。

[図9A]第２実施形態のある変形例を示す部分拡大縦断面図である。

[図9B]第２実施形態のもうひとつの変形例を示す部分拡大縦断面図である。

[図10]本発明の第３実施形態に係るドライガスシール構造を示す概略縦断面図である。

[図11]本発明の第４実施形態に係るドライガスシール構造を示す概略縦断面図である。

[図12]第４実施形態の変形例を示す部分拡大縦断面図である。

[図13]従来例に係るドライガスシール構造を示す概略縦断面図である。

[図14]従来のドライガスシール構造７０におけるCO_2のエンタルピーとCO_2の圧力との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、図面を参照し、本発明の実施の形態について説明する。まず、本発

明の第１実施形態に係るドライガスシール構造の構成について説明する。図１は、本実施形態のドライガスシール構造１０を示した概略縦断面図である。ドライガスシール構造１０は、ハウジング１２と、回転軸１３と、軸受１４と、潤滑用油ポンプ１５と、第１シール構造１６及び第２シール構造１７と、機内側ラビリンス１８と、機外側ラビリンス１９と、CO_2循環システム２１と、リーク排出システム２３と、を備えている。

ハウジング１２には、複数の流路１１が形成されている。回転軸１３は、ハウジング１２を貫通して設けられて軸受１４に回転自在に支持され、回転駆動される。潤滑用油ポンプ１５は、軸受１４に潤滑油を供給する。第１シール構造１６及び第２シール構造１７は、回転軸１３に沿って設けられている。機内側ラビリンス１８は、ハウジング１２の第１シール構造１６より機内側に２個設けられ、機外側ラビリンス１９は、ハウジング１２の第２シール構造１７より機外側に２個設けられている。CO_2循環システム２１は、循環配管路２０を介して第１シール構造１６より機内側のハウジング１２に接続され、リーク排出システム２３は、排出配管路２２を介して第１シール構造１６より機外側のハウジング１２に接続されている。

[0025] 前記ハウジング１２は、CO_2インジェクションポンプの壁面を構成するものである。このハウジング１２の内部には、超臨界状態のCO_2（二酸化炭素）が収容されている。そして、このハウジング１２には、２個の機内側ラビリンス１８の中間に第１流路１１Ａが形成され、第１シール構造１６より機内側の位置に第２流路１１Ｂが形成され、第１シール構造１６より機外側の位置に第３流路１１Ｃが形成されている。

[0026] 図１に示すように、第１シール構造１６は、回転環２５と、コイルバネ２７と、静止環２８と、Ｏリング２９と、を有している。回転環２５は、回転軸１３と一体回転するシャフトスリーブ２４に固定されている。コイルバネ２７は、ハウジング１２に固定されたリテーナ２６に一端が取り付けられている。静止環２８は、リテーナ２６に形成された凹溝に嵌合され、コイルバネ２７の他端が取り付けられている。Ｏリング２９は、回転環２５のシャフ

トスリーブ２４への取り付け位置、及び静止環２８のリテーナ２６への取り付け位置をシールするために各所に設けられている。そして、図１に詳細は示さないが、回転環２５のシール面２５ａすなわち静止環２８に対向する側の面には、螺旋状の溝が形成されている。尚、静止環２８のシール面２８ａすなわち回転環２５に対向する側の面に螺旋状の溝を形成してもよい。

[0027] このように構成される第１シール構造１６によれば、回転軸１３の回転が停止している時は、コイルバネ２７の付勢力により、静止環２８のシール面２８ａが回転環２５のシール面２５ａに密着する。これにより、機内のCO_2が機外へ漏れ出さないよう、回転軸１３とハウジング１２の間が第１シール構造１６によって密封される。一方、回転軸１３が回転し始めると、機内のCO_2が、回転環２５のシール面２５ａに形成された螺旋状の溝（不図示）の内部に導入され、その動圧効果によって回転環２５と静止環２８との間に微小なシール隙間３０が生じる。そして、機内のCO_2のうち微量だけが、このシール隙間３０を通過し、リテーナ２６とシャフトスリーブ２４の間に形成された流通路３１を経て、第３流路１１Ｃからリーク排出システム２３へ排出される。このように、機内のCO_2が微量だけ外部へ漏れ出すことにより、その余の大部分のCO_2が機外へ漏れ出さないよう、回転軸１３とハウジング１２の間が第１シール構造１６によって密封される。

[0028] 前記第２シール構造１７は、前述のように第１シール構造１６のシール隙間３０を通過した微量なCO_2が、リーク排出システム２３以外の機外へ漏れ出すのを防止するためのものである。この第２シール構造１７の構成は、第１シール構造１６と同じであるため、第１シール構造１６と同じ符号を用い、その説明を省略する。このように構成される第２シール構造１７によれば、第１シール構造１６のシール隙間３０を通過した微量なCO_2のうち、更にその一部のCO_2が第２シール構造１７のシール隙間３０を通過することにより、その余の大部分のCO_2が機外へ漏れ出すことが防止される。そして、第１シール構造１６を通過した微量のCO_2は、その大部分が第３流路１１Ｃを通って機外に排出される。また、第１シール構造１６が損傷等によりシール

機能を喪失した際、第２シール構造１７がバックアップとして第１シール構造１６のシール機能を代替する。尚、本実施形態では、第１シール構造１６に加えて第２シール構造１７も設けることでいわゆるタンデム構造としたが、この第２シール構造１７は本発明に必須の構成ではなく、第１シール構造１６だけを備えた構成としてもよい。

[0029] 前記機内側ラビリンス１８及び機外側ラビリンス１９は、圧縮ガスのシールに用いられるいわゆるラビリンスシールである。この機内側ラビリンス１８及び機外側ラビリンス１９は、図１に示すように、回転軸１３とハウジング１２の間に、幅狭部と拡幅部を交互に形成する。このような構成によれば、機内のCO_2が幅狭部を通過した後に拡幅部で膨張することによってCO_2に圧力低下が生じ、それを繰り返すことによって漏れ出すガスが徐々に減少するようになっている。また、第２シール構造１７と機外側ラビリンス１９との間に設けられた第４流路１１Ｄにも、排出配管路２２を介してリーク排出システム２３が接続されている。尚、機内側ラビリンス１８と機外側ラビリンス１９は本発明に必須の構成ではないが、本実施形態のように第１シール構造１６の機内側と第２シール構造１７の機外側にそれぞれ設置すれば、次に示すメリットがある。機内側ラビリンス１８により、第１流路１１Ａを通ってCO_2循環システム２１に循環するCO_2の体積は、機内のCO_2の体積に比べ少ないので、後述のヒータの容量を低減できるとともに、温度コントロールの時間を短縮できる。また、機外側ラビリンス１９の間の第５流路１１Ｅより、窒素もしくは空気のガスを供給することで、軸受の潤滑油が機内に侵入することを防ぐことができる。もちろん、機内側ラビリンス１８及び機外側ラビリンス１９の個数や設置位置等は適宜変更が可能である。

[0030] 前記CO_2循環システム２１は、機内のCO_2を循環して回転環２５と静止環２８との間に生じるシール隙間３０に対して機内のCO_2を繰り返し供給するためのものである。

ここで、図２は、CO_2循環システム２１の構成を示す説明図である。CO_2循環システム２１は、一端が図１に示すハウジング１２の第１流路１１Ａに

接続され他端が第２流路１１Ｂに接続された循環配管路２０の所定箇所に、機内から延びる供給配管路３２の一端が接続され、循環配管路２０と供給配管路３２の各所に種々の構成要素が設置されたものである。

[0031] 循環配管路２０には、図２に示すように、前記第１流路１１Ａへの接続箇所から前記第２流路１１Ｂへの接続箇所に至るまでの間に、図に矢印で示すCO_2流通方向に向かって順に、第１フィルタユニット３３、循環ポンプ３４、チェック弁３５、第２フィルタユニット３６、温調装置３７、流量計３８、圧力計３９、温度計４０、が設置されている。

[0032] 第１フィルタユニット３３は、循環配管路２０に設置されてCO_2から異物等を除去するフィルタ３３ａと、フィルタ３３ａに目詰まり等が生じた場合に予備的に機能する予備フィルタ３３ｂと、フィルタ３３ａを挟んで上流側位置と下流側位置の圧力差を測定する差圧計３３ｃと、を有している。また、第２フィルタユニット３６も、フィルタ３６ａと予備フィルタ３６ｂと差圧計３６ｃとを有しており、各構成の機能は第１フィルタユニット３３の各構成と同じである。

[0033] 循環ポンプ３４は、循環配管路２０に沿ってCO_2を強制的に循環させるものである。また、チェック弁３５は、循環配管路２０におけるCO_2の流れを常に一定に保ち、逆流を防止する機能を持つバルブである。

[0034] 温調装置３７は、循環配管路２０を流れるCO_2の温度を任意に調整するものである。この温調装置３７は、図２に示すように、冷却水との間で熱交換させることでCO_2の温度を低下させる熱交換器３７ａと、CO_2を加熱してその温度を上昇させるヒータ３７ｂと、を有している。そして、この温調装置３７は、制御部Ｃによってその動作が制御されている。尚、図２に詳細は示さないが、制御部Ｃは、温調装置３７の動作だけでなくドライガスシール構造１０を構成する各部の動作も制御している。更に、ヒータ３７ｂは、ドライガスシール構造１０に別用途で設けられた構成要素を熱源として用いてもよい。具体的には、循環ポンプ３４で発生した循環ポンプ損失、或いは図１に示す潤滑用油ポンプ１５で発生した潤滑用油ポンプ損失を熱エネルギー

に変換し、この熱エネルギーをヒータ３７ｂの熱源として用いてもよい。また、ヒータ３７ｂの熱源としては、循環ポンプ３４と潤滑用油ポンプ１５だけに限られず、他の用途でドライガスシール構造１０に設置された各種ポンプを用いることも可能である。このような構成によれば、専用のヒータ３７ｂを設ける場合と比較すると、専用の熱源が不要であってランニングコストも不要である分、コスト削減を図ることができるという利点がある。また、温調装置３７の構成として熱交換器３７ａは必須ではなく、温調装置３７は少なくともヒータ３７ｂを有していれば足りる。

[0035] 流量計３８は、循環配管路２０を循環するCO_2の流量を測定するものである。また、圧力計３９は、前記第２流路１１Ｂへの接続箇所の付近におけるCO_2の圧力を測定するものである。また、温度計４０は、前記第２流路１１Ｂへの接続箇所の付近におけるCO_2の温度を測定するものである。

[0036] 一方、供給配管路３２には、図２に示すように、CO_2流通方向に向かって順に、圧力調整弁４１と、チェック弁４２とが設置されている。圧力調整弁４１は、供給配管路３２の開閉度を調整することにより、CO_2の供給圧を任意に調整可能なバルブである。一方、チェック弁４２は、供給配管路３２におけるCO_2の流れを常に一定方向に保ち、逆流を防止する機能を持つバルブであって、循環配管路２０を循環するCO_2が供給配管路３２に流入するのを阻止している。

[0037] 前記リーク排出システム２３は、第１シール構造１６のシール隙間３０を通過した微量なCO_2を機外へ排出するためのものである。ここで、図３は、リーク排出システム２３の構成を示す模式図である。リーク排出システム２３は、一端が図１に示すハウジング１２の第３流路１１Ｃに接続された排出配管路２２が機外へ引き出され、この排出配管路２２の各所に種々の構成要素が設置されたものである。

[0038] 排出配管路２２には、図３に示すように、第３流路１１ＣからCO_2流通方向に向かって順に、温度計４３、圧力計４４、流量計４５、背圧弁４６が設置されている。

[0039] 温度計４３は、図１に示す第３流路１１Ｃへの接続箇所の付近におけるCO_2の温度を測定するものである。また、圧力計４４は、第３流路１１Ｃへの接続箇所の付近におけるCO_2の圧力を測定するものである。また、流量計４５は、排出配管路２２を流れるCO_2の流量を測定するものである。また、背圧弁４６は、自身より上流側におけるCO_2の圧力を一定に保つためのバルブである。すなわち、背圧弁４６は、上流側の圧力が設定値以上になると、CO_2を通してその圧力を低下させることによって上流側の圧力を一定に保持する。

[0040] 次に、第１実施形態に係るドライガスシール構造１０を採用したCO_2インジェクションポンプを起動する際の手順について説明する。図４及び図５は、CO_2インジェクションポンプが有する制御部Ｃが起動時に行う処理の流れを示すフローチャートである。

[0041] CO_2インジェクションポンプを起動する場合、まず制御部Ｃは、供給配管路３２に対してCO_2をガスの状態で供給する（Ｓ１）。そして、配管各所、具体的には循環配管路２０や供給配管路３２や排出配管路２２からCO_2ガスの漏れがあるか否かを判定する（Ｓ２）。その結果、CO_2ガスの漏れがあると判断した場合には（Ｓ２：Ｙｅｓ）、その旨をユーザに報知し（Ｓ３）、漏れがなくなるまで待機する。報知を受けたユーザは、例えば配管の継ぎ手部分に石鹸水を塗って泡が出るか否かを判定することによってCO_2ガスの漏れがあるか否かを判定する。尚、ユーザに報知する具体的な手段としては、図に詳細は示さないが、表示画面に警告を表示する方法や、スピーカから警告音を発する方法が挙げられる。

[0042] 一方、制御部Ｃは、CO_2ガスの漏れがないと判断した場合（Ｓ２：Ｎｏ）、次にシールリーク量が許容範囲内であるか否かを判定する（Ｓ４）。すなわち、制御部Ｃは、図３に示す排出配管路２２に設置された流量計４５の測定値を検出することにより、シールリーク量すなわち第１シール構造１６のシール隙間３０から漏れ出したCO_2の量を検出する。そして、検出されたシールリーク量が、回転軸１３の回転が停止した状態でのシールリーク量とし

て許容される範囲内に入っているか否かを判定する。その結果、シールリーク量は許容範囲内でないと判断した場合（Ｓ４：Ｎｏ）、制御部Ｃは、その旨をユーザに報知し（Ｓ５）、シールリーク量が許容範囲内に入るまで待機する。この場合、静止環２８や回転環２５等からCO_2がリークしている可能性があるため、報知を受けたユーザは、これらの箇所を点検して不具合が発見された場合には、修繕や交換等の適切な処置を実施する。一方、シールリーク量が許容範囲内に入っていると判断した場合（Ｓ４：Ｙｅｓ）、制御部Ｃは、次のステップに移行する。

[0043] 次に、制御部Ｃは、図２に示す循環配管路２０に設置した循環ポンプ３４を起動できる状態になるまで、具体的には機内のCO_2が超臨界状態になるまで、機内を昇温及び昇圧する（Ｓ６）。続いて、制御部Ｃは、循環ポンプ３４を起動する（Ｓ７）。更に、制御部Ｃは、図２に示す循環配管路２０に設置された流量計３８の測定値を検出し、循環配管路２０を循環するCO_2の流量が所定流量になるよう、循環ポンプ３４の回転数を適宜調整する（Ｓ８）。このように、CO_2の流量を所定流量以上とすることにより、循環配管路２０から第２流路１１Ｂに流れ込むCO_2は、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口側にも、機内側ラビリンス１８側にも十分な量が流れるので、後述するようにシール隙間３０の入口部分を十分に加熱できるとともに、機内側ラビリンス１８の側から第１シール構造１６に向かって異物等が侵入するのを防止することができる。

[0044] 次に、制御部Ｃは、図２に示す循環配管路２０に設置した第１フィルタユニット３３と第２フィルタユニット３６の各差圧計３３ｃ，３６ｃの測定値を検出することにより、フィルタ差圧すなわちフィルタ３３ａ，３６ａを挟んで上流側と下流側の圧力差をそれぞれ検出する。そして、検出されたフィルタ差圧が、既定のフィルタ交換差圧に達しているか否かを判定する（Ｓ９）。その結果、フィルタ差圧がフィルタ交換差圧に達していると判断した場合（Ｓ９：Ｙｅｓ）、制御部Ｃは、不図示の表示画面に表示する等して、フィルタ３３ａを交換すべき旨をユーザに報知し（Ｓ１０）、フィルタ差圧が

フィルタ交換差圧を下回るまで待機する。報知を受けたユーザは、予備フィルタ３３ｂ，３６ｂに切り換える、或いはフィルタ３３ａ，３６ａを新品に交換する等の適切な処置を実施する。

[0045] 一方、制御部Ｃは、フィルタ差圧がフィルタ交換差圧にまだ達していないと判断した場合（Ｓ９：Ｎｏ）、続いて第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分を所定温度まで加熱する（Ｓ１１）。すなわち、制御部Ｃは、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分が、第２流路１１Ｂから流れ込むCO_2に加熱されて所定温度に達するように、図２に示す温調装置３７を構成する熱交換器３７ａやヒータ３７ｂの動作を制御する。尚、本発明において「シール隙間３０の入口部分」とは、CO_2の流通方向に向かってシール隙間３０の最も上流部の近辺を意味し、回転環２５や静止環２８やシャフトスリーブ２４やリテーナ２６やハウジング１２を含んでいる。

[0046] ここで、図６及び図７は、シール隙間３０の入口部分を加熱することによる効果を説明するための説明図である。シール隙間３０の入口部分を加熱すると、シール隙間３０を通過する際のCO_2の温度が上昇する。そして、図６に示すように、CO_2の温度が例えば５０℃から６０℃に上昇すると、シール隙間３０の通過時にCO_2が減圧されると、CO_2の状態は超臨界状態から気体状態へと変化する。従って、前述のように超臨界状態から気液２相に変化する場合と比較すると、CO_2の物性は急激に大きく変化しない。従って、静止環２８の挙動は安定した状態を保つ。更に、図７に示すように、CO_2の温度が例えば４０℃から６０℃に上昇すると、CO_2の粘度は低下する。これにより、CO_2がシール隙間３０を通過する際の粘性発熱量が小さくなり、回転環２５と静止環２８において熱変形が生じることがない。

[0047] 次に、制御部Ｃは、CO_2の供給圧を所定圧まで上昇させる（Ｓ１２）。すなわち、制御部Ｃは、図２に示す供給配管路３２に設置された圧力調整弁４１の動作を制御することにより、CO_2の供給圧を上昇させる。また、制御部Ｃは、これと併せて、第２シール構造１７のシール隙間３０の入口部分においてCO_2が所定圧になるように、第１シール構造１６のシール隙間３０の出

口部分におけるCO_2の圧力を、排出配管路２２に設置した背圧弁４６の動作を制御することによって調節する。

[0048] その後、制御部Ｃは、第１シール構造１６のシール隙間３０の出口部分の温度が、氷点下になっているか否かを判定する（Ｓ１３）。すなわち、制御部Ｃは、図３に示す排出配管路２２に設置した温度計４３の測定値を検出することにより、第１シール構造１６のシール隙間３０の出口部分の温度を検出する。そして、検出された温度が氷点下である場合（Ｓ１３：Ｙｅｓ）、制御部Ｃは、シール隙間３０の入口部分を更に加熱する（Ｓ１４）。すなわち、制御部Ｃは、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分が、第２流路１１Ｂから流れ込むCO_2に加熱されて更にその温度が上昇するように、図２に示す温調装置３７の動作を制御する。

[0049] このように、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分の温度が氷点下になることを防止すれば、シール隙間３０の出口部分で大気中の水分が氷結することはない。尚、温調装置３７の性能上、CO_2の温度を更に上昇させることができない場合、図に詳細は示さないが、第１シール構造１６のシール隙間３０の出口部分に対して加熱したガスを吹き付ける等して、シール隙間３０の出口部分が氷点下にならないようにしてもよい。

[0050] 次に、制御部Ｃは、シールリーク量が許容範囲内であるか否かを再度判定する（Ｓ１５）。すなわち、制御部Ｃは、図３に示す排出配管路２２に設置された流量計４５の測定値を検出することにより、シールリーク量すなわち第１シール構造１６のシール隙間３０から漏れ出したCO_2の量を検出する。そして、検出されたシールリーク量が、回転軸１３の回転が停止した状態でのシールリーク量として許容される範囲内に入っているか否かを判定する。その結果、シールリーク量は許容範囲内でないと判断した場合（Ｓ１５：Ｎｏ）、制御部Ｃは、その旨をユーザに報知し（Ｓ１６）、シールリーク量が許容範囲内に入るまで待機する。報知を受けたユーザは、シールリーク量が許容範囲内に入るよう、適切な処置を実施する。

[0051] ここで、適切な処置としては、シールリーク量が許容範囲外であると判断

した場合のうち、特にシールリーク量がゼロの場合、ユーザはシール隙間３０の出口部分においてCO_2の風量が有るか否かを確認する。その結果、出口部分においてCO_2の風量がない場合、シール隙間３０とは別の箇所から、例えばＯリング２９が損傷した箇所からCO_2が機外へ漏れ出している可能性がある。この場合、ユーザは、漏れ出している箇所を発見した上で修繕等の措置を施す。一方、シール隙間３０以外の箇所でCO_2が機外へ漏れ出している箇所が発見できない場合は、CO_2の供給を停止し、機内の圧力が減少するか否かを確認する。その結果、機内の圧力が減少しない場合は、シール隙間３０が閉じている可能性があるため、ハンドターニング等の処置を実施する。また、ユーザは、それ以外の措置として、各種センサに故障が発生していないかを確認する。他方、シールリーク量が許容範囲外であると判断した場合のうち、特にシールリーク量が過大である場合、ユーザは回転環２５や静止環２８を検査した上で、修繕や交換等の措置を施す。

[0052] 一方、シールリーク量が許容範囲内であると判断した場合（Ｓ１５：Ｙｅｓ）、制御部Ｃは、不図示のモータを起動することで回転軸１３の回転を開始させ、その回転速度を所定速度まで上昇させる（Ｓ１７）。この時、制御部Ｃは、回転軸１３が既定の最低回転数以上に達するまで迅速に加速する。また、回転軸１３の回転数上昇に伴い、シール隙間３０におけるCO_2の撹拌損失や粘性発熱等によってシール隙間３０の温度が上昇する。従って、制御部Ｃは、この温度上昇分に拘わらず、シール隙間３０の入口部分の温度を適正な温度で維持できるよう、図２に示す温調装置３７の動作を適宜制御する。そして、制御部Ｃは、最終的に撹拌損失や粘性発熱等によってシール隙間３０の温度が十分に上昇した段階で、温調装置３７を構成するヒータ３７ｂの動作を停止させる。更に、制御部Ｃは、回転軸１３の駆動開始に伴って、回転軸１３の軸振動を測定し、測定された軸振動が既定のシール許容値アラーム値を超える場合は、回転軸１３の回転を停止させ、軸振動がシール許容値以内になるように、回転軸系のバランス調整を行う。

[0053] 次に、制御部Ｃは、シールリーク量が許容範囲内であるか否かを再度判定

する（Ｓ１８）。すなわち、制御部Ｃは、図３に示す排出配管路２２に設置された流量計４５の測定値を検出することにより、シールリーク量すなわち第１シール構造１６のシール隙間３０から漏れ出したCO_2の量を検出する。そして、検出されたシールリーク量が、回転軸１３が回転状態でのシールリーク量として許容される範囲内に入っているか否かを判定する。その結果、シールリーク量は許容範囲内でないと判断した場合（Ｓ１８：Ｎｏ）、制御部Ｃは、その旨をユーザに報知し（Ｓ１９）、シールリーク量が許容範囲内に入るまで待機する。報知を受けたユーザは、シールリーク量が許容範囲内に入るよう、適切な処置を実施する。

[0054] ここで、適切な処置としては、シールリーク量が許容範囲外であると判断した場合のうち、特にシールリーク量がゼロの場合、ユーザはシール隙間３０の出口部分においてCO_2の風量が有るか否かを確認する。その結果、出口部分においてCO_2の風量がない場合、ユーザは直ちに回転軸１３の回転を停止させる。これは、回転軸１３が回転していても、シール隙間３０が生じていないと回転環２５もしくは静止環２８が損傷するためである。そして、制御部Ｃは、回転軸１３が停止した後、シールリーク量を再度検出し、検出されたシールリーク量が、回転軸１３の回転が停止した状態でのシールリーク量として許容される範囲内に入っているか否かを確認する。他方、シールリーク量が許容範囲外であると判断した場合のうち、特にシールリーク量が過大である場合、ユーザは直ちに回転軸１３の回転を停止させ、回転環２５や静止環２８を検査した上で、修繕や交換等の措置を施す。

[0055] 最後に、制御部Ｃは、図２に示す循環配管路２０に設置された循環ポンプ３４の回転数を下げていき、機内から供給するCO_2を循環配管路２０で循環させる。そして、最終的に制御部Ｃは、循環ポンプ３４を停止させ、定格運転を行う（Ｓ２０）。

[0056] 次に、第２実施形態に係るドライガスシール構造の構成について説明する。図８は、本実施形態のドライガスシール構造５０を示した概略縦断面図である。ドライガスシール構造５０は、第１実施形態のドライガスシール構造

１０と比較すると、第１シール構造１６の回転環５１の構成が異なる点、及びＣＯ２循環システム２１を備えていない点で異なっている。尚、それ以外の構成は第１実施形態と同じであるため、図１と同じ符号を付し、ここでは説明を省略する。

[0057] 第１シール構造１６の回転環５１は、その内部にヒータ５２を収容し、このヒータ５２の動作が不図示の制御部によって制御されている。そして、制御部は、回転軸１３の駆動を開始する前に、このヒータ５２をＯＮすることによって、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分を所定温度まで加熱する。このような構成によれば、第１実施形態と比較して省スペース化を図ることができる。すなわち、第１実施形態のように加熱したCO_2を供給することで第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分を加熱する構成では、CO_2循環システム２１を機外に設置するスペースが必要である。これに対し本実施形態では、CO_2循環システム２１を機外に設置する必要がない分、省スペース化を図ることができる。

[0058] また、図９Ａ、図９Ｂは、本実施形態の変形例を示した図である。図９Ａの変形例では、静止環５３の内部にヒータ５２を収容している。一方、図９Ｂのもうひとつの変形例では、回転環５１の内部にヒータ５２を収容するとともに、静止環５３の内部にもヒータ５２を収容している。そして、回転軸１３の駆動を開始する前に、これらヒータ５２をＯＮすることによって、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分を所定温度まで加熱する。尚、回転環５１は熱変形しにくい材質である炭化ケイ素で構成されるのが一般的であるため、この回転環５１にヒータ５２を収容した方が、熱変形を抑制することができ好適である。

[0059] 次に、第３実施形態に係るドライガスシール構造の構成について説明する。図１０は、本実施形態のドライガスシール構造６０を示した概略縦断面図である。ドライガスシール構造６０は、第１実施形態のドライガスシール構造１０と比較すると、ハウジング６１の構成が異なる点、及びCO_2循環システム２１を備えていない点で異なっている。尚、それ以外の構成は第１実施

形態と同じであるため、図１と同じ符号を付し、ここでは説明を省略する。

[0060] 本実施形態のハウジング６１は、第２流路１１Ｂの周辺部にヒータ６２が収容されている。そして、回転軸１３の駆動を開始する前に、このヒータ６２をＯＮすることによって、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分を所定温度まで加熱する。このような構成によれば、第２実施形態と同様に、CO_2循環システム２１を機外に設置するスペースが不要な分、省スペース化を図ることができるという利点がある。

[0061] 次に、第４実施形態に係るドライガスシール構造の構成について説明する。図１１は、本実施形態のドライガスシール構造７０を示した概略縦断面図であって、シール隙間３０の周辺を拡大した図である。ドライガスシール構造７０は、第１実施形態のドライガスシール構造１０と比較すると、第２流路１１Ｂからシール隙間３０の入口部分までの間に形成された流通路７１の形状が異なっている。尚、それ以外の構成は第１実施形態と同じであるため、図１と同じ符号を付し、ここでは説明を省略する。

[0062] 本実施形態では、シャフトスリーブ７２における回転環２５の周辺部分が、第１実施形態と比較して大径に形成されている。これにより、ハウジング１２の内部においてCO_2が流通する流通路７１は、第１シール構造１６のシール隙間３０の直前部分が、その他の部分より幅狭に形成されている。このような構成によれば、回転軸１３の駆動開始前は、第１～第３実施形態と同様にしてシール隙間３０の入口部分を加熱する必要があるが、回転軸１３の駆動開始後は、CO_2がこの幅狭の部分を通過する際の撹拌損失により、第１シール構造１６のシール隙間３０の入口部分の温度が上昇する。従って、回転軸１３の駆動開始後は、駆動開始前にシール隙間３０の入口部分を加熱するために使用していたヒータ３７ｂ，６２等をＯＦＦすることができる。これにより、ヒータ３７ｂ，６２のランニングコストを低減できる分、コストダウンを図ることができる。

[0063] また、図１２は、本実施形態の変形例を示した図である。この変形例では、ハウジング７３における第２流路１１Ｂの周辺部分を、その他の部分より

肉厚に形成している。これにより、ハウジング７３の内部においてCO_2が流通する流通路７１は、第１シール構造１６のシール隙間３０の直前部分が、その他の部分より幅狭に形成されている。このような構成によれば、第４実施形態と同様に、回転軸１３の駆動開始後に、駆動開始前にシール隙間３０の入口部分を加熱するために使用していたヒータ３７ｂ，６２等をＯＦＦすることができる。これにより、ヒータ３７ｂ，６２のランニングコストを低減できる分、コストダウンを図ることができる。

[0064] 尚、上述した実施形態において示した各構成部材の諸形状や組み合わせ、或いは動作手順等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲において設計要求等に基づき種々変更可能である。

産業上の利用可能性

[0065] 本発明は、回転機械の回転軸とハウジングとの間を密封するためのドライガスシール構造に関する。本発明によれば、静止環の挙動を安定した状態を保つことができる。

符号の説明

[0066] １０…ドライガスシール構造

１２…ハウジング

１３…回転軸

２０…循環配管路

２５…回転環

２８…静止環

３０…シール隙間

３７…温調装置

Ｃ…制御部

請求の範囲

［請求項1］ 超臨界状態の流体を収容するハウジングと、

該ハウジングを貫通して設けられ回転駆動される回転軸と、

該回転軸を包囲して設けられこれと一体的に回転する回転環と、

前記ハウジングに設けられ、前記回転軸の停止時に前記回転環と全周で当接し、前記回転軸の回転時に前記回転環との間にシール隙間を開けた状態で静止する静止環と、

前記シール隙間の入口部分に対し、前記ハウジングに収容された流体の一部を供給する配管路と、

前記配管路を流れる流体の温度を調節する温調装置と、

前記回転軸を駆動する前に、前記シール隙間の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、前記温調装置の動作を制御する制御部と、

を備えるドライガスシール構造。

［請求項2］ 前記配管路に、前記シール隙間の入口部分に供給した流体を循環させて前記シール隙間の入口部分に再度供給する循環ポンプが設けられている請求項１に記載のドライガスシール構造。

［請求項3］ 前記温調装置が、前記配管路を流れる流体を加熱するヒータを備え、該ヒータの熱源が、前記循環ポンプ、または前記回転軸を回転自在に支持する軸受に対して潤滑油を供給する潤滑用油ポンプのいずれかである請求項２に記載のドライガスシール構造。

［請求項4］ 超臨界状態の流体を収容するハウジングと、

該ハウジングを貫通して設けられ回転駆動される回転軸と、

該回転軸を包囲して設けられこれと一体的に回転する回転環と、

前記ハウジングに設けられ、前記回転軸の停止時に前記回転環と全周で当接し、前記回転軸の回転時に前記回転環との間にシール隙間を開けた状態で静止する静止環と、

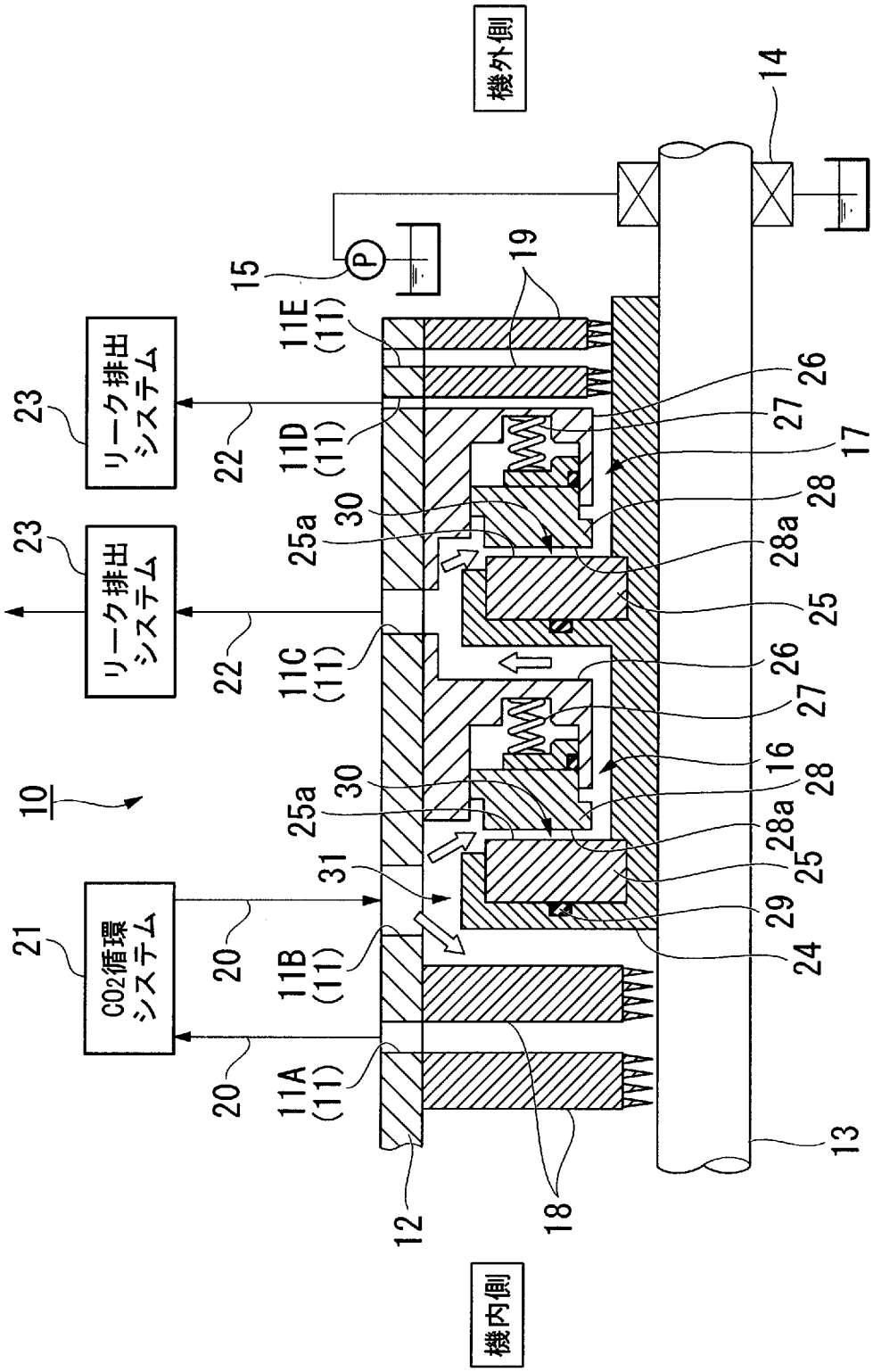
前記回転環及び前記静止環の少なくともいずれか一方に設けられたヒータと、

前記回転軸を駆動する前に、前記シール隙間の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、前記ヒータの動作を制御する制御部と、
を備えるドライガスシール構造。

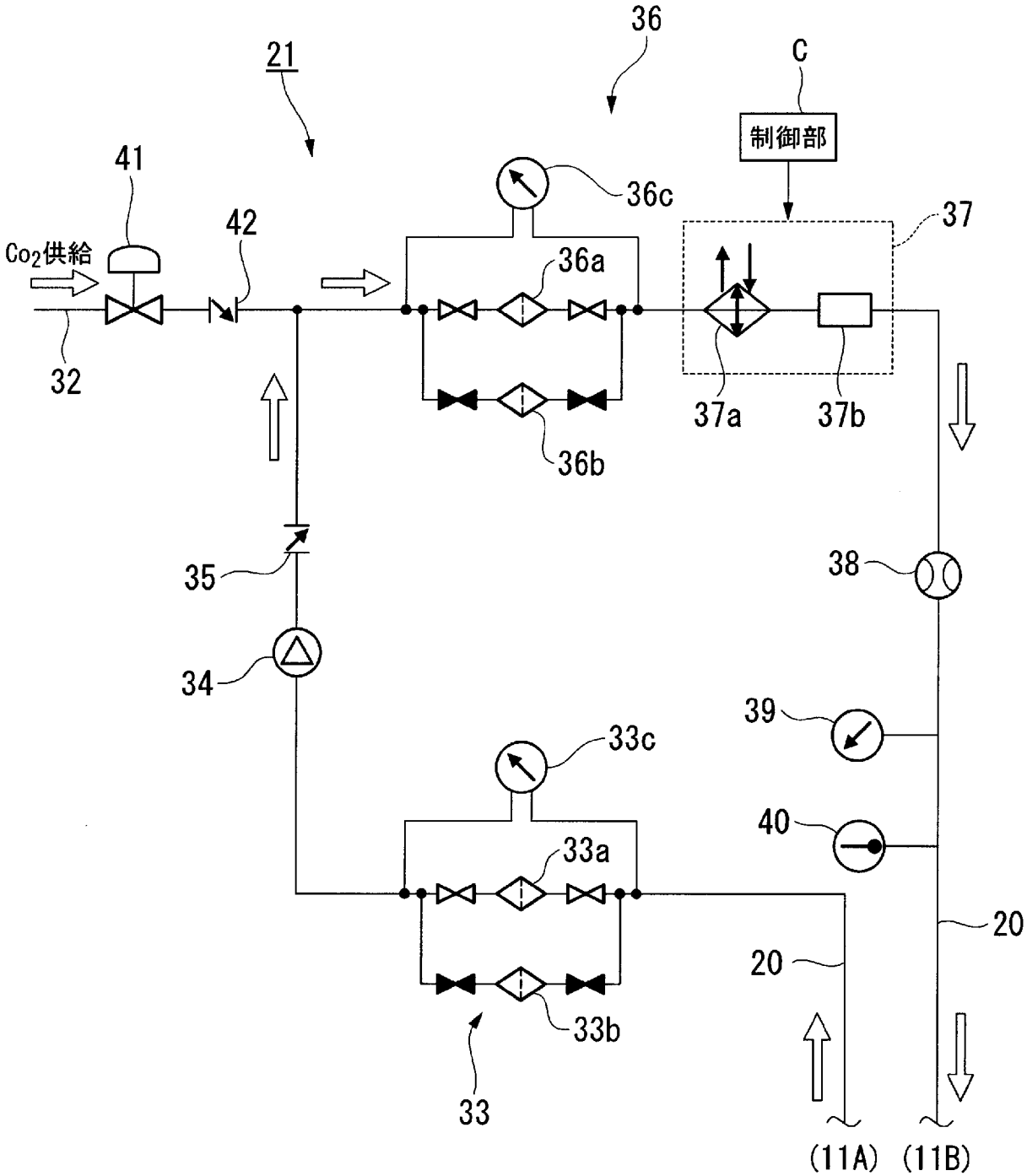
[請求項5] 超臨界状態の流体を収容するハウジングと、
該ハウジングを貫通して設けられ回転駆動される回転軸と、
該回転軸を包囲して設けられこれと一体的に回転する回転環と、
前記ハウジングに設けられ、前記回転軸の停止時に前記回転環と全周で当接し、前記回転軸の回転時に前記回転環との間にシール隙間を開けた状態で静止する静止環と、
前記ハウジングにおける前記シール隙間の直前位置に設けられたヒータと、
前記回転軸を駆動する前に、前記シール隙間の入口部分が所定温度まで加熱されるよう、前記ヒータの動作を制御する制御部と、
を備えるドライガスシール構造。

[請求項6] 前記ハウジングの内部に形成され前記超臨界状態の流体が流れる流通路は、前記シール隙間の直前部分がその他の部分より幅狭に形成されている請求項１乃至５のいずれか１項に記載のドライガスシール構造。

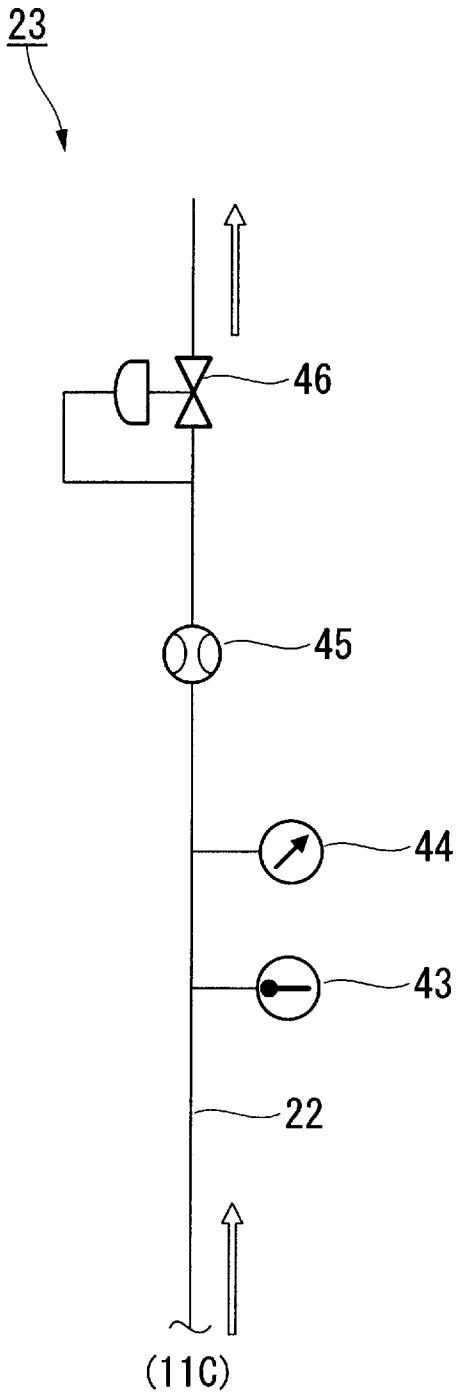
[図1]


機外側
機内側
リーク排出システム
リーク排出システム
CO2循環システム
10
11A (11)
11B (11)
11C (11)
11D (11)
11E (11)
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
25a
26
27
28
28a
29
30
31

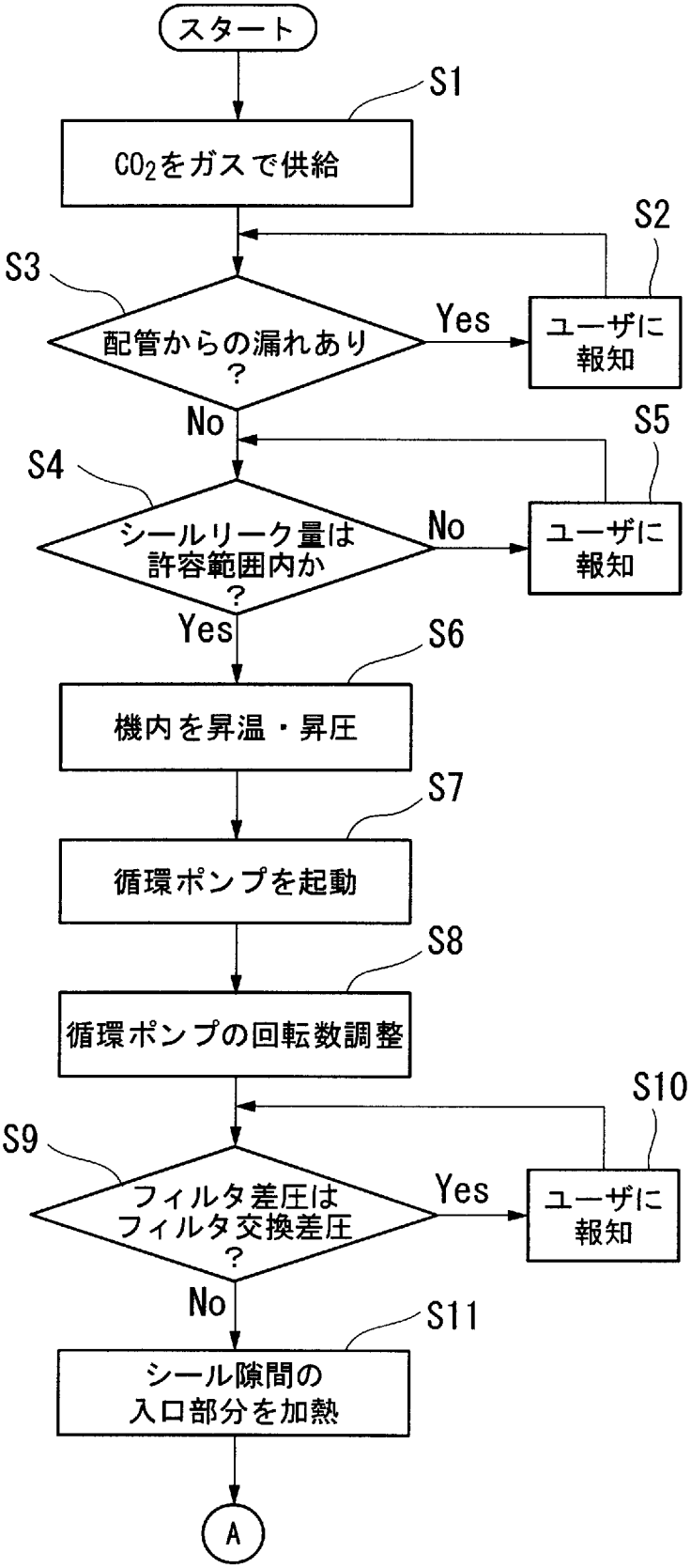
[図2]


36
21
C
制御部
41
36c
37
42
Co2供給
36a
32
37a
37b
36b
35
38
34
39
33c
40
33a
20
20
33b
33
(11A)
(11B)

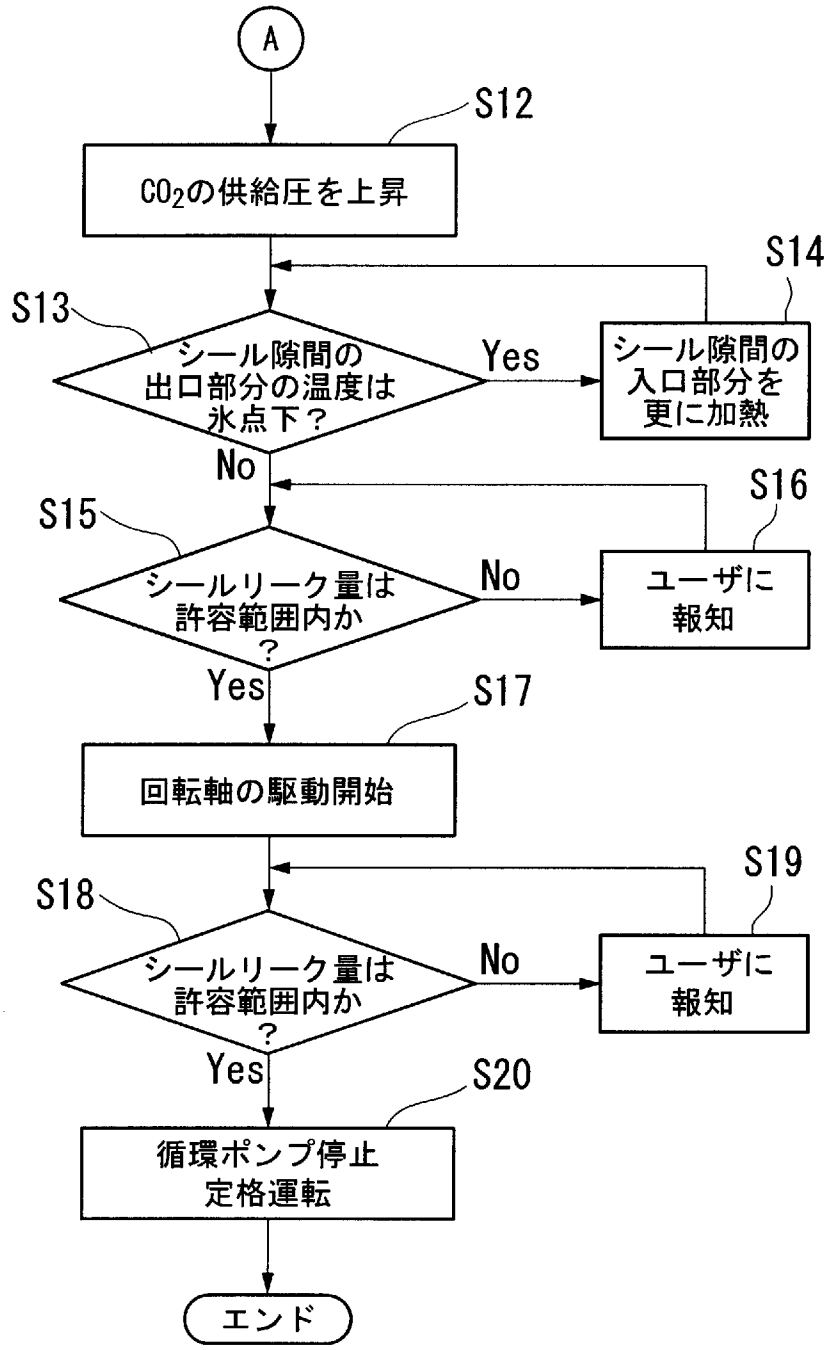
[図3]



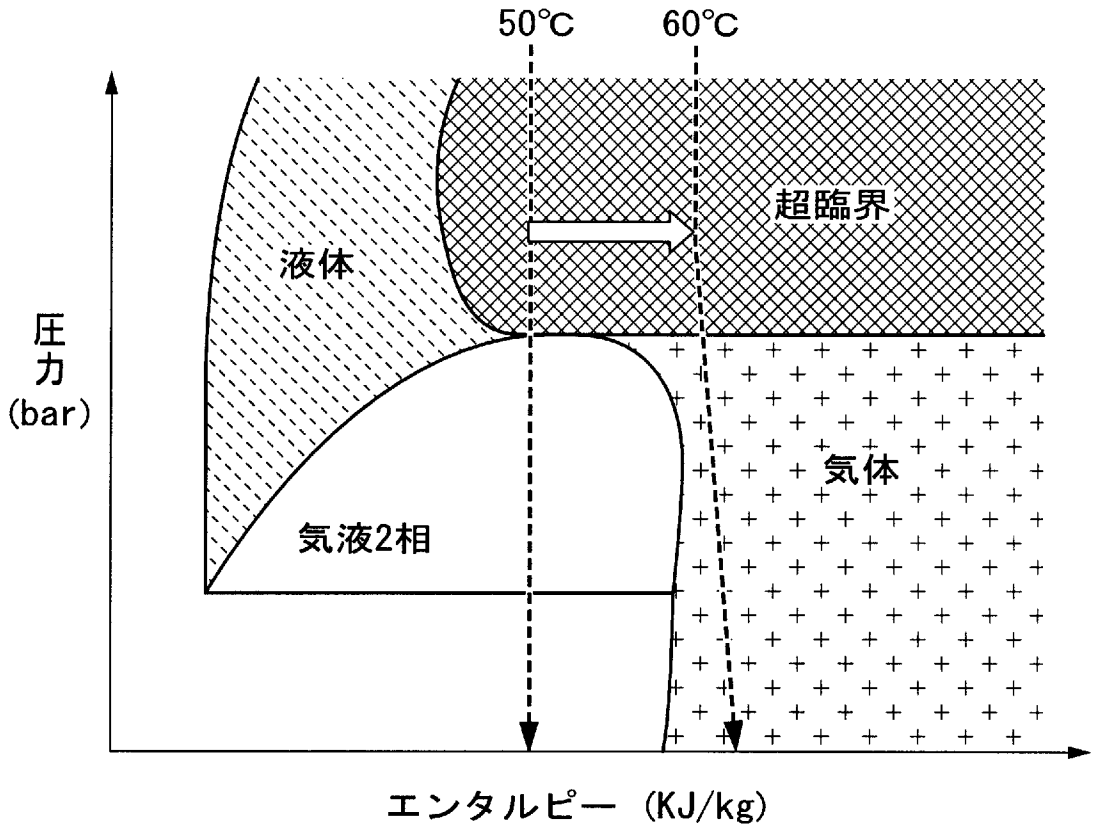
[図4]


スタート
S1
CO_2をガスで供給
S2
S3
配管からの漏れあり？
Yes
ユーザに報知
No
S5
S4
シールリーク量は許容範囲内か？
No
ユーザに報知
Yes
S6
機内を昇温・昇圧
S7
循環ポンプを起動
S8
循環ポンプの回転数調整
S10
S9
フィルタ差圧はフィルタ交換差圧？
Yes
ユーザに報知
No
S11
シール隙間の入口部分を加熱
A

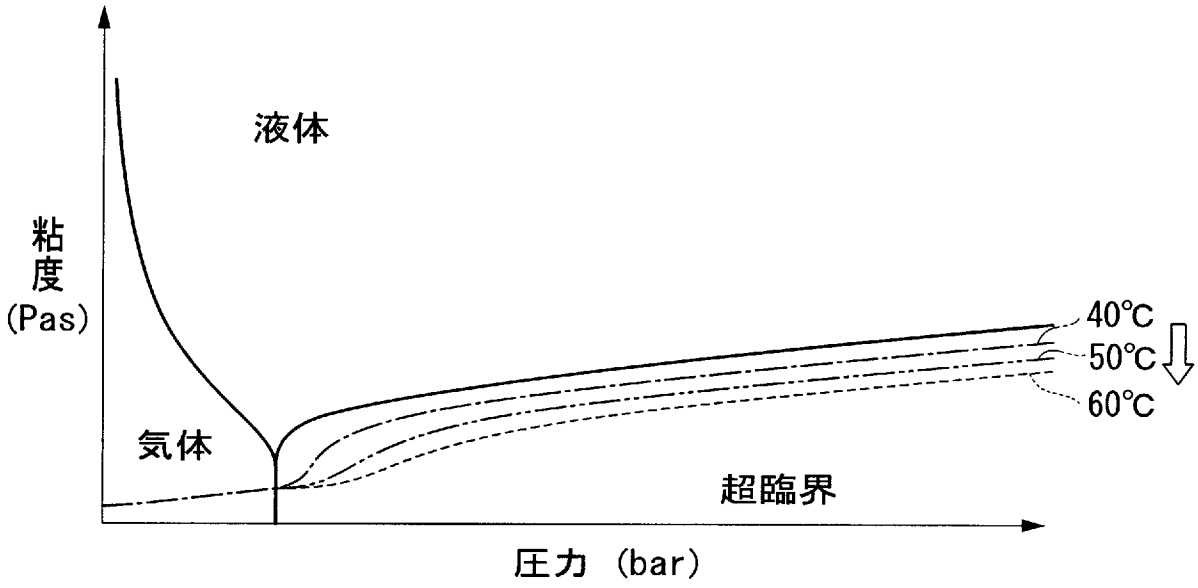
[図5]


A
S12
CO_2の供給圧を上昇
S14
S13
シール隙間の出口部分の温度は氷点下？
Yes
シール隙間の入口部分を更に加熱
No
S16
S15
シールリーク量は許容範囲内か？
No
ユーザに報知
Yes
S17
回転軸の駆動開始
S19
S18
シールリーク量は許容範囲内か？
No
ユーザに報知
Yes
S20
循環ポンプ停止
定格運転
エンド

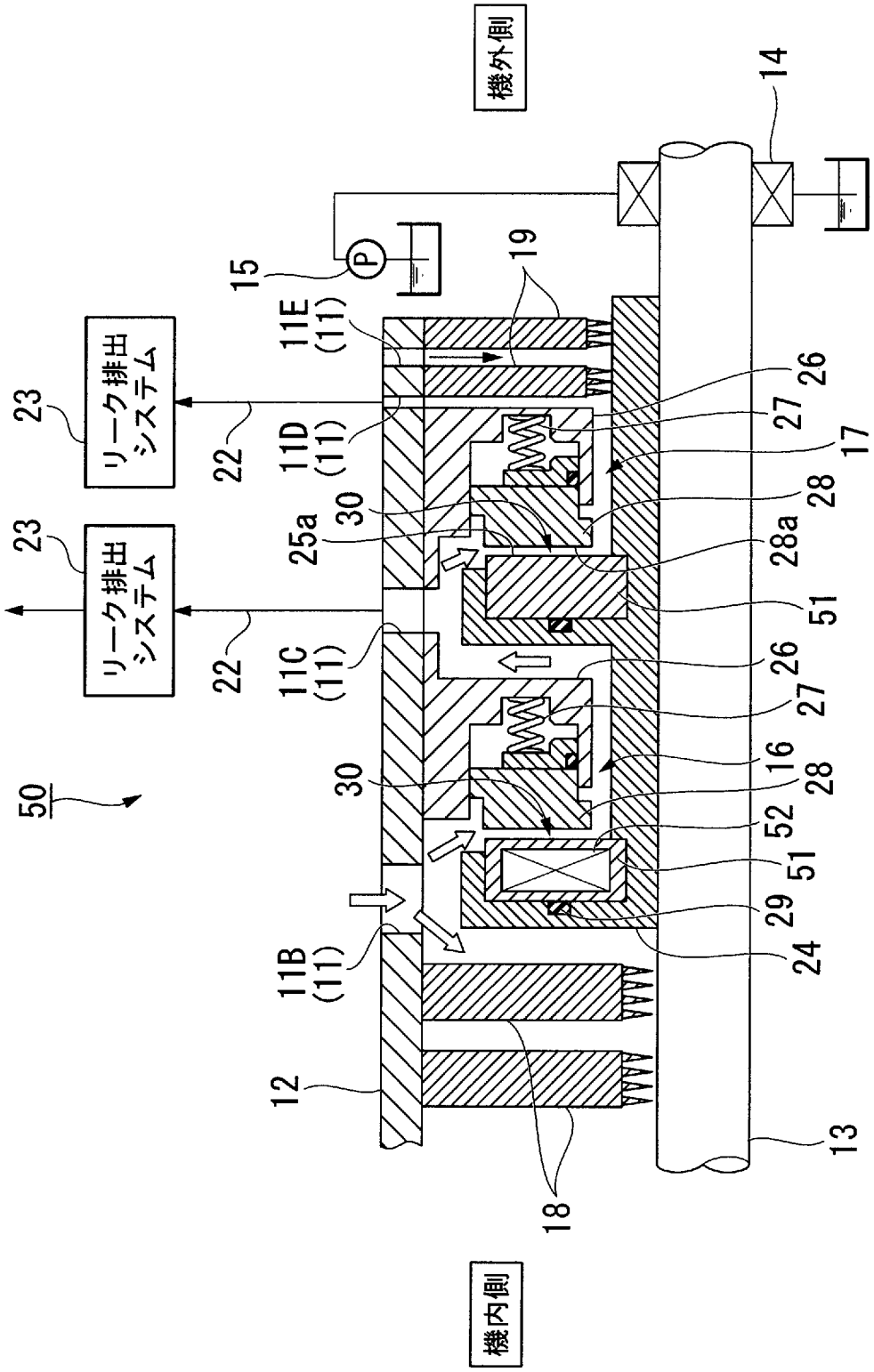
[図6]


50℃
60℃
超臨界
液体
圧力
(bar)
気体
気液2相
エンタルピー (KJ/kg)

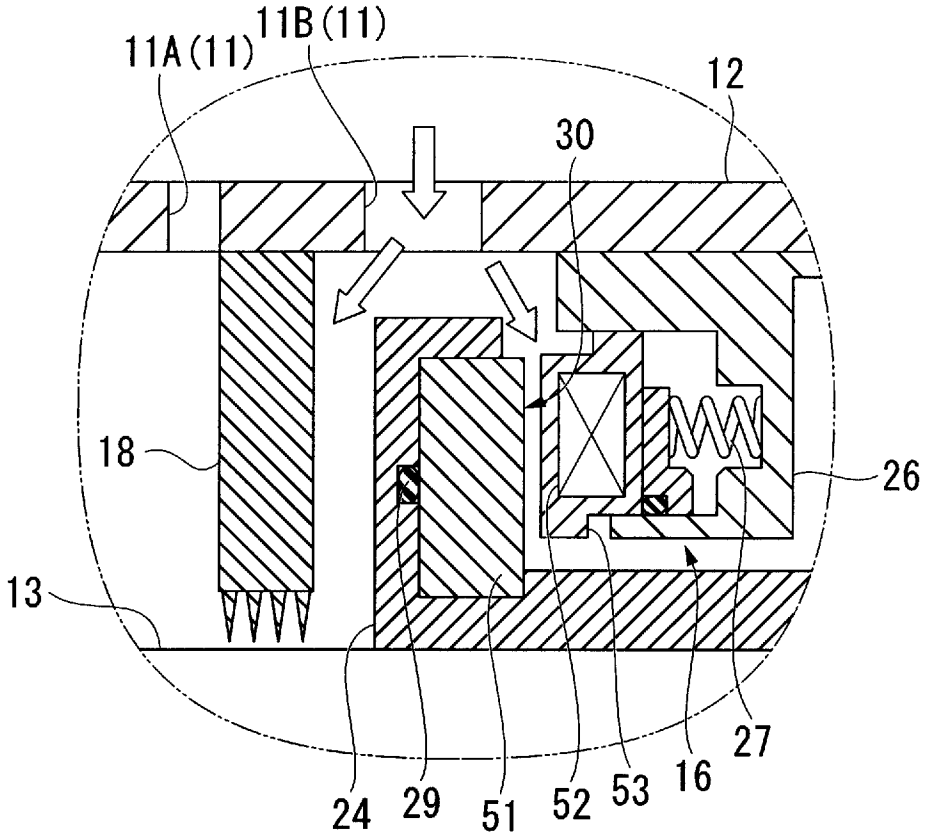
[図7]


液体
粘度
(Pas)
40℃
50℃
60℃
気体
超臨界
圧力 (bar)

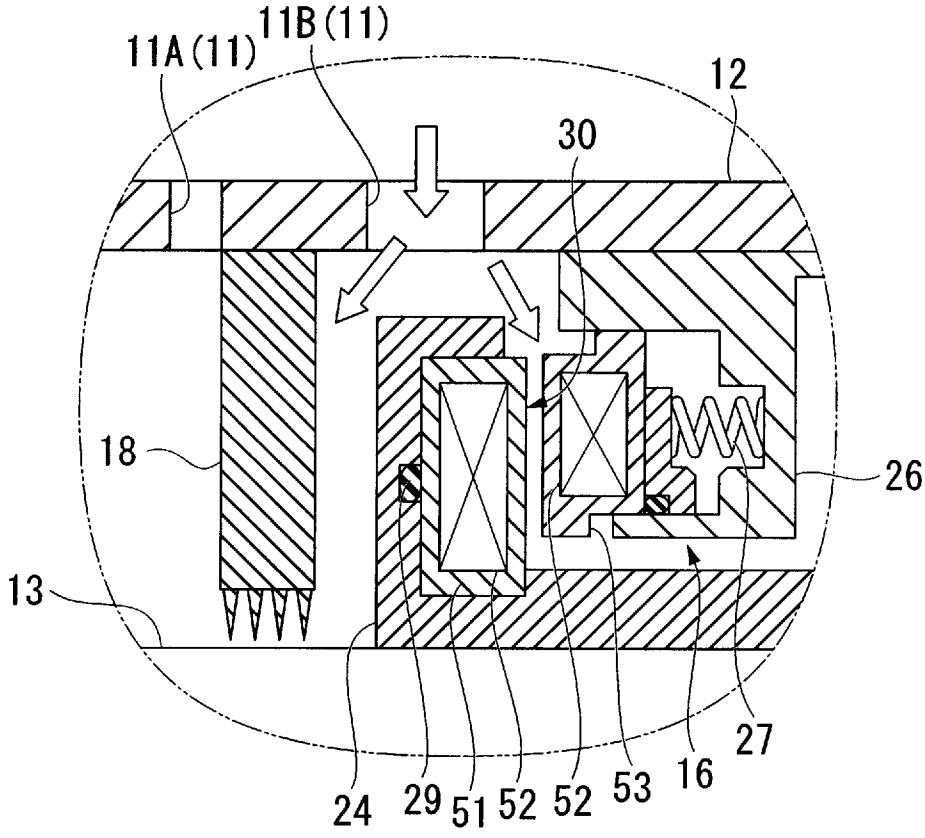
[図8]


機外側
14
15
19
11E (11)
23
リーク排出システム
22
11D (11)
26
27
17
25a
30
28
28a
23
リーク排出システム
22
11C (11)
51
26
27
50
30
16
28
52
51
29
11B (11)
24
12
13
18
機内側

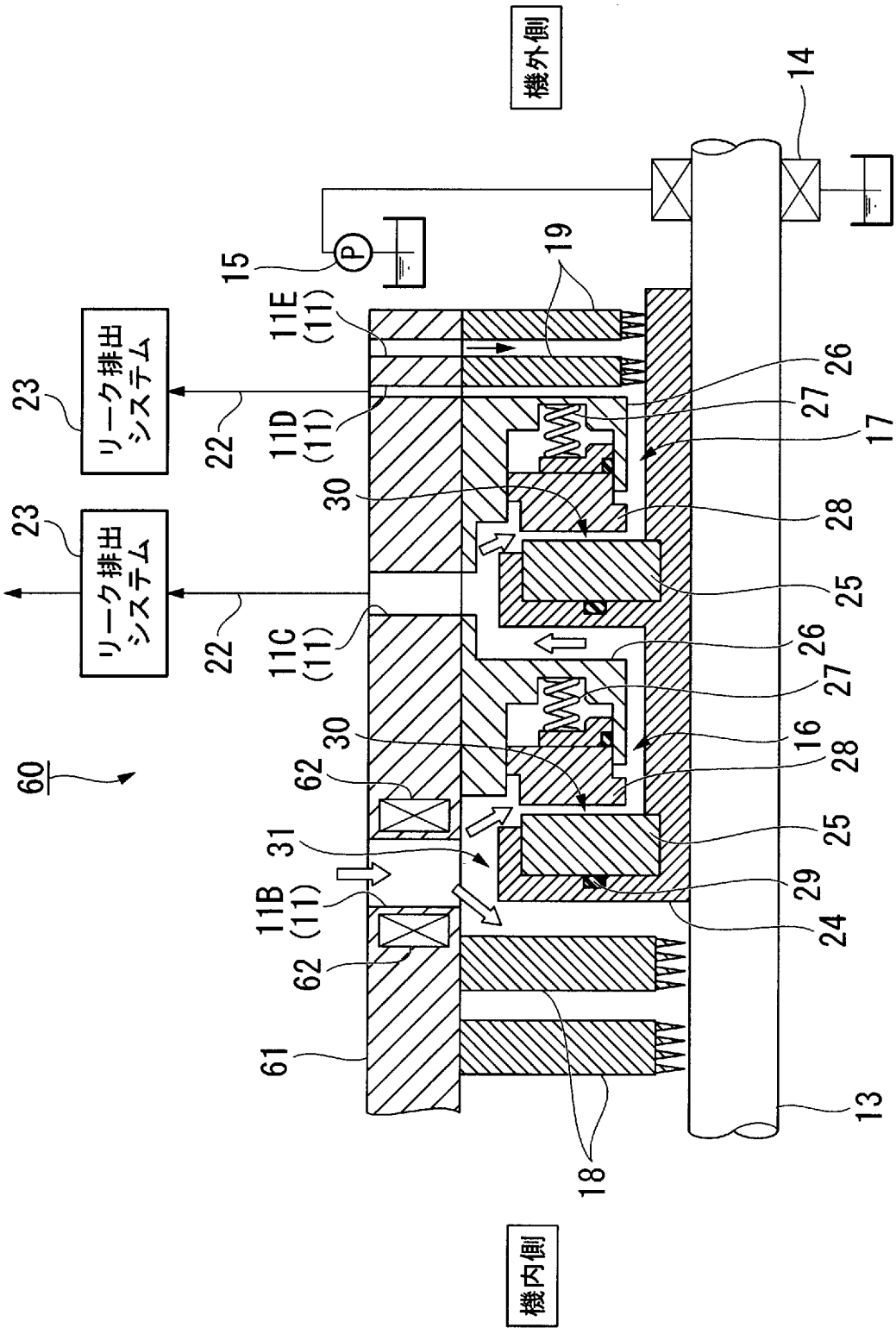
[図9A]


11A(11)
11B(11)
12
30
18
26
13
24
29
51
52
53
16
27

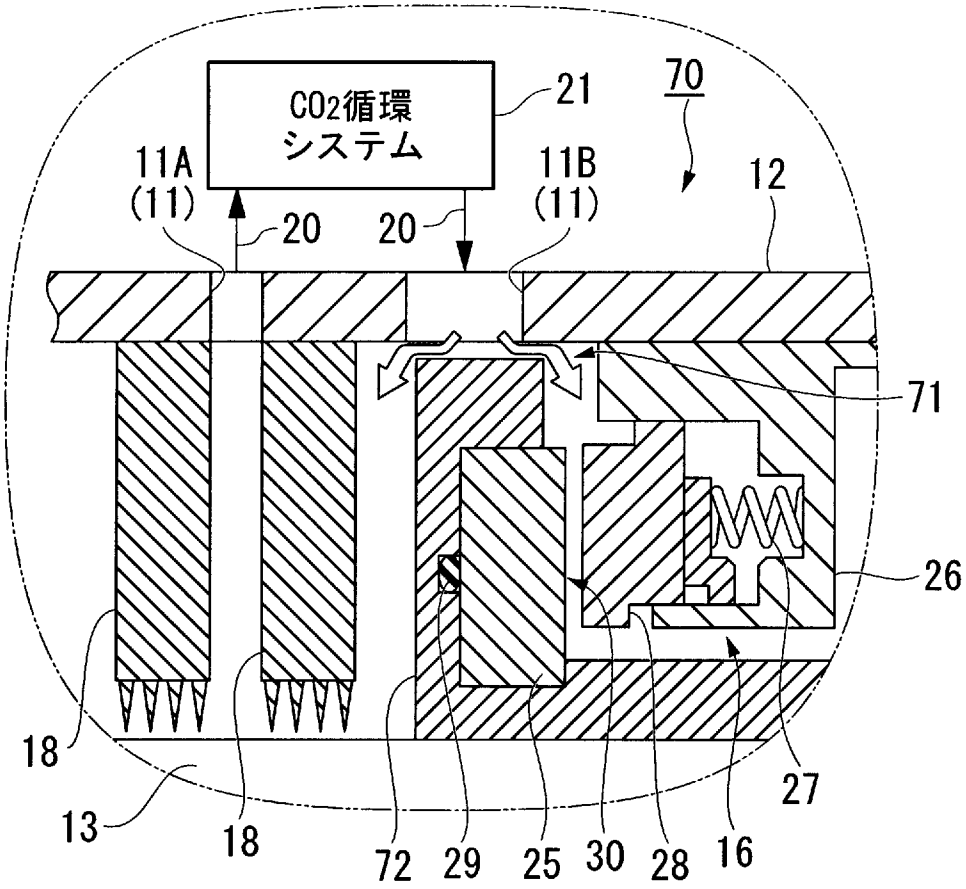
[図9B]


11A(11)
11B(11)
12
30
18
26
13
24
29
51
52
52
53
16
27

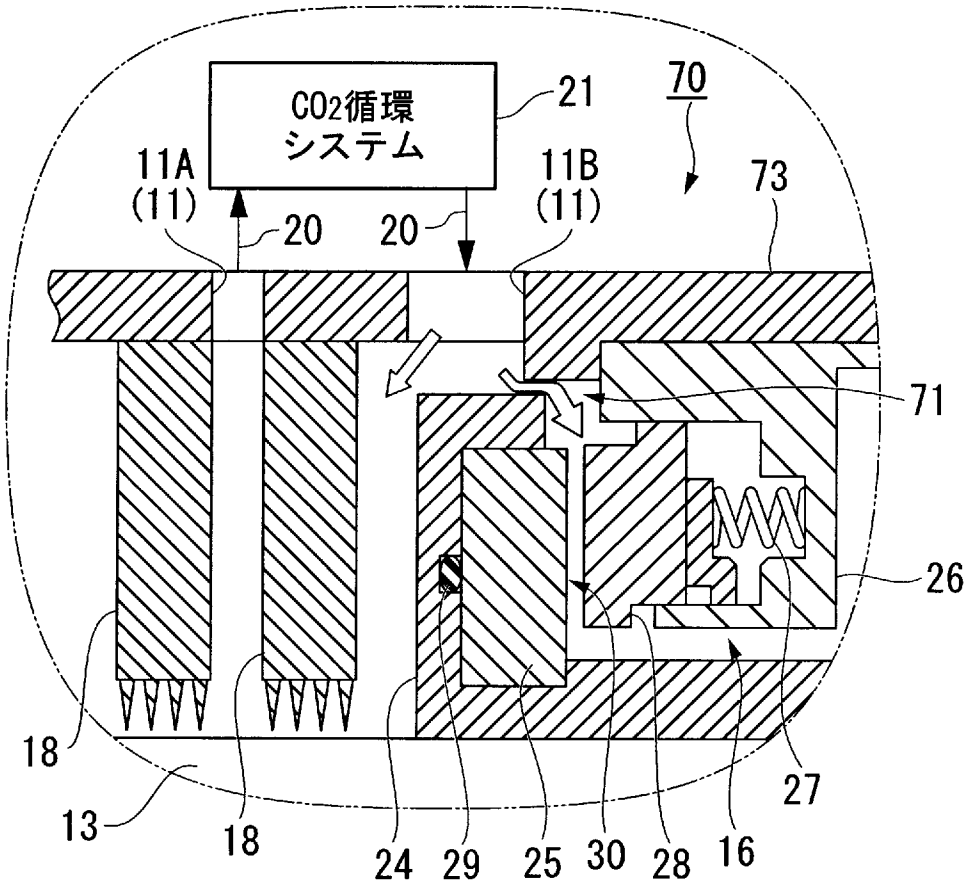
[図10]


機外側
機内側
リーク排出システム
リーク排出システム
60
61
62
62
11B (11)
11C (11)
11D (11)
11E (11)
13
14
15
16
17
18
19
22
22
23
23
24
25
25
26
26
27
27
28
28
29
30
30
31

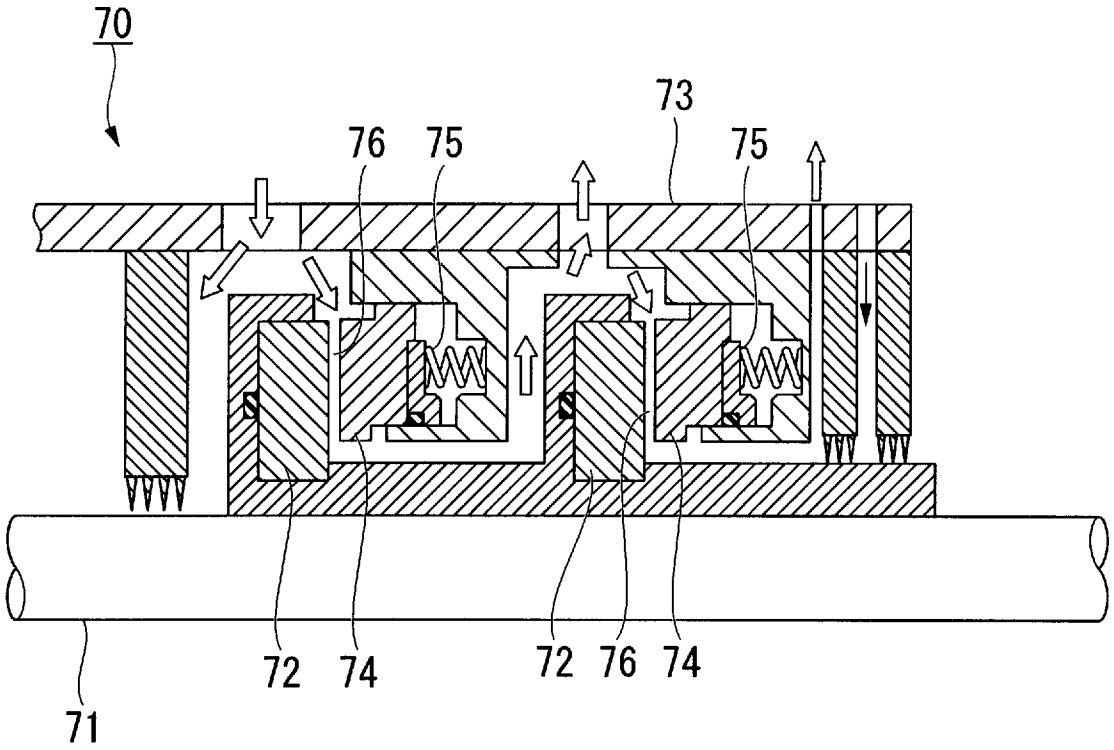
[図11]


CO2循環
システム
21
70
11A
(11)
11B
(11)
12
20
20
71
26
18
13
18
72
29
25
30
28
16
27

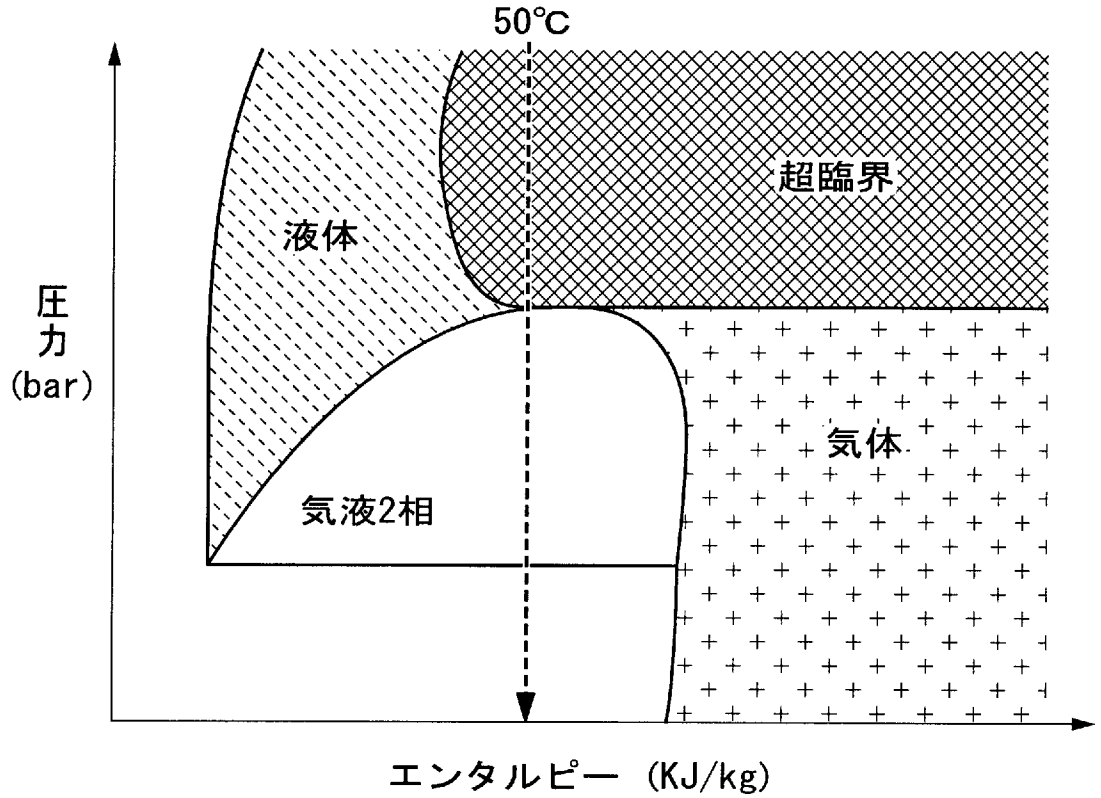
[図12]


CO2循環
システム
21
70
11A
(11)
11B
(11)
73
20
20
71
26
18
13
18
24
29
25
30
28
16
27

[図13]


70
73
76
75
75
72
74
72
76
74
71

[図14]


50℃
超臨界
液体
圧力
(bar)
気体
気液2相
エンタルピー (KJ/kg)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/074768

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16J15/40(2006.01)i, *F16J15/34*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F16J15/40, F16J15/34, F04D29/10, F04D29/12, F04D29/58

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-504136 A (ExxonMobil Upstream Research Co.), 03 February 2011 (03.02.2011), paragraphs [0014], [0020], [0024]; fig. 7 & US 2010/0212493 A1 & WO 2009/064569 A1	1-6
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 113445/1984(Laid-open No. 29166/1986) (NKK Corp.), 21 February 1986 (21.02.1986), specification, page 3, lines 3 to 8 (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 November, 2011 (22.11.11)	06 December, 2011 (06.12.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/074768

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 59-147659 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 24 August 1984 (24.08.1984), page 2, lower left column, line 15 to lower right column, line 10; fig. 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 63-8205 A (Teijin Ltd.), 14 January 1988 (14.01.1988), page 5, upper right column, lines 5 to 6 (Family: none)	3
Y	JP 2003-28094 A (Nuovo Pignone Holding S.p.A.), 29 January 2003 (29.01.2003), paragraph [0012] & EP 1270950 A3	6
A	JP 2612673 B2 (Ebara Corp.), 21 May 1997 (21.05.1997), paragraphs [0026] to [0029] (Family: none)	1-6
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 40910/1990(Laid-open No. 130968/1991) (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 27 December 1991 (27.12.1991), fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2002-13645 A (Nippon Pillar Packing Co., Ltd.), 18 January 2002 (18.01.2002), paragraph [0023]; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 34893/1986(Laid-open No. 147764/1987) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 18 September 1987 (18.09.1987), fig. 1 (Family: none)	4
E,X	JP 2011-231880 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 17 November 2011 (17.11.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０７４７６８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16J15/40(2006.01)i, F16J15/34(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16J15/40, F16J15/34, F04D29/10, F04D29/12, F04D29/58

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2011-504136 A (エクソンモービル　アップストリーム　リサーチ　カンパニー) 2011.02.03, 段落【0014】, 【0020】, 【0024】, 第7図 & US 2010/0212493 A1 & WO 2009/064569 A1	1-6
Y	日本国実用新案登録出願59-113445号(日本国実用新案登録出願公開61-29166号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日本鋼管株式会社）1986.02.21, 明細書第3頁第3-8行（ファミリーなし）	1-6

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２２．１１．２０１１	国際調査報告の発送日 ０６．１２．２０１１
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｗ　３６２０ 鶴江　陽介 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 59-147659 A（三菱重工業株式会社）1984.08.24，第２頁左下欄第15行-右下欄第10行,第２図（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 63-8205 A（帝人株式会社）1988.01.14，第５頁右上欄第5-6行（ファミリーなし）	3
Y	JP 2003-28094 A（ヌオーヴォ　ピニォーネ　ホールディング　ソシエタ　ペル　アチオニ）2003.01.29，段落【0012】 & EP 1270950 A3	6
A	JP 2612673 B2（株式会社荏原製作所）1997.05.21，段落【0026】-【0029】（ファミリーなし）	1-6
A	日本国実用新案登録出願2-40910号(日本国実用新案登録出願公開3-130968号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（イーグル工業株式会社）1991.12.27，第１図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2002-13645 A（日本ピラー工業株式会社）2002.01.18，段落【0023】，第１図（ファミリーなし）	1-6
A	日本国実用新案登録出願61-34893号(日本国実用新案登録出願公開62-147764号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱重工業株式会社）1987.09.18，第１図（ファミリーなし）	4
EX	JP 2011-231880 A（三菱重工業株式会社）2011.11.17，全文，全図（ファミリーなし）	1-6