

(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
2018年6月14日(14.06.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/104987 A1

(51) 国際特許分類:

F04D 29/057 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2016/005098

(22) 国際出願日:

2016年12月9日(09.12.2016)

(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: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES COMPRESSOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目3 4 番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 永尾 英樹(NAGAO, Hideki); 〒7338553 広島県広島市西区観音新町4 丁目6 番2 2 号 三菱重工業株式会社内 Hiroshima (JP).

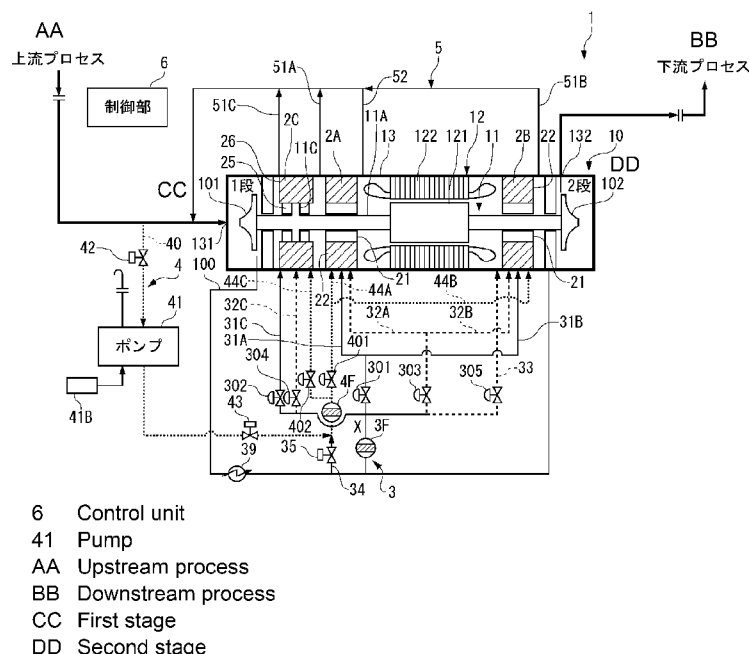
岡村 知明(OKAMURA, Tomoaki); 〒7338553 広島県広島市西区観音新町4 丁目6 番2 2 号 三菱重工業株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 大場 充, 外 (OBA, Mitsuru et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町1 丁目4 番3 号 K Mビル8 階 大場国際特許事務所 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

(54) Title: COMPRESSOR SYSTEM PROVIDED WITH GAS BEARING, AND METHOD FOR SUPPLYING GAS TO COMPRESSOR PROVIDED WITH GAS BEARING

(54) 発明の名称: ガス軸受を備えた圧縮機システム、およびガス軸受を備えた圧縮機にガスを供給する方法



(57) Abstract: The present invention pertains to gas supply to a gas bearing of a compressor, and provides a compressor system which is usable for a long period of time while suppressing device costs and is capable of improving reliability, and a gas supplying method. A compressor system 1 has: compression parts 101, 102 that suck in and compress a gas; a rotor 11 provided with the compression parts 101, 102; gas bearings 2A-2C that support the rotor 11; dynamic pressure



MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, 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, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

generation lines 31A-31C that supply a gas extracted from the gas pressurized by the compression part 101 to the gas bearings 2A-2C; and a static pressure external gas supply system 4 that supplies an external gas from the outside of the compression part 101 to the gas bearings 2A-2C.

(57) 要約: 圧縮機のガス軸受へのガス供給に関し、装置のコストを抑えつつ、長期に亘り使用可能であるとともに、信頼性を向上させることが可能な圧縮機システムおよびガス供給方法を提供すること。圧縮機システム1は、ガスを吸い込んで圧縮する圧縮部101、102と、圧縮部101、102が備えられるロータ11と、ロータ11を支持するガス軸受2A~2Cと、圧縮部101により昇圧したガスからの抽気をガス軸受2A~2Cに供給する動圧発生用ライン31A~31Cと、圧縮部101の外部からの外部ガスをガス軸受2A~2Cに供給する静圧用外部ガス供給系統4と、を有する。

明 細 書

発明の名称：

ガス軸受を備えた圧縮機システム、およびガス軸受を備えた圧縮機にガスを供給する方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガス軸受を備えた圧縮機システム、およびガス軸受を備えた圧縮機にガスを供給する方法に関する。

背景技術

[0002] 圧縮機のロータを支持するジャーナル軸受やスラスト軸受の軸受面にガスの動圧を生じさせてロータを非接触で支持することができる（特許文献１）。

特許文献１では、遠心圧縮機の吐出室から軸受まで連通するガス供給管を使用している。遠心圧縮機により昇圧したガスの一部がガス供給管を通じて軸受に供給されているので、供給されたガスが、回転するロータと軸受のパッドとの間に巻き込まれて気膜を形成し、動圧を生じさせることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開平８－２３２８８５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述のように動圧を発生させてロータを支持するガス軸受は、圧縮機の回転数が低い時には、ロータを支持するに足る動圧を得ることが難しい。

そのため、動圧方式に代えて、ポンプ等でガスを軸受まで圧送し、ロータの回転とは関係なく、軸受のパッドとロータとの間に供給されたガスの圧力（静圧）によりロータを支持する静圧方式を採用することも考えられる。しかし、ロータを支持するに足る大きな圧力を得ることの可能なポンプ装置

の寿命が短いという問題がある。必要な圧力に適合し、かつ長期に亘り使用可能なポンプ装置は、あるとしても非常に高価である。

[0005] 以上より、本発明は、圧縮機のガス軸受へのガス供給に関し、装置のコストを抑えつつ、長期に亘り使用可能であるとともに、信頼性を向上させることが可能な圧縮機システムおよびガス供給方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の圧縮機システムは、ガスを吸い込んで圧縮する圧縮部と、圧縮部が備えられるロータと、ロータを支持するガス軸受と、圧縮部により昇圧したガスからの抽気をガス軸受に供給する動圧発生用ガス供給系統と、圧縮部の外部からの外部ガスをガス軸受に供給する静圧用外部ガス供給系統と、を有することを特徴とする。

「圧縮部の外部からの外部ガス」は、圧縮部を収容するケースの外部からの外部ガスを意味するものとする。

[0007] 本発明の圧縮機システムにおいて、静圧用外部ガス供給系統は、外部ガスを圧送可能な外部ガス供給源を備えることが好ましい。

[0008] 本発明の圧縮機システムは、外部ガス供給源により外部ガスを充填可能なタンクを備えることが好ましい。

[0009] 本発明の圧縮機システムは、抽気をタンクに充填する抽気充填系統を有することが好ましい。

[0010] 本発明の圧縮機システムは、抽気をガス軸受に供給する抽気静圧用ガス供給系統を有することが好ましい。

[0011] 本発明の圧縮機システムは、抽気をガス軸受のパッドに供給するパッド冷却用系統を有することが好ましい。

[0012] 本発明の圧縮機システムは、ロータに回転駆動力を出力するモータと、モータを収容するケーシングの内部におけるモータの近傍へを通じ、抽気をモータに供給するモータ冷却用系統と、を有することが好ましい。

[0013] 本発明の圧縮機システムは、抽気と、抽気よりも温度が低い媒体とを熱交

換させるガスクーラを有することが好ましい。

[0014] 本発明の圧縮機システムは、静圧用外部ガス供給システムを間欠的に使用する制御部を有することが好ましい。

[0015] また、本発明は、ロータを支持するガス軸受を備えた圧縮機にガスを供給する方法であって、ロータが回転している間に亘り、圧縮機により昇圧したガスからの抽気をガス軸受に供給し、ロータの回転速度が規定の動圧充足回転速度に対して低いとき、あるいは、ロータとガス軸受のパッドとの間のギャップ量が規定値に対して小さいときは、圧縮機の外部からの外部ガスおよび抽気のいずれかをガス軸受に供給して静圧を発生させることを特徴とする。

[0016] 本発明のガス供給方法において、動圧充足回転速度は、圧縮機の始動中または停止中の回転速度であることが好ましい。

[0017] 本発明のガス供給方法において、ロータの回転速度が動圧充足回転速度に対して高いときにおいて、ロータとガス軸受のパッドとの間のギャップ量が規定値に対して小さいか、あるいは、ロータの軸の振動値が規定値に対して大きい場合にも、外部ガスおよび抽気のいずれかをガス軸受に供給して静圧を発生させることが好ましい。

[0018] 本発明のガス供給方法において、圧縮機の外部にある外部ガス供給源により圧送される外部ガス、抽気、および、予め外部ガスあるいは抽気が充填されたタンク内のガスのいずれかをガス軸受に供給して静圧を発生させることが好ましい。

[0019] 本発明のガス供給方法において、外部ガス供給源に異常が発生した場合に、タンク内のガスをガス軸受に供給することが好ましい。

[0020] 本発明のガス供給方法において、抽気を用いて、ガス軸受のパッドを冷却することが好ましい。

[0021] 本発明のガス供給方法において、抽気を用いて、ロータに回転駆動力を出力するモータを冷却することが好ましい。

発明の効果

[0022] 本発明の圧縮機システム、または圧縮機のガス軸受へのガス供給方法によれば、抽気と外部ガスとをガス軸受に供給可能であることにより、ロータの支持に必要な動圧を得ることのできる高い回転数のときは、ガス軸受に抽気を供給し、相対的に低い回転数のときは、外部のガスをガス軸受に供給することで静圧により動圧をアシストすることができる。

そうすると、相対的に低い回転数のときであっても、ロータの支持に足りる十分な圧力をガス軸受に確保することができるので、信頼性を向上させることができる。

しかも、外部ガス供給源を間欠的に作動させればよいので、寿命が短くても安価なポンプ装置等を採用することでコストを抑えつつ、長期に亘り使用可能なシステムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]第1実施形態に係る圧縮機システムの構成を示す模式図である。

[図2]ガス軸受のパッドとハウジングとを模式的に示す図である。

[図3]図1に示す圧縮機システムの抽気供給系統を示す図である。

[図4]図1に示す圧縮機システムの外部ガス供給系統を示す図である。

[図5]第1実施形態に係るガス供給方法のプロセスの一例を説明するための図である。

[図6]第1実施形態に係るガス供給方法の手順の一例を示す図である。

[図7]第1実施形態に係るガス供給方法のプロセスの他の例を説明するための図である。

[図8]第1実施形態に係るガス供給方法の手順の他の例を示す図である。

[図9]第2実施形態に係る圧縮機システムの構成を示す模式図である。

[図10]第2実施形態における制御弁の操作の例を示す図である。

[図11]第2実施形態に係るガス供給方法の手順の一例を示す図である。

[図12]第2実施形態に係るガス供給方法の手順の一例を示す図である（図11の続き）。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

〔第 1 実施形態〕

図 1 に示す圧縮機システム 1 は、ガス軸受 2 A～2 C を有する圧縮機 1 0 と、ガス軸受 2 A～2 C にガスを供給する系統である抽気供給系統 3 および外部ガス供給系統 4（静圧用外部ガス供給系統）と、リサイクル系統 5 と、制御部 6 とを備えている。

圧縮機システム 1 は、それよりも上流、下流のプロセスと共にプラント等の設備を構成している。

図 1 において、圧力センサや温度センサ等の計器類の図示は省略している。

[0025] 圧縮機 1 0 は、ロータ 1 1 と、ロータ 1 1 に回転駆動力を出力するモータ 1 2 と、ロータ 1 1 およびモータ 1 2 を収容する車室 1 3 と、ジャーナル軸受 2 A、2 B およびスラスト軸受 2 C とを備えている。これらの軸受 2 A、2 B、2 C は、本実施形態ではいずれもガスが供給されるガス軸受である。

ロータ 1 1 には、吸い込んだガスを圧縮する圧縮部 1 0 1、1 0 2 が備えられている。ロータ 1 1 の一端側に位置する圧縮部 1 0 1（第 1 段）は、遠心力の作用によりガスを圧縮する単一または複数のインペラ（羽根車）を有している。インペラはロータ 1 1 の回転軸 1 1 A の軸回りに固定されている。

ロータ 1 1 の他端側に位置する圧縮部 1 0 2 も同様に単一または複数のインペラを有している。圧縮部 1 0 2（第 2 段）は、圧縮部 1 0 1 により昇圧したガスを吸い込んで圧縮する。圧縮部 1 0 1 から吐出されたガスは、昇圧ガスライン 1 0 0 を通り圧縮部 1 0 2 へと導入される。

[0026] モータ 1 2 は、車室 1 3 に内蔵され、圧縮部 1 0 1 と圧縮部 1 0 2 との間に配置されている。モータ 1 2 は、回転軸 1 1 A に固着されているモータロータ 1 2 1 と、モータロータ 1 2 1 を包囲するステータ 1 2 2 とを有している。ステータ 1 2 2 に備えられたコイルに通電すると、ステータ 1 2 2 に対してモータロータ 1 2 1 が回転し、回転軸 1 1 A に出力される回転駆動力に

より、圧縮部 101, 102 を含めてロータ 11 の全体が回転する。

[0027] 車室 13 は、上流プロセスから供給されるガス（プロセスガス）を圧縮部 101 に導入する導入部 131 と、圧縮部 101, 102 を経て昇圧したガスを下流プロセスへと吐出する吐出部 132 とを有している。

本実施形態の車室 13 は、モータ 12 のケーシングを兼ねている。

[0028] ジャーナル軸受 2A, 2B は、水平方向に延びた回転軸 11A の軸線方向におけるモータ 12 の両側に位置し、回転軸 11A を軸回りに回転可能に支持する。

ジャーナル軸受 2A は、短冊状の複数のパッド 21（図 2 も参照）と、これらのパッド 21 を保持するハウジング 22 とを備えている。パッド 21 は、回転軸 11A の外周面に倣うように湾曲している。

[0029] 回転する回転軸 11A とパッド 21 との間に巻き込まれるガスに動圧が発生することにより、ロータ 11 を自重に抗して浮上させ、パッド 21 とは非接触の状態で支持することができる。しかし、動圧はロータ 11 の回転数（回転速度）に依存するので、低回転数時にもロータ 11 を確実に支持するため、パッド 21 の内周面と回転軸 11A の外周面との間にプロセスガスを十分に供給し、そのガスの圧力（静圧）により、ロータ 11 の浮上を補助するようにしている。

パッド 21 の内周面と回転軸 11A の外周面との間の間隙の寸法（ギャップ量）は、例えば、 $10\mu\text{m}$ 程度である。

[0030] ジャーナル軸受 2A には、後述するように、圧縮部 101 により昇圧したガスからの抽気が動圧を作用させるために供給され、静圧を作用させるために外部のガスや抽気が供給される。

[0031] 図 2 にジャーナル軸受 2A の半割体の一方（下部）を示すように、各パッド 21 は、平面中心部に位置するピボット 23 を中心として揺動可能にハウジング 22 に支持されている。

ハウジング 22 には、パッド 21 の端縁 21A に沿って複数の動圧用ガス供給口 221 が形成されている。これらの動圧用ガス供給口 221 からそれ

ぞれ、回転軸 11 A に向けて供給されるガス（抽気）は、ロータ 11 の回転に伴ってパッド 21 の周辺で流動するガスと共に、パッド 21 と回転軸 11 A との間の隙間に巻き込まれて動圧を発生させ、動圧によりロータ 11 が浮上する。ここで、ガスが巻き込まれることでパッド 21 が揺動するので、くさび作用により効率よく動圧を発生させてロータ 11 を浮上させることができる。

[0032] パッド 21 およびハウジング 22 には、パッド 21 の平面に分布する複数の静圧用ガス供給口 24 が形成されている。これらの静圧用ガス供給口 24 からそれぞれ、パッド 21 の表面 21 B に対向する回転軸 11 A に向けて噴出するガスの圧力により、たとえ回転していなくともロータ 11 が浮上する。

[0033] ハウジング 22 には、パッド 21 の温度上昇を抑えるためにパッド 21 の裏側に供給されるガスの供給口（図示しない）が形成されている。

[0034] ジャーナル軸受 2 B（図 1）も、ジャーナル軸受 2 A と同様に、複数のパッド 21 と、ハウジング 22 とを備えている。

[0035] スラスト軸受 2 C（図 1）は、回転軸 11 A の一端側をスラスト方向に支持する。スラスト軸受 2 C は、回転軸 11 A に設けられた鰐 11 C の両側に配置されるパッド 25 と、それらのパッド 25 を保持するハウジング 26 とを備えている。

パッド 25 と鰐 11 C との間に供給されたガスの圧力（静圧）、または、回転軸 11 A の回転に伴い鰐 11 C とパッド 25 との間に巻き込まれるガスに生じた動圧が、鰐 11 C の両側から作用することにより、鰐 11 C と両側のパッド 25 とが非接触の状態でスラスト方向にロータ 11 が支持される。

スラスト軸受 2 C にも、後述するように、動圧を作用させるために抽気が供給され、静圧を作用させるために外部のガスまたは抽気が供給される。また、スラスト軸受 2 C のパッド 25 に、温度上昇を抑えるためにガスが供給される。

[0036] 圧縮機システム 1 は、ガスが流れる系統として、大略、抽気供給系統 3（

図１および図３）と、外部ガス供給系統４（図１および図４）と、リサイクル系統５（図１）とを備えている。

[0037] （抽気供給系統）

抽気供給系統３は、図３に示すように、抽気から異物を除去するフィルタ３Ｆと、フィルタ３Ｆよりも下流で分岐した動圧発生用ライン３１Ａ～３１Ｃと、調整弁３０１，３０２とを有している。抽気供給系統３は、破線で示すパッド冷却用ライン３２Ａ～３２Ｃと、モータ冷却用ライン３３と、抽気静圧アシストライン３４とを有していることが好ましい。

[0038] 動圧発生用ライン３１Ａ～３１Ｃは、圧縮部１０１により圧縮されることで昇圧したガスの一部である抽気（bleed gas）をガス軸受２Ａ～２Ｃにそれぞれ供給する。

動圧発生用ライン３１Ａ～３１Ｃは、昇圧ガスライン１００を流れるガスの一部が抽気として流入するように、フィルタ３Ｆを介して昇圧ガスライン１００に接続されている。

[0039] 動圧発生用ライン３１Ａ，３１Ｂは、ジャーナル軸受２Ａ，２Ｂにそれぞれ対応し、動圧発生用ライン３１Ｃは、スラスト軸受２Ｃに対応している。動圧発生用ライン３１Ａ，３１Ｂと、動圧発生用ライン３１Ｃとは、分岐点Ｘで分岐している。

[0040] 動圧発生用ライン３１Ａは、ジャーナル軸受２Ａの動圧用ガス供給口２２１（図２）へと通じ、動圧発生用ライン３１Ｂは、ジャーナル軸受２Ｂの動圧用ガス供給口２２１と通じている。動圧発生用ライン３１Ｃは、スラスト軸受２Ｃの図示しない動圧用ガス供給口へと通じている。

[0041] 分岐点Ｘよりも下流に、動圧発生用ライン３１Ａ，３１Ｂを流れるガスの流量を調整可能な調整弁３０１と、動圧発生用ライン３１Ｃを流れるガスの流量を調整可能な調整弁３０２とが設けられている。

調整弁３０１の開度は、ジャーナル軸受２Ａ，２Ｂの各々の動圧用ガス供給口２２１に流入するガスの圧力と、そのガスが流出する動圧用ガス供給口２２１付近の雰囲気圧力の圧力差、または動圧用ガス供給口２２１を流

れるガスの流量に基づいて制御することができる。

同様に、調整弁 302 の開度は、スラスト軸受 2C の動圧用ガス供給口に流入するガスの圧力と、そのガスが流出する動圧用ガス供給口付近の雰囲気圧の圧力との圧力差、または動圧用ガス供給口を流れるガスの流量に基づいて制御することができる。

[0042] 図 3 に示すように、パッド冷却ライン 32A は、ジャーナル軸受 2A のパッド 21 の裏側に通じ、パッド冷却ライン 32B は、ジャーナル軸受 2B のパッド 21 の裏側に通じ、パッド冷却ライン 32C は、スラスト軸受 2C のパッド 25 の裏側に通じている。これらのパッド冷却ライン 32A～32C を通じ、各軸受のハウジングの供給口からパッドの裏側へと供給されるガスにより、パッドが冷却される。それによってパッドの変形を抑え、軸受の負荷容量を確保する。

なお、上述した動圧用ガス供給口 221 や静圧用ガス供給口 24（図 2）から供給されるガスも、パッドの冷却に寄与する。

[0043] フィルタ 3F よりも下流に、パッド冷却ライン 32A、32B を流れるガスの流量を調整可能な調整弁 303 と、パッド冷却ライン 32C を流れるガスの流量を調整可能な調整弁 304 とが設けられている。

調整弁 303、304 の各々の開度は、熱電対やサーミスタ等の温度センサ（図示しない）を用いて検出されたパッドの温度に基づいて制御することができる。

[0044] 昇圧ガスライン 100 から抜き取られた抽気は、フィルタ 3F、調整弁 303 または調整弁 304 を経て、ガス軸受 2A～2C の各々のパッドに、冷却に寄与する温度のガスとして供給される。

冷却の効率を向上させるため、昇圧ガスライン 100 に、空気や水等の冷却用媒体との熱交換により抽気の温度を下げるガスクーラ 39 が備えられることが好ましい。

図 1、図 3 に示すガスクーラ 39 の位置は一例であり、冷却に用いられる抽気の供給系統 3 における例えばフィルタ 3F よりも上流側にガスクーラ 3

9を配置することもできる。

[0045] モータ冷却用ライン33は、車室13の内部におけるモータ12の近傍へと通じており、パッド冷却ライン32A～32Cと同様に抽気を用いて、モータロータ121およびステータ122を冷却する。

抽気は、モータ冷却用ライン33を流れて車室13の内部に供給され、車室13内の圧力勾配に従い、モータロータ121とステータ122との間の間隙や、ステータ122に形成された切欠をロータ11の軸線方向に圧縮部101側へと流れながらモータロータ121およびステータ122を冷却する。

[0046] モータ冷却用ライン33には、流量を調整可能な調整弁305が設けられている。

調整弁305の開度は、検出されたモータロータ121またはステータ122の温度に基づいて制御することができる。

[0047] 抽気静圧アシストライン34には、昇圧ガスライン100を流れるガスの一部が抽気として流入する。抽気静圧アシストライン34は、外部ガス供給系統4（図1）の静圧アシストライン44A～44Cに接続されており、これらの静圧アシストライン44A～44Cを経由してガス軸受2A～2Cにそれぞれ抽気を供給する。

抽気静圧アシストライン34には、開閉可能な制御弁35が設けられている。

[0048] 外部ガス供給系統4の静圧アシストライン44A～44Cを経由することなく、ガス軸受2A～2Cに直接的に抽気を供給するように、抽気静圧アシストライン34を構成することもできる。

[0049] （外部ガス供給系統）

次に、外部ガス供給系統4（図1、図4）は、回転軸11Aをガス軸受2A～2Cのパッドとは非接触に支持するのに必要な圧力の気膜を得るため、圧縮機10の外部からの外部ガスをガス軸受2A～2Cにそれぞれ供給する。

外部ガス供給系統４は、上流プロセスからのプロセスガスが導入されるプロセスガスライン４０と、プロセスガスライン４０により供給されるプロセスガス（外部ガス）を圧送可能なポンプ装置４１と、制御弁４２，４３と、プロセスガスから異物を除去するフィルタ４Ｆと、フィルタ４Ｆよりも下流で分岐した静圧アシストライン４４Ａ～４４Ｃとを備えている。

[0050] 外部ガス供給源であるポンプ装置４１は、低圧の駆動エア４１Ｂを動力源として、供給されたプロセスガスを昇圧し、ガス軸受２Ａ～２Ｃに向けて圧送する。

後述するように、外部ガス供給系統４は、制御弁４２，４３が操作されることにより、間欠的に使用されるので、ポンプ装置４１として、寿命が短くても安価なポンプ、例えば、往復動ポンプを採用することが経済的である。

制御弁４２はプロセスガスライン４０に設けられており、制御弁４３は、ポンプ装置４１よりも下流に設けられている。

[0051] 静圧アシストライン４４Ａ，４４Ｂは、ジャーナル軸受２Ａ，２Ｂにそれぞれ対応しており、静圧アシストライン４４Ｃは、スラスト軸受２Ｃに対応している。

静圧アシストライン４４Ａは、ジャーナル軸受２Ａの静圧用ガス供給口２４（図２）へと通じ、静圧アシストライン４４Ｂは、ジャーナル軸受２Ｂの静圧用ガス供給口２４へと通じている。静圧アシストライン４４Ｃは、スラスト軸受２Ｃの図示しない静圧用ガス供給口へと通じている。

[0052] 静圧アシストライン４４Ａ，４４Ｂには、流量を調整可能な調整弁４０１が設けられている。静圧アシストライン４４Ｃにも、流量を調整可能な調整弁４０２が設けられている。

調整弁４０１の開度は、ジャーナル軸受２Ａ，２Ｂの静圧用ガス供給口２４に流入するガスの圧力と、そのガスが流出する静圧用ガス供給口２４付近の雰囲気圧の圧力差、または静圧用ガス供給口２４を流れるガスの流量に基づいて制御することができる。

同様に、調整弁４０２の開度は、スラスト軸受２Ｃの静圧用ガス供給口に

流入するガスの圧力と、そのガスが流出する静圧用ガス供給口付近の雰囲気
の圧力との圧力差、または静圧用ガス供給口を流れるガスの流量に基づいて
制御することができる。

[0053] 抽気供給系統３の抽気静圧アシストライン３４（図３）に設けられている
制御弁３５を開くことにより、抽気静圧アシストライン３４から静圧アシス
トライン４４Ａ～４４Ｃへと抽気を流入させ、静圧アシストライン４４Ａ～
４４Ｃをそれぞれ通じてガス軸受２Ａ～２Ｃへと抽気を供給することができ
る。

[0054] （リサイクル系統）

上述のように、抽気供給系統３および外部ガス供給系統４によりガス軸受
２Ａ～２Ｃやモータ１２に供給されたガスは、リサイクル系統５（図１）を
通じて圧縮機１０よりも上流に戻されて圧縮部１０１へと導入される。

リサイクル系統５は、軸受リサイクルライン５１Ａ～５１Ｃと、モータリ
サイクルライン５２とを備えている。

軸受リサイクルライン５１Ａ～５１Ｃは、ガス軸受２Ａ～２Ｃのそれぞれ
においてロータ１１の支持またはパッドの冷却に寄与したガスを車室１３の
外側へと流出させる。

モータリサイクルライン５２は、モータロータ１２１とステータ１２２と
の間の間隙等を圧縮部１０１に向けて流れながらモータロータ１２１および
ステータ１２２を冷却したガスを車室１３の外側へと流出させる。

[0055] 制御部６（図１）は、抽気供給系統３に備えられた調整弁３０１～３０５
および制御弁３５と、外部ガス供給系統４に備えられた調整弁４０１，４０
２および制御弁４２，４３とのそれぞれの動作を制御する。

[0056] さて、圧縮機１０へのガスの供給に関し、圧縮機１０の始動から停止まで
のプロセスを説明する。

図５（ａ）は、圧縮機１０の始動開始から停止完了までのロータ１１の回
転数（回転速度）を示している。図５（ｂ）は、ロータ１１の回転に伴いガ
ス軸受２Ａ，２Ｂに発生する動圧を模式的に示している。

ここで、圧縮機 10 の始動開始から暫くの間は、ロータ 11 の回転数が低いため、ガス軸受 2 A, 2 B に発生する動圧が小さく、ロータ 11 を回転可能に支持するには不足する。また、圧縮機 10 を停止させる際も、ロータ 11 の回転数が低下すると、ガス軸受 2 A, 2 B に発生する動圧が不足する。

なお、ガス軸受 2 C についても、始動中や停止中に回転数が低下すると、ロータ 11 をスラスト方向に支持するには動圧が不足する。

[0057] ここで、ロータ 11 の支持に足りる動圧をガス軸受 2 A～2 C に確実に得ることのできる規定の回転数のことを動圧充足回転数 R と称する。この動圧充足回転数 R に対してロータ 11 の回転数が低いときは（図 5（c）に太線で示す期間）、動圧によるロータ 11 の支持を、ガス軸受 2 A～2 C に十分な圧力で供給するガスの静圧により補助（アシスト）する必要がある。

[0058] 以下、図 6 を参照し、本実施形態のガス供給方法の手順の一例を説明する。

（例 1）

モータ 12 に電力が供給されることで圧縮機 10 が昇速開始される（ステップ S 11）よりも前に、制御部 6 は、ポンプ装置 41 を起動し、ガス軸受 2 A～2 C へのガスの供給、つまり、静圧によるアシストを開始する（ステップ S 10）。

[0059] 上流プロセスから供給されるプロセスガス（外部ガス）を用いてアシストするため、制御部 6 により制御弁 42, 43 が開かれる。上流プロセスからプロセスガスライン 40 に供給されたプロセスガスは、ポンプ装置 41 により、静圧アシストライン 44 A～44 C を通じて、ガス軸受 2 A～2 C へと圧送され、ロータ 11 を非接触の状態に支持する。

このとき、ロータ 11 を支持するために必要な圧力で外部ガスを供給できるように、制御部 6 により、ジャーナル軸受 2 A, 2 B については調整弁 401 の開度を調整し、スラスト軸受 2 C については調整弁 402 の開度を調整する。

ガス軸受 2 A～2 C から流出したガスは、軸受リサイクルライン 51 A～

5 1 Cをそれぞれ流れて集合し、圧縮部 1 0 1 へと吸入される。ガス軸受 2 A～2 Cのパッドを冷却した後のガスも同様である。モータ 1 2 を冷却した後のガスは、モータリサイクルライン 5 2 を流れ、軸受 2 A～2 Cからの流出ガスと合流する。

[0060] 制御部 6 は、検出されるロータ 1 1 の回転数が規定の動圧充足回転数 R に到達するまでの間（ステップ S 1 2 で N）、静圧によるアシストを継続する。この間、圧縮部 1 0 1 から昇圧ガスライン 1 0 0 および動圧発生用ライン 3 1 A～3 1 Cを通じてガス軸受 2 A～2 Cに供給される抽気により発生する動圧が、回転数の増加に伴い次第に増加するので、調整弁 4 0 1, 4 0 2 により外部ガスの流量を調整することで、アシストする静圧の供給圧力を減少させてもよい。

[0061] ロータ 1 1 の回転数が動圧充足回転数 R 以上となれば（ステップ S 1 2 で Y）、制御部 6 は、ポンプ装置 4 1 を停止し、ガス軸受 2 A～2 Cへの外部ガスの供給を停止する（ステップ S 1 3）。制御弁 4 2, 4 3 も閉められる。

このとき、静圧によるアシストなしでも、ロータ 1 1 の回転に伴う動圧のみにより、ロータ 1 1 を支持可能な圧力がガス軸受 2 A～2 Cに確実に得られている。

[0062] その後、ロータ 1 1 の回転数が所定の運転回転数にまで増加すると、圧縮機 1 0 の始動が完了し、定常運転に移行する。引き続き、ロータ 1 1 の回転数を検出する（ステップ S 1 4）。

ここでは、制御部 6 あるいは他の制御装置により、ロータ 1 1 の回転数が一定となるように制御するが（図 5（a）参照）、ロータ 1 1 の回転数を所定の範囲内で可変に制御してもよい。

[0063] 制御部 6 は、ロータ 1 1 を支持するために必要な圧力で抽気をガス軸受 2 A～2 Cに供給できるように、ジャーナル軸受 2 A, 2 Bについては調整弁 3 0 1 の開度を調整し、スラスト軸受 2 Cについては調整弁 3 0 2 の開度を調整する。

[0064] 圧縮機 10 の運転中、回転軸 11 A 等から熱が伝わることでガス軸受 2 A ～ 2 C のパッドの温度が上昇する。制御部 6 は、温度センサにより検出されたパッドの温度が規定値よりも高い場合に、調整弁 303, 304 を開き、パッド冷却用ライン 32 A ～ 32 C を通じてガス軸受 2 A ～ 2 C の各パッドに抽気を供給することで、パッドを冷却する。

[0065] 制御部 6 は、ジャーナル軸受 2 A, 2 B については、それらのパッドを冷却し、パッドの変形を避けるのに必要な流量の抽気が供給されるように、調整弁 303 を必要限度で開く。スラスト軸受 2 C についても、同様に、調整弁 304 を必要限度で開く。必要な限度でパッドを冷却することにより、抽気量およびリサイクル量を抑え、圧縮機システム 1 の効率を維持することができる。

なお、抽気供給系統 3 に供給される抽気の温度を検出し、その温度に基づいて調整弁 303, 304 の開度を調整することもできる。

[0066] また、圧縮機 10 の運転中、モータ 12 も発熱する。制御部 6 は、温度センサにより検出されたモータロータ 121 やステータ 122 の温度が規定値よりも高い場合に、調整弁 305 を開き、モータ冷却用ライン 33 を通じてモータロータ 121 およびステータ 122 に抽気を供給することで、モータ 12 を冷却する。

[0067] モータ 12 への電力印加を停止して圧縮機 10 を停止させる際は、ロータ 11 の回転数が次第に低下する。それによってロータ 11 の回転数が回転数 R を下回ると（ステップ S14 で Y）、ガス軸受 2 A ～ 2 C に不足する動圧を補うため、制御部 6 は、ポンプ装置 41 を起動し（ステップ S15）、外部ガスの静圧によるアシストをロータ 11 の回転が停止するまで（ステップ S16 で Y）継続する。

このとき、制御弁 42, 43 が制御部 6 により開かれ、ポンプ装置 41 により、外部ガスが静圧アシストライン 44 A ～ 44 C を通じてガス軸受 2 A ～ 2 C へと圧送される。回転数の減少に伴い次第に減少する動圧を補うことのできる静圧をガス軸受 2 A ～ 2 C に供給できるように、必要に応じて調整

弁401, 402により外部ガスの流量を調整する。

[0068] ロータ11の回転が停止し、圧縮機10の動作が完全に停止すると（ステップS16でY）、制御部6は、ポンプ装置41を停止し、ガス軸受2A～2Cへの外部ガスの供給を停止する（ステップS17）。制御弁42, 43も閉められる。

[0069] ところで、ロータ11の回転数が動圧充足回転数Rを上回っている間にも、ロータ11とパッドとの間のギャップ量が不足したり、不安定となったりする可能性がある。

図7（c）は、ガス軸受2A, 2Bのパッド21に対するロータ11の浮上量であるギャップ量を示している。ギャップ量は、パッド21の表面と回転軸11Aの外周面との間の距離に相当する。

このギャップ量は、例えば図7（c）にc1, c2で示すように、変動する場合がある。ガス軸受2Cのパッドとロータ11の鏑11Cとの間のギャップ量も、同様に変動する場合がある。例えば、定常運転中のロータ11の通常の負荷であれば動圧のみによりロータ11を支持できているところ、強い振動や、流量の急激な変化等によりガス軸受2A～2Cに過大な負荷が掛かった場合に、ギャップ量が、ロータ11を安定して支持可能なギャップ量に対して不足しうる。

[0070] ギャップ量の不足によるロータ11とパッド21との接触のおそれをなくすため、図7（d）にd1, d2で示す区間のように、ギャップ量が規定値に対して低いときにも、動圧をアシストする静圧用のガスをガス軸受2A～2Cに供給するとよい。

静圧によるアシストを行う指標として、ギャップ量の他に、ロータ11の回転軸11Aの振動値（以下、軸振動値）を用いることもできる。軸振動値が規定値に対して大きいときに、静圧用のガスをガス軸受2A～2Cに供給すればよい。

[0071] 以下、図8を参照し、本実施形態のガス供給方法の手順の他の例（例2）を説明する。

(例 2)

例 2 では、圧縮機 10 の始動開始から、ロータ 11 の回転数が動圧充足回転数 R に到達するまでの間は、上述の例 1 と同様に、ポンプ装置 41 を用いて外部ガスをガス軸受 2A～2C に供給することで (S10～S13)、ロータ 11 を支持可能なガスの圧力をガス軸受 2A～2C に確保する。

[0072] その後は、渦電流式や静電容量式の測距センサにより検出されたギャップ量が規定値を下回る場合に (ステップ S24 で Y)、制御部 6 は、静圧用のガス (ここでは抽気) をガス軸受 2A～2C に供給して動圧をアシストする (ステップ S25)。

モータ 12 やガス軸受 2A～2C の冷却は、例 1 と同様にして行うことができる。

[0073] 静圧によるアシストのためガス軸受 2A～2C に供給するガスとして、圧縮機 10 の外部からのガス (プロセスガス)、および圧縮部 101 からの抽気のいずれかを用いることができる。

ここでは、抽気を使用するものとする (ステップ S25)。そのため、制御弁 35 を開き、昇圧ガスライン 100 から抽気静圧アシストライン 34 に流入した抽気をガス軸受 2A～2C に供給する。

ステップ S25 のように、静圧によるアシストのために専ら抽気を用いると、ポンプ装置 41 が万が一故障したとしても、静圧によるアシストに影響ない。

[0074] 上記に限らず、ポンプ装置 41 が健全である場合には、ポンプ装置 41 により送られる外部ガスを静圧によるアシストに用いるようにしてもよい。

[0075] その後、ロータ 11 の支持が不安定な状態を脱するまで静圧用のガスの供給を継続する (ステップ S26)。不安定な状態を脱したならば (ステップ S26 で Y)、静圧用の抽気の供給を終了し (ステップ S27)、制御弁 35 を閉める等の必要な処理を行う。

不安定な状態を脱したと判定するための条件は、適宜に定めることができる。例えば、ギャップ量が規定の時間に亘り規定値を上回ったり、軸振動値

が規定値を上回ったりすることが挙げられる。

[0076] 圧縮機 10 の停止中に、ロータ 11 の回転数が規定の動圧充足回転数 R を下回ると（ステップ S 28 で Y）、図 6 のステップ S 20（S 15～S 17）と同様に、圧縮機 10 が完全に停止するまでの間、ポンプ装置 41 を用いて外部ガスをガス軸受 2 A～2 C に供給する（ステップ S 20）。

[0077] 以上で説明した本実施形態によれば、低回転数時に不足しがちな動圧が静圧により補われることで、ロータ 11 の支持に足りる十分な圧力をガス軸受 2 A～2 C に確保することができるので、圧縮機システム 1 の信頼性を向上させることができる。

本実施形態では、規定の動圧充足回転数 R に対して高い回転数のときは、ガス軸受 2 A～2 C に抽気を供給して動圧のみによりロータ 11 を支持しており（図 6 の S 14、図 8 の S 24～S 28）、動圧充足回転数 R に対して低い回転数となる始動中および停止中は、外部ガスの静圧により動圧をアシストする（図 6 および図 8 の S 10～S 13、S 20）。そのため、外部ガスを圧送するポンプ装置 41 は圧縮機 10 の始動開始から停止終了までのプロセスの一部で間欠的に作動するだけであり、寿命が短いポンプ装置 41 を用いていても、長期間に亘り圧縮機システム 1 を使用可能である。

したがって、寿命が短くても安価なポンプ装置 41 を採用することでコストを抑えつつ、長期に亘り使用可能であるとともに、信頼性の高い圧縮機システム 1 を実現することができる。

[0078] また、ガス軸受 2 A～2 C のパッドやモータ 12 を冷却するガスとして、外部ガスではなく抽気を用いているため、間欠的に作動するポンプ装置 41 により外部ガスが供給されるタイミングとは関係なく、パッドやモータ 12 を必要なときに冷却することができる。

[0079] さらに、図 7 および図 8 に示すように、ギャップ量や軸振動値に基づいて静圧によるアシストを行うことで、ロータ 11 を運転中に亘り安定して支持し、信頼性をより向上させることができる。

[0080] 圧縮部 101 により昇圧したガスからの抽気を動圧発生に用いる代わりに

、あるいは、圧縮部１０１により昇圧したガスと併用して、第２段の圧縮部１０２により昇圧したガスからの抽気を動圧発生に用いることもできる。

圧縮部１０２により昇圧したガスからの抽気をパッドの冷却やモータ１２の冷却に用いる場合には、昇圧したガスの温度を確実に下げるため、圧縮部１０２により昇圧したガスが流れる抽気供給系統（図示しない）に、ガスクーラを設けることが好ましい。

[0081] 〔第２実施形態〕

次に、図９～図１２を参照し、本発明の第２実施形態に係る圧縮機システム７について説明する。

第２実施形態の圧縮機システム７は、図９に示すように、タンク４５を備える点が、第１実施形態の圧縮機システム１（図１）とは相違する。以下、第１実施形態と相違する事項を中心に述べる。第１実施形態と同様の構成には同じ符号を付している。

[0082] 第２実施形態における外部ガス供給系統４は、ポンプ装置４１、制御弁４２、４３、および静圧アシストライン４４Ａ～４４Ｃに加えて、逆止弁４１Ａと、ポンプ装置４１に異常が発生したときのバックアップ用タンクとして機能させることが可能なタンク４５と、制御弁４６、４７を備えている。

制御部８により、制御弁４２、４３、４６、４７の開閉が可能である。

[0083] タンク４５は、規定の内圧まで充填される外部ガスを貯留する。圧縮機１０の始動、停止時等、静圧を必要とするときに、ポンプ装置４１に異常が発生していたとしても、タンク４５内のガスだけで、ロータ１１を支持可能な十分な圧力のガスを必要な時間に亘り賄えるように、タンク４５の容量と内圧が定められる。

[0084] ポンプ装置４１よりも下流とタンク４５とは、接続ライン４８を介して接続されている。接続ライン４８を通じて、ポンプ装置４１によりタンク４５へと外部ガスを充填することができる。

[0085] タンク４５には、昇圧ガスライン１００から分岐した抽気充填ライン３６が接続されている。この抽気充填ライン３６を通じてタンク４５に抽気を充

填することも可能である。

[0086] 図 10 (a) ~ (c) を参照し、制御弁 43, 46, 47 の操作の例を示す。

ポンプ装置 41 (図 9) により外部ガスをタンク 45 に充填するときは、制御部 8 により、図 10 (a) に示すように、接続ライン 48 に設けられている制御弁 46 を開き、制御弁 47, 43 を閉める。図 10 (a) ~ (c) において、閉まっている弁を黒色で塗りつぶして示している。ポンプ装置 41 の能力によっては、制御弁 46, 43 のいずれも開くことで、ポンプ装置 41 によるタンク 45 への充填と、ポンプ装置 41 による静圧用の外部ガスの供給とを並行して行うことができる。

[0087] 抽気充填ライン 36 を通じてタンク 45 へと抽気を充填するときは、図 10 (b) に示すように、抽気充填ライン 36 に設けられている制御弁 47 を開き、制御弁 46, 43 を閉める。

[0088] そして、タンク 45 に充填されているガスを静圧によるアシストのために使うときは、ポンプ装置 41 が停止している状態で、図 10 (c) に示すように、制御弁 46 および制御弁 43 を開き、制御弁 47 を閉める。逆止弁 41A が存在しているため、タンク 45 内のガスがポンプ装置 41 へと逆流しない。

[0089] 以下、図 11 および図 12 を参照し、第 2 実施形態の圧縮機システム 7 に適用されるガス供給方法の手順の一例を説明する。

第 2 実施形態では、ポンプ装置 41 の異常発生時のバックアップとして、タンク 45 と抽気とを用いる。

本実施形態では、圧縮機 10 の始動を開始するにあたり、下記で述べるように、ポンプ装置 41 の異常発生を検知する (ステップ S31)。但し、圧縮機 10 の運転中、ポンプ装置 41 の異常発生を定期的に検知することもできる。

ポンプ装置 41 に異常が発生していることは、例えば、ポンプ装置 41 に設けられた圧力計が示す圧力が小さいことにより検知することができる。

[0090] 図 1 1 に示すように、まず、ポンプ装置 4 1 が健全に作動するかどうかを判定し（ステップ S 3 1）、ポンプ装置 4 1 に異常が発生しているならば（ステップ S 3 1 で N）、圧縮機 1 0 の始動を中断する。

ポンプ装置 4 1 が健全であるならば（ステップ S 3 1 で Y）、圧縮機 1 0 を始動させる（ステップ S 3 2）。そして、上述の例 1 や例 2 と同様に、ロータ 1 1 の回転数が動圧充足回転数 R に到達するまでの間、ポンプ装置 4 1 を用いて外部ガスをガス軸受 2 A～2 C に供給する（ステップ S 1 0～S 1 3）。制御弁 4 6 は閉めておく。

[0091] さらに、バックアップとして機能するように、規定のタンク内圧となるまでタンク 4 5 にガスを充填する（ステップ S 3 3～S 3 8）。

ポンプ装置 4 1 が健全であるならば（ステップ S 3 4 で Y）、ポンプ装置 4 1 により、接続ライン 4 8 を通じてタンク 4 5 にプロセスガスを充填する（ステップ S 3 5, S 3 7, S 3 8）。充填中は、制御弁 4 6 を開き、制御弁 4 3 は閉める。

ポンプ装置 4 1 に異常が発生しているならば（ステップ S 3 4 で N）、制御弁 4 7 を開き、制御弁 4 6 を閉めることで、抽気充填ライン 3 6 を通じて抽気をタンク 4 5 に充填する（ステップ S 3 6～S 3 8）。その際、制御弁 4 3 を開いてポンプ装置 4 1 により静圧用ガスをガス軸受 2 A～2 C に供給することもできる。

上記のように、ポンプ装置 4 1 と抽気とを使用できることにより、タンク 4 5 への充填に関し信頼性が向上する。

[0092] 続いて、図 1 2 へと進み、ギャップ量（または軸振動値）を検出しながら（ステップ S 3 9）運転を継続する。

運転中は、抽気供給系統 3 のパッド冷却用ライン 3 2 A～3 2 C やモータ冷却用ライン 3 3 を通じて抽気を供給することにより、モータ 1 2 やガス軸受 2 A～2 C を冷却することができる。

[0093] もしギャップ量が規定値を下回れば（ステップ S 3 9 で Y）、静圧用のガスをガス軸受 2 A～2 C に供給する動圧アシストを開始する（ステップ S 4

0)。

第2実施形態では、静圧により動圧をアシストするためガス軸受2 A～2 Cに供給するガスとして、外部ガス（プロセスガス）、タンク4 5内のガス、および圧縮部1 0 1により昇圧したガスからの抽気のいずれかを用いることができる。

[0094] ここでは、ポンプ装置4 1が健全であれば（ステップS 4 0 1でY）、ポンプ装置4 1により送られる外部ガスを使用する（ステップS 4 0 2）。

ポンプ装置4 1に異常が発生していれば（ステップS 4 0 1でN）、タンク4 5の内圧を検出し（ステップS 4 0 3）、タンク4 5の内圧が規定値以上であるとき（Y）、制御弁4 6, 4 3を開いて（図1 0（b））タンク4 5内のガスを静圧によるアシストに使用する（ステップS 4 0 4）。

なお、ポンプ装置4 1に異常が発生しているならば、圧縮機1 0を停止させる処理に移行してもよい。

[0095] そして、タンク4 5の内圧が規定値を下回っているときは（ステップS 4 0 3でN）、制御弁3 5を開き、抽気静圧アシストライン3 4を通じて抽気をガス軸受2 A～2 Cに供給する（ステップS 4 0 5）。

[0096] 必ずしもステップS 4 0 1～S 4 0 5のようにして、静圧によりアシストするために用いるガスを定める必要はない。例えば、ロータ1 1の回転数が規定の回転数に対して高い場合には抽気を使用し、そうでなければタンク4 5内のガスを使用するようにしてもよい。

[0097] その後、例2（図8）で説明したのと同様に、ロータ1 1の支持が不安定な状態を脱するまで静圧用のガスの供給を継続する（ステップS 4 1）。不安定な状態を脱したならば（ステップS 4 1でY）、静圧用のガスの供給を終了する（ステップS 4 2）。使用していたガスに応じて、ポンプ装置4 1の停止や、制御弁4 2, 4 3あるいは制御弁3 5を閉める等の必要な処理を行う。

その後は、必要に応じて、タンク4 5への充填を行う（図1 1に示すステップS 3 3～S 3 8）。

[0098] 圧縮機 10 を停止する際に、ロータ 11 の回転数が規定の動圧充足回転数 R を下回ると（ステップ S 43 で Y）、図 6 のステップ S 20（S 15～S 17）と同様に、圧縮機 10 が完全に停止するまでの間、ポンプ装置 41 を用いて外部ガスをガス軸受 2A～2C に供給する（ステップ S 44）。

その後、次の運転に備えて、ポンプ装置 41 によりタンク 45 にプロセスガスを充填しておくことが好ましい（ステップ S 45～S 47）。

そうすると、始動時に、ポンプ装置 41 を作動させなくても、タンク 45 内のガスをガス軸受 2A～2C に供給することができる。

図 11～図 12 に示す制御の例とは異なり、ポンプ装置 41 よりもタンク 45 を優先的に用いることもできる。

[0099] 第 2 実施形態によれば、静圧によるアシストに関し、基本的にはポンプ装置 41 により送られる外部ガスを使用しつつも（ステップ S 402）、ポンプ装置 41 に故障等の異常が発生した場合には、タンク 45 内に充填されたガスを使用し（ステップ S 404）、タンク 45 内に十分な圧力のガスがなければ、圧縮機 10 が運転している限りは得ることのできる抽気を用いることができる（ステップ S 405）。そのため、ポンプ装置 41 の異常時にも静圧アシストの機能を喪失しない冗長性をシステムに与え、圧縮機システム 7 の信頼性を向上させることができる。

[0100] 上記以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

上記の各実施形態で示した種々の弁やラインの構成は一例であり、適宜に変更して設計することができる。

[0101] 圧縮機 10 の始動時、停止時における静圧アシストの指標として、図 6，8，11，12 に示したようにロータ 11 の回転数を用いる代わりに、ロータ 11 と軸受パッドとの間のギャップ量を用いることもできる。例えば、図 6 のステップ S 12 やステップ S 14 において、ギャップ量が規定値に対して低い場合に（ステップ S 12，S 14 で Y）、動圧をアシストする静圧用のガスをガス軸受 2A～2C に供給するとよい。

- [0102] スラスト軸受 2 C は、ガス軸受に限定されず、油すべり軸受、転がり軸受、磁気軸受などの軸受でも良い。
- [0103] 本発明の圧縮機は、上記の各実施形態のように第 1 段および第 2 段の圧縮部 1 0 1, 1 0 2 を備えるものには限らず、単一の圧縮部を備えるものであってもよい。車室 1 3 の外側で、回転軸 1 1 A の両端がガス軸受により支持される構造である場合は、車室 1 3 の外側にガス軸受のハウジングを設置することができる。
- [0104] また、本発明における圧縮部として、回転軸 1 1 A の回転により圧縮する機構である限り、適宜な構成の圧縮部を採用することができる。
- [0105] モータ 1 2 は、必ずしも車室 1 3 に内蔵されている必要はなく、車室 1 3 の外側に配置することもできる。その場合は、車室 1 3 から突出した回転軸 1 1 A にモータロータ 1 2 1 が結合し、モータロータ 1 2 1 およびステータ 1 2 2 がケーシングに收容される。モータ 1 2 を冷却する場合は、そのケーシング内に抽気を送るラインを構成すればよい。
- [0106] 本発明における圧縮機の動力源は、モータ 1 2 には限らず、蒸気タービン等の適宜な動力源による回転駆動力がロータ 1 1 に入力されるように構成することができる。
- [0107] 本発明の圧縮機システムに、メインのポンプ装置とサブのポンプ装置とが備えられていてもよい。普段はメインのポンプ装置を使用してプロセスガスをガス軸受 2 A ~ 2 C に供給し、メインのポンプ装置に異常が発生したときにサブのポンプ装置に切り替えることができる。この場合、タンク 4 5 を省略しても、十分な信頼性を確保することができる。

符号の説明

- [0108] 1 圧縮機システム
- 2 A, 2 B ジャーナル軸受
- 2 C スラスト軸受
- 3 抽気供給系統
- 3 F フィルタ

- 4 外部ガス供給系統（静圧用外部ガス供給系統）
- 4 F フィルタ
- 5 リサイクル系統
- 6 制御部
- 7 圧縮機システム
- 8 制御部
- 1 0 圧縮機
- 1 1 ロータ
- 1 1 A 回転軸
- 1 1 C 鰐
- 1 2 モータ
- 1 3 車室
- 2 1 パッド
- 2 1 A 端縁
- 2 2 ハウジング
- 2 3 ピボット
- 2 4 静圧用ガス供給口
- 2 5 パッド
- 2 6 ハウジング
- 3 1 A～3 1 C 動圧発生用ライン（動圧発生用ガス供給系統）
- 3 2 A～3 2 C パッド冷却用ライン（パッド冷却用系統）
- 3 3 モータ冷却用ライン（モータ冷却用系統）
- 3 4 抽気静圧アシストライン（抽気静圧用ガス供給系統）
- 3 5 制御弁
- 3 6 抽気充填ライン（抽気充填系統）
- 3 9 ガスクーラ
- 4 0 プロセスガスライン
- 4 1 ポンプ装置（外部ガス供給源）

- 4 1 A 逆止弁
- 4 2, 4 3, 4 6, 4 7 制御弁
- 4 4 A～4 4 C 静圧アシストライン
- 4 5 タンク
- 4 8 接続ライン
- 5 1 A～5 1 C 軸受リサイクルライン
- 5 2 モータリサイクルライン
- 1 0 0 昇圧ガスライン
- 1 0 1, 1 0 2 圧縮部
- 1 2 1 モータロータ
- 1 2 2 ステータ
- 1 3 1 導入部
- 1 3 2 吐出部
- 2 2 1 動圧用ガス供給口
- 3 0 1, 3 0 2 調整弁
- 3 0 3, 3 0 4 調整弁
- 3 0 5 調整弁
- 4 0 1, 4 0 2 調整弁
- R 動圧充足回転数（動圧充足回転速度）
- X 分岐点

請求の範囲

- [請求項1] ガスを吸い込んで圧縮する圧縮部と、
 前記圧縮部が備えられるロータと、
 前記ロータを支持するガス軸受と、
 前記圧縮部により昇圧した前記ガスからの抽気を前記ガス軸受に供給する動圧発生用ガス供給系統と、
 前記圧縮部の外部からの外部ガスを前記ガス軸受に供給する静圧用外部ガス供給系統と、を有する、
 ことを特徴とする圧縮機システム。
- [請求項2] 前記静圧用外部ガス供給系統は、
 前記外部ガスを圧送可能な外部ガス供給源を備える、
請求項 1 に記載の圧縮機システム。
- [請求項3] 前記外部ガス供給源により前記外部ガスを充填可能なタンクを備える、
請求項 2 に記載の圧縮機システム。
- [請求項4] 前記抽気を前記タンクに充填する抽気充填系統を有する、
請求項 3 に記載の圧縮機システム。
- [請求項5] 前記抽気を前記ガス軸受に供給する抽気静圧用ガス供給系統を有する、
請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の圧縮機システム。
- [請求項6] 前記抽気を前記ガス軸受のパッドに供給するパッド冷却用系統を有する、
請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の圧縮機システム。
- [請求項7] 前記ロータに回転駆動力を出力するモータと、
 前記モータを収容するケーシングの内部における前記モータの近傍へと通じ、前記抽気を前記モータに供給するモータ冷却用系統と、を有する、
請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の圧縮機システム。

- [請求項8] 前記抽気と、前記抽気よりも温度が低い媒体とを熱交換させるガスクーラを有する、
請求項6または7に記載の圧縮機システム。
- [請求項9] 前記静圧用外部ガス供給システムを間欠的に使用する制御部を有する、
請求項1から8のいずれか一項に記載の圧縮機システム。
- [請求項10] ロータを支持するガス軸受を備えた圧縮機にガスを供給する方法であって、
前記ロータが回転している間に亘り、前記圧縮機により昇圧した前記ガスからの抽気を前記ガス軸受に供給し、
前記ロータの回転速度が規定の動圧充足回転速度に対して低いとき、あるいは、前記ロータと前記ガス軸受のパッドとの間のギャップ量が規定値に対して小さいときは、
前記圧縮機の外部からの外部ガス、および前記抽気のいずれかを前記ガス軸受に供給して静圧を発生させる、
ことを特徴とするガス供給方法。
- [請求項11] 前記動圧充足回転速度は、前記圧縮機の始動中または停止中の回転速度である、
請求項10に記載のガス供給方法。
- [請求項12] 前記ロータの回転速度が前記動圧充足回転速度に対して高いときにおいて、
前記ロータと前記ガス軸受のパッドとの間のギャップ量が規定値に対して小さいか、あるいは、前記ロータの軸の振動値が規定値に対して大きい場合にも、
前記外部ガスおよび前記抽気のいずれかを前記ガス軸受に供給して静圧を発生させる、
請求項10または11に記載のガス供給方法。
- [請求項13] 前記圧縮機の外部にある外部ガス供給源により圧送される前記外部ガス、前記抽気、および、予め前記外部ガスあるいは前記抽気が充填

されたタンク内のガスのいずれかを前記ガス軸受に供給して静圧を発生させる、

請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載のガス供給方法。

[請求項14] 前記外部ガス供給源に異常が発生した場合に、前記タンク内のガスを前記ガス軸受に供給する、

請求項 13 に記載のガス供給方法。

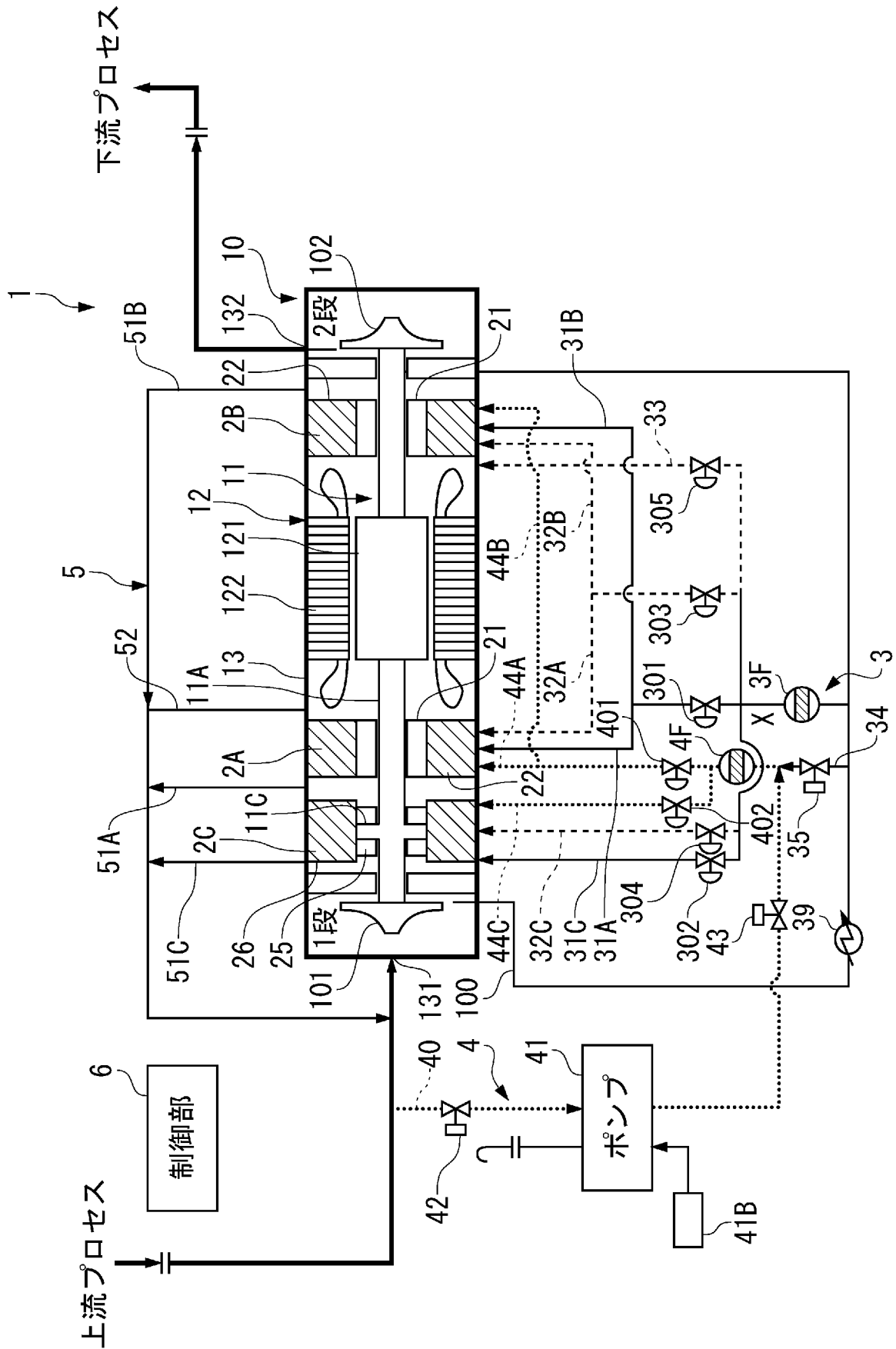
[請求項15] 前記抽気を用いて、前記ガス軸受のパッドを冷却する、

請求項 10 から 14 のいずれか一項に記載のガス供給方法。

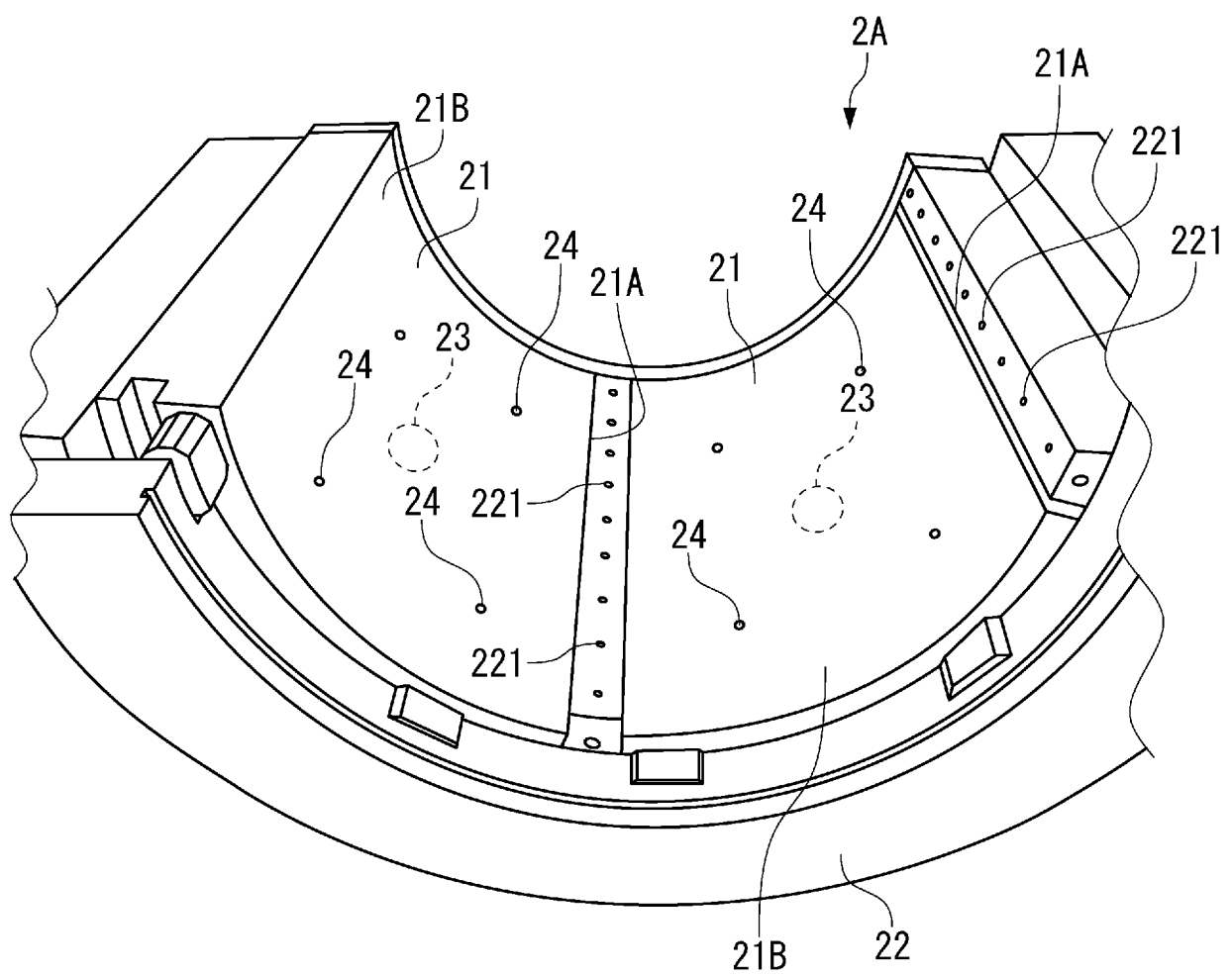
[請求項16] 前記抽気を用いて、前記ロータに回転駆動力を出力するモータを冷却する、

請求項 10 から 15 のいずれか一項に記載のガス供給方法。

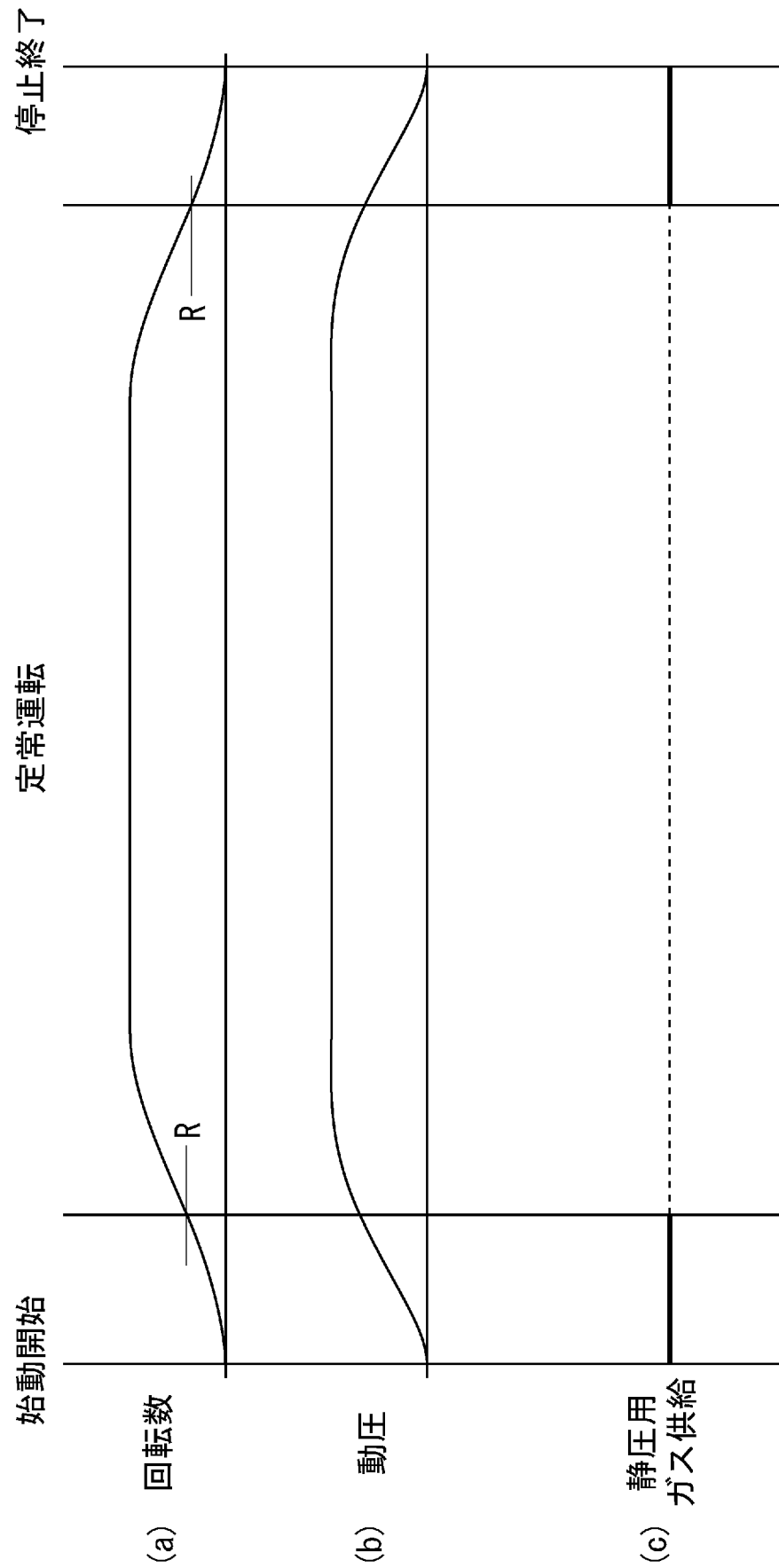
[図1]



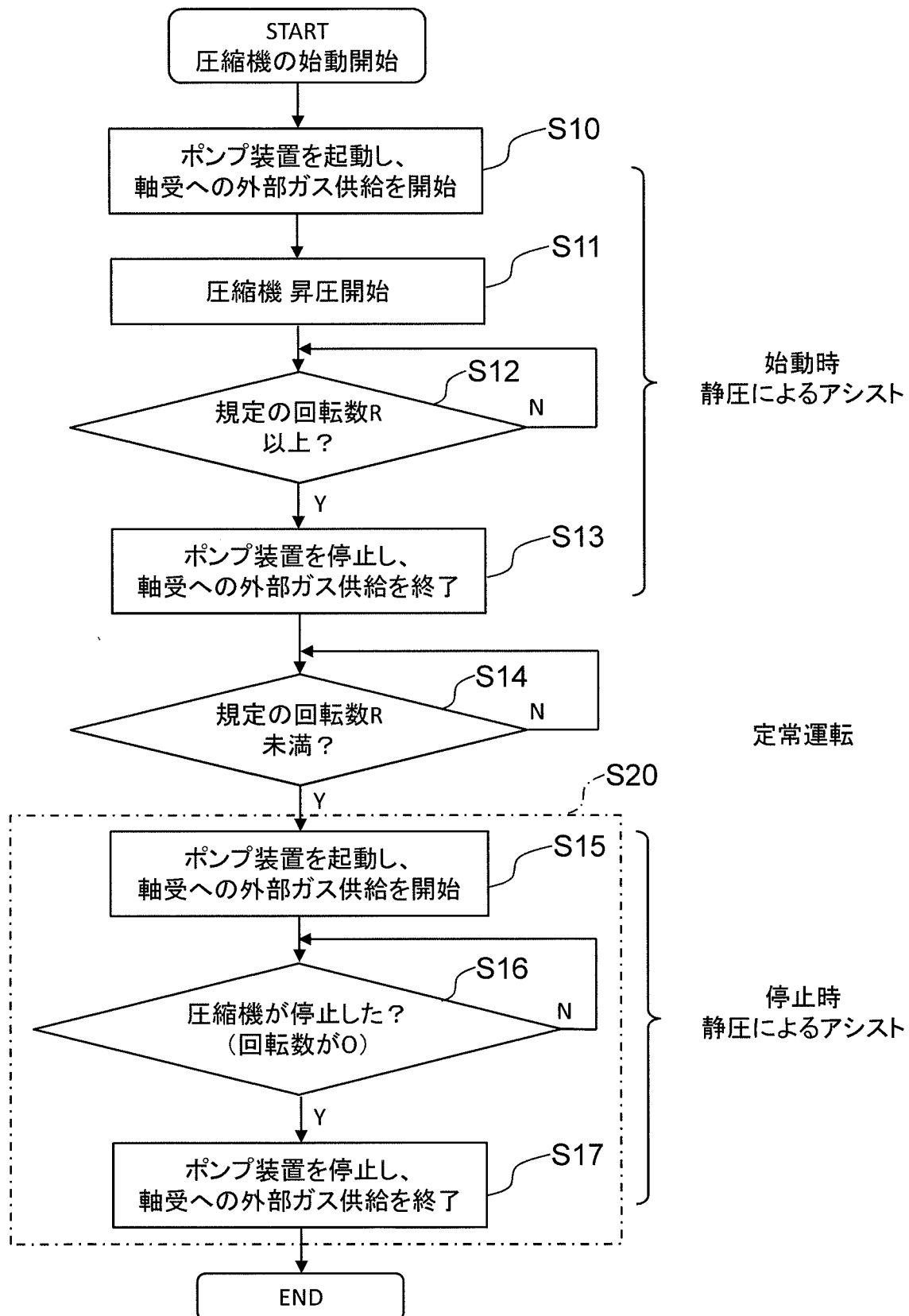
[図2]



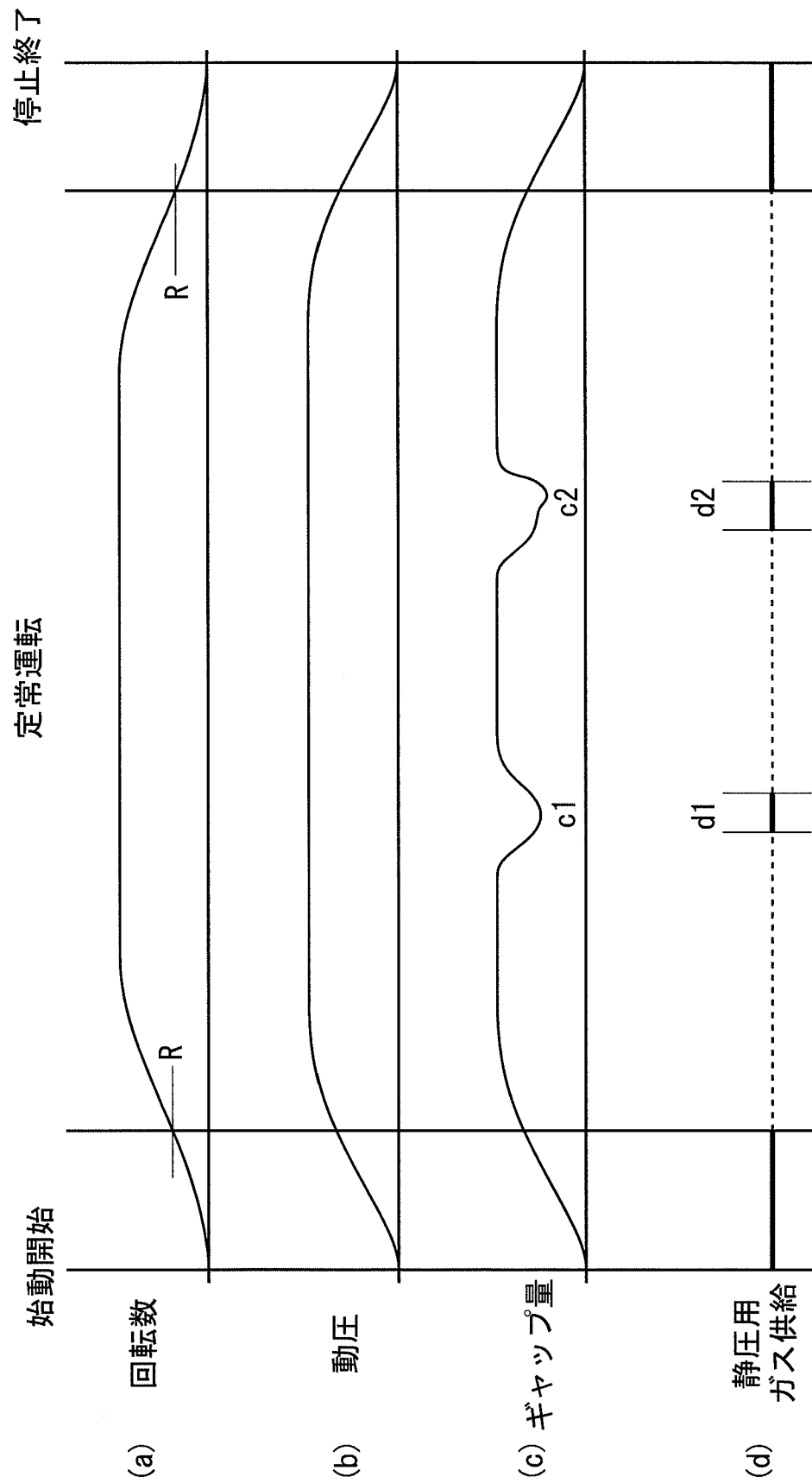
[図5]



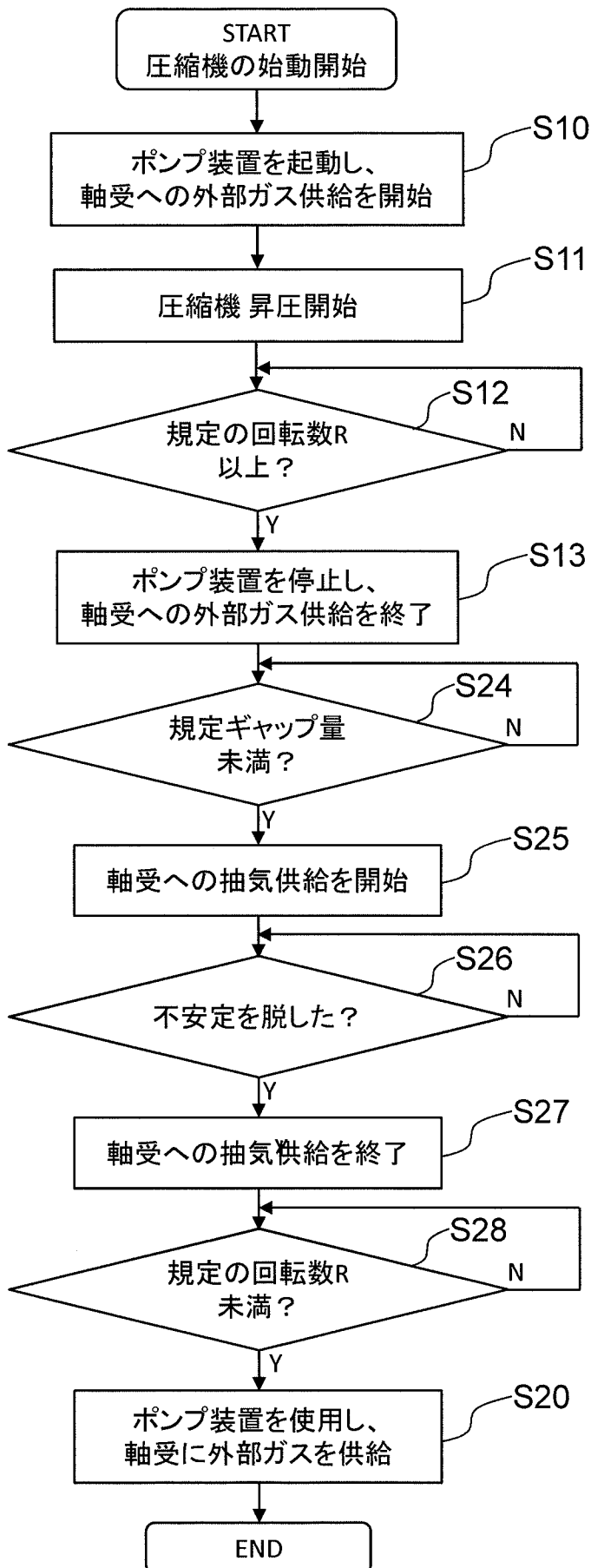
[図6]



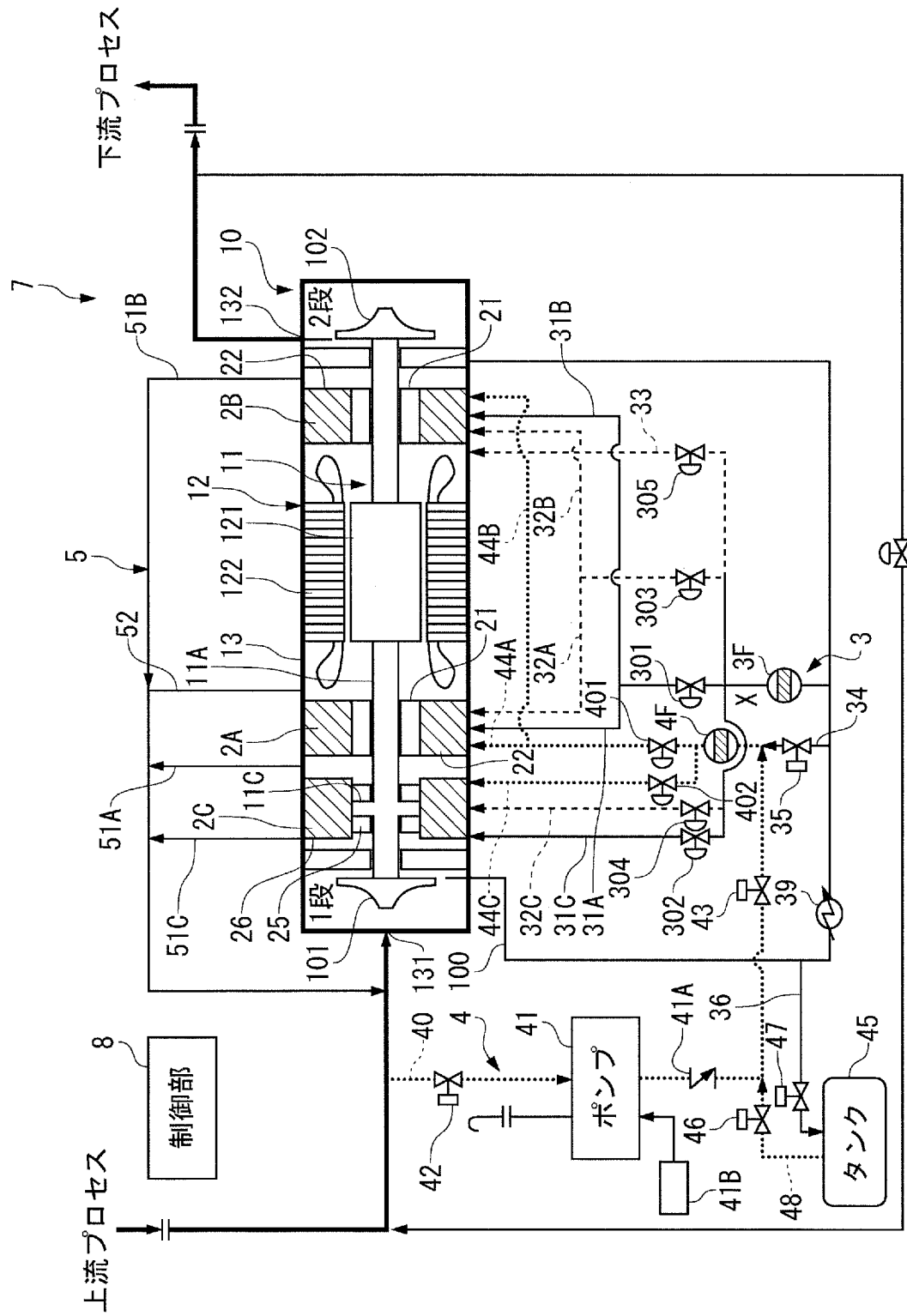
[図7]



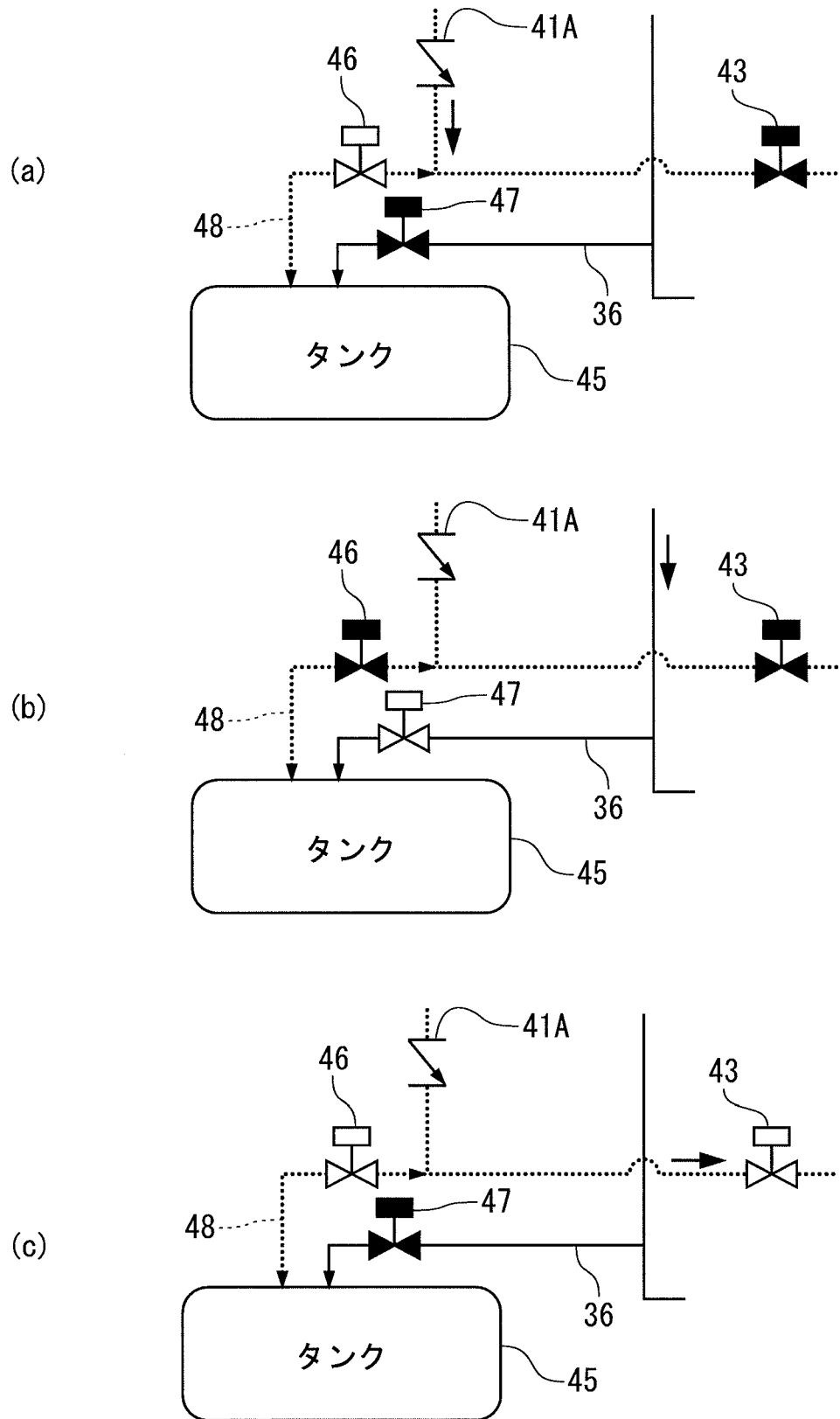
[図8]



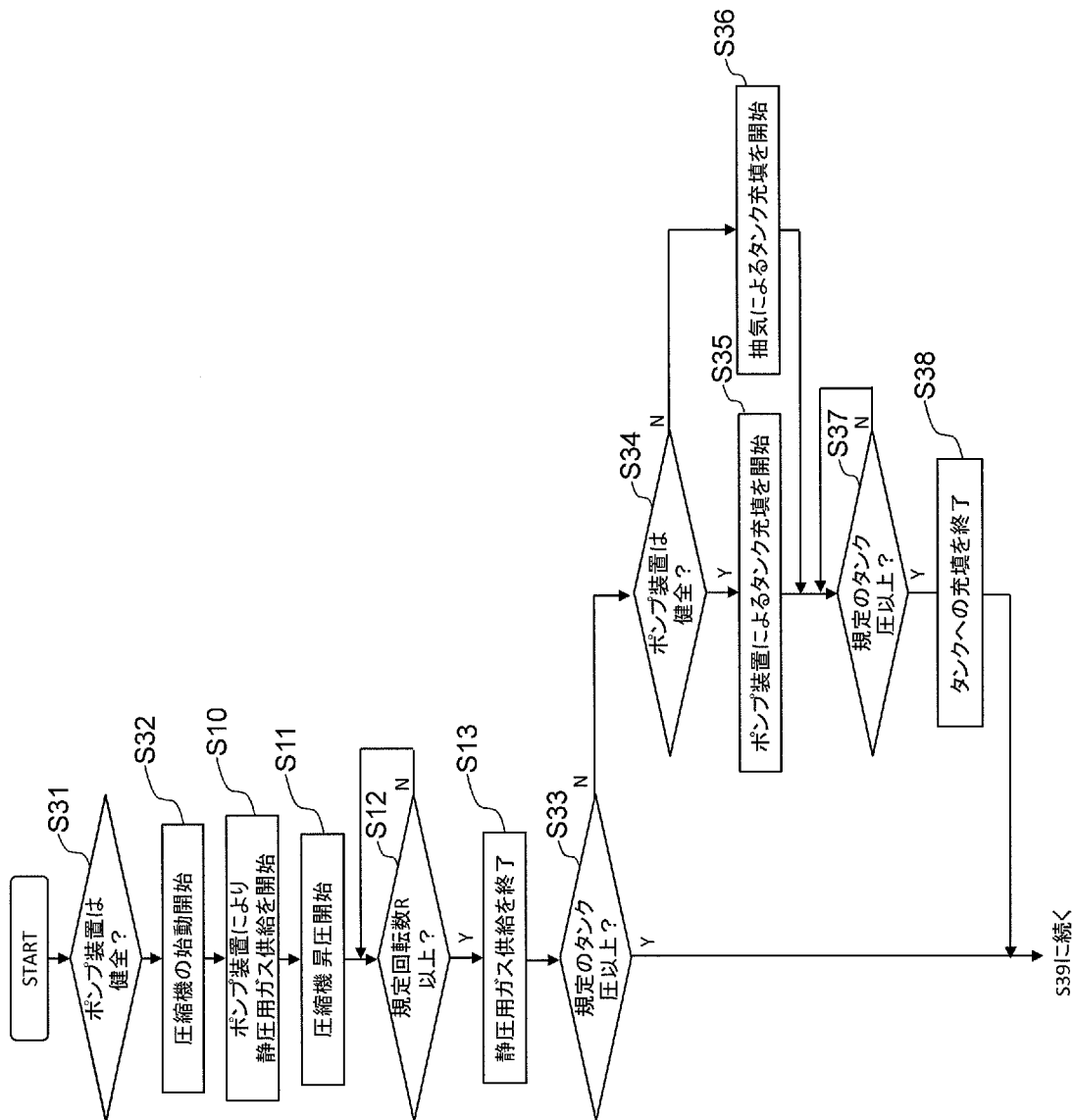
[図9]



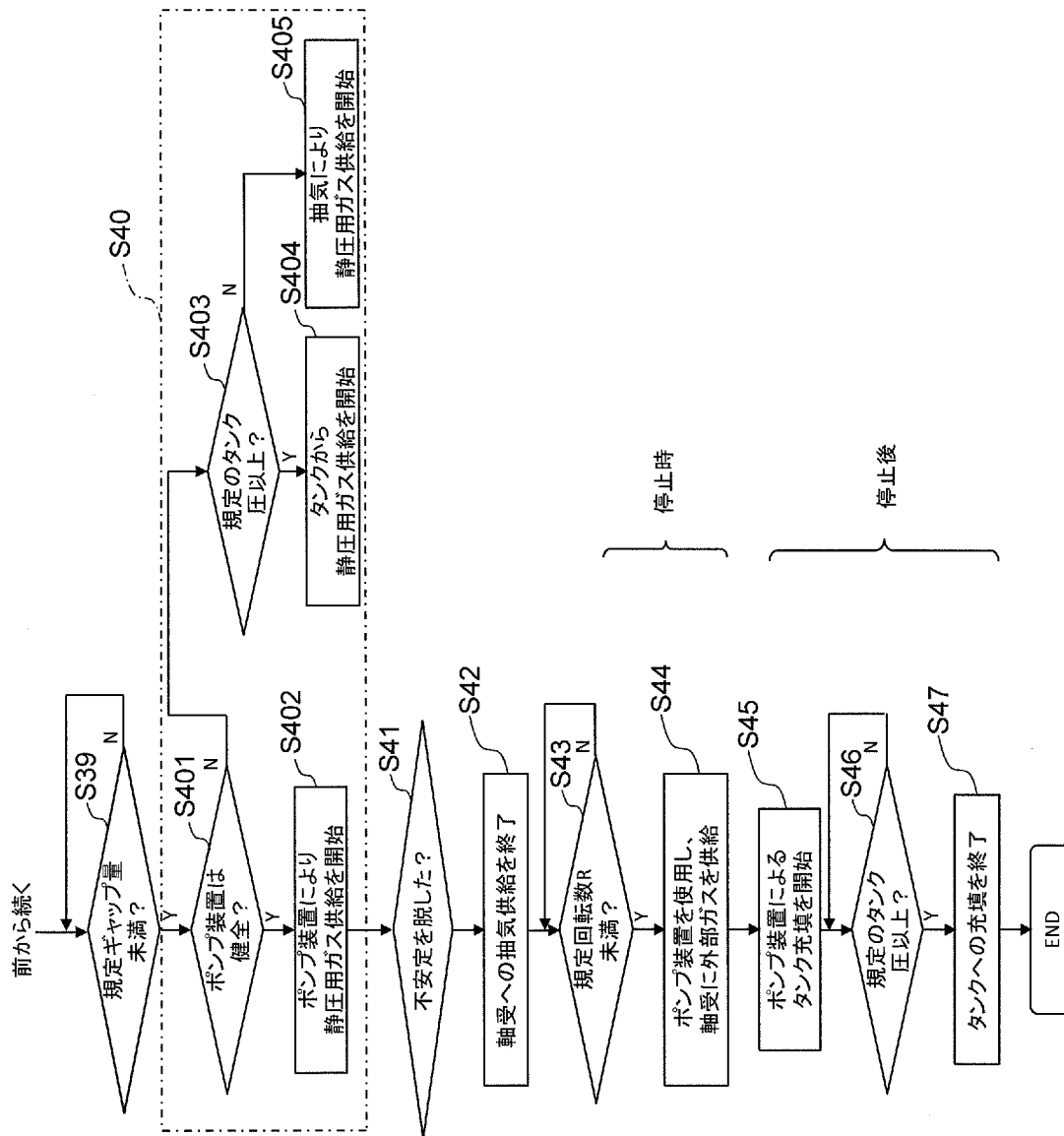
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/005098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D29/057(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)

F04D29/057

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X Y	JP 62-20604 A (Yaskawa Electric Mfg. Co., Ltd.), 29 January 1987 (29.01.1987), page 2, lower left column, line 1 to page 4, upper left column, line 1; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-5, 9 6-8, 10-16
Y	JP 2009-168241 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 30 July 2009 (30.07.2009), paragraphs [0032] to [0064]; fig. 1 to 3 (Family: none)	6-8, 15-16
Y	JP 57-36436 B2 (Hitachi, Ltd.), 04 August 1982 (04.08.1982), column 5, line 26 to column 6, line 39; fig. 1 (Family: none)	10-16

☒ 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
06 February 2017 (06.02.17)

Date of mailing of the international search report
14 February 2017 (14.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/005098

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 63-199994 A (Mitsubishi Electric Corp.), 18 August 1988 (18.08.1988), page 2, upper right column, line 8 to lower left column, line 12; fig. 1 (Family: none)	14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/057(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. F04D29/057

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X Y	JP 62-20604 A (株式会社安川電機製作所) 1987.01.29, 第2ページ 左下欄第1行-第4ページ左上欄第1行, 第1-2図 (ファミリー なし)	1-5, 9 6-8, 10-16
Y	JP 2009-168241 A (アイシン精機株式会社) 2009.07.30, 段落 [0 032] - [0064], 第1-3図 (ファミリーなし)	6-8, 15-16
Y	JP 57-36436 B2 (株式会社日立製作所) 1982.08.04, 第5欄第26 行-第6欄第39行, 第1図 (ファミリーなし)	10-16

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

06.02.2017

国際調査報告の発送日

14.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

岩田 健一

30

3415

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

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 63-199994 A (三菱電機株式会社) 1988.08.18, 第2ページ右上 欄第8行ー左下欄第12行, 第1図 (ファミリーなし)	14