

(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
2017年12月14日(14.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/212713 A1

(51) 国際特許分類:

F25B 9/06 (2006.01) F16C 33/76 (2006.01)
F04D 29/048 (2006.01) F16C 39/06 (2006.01)
F16C 21/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/008780

(22) 国際出願日: 2017年3月6日(06.03.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2016-113701 2016年6月7日(07.06.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社 I H I (IHI CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 Tokyo (JP).

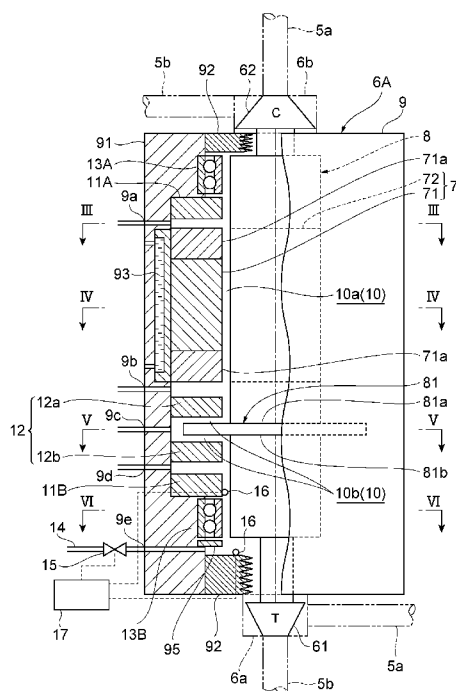
(72) 発明者: 中島 雅祐 (NAKAJIMA Masahiro);
〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号
株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 吉永 誠一郎
(YOSHINAGA Seiichiro); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I

内 Tokyo (JP). 藤咲 克弥(FUJISAKU Katsuya);
〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号
株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 小田 兼太郎
(ODA Kentarou); 〒1358710 東京都江東区豊洲
三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP).
飯田 勘(HIDA Tsutomu); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 栗原 和昭(KURIHARA Kazuaki);
〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 平井 寛一
(HIRAI Hirokazu); 〒1428558 東京都品川区小山一丁目3番26号 大陽日酸株式会社内 Tokyo (JP). 弘川 昌樹(HIROKAWA Masaki);
〒1428558 東京都品川区小山一丁目3番26号 大陽日酸株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: ROTARY MACHINE

(54) 発明の名称: 回転機械



(57) Abstract: Provided is a rotary machine comprising: a rotating shaft provided with an axial disc; axial magnetic bearings for supporting the rotating shaft; a motor for rotating the rotating shaft; turbine blades mounted on one end side of the rotating shaft; compressor blades mounted on the other end side of the rotating shaft; a cooling gas flow passage through which a cooling gas for cooling the motor flows; and a housing for containing at least the motor, the axial magnetic bearings, and the axial disc. The motor is provided with a rotor which is provided to the rotating shaft, and also with a stator which faces the rotor. The axial disc is provided with a pair of support receiving surfaces sandwiched between the axial magnetic bearings. The cooling gas flow passage is provided with a first flow passage which is located between the rotor and the stator, and also with a second flow passage which extends along at least one of the support receiving sections.

(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, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, 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))

(57) 要約: アキシシャルディスクを備えた回転軸と、回転軸を支持するアキシシャル磁気軸受と、回転軸を回転させるモータと、回転軸の一方の端部側に取り付けられたタービン羽根と、回転軸の他方の端部側に取り付けられたコンプレッサ羽根と、モータを冷却する冷却ガスが通過する冷却ガス流路と、少なくとも、モータ、アキシシャル磁気軸受、及びアキシシャルディスクを収容するハウジングと、を備え、モータは、回転軸に設けられたロータ部と、ロータ部に対向するステータ部と、を備え、アキシシャルディスクは、アキシシャル磁気軸受に挟まれた一对の支持受け面を備え、冷却ガス流路は、ロータ部とステータ部との間である第1流路と、少なくとも一方の支持受け面に沿った第2流路と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 回転機械

技術分野

[0001] 本開示は、作動流体として、少なくともネオンを含むガスを使用した冷凍装置に用いられる回転機械に関するものである。

背景技術

[0002] ネオンを含むガスを作動流体として使用した極低温冷凍装置が知られている（特開2011-106755号参照）。また、ダイレクトドライブ式の駆動方式によってコンプレッサ及び膨張タービンの回転軸を回転させる回転機械が知られている（特開2006-46699号公報）。この種の冷凍装置に用いられる回転機械では、風損やモータ損によって機内温度が上昇するため、昇温を抑えるために機内に冷却ガスの流路が形成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-106755号公報
特許文献2：特開2006-46699号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ダイレクトドライブ式の駆動方式で、特に、アキシアルディスクを備えた回転軸をアキシアル磁気軸受で支持する回転機械を備えた冷凍装置を想定した場合、アキシアルディスクでの風損に起因した温度上昇についても検討する必要がある。しかしながら、従来の技術では、アキシアルディスクでの昇温を抑えるための工夫について、十分な検討はなされていなかった。

[0005] 本開示は、アキシアルディスクでの風損に起因した昇温を効果的に抑えることができる回転機械を説明する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、作動流体として、少なくともネオンを含むガスを使用

する冷凍装置に用いられる回転機械であって、アキシアルディスクを備えた回転軸と、回転軸を支持するアキシアル磁気軸受と、回転軸を回転させるモータと、回転軸の一方の端部側に取り付けられたタービン羽根と、回転軸の他方の端部側に取り付けられたコンプレッサ羽根と、モータを冷却する冷却ガスが通過する冷却ガス流路と、少なくとも、モータ、アキシアル磁気軸受、及びアキシアルディスクを収容するハウジングと、を備え、モータは、回転軸に設けられたロータ部と、ロータ部に対向するステータ部と、を備え、アキシアルディスクは、アキシアル磁気軸受に挟まれた一对の支持受け面を備え、冷却ガス流路は、ロータ部とステータ部との間である第1流路と、少なくとも一方の支持受け面に沿った第2流路と、を備える。

発明の効果

[0007] 本開示の回転機械によれば、アキシアルディスクでの風損に起因した昇温を効果的に抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本開示の実施形態に係る回転機械を備えた冷却システムの一例を示す系統図である。

[図2]図2は、第1の実施形態に係る回転機械の概略を示し、ハウジング内を部分的に断面で示す図である。

[図3]図3は、図2のⅠⅠⅠ－ⅠⅠⅠ線に沿った断面図である。

[図4]図4は、図2のⅠⅤ－ⅠⅤ線に沿った断面図である。

[図5]図5は、図2のⅤ－Ⅴ線に沿った断面図である。

[図6]図6は、図2のⅤⅠ－ⅤⅠ線に沿った断面図である。

[図7]回転機械のタッチダウン軸受を含む一部分を拡大して示す断面図である。

[図8]図7の破線矢印Aで示す部分の拡大図である。

[図9]第1の実施形態に係る回転機械の冷却ガス流路の一例を示し、この冷却ガス流路における冷却ガスの流れを模式的に示す図である。

[図10]第2の実施形態に係る回転機械の冷却ガス流路の一例を示し、この冷

却ガス流路における冷却ガスの流れを模式的に示す図である。

[図11]第1の実施形態に係る回転機械を基礎とした回転機械の各実施例を模式的に示す図である。

[図12]図11に続いて、第1の実施形態に係る回転機械を基礎とした各実施例を模式的に示す図である。

[図13]第2の実施形態に係る回転機械を基礎とした回転機械の各実施例を模式的に示す図である。

[図14]図13に続いて、第2の実施形態に係る回転機械を基礎とした各実施例を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 本開示の一態様は、作動流体として、少なくともネオンを含むガスを使用する冷凍装置に用いられる回転機械であって、アキシアルディスクを備えた回転軸と、回転軸を支持するアキシアル磁気軸受と、回転軸を回転させるモータと、回転軸の一方の端部側に取り付けられたタービン羽根と、回転軸の他方の端部側に取り付けられたコンプレッサ羽根と、モータを冷却する冷却ガスが通過する冷却ガス流路と、少なくとも、モータ、アキシアル磁気軸受、及びアキシアルディスクを収容するハウジングと、を備え、モータは、回転軸に設けられたロータ部と、ロータ部に対向するステータ部と、を備え、アキシアルディスクは、アキシアル磁気軸受に挟まれた一对の支持受け面を備え、冷却ガス流路は、ロータ部とステータ部との間である第1流路と、少なくとも一方の支持受け面に沿った第2流路と、を備える。

[0010] 本態様は、ロータ部とステータ部との間を冷却ガスが通過する第1流路を備えている。つまり、ステータ部で生じるモータ損、及びロータ部とステータ部との間で生じる風損によって発熱しても、第1流路を通過する冷却ガスによって昇温が抑えられる。また、アキシアルディスクの支持受け面とアキシアル磁気軸受との間の僅かな隙間には、アキシアルディスクの回転によって風損が生じ、発熱する。しかしながら、本態様は、少なくとも一方の支持受け面に沿って冷却ガスが流れる第2流路を備えているので、アキシアルデ

ィスクで生じる発熱の影響を低減でき、温度上昇を抑えることができる。

[0011] いくつかの態様において、ハウジングには、第1流路から独立した第2流路の流路口が形成されている回転機械とすることができる。第1流路と第2流路との縁を切って第1流路と第2流路との間での相互の影響を低減できる。

[0012] いくつかの態様において、ハウジングは、冷却ガス流路の流路口として、ステータ部を挟んでコンプレッサ羽根側とタービン羽根側に設けられた一対の流路口と、アキシアルディスクの遠心方向に設けられた流路口と、アキシアルディスクのステータ部とは反対側に設けられた流路口とを備えている回転機械とすることができる。本態様によれば、第1流路と第2流路とを設計する際に、最適化を図り易くなる。

[0013] いくつかの態様において、アキシアル磁気軸受よりもタービン羽根側に配置されたタッチダウン軸受と、ハウジングに設けられた冷却ガス流路の入口と、冷却ガス流路の入口に接続された導管と、導管に設けられた制御弁と、を更に備え、冷却ガス流路の入口は、タッチダウン軸受とタービン羽根との間に設けられている回転機械とすることができる。制御弁によって、導管から導入される冷却ガスの流量を調整することで、タービン羽根側から作動流体が進入しないように圧力（流量）調整できる。

[0014] いくつかの態様において、アキシアル磁気軸受よりもタービン羽根側に配置されたタッチダウン軸受と、を更に備え、タッチダウン軸受は、回転軸側の内輪と、転動体を介して内輪に対向する外輪とを備え、ハウジングは、タッチダウン軸受の内輪と外輪との間の隙間を塞ぐ邪魔板を備える回転機械とすることができる。作動流体が進入してきたとしても、その作動流体のタッチダウン軸受側への進入は、邪魔板によって防がれる。その結果、低温の作動流体が直接的にモータまで到達してしまうのを防ぐ上で有利になる。

[0015] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

[0016] 以下の開示では、図 1 及び図 2 を参照して、実施形態に係る回転機械 6 A を備えた冷却システム 1 が説明されている。冷却システム 1 は、作動流体としてネオンガスまたは一部にネオンを含むガスを使用して、液体窒素を冷却するシステムである。冷却システム 1 は、作動流体を冷却しながら循環する冷凍装置 2 と、液体窒素を循環する冷媒循環装置 3 と、冷凍装置 2 と冷媒循環装置 3 との間で熱交換を行って液体窒素を冷却する冷却熱交換部 4 と、を備えている。

[0017] 冷媒循環装置 3 は、液体窒素の貯留槽 3 1 と、冷却熱交換部 4 で所望の温度まで冷却された液体窒素を圧送するポンプ部 3 2 と、を備える。液体窒素は、ポンプ部 3 2 の駆動によって熱負荷側に送られ、冷却対象となる各種の装置や部品等を冷却した後に貯留槽 3 1 まで戻る。

[0018] 冷凍装置 2 は、第 1 の実施形態に係る回転機械 6 A と、循環ライン 5 とを備えている。循環ライン 5 は、作動流体（以下、「循環ガス」という）が循環するラインであり、回転機械 6 A は、循環ガスを、例えば極低温にまで冷却する装置である。回転機械 6 A（図 2 参照）は、タービン羽根 6 1 が設けられた膨張部 6 a と、コンプレッサ羽根 6 2 が設けられた圧縮部 6 b とを備えている。回転機械 6 A は、ダイレクトドライブ式の駆動方式を採用している。回転機械 6 A は、モータ 7 の駆動により、直接的に回転軸 8 が回転し、タービン羽根 6 1 及びコンプレッサ羽根 6 2 が回転する。なお、回転機械 6 A の膨張部 6 a や循環ライン 5 は、コールドボックス等の断熱容器（図示省略）内に格納されている。

[0019] 循環ライン 5 は、膨張部 6 a と圧縮部 6 b とを接続する低圧側ライン 5 a と、圧縮部 6 b と膨張部 6 a とを接続する高圧側ライン 5 b とを備えている。低圧側ライン 5 a は、膨張部 6 a での膨張によって冷却された循環ガスが、圧縮部 6 b の入口に向けて流れる流路である。低圧側ライン 5 a は、配管やバルブ等を備えている。低圧側ライン 5 a は、冷却熱交換部 4 を介して冷媒循環装置 3 と熱交換可能に接続されている。冷却熱交換部 4 は、例えば、低圧側ライン 5 a の循環ガスと冷媒循環装置 3 の液体窒素との間で熱交換を

行う熱交換器である。

[0020] 高圧側ライン 5 b は、圧縮部 6 b から排出された循環ガスが、膨張部 6 a の入口に向けて流れる流路である。高圧側ライン 5 b は、配管やバルブ等を備えている。高圧側ライン 5 b は、循環ガスを冷却するクーラー部 5 c と、クーラー部 5 c よりも下流側で主ラインから分岐した冷却ガスライン 5 1 と、を備えている。高圧側ライン 5 b の主ラインは、再生熱交換部 5 2 を介して低圧側ライン 5 a と熱交換可能に接続されている。再生熱交換部 5 2 は、例えば、高圧側ライン 5 b の循環ガスと低圧側ライン 5 a の循環ガスとの間で熱交換を行う熱交換器である。

[0021] 冷凍装置 2 は、回転機械 6 A のモータ 7 の昇温を抑える冷却ガス G a を回転機械 6 A に導入する冷却ガスライン 5 1 を備えている。冷却ガスライン 5 1 は、上記の循環ライン 5 とは独立した流路とすることも可能であるが、本実施形態では循環ライン 5 を流れる循環ガスの一部を冷却ガス G a として利用している。

[0022] 具体的には、冷却ガスライン 5 1 は、回転機械 6 A よりも上流側の導入ライン 5 1 a と、回転機械 6 A よりも下流側の排熱ライン 5 1 b とを備えている。導入ライン 5 1 a は、クーラー部 5 c よりも下流側で、高圧側ライン 5 b から分岐し、回転機械 6 A に接続されている。排熱ライン 5 1 b は、水冷装置 5 3 の熱交換部 5 3 a と熱交換可能に接続されており、更に圧縮部 6 b の上流側となる低圧側ライン 5 a に接続されている。熱交換部 5 3 a は、例えば、排熱ライン 5 1 b の冷却ガス G a と水冷装置 5 3 の冷却水との間で熱交換を行う熱交換器である。

[0023] 冷却ガス G a は、回転機械 6 A から抜熱することで温度が上昇する。温度が上昇した冷却ガス G a は、水冷装置 5 3 によって、圧縮部 6 b に導入される他の循環ガスと同温程度まで冷却され、低圧側ライン 5 a に戻される。低圧側ライン 5 a に戻された循環ガスは、再び、圧縮部 6 b、及びクーラー部 5 c を通過することになり、実質的に自己循環ラインを形成する。冷却ガスライン 5 1 を通過する循環ガスは、回転機械 6 A のモータ 7 の昇温を抑える

特別な機能を有する。

[0024] 図2、図3、図4、図5、及び図6に示されるように、回転機械6Aは、アキシャルディスク81を備えた回転軸8と、回転軸8を回転させるモータ7と、回転軸8を回転自在に支持する軸受部と、回転軸8に取り付けられたタービン羽根61、及びコンプレッサ羽根62と、を備えている。タービン羽根61は回転軸8の一方の端部側に取り付けられ、コンプレッサ羽根62は回転軸8の他方の端部側に取り付けられている。一方の端部側とは、回転軸8の一方の端部及びこの端部の近傍も含む意味である。また、他方の端部側とは、回転軸8の一方の端部とは反対側の端部、及びこの端部の近傍も含む意味である。タービン羽根61は膨張部6aに配置され、コンプレッサ羽根62は圧縮部6bに配置されている。また、回転機械6Aは、モータ7等を収容するハウジング9を備えている。

[0025] モータ7は、回転軸8に固定されたロータ部72と、ハウジング9に固定されたステータ部71とを備えている。ロータ部72は、基礎となる磁束を作る永久磁石等を備える。ステータ部71は、コア部、及びコア部に巻かれたコイル部等を備えており、ロータ部72に対向して配置されている。ステータ部71の両端、つまり、回転軸8の軸線方向に沿った両端には、コイルエンド71aが形成されている。

[0026] 軸受部は、一对のラジアル磁気軸受コア部11A、11B、アキシャル磁気軸受12、及び一对のタッチダウン軸受13A、13Bを備えている。一对のラジアル磁気軸受コア部11A、11Bは、互いの間にステータ部71が配置されるように設置されている。アキシャル磁気軸受12は、タービン羽根61側のラジアル磁気軸受コア部11Bとステータ部71との間に配置されている。アキシャル磁気軸受12は、アキシャルディスク81を挟んだ状態で、アキシャルディスク81を磁気浮上させて非接触支持する一对のアキシャル磁極コア12a、12bを備えている。一对のタッチダウン軸受13A、13Bのうち、一方のタッチダウン軸受13Aは回転軸8のコンプレッサ羽根62側の端部の近傍に設置されている。他方のタッチダウン軸受1

3 Bは回転軸8のタービン羽根6 1側の端部の近傍に設置されている。なお、「タッチダウン軸受」は補助軸受と呼ばれることもある。

[0027] ハウジング9は、モータ7、アキシアル磁極コア1 2 a, 1 2 b、及びアキシアルディスク8 1を含む回転軸8の一部を収容する本体部9 1と、循環ガスのリークを阻止するラビリンスシール部9 2と、主にステータ部7 1を冷却する冷却水流路9 3とを備えている。ラビリンスシール部9 2は、タービン羽根6 1側、及びコンプレッサ羽根6 2側のそれぞれに設けられており、本体部9 1と回転軸8との間に生じる隙間を循環ガスが通過するのを規制する。また、冷却水流路9 3は、冷却水が通過する流路であり、銅などの熱交換部材を介してステータ部7 1に熱交換可能に接続されている。

[0028] また、ハウジング9内には、モータ損や風損によって生じる熱を排熱する冷却ガスG aが通過する冷却ガス流路1 0が形成されている。風損は、モータ7のステータ部7 1とロータ部7 2との間の隙間で生じる。また、本実施形態に係る回転機械6 Aは、回転軸8のアキシアルディスク8 1をアキシアル磁気軸受1 2で支持しており、アキシアルディスク8 1とアキシアル磁気軸受1 2との間にも隙間が存在する。具体的に説明すると、アキシアルディスク8 1は、アキシアル磁気軸受1 2によって挟まれた一对の支持受け面8 1 a, 8 1 bを備え、各支持受け面8 1 a, 8 1 bに対面するようにアキシアル磁気軸受1 2のアキシアル磁極コア1 2 a, 1 2 bが配置されている。アキシアル磁気軸受1 2はアキシアルディスク8 1を磁気浮上させて支持しているので、アキシアル磁極コア1 2 a, 1 2 bと支持受け面8 1 a, 8 1 bとの間には、風損を生じ得る隙間が形成されている。

[0029] 冷却ガス流路1 0は、特に、風損が生じる隙間に形成する必要がある。以下、ステータ部7 1とロータ部7 2との間に形成される流路は、第1流路1 0 aとして説明され、アキシアルディスク8 1の支持受け面8 1 a, 8 1 bに沿って形成される流路は第2流路1 0 bとして説明される。なお、第2流路は、ステータ部7 1側の支持受け面8 1 aに沿って形成される経路と、ステータ部7 1側とは反対側の支持受け面8 1 bに沿って形成される経路とに

区分できる。以下、一方の経路となるステータ部 7 1 側の支持受け面 8 1 a は第 1 支持受け面 8 1 a として説明され、他方の経路となるステータ部 7 1 側とは反対側の支持受け面 8 1 b は第 2 支持受け面 8 1 b として説明される。

[0030] 図 2 及び図 9 に示されるように、ハウジング 9 には、例えば、冷却ガス G a の入口、または出口として機能し得る流路口が複数形成されている。第 1 の流路口 9 a は、コンプレッサ羽根 6 2 側のラジアル磁気軸受コア部 1 1 A とステータ部 7 1 との間に形成されている。第 2 の流路口 9 b はステータ部 7 1 とアキシャル磁気軸受 1 2 との間に形成されている。第 3 の流路口 9 c は、アキシャル磁気軸受 1 2 の一対のアキシャル磁極コア 1 2 a, 1 2 b の間に形成されている。第 3 の流路口 9 c は、アキシャルディスク 8 1 の遠心方向に形成された流路口である。第 4 の流路口 9 d は、アキシャル磁気軸受 1 2 とタービン羽根 6 1 側のラジアル磁気軸受コア部 1 1 B との間に形成されている。第 5 の流路口 9 e は、タービン羽根 6 1 側のタッチダウン軸受 1 3 B とタービン羽根 6 1 との間に形成されている。第 1 の流路口 9 a ~ 第 5 の流路口 9 e には、それぞれ冷却ガス G a が通過する導管が接続されており、特に、第 5 の流路口 9 e に接続された導管 1 4 には流量調整可能な制御弁 1 5 が設置されている。

[0031] 本実施形態では、第 1 の流路口 9 a、及び第 3 の流路口 9 c は冷却ガス G a の出口であり、第 2 の流路口 9 b、第 4 の流路口 9 d 及び第 5 の流路口 9 e は冷却ガス G a の入口である。第 2 の流路口 9 b から導入された冷却ガス G a の一部は、ステータ部 7 1 とロータ部 7 2 との間を通過し、ステータ部 7 1 のコイルエンド 7 1 a に沿って流れ、第 1 の流路口 9 a から排出される。この流れを形成する流路は、冷却ガス流路 1 0 の第 1 流路 1 0 a である。また、第 2 の流路口 9 b から導入された冷却ガス G a の残りは、アキシャルディスク 8 1 の第 1 支持受け面 8 1 a に沿って流れ、第 3 の流路口 9 c から排出される。この流れを形成する流路は、冷却ガス流路 1 0 の第 2 流路 1 0 b である。

- [0032] 第4の流路口9dから導入された冷却ガスGaは、アキシャルディスク81の第2支持受け面81bに沿って流れ、第3の流路口9cから排出される。この流れを形成する流路は冷却ガス流路10の第2流路10bである。
- [0033] 第5の流路口9eから導入される冷却ガスGaは、タービン羽根61（膨張部6a）側からのリークガスGbの進入を阻止している。第5の流路口9eから導入される冷却ガスGaは、制御弁15によって流量調節されている。この流量調節についての詳しい説明は、以下の通りである。
- [0034] 回転機械6Aは、温度センサー16と制御装置17とを備えている。温度センサー16は、タービン羽根61側のラジアル磁気軸受コア部11B近傍、またはタービン羽根61側のラビリンスシール部92近傍に配置されている。制御装置17は、温度センサー16の温度を監視し、温度センサー16で検出された温度に基づいて制御弁15の開閉制御を行う。制御装置17は、例えば、CPU、ROM、RAMを含むコンピュータを主体として構成され、所定のプログラムを実行することによって各種機能を実現する。制御装置17は、温度センサー16で検出されたデータを取得可能となるように、有線または無線にて温度センサー16に接続されている。制御装置17は、制御弁15を制御する制御信号を送受信可能となるように、有線または無線にて制御弁15に接続されている。
- [0035] 制御装置17は、例えば、監視の基準値として設定された所定の温度Taを記憶している。所定の温度Taは任意に設定変更可能であり、タービン羽根61側からの循環ガスのリークを検出する閾値である。膨張部6aで冷却された循環ガスは、冷却ガス流路10を流れる冷却ガスGaに比べて、低温である。制御装置17は、温度センサー16で検出された温度Txが温度Taよりも高温の場合には、循環ガスのリークは無いと判断し、制御弁15を閉じておく。一方で、制御装置17は、温度センサー16で検出された温度TxがTa以下になった場合には、実質的に循環ガスがリークガスGb（図9参照）として進入してきたと判断して制御弁15を開制御し、冷却ガス流路10内に冷却ガスGaを導入する。冷却ガスGaの導入によって内部が加

圧され、膨張部 6 a との間で圧力拮抗するとリークガス G b の進入が抑えられる。第 5 の流路口 9 e からの冷却ガス G a の導入により、温度センサー 1 6 で検出された温度 T x が温度 T a よりも高くなると、制御装置 1 7 は、制御弁 1 5 を閉制御する。なお、第 5 の流路口 9 e から冷却ガス G a を過剰に導入すると、冷却ガス流路 1 0 内の圧力が膨張部 6 a に比べて過度に高くなり、今度は、冷却ガス G a が膨張部 6 a 側にリークする可能性が出てくる。したがって、適切な所定の温度 T a が設定され、制御装置 1 7 は、この温度 T a を閾値として制御弁 1 5 の開閉を自動制御することが好ましい。

[0036] また、図 7 及び図 8 に示されるように、ハウジング 9 は、タービン羽根 6 1 側のタッチダウン軸受 1 3 B を支持する支持板 9 5 を備えている。タッチダウン軸受 1 3 B は、回転軸 8 側の内輪 1 3 a と、転動体 1 3 c を介して内輪 1 3 a に対向する外輪 1 3 b とを備えている。ハウジング 9 の本体部 9 1 には、タッチダウン軸受 1 3 B の外輪 1 3 b が装着される受け部 9 4 が形成されている。支持板 9 5 は受け部 9 4 にボルト止めされ、外輪 1 3 b に接して受け部 9 4 との間でタッチダウン軸受 1 3 B を挟持する。

[0037] 支持板 9 5 は、外輪 1 3 b に接するベース部 9 5 a と、ベース部 9 5 a から回転軸 8 側に突き出した邪魔板部 9 5 b と、を備えている。邪魔板部 9 5 b は、外輪 1 3 b と内輪 1 3 a との間の隙間 S a を覆い、更に内輪 1 3 a に沿うように配置されている。内輪 1 3 a と外輪 1 3 b との間の隙間 S a (図 6、図 8 参照) は、複数の転動体 1 3 c が存在するものの、内輪 1 3 a と回転軸 8 との間の隙間 S b に比べて大きい。邪魔板部 9 5 b は、この隙間 S a を塞ぐことで、タッチダウン軸受 1 3 B の内部を通じてリークガス G b が進入するのを防止する。

[0038] なお、邪魔板部 9 5 b は、内輪 1 3 a に対面する側を歯付き形状とした摩耗部 9 5 c と、摩耗部 9 5 c とベース部 9 5 a との間に設けられたくびれ部 9 5 d とを備えている。くびれ部 9 5 d は、他の部分に比べて薄くなっている。また、邪魔板部 9 5 b を含む支持板 9 5 は、内輪 1 3 a よりも柔らかな SUS 材を使用して製造されている。SUS 材はオーステナイト系ステンレ

ス鋼、例えばSUS304等を用いることができる。邪魔板部95bは、内輪13aが回転軸8の回転や冷却ガスGaの流れなどの内部流によって動いたとしても、隙間Saを効果的に塞ぐことができる。

[0039] 第1の実施形態に係る冷凍装置2は上述の回転機械6Aを備え、回転機械6Aは、ロータ部72とステータ部71との間を冷却ガスGaが通過する第1流路10aを備えている。つまり、ステータ部71で生じるモータ損、及びロータ部72とステータ部71との間で生じる風損によって発熱しても、第1流路10aを通過する冷却ガスGaによって昇温を抑えることができる。

[0040] また、アキシアルディスク81の支持受け面81a、81bとアキシアル磁気軸受12との間の隙間には、アキシアルディスク81の回転によって風損が生じ、発熱する。しかしながら、冷凍装置2の回転機械6Aは、支持受け面81a、81bに沿って冷却ガスGaが流れる第2流路10bを備えているので、アキシアルディスク81で生じる発熱の影響を低減でき、温度上昇を抑えることができる。なお、回転機械6Aは、両方の支持受け面81a、81bに沿って冷却ガスGaが流れる二つの第2流路10bが形成される態様であるが、どちらか一方に第2流路10bが形成されていれば、アキシアルディスク81の風損による昇温を効果的に抑えることができる。

[0041] また、回転機械6Aのハウジング9には、第1流路10aから独立した第2流路10bの流路口が形成されている。具体的には、第2の流路口9bから導入された冷却ガスGaの一部は、ステータ部71とロータ部72との間を通過し、更にステータ部71のコイルエンド71aに沿って流れ、第1の流路口9aから排出される。この流れを形成する流路は第1流路10aである。一方で、第4の流路口9dから導入された冷却ガスGaは、アキシアルディスク81の第2支持受け面81bに沿って流れ、第3の流路口9cから排出される。この流れを形成する流路は、第2流路10bになる。この第2流路10bの入口、及び出口となる第4の流路口9d及び第3の流路口9cは、第1流路10aの入口、及び出口となる第2の流路口9b、及び第1の

流路口 9 a とは独立している。第 2 流路 1 0 b の流路口を第 1 流路 1 0 a から独立させることで、第 1 流路 1 0 a と第 2 流路 1 0 b との縁を切り、冷却ガス流路 1 0 内の圧力バランスの崩れによる冷却ガスの滞留などの影響を低減できる。

[0042] また、コンプレッサ羽根 6 2 のハウジング 9 側（コンプレッサ背面）とタービン羽根 6 1 のハウジング 9 側（タービン背面）との圧力を比較した場合、タービン背面の圧力の方がコンプレッサ背面の圧力よりも高い。つまり、回転機械 6 A は、タービン背面からハウジング 9 の内部にリークガス G b が進入し易い環境にある。しかしながら、本実施形態に係る回転機械 6 A では、ハウジング 9 内に冷却ガス流路 1 0 を形成することで冷却ガス G a を滞留させ、その結果、リークガス G b の進入、通過を抑えている。

[0043] なお、タービン背面からのリークガス G b を冷却ガスとする考え方もある。しかしながら、リークガス G b を利用しようとする、タービン効率の低下を招き、装置仕様を満足できなくなる可能性がある。また、リークガス G b を冷却ガスとして利用した場合、リークガス G b の流量減少は、モータ 7 の適切な冷却を困難にする。そのため、本実施形態では、リークガス G b とは別の経路から循環ガスを導入し、導入した循環ガスを冷却ガス G a として用い、冷却ガス流路 1 0 を形成している。

[0044] 更に、本実施形態では、アキシャルディスク 8 1 の支持受け面 8 1 a, 8 1 b に沿って第 2 流路 1 0 b が形成されている。従って、リークガス G b が回転軸 8 に沿って進入してきても、第 2 流路 1 0 b を通過する冷却ガス G a により、低温のリークガス G b が直接的にモータ 7 まで到達してしまうのを防ぐことができる。

[0045] また、回転機械 6 A のハウジング 9 は、冷却ガス流路 1 0 の流路口として、ステータ部 7 1 を挟んでコンプレッサ羽根 6 2 側とタービン羽根 6 1 側に設けられた第 1 の流路口 9 a と第 2 の流路口 9 b とを備えている。また、ハウジング 9 は、アキシャルディスク 8 1 の遠心方向に設けられた第 3 の流路口 9 c と、アキシャルディスク 8 1 のステータ部 7 1 とは反対側に設けられ

た第４の流路口９ｄとを備えている。本実施形態によれば、後述の実施例で示されるように各種のパターンを実現でき、第１流路１０ａと第２流路１０ｂとを設計する際に、最適化を図り易くなる。

[0046] また、回転機械６Ａは、アキシアル磁気軸受１２よりもタービン羽根６１側に配置されたタッチダウン軸受１３Ｂを備えている。第５の流路口９ｅは、タッチダウン軸受１３Ｂとタービン羽根６１との間に設けられており、冷却ガスＧａの入口として機能している。更に、第５の流路口９ｅには導管１４が接続されており、導管１４には制御弁１５が設けられている。制御弁１５によって、導管１４から導入または排出される冷却ガスＧａの流量を調整することができる。その結果、タービン羽根６１側（タービン背面）からリークガスＧｂが進入しないように圧力（流量）調整できるようになる。

[0047] また、回転機械６Ａのハウジング９は、タッチダウン軸受１３Ｂの内輪１３ａと外輪１３ｂとの間の隙間を塞ぐ邪魔板部９５ｂを備えている。例えば、低温の循環ガスがラビリンスシール部９２を超え、リークガスＧｂとしてハウジング９内に進入してきたとしても、邪魔板部９５ｂによって、タッチダウン軸受１３Ｂ側へのリークガスＧｂの進入は防がれる。その結果、低温のリークガスＧｂが直接的にモータ７まで到達してしまうのを防ぐ上で有利になる。

[0048] 以下の開示では、図１０を参照して、第２の実施形態に係る冷凍装置２が説明されている。なお、第２の実施形態に係る冷凍装置２は、回転機械６Ｂを除き、基本的に第１の実施形態に係る冷凍装置２と共通する。また、第２の実施形態に係る回転機械６Ｂは、第１の実施形態に係る回転機械６Ａと同一の要素や構造を備えている。以下では、主に回転機械６Ｂが説明され、更に、第１の実施形態に係る回転機械６Ａと同一の要素や構造については同一の符号を付して詳細な説明が省略されている。

[0049] 回転機械６Ｂのアキシアルディスク８１は、ステータ部７１よりもコンプレッサ羽根６２側に設けられており、従って、アキシアル磁気軸受１２は、ステータ部７１よりもコンプレッサ羽根６２側に設けられている。

[0050] ハウジング9には、例えば、冷却ガスG aの入口、または出口として機能し得る流路口が複数形成されている。第1の流路口9 aは、コンプレッサ羽根6 2側のラジアル磁気軸受コア部1 1 Aとアキシャル磁気軸受1 2との間に形成されている。第2の流路口9 bは、アキシャル磁気軸受1 2の一对のアキシャル磁極コア1 2 a, 1 2 bの間に形成されている。第2の流路口9 bは、アキシャルディスク8 1の遠心方向に形成された流路口である。第3の流路口9 cは、アキシャル磁気軸受1 2とステータ部7 1との間に形成されている。第4の流路口9 dは、ステータ部7 1とタービン羽根6 1側のラジアル磁気軸受コア部1 1 Bとの間に形成されている。第5の流路口9 eは、第1の実施形態と同様に、タービン羽根6 1側のタッチダウン軸受1 3 Bとタービン羽根6 1との間に設けられている。第1～第5の流路口9 a～9 eには、それぞれ冷却ガスG aが通過する導管が接続されており、特に、第5の流路口9 eに接続された導管1 4には流量調整可能な制御弁1 5が設置されている。

[0051] 本実施形態では、第1の流路口9 a、第3の流路口9 c、及び第5の流路口9 eは冷却ガスG aの入口であり、第2の流路口9 b、及び第4の流路口9 dは冷却ガスG aの出口である。第1の流路口9 aから導入された冷却ガスG a、及び第3の流路口9 cから導入された冷却ガスG aの一部は、それぞれ第2流路1 0 bを形成する。具体的には、第1の流路口9 aから導入された冷却ガスG aはアキシャルディスク8 1の第2支持受け面8 1 bに沿って流れることで第2流路1 0 bを形成し、その後、第2の流路口9 bから排出される。また、第3の流路口9 cから導入された冷却ガスG aの一部は、アキシャルディスク8 1の第1支持受け面8 1 aに沿って流れることで第2流路1 0 bを形成し、その後、第2の流路口9 bから排出される。また、第3の流路口9 cから導入された他の冷却ガスG aは、ステータ部7 1とロータ部7 2との間を通過し、更に、ステータ部7 1のコイルエンド7 1 aに沿って流れ、第4の流路口9 dから排出される。この流れは、冷却ガス流路1 0の第1流路1 0 aを形成する。

[0052] 第2の実施形態に係る回転機械6Bは、第1の実施形態に係る回転機械6Aと同様に、ステータ部71で生じるモータ損、及びロータ部72とステータ部71との間で生じる風損によって発熱しても、第1流路10aを通過する冷却ガスGaによって昇温を抑えることができる。また、回転機械6Bは、風損に起因してアキシアルディスク81で生じる発熱の影響を低減でき、温度上昇を抑えることができる。その他、本実施形態に係る回転機械6Bは、上述の回転機械6Aと同様の作用、効果を奏する。

実施例

[0053] 以下、実施例に基づいて、より詳細に説明する。以下の開示では、図2、図11、及び図12を参照して、第1の実施形態を基礎とした各実施例が説明されている。また、図10、図13、及び図14を参照して、第2の実施形態を基礎とした各実施例が説明されている。なお、以下の第1の実施例は、上述の第1の実施形態に共通する実施例であり、第2の実施例～第24の実施例は、上述の第1の実施形態を基礎にしつつ、入口や出口の位置、または、流路口の一部が閉鎖されている点で第1の実施例と異なる。

[0054] 上述の通り、第1の実施例に係る回転機械6Aは、第1の実施形態と実質的に同一である（図2参照）。また、図11の（a）は第2の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（b）は第3の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（c）は第4の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（d）は第5の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（e）は第6の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（f）は第7の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（g）は第8の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（h）は第9の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（i）は第10の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（j）は第11の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（k）は第12の実施例に係る回転機械6Aであり、図11の（l）は第13の実施例に係る回転機械6Aである。

[0055] また、図12の（a）は第14の実施例に係る回転機械6Aであり、図1

2の(b)は第15の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(c)は第16の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(d)は第17の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(e)は第18の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(f)は第19の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(g)は第20の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(h)は第21の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(i)は第22の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(j)は第23の実施例に係る回転機械6Aであり、図12の(k)は第24の実施例に係る回転機械6Aである。

[0056] 第1の実施例(図2参照)、第22～24の実施例(図12の(i)、図12の(j)、図12の(k))は、全ての流路口9a～9eを入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0057] 第2の実施例(図11の(a)参照)、第3の実施例(図11の(b)参照)は、全ての流路口9a～9eのうち、二箇所を入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0058] 第4～第11の実施例(図11の(c)～図11の(j)参照)は、全ての流路口9a～9eのうち、三箇所を入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0059] 第12～第21の実施例(図11の(k)、図11の(l)、図12の(a)～図12の(h)参照)は、全ての流路口9a～9eのうち、四箇所を入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0060] 上記の第1～第24に係る各実施例において、モータの昇温の抑制、及び膨張部からのリークガスの進入阻止の観点で総合評価された結果は以下の通りである。つまり、第1の実施例、第14実施例、第16の実施例、及び第22の実施例は高い効果が認められた。また、第4の実施例、第6の実施例、第8の実施例、第10の実施例、第13の実施例、第18の実施例、及び第20の実施例は、上記に準じた高い効果が認められた。

[0061] また、以下の開示では、図10、図13、及び図14を参照して、第2の

実施形態を基礎とした各実施例が説明されている。なお、以下の第25の実施例は、図10に示される第2の実施形態に共通する実施例であり、第26実施例～第48の実施例は、上述の第2の実施形態を基礎にしつつ、入口や出口の位置、または、流路口の一部が閉鎖されている点で第25の実施例と異なる。

[0062] 上述の通り、第25の実施例に係る回転機械6Bは、第2の実施形態と実質的に同一である（図10参照）。また、図13の（a）は第26の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（b）は第27の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（c）は第28の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（d）は第29の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（e）は第30の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（f）は第31の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（g）は第32の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（h）は第33の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（i）は第34の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（j）は第35の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（k）は第36の実施例に係る回転機械6Bであり、図13の（l）は第37の実施例に係る回転機械6Bである。

[0063] また、図14の（a）は第38の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（b）は第39の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（c）は第40の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（d）は第41の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（e）は第42の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（f）は第43の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（g）は第44の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（h）は第45の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（i）は第46の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（j）は第47の実施例に係る回転機械6Bであり、図14の（k）は第48の実施例に係る回転機械6Bである。

[0064] 第25の実施例（図10参照）、第46～48の実施例（図14の（i）

、図14の(j)、図14の(k)参照)は、全ての流路口9a~9eを入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0065] 第26の実施例(図13の(a)参照)、第27の実施例(図13の(b)参照)は、全ての流路口9a~9eのうち、二箇所を入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0066] 第28~第35の実施例(図13の(c)~図13の(j)参照)は、全ての流路口9a~9eのうち、三箇所を入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0067] 第36~第45の実施例(図13の(k)、図13の(l)、図14の(a)~図14の(h)参照)は、全ての流路口9a~9eのうち、四箇所を入口、または出口として使用する実施例をそれぞれ例示している。

[0068] 上記の第25~第48に係る各実施例において、モータの昇温の抑制、及び膨張部からのリークガスの進入阻止の観点で総合評価された結果は以下の通りである。つまり、第25の実施例、第38の実施例、第40の実施例、及び第46の実施例において高い効果が認められた。また、第28の実施例、第30の実施例、第32の実施例、第34の実施例、第36の実施例、及び第42の実施例において、上記に準じた高い効果が認められた。

符号の説明

[0069] 6A, 6B 回転機械

7 モータ

8 回転軸

9ハウジング

9a 第1の流路口

9b 第2の流路口

9c 第3の流路口

9d 第4の流路口

9e 第5の流路口

10 冷却ガス流路

- 1 0 a 第1 流路
- 1 0 b 第2 流路
- 1 2 アキシャル磁気軸受
- 1 3 B タッチダウン軸受
- 1 3 a 内輪
- 1 3 b 外輪
- 1 3 c 転動体
- 1 4 導管
- 1 5 制御弁
- 6 1 タービン羽根
- 6 2 コンプレッサ羽根
- 7 1 ステータ部
- 7 2 ロータ部
- 8 1 アキシャルディスク
- 8 1 a 第1 支持受け面
- 8 1 b 第2 支持受け面
- 9 5 b 邪魔板部
- G a 冷却ガス

請求の範囲

- [請求項1] 作動流体として、少なくともネオンを含むガスを使用する冷凍装置に用いられる回転機械であって、
- アキシャルディスクを備えた回転軸と、
- 前記回転軸を支持するアキシャル磁気軸受と、
- 前記回転軸を回転させるモータと、
- 前記回転軸の一方の端部側に取り付けられたタービン羽根と、
- 前記回転軸の他方の端部側に取り付けられたコンプレッサ羽根と、
- 前記モータを冷却する冷却ガスが通過する冷却ガス流路と、
- 少なくとも、前記モータ、前記アキシャル磁気軸受、及び前記アキシャルディスクを収容するハウジングと、を備え、
- 前記モータは、前記回転軸に設けられたロータ部と、前記ロータ部に対向するステータ部と、を備え、
- 前記アキシャルディスクは、前記アキシャル磁気軸受に挟まれた一対の支持受け面を備え、
- 前記冷却ガス流路は、前記ロータ部と前記ステータ部との間である第1流路と、少なくとも一方の前記支持受け面に沿った第2流路と、を備える、回転機械。
- [請求項2] 前記ハウジングには、前記第1流路から独立した前記第2流路の流路口が形成されている、請求項1記載の回転機械。
- [請求項3] 前記ハウジングは、前記冷却ガス流路の流路口として、前記ステータ部を挟んで前記コンプレッサ羽根側と前記タービン羽根側に設けられた一対の流路口と、前記アキシャルディスクの遠心方向に設けられた流路口と、前記アキシャルディスクの前記ステータ部とは反対側に設けられた流路口とを備えている請求項1または2記載の回転機械。
- [請求項4] 前記アキシャル磁気軸受よりも前記タービン羽根側に配置されたタッチダウン軸受と、前記ハウジングに設けられた前記冷却ガス流路の入口と、前記冷却ガス流路の入口に接続された導管と、前記導管に設

けられた制御弁と、を更に備え、

前記冷却ガス流路の入口は、前記タッチダウン軸受と前記タービン羽根との間に設けられている、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の回転機械。

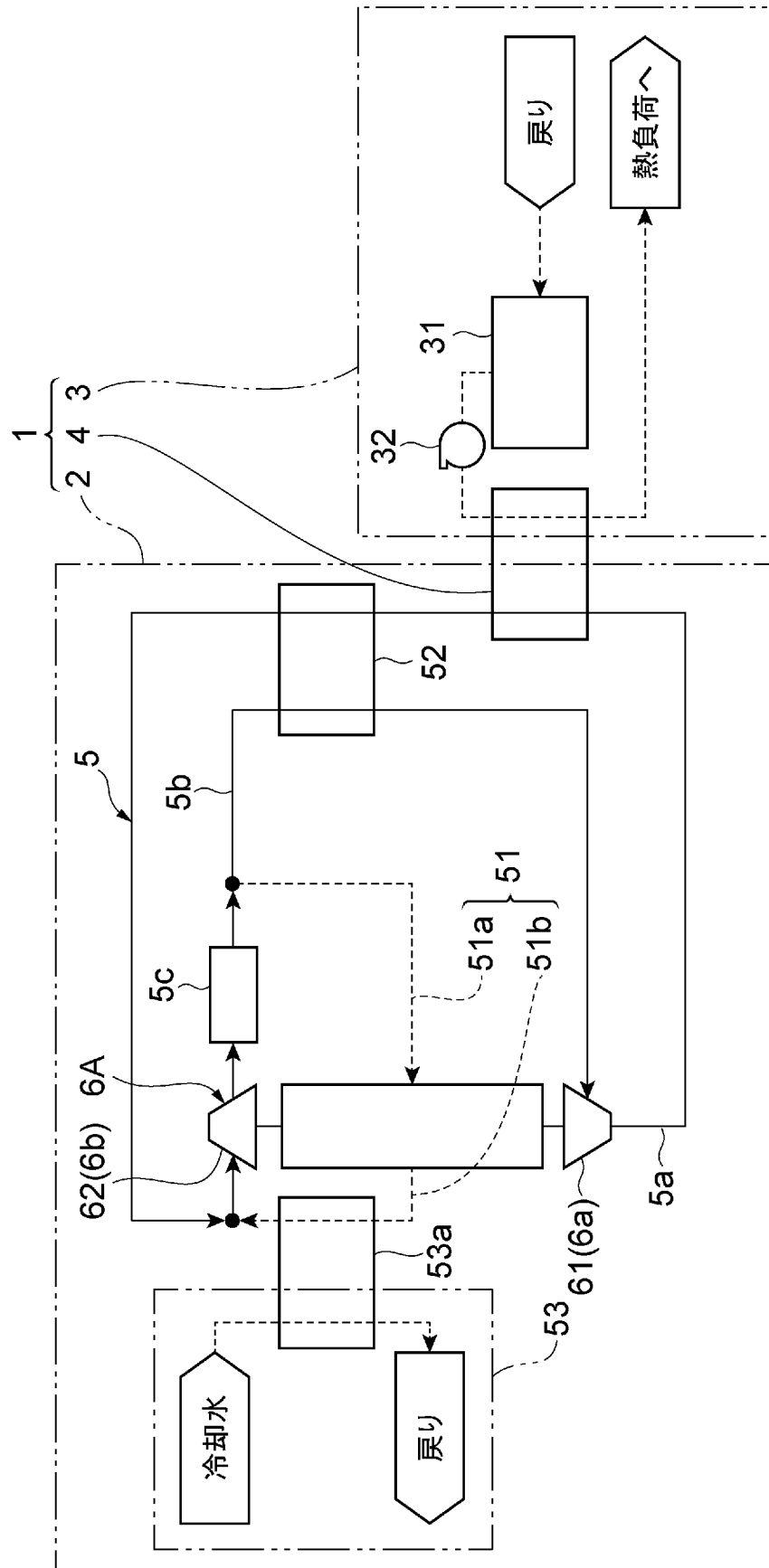
[請求項5]

前記アキシアル磁気軸受よりも前記タービン羽根側に配置されたタッチダウン軸受を備え、

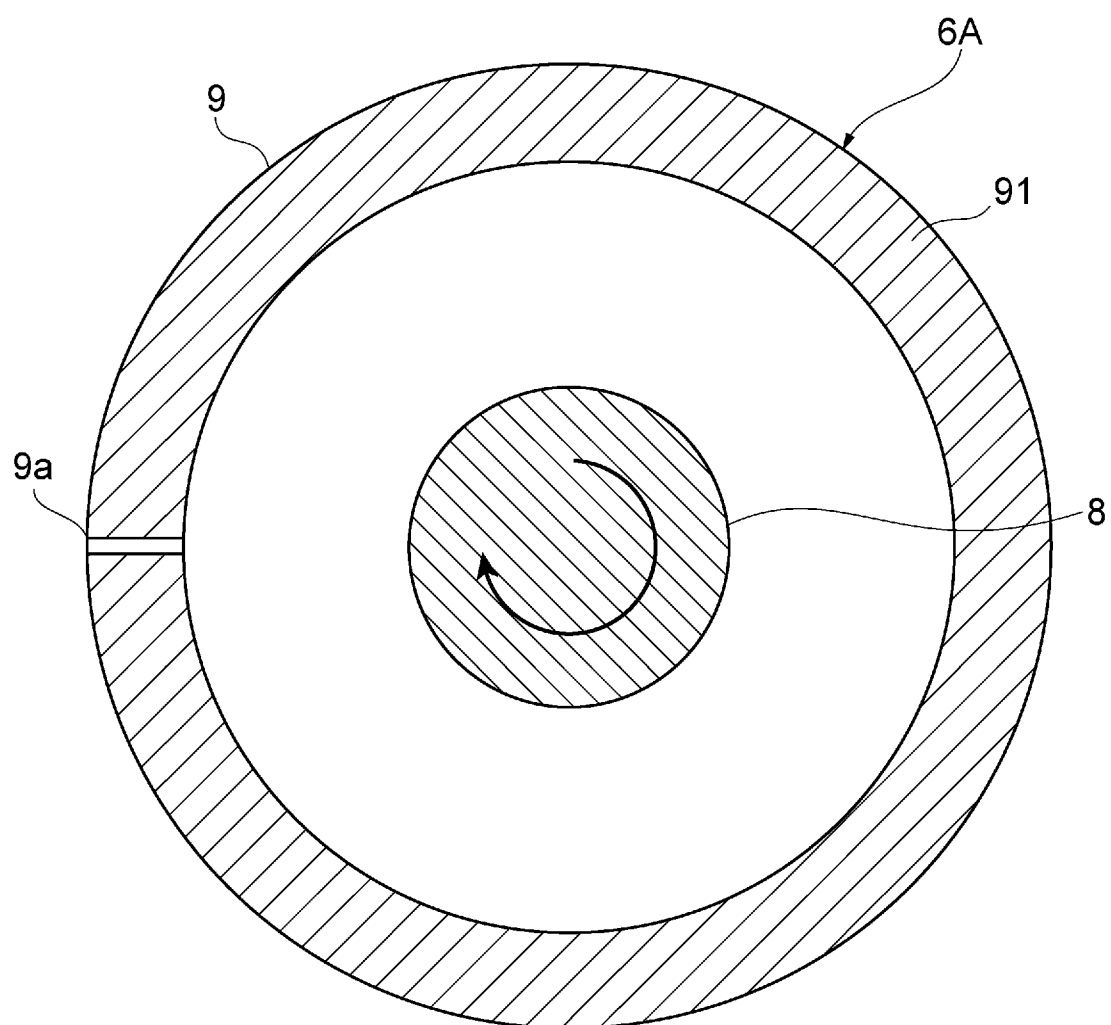
前記タッチダウン軸受は、前記回転軸側の内輪と、転動体を介して前記内輪に対向する外輪とを備え、

前記ハウジングは、前記タッチダウン軸受の前記内輪と前記外輪との間の隙間を塞ぐ邪魔板を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の回転機械。

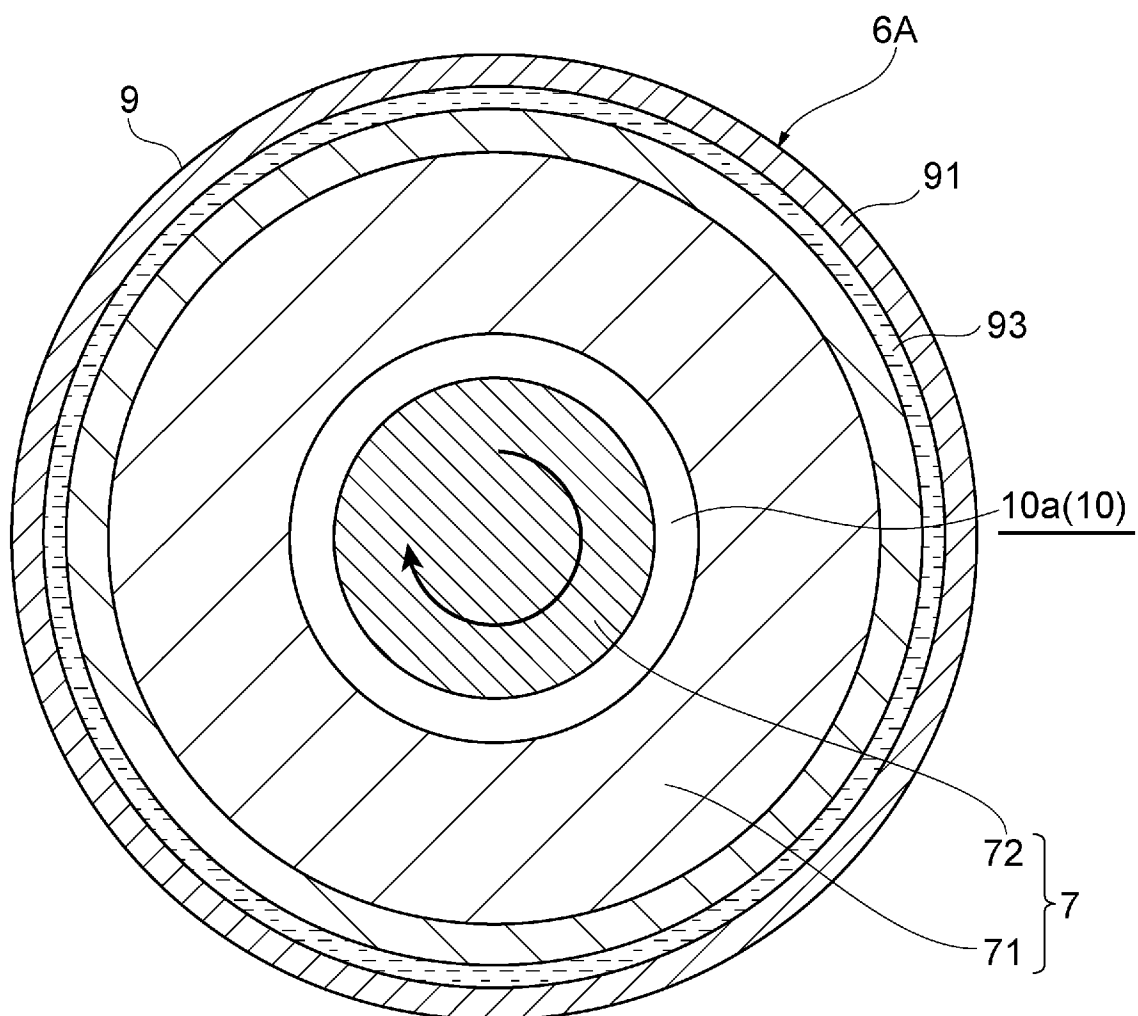
[図1]



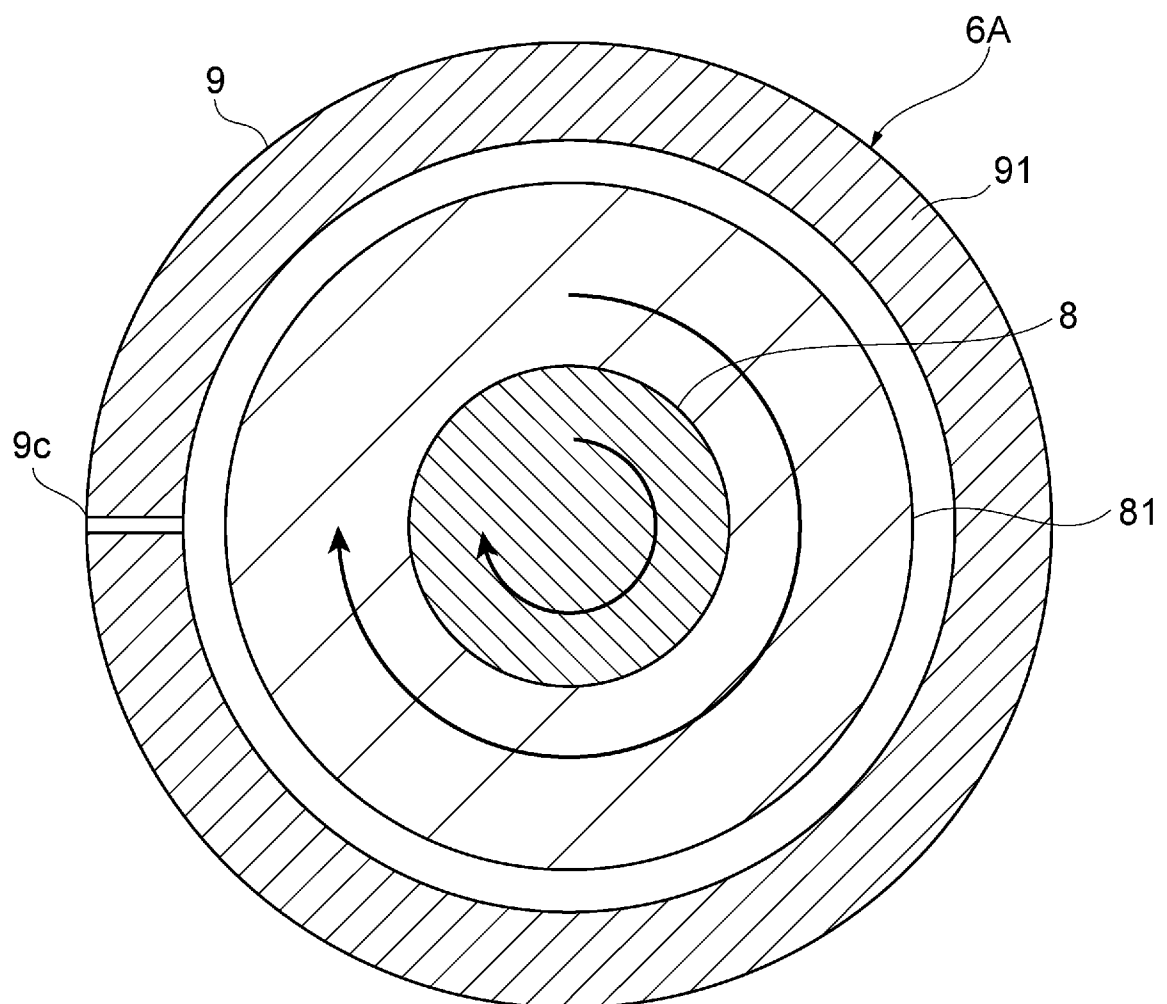
[図3]



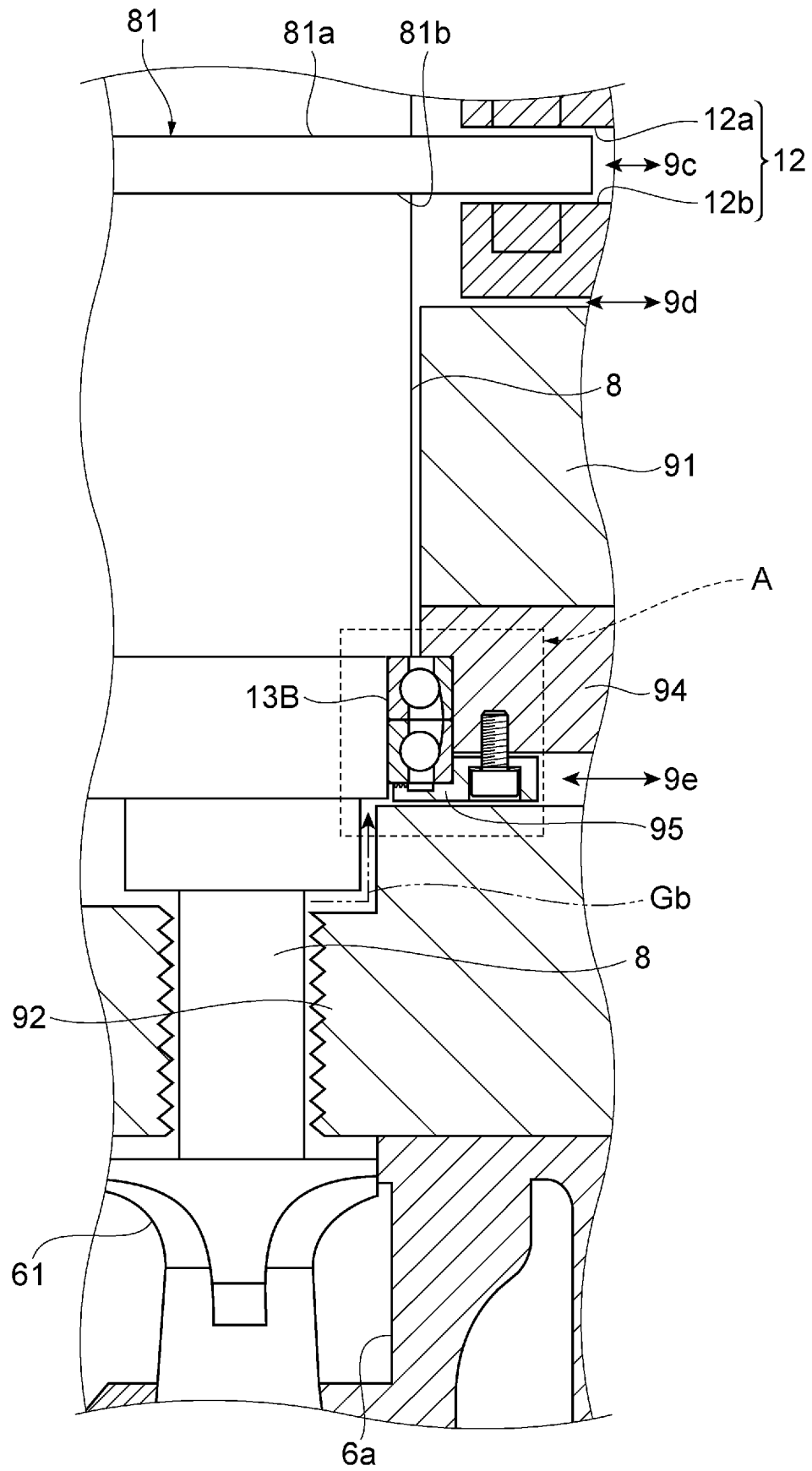
[図4]



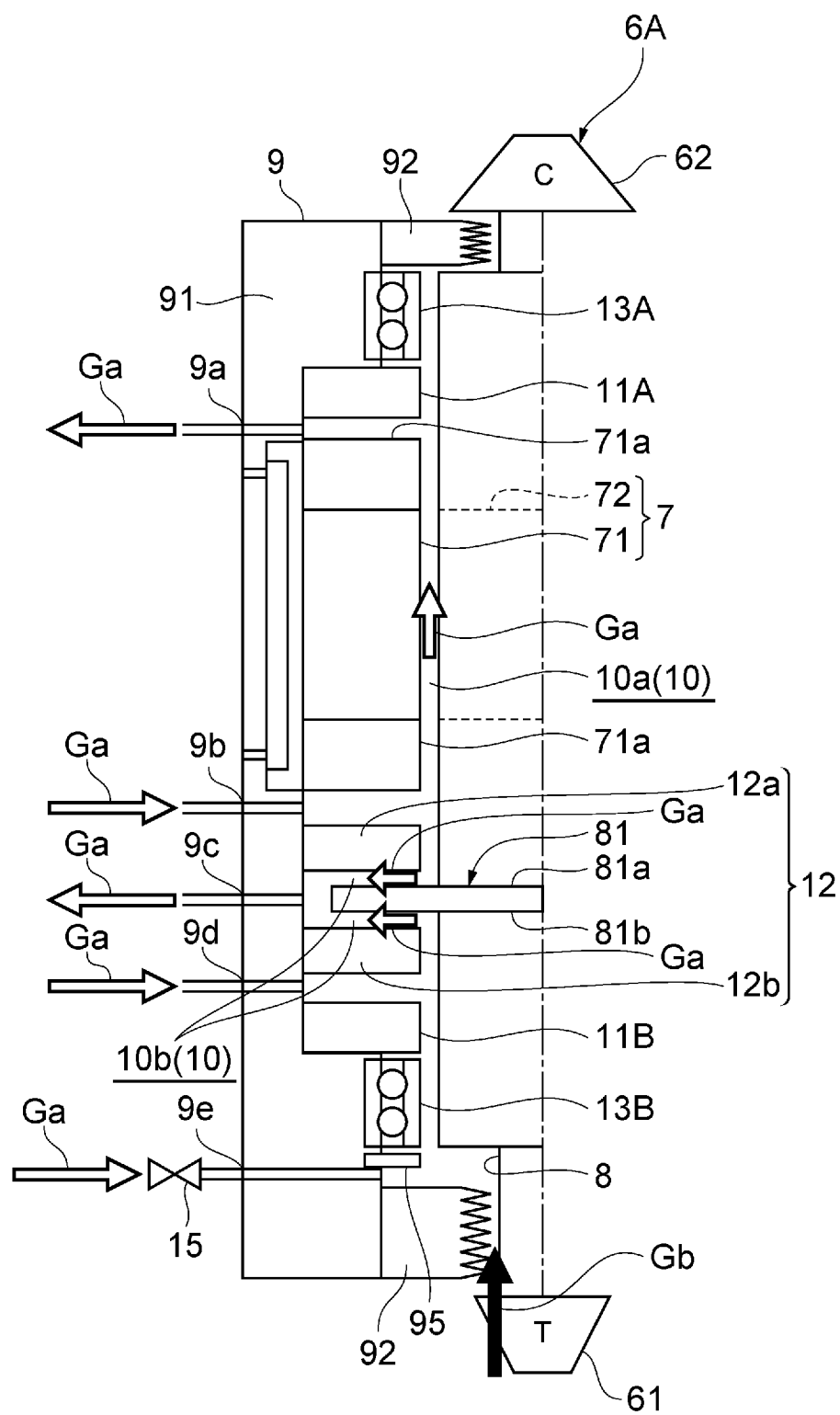
[図5]



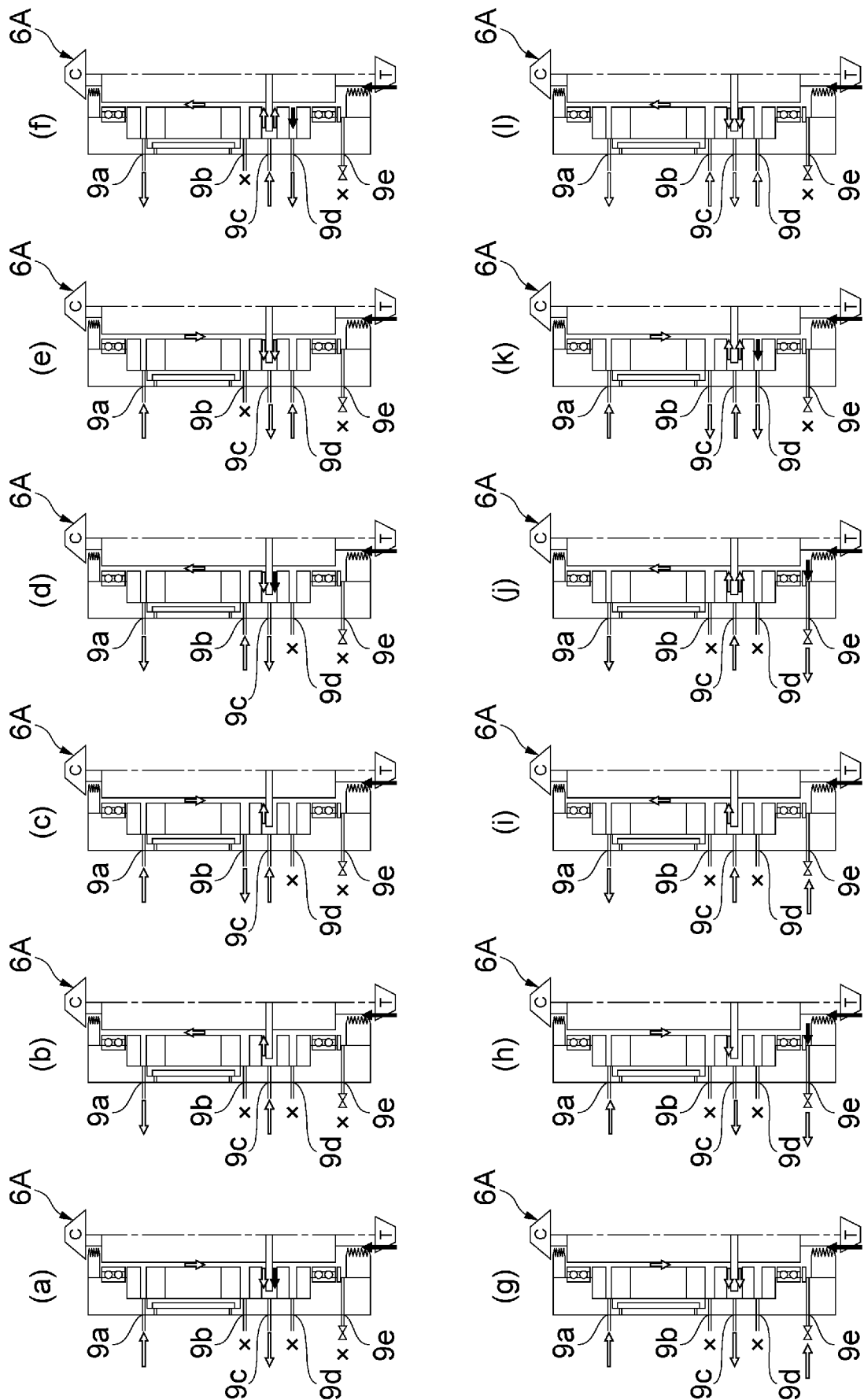
[図7]



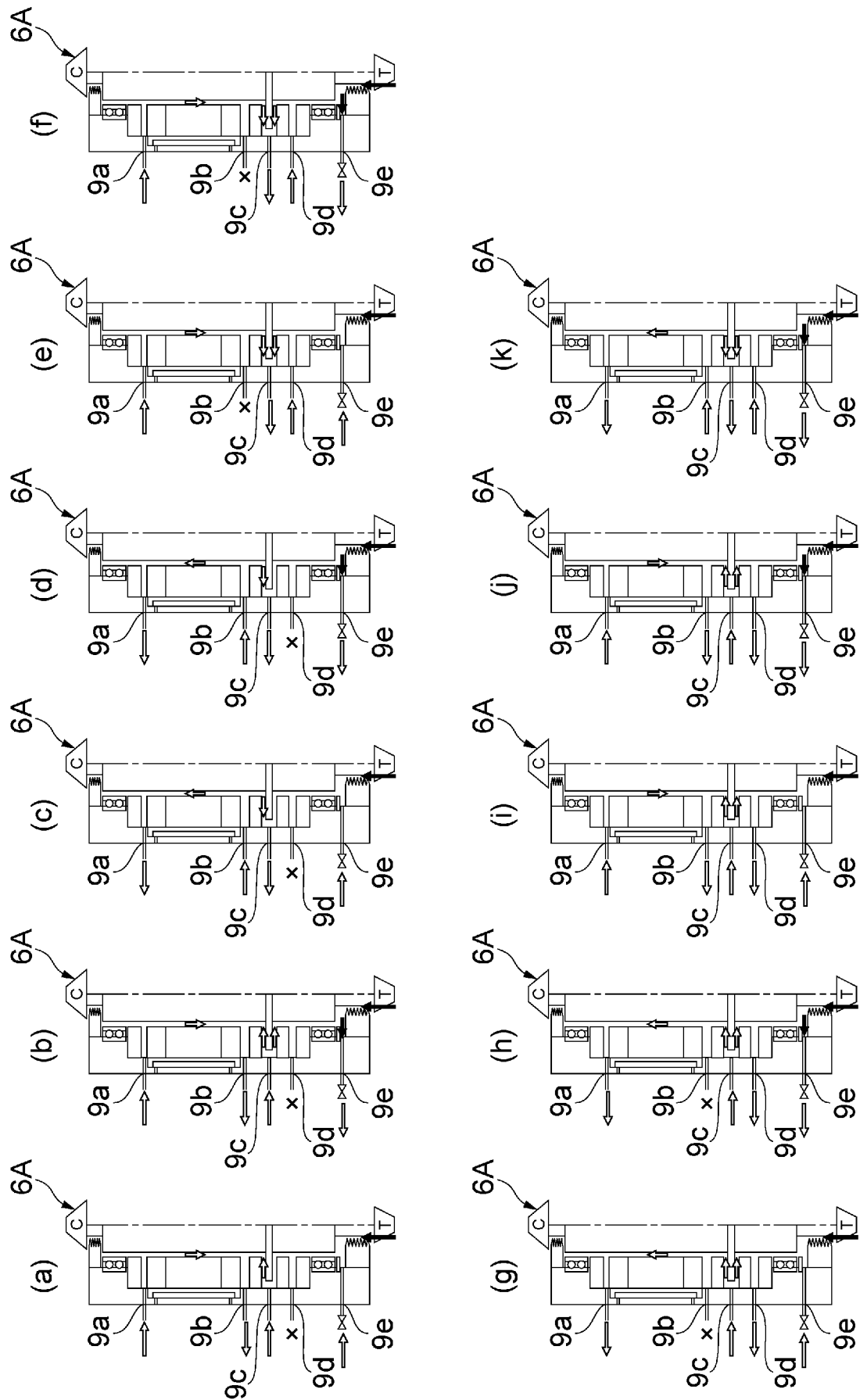
[図9]



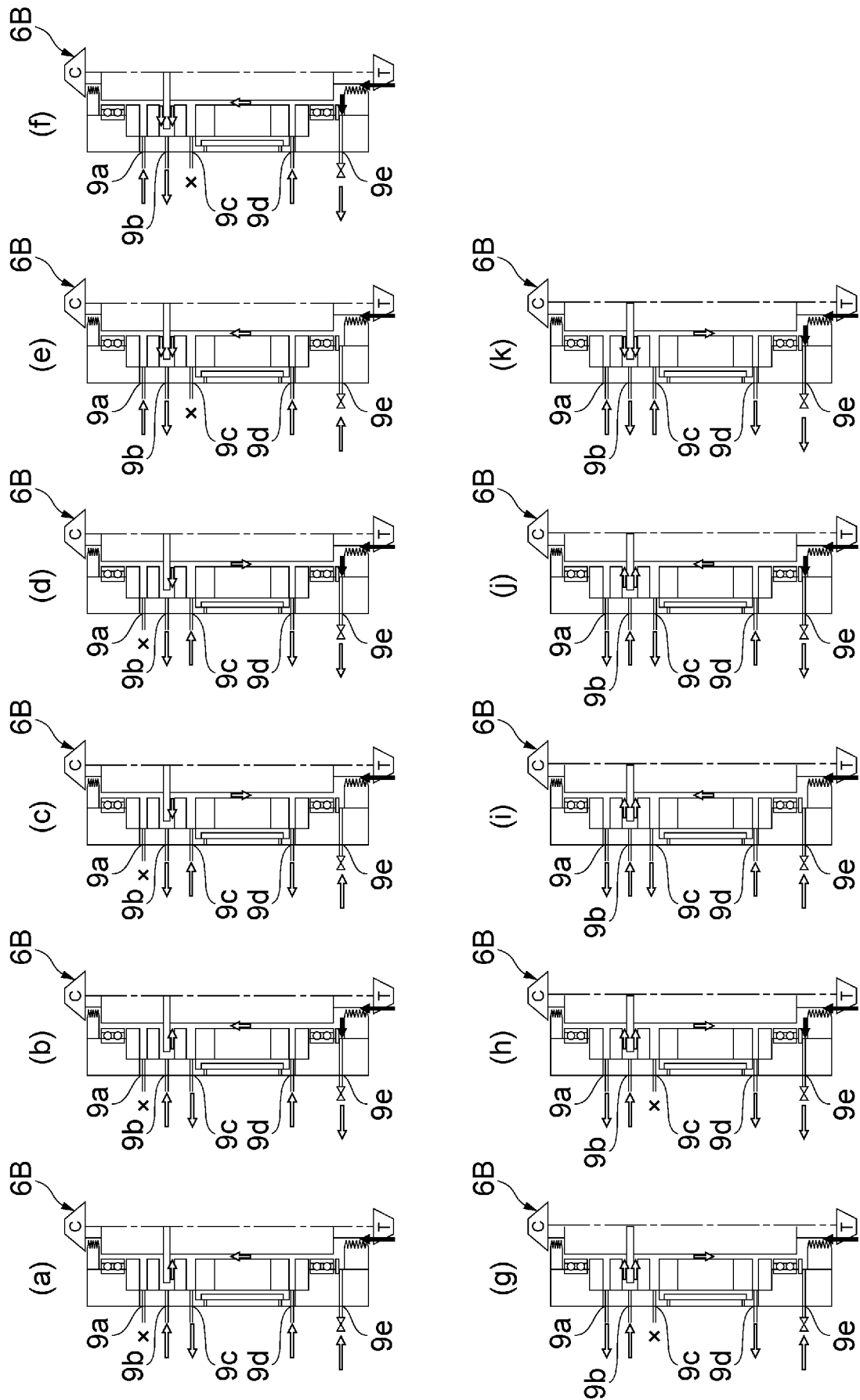
[図11]



[図12]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/008780

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B9/06(2006.01)i, F04D29/048(2006.01)i, F16C21/00(2006.01)i, F16C33/76(2006.01)i, F16C39/06(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)

F25B9/06, F04D29/048, F16C21/00, F16C33/76, F16C39/06

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 A	WO 2006/011248 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0027] to [0038]; fig. 2 to 3 & JP 4370328 B2 & US 2007/0101755 A1 fig. 2 to 3; paragraphs [0037] to [0046] & EP 1801518 A1	1-3 4-5
Y A	JP 2015-94259 A (Mayekawa Mfg., Co., Ltd.), 18 May 2015 (18.05.2015), paragraphs [0020] to [0022], [0027], [0030]; fig. 1 to 4 & US 2016/0265545 A1 fig. 1 to 4; paragraphs [0038] to [0048], [0058], [0067] & WO 2015/068522 A1 & EP 3056744 A1 & CN 105765234 A & KR 10-2016-0070187 A	1-3 4-5

☒ 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
02 May 2017 (02.05.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

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/JP2017/008780

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 10-89296 A (Hitachi, Ltd.), 07 April 1998 (07.04.1998), paragraphs [0036] to [0039]; fig. 3 & US 5980218 A fig. 3; column 7, line 45 to column 8, line 34 & CH 695869 A5	1-3 4-5
Y	JP 2010-527227 A (Sundyne Corp.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0015] to [0028]; fig. 1 & US 2010/0215526 A1 fig. 1; paragraphs [0038] to [0051] & WO 2008/138379 A1 & EP 2158661 A1 & CA 2686229 A1 & MX 2009012229 A & KR 10-2010-0021412 A & CN 101711451 A & AU 2007353247 A	1-3
Y A	JP 11-55899 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 26 February 1999 (26.02.1999), paragraphs [0014] to [0026]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-3 4-5
Y	US 2006/0163962 A1 (SHIMADA, Akihiro), 27 July 2006 (27.07.2006), fig. 4, 6, 8 & WO 2005/003580 A1 & EP 1717468 A1 & CN 1666026 A	1-3
Y	WO 2004/007982 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 22 January 2004 (22.01.2004), fig. 1, 5 & US 2006/0175920 A1 fig. 1, 5 & EP 1522749 A1	1-3
A	JP 2001-123997 A (Hitachi, Ltd.), 08 May 2001 (08.05.2001), paragraphs [0015] to [0026]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-5
A	WO 2008/108063 A1 (NTN Corp.), 12 September 2008 (12.09.2008), paragraphs [0023] to [0030], [0038], [0041] to [0043]; fig. 1 to 3, 7 & JP 2008-219988 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F25B9/06(2006.01)i, F04D29/048(2006.01)i, F16C21/00(2006.01)i, F16C33/76(2006.01)i, F16C39/06(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. F25B9/06, F04D29/048, F16C21/00, F16C33/76, F16C39/06

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 A	WO 2006/011248 A1 (三菱重工業株式会社) 2006.02.02, 段落 27-38 及び図 2-3 & JP 4370328 B2 & US 2007/0101755 A1, 第 2-3 図及び段落 37-46 & EP 1801518 A1	1-3 4-5
Y A	JP 2015-94259 A (株式会社前川製作所) 2015.05.18, 段落 20-22、27、30 及び図 1-4 & US 2016/0265545 A1, 第 1-4 図及び段落 38-48、58、67 & WO 2015/068522 A1 & EP 3056744 A1 & CN 105765234 A & KR 10-2016-0070187 A	1-3 4-5

☑ 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

02.05.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

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)

石黒 雄一

3M

4019

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

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 A	JP 10-89296 A (株式会社日立製作所) 1998.04.07, 段落 36-39 及び図 3 & US 5980218 A, 第 3 図及び第 7 欄第 45 行-第 8 欄第 3 4 行& CH 695869 A5	1-3 4-5
Y	JP 2010-527227 A (サンダイン コーポレーション) 2010.08.05, 段 落 15-28 及び図 1 & US 2010/0215526 A1, 第 1 図及び段落 38 -51 & WO 2008/138379 A1 & EP 2158661 A1 & CA 2686229 A1 & MX 2009012229 A & KR 10-2010-0021412 A & CN 101711451 A & AU 2007353247 A	1-3
Y A	JP 11-55899 A (石川島播磨重工業株式会社) 1999.02.26, 段落 14 -26 及び図 1-2 (ファミリーなし)	1-3 4-5
Y	US 2006/0163962 A1 (SHIMADA, Akihiro) 2006.07.27, 第 4、6、 8 図 & WO 2005/003580 A1 & EP 1717468 A1 & CN 1666026 A	1-3
Y	WO 2004/007982 A1 (三菱電機株式会社) 2004.01.22, 第 1、5 図 & US 2006/0175920 A1, 第 1、5 図& EP 1522749 A1	1-3
A	JP 2001-123997 A (株式会社日立製作所) 2001.05.08, 段落 15- 26 及び図 1-2 (ファミリーなし)	1-5
A	WO 2008/108063 A1 (NTN株式会社) 2008.09.12, 段落 23-30、 38、41-43 及び図 1-3、7 & JP 2008-219988 A	1-5