

(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9月27日(27.09.2018)



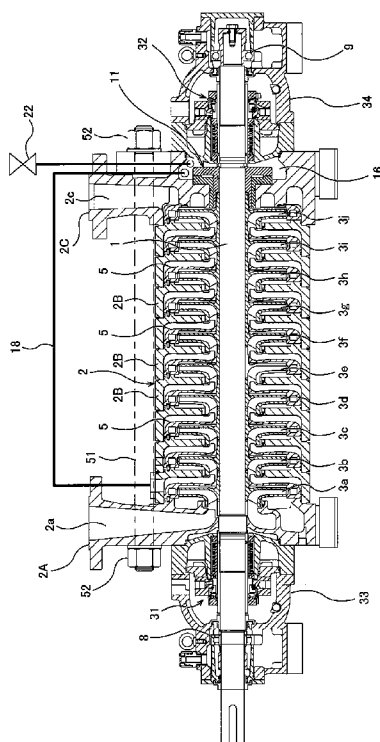
(10) 国際公開番号

WO 2018/173769 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/60 (2006.01) *F04D 29/12* (2006.01)
F04D 1/08 (2006.01) *F16L 55/04* (2006.01)
F04D 29/041 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/008947
- (22) 国際出願日: 2018年3月8日(08.03.2018)
- (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 2017-057952 2017年3月23日(23.03.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社 荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 細田 規彦 (HOSODA, Norihiko); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 廣澤 哲也, 外 (HIROSAWA, Tetsuya et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 5 番 8 号 GOWA 西新宿 4 階 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,

(54) Title: MULTI-STAGE PUMP

(54) 発明の名称: 多段ポンプ



(57) Abstract: The present invention relates to a multi-stage pump capable of being used as a water supply pump for pressurizing high-temperature high-pressure water and transferring the pressurized water to a boiler. The multi-stage pump comprises: a main shaft (1); a plurality of stages of impellers (3a-3j) affixed to the main shaft (1); a casing (2) for containing the plurality of stages of impellers (3a-3j); a balance mechanism (11) for cancelling a thrust force applied from liquid to the plurality of stages of impellers (3a-3j); a mechanical seal (32) for sealing the gap between the main shaft (1) and the casing (2); and a pressure relief valve (22) connected to any of the suction opening (2a) of the casing (2), the balance chamber (16) of the balance mechanism (11), the balance piping (18) of the balance mechanism (11), and the seal chamber (43) of the mechanical seal (32).

(57) 要約: 本発明は、高温高圧の水を加圧してボイラに移送する給水ポンプとして使用可能な多段ポンプに関するものである。多段ポンプは、主軸(1)と、主軸(1)に固定された複数段の羽根車(3a~3j)と、複数段の羽根車(3a~3j)を収容するケーシング(2)と、液体から複数段の羽根車(3a~3j)に加えられるスラスト力をキャンセルするためのバランス機構(11)と、主軸(1)とケーシング(2)との間の隙間を封止するメカニカルシール(32)と、ケーシング(2)の吸込口(2a)、バランス機構(11)のバランス室(16)、バランス機構(11)のバランス配管(18)、およびメカニカルシール(32)のシール室(43)のうちのいずれかに接続された圧力逃し弁(22)を備える。

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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))

明 細 書

発明の名称：多段ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、液体を移送するための多段ポンプに関し、特に高温高压の水を加圧してボイラに移送する給水ポンプとして使用可能な多段ポンプに関する。

背景技術

[0002] 蒸気タービンを用いた発電システムでは、多段ポンプからなる給水ポンプを用いて高温高压の水をボイラに供給し、ボイラにて水を加熱して蒸気を発生させる。図15は、蒸気タービンを用いた発電システムを示す模式図である。工業用水または純水などの水は、タンク200に供給され、ポンプ201によって脱気器205に送られる。脱気器205は、溶存酸素を水から除去するための装置であり、下流に配置されたボイラ211や配管などの錆を防止するために設けられる。水は脱気器205内で140～150℃の高温に加熱され、高温高压の水が脱気器205内で生成される。

[0003] 脱気器205は、給水ポンプ208よりも高い位置に配置されており、脱気器205と給水ポンプ208は吸込配管206により連結されている。脱気器205内の高温高压の水は、吸込配管206を通して給水ポンプ208に吸い込まれ、給水ポンプ208で加圧されてボイラ211に送られる。高温高压の水はボイラ211で200～300℃にさらに加熱され、蒸気が生成される。蒸気は蒸気タービン212を回転させ、蒸気タービン212に連結された発電機214を回転させる。

[0004] 蒸気タービン212を出た蒸気の一部は脱気器205に移送され、脱気器205の内部は高压に維持される。残りの蒸気は復水器215で凝縮されて水となる。凝縮された水はポンプ216によってタンク200に移送される。このようにして水が発電システム内を循環しながら、蒸気によって蒸気タービン212が回転され、蒸気タービン212に連結された発電機214が

発電する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭5 1－7 1 5 0 2号公報

特許文献2：特開昭5 9－3 3 7 9 9号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 脱気器2 0 5内には高温高压の水が液体の状態で存在する。このような高温高压の水を沸騰させずにボイラ2 1 1に移送するために、上述した給水ポンプ2 0 8には多段ポンプが使用されている。しかしながら、給水ポンプ2 0 8に用いられているメカニカルシールのシールリングが、給水ポンプ2 0 8の運転中に破損する事象が起こり、水が給水ポンプ2 0 8から漏洩するという問題が発生している。

[0007] 本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、メカニカルシールのシールリングの破損を防止することができる多段ポンプ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

[0008] 本発明者は、メカニカルシールのシールリングが破損する原因を究明すべく実験を重ねたところ、次のような理由が判明した。図1 5に示す脱気器2 0 5内の水は、溶存酸素を水から除去するために高温に加熱され、さらに水を液体の状態に維持するために脱気器2 0 5内は高压となっている。水を液体の状態に維持する理由は、給水ポンプ2 0 8が水をボイラ2 1 1に送ることを可能とするためである。一例では、脱気器2 0 5内の水は1 4 5℃で4 2 7 k P aに加熱される。

[0009] 図1 5に示すように、脱気器2 0 5は、給水ポンプ2 0 8よりも数十メートルほど高い位置に配置される。吸込配管2 0 6内に存在する水に加わる圧力は、脱気器2 0 5内の圧力と水頭圧との和である。通常の運転時では、吸

込配管 206 内に存在する水に加わる圧力は、水の蒸気圧よりも高い。よって、図 1 A に示すように、吸込配管 206 内の水は液状のまま給水ポンプ 208 に吸い込まれる。

[0010] ところが、蒸気タービン 212 から脱気器 205 内に注入される蒸気の流量が何らかの原因により低下すると、脱気器 205 内の圧力が低下し、吸込配管 206 内の水は蒸発しやすくなる。図 1 B に示すように、脱気器 205 内の圧力と水頭圧との和よりも水の蒸気圧が高くなると、キャビテーションが発生し、吸込配管 206 内の水に気泡が形成される。水が吸込配管 206 内を流下するにつれて、吸込配管 206 内の水に加わる水頭圧は増加する。そして、図 1 C に示すように、脱気器 205 内の圧力と水頭圧との和が水の蒸気圧以上となると、気泡が潰れ、衝撃波が発生する。この現象は、いわゆるウォーターハンマーである。ウォーターハンマーは吸込配管 206 内で起こることもあれば、給水ポンプ 208 内でも起こり得る。

[0011] 多段ポンプからなる給水ポンプ 208 は、加圧された水から羽根車に作用するスラスト力をキャンセルするためのバランス機構を備えている。気泡が潰れたときに生ずる衝撃波は、バランス機構の一部を構成するバランス配管（図 15 の符号 208 a 参照）内を伝播し、最終的にメカニカルシールに到達する。このため、衝撃波によってメカニカルシールのシールリングが割れてしまう。

[0012] このように、発明者は、脱気器 205 内の圧力低下に起因してキャビテーションが発生し、気泡が潰れるときに生じる衝撃波がメカニカルシールのシールリングを破損させることを実験により発見した。脱気器 205 内の圧力低下は、主にボイラ 211 が発生する蒸気の圧力の低下によって引き起こされる。したがって、ボイラ 211 の運転を安定させることは 1 つの解決策である。しかしながら、ボイラ 211 の圧力が低下する原因には、燃料の不安定な供給、蒸気タービン 212 のトリップなどの様々な原因があり、ボイラ 211 の安定的運転を維持することは難しい。

[0013] そこで、本発明によれば、メカニカルシールのシールリングの破損を防止

することができる次のような多段ポンプが提供される。一態様によれば、主軸と、前記主軸に固定された複数段の羽根車と、前記複数段の羽根車を収容し、吸込口および吐出口を有するケーシングと、液体から前記複数段の羽根車に加えられるスラスト力をキャンセルするためのバランス機構と、前記主軸と前記ケーシングとの間の隙間を封止するメカニカルシールと、前記ケーシングの吸込口、前記バランス機構のバランス室、前記バランス機構のバランス配管、および前記メカニカルシールのシール室のうちのいずれかに接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプが提供される。

[0014] 一態様によれば、主軸と、前記主軸に固定された複数段の羽根車と、前記複数段の羽根車を収容し、吸込口および吐出口を有するケーシングと、液体から前記複数段の羽根車に加えられるスラスト力をキャンセルするためのバランス機構と、前記主軸と前記ケーシングとの間の隙間を封止するメカニカルシールと、前記吸込口に接続された吸込配管と、前記吸込配管に接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプが提供される。

[0015] 一態様では、前記バランス機構のバランス配管は、前記バランス機構のバランス室と、前記複数段の羽根車のうちの1段目の羽根車と2段目の羽根車との間の流路とを接続する。

一態様では、前記バランス機構のバランス配管は、前記バランス機構のバランス室と、前記複数段の羽根車のうちの2段目の羽根車と3段目の羽根車との間の流路とを接続する。

[0016] 一態様では、前記多段ポンプは、前記バランス機構のバランス配管に取り付けられた逆止弁をさらに備え、前記逆止弁は、前記バランス室から前記多段ポンプの吸込側へのみ液体が通れることを許容するように構成される。

一態様では、前記多段ポンプは、前記多段ポンプの起動時にインバータによって前記主軸の回転速度が徐々に上昇するように駆動可能である。

一態様では、前記多段ポンプは、前記多段ポンプの吐き出し側に設けられた逆浸透膜へ通流させるための液体を圧送するポンプである。

一態様では、前記多段ポンプは、前記圧力逃し弁の吐出口に接続され、前

記圧力逃し弁が作動したことを検出する作動検出センサをさらに備える。

[0017] 一態様では、前記圧力逃し弁に代えて、衝撃波を吸収するウォーターハンマー防止装置を備える。

一態様では、前記ウォーターハンマー防止装置は、液体の通路が内部に形成された柔軟な内管と、前記内管を囲む柔軟な外管と、前記内管と前記外管との間に形成されている空気層とを備えたフレキシブル継手である。

一態様では、前記ウォーターハンマー防止装置は、衝撃波を吸収する減衰装置が内部に配置された容器を備えたバッファタンクである。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、衝撃波によって上昇した液体の圧力は、圧力逃し弁によって解放される。したがって、衝撃波はメカニカルシールまで到達することがなく、結果として、メカニカルシールのシールリングの破損を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1A]水が液体の状態で流れる様子を示す模式図である。

[図1B]圧力低下に起因してキャビテーションが発生する様子を示す模式図である。

[図1C]気泡が潰れてウォーターハンマーが起こる様子を示す模式図である。

[図2]多段ポンプの一実施形態を示す図である。

[図3]図2に示すバランス機構を示す拡大断面図である。

[図4]吐出側のメカニカルシールを示す拡大断面図である。

[図5]圧力逃し弁を備えた多段ポンプの側面図である。

[図6]図5に示す多段ポンプの背面図である。

[図7]ケーシングの吸込口に接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図である。

[図8]バランス配管に接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図である。

[図9]メカニカルシールのシール室に接続された圧力逃し弁を備えた多段ポン

プの一実施形態を示す図である。

[図10]吸込配管に接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図である。

[図11]図2に示す実施形態のバランス配管に逆止弁が取り付けられた一実施形態を示す図である。

[図12]図1に示す多段ポンプに電動機が連結された一実施形態を示す図である。

[図13]図2に示す実施形態の圧力逃し弁が作動したことを検出する作動検出センサが設けられた一実施形態を示す図である。

[図14]圧力逃し弁に代えて、ウォーターハンマー防止装置が設けられた一実施形態を示す図である。

[図15]蒸気タービンを用いた発電システムを示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図2は、多段ポンプの一実施形態を示す図である。本実施形態の多段ポンプは、図15に示す発電システムの給水ポンプ208としての使用に適している。図2に示すように、多段ポンプは、主軸1と、主軸1に固定された複数段の羽根車3a～3jと、羽根車3a～3jを収容するケーシング2と、各段の羽根車3a～3jの吐出側に配置された複数段のガイドベーン5を備えている。本実施形態では、各羽根車3a～3jは片吸込型の遠心羽根車である。羽根車3a～3jは同じ方向を向いて主軸1上に配列されている。以下の説明では、羽根車3a～3jを総称して単に羽根車3という場合がある。本実施形態では、10枚の羽根車3が配置されているが、羽根車3の枚数は本実施形態に限定されない。

[0021] ケーシング2は、吸込口2aを有する吸込ケーシング2Aと、複数段の羽根車3a～3iをそれぞれ収容する複数の中間ケーシング2Bと、吐出口2cを有し、最終段の羽根車3jを収容する吐出ケーシング2Cとを有している。中間ケーシング2Bは、吸込ケーシング2Aと吐出ケーシング2Cとの

間に配置されている。吸込ケーシング 2 A、中間ケーシング 2 B、および吐出ケーシング 2 Cは通しボルト 5 1 およびナット 5 2 によって互いに固定されている。主軸 1 は、吸込ケーシング 2 A、中間ケーシング 2 B、および吐出ケーシング 2 Cを貫通している。

[0022] 主軸 1 は軸受 8, 9 により回転可能に支持されている。主軸 1 の一端は図示しない駆動源（電動機など）に連結され、駆動源によって主軸 1 と羽根車 3 は一体に回転される。羽根車 3 が回転すると、液体は吸込口 2 a を通って羽根車 3 a に流入し、羽根車 3 a の回転によって液体に速度エネルギーが与えられる。増速された液体は羽根車 3 a を出てガイドベーン 5 に沿って流れ、次段の羽根車 3 b に流入する。液体がガイドベーン 5 に沿って流れるときに液体の速度エネルギーは圧力に変換され、液体は昇圧される。このようにして液体は複数段の羽根車 3 および複数段のガイドベーン 5 によって順次昇圧され、最終的に吐出口 2 c から吐き出される。

[0023] 各羽根車 3 には、昇圧された液体によって吸込側へ向かうスラスト力が作用する。そこで、多段ポンプは、このようなスラスト力をキャンセルすることができるバランス機構 1 1 を備えている。さらに、多段ポンプは、ケーシング 2 と主軸 1 との間の隙間を封止するための軸封装置としてのメカニカルシール 3 1, 3 2 を備えている。メカニカルシール 3 1, 3 2 は、ケーシング 2 の吸込側と吐出側に設置されている。吐出側のメカニカルシール 3 2 は、バランス機構 1 1 の反吸込側に配置されている。

[0024] 吸込ケーシング 2 A にはスタッフィングボックス 3 3 が連結され、吐出ケーシング 2 C にはスタッフィングボックス 3 4 が連結されている。メカニカルシール 3 1, 3 2 は、スタッフィングボックス 3 3 およびスタッフィングボックス 3 4 内にそれぞれ配置されている。

[0025] 図 3 は、図 2 に示すバランス機構 1 1 を示す拡大断面図である。バランス機構 1 1 は、吐出ケーシング 2 C に固定されたバランスシート 1 2 と、主軸 1 に固定されたバランスディスク 1 5 と、バランスシート 1 2 およびバランスディスク 1 5 を囲むバランス室 1 6 と、バランス室 1 6 と多段ポンプの吸

込側とを連通するバランス配管 18 とを備えている。

[0026] バランスシート 12、バランスディスク 15、およびバランス室 16 は、吐出ケーシング 2C 内に位置している。バランスシート 12 は静止しており、その一方でバランスディスク 15 は主軸 1 と一体に回転可能となっている。バランスディスク 15 の内面はバランスシート 12 の外面に対向しており、バランスディスク 15 の内面とバランスシート 12 の外面との間には微小な軸方向の隙間 δ が存在する。バランスディスク 15 の内面およびバランスシート 12 の外面には、互いに対向する窪みがそれぞれ形成されており、これら窪みによってバランスディスク 15 とバランスシート 12 との間に中間圧力室 20 が形成されている。

[0027] バランスディスク 15 は主軸 1 を囲む第 1 円筒部 15a を有しており、バランスシート 12 は第 1 円筒部 15a を囲む第 2 円筒部 12a を有している。第 1 円筒部 15a の外周面と第 2 円筒部 12a の内周面との間には、微小な径方向の隙間 ε が存在する。この隙間 ε は中間圧力室 20 に連通している。第 1 円筒部 15a および第 2 円筒部 12a は、最終段の羽根車 3j と中間圧力室 20 との間に位置している。バランス配管 18 の一端はバランス室 16 に接続され、バランス配管 18 の他端は 1 段目の羽根車 3a と 2 段目の羽根車 3b との間の流路に接続されている（図 2 参照）。バランス室 16 内の圧力は、1 段目の羽根車 3a と 2 段目の羽根車 3b との間の液体の圧力と、バランス配管 18 内の圧力損失との和に相当する圧力である。一実施形態では、バランス配管 18 の一端はバランス室 16 に接続され、バランス配管 18 の他端は 2 段目の羽根車 3b と 3 段目の羽根車 3c との間の流路に接続されてもよい。

[0028] バランス機構 11 の動作は次の通りである。最終段の羽根車 3j を出た液体の一部は、この羽根車 3j の背面側を流れ、上記隙間 ε に到達する。さらに液体は隙間 ε を通って中間圧力室 20 を満たし、隙間 δ を通ってバランス室 16 内に流出する。バランス室 16 内の液体はバランス配管 18 を通って、1 段目の羽根車 3a と 2 段目の羽根車 3b との間の流路（または 2 段目の

羽根車 3 b と 3 段目の羽根車 3 c との間の流路) に戻される。

[0029] 羽根車 3 に加わる吸込側へのスラスト力が大きくなると、バランスディスク 1 5 は羽根車 3 および主軸 1 とともに吸込側に移動する。その結果、隙間 δ は小さくなる。隙間 δ が小さくなるに伴って、中間圧力室 2 0 からバランス室 1 6 に漏れる液体が少なくなるので、中間圧力室 2 0 内の圧力が上昇する。その結果、中間圧力室 2 0 内の液体がバランスディスク 1 5 を反吸込側に押すバランス力が増加し、バランスディスク 1 5 は羽根車 3 および主軸 1 とともに反吸込側に移動する。このようにして、羽根車 3 に加わるスラスト力と、バランスディスク 1 5 に加わるバランス力とが釣り合うことによって、スラスト力はバランス力によってキャンセルされる。

[0030] バランス室 1 6 には、連絡管 2 1 を通じて圧力逃し弁 2 2 が接続されている。この圧力逃し弁 2 2 は、バランス室 1 6 内の圧力が設定値よりも高いときに開いてバランス室 1 6 内の液体を放出し、バランス室 1 6 内の圧力が上記設定値よりも低いときに閉じるように構成されている。このような圧力逃し弁 2 2 は、安全弁とも呼ばれ、市場で入手することができる。

[0031] 上述したように、多段ポンプの上流または多段ポンプ内でウォーターハンマーが発生すると、衝撃波は、バランス配管 1 8 内の液体を伝播してバランス室 1 6 に到達し、バランス室 1 6 内の液体の圧力を上昇させる。このとき、圧力逃し弁 2 2 が開き、液体は圧力逃し弁 2 2 を通ってバランス室 1 6 の外に放出される。このように、バランス室 1 6 に連通する圧力逃し弁 2 2 は、ウォーターハンマーが起こった場合に、バランス室 1 6 内の圧力の上昇を防ぐことができる。結果として、圧力逃し弁 2 2 は、以下に説明するメカニカルシール 3 2 の破損を防止することができる。

[0032] 図 4 は、吐出側のメカニカルシール 3 2 を示す拡大断面図である。図 4 に示すように、メカニカルシール 3 2 は、スタッフィングボックス 3 4 に支持されたシールリング（固定側リング）3 5 と、主軸 1 とともに回転可能な回転側リング 3 6 と、シールリング 3 5 を回転側リング 3 6 に押し付けるばね 3 7 とを有している。回転側リング 3 6 は、メイティングリングともいう。

主軸 1 の外周面には軸スリーブ 4 0 が固定されており、軸スリーブ 4 0 の外周面にリングホルダ 4 1 が固定されている。回転側リング 3 6 はリングホルダ 4 1 に固定されており、回転側リング 3 6 およびリングホルダ 4 1 は、主軸 1 と一体に回転するようになっている。主軸 1 の回転に伴って回転側リング 3 6 はシールリング 3 5 に摺接する。本実施形態では、シールリング 3 5 および回転側リング 3 6 は炭化ケイ素から構成されている。

[0033] 軸スリーブ 4 0 とスタッフィングボックス 3 4 の内面との間にはシール室 4 3 が形成されている。シールリング 3 5 および回転側リング 3 6 は、シール室 4 3 に面している。図 4 の矢印で示すように、液体は、バランス機構 1 1 のバランス室 1 6 (図 3 参照) からメカニカルシール 3 2 に向かって流れ、シール室 4 3 内に流入する。シールリング 3 5 は、ばね 3 7 によって回転側リング 3 6 に押し付けられているので、シールリング 3 5 と回転側リング 3 6 との間には極めて微小な隙間のみが存在する。よって、メカニカルシール 3 2 に到達した液体の漏洩はメカニカルシール 3 2 によって実質的に防止される。

[0034] 本実施形態のメカニカルシール 3 1, 3 2 は、該メカニカルシール 3 1, 3 2 を冷却するための注水管を持たない、いわゆるデッドエンド型のメカニカルシールである。

[0035] 図 5 は、圧力逃し弁 2 2 を備えた多段ポンプの側面図であり、図 6 は図 5 に示す多段ポンプの背面図である。図 5 ではバランス配管 1 8 は模式的に描かれている。吐出ケーシング 2 C には、上述した圧力逃し弁 2 2 が連絡管 2 1 を通じて連結されている。多段ポンプの上流または多段ポンプ内でウォーターハンマーが発生すると、衝撃波は、バランス配管 1 8 内の液体を伝播してバランス室 1 6 内に到達し、液体の圧力を上昇させる。このとき、液体の圧力は圧力逃し弁 2 2 を通ってバランス室 1 6 の外に解放される。したがって、図 4 に示すメカニカルシール 3 2 の破損、特にシールリング 3 5 の破損を防止することができる。

[0036] 本実施形態の圧力逃し弁 2 2 は、ウォーターハンマーに起因した圧力上昇

のみならず、他の原因による圧力上昇も防ぐことができ、メカニカルシール 32 の破損を防止することができる。

[0037] 上述した実施形態では、圧力逃し弁 22 はバランス室 16 に接続されているが、ウォーターハンマーが発生した箇所と、吐出し側のメカニカルシールと 32 との間であれば、圧力逃し弁 22 の接続位置は特に限定されない。例えば、ケーシング 2 の吸込口 2a、バランス機構 11 のバランス配管 18、メカニカルシール 32 のシール室 43、または吸込口 2a に接続された吸込配管 206（図 15 参照）に圧力逃し弁 22 を接続してもよい。

[0038] 図 7 は、ケーシング 2 の吸込口 2a に接続された圧力逃し弁 22 を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図であり、図 8 は、バランス配管 18 に接続された圧力逃し弁 22 を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図であり、図 9 は、メカニカルシール 32 のシール室 43 に接続された圧力逃し弁 22 を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図であり、図 10 は、吸込配管 206 に接続された圧力逃し弁 22 を備えた多段ポンプの一実施形態を示す図である。図 10 では、吸込配管 206 は模式的に描かれている。図 10 に示す実施形態において、圧力逃し弁 22 は、吸込口 2a に近い位置において吸込配管 206 に接続されることが好ましい。

[0039] 図 7 乃至図 10 に示すいずれの実施形態でも、圧力逃し弁 22 は、ウォーターハンマーに起因した圧力上昇のみならず、他の原因による圧力上昇も防ぐことができ、メカニカルシール 32 の破損を防止することができる。

[0040] 上述した各実施形態において、バランス配管 18 に逆止弁を取り付けてもよい。図 11 は、図 2 に示す実施形態のバランス配管 18 に逆止弁 60 が取り付けられた一実施形態を示す図である。逆止弁 60 は、バランス室 16 から液体吸い込み側の方向へのみ液体が通流可能な弁である。言い換えると、逆止弁 60 は、バランス室 16 内の液体がバランス配管 18 を通って多段ポンプの吸込側へ流れることのみを許容する弁である。

[0041] 逆止弁 60 の圧力損失は、バランス室 16 の圧力の上昇に繋がる。バランス室 16 の圧力上昇は、バランスディスク 15 とバランスシート 12 との間

の距離が狭くなり、両者が接触する原因となり得る。そこで、逆止弁 60 は、多段ポンプの運転中のバランス室 16 の圧力や流量にとって抵抗とならない弁が選定される。

[0042] 本実施形態の多段ポンプによれば、バランスディスク 15 とバランスシート 12 との接触を抑制することができる簡素な構造を実現することができる。すなわち、多段ポンプの停止中に他のポンプなどによって多段ポンプの内部に通水する場合、吸い込み側の圧力は、多段ポンプの内部を通る際に多段の羽根車 2 の管路抵抗によって減圧され、減圧された圧力がバランス室 16 にかかる。一方、バランス配管 18 を介した液体の通流に着目すると、逆止弁 60 は、液体が多段ポンプの吸込側からバランス配管 18 を通ってバランス室 16 へ流れるのを阻止する。その結果、バランスディスク 15 には反吸込側方向のスラスト力が加わるのみであるから、バランスディスク 15 とバランスシート 12 とが接触することを防止することができる。

[0043] 図 11 に示す逆止弁 60 は、図 2 に示す実施形態のみならず、図 7, 図 8, 図 9, 図 10 に示す実施形態にも適用することができる。逆止弁 60 を図 8 に示す実施形態に適用する場合、圧力逃し弁 22 はバランス室 16 と逆止弁 60 との間に配置される。

[0044] 図 12 は、図 11 に示す多段ポンプに電動機 55 が連結された一実施形態を示す図である。多段ポンプの主軸 1 は、カップリング 56 により電動機 55 の駆動軸 55a に連結される。多段ポンプは電動機 55 によって駆動される。電動機 55 にはインバータ 57 が電氣的に接続されており、電力はインバータ 57 を経由して電動機 55 に供給される。電動機 55 はインバータ 57 によって可変速駆動される。

[0045] 本実施形態の多段ポンプは、多段ポンプの起動時にインバータ 57 を用いて回転速度が徐々に上昇して吐き出し圧力が徐々に上昇するように駆動され得る。この場合、インバータ 57 の出力周波数が低く吐出口 2c での圧力が低い間は、バランス室 16 の圧力が多段ポンプの吸込側での圧力よりも低いので、逆止弁 60 は閉じられたままである。すなわち、バランス室 16 と多

段ポンプの吸込側との間でバランス配管 18 を介した液体の移動は制限される。逆止弁 60 が閉の間は、バランスディスク 15 には吸込側方向の推力が加わることはなく、反吸込側方向の推力が加わるのみである。したがって、回転しているバランスディスク 15 と静止しているバランスシート 12 とが接触することを抑制することができる。

[0046] 多段ポンプが定格速度で運転し、吐き出し圧力が安定すると、吐き出し側の圧力が上昇し、バランス室 16 内の圧力が多段ポンプの吸込側での圧力よりも高くなる。すると、逆止弁 60 が開き、バランス室 16 と多段ポンプの吸込側は、バランス配管 18 によって連通する。その結果、バランス室 16 内の圧力と、多段ポンプの吸込側の圧力とは、実質的に同一となり主軸 1 をバランスさせることができる。

[0047] 図 13 は、圧力逃し弁 22 が作動したことを検出する作動検出センサ 70 が設けられた一実施形態を示す図である。作動検出センサ 70 は、圧力逃し弁 22 の吐出口に接続されており、圧力逃し弁 22 が作動したことを検出するように構成されている。このような作動検出センサ 70 の例としては、圧力センサおよび漏水検出器が挙げられる。作動検出センサ 70 は、圧力逃し弁 22 が作動したことを検出すると、検出信号を発するように構成される。図 13 に示す作動検出センサ 70 は、図 2 に示す実施形態のみならず、図 7, 図 8, 図 9, 図 10, 図 11, 図 12 に示す実施形態にも適用することができる。

[0048] 上述した各実施形態において、圧力逃し弁 22 に代えて、ウォーターハンマーが発生したときの衝撃波を吸収することができるウォーターハンマー防止装置を設けてもよい。図 14 は、圧力逃し弁 22 に代えて、ウォーターハンマー防止装置 80 が設けられた一実施形態を示す図である。図 14 に示す例では、図 2 に示す圧力逃し弁 22 に代えて、ウォーターハンマー防止装置 80 が設けられている。

[0049] ウォーターハンマー防止装置 80 の例としては、フレキシブル継手やバッファタンクが挙げられる。フレキシブル継手は、液体の通路が内部に形成さ

れた柔軟な内管と、この内管を囲む柔軟な外管と、内管と外管との間に形成されている空気層とを備えている。衝撃波は空気層によって吸収される。バッファタンクは、衝撃波を吸収することができる減衰装置が内部に配置された容器を備えている。このようなフレキシブル継手およびバッファタンクは、市場で入手することができる。図14に示すウォーターハンマー防止装置80は、図2に示す実施形態のみならず、図7，図8，図9，図10，図11，図12に示す実施形態にも適用することができる。

[0050] 上述した各実施形態の多段ポンプは、図15に示す発電システムの給水ポンプ208としての使用に適しているが、本発明はこの用途には限定されない。例えば、上述した各実施形態の多段ポンプは、海水淡水化システムにおいて、多段ポンプの吐き出し側に設けられた逆浸透（RO）膜を通流させるための流体（海水）を圧送するポンプとして使用することができる。

[0051] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

産業上の利用可能性

[0052] 本発明は、液体を移送するための多段ポンプに利用可能であり、特に高温高圧の水を加圧してボイラに移送する給水ポンプとして使用可能な多段ポンプに利用可能である。

符号の説明

[0053] 1 主軸
 2 ケーシング
 2 A 吸込ケーシング
 2 B 中間ケーシング
 2 C 吐出ケーシング

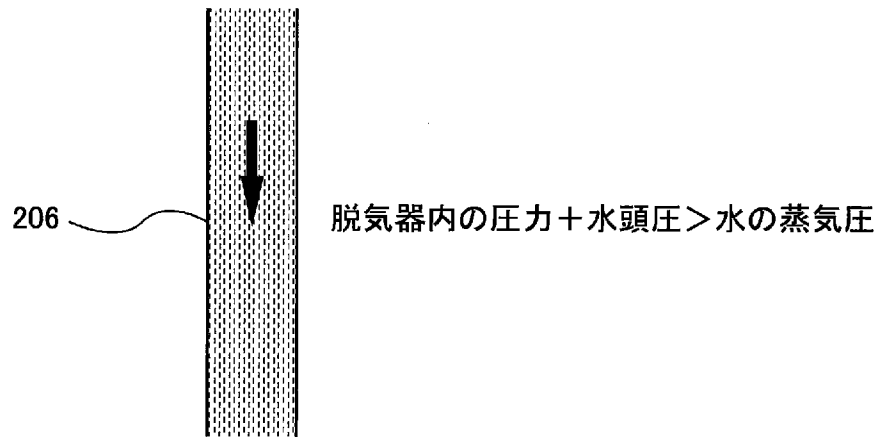
- 3, 3 a ~ 3 j 羽根車
- 5 ガイドベーン
- 8, 9 軸受
- 1 1 バランス機構
- 1 2 バランスシート
- 1 5 バランスディスク
- 1 6 バランス室
- 1 8 バランス配管
- 2 0 中間圧力室
- 2 1 連絡管
- 2 2 圧力逃し弁
- 3 1, 3 2 メカニカルシール
- 3 3, 3 4 スタッフィングボックス
- 3 5 シールリング（固定側リング）
- 3 6 回転側リング
- 3 7 ばね
- 4 0 軸スリーブ
- 4 1 リングホルダ
- 4 3 シール室
- 5 1 通しボルト
- 5 2 ナット
- 6 0 逆止弁
- 7 0 作動検出センサ
- 8 0 ウォーターハンマー防止装置

請求の範囲

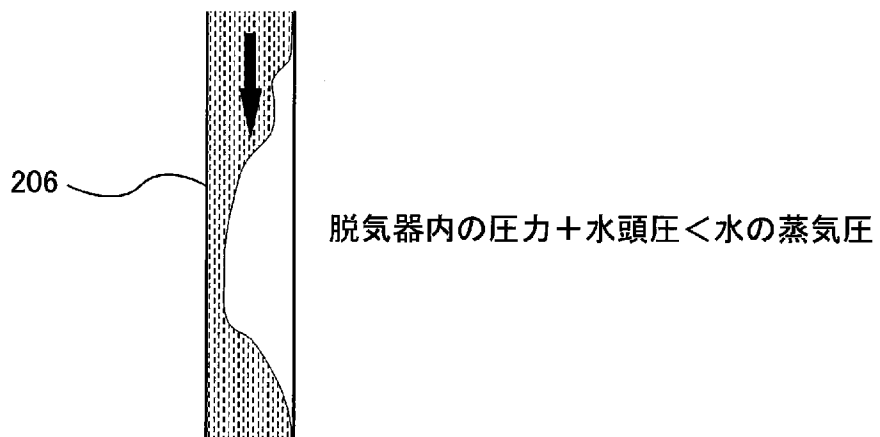
- [請求項1] 主軸と、
 前記主軸に固定された複数段の羽根車と、
 前記複数段の羽根車を収容し、吸込口および吐出口を有するケーシングと、
 液体から前記複数段の羽根車に加えられるスラスト力をキャンセルするためのバランス機構と、
 前記主軸と前記ケーシングとの間の隙間を封止するメカニカルシールと、
 前記ケーシングの吸込口、前記バランス機構のバランス室、前記バランス機構のバランス配管、および前記メカニカルシールのシール室のうちのいずれかに接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプ。
- [請求項2] 主軸と、
 前記主軸に固定された複数段の羽根車と、
 前記複数段の羽根車を収容し、吸込口および吐出口を有するケーシングと、
 液体から前記複数段の羽根車に加えられるスラスト力をキャンセルするためのバランス機構と、
 前記主軸と前記ケーシングとの間の隙間を封止するメカニカルシールと、
 前記吸込口に接続された吸込配管と、
 前記吸込配管に接続された圧力逃し弁を備えた多段ポンプ。
- [請求項3] 前記バランス機構のバランス配管は、前記バランス機構のバランス室と、前記複数段の羽根車のうちの1段目の羽根車と2段目の羽根車との間の流路とを接続する請求項1または2に記載の多段ポンプ。
- [請求項4] 前記バランス機構のバランス配管は、前記バランス機構のバランス室と、前記複数段の羽根車のうちの2段目の羽根車と3段目の羽根車との間の流路とを接続する請求項1または2に記載の多段ポンプ。

- [請求項5] 前記バランス機構のバランス配管に取り付けられた逆止弁をさらに備え、
- 前記逆止弁は、前記バランス室から前記多段ポンプの吸込側へのみ液体が通れることを許容するように構成された請求項 1 または 2 に記載の多段ポンプ。
- [請求項6] 前記多段ポンプは、前記多段ポンプの起動時にインバータによって前記主軸の回転速度が徐々に上昇するように駆動可能である請求項 5 に記載の多段ポンプ。
- [請求項7] 前記多段ポンプは、前記多段ポンプの吐き出し側に設けられた逆浸透膜へ通流させるための液体を圧送するポンプである請求項 1 または 2 に記載の多段ポンプ。
- [請求項8] 前記圧力逃し弁の吐出口に接続され、前記圧力逃し弁が作動したことを検出する作動検出センサをさらに備えた請求項 1 または 2 に記載の多段ポンプ。
- [請求項9] 前記圧力逃し弁に代えて、衝撃波を吸収するウォーターハンマー防止装置を備えた請求項 1 または 2 に記載の多段ポンプ。
- [請求項10] 前記ウォーターハンマー防止装置は、液体の通路が内部に形成された柔軟な内管と、前記内管を囲む柔軟な外管と、前記内管と前記外管との間に形成されている空気層とを備えたフレキシブル継手である請求項 9 に記載の多段ポンプ。
- [請求項11] 前記ウォーターハンマー防止装置は、衝撃波を吸収する減衰装置が内部に配置された容器を備えたバッファタンクである請求項 9 に記載の多段ポンプ。

[図1A]



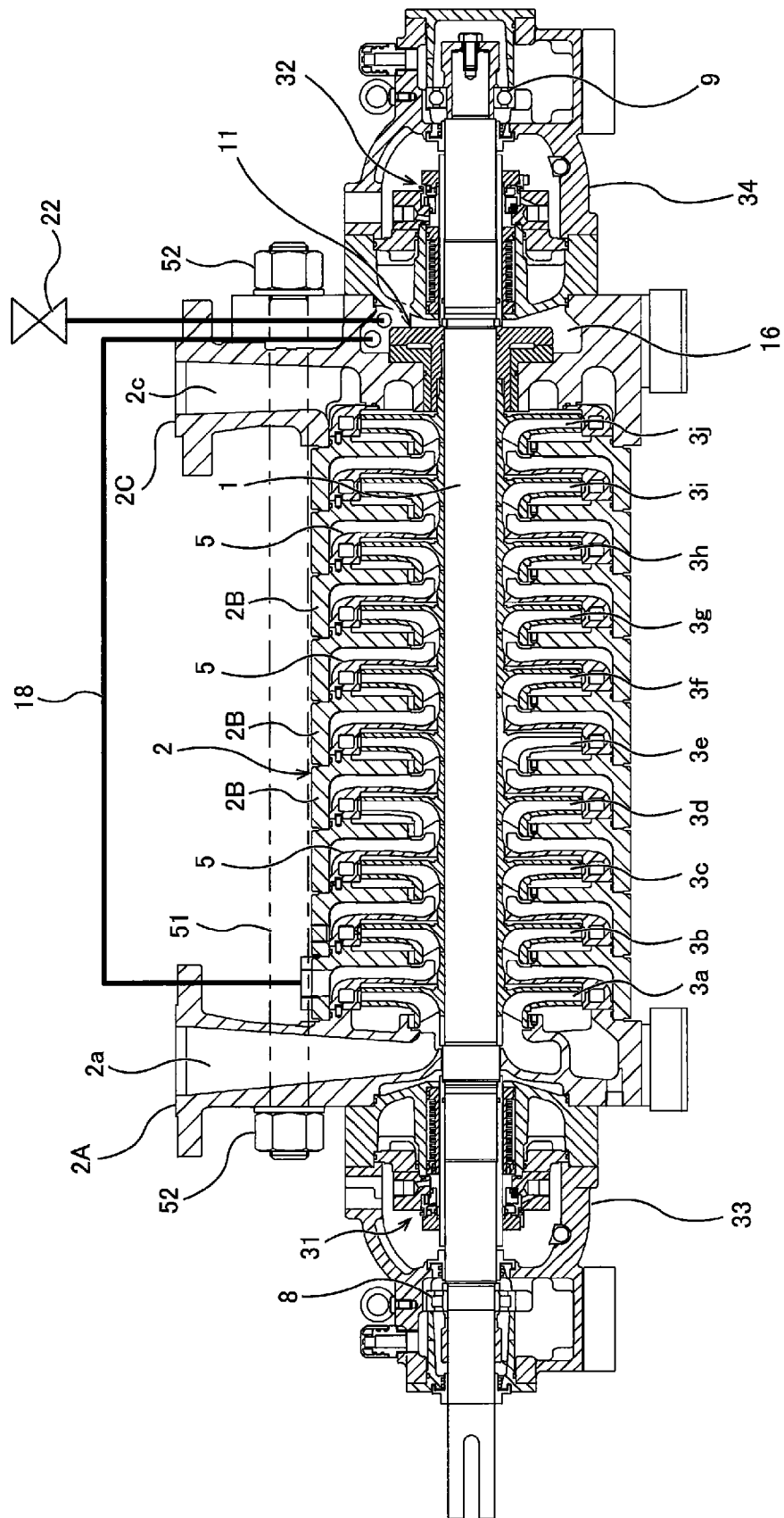
[図1B]



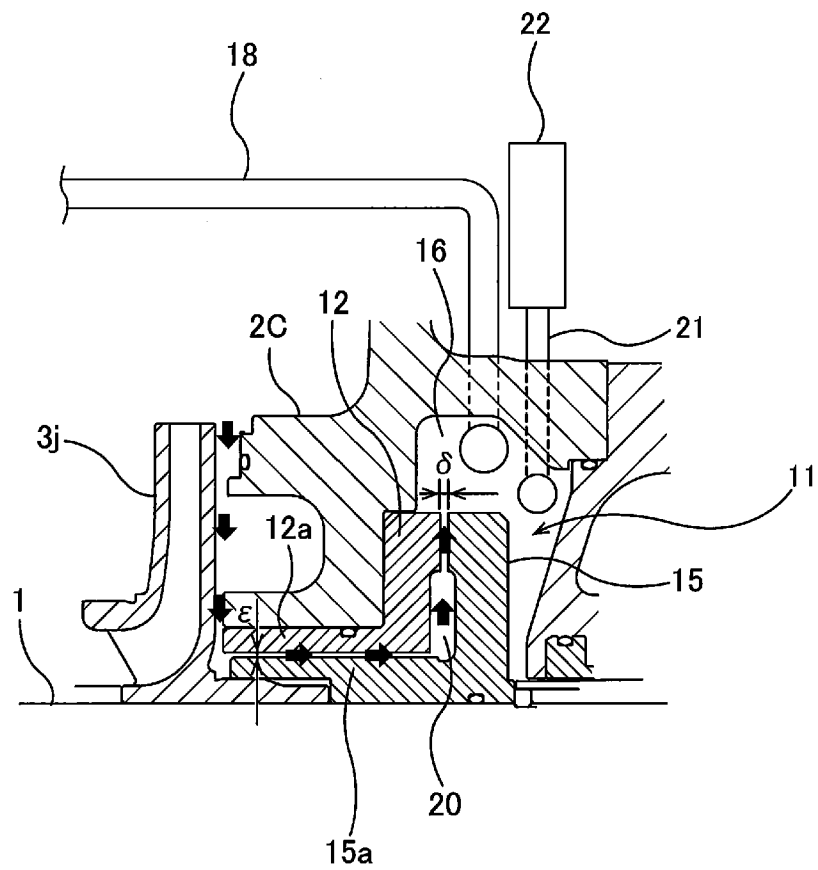
[図1C]



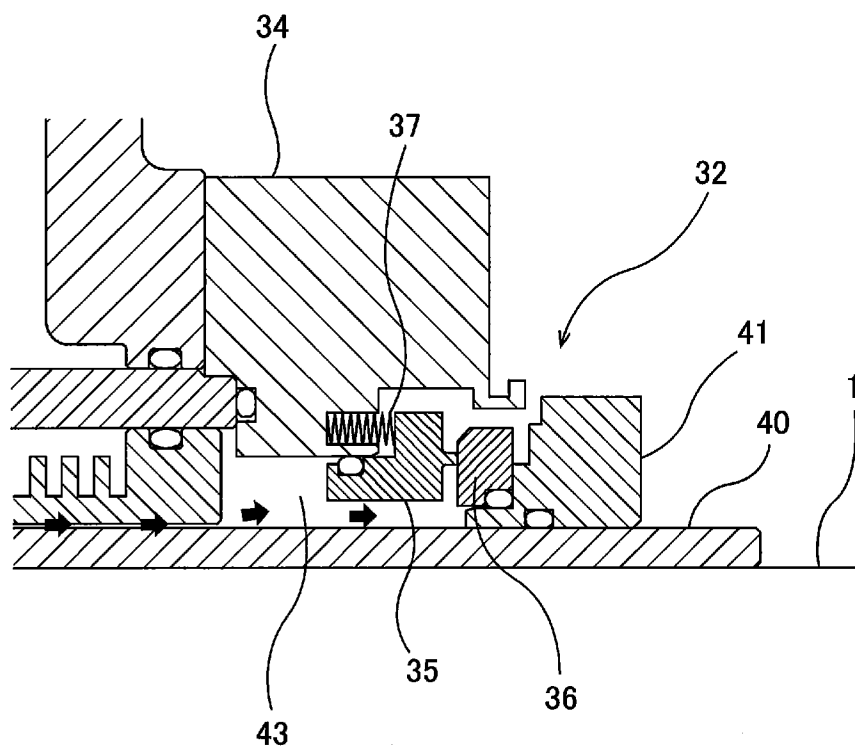
[図2]



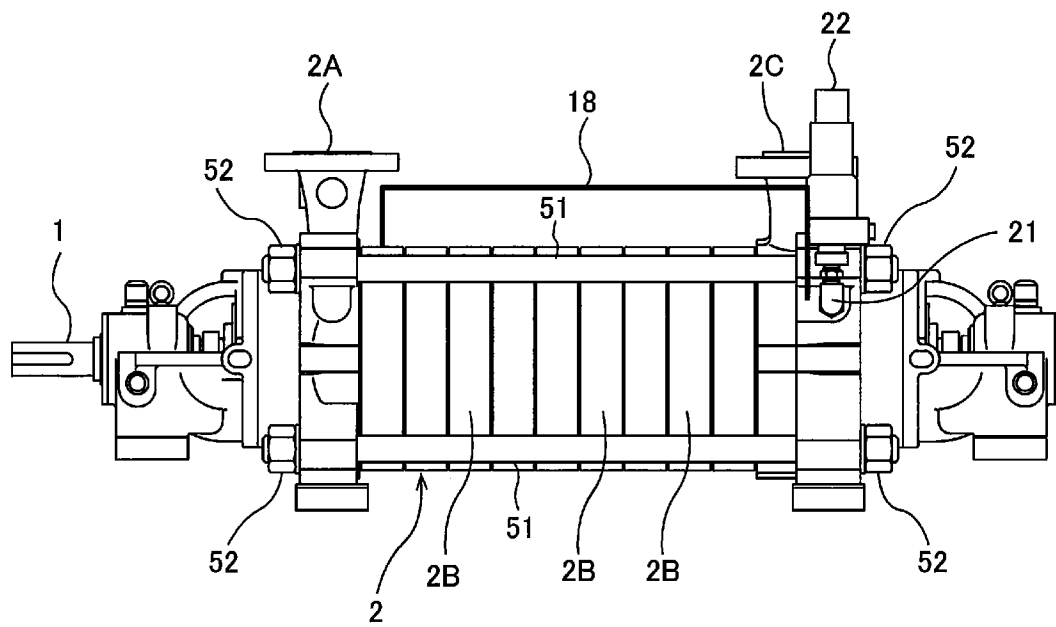
[図3]



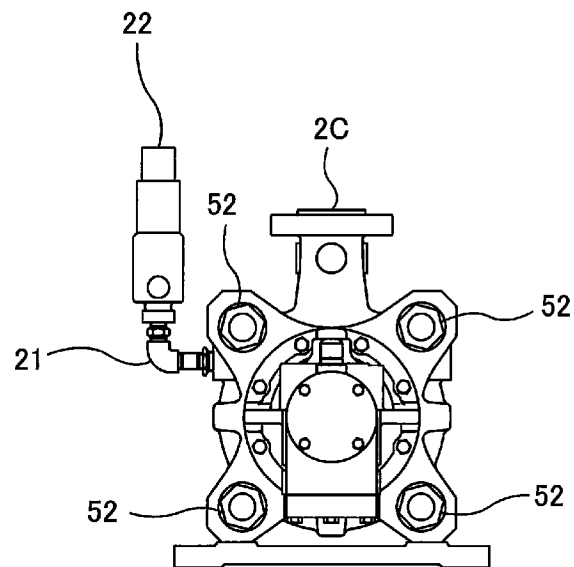
[図4]



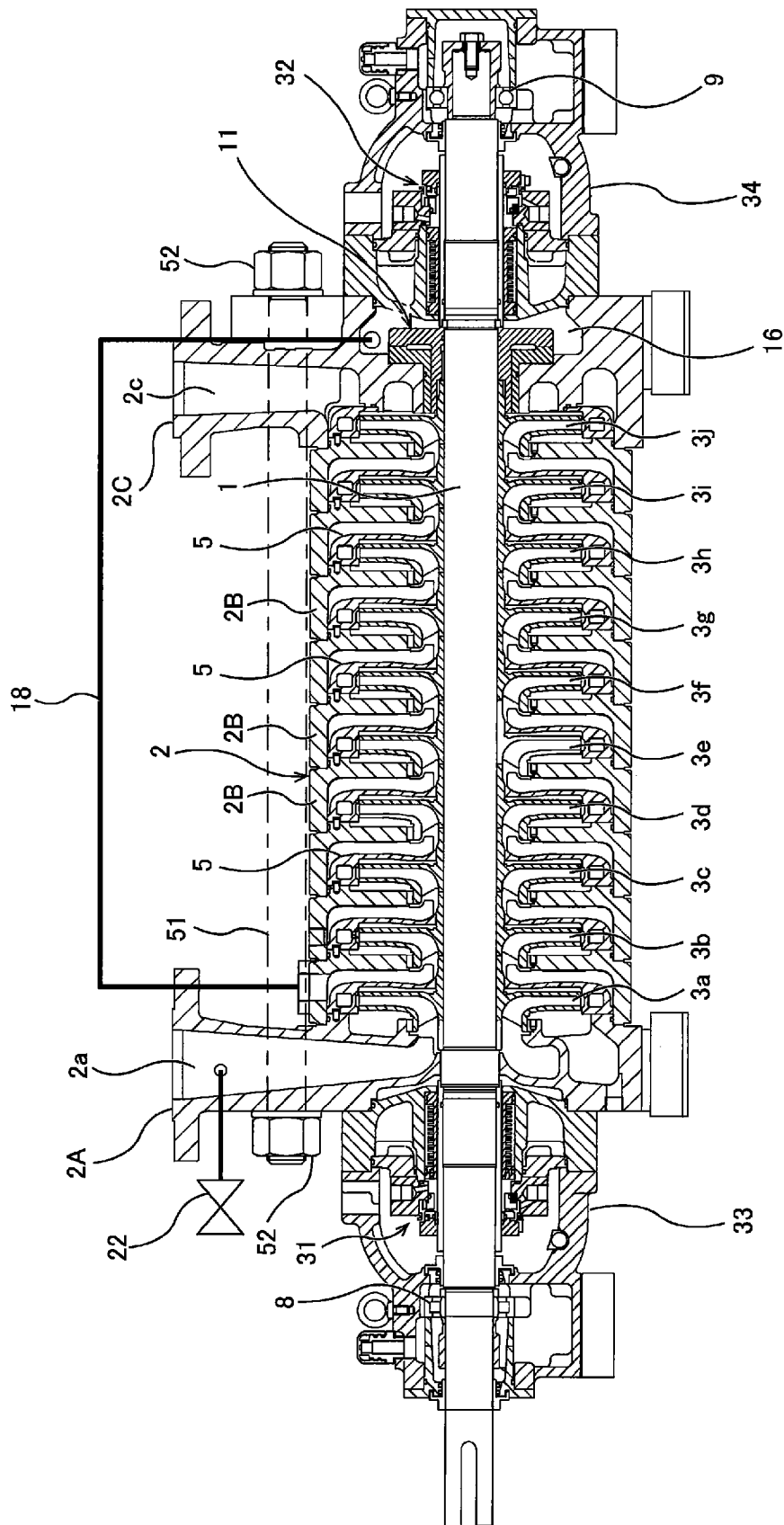
[図5]



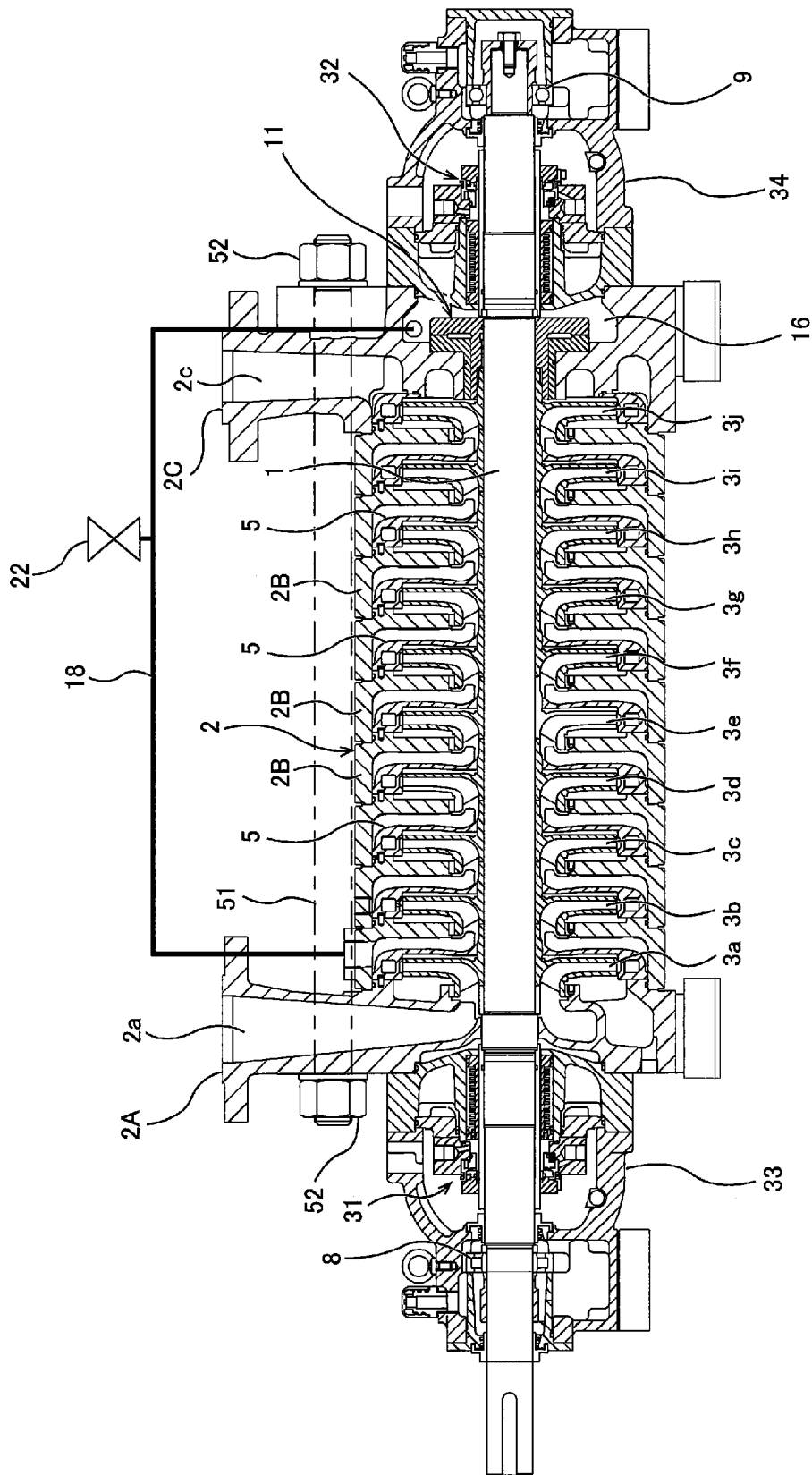
[図6]



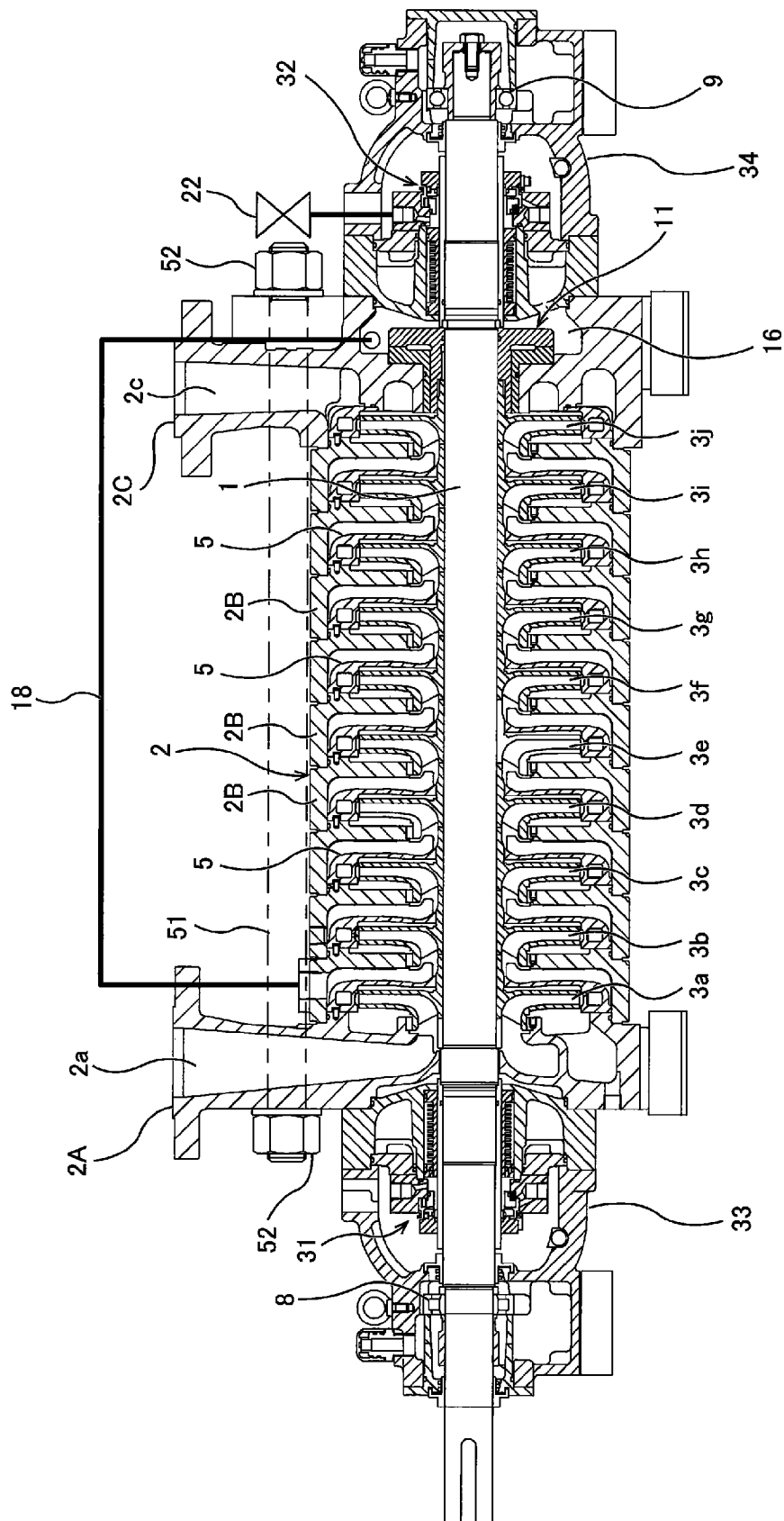
[図7]



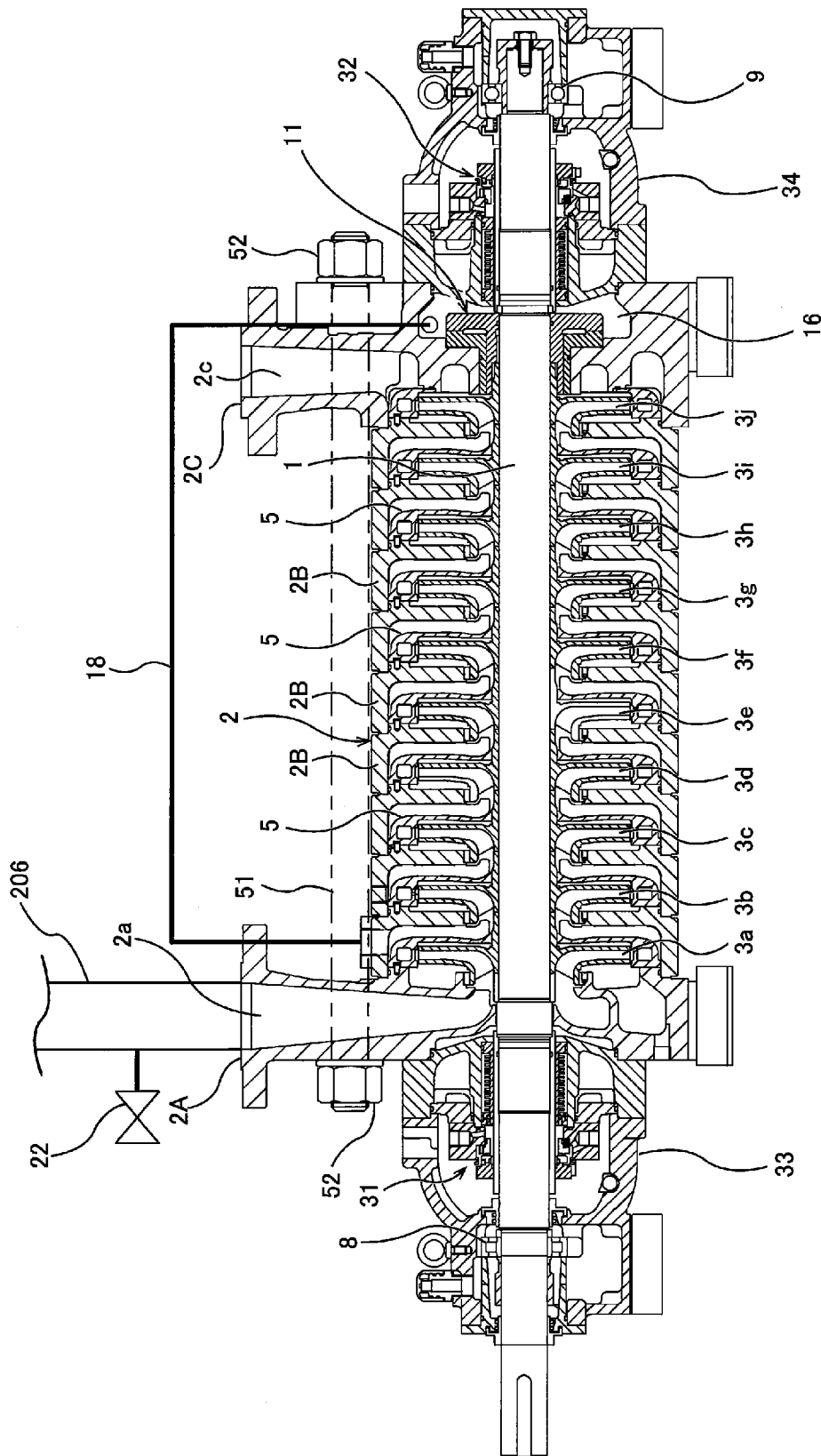
[図8]



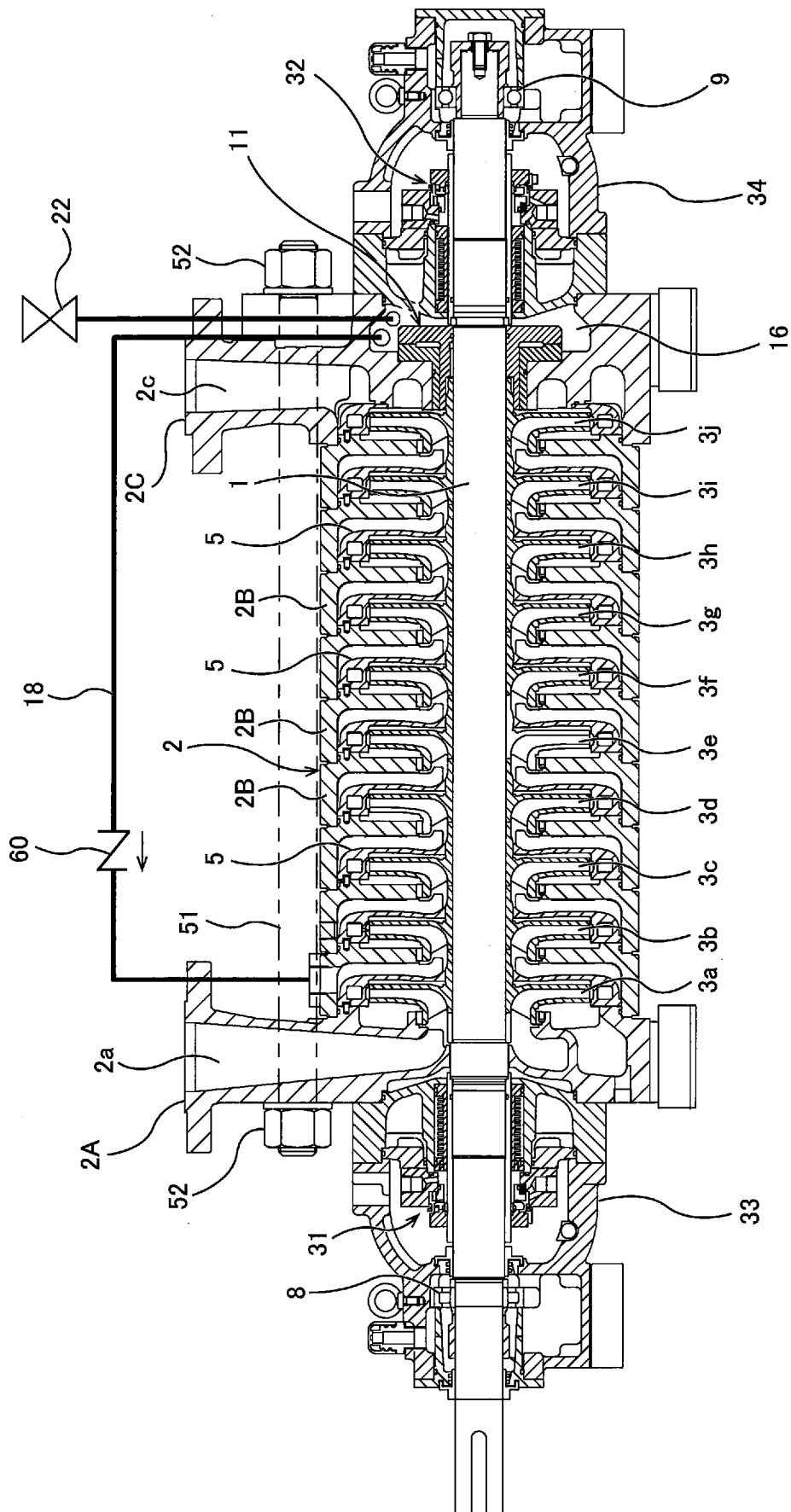
[図9]



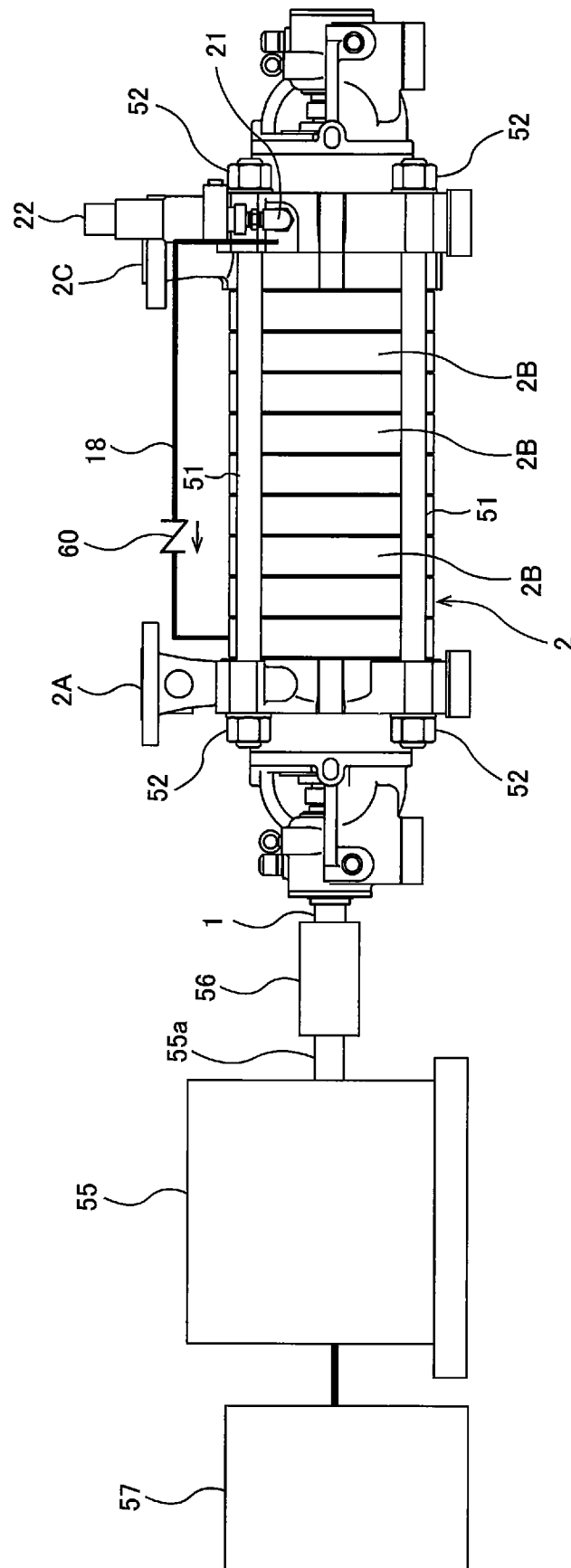
[図10]



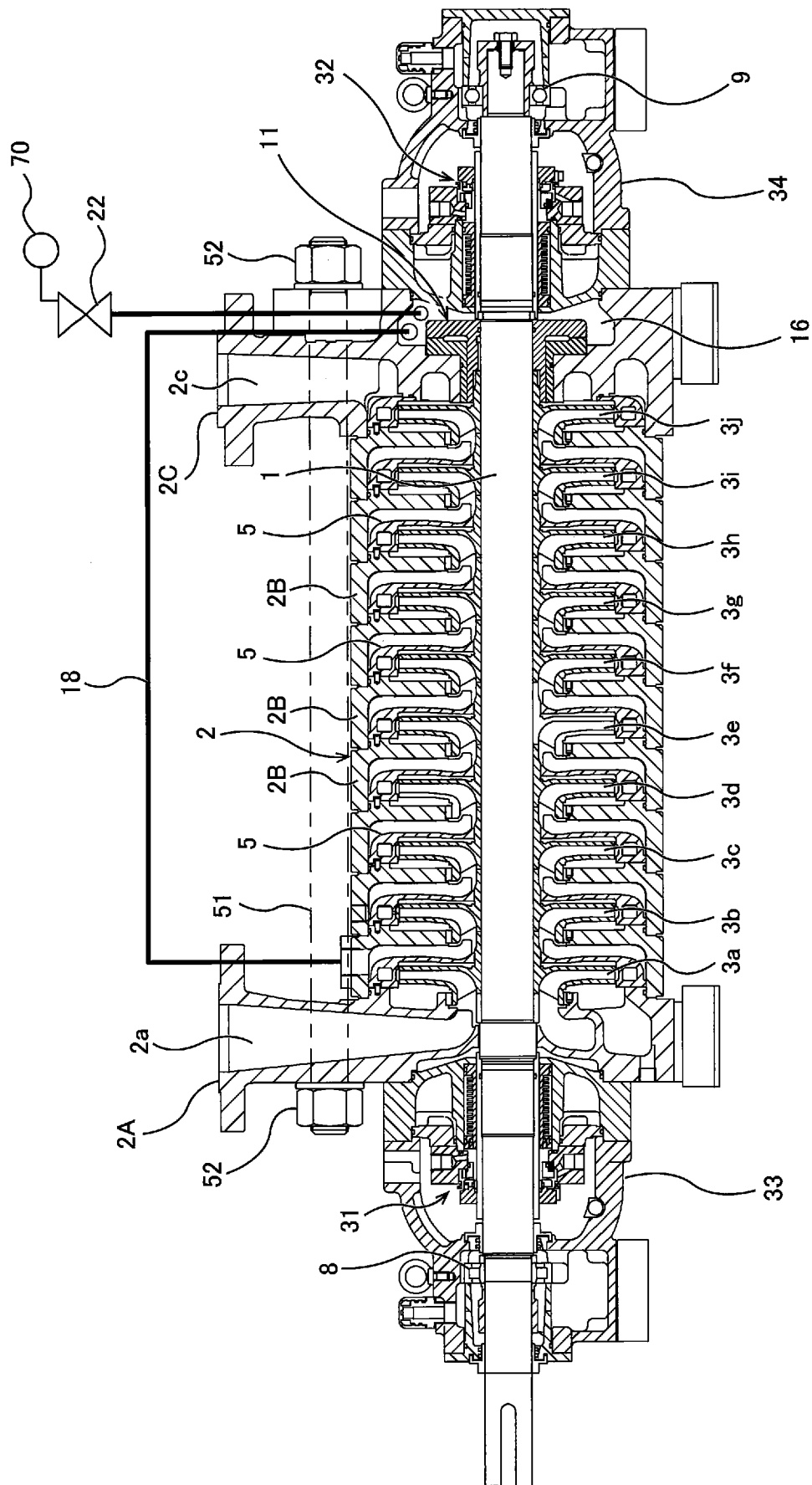
[図11]



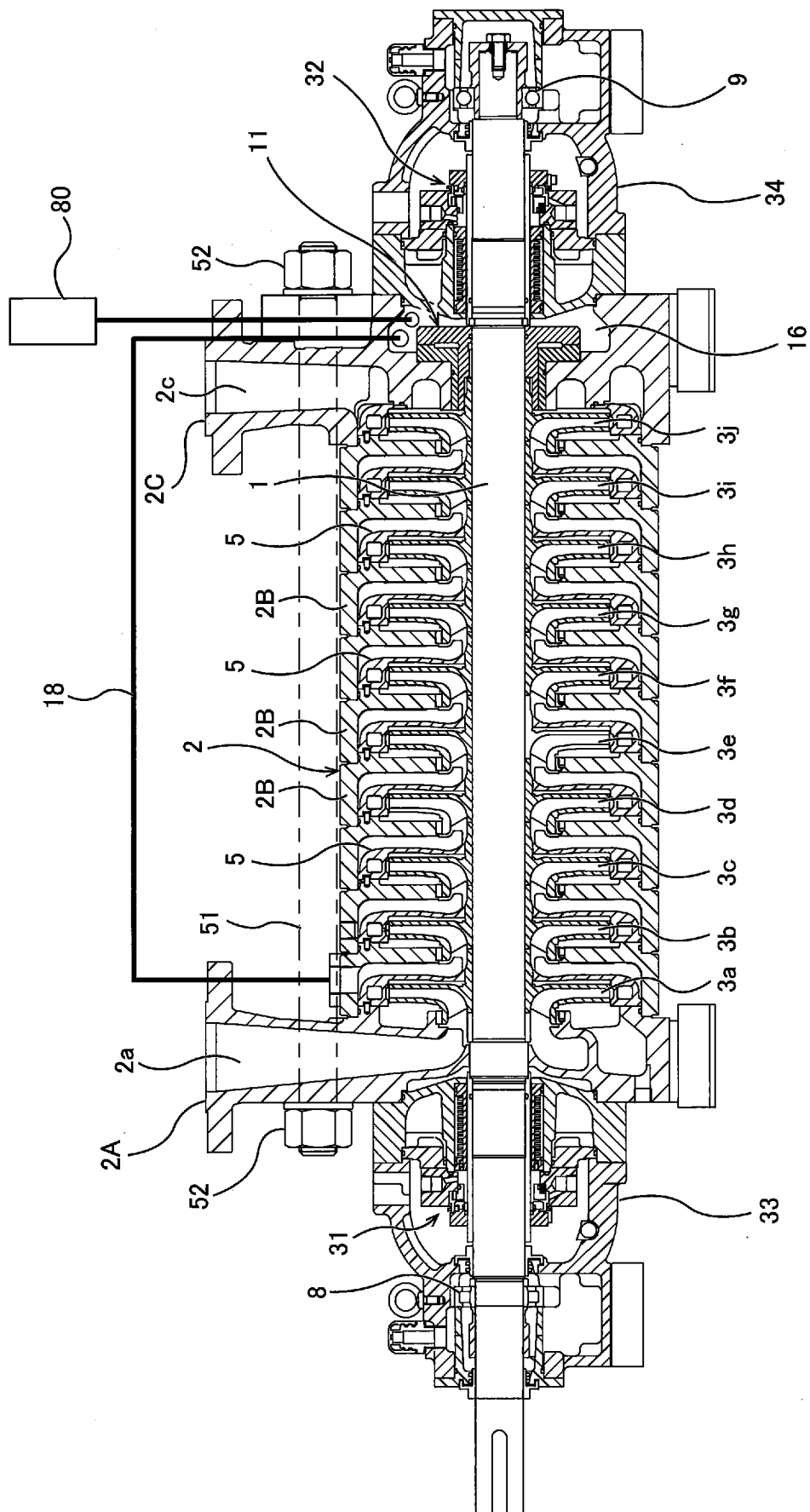
[図12]



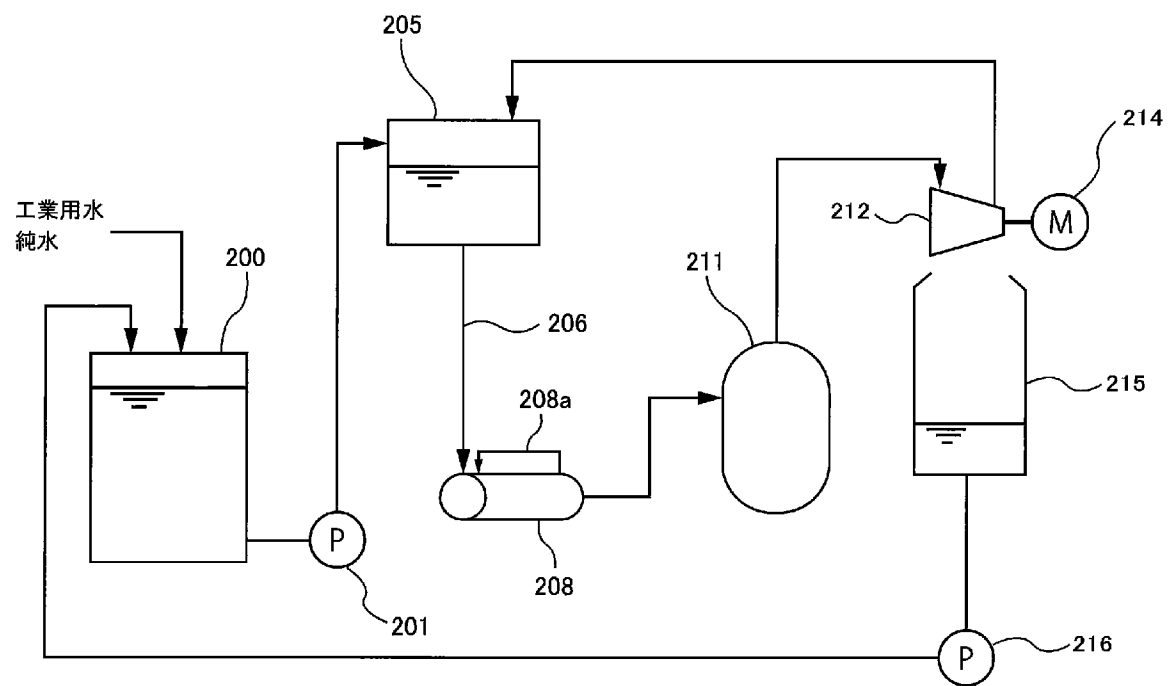
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008947

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F04D29/60 (2006.01) i, F04D1/08 (2006.01) i, F04D29/041 (2006.01) i,
F04D29/12 (2006.01) i, F16L55/04 (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)

Int.Cl. F04D29/60, F04D1/08, F04D29/041, F04D29/12, F16L55/04

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2016-180365 A (EBARA CORPORATION) 13 October 2016, paragraphs [0023]-[0041], fig. 1-2 & EP 3276180 A1, paragraphs [0023]-[0041], fig. 1-2 & WO 2016/152894 A1 & CN 107407289 A	1, 5-7 2-4, 8-11
Y	JP 2011-94472 A (TOTO LTD.) 12 May 2011, paragraphs [0043], [0046], fig. 1-2 & US 2011/0072572 A1, paragraphs [0055], [0058], fig. 1-2 & EP 2312070 A2 & CN 102031815 A & KR 10-2011-0035986 A	2-4, 8-11

☒ 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

"I" 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

24 May 2018 (24.05.2018)

Date of mailing of the international search report

05 June 2018 (05.06.2018)

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/JP2018/008947

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 027262/1977 (Laid-open No. 122702/1978) (HITACHI, LTD.) 29 September 1978, specification, page 2, lines 14-20, fig. 5 (Family: none)	3-4
Y	JP 2009-281675 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 03 December 2009, paragraphs [0053], [0057], fig. 1 (Family: none)	8
Y	JP 52-24315 A (TOKICO, LTD.) 23 February 1977, page 1, lower left column, line 9 to page 2, lower right column, line 13, drawings (Family: none)	9-10
Y	JP 5-5498 A (SHINMAYWA INDUSTRIES, LTD.) 14 January 1993, paragraph [0002] (Family: none)	9, 11
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 111232/1984 (Laid-open No. 25593/1986) (TOSHIBA CORP.) 15 February 1986, Specification, page 1, lines 18-20 (Family: none)	9, 11
A	JP 2015-227644 A (EBARA CORPORATION) 17 December 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2000-97192 A (YOSHITANI KIKAI-SEISAKUSYO, INC.) 04 April 2000, entire text, all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/60(2006.01)i, F04D1/08(2006.01)i, F04D29/041(2006.01)i, F04D29/12(2006.01)i, F16L55/04(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. F04D29/60, F04D1/08, F04D29/041, F04D29/12, F16L55/04

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2016-180365 A (株式会社荏原製作所) 2016.10.13, 段落[0023]-[0041], 図1-2 & EP 3276180 A1, 段落[0023]-[0041], 図1-2 & WO 2016/152894 A1 & CN 107407289 A	1, 5-7 2-4, 8-11
Y	JP 2011-94472 A (TOTO株式会社) 2011.05.12, 段落[0043],[0046], 図1-2 & US 2011/0072572 A1, 段落[0055],[0058], 図1-2 & EP 2312070 A2 & CN 102031815 A & KR 10-2011-0035986 A	2-4, 8-11

☑ 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

24.05.2018

国際調査報告の発送日

05.06.2018

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)

岸 智章

30

8370

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	日本国実用新案登録出願52-027262号(日本国実用新案登録出願公開53-122702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(株式会社日立製作所)1978.09.29, 明細書第2ページ第14行-第20行, 第5図 (ファミリーなし)	3-4
Y	JP 2009-281675 A (三菱電機株式会社) 2009.12.03, 段落[0053],[0057], 図1 (ファミリーなし)	8
Y	JP 52-24315 A (トキコ株式会社) 1977.02.23, 第1ページ左下欄第9行-第2ページ右下欄第13行, 図面 (ファミリーなし)	9-10
Y	JP 5-5498 A (新明和工業株式会社) 1993.01.14, 段落[0002] (ファミリーなし)	9, 11
Y	日本国実用新案登録出願59-111232号(日本国実用新案登録出願公開61-25593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(株式会社東芝)1986.02.15, 明細書第1ページ第18行-第20行 (ファミリーなし)	9, 11
A	JP 2015-227644 A (株式会社荏原製作所) 2015.12.17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2000-97192 A (株式会社吉谷機械製作所) 2000.04.04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11