

(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
2016年8月18日(18.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/129092 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 32/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/053913
- (22) 国際出願日: 2015年2月13日(13.02.2015)
- (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: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 石丸 英嗣 (ISHIMARU, Hidetsugu); 〒6738666 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 鮫島 睦, 外 (SAMEJIMA, Mutsumi et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 Osaka (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, 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, KN, KP, KR, 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.

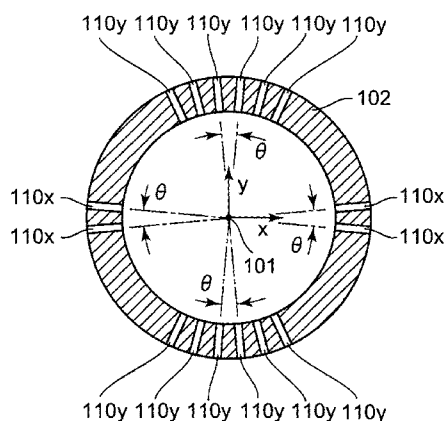
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: HYDROSTATIC BEARING

(54) 発明の名称: 静圧軸受



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a hydrostatic bearing (100, 200, 300) for which generation of unstable vibrations is limited. Said hydrostatic bearing (100, 200, 300) is provided with a cylindrical bearing member in which multiple through holes (110, 210, 310) are disposed at different positions in the circumferential direction and into which a rotating shaft (2) can be inserted. The hydrostatic bearing (100, 200, 300) is configured so that a previously pressurized lubricating fluid (20) is supplied to the through holes (110, 210, 310), the rotating shaft (2) is supported to rotate freely by the static pressure of the lubricating fluid (20), and bearing rigidity is anisotropic.

(57) 要約: 本発明は、不安定振動の発生を抑えた静圧軸受(100, 200, 300)を提供することを課題とする。この静圧軸受(100, 200, 300)は、複数の貫通孔(110, 210, 310)が周方向の異なる位置に配設され、回転シャフト(2)を挿設可能な円筒状の軸受部材を備える。また静圧軸受(100, 200, 300)は、貫通孔(110, 210, 310)に予め加圧された潤滑流体(20)が供給され、潤滑流体(20)の静圧により回転シャフト(2)を回転自在に支持されて、軸受剛性に異方性を有するように構成されている。

明 細 書

発明の名称： 静圧軸受

技術分野

[0001] 本発明は、潤滑流体の静圧により回転シャフトを回転可能に支持する静圧軸受、特に高速回転機械に適用可能な静圧軸受に関する。

背景技術

[0002] タービンや圧縮機などの回転機械では、回転シャフトを支持するために、すべり軸受、転がり軸受、磁気軸受など様々な形式の軸受が使用されている。すべり軸受は、さらに動圧型と静圧型に分類される。

[0003] 動圧型軸受は、軸受隙間に介在している潤滑流体膜（油などの液体、空気などの気体）が回転シャフトと軸受の相対すべり運動によって生じるくさび状隙間に引き込まれる際、その粘性によって発生する圧力（動圧）によって荷重を支えるものである。

[0004] 一方、静圧型軸受は、予め加圧された高压の潤滑流体を回転シャフトと軸受の隙間内に導入し、その潤滑流体の静圧によって回転シャフトの荷重を支えるものである。静圧型軸受の代表例として、図7に示すように、回転シャフト401が挿設された筒状の軸受部材402を備え、該軸受部材402には、放射方向に延びる同じ穴径である複数の貫通孔403が周方向に等間隔に配置され、各貫通孔403へ同じ圧力の潤滑流体404が供給されるように構成された静圧型軸受400が知られている。

[0005] ところで、ラジアル軸受に関して、動圧型軸受では、回転シャフトの回転数を増加させていくと、ある時点で突然、回転シャフトの振動が大きくなる。この振動は、軸受内を回転する潤滑膜の動圧効果に起因して回転シャフトが回転方向へ振れ回る自励的な不安定振動である。静圧型軸受でも、高速回転時に動圧型軸受と同様の動圧効果が現れるので、同様に不安定振動が発生することが知られている。

[0006] この不安定振動を抑える方法として、静圧型軸受では、回転シャフトの放

射方向から斜めに傾いた貫通孔から回転シャフトに対して回転方向と反対方向に向けて潤滑流体を供給することで、回転シャフトの回転方向への振れ回りを抑える方法が知られている。また、上方に位置する貫通孔を下方に位置する貫通孔よりも穴径を大きくし、水平方向を向いた回転シャフトに対して上方の貫通孔からより大きな圧力の潤滑流体を供給することで、意図的に回転シャフトを下方に偏心させて回転シャフトの振れ回りを抑える方法が知られている。

[0007] なお、動圧型軸受に関して、例えば特許文献1には、動圧型テイルティングパッド軸受において、荷重方向に位置するパッドの受圧面の面積を周方向両隣のパッドの受圧面の面積より大きくすることにより、荷重直角方向の軸受剛性を低下させ、軸受剛性の異方性を高めることで、不安定振動を抑制する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2012-149694号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ところが、静圧型軸受のための前者の方法では、軸受に斜めの貫通孔を複数設けるので加工が面倒であると共に、貫通孔の傾き具合によっては、回転シャフトに回転方向と逆方向の振れ回り力を発生させるおそれがあった。また、後者の方法では、軸受に異なる径の貫通孔を加工するので加工が面倒になると共に、回転シャフトの偏心が大きすぎると、回転シャフトの底面と軸受の間が非常に狭くなるので、わずかな振動によって回転シャフトが軸受に接触するおそれがあるという問題があった。

[0010] そこで、本発明は、このような問題を生じさせずに、より確実に不安定振動の発生を抑制できる静圧型軸受（以降、「静圧軸受」という。）を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 前記課題を解決するために、本発明に係る静圧軸受は次のように構成したことを特徴とする。
- [0012] 本発明に係る第1の態様によれば、軸受部材が提供され、この軸受部材は、複数の貫通孔が周方向の異なる位置に配設され、回転シャフトを挿設可能な円筒状の軸受部材を備え、前記貫通孔に予め加圧された潤滑流体を供給し、前記潤滑流体の静圧により前記回転シャフトを回転自在に支持するように構成された静圧軸受であって、前記静圧軸受は、軸受剛性に異方性を有するように構成されている。
- [0013] また前記貫通孔は、少なくとも一箇所のある位置における周方向で互いに隣接する前記貫通孔同士の間隔が、少なくとも一箇所の他の位置における前記間隔と異なるように配置されていてもよい。
- [0014] 好適には、前記軸受部材は、互いに対向する一对の第1および第2の周方向領域を有し、前記一对の第1の周方向領域に配置される前記貫通孔の個数が、前記一对の第2の周方向領域に配置される前記貫通孔の個数より多く、前記各貫通孔の穴径が実質的に同一である。
- [0015] さらに好適には、前記軸受部材は、前記軸受部材の外周面に固定された固定部材をさらに備え、前記固定部材は、前記各貫通孔に連通する環状溝を有し、前記環状溝及び前記各貫通孔に前記潤滑流体が供給され、前記回転シャフトが前記一对の第1および第2の周方向領域における前記各貫通孔の前記潤滑流体から受ける力が異なる。
- [0016] さらに前記貫通孔は、ある位置の少なくとも一つの貫通孔の穴径が他の位置の少なくとも一つの貫通孔の穴径と異なるように構成されていてもよい。
- [0017] 好適には、前記軸受部材は、互いに対向する一对の第1および第2の周方向領域を有し、前記一对の第1の周方向領域に配置される前記貫通孔の穴径が、前記一对の第2の周方向領域に配置される前記貫通孔の穴径より大きく、前記各貫通孔が周方向に実質的に等間隔で配置される。
- [0018] さらに好適には、前記軸受部材は、前記軸受部材の外周面に固定された固

定部材をさらに備え、前記固定部材は、前記各貫通孔に連通する環状溝を有し、前記環状溝及び前記各貫通孔に前記潤滑流体が供給され、前記回転シャフトが前記一对の第1および第2の周方向領域における前記各貫通孔の前記潤滑流体から受ける力が異なる。

[0019] また前記軸受部材は、前記潤滑流体を所定の圧力に予め加圧する外部供給手段と、ある位置に配置された少なくとも一つの貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力が、他の位置に配置された少なくとも一つの貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力と異なるように、前記外部供給手段によって加圧された前記潤滑流体の供給圧力を調整する調整手段と、を備える。

[0020] 好適には、前記軸受部材は、前記潤滑流体を所定の圧力に予め加圧する外部供給手段と、前記軸受部材は、互いに対向する一对の第1および第2の周方向領域を有し、前記一对の第1の周方向領域に配置される前記貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力が、前記一对の第2の周方向領域に配置される前記貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力と異なるように、前記外部供給手段によって加圧された前記潤滑流体の供給圧力を調整する調整手段と、を備える。

[0021] 本発明に係る態様による前記静圧軸受は、前記回転シャフトの中心が高速回転時に楕円軌道を描くように軸受剛性に異方性を有するように構成されている。

[0022] 本発明に係る第2の態様によれば、静圧軸受と、前記回転シャフトとを備える回転機械が提供され、この軸受部材は、複数の貫通孔が周方向の異なる位置に配設され、回転シャフトを挿設可能な円筒状の軸受部材を備え、前記貫通孔に予め加圧された潤滑流体を供給し、前記潤滑流体の静圧により前記回転シャフトを回転自在に支持するように構成され、前記静圧軸受は、軸受剛性に異方性を有するように構成されている。

[0023] また好適には、前記回転シャフトは、複数の前記静圧軸受によって支持され、複数の前記静圧軸受は、複数の前記各静圧軸受の周方向の軸受剛性分布を重ね合わせた軸受剛性に異方性を有するように構成されている。

発明の効果

- [0024] 以上の構成により、本願各請求項に係る発明によれば、次の効果が得られる。
- [0025] 請求項 1 に係る発明によれば、軸受剛性に異方性があるので、回転シャフトの回転数を増加させても、回転シャフトが、回転シャフトの回転方向への振れ回りが助長されにくい非円軌道（例えば楕円軌道）を描くこととなり、不安定振動の発生回転数を従来よりも高めることができる。したがって、より確実に不安定振動の発生を抑制することができる。
- [0026] 請求項 2 ～ 4 に係る発明によれば、複数の貫通孔は、互いに等しい間隔で配置されていないので、軸受剛性に異方性を持たせることができる。よって、請求項 1 に係る発明と同様の効果を奏することができる。
- [0027] 請求項 5 ～ 7 に係る発明によれば、複数の貫通孔は、各穴径が等しくない所以、軸受剛性に異方性を持たせることができる。よって、請求項 1 に係る発明と同様の効果を奏することができる。
- [0028] 請求項 8 および 9 に係る発明によれば、複数の貫通孔は、各貫通孔に潤滑流体を供給する外部圧力が等しくない所以、軸受剛性に異方性を持たせることができる。よって、請求項 1 に係る発明と同様の効果を奏することができる。
- [0029] 請求項 10 に係る発明によれば、回転シャフトの中心が高速回転時に楕円軌道を描くように軸受剛性に異方性を有するように構成されているので、回転シャフトの回転数を増加させても、回転シャフトが、回転シャフトの回転方向への振れ回りが助長されにくく、不安定振動の発生回転数を従来よりも高めることができる。したがって、より確実に不安定振動の発生を抑制することができる。
- [0030] 請求項 11 に係る発明によれば、軸受剛性に異方性がある静圧軸受によって回転シャフトを支持しているので、請求項 1 と同様に、回転機械における不安定振動の発生を抑制することができる。
- [0031] 請求項 12 に係る発明によれば、回転シャフトを支持する複数の静圧軸受

は、複数の各静圧軸受の周方向の軸受剛性分布を重ね合わせた軸受剛性に異方性を有するように構成されているので、例えば複数の静圧軸受全体の軸受剛性に着目する場合にも、１つの静圧軸受の軸受剛性に着目する場合と同様に、回転シャフトの回転数を増加させても、回転シャフトが、回転シャフトの回転方向への振れ回りが助長されにくい非円軌道（例えば楕円軌道）を描くこととなり、不安定振動の発生回転数を従来よりも高めることができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]本発明の第１実施例に係る静圧軸受を適用した回転機械を示す一部断面斜視図である。

[図2]同静圧軸受の構成を示す側面図と長手方向断面図である。

[図3]図２のＡ－Ａ線での断面図である。

[図4]本発明の第２実施例に係る静圧軸受に関する図３と同様の断面図である。

[図5]本発明の第３実施例に係る静圧軸受に関する図３と同様の断面図である。

[図6]従来例と第１～３実施例に係る静圧軸受の安定性を比較する図である。

[図7]静圧軸受の従来例を概略的に示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、添付図面を参照して本発明に係る静圧軸受の実施例を説明する。

[0034] （第１実施例）

図１は、工作機械などの回転機械１０に組み込まれた静圧軸受（静圧軸受機構）１００を示す。なお、回転機械１０としては他にもターボチャージャ、タービン膨張機、タービン式冷凍機等がある。回転機械１０は、中実円筒状の回転シャフト（シャフト）２を有する。回転シャフト２は、静圧軸受１００によって、該静圧軸受１００の中心を通る中心軸１０１を中心に回転自在に支持されている。例えば、回転機械１０が横置式の蒸気タービンの場合、回転シャフト２はその中心軸１４が水平に置かれ、その一端側には蒸気圧力を回転力に変換する回転翼（図示せず）が取り付けられる。なお、図１は

、静圧軸受１００の中心軸１０１と回転シャフト２の中心軸１４が同軸上にある場合を図示しているが、回転シャフト２は、回転時、その中心軸１４が静圧軸受１００の中心軸１０１からわずかに偏心して振れ回ることがある。

[0035] 静圧軸受１００は中空内筒１０２と中空外筒１０４を有し、外筒１０４の内側に内筒１０２が挿入されている。詳細に説明すると、内筒１０２は、回転シャフト２の外径よりもわずかに大きな内径を有し、回転シャフト２は中心軸１０１を中心に回転可能に支持される。外筒１０４は内筒１０２の外径と同一又はほぼ同一の内径を有し、内筒１０２は外筒１０４の内側に回転不能に支持されている。

[0036] 内筒１０２を外筒１０４の内側に隙間なく固定するために、例えば、焼ばめ（焼かしめ）を用いることができる。この場合、外筒１０４を加熱し膨張させてその内径を広げ、その広げた外筒１０４に内筒１０２をはめ入れ、冷却状態（常温状態又は使用温度状態）で両者を固着させる。または、中心軸１０１を含む面に沿って外筒１０４を２つの分割筒に二分割し、これらの分割筒を内筒１０２の周囲に組み付けて固定してもよい。

[0037] 内筒１０２の内周面と回転シャフト２の外周面との間に形成される所定厚さの隙間（潤滑空間）に潤滑流体２０（液体又は気体）を供給するために、内筒１０２と外筒１０４には複数の流路が形成される。実施例に係る内筒１０２は、図１～図３に示すように、内筒１０２の軸方向中央にあって中心軸１０１に直交する横断面１０９上に、中心軸１０１から放射方向に向けて延びる複数の貫通孔１１０がそれぞれ形成されている。

[0038] 図２（ａ）と図３に詳細に示すように、図示の状態、上部領域と下部領域には、それぞれ複数の貫通孔１１０_yが上下方向の軸Ｙに対称に、かつ、周方向に一定の間隔（角度） θ をあけて形成されている。また、図示の状態、左領域と右領域には、それぞれ複数の貫通孔１１０_xが水平方向の軸Ｘに対称に、かつ、周方向に一定の間隔（角度） θ をあけて形成されている。さらに内筒１０２は、図示の状態、上部領域または下部領域と、左領域または右領域との間に、貫通孔１１０が設けられていない穴無領域又は中実領

域がある。なお、実施例では、上述の間隔 θ は、5～15度に設定されている。また、実施例では、上部領域及び下部領域の貫通孔110_yと左領域と右領域の貫通孔110_xの内径を等しく、また、上部領域と下部領域の貫通孔110_yの数を「6」、左領域と右領域の貫通孔110_xの数を「2」として、複数の貫通孔110_yを介して上下方向から供給される潤滑流体20の量が複数の貫通孔110_xを介して左右領域から供給される潤滑流体20の量よりも多くなるように構成されている。

[0039] 図1と図2に示すように、外筒104には、内筒102と組み合わせた状態で上述した横断面109上に位置する場所に、中心軸101から放射方向に延びる貫通孔110と、貫通孔110に連通し、内周面に沿って周方向に連続した環状溝のマニホールド114が形成されている。したがって、外筒104に内筒102を組み合わせた状態で、内筒貫通孔110はマニホールド114及び該マニホールド114を介して外筒貫通孔112に連通する。

[0040] 図1に示すように、外筒貫通孔112は潤滑流体供給管16が接続される。潤滑流体供給管16は、加圧された潤滑流体20を供給する潤滑流体供給源18に接続される。

[0041] このように構成された静圧軸受100によれば、内筒102の内側に回転シャフト2が挿通される。この状態で、回転シャフト2の外周面と内筒102の内周面との間には隙間又は潤滑空間（図示せず）が形成される。そして、潤滑流体供給源18から供給された潤滑流体20は、外筒貫通孔112を介してマニホールド114に供給される。マニホールド114に供給された潤滑流体20は該マニホールド114に沿って周方向に分散し、これに連通した内筒貫通孔110を介して軸受空間に供給される。

[0042] 内筒貫通孔110から軸受空間に供給された潤滑流体20は、図2～図3に表された状態で、上部領域と下部領域及び左領域と右領域において静圧軸受100の中心軸101に向けて回転シャフト2を付勢する。上述のように、上部領域と下部領域には左領域と右領域よりも多くの貫通孔110が形成されており、上下方向から回転シャフト2に加わる力 F_y が左右方向から回

転シャフト2に加わる力 $F \times$ よりも大きいため、上下方向の軸受剛性が水平方向の軸受剛性よりも高い。その結果、回転シャフト2の中心は楕円軌跡を描くことになる。内筒と回転シャフトの間隙に起因する自励性の振動について、回転シャフトが内筒の中心に関して円運動する場合には運動が成長する（自励性の振動が助長される）のに対し、回転シャフトが内筒の中心に関して楕円運動する場合には円運動する場合よりも安定になる（運動が成長しない）ことが知られていることから、回転シャフト2の中心が楕円軌跡を描くことで、通常回転時はもとより、高速回転時の不安定振動も低減することになる。

[0043] （第2実施例）

図4は、第2実施例に係る静圧軸受200の内筒202を示す。本実施例の内筒202は、中心軸101に直交する少なくとも一つの横断面上に、周方向に一定の間隔をあけて、放射方向に延びる貫通孔210が多数形成されている。実施例では、16個の貫通孔210が $\theta = 22.5$ 度の角度をあけて形成されている。以下、説明の便宜上または必要に応じて、12時の方向（図中のY軸方向）にある貫通孔を符号210（1）、この貫通孔210（1）から時計周り方向に22.5度ずつ隔てた貫通孔を符号210（2）・・・・210（16）で示す。また、図示するように、上部領域の4つの貫通孔210（15）～210（3）と下部領域の4つの貫通孔210（7）～210（11）の内径は、右領域の3つの貫通孔210（4）～210（6）と左領域の3つの貫通孔210（12）～210（14）の内径よりも大きくしてある。なお、図示しないが、外筒204は第1実施例の外筒104と同じである。

[0044] このように構成された第2実施例の静圧軸受200によれば、上下方向から供給される潤滑流体20の量が左右領域から供給される潤滑流体20の量よりも多く、回転シャフト2が上下方向に与圧されて、回転シャフト2が非円軌道（例えば楕円軌道）を描く。

[0045] （第3実施例）

図5は、第3実施例に係る静圧軸受300を示す。本実施例において、内筒302は、中心軸101に直交する少なくとも一つの横断面上に、周方向に一定の間隔をあけて、放射方向に延びる貫通孔310が多数形成されている。実施例では、16個の貫通孔310が $\theta = 22.5$ 度の角度をあけて形成されている。以下、説明の便宜上または必要に応じて、12時の方向（図中のY軸方向）にある貫通孔を符号310（1）、この貫通孔310（1）から時計周り方向に22.5度ずつ隔てた貫通孔を符号310（2）・・・310（16）で示す。第2実施例と異なり、各貫通孔310（1）～310（16）は同じ内径を有する。

[0046] 外筒304は、内筒貫通孔310に対応する横断面上において、上部領域貫通孔310（15）～310（3）、右領域貫通孔310（4）～310（6）、下部領域貫通孔310（7）～310（11）、左領域貫通孔310（12）～310（14）にそれぞれ対向する内周面領域に、互いに連通しない、周方向に延びる4つの溝又はマニホールド314（15～3）、314（4～6）、314（7～11）、314（12～14）と、これら4つのマニホールドにそれぞれ連通する外筒貫通孔312（15～3）、312（4～6）、312（7～11）、312（12～14）が形成されている。また、貫通孔312（15～3）、312（4～6）、312（7～11）、312（12～14）は、それぞれ圧力調整機構316（15～3）、316（4～6）、316（7～11）、316（12～14）を介して潤滑流体供給源18に接続されている。

[0047] このように構成された第3実施例の静圧軸受300によれば、動作時、潤滑流体供給源18から供給された潤滑流体20は、その圧力が圧力調整機構316（15～3）、316（4～6）、316（7～11）、316（12～14）によって調整された後、対応するマニホールド314（15～3）、314（4～6）、314（7～11）、314（12～14）を介して貫通孔310（15）～310（3）、310（4）～310（6）、310（7）～310（11）、310（12）～310（14）から軸受空

間に供給される。

[0048] 本実施例において、調整後の圧力は、上部領域貫通孔310(15)～310(3)、と下部領域貫通孔310(7)～310(11)から供給される潤滑流体20の圧力が右領域貫通孔310(4)～310(6)と左領域貫通孔310(12)～310(14)から供給される潤滑流体20の圧力よりも大きい。上部領域貫通孔310(15)～310(3)から供給される潤滑流体20の圧力と下部領域貫通孔310(7)～310(11)から供給される潤滑流体20の圧力は同じでもよいし、一方が他方よりも大きくてもよい。ただし、右領域貫通孔310(4)～310(6)から供給される潤滑流体20の圧力と左領域貫通孔310(12)～310(14)から供給される潤滑流体20の圧力は同じであることが好ましい。

[0049] したがって、第3実施例の静圧軸受300によれば、上下方向から供給される潤滑流体20の量が左右領域から供給される潤滑流体20の量よりも多く、回転シャフト2が上下方向に与圧されて、回転シャフト2が非円軌跡を描く。

[0050] (安定性の比較)

第1～3実施例に係る静圧軸受100, 200, 300と、周方向に等間隔に複数の内筒貫通孔を形成するとともにこれら複数の内筒貫通孔から一定圧力の潤滑流体を軸受空間に供給するように構成された等方性静圧軸受(比較例)について、回転シャフトの安定性をシミュレーションを用いて検討した。検討の結果を図6に示す。図6は、横軸に回転シャフト回転数、縦軸に減衰比を示す。減衰比は、回転シャフトの振動を示す指標で、+側が安定振動領域、-側が不安定振動領域を表す。

[0051] この図から明らかなように、比較例の等方性静圧軸受では、回転数の増加に応じて不安定振動が増加し、比較的低い回転数 N_0 で、安定領域から不安定領域に陥る。これに対し、第1～3実施例に係る異方性静圧軸受では、比較的高い回転数 N_1 、 N_2 、 N_3 ($>N_0$) まで安定領域が維持される。

[0052] (他の実施例)

以上、第1～3実施例について説明したが、本発明の静圧軸受は種々改変可能である。

[0053] 例えば、第1実施例では、一つの横断面109上に内筒貫通孔110を形成した一列給気の場合について説明したが、複数の横断面109上に内筒貫通孔110を形成した2列以上の給気としてもよい。第2、3実施例についても、一つ又は複数の横断面109上に内筒貫通孔110を形成してもよい。

[0054] また、第1～3実施例について、各横断面上に形成する内筒貫通孔の数は適宜変更できる。例えば、第1～3実施例における上部領域と下部領域、右領域と左領域に設ける内筒貫通孔の数は上述した例に限るものでない。同様に、内筒貫通孔の数の他、内筒貫通孔の大きさや内筒貫通孔毎の潤滑流体の供給圧力、およびこれらの組み合わせも適宜変更できる。要するに、軸受剛性に異方性を有するように構成されていればよい。さらに、第1実施例について、潤滑流体供給管16を内筒102に直結してもよい。このようにすれば外筒104を省略することができる。また、第3実施例について、マニホールド314（15～3）および314（7～11）は連通されていてもよい。同様に、マニホールド314（4～6）および314（12～14）は連通されていてもよい。

[0055] さらに、1本の回転シャフト2を本発明に係る静圧軸受を複数用いて複数箇所でも支持してもよい。この場合、複数の静圧軸受を、複数の各静圧軸受の周方向の軸受剛性分布を重ね合わせた（足し合わせた）軸受剛性、すなわち、複数の静圧軸受全体の軸受剛性に異方性を有するように構成することで、複数の静圧軸受全体として軸受剛性に異方性を持たせることができる。そのため、1つの静圧軸受の軸受剛性に着目する場合と同様に、回転シャフト2の回転数を増加させても、回転シャフト2が、回転シャフト2の回転方向への振れ回りが助長されにくい非円軌道（例えば楕円軌道）を描くこととなり、不安定振動の発生回転数を従来よりも高めることができる。

[0056] 以上、中心軸を水平方向に向けた静圧軸受について説明したが、以上の実

施例は、中心軸を鉛直方向に向けた静圧軸受にも同様に適用可能である。この場合、鉛直方向に向けられた回転シャフトを上方から見たときに１２時、６時、３時、９時の方向に表れる部位又は場所が、上述の実施例の上部、下部、右側、左側に表した部位又は場所に対応する。

符号の説明

- [0057] １００：静圧軸受
１０２：内筒
１０４：外筒
１０９：横断面
１１０：内筒貫通孔
１１０_y：上部領域貫通孔，下部領域貫通孔
１１０_x：左領域貫通孔，右領域貫通孔
１１２：外筒貫通孔
１１４：マニホールド
２００：静圧軸受
２０２：内筒
２１０（１）～２１０（１６）：内筒貫通孔
３００：静圧軸受
３０２：内筒
３０４：外筒
３１０（１）～３１０（１６）：内筒貫通孔
３１２（１５～３）～３１２（１２～１４）：外筒貫通孔
３１４（１５～３）～３１４（１２～１４）：マニホールド
３１６（１５～３）～３１６（１２～１４）：圧力調整機構

請求の範囲

- [請求項1] 複数の貫通孔が周方向の異なる位置に配設され、回転シャフトを挿設可能な円筒状の軸受部材を備え、前記貫通孔に予め加圧された潤滑流体を供給し、前記潤滑流体の静圧により前記回転シャフトを回転自在に支持するように構成された静圧軸受であって、
前記静圧軸受は、軸受剛性に異方性を有するように構成されていることを特徴とする静圧軸受。
- [請求項2] 前記貫通孔は、少なくとも一箇所のある位置における周方向で互いに隣接する前記貫通孔同士の間隔が、少なくとも一箇所の他の位置における前記間隔と異なるように配置されている
ことを特徴とする請求項1に記載の静圧軸受。
- [請求項3] 前記軸受部材は、互いに対向する一对の第1および第2の周方向領域を有し、前記一对の第1の周方向領域に配置される前記貫通孔の個数が、前記一对の第2の周方向領域に配置される前記貫通孔の個数より多く、前記各貫通孔の穴径が実質的に同一である
ことを特徴とする請求項2に記載の静圧軸受。
- [請求項4] 前記軸受部材の外周面に固定された固定部材をさらに備え、
前記固定部材は、前記各貫通孔に連通する環状溝を有し、
前記環状溝及び前記各貫通孔に前記潤滑流体が供給され、前記回転シャフトが前記一对の第1および第2の周方向領域における前記各貫通孔の前記潤滑流体から受ける力が異なる
ことを特徴とする請求項3に記載の静圧軸受。
- [請求項5] 前記貫通孔は、ある位置の少なくとも一つの貫通孔の穴径が他の位置の少なくとも一つの貫通孔の穴径と異なるように構成されている
ことを特徴とする請求項1に記載の静圧軸受。
- [請求項6] 前記軸受部材は、互いに対向する一对の第1および第2の周方向領域を有し、前記一对の第1の周方向領域に配置される前記貫通孔の穴径が、前記一对の第2の周方向領域に配置される前記貫通孔の穴径よ

り大きく、前記各貫通孔が周方向に実質的に等間隔で配置されることを特徴とする請求項5に記載の静圧軸受。

[請求項7] 前記軸受部材の外周面に固定された固定部材をさらに備え、
前記固定部材は、前記各貫通孔に連通する環状溝を有し、
前記環状溝及び前記各貫通孔に前記潤滑流体が供給され、前記回転シャフトが前記一对の第1および第2の周方向領域における前記各貫通孔の前記潤滑流体から受ける力が異なることを特徴とする請求項6に記載の静圧軸受。

[請求項8] 前記潤滑流体を所定の圧力に予め加圧する外部供給手段と、
ある位置に配置された少なくとも一つの貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力が、他の位置に配置された少なくとも一つの貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力と異なるように、前記外部供給手段によって加圧された前記潤滑流体の供給圧力を調整する調整手段と、を備えることを特徴とする請求項1に記載の静圧軸受。

[請求項9] 前記潤滑流体を所定の圧力に予め加圧する外部供給手段と、
前記軸受部材は、互いに対向する一对の第1および第2の周方向領域を有し、前記一对の第1の周方向領域に配置される前記貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力が、前記一对の第2の周方向領域に配置される前記貫通孔に供給される前記潤滑流体の供給圧力と異なるように、前記外部供給手段によって加圧された前記潤滑流体の供給圧力を調整する調整手段と、を備えることを特徴とする請求項8に記載の静圧軸受。

[請求項10] 前記静圧軸受は、前記回転シャフトの中心が高速回転時に楕円軌道を描くように軸受剛性に異方性を有するように構成されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の静圧軸受。

[請求項11] 複数の貫通孔が周方向の異なる位置に配設され、回転シャフトを挿設可能な円筒状の軸受部材を備え、前記貫通孔に予め加圧された潤滑

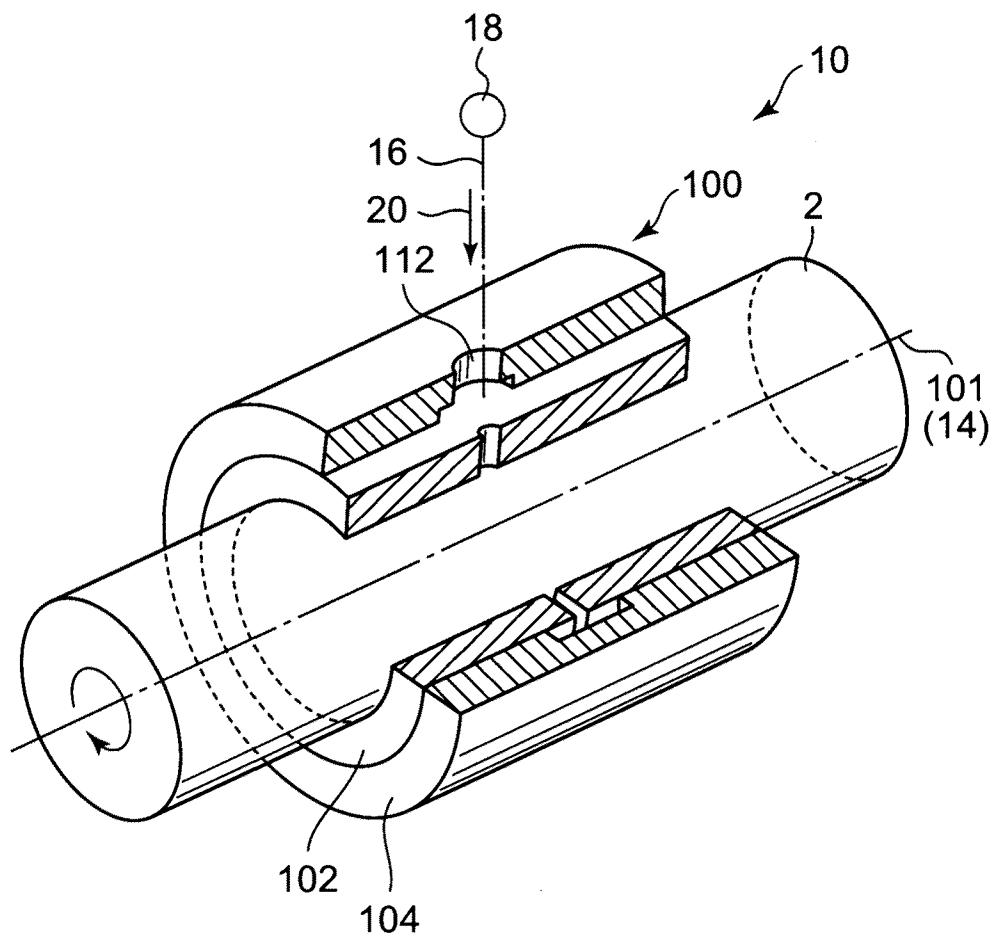
流体を供給し、前記潤滑流体の静圧により前記回転シャフトを回転自在に支持するように構成された静圧軸受と、前記回転シャフトとを備える回転機械であって、

前記静圧軸受は、軸受剛性に異方性を有するように構成されていることを特徴とする回転機械。

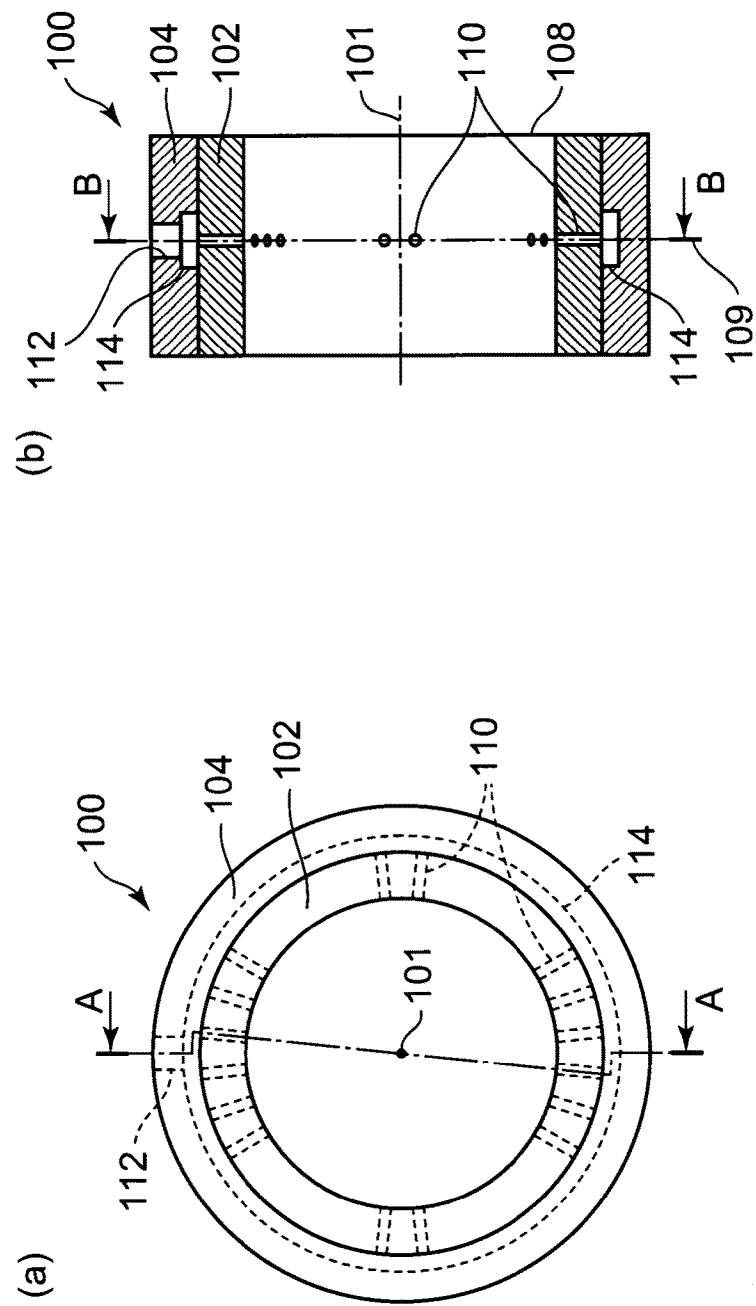
[請求項12] 前記回転シャフトは、複数の前記静圧軸受によって支持され、
複数の前記静圧軸受は、複数の前記各静圧軸受の周方向の軸受剛性分布を重ね合わせた軸受剛性に異方性を有するように構成されていることを特徴とする請求項11に記載の回転機械。

[請求項13] 請求項1～9のいずれか1項に記載の静圧軸受と、回転シャフトとを備えた
ことを特徴とする回転機械。

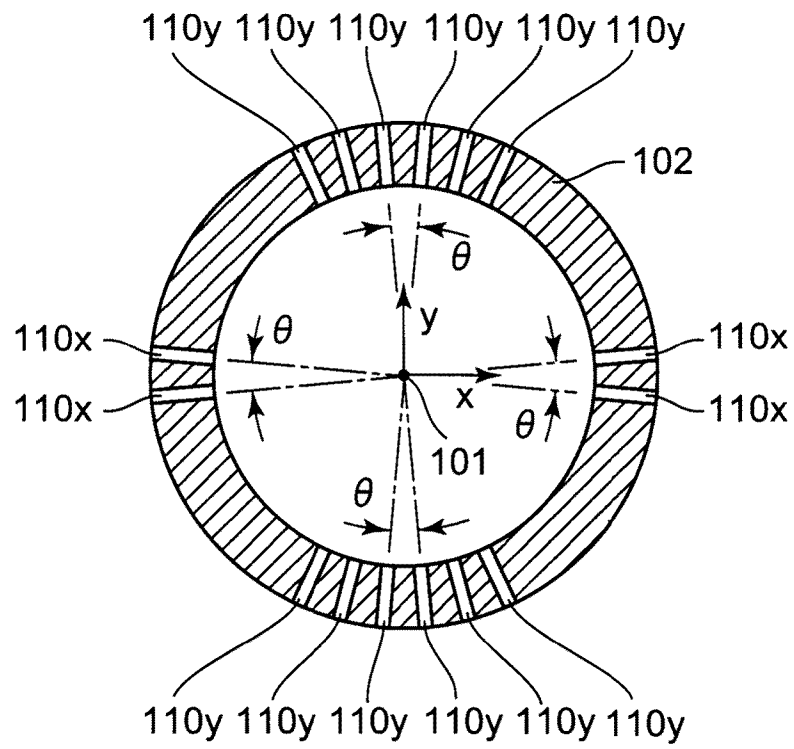
[図1]



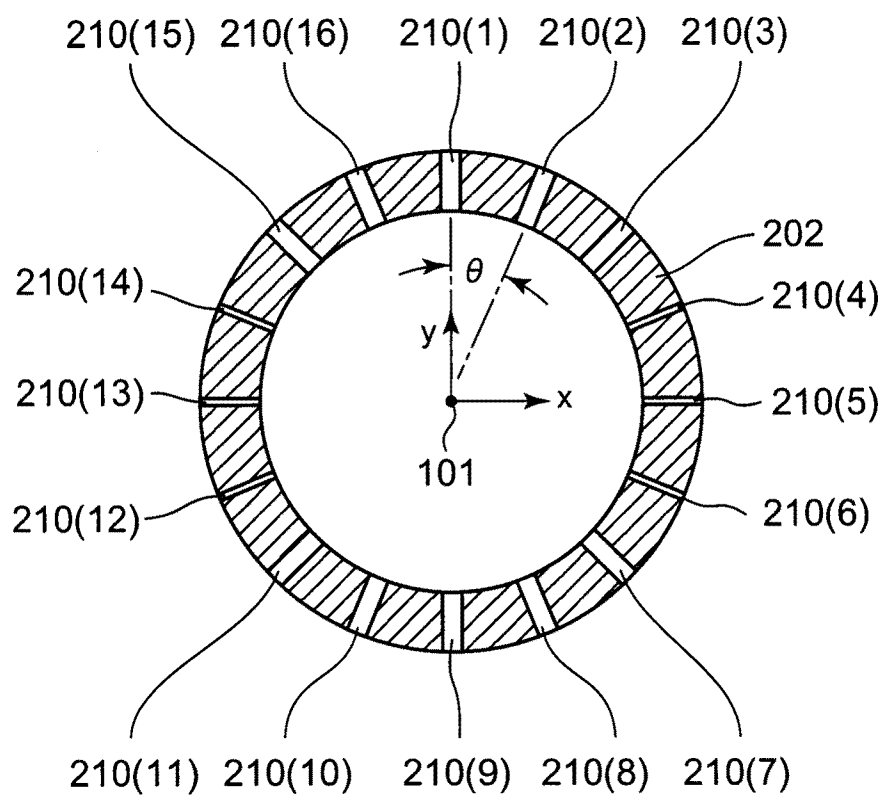
[図2]



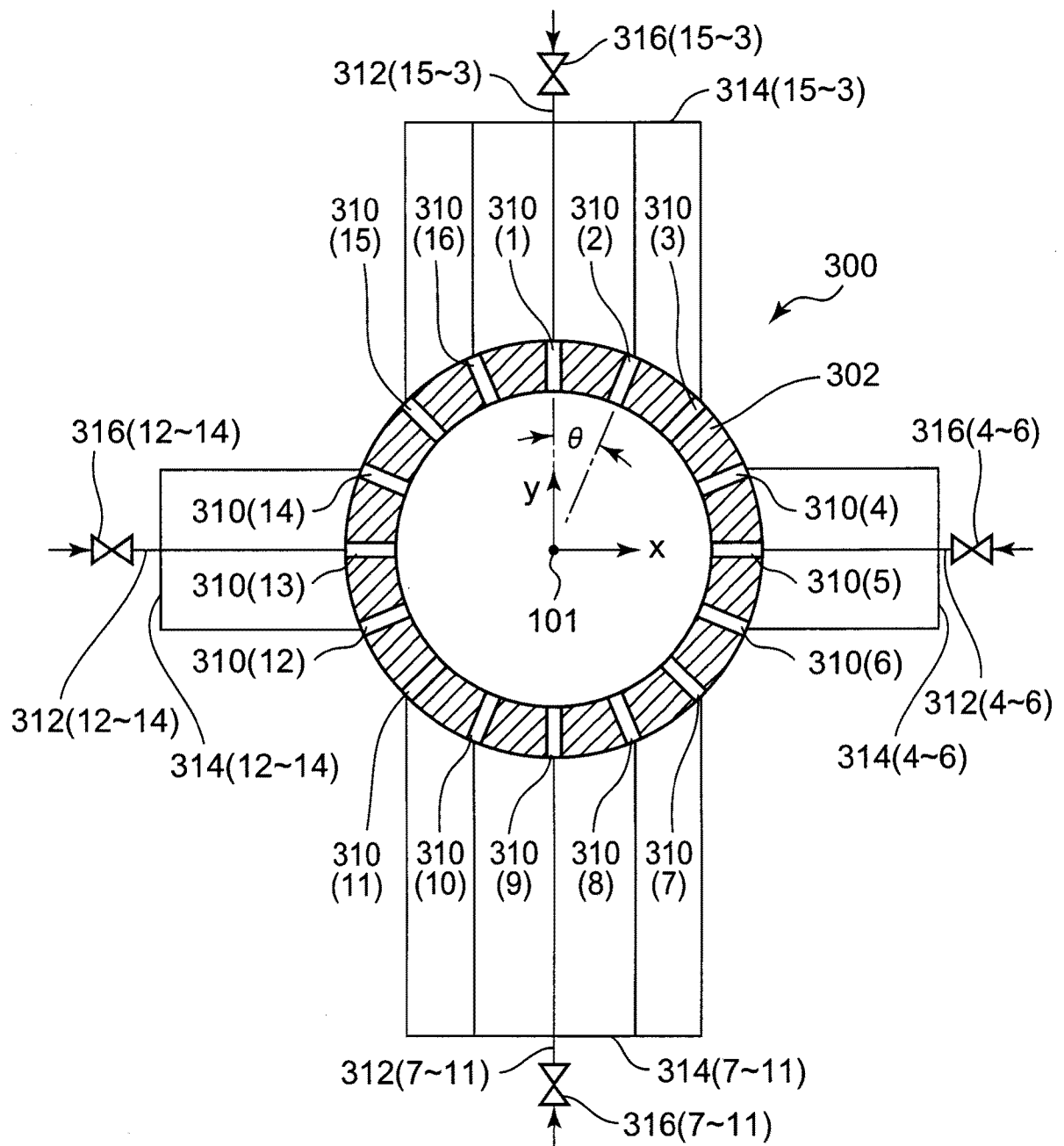
[図3]



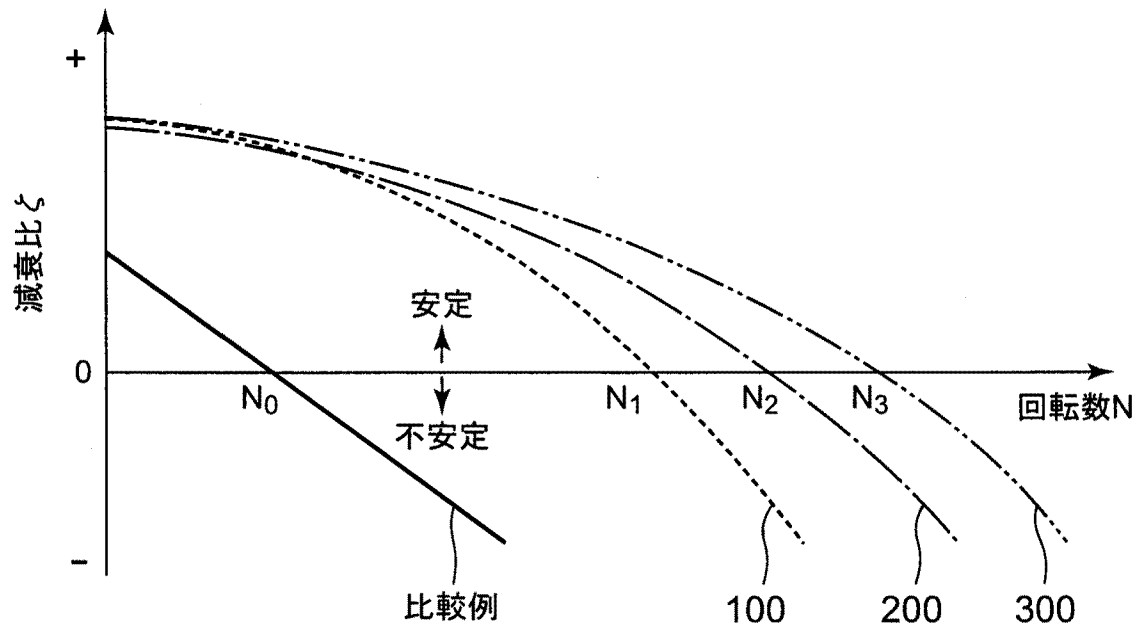
[図4]



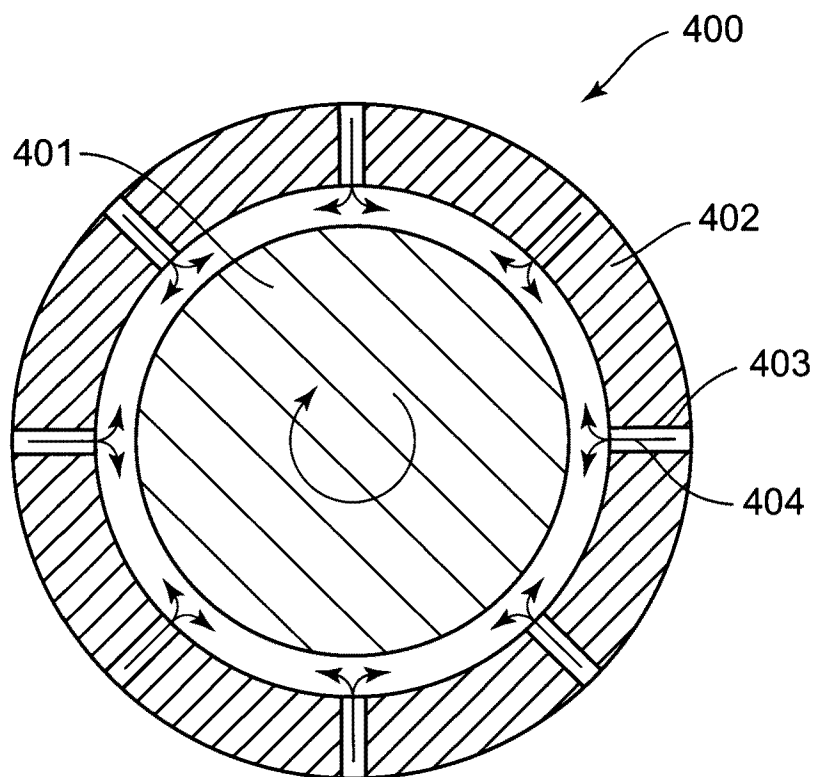
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/053913

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F16C32/06(2006.01) i</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) <i>F16C32/06</i>		
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 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
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	JP 49-20548 A (Toyoda Machine Works, Ltd.), 23 February 1974 (23.02.1974), page 2, upper right column, line 1 to page 3, upper right column, line 17; fig. 2 to 5 (Family: none)	1-2, 5, 8, 11-13 4, 7, 9, 11-13
Y		
X	JP 52-119744 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 October 1977 (07.10.1977), page 2, upper right column, line 7 to page 3, upper left column, line 8; fig. 5 to 6 (Family: none)	1-2, 5 6-7, 10-13
Y		
X	KR 10-2007-0101484 A (RHO BYOUNG HOO), 17 October 2007 (17.10.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-3, 5 4, 6-7, 9-13
Y		
☒ 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 27 April 2015 (27.04.15)		Date of mailing of the international search report 19 May 2015 (19.05.15)
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/JP2015/053913

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 55-54713 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 22 April 1980 (22.04.1980), page 1, lower right column, line 10 to page 2, lower right column, line 8; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 8 9-13
A	JP 2008-82356 A (Oiles Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), fig. 1 (Family: none)	4, 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F16C32/06(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（I P C）） Int.Cl. F16C32/06		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 49-20548 A（豊田工機株式会社）1974.02.23, 第2頁右上欄第1行-第3頁右上欄第17行, 第2-5図 (ファミリーなし)	1-2, 5, 8, 11-13 4, 7, 9, 11-13
X Y	JP 52-119744 A（三菱電機株式会社）1977.10.07, 第2頁右上欄第7行-第3頁左上欄第8行, 第5-6図 (ファミリーなし)	1-2, 5 6-7, 10-13
☒ 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 27.04.2015	国際調査報告の発送日 19.05.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 増岡 亘 電話番号 03-3581-1101 内線 3328	3 J 9143

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
X Y	KR 10-2007-0101484 A (RHO BYOUNG HOO) 2007. 10. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3, 5 4, 6-7, 9-13
X Y	JP 55-54713 A (東京芝浦電気株式会社) 1980. 04. 22, 第 1 頁右下欄第 10 行-第 2 頁右下欄第 8 行, 第 1-4 図 (ファミリーなし)	1, 8 9-13
A	JP 2008-82356 A (オイレス工業株式会社) 2008. 04. 10, 図 1 (ファミリーなし)	4, 7