

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年2月7日 (07.02.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/015776 A1

(51) 国際特許分類:

F16C 32/00 (2006.01) F25B 11/02 (2006.01)
F16C 25/08 (2006.01) H02K 5/16 (2006.01)
F16C 32/04 (2006.01) H02K 5/173 (2006.01)
F25B 9/00 (2006.01) H02K 7/09 (2006.01)

(SUZUKI, Nobuyuki) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/000766

(22) 国際出願日: 2007年7月13日 (13.07.2007)

(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2006-211571 2006年8月3日 (03.08.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): NTN株式会社 (NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木伸幸

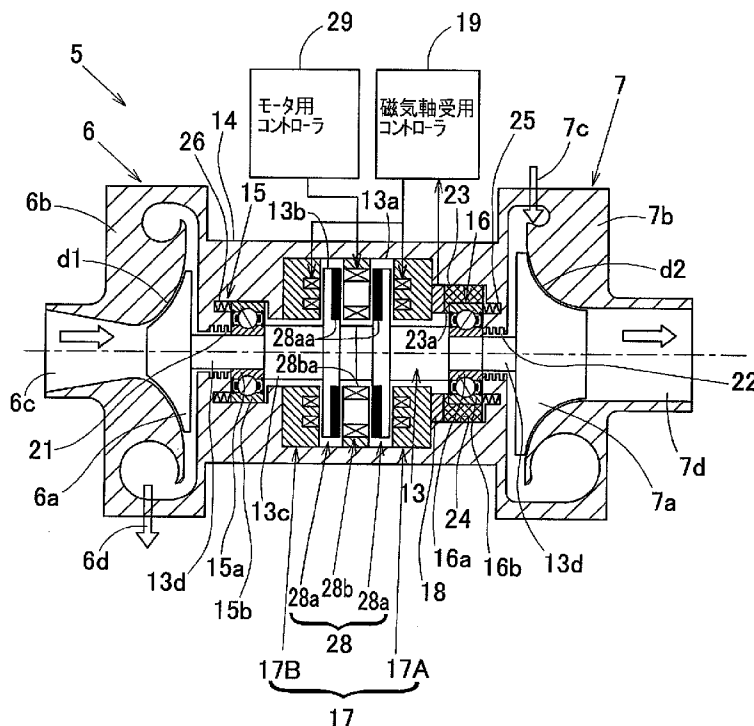
(74) 代理人: 杉本修司, 外(SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC BEARING DEVICE INTEGRAL WITH MOTOR

(54) 発明の名称: モーター一体型磁気軸受装置



29...CONTROLLER FOR MOTOR

19...CONTROLLER FOR MAGNETIC BEARING

sandwiched by the permanent magnets (28aa). A motor (28) is an axial gap-type coreless. The main shaft (13) is split into two, between the two thrust plates (13a, 13b), and both main shaft split bodies are joined together.

(57) Abstract: A bearing device integral with a motor, in which long term durability of a rolling bearing against thrust load is increased and in which a main shaft can be rotated at high speed. Problems of assembly arising from the structure of the device using two thrust plates are solved without creating problems of insufficient strength in high-speed rotation. The bearing device integral with a motor simultaneously uses rolling bearings (15, 16) and a magnetic bearing. The rolling bearings (15, 16) support a radial load and the magnetic bearing supports either or both an axial load and a bearing preload. An electromagnet unit (17) forming the magnetic bearing is installed in a spindle housing (14) so as to face, without contact, thrust plates (13a, 13b) arranged on a main shaft (13). The thrust plates (13a, 13b) are two plates separated in the axial direction and each have an electromagnet target on one side and a permanent magnet (28aa) for a motor rotor (28a) on the other side. A motor stator (28b) is placed

[続葉有]

WO 2008/015776 A1



(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(57) 要約: スラスト荷重の負荷に対する転がり軸受の長期耐久性を向上させることができ、かつ主軸を高速回転させることが可能なモーター一体型の磁気軸受装置を提供する。2枚のスラスト板を用いた構造による組立上の問題を、高速回転時の強度不足の問題を招くことなく解消する。このモーター一体型の磁気軸受装置は、転がり軸受15、16と磁気軸受を併用し、転がり軸受15、16がラジアル負荷を支持し、磁気軸受がアキシアル負荷と軸受予圧のどちらか一方または両方を支持する。磁気軸受を構成する電磁石ユニット17は、主軸13に設けられたスラスト板13a、13bに非接触で対向するように、スピンドルハウジング14に取付けられる。スラスト板13a、13bは軸方向に離れて2つ設けられ、これら2つのスラスト板13a、13bは、片面に電磁石ターゲットが形成され、もう一方の面にはモーターロータ28a用の永久磁石28aaが配置される。この永久磁石28aaに挟まれるようにモータステータ28bが配置される。モータ28は、アキシアルギャップ型のコアレスモータである。主軸13は、2枚のスラスト板13a、13bの間で2分割され、両主軸分割体が互いに結合されたものとする。

明 細 書

モーター一体型磁気軸受装置

技術分野

- [0001] この発明は、空気サイクル冷凍冷却用タービンユニット等に用いられる磁気軸受装置に関し、特に、転がり軸受と磁気軸受を併用し、磁気軸受がアキシャル負荷と軸受予圧のどちらか一方または両方を支持するようにしたモーター一体型磁気軸受装置に関する。

背景技術

- [0002] 空気サイクル冷凍冷却システムは、冷媒として空気を用いるため、フロンやアンモニアガス等を用いる場合に比べてエネルギー効率が不足するが、環境保護の面では好ましい。また、冷凍倉庫等のように、冷媒空気を直接に吹き込むことができる施設では、庫内ファンやデフロストの省略等によってトータルコストを引下げられる可能性があり、このような用途で空気サイクル冷凍冷却システムが提案されている（例えば特許文献１）。
- [0003] また、 -30°C ～ -60°C のディープ・コール領域では、空気冷却の理論効率は、フロンやアンモニアガスと同等以上になることが知られている。ただし、上記空気冷却の理論効率を得ることは、最適に設計された周辺装置があって、始めて成り立つとも述べられている。周辺装置は、圧縮機や膨張タービン等である。

圧縮機、膨張タービンとしては、コンプレッサ翼車および膨張タービン翼車を共通の主軸に取付けたタービンユニットが用いられている（特許文献１）。

- [0004] なお、プロセスガスを処理するタービン・コンプレッサとしては、主軸の一端にタービン翼車、他端にコンプレッサ翼車を取付け、前記主軸を電磁石の電流で制御するジャーナルおよびスラスト軸受で支承した磁気軸受式タービン・コンプレッサが提案されている（特許文献２）。

また、ガスタービンエンジンにおける提案ではあるが、主軸支持用の転が

り軸受に作用するスラスト荷重が軸受寿命の短縮を招くことを回避するため、転がり軸受に作用するスラスト荷重をスラスト磁気軸受により低減することが提案されている（特許文献3）。

特許文献1：特許第2623202号公報

特許文献2：特開平7-91760号公報

特許文献3：特開平8-261237公報

[0005] 上記のように、空気サイクル冷凍冷却システムとして、ディープ・コール領域で高効率となる空気冷却の理論効率を得るためには、最適に設計された圧縮機や膨張タービンが必要となる。

圧縮機、膨張タービンとしては、上記のようにコンプレッサ翼車および膨張タービン翼車を共通の主軸に取付けたタービンユニットが用いられている。このタービンユニットは、膨張タービンの生じる動力によりコンプレッサ翼車を駆動することで空気サイクル冷凍機の効率を向上させている。

[0006] しかし、実用的な効率を得るためには、各翼車とハウジングとの隙間を微小に保つ必要がある。この隙間の変動は、安定した高速回転の妨げとなり効率の低下を招く。

また、コンプレッサ翼車やタービン翼車に作用する空気により、主軸にスラスト力が作用し、主軸を支持する軸受にスラスト荷重が荷される。空気サイクル冷凍冷却システムにおけるタービンユニットの主軸の回転速度は、1分間に8万～10万回転であり、一般的な用途の軸受に比べて非常に高速となる。そのため、上記のようなスラスト荷重は、主軸を支持する軸受の長期耐久性の低下、寿命低下を招き、空気サイクル冷凍冷却用タービンユニットの信頼性を低下させる。このような軸受の長期耐久性の課題を解消しなくては、空気サイクル冷凍冷却用タービンユニットの実用化が難しい。しかし、上記特許文献1に開示の技術は、この高速回転下におけるスラスト荷重の負荷に対する軸受の長期耐久性の低下については解決されるに至っていない。

[0007] 特許文献2の磁気軸受式タービン・コンプレッサのように、主軸を磁気軸受からなるジャーナル軸受およびスラスト軸受で支承したものでは、ジャー

ナル軸受にアキシアル方向の規制機能がない。そのため、スラスト軸受の制御の不安定要因等があると、上記翼車とディフューザ間の微小隙間を保って安定した高速回転を行うことが難しい。磁気軸受の場合は、電源停止時における接触の問題もある。

[0008] そこで、本発明者等は、上記課題を解決するものとして、図6に示すようなモーター一体型の磁気軸受装置を開発した。このモーター一体型の磁気軸受装置は、主軸53の両端にコンプレッサ46のコンプレッサ翼車46aおよび膨張タービン47のタービン翼車47aを取付けた空気サイクル冷凍冷却用タービンユニットにおいて、主軸53のラジアル負荷を転がり軸受55, 56で、アキシアル負荷を電磁石57でそれぞれ支持すると共に、主軸53に同軸に設けたモータ68による駆動力とタービン翼車47aの駆動力とでコンプレッサ翼車46aを回転駆動するようにしたものである。アキシアル負荷を支持する電磁石57は、主軸53に垂直かつ同軸に設けられたスラスト板53aに非接触で対向するように配置され、アキシアル方向の力を検出するセンサ58の出力に応じて磁気軸受用コントローラ59で制御される。モータ68はアキシアルギャップ型のものであって、主軸53に垂直かつ同軸に設けた別のスラスト板53bにモータロータ68aを形成すると共に、このモータロータ68aと軸方向に対向するようにモータステータ68bを配置して構成される。このモータ68は、電磁石57とは独立にモータ用コントローラ69で制御される。

[0009] 上記構成のモーター一体型の磁気軸受装置によると、主軸53にかかるスラスト力を電磁石57で支持するため、非接触でトルクの増大を抑えながら、転がり軸受55, 56に作用するスラスト力を軽減することができる。その結果、各翼車46a, 47aとハウジング46b, 47bとの微小隙間を一定に保つことができ、スラスト荷重の負荷に対する転がり軸受の長期耐久性を向上させることができる。

[0010] しかし、上記構成のモーター一体型の磁気軸受装置では、主軸53に設けた1つのスラスト板を挟んで左右2個の電磁石を配置して磁気軸受ユニットを

構成すると共に、主軸 5 3 に別に設けたもう 1 つのスラスト板を挟んで左右 2 個のアキシアルギャップ型のモータ 6 8 を配置することで前記磁気軸受ユニットと独立にモータユニットを構成しているため、主軸 5 3 の軸長が長くなって固有振動数が低下し、高速回転させることができないという問題がある。

[0011] このような課題を解決するものとして、磁気軸受の電磁石ターゲットを設けるスラスト板を主軸に 2 枚設け、これら 2 枚のスラスト板の間に、アキシアルギャップ型のモータにおけるステータを配置し、両スラスト板にモータロータとなる磁石を設けたものを案出した（特願 2 0 0 5 - 3 5 6 0 3 5 号）。

[0012] しかし、主軸に 2 枚のスラスト板を設けた場合、モータの組立が難しくなる。また、2 枚のスラスト板間の間隔が狭いため、スラスト板に取付けるモータロータ用の永久磁石の貼り付け作業が難しい。モータステータを分割すると、組立が可能であるが、モータステータはモータコイルを有するため、分割構造とすると構成が複雑になる。モータステータを分割構造としても、スラスト板への永久磁石の貼り付け作業の困難性は解消されない。このため、スラスト板を主軸とは別部材のリング状板で構成し、主軸に嵌合させて組み立てることで、モータの組立を可能とすることを試みた。しかし、この種のタービンユニットは主軸が例えば 8 ～ 1 0 万 r p m と高速回転するため、上記のようにスラスト板を嵌合させる構成では、スラスト板と主軸の結合部の強度が不足する。

発明の開示

[0013] この発明の目的は、スラスト荷重の負荷に対する転がり軸受の長期耐久性を向上させることができ、かつ主軸を高速回転させることが可能で、また 2 枚のスラスト板を用いた構造による組立上の問題を、高速回転時の強度不足の問題を招くことなく解消することのできるモーター一体型の磁気軸受装置を提供することである。

[0014] この発明のモーター一体型の磁気軸受装置は、転がり軸受と磁気軸受を併用

し、転がり軸受がラジアル負荷を支持し、磁気軸受がアキシアル負荷と軸受予圧の少なくとも一方を支持し、前記磁気軸受を構成する電磁石は、主軸に設けられた強磁性体からなるフランジ状のスラスト板に非接触で対向するように、スピンドルハウジングに取付けられており、前記スラスト板は軸方向に離れて2つ設けられ、これら2つのスラスト板はそれぞれ、片面に電磁石ターゲットが形成され、もう片方の面にはモータロータ用の永久磁石が配置され、前記モータロータ用の永久磁石は、前記2つのスラスト板の対向する面に配置され、かつ、異極が互いに対向するように、周方向に等ピッチで配置され、前記永久磁石に挟まれるように、モータステータが配置されてスピンドルハウジングに取付けられており、前記モータロータおよび前記モータステータ間のローレンツ力により主軸を回転させるアキシアルギャップ型のコアレスモータを有するものであって、前記主軸が、前記2枚のスラスト板の間に2分割され、両主軸分割体が互いに結合されている。

[0015] この構成によると、転がり軸受と磁気軸受を併用し、転がり軸受がラジアル負荷を支持し、磁気軸受がアキシアル負荷と軸受予圧のどちらか一方または両方を支持するものであるため、アキシアル方向の精度の良い支持が行え、また転がり軸受の長期耐久性が確保でき、磁気軸受のみの支持の場合における電源停止時の損傷も回避される。

また、軸方向に並べて主軸に設けられた2つのスラスト板の軸方向外側に2つの電磁石を配置して磁気軸受ユニットとすると共に、前記両スラスト板で挟まれる位置にアキシアルギャップ型のモータを配置してモータユニットとしたため、磁気軸受ユニットとモータユニットとがコンパクトな一体構造とできる。そのため、主軸の軸長を短くでき、それだけ主軸の固有振動数が高くなって、主軸を高速回転させることができる。

また、モータステータが主軸の2枚のスラスト板の間に介在する配置のため、モータステータおよび主軸の両方がそれぞれ一体の部材であると装置の組み立てができないが、主軸が、2枚のスラスト板の間に2分割され、両主軸分割体が互いに結合されたものであるため、両スラスト板間に一体のモータ

タステータを介在させることで、モータを組み立てることが可能になる。また、主軸を2枚のスラスト板間で分割したため、これらスラスト板間の隙間が狭くても、両スラスト板に取付けられるモータロータとなる永久磁石を、スラスト板に貼り付け等によって容易に取付けることができる。モータステータを分割構造とする場合と異なり、主軸を分割構造とするため、分割しながら、簡単な構成で済む。主軸が高速回転するものであっても、主軸自体を2枚のスラスト板間で分割された分割構造とするため、スラスト板を主軸と分割させる場合と異なり、堅固な結合構造が自由に設計でき、高速回転時における主軸分割部分の結合箇所が強度不足となることが解消できる。

[0016] この発明のモーター一体型の磁気軸受装置において、一方の主軸分割体は分割面となる端面の軸心部に嵌合凸部を有し、他方の主軸分割体は分割面となる端面に前記嵌合凸部の外周に嵌合する嵌合凹部を有し、両主軸分割体は、前記嵌合凸部と嵌合凹部とが嵌合する周面と、前記分割面となる端面の突き合わせにより、径方向および軸方向に拘束され、かつ軸心部でボルトにより互いに結合されたものとしても良い。

このように両主軸分割体に嵌合凸部と嵌合凹部を設けて、いわゆる印籠結合とし、また分割面となる端面の突き合わせ面と、上記嵌合凸部、嵌合凹部間の嵌合面との2ヶ所で拘束し、ボルトで締結するため、両主軸分割体を堅固に結合することができる。ここで前記両主軸分割体は鋼材を熱処理して硬化したものからなり、前記ボルトは熱処理されていない鋼の生材からなるのが好ましい。これにより主軸の剛性が向上する一方で、熱処理によるボルトの脆性の低下が抑制される。

この発明において、前記磁気軸受の電磁石は、2つ設けられ、前記2つのスラスト板の軸方向両外側に対向して1つずつ配置されたものが好ましい。これにより、2つのスラスト板の間隔を小さくできるので、モータ部分の軸方向寸法を小さく出来る利点がある。

この発明において、前記転がり軸受を一对有し、両転がり軸受が前記磁気軸受を挟んで主軸の軸方向外側に位置しているのが好ましい。この構成によ

り、主軸のラジアル負荷を、大きく離間した一对の転がり軸受により安定して支持できる。

[0017] この発明の磁気軸受装置は、コンプレッサ側翼車およびタービン側翼車が、前記スラスト板およびモーターロータと共通の主軸に取り付けられ、モーター動力とタービン側翼車で発生した動力の少なくとも一方により、コンプレッサ側翼車を駆動させる、圧縮膨張タービンシステムに組み込まれたものであっても良い。この構成の場合、各翼車の適切な隙間を保って主軸の安定した高速回転が得られ、かつ軸受の長期耐久性、寿命の向上が得られる。

この発明において、好ましくは、前記転がり軸受を一对有し、両転がり軸受が前記磁気軸受を挟んで主軸の軸方向外側に位置しており、前記各転がり軸受とその近傍の翼車との間に主軸の外周をシールするラビリンスシールを設ける。これにより、前記各翼車を通る作動流体である空気が軸受装置へ漏出するのを抑制できる。

[0018] 前記モーター一体型の磁気軸受装置を適用した圧縮膨張タービンシステムは、流入空気に対して、タービンユニットのコンプレッサによる圧縮、他の熱交換器による冷却、前記タービンユニットの膨張タービンによる断熱膨張、もしくは予圧縮手段による圧縮、熱交換器による冷却、タービンユニットのコンプレッサによる圧縮、他の熱交換器による冷却、前記タービンユニットの膨張タービンによる断熱膨張、を順次行う空気サイクル冷凍冷却システムに組み込まれたものであっても良い。

このモーター一体型の磁気軸受装置を適用した圧縮膨張タービンシステムを、このような空気サイクル冷凍冷却システムに用いた場合、圧縮膨張タービンシステムにおいて、各翼車の適切な隙間を保って主軸の安定した高速回転が得られ、かつ軸受の長期耐久性の向上、寿命の向上が得られることから、圧縮膨張タービンシステムの全体として、しいては空気サイクル冷凍冷却システムの全体としても信頼性が向上する。また、空気サイクル冷凍冷却システムのネックとなっている圧縮膨張タービンシステムの主軸軸受の安定した高速回転、長期耐久性、信頼性が向上することから、空気サイクル冷凍冷却

システムの実用化が可能となる。

図面の簡単な説明

[0019] 本発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明からより明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、本発明の範囲を定めるために利用されるべきでない。本発明の範囲は添付のクレームによって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の部品番号は、同一部分を示す。

[図1] この発明の一実施形態にかかるモーター一体型の磁気軸受装置が組み込まれたタービンユニットの縦断面図である。

[図2] 同タービンユニットにおける主軸の縦断面図である。

[図3] モーター一体型の磁気軸受装置に用いられる磁気軸受用コントローラの一例を示すブロック図である。

[図4] モーター一体型の磁気軸受装置に用いられるモータ用コントローラの一例を示すブロック図である。

[図5] 上記タービンユニットを適用した空気サイクル冷凍冷却システムの系統図である。

[図6] 提案例の縦断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0020] この発明の第1の実施形態を図1ないし図4と共に説明する。図1は、この実施形態のモーター一体型の磁気軸受装置を組み込んだタービンユニット5の断面図を示す。このタービンユニット5は圧縮膨張タービンシステムを構成するものであり、コンプレッサ6および膨張タービン7を有し、コンプレッサ6のコンプレッサ翼車6aおよび膨張タービン7のタービン翼車7aが主軸13の両端にそれぞれ嵌合して取り付けられている。主軸13の材料には、磁気特性の良好な低炭素鋼が使用される。

[0021] 図1において、コンプレッサ6は、コンプレッサ翼車6aと微小の隙間d1を介して対向するコンプレッサハウジング6bを有し、中心部の吸込口6cから軸方向に吸入した空気を、コンプレッサ翼車6aで圧縮し、外周部の

出口（図示せず）から矢印 6 d で示すように排出する。

膨張タービン 7 は、タービン翼車 7 a と微小の隙間 d 2 を介して対向するタービンハウジング 7 b を有し、外周部から矢印 7 c で示すように吸い込んだ空気を、タービン翼車 7 a で断熱膨張させ、中心部の排出口 7 d から軸方向に排出する。

[0022] このタービンユニット 5 におけるモーター一体型の磁気軸受装置は、主軸 13 をラジアル方向に対し複数の軸受 15, 16 で支持し、主軸 13 にかかるアキシアル負荷と軸受予圧のどちらか一方または両方を、磁気軸受を構成する一对の電磁石ユニット 17 により支持すると共に、主軸 13 を回転駆動するアキシアルギャップ型のモータ 28 を設けたものである。このタービンユニット 5 は、主軸 13 に作用するスラスト力を検出する複数のセンサ 18 と、このセンサ 18 の出力に応じて前記電磁石ユニット 17 による支持力を制御する磁気軸受用コントローラ 19 と、電磁石ユニット 17 とは独立に前記モータ 28 を制御するモータ用コントローラ 29 とを有している。

電磁石ユニット 17 は、主軸 13 の軸方向中間部において軸方向に並ぶように主軸 13 に垂直かつ同軸に設けられた強磁性体からなるフランジ状の 2 つのスラスト板 13 a, 13 b の各片面、この例では軸方向外側の面に非接触で対向するように、一对の電磁石 17 A, 17 B をスピンドルハウジング 14 に設置したものである。具体的には、電磁石ユニット 17 を構成する一方の電磁石ユニット 17 A は、膨張タービン 7 寄りに位置するスラスト板 13 a の膨張タービン 7 側に向く片面を電磁石ターゲットとして、この片面に非接触で対向するようにスピンドルハウジング 14 に設置される。また、他方の電磁石ユニット 17 B は、コンプレッサ 6 寄りに位置するスラスト板 13 b のコンプレッサ 6 側に向く片面を電磁石ターゲットとして、この片面に非接触で対向するようにスピンドルハウジング 14 に設置される。こうして磁気軸受が、電磁石ユニット 17 とスラスト板 13 a, 13 b とにより構成される。

[0023] モータ 28 は、前記電磁石ユニット 17 と並んで主軸 13 に設けられたモ

ータロータ 28 a と、このモータロータ 28 a に対し軸方向に対向するモータステータ 28 b とでなるモータユニットである。具体的には、モータユニットの一部品を構成するモータロータ 28 a は、前記各スラスト板 13 a, 13 b における電磁石 17 A, 17 B が対向する側とは反対側の各片面、この例では軸方向内側の面に、円周方向に等ピッチで並ぶ永久磁石 28 a a を配置することで左右一対のものが構成される。このように軸方向に対向配置される永久磁石 28 a a の間では、その磁極が互いに異極となるように設定される。主軸 13 には磁気特性の良好な低炭素鋼を使用しているので、主軸 13 と一体構造となるように設けられる前記各スラスト板 13 a, 13 b を、永久磁石 28 a a のバックヨークおよび電磁石ターゲットに兼用できる。

[0024] このモータ 28 は、前記モータロータ 28 a とモータステータ 28 b 間に作用するローレンツ力により、主軸 13 を回転させる。このように、このアキシアルギャップ型のモータ 28 はコアレスモータとされていることから、モータロータ 28 a とモータステータ 28 b 間の磁気カップリングによる負の剛性はゼロとなっている。

[0025] 図 2 に拡大して示すように、主軸 13 は、2 枚のスラスト板 13 a, 13 b の間で 2 つの主軸分割体 13 A, 13 B に 2 分割され、両主軸分割体 13 A, 13 B が互いに結合されて一体のものとされている。一方の主軸分割体 13 A は、分割面となる端面 S 1 の軸心部に丸軸状の嵌合凸部 13 A a を有し、他方の主軸分割体 13 B は分割面となる端面 S 2 に、前記嵌合凸部 13 A a の外周に嵌合する円形の嵌合凹部 13 B a を有している。両主軸分割体 13 A, 13 B は、前記嵌合凸部 13 A a の外周面 S 3 と嵌合凹部 13 B a の内周面 S 4 との嵌合と、前記分割面となる端面 S 1, S 2 の突き合わせとにより、径方向および軸方向に拘束され、かつ軸心部でボルト 40 により互いに結合されている。ボルト 40 は両切ボルトであり、一方の主軸分割体 13 A の嵌合凸部 13 A a の先端面中央に形成されたねじ孔 41 と、他方の主軸分割体 13 B の嵌合凹部 13 B a の底面中央に形成されたねじ孔 42 とに渡ってねじ込まれている。各主軸分割体 13 A, 13 B は、例えば鋼材の焼

入等の硬化のための熱処理が施されたものとされ、ボルト４０は、硬化のための熱処理を施さない鋼の生材とされている。

[0026] 各主軸分割体１３Ａ，１３Ｂの有するスラスト板１３ａ，１３ｂの対向面は、中心部付近と外周縁との間に環状の凹部４３を有する形状とされ、この凹部４３内に、前記モータロータ２８ａを構成する相対向する永久磁石２８ａａ，２８ａａが接着等により取付けられている。

[0027] 図１において、主軸１３を支持する軸受１５，１６は転がり軸受であって、アキシャル方向位置の規制機能を有するものであり、例えば深溝玉軸受やアンギュラ玉軸受が用いられる。深溝玉軸受の場合、両方向のスラスト支持機能を有し、内外輪のアキシャル方向位置を中立位置に戻す作用を持つ。これら２個の軸受１５，１６は、それぞれスピンドルハウジング１４におけるコンプレッサ翼車６ａおよびタービン翼車７ａの近傍に配置されて、磁気軸受１７，１３ａ，１３ｂを挟んで主軸１３の軸方向外側に位置している。したがって、主軸１３のラジアル負荷を支持する転がり軸受１５，１６が軸方向に離間して位置するので、主軸１３を安定して支持できる。

[0028] 主軸１３は、中間部の大径部１３ｃと、両端部の小径部１３ｄとを有する段付き軸とされている。両側の軸受１５，１６は、その内輪１５ａ，１６ａが小径部１３ｄに圧入状態に嵌合し、片方の幅面が大径部１３ｃと小径部１３ｄ間の段差面に係合する。

スピンドルハウジング１４における両側の軸受１５，１６よりも各翼車６ａ，７ａ側の部分は、内径面が主軸１３に近接する径に形成され、この内径面に非接触シール２１，２２が形成されている。この実施形態では、非接触シール２１，２２は、スピンドルハウジング１４の内径面に複数の円周溝を軸方向に並べて形成したラビリンスシールとしているが、その他の非接触シール手段でも良い。こうして、各翼車６ａ，７ａを通る作動流体である空気が軸受装置へ漏れるのを抑制する。

[0029] 前記センサ１８は、タービン翼車７ａ側の軸受１６の近傍における静止側、つまりスピンドルハウジング１４側に設けられている。このセンサ１８を

近傍に設けた軸受 1 6 は、その外輪 1 6 b が軸受ハウジング 2 3 内に固定状態に嵌合している。軸受ハウジング 2 3 は、リング状に形成されて一端に軸受 1 6 の外輪 1 6 b の幅面に係合する内鏑 2 3 a を有しており、スピンドルハウジング 1 4 に設けられた内径面 2 4 にアキシャル方向に移動自在に嵌合している。内鏑 2 3 a は、アキシャル方向の中央側端に設けられている。

[0030] センサ 1 8 は主軸 1 3 の回りの円周方向複数箇所（例えば 2 箇所）に分配配置され、軸受ハウジング 2 3 の内鏑 2 3 a 側の幅面と、スピンドルハウジング 1 4 に固定された部材である片方の電磁石ユニット 1 7 との間に介在させてある。また、センサ 1 8 は、センサ予圧ばね 2 5 により予圧が印加されている。センサ予圧ばね 2 5 は、スピンドルハウジング 1 4 に設けられた収容凹部内に収容されて軸受 1 6 の外輪 1 6 b をアキシャル方向に付勢するものとされ、外輪 1 6 b および軸受ハウジング 2 3 を介してセンサ 1 8 を予圧する。センサ予圧ばね 2 5 は、例えば主軸 1 3 の回りの円周方向複数箇所に設けられた複数のコイルばね等からなる。

[0031] センサ予圧ばね 2 5 による予圧は、押し付け力によってスラスト力を検出するセンサ 1 8 が、主軸 1 3 のアキシャル方向のいずれの向きの移動に対しても検出できるようにするためであり、タービンユニット 5 の通常の運転状態で主軸 1 3 に作用する平均的なスラスト力以上の大きさとされる。

[0032] センサ 1 8 の非配置側の軸受 1 5 は、スピンドルハウジング 1 4 に対してアキシャル方向に移動自在に設置され、かつ軸受予圧ばね 2 6 によって弾性支持されている。この例では軸受 1 5 の外輪 1 5 b が、スピンドルハウジング 1 4 の内径面にアキシャル方向移動自在に嵌合していて、軸受予圧ばね 2 6 は、外輪 1 5 b とスピンドルハウジング 1 4 との間に介在している。軸受予圧ばね 2 6 は、内輪 1 5 a の幅面が係合した主軸 1 3 の段面に対向して外輪 1 5 b を付勢するものとされ、軸受 1 5 に予圧を与えている。軸受予圧ばね 2 6 は、主軸 1 3 回りの円周方向複数箇所に設けられた複数のコイルばね等からなり、それぞれスピンドルハウジング 1 4 に設けられた収容凹部内に収容されている。軸受予圧ばね 2 6 は、センサ予圧ばね 2 5 よりもばね定数

が小さいものとされる。

- [0033] 上記タービンユニット5におけるモーター一体型の磁気軸受装置の力学モデルは簡単なバネ系で構成することができる。すなわち、このバネ系は、軸受15、16とこれら軸受の支持系（センサ予圧ばね25、軸受予圧ばね26、軸受ハウジング23など）とで形成される合成バネと、モータ部（電磁石ユニット17とモータ28）で形成される合成バネとが並列となった構成である。このバネ系において、軸受15、16とこれら軸受の支持系とで形成される合成バネは、変位した方向と逆の方向に変位量に比例して作用する剛性となるのに対し、電磁石ユニット17とモータ28とで形成される合成バネは、変位した方向に変位量に比例して作用する負の剛性となる。

このため、上記した両合成バネの剛性の大小関係を、

軸受等による合成バネの剛性値<電磁石・モータによる合成バネの負の剛性値…(1)とした場合、機械システムの位相は 180° 遅れとなり不安定な系となることから、電磁石ユニット17を制御する磁気軸受用コントローラ19において、予め位相補償回路を付加する必要性が生じ、コントローラ19の構成が複雑なものになる。

- [0034] そこで、この実施形態のモーター一体型の磁気軸受装置では、上記した両合成バネの剛性の大小関係を、

軸受等による合成バネの剛性値>電磁石・モータによる合成バネの負の剛性値…(2)としている。とくに、このモーター一体型の磁気軸受装置では、上記したようにアキシアルギャップ型のモータ28をコアレスモータとしているので、モータ28に作用する負の剛性値をゼロとすることができ、モータ28が高負荷動作し過大なアキシアル荷重が作用した状態においても上記(2)式の大小関係を保つことができる。

その結果、制御帯域において、機械システムの位相が 180° 遅れとなることを防止できるので、モータ28が高負荷動作し過大なアキシアル荷重が作用した状態でも磁気軸受用コントローラ19の制御対象を安定なものとでき、コントローラ19の回路構成を図2のように比例もしくは比例積分を用

いた簡単なものに構成できる。

[0035] ブロック図で示す図3の磁気軸受用コントローラ19では、各センサ18の検出出力P1, P2をセンサ出力演算回路30で加減算し、その演算結果を比較器31で基準値設定手段32の基準値と比較して偏差を演算し、さらに演算した偏差をPI補償回路（もしくはP補償回路）33によりタービンユニット5に応じて適宜設定される比例積分（もしくは比例）処理を行うことで、電磁石ユニット17の制御信号を演算するようにしている。PI補償回路（もしくはP補償回路）33の出力は、ダイオード34, 35を介して各方向の電磁石17A, 17Bを駆動するパワー回路36, 37に入力される。電磁石17A, 17Bは、図1に示したスラスト板13a, 13bに対して吸引力しか作用しないため、予めダイオード34, 35で電流の向きを決め、2個の電磁石17A, 17Bを選択的に駆動するようにしている。

[0036] 同じくブロック図で示す図4のモータ用コントローラ29では、回転同期指令信号を基に、モータロータ28aの回転角をフィードバック信号として位相調整回路38でモータ駆動電流の位相調整が行われ、その調整結果に応じたモータ駆動電流をモータ駆動回路39からモータステータ28bに供給することによって、定回転制御が行われる。前記回転同期指令信号は、モータロータ28aに設けられた回転角度検出センサ（図示せず）の出力に応じて演算される。

[0037] この構成のタービンユニット5は、例えば空気サイクル冷凍冷却システムに組み込まれて、冷却媒体となる空気を後段の熱交換器（後述する図5の熱交換器8, 9）により効率良く熱交換できるように、コンプレッサ6で圧縮して温度上昇させ、さらに後段の前記熱交換器で冷却された空気を、膨張タービン7により、目標温度、例えば -30°C ～ -60°C 程度の極低温まで断熱膨張により冷却して排出するように使用される。

このような使用例において、このタービンユニット5は、コンプレッサ翼車6aおよびタービン翼車7aが、前記スラスト板13aとモータロータ28aと共通の主軸13に嵌合し、モータ28の動力とタービン翼車7aで発

生した動力のどちらか一方または両方によりコンプレッサ翼車 6 a を駆動するものとしている。このため、各翼車 6 a, 7 a の適切な隙間 d 1, d 2 を保って主軸 1 3 の安定した高速回転が得られ、かつ軸受 1 5, 1 6 の長期耐久性の向上、寿命の向上が得られる。

[0038] すなわち、タービンユニット 5 の圧縮、膨張の効率を確保するためには、各翼車 6 a, 7 a とハウジング 6 b, 7 b との隙間 d 1, d 2 を微小に保つ必要がある。例えば、このタービンユニット 5 を空気サイクル冷凍冷却システムに適用する場合には、この効率確保が重要となる。これに対して、主軸 1 3 を転がり形式の軸受 1 5, 1 6 により支持するため、転がり軸受の持つアキシャル方向位置の規制機能により、主軸 1 3 のアキシャル方向位置がある程度規制され、各翼車 6 a, 7 a とハウジング 6 b, 7 b との微小隙間 d 1, d 2 を一定に保つことができる。

[0039] しかし、タービンユニット 5 の主軸 1 3 には、各翼車 6 a, 7 a に作用する空気の圧力でスラスト力がかかる。また、空気冷却システムで使用するタービンユニット 5 では、1 分間に例えば 8 万～10 万回転程度の非常に高速の回転となる。そのため、主軸 1 3 を回転支持する転がり軸受 1 5, 1 6 に上記スラスト力が作用すると、軸受 1 5, 1 6 の長期耐久性が低下する。

この実施形態は、上記スラスト力を電磁石ユニット 1 7 で支持するため、非接触でトルクの増大を抑えながら、主軸 1 3 の支持用の転がり軸受 1 5, 1 6 に作用するスラスト力を軽減することができる。この場合に、主軸 1 3 に作用するスラスト力を検出するセンサ 1 8 と、このセンサ 1 8 の出力に応じて前記電磁石ユニット 1 7 による支持力を制御する磁気軸受用コントローラ 1 9 とを設けたため、転がり軸受 1 5, 1 6 を、その軸受仕様に応じてスラスト力に対し最適な状態で使用することができる。

特に、軸方向に並べて主軸 1 3 に設けられた 2 つのスラスト板 1 3 a, 1 3 b の軸方向外側に 2 つの電磁石ユニット 1 7 を配置して磁気軸受ユニットを構成すると共に、前記両スラスト板 1 3 a, 1 3 b で挟まれる位置にアキシャルギャップ型のモータ 2 8 を配置してモータユニットを構成することに

より、磁気軸受ユニットとモータユニットをコンパクトな一体構造としているため、主軸53の軸長を短くでき、それだけ主軸13の固有振動数が高くなって、主軸13を高速回転させることができる。

[0040] また、このモーター一体型の磁気軸受装置は、モータステータ28bが主軸13の2枚のスラスト板13a, 13bの間に介在する配置のため、モータステータ28bおよび主軸13の両方が一体の部材であると装置の組み立てができないが、図2のように、主軸13が、2枚のスラスト板13a, 13bの間で2分割され、両主軸分割体13A, 13Bが互いに結合されたものであるため、両スラスト板13a, 13b間に一体のモータステータ28bを介在させるようにモータを組み立てることが可能になる。また、主軸13を2枚のスラスト板13a, 13b間で分割したため、これらスラスト板13a, 13b間の隙間が狭くても、両スラスト板13a, 13bに取付けられるモータロータ28aとなる永久磁石28aaを、スラスト板13a, 13bに容易に貼り付けることができる。すなわち、両主軸分割体13A, 13Bが離れた状態で永久磁石28aaの貼り付け作業が行え、両スラスト板13a, 13b間の隙間の大きさに関係なく、永久磁石28aaの貼り付け作業が行える。

モータステータ28bを分割構造とする場合と異なり、主軸13を分割構造とするため、分割しながら、簡単な構成で済む。主軸13が高速回転するものであっても、主軸13自体を2枚のスラスト板間で分割された分割構造とするため、スラスト板13a, 13bを主軸13と分割させる場合と異なり、堅固な結合構造が自由に設計でき、高速回転時における主軸分割部分の結合箇所が強度不足となることが解消できる。

[0041] この実施形態では、両主軸分割体13A, 13Bに嵌合凸部13Aaと嵌合凹部13Baを設けて、いわゆる印籠結合とし、また分割面となる端面S1, S2の突き合わせ面と、上記嵌合凸部13Aa, 嵌合凹部13Baの嵌合する周面S3, S4との2ヶ所で拘束し、ボルト40で締結するため、両主軸分割体13A, 13Bを堅固に結合することができる。

上記ボルト 40 は、いずれか一方の主軸分割体 13A, 13B と一体に設けたものとしても良いが、両主軸分割体 13A, 13B と別の独立した部品とすると、ボルト 40 の材質が自由に選定できる。この例では、主軸 13 は剛性確保等のために焼入等の硬度を向上させる熱処理が施されるが、主軸分割体 13A, 13B とボルト 40 を一体構造として熱処理を行うと、ボルト部分の脆性が不足する恐れがある。しかし、ボルト 40 を別部材として非焼入材としたため、脆性不足の問題が解消され、ボルト 40 の不測の破損の問題のない信頼性の高い締結が行える。

[0042] 図 5 は、上記タービンユニット 5 を用いた空気サイクル冷凍冷却システムの全体の構成を示す。この空気サイクル冷凍冷却システムは、冷凍倉庫等の被冷却空間 10 の空気を直接に冷媒として冷却するシステムであり、被冷却空間 10 にそれぞれ開口した空気の入入口 1a から排出口 1b に至る空気循環経路 1 を有している。この空気循環経路 1 に、予圧縮手段 2、第 1 の熱交換器 3、空気サイクル冷凍冷却用タービンユニット 5 のコンプレッサ 6、第 2 の熱交換器 8、中間熱交換器 9、および前記タービンユニット 5 の膨張タービン 7 が順に設けられている。中間熱交換器 9 は、同じ空気循環経路 1 内で取入口 1a の付近の流入空気と、後段の圧縮で昇温し、冷却された空気との間で熱交換を行うものであり、取入口 1a の付近の空気は熱交換器 9a 内を通る。

[0043] 予圧縮手段 2 はブロア等からなり、モータ 2a により駆動される。第 1 の熱交換器 3 および第 2 の熱交換器 8 は、冷却媒体を循環させる熱交換器 3a, 8a をそれぞれ有し、熱交換器 3a, 8a 内の水等の冷却媒体と空気循環経路 1 の空気との間で熱交換を行う。各熱交換器 3a, 8a は、冷却塔 11 に配管接続されており、熱交換で昇温した冷却媒体が冷却塔 11 で冷却される。なお、前記予圧縮手段 2 を含まない構成の空気サイクル冷凍冷却システムでもよい。

[0044] この空気サイクル冷凍冷却システムは、被冷却空間 10 を 0℃～-60℃程度に保つシステムであり、被冷却空間 10 から空気循環経路 1 の取入口 1

aに0℃～-60℃程度で1気圧の空気が流入する。なお、以下に示す温度および気圧の数値は、一応の目安となる一例である。取入口1aに流入した空気は、中間熱交換器9により、空気循環経路1中の後段の空気の冷却に使用され、30℃まで昇温する。この昇温した空気は1気圧のままであるが、予圧縮手段2により1.4気圧に圧縮させられ、その圧縮により、70℃まで昇温する。第1の熱交換器3は、昇温した70℃の空気を冷却すれば良いため、常温程度の冷水であっても効率良く冷却することができ、40℃に冷却する。

[0045] 熱交換により冷却された40℃、1.4気圧の空気が、タービンユニット5のコンプレッサ6により、1.8気圧まで圧縮され、この圧縮により70℃程度に昇温した状態で、第2の熱交換器8により40℃に冷却される。この40℃の空気は、中間熱交換器9で-30℃の空気により-20℃まで冷却される。気圧はコンプレッサ6から排出された1.8気圧が維持される。

中間熱交換器9で-20℃まで冷却された空気は、タービンユニット5の膨張タービン7により断熱膨張され、-55℃まで冷却されて排出口1bから被冷却空間10に排出される。この空気サイクル冷凍冷却システムは、このような冷凍サイクルを行う。

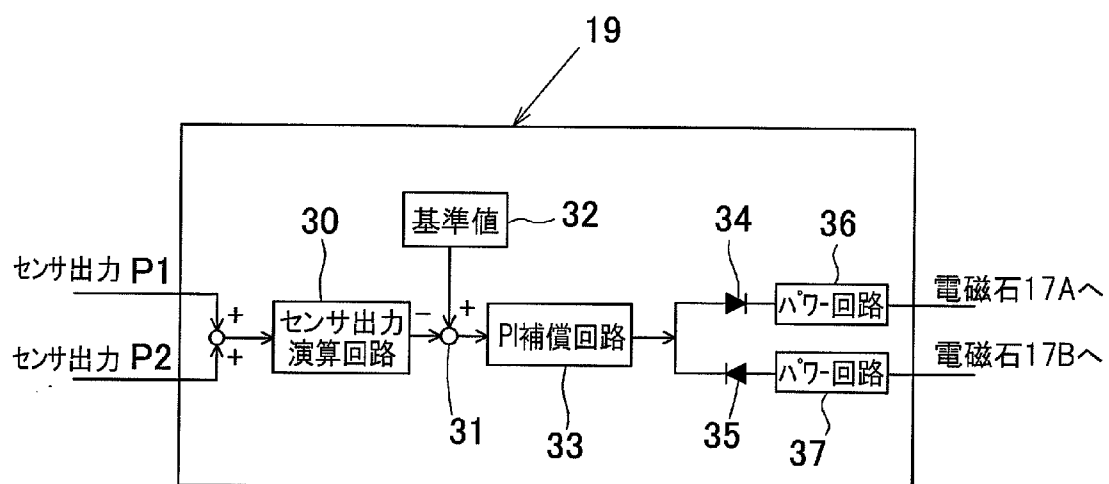
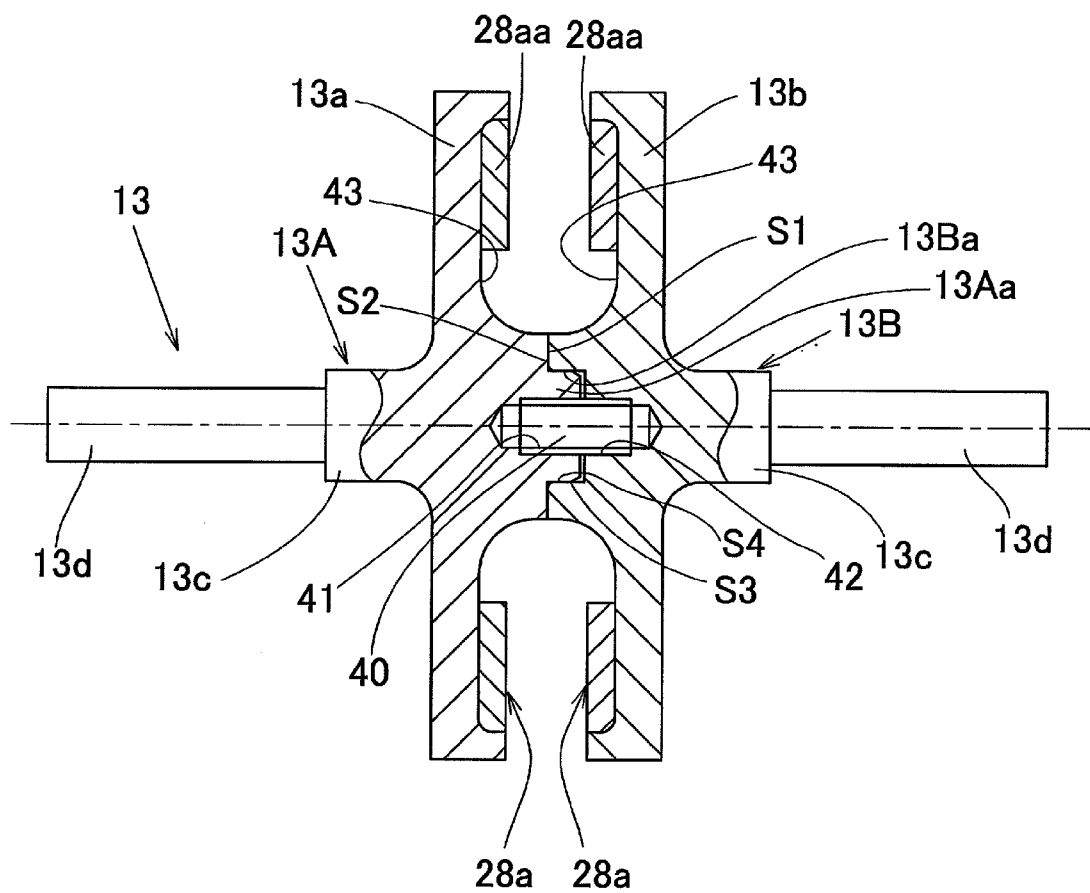
[0046] この空気サイクル冷凍冷却システムでは、タービンユニット5において、各翼車6a、7aの適切な隙間d1、d2を保って主軸13の安定した高速回転が得られ、かつ軸受15、16の長期耐久性の向上、寿命の向上が得られることで、軸受15、16の長期耐久性が向上することから、タービンユニット5の全体として、しいては空気サイクル冷凍冷却システムの全体としての信頼性が向上する。このように、空気サイクル冷凍冷却システムのネックとなっているタービンユニット5の主軸軸受15、16の安定した高速回転、長期耐久性、信頼性が向上するため、空気サイクル冷凍冷却システムの実用化が可能となる。

請求の範囲

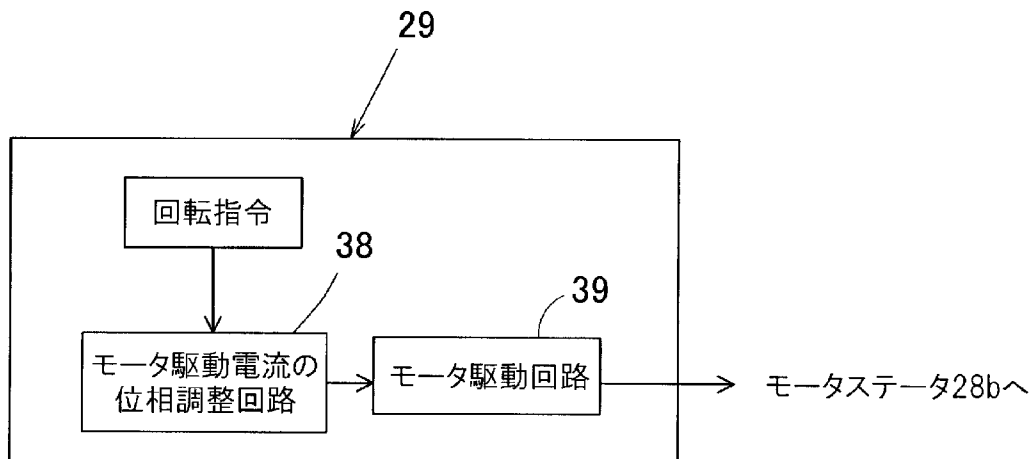
- [1] 転がり軸受と磁気軸受を併用し、転がり軸受がラジアル負荷を支持し、磁気軸受がアキシアル負荷と軸受予圧の少なくとも一方を支持し、前記磁気軸受を構成する電磁石は、主軸に設けられた強磁性体からなるフランジ状のスラスト板に非接触で対向するように、スピンドルハウジングに取付けられており、前記スラスト板は軸方向に離れて2つ設けられ、これら2つのスラスト板はそれぞれ、片面に電磁石ターゲットが形成され、もう片方の面にはモータロータ用の永久磁石が配置され、前記モータロータ用の永久磁石は、前記2つのスラスト板の対向する面に配置され、かつ、異極が互いに対向するように、周方向に等ピッチで配置され、前記永久磁石に挟まれるように、モータステータが配置されてスピンドルハウジングに取付けられており、前記モータロータおよび前記モータステータ間のローレンツ力により主軸を回転させるアキシアルギャップ型のコアレスモータを有するものであって、
- 前記主軸が、前記2枚のスラスト板の間で2分割され、両主軸分割体が互いに結合されているモーター一体型の磁気軸受装置。
- [2] 請求項1において、一方の主軸分割体は分割面となる端面の軸心部に嵌合凸部を有し、他方の主軸分割体は分割面となる端面に前記嵌合凸部の外周に嵌合する嵌合凹部を有し、両主軸分割体は、前記嵌合凸部と嵌合凹部とが嵌合する周面と、前記分割面となる端面の突き合わせにより、径方向および軸方向に拘束され、かつ軸心部でボルトにより互いに結合されたモーター一体型の磁気軸受装置。
- [3] 請求項2において、前記両主軸分割体は鋼材を熱処理して硬化したものからなり、前記ボルトは熱処理されていない鋼の生材からなるモーター一体型の磁気軸受装置。
- [4] 請求項1において、前記磁気軸受の電磁石は、2つ設けられ、前記2つのスラスト板の軸方向両外側に対向して1つずつ配置されているモーター一体型の磁気軸受装置。
- [5] 請求項1において、前記転がり軸受を一对有し、両転がり軸受が前記磁気

軸受を挟んで主軸の軸方向外側に位置しているモーター一体型の磁気軸受装置。
。

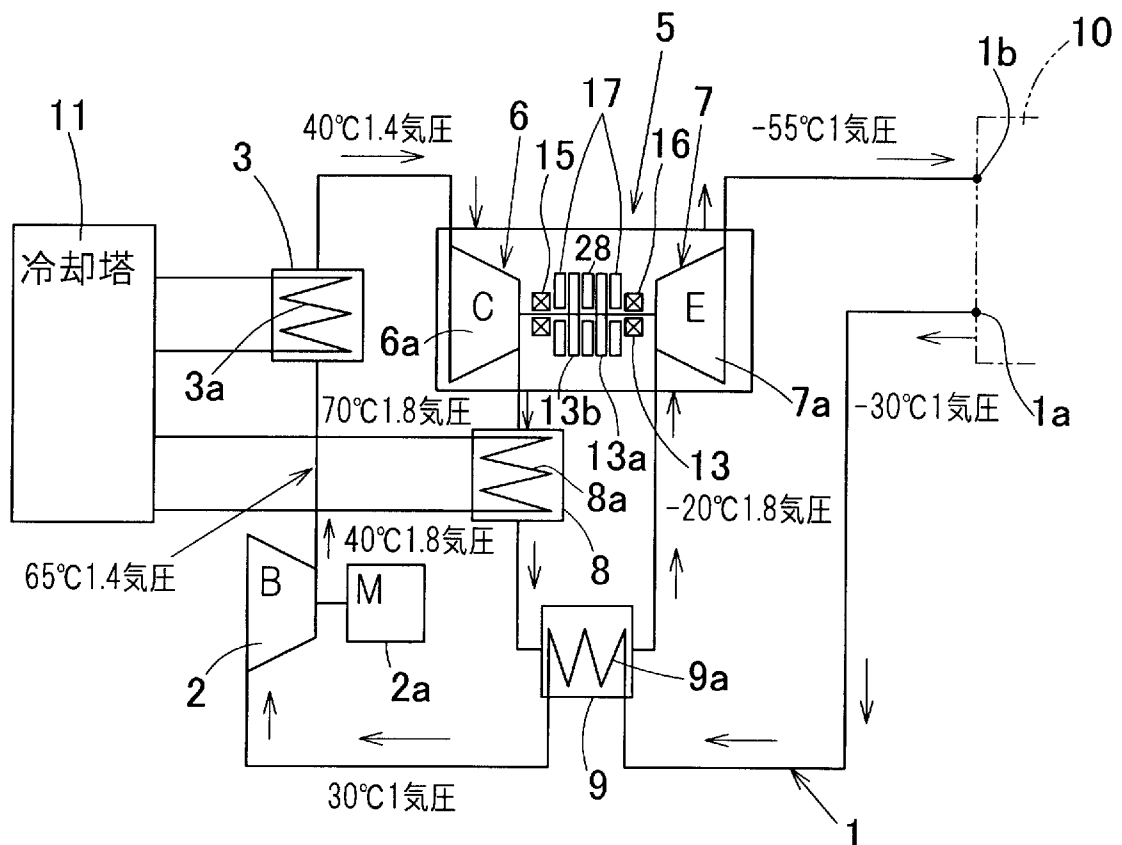
- [6] 請求項 1 において、コンプレッサ側翼車およびタービン側翼車が、前記ラスト板およびモータロータと共通の主軸に取り付けられ、モータ動力とタービン側翼車で発生した動力の少なくとも一方により、コンプレッサ側翼車を駆動させる、圧縮膨張タービンシステムに組み込まれたものであるモーター一体型の磁気軸受装置。
- [7] 請求項 6 において、前記転がり軸受を一對有し、両転がり軸受が前記磁気軸受を挟んで主軸の軸方向外側に位置しており、前記各転がり軸受とその近傍の翼車との間に主軸の外周をシールするラビリンスシールが設けられているモーター一体型の磁気軸受装置。
- [8] 請求項 6 において、前記モーター一体型の磁気軸受装置を適用した圧縮膨張タービンシステムが、流入空気に対して、タービンユニットのコンプレッサによる圧縮、他の熱交換器による冷却、前記タービンユニットの膨張タービンによる断熱膨張、もしくは予圧縮手段による圧縮、熱交換器による冷却、タービンユニットのコンプレッサによる圧縮、他の熱交換器による冷却、前記タービンユニットの膨張タービンによる断熱膨張、を順次行う空気サイクル冷凍冷却システムに組み込まれたものであるモーター一体型の磁気軸受装置。
。



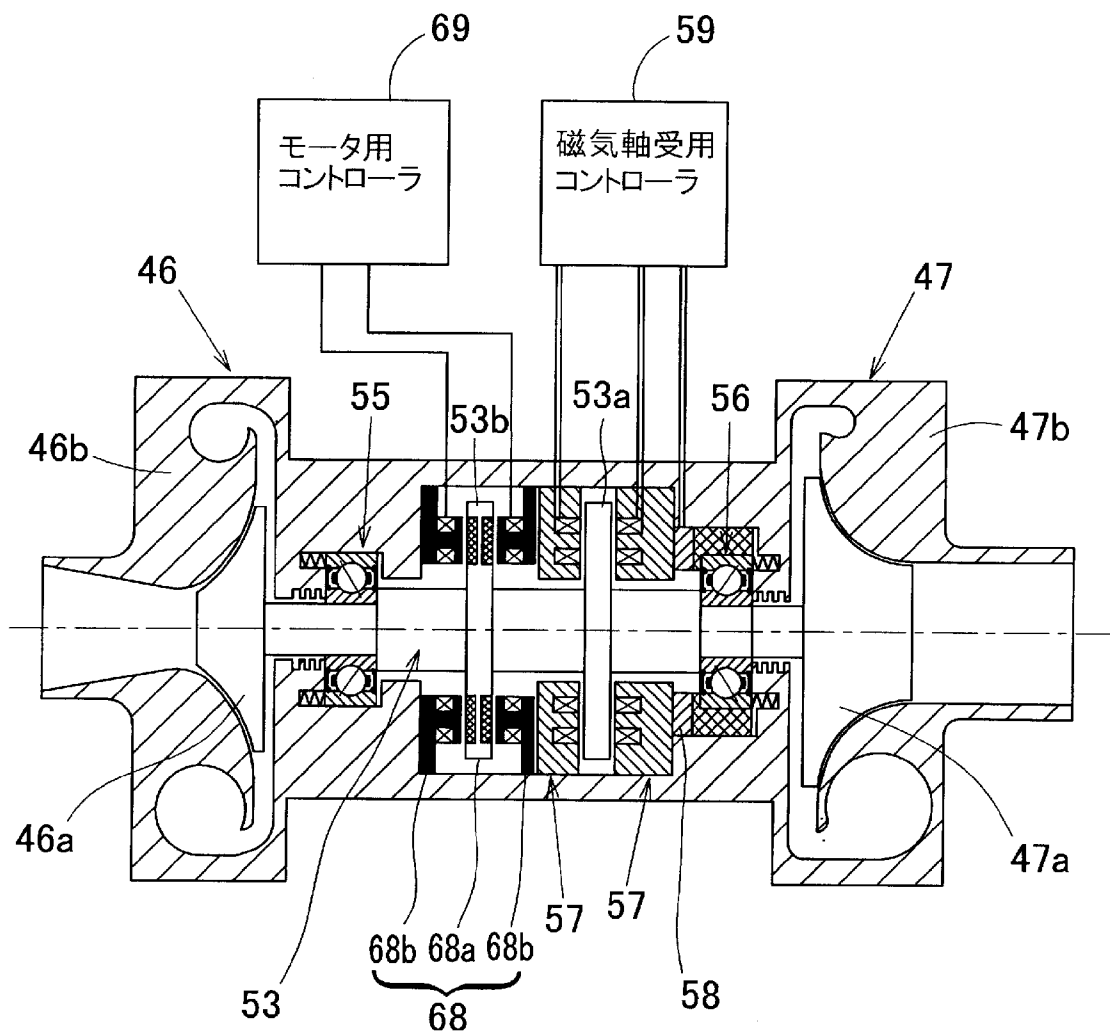
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C32/00(2006.01)i, F16C25/08(2006.01)i, F16C32/04(2006.01)i, F25B9/00(2006.01)i, F25B11/02(2006.01)i, H02K5/16(2006.01)i, H02K5/173(2006.01)i, H02K7/09(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)

F16C32/00-32/06, F16C25/08, F25B9/00, F25B11/02, H02K5/16, H02K5/173, H02K7/09

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
A	JP 07-091760 A (Hitachi, Ltd.), 04 April, 1995 (04.04.95), Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 08-261237 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 08 October, 1996 (08.10.96), Fig. 1 & US 5836739 A & GB 2298901 A	1-8
A	JP 2007-162727 A (NTN Corp.), 28 June, 2007 (28.06.07), Fig. 1 & WO 2007/066474 A1	1-8

☒ 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
10 August, 2007 (10.08.07)

Date of mailing of the international search report
21 August, 2007 (21.08.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/000766

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 06-101498 A (Hitachi, Ltd.), 12 April, 1994 (12.04.94), Fig. 1 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F16C32/00(2006.01)i, F16C25/08(2006.01)i, F16C32/04(2006.01)i, F25B9/00(2006.01)i,
F25B11/02(2006.01)i, H02K5/16(2006.01)i, H02K5/173(2006.01)i, H02K7/09(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. F16C32/00-32/06, F16C25/08, F25B9/00, F25B11/02, H02K5/16, H02K5/173, H02K7/09

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 7 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 請求の範囲の番号
A	J P 0 7 - 0 9 1 7 6 0 A (株式会社日立製作所) 1 9 9 5 . 0 4 . 0 4, 【図 1】 (ファミリーなし)	1-8
A	J P 0 8 - 2 6 1 2 3 7 A (アイシン精機株式会社) 1 9 9 6 . 1 0 . 0 8, 【図 1】 & U S 5 8 3 6 7 3 9 A & G B 2 2 9 8 9 0 1 A	1-8

☒ 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

1 0 . 0 8 . 2 0 0 7

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 8 . 2 0 0 7

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

瀬川 裕

3 J

3 5 2 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 8

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 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 7 - 1 6 2 7 2 7 A (NTN株式会社) 2 0 0 7 . 0 6 . 2 8 , 【図 1】 & WO 2 0 0 7 / 0 6 6 4 7 4 A 1	1-8
A	J P 0 6 - 1 0 1 4 9 8 A (株式会社日立製作所) 1 9 9 4 . 0 4 . 1 2 , 【図 1】 (ファミリーなし)	1-8