

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-67006

(P2011-67006A)

(43) 公開日 平成23年3月31日(2011.3.31)

(51) Int.Cl.
H02K 55/02 (2006.01)F1
H02K 55/02テーマコード (参考)
5H655

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-215282 (P2009-215282)
(22) 出願日 平成21年9月17日 (2009.9.17)(71) 出願人 000000011
アイシン精機株式会社
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(74) 代理人 100081776
弁理士 大川 宏
(72) 発明者 大橋 義正
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
(72) 発明者 奥村 暢朗
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
Fターム(参考) 5H655 BB04 CC25 DD33 FF14

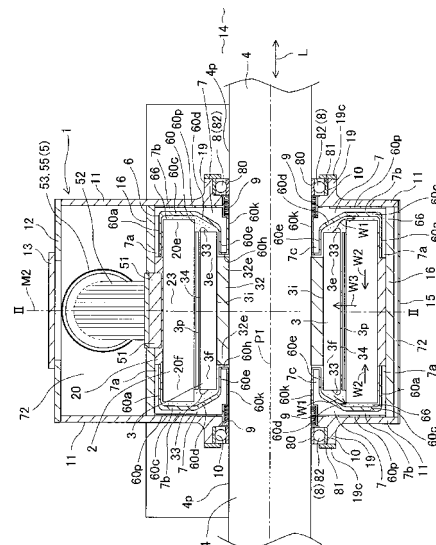
(54) 【発明の名称】 超電導回転電機

(57) 【要約】

【課題】軸受の耐久性を高めるのに貢献でき、回転軸の円滑回転性を長期にわたり維持できる超電導回転電機を提供することを課題とする。

【解決手段】超電導回転電機はモータまたは発電機を構成する。超電導回転電機は、基体1と、基体1に保持された固定子2と、固定子2に対して回転可能に設けられ超電導材料を有する回転子3と、回転子3を保持する回転軸4と、固定子2を冷却させる冷却部5と、固定子2および回転子3を収容すると共に冷熱媒体を収容する収容室60を形成する低温容器6と、収容室60の外側に配置され収容室60を真空断熱させる真空断熱室7と、回転軸4の軸長方向において収容室60以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられ回転軸4を回転可能に支持する軸受8とを有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータまたは発電機を構成する超電導回転電機であって、基体と、前記基体に保持された固定子と、前記固定子に対して回転可能に設けられ超電導材料を有する回転子と、前記回転子を保持する回転軸と、前記固定子を冷却させる冷却部と、前記固定子および前記回転子を収容すると共に冷熱媒体を収容する収容室を形成する低温容器と、前記収容室の外側に配置され前記収容室を真空断熱させる真空断熱室と、前記基体のうち前記収容室以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられ前記回転軸を回転可能に支持する軸受とを具備する超電導回転電機。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記収容室の前記冷熱媒体の洩れを抑えるシール部が、前記回転軸の外周部に設けられている超電導回転電機。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、前記シール部は、前記収容室と前記軸受との間に配置されている磁気シール部である超電導回転電機。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のうちの一項において、前記回転子および前記回転軸のうちの少なくとも一方は、前記収容室内の冷熱媒体を前記収容室において移動させることにより前記回転子の冷却性を高める羽根構造を有する超電導回転電機。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のうちの一項において、前記低温容器は、前記回転軸の外周部に微小隙間を介して対向すると共に前記回転軸の軸長方向に沿って筒形状に延設されたシール筒部を有する超電導回転電機。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のうちの一項において、前記収容室内の前記冷熱媒体の圧力変動に伴い前記冷熱媒体を収容室に対して出し入れする冷熱媒体出入要素が設けられている超電導回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はモータまたは発電機を構成できる超電導回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は超電導モータを開示する。超電導モータは、真空断熱室を形成する筐体と、筐体の真空断熱室に配置された気体冷媒室を形成する気密容器と、気密容器内に配置され回転磁界を生成させる固定子と、筐体に保持され固定子を冷却させる冷凍機と、気密室内において固定子に対して回転可能に設けられた超電導バルク材料で形成された回転子と、回転子と共に回転する回転軸と、回転軸を回転可能に筐体に支持する軸受とを有する。回転子は超電導バルク材料で形成されているため、この臨界温度以下の極低温状態に冷却させる必要がある。そこで、気密容器内には気体冷媒が充填されている。従って、冷凍機が気密室内の固定子を冷却させれば、気密容器内の気体冷媒が冷却され、ひいては気密容器内の気体冷媒を利用した熱伝導により、気密容器内の回転子を極低温状態に維持させることにしている。

【0003】

この装置では、軸受は、真空断熱室内に配置された極低温状態に維持される気密容器内に配置されている。このため、軸受、更には軸受の潤滑剤が過剰に冷却され、軸受の耐久性の向上には限界がある。更に、回転軸の円滑回転性も損なわれるおそれがある。

【0004】

また特許文献 2 も超電導モータを開示する。この超電導モータは、断熱室を形成する筐体と、筐体の断熱室に配置された冷媒室と、極低温状態に冷却された液体窒素や液体水素

10

20

30

40

50

等の冷媒を冷媒室に供給する冷媒入口と、冷却された冷媒を冷媒室から排出させる冷媒出口と、冷媒室内に配置され回転磁界を生成させる固定子と、冷媒室において固定子に対して回転可能に設けられた超電導コイルを有する回転子と、回転子と共に回転する回転軸と、回転軸を回転可能に筐体に支持する軸受とを有する。回転子は超電導コイルを有するため、この臨界温度以下の極低温状態に冷却させる必要がある。そこで、冷凍機で冷却された冷媒は、冷媒入口から冷媒室に供給され、冷媒室内の固定子および回転子を冷却させ、冷媒出口から外部に排出される。これにより超電導コイルを有する回転子を冷媒室において極低温状態に維持させることができる。この装置では、軸受は、極低温状態に維持される冷媒室に対面するように配置されている。このため軸受が過剰低温化し、軸受の潤滑剤も冷却され、潤滑剤の粘性が過剰に高くなり、軸受の耐久性の向上には限界がある。更に、回転軸の円滑回転性も損なわれるおそれがある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-23921号公報

【特許文献2】特開2006-149007号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は上記した実情に鑑みてなされたものであり、回転軸を保持する軸受の耐久性を高めるのに貢献でき、回転軸の円滑回転性を長期にわたり維持できる超電導回転電機を提供することを課題とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る超電導回転電機は、モータまたは発電機を構成する超電導回転電機であって、基体と、基体に保持された固定子と、固定子に対して回転可能に設けられ超電導材料を有する回転子と、回転子を保持する回転軸と、固定子を冷却させる冷却部と、固定子および回転子を収容すると共に冷熱媒体を収容する収容室を形成する低温容器と、収容室の外側に配置され収容室を真空断熱させる真空断熱室と、基体のうち収容室以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられ回転軸を回転可能に支持する軸受とを具備する。

30

【0008】

回転子は超電導材料を有する。このため、回転子の超電導材料がこれの臨界温度以下に冷却されるように、回転子を冷却させる必要がある。そこで、低温容器は、固定子および回転子を収容すると共に、冷熱媒体を収容する収容室を形成する。収容室内の固定子は冷却部を介して強制的に極低温状態等の低温状態に冷却される。収容室内の冷熱媒体は固定子により冷却される。更に、収容室内の冷熱媒体によって、収容室内の回転子が極低温状態等の低温状態に冷却される。この結果、回転子の超電導材料は、これの臨界温度以下の低温状態に維持され、超電導材料の超電導状態が良好に維持される。冷熱媒体としては気体、液体が例示される。

【0009】

40

本発明によれば、軸受は、基体のうち、固定子および回転子を収容する収容室以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられている。これにより軸受の過剰低温化は抑制される。超電導回転電機の使用時には、収容室は、超電導材料で形成されている回転子を超電導状態を維持させるように、極低温状態等の低温状態に冷熱媒体により維持される。真空断熱室は高い断熱性を有するため、極低温状態等の低温状態に維持される収容室を断熱状態に良好に維持できる。

【0010】

もし、回転子を保持する回転軸を回転可能に支持する軸受が基体内の収容室に配置されていると、収容室は超電導材料を有する回転子を収容している関係上、超電導材料の臨界温度以下、すなわち、極低温状態等の低温状態に維持されるため、軸受が極低温状態等の

50

低温状態となる。この場合、軸受が過剰に冷却され、軸受の耐久性が低下するおそれがある。この点本発明によれば、軸受は、基体のうち収容室以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられているため、上記した不具合が抑制される。

【 0 0 1 1 】

大気を含む雰囲気とは、大気に直接対面する形態と、容器が大気を収容しており、容器内の大気に対面する形態とを含む意味である。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、回転軸を回転可能に軸受は、基体のうち収容室以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられている。このため、超電導回転電機の使用時において、軸受が極低温状態等の低温状態に維持されることが抑制される。よって、軸受の過剰低温化が抑えられ、軸受を長期にわたり良好に支持することができる。従って、軸受により支持される回転軸を長期にわたり良好に支持することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】実施形態 1 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した超電導回転電機の断面図である。

【図 2】実施形態 1 に係り、回転軸の軸直角方向に沿って切断した超電導回転電機の断面を示し、図 1 の I I - I I 線に沿った断面図である。

【図 3】実施形態 1 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した超電導回転電機の磁気シール部付近の断面図である。

20

【図 4】実施形態 2 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した磁気シール部付近を模式的に示す図である。

【図 5】実施形態 3 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した超電導回転電機の断面図である。

【図 6】実施形態 4 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した超電導回転電機の断面図である。

【図 7】実施形態 5 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した超電導回転電機の断面図である。

【図 8】実施形態 6 に係り、回転軸の内部を示す断面図である。

30

【図 9】実施形態 7 に係り、回転軸の軸長方向に沿って切断した超電導回転電機の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

本発明に係る超電導回転電機はモータまたは発電機を構成する。超電導回転電機は、基体と、基体に保持された固定子と、固定子に対して回転可能に設けられ超電導材料を有する回転子と、前記回転子を保持する回転軸と、前記固定子を冷却させる冷却部と、固定子および回転子を収容すると共に冷熱媒体を収容する収容室を形成する低温容器と、収容室の外側に配置され収容室を真空断熱させる真空断熱室と、基体のうち収容室以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられ回転軸を回転可能に支持する軸受とを有する。

40

【 0 0 1 5 】

超電導回転電機がモータである場合には、誘導電流を回転子に流す誘導モータとすることができる。この場合には、回転子としては、かご形回転子または巻線形回転子が例示される。かご形回転子の場合には、かご形回転子の少なくとも一部が超電導材料で形成されている。巻線形回転子の場合には、巻線が超電導材料で形成されている。固定子は、透磁材料で形成された透磁コアと、透磁コアに保持された巻線部とを有することが好ましい。巻線部は銅線等の通常の導電材料で形成されていても良いし、あるいは、超電導材料で形成されていても良い。

超電導回転電機が発電機である場合には、回転子の超電導材料は超電導バルク磁石等の超電導磁石とすることができる。

50

【 0 0 1 6 】

本発明の一視点によれば、収容室の冷熱媒体の洩れを抑えるシール部が、回転軸の外周部に設けられていることが好ましい。この場合、冷熱媒体の洩れが抑制される。シール部および軸受は、回転軸の軸長方向において互いに隣設されていることが好ましい。この場合、軸受は回転軸の芯ぶれを抑えるため、軸受に隣接するシール部の寿命を長くできる。シール部は、収容室と軸受との間に配置されている磁気シール部であることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

本発明の一視点によれば、回転子および回転軸のうちの少なくとも一方は、収容室内の冷熱媒体を収容室において移動させることにより回転子の冷却性を一層高める羽根構造を有することが好ましい。羽根部の構造は特に限定されず、要するに収容室内の冷熱媒体を移動できれば良い。

10

【 0 0 1 8 】

本発明の一視点によれば、低温容器は、回転軸の外周部に微小隙間を介して対向すると共に回転軸の軸長方向に沿って筒形状に延設されたシール筒部を有することが好ましい。この場合、微小隙間により回転軸の回転性を確保しつつ、冷熱媒体のシール性が良好に確保される。

【 0 0 1 9 】

本発明の一視点によれば、収容室内の冷熱媒体の圧力変動に伴い冷熱媒体を収容室に対して出し入れする冷熱媒体出入要素が設けられていることが好ましい。この場合、必要時に冷熱媒体を収容室に供給でき、回転子の冷却性を高めることができる。

20

【 0 0 2 0 】

(実施形態 1)

図 1 ~ 図 3 は実施形態 1 の概念を示す。本実施形態は、本発明に係る超電導回転電機を超電導モータに適用した場合である。図 1 に示されているように、超電導モータは、基体 1 と、回転磁界を生成させる固定子 2 と、固定子 2 に対して回転可能に設けられ固定子 2 の回転磁界に伴い回転すると共に超電導材料を有する回転子 3 と、回転子 3 を保持する回転軸 4 と、固定子 2 を冷却させる冷却部 5 と、固定子 2 および回転子 3 を収容すると共に気体冷媒 6 6 (冷熱媒体) を収容する収容室 6 0 を形成する低温容器 6 と、収容室 6 0 を覆うように収容室 6 0 の外側に配置された真空断熱室 7 とを有する。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示されるように、基体 1 は、軸孔 1 0 を有するように互いに対向する 2 個の対向壁 1 1 , 1 1 と、対向壁 1 1 , 1 1 の外周端を繋ぐ連設壁 1 2 と、連設壁 1 2 に当接された当接壁 1 3 と、対向壁 1 1 , 1 1 の外周端を繋ぐ連設壁 1 5 とを有する。基体 1 の外側は、大気雰囲気中に維持されている大気部 1 4 とされている。大気部 1 4 は、大気を含む雰囲気であり、一般的には大気雰囲気中で形成されている。大気部 1 4 は、常温または常温付近に維持される常温部、または、常温大気部であることが好ましい。常温付近は、極低温よりも常温に近い温度領域の意味であり、常温プラスマイナス 2 0 以内、1 0 以内、5 以内の範囲内とすることができる。

30

【 0 0 2 2 】

基体 1 は金属、FRP (繊維強化樹脂) またはセラミックスで形成されている。更に図 1 に示されるように、基体 1 は、2 個の対向壁 1 1 間に配置された筒形状の取付筒 1 6 と、取付筒 1 6 の外部に設けられた第 2 真空断熱室 7 2 とを有する。なお、基体 1 の材質としては、洩れ磁束の透過を抑えると共に強度を有する材料が好ましい。例えば、透磁率が低い合金鋼 (ステンレス鋼) 、硬質樹脂、補強材強化樹脂、セラミックスが例示される。補強材はガラス、セラミックス等の無機物の繊維が例示され、従って繊維強化樹脂が例示される。樹脂は熱硬化樹脂、熱可塑性樹脂のいずれでも良い。ここで、金属であれば、金属は、後述の気体冷媒 6 6 の透過に対して高いバリア性を有するため、真空断熱室 7 に気体冷媒 6 6 が透過することが抑えられ、気体冷媒 6 6 の透過に起因する真空断熱室 7 の汚染が抑えられ、真空断熱室 7 の真空断熱性を確保するのに有利である。好ましくは、基体 1 のうち、対向壁 1 1 , 連設壁 1 2 、当接壁 1 3 、および連設壁 1 5 は金属で構成され、

40

50

取付筒 16 は繊維強化樹脂で構成することができる。但しこれに限定されるものではない。

【0023】

図 2 に示されるように、固定子 2 は取付筒 16 の内部に固定状態に保持されている。固定子 2 は、軸芯 P 1 のまわりに設けられた透磁率が高い透磁材料で形成された筒形状をなす固定鉄心として機能する筒形状の透磁コア 20 と、透磁コア 20 に巻回された巻線部 21 とを有する。透磁コア 20 は、積層板を回転軸 4 の軸長方向に沿って積層させて形成しても良い。あるいは、透磁コア 20 は、絶縁被膜で被覆した多数の鉄粉粒子からなる集合体を固結させたものでも良い。透磁コア 20 は、軸芯 P 1 の回りを 1 周するリング部 22 と、リング部 22 から求心方向に向かう複数のティース部 23 とを有する。巻線部 21 は、各ティース部 23 間のスロット溝 23w に位置しており、各ティース部 23 に巻回された超電導材料または巻線用銅線で形成されており、回転磁界を軸芯 P 1 回りで正方向および逆方向のそれぞれに回転させ得るように発生させる。超電導材料は、これの臨界温度以下の極低温状態に冷却されると、超電導状態を示し、電気抵抗を大幅に低下させる。臨界温度は超電導材料の材質によって相違するものの、例えば 4 ~ 100 K とすることができる。なお、各ティース部 23 には巻線部 21 が巻回されているが、図 2 において巻線部 21 は一部のみ図示されており、大部分は図略されている。図 1 では、図 1 の複雑化を回避するため、巻線部 21 は図略されている。更に図 1 では、複雑化を回避するため、固定子 2 および回転子 3 は簡素的に記載されている。

【0024】

回転子 3 は、固定子 2 に対して回転可能に且つ固定子 2 に包囲されるように設けられており、固定子 2 の回転磁界に伴い軸芯 P 1 の回りで回転する。回転子 3 は超電導材料で形成されており、臨界温度以下に冷却されると超電導状態を示す。本実施形態に係るモータはかご形誘導モータを構成するため、図 2 から理解できるように、回転子 3 は、回転子 3 の軸長方向の両側に配置された端板 3a と、両方の端板 3a 間を連設するように回転子 3 の周方向に沿って間隔を隔てて配置された複数の導電性をもつ棒体 3c とを有する。端板 3a および棒体 3c は、電気抵抗を大幅に低減または 0 とさせる超電導材料で形成されている。ここで、固定子 2 に軸芯 P 1 回りの回転磁界が発生すると、回転子 3 の棒体 3c 等には電磁誘導により誘導電流が流れる。回転子 3 に電磁誘導される誘導電流と固定子 2 の回転磁界との相互関係によって、回転子 3 が軸芯 P 1 の回りで正方向または逆方向に回転する。

【0025】

回転子 3 は軸芯 P 1 回りでかご形円筒状をなしており、周方向において複数の貫通開口部 24 (図 2 参照) をもつ。回転軸 4 は、筒形状またはリング形状の嵌合部 32 により回転子 3 の内周部をほぼ同軸的に保持する。嵌合部 32 は回転子 3 を回転軸 4 の外周部 4p に保持するものであり、回転軸 4 は、常温または常温付近の大気部 14 において回転可能に配置されている。回転軸 4 は中空状とされているが、中空状としても良い。回転軸 4 の材質としては金属、セラミックス、FRP (繊維強化樹脂) のいずれでも良いが、熱伝導が小さい FRP が好ましい。

【0026】

冷却部 5 は固定子 2 を極低温状態に強制的に冷却させ、固定子 2 を介して収容室 60 内の気体冷媒 66、ひいては回転子 3 をこれの臨界温度以下 (極低温状態) に冷却させるものである。図 2 に示されているように、冷却部 5 は、固定子 2 の透磁コア 20 の外周部 20p の一部に伝熱可能に接触する第 1 熱伝導体 51 と、基体 1 に設けられた冷凍機 53 と、冷凍機 53 を作動させるコンプレッサ 54 と、冷凍機 53 で極低温状態に冷却されるコールドヘッド 55 と、コールドヘッド 55 と第 1 熱伝導体 51 とを繋ぐ第 2 熱伝導体 52 とを有する。冷凍機 53 としては、パルス管冷凍機、スターリング冷凍機、ギホードマクマホン冷凍機、ソレベイ冷凍機、ヴィルマイヤー冷凍機などの公知の冷凍機が例示される。第 2 熱伝導体 52 は、第 2 真空断熱室 72 に配置されており、例えば熱伝導性が良好な金属で形成された網体、板体または棒体で形成できる。コールドヘッド 55 の回りの空間

10

20

30

40

50

は、高断熱性を維持できるように真空断熱室部分 55c とされている。

【0027】

図2に示されているように、低温容器6は、固定子2および回転子3を収容する収容室60を形成するものである。収容室60において、回転子3は固定子2の内周側に配置されている。収容室60には、冷熱媒体として機能する気体冷媒66が充填されて収容されている。気体冷媒66としては、超電導臨界温度以下、または、回転電機の作動温度において固化・凝縮しない気体を選択され、ヘリウム、窒素、水素、ネオン等が例示される。低温容器6は金属（例えば炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金、チタン合金など）で形成されているため、高いガスバリア性を持ち、収容室60内の気体冷媒66が外部（真空断熱室7）に洩れることが抑えられる。ひいては、真空断熱室7の高真空度を長期にわたり良好に維持できる。

10

【0028】

図1に示されるように、低温容器6は殻状をなしており、軸芯P1の回りを包囲するように透磁コア20の外周に配置された外周壁60aと、透磁コア20の軸長方向の一端20e側および他端20f側を覆う被覆壁60cと、被覆壁60cから径内側に延設された円錐形状をなす傾斜壁60dとを有する。傾斜壁60dは、気体冷媒66を径外方向に案内できるように軸芯P1に対して傾斜している。更に、金属製の低温容器6は、傾斜壁60dの内端側から回転子3の内周部3iに沿って延設された延設壁60eと、嵌合部32の軸端に対向する軸端壁60hと、軸端壁60hの内端から延設されたシール筒部60kとを有する。シール筒部60kの内径は軸長方向において基本的には同一とされている。更に図1に示されるように、低温容器6は、シール筒部60kの先端から径外方向に向かう延設壁60pを有する。延設壁60pは対向壁11の内面に隣設されており、被覆壁60cおよび傾斜壁60dに対面しており、真空断熱室7を仕切る。上記した形状および構造を有する低温容器6により、矢印L方向において真空断熱室7は収容室60の両側に区画されている。

20

【0029】

図3に示されるように、シール筒部60kは、回転軸4の外周部4pに微小隙間63を介して対向すると共に、回転軸4の軸長方向（矢印L方向）に沿って回転軸4に対してほぼ同軸的に直円筒形状に延設されている。微小隙間63の隙間幅t1としては、例えば50～1200マイクロメートル、100～1100マイクロメートル、200～1000マイクロメートルにできる。但しこれらに限定されるものではない。

30

【0030】

図1に示されているように、回転軸4の軸長方向（矢印L方向）において、シール筒部60kは回転子3の軸端3e, 3fよりも回転子3の内周部3i側に食い込むように形成されており、嵌合部32の軸端32eに接近している。これによりシール筒部60kの軸長寸法LE（図3参照）が確保されており、シール筒部60kによるシール性が高められている。この場合、収容室60の気体冷媒66が真空断熱室7側や大気部14側に進入すること、更に、大気部14の大気が収容室60に進入することが一層抑制されている。

【0031】

図1に示されているように、真空断熱室7は、気体冷媒66が充填されている収容室60を覆うように収容室60の外側に配置されており、収容室60を真空断熱させ、収容室60を極低温状態等の低温状態に維持させる機能を果たす。真空断熱室7は、大気部14と収容室60との間に設けられており、大気部14と収容室60とを互いに独立させている。図1に示されているように、真空断熱室7は、固定子2の外周側を外側から覆う外周断熱室7aと、固定子2の軸端側20e, 20fおよび回転子3の軸端3e, 3fを外側から覆う軸端断熱室7bと、回転子3の内周部の軸端側を内側から覆う内側断熱室7cとを有する。このようにして気体冷媒66と固定子2, 回転子3との接触性が確保され、気体冷媒66を利用した強制冷却性が確保されている。気体冷媒66は液体冷媒に比較して低粘性であるため、回転子3の回転性を損なわない。

40

【0032】

50

図 1 に示されているように、軸受 8 はリング形状をなしており、回転軸 4 を軸芯 P 1 回りで回転可能に支持しており、基体 1 のうち収容室 6 0 及び真空断熱室 7 以外で、且つ、大気に対面する部位に設けられている。従って軸受 8 は、大気部 1 4 に対面するように回転軸 4 の外周部 4 p に配置されており、常温または常温付近の大気雰囲気に対面する。軸受 8 は、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）の両側において両持ち構造で 2 個配置されているため、回転子 3 の軸芯 P 1 のぶれが抑制され、同軸回転性が良好に維持される。このため、微小隙間 6 3 の隙間幅 t_1 が小さい場合であっても、回転軸 4 の周方向において微小隙間 6 3 の隙間幅 t_1 の偏りが抑制される。これにより微小隙間 6 3 の隙間幅を小さくできる。このようにして複数個の軸受 8 は、固定子 2 と回転子 3 との同軸性を高めている。

10

【0033】

図 1 および図 3 に示されているように、軸受 8 は、リング状の内輪 8 0 と、リング状の外輪 8 1 と、転動体 8 2 とを有する。転動体 8 2 は、内輪 8 0 と外輪 8 1 との間において周方向に間隔を隔てて複数個配置されている。内輪 8 0、外輪 8 1 および転動体 8 2 は、金属、セラミックスまたは硬質樹脂で形成できる。基体 1 の対向壁 1 1 のうち回転軸 4 側には、筒形状の取付フランジ筒 1 9 が形成されている。取付フランジ筒 1 9 の内周面側に軸受 8 の外輪 8 1 が保持されている。内輪 8 0 は回転軸 4 の外周部 4 p に保持されている。取付フランジ筒 1 9 には、外輪 8 1 にあてがわれたストッパ部 1 9 c が取り付けられており、長期にわたり軸受 8 の保持性を高め、回転軸 4 の同軸性を確保している。なお、図 1 に示されるように、固定子 2、回転子 3 および低温容器 6 は、回転軸 4 の軸芯 P 1 に対して軸直角方向に沿った仮想線 M 2 を介して対称的に配置されている。

20

【0034】

図 1 に示されるように、収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 の洩れを抑制するシール部として機能する磁気シール部 9 が、回転軸 4 の外周部 4 p に対面する位置において、軸芯 P 1 の回りでリング形状にほぼ同軸的に設けられている。磁気シール部 9 は、収容室 6 0 と大気部 1 4 とを分離させており、この結果、収容室 6 0 内に充填されている気体冷媒 6 6 が大気部 1 4 に洩れることを防止する。磁気シール部 9 は、軸受 8 を介して大気部 1 4 に対面するため、常温または常温に近い温度に維持される。回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）に沿って並設されたリング状をなす複数の磁極（N 極および S 極）と、磁極（N 極および S 極）によって形成された磁路に沿って配向して磁極と回転軸 4 の外周部 4 p との間におけるシール性を高める磁性流体とを有する。磁性流体は、多数の磁性微粒子を界面活性剤などでベース液に安定的に分散させた流動体である。磁性流体の凍結などを防止するため、磁気シール部 9 は常温付近に維持されることが好ましい。磁性流体が凍結などにより粘度が高くなると、回転軸 4 の回転抵抗が増加する。なお図 3 に示すように、磁気シール部 9 は、回転軸 4 の外周部 4 p に対向しつつ、シール筒部 6 0 k、延設壁 6 0 p および対向壁 1 1 により保持されている。この場合、対向壁 1 1、回転軸 4 からの伝熱が期待でき、磁気シール部 9 の過剰低温化が抑制される。

30

【0035】

図 1 に示されるように、磁気シール部 9 は、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において収容室 6 0 と軸受 8 との間、すなわち、真空断熱室 7 と軸受 8 との間に配置されている。換言すると、磁気シール部 9 は、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において軸受 8 よりも内側（収容室 6 0 側）に位置するように、互いに間隔を隔てて複数個（2 個）に配置されている。磁気シール部 9 は高い密閉性および高いシール性を有するため、収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 が例えばヘリウムや水素等のような分子が小さな気体状の冷媒であっても、収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 の洩れを抑制できる。故に、真空断熱室 7 の真空断熱状態が長期にわたり良好に維持されると共に、収容室 6 0 における気体冷媒 6 6 の量が長期にわたり確保される。なお、図 1 に示すように、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において、磁気シール部 9 は、基体 1 の対向壁 1 1 に形成されている軸孔 1 0 の内周部と真空断熱室 7 の双方にわたり配置されている。この場合、大気に晒される対向壁 1 1 から磁気シール部 9 への伝熱を期待できる。

40

50

【 0 0 3 6 】

図 1 に示されるように、回転子 3 の軸端には、ファン形状をなす複数の羽根部 3 3 が収容室 6 0 に位置するように設けられている。必要に応じて、羽根部 3 3 を回転子 3 のうち他の場所に設けても良い。回転子 3 と共に羽根部 3 3 が軸芯 P 1 回りで回転すると、収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 を収容室 6 0 において移動させて循環させることができる。ここで、羽根部 3 3 が軸芯 P 1 まわりで回転子 3 と共に回転すると、遠心力により気体冷媒 6 6 が径外方向（図 1 に示す矢印 W 1 方向、W 2 方向）に移動され、固定子 2 の軸端から固定子 2 の軸長方向の中央域に移動され、ティース部 2 3 間のスロット溝 2 3 w の開口部 2 4（図 2 参照）から径内方向（矢印 W 3 方向）に回転子 3 に向かい、回転子 3 に接触して回転子 3 を冷却させるように、気体冷媒 6 6 が循環すると推定される。なお、図 1 に示されているように、回転子 3 の外周部 3 p と固定子 2 との間には、回転子 3 の円滑回転を許容させるリング形状をなす微小なギャップ 3 4 が形成されている。

10

【 0 0 3 7 】

図 1 に示されているように、羽根部 3 3 は低温容器 6 の傾斜壁 6 0 d に対面するように形成されている。このため羽根部 3 3 により放出された気体冷媒 6 6 は低温容器 6 の傾斜壁 6 0 d に当たると、径外方向に案内され易くなるため、回転子 3 の外周側に位置する固定子 2 に良好に接触することができ、第 1 熱伝導体 5 1 で強制冷却される固定子 2 により効果的に冷却される。

【 0 0 3 8 】

さて超電導モータの使用時には、固定子 2 の巻線部 2 1 に三相交流または単相交流が図略のインバータ（変換器）を介して給電される。これにより回転磁界が軸芯 P 1 回りで発生する。これにより回転子 3 が回転軸 4 および羽根部 3 3 と共に軸芯 P 1 回りで正方向または逆方向に回転する。更に、超電導モータの使用時には、冷凍機 5 3 が駆動されてコールドヘッド 5 5 で冷凍出力が発生する。従ってコールドヘッド 5 5、第 2 熱伝導体 5 2 および第 1 熱伝導体 5 1 が冷却され、収容室 6 0 内の固定子 2 を構成する透磁コア 2 0 および巻線部 2 1 は、第 1 熱伝導体 5 1 により冷却される。このとき回転子 3 の回転と共に羽根部 3 3 が軸芯 P 1 回りで回転するため、収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 は収容室 6 0 において循環移動される。このため気体冷媒 6 6 は固定子 2 に接触して熱交換により冷却された後に、回転子 3 に接触して回転子 3 を強制的に冷却させる。これにより回転子 3 の冷却性を一層高めることができる。この結果、回転子 3 を構成する超電導材料をこの臨界温度以下の極低温状態に維持させることができ、回転子 3 の超電導状態を維持させることができる。このため回転子 3 の電気抵抗を低減または 0 にすることができ、回転子 3 に流れる誘導電流密度を大きく確保することができる。よって回転子 3 を回転するトルクが確保され、超電導モータのモータ効率を高めることができる。

20

30

【 0 0 3 9 】

以上説明したように本実施形態によれば、収容室 6 0 は、超電導材料で形成されている回転子 3 を収容しており、超電導材料の超電導状態を維持するため、この臨界温度以下という極低温状態等の低温状態に気体冷媒 6 6 により維持される。そして本実施形態によれば、回転軸 4 を回転可能に支持する軸受 8 は、基体 1 のうち、超電導材料で形成されている回転子 3 を収容する収容室 6 0 以外で、且つ、大気を含む雰囲気に対面する部位（大気部 1 4 に対面するように）に設けられている。具体的には、軸受 8 は、大気部 1 4 に対面するように、基体 1 対向壁 1 1 と回転軸 4 の外周部 4 p との間に配置されている。このため、回転軸 4 を回転可能に支持する軸受 8 が極低温状態等の低温状態よりも高温領域（常温または常温付近）に維持される。従って、軸受 8 の潤滑剤の過剰低温化が抑制され、潤滑剤の粘性の過剰増加が抑制され、長期にわたり回転軸 4 を回転可能に良好に支持することができる。

40

【 0 0 4 0 】

もし、特許文献 1 および 2 のように、低温状態に維持される収容室 6 0 に対面するように軸受 8 が配置されている場合には、軸受 8 が極低温状態等の低温状態となり易い。この場合、軸受 8 の潤滑剤の粘性が過剰に高くなったり、潤滑剤が凍結したりし、結果として

50

、軸受 8 の耐久性が大いに低下する不具合がある。更に潤滑剤で真空断熱室 7 を汚染させる不具合がある。この点本実施形態によれば、軸受 8 は基体 1 のうち収容室 6 0 以外で且つ大気を含む雰囲気に対面する部位に設けられているため、上記した不具合が抑制される。

【 0 0 4 1 】

仮に軸受 8 が真空断熱室 7 に配置されていると、軸受 8 に供給されている潤滑剤が蒸発して消失するおそれがある。この点本実施形態によれば、軸受 8 は基体 1 のうち真空断熱室 7 以外の部位に配置されており、つまり、大気部 1 4 に対面するように回転軸 4 の外周部 4 p と基体 1 の対向壁 1 1 との間に配置されている。よって、軸受 8 に供給されている潤滑剤が蒸発して消失するおそれが抑えられる。この意味においても、長期にわたり回転軸 4 を回転可能に良好に支持することができる。更に真空断熱室 7 の潤滑剤による汚染も防止される。

【 0 0 4 2 】

更に本実施形態によれば、シール筒部 6 0 k が形成している微小隙間 6 3 の隙間幅 t_1 が小さいので、回転軸 4 の回転性を確保しつつ、シール筒部 6 0 k の内周部 6 0 i と回転軸 4 の外周部 4 p との間におけるシール性が良好に確保される。しかもシール筒部 6 0 k は回転軸 4 の軸長方向に沿ってほぼ同軸的に延設されているため、上記シール性が更に確保される。このため収容室 6 0 に充填されている気体冷媒 6 6 が大気部 1 4 側の外部に洩れることが抑制され、且つ、大気部 1 4 の大気が収容室 6 0 に進入することが抑制されている。

【 0 0 4 3 】

仮に微小隙間 6 3 の隙間幅 t_1 が大きい場合には、収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 は磁気シール部 9 よりも外側に流出することが抑えられるものの、矢印 L 方向において磁気シール部 9 よりも内側に位置する微小隙間 6 3 に流出し、微小域間 6 3 における気体冷媒 6 6 による熱対流などの熱伝導が増加し、外部の熱が収容室 6 0 に侵入するおそれがある。この点本実施形態によれば、前述されているように、微小隙間 6 3 の隙間幅 t_1 が極めて小さい。このため収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 が微小隙間 6 3 に流出するときであっても、流出量が極めて微量に抑制され、ひいては微小域間 6 3 における熱対流などの熱伝導が抑えられ、収容室 6 0 への熱侵入が抑えられる。

【 0 0 4 4 】

更に低温容器 6 において、シール筒部 6 0 k の厚み t_2 は被覆壁 6 0 c の厚み t_3 (図 3 参照) よりも薄くされている。これにより大気部 1 4 からシール筒部 6 0 k を介して収容室 6 0 側への熱伝導に起因する熱侵入が更に低減されている。

【 0 0 4 5 】

本実施形態によれば、磁気シール部 9 が設けられているため、収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 が大気部 1 4 側に洩れることが抑制される。更に、図 1 に示すように、磁気シール部 9 の外周側は基体 1 の対向壁 1 1 に覆われているため、対向壁 1 1 (低温容器 6 よりも高温) から磁気シール部 9 への伝熱が期待される。また磁気シール部 9 の内周部は回転軸 4 の外周部 4 p に覆われているため、回転軸 4 (低温容器 6 よりも高温) から磁気シール部 9 への伝熱が期待される。更に磁気シール部 9 は矢印 L 方向において軸受 8 に隣設しているため、軸受 8 (低温容器 6 よりも高温) から磁気シール部 9 への伝熱が期待される。このため、超電導材料で形成されている固定子 2 および回転子 3 を収容する収容室 6 0 が極低温状態の低温状態に維持されるときであっても、磁気シール部 9 の過剰低温化が抑制され、磁気シール部 9 の磁性流体の粘性が過大になることが抑制される。これにより磁気シール部 9 の潤滑性およびシール性が長期にわたり良好に維持され、ひいては回転軸 4 の円滑回転性が長期にわたり良好に確保される。

【 0 0 4 6 】

なお、軸受 8 では複数の転動体 8 2 は周方向に間隔を隔てて配置されている。このため軸受 8 はこれの軸長方向に通気性を有する。更に軸受 8 の主材料は伝熱性が良い金属材料である。従って磁気シール部 9 は軸受 8 付近の大気温度の影響を受けることができる。

よって収容室 6 0 が極低温状態等の低温状態とされるときであっても、磁気シール部 9 の過剰低温化を抑制できる。

【 0 0 4 7 】

図 1 に示されているように、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において、磁気シール部 9 は軸受 8 よりも内側に位置するように、磁気シール部 9 および軸受 8 は、互いに接近しつつ（回転軸 4 の外径寸法以内の距離）隣設されている。ここで、軸受 8 は回転軸 4 の軸芯 P 1 の芯ずれ回転を抑える機能をもつ。ここで、磁気シール部 9 は軸受 8 に隣設されているため、磁気シール部 9 において回転軸 4 の芯ぶれが良好に抑えられ、磁気シール部 9 によるシール性が長期にわたり一層良好に維持される。

【 0 0 4 8 】

10

（実施形態 2）

図 4 は実施形態 2 を示す。本実施形態は前記した実施形態と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図 4 は磁気シール部 9 の一例を示す。図 4 に示されるように、磁気シール部 9 は、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において並設された複数の磁極（N 極および S 極）をもつ複数個の磁石部 9 0 と、隣接する磁石部 9 0 間に配置された非磁性または常磁性の材料で形成されたスペーサ 9 1 と、磁極（N 極および S 極）によって形成された磁路 9 2 に沿って配向して微小隙間 6 3 におけるシール性を高める磁性流体 9 3 とを有する。磁路 9 2 は互いに独立していることが好ましいが、これに限定されるものではない。磁性流体 9 3 は、磁性微粒子を界面活性剤などでベース液に安定的に分散させた流動体である。ベース液としては炭化水素系、フッ素油系、水系などが例示されるが、これらに限定されるものではない。

20

【 0 0 4 9 】

（実施形態 3）

図 5 は実施形態 3 を示す。本実施形態は前記した実施形態 1, 2 と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図 5 に示されているように、収容室 6 0 内の気体冷媒 6 6 の圧力変動に伴い気体冷媒 6 6 を収容室 6 0 に対して出し入れする気体冷媒出入要素 1 0 0（冷熱媒体出入要素）が設けられている。気体冷媒出入要素 1 0 0 は、基体 1 の外方に配置されたバッファタンク 1 0 2 と、バッファタンク 1 0 2 と収容室 6 0 とを連通させる連通通路 1 0 3 と、連通通路 1 0 3 に設けられたバルブ 1 0 4 とを有する。超電導モータを駆動させるときには、図略の制御装置はコンプレッサをオンさせて冷凍機 5 3 を作動させる。これによりコールドヘッド 5 5 が極低温状態に冷却され、第 1 熱伝導体 5 1 および第 2 熱伝導体 5 2 を介して固定子 2 が極低温状態に冷却され、ひいては収容室 6 0 に収容されている気体冷媒 6 6 が極低温状態に冷却される。この場合、収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 の圧力が低下する。例えば、常温（300 K）時に収容室 6 0 に充填された気体冷媒 6 6 が 77 K に冷却されると、その圧力は約 25%（1/4 程度）に低下する。このためバルブ 1 0 4 を開放させれば、バッファタンク 1 0 2 のタンク室 1 0 2 c と収容室 6 0 との圧力差に基づいて、高圧側のバッファタンク 1 0 2 のタンク室 1 0 2 c に封入されている気体冷媒 6 6 が低圧側の収容室 6 0 に流入する。このように超電導モータが駆動するときには、バッファタンク 1 0 2 のタンク室 1 0 2 c の気体冷媒 6 6 が収容室 6 0 に流入される。よって収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 が回転子 3 を冷却させる冷却能力を高めることができる。

30

40

【 0 0 5 0 】

また、超電導モータの運転が停止されるときには、制御装置はコンプレッサ 5 4 をオフさせて冷凍機 5 3 の作動を停止させる。これによりコールドヘッド 5 5 の冷却能力が低下し、固定子 2 が昇温し、ひいては収容室 6 0 に収容されている気体冷媒 6 6 が昇温されてその体積を増加させる。この場合、収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 の圧力が増加する。このためバルブ 1 0 4 を開放させれば、バッファタンク 1 0 2 のタンク室 1 0 2 c と収容室 6 0 との圧力差に基づいて、高圧側の収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 が低圧側のバッファタンク 1 0 2 のタンク室 1 0 2 c に流入する。このように超電導モータの駆動が停止されるときには、収容室 6 0 の気体冷媒 6 6 がバッファタンク 1 0 2 のタンク室 1 0 2 c に流入される

50

。このようにバッファタンク 102 を利用して、収容室 60 の温度に応じて、または、超電導モータのオンオフに応じて、収容室 60 に対してバッファタンク 102 の気体冷媒 66 を出し入れできる。なおバッファタンク 102 を基体 1 の外方ではなく、場合によって、基体 1 の内部に設けることもできる。例えばバッファタンク 102 を真空断熱室 7 内に設けることもできる。

【0051】

（実施形態 4）

図 6 は実施形態 4 を示す。本実施形態は前記した実施形態と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。回転軸 4 は中空軸とされており、軸長方向（矢印 L 方向）において回転子 3 に対向する位置に配置された第 3 真空断熱室 73 と、第 3 真空断熱室 73 を仕切るように対向して回転軸 4 の内部に設けられた仕切壁 43 とを有する。第 3 真空断熱室 73 は、収容室 60 と大気部 14 との間の温度領域になる密閉空間であり、軸長方向において回転子 3 および収容室 60 に重なる位置に形成されており、回転子 3 および収容室 60 への伝熱を抑え、回転子 3 および収容室 60 をできるだけ低温状態に維持するのに有利である。すなわち、このように回転軸 4 の内部に密閉室である第 3 真空断熱室 73 が形成されているため、大気部 14（常温部）からの回転子 3 および収容室 60 側への熱侵入を低減させることができる。

【0052】

更に図 6 に示すように、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において、真空室断熱室 73 の軸長 LB は基体 1 の軸長 LC よりも大きくされている。従って、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において、仕切壁 43 は軸受 8 よりも外側に配置されている。このように回転軸 4 の第 3 真空断熱室 73 が軸受 8 の内周側に配置されている。このため、大気部 14 の熱が金属製の回転軸 4 を介して回転子 3 および収容室 60 側に侵入することが低減されている。磁気シール部 9 および軸受 8 は回転軸 4 の周壁 40 に保持されているため、常温側に配置される回転軸 4 の周壁 40 から磁気シール部 9 および軸受 8 への伝熱を期待できる。故に、超電導材料を有する回転子 3 を収容する収容室 60 が極低温状態等の低温状態に維持されるときであっても、磁気シール部 9 および軸受 8 の過剰低温化が抑制される。従って周壁 40 は熱伝達性が良好で且つ強度を有する金属（例えば炭素鋼、合金鋼、アルミニウム合金、銅合金等）で形成されていることが好ましい。更に周壁 40 の厚み t6（図 6 参照）は所定値以上であることが好ましい。

【0053】

（実施形態 5）

図 7 は実施形態 5 を示す。本実施形態は前記した実施形態と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図 7 に示されているように、回転軸 4 は中空軸とされており、軸長方向（矢印 L 方向）において回転子 3 に対向する位置に配置された第 3 真空断熱室 73 と、第 3 真空断熱室 73 を仕切るように対向して回転軸 4 の内部に設けられた仕切壁 43 とを有する。回転軸 4 の内部に第 3 真空断熱室 73 が形成されているため、回転軸 4 の断熱性が向上している。故に、外部（大気部 14）の熱が、低温状態の収容室 60 側に回転軸 4 を介して侵入する熱侵入を低減させることができる。

【0054】

更に図 7 に示されているように、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において、真空断熱室 73 の軸長 LB は、基体 1 の軸長 LC よりも短縮されている。従って、回転軸 4 の軸長方向（矢印 L 方向）において、磁気シール部 9 は仕切壁 43 よりも外側に配置されており、回転軸 4 の常温側の中空室 48 に対面するように配置されている。このため磁気シール部 9 の内周側は常温部（常温大気部）となる。従って、収容室 60 が極低温状態等の低温状態であっても、磁気シール部 9 の過剰冷却が抑えられる。よって、磁気シール部 9 の潤滑性およびシール性が長期にわたり良好に維持される。ひいては収容室 60 内に充填されている気体冷媒 66 が大気部 14 に洩れることが抑制される。

【0055】

(実施形態6)

図8は実施形態6を示す。本実施形態は前記した実施形態と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。回転軸4の内部に密閉状態の第3真空断熱室73が配置されている。このため、低温状態に維持される収容室60、回転子3側に外部の熱が回転軸4を介して侵入することが低減されている。第3真空断熱室73にはガス吸着剤46が配置されている。具体的には、ガス吸着剤46が第3真空断熱室73を形成する内周面73iにテープ状に貼られることにより保持されている。これにより第3真空断熱室73の高真空度および真空断熱状態を長期にわたり維持することができる。ガス吸着剤46としては、低温状態で吸着能力が高いものが好ましい。このようなガス吸着剤46としてはモレキュラーシーブ、活性炭、水素ゲッター等が例示される。モレキュラーシーブは吸着性能が高いゼオライトを基材とする。他の実施形態においても、回転軸4が第3真空断熱室73を有する構造で有れば、ガス吸着剤46を使用することもできる。回転軸4の軸バランスのため、ガス吸着剤46としては、回転軸4の第3真空断熱室73を区画する内周部73iに均一に保持することが好ましい。場合によっては、粉末状、粒子状のガス吸着剤を第3真空断熱室7に装入してもよい。更には真空断熱室7および/または第2真空断熱室72にガス吸着剤46を配置することにしても良い。

10

【0056】

(実施形態7)

図9は実施形態7を示す。本実施形態は超電導回転電機を発電機に適用した場合を示す。本実施形態は前記した実施形態1～6と基本的には同様の構成および同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。発電機に適用されているため、回転子3には、これの周方向に間隔を隔てて複数個の永久磁石部3xが配置されている。永久磁石部3xは周方向においてN極およびS極を交互に配置されており、超電導バルク磁石で形成されており、これの臨界温度以下の低温状態に維持される。図略の駆動源により回転軸4がこれの軸芯P1の回りで回転すると、回転子3と共に永久磁石部3xが回転し、電磁誘導により固定子2の各巻線部21に誘導電流が発生する。巻線部21に発生した誘導電流は変換器により交流電流とされる。

20

【0057】

超電導バルク磁石は、溶融後に固化させた溶融バルクと呼ばれるバルク形状(塊状)の超電導体である。適切な組織制御を行って合成した溶融バルクは、磁場中で冷却する方法で一旦着磁すれば、小さなサイズでT(テスラ)級の強い磁場を保持できるものが得られるようになっており、超電導体を着磁して磁石にしたものは、超電導バルク磁石と呼ばれている。発電機であっても、超電導モータに適用した上記した数々の技術を適用できる。発電機においても、上記した各実施形態の特有の特徴を有していても良い。

30

【0058】

(その他)

上記した実施形態によれば、回転軸4の外周部4pと基体1の軸孔10との間には、磁性流体を利用した磁気シール部9が設けられているが、これに限らず、有機系または無機系で形成された通常のシール材料で形成されたシール部としても良い。超電導回転電機では、固定子2の内周側に回転子3が配置されているが、固定子2の外周側に回転子3を配置するタイプでも良い。軸受8は、リング状の内輪80と、リング状の外輪81と、転動体82とを有するが、これに限らず、内輪および転動体を有するタイプでも良いし、外輪および転動体を有するタイプでも良い。また軸受は転がり転動タイプに限定されず、円筒ころ軸受、円錐ころ軸受、更には滑りタイプでも良い。回転子3の軸端には複数個の羽根部33が設けられているが、回転軸4に設けても良い。あるいは、場合によっては、回転子3の回転により気体冷媒66を循環移動させ得るときには、羽根部33を廃止しても良い。気体冷媒は空気としても良い。更に、気体冷媒66に代えて、若干粘性が増加するものの、液体窒素、液体空気等の液状冷媒としても良い。

40

【0059】

50

上記した実施形態に係る超電導モータは、回転子に誘導電流を発生させ回転子を回転させる誘導モータに適用されているが、これに限らず、超電導材料で形成された磁石（超電導バルク磁石）を回転子に搭載させたモータ構造でも良い。また、超電導回転電機は、超電導モータに限定されず、超電導材料（超電導バルク磁石など）で形成した磁石部を有する回転子を搭載した発電機に適用しても良い。

【 0 0 6 0 】

本発明は上記し且つ図面に示した実施形態のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施できる。本明細書の記載から次の技術的思想も把握できる。

【 0 0 6 1 】

[付記項 1] モータまたは発電機を構成する超電導回転電機であって、基体と、前記基体に保持された固定子と、前記固定子に対して回転可能に設けられ超電導材料を有する回転子と、前記回転子を保持する回転軸と、前記固定子を冷却させる冷却部と、前記固定子および前記回転子を収容すると共に冷熱媒体を収容する収容室を形成する低温容器と、前記収容室の外側に配置され前記収容室を真空断熱させる真空断熱室とを具備する超電導回転電機。収容室は真空断熱室により断熱状態に維持される。よって、収容室に収容されている固定子、回転子および冷熱媒体を極低温状態等の低温状態に維持できる。

【 0 0 6 2 】

[付記項 2] モータまたは発電機を構成する超電導回転電機であって、基体と、前記基体に保持された固定子と、前記固定子に対して回転可能に設けられ超電導材料を有する回転子と、前記回転子を保持する回転軸と、前記固定子を冷却させる冷却部と、前記固定子および前記回転子を収容すると共に冷熱媒体を収容する収容室を形成する低温容器と、前記収容室の外側に配置され前記収容室を真空断熱させる真空断熱室と、前記基体と回転軸の外周部との間に設けられた磁気シール部とを具備する超電導回転電機。磁気シール部により基体と回転軸の外周部との間が良好にシールされ、収容室内の冷熱媒体が外部に洩れることが長期にわたり抑制される。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 3 】

本発明は産業用、車両走行用、定置用等の超電導モータまたは超電導発電機に利用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

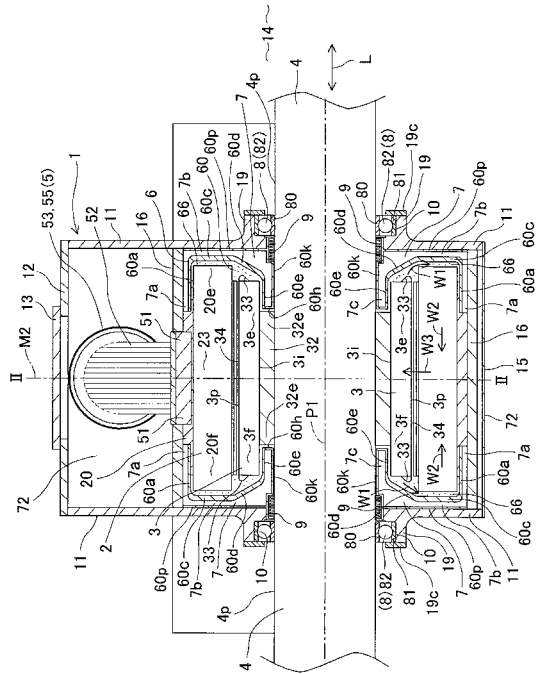
1 は基体、11 は対向壁、14 は大気部、2 は固定子、20 は透磁コア、21 は巻線、3 は回転子、32 は嵌合部、33 は羽根部、4 は回転軸、43 は仕切壁、46 はガス吸着剤、5 は冷却部、51 は第1熱伝導体、52 は第2熱伝導体、53 は冷凍機、55 はコールドヘッド、6 は低温容器、60 は収容室、63 は微小隙間、66 は気体冷媒（冷熱媒体）、7 は真空断熱室、72 は第2真空断熱室、73 は第3真空断熱室、8 は軸受、9 は磁気シール部（シール部）、100 は気体冷媒出入要素（冷熱媒体出入要素）、102 はバッファタンク、103 は連迂路、104 はバルブを示す。

10

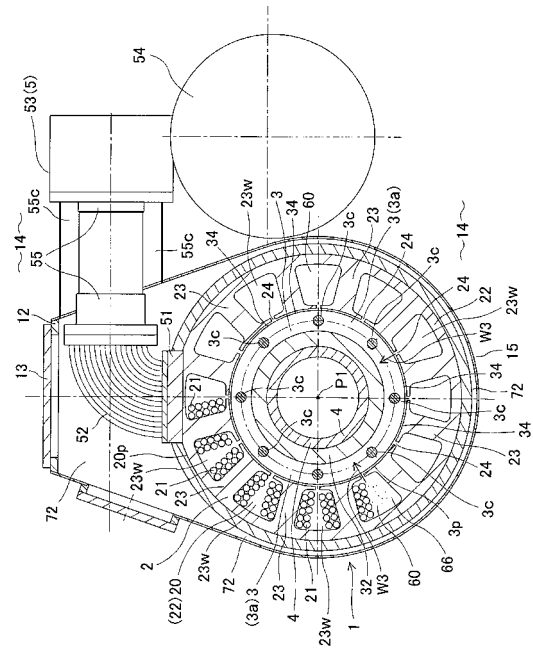
20

30

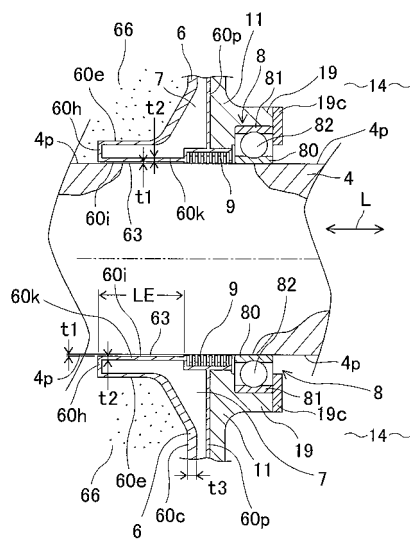
【図 1】



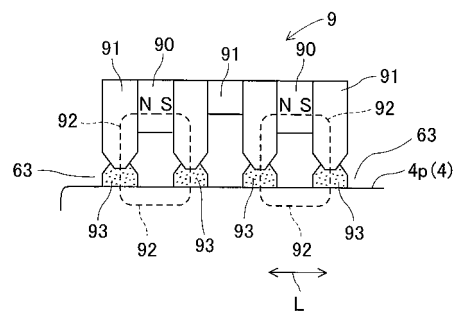
【図 2】



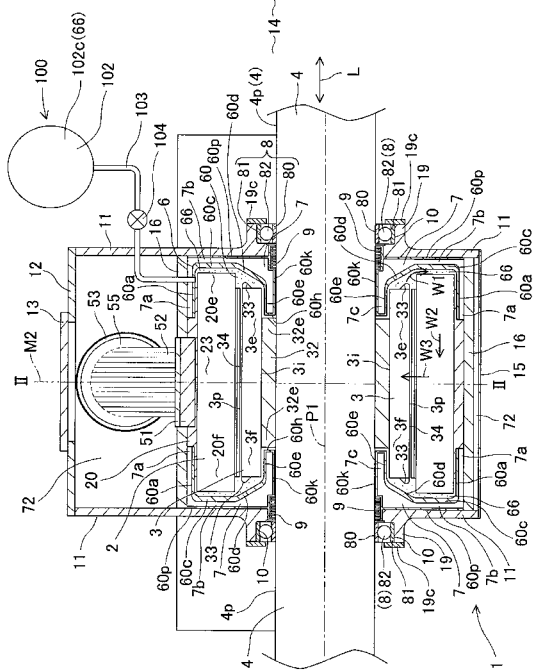
【図 3】



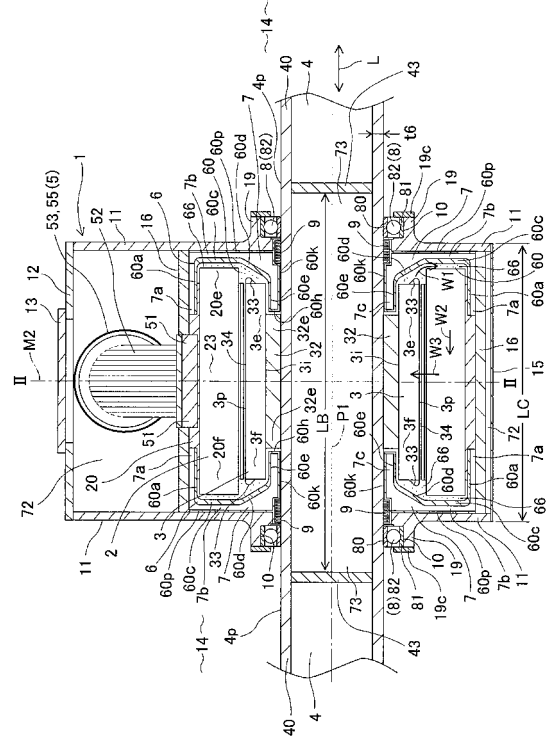
【図 4】



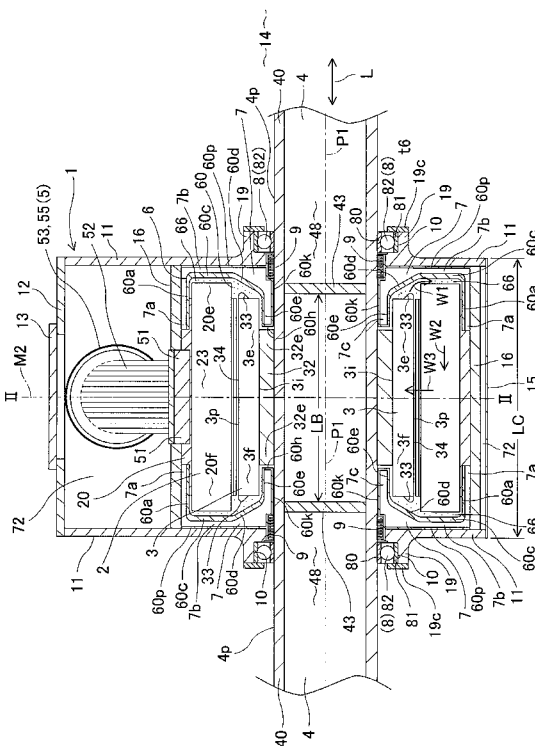
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 9】

