

明 細 書

発明の名称：真空ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、真空ポンプに関するものである。

背景技術

[0002] ターボ分子ポンプなどの真空ポンプは、モータにより回転するロータと、ロータの周囲に配置されロータとともに流路を形成するステータとを備え、吸気口から進入してくる気体分子を、ロータのロータ翼とステータのステータ翼とに衝突させて排気口に向けて移送させる。

[0003] ある真空ポンプは、さらに、ガス状の反応原料、反応生成物などが流路内の壁面に付着や析出して堆積することを抑制するためにステータ側を昇温する環状部材とを備え、環状部材に排気口が接続されている（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2019-90384号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ロータの回転時に、上述の堆積物などに起因してロータがステータなどの固定部材に接触する不具合が発生すると、ロータの回転力で、その固定部材自体および固定部材に連結されている上述の環状部材に回転力が加わり、環状部材に接続されている排気口にも回転力が加わる。また、真空ポンプの運転時には、排気口には外部配管が接続されており、外部配管は、外部の構造物や装置などに固定されているため、そのような不具合時には、外部配管にも回転力が加わり、外部配管に変位、変形、脱落などの不具合が発生する可能性がある。

[0006] このような問題は、上述の排気口に限らず、ロータの接触不具合時に直接

的にまたは間接的に回転力が加わる環状部材に接続されている他の配管接続部においても同様に発生する可能性がある。

- [0007] 本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、ロータ回転時におけるロータの接触不具合に起因する外部配管への影響を抑制する真空ポンプを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 本発明に係る真空ポンプは、ロータと、ステータと、前記ロータおよび前記ステータを収容するケーシングと、ロータの回転時におけるロータの接触不具合によって回転力が直接的にまたは間接的に加わる環状部材と、環状部材に接続しており外部配管を接続される配管接続部と、環状部材とケーシングとの接続部分とは別に、上述の回転力による環状部材の回転を抑制する回転抑制手段とを備える。

発明の効果

- [0009] 本発明によれば、ロータ回転時におけるロータの接触不具合に起因する外部配管への影響を抑制する真空ポンプが得られる。
- [0010] 本発明の上記又は他の目的、特徴および優位性は、添付の図面とともに以下の詳細な説明から更に明らかになる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプを示す縦断面図である。
- [図2]図2は、図1に示すターボ分子ポンプの電磁石の励磁制御をするアンプ回路を示す回路図である。
- [図3]図3は、電流指令値が検出値より大きい場合の制御を示すタイムチャートである。
- [図4]図4は、電流指令値が検出値より小さい場合の制御を示すタイムチャートである。
- [図5]図5は、本発明の実施の形態1に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプを示す側面図である。

[図6]図6は、図1に示すターボ分子ポンプの横断面図である。

[図7]図7は、本発明の実施の形態2に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプ100を示す縦断面図である

[図8]図8は、図7に示すターボ分子ポンプの横断面図である。

[図9]図9は、実施の形態2における回転抑制手段の一例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

[0013] 実施の形態1.

このターボ分子ポンプ100の縦断面図を図1に示す。図1において、ターボ分子ポンプ100は、円筒状の外筒127の上端に吸気口101が形成されている。そして、外筒127の内方には、ガスを吸引排気するためのタービンブレードである複数の回転翼102（102a、102b、102c・・・）を周部に放射状かつ多段に形成した回転体103が備えられている。この回転体103の中心にはロータ軸113が取り付けられており、このロータ軸113は、例えば5軸制御の磁気軸受により空中に浮上支持かつ位置制御されている。回転体103は、一般的に、アルミニウム又はアルミニウム合金などの金属によって構成されている。

[0014] 上側径方向電磁石104は、4個の電磁石がX軸とY軸とに対をなして配置されている。この上側径方向電磁石104に近接して、かつ上側径方向電磁石104のそれぞれに対応して4個の上側径方向センサ107が備えられている。上側径方向センサ107は、例えば伝導巻線を有するインダクタンスセンサや渦電流センサなどが用いられ、ロータ軸113の位置に応じて変化するこの伝導巻線のインダクタンスの変化に基づいてロータ軸113の位置を検出する。この上側径方向センサ107はロータ軸113、すなわちそれに固定された回転体103の径方向変位を検出し、制御装置200に送るように構成されている。

[0015] この制御装置200においては、例えばPID調節機能を有する補償回路

が、上側径方向センサ１０７によって検出された位置信号に基づいて、上側径方向電磁石１０４の励磁制御指令信号を生成し、図２に示すアンプ回路１５０（後述する）が、この励磁制御指令信号に基づいて、上側径方向電磁石１０４を励磁制御することで、ロータ軸１１３の上側の径方向位置が調整される。

[0016] そして、このロータ軸１１３は、高透磁率材（鉄、ステンレスなど）などにより形成され、上側径方向電磁石１０４の磁力により吸引されるようになっている。かかる調整は、Ｘ軸方向とＹ軸方向とにそれぞれ独立して行われる。また、下側径方向電磁石１０５及び下側径方向センサ１０８が、上側径方向電磁石１０４及び上側径方向センサ１０７と同様に配置され、ロータ軸１１３の下側の径方向位置を上側の径方向位置と同様に調整している。

[0017] さらに、軸方向電磁石１０６Ａ、１０６Ｂが、ロータ軸１１３の下部に備えた円板状の金属ディスク１１１を上下に挟んで配置されている。金属ディスク１１１は、鉄などの高透磁率材で構成されている。ロータ軸１１３の軸方向変位を検出するために軸方向センサ１０９が備えられ、その軸方向位置信号が制御装置２００に送られるように構成されている。

[0018] そして、制御装置２００において、例えばＰＩＤ調節機能を有する補償回路が、軸方向センサ１０９によって検出された軸方向位置信号に基づいて、軸方向電磁石１０６Ａと軸方向電磁石１０６Ｂのそれぞれの励磁制御指令信号を生成し、アンプ回路１５０が、これらの励磁制御指令信号に基づいて、軸方向電磁石１０６Ａと軸方向電磁石１０６Ｂをそれぞれ励磁制御することで、軸方向電磁石１０６Ａが磁力により金属ディスク１１１を上方に吸引し、軸方向電磁石１０６Ｂが金属ディスク１１１を下方に吸引し、ロータ軸１１３の軸方向位置が調整される。

[0019] このように、制御装置２００は、この軸方向電磁石１０６Ａ、１０６Ｂが金属ディスク１１１に及ぼす磁力を適当に調節し、ロータ軸１１３を軸方向に磁気浮上させ、空間に非接触で保持するようになっている。なお、これら上側径方向電磁石１０４、下側径方向電磁石１０５及び軸方向電磁石１０６

A、106Bを励磁制御するアンプ回路150については、後述する。

[0020] 一方、モータ121は、ロータ軸113を取り囲むように周状に配置された複数の磁極を備えている。各磁極は、ロータ軸113との間に作用する電磁力を介してロータ軸113を回転駆動するように、制御装置200によって制御されている。また、モータ121には図示しない例えばホール素子、レゾルバ、エンコーダなどの回転速度センサが組み込まれており、この回転速度センサの検出信号によりロータ軸113の回転速度が検出されるようになっている。

[0021] さらに、例えば下側径方向センサ108近傍に、図示しない位相センサが取り付けられてあり、ロータ軸113の回転の位相を検出するようになっている。制御装置200では、この位相センサと回転速度センサの検出信号を共に用いて磁極の位置を検出するようになっている。

[0022] 回転翼102（102a、102b、102c・・・）とわずかの空隙を隔てて複数枚の固定翼123（123a、123b、123c・・・）が配設されている。回転翼102（102a、102b、102c・・・）は、それぞれ排気ガスの分子を衝突により下方向に移送するため、ロータ軸113の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成されている。固定翼123（123a、123b、123c・・・）は、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。

[0023] また、固定翼123も、同様にロータ軸113の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成され、かつ外筒127の内方に向けて回転翼102の段と互い違いに配設されている。そして、固定翼123の外周端は、複数の段積みされた固定翼スペーサ125（125a、125b、125c・・・）の間に嵌挿された状態で支持されている。

[0024] 固定翼スペーサ125はリング状の部材であり、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。固定翼スペーサ125の外周には、わずか

の空隙を隔てて外筒 127, 127a が固定されている。外筒 127a の底部にはベース部 129 が配設されている。また、ベース部 129 の上方には排気口 133 が配置され、外部に連通されている。チャンバ（真空チャンバ）側から吸気口 101 に入って移送されてきた排気ガスは、排気口 133 へと送られる。

[0025] さらに、ターボ分子ポンプ 100 の用途によって、固定翼スペーサ 125 の下部とベース部 129 の間には、ネジ付スペーサ 131 が配設される。ネジ付スペーサ 131 は、アルミニウム、銅、ステンレス、鉄、又はこれらの金属を成分とする合金などの金属によって構成された円筒状の部材であり、その内周面に螺旋状のネジ溝 131a が複数条刻設されている。ネジ溝 131a の螺旋の方向は、回転体 103 の回転方向に排気ガスの分子が移動したときに、この分子が排気口 133 の方へ移送される方向である。回転体 103 の回転翼 102（102a、102b、102c・・・）に続く最下部には円筒部 102d が垂下されている。この円筒部 102d の外周面は、円筒状で、かつネジ付スペーサ 131 の内周面に向かって張り出されており、このネジ付スペーサ 131 の内周面と所定の間隙を隔てて近接されている。回転翼 102 および固定翼 123 によってネジ溝 131a に移送されてきた排気ガスは、ネジ溝 131a に案内されつつベース部 129 へと送られる。

[0026] ベース部 129 は、ターボ分子ポンプ 100 の基底部を構成する円盤状の部材であり、一般には鉄、アルミニウム、ステンレスなどの金属によって構成されている。ベース部 129 はターボ分子ポンプ 100 を物理的に保持すると共に、熱の伝導路の機能も兼ね備えているので、鉄、アルミニウムや銅などの剛性があり、熱伝導率も高い金属が使用されるのが望ましい。

[0027] かかる構成において、回転翼 102 がロータ軸 113 と共にモータ 121 により回転駆動されると、回転翼 102 と固定翼 123 の作用により、吸気口 101 を通じてチャンバから排気ガスが吸気される。回転翼 102 の回転速度は通常 20000rpm～90000rpm であり、回転翼 102 の先端での周速度は 200m/s～400m/s に達する。吸気口 101 から吸

気された排気ガスは、回転翼 102 と固定翼 123 の間を通り、ベース部 129 へ移送される。このとき、排気ガスが回転翼 102 に接触する際に生ずる摩擦熱や、モータ 121 で発生した熱の伝導などにより、回転翼 102 の温度は上昇するが、この熱は、輻射又は排気ガスの気体分子などによる伝導により固定翼 123 側に伝達される。

[0028] 固定翼スペーサ 125 は、外周部で互いに接合しており、固定翼 123 が回転翼 102 から受け取った熱や排気ガスが固定翼 123 に接触する際に生ずる摩擦熱などを外部へと伝達する。

[0029] なお、上記では、ネジ付スペーサ 131 は回転体 103 の円筒部 102d の外周に配設し、ネジ付スペーサ 131 の内周面にネジ溝 131a が刻設されているとして説明した。しかしながら、これとは逆に円筒部 102d の外周面にネジ溝が刻設され、その周囲に円筒状の内周面を有するスペーサが配置される場合もある。

[0030] また、ターボ分子ポンプ 100 の用途によっては、吸気口 101 から吸引されたガスが上側径方向電磁石 104、上側径方向センサ 107、モータ 121、下側径方向電磁石 105、下側径方向センサ 108、軸方向電磁石 106A、106B、軸方向センサ 109 などで構成される電装部に侵入することのないよう、電装部は周囲をステータコラム 122 で覆われ、このステータコラム 122 内はパージガスにて所定圧に保たれる場合もある。

[0031] この場合には、ベース部 129 には図示しない配管が配設され、この配管を通じてパージガスが導入される。導入されたパージガスは、保護ベアリング 120 とロータ軸 113 間、モータ 121 のロータとステータ間、ステータコラム 122 と回転翼 102 の内周側円筒部の間の隙間を通じて排気口 133 へ送出される。

[0032] ここに、ターボ分子ポンプ 100 は、機種の特定制と、個々に調整された固有のパラメータ（例えば、機種に対応する諸特性）に基づいた制御を要する。この制御パラメータを格納するために、上記ターボ分子ポンプ 100 は、その本体内に電子回路部 141 を備えている。電子回路部 141 は、EEP

—ROM等の半導体メモリ及びそのアクセスのための半導体素子等の電子部品、それらの実装用の基板143等から構成される。この電子回路部141は、ターボ分子ポンプ100の下部を構成するベース部129の例えば中央付近の図示しない回転速度センサの下部に收容され、気密性の底蓋145によって閉じられている。

[0033] ところで、半導体の製造工程では、チャンバに導入されるプロセスガスの中には、その圧力が所定値よりも高くなり、或いは、その温度が所定値よりも低くなると、固体となる性質を有するものがある。ターボ分子ポンプ100内部では、排気ガスの圧力は、吸気口101で最も低く排気口133で最も高い。プロセスガスが吸気口101から排気口133へ移送される途中で、その圧力が所定値よりも高くなったり、その温度が所定値よりも低くなったりすると、プロセスガスは、固体状となり、ターボ分子ポンプ100内部に付着して堆積する。

[0034] 例えば、AIEッチング装置にプロセスガスとして SiCl_4 が使用された場合、低真空(760[torr]~ 10^{-2} [torr])かつ、低温(約20[°C])のとき、固体生成物(例えば AlCl_3)が析出し、ターボ分子ポンプ100内部に付着堆積することが蒸気圧曲線からわかる。これにより、ターボ分子ポンプ100内部にプロセスガスの析出物が堆積すると、この堆積物がポンプ流路を狭め、ターボ分子ポンプ100の性能を低下させる原因となる。そして、前述した生成物は、排気口133付近やネジ付スペーサ131付近の圧力が高い部分で凝固、付着し易い状況にあった。

[0035] そのため、この問題を解決するために、従来はベース部129等の外周に図示しないヒータや環状の水冷管149を巻着させ、かつ例えばベース部129に図示しない温度センサ(例えばサーミスタ)を埋め込み、この温度センサの信号に基づいてベース部129の温度を一定の高い温度(設定温度)に保つようにヒータの加熱や水冷管149による冷却の制御(以下TMSという。TMS; Temperature Management System)が行われている。

- [0036] 次に、このように構成されるターボ分子ポンプ100に関して、その上側径方向電磁石104、下側径方向電磁石105及び軸方向電磁石106A、106Bを励磁制御するアンプ回路150について説明する。このアンプ回路150の回路図を図2に示す。
- [0037] 図2において、上側径方向電磁石104等を構成する電磁石巻線151は、その一端がトランジスタ161を介して電源171の正極171aに接続されており、また、その他端が電流検出回路181及びトランジスタ162を介して電源171の負極171bに接続されている。そして、トランジスタ161、162は、いわゆるパワーMOSFETとなっており、そのソースドレイン間にダイオードが接続された構造を有している。
- [0038] このとき、トランジスタ161は、そのダイオードのカソード端子161aが正極171aに接続されるとともに、アノード端子161bが電磁石巻線151の一端と接続されるようになっている。また、トランジスタ162は、そのダイオードのカソード端子162aが電流検出回路181に接続されるとともに、アノード端子162bが負極171bと接続されるようになっている。
- [0039] 一方、電流回生用のダイオード165は、そのカソード端子165aが電磁石巻線151の一端に接続されるとともに、そのアノード端子165bが負極171bに接続されるようになっている。また、これと同様に、電流回生用のダイオード166は、そのカソード端子166aが正極171aに接続されるとともに、そのアノード端子166bが電流検出回路181を介して電磁石巻線151の他端に接続されるようになっている。そして、電流検出回路181は、例えばホールセンサ式電流センサや電気抵抗素子で構成されている。
- [0040] 以上のように構成されるアンプ回路150は、一つの電磁石に対応されるものである。そのため、磁気軸受が5軸制御で、電磁石104、105、106A、106Bが合計10個ある場合には、電磁石のそれぞれについて同様のアンプ回路150が構成され、電源171に対して10個のアンプ回路

150が並列に接続されるようになっている。

[0041] さらに、アンプ制御回路191は、例えば、制御装置200の図示しないデジタル・シグナル・プロセッサ部（以下、DSP部という）によって構成され、このアンプ制御回路191は、トランジスタ161、162のon/offを切り替えるようになっている。

[0042] アンプ制御回路191は、電流検出回路181が検出した電流値（この電流値を反映した信号を電流検出信号191cという）と所定の電流指令値とを比較するようになっている。そして、この比較結果に基づき、PWM制御による1周期である制御サイクル T_s 内に発生させるパルス幅の大きさ（パルス幅時間 T_{p1} 、 T_{p2} ）を決めるようになっている。その結果、このパルス幅を有するゲート駆動信号191a、191bを、アンプ制御回路191からトランジスタ161、162のゲート端子に出力するようになっている。

[0043] なお、回転体103の回転速度の加速運転中に共振点を通過する際や定速運転中に外乱が発生した際等に、高速かつ強い力での回転体103の位置制御をする必要がある。そのため、電磁石巻線151に流れる電流の急激な増加（あるいは減少）ができるように、電源171としては、例えば50V程度の高電圧が使用されるようになっている。また、電源171の正極171aと負極171bとの間には、電源171の安定化のために、通常コンデンサが接続されている（図示略）。

[0044] かかる構成において、トランジスタ161、162の両方をonにすると、電磁石巻線151に流れる電流（以下、電磁石電流 i_L という）が増加し、両方をoffにすると、電磁石電流 i_L が減少する。

[0045] また、トランジスタ161、162の一方をonにし他方をoffにすると、いわゆるフライホイール電流が保持される。そして、このようにアンプ回路150にフライホイール電流を流すことで、アンプ回路150におけるヒステリシス損を減少させ、回路全体としての消費電力を低く抑えることができる。また、このようにトランジスタ161、162を制御することによ

り、ターボ分子ポンプ100に生じる高調波等の高周波ノイズを低減することができる。さらに、このフライホイール電流を電流検出回路181で測定することで電磁石巻線151を流れる電磁石電流 i_L が検出可能となる。

[0046] すなわち、検出した電流値が電流指令値より小さい場合には、図3に示すように制御サイクル T_s （例えば $100\mu s$ ）中で1回だけ、パルス幅時間 T_{p1} に相当する時間分だけトランジスタ161、162の両方をonにする。そのため、この期間中の電磁石電流 i_L は、正極171aから負極171bへ、トランジスタ161、162を介して流し得る電流値 i_{Lmax} （図示せず）に向かって増加する。

[0047] 一方、検出した電流値が電流指令値より大きい場合には、図4に示すように制御サイクル T_s 中で1回だけパルス幅時間 T_{p2} に相当する時間分だけトランジスタ161、162の両方をoffにする。そのため、この期間中の電磁石電流 i_L は、負極171bから正極171aへ、ダイオード165、166を介して回生し得る電流値 i_{Lmin} （図示せず）に向かって減少する。

[0048] そして、いずれの場合にも、パルス幅時間 T_{p1} 、 T_{p2} の経過後は、トランジスタ161、162のどちらか1個をonにする。そのため、この期間中は、アンプ回路150にフライホイール電流が保持される。

[0049] 以上のようにターボ分子ポンプ100は構成されている。このターボ分子ポンプ100は真空ポンプの一例である。さらに、図1において、回転翼102および回転体103は、当該ターボ分子ポンプ100のロータであり、固定翼123および固定翼スペーサ125は、ターボ分子ポンプ部分のステータであり、ネジ付スペーサ131は、ターボ分子ポンプ部分の後段のネジ溝ポンプ部分のステータである。また、外筒127および外筒127aは、当該ターボ分子ポンプ100のケーシングであり、上述のロータおよびステータを収容している。

[0050] さらに、図1において、昇温リング301は、ヒータ302の発熱でガス流路を昇温する環状部材であり、上述のステータと同様の材質で構成されて

いる。この昇温リング３０１およびヒータ３０２も上述のＴＭＳに使用される。

[0051] この昇温リング３０１は、上述のステータへ伝熱可能なように上述のステータに固定されており、また、その上端においてボルトなどで外筒１２７ａに固定されている。昇温リング３０１は、ベース部１２９から離間しており、両者の間には空隙３０３が形成されており、空隙３０３によって両者は断熱されている。また、空隙３０３にはシーリング３０４が設けられている。このように、昇温リング３０１は、ベース部１２９には直接的には固定されていない。同様に、ネジ付スペーサ１３１も、ベース部１２９には直接的には固定されていない。さらに、昇温リング３０１には、排気口１３３が固定されており、排気口１３３には、図示せぬ外部配管が接続される。そして、昇温リング３０１とネジ付スペーサ１３１との間のガス流路を介して排気口１３３へガスが移送され、排気口１３３を介して外部配管へ排出される。なお、排気口１３３は、ガス流路であり同様に温度管理されるため、ケーシング（外筒１２７ａ）およびベース部１２９には直接的に固定されていない。

[0052] 図５は、本発明の実施の形態１に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプ１００を示す側面図である。図５に示すように、排気口１３３は、外筒１２７ａに形成された挿通孔１２７ｂに挿通されて配置されており、挿通孔１２７ｂは、ケーシングに対する断熱性、当該ポンプ１００の組立時の作業性などを考慮して、排気口１３３が外筒１２７ａに接触しないように、排気口１３３より大きいサイズを有する。

[0053] 上述のようにＴＭＳによってガス流路上の堆積物の発生は抑制されるものの、ガス流路上の堆積物などに起因して、上述のロータが上述のステータに接触する不具合が発生すると、ロータの回転による回転力がステータに加わる。その際、ステータに固定されている昇温リング３０１にもその回転力が加わる。昇温リング３０１は、外筒１２７ａを介して間接的にはベース部１２９に固定されているものの、外筒１２７ａと昇温リング３０１との接続は、ポンプ１００の軸方向に平行に配設されるボルトなどで行われ、配置スベ

ースの観点から、強度の高い比較的大きなボルトなどを使用することが困難であるため、上述の不具合時に昇温リング301に加わる回転力に対して強度不足となる可能性がある。仮に、その回転力に対して当該接続部分の強度が不足している場合、昇温リング301に固定されている排気口133にもその回転力が加わり、上述のような問題が生じる可能性がある。

[0054] そこで、当該ポンプ100では、ケーシングに対する、その回転力による昇温リング301の回転を抑制する回転抑制手段が設けられている。当該実施の形態では、その回転抑制手段は、昇温リング301に形成された回転規制部と、ケーシングに固定され回転力によって回転規制部に当接する回転規制部材とを備える。

[0055] 図6は、図1に示すターボ分子ポンプの横断面図（図1におけるA-A断面を示す図）である。当該実施の形態では、昇温リング301の回転規制部は、図1および図6に示すように、ポンプ100の径方向に沿った穴301aであり、回転規制部材は、その穴301a内に配置されたボルト305である。具体的には、外筒127aに、穴301aに対応する穴が形成されており、ボルト305は、その外筒127aの穴にネジ結合で固定されており、ボルト305の先端が、穴301a内に配置されている。なお、ボルト305の代わりにピンを使用してもよい。また、穴301aは、昇温リング301を貫通していない。なお、ここでは、穴301aおよびボルト305は、径方向に沿って設けられているが、径方向に沿っていなくてもよい。

[0056] 当該実施の形態では、回転規制部材としてのボルト305やピンは、ロータおよびステータをケーシング（外筒127a）内部に収容した後に、そのケーシングの外側から設置可能となっている。

[0057] そして、上述のロータの接触不具合のないときには、穴301aとボルト305との間には空隙がある。この空隙によって、昇温リング301とケーシング（外筒127a）との間の断熱が確保される。

[0058] 当該実施の形態では、例えば図6に示すように、等角度間隔で複数の穴301aおよびボルト305が設けられている。なお、穴301aおよびボルト

ト 3 0 5 の個数、およびボルト 3 0 5 の径や材質は、上述の接触不具合時の回転力に対して必要な強度に基づいて、選択される。つまり、その回転力によって回転規制部材が回転規制部に当接するまでの回転角度を超えて、昇温リング 3 0 1 の回転が略発生しないような強度が得られるように、上述の昇温リング 3 0 1 と外筒 1 2 7 a との接続強度を考慮しつつ、穴 3 0 1 a およびボルト 3 0 5 の個数、およびボルト 3 0 5 の径や材質が選択されている。

- [0059] 次に、実施の形態 1 に係る真空ポンプの動作について説明する。
- [0060] 通常運転時では、制御装置 2 0 0 による制御に基づいてモータ 1 2 1 が動作しロータが回転する。これにより、吸気口 1 0 1 を介して流入したガスが、ロータとステータとの間のガス流路に沿って移送され、排気口 1 3 3 から外部配管へ排出される。
- [0061] 回転中のロータがステータに接触する不具合が発生すると、ロータの接触によりステータに回転力が加わるため、昇温リング 3 0 1 にもその回転力が加わる。その際、穴 3 0 1 a およびボルト 3 0 5 の当接によって、昇温リング 3 0 1 の回転が規制され、ひいては、昇温リング 3 0 1 に接続されている排気口 1 3 3 の回転が抑制される。したがって、そのような不具合が発生しても、排気口 1 3 3 に接続されている外部配管に掛かる機械的負荷が抑制される。
- [0062] 以上のように、上記実施の形態によれば、昇温リング 3 0 1 には、外部配管を接続される排気口 1 3 3 が接続しており、ロータの回転時におけるロータの接触不具合によって回転力が直接的にまたは間接的に加わる。そして、昇温リング 3 0 1 とケーシング（外筒 1 2 7 a）との（直接的な、あるいは他の部材を介した間接的な）接続部分とは別に、上述の回転力による昇温リング 3 0 1 の回転を抑制する回転抑制手段（穴 3 0 1 a およびボルト 3 0 5 など）が設けられている。
- [0063] これにより、ロータ回転時における固定部材（ステータなど）へのロータの接触に起因する外部配管への影響が抑制される。
- [0064] 仮に上述の回転抑制手段が設けられておらず、上述の不具合発生時に昇温

リング３０１および排気口１３３が（ポンプ１００の周方向に）回転した場合、排気口１３３が、外筒１２７ａの挿通孔１２７ｂの内壁に接触するまで回転してしまい、外部配管に大きな機械的負荷が掛かる可能性がある。一方、上述の回転抑制手段によって、昇温リング３０１の回転が抑制されることで、排気口１３３の回転も抑制され、排気口１３３に接続されている外部配管に掛かる機械的負荷が抑制される。

[0065] 実施の形態２．

本発明の実施の形態２に係る真空ポンプでは、ケーシング（外筒１２７ａ）が固定されているベース部１２９に対する、上述の回転力による昇温リング３０１の回転を抑制する回転抑制手段が設けられている。当該実施の形態２では、その回転抑制手段は、昇温リング３０１に形成された回転規制部と、ベース部１２９から軸方向に突出しその回転力によって回転規制部に当接する回転規制部材とを備える。

[0066] 図７は、本発明の実施の形態２に係る真空ポンプとしてのターボ分子ポンプ１００を示す縦断面図である。図８は、図７に示すターボ分子ポンプの横断面図（図７におけるＡ－Ａ断面を示す図）である。図９は、実施の形態２における回転抑制手段の一例を示す斜視図である。

[0067] 当該実施の形態２では、昇温リング３０１の回転規制部は、図７、図８、および図９に示すように、昇温リング３０１のフランジ４０１に形成された切り欠き４０１ａであり、回転規制部材は、軸方向に沿ってベース部１２９に固定されたボルト４０２である。そのボルト４０２は、ベース部１２９の穴に形成された雌ネジとネジ結合し、その頭部が、切り欠き４０１ａ内に配置される。なお、ボルト４０２の代わりにピンを使用してもよい。また、切り欠き４０１ａの代わりに孔を設けてもよい。

[0068] 上述のロータの接触不具合のないときには、切り欠き４０１ａ（の内壁面）とボルト４０２との間には空隙がある。また、フランジ４０１とベース部１２９との間にも空隙がある。これらの空隙によって、昇温リング３０１とベース部１２９との間の断熱が確保される。

- [0069] 当該実施の形態では、例えば図8や図9に示すように、等角度間隔で複数の切り欠き401aおよびボルト402が設けられている。なお、切り欠き401aおよびボルト402の個数、およびボルト402の径や材質は、上述の接触不具合時の回転力に対して必要な強度に基づいて、選択される。つまり、その回転力によって回転規制部材が回転規制部に当接するまでの回転角度を超えて、昇温リング301の回転が略発生しないような強度が得られるように、切り欠き401aおよびボルト402の個数、およびボルト402の径や材質が選択されている。
- [0070] 次に、実施の形態2に係る真空ポンプの動作について説明する。
- [0071] 回転中のロータがステータに接触する不具合が発生すると、ロータの接触によりステータに回転力が加わるため、昇温リング301にもその回転力が加わる。その際、昇温リング301の切り欠き401aおよびボルト402の当接によって、昇温リング301の回転が規制され、ひいては、昇温リング301に接続されている排気口133の回転が抑制される。したがって、そのような不具合が発生しても、排気口133に接続されている外部配管に掛かる機械的負荷が抑制される。
- [0072] なお、実施の形態2に係る真空ポンプのその他の構成および動作については実施の形態1のものと同様であるので、その説明を省略する。
- [0073] なお、上述の実施の形態に対する様々な変更および修正については、当業者には明らかである。そのような変更および修正は、その主題の趣旨および範囲から離れることなく、かつ、意図された利点を弱めることなく行われてもよい。つまり、そのような変更および修正が請求の範囲に含まれることを意図している。
- [0074] 例えば、上記実施の形態において、昇温リング301の回転規制部は、穴301aであるが、ケーシングに対向する溝、切り欠きなどでもよく、また、他の実施形態として、ケーシングに対向する突起、段差部などでもよい。
- [0075] また、上記実施の形態では、ロータの回転時におけるロータの接触不具合によって回転力が直接的にまたは間接的に加わる環状部材として、回転力が

間接的に加わる昇温リング301が設けられており、昇温リング301に上述の回転抑制手段が設けられているが、その代わりに、温度管理が不要な環状部材に、上述の回転抑制手段が設けられていてもよい。また、排気口133とは別の、他の外部配管用の配管接続部に接続される環状部材に、上述の回転抑制手段が設けられていてもよい。なお、その環状部材が温度管理の不要な部材である場合には、上述の回転規制部と回転規制部材との間の空隙は特に設けなくてもよい。

[0076] さらに、上記実施の形態において、昇温リング301などの環状部材は、1つの部材でもよいし、複数の部材を連結して構成されている部材でもよい。

[0077] さらに、上記実施の形態において、ボルト105またはピンは、上述のように周方向に沿って配列されるとともに、軸方向に配列されていてもよい。

[0078] さらに、上記実施の形態において、上述の回転規制部材としてのボルト305の代わりに、ケーシングにおいて、昇温リング301に対向する突起、段差部などを設け、上述の接触不具合のないときには、ケーシングの当該突起、段差部などと、昇温リング301との間に空隙が設けられるとともに、上述の接触不具合による回転力による昇温リング301の回転を抑制するようにしてもよい。また、ケーシングとは別の部材としてボルト305などといった上述の回転規制部材が設けられずに、ケーシングに当該突起、段差部などが設けられる場合には、昇温リング301の回転規制部とケーシングとの間に空隙が設けられる。

[0079] さらに、上記実施の形態において、昇温リング301とネジ付スペーサ131は1つの部材としてもよい。つまり、ネジ付スペーサ131が、昇温リング301を含む形状を有し、上述の環状部材とされてもよい。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明は、例えば、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプに適用可能である。

符号の説明

- [0081] 1 0 0 ターボ分子ポンプ（真空ポンプの一例）
1 0 2 回転翼（ロータの一例の一部）
1 0 3 回転体（ロータの一例の一部）
1 2 7 外筒（ケーシングの一例の一部）
1 2 7 a 外筒（ケーシングの一例の一部）
1 3 1 ネジ付スペーサ（ステータの一例）
1 3 3 排気口（配管接続部の一例）
3 0 1 昇温リング（環状部材の一例）
3 0 1 a 穴（回転規制部の一例）
3 0 5 ボルト（回転規制部材の一例）
4 0 1 a 切り欠き（回転規制部の一例）
4 0 2 ボルト（回転規制部材の一例）

請求の範囲

- [請求項1] ロータと、
 ステータと、
 前記ロータおよび前記ステータを収容するケーシングと、
 前記ロータの回転時における前記ロータの接触不具合によって回転力が直接的にまたは間接的に加わる環状部材と、
 前記環状部材に接続しており外部配管を接続される配管接続部と、
 前記環状部材と前記ケーシングとの接続部分とは別に、前記回転力による前記環状部材の回転を抑制する回転抑制手段と、
 を備えることを特徴とする真空ポンプ。
- [請求項2] 前記回転抑制手段は、前記環状部材に形成された回転規制部と、前記ケーシングに固定され前記回転力によって前記回転規制部に当接する回転規制部材とを備えることを特徴とする請求項1記載の真空ポンプ。
- [請求項3] 前記環状部材は、ヒータの発熱でガス流路を昇温する昇温リングであり、
 前記回転規制部は、穴であり、
 前記回転規制部材は、前記穴内に配置されたボルトまたはピンであり、
 前記接触不具合のないときに、前記穴と前記ボルトまたは前記ピンとの間には、空隙があること、
 を特徴とする請求項2記載の真空ポンプ。
- [請求項4] 前記環状部材は、ヒータの発熱でガス流路を昇温する昇温リングであり、
 前記回転抑制手段は、前記昇温リングおよび前記ケーシングのうちの一方に、前記昇温リングおよび前記ケーシングのうちの他方に対向する突起または段差部を備え、
 前記接触不具合のないときに、前記突起または前記段差部と、前記

昇温リングおよび前記ケーシングのうちの他方との間には、空隙があること、

を特徴とする請求項 1 記載の真空ポンプ。

[請求項5]

ベース部をさらに備え、

前記回転抑制手段は、前記環状部材に形成された回転規制部と、前記ベース部から軸方向に突出し前記回転力によって前記回転規制部に当接する回転規制部材とを備えることを特徴とする請求項 1 記載の真空ポンプ。

[請求項6]

前記環状部材は、フランジと、前記フランジに形成された孔または切り欠きとを備え、前記回転規制部は、前記孔または前記切り欠きであり、

前記回転規制部材は、前記軸方向に沿って前記ベース部に固定されたボルトまたはピンであること、

を特徴とする請求項 5 記載の真空ポンプ。

[請求項7]

前記環状部材は、ヒータの発熱でガス流路を昇温する昇温リングであることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 5、および請求項 6 のうちのいずれか 1 項記載の真空ポンプ。

[請求項8]

前記配管接続部は、排気口であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちのいずれか 1 項記載の真空ポンプ。