

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] 一般的に、真空ポンプには、ロータ部の温度上昇の抑制、ガス流路の温度調整などのために、冷却手段や加熱手段が設けられている。ある真空ポンプは、複数の温度センサを備え、複数の温度センサから出力されるセンサ信号に基づいて、冷却手段および加熱手段の少なくとも一方を制御している（例えば特許文献1参照）。この真空ポンプでは、ベース部とモータ部とにそれぞれ温度センサが設置されており、センサ信号に基づいて、冷却水の電磁弁の開およびヒータのオンオフが行われている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2011/021428号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 真空ポンプでは、通常、温度センサは、温度制御対象となるガス流路の近傍か、冷却手段または加熱手段の近傍に設置され、その温度センサのセンサ信号に従って冷却手段または加熱手段が制御される。

[0005] 一般的に、真空ポンプのガス流路内のガス流量は、真空ポンプの上流でのプロセスによって変動し、真空ポンプで排気するガス流量が増えると、真空ポンプ内のガス流路温度が上昇し、真空ポンプで排気するガス流量が減ると、真空ポンプ内のガス流路温度が下降する。そのため、ガス流量が変化しても、真空ポンプの運転中のガス流路温度を、ガス析出物が発生しない下限値から、ロータ部の熱膨張などに対する上限値までの許容範囲内となるように調整する必要がある。

[0006] 上述の温度センサが温度制御対象となるガス流路の近傍に設置された場合には、冷却手段または加熱手段から温度センサまでの距離（熱流路に沿った距離）が長くなり、ガス流量が変化して温度センサの測定温度が変化した場合に行われる冷却手段または加熱手段の温度変化が温度センサに伝達されるまでに時間がかかるため、温度センサの設置場所、ひいてはガス流路の温度にオーバーシュートやアンダーシュートが発生しやすくなってしまいます。したがって、この場合、ガス流路温度が目標温度に収束しにくいいため、ガス流路温度を許容範囲内にするために、真空ポンプで安定的に排気できるガス流量が制限されてしまう。

[0007] また、上述の温度センサが冷却手段または加熱手段の近傍に設置された場合には、ガス流路から温度センサまでの距離（熱流路に沿った距離）が長くなり、温度センサの設置場所におけるオーバーシュートやアンダーシュートは発生しにくいものの、温度制御による温度誤差（つまり、実際のガス流路温度と温度センサの測定温度との差分）が大きくなり、この温度誤差はガス流量が大きくなるほど大きくなる。したがって、この場合、目標温度に対するガス流路温度の測定誤差がガス流量に応じて変化してしまうため、ガス流路温度を許容範囲内にするために、真空ポンプで安定的に排気できるガス流量が同じく制限されてしまう。

[0008] このように、温度測定系の特性によって、真空ポンプで安定的に排気できるガス流量が制限されてしまう。

[0009] 本発明は、ガス流路の温度管理を適切に行い温度管理に起因するガス流量の制限を軽減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

[0010] 本発明に係る真空ポンプは、ロータの回転により吸気したガスを排出する真空ポンプであり、ガス流路の温度調整を行う温度調整手段と、温度調整手段よりガス流路に近い位置に配置された第1温度センサと、ガス流路より温度調整手段に近い位置に配置された第2温度センサと、第1温度センサのセンサ信号および第2温度センサのセンサ信号に基づいて、ガス流路の温度が

所定のガス流路目標温度に近づくように温度調整手段を制御する制御装置とを備える。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、ガス流路の温度管理を適切に行い温度管理に起因するガス流量の制限を軽減する真空ポンプが得られる。

[0012] 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

[0013] [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、図1に示す真空ポンプの温度制御について説明する図である。

[図6]図6は、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を示す縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

[0015] 実施の形態1.

[0016] 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。

[0017] 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。

[0018] この制御装置 200 においては、例えば P I D 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。

[0019] 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。

[0020] さらに、軸方向電磁石 106 A、106 B 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。

[0021] 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。

[0022] 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106A、106Bを励磁制御するアンプ回路150については、後述する。

[0023] 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。

[0024] 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おり、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。

[0025] 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方向に移送するため、ロータ軸 1 1 3 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 1 2 3 (1 2 3 a、1 2 3 b、1 2 3 c・・・) 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。

[0026] また、固定翼 1 2 3 も、同様にロータ軸 1 1 3 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 1 2 7 の内方に向けて回転翼 1 0 2 の段と互い違いに配設されている。そして、固定翼 1 2 3 の外周端は、複数の段積みされた固定翼スペーサ 1 2 5 (1 2 5 a、1 2 5 b、1 2 5 c・・・) の間に嵌挿された状態で支持されている。

[0027] 固定翼スペーサ 1 2 5 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 1 2 5 の外周には、空隙を隔てて外筒 1 2 7、環状部材 3 0 1、および外筒部材 3 0 2 が固定されている。外筒部材 3 0 2 の底部にはベース部 1 2 9 が配設されている。また、ベース部 1 2 9 の上方には排気口 1 3 3 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 1 0 1 に入って移送されてきた排気ガスは、排気口 1 3 3 へと送られる。

[0028] さらに、ターボ分子ポンプ 1 0 0 の用途によって、固定翼スペーサ 1 2 5 の下部とベース部 1 2 9 の間には、ネジ付スペーサ 1 3 1 が配設される。ネジ付スペーサ 1 3 1 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 1 3 1 a が複数条刻設されている。ネジ溝 1 3 1 a の螺旋の方向は、回転体 1 0 3 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 1 3 3 の方へ移送される方向である。回転体 1 0 3 の回転翼 1 0 2 (1 0 2 a、1 0 2 b、1 0 2 c・・・) に続く最下部には円筒部 1 0 2 d が垂下されている。この円筒部 1 0 2 d の外周面は、円筒状で、かつネジ付スペーサ 1 3 1 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 の内周面と所定の隙間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。

[0029] 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。

[0030] 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。

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 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 1

21、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。

[0034] 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。

[0035] 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、EEPROM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。

[0036] 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。

[0037] 例えば、Alエッチング装置にプロセスガスとしてSiCl₄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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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 50 V 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 171 a と負極 171 b 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）。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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 171 a から負極 171 b 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。

[0050] 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 171 b から正極 171 a 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。

- [0051] 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。
- [0052] 以上のようにターボ分子ポンプ100の主要部分が構成されている。このターボ分子ポンプ100は真空ポンプの一例である。また、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部であり、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部である。また、吸気口101、排気口133、外筒127、環状部材301、および外筒部材302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、および上述の複数のステータ部を収容している。つまり、上述のロータは、上述のケーシング内に回転自在に保持されており、上述の複数のステータ部は、ロータに対向して配設されており、ガス圧縮機能を有する。そして、ロータの回転により吸気したガスがガス流路に沿って移送され排気口133から排出される。
- [0053] さらに、環状部材301は、ベース部129から吸気口101側に向かって積層された部材のうちの1つである環状の部材である。固定翼123および固定翼スペーサ125によるステータ部が、軸方向に沿って、環状部材301に接触している。また、環状部材303の一端が、環状部材301に接触し、環状部材303の他端が、ネジ付スペーサ131に接触している。さらに、ネジ付スペーサ131の他端はベース部129に接触していない。
- [0054] そして、ガス流路の温度調整を行う温度調整手段として、ガス流路の内壁を構成するネジ付スペーサ131に接触している環状部材132にはヒータ304が設けられており、ガス流路の内壁を構成する環状部材301には冷却管305が設けられている。
- [0055] したがって、ヒータ304から環状部材132を介してネジ付スペーサ131へ熱が流入し、これにより、ネジ付スペーサ131の温度、つまりガス流路の温度が変化する。また、環状部材301から冷却管305へ熱が流入

し、これにより、環状部材３０１の温度、つまりガス流路の温度が変化する。

[0056] さらに、実施の形態１では、冷却管３０５に対応して２つの温度センサ４０１、４０２が環状部材３０１に設置されており、ヒータ３０４に対応して１つの温度センサ５０１がネジ付スペーサ１３１に設置されている。つまり、温度調整手段としてのヒータ３０４および冷却管３０５に対してそれぞれ温度センサが設けられている。

[0057] 温度センサ４０１は、ガス流路の近傍であって、温度調整手段としての冷却管３０５よりガス流路に近い位置に配置されている。

[0058] 温度センサ４０２は、温度調整手段としての冷却管３０５の近傍であって、ガス流路より冷却管３０５に近い位置に配置されている。具体的には、温度センサ４０２は、冷却管３０５の開閉バルブ（電磁弁）の近傍に配置されている。

[0059] そして、制御装置２００は、温度センサ４０１から出力されるセンサ信号および温度センサ４０２から出力されるセンサ信号に基づいて、ガス流路（具体的にはターボ分子ポンプ部分のガス流路）の温度が所定のガス流路目標温度に近づくように冷却管３０５の開閉バルブ（電磁弁）をオンオフ制御する。

[0060] また、制御装置２００は、温度センサ５０１から出力されるセンサ信号に基づいて、ガス流路（具体的にはネジ溝ポンプ部分のガス流路）の温度が所定のガス流路目標温度に近づくようにヒータ３０４をオンオフ制御する。

[0061] 具体的には、制御装置２００は、温度センサ４０２のセンサ信号に基づく測定温度が制御温度設定値に近づくように冷却管３０５の開閉バルブ（電磁弁）を制御することで、ガス流路の温度を所定のガス流路目標温度に近づける。そして、制御装置２００は、温度センサ４０１のセンサ信号に基づく温度センサ４０１の設置位置の測定温度に基づいて、冷却管３０５の制御方法を変更する。

[0062] 例えば、制御装置２００は、温度センサ４０１のセンサ信号に基づく温度

センサ４０１の設置位置の測定温度を特定し、その測定温度に基づいて上述の制御温度設定値を調整することで、冷却管３０５の制御方法を変更する。

[0063] 具体的には、温度センサ４０１のセンサ信号に基づく温度センサ４０１の設置位置の測定温度が上昇した場合には、上述の制御温度設定値が（現時点の値より）小さくされ、温度センサ４０１のセンサ信号に基づく温度センサ４０１の設置位置の測定温度が下降した場合には、上述の制御温度設定値が（現時点の値より）大きくされる。

[0064] あるいは、例えば、制御装置２００は、その測定温度に基づいて、上述の制御温度設定値とともに、冷却管３０５の温度制御系の伝達関数を調整するようにしてもよい。

[0065] 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。

[0066] 当該真空ポンプの運転時では、制御装置２００による制御に基づいてモータ１２１が動作しロータが回転する。これにより、吸気口１０１を介して流入したガスが、ロータとステータ部との間のガス流路に沿って移送され、排気口１３３から外部配管へ排出される。

[0067] 当該真空ポンプの運転時、制御装置２００は、ガス流量を直接的には監視せずに、温度センサ４０１，４０２，５０１のセンサ信号を取得して温度センサ４０１，４０２，５０１の設置位置の測定温度を監視する。そして、制御装置２００は、この測定温度に基づいてヒータ３０４および冷却管３０５の開閉バルブ（つまり冷媒流量）を制御して、ガス流路の温度制御を行う。

[0068] 図５は、図１に示す真空ポンプの温度制御について説明する図である。具体的には、例えば図５に示すように、ガス負荷（ガス流量）が小さいときは、実際のガス流路温度が比較的低くなっており、温度センサ４０１の測定温度（ガス流路測定温度）も比較的低くなっている。

[0069] ここで、ガス負荷（ガス流量）が増加すると、実際のガス流路温度が上昇し、温度センサ４０１の測定温度（ガス流路測定温度）も上昇する。したがって、制御装置２００は、その測定温度の上昇幅に応じた下降幅だけ、冷却管３０５の制御温度設定値（つまり、冷却目標温度）を低くする。

- [0070] これにより、冷却管 305 の近傍の温度低下がガス流路まで伝達され、ガス流路温度がガス流路目標温度に近づく。
- [0071] 一方、ガス負荷（ガス流量）が減少すると、実際のガス流路温度が下降し、温度センサ 401 の測定温度（ガス流路測定温度）も下降する。したがって、制御装置 200 は、その測定温度の下降幅に応じた上昇幅だけ、冷却管 305 の制御温度設定値（つまり、冷却目標温度）を高くする。
- [0072] これにより、冷却管 305 の近傍の温度上昇がガス流路まで伝達され、ガス流路温度がガス流路目標温度に近づく。
- [0073] このように 2 つの温度センサ 401, 402 を使用することで、ガス負荷（ガス流量）の変動に追従して、少ない温度誤差でガス流路温度が調整される。
- [0074] 以上のように、上記実施の形態 1 によれば、冷却管 305 は、ガス流路の温度調整を行う。温度センサ 401 は、冷却管 305 よりガス流路に近い位置に配置されており、温度センサ 402 は、ガス流路より冷却管 305 に近い位置に配置されており、制御装置 200 は、温度センサ 401 のセンサ信号および温度センサ 402 のセンサ信号に基づいて、ガス流路の温度が所定のガス流路目標温度に近づくように冷却管 305（の開閉バルブ）を制御する。
- [0075] これにより、ガス流量が変動しても、オーバーシュートおよびアンダーシュートを抑制しつつ適切にガス流路温度が制御されるため、ガス流路温度が上述の許容範囲から外れにくく、温度管理に起因するガス流量の制限が軽減される。
- [0076] 実施の形態 2.
- [0077] 図 6 は、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を示す縦断面図である。
- [0078] 実施の形態 2 では、ネジ付スペーサ 131 において、ヒータ 304 が設置されるとともに、温度センサ 501, 502 が設置されている。
- [0079] 温度センサ 501 は、温度調整をしたいガス流路位置よりヒータ 304 に

近い位置に設置されており、温度センサ５０２は、ヒータ３０４よりガス流路に近い位置に設置されている。

[0080] そして、ガス負荷（ガス流量）が増加すると、実際のガス流路温度が上昇し、温度センサ４０１の測定温度（ガス流路測定温度）も上昇する。したがって、制御装置２００は、その測定温度の上昇幅に応じた下降幅だけ、ヒータ３０４の制御温度設定値（つまり、加熱目標温度）を低くする。

[0081] 一方、ガス負荷（ガス流量）が減少すると、実際のガス流路温度が下降し、温度センサ４０１の測定温度（ガス流路測定温度）も下降する。したがって、制御装置２００は、その測定温度の下降幅に応じた上昇幅だけ、ヒータ３０４の制御温度設定値（つまり、加熱目標温度）を高くする。

[0082] このように２つの温度センサ５０１，５０２を使用することで、ガス負荷（ガス流量）の変動に追従して、少ない温度誤差でガス流路温度が調整される。

[0083] 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と同様であるので、その説明を省略する。

[0084] 以上のように、上記実施の形態２によれば、温度調整手段としてのヒータ３０４に対応する２つの温度センサ５０１，５０２を使用することで、実施の形態１と同様に、ガス流量が変動しても、オーバーシュートおよびアンダーシュートを抑制しつつ適切にガス流路温度が制御されるため、ガス流路温度が上述の許容範囲から外れにくく、温度管理に起因するガス流量の制限が軽減される。

[0085] 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。

[0086] 例えば、実施の形態１において、実施の形態２と同様に、ヒータ３０４に対して２つの温度センサ５０１，５０２を設け、温度センサ５０１，５０２

のセンサ信号に基づいてヒータ 3 0 4 を制御するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

[0087] 本発明は、例えば、真空ポンプに適用可能である。

符号の説明

- [0088] 3 0 4 ヒータ（温度調整手段の一例）
 3 0 5 冷却管（温度調整手段の一例）
 4 0 1, 5 0 1 温度センサ（第 1 温度センサの一例）
 4 0 2, 5 0 2 温度センサ（第 2 温度センサの一例）

請求の範囲

- [請求項1] ロータの回転により吸気したガスを排出する真空ポンプにおいて、
 ガス流路の温度調整を行う温度調整手段と、
 前記温度調整手段より前記ガス流路に近い位置に配置された第1 温度センサと、
 前記ガス流路より前記温度調整手段に近い位置に配置された第2 温度センサと、
 前記第1 温度センサのセンサ信号および前記第2 温度センサのセンサ信号に基づいて、
 前記ガス流路の温度を所定のガス流路目標温度に近づくように前記温度調整手段を制御する制御装置と、
 を備えることを特徴とする真空ポンプ。
- [請求項2] 前記制御装置は、（a）前記第2 温度センサのセンサ信号に基づく測定温度が制御温度設定値に近づくように前記温度調整手段を制御することで、前記ガス流路の温度を所定のガス流路目標温度に近づけ、
 （b）前記第1 温度センサのセンサ信号に基づく測定温度に基づいて、前記温度調整手段の制御方法を変更す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] 前記制御装置は、前記第1 温度センサのセンサ信号に基づく測定温度に基づいて前記制御温度設定値を調整して、前記温度調整手段の制御方法を変更することを特徴とする請求項2 記載の真空ポンプ。