

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6398337号
(P6398337)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl.

F I

F O 4 D 19/04 (2006.01)

F O 4 D 19/04

C

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-115806 (P2014-115806)
 (22) 出願日 平成26年6月4日(2014.6.4)
 (65) 公開番号 特開2015-229949 (P2015-229949A)
 (43) 公開日 平成27年12月21日(2015.12.21)
 審査請求日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(73) 特許権者 000001993
 株式会社島津製作所
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 (74) 代理人 100084412
 弁理士 永井 冬紀
 (72) 発明者 筒井 慎吾
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 株式会社島津製作所内
 (72) 発明者 坪川 徹也
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 株式会社島津製作所内

審査官 岸 智章

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターボ分子ポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

動翼およびロータ円筒部を有するポンプロータと、
 前記動翼と対向する静翼と、
 前記ロータ円筒部と対向する円筒状ステータと、
 前記円筒状ステータを収容するベースと、
 前記円筒状ステータを加熱する加熱部と、を備え、
 前記円筒状ステータの外表面の放射率、及び、前記円筒状ステータに対向する部材であ
る前記ロータ円筒部の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面の放射率は、
前記動翼の外表面であって前記静翼と対向する外表面の放射率より小さく設定され、前記
円筒状ステータから前記ロータ円筒部への熱放射が抑制されている、ターボ分子ポンプ。

10

【請求項2】

請求項1に記載のターボ分子ポンプにおいて、
 前記円筒状ステータに対向する部材である前記ベース、前記動翼、及び、前記静翼のう
 ちの少なくとも1つは、前記円筒状ステータと対向する外表面の放射率が、前記動翼の外
表面であって前記静翼と対向する外表面の放射率より小さく設定され、前記円筒状ステー
タから前記円筒状ステータに対向する部材への熱放射が抑制されている、ターボ分子ポン
プ。

【請求項3】

請求項1または2に記載のターボ分子ポンプにおいて、

20

前記加熱部による前記円筒状ステータの加熱により、前記円筒状ステータの温度は、前記ポンプロータの温度よりも高くなるターボ分子ポンプ。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のターボ分子ポンプにおいて、

前記円筒状ステータの外表面の放射率、及び、前記円筒状ステータに対向する部材の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面の放射率は、0.3 以下であるターボ分子ポンプ。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のターボ分子ポンプにおいて、

前記動翼の外表面であって前記静翼と対向する外表面の放射率、及び、前記静翼の外表面であって前記動翼と対向する外表面の放射率は、0.5 以上であるターボ分子ポンプ。

10

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載のターボ分子ポンプにおいて、

前記円筒状ステータの外表面、及び、前記円筒状ステータに対向する部材の外表面であって前記ロータ円筒部と対向する外表面は、Ni メッキが施されている、又は、アルミニウム合金に外表面処理が施されていないターボ分子ポンプ。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載のターボ分子ポンプにおいて、

前記動翼の外表面であって前記静翼と対向する外表面、及び、前記静翼の外表面であって前記動翼と対向する外表面には、黒色 Ni メッキが施されている、又は、アルマイト処理が施されているターボ分子ポンプ。

20

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載のターボ分子ポンプにおいて、

熱伝導抑制部材をさらに備え、

前記円筒状ステータは、前記熱伝導抑制部材を介して前記ベースに取り付けられているターボ分子ポンプ。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載のターボ分子ポンプにおいて、

前記円筒状ステータの外表面の放射率、及び、前記円筒状ステータに対向する部材の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面の放射率は、前記円筒状ステータから前記円筒状ステータに対向する部材への放射による熱の移動を抑制する放射率であり、

30

前記動翼の外表面であって前記静翼と対向する外表面の放射率、及び、前記静翼の外表面であって前記動翼と対向する外表面の放射率は、前記動翼から前記静翼への放射による熱の移動を促進する放射率である、ターボ分子ポンプ。

【請求項 10】

動翼およびロータ円筒部を有するポンプロータと、

前記動翼と対向する静翼と、

前記ロータ円筒部と対向する円筒状ステータと、

前記円筒状ステータを収容するベースと、

前記円筒状ステータを加熱する加熱部と、を備え、

40

前記円筒状ステータの外表面の放射率、及び、前記円筒状ステータに対向する部材の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面の放射率は、前記動翼の外表面であって前記静翼と対向する外表面の放射率より小さく、

前記円筒状ステータに対向する部材は、前記ロータ円筒部、前記ベース、前記動翼、及び、前記静翼であり、

前記円筒状ステータは、アルミニウム合金に外表面処理が施されておらず、

前記ロータ円筒部の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面には、Ni メッキが施されており、

前記ベースの外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面、前記動翼の最下端の動翼の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面、及び、前記静翼の最下端

50

の静翼の外表面であって前記円筒状ステータと対向する外表面は、アルミニウム合金に外表面処理が施されていない、ターボ分子ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ターボ分子ポンプに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体製造装置や液晶製造装置等のチャンバ排気にはターボ分子ポンプ等の真空ポンプが用いられている。

10

【0003】

ターボ分子ポンプのポンプロータは磁気軸受によって非接触支持され高速回転する。ポンプロータは、プロセスガスなどと衝突し高温になる。そこで、クリープ変形による破断を避けるため、ポンプロータの外表面の放射率やポンプロータの周囲に配置されている静翼及び円筒状ステータの外表面の放射率を高くすることで、ポンプロータの放射による放熱量を高くすることがある。

【0004】

近年、半導体製造装置や液晶製造装置のエッチングプロセスにおいて、真空ポンプの円筒状ステータへの反応生成物付着量が増加し、真空ポンプのポンプロータが反応生成物と接触する可能性がある。また、装置稼働後に短期間でオーバーホールが必要となる。そのため、ポンプ内部温度（接ガス部の温度）を従来よりも大幅に高くして、反応生成物の付着を抑制するという要求が出てきている。

20

【0005】

ポンプ内部温度を高める方法としては、特許文献1に記載のような方法が知られている。特許文献1に記載の発明では、ポンプロータのロータ円筒部の外周に対向して配置される被加熱部材（ネジ溝ポンプ部の円筒状ステータに相当）を直接加熱するようにしている。

【0006】

特許文献1に記載されているような発明において、円筒状ステータや円筒状ステータの周辺の部材の外表面を高放射率にすると、円筒状ステータの温度が円筒状ステータの周辺の部材の温度よりも高い場合に、円筒状ステータから円筒状ステータの周辺の部材へ放射による熱移動が不必要に生じる。その結果、ポンプロータの温度が上昇する虞がある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第3160504号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

このように、円筒状ステータの反応生成物の堆積を防止し、かつ、円筒状ステータから円筒状ステータの周辺の部材への放射による熱の移動が抑制されるターボ分子ポンプが望まれていた。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の好ましい実施形態によるターボ分子ポンプは、動翼およびロータ円筒部を有するポンプロータと、動翼と対向する静翼と、ロータ円筒部と対向する円筒状ステータと、円筒状ステータを収容するベースと、円筒状ステータを加熱する加熱部と、を備え、円筒状ステータの外表面の放射率、及び、円筒状ステータに対向する部材であるロータ円筒部の外表面であって円筒状ステータと対向する外表面の放射率は、動翼の外表面であって静翼と対向する外表面の放射率より小さく設定され、円筒状ステータからロータ円筒部への

50

熱放射が抑制されている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、円筒状ステータの反応生成物の堆積を防止し、かつ、円筒状ステータから円筒状ステータの周辺の部材への放射による熱の移動が抑制される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一の実施形態のターボ分子ポンプの断面図。

【図2】本発明の一の実施形態、および、比較例1, 2における母材と表面処理と外表面の放射率を表にまとめた図。

【図3】本発明の一の実施形態、および、比較例1, 2におけるターボ分子ポンプの放射または伝導による熱の移動を示す模式図。

【図4】反応生成物の一例である $AlCl_3$ の蒸気圧曲線を示した図。

【図5】本発明の一の実施形態、および、比較例1, 2における各部の温度の一例を示した図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図を参照して本発明を実施するための形態について説明する。図1は本発明に係るターボ分子ポンプ1の断面を示す図である。ターボ分子ポンプ1は、複数段の動翼12およびロータ円筒部13が形成されたポンプロータ10を備える。ポンプケーシング23の内側には、複数段の動翼12に対応して複数段の静翼21が積層されるように配置されている。ポンプ軸方向に積層された複数段の静翼21は、それぞれスペーサ29を介してベース20上に配置されている。動翼12および静翼21の各々は、周方向に配置された複数のタービン翼から成る。なお、ベース20は2つの部分に分かれ、図示上方の部分ベース上部20A、図示下方の部分ベース下部20Bと呼ぶことにする。

【0013】

ロータ円筒部13の外周側には、円筒状ステータ22が隙間を介して配置されている。ロータ円筒部13の外周面または円筒状ステータ22の内周面のいずれか一方にはネジ溝が形成されており、ロータ円筒部13と円筒状ステータ22とでネジ溝ポンプを構成している。動翼12および静翼21により排気された気体分子は、ネジ溝ポンプ部によりさらに圧縮され、最終的には、ベース20に設けられた排気口26から排出される。

【0014】

ポンプロータ10にはロータシャフト11が固定され、そのロータシャフト11はラジアル磁気軸受32およびアキシャル磁気軸受33により支持され、モータ34によって回転駆動される。磁気軸受32, 33が非動作時には、ロータシャフト11はメカニカルベアリング35a, 35bによって支持される。ラジアル磁気軸受32, アキシャル磁気軸受33, モータ34およびメカニカルベアリング35bは、ベース20に固定されるベース下部20Bに収納されている。

【0015】

ベース20には、ベース20を加熱するためのヒータ27、ベース20を冷却するための水冷パイプ50、ベース20の温度を検出する温度センサ203が設けられている。

【0016】

円筒状ステータ22は、円筒状の熱伝導抑制部材24を介してベース20のベース上部20Aにボルト222で取り付けられ、ベース20内に収容されている。具体的には、円筒状ステータ22のフランジ部220の下面220aとベース上部20Aに設けられた凹部201によって、熱伝導抑制部材24が挟持されている。その上で円筒状ステータ22が、フランジ部220を介して、ベース上部20Aにボルト222で固定されている。円筒状ステータ22とベース上部20Aとの間には、両者が直接接触しないようにするための空隙が設けられている。これは、円筒状ステータ22とベース上部20Aとの間で伝導による熱の移動が生じないようにするためである。また、ボルト222は熱伝導率の低い

10

20

30

40

50

部材で作製されている。

【 0 0 1 7 】

円筒状ステータ 2 2 の下部外周面には、円筒状ステータ 2 2 を加熱する専用のステータ加熱部 2 8 が固定されている。ステータ加熱部 2 8 は、ベース 2 0 の周面を内外に貫通するように設けられている。ステータ加熱部 2 8 は、本体として熱伝導率の高いブロック 2 8 1 (ヒータブロック 2 8 1) を有している。ステータ加熱部 2 8 は、ブロック 2 8 1 に設けられた貫通孔にボルト 2 8 2 を挿設して、円筒状ステータ 2 2 にボルト 2 8 2 で上述のように固定されている。ステータ加熱部 2 8 のブロック 2 8 1 と円筒状ステータ 2 2 は、この固定によって、伝導による熱移動が容易に生じるようになっている。ブロック 2 8 1 内には、ヒータ 2 8 0 が設けられている。ヒータ 2 8 0 は、不図示の外部電源から供給される電力によって、発熱する。これによって、ステータ加熱部 2 8 は熱源となる。ステータ加熱部 2 8 で生じた熱は、円筒状ステータ 2 2 に伝導によって移動する。これによって、円筒状ステータ 2 2 の温度が上昇し、反応生成物の堆積が抑制される。

10

【 0 0 1 8 】

上述したように、ステータ加熱部 2 8 は円筒状ステータ 2 2 を専用に加熱するものなので、ステータ加熱部 2 8 で発生した熱がベース 2 0 に伝導で移動しないような構成となっている。具体的には、ステータ加熱部 2 8 とベース上部 2 0 A との間には断熱部材 4 1 が設けられ、ステータ加熱部 2 8 とベース下部 2 0 B との間には断熱部材 4 2 が設けられている。

【 0 0 1 9 】

20

このように、円筒状ステータ 2 2 は、ステータ加熱部 2 8 によって加熱され、また、熱伝導抑制部材 2 4 によってある程度冷却される他は、伝導による熱の移動は生じない。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、円筒状ステータ 2 2 、ロータ円筒部 1 3 、動翼 1 2 、静翼 2 1 、および、ベース 2 0 における、母材と、本発明の説明上対象となる外表面と、その外表面の表面処理と、放射率について示した表である。本発明の一の実施形態については、図 2 (a) に示している。なお、図 2 (b) は、後述する比較例 1 、 2 についてのものである。円筒状ステータ、ロータ円筒部、動翼、静翼、および、ベースの母材は、本実施形態、比較例 1 、 2 のいずれにおいても、アルミ合金である。

【 0 0 2 1 】

30

図 3 (c) は、図 1 に示すターボ分子ポンプ 1 の図示右方を示した模式図であり、本実施形態における熱の移動を示したものである。なお、図 3 (a) 、 (b) は、それぞれ、後述する比較例 1 、 2 における熱の移動を示したものである。

【 0 0 2 2 】

図 2 (a) と図 3 (c) を用いて、本実施形態における外表面の状態と熱の移動を説明する。

【 0 0 2 3 】

図 2 (a) は、円筒状ステータ 2 2 が、円筒状ステータ 2 2 の周辺部材であるロータ円筒部 1 3 、動翼 1 2 、静翼 2 1 、および、ベース 2 0 よりも高温となった場合に、円筒状ステータ 2 2 から周辺部材への放射による熱の移動が抑制されるような放射率になっている。円筒状ステータ 2 2 が周辺部材よりも高温になる場合とは、円筒状ステータ 2 2 を熱伝導抑制部材 2 4 によって、熱的に隔離した上で、ステータ加熱部 2 8 によって、円筒状ステータ 2 2 を加熱することで実現できる。「熱的に隔離」とは、熱伝導抑制部材 2 4 によって、図 3 (c) の H 1 1 に示すような熱の伝導を抑制することを意味する。

40

【 0 0 2 4 】

ここで、熱の放射について説明する。ある物体 1 からある物体 2 への放射による熱は、以下の式 (1) で表される。なお、物体 1 の温度は、物体 2 の温度より高い。

【数 1】

$$\text{【数 1】 } Q \propto \varepsilon' \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad \dots(1)$$

(ステファン・ボルツマンの式)

ただし、 Q は放射熱 (W) であり、 ε' は平均放射率であり、 A は伝熱断面積 (cm^2) であり、 T_1 は物体 1 の温度 ($^{\circ}\text{K}$) であり、 T_2 は物体 2 の温度 ($^{\circ}\text{K}$) である。物体 1 の温度は、物体 2 の温度より高いので、 T_1 は T_2 より大きい値である。

平均放射率 ε' は、物体 1 の放射率 ε_1 と、物体 2 の放射率 ε_2 と、物体 1 と物体 2 の位置関係から求められる。物体 1 と物体 2 の位置関係がどのようになっているいても、放射率 ε_1 が低ければ低いほど、そして、放射率 ε_2 が低ければ低いほど、平均放射率 ε' は低くなる。よって、このことと式 (1) より、放射率 ε_1 が低ければ低いほど、そして、放射率 ε_2 が低ければ低いほど、物体 1 から物体 2 への放射による熱量は少なくなる。

10

【0025】

一例として、物体 1 と物体 2 が平行平面の位置関係にある場合は、以下の式 (2) で平均放射率 ε' は表される。

【数 2】

$$\text{【数 2】 } \varepsilon' = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 + \varepsilon_1 - \varepsilon_1 \varepsilon_2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad \dots(2)$$

20

以上の式 (2) から理解されるように、物体 1 の放射率 ε_1 が低いほど、物体 2 の放射率 ε_2 が低いほど、平均放射率 ε' は低くなる。

【0026】

なお、本明細書では、放射率 $\varepsilon = 0.5$ を境界にして、 $\varepsilon = 0.5$ 以上であれば、「高放射率」、 $\varepsilon = 0.5$ より低ければ、「低放射率」と呼ぶことにする。

【0027】

図 2 (a) に示すように、本実施形態において、円筒状ステータ 22 はアルミ合金で作製され、全ての外表面 S3 (図 3 (c) 参照) において表面処理がなされていない。すなわち、円筒状ステータ 22 の外表面は、アルミ合金そのものである。このようにすることで、円筒状ステータ 22 の放射率を 0.1 以下という低放射率にすることができる。なお、外表面 S3 は、円筒状ステータ 22 の外表面のうち、ロータ円筒部 13 と対向する外表面 S3A、動翼 12 と対向する外表面 S3B、静翼 21 と対向する外表面 S3C、ベース 20 と対向する外表面 S3D を含んだ、円筒状ステータ 22 の全ての外表面である。

30

【0028】

本実施形態では、ロータ円筒部 13 の外表面であって円筒状ステータ 22 と対向する外表面 S4 (図 3 (c) 参照) には、Ni メッキが施されている。Ni メッキが施されることで、当該外表面の放射率を 0.2 という低放射率にすることができる。なお、Ni メッキが施されることで、プロセスガスによる腐食を防止することができる。

40

【0029】

以上より、図 3 (c) に示すように、外表面 S3A、S4 を低放射率にしたことで、円筒状ステータ 22 からロータ円筒部 13 への放射による熱 H4 の移動は抑制される。

【0030】

本実施形態では、ベース 20 の外表面であって円筒状ステータ 22 と対向する外表面 S7 には、表面処理が施されておらず、母材であるアルミ合金が外表面となっている。これによって、以上に示した当該外表面の放射率を 0.1 以下とすることができる。外表面 S3D、S7 を低放射率にしたことで、円筒状ステータ 22 からベース 20 への放射による熱 H7 ~ H9 の移動は抑制される。

【0031】

50

動翼 1 2 の最下端の動翼 1 2 S (下端動翼 1 2 S) の外表面であって円筒状ステータ 2 2 と対向する外表面 S 5 (図 3 (c) 参照) には、表面処理が施されておらず、母材であるアルミ合金が外表面となっている。外表面 S 3 B、S 5 を低放射率にしたことで、円筒状ステータ 2 2 から動翼 1 2 への放射による熱 H 5 の移動は抑制される。下端動翼 1 2 S は、静翼 2 1 と対向しない外表面を有するので、当該外表面を低放射率とすることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

静翼 2 1 の最下端の静翼 2 1 S (下端静翼 2 1 S) の外表面であって円筒状ステータ 2 2 と対向する外表面 S 6 (図 3 (c) 参照) には、表面処理が施されておらず、母材であるアルミ合金が外表面となっている。外表面 S 3 C、S 6 を低放射率にしたことで、円筒状ステータ 2 2 から静翼 2 1 への放射による熱 H 6 の移動は抑制される。動翼 2 1 がポンプケーシング 2 3 の内周面まで設けられないために、下端静翼 2 1 S は、動翼 2 1 と対向しない外表面を有するので、当該外表面を低放射率とすることが好ましい。

10

【 0 0 3 3 】

このように、円筒状ステータ 2 2 の外表面 S 3 の放射率と、円筒状ステータ 2 2 の周辺部材の外表面であって円筒状ステータ 2 2 と対向する外表面 S 4 ~ S 7 の放射率を、低放射率とすることで、円筒状ステータ 2 2 から周辺部材への放射による熱の移動を抑制することができる。

【 0 0 3 4 】

円筒状ステータ 2 2 の外表面 S 3 A ~ S 3 D の放射率を低くしたことで、本実施形態において、ポンプロータ 1 0 の熱は、図 3 (c) の矢印 H 1、H 2 で示すように、主に動翼 1 2 から静翼 2 1 に向けて放熱されることで移動させる必要がある。

20

【 0 0 3 5 】

そのため、本実施形態では、動翼 1 2 の外表面であって静翼 2 1 と対向する外表面 S 1 には、黒色 N i メッキが施されている。これによって、当該外表面の放射率を 0 . 7 という高放射率とすることができる。静翼 2 1 の外表面であって動翼 1 2 と対向する外表面 S 2 には、アルマイト処理が施されている。これによって、以上に示した当該外表面の放射率を 0 . 9 という高放射率とすることができる。その結果、動翼 1 2 から静翼 2 1 への放射による熱 H 1 の量が増加する。また、黒色 N i メッキを用いたことで、プロセスガスによる動翼 1 2 の腐食を防止することができる。

30

【 0 0 3 6 】

なお、動翼 1 2 から静翼 2 1 へ移動した熱 H 1 は、熱 H 1 3 で示すようにポンプケーシング 2 3 に伝導し、熱 H 1 0 で示すようにポンプケーシング 2 3 からベース 2 0 に伝導し、水冷パイプ 5 0 に移動する。

【 0 0 3 7 】

円筒状ステータ 2 2 から熱伝導抑制部材 2 4 を伝導してベース 2 0 に伝導する僅かな熱 H 1 1 や、円筒状ステータ 2 2 からベース 2 0 へ放熱された僅かな熱 H 7 ~ H 9 も、ベース 2 0 内を伝導し、水冷パイプ 5 0 に移動する。

【 0 0 3 8 】

以上、本発明によれば、以下の作用効果を奏する。

40

(1) ターボ分子ポンプ 1 は、動翼 1 2 およびロータ円筒部 1 3 を有するポンプロータ 1 0 と、動翼 1 2 と対向する静翼 2 1 と、ロータ円筒部 1 3 と対向する円筒状ステータ 2 2 と、円筒状ステータ 2 2 を収容するベース 2 0 と、円筒状ステータ 2 2 を加熱するステータ加熱部 2 8 と、を備える。

円筒状ステータ 2 2 の外表面 S 3 の放射率、及び、円筒状ステータ 2 2 に対向する周辺部材であるロータ円筒部 1 3、ベース 2 0、動翼 1 2、及び、静翼 2 1 の外表面であって円筒状ステータ 2 2 と対向する外表面 S 4、S 7、S 5、S 6 の放射率は、動翼 1 2 の外表面であって静翼 2 1 と対向する外表面 S 1 の放射率より小さい。

【 0 0 3 9 】

(1 A) 上記構成を有することで、円筒状ステータ 2 2 から周辺部材であるロータ円筒部

50

13、ベース20、動翼12、及び、静翼21への熱放射を抑制でき、円筒状ステータ22を高温に維持できるので、円筒状ステータ22に反応生成物が堆積することを防止できる。

【0040】

(1B) 周辺部材であるロータ円筒部13、動翼12、及び、静翼21に関する上記構成を有することで、円筒状ステータ22の温度が周辺部材であるロータ円筒部13、動翼12、及び、静翼21の温度よりも高い場合に、動翼12から静翼21への熱H1の移動を盛んにして、円筒状ステータ22から周辺部材であるロータ円筒部13、動翼12、及び、静翼21への放射による熱H4、H5、H6の移動を抑制して、ポンプロータ10の温度上昇を抑制できる。その結果、ポンプロータ10のクリープ変形によって、ポンプロータ10が静翼21や円筒状ステータ22と接触し、それらが破断することを防止することができる。

10

【0041】

(1C) 周辺部材の1つであるベース20に関する上記構成を有することで、円筒状ステータ22が外部に余計な熱を放出することを抑制でき、ステータ加熱部28が余計な電力を消費しなくて済む。また、円筒状ステータ22からベース20が余計な熱を受けることを抑制できる。円筒状ステータ22からベース20への熱放射を抑制でき、円筒状ステータ22を高温に維持できるので、円筒状ステータ22に反応生成物が堆積することを防止できる。

【0042】

20

(2) ステータ加熱部28によって、円筒状ステータ22の温調温度は、ポンプロータ10の温調温度よりも高い場合が生じることがあるが、このような場合でも、円筒状ステータ22からの熱H4に起因するポンプロータ10の温度上昇を抑制することができる。その結果、ポンプロータ10のクリープ変形によって、ポンプロータ10が静翼21や円筒所ステータ22と接触し、それらが破断することを防止することができる。

【0043】

(3) 母材をアルミ合金にして、表面処理を施さない場合は、その外表面の放射率は、0.1以下という低放射率にすることができる。

【0044】

(4) Niメッキを施した外表面の放射率は、0.2という低放射率にすることができる。また、Niメッキを施すと、プロセスガスによる腐食に対する耐食性が向上する。

30

【0045】

(5) 黒色Niメッキを施した外表面の放射率は、0.7という高放射率にすることができる。また、黒色Niメッキを施すと、プロセスガスによる腐食に対する耐食性が向上する。

【0046】

(6) 母材をアルミ合金にして、アルマイト処理を外表面に施すと、その外表面の放射率は0.9という高放射率にすることができる。

【0047】

(7) 円筒状ステータ22は、熱伝導抑制部材24を介して、ベース20に取り付けられている。これによって、円筒状ステータ22を熱的に隔離することができ、円筒状ステータ22の温度変化を抑制することができる。その結果、ステータ加熱部28によって円筒状ステータ22が加熱されて円筒状ステータ22の温度が高くなった場合には、円筒状ステータ22の温度が高いというその状態を容易に維持することができる。

40

【0048】

ここで、本実施形態のターボ分子ポンプ1を、比較例1のターボ分子ポンプ1A、及び、比較例2のターボ分子ポンプ1Bと対比して、反応生成物への対策、及び、構成の違いからくる熱の移動について、図2～図5を用いて説明する。

【0049】

比較例1のターボ分子ポンプ1Aは、図3(a)に示すように、円筒状ステータ22と

50

ベース 20 が直接接続されている。すなわち、熱伝導抑制部材 24 を有していない。さらに、円筒状ステータ 22 を専用に加熱するステータ加熱部 28 を有していない。また、比較例 1 のターボ分子ポンプ 1 A は、図 2 (b) に示すように、円筒状ステータ 22 、ロータ円筒部 13 、動翼 12 、静翼 21 、および、ベース 20 の母材がアルミ合金で、本実施形態において対象とした外表面が黒色 Ni メッキされている。

【 0050 】

比較例 2 のターボ分子ポンプ 1 B は、図 3 (b) に示すように、本実施形態と同様に、円筒状ステータ 22 が熱伝導抑制部材 24 を介してベース 20 に取り付けられている。さらに、本実施形態と同様に、円筒状ステータ 22 を専用に加熱するステータ加熱部 28 を有している。また、比較例 1 のターボ分子ポンプ 1 A は、図 2 (b) に示すように、円筒状ステータ 22 、ロータ円筒部 13 、動翼 12 、静翼 21 、および、ベース 20 の母材がアルミ合金で、本実施形態において対象とした外表面が黒色 Ni メッキされている。

10

【 0051 】

図 4 は、反応生成物の一例である塩化アルミニウム ($AlCl_3$) の蒸気圧曲線を示している。この蒸気圧曲線よりも図示上方の領域では、塩化アルミニウムは気体となる。反対に、この蒸気圧曲線よりも図示下方の領域では、塩化アルミニウムは固体となり、堆積物として堆積する。

【 0052 】

図 5 は、図 4 に示される蒸気圧曲線に追加して、比較例 1 、比較例 2 、本実施形態の、静翼 12 と円筒状ステータ 21 の各部位の温度の一例を示したものである。ヒータ 27 、水冷パイプ 50 によるベース 20 の温調温度は 75 とし、ステータ加熱部 28 による温調温度は 130 とし、ロータの許容温度は 120 とする。なお、最上段静翼とは、ターボ分子ポンプ 1 の吸気口に最も近い段の静翼 21 である。最下段静翼とは、ターボ分子ポンプ 1 の排気口に最も近い段の静翼 21 である。中間段静翼とは、最上段静翼と最下段静翼の中間に位置する段の静翼 21 である。円筒状ステータ入口とは、円筒状ステータ 22 の吸気口側端部を意味している。円筒状ステータ出口とは、円筒状ステータ 22 の排気口側端部を意味している。

20

【 0053 】

図 5 において、比較例 1 では、円筒状ステータ出口における圧力に対する温度が蒸気圧曲線に接近している。すなわち、比較例 1 のターボ分子ポンプ 1 A の円筒状ステータ 22 の排気口側端部は、塩化アルミニウムが堆積しやすい状況にある。そこで、比較例 2 のように、円筒状ステータ 22 を熱的に隔離し、さらに、ステータ加熱部 28 を設けることで、円筒状ステータ 22 の温度を上昇させ、塩化アルミニウムを堆積しにくくすることができる。

30

【 0054 】

しかし、ここで問題が生じる。図 3 (a) に示すように、比較例 1 のときは、ポンプロータ 10 が最も温度が高い。そのため、図 2 (b) に示すように、円筒状ステータ 22 、ロータ円筒部 13 、動翼 12 、静翼 21 、および、ベース 20 の外表面 S1 ~ S7 を黒色 Ni メッキとすることで、ポンプロータ 10 の放射による熱 H1、H4、H5、H6 の移動を盛んにすることが好ましい。

40

【 0055 】

ところが、図 3 (b) に示すように、比較例 2 においては、円筒状ステータ 22 が、ポンプロータ 10 よりも温度が高い場合がある。この場合、円筒状ステータ 22 が熱源となって、周辺部材の外表面 S4 ~ S7 に放射による熱 H4 ~ H9 の移動を盛んに行ってしまう。そのため、ポンプロータ 10 の温度が許容温度である 120 を超えるという問題が生じる。また、放射熱 H4 に起因するポンプロータ 10 内の伝導による熱の移動 H3 によって、動翼 12 から静翼 21 への放射による熱 H1 が増加することになり、動翼 12 から静翼 21 へ放熱できる許容熱量を超える虞もある。

【 0056 】

そこで、本実施形態では、図 3 (c) に示すように、外表面 S3 ~ S7 の放射率を低く

50

して、円筒状ステータ２２から周辺部材への放射による熱 $H_4 \sim H_9$ を抑制し、かつ、外表面 S_1 、 S_2 の放射率は、依然として高くして、動翼１２から静翼２１へ放射によって移動する熱 H_1 の量を多くすることで、ポンプロータ１０の温度上昇を抑制し、かつ、反応生成物の堆積を防止できる。

【００５７】

次のような変形（Ａ）～（Ｄ）も本発明の範囲内である。

【００５８】

（Ａ）以上に示したステータ加熱部２８は、ステータ温調部としてもよい。すなわち、ブロック２８１にヒータ２８０だけでなく、水冷パイプまたは油冷パイプを設けるようにしてもよい。これによって、円筒状ステータ２２の温度調整がより容易になる。

10

【００５９】

（Ｂ）以上では、円筒状ステータ２２の外表面（さらには、ベース２０、動翼１２、静翼２１の各外表面であって円筒状ステータ２２と対向する外表面）には表面処理を施さなかったが、 Ni メッキを施すようにしてもよい。 Ni の放射率は０．２程度と比較的低いため、円筒状ステータ２２から周囲へ向けての放射による熱移動は抑制される。また、円筒状ステータ２２の外表面に Ni メッキを施すことで耐腐食性が付与され、プロセスガスによる腐食に対する耐久性が向上する。

【００６０】

（Ｃ）以上では、ロータ円筒部１３の外表面であって円筒状ステータ２２と対向する外表面には Ni メッキを施したが、ロータ円筒部１３の母材がアルミ合金であれば、表面処理を施さなくてもよい。この場合、ロータ円筒部１３の外表面の放射率は０．１以下と比較的低いため、円筒状ステータ２２からの放射による熱を受けにくくすることができる。

20

【００６１】

（Ｄ）以上では、静翼２１の外表面であって動翼１２と対向する外表面にはアルマイト処理を施したが、アルマイト処理の代わりに黒色 Ni メッキを施してもよい。黒色 Ni メッキとすることで高放射率で且つ耐食性に優れた外表面となる。動翼１２の外表面であって静翼２１と対向する外表面には黒色 Ni メッキを施したが、アルマイト処理を施してもよい。

【００６２】

本発明は以上に示した内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

30

【符号の説明】

【００６３】

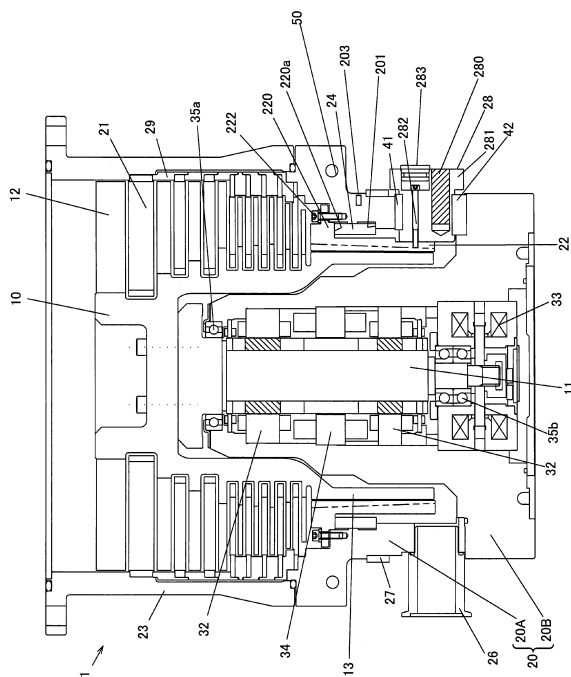
- １：ターボ分子ポンプ
- １０：ポンプロータ
- １１：ロータシャフト
- １２：動翼
- １３：ロータ円筒部
- ２０：ベース
- ２０Ａ：ベース上部
- ２０Ｂ：ベース下部
- ２１：静翼
- ２２：円筒状ステータ
- ２３：ポンプケーシング
- ２４：熱伝導抑制部材
- ２６：排気口
- ２７：ヒータ
- ２８：ステータ加熱部
- ２９：スペーサ
- ３２：ラジアル磁気軸受

40

50

- 3 3 : アキシアル磁気軸受
 3 4 : モータ
 3 5 a : メカニカルベアリング
 3 5 b : メカニカルベアリング
 4 1 : 断熱部材
 4 2 : 断熱部材
 5 0 : 水冷パイプ
 2 0 1 : 凹部
 2 0 3 : 温度センサ
 2 2 0 : フランジ部
 2 2 0 a : 下面
 2 2 2 : ボルト
 2 8 0 : ヒータ
 2 8 1 : ブロック (ヒータブロック)
 2 8 2 : ボルト

【図 1】



【図 1】

【図 2】

本実施形態			
母材	対象となる外表面	左側に位置する外表面の表面処理	放射率
円筒状ステータ	アルミ合金	全ての外表面	$\epsilon \leq 0.1$
ロータ円筒部	アルミ合金	表面処理なし	$\epsilon \leq 0.1$
動翼	アルミ合金	円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon = 0.2$
		静翼と対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
静翼	アルミ合金	円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon \leq 0.1$
		動翼と対向する外表面	$\epsilon = 0.9$
ベース	アルミ合金	円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon \leq 0.1$
		表面処理なし	$\epsilon \leq 0.1$

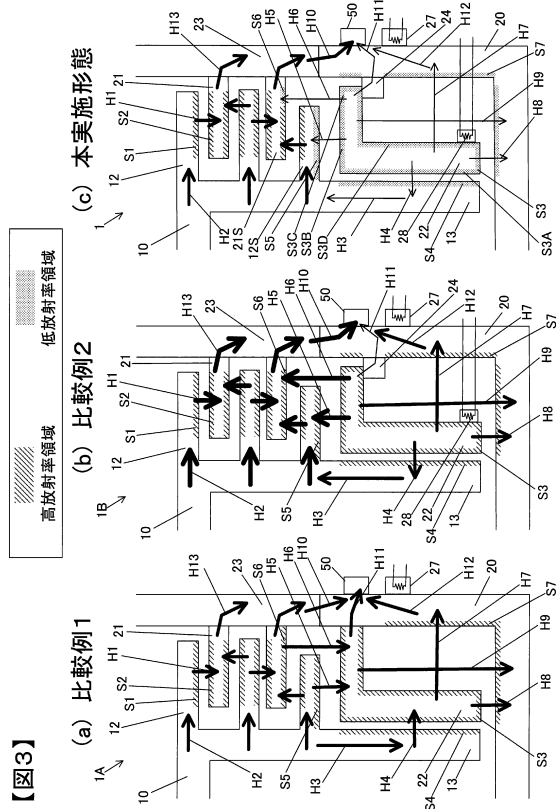
比較例 1、比較例 2			
母材	対象となる外表面	右側に位置する外表面の表面処理	放射率
円筒状ステータ	アルミ合金	全ての外表面	$\epsilon = 0.7$
ロータ円筒部	アルミ合金	円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
動翼	アルミ合金	静翼と対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
		円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
静翼	アルミ合金	動翼と対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
		円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
ベース	アルミ合金	円筒状ステータと対向する外表面	$\epsilon = 0.7$
		表面処理なし	$\epsilon = 0.7$

(a)

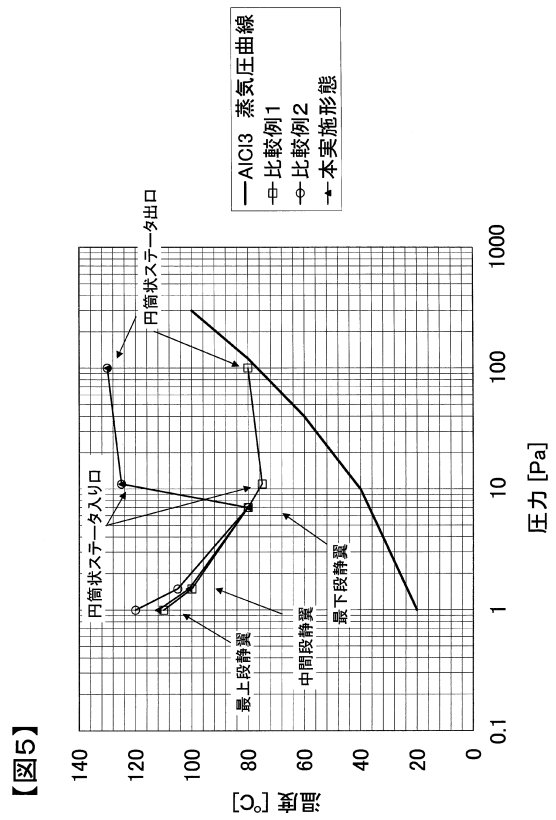
(b)

【図 2】

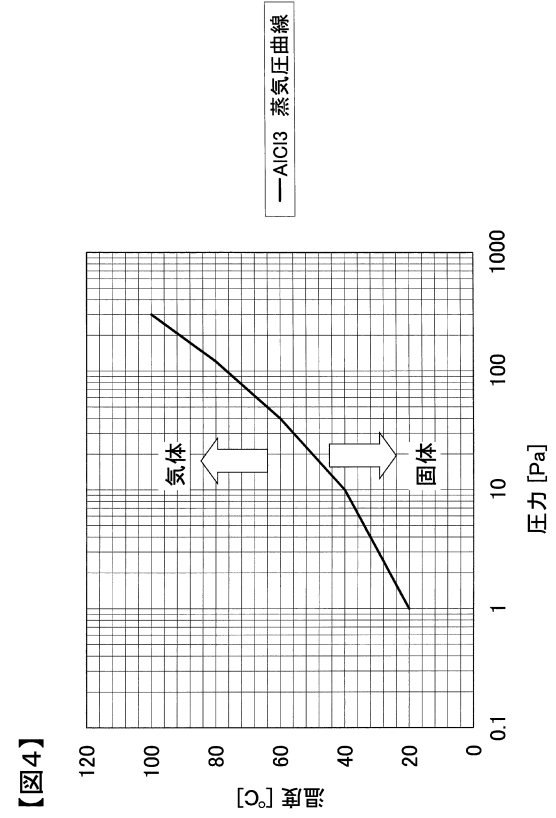
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第3160504(JP, B2)
特開2002-180988(JP, A)
国際公開第2011/024261(WO, A1)
特開2010-112202(JP, A)
特開2000-161286(JP, A)
実開平06-012794(JP, U)
特開2007-262581(JP, A)
特開2004-176585(JP, A)
特開2006-037951(JP, A)
国際公開第2014/045438(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F04D 19/04