

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3985023号  
(P3985023)

(45) 発行日 平成19年10月3日(2007.10.3)

(24) 登録日 平成19年7月20日(2007.7.20)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>F 0 4 C</b>	<b>2/10</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 4 C	2/10	3 2 1 Z
<b>F 1 6 C</b>	<b>31/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 C	31/02	

請求項の数 3 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2001-79595 (P2001-79595)	(73) 特許権者	596139476 勝倉 彰三 福井県鯖江市三六町2丁目3番1号
(22) 出願日	平成13年3月19日(2001.3.19)	(74) 代理人	100075557 弁理士 西教 圭一郎
(65) 公開番号	特開2002-276658 (P2002-276658A)	(74) 代理人	100101638 弁理士 廣瀬 峰太郎
(43) 公開日	平成14年9月25日(2002.9.25)	(74) 代理人	100100479 弁理士 竹内 三喜夫
審査請求日	平成15年1月24日(2003.1.24)	(73) 特許権者	502068403 勝倉 幹根 福井県鯖江市三六町2丁目3番1号
前置審査		(74) 代理人	100075557 弁理士 西教 圭一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポンプ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

吸入ポートおよび吐出ポートを連通する流体の流路が形成されるハウジングと、ハウジング内に設けられる回転軸と、アモルファスカーボンから成り、流体の流路に露出してハウジングに設けられ、回転軸を回転自在に支持する滑り軸受部材と、回転軸を回転駆動するための駆動手段と、回転軸に連結され、流体を吐出するためのポンプ本体とを含み、駆動手段は、流体の流路に嵌まり込んで回転軸に設けられるロータ、およびハウジングの外部にロータを外囲して設けられるステータとを有し、ポンプ本体は、トロコイドギヤポンプであり、流体の流路の中途部に介在され、そのインナーギヤおよびアウターギヤがアモルファスカーボンから成ることを特徴とするポンプ装置。

【請求項2】

滑り軸受部材と回転軸との半径方向の隙間が  $0.75 \mu\text{m}$  以上  $2 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項1に記載のポンプ装置。

【請求項3】

滑り軸受部材は、ポンプ本体より流路を流れる流体の流下方向上流側に配設されていることを特徴とする請求項1または2に記載のポンプ装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は、回転軸などの可動部材を変位自在に支持する部材を備えるポンプ装置に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来技術 】

人工衛星および宇宙ステーションなどの宇宙機をはじめ、宇宙空間で用いられる機器は、各種の駆動機構を有しており、これらの駆動機構には、転がり軸受装置、ボールねじ装置およびリニアガイド装置などの可動部材を変位自在に支持する装置が用いられている。地球上で用いられるこれらの装置では、潤滑剤としてふっ素グリースが用いられるが、宇宙空間では蒸発して各種機器の汚損および放射線による分解が原因となつて用いることができないので、宇宙空間で用いられる機器の支持装置では、トルクが低く安定性のある二酸化モリブデン、鉛または銀が用いられている。

10

## 【 0 0 0 3 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

上記のように宇宙空間で用いられる機器、特に人工衛星および宇宙ステーションなどの長期にわたつて用いられる機器は、部品の交換が極めて困難であり、高い耐久性が要求され、このような機器に設けられる可動部材を支持する装置は、故障を少なくするために構成を簡単にするのが望まれ、また経年変化による性能低下を防ぐために潤滑剤が不要な構成が望まれる。

20

## 【 0 0 0 5 】

また本発明の目的は、簡単な構成であり、かつ潤滑剤が不要な回転軸を支持する軸受構造体を備えるポンプ装置を提供することである。

## 【 0 0 0 8 】

## 【 課題を解決するための手段 】

請求項1記載の本発明は、吸入ポートおよび吐出ポートを連通する流体の流路が形成されるハウジングと、

ハウジング内に設けられる回転軸と、

アモルファスカーボンから成り、流体の流路に露出してハウジングに設けられ、回転軸を回転自在に支持する滑り軸受部材と、

30

回転軸を回転駆動するための駆動手段と、

回転軸に連結され、流体を吐出するためのポンプ本体とを含み、

駆動手段は、流体の流路に嵌まり込んで回転軸に設けられるロータ、およびハウジングの外部にロータを外囲して設けられるステータとを有し、

ポンプ本体は、トロコイドギヤポンプであり、流体の流路の中途部に介在され、そのインナーギヤおよびアウターギヤがアモルファスカーボンから成ることを特徴とするポンプ装置である。

## 【 0 0 0 9 】

本発明に従えば、駆動手段によって回転軸を駆動し、回転軸に連結されるポンプ本体を駆動して流体を吐出することができる。回転軸は、滑り軸受部材を有する軸受装置によって回転自在に支持される。滑り軸受部材は、アモルファスカーボンから成り、流路に露出してハウジングに設けられている。アモルファスカーボンは、耐摩耗性が高く、かつ流体の種類に関わらず潤滑剤として利用することができる。このアモルファスカーボンから成る滑り軸受部材を用いることによって、流路を流れる流体を潤滑剤として用いることができ、回転軸と滑り軸受部材との間に介在させることによって、回転軸に対して円滑に摺動して、回転軸を円滑に回転できるように支持することができる。したがって簡単な構成で、かつ流体を潤滑剤として使用する回転軸を支持する軸受装置を得ることができ、ポンプ装置の耐久性を高くすることができる。

40

## 【 0 0 1 1 】

また本発明に従えば、駆動手段によって回転軸を駆動し、回転軸に連結されるポンプ本

50

体を駆動して、吸入ポートから吸入した流体を、流路を流下させて吐出ポートから吐出することができる。回転軸は、滑り軸受部材を有する軸受装置によって回転自在に支持される。滑り軸受部材は、アモルファスカーボンから成り、流路に露出してハウジングに設けられている。またポンプ本体は、トロコイドギヤポンプであり、流体の流路の中途部に介在され、そのインナーギヤおよびアウターギヤがアモルファスカーボンから成る。アモルファスカーボンは、耐摩耗性が高くかつ流体の種類に関わらず潤滑剤として利用することができる。このアモルファスカーボンから成る滑り軸受部材、インナーギヤおよびアウターギヤを用いることによって、流体を潤滑剤として用いることができる。これによってすべり軸受部材は、回転軸との間に流体が介在させて、回転軸を円滑に摺動させることができ、インナーギヤとアウターギヤとの間に流体を介在させることによって、インナーギヤとアウターギヤとを円滑に摺動させることができる。したがって簡単な構成で、かつ流体を潤滑剤として使用する回転軸を支持するポンプ装置を得ることができ、ポンプ装置の耐久性を高くすることができる。

10

## 【0012】

さらに回転軸、滑り軸受部材およびロータが流体の流路に嵌まり込んでおり、これらの回転軸、滑り軸受部材およびロータを冷却することができ、ポンプの安定した性能を維持することができる。アモルファスカーボンは、高い耐薬品性を有しているので、このように流体の流路に嵌まり込む構成としても損傷することがない。このように回転軸、滑り軸受部材およびロータが流体の流路に設ける構成とすることによって、ポンプ装置全体の流体の漏れに対するシール特性を良好にできるうえ、シール構造も簡単にでき、ポンプ装置を小形にすることができる。

20

## 【0013】

さらに滑り軸受部材を流路に嵌まり込むように設け、トロコイドギヤポンプを流路の中途部に介在されることによって、流体を滑り軸受部材と回転軸との間、およびインナーギヤとアウターギヤとの間に浸入させることができる。滑り軸受部材、インナーギヤおよびアウターギヤをアモルファスカーボンによって形成することによって、流体の種類に拘わらず、滑り軸受部材と回転軸との間、およびインナーギヤとアウターギヤとの間に浸入した流体を、良好な潤滑剤として利用することができる。したがって流体を潤滑剤として介在させた状態の滑り軸受部材と回転軸との間の摩擦係数を、潤滑剤を用いない場合に比べて格段に小さくし、さらに円滑な回転軸の回転を達成することができる。

30

請求項2記載の本発明は、滑り軸受部材と回転軸との半径方向の隙間が0.75 μm以上2 μm以下であることを特徴とする。

本発明に従えば、滑り軸受部材と回転軸との間の隙間が0.75 μm以上2 μm以下に選ばれ、毛細管現象によって、流路の流体がこの隙間に侵入する。これによって滑り軸受部材と回転軸との間に流体を侵入させ、介在させることができ、流体を潤滑剤として回転軸に対して円滑に摺動して、回転軸を円滑に回転できるように支持することができる。

請求項3記載の本発明は、滑り軸受部材は、ポンプ本体より流路を流れる流体の流下方向上流側に配設されていることを特徴とする。

本発明に従えば、滑り軸受部材は、ポンプ本体よりも流体の流下方向上流側にあり、ポンプ本体によって圧縮される前の状態で、滑り軸受部材を冷却することができ、安定した良好な冷却効果が得られる。

40

本発明のポンプ装置は、宇宙空間で使用してもよい。

このような構成に従えば、磨耗度が小さく、長期にわたって用いても、磨耗粉が出て、流体を汚損したり、寸法が変化したりすることがなく、メンテナンス無しで、長期にわたって、円滑な安定した回転を実現することができる。したがって部品交換などのメンテナンスが困難な宇宙空間で用いられる機器に好適に搭載することができ、耐久性を高くすることができる。

## 【0014】

## 【発明の実施の形態】

図1は、本発明の実施の一形態のポンプ装置1を示す断面図であり、図2は、図1の上方

50

からポンプ装置 1 を見て示す断面図であり、図 3 は、図 1 の左方からポンプ装置 1 を見て示す左側面図であり、図 4 は、図 1 の右方からポンプ装置 1 を見て示す右側面図である。ポンプ装置 1 は、人工衛星および宇宙ステーションなどの宇宙機をはじめ、成層圏外の宇宙空間で用いられる機器に搭載され、機器に搭載される他の装置などとの間で熱交換をして冷却するための冷媒を、循環させるための装置である。ポンプ装置 1 は、冷媒の流路 2 が形成されるハウジング 3 と、ハウジング 3 内に設けられる回転軸 4 と、回転軸 4 を回転自在に支持する滑り軸受部材 5 を有する軸受構造体 6 と、ロータ 7 およびステータ 8 を有するモータ 9 と、回転軸 4 に連結されるポンプ本体 10 とを含む。冷媒には、地球環境保全のために、フロンガスを用いずに、液体アンモニアが用いられる。

【 0 0 1 5 】

ハウジング 3 は、図 5 および図 6 に示す筒部材 11 と、図 7、図 8、図 9 および図 10 に示すポンプ室形成部材 12 と、図 11、図 12 および図 13 に示す吸入ポート形成部材 13 と、図 14 および図 15 に示す吐出ポート形成部材 14 とが、組付けられて構成される。筒部材 11 は、薄肉円筒状であり、軸線方向両端部 15, 16 には、周方向に間隔をあけて複数、たとえば 3 つの透孔 17, 18 がそれぞれ形成されている。

【 0 0 1 6 】

ポンプ室形成部材 12 には、軸線方向一端部 19 に、軸線方向に開放する嵌合凹所 20 が形成され、この嵌合凹所 20 に軸線方向他端部 21 側で連なる内周面形状が円筒状のポンプ室 22 が形成される。嵌合凹所 20 は、ポンプ室形成部材 12 の軸線 L12 と同軸であり、ポンプ室 22 は、嵌合凹所 20 よりも小径であって、ポンプ室形成部材 12 の軸線 L12 からずれて偏心して形成される。

【 0 0 1 7 】

またポンプ室形成部材 12 には、軸線方向他端部 21 に、軸線方向に開放する軸受凹所 23 が、ポンプ室形成部材 12 の軸線 L12 と同軸に形成され、さらにポンプ室形成部材 12 の軸線 L12 に沿って貫通し、ポンプ室 22 と軸受凹所 23 とを連ねる軸挿通孔 24 が形成される。さらにポンプ室形成部材 12 には、ポンプ室 22 に軸線方向他端部 21 側で連なる入側ポンプポート 25 が形成され、さらにポンプ室形成部材 12 の軸線 L12 からずれ、その軸線 L12 と平行に貫通する入側ポンプ通路 26 が形成される。入側ポンプポート 25 は、ポンプ室 22 の軸線、すなわちポンプ室 22 に臨む内周面の軸線 L22 まわりに延びる円弧状に形成され、入側ポンプ通路 26 は、ポンプ室形成部材 12 の軸線方向他端部 21 で軸線方向に開放している。

【 0 0 1 8 】

このようなポンプ室形成部材 12 は、軸線方向他端部 21 側から筒部材 11 に挿入され、各透孔 17 を挿通させたボルト 28 を、ねじ孔 27 を利用してポンプ室形成部材 12 に螺着し、筒部材 11 の軸線方向一端部 15 に装着される。この状態で、筒部材 11 とポンプ室形成部材 12 との間には、ポンプ室形成部材 12 の軸線方向他端部 21 における外周部に形成された環状溝 30 に嵌まり込んで Oリング 31 が設けられ、シールが達成されている。

【 0 0 1 9 】

吸入ポート形成部材 13 には、軸線方向一端部 32 に、吸入ポート形成部材 13 の軸線 L13 からずれた位置に、軸線方向に開放する吸入ポート 33 が形成され、吸入ポート 33 に連なって吸入ポート形成部材 13 の軸線 L13 と平行に軸線方向に貫通する吸入通路 34 が形成され、この吸入通路 34 は、吸入ポート形成部材 13 の軸線方向他端部 35 で、軸線方向に開放している。またポンプ室形成部材 12 には、軸線方向他端部 35 に、軸線方向に開放する軸受凹所 36 が、吸入ポート形成部材 13 の軸線 L13 と同軸に形成され、さらに軸受凹所 36 に連なり、吸入ポート形成部材 13 の軸線 L13 に沿って、軸線方向中央付近まで延びる軸挿入凹所 37 が形成される。

【 0 0 2 0 】

このような吸入ポート形成部材 13 は、軸線方向他端部 35 側から筒部材 11 に挿入され、各透孔 18 を挿通させたボルト 38 を、ねじ孔 39 を利用して吸入ポート形成部材 13

10

20

30

40

50

に螺着し、筒部材 1 1 の軸線方向他端部 1 6 に装着される。この状態で、筒部材 1 1 と吸入ポート形成部材 1 3 との間には、吸入ポート形成部材 1 3 の軸線方向他端部 3 5 における外周部に形成された環状溝 4 0 に嵌まり込んで Oリング 4 1 が設けられ、シールが達成されている。

#### 【 0 0 2 1 】

吐出ポート形成部材 1 4 には、軸線方向一端部 4 2 に、吐出ポート形成部材 1 4 の軸線 L 1 4 からずれた位置に、軸線方向に開放する吐出ポート 4 3 が形成される。さらに吐出ポート形成部材 1 4 には、軸線方向他端部 4 4 に、吐出ポート形成部材 1 4 の軸線 L 1 4 からずれて、出側ポンプポート 4 5 が形成される。この出側ポンプポート 4 5 は、周方向に関して吐出ポート 4 3 と対応する位置で、周方向に円弧状に延びて形成される。さらに吐出ポート形成部材 1 4 には、吐出ポート形成部材 1 4 の軸線 L 1 4 からずれ、その軸線 L 1 4 と平行に貫通する吐出通路 4 6 が形成される。

10

#### 【 0 0 2 2 】

このような吐出ポート形成部材 1 4 は、軸線方向他端部 4 4 が、ポンプ室形成部材 1 2 の嵌合凹所 2 0 に嵌合され、ポンプ室 2 2 が軸線方向から塞がれる。ポンプ室形成部材 1 2 の軸線方向一端部 1 9 には、半径方向外方に突出し、複数(たとえば 4 つ)のねじ孔 4 6 が形成されるフランジ 4 7 が設けられ、吐出ポート形成部材 1 4 の軸線方向一端部 4 2 には、半径方向外方に突出し、複数(たとえば 4 つ)の透孔 4 8 が形成されるフランジ 4 9 が設けられている。各透孔 4 8 を挿通したボルト 5 0 を、ねじ孔 4 6 を利用してフランジ 4 7 に螺着し、吐出ポート形成部材 1 4 は、軸線方向他端部 4 4 が嵌合凹所 2 0 に嵌合された状態で、ポンプ室形成部材 1 2 に装着される。この状態で、ポンプ室形成部材 1 2 と吐出ポート形成部材 1 4 との間には、吐出ポート形成部材 1 4 の軸線方向他端部 4 4 における外周部に形成された環状溝 5 1 に嵌まり込んで Oリング 5 2 が設けられ、シールが達成されている。

20

#### 【 0 0 2 3 】

このようにしてハウジング 3 が構成され、この状態で、筒部材 1 1 の軸線 L 1 1、ポンプ室形成部材 1 2 の軸線 L 1 2、吸入ポート形成部材 1 3 の軸線 L 1 3 および吐出ポート形成部材 1 4 の軸線 L 1 4 は、ハウジング 3 の軸線 L 3 と一致している。このハウジング 3 には、ポンプ室形成部材 1 2 と吸入ポート形成部材 1 3 との間にロータ室 5 5 が形成され、このロータ室 5 5 には、吸入通路 3 4 および入側ポンプ通路 2 6 が連なっている。したがってハウジング 1 1 には、吸入ポート 3 3 および吐出ポート 4 3 が形成され、これら各ポート 3 3、3 4 を連通する流路 2 が形成される。流体である冷媒の流路 2 は、少なくとも、吸入通路 3 4、ロータ室 5 5、入側ポンプ通路 2 6、入側ポンプポート 2 5、ポンプ室 2 2、出側ポンプポート 4 5 および吐出通路 4 6 が、この順に連なって形成される。このようなハウジング 3 は、たとえばステンレス鋼から成る。

30

#### 【 0 0 2 4 】

このようなハウジング 3 内に、図 1 6 および図 1 7 に示すような可動部材である回転軸 4 が設けられ、この回転軸 4 は、図 1 8、図 1 9 に示すような支持部材である滑り軸受部材 5 によって回転自在に支持されている。回転軸 4 は、ステンレス鋼から成り、円柱状であって、軸線方向一端部 6 9 が、周方向の一部を切り欠いて断面形状が小判形状となるように係止えされている。滑り軸受部材 5 は、アモルファスカーボンから成り、短円筒状に形成される。本実施の形態では、2 つの滑り軸受部材 5 が設けられ、各滑り軸受部材 5 は、アモルファスカーボンから成り、短円筒状に形成される。

40

#### 【 0 0 2 5 】

各滑り軸受部材 5 は、ポンプ室形成部材 1 2 の軸受凹所 2 3 および吸入ポート形成部材 1 3 の軸受凹所 3 6 に、軸線 L 5 がハウジング 3 の軸線 L 3 と一致するように、圧入状態で嵌合されて固定される。このように各滑り軸受部材 5 は、流路 2 の一部を成すロータ室 5 5 に露出する状態で、ハウジング 3 に保持されて設けられる。回転軸 4 は、このような各滑り軸受部材 5 を挿通する状態で、ポンプ室形成部材 1 2 の軸挿通孔 2 4 を挿通し、軸線方向一端部がポンプ室 2 2 に配置され、軸線方向他端部 5 6 が軸挿入凹所 3 7 に挿入配置

50

される。

【0026】

このように回転軸4は、その軸線L4をハウジング3の軸線L3と一致させた状態で、半径方向外方から滑り軸受部材5によって、その軸線L3まわりに回転自在に支持される。このように各滑り軸受部材5は、回転軸4を半径方向に支持するラジアル軸受である。回転軸4と各滑り軸受部材5との半径方向の隙間は、たとえば回転軸4の外径が2mmである場合、滑り軸受部材5の内径が2.015mm以上2.004mm以下に選ばれて、0.75 $\mu$ m以上2 $\mu$ m以下程度である。このような上記隙間は、毛細管現象によって、ロータ室55の冷媒がこの隙間に浸入する寸法に形成される。このように隙間は、極めて小さく形成され、回転軸4を安定して支持することができる。

10

【0027】

ポンプ室22は、図20および図21に示すインナギヤ60と、図22および図23に示すアウトギヤ61とが、図24および図25に示すように嵌まり込んでいる。インナギヤ60は、外周部に複数(たとえば4つ)の歯62が形成されている。アウトギヤ61は、略円筒状であって、内周部にインナギヤ60の歯62よりも1つ多い数の歯63が形成される。

【0028】

図26に示すように、インナギヤ60は、回転軸4の一端部55に、略楕円筒状のスペーサ65を圧入外嵌し、さらにこのスペーサ65に圧入外嵌される状態で、回転軸4の一端部69に固定される。したがってインナギヤ60は、その軸線L60がハウジング3の軸線L3と一致している。アウトギヤ61は、インナギヤ60と噛合する状態で、インナギヤ60に外嵌されている。アウトギヤ61は、ポンプ室22の内周面よりわずかに小さい外径を有しており、その軸線L61をポンプ室22の軸線L22と一致させており、インナギヤ60から偏心している。

20

【0029】

これらインナギヤ60およびアウトギヤ61と、ポンプ室20を外囲する部分とによって、容積形のポンプ、具体的にはトロコイドギヤポンプであるポンプ本体10が形成される。このポンプ本体10では、インナギヤ60とアウトギヤ61との間に複数の圧力室が形成され、回転軸4の回転によってインナギヤ60が回転されると、アウトギヤ61がこれに伴って回転し、圧力室の容積を変化される。圧力室は、容積が大きくなる位置において入側ポンプポート25に連通し、容積が小さくなる位置において出側ポンプポート45に連なっている。

30

【0030】

またインナギヤ60およびアウトギヤ61は、アモルファスカーボンから成っている。インナギヤ60は、回転軸4を軸線方向に支持するスラスト軸受としても機能している。

【0031】

ロータ室55には、回転軸4に固定されてマグネットから成るロータ7が設けられ、ハウジング3外でロータ7を外囲する位置に、ステータ8が設けられる。ロータおよびステータによって駆動手段9が構成される。ステータ8は、コイルを有しており、このコイルに通電することによって、ロータ7との間の磁気作用によってロータ7に回転力を与え、回転軸4を回転駆動し、インナギヤ60を回転させてポンプ本体10を駆動することができる。これによってポンプ本体10によって、冷媒を、吸入ポート33から吸入し、流路2を流下させて吐出ポート43から吐出することができる。

40

【0032】

アモルファスカーボン(以下「AC」と略称する場合がある)は、ガラス炭素とも呼ばれ、非晶質の炭素であって、摩擦係数が低い特性を有する。たとえば図27に示すようにACから成る固定試験片70を、高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)または窒化珪素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)から成る回転試験片の外周部に摺動させて、摩擦係数を測定した試験結果を図28に示す。このようにACから成る部材は、他の部材との間に、潤滑剤が無くても小さい摩擦係数を示し、さらに潤滑剤が存在すれば、その潤滑剤の種類を問わず、極めて低い摩擦

50

係数を示す。

【0033】

またACから成る部材は、摩耗係数が小さい特性を有する。たとえば図29に示すようにACから成る固定試験片73に、先端部が半球状のステンレス鋼から成る試験シャフト74を回転させながら押付けて摺動させ、摩耗度の深さを測定した試験結果を図30に示す。また図31に示すように水中において、アルミナセラミックスから成る試験片75を、ACまたは数種の化合物から成るなる試験片に、回転させながら押し付けて摺動させ、摩耗度および表面粗さを測定した試験結果を図32に示す。これらの試験結果および図33のグラフに示すように、ACから成る部材は、摩耗係数が他の材料から成る部材に比べて小さく、摩耗しにくく、また摩耗しても表面粗さは小さい。

10

【0034】

さらにACから成る部材は、図34に示すように、熱膨張率が小さく、図35に示すように嵩密度が小さく、図36に示すように融点温度または熱変形温度が高く、耐熱性が高い。

【0035】

また表1は、ACと他の材料との特性を併せて示し、表2は、ACの特性を示し、表3は、ACから成る滑り軸受部材5、インナギヤ60およびアウトギヤ61の不純物含有量を示し、表4は、ACから成る滑り軸受部材5、インナギヤ60およびアウトギヤ61の耐弗酸を示す。

【0036】

【表1】

20

材 料	構 造	結合力	融点又は T <sub>g</sub> (K)	強 度 (Mpa)	ヤング率 (Gpa)	延性 (破断歪み) (%)	熱膨張係数 × 10 <sup>-6</sup> /°C	密 度 (Mg/m <sup>3</sup> )
セラミクス	化合物系結晶 の集合体	イオン結合と 共有結合	高 800-3500	大 1000-20000	大 70-700	小 10 <sup>0</sup>	小 0-10	小~中 1-5
金 属	単体または 固溶体の結晶	金属結合	中 400-3400	中 400-3000	中 70-400	中 10 <sup>0</sup> -10 <sup>2</sup>	中 4-40	中~大 2-20
有機高分子	分子鎖から なる非晶質	共有結合	低 350-600	小 10-100	小 10以下	中 10 <sup>0</sup> -10 <sup>3</sup>	大 10 <sup>2</sup> 以上	小 1-2
アモルファス カーボン	単体の非晶質	共有結合	2600	200	30	1	3	1.5
等方性 高密度黒鉛	単体の結晶 集合体	共有結合	3600	40-90	10-15	10 <sup>0</sup>	4.6-6.5	1.7-1.9

【 0 0 3 7 】

【 表 2 】

○特性

嵩密度 g/cm <sup>3</sup>	気孔率 %	気体透過度 cm <sup>2</sup> /sec	曲げ強度 MPa	引張強度 MPa	引張伸び %	弾性率 GPa	固有抵抗 μΩ·cm	熱膨張係数 × 10 <sup>-6</sup> /K	熱伝導率 W/m·K	シヨア硬度	シャルピ-衝撃強度 kg·cm/cm <sup>2</sup>	灰分 ppm
1.46-1.60	0.6-0.9	2.4 × 10 <sup>-12</sup>	120	(40)	(1.1)	30	4400-4500	3.0	5-8	127-130	(2.1-3.6)	20

10

20

30

40

【 0 0 3 8 】

【 表 3 】

○灰分(不純物)分析値

不純物	Al	Ca	Cr	Ba	Fe	Co	Mn	Sr	Ni	V	Si	総灰分
濃度(ppm)	ND	1.5	<0.1	<0.1	2.5	0.1	ND	<0.1	1.4	<0.1	2.7	20

【 0 0 3 9 】  
【 表 4 】

10

20

30

耐弗酸	不純物	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Na	Ni	Pb	Si
	濃度 (ppb)	0.14	<1	<0.1	<0.2	<0.5	<1	<0.05	0.3	<0.05	<0.2	<1000

10

20

30

## 【0040】

上記各試験結果および各表1～4などから明らかなように、ACは、軽量、低熱膨張率、高剛性、高耐熱性、気液体不透過性、高硬度、耐摩耗性、低摩擦係数、緻密均一構造、耐薬品性および炭素紛落ちなしなどの特性を有し、他の部材に対して相対的に摺動される部材の材料として、極めて好適である。すなわち上記のような滑り軸受部材として、極めて好適に用いることができる。

40

## 【0041】

図37は、5.5の水を用いたポンプ装置1の吐出圧力と流量の関係を示すグラフであり、図38は、エチルエーテルを用いたポンプ装置1の吐出圧力と流量の関係を示すグラフであり、図39は、8の液体アンモニアを用いたポンプ装置1の吐出圧力と流量の関係を示すグラフである。また図40は、10のエチルエーテルを用いたポンプ装置1の吐出圧力と流量の関係を示すグラフであり、図41は、10のエチルエーテルを用いたポンプ装置1の駆動手段への入力電力と流量の関係を示すグラフであり、図42は、10のエチルエーテルを用いたポンプ装置1の回転数と流量の関係を示すグラフである。なお図40～図42は、扱いの容易なエチルエーテルを用いた結果を示すが、本件発明者は、液体アンモニアを用いた場合も同様の結果が得られることを確認している。

50

## 【 0 0 4 2 】

表 5 は、温度が 1 0 のエチルエーテルを用いた場合のポンプ装置 1 の性能試験結果を示し、表 6 は、温度が 2 0 のエチルエーテルを用いた場合のポンプ装置 1 の性能試験結果を示し、表 7 は、温度が 4 0 のエチルエーテルを用いた場合のポンプ装置 1 の性能試験結果を示し、表 8 は、温度が 6 0 のエチルエーテルを用いた場合のポンプ装置 1 の性能試験結果を示し、表 9 および表 1 0 は、温度が 6 0 のエチルエーテルを用いた場合のポンプ装置 1 の性能試験結果を示し、表 1 1 ~ 表 1 3 は、8 の液体アンモニアを用いた場合のポンプ装置 1 の性能試験結果を示す。

## 【 0 0 4 3 】

## 【 表 5 】

電流 A	入力		回転数		入力側 压力		吐出側 压力		差压 gf/cm <sup>2</sup>	流量		
	W		msec	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>		V	cc/min	kg/h
0.188	3.01		3.74	4011	-0.196	-284	-0.075	-109	175	3.89	233	10.12
0.209	3.34		4.02	3731	-0.193	-279	-0.020	-29	250	3.30	198	8.60
0.218	3.49		4.14	3623	-0.193	-280	0.003	5	285	2.85	171	7.42
0.235	3.76		4.38	3425	-0.190	-274	0.044	64	338	2.13	128	5.54
0.279	4.46		5.14	2918	-0.180	-261	0.118	171	431	0.00	0	0.00

【 0 0 4 4 】

【 表 6 】

10

20

30

40

電流 A	入力		回転数		入力側 圧力		吐出側 圧力		差圧 gf/cm <sup>2</sup>	流量		
	W		msec	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>		V	cc/min	kg/h
0.167	2.67		3.46	4335	-0.096	-137	0.044	63	201	4.19	251	10.76
0.196	3.14		3.84	3906	-0.086	-123	0.148	211	334	3.08	185	7.91
0.211	3.38		4.08	3676	-0.079	-112	0.209	298	410	2.07	124	5.32
0.226	3.62		4.38	3425	-0.073	-104	0.255	363	467	1.02	61	2.61
0.243	3.89		4.56	3289	-0.071	-102	0.289	413	515	0.00	0	0.00

【 0 0 4 5 】

【 表 7 】

10

20

30

40

電流 A	入力		回転数		入力側 圧力		吐出側 圧力		差圧 gf/cm <sup>2</sup>	流量		
	W		msec	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>		V	cc/min	kg/h
0.197	3.15		3.88	3866	0.246	342	0.381	530	188	4.40	264	11.02
0.206	3.30		4.06	3695	0.236	328	0.421	585	257	3.68	221	9.20
0.215	3.44		4.16	3606	0.243	338	0.455	632	294	2.99	179	7.48
0.225	3.60		4.38	3425	0.246	342	0.486	676	334	2.29	137	5.73
0.238	3.81		4.56	3289	0.255	354	0.530	737	383	1.39	84	3.48
0.262	4.19		5.00	3000	0.256	356	0.576	801	445	0.00	0	0.00

【 0 0 4 6 】

【 表 8 】

10

20

30

40

電流 A	入力		回転数		入力側 圧力		吐出側 圧力		差圧 gf/cm <sup>2</sup>	流量		
	W		msec	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>		V	cc/min	kg/h
0.206	3.30		4.08	3676	0.789	1065	0.943	1273	208	4.23	254	10.27
0.215	3.44		4.22	3555	0.785	1059	0.969	1308	249	3.60	216	8.74
0.220	3.52		4.34	3456	0.787	1062	0.996	1345	283	3.06	184	7.44
0.236	3.78		4.60	3261	0.804	1085	1.056	1425	340	2.03	122	4.93
0.248	3.97		4.84	3099	0.820	1107	1.102	1488	381	1.13	68	2.74
0.269	4.30		5.20	2885	0.783	1057	1.096	1480	423	0.00	0	0.00

【 0 0 4 7 】

【 表 9 】

10

20

30

40

電流 A	入力 W		回転数 rpm		入力側 圧力 gf/cm <sup>2</sup>		吐出側 圧力 gf/cm <sup>2</sup>		差圧 gf/cm <sup>2</sup>		流量 cc/min		kg/h
	Hz		rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	cc/min	kg/h	
0.215	59.10	3.44	3546		-141		131		272		310		
0.229	55.86	3.66	3352		-90		380		470		250		
0.240	53.47	3.84	3208		-59		544		603		200		
0.253	50.76	4.05	3046		-36		699		735		150		
0.266	48.07	4.26	2884		-22		826		848		100		
0.282	44.64	4.51	2678		-8		966		974		50		
0.295	42.73	4.72	2564		-3						0		

【 0 0 4 8 】

【 表 1 0 】

10

20

30

40

電流 A	入力		回転数		入力側 压力		吐出側 压力		差压 gf/cm <sup>2</sup>	流量		
	W		Hz	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>		V	cc/min	kg/h
0.286	4.58		39.06	2344		-162		157	319		330	
0.300	4.80		37.03	2222		-134		330	464		300	
0.325	5.20		33.33	2000		-92		587	679		250	
0.351	5.62		30.12	1807		-66		828	894		200	
0.384	6.14		26.10	1566		-39					150	
0.416	6.66		22.72	1363		-22					100	
0.459	7.34		18.31	1099		-7					50	
0.490	7.84		15.33	920		-2					0	

【 0 0 4 9 】

【 表 1 1 】

10

20

30

40

電流 A	入力		回転数		入力側 圧力		吐出側 圧力		差圧 gf/cm <sup>2</sup>	流量		
	W		Hz	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>		V	cc/min	kg/h
0.145	2.32		64.10	3846	2.398	3309	2.569	3545	236	4.52	271	11.22
0.160	2.56		59.17	3550	2.393	3303	2.659	3669	366	3.05	183	7.58
0.193	3.09		56.17	3370	2.417	3335	2.742	3784	449	2.26	136	5.62
0.250	4.00		45.45	2727	2.412	3329	2.818	3889	560	0.18	11	0.44

【 0 0 5 0 】

【 表 1 2 】

10

20

30

40

電流 A	入力		回転数		入力側 圧力		吐出側 圧力		差圧		流量		
	W	V	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>	gf/cm <sup>2</sup>	V	cc/min	kg/h
0.150	2.40	3.99	3660	2.486	3431	2.630	3629	198	5.24	315	13.03		
0.160	2.56	3.85	3531	2.469	3407	2.649	3656	249	4.29	257	10.65		
0.170	2.72	3.75	3439	2.464	3400	2.704	3732	332	3.15	189	7.83		

10

20

30

40

【 0 0 5 1 】

【 表 1 3 】

電流 A	入力 W		回転数		入力側 圧力 gf/cm <sup>2</sup>		吐出側 圧力 gf/cm <sup>2</sup>		差圧 gf/cm <sup>2</sup>		流量	
	Hz	rpm	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	gf/cm <sup>2</sup>	V	cc/min	kg/h	
0.120	91.90	5514	2.550	3519	2.620	3616	5.00	97	300	12.42		

10

20

30

40

## 【0052】

ポンプ装置1は、上記のACから成る滑り軸受部材5を用いて回転軸4を支持し、上記のように構成することによって、上記の図37～図42および表5～表13に示すように、稼動するために必要な消費電力を小さくし、高効率のポンプ装置を実現することができる。

## 【0053】

上記のようなポンプ装置1によれば、駆動手段9によって回転軸4を駆動し、回転軸4に連結されるポンプ本体10を駆動して、吸入ポート33から吸入した冷媒を、流路2を流下させて吐出ポート43から吐出することができる。回転軸4は、滑り軸受部材5を有す

50

る軸受装置 6 によって回転自在に支持される。滑り軸受部材 5 は、アモスファスカーボンから成り、アモルファスカーボンは、上述のような特性を有し、回転軸 4 の円滑な回転ができるように支持することができる。しかもアモルファスカーボンは、高い耐薬品性を有しているので、このように流体の流路に嵌まり込む構成としても損傷することがない。さらに回転軸 4、滑り軸受部材 5 およびロータ 7 が流路 2 に嵌まり込んでいる。回転軸 4 と滑り軸受部材 5 との隙間は、上記のように極めて小さく形成され、回転軸 4 の回転をさらに安定化するようにしている。

#### 【 0 0 5 4 】

このように極めて小さい隙間とし、この隙間には、毛細管現象によって、冷媒である液体アンモニアを浸入させることができる。AC は、高い耐薬品性を有しているので、このように流体の流路に嵌まり込む構成としても損傷することがない。また AC から成る滑り軸受 5 は、流体の種類に拘わらず、したがって液体アンモニアを良好な潤滑剤として利用することができる。したがってポンプ装置によって、送すべき冷媒を潤滑剤として介在させ、さらに円滑な回転軸の回転を達成することができる。さらに軸受構成体 6 を、滑り軸受部材を用いて構成することができるので、軸受構成体 6 を簡単な構成とし、故障を少なくすることができる。

10

#### 【 0 0 5 5 】

また AC は、上記のように摩擦係数が小さく、回転軸 4 の回転による摩擦熱の発生を抑え、回転軸 4 および滑り軸受部材 5 の熱膨張を防ぐことができる。しかも仮に摩擦熱が発生しても、AC は熱膨張率が小さく、回転軸 4 と滑り軸受部材 5 との隙間の寸法が変化せず、安定した回転を維持できる。さらに、摩擦係数が小さいので液体アンモニアのような粘度の高い流体に対しても、上記の小さい隙間程度で円滑な回転が得られる。また摩耗度が小さく、長期にわたって用いても、摩耗粉が出で、流体を汚損したり、上記隙間の寸法が変化してしまうことがなく、メンテナンス無しで、長期にわたって、円滑な安定した回転を実現することができる。したがって宇宙空間で用いられる機器に好適に搭載することができ、耐久性を高くすることができる。

20

#### 【 0 0 5 6 】

またこのように回転する部材を、ハウジング 3 内に設けることによって、シール性を良好にし、しかもそのための構造も簡単にして、ポンプ装置 1 を小さくすることができる。また回転軸 4、滑り軸受部材 5 およびロータ 7 を冷却することができ、ポンプの安定した性能を維持することができる。さらに筒部材 11 は薄肉であり、ロータ室 55 を外囲するステータ 8 の冷却効果も得られる。しかも滑り軸受部材 5 およびロータ 7 を含む駆動手段 9 は、ポンプ本体 10 よりも冷媒の流下方向上流側にあり、ポンプ本体 10 によって圧縮される前の状態で、滑り軸受部材 5 および駆動手段 9 を冷却することができ、安定した良好な冷却効果が得られる。このように優れたポンプ装置 1 を実現することができる。

30

#### 【 0 0 5 7 】

上述の実施の形態は、本発明の例示に過ぎず、本発明の範囲内において変更することができる。たとえば滑り軸受部材 5 は、1 つでもよいし、3 つ以上設けるようにしてもよい。また流体は、液体アンモニア以外の流体であってもよい。

#### 【 0 0 5 8 】

40

#### 【 発明の効果 】

請求項 1 記載の本発明によれば、流路を流れる流体を潤滑剤として用いて、可動部材に対して円滑に摺動して、可動部材を円滑に変位できるように支持することができる。したがって簡単な構成で、かつ流体を潤滑剤として使用する回転軸を支持するポンプ装置を得ることができ、ポンプ装置の耐久性を高くすることができる。

また本発明によれば、滑り軸受部材が流体の流路に露出しており、滑り軸受部材を冷却することができ、ポンプの安定した性能を維持することができる。また滑り軸受部材が流体の流路に設ける構成とすることによって、ポンプ装置全体の流体の漏れに対するシール特性を良好にできるうえ、シール構造も簡単にでき、ポンプ装置を小形にすることができる。さらに滑り軸受部材を流路に露出させて設けることによって、流路を流れる流体を滑

50

り軸受部材と回転軸との間に浸入させ、滑り軸受部材と回転軸との間に浸入した流体を、良好な潤滑剤として利用することができ、滑り軸受部材と回転軸との間の摩擦係数を、格段に小さくして、さらに円滑な回転軸の回転を達成することができる。さらにトロコイドギヤポンプのインナーギヤおよびアウターギヤがアモルファスカーボンから成るので、流路を流れる流体を潤滑剤として、円滑に摺動駆動する。

【0059】

請求項2記載の本発明によれば、毛細管現象によって、滑り軸受部材と回転軸との間に流体を浸入させ、介在させることができ、流体を潤滑剤として回転軸に対して円滑に摺動して、回転軸を円滑に回転できるように支持することができる。

【0060】

請求項3の本発明によれば、滑り軸受部材は、ポンプ本体よりも流体の流下方向上流側にあり、ポンプ本体によって圧縮される前の状態で、滑り軸受部材を冷却することができ、安定した良好な冷却効果が得られる。

本発明のポンプ装置は、部品交換などのメンテナンスが困難な宇宙空間で用いられる機器に好適に搭載することができ、耐久性を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態のポンプ装置1を示す断面図である。

【図2】図1の上方からポンプ装置1を見て示す断面図である。

【図3】図1の左方からポンプ装置1を見て示す左側面図である。

【図4】図1の右方からポンプ装置1を見て示す右側面図である。

【図5】ハウジング3を構成する筒部材11を示す正面図である。

【図6】図5の右方から筒部材11を見て示す右側面図である。

【図7】ハウジング3を構成するポンプ室形成部材12を示す断面図である。

【図8】図7の上方からポンプ室形成部材12を見て示す平面図である。

【図9】図7の左方からポンプ室形成部材12を見て示す左側面図である。

【図10】図7の右方からポンプ室形成部材12を見て示す右側面図である。

【図11】ハウジング3を構成する吸入ポート形成部材13を示す断面図である。

【図12】図11の左方から吸入ポート形成部材13を見て示す左側面図である。

【図13】図11の右方から吸入ポート形成部材13を見て示す右側面図である。

【図14】ハウジング3を構成する吐出ポート形成部材14を示す断面図である。

【図15】図14の右方から吐出ポート形成部材14を見て示す右側面図である。

【図16】回転軸4を示す正面図である。

【図17】図16の左方から回転軸4を見て示す左側面図である。

【図18】滑り軸受部材5を示す断面図である。

【図19】図18の左方から見て滑り軸受部材5を示す左側面図である。

【図20】インナギヤ60を示す正面図である。

【図21】図20の切断面線S21-S21から見て示す断面図である。

【図22】アウタギヤ61を示す正面図である。

【図23】図22の切断面線S23-S23から見て示す断面図である。

【図24】ポンプ本体10を拡大して示す断面図である。

【図25】図24の左方から見てポンプ本体10を示す断面図である。

【図26】ポンプ本体10を分割して示す斜視図である。

【図27】摩擦係数を測定する装置を示す断面図である。

【図28】摩擦係数の測定試験結果を示すグラフである。

【図29】空気中での摩耗度を測定する装置を示す断面図である。

【図30】空気中での摩耗度の測定試験結果を示すグラフである。

【図31】水中での摩耗度を測定する装置を示す断面図である。

【図32】水中での摩耗度の測定試験結果を示すグラフである。

【図33】ACを含む各種の材料の摩擦係数を示すグラフである。

【図34】ACを含む各種の材料の熱膨張率を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 3 5】 A C を含む各種の材料の嵩密度を示すグラフである。

【図 3 6】 A C を含む各種の材料の融点または熱変形温度（耐熱性）を示すグラフである。

【図 3 7】 5 . 5 の水を用いたポンプ装置 1 の吐出圧力と流量の関係を示すグラフである。

【図 3 8】 エチルエーテルを用いたポンプ装置 1 の吐出圧力と流量の関係を示すグラフである。

【図 3 9】 8 の液体アンモニアを用いたポンプ装置 1 の吐出圧力と流量の関係を示すグラフである。

【図 4 0】 1 0 のエチルエーテルを用いたポンプ装置 1 の吐出圧力と流量の関係を示すグラフである。 10

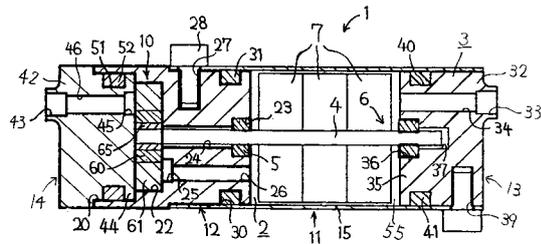
【図 4 1】 1 0 のエチルエーテルを用いたポンプ装置 1 の駆動手段への入力電力と流量の関係を示すグラフである。

【図 4 2】 1 0 のエチルエーテルを用いたポンプ装置 1 の回転数と流量の関係を示すグラフである。

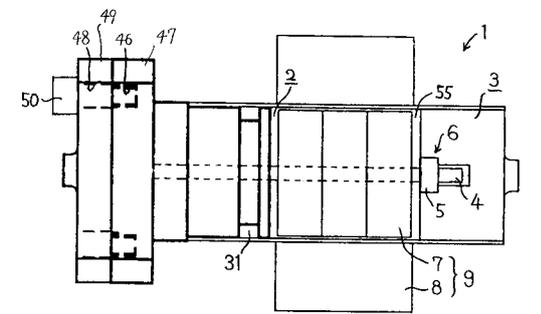
【符号の説明】

- 1 ポンプ装置
- 2 流路
- 3ハウジング
- 4 回転軸
- 5 滑り軸受部材
- 6 軸受構造体
- 7 ロータ
- 8 ステータ
- 9 駆動手段
- 1 0 ポンプ本体
- 3 3 吸入ポート
- 4 3 吐出ポート

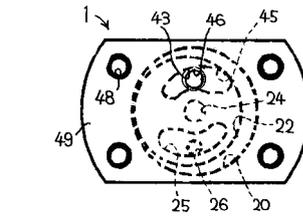
【 図 1 】



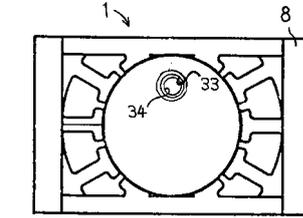
【 図 2 】



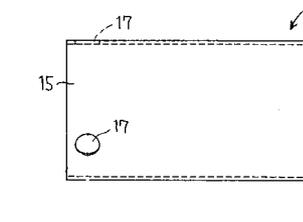
【 図 3 】



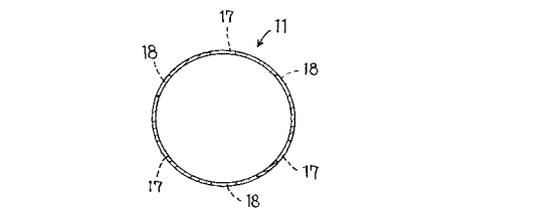
【 図 4 】



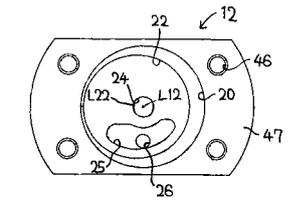
【 図 5 】



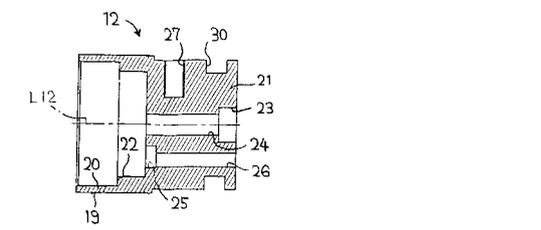
【 図 6 】



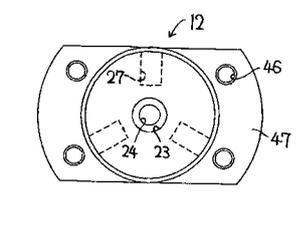
【 図 9 】



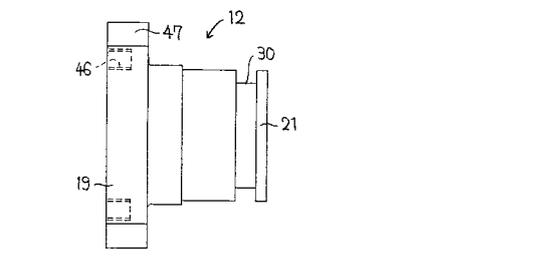
【 図 7 】



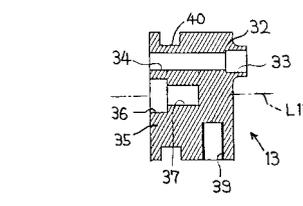
【 図 10 】



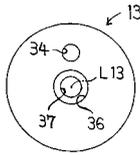
【 図 8 】



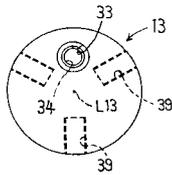
【 図 11 】



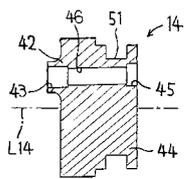
【 図 1 2 】



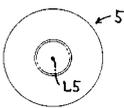
【 図 1 3 】



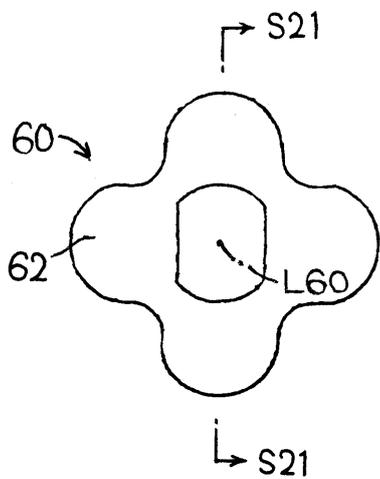
【 図 1 4 】



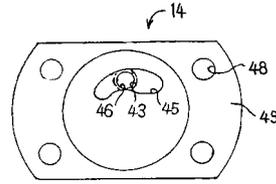
【 図 1 9 】



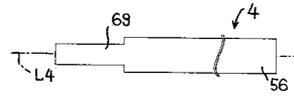
【 図 2 0 】



【 図 1 5 】



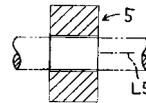
【 図 1 6 】



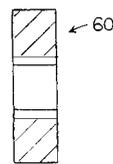
【 図 1 7 】



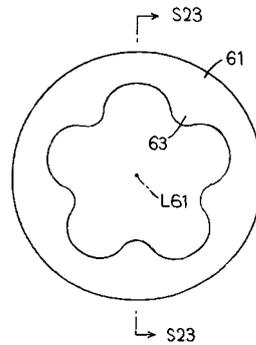
【 図 1 8 】



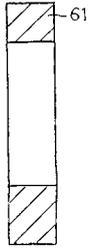
【 図 2 1 】



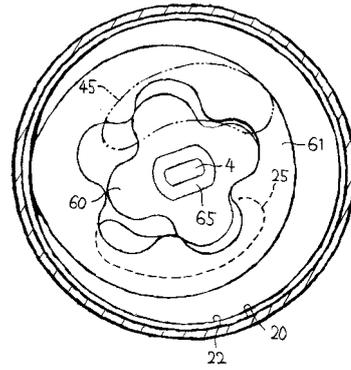
【 図 2 2 】



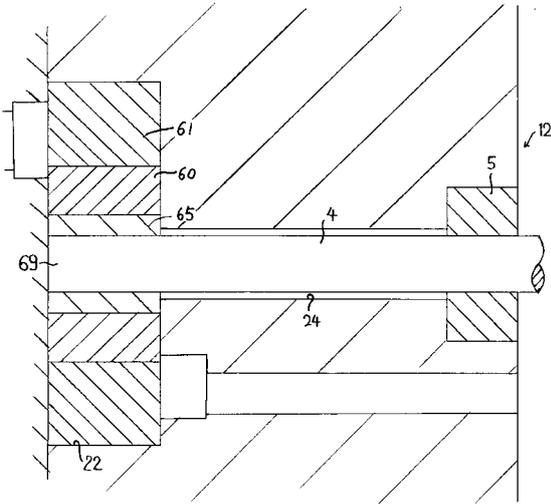
【図23】



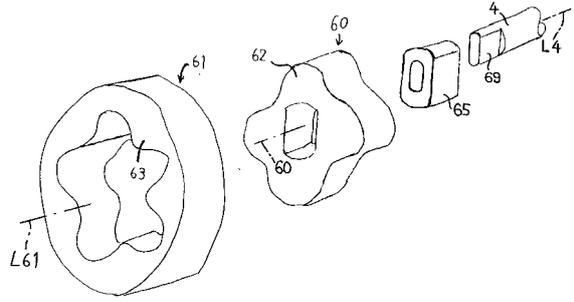
【図25】



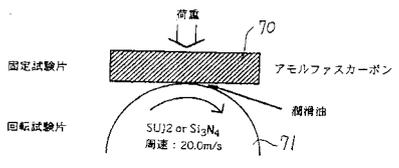
【図24】



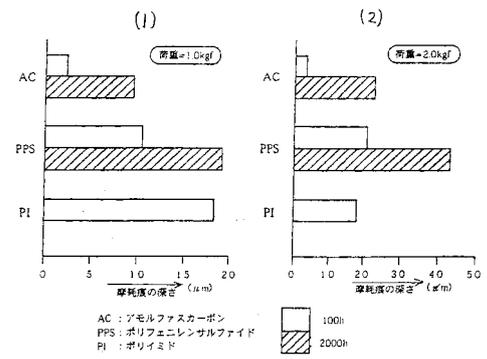
【図26】



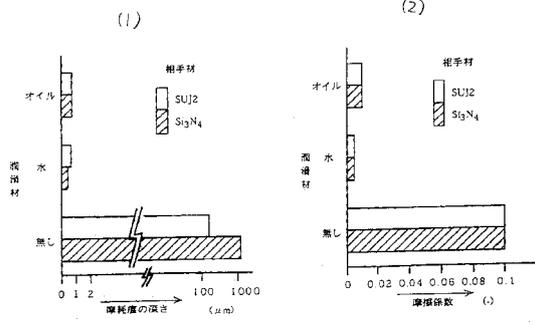
【図27】



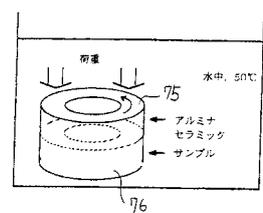
【図30】



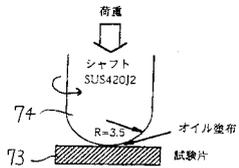
【図28】



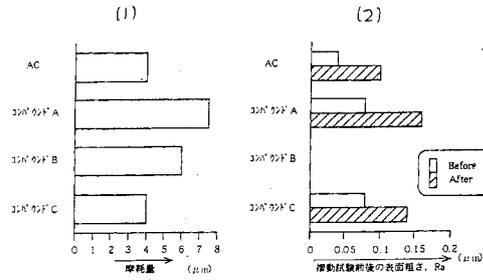
【図31】



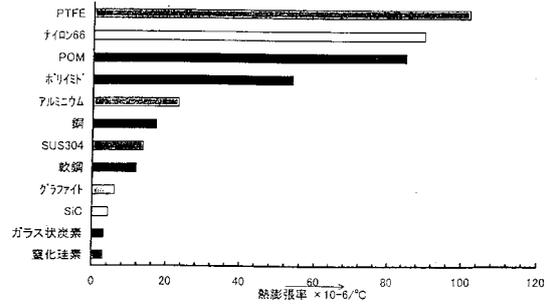
【図29】



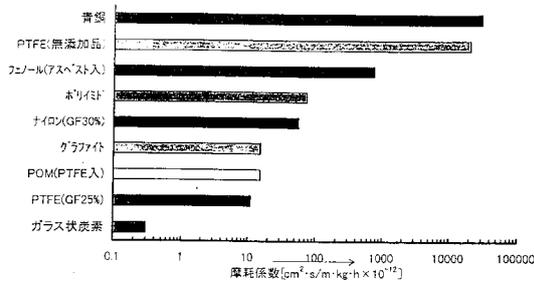
【 図 3 2 】



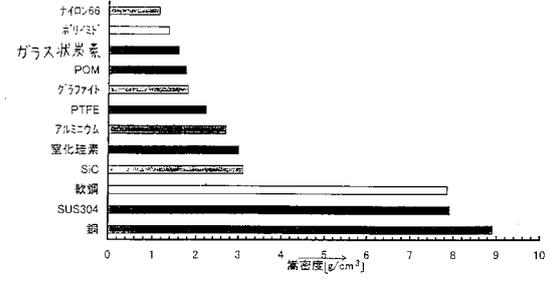
【 図 3 4 】



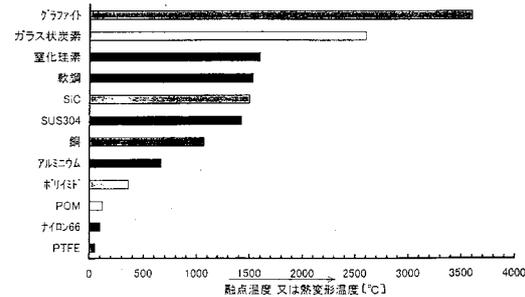
【 図 3 3 】



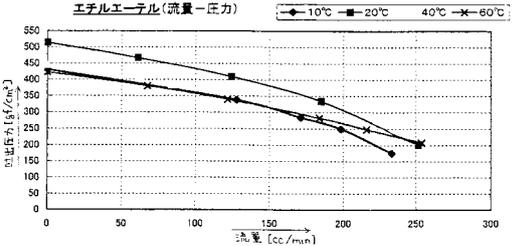
【 図 3 5 】



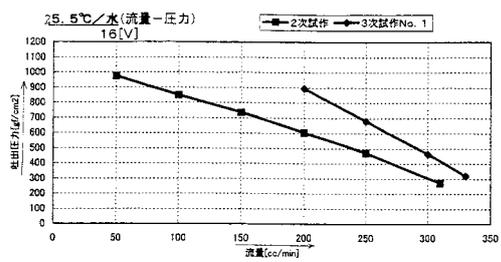
【 図 3 6 】



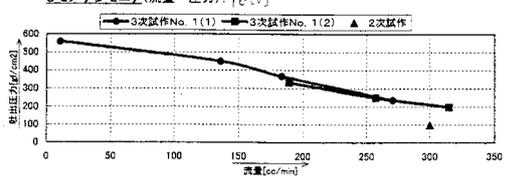
【 図 3 8 】



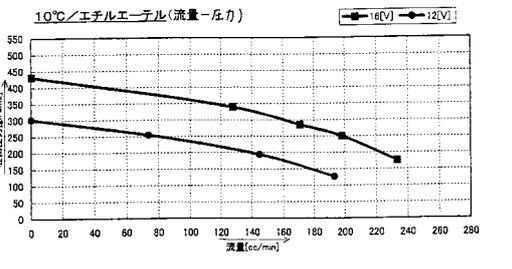
【 図 3 7 】



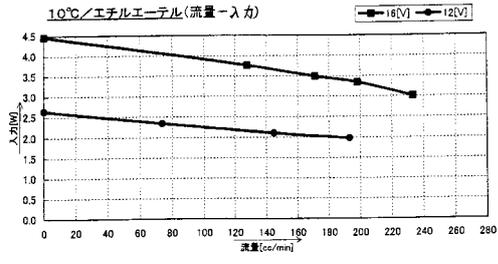
【 図 3 9 】



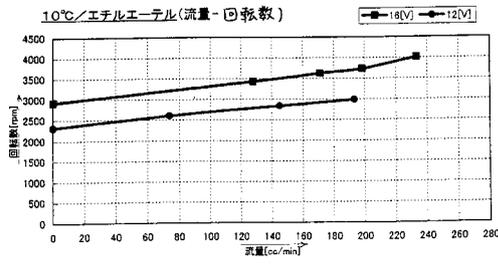
【 図 4 0 】



【 図 4 1 】



【 図 4 2 】



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100101638  
弁理士 廣瀬 峰太郎
- (72)発明者 勝倉 彰三  
福井県鯖江市三六町2丁目3番1号
- (72)発明者 勝倉 幹根  
福井県鯖江市三六町2丁目3番1号
- (72)発明者 古川 正夫  
東京都港区浜松町2丁目4番1号 宇宙開発事業団内
- (72)発明者 宮崎 孝司  
福井県福井市桃園1-3-18
- (72)発明者 青柳 裕治  
福井県福井市西木田5丁目8番11号
- (72)発明者 宮城 直樹  
神奈川県横浜市緑区新治町571番3

審査官 岡野 卓也

- (56)参考文献 特開2000-092781(JP,A)  
特開平04-081586(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04B 39/00

F04C 2/10

F16C 31/02