

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6761032号  
(P6761032)

(45) 発行日 令和2年9月23日(2020.9.23)

(24) 登録日 令和2年9月7日(2020.9.7)

(51) Int. Cl.	F 1		
<b>F 1 6 C 32/06</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 C 32/06	C
<b>F 1 6 C 17/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 C 17/02	A
<b>F 1 6 C 17/04</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 C 17/04	A
<b>F 0 2 B 39/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 2 B 39/00	J

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-518636 (P2018-518636)	(73) 特許権者	518118219
(86) (22) 出願日	平成28年10月3日 (2016.10.3)		バーミンガム ハイ パフォーマンス
(65) 公表番号	特表2018-532085 (P2018-532085A)		ターボマシナリー リミテッド
(43) 公表日	平成30年11月1日 (2018.11.1)		BIRMINGHAM HIGH PER
(86) 国際出願番号	PCT/GB2016/053060		FORMANCE TURBOMACHI
(87) 国際公開番号	W02017/060679		NERY LIMITED
(87) 国際公開日	平成29年4月13日 (2017.4.13)		イギリス国、ウェスト ミッドランズ ビ
審査請求日	令和1年8月26日 (2019.8.26)		ー 13 8 ジュー ワイ、バーミンガ
(31) 優先権主張番号	1517770.2		ム、モーズリー、ソールズベリー ロード
(32) 優先日	平成27年10月8日 (2015.10.8)		90
(33) 優先権主張国・地域又は機関	英国 (GB)		90 Salisbury Road,
早期審査対象出願			Moseley, Birmingham
			West Midlands B13
			8 J Y (GB)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体軸受又はこれに関連する改良

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動部分及び静的部分を有する少なくとも1つの気体軸受を含む気体軸受システムであって、これらの部分が一つのギャップによって分離された対向する複数の表面を有し、該少なくとも1つの気体軸受が、該可動部分及び該静的部分の間の相対的な動きに応じてガス力学的効果により該ギャップ内に加圧ガスの層を生じるように構成され、該システムが、更に加圧ガスの供給源と制御システムを含み、該加圧ガスの供給源は該加圧ガスを該ギャップに供給するために該少なくとも1つの気体軸受に流体的に接続され、該制御システムは、該可動部分の回転速度に依存して、該少なくとも1つの気体軸受への加圧ガスの供給を調節するためのものであり、該静的部分が、外部供給源から加圧ガスを該ギャップに流入させるための複数の絞り弁を有し、該加圧ガスの層が生じるギャップの領域と、該絞り弁を通して該加圧ガスが供給されるギャップの領域とが同じであり、該制御システムが、使用時に、可動部分が第一の回転速度より低い速度で回転する場合にのみ、該加圧ガスが該ギャップに供給されるように構成され、

該少なくとも1つの気体軸受は、少なくとも1つのスラスト軸受を含み、該可動部分は、間隔をおいて配置された一对の回転部材を含み、該静的部分は、この回転部材の間に取り付けられたプレートを含み、そのため、このプレートの対向面と第一の回転部材との間に第1のギャップが提供され、このプレートの対向面とその他の回転部材との間に第2のギャップが提供され、このプレートが、該供給源からこれら両方のギャップに加圧ガスを流入させることを管理するための複数の絞り弁と流路とを含む、気体軸受システム。

## 【請求項 2】

前記各回転部材の対向面が半径方向外側領域の周りに円周方向に間隔を置いた 1 組の溝を有し、この溝の各々が前縁、後縁、半径方向外側縁、半径方向内側縁、及び底面を有し、各溝の半径方向内側縁は、前記回転部材の意図された回転方向に対して半径方向外側縁の円周方向の後方にずれている、請求項 1 に記載の気体軸受システム。

## 【請求項 3】

前記溝の深さがその前縁と後縁との間の方向に変化するように、前記溝の少なくとも 1 つの底面が湾曲している、請求項 2 に記載の気体軸受システム。

## 【請求項 4】

(i) 前記溝が前記後縁よりも前記前縁においてより深くなるように、前記底面が前記後縁から前記前縁に向かって湾曲している、又は(ii)前記溝が前記前縁よりも前記後縁においてより深くなるように、前記底面が前記前縁から前記後縁に向かって湾曲している、又は(iii)前記底面が、全体的にU字形の凹型湾曲を示し、前縁及び後縁よりも前記前縁及び後縁の間の中央領域においてより深い、請求項 3 に記載の気体軸受システム。

## 【請求項 5】

静的部分と可動部分を含み、該静的部分及び該可動部分がある間にギャップを有する対向面を有するハイブリッド静的/動的気体軸受であって、該静的部分が、外部供給源から加圧ガスを該ギャップに流入させるための複数の絞り弁を有し、該可動部分の対向面が、複数の対向面間の相対的な動きに応じて該ギャップ内に加圧ガスの層を動的発生させるように構成されており、該加圧ガスの層が生じるギャップの領域と、該絞り弁を通して該加圧ガスが供給されるギャップの領域とが同じであり、該可動部分の該対向面が、複数の溝を含み、この溝の各々が前縁、後縁及び底面を有し、その前縁と後縁との間の溝の深さを変化させるように、この底面が湾曲しており、

該軸受がスラスト軸受であり、該可動部分が、間隔をおいて配置された一対の回転円盤状部材を含み、該静的部分は、この回転部材の間に取り付けられたプレートを含み、そのため、このプレートの対向面と第一の回転部材との間に第 1 のギャップが提供され、このプレートの対向面とその他の回転部材との間に第 2 のギャップが提供され、このプレートは、それを通じて該供給源からこれら両方のギャップに加圧ガスを導入させる複数の絞り弁と流路とを含む、ハイブリッド静的/動的気体軸受。

## 【請求項 6】

(i) 前記底面が前記後縁から前記前縁に向かって、前記溝が前記後縁よりも前記前縁においてより深くなるように、湾曲している、又は(ii)前記底面が前記前縁から前記後縁に向かって、前記溝が前記前縁よりも前記後縁においてより深くなるように、湾曲している、又は(iii)前記底面が、全体的にU字形であり、前縁及び後縁よりも前記前縁及び後縁の間の中央領域においてより深い、請求項 5 に記載のハイブリッド静的/動的気体軸受。

## 【請求項 7】

可動部分及び静的部分を有する少なくとも 1 つの気体軸受を含む気体軸受システムであって、これらの部分がギャップによって分離された対向する複数の表面を有し、該少なくとも 1 つの気体軸受が、該可動部分及び該静的部分の間の相対的な動きに応じてガス力学的効果により該ギャップ内に加圧ガスの層を生じるように構成され、該システムが、更に加圧ガスの供給源と制御システムを含み、該加圧ガスの供給源は該加圧ガスを該ギャップに供給するために該少なくとも 1 つの気体軸受に流体的に接続され、該制御システムは、該可動部分の回転速度に依存して、該少なくとも 1 つの気体軸受への加圧ガスの供給を調節するためのものであり、該少なくとも 1 つの気体軸受は、少なくとも 1 つのスラスト軸受を含み、該可動部分は、間隔をおいて配置された一対の回転部材を含み、該静的部分は、この回転部材の間に取り付けられたプレートを含み、そのため、このプレートの対向面と第一の回転部材との間に第 1 のギャップが提供され、このプレートの対向面とその他の回転部材との間に第 2 のギャップが提供され、このプレートが、該供給源からこれら両方のギャップに加圧ガスを流入させることを管理するための複数の絞り弁と流路とを含み、該加圧ガスの層が生じるギャップの領域と、該絞り弁を通して該加圧ガスが供給されるギャ

10

20

30

40

50

ップの領域とが同じであり、該各回転部材の対向面が半径方向外側領域の周りに円周方向に間隔を置いた1組の溝を有し、この溝の各々が前縁、後縁、半径方向外側縁、半径方向内側縁、及び底面を有し、各溝の半径方向内側縁は、該回転部材の意図された回転方向に対して半径方向外側縁の円周方向の後方にずれている、気体軸受システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、気体軸受の改良又はこれに関連する改良に関し、特にターボチャージャー等の気体軸受に関する改良に関するが、これに限定されない。この発明はまた、このような気体軸受を組み込んだターボチャージャーに関する。

10

【背景技術】

【0002】

内燃機関から高温の排気ガスを吸入し、シャフトに回転的に固定して取り付けられたタービンホイールによって、この排気ガスに含まれるエネルギーを運動（回転）エネルギーに変換するターボチャージャーが知られている。このタービンホイールの回転運動はシャフトに沿って伝達され、コンプレッサホイールを回転させ、このコンプレッサホイールは、エンジンのシリンダに供給するために空気を吸入し圧縮する。ターボチャージャーを使用すると、燃焼機関の全体的な効率をかなり改善することができるが、ターボチャージャーにおけるエネルギー損失を低く抑えることが重要である。また、ターボチャージャーを排気ガス流に素早く応答させ、ターボラグを低減することもまた重要な設計上の考慮事項

20

【0003】

ターボチャージャーにセラミックタービンホイールを使用することが知られている。セラミック材料は高温強度が高く、密度が比較的低いため、セラミック材料で作られたタービンホイールは、インコネル（登録商標）などの金属材料で作られたホイールよりも好ましい。そのため、インコネルのタービンホイールと比べて、質量慣性モーメントが低減される一方で、タービンホイールを高温の動作温度で使用することを可能にした。セラミック製のタービンホイールは、インコネル同等物よりも、軽量で、強度が高く、硬く、耐腐食性がある。セラミック製のタービンホイールを使用することにより、相当するインコネルのタービンホイールを有するターボチャージャーに対して以下の利点を有するターボチャージャーを設計することができる。

30

- ・より迅速な応答、ターボラグの低減；
- ・低エンジン速度で機能する能力、これは自動車が速く走行せず高排出ガスを発生する都市部において、車両の排出ガスを削減するのに役立つ；
- ・より速く作動する能力、これは所定の流量のターボチャージャーのサイズを小さくすることができる；
- ・長持ちする。

【0004】

ターボチャージャーにおいて、連結シャフトのような回転シャフトを支持するために軸受システムを使用することが一般的である。公知の構成において、この軸受システムは、回転負荷を支持するための半径方向のスリーブ又はジャーナル軸受及び軸方向のスラスト軸受を含む。摩擦損失を低減し、応答速度を増加させるために、流体軸受、より具体的には気体軸受、特に空気軸受などの非接触軸受を採用することが知られている。

40

気体軸受において、加圧ガスの薄膜は、相対的に動く複数の表面の間に摩擦負荷が非常に低い界面を提供する。気体軸受には、気体静的（エアロスタティック）及び気体動的（空気力学的）の2種類がある。気体静的軸受において、加圧ガスは、通常はポンプ、コンプレッサ又は圧縮気体リザーバなどの外部供給源から供給され、負荷支持層を形成する。気体動的軸受においては、加圧ガスの外部供給なしに、軸受の複数の表面間の相対運動が、支持層を生成するために使用される。

【0005】

50

ターボチャージャーに気体軸受を使用することは、従来のオイル軸受を使用した相当のターボチャージャーと比較して、多くの利点を提供する。これらには以下の諸点が含まれる：

- ・より迅速な応答、ターボラグの低減；
- ・より速く作動する能力、これは所定の流量のターボチャージャーのサイズを小さくすることができる；
- ・コンプレッサの出力パワーの増加、すなわち、エンジンをブーストするためにより多くの動力がリサイクルされる；
- ・オイルを使用しないので、より清潔で、漏れが無く、又はオイルの燃焼による追加の汚染が無い；
- ・燃料消費と排出ガスの削減、特に自動車都市部で中程度の速度で走行しているとき。

10

#### 【0006】

気体動的軸受に伴う問題点の一つは、低速ではガス層に生成する圧力が負荷を支えるには不十分で、その結果、軸受の複数の部品同士が接触することである。この場合、摩擦が増大してこのシステムの効率が劇的に低下するだけでなく、互いに接触している複数の軸受部品が磨耗及び破損により損傷する可能性もある。気体静的軸受は、回転速度に関係なく加圧ガスを供給するために外部供給源を使用するのでこのような問題は回避される。しかし、気体静的軸受に使用するための加圧ガスを供給するための公知のシステムはかなり高張る傾向があり、スペースや重量の制約が大きい自動車などの移動性用途には不適當である。また、加圧ガスを供給するための外部供給源はエネルギーを消費し、そのシステム

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

このような従来の気体軸受の問題を克服する又は少なくとも緩和する気体軸受装置を提供することにニーズがある。

特に、このような従来の気体軸受の問題を克服する又は少なくとも緩和するターボチャージャーにおける使用に適するように改良された気体軸受装置及びそのような装置を組み込んだターボチャージャーが必要とされている。

#### 【課題を解決するための手段】

30

#### 【0008】

本発明の第1の態様によれば、可動部分及び静的部分を有する少なくとも1つの気体軸受を含む気体軸受システムであって、これらの部分がギャップによって分離された対向する複数の表面を有し、該少なくとも1つの気体軸受が、該可動部分及び該静的部分の間の相対的な動きに応じてガス力学的効果により該ギャップ内に加圧ガスの層を生じるように構成され、該システムが、更に加圧ガスの供給源と制御システムを含み、該加圧ガスの供給源は該加圧ガスを該ギャップに供給するために該少なくとも1つの気体軸受に流体的に接続され、該制御システムは、該可動部分の回転速度に依存して、該少なくとも1つの気体軸受への加圧ガスの供給を調節するためのものである気体軸受システムが提供される。

#### 【0009】

40

この制御システムは、使用時に、前記可動部分が回転している時には、前記供給源からの加圧ガスが常に前記軸受に供給され、可動部分の回転速度が高い場合には、低い場合よりも、該加圧ガスの流量が低いように構成されてもよい。

この制御システムは、使用時に、可動部分が第一の閾速度より低い速度で回転する場合には、可動部分が第一の閾速度以上の速度で回転する場合よりも、前記供給源からの加圧ガスが、高い速度で前記軸受に供給されるように構成されてもよい。

また、この制御システムは、使用時に、可動部分が第一の閾速度より低い速度で回転する場合にのみ、前記加圧ガスが前記軸受に供給されるように構成されてもよい。

#### 【0010】

この加圧ガスの供給源は、ガスを加圧するための装置を含み、制御システムが、加圧ガ

50

スを提供するために該装置の作動を調整するように構成されてもよい。この制御システムが、使用時に、可動部分が第一の閾速度より低い速度で回転する場合にのみ、加圧ガスが軸受に供給されるように構成された場合、制御システムは、可動部分が第一の閾回転速度より低い速度で回転する場合には、加圧ガスを供給するために前記装置を作動させ、可動部分が第一の閾回転速度以上の速度で回転する場合には、前記装置の作動を止めるように構成されてもよい。この装置はポンプ又はコンプレッサであってもよい。

この制御システムは、可動部分の回転運動を（直接的又は間接的に）検知するためのセンサを有してもよい。この制御システムは、可動部分の回転速度を測定する手段を有してもよい。

この供給源から加圧ガスを前記ギャップに流入させることを管理するために、前記静的部分に複数の絞り弁を設けてもよく、この複数の絞り弁が加圧ガスの供給源に流体的に接続していてもよい。

#### 【0011】

これら対向面の少なくとも1つは、該対向面間の相対的な動きに応じて前記ギャップ内の加圧ガスの層の動的発生を補助するように構成されていてもよい。

少なくとも1つの軸受は、少なくとも1つのジャーナル軸受を含み、前記静的部分が管状スリーブを含み、かつ前記可動部分が該スリーブ内に配置されたシャフトのジャーナル表面を含み、該スリーブが前記供給源からの加圧ガスを該ジャーナルと該スリーブとの間のギャップに流入させることを管理するための複数の絞り弁を有してもよい。1つの実施態様において、ギャップ内に加圧ガスの層を動的に生成するためにジャーナル表面の周りに円周方向に複数の溝が配置され、この溝の各々が前縁、後縁及び底面を有する。これら複数の溝は、中央ランド部によって軸方向に離間した2列に配置され、各溝は前記ランド部に近接した内縁と前記ランド部から離れた外縁を有し、この内縁はジャーナル表面の意図された回転方向に対して外縁の円周方向の後方にずれていてもよい。

#### 【0012】

少なくとも1つの気体軸受は、少なくとも1つのスラスト軸受を含んでもよく、前記可動部分は、間隔をおいて配置された一对の回転部材を含み、前記静的部分は、この回転部材の間に取り付けられたプレートを含み、そのため、このプレートの対向面と第一の回転部材との間に第1のギャップが提供され、このプレートの対向面とその他の回転部材との間に第2のギャップが提供され、このプレートは、前記供給源からこれら両方のギャップに加圧ガスを流入させることを管理するための複数の絞り弁と流路とを含んでもよい。一つの実施態様において、各回転部材の対向面が半径方向外側領域の周りに円周方向に間隔を置いた1組の溝を有し、この溝の各々が前縁、後縁、半径方向外側縁、半径方向内側縁、及び底面を有し、各溝の半径方向内側縁は、前記回転部材の意図された回転方向に対して半径方向外側縁の円周方向の後方にずれている。

#### 【0013】

軸受の動いている表面が空力効果を生じさせる複数の溝を有する場合、これらの溝の深さがその前縁と後縁との間の方向に変化するよう、前記溝の少なくとも1つの底面が湾曲していてもよい。一つの実施態様において、前記後縁から前記前縁に向かって、前記溝が前記後縁よりも前記前縁においてより深くなるように、この底面は湾曲している。別の実施態様において、前記溝が前記前縁から前記後縁に向かって、前記前縁よりも前記後縁においてより深くなるように、この底面は湾曲している。更に別の実施態様において、この底面は、全体的にU字形の凹型湾曲を示し、前縁及び後縁よりも前記前縁及び後縁の間の中央領域においてより深い。

この軸受システムは、少なくとも1つのジャーナル軸受と、少なくとも1つのスラスト軸受を含んでもよい。

このガスは空気であってもよい。

#### 【0014】

本発明の第2の態様によれば、ハウジング、シャフトによってコンプレッサホイールに接続されたタービンホイール、及び本発明の第1の態様の軸受システムを有するターボチ

10

20

30

40

50

ャージャーであって、この軸受システムがこのハウジング内のシャフトを支えるターボチャージャーが提供される。この軸受システムは、本発明の第1の態様に関連するジャーナル軸受を含んでもよく、前記ジャーナル表面が、前記ターボチャージャーのシャフト表面の一部であってもよい。この軸受システムは、本発明の第1の態様に関連するスラスト軸受を含んでもよく、前記回転部材が、前記ターボチャージャーのシャフトと回転的に固定して取り付けられていてもよい。

この制御システムは、使用時に、ターボチャージャーの作動の開始時と減速段階の間、前記又は各気体軸受の可動部分及び静的部分の間のギャップに加圧ガスを導入し、ターボチャージャーが通常の運転速度に達したときに加圧ガスの流れを停止または減少させるように構成されていてもよい。

【0015】

本発明の第3の態様によれば、本発明の第2の態様によるターボチャージャーを操作する方法であって、その供給源から前記又は各気体軸受への加圧ガスの供給を、可動部分の回転速度の関数として、調節するために前記制御システムを使用することから成る方法が提供される。この方法は、ターボチャージャーの作動の開始時と減速段階の間、前記又は各気体軸受の可動部分及び静的部分の間のギャップに加圧ガスを導入し、ターボチャージャーが通常の運転速度に達したときに加圧ガスの流れを停止または減少させることから成ってもよい。

【0016】

本発明の第4の態様によれば、静的部分と可動部分を含み、該静的部分及び該可動部分とその間にギャップを有する対向面を有するハイブリッド静的/動的気体軸受であって、該静的部分が、外部供給源から加圧ガスを該ギャップに流入させるための複数の絞り弁を有し、該可動部分の対向面が、複数の対向面間の相対的な動きに応じて該ギャップ内に加圧ガスの層を動的発生させるように構成されている、ハイブリッド静的/動的気体軸受が提供される。

【0017】

前記可動部分の前記対向面は、複数の溝を含み、この溝の各々が前縁、後縁及び底面を有し、その前縁と後縁との間の溝の深さを変化させるように、この底面が湾曲していてもよい。一つの実施態様において、この底面は、前記後縁から前記前縁に向かって、前記溝が前記後縁よりも前記前縁においてより深くなるように、湾曲している。別の実施態様において、この底面は、前記前縁から前記後縁に向かって、前記溝が前記前縁よりも前記後縁においてより深くなるように、湾曲している。更に別の実施態様において、この底面は、全体的にU字形であり、前縁及び後縁よりも前記前縁及び後縁の間の中央領域においてより深い。

【0018】

この軸受はジャーナル軸受であってもよく、前記静的部分が管状スリーブを含み、前記可動部分が該スリーブ内に配置されたシャフトのジャーナル表面を含み、該スリーブが複数の絞り弁を有し、これを通して加圧ガスが該ジャーナルと該スリーブとの間のギャップに導入されてもよい。この場合、複数の溝が前記ジャーナル表面の周りに円周方向に間隔を置いて配置されてもよい。一つの実施態様において、前記複数の溝は、前記ジャーナル表面の中央ランド部によって軸方向に離間した2列に配置され、各溝は前記ランド部に近接した内縁と前記ランド部から離れた外縁を有し、この内縁はジャーナル表面の意図された回転方向に対して外縁の円周方向の後方にずれている。この複数の絞り弁は、前記スリーブの周りに前記ランド部に対向して円周方向に離間して配置されてもよい。

【0019】

この軸受はスラスト軸受であってもよく、前記可動部分が、間隔をおいて配置された一对の回転円盤状部材を含み、前記静的部分は、この回転部材の間に取り付けられたプレートを含み、そのため、このプレートの対向面と第一の回転部材との間に第1のギャップが提供され、このプレートの対向面とその他の回転部材との間に第2のギャップが提供され、このプレートは、それを通じて前記供給源からこれら両方のギャップに加圧ガスを導入

10

20

30

40

50

させる複数の絞り弁と流路とを含んでもよい。軸受がスラスト軸受である場合、前記各回転部材の対向面が半径方向外側領域の周りに円周方向に間隔を置いた1組の溝を有し、この溝の各々が半径方向外側縁と半径方向内側縁を有し、各溝の半径方向内側縁は、前記回転部材の意図された回転方向に対して半径方向外側縁の円周方向の後方にずれていてもよい。

このガスは空気であってもよい。

本発明の第4の態様によるハイブリッド静的/動的気体軸受は、本発明の第1の態様による気体軸受システム及び/又は本発明の第2の態様によるターボチャージャーにおける使用に適していてもよい。

【図面の簡単な説明】

10

【0020】

本発明をより明確に理解できるようにするために、その実施態様を、添付の図面を参照して、単なる例として以下説明する：

【図1】本発明の一態様によるターボチャージャーの実施態様の断面図である。

【図2】図1の「A」の詳細拡大図である。

【図3】図1のターボチャージャーの一部を形成するタービンホイール及びシャフトアセンブリの分解斜視図である。

【図4】図3のタービンホイール及びシャフトアセンブリの部分断面図であり、半径方向空気軸受へのシャフトの取り付けを示す。

【図5】図4と同様の図であるが、軸受の配置の変形例を示す。

20

【図6】図4及び5のアセンブリの一部を形成するシャフトの斜視図である。

【図7】図6の「B」の詳細拡大図である。

【図8】図6のシャフトの側面図である。

【図9】図8のC-C線に沿ったシャフトの拡大断面図である。

【図10】図8と同様の側面図であるが、シャフトの代替の実施態様を示す。

【図11】図10のD-D線に沿ったシャフトの拡大断面図である。

【図12】図1のターボチャージャーのスラスト軸受の一部を形成するスラストカラーの端面図である。

【図13】図12のスラストカラーの側面図であり、スラストカラーの表面に形成された1セットの空気力学的な溝に用いられたプロファイルを示す。

30

【図14】図1のターボチャージャーのスラスト軸受の一部を形成する軸受パッドの端面図である。

【図15】図14の軸受パッドの側面図であり、軸受パッドの表面に形成された1セットの空気力学的な溝に用いられたプロファイルを示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

図1及び2は、本発明の一態様によるターボチャージャー1の実施態様を示す。ターボチャージャーは、一般に自動車に搭載される関連する内燃機関（図示せず）と共に使用されることが意図されるが、この他の用途を有していてもよい。ターボチャージャー1はハウジング2を有し、ハウジング2は、タービンハウジング部4、中央ハウジング部6、コンプレッサハウジング部8、及びこのコンプレッサハウジング部用の後部カバー9を有する。ハウジング2内には、ターボチャージャーの作動部分が取り付けられており、この作動部分は、タービンホイール10、連結シャフト12、及びコンプレッサホイール14を含む。

40

【0022】

タービンハウジング部4は、中央ハウジング部6の一方の側に取り付けられ、タービンホイール10を取り囲む。タービンホイール10は、中央ハブ18の周りに配置された一連のタービンプレード16を含む。このタービンホイールは、インコネル（登録商標）などの金属材料などの任意の適切な材料で作ることができるが、有利にはセラミック材料で作られ、またSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>又はその合金で作られてもよい。タービンホイール10は、長手方向軸Xを中心にシャフト12と共回転するように、シャフト12の第1端部に回転的に固定して取り付け

50

られている。本実施態様では、ターボチャージャーが通常運転する間、このタービンホイールとシャフトは図3に示されている矢印Aの方向に回転する。

【0023】

本明細書では、タービンホイール10、シャフト12、及びこのシャフトと回転的に固定して取り付けられた他の任意の部品の特徴に関して、「前」及び「後」という文言は、他に特定されない限り、シャフトが矢印Aの方向に回転している場合のこの特徴の相対的な配置を参照するものとして理解されるべきである。

タービンハウジング部4は、関連する燃焼エンジンからの排気ガスをタービンホイール10のブレード16及び排気ガス出口22に導くための排気ガス入口20の形を規定する。使用時には、この排気ガス出口は、車両の排気系（図示せず）に通常の方法で流体接続されるであろう。

10

【0024】

コンプレッサホイール14は、シャフト12の第2端部に回転的に固定して取り付けられている。このコンプレッサホイールは、後部カバー9とコンプレッサハウジング部8との間に收容され、この後部カバー9は中央ハウジング部6のタービンの反対側に取り付けられ、このコンプレッサハウジング部8は後部カバー9に取り付けられている。このコンプレッサハウジング部8は空気入口24及び圧縮空気出口26の形を規定する。タービンホイール10によって駆動されるコンプレッサホイール14の回転は入口24を通じて周辺空気を引き込み、この空気は圧縮されて出口26を通過して排出される。使用時には、この出口26は、関連する燃焼機関のインレットマニホールド（図示せず）に接続され、圧縮空気を関連する燃焼機関のシリンダに通常の方法で導く。

20

【0025】

シャフト12は、中央ハウジング部6及び後部カバー9を貫通し、本発明の一態様による空気軸受システムによって回転可能に支持される。この空気軸受システムは、一对のジャーナル、回転荷重を支持するための中央ハウジング部内のスリーブ軸受30、32、及び中央ハウジング部6と後部カバー9との間に配置された軸方向スラスト軸受34を含む。

【0026】

この空気軸受システムは、シャフト12の回転速度が高い時には、軸受30、32、34が、それだけで又は主に、空気力学的軸受として作動するように設計され、一方、少なくともシャフトが低速で回転してその空気力学的効果が作業負荷を支持するのに十分でないときには、軸受30、32、34に加圧空気を供給するために外部供給源（図中36で概略的に示される）が使用されるという、ハイブリッドシステムである。いくつかの用途では、軸受30、32、34は、高速回転時には、空気力学的軸受のみとして作動し、低速回転時にのみ、加圧空気を供給するために外部供給源36が使用されるであろう。しかし、いくつかの用途では、より高速回転時においてさえも、外部供給源36から加圧空気の減少された供給を行ってもよい。このハイブリッドシステムは、空気静的空気軸受と空気力学的空気軸受の両方の利点を兼ね備えており、シャフトの如何なる回転速度においても作業負荷が適切に支持されることを確実にして、その一方で、加圧空気の外部供給源を使用するターボチャージャーの全体的な効率への悪影響を軽減する。

30

【0027】

中央ハウジング部6は、圧縮空気の供給源が取り付けられる圧縮空気インレットマニホールド38の形を規定する。この中央ハウジング部の一連の通路40は、加圧空気をインレットマニホールド38から空気軸受30、32、34へ導く。複数の空気軸受の境界から漏れる空気は、中央ハウジング部のインレットマニホールド38とは反対側に画定されたアウトレットマニホールドの出口42を含む、空気排出システムによって排出される。アウトレットマニホールド42と流体接続された第1の主空気流出チャンバ44が、中央ハウジング部の中に画定され、これは中央ハウジング部の長さの大部分に渡ってその長さ方向に延びる。第2及び第3の空気流出チャンバ46、48は、中央ハウジング部の中に画定され、第4の空気流出チャンバ50は、コンプレッサホイールの後部カバー9の中に画定される。第2、第3、第4の空気流出チャンバ46、48、50は、それぞれシャフト12を取り囲み、主空気流出チャンバ

40

50



44に流体的に接続され、空気軸受30, 32, 34の境界から出た空気が、主空気流出チャンバ44に入り、アウトレットマニホールド42を通して排出されることを可能にする流路を形成する。第2、第3及び第4の空気流出チャンバ46, 48, 50は、シャフト12の長さに沿って分布し、第2の空気流出チャンバ46は、第1のジャーナル軸受30に隣接するタービン端部に配置され、第3の空気流出チャンバ48は、2つのジャーナル軸受30, 32の間の中央に配置され、第4の空気流出チャンバ50は、スラスト軸受34に隣接するコンプレッサの端部に配置されている。

【0028】

スラスト軸受34の詳細は、図2で見るのが最適である。スラスト軸受34は、シャフト12の軸方向荷重を支持し、このシャフトをハウジング2内に軸方向に配置する。スラスト軸受34は、円板状で環状の軸受パッド52を含み、この軸受パッド52は、シャフト12に回転的に固定して取り付けられ、スラスト軸受の第1の可動部分を形成する。この軸受パッド52は、コンプレッサホイール14が取り付けられるシャフトの小径部分56と、ジャーナル軸受30, 32によって支持されジャーナル軸受30, 32の一部を形成するより大径部分58、との間のシャフトの半径方向の肩部54と当接するように配置される。スラストカラー60もまた、シャフト12に回転的に固定して取り付けられている。このスラストカラー60は、シャフト12に取り付けられた円筒形の管状体62を有する。この管状体62は、階段状の円筒形の外面と、管状体62から半径方向外側に伸びる半径方向のフランジ64とを有する。このフランジ64は、軸受パッド52から軸方向に離間し、スラスト軸受の第2の可動部分を形成する。軸受パッド52及びスラストカラーの半径方向フランジ64は、実質的に同じ外径を有する。

【0029】

軸受パッド52及びスラストカラー60は、半径方向の肩部54と、スラストカラー60の管状体62の端部に当接するコンプレッサホイール14の後面との間のシャフト12上の所定の位置に固定されている。コンプレッサホイール14は、ホイール14の中の対応する複数の溝に係合するシャフト上のスプラインによって、シャフトの小径部分56に摺動可能に取り付けられている。ナット66が、シャフト12の端部に螺合され、スラストカラー60をコンプレッサホイール14に対して締め付け、軸受パッド52を半径方向の肩部54に締め付ける。

【0030】

スラスト軸受34の静的部分は、プレート68の形態である。このプレート68の第1の端部領域は、中央ハウジング部6の端面とコンプレッサホイールハウジングの後部カバー9との間に取り付けられる。このプレート68の第2の端部領域は、対向して半径方向に延びるパッド52の表面70, 72とスラストカラーのフランジ64との間に延びている。このプレート68には、1つの穴が設けられていて、この穴を通してスラストカラーの管状体62の一部が突出する。プレート68の対向する側面74, 76は、それぞれ、パッド52と半径方向のフランジ64の半径方向に延びる表面70, 72に密接した間隔で対向している。このプレート68は、2つの半体で形成され、第1の半分部分78と第2の半分部分80とは、合わせ面で接合される。この合わせ面は、加圧空気をスラスト軸受に送達するための空気流チャンネル82の形を規定する。このチャンネル82は、その一端で、第1の半分部分74を通る入口開口84と流体的に接続し、それを通して加圧空気が空気入口通路40からチャンネル82に入ることができる。空気流チャンネル82はまた、半分部分78, 80の各々を通して延びている絞り弁86に流体的に接続して、加圧空気を制御された速度でプレート68の対向面70, 72, 74, 76、パッド52及び半径方向フランジ64の間の各ギャップに導く。これらの絞り弁は、小さなオリフィスであってもよく、又は、加圧空気が制御された速度で流れることができる多孔質材料のインサートを有してもよい。軸受パッド52と半径方向フランジ64との間のプレート68の位置は、ハウジング2内のシャフト12の軸方向の位置を決める。

【0031】

図4及び5は、空気軸受システムの並進部を形成する半径方向ジャーナル軸受30, 32の実施態様を示す。このジャーナル軸受30, 32は、共通の固定円筒スリーブ90を共有し、この固定円筒スリーブ90は、シャフト2の周りに同心に位置し、各軸受ごとに2つのスリーブ部分92, 94に分割されている。各軸受30, 32は、またジャーナル部分96, 98を有し、これ

10

20

30

40

50

らはそれぞれのスリーブ部分92,94内に位置し軸受の回転運動部分を形成するシャフト12の外表面の一部である。半径方向に開けられた穴100は、2つのスリーブ部分92,94の間でスリーブを貫通して延び、空気が軸受の内側縁から第3の空気流出チャンバ48に通過することを可能にする。各スリーブ部分92,94は、円周方向に離間した一連の絞り弁102を有し、これを通して加圧空気が制御された速度でスリーブ部分とそのそれぞれのジャーナル部分96,98との間のギャップに導入される。絞り弁102は、加圧空気入口通路40と流体的に接続され、図4に示すようなオリフィスの形態であってもよいし、図5に示すような多孔質インサートの形態であってもよい。スリーブ部分92,94は、共通の一つのスリーブ90の一部として形成されているが、別個の複数のスリーブ部材として設けることもできる。

#### 【0032】

軸受30, 32, 34は、少なくともターボチャージャーのシャフトがその通常の動作速度で又はそれに近い速度で回転している時に、作業負荷を支持するために、加圧空気の膜を生成する空気力学的効果を生成するように構成されている。図3～9は、空気力学的効果を生成するように適合した特徴を有するハイブリッドジャーナル軸受30,32の第1の実施態様を示す。便宜上、このジャーナル軸受32の一例を詳細に説明するが、この説明は他の軸受30にも等しく当てはまることを理解されたい。

#### 【0033】

軸受32は、低回転速度時に、揚力を高めて摩擦を低減し、シャフト12の回転速度が十分に高い時に流体膜の力学的効果を利用して揚力を提供するように設計されている。この力学的効果を高めるために、ジャーナル部98の表面に一連の溝104が形成されている。

ジャーナル部98の溝104は、軸受ジャーナル部98の軸方向の中間点の中央線Yの両側に位置する周方向に隣接する2つの列に配置されている。この第1の実施態様においては、このジャーナル表面の周りに円周方向に間隔を置いて配置されている各列に5つの溝104がある。各溝104は、比較的浅く、同一面内に長方形であり、前側縁106、後側縁108、外側端縁110、軸受の中央線Yに近接した内側端縁112、及びこれら縁の間にある底面114を有する。シャフト12が矢印Aで示す方向に回転すると考えた場合に、溝の内側端縁112が、外側端縁110の後方（又は後）にずれるように、この溝の側縁106, 108はシャフトの長手方向軸線Xに対して傾斜する。その結果、2列の溝はニシン骨型パターンを形成する。この2列の溝104は、溝がない円周状のランド部105によって離間されている。この実施態様では、各列に5つの溝104があるが、溝の数は変更可能であり、5つより多くても少なくともよい

#### 【0034】

その内側端部112が外側端部110よりも円周方向の後方（又は後）にずれるように、長手方向の軸線に対して溝104を傾斜させることにより、シャフトが矢印Aで示す方向に回転するにつれて、溝104は、空気を軸受の中央のランド部105に向かって軸方向内向きに導くまたは圧送する。ニシン骨型パターンの2列の溝を使用するということは、両方のセットの溝が、空気が、ランド部105が位置する軸受の軸方向中央に向かって移動することに寄与することを意味する。

軸方向のスラスト軸受34の可動部分は、高速回転速度時に空気力学的効果を生成するための側面も備える。この側面は、図12～15に示すように、軸受パッド52とスラストカラー60のフランジ64の半径方向に延びる対向する2つの表面70, 72に分布する一連の溝の形態をとる。

#### 【0035】

図12及び13を参照すると、スラストカラー60のフランジ64の半径方向に延びる表面72の外周領域に一組の溝120が形成されている。この実施態様では8つの溝があるが、溝の数は8より多くても少なくともよい。各溝120は、フランジ64の外周から半径方向内向きに延び、前側縁122、後側縁124、閉じた内側端縁126、及び外側端縁128を有し、溝は、フランジの外周を突き破る。これらの溝は比較的浅く、各溝は、両側縁の間に底面130を有する。溝の側縁122, 124は、フランジ64の半径方向に対して傾斜しているので、シャフトが矢印Aの方向に回転するのと一緒に回転する外側端縁128の回転方向を考慮すると、内側端

10

20

30

40

50

縁126は外側端部縁128の円周方向の後方（又は後）にずれる。

【0036】

一方、図14及び15に示すように、軸受パッド60の半径方向に延びる表面70の半径方向外側の領域に、対応する一組の溝132が形成されている。軸受パッドの表面70の溝132は、スラストパッドのフランジ64の面72内の溝120と鏡像の関係にあるので、詳細な説明は省略する。フランジ64の溝120の説明は、軸受パッドの溝132の説明を準用する。

その内側端部126が外側端部よりも後方にあるように溝120,132を傾斜させることにより、フランジ64と軸受パッド52がシャフトと共に矢印Aの方向に回転するにつれて、軸受の半径方向中央に向かって軸方向内向きに空気を導くまたは圧送する。

【0037】

エンジンの大きさとコンプレッサホイールの直径に依存して100～320krpmの範囲であってもよいターボチャージャーの通常回転速度において、回転しているジャーナル部分96, 98と静的スリーブ部分92, 94との間の抗力と溝104の存在とに起因して、ジャーナル部がスリーブ部内で回転すると、ジャーナル軸受30, 32内に高圧空気の膜が動的に生成される。同様に、スラスト軸受34において、軸受パッド52とフランジ64がプレート68に対して回転すると、回転部分と静的部分との間の抗力と溝120,132の存在とに起因して、軸受パッド52とプレート68との間のギャップ及びフランジ64とプレート68との間のギャップに高圧空気の膜が生成する。したがって、ターボチャージャーの通常動作速度又はそれに近い速度において、軸受30, 32, 34は、主に空気力学的軸受として又は空気力学的軸受のみとして、動作することができる。

【0038】

しかし、少なくともターボチャージャーの速度が上がる時及び各動作の終わりに減速する時などの作動期間中では、軸受の力学的効果が作業負荷を支えるには不十分であり、可動部分と静的部分とが接触しないことを確実にするために、外部供給源36から絞り弁86, 102を通じて加圧空気が供給される。このような作動段階の間、これらの軸受は主に静的静圧軸受として機能する。上述のように、状況によっては、ターボチャージャーがその通常の運転範囲に達したときでも、供給源36から少ない流量の加圧空気を維持することができる。これは軸受の負荷容量を上げるのには有利であるが、標準的な静的軸受システムと比較して、加圧空気の供給量を低減しなければならないことが判明している。

【0039】

スリーブ部94内の絞り弁102が、その絞り弁を通る空気がランド部に導かれるように、ランド部105に整列していることに留意されたい。同様に、加圧空気がこれらの面の溝のないランド部に導かれるように、プレート68内の絞り弁86が、溝120, 120の半径方向内側に配置されていることに留意されたい。

溝104, 120, 132の角度又はパターンは、シャフトが回転するときに空気が圧送される方向を決定するが、溝の底面114, 130の湾曲が、空気力学的に作動する際に、負荷容量と軸受内のパワー損失に影響することが分かった。

【0040】

図6～9に示すように、ジャーナル軸受内の溝104の第1の実施態様において、各溝104は、凸状に湾曲した底面114を有し、それは溝の後側縁108から前側縁106の階段状の側面116に向かって半径方向内向きに湾曲する。従って、溝104は、それらの前側縁106においてより深くなり、その後側縁108に向かって漸進的に浅くなる。これを"湾曲オプション1"と呼ぶ。湾曲オプション1に従って溝104, 120, 132の底面114, 130を湾曲させる、それ以外の同等の軸受アレンジメントは、溝の底面114,130が平らな場合よりも、低い負荷容量と低いパワー損失とをもたらすことが分かっている。

【0041】

対照的に、図13及び15に示すスラスト軸受の溝120, 132の底面130は、これとは反対方向に湾曲し、その前側縁122から後側縁124に向かって次第に深くなり、後側縁124には階段状の側面125がある。これを"湾曲オプション2"と呼ぶ。湾曲オプション2に従って溝104, 126, 132の底面114, 130を湾曲させると、溝の底面が平らな同等の軸受よりも、

10

20

30

40

50

軸受の負荷容量は増加するが、パワー損失も増加してしまう。

【0042】

溝の底面の湾曲の方向とその程度を変化させることによって、軸受の負荷容量及びパワー損失の比率を少なくともある程度変化させることができる。この実施態様において、ジャーナル軸受30、32中の溝104の底面114は、パワー損失を最小にするために、湾曲オプション1に従って湾曲しているので、溝は前縁では後縁でよりも深い。これは、ターボラグを減少させるという利点を有する。これとは対照的に、スラスト軸受34のサイズは制限されているので、スラスト軸受の溝120、132は、軸受の負荷容量を増加させるために、湾曲オプション2に従って湾曲し、パワー損失が大きくなるという犠牲を払う。

【0043】

底面114、130の輪郭は、与えられた任意の用途に対して要求される負荷容量とパワー損失との間の妥協点を提供するために、ここに示されたものから変更することができることを理解されたい。例えば、ジャーナル軸受30、32において、より大きい負荷容量が望まれる場合には、湾曲オプション2に従って溝104の底面114を構成し、同様に、パワー損失の最小化が第一の関心事である場合には、スラスト軸受における溝120、132の底面130を湾曲オプション1に従って構成することができる。

【0044】

空気軸受の負荷容量/パワー損失を微調整するために溝の底面を湾曲させることは、上述した湾曲オプション1、2の使用に限定されず、底面に他の曲面形状を採用してもよい。溝の構成の選択は、通常の使用中にターボチャージャーが動作する速度など多くの要因に依存してもよい。ある範囲の湾曲した溝の構成は、流体流動ダイナミクスの計算(シミュレーション)を行ってその中から最も適切なものを用いて試験することができる。例えば、図10及び11は、ジャーナル軸受30、32に使用するための、少し異なる構成の溝104'を示す。この実施態様では、各列に8つの溝104'があり、各溝104'は凹状の底面114'を有し、前側縁106'から溝の中心に向かって半径方向内側に湾曲し、その後、後側縁108'に向かって半径方向外向きに湾曲する。そのため、溝は、図11に示すようにシャフトの横断面で見たときにその底面114'が概して浅いU字形の輪郭を有する。この実施形態の湾曲した底面114'は、負荷容量とパワー損失との間の妥協点を提供し、それらは湾曲オプション1と湾曲オプション2との間にあることが判明している。

【0045】

湾曲した底面を使用することが有利であることは分かっているが、底面の輪郭は複雑であり、いくつかの用途においては、ターボチャージャーの軸受30、32、34のうちのいくつかにおいて溝104、120、132が平らな底面130を有し、それらが結果として許容可能な負荷容量及びパワー損失をもたらしていることが分かっている。

また、最も広い意味での本発明は、ここに開示された特定のパターンの溝の使用に限定されず、他の溝のパターンも使用できることにも留意すべきである。例えば、ジャーナル軸受30、32の溝104、104'は、ニシン骨型パターンに配置する必要はない。

【0046】

ターボチャージャーは典型的には約1~2秒かけて速度を上げることが分かっている。空気静的な作動段階中に必要とされる供給空気の圧力は、約3~5バール(0.3~0.5メガパスカル)である。始動時及び減速時に空気軸受30、32、34に加圧空気を供給し、ターボチャージャーの高速運転時に外部空気の僅かな供給又は供給無しで軸受を空気動力的軸受のみとして機能させることにより、従来の空気静圧軸受と比較して供給されるべき圧縮空気の量を減少させる一方で、軸受の非接触動作が保証される。この加圧空気の外部供給源36は、ポンプ、別個のコンプレッサ、圧縮空気のリザーバであってもよく、又は加圧空気をターボチャージャーのコンプレッサ側から取ってもよい。比較的低い圧力しか必要とされないため、加圧空気の外部供給源36は、従来の空気静圧軸受システムで使用されている既知の供給源よりも小型で、軽量で、低パワーにすることができる。これにより、システムは、自動車などの移動機械に適用するのに特に適している。

【0047】

このハイブリッド軸受システムは、必要に応じて加圧空気の外部供給源36を調節する制御システム（134）を組み込んでいる。この制御システムを、シャフト12（つまり空気軸受の可動部分）の回転速度を直接的又は間接的に検知し、この回転速度に応じて外部供給源36からの加圧空気の供給を調節するように構成することができる。いくつかの用途において、回転速度が特定のパラメータ内（例えば、0 rpm以上かつ上限閾値以下、この上限閾値において、軸受の空気力学的効果が空気の支持層に十分な空気圧を提供する。）である場合にのみ、外部供給源36から加圧空気が供給される。その他の状況では、ターボチャージャーが高速回転し、軸受が空気力学的に動的に作動して、加圧空気の流量を減少させる場合であっても、外部供給源36からの加圧空気の供給を維持することが望ましい場合がある。これは、軸受の負荷容量を増加させる一方で、依然として外部電源36を可能な限り小さく保ち、パワー消費を低減することを可能にする。この制御システム134は、回転速度の変化によって外部供給源36からの加圧空気の流量を徐々に変化させるように構成されてもよいし、その流量を段階的に変化させてもよいし、これら2つを組み合わせることで変化させてもよい。

10

## 【0048】

ハイブリッド空気軸受システム28は、如何なる回転速度においてもシャフト12に対して非常に低摩擦の支持を提供し、かつ低パワー損失を提供し、それにより、ターボチャージャーは排気ガスの導入に迅速にตอบสนองしてターボラグを低減することを可能にする。これは、セラミックタービン10の使用と組み合わせた場合に特に有効である。外部空気供給装置36には主に始動及び減速段階の間依存し、ターボチャージャーがスピードアップしたとき

20

## 【0049】

上述した軸受システムでは、荷重を支持し、軸受の可動部分と静的部分との間に低摩擦境界面を設けるために、ガス（気体）として空気を使用したが、他のガスを使用することもできる。さらに、上記では、本発明の気体軸受システムはターボチャージャーに適用するために記載されてきたが、この原理は他の用途に使用するために採用することができる。

上記の実施態様は、単なる例示として記載されたものである。添付の特許請求の範囲に規定される本発明の範囲から逸脱することなく、多くの変形が可能である。

30

## 【符号の説明】

## 【0050】

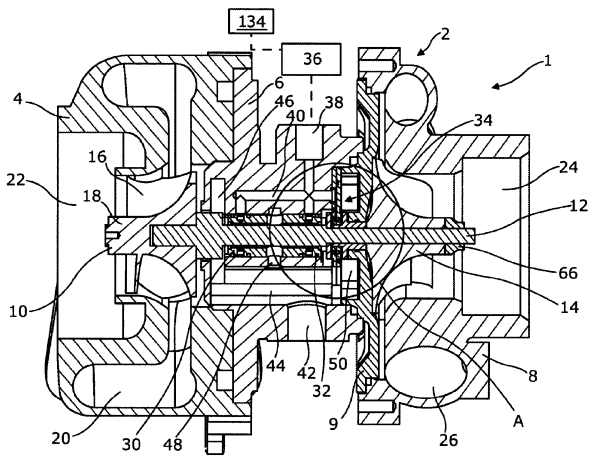
- 1 ターボチャージャー
- 2 ハウジング
- 4 タービンハウジング部
- 6 中央ハウジング部
- 8 コンプレッサハウジング部
- 9 後部カバー
- 10 タービンホイール
- 12 シャフト
- 14 コンプレッサホイール
- 30、32 スリーブ軸受
- 34 スラスト軸受
- 36 加圧ガスの供給源
- 52 軸受パッド
- 60 スラストカラー
- 92、94 スリーブ部分

40

50

96、98 ジャーナル部分

【図1】



【図2】

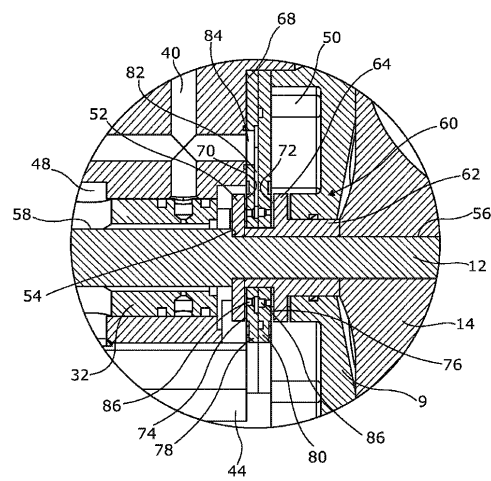


Fig. 2

【 図 3 】

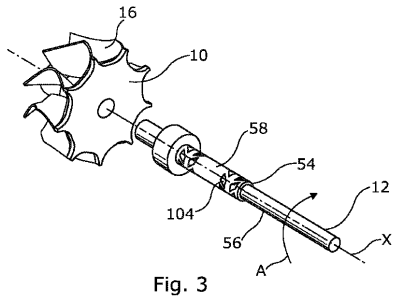


Fig. 3

【 図 5 】

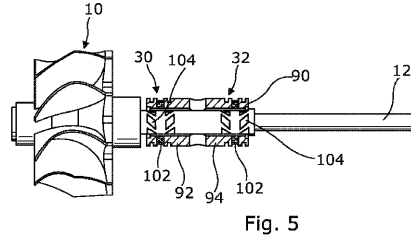


Fig. 5

【 図 4 】

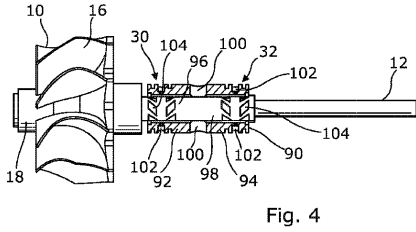


Fig. 4

【 図 6 - 7 】

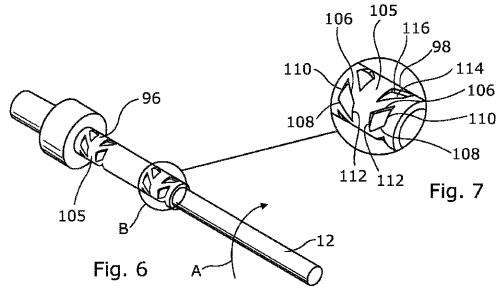


Fig. 6

Fig. 7

【 図 8 】

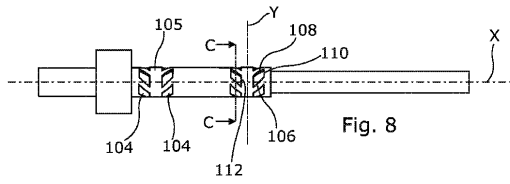


Fig. 8

【 図 1 1 】

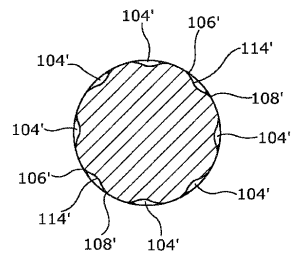


Fig. 11

【 図 9 】

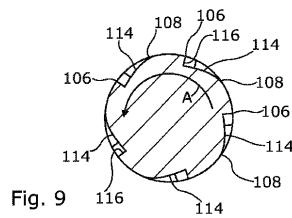


Fig. 9

【 図 1 0 】

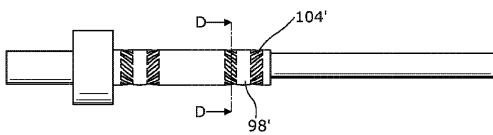


Fig. 10

【図12】

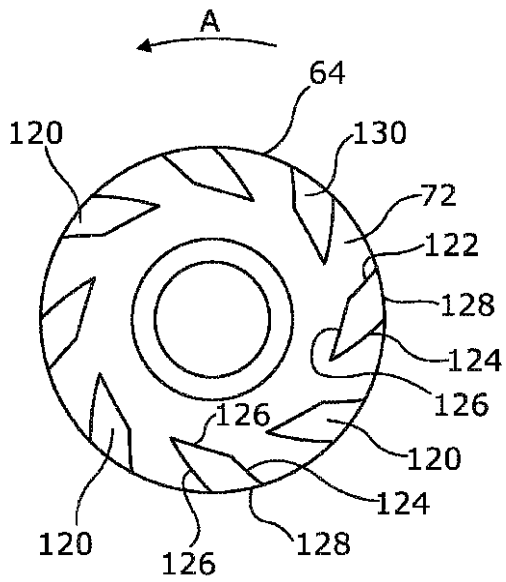


Fig. 12

【図13】

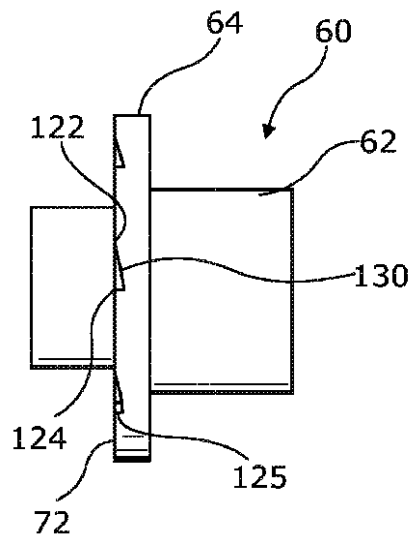


Fig. 13

【図14】

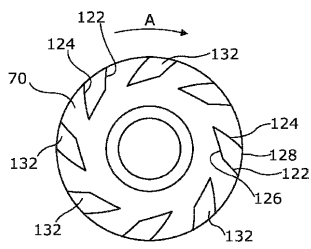


Fig. 14

【図15】

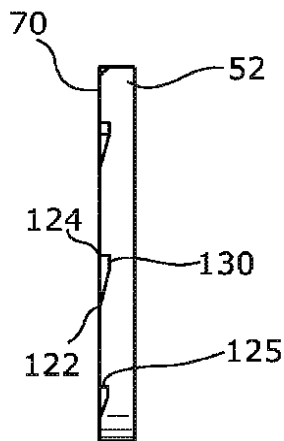


Fig. 15



## フロントページの続き

(74)代理人 100110249

弁理士 下田 昭

(74)代理人 100113022

弁理士 赤尾 謙一郎

(72)発明者 カイル ジアン

イギリス国、ウェスト ミッドランズ ビー 13 8 ジェー ワイ、バーミンガム、モーズリー、ソールズベリー ロード 90

(72)発明者 グアン プ

イギリス国、ウェスト ミッドランズ ビー 15 2 ティー ティー、バーミンガム、エッジバストン、ユニバーシティ オブ バーミンガム、スクール オブ メカニカル エンジニアリング

審査官 渡邊 義之

(56)参考文献 特開平4 - 296217 (JP, A)

実開平4 - 105216 (JP, U)

特開2005 - 249127 (JP, A)

特開平7 - 19236 (JP, A)

特公平7 - 81584 (JP, B2)

特表2002 - 515963 (JP, A)

米国特許出願公開第2008 / 0155829 (US, A1)

特開2003 - 35310 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 17/00 - 17/26

F16C 32/00 - 32/06

F16C 33/00 - 33/28