

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6589217号  
(P6589217)

(45) 発行日 令和1年10月16日 (2019. 10. 16)

(24) 登録日 令和1年9月27日 (2019. 9. 27)

(51) Int. Cl.

F I

FO4D 29/44 (2006.01)

FO4D 29/08 (2006.01)

FO4D 29/16 (2006.01)

FO4D 29/44 P

FO4D 29/08 E

FO4D 29/44 Y

FO4D 29/16

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-84927 (P2015-84927)	(73) 特許権者	310010564
(22) 出願日	平成27年4月17日 (2015. 4. 17)		三菱重工コンプレッサ株式会社
(65) 公開番号	特開2016-205175 (P2016-205175A)		東京都港区芝五丁目34番6号
(43) 公開日	平成28年12月8日 (2016. 12. 8)	(74) 代理人	100149548
審査請求日	平成30年4月16日 (2018. 4. 16)		弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100162868
			弁理士 伊藤 英輔
		(74) 代理人	100161702
			弁理士 橋本 宏之
		(74) 代理人	100189348
			弁理士 古部 智
		(74) 代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎
		(74) 代理人	100210572
			弁理士 長谷川 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転機械、回転機械の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線回りに回転する円盤状をなすディスク、該ディスクの軸線方向一方側を向く面に周方向に間隔をあけて設けられることで互いの間に軸線方向一方側から径方向外側に向かう流路を区画形成するブレード、及び、該ブレードを径方向外側から覆うカバーを備えるインペラと、

該インペラを径方向外側から覆うとともに、前記カバーの外周面との間に隙間を形成するケーシングと、

前記隙間に設けられたシール部と、

前記カバーの軸線方向一方側の端面と、前記端面に軸線方向に対向する対向面との間である前記隙間に連通する空間に、前記ケーシングの前記対向面から前記端面に向かって突出するように設けられて前記カバーよりも被削性の高い材料から形成された蓋部材と、を備え、

前記カバーにおける前記端面は、

前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲するカバー湾曲面を含み、

前記カバーは、前記カバー湾曲面における径方向内側の端縁から軸線方向他方側に連続するとともに、該軸線と平行に延びるカバー平行面をさらに有し、

前記蓋部材における前記軸線方向他方側の面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲する湾曲対向面とさ

れ、

該蓋部材における前記軸線の径方向内側の面は、該軸線に平行に延びる平行内周面とされ、

前記湾曲対向面、及び前記平行内周面は前記軸線方向他方側でフィン部を形成し、

前記フィン部と前記カバーにおける前記カバー湾曲面とは、前記軸線の径方向から見て少なくとも一部が互いに重なっており、

前記湾曲対向面の曲率半径と、前記カバー湾曲面の曲率半径とは互いに異なっている回転機械。

【請求項 2】

前記平行内周面と前記カバー平行面とは、前記軸線方向から見て該軸線の径方向における位置が同一である請求項 1 に記載の回転機械。

【請求項 3】

前記フィン部と前記カバーの前記端面とが当接している請求項 1 又は 2 に記載の回転機械。

【請求項 4】

軸線回りに回転する円盤状をなすディスク、該ディスクの軸線方向一方側を向く面に周方向に間隔をあけて設けられることで互いの間に軸線方向一方側から径方向外側に向かう流路を区画形成するブレード、及び、該ブレードを径方向外側から覆うカバーを備えるインペラと、該インペラを径方向外側から覆うとともに、前記カバーの外面との間に隙間を形成するとともに、軸線方向に複数に分割されたケーシングと、前記カバーの軸線方向一方側の端面と、前記ケーシングにおける前記端面に軸線方向に対向する対向面との間である前記隙間に連通する空間に、前記対向面から前記端面に向かって突出するように設けられて前記カバーよりも被削性の高い材料から形成された蓋部材と、を備え、

前記カバーにおける前記端面は、

前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲するカバー湾曲面を含み、

前記カバーは、前記カバー湾曲面における径方向内側の端縁から軸線方向他方側に連続するとともに、該軸線と平行に延びるカバー平行面をさらに有し、

前記蓋部材における前記軸線方向他方側の面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲する湾曲対向面とされ、

該蓋部材における前記軸線の径方向内側の面は、該軸線に平行に延びる平行内周面とされ、

前記湾曲対向面、及び前記平行内周面は前記軸線方向他方側でフィン部を形成し、

前記フィン部と前記カバーにおける前記カバー湾曲面とは、前記軸線の径方向から見て少なくとも一部が互いに重なっており、

前記湾曲対向面の曲率半径と、前記カバー湾曲面の曲率半径とは互いに異なっている回転機械の製造方法であって、

前記インペラを準備する工程と、

前記対向面に前記蓋部材を取り付ける工程と、

前記蓋部材の前記湾曲対向面と前記カバーの前記カバー湾曲面とが当接した状態で、軸線方向両側から前記分割された前記ケーシングをそれぞれ取り付ける工程と、

前記インペラを軸線回りに回転駆動することで、前記蓋部材を前記カバーの前記端面との接触によって切削する工程と、を含む回転機械の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転機械、及び回転機械の製造方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 2 】

一般的に遠心圧縮機に代表される回転機械は、回転軸に設けられたインペラと、このインペラを外側から覆うことでインペラとの間で流路を画成するケーシングと、を備えている。この流路は、インペラの回転によってケーシング内に外部の流体を吸引するとともに、流路中を流通する間に流体に圧力を加えてケーシング出口から高圧状態で吐出する。

## 【 0 0 0 3 】

このような技術の一例として、下記特許文献 1 に記載された遠心圧縮機が知られている。特許文献 1 に記載された遠心圧縮機では、いわゆるクローズドインペラが採用されている。すなわち、この装置は、軸線回りに回転する回転軸と、この回転軸に取り付けられたディスクと、ディスクの一方側の面上に配列された複数のブレード、及びこれら複数のブレードにおける軸線方向一方側の端縁に設けられたシュラウドカバーを有するクローズドインペラ（羽根車）と、このクローズドインペラを外側から覆うことで流路を形成するケーシングと、を備えている。以上のような構成により、軸線方向の一方側から流入した低圧の流体が、インペラの回転に伴って圧縮され、高圧の流体として径方向外側の吐出部から外部に導かれる。

10

## 【 0 0 0 4 】

ところで、上記のような回転機械では、回転体であるインペラと、これに接する静止状態のケーシングとの間に、一定の間隙を設けることが一般的である。すなわち、この間隙を挟むことで、インペラとケーシングとの干渉が回避される。

20

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

## 【 特許文献 1 】 特開平 4 - 2 0 3 5 6 5 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、インペラとケーシングとの間に間隙を形成した場合、該間隙に流路中の流体が流れ込む可能性がある。特に、この間隙に流体が流れ込むと、シュラウドカバー端の角 R 部（湾曲している部分）に該流体が衝突し、その下流側で境界層が発達し、流れの剥離や、これに起因する渦が発生してしまう。流体の流れに対するこのような擾乱が一旦発生すると、インペラ内部の減速流によってその擾乱がさらに拡大・肥大化し、インペラの効率が低下する。この現象が圧縮機の圧縮効率の向上を図る上での妨げとなることが懸念される。

30

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、上記の事情を考慮してなされたものであり、十分な効率を備える回転機械、及び回転機械の製造方法を提供することを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するため、本発明は以下の手段を採用している。

本発明の一態様に係る回転機械は、軸線回りに回転する円盤状をなすディスク、該ディスクの軸線方向一方側を向く面に周方向に間隔をあけて設けられることで互いの間に軸線方向一方側から径方向外側に向かう流路を区画形成するブレード、及び、該ブレードを径方向外側から覆うカバーを備えるインペラと、該インペラを径方向外側から覆うとともに、前記カバーの外表面との間に隙間を形成するケーシングと、前記隙間に設けられたシール部と、前記カバーの軸線方向一方側の端面と、前記端面に軸線方向に対向する対向面との間である前記隙間に連通する空間に、前記ケーシングの前記対向面から前記端面に向かって突出するように設けられて前記カバーよりも被削性の高い材料から形成された蓋部材と、を備え、前記カバーにおける前記端面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲するカバー湾曲面を含み、前記カバーは、前記カバー湾曲面における径方向内側の端縁から軸線方向他方側に連続す

40

50

るとともに、該軸線と平行に延びるカバー平行面をさらに有し、前記蓋部材における前記軸線方向他方側の面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲する湾曲対向面とされ、該蓋部材における前記軸線の径方向内側の面は、該軸線に平行に延びる平行内周面とされ、前記湾曲対向面、及び前記平行内周面は前記軸線方向他方側でフィン部を形成し、前記フィン部と前記カバーにおける前記カバー湾曲面とは、前記軸線の径方向から見て少なくとも一部が互いに重なっており、前記湾曲対向面の曲率半径と、前記カバー湾曲面の曲率半径とは互いに異なっている。

【 0 0 0 9 】

上述のような構成によれば、カバーの軸線方向一方側の端面と、ケーシングの対向面との間の空間が、蓋部材によって径方向内側から覆われる。これにより、流体が該空間の内部に流入する可能性を低減することができる。

10

加えて、蓋部材は被削性の高い材料で形成されていることから、回転機械の運転中にカバーの端面と蓋部材とが接触した場合には蓋部材が切削される。このため、カバーには、蓋部材との接触による摩耗や損傷が生じにくい。

【 0 0 1 0 】

本発明の一態様に係る回転機械では、前記カバーにおける前記端面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲するカバー湾曲面を含み、前記カバーは、前記カバー湾曲面における径方向内側の端縁から軸線方向他方側に連続するとともに、該軸線と平行に延びるカバー平行面をさらに有し、前記蓋部材における前記軸線方向他方側の面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲する湾曲対向面とされ、該蓋部材における前記軸線の径方向内側の面は、該軸線に平行に延びる平行内周面とされ、前記湾曲対向面、及び前記平行内周面は前記軸線方向他方側でフィン部を形成し、該フィン部と前記蓋部材における前記カバー湾曲面とは、前記軸線の径方向から見て少なくとも一部が互いに重なっていてもよい。

20

【 0 0 1 1 】

上述のような構成によれば、蓋部材が設けられることにより、流体が該空間の内部に流入する可能性を低減することができる。さらに、蓋部材のフィン部と、カバー湾曲面の少なくとも一部は、軸線の径方向から見て重なっていることから、上記の空間の内部に向かって流体が流入する可能性をさらに低減することができる。

30

加えて、カバーの端面は湾曲することでカバー湾曲面をなし、蓋部材の外周側の面も湾曲することで湾曲対向面をなしている。これにより、例えば回転中のインペラが軸線の径方向にずれを生じ、カバー湾曲面と湾曲対向面とが接触した場合であっても、両者の接触面積を比較的に広く確保することができる。

一方で、カバーと上記端面とが角部を有している場合、接触面積を限定することができるので、蓋部材の損傷や摩耗を最小化することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様に係る回転機械では、前記平行内周面と前記カバー平行面とは、前記軸線方向から見て該軸線の径方向における位置が同一であってもよい。

40

【 0 0 1 3 】

上述のような構成によれば、平行内周面とカバー平行面とが、軸線の径方向において同一の位置に延びることで、互いに面一となっている。したがって、平行内周面からカバー平行面に向かって流体が流通するに際し、剥離や渦等を形成する可能性をさらに低減することができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の一態様に係る回転機械では、前記フィン部と前記カバーの前記端面とが当接していてもよい。

【 0 0 1 5 】

上述のような構成によれば、回転機械の駆動に伴ってフィン部が切削されることで、該

50

フィン部と端面との間に、インペラが回転可能な限りにおいて最小限の間隙を形成することができる。

【0016】

本発明の他の態様に係る回転機械の製造方法は、軸線回りに回転する円盤状をなすディスク、該ディスクの軸線方向一方側を向く面に周方向に間隔をあけて設けられることで互いの間に軸線方向一方側から径方向外側に向かう流路を区画形成するブレード、及び、該ブレードを径方向外側から覆うカバーを備えるインペラと、該インペラを径方向外側から覆うとともに、前記カバーの外面との間に隙間を形成するとともに、軸線方向に複数に分割されたケーシングと、前記カバーの軸線方向一方側の端面と、前記ケーシングにおける前記端面に軸線方向に対向する対向面との間である前記隙間に連通する空間に、前記対向面から前記端面に向かって突出するように設けられて前記カバーよりも被削性の高い材料から形成された蓋部材と、を備え、前記カバーにおける前記端面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲するカバー湾曲面を含み、前記カバーは、前記カバー湾曲面における径方向内側の端縁から軸線方向他方側に連続するとともに、該軸線と平行に延びるカバー平行面をさらに有し、前記蓋部材における前記軸線方向他方側の面は、前記軸線の径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、該軸線方向一方側から他方側に向かって湾曲する湾曲対向面とされ、該蓋部材における前記軸線の径方向内側の面は、該軸線に平行に延びる平行内周面とされ、前記湾曲対向面、及び前記平行内周面は前記軸線方向他方側でフィン部を形成し、前記フィン部と前記カバーにおける前記カバー湾曲面とは、前記軸線の径方向から見て少なくとも一部が互いに重なっており、前記湾曲対向面の曲率半径と、前記カバー湾曲面の曲率半径とは互いに異なっている回転機械の製造方法であって、前記インペラを準備する工程と、前記対向面に前記蓋部材を取り付ける工程と、前記蓋部材の前記湾曲対向面と前記カバーの前記カバー湾曲面とが当接した状態で、軸線方向両側から前記分割された前記ケーシングをそれぞれ取り付ける工程と、前記インペラを軸線回りに回転駆動することで、前記蓋部材を前記カバーの前記端面との接触によって切削する工程と、を含む。

【0017】

上述のような方法によれば、軸線方向に複数に分割されたケーシングが、蓋部材とカバーの端面とが当接した状態で、インペラの軸線方向両側から取り付けられる。続いて、この状態でインペラを回転駆動することで、被削性の高い材料で形成された蓋部材は、カバーの端面との接触によって切削される。これにより、蓋部材とカバーの端面との間に、インペラが回転可能な限りにおいて、最小限の間隙を形成することができる。すなわち、蓋部材によるシール性をさらに向上することができる。なお、組立時に上記蓋部材とカバーの端面とを当接させず、両者の間にわずかな隙間をあけて組立てることも可能である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、十分な効率を備える回転機械、及び回転機械の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態に係るギアード遠心圧縮機（回転機械）の構成を示す概略図である。

【図2】本発明の第一実施形態に係る回転機械の要部拡大図である。

【図3】本発明の第一実施形態に係るインペラ周辺の拡大図である。

【図4】本発明の第一実施形態に係るインペラ周辺の拡大図である。

【図5】本発明の第二実施形態に係るインペラ周辺の拡大図である。

【図6】本発明の第三実施形態に係る回転機械の要部拡大図である。

【図7】遠心圧縮機インペラ流路断面上における圧力損失分布の一例を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に係るインペラ流路断面上における圧力損失分布の一例を示す図である。

【図 9】本発明の実施形態に係る回転機械の製造方法を示す工程図である。

【図 10】従来型のインペラにおける要部拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

[第一実施形態]

以下、本発明の第一実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 に示すように、本実施形態に係るギアード遠心圧縮機 100（回転機械 100）は、外部の駆動源によって駆動される回転駆動軸 102 を有する増速伝達部 200 と、この増速伝達部 200 を挟んで両側に配置される一対の遠心圧縮機 1 と、を備えている。すなわち、このギアード遠心圧縮機 100 は、1 軸 2 段の圧縮機として構成されている。これにより、一方の遠心圧縮機 1（1 段目の遠心圧縮機 1）によって圧縮された流体は、続いて他方の遠心圧縮機 1（2 段目の遠心圧縮機 1）に流入する。この 2 段目の遠心圧縮機 1 を流通する過程でこの流体はさらに圧縮されて、高圧の流体となる。

10

なお、以下の説明では、1 軸 2 段のギアード遠心圧縮機 100 を例に説明するが、ギアード遠心圧縮機 100 の態様はこれに限定されず、さらに多くの圧縮段数、及び軸数を備える圧縮機を適用してもよい。

【0021】

より詳細には、増速伝達部 200 を挟んで一対の遠心圧縮機 1 が同一の回転軸 2 によって駆動される構成を採っている。さらに、これら一対の遠心圧縮機 1 は、回転軸 2 の軸線 O と直交する仮想平面である基準面 CP を基準として、互いにおおむね面対称をなして構成されている。言い換えると、一方の遠心圧縮機 1 は、他方の遠心圧縮機 1 に対して鏡像対称をなしている。

20

【0022】

増速伝達部 200 は、大径ギア 103 を有するとともに、外部の駆動源によって回転駆動される回転駆動軸 102 と、この回転駆動軸 102 及び回転軸 2 の一部を收容する收容部 104 と、を有している。回転駆動軸 102 の大径ギア 103 は、回転駆動軸 102 の軸線 O に直交する面内に延びる円盤状の歯車である。

【0023】

高出力、高トルクを志向する場合には、このような歯車として、はすば歯車が好適に用いられる。この大径ギア 103 では、後述する遠心圧縮機 1 の回転軸 2 に設けられたピニオンギア 3 と噛み合うように歯のピッチ等が適宜に設定される。

30

【0024】

さらに、このピニオンギア 3 の径寸法は、大径ギア 103 よりも小さく設定されている。したがって、ピニオンギア 3 を有する回転軸 2 の回転数は、大径ギア 103 を有する回転駆動軸 102 の回転数よりも大きくなる。

【0025】

増速伝達部 200 の外殻をなす收容部 104 の内部には、これら回転駆動軸 102、及び回転軸 2 を回転可能に支持するための軸受装置 4 が設けられている。軸受装置 4 に潤滑油を供給するための装置を別途設けてもよい。

【0026】

40

以上のような構成により、回転駆動軸 102 の回転運動は、大径ギア 103 及びピニオンギア 3 を介して遠心圧縮機 1 の回転軸 2 に伝達される。これにより、一対の遠心圧縮機 1 が動作する。

【0027】

続いて、本実施形態に係る遠心圧縮機 1 の構成について、図 2 を参照して説明する。なお、上述したように、互いに面対称をなすことを除いて、本実施形態のギアード遠心圧縮機 100 における一対の遠心圧縮機 1 はともに同等の構成を有していることから、以下の説明では代表的に一つの遠心圧縮機 1 についてのみ説明する。

【0028】

図 2 は遠心圧縮機 1 の要部を拡大して示す図である。同図に示すように、遠心圧縮機 1

50

は、軸線Oに沿って延びる回転軸2と、この回転軸2に設けられたインペラ5と、インペラ5を外側から覆うケーシング6と、を備えている。

【0029】

回転軸2は、軸線Oを中心として円柱状に形成された回転体であり、上述の増速伝達部200によって回転力を付与されて軸線O回りに回転する。

【0030】

インペラ5は、この回転軸2の軸線O方向における延在中途に設けられた羽根車である。より詳細には、このインペラ5は、回転軸2の外周面から径方向外側に張り出す略円盤状のディスク7と、このディスク7における軸線O方向一方側の面に設けられた複数のブレード8と、これら複数のブレード8を軸線O方向一方側から覆うカバー9と、を備えている。

10

【0031】

ディスク7は、回転軸2の外周面に形成された嵌合溝21に嵌合されるディスク支持部71と、このディスク支持部71から径方向外側に向かって板状に延びる円環状のディスク本体部72と、を有している。

【0032】

ディスク支持部71は、軸線O方向の一方側から他方側に向かうに従って次第に径方向の内側から外側に向かって拡張している。ディスク本体部72は、このディスク支持部71の軸線O方向他方側における外周面から径方向外側に向かって張り出している。すなわち、ディスク本体部72は外形視で円環板状に形成されている。

20

【0033】

さらに、これらディスク支持部71とディスク本体部72との接続部73は滑らかな曲面状に形成されている。このように構成されたディスク7の軸線O方向一方側の面はディスク表面7Aとされている。一方で、このディスク表面7Aとは反対側を向く面はおおむね平滑に形成されることでディスク背面7Bとされている。このディスク背面7Bは、軸線Oとおおむね直交する面上に延びている。

【0034】

個々のブレード8は、上記のディスク表面7Aから延びる薄板状の翼部材である。詳しくは図示しないが、このブレード8は、軸線O方向から見てディスク7の径方向内側から外側に向かうに従って一方側に湾曲している。

30

【0035】

さらに、ブレード8の高さ寸法、すなわちディスク表面7Aからの突出寸法は、ディスク支持部71からディスク本体部72に向かうに従って次第に減少している。換言すると、ブレード8における軸線O方向一方側を向く端縁、すなわちディスク7とは反対の側の端縁は、ディスク支持部71とディスク本体部72の湾曲形状におおむね対応するように湾曲している。

【0036】

このように構成されたブレード8が、ディスク表面7A上で、軸線Oを中心として径方向外側に向かって放射状に複数配列されている。すなわち、隣接する一対のブレード8同士の間には周方向にわたって間隔が形成されている。

40

【0037】

さらに、複数のブレード8のそれぞれの端縁（ディスク7とは反対の側の端縁）には、その延在寸法の全体にわたってカバー9が設けられている。言い換えると、複数のブレード8はこのカバー9によって軸線O方向の一方側から覆われている。上述のようにブレード8の端縁はディスク表面7Aの形状に対応するように湾曲していることから、カバー9は外形視でおおむね漏斗状をなしている。

【0038】

さらに、カバー9の軸線O方向における一方側の端面9Bは、カバー垂直面9Cと、カバー湾曲面9Dとを有している。カバー垂直面9Cは、端面9Bにおける径方向外側の端縁から径方向内側に向かって、軸線Oの径方向に延びている。なお、カバー垂直面9Cは

50

、厳密に軸線 O の径方向に沿っている必要はなく、実質的に径方向と平行をなすことを志向している限りにおいては、加工誤差等による多少の歪み等は許容される。

【 0 0 3 9 】

カバー湾曲面 9 D は、図 3 に示すように、軸線 O の径方向外側から内側に向かうにしたがって、該軸線 O の一方側から他方側に向かって湾曲している。このカバー湾曲面 9 D における径方向内側の端縁（すなわち、軸線 O 方向他方側の端縁）から軸線 O 方向他方側の領域は、該軸線 O とおおむね平行をなすことでカバー平行面 9 E とされている。なお、これらカバー湾曲面 9 D とカバー平行面 9 E とは互いに連続することで一様な面をなしている。言い換えれば、カバー湾曲面 9 D とカバー平行面 9 E との間には段差等が形成されていない。

10

【 0 0 4 0 】

さらに、軸線 O の径方向から見た場合、カバー 9 の内周面とディスク表面 7 A との間の離間寸法は、径方向内側から径方向外側に向かうに従って次第に減少している。なお、好ましくはこのカバー 9 は一の部材によって一体に形成される。このカバー 9 の外面、すなわち軸線 O 方向一方側を向く面は、対向カバー面 9 A とされている。

【 0 0 4 1 】

以上のように構成されたインペラ 5 では、カバー 9 の内周面とディスク表面 7 A とによって囲まれるインペラ流路 5 F が区画形成される。インペラ流路 5 F は、その周方向の両側を、互いに隣り合う一対のブレード 8 によって仕切られている。インペラ流路 5 F の軸線 O 方向一方側は、該軸線 O 方向一方側に向かって開口することで、インペラ吸気口 5 1 とされている。一方で、インペラ流路 5 F におけるインペラ吸気口 5 1 とは反対側の端部も同様に開口することでインペラ吐出口 5 2 とされている。

20

【 0 0 4 2 】

ケーシング 6 は、遠心圧縮機 1 の外殻の一部をなすとともに、上記のインペラ 5 にその内周面を対向させるようにしてこれを外側から覆っている。なお、本実施形態では、ケーシング 6 は軸線 O 方向に複数に分割されている。より詳細には、図 1 に示すように、ケーシング 6 は、軸線 O とおおむね直交する分割面で分割されることで、軸線 O 方向一方側の半体をなす第一ケーシング H 1 と、及び他方側の半体をなす第二ケーシング H 2 と、を有している。

【 0 0 4 3 】

30

加えて、このケーシング 6 には、外部と連通することで作動流体としての空気を内部に取り込むための吸気流路 8 0（吸気管 8 0）が設けられている。吸気管 8 0 は、図 1 に示すように、軸線 O 方向の一方側から他方側に向かうに従って次第に縮径するコーン状の部材である。この吸気流路 8 0 を通じて流入した空気は、ケーシング 6 内部で上述のインペラ吸気口 5 1 を介してインペラ流路 5 F に導かれる。

【 0 0 4 4 】

さらに、このケーシング 6 の内周面のうち、インペラ 5 における上述の対向カバー面 9 A と隙間を空けて対向する面は、対向内周面 6 A とされている。軸線 O 方向にインペラ 5 を挟んでこの対向内周面 6 A と反対の側に位置する面は、ディスク背面 7 B と間隔を空けて対向することで第二対向内周面 6 B とされている。

40

【 0 0 4 5 】

これら対向内周面 6 A と第二対向内周面 6 B とによって囲まれた領域には、その径方向外側の端部から外部に向かって開口するディフューザが形成されている。このディフューザは排气流路 9 0（排气流路 9 0）と連通されている。図 1 に示すように、排气流路 9 0 は上述の吸気管 8 0 を外周側から囲みながら渦巻状に延びる管体である。この排气流路 9 0 を通じて、不図示の外部機器に高圧の空気が供給され、種々の利用に供される。

【 0 0 4 6 】

さらに、上記の対向内周面 6 A は、おおむね軸線 O に沿って延びることで円筒状をなす円筒内周面 6 1 A と、この円筒内周面 6 1 A の軸線 O 方向他方側の端部に接続されるとともに、同じく他方側に向かうに従って径方向外側に向かって延びる拡径内周面 6 2 A と、

50



を有している。

【 0 0 4 7 】

上記の円筒内周面 6 1 A の軸線 O 方向一方側の端部は、径方向内側に向かって縮径することで、上記の吸込流路の内周面と接続されている。この縮径部のうち、軸線 O 方向他方側を向く面は、対向面 6 1 B とされている。この対向面 6 1 B は、本実施形態では、おおむね軸線 O の径方向に広がる円環状をなしている。なお、この対向面 6 1 B は、必ずしも軸線 O の径方向に厳密に沿っている必要はなく、実質的に径方向と平行をなすことを志向している限りにおいては、加工誤差等による多少の歪みは許容される。

【 0 0 4 8 】

上記の対向面 6 1 B、及びカバー 9 の端面 9 B によって形成される空間は、上述したカバー 9 対向面 6 1 B と対向内周面 6 A とによって形成される隙間に連通されている。この空間には、蓋部材 S が設けられている。蓋部材 S は、軸線 O 方向から見ておおむね円環状をなすとともに、比較的の高い被削性を有する材料で形成されている。この蓋部材 S を形成するに当たっては、例えば樹脂により一体成形してもよいし、又は、アルミニウムの微粉末を、バインド材等と混練した後、押し固めることで成形してもよい。

【 0 0 4 9 】

さらに、本実施形態に係る蓋部材 S のうち、軸線 O 方向の他方側を向く面は、湾曲対向面 S 1 とされている。この湾曲対向面 S 1 は、径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって、軸線 O の一方側から他方側に向かって湾曲している。一方で、蓋部材 S の内周面、すなわち径方向内側の面は、軸線 O とおおむね平行に延びる平行内周面 S 2 とされている。なお、この平行内周面 S 2 は必ずしも軸線 O と完全な平行をなしている必要はなく、加工誤差等による多少の歪みは許容される。

【 0 0 5 0 】

以上のように構成された湾曲対向面 S 1、及び平行内周面 S 2 とは、軸線 O 方向の他方側で鋭角をなして互いに接続されることで、図 3 に示すように、薄板状のフィン部 F を形成する。すなわち、本実施形態に係る蓋部材 S は、このフィン部 F を有することで、全体として対向面 6 1 B から軸線 O 方向の他方側に向かって突出している。

上記のフィン部 F は、カバー 9 に対して軸線 O 方向の一方側から対向している。より具体的には、フィン部 F はカバー 9 の端面 9 B に対して軸線 O 方向の一方側から対向している。

【 0 0 5 1 】

より詳細には、図 3 又は図 4 に示すように、蓋部材 S のフィン部 F はカバー湾曲面 9 D に追従するように、軸線 O 方向の他方側に向かって突出している。なお、特に図 3 に示すように、フィン部 F の径方向外側の面（すなわち、湾曲外周面）の曲率半径と、カバー湾曲面 9 D の曲率半径とは互いに異なる値に設定される。言い換えれば、湾曲外周面とカバー 9 の端面 9 B における径方向外側の領域は、軸線 O 方向に互いに離間している。

【 0 0 5 2 】

さらに、蓋部材 S の平行内周面 S 2 と、カバー 9 のカバー平行面 9 E とは、互いに面一とされている。より詳細には、平行内周面 S 2 とカバー平行面 9 E とは、軸線 O の径方向においておおむね同一の位置に延びている。さらに言い換えれば、カバー 9 の内径寸法と、蓋部材 S の内径寸法は互いにおおむね同一に設定されている。

【 0 0 5 3 】

なお、詳しくは後述するが、遠心圧縮機 1 が実際に稼働している状態においては、図 3 に示すように、フィン部 F の先端部（軸線 O 方向他方側の端部）と、カバー 9 のカバー湾曲面 9 D との間には、わずかな間隙（微小間隙 d）が形成されている。一方で、この遠心圧縮機 1 を製造するに当たって、各部材の組み立てが完了した直後の状態においては、図 4 に示すように、これらフィン部 F の先端部とカバー湾曲面 9 D とは互いに軸線 O 方向の両側から当接している。すなわち、図 3 に示す微小間隙 d は、図 4 に示す組み立て直後の状態で、インペラ 5 を回転駆動することによって、被削性の高い蓋部材 S がカバー 9 との接触を経て切削されることで自然に形成されるものである。

10

20

30

40

50

## 【0054】

さらに、本実施形態では、このケーシング6の内周面のうち、上述の第二対向内周面6Bは、回転軸2の外周面とおおむね平行をなして平面状に延びている。この第二対向内周面6Bと回転軸2の外周面との間には、径方向に間隔が形成されている。この間隔は、上述の増速伝達部200における収容部104の内部と連通されている。

## 【0055】

以上のように構成されたケーシング6とインペラ5との間には、シール部10が設けられている。より詳細には、本実施形態に係るシール部10は、ケーシング6における対向内周面6Aのうち、円筒内周面61A上に設けられている。

## 【0056】

図3に示すように、シール部10は、円筒内周面61Aに沿って延びるアブレイダブルシール部11と、インペラ5のカバー9からこのアブレイダブルシール部11に向かって（すなわち、軸線Oの径方向内側から外側に向かって）延びる複数のシールフィン12と、を有している。

## 【0057】

シールフィン12は、径方向内側から外側（先端部）に向かうにしたがって次第に先細りするように形成されることで、断面視くさび型をなしている。さらに、本実施形態では、これら複数のシールフィン12は、カバー9の外周面上で軸線O方向に互いに間隔を空けて配列されている。しかしながら、シールフィン12の態様はこれに限定されず、例えばシールフィン12同士が間隔をあけずに密接した状態で配列されてもよい。

## 【0058】

## 〔製造方法〕

次に、本実施形態に係る回転機械100としての遠心圧縮機1（回転機械100）の製造方法について、図9を参照して説明する。同図に示すように、遠心圧縮機1を製造するに当たっては、まず上述のように構成されたインペラ5を準備する。インペラ5を構成するに当たっては、例えばアルミニウムや鉄を主成分とする金属材料を用いて一体に成形する工程等が実施される。

続いて、上述のような構成を有するケーシング6を、例えば鋳造等によって成形する。上述のように、本実施形態ではケーシング6は、遠心圧縮機1が組立てられた状態における軸線O方向に、2つに分割されている。このうち軸線O方向の一方側の半体に対して、上述の蓋部材Sを取り付ける。より具体的には、ケーシング6の半体の内周面（対向面61B）に、別工程によって予め成形された蓋部材Sを取り付ける。

## 【0059】

さらに、ケーシング6をなす2つの半体を、インペラ5に対して軸線O方向の両側から該軸線O方向に移動させながら取り付ける。このとき、それぞれ上記の蓋部材S（フィン部Fの先端）と、インペラ5におけるカバー9の端面9Bとが当接した状態となる。この状態で、2つの半体同士を固定することで、ケーシング6の内部にインペラ5が収容される。

## 【0060】

次に、上記の状態、外部の動力源によって、インペラ5を軸線O回りに回転駆動する。これにより、当初接触していた蓋部材S（フィン部Fの先端）と、カバー9の端面9Bとが、インペラ5の回転に伴って軸線Oの周方向に摺接する。ここで、蓋部材Sは上記のように被削性の高い材料で形成されていることから、カバー9との連続的な摺接を経て次第に切削される。蓋部材Sが切削されることにより、この蓋部材S（特に、フィン部F）とカバー9の端面9Bとの間には、図3に示すような微小間隙dが自然に形成される。以上により、遠心圧縮機1の製造方法に係る主要な工程が完了する。

## 【0061】

以上のように構成された遠心圧縮機1、及びギアード遠心圧縮機100の動作について説明する。

まず、外部の駆動源によって、増速伝達部200の回転駆動軸102を回転駆動する。

10

20

30

40

50

なお、このような駆動源としては、例えば電動機や蒸気タービン等が設計・仕様定格に応じて適宜に選択される。すなわち、これら電動機や蒸気タービンの出力軸を、回転駆動軸 102 に接続することにより、その回転運動を回転駆動軸 102 に伝達することができる。

#### 【0062】

回転駆動軸 102 が回転すると、この回転駆動軸 102 上に設けられた上述の大径ギア 103 も回転する。大径ギア 103 は遠心圧縮機 1 の回転軸 2 上に設けられたピニオンギア 3 と噛み合っている。これにより、回転駆動軸 102 の回転運動は、遠心圧縮機 1 の回転軸 2 に伝達され、回転駆動軸 102 の回転方向とは反対の方向に向かって回転軸 2 が回転を始める。

10

#### 【0063】

回転軸 2 が回転することにより、増速伝達部 200 に隣接して設けられた一对の遠心圧縮機 1 は駆動される。まず、回転軸 2 の回転に伴って、インペラ 5 がケーシング 6 の内部で回転する。上述のようにインペラ 5 における軸線 O 方向一方側には、空気を作動流体として取り入れるためのインペラ吸気口 51 が形成されている。インペラ 5 の回転数の上昇に伴って、空気がインペラ吸気口 51 を通じてインペラ流路 5F の内部に取り込まれる。

#### 【0064】

インペラ流路 5F の内部に取り込まれた空気は、インペラ 5 の回転運動によってインペラ流路 5F 内部を上述のインペラ吐出口 52 に向かって流れる間に、トルクが与えられるとともに、インペラ流路 5F によって圧縮されて高圧空気となる。この高圧空気は、インペラ流路 5F のインペラ吐出口 52 を経て、ディフューザに向かって流通する。ディフューザに流入した高圧空気は、同じくケーシング 6 に設けられた上述の排気流路 90 を通じて外部に導かれる。遠心圧縮機 1 の運転の継続に伴って、以上のサイクルが連続的に繰り返される。

20

#### 【0065】

上記のようなサイクルの途中で、インペラ流路 5F に流入する流体が、カバー 9 の端面 9B と、ケーシング 6 の対向面 61B との間隙（空間）に流入・漏出する可能性が懸念される。このような間隙に流体が流れ込んだ場合、インペラ流路 5F の途中で流れの剥離や境界層の発達が生じる可能性がある（図 10 参照）。これにより、遠心圧縮機 1 の圧縮効率が低下する可能性がある。

30

#### 【0066】

しかしながら、本実施形態に係る遠心圧縮機 1 では、上記のようにカバー 9 の端面 9B と、ケーシング 6 の対向面 61B との間隙に蓋部材 S が設けられている。この蓋部材 S の平行内周面 S2 が、径方向内側から上記の間隙を覆うことでシール性が確保される。すなわち、上記のような流体の漏出が生じる可能性が低減される。これにより、遠心圧縮機 1 の圧縮効率の低下を抑制することができる。言い換えると、十分に高い圧縮効率を有する遠心圧縮機 1 を提供することができる。

特に、蓋部材 S は被削性の高い材料で形成されていることから、回転機械 100 の運転中にカバー 9 の端面 9B と蓋部材 S とが接触した場合には蓋部材 S が切削される。このため、カバー 9 には、蓋部材 S との接触による摩耗や損傷が生じにくい。

40

#### 【0067】

加えて、蓋部材 S のフィン部 F と、カバー湾曲面 9D の少なくとも一部は、軸線 O の径方向から見て重なっていることから、上記の空間の内部に向かって流体が流入する可能性をさらに低減することができる。

加えて、カバー 9 の端面 9B は湾曲することでカバー湾曲面 9D をなし、蓋部材 S の外周側の面も湾曲することで湾曲対向面 S1 をなしている。これにより、例えば回転中のインペラ 5 が軸線 O の径方向にずれを生じ、カバー湾曲面 9D と湾曲対向面 S1 とが接触した場合であっても、両者の接触面積を限定することができるので、蓋部材 S の損傷や摩耗を最小化することができる。

#### 【0068】

50

さらに、上記の遠心圧縮機 1 では、平行内周面 S 2 とカバー平行面 9 E とは、軸線 O 方向から見て該軸線 O の径方向における位置が同一とされている。すなわち、平行内周面 S 2 とカバー平行面 9 E とが、軸線 O の径方向において同一の位置に延びることで、互いに面一となっている。したがって、平行内周面 S 2 からカバー平行面 9 E に向かって流体が流通する際に、剥離や渦等を形成する可能性をさらに低減することができる。

【 0 0 6 9 】

また、上記のような遠心圧縮機 1 の製造方法によれば、軸線 O 方向に複数に分割されたケーシング 6 が、蓋部材 S とカバー 9 の端面 9 B とが当接した状態で、インペラ 5 の軸線 O 方向両側から取り付けられる。続いて、この状態でインペラ 5 を回転駆動することで、被削性の高い材料で形成された蓋部材 S は、カバー 9 の端面 9 B との接触によって自然に切削される。これにより、蓋部材 S とカバー 9 の端面 9 B との間に、インペラ 5 が回転可能な限りにおいて、最小限の寸法を有する微小間隙 d を形成することができる。すなわち、蓋部材 S によるシール性をさらに向上することができる。

なお、組立時に上記蓋部材 S とカバー 9 の端面 9 B とを当接させず、両者の間にわずかな隙間をあけた状態で組立てることも可能である。

【 0 0 7 0 】

ここで、本実施形態に係る遠心圧縮機 1 における圧縮効率の向上について、図 7 と図 8 とを参照してさらに具体的に説明する。図 7 は、上記説明した蓋部材 S を設けない構成を採った場合の遠心圧縮機 1 におけるインペラ 5 の翼間流路（上記のインペラ流路 5 F に相当）の断面上における圧力損失分布図である。一方で、図 8 は、上記の蓋部材 S を設けた場合のインペラ流路 5 F の断面上における圧力損失分布図を示している。

【 0 0 7 1 】

なお、図 7 ( a )、及び図 8 ( a ) は、いずれも比較的に低マッハ数の流体が適用されるインペラ 5 を用いた場合の圧力損失分布図を示している。図 7 ( b )、及び図 8 ( b ) は、上記の低マッハ数インペラの改良型（圧縮効率を 1 ~ 2 % 向上した型）における圧力損失分布図を示している。さらに、図 7 ( c )、及び図 8 ( c ) は、亜音速流体が適用されるインペラを用いた場合の圧力損失分布図を示している。図 7 ( d )、及び図 8 ( d ) は、これら亜音速型インペラの改良型における圧力損失分布図を示す。

【 0 0 7 2 】

ここで、図 8 ( a ) ~ ( d ) の各例では、図 7 ( a ) ~ ( d ) の各例に比して、圧力損失領域の面積が減少していることが分かる。すなわち、図 8 の各例では、インペラ入口からわずかに下流側のシュラウド面上における圧力損失領域の幅（すなわち、図中のハブ面からシュラウド面にかけての圧力損失領域の寸法）が小さくなっている。これに伴って、インペラ出口付近のシュラウド面上でも圧力損失領域の面積が小さくなっている。特に、上記改良型のインペラは、改良前のインペラに比べて圧力損失が小さいことから、改良型インペラでは、上記出口での圧力損失の低減効果がさらに顕著に得られる。より具体的には、改良型インペラでは高圧力損失領域（図中の網掛け部）の面積が改良前のインペラに比べて小さくなっている。また、このような圧力損失の低減効果は、上記の低マッハ数流入型、亜音速流入型のいずれにおいても、同程度に得ることができる。以上により、上記実施形態に係る遠心圧縮機 1 では、蓋部材 S を設けたことによって圧力損失が十分に低減されることが確認された。

【 0 0 7 3 】

以上、本発明の第一実施形態について図面を参照して説明した。しかしながら、この実施形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的位置等は特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲は特に限定されず、種々の変更を加えることが可能である。

【 0 0 7 4 】

例えば、遠心圧縮機 1 における上記各部材の製造に当たっては、部材ごとの製造誤差が生じる可能性に加えて、組み立てに伴う組み立て誤差が生じる可能性も懸念される。このような誤差に起因して、例えば図 5 に示すように、フィン部 F の先端部が、カバー平行面

9 E よりもわずかに径方向内側に変位した状態となる場合がある。このような場合であっても、蓋部材 S による上述のシール性能を妨げるものではない。言い換えると、図 5 に示す例も本実施形態の要旨を逸脱するものではない。

【 0 0 7 5 】

[ 第二実施形態 ]

続いて、本発明の第二実施形態について、図 6 を参照して説明する。なお、上述の第一実施形態と同様の構成、部材については同一の符号を付した上で、詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 6 】

同図に示すように、本実施形態では蓋部材 S b はケーシング 6 の対向面 6 1 B における一部の領域にのみ設けられている。より具体的には、この蓋部材 S b は、軸線 O 方向の一方側から他方側に向かっておおむね一様な径寸法を有する直管状の円筒部材によって形成されている。さらに、蓋部材 S b における軸線 O 方向他方側の端面 9 B は、後述するカバー 9 の端面 9 B に対向している。

【 0 0 7 7 】

蓋部材 S b に対向するカバー 9 の端面 9 B には、軸線 O の一方側から他方側に向かって凹没する逃げ溝 9 R が形成されている。この逃げ溝 9 R の径方向における寸法は、上記蓋部材 S b の径方向における寸法（すなわち、外形寸法と内径寸法との差分）とおおむね等しい値に設定されている。この逃げ溝 9 R の軸線 O 方向における端面 9 B は、上記のように蓋部材 S b との間に、微小間隙 d 2 を形成する。さらに、このような逃げ溝 9 R を形成することで、蓋部材 S b の外周面の一部と、逃げ溝 9 R の内周面（径方向内側の面）は、軸線 O の径方向において互いに対向している。

【 0 0 7 8 】

上記のような構成によっても、上記第一実施形態と同様のシール性能、及び良好な圧縮効率を得ることができる。加えて、本実施形態における蓋部材 S b は、単純な直管状をなしていることから容易に量産することが可能である。これにより、製造コストを低減することができる。

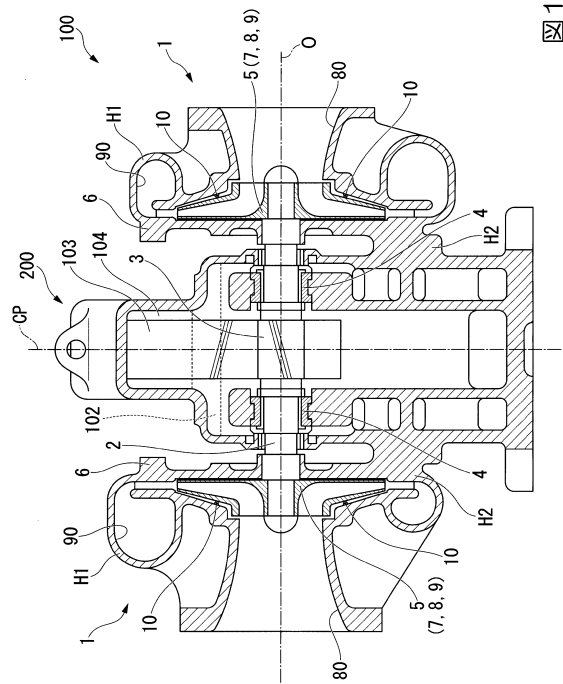
さらには、上記のように、蓋部材 S b とカバー 9 の端面 9 B とは、逃げ溝 9 R を介して互いに重なり合っている。これにより、仮に微小間隙 d 2 を経て流体が径方向外側に漏出した場合であっても、逃げ溝 9 R の内周面によってこの流体のさらなる漏出と浸潤を抑制することができる。

【 符号の説明 】

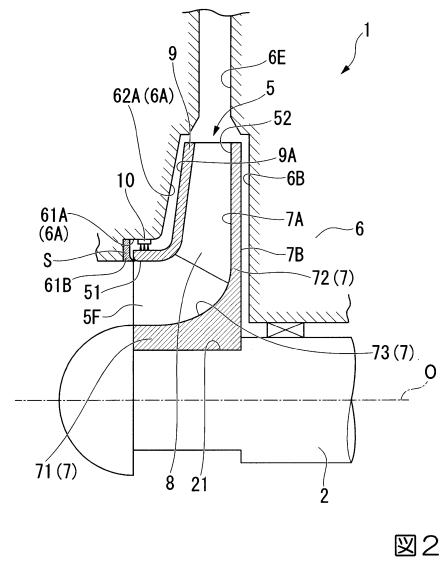
【 0 0 7 9 】

1 ... 遠心圧縮機    2 ... 回転軸    3 ... ピニオンギア    4 ... 軸受装置    5 ... インペラ    6 ... ケーシング    7 ... ディスク    8 ... ブレード    9 ... カバー    10 ... シール部    11 ... アブレイダブルシール部    12 ... シールフィン    21 ... 嵌合溝    51 ... インペラ吸気口    52 ... インペラ吐出口    70 ... アブレイダブル部    71 ... ディスク支持部    72 ... ディスク本体部    73 ... 接続部    80 ... 吸気流路    80 ... 吸気管    90 ... 排気流路    90 ... 排気管    100 ... 回転機械（ギアード遠心圧縮機）    101 ... 背面シール部    102 ... 回転駆動軸    103 ... 大径ギア    104 ... 収容部    200 ... 増速伝達部    5F ... インペラ流路    61A ... 円筒内周面    61B ... 対向面    62A ... 拡径内周面    6A ... 対向内周面    6B ... 第二対向内周面    6E ... ケーシング吐出口    7A ... ディスク表面    7B ... ディスク背面    9A ... 対向カバー面    9B ... 端面    9C ... カバー垂直面    9D ... カバー湾曲面    9E ... カバー平行面    9R ... 逃げ溝    CP ... 基準面    d ... 微小間隙    d2 ... 微小間隙    F ... フィン部    H1 ... 第一ケーシング    H2 ... 第二ケーシング    O ... 軸線    S ... 蓋部材    S1 ... 湾曲対向面    S2 ... 平行内周面    Sb ... 蓋部材

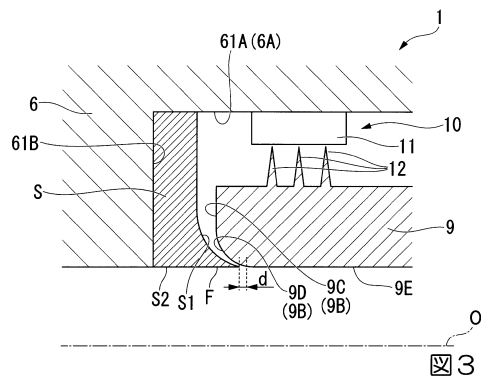
【図 1】



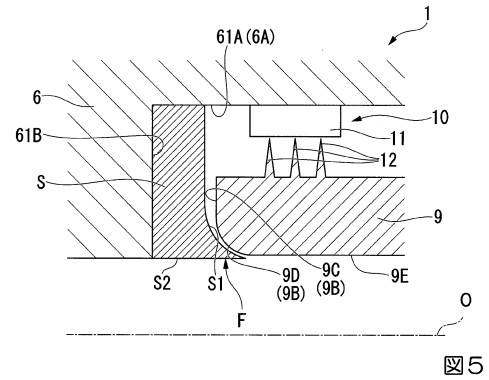
【図 2】



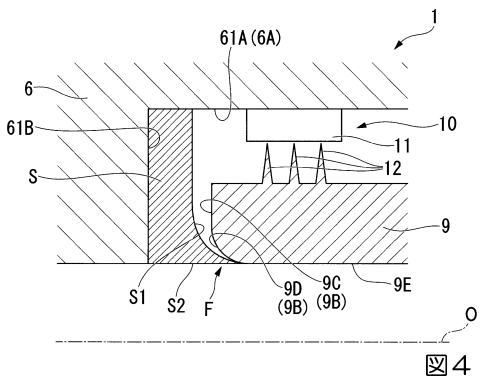
【図 3】



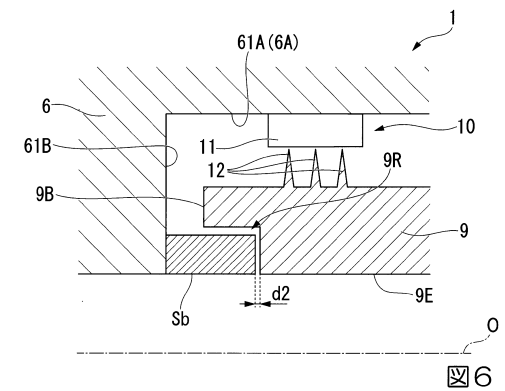
【図 5】



【図 4】

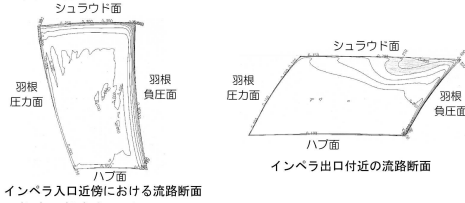


【図 6】

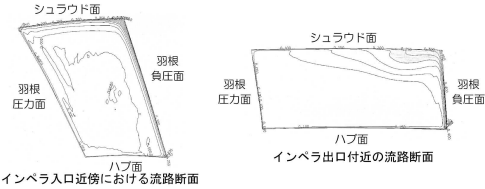


【図 7】

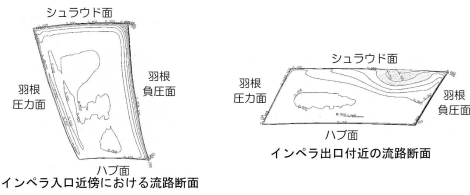
(a) 低マッハ数流入標準型



(b) 低マッハ数流入効率向上型



(c) 超音速流入標準型



(d) 超音速流入効率向上型

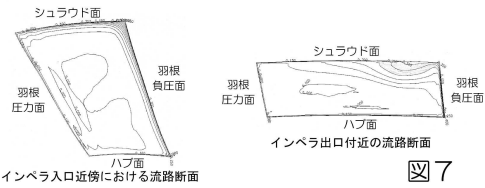
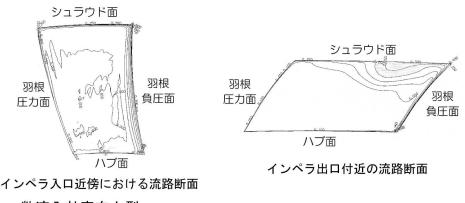


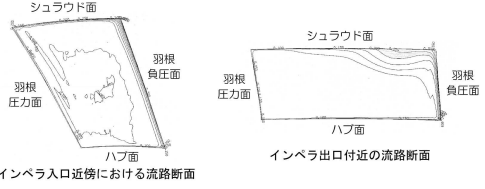
図 7

【図 8】

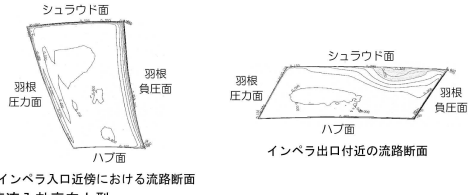
(a) 低マッハ数流入標準型



(b) 低マッハ数流入効率向上型



(c) 超音速流入標準型



(d) 超音速流入効率向上型

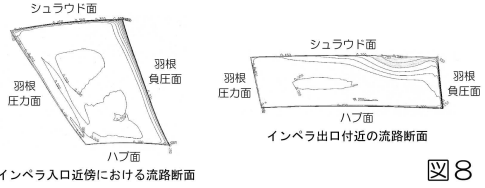


図 8

【図 9】

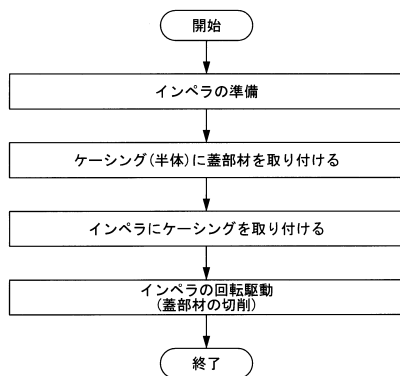


図 9

【図 10】

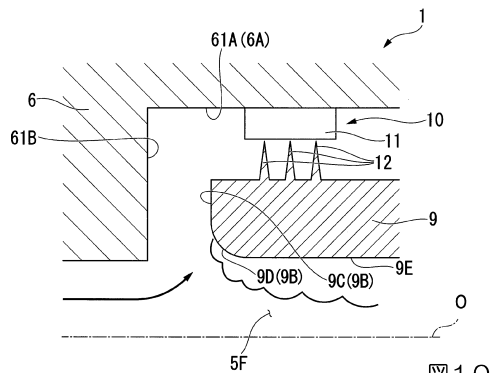


図 10

---

フロントページの続き

(74)代理人 100134544

弁理士 森 隆一郎

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

(74)代理人 100108578

弁理士 高橋 詔男

(74)代理人 100126893

弁理士 山崎 哲男

(72)発明者 枅谷 穰

東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 千葉 和貴

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工コンプレッサ株式会社内

審査官 岩田 健一

(56)参考文献 特開平04-179897(JP,A)

特開昭63-297772(JP,A)

実開昭56-049273(JP,U)

特開平05-087090(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

F04D 29/44

F04D 29/08

F04D 29/16