

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4882512号  
(P4882512)

(45) 発行日 平成24年2月22日(2012.2.22)

(24) 登録日 平成23年12月16日(2011.12.16)

(51) Int.Cl.	F I
FO4D 29/44 (2006.01)	FO4D 29/44 S
FO4D 29/66 (2006.01)	FO4D 29/44 X
	FO4D 29/66 N

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-147561 (P2006-147561)	(73) 特許権者	000005452
(22) 出願日	平成18年5月29日 (2006.5.29)		株式会社日立プラントテクノロジー
(65) 公開番号	特開2007-315333 (P2007-315333A)		東京都豊島区東池袋四丁目5番2号
(43) 公開日	平成19年12月6日 (2007.12.6)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成20年9月10日 (2008.9.10)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	三浦 治雄
			東京都足立区中川四丁目13番17号
			株式会社 日立プラントテクノロジー内
		(72) 発明者	西田 秀夫
			東京都足立区中川四丁目13番17号
			株式会社 日立プラントテクノロジー内
		審査官	加藤 一彦
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠心流体機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

遠心羽根車と、この遠心羽根車の下流側に配置され周方向に間隔をおいて配置された複数枚の案内羽根を有するディフューザと備えた遠心流体機械において、

前記複数枚の案内羽根は周方向の配置間隔が異なるものを含んでおり、この周方向配置間隔が異なる案内羽根の翼弦長も異なっており、前記複数枚の案内羽根で形成される円環翼列における弦節比がどの案内羽根においても実質的に同一であり、この弦節比を1以下としたことを特徴とする遠心流体機械。

【請求項2】

前記複数枚の案内羽根において、隣り合う2枚の案内羽根が形成する流路にのど部が形成されていないことを特徴とする請求項1に記載の遠心流体機械。

10

【請求項3】

前記複数枚の案内羽根の周方向配置間隔を、規則的に変化させたことを特徴とする請求項2に記載の遠心流体機械。

【請求項4】

前記円環翼列における各案内羽根の周方向配置間隔は、基準案内羽根から周方向に順にその間隔が増大し、この基準案内羽根と周方向ほぼ対称位置にある案内羽根から周方向に順にその間隔を減少させることを特徴とする請求項3に記載の遠心流体機械。

【請求項5】

前記遠心流体機械が、遠心圧縮機であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか

20

1 項に記載の遠心流体機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、遠心流体機械に係り、特に炭化水素系ガスや炭酸ガス等の各種ガスを取扱うのに好適な遠心圧縮機に関する。

【背景技術】

【0002】

遠心流体機械への応用を目的とした羽付回転円板の例が、非特許文献1に記載されている。この論文には、回転円板に複数の羽根を取り付けたときに、この回転円板に誘起される振動について研究した結果が記載されている。この論文によれば、円板に取り付けた羽根の枚数と静止側にある静翼やノズルの励振源の数との関係において、 $h \times Z_s \pm n = m \times Z_r$ であれば、円板上にn節直径モードの振動が励振されるとされている。ここで、hおよびmは整数であり、nは羽根車直径節の振動モード次数、 $Z_s$ は静翼の羽根枚数、 $Z_r$ は回転円板上の羽根枚数である。

10

【0003】

また、特許文献1および非特許文献2には、軸流圧縮機において等ピッチに静翼を配置したことにより、動翼に不均一な流れ場による励振力が作用する不具合を改善するために、水平軸の軸流圧縮機において、静翼列を形成する静翼の中で上半分に配置される静翼と、下半分に配置される静翼のピッチ角を異ならせることが記載されている。

20

【0004】

【特許文献1】特開平11-200808号公報

【非特許文献1】久保田、他4名、「静止側の静止励振源による羽根付回転円板の振動」、日本機械学会論文集(C編)、49巻、439号、1983年、第307～313頁

【非特許文献2】金子、他1名、「非対称配置静翼を利用した圧縮機動翼の振動応力低減」、日本機械学会論文集(C編)、71巻、712号、2005年12月、第3409～3416頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来の技術に記載のものでは、静止翼列と回転翼列における干渉に起因する励振力を低減するための方策として、例えば羽根車の羽根枚数と静止翼列の羽根枚数の組合せにより調和振動が発生することから、このような組合せを避けることが示唆されており(非特許文献1)、また、上下に配置する静止翼列のピッチ角を変えることが記載されている(特許文献1及び非特許文献2)。

30

【0006】

しかしながら、上記非特許文献1では羽根車と静止側の羽根枚数の組合せを調節すれば、調和振動を回避できるが、効率や作動範囲を考慮したときには回避すべき羽根枚数の組合せを選ばざるを得ない場合もあり、現実的には困難な場合もある。また、この組合せを回避すれば調和振動は確かに低減できると思われるが、羽根車と静止側の干渉はこのような場合でも残るので、この干渉による励振力のさらなる低減が望まれる。

40

【0007】

一方、特許文献1や非特許文献2に記載のものは横軸の軸流圧縮機であるから、立軸や横軸の遠心圧縮機については、十分に考慮されていない。特に、立軸にしたときにもこの考えを適用できるのかは全く不明である。

【0008】

本発明は上記従来技術の不具合に鑑みなされたものであり、その目的は、遠心流体機械において、作動範囲や効率を犠牲にすることなく、羽根車の振動を低減することにある。本発明の他の目的は、信頼性の高い遠心流体機械を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

50

## 【 0 0 0 9 】

上記目的を達成する本発明の特徴は、遠心羽根車と、この遠心羽根車の下流側に配置され周方向に間隔をおいて配置された複数枚の案内羽根を有するディフューザと備えた遠心流体機械において、前記複数の案内羽根は周方向の配置間隔が異なるものを含んでおり、この周方向配置間隔が異なる案内羽根の翼弦長も異なっており、前記複数の案内羽根で形成される円環翼列における弦節比がどの案内羽根においても実質的に同一であり、この弦節比を1以下としたことにある。

## 【 0 0 1 0 】

そしてこの特徴において、前記複数の案内羽根の隣り合う2枚の案内羽根が形成する流路にのど部が形成されていないことが望ましく、前記複数の案内羽根の周方向配置間隔を、規則的に変化させてもよい。また、前記円環翼列における各案内羽根の周方向配置間隔は、基準案内羽根から周方向に順にその間隔が増大し、この基準案内羽根と周方向ほぼ対称位置にある案内羽根から周方向に順にその間隔を減少させるものでもよい。さらに上記いずれの特徴においても、前記遠心流体機械が、遠心圧縮機であることが好ましい。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 3 】

本発明によれば、遠心流体機械において、ディフューザが有する複数の羽根の羽根取り付けピッチを変えるとともに弦節比をほぼ一定にしたので、羽根車とディフューザとの干渉による励振力を低減でき、作動範囲や効率を犠牲にすることなく、羽根車の振動を低減できる。その結果、遠心流体機械の信頼性が向上する。

20

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 4 】

以下、本発明に係る遠心流体機械のいくつかの実施例を、図面を用いて説明する。以下の説明においては、遠心流体機械として高圧遠心圧縮機を例にとり説明するが、本発明はこれに限らず、種々の遠心流体機械に適用できる。図3に、石油化学プラント用途等に用いる高圧遠心圧縮機100を、縦断面図で示す。

## 【 0 0 1 5 】

回転軸2aに、多数、この図3では5枚の遠心羽根車3が取り付けられて、ロータ2を構成する。ロータ2は、ケーシング1内に收容されている。回転軸2aの両端部には、このロータ2を回転自在に支持するラジアル軸受4が配置されている。ロータ2を軸方向に支持するスラスト軸受5が、左側のラジアル軸受4のさらに端部側に配置されている。

30

## 【 0 0 1 6 】

左右のラジアル軸受4の内側には、このラジアル軸受4を潤滑した油が機内側に漏れるのを防止する軸封装置6が配置されている。回転軸2aの右端側には、図示しないカップリングを介して駆動機が接続されている。駆動機が回転軸2aを回転駆動すると、各羽根車3が回転して各羽根車3の吸込み側から吸い込まれたガスを、半径方向に圧縮して吐出する。

## 【 0 0 1 7 】

各羽根車3の下流側であって半径方向外方には、羽根車3でガスに与えられた運動エネルギーを圧力エネルギーに変換するディフューザ8が配置されている。ディフューザ8を出た流れを次段の羽根車3に導くU字型の流路の半径方向内側には、複数の案内板を有するリターンチャンネル9が形成されている。

40

## 【 0 0 1 8 】

初段羽根車3の吸込み側には、この圧縮機100の外周側から半径方向内向きに吸込み流路が形成されており、吸込み流路の外周端面は吸込み口7を形成する。最終段羽根車3の吐出側には、渦巻状のスクロール10aが形成されており、羽根車3の羽根3a間に形成された各流路から吐出された圧縮ガスを集める。スクロール10aに集められた圧縮ガスは、半径方向外向きに形成された吐出流路10から機外に吐出される。

## 【 0 0 1 9 】

吸込み口7から吸込まれたガスは、羽根車3，ディフューザ8，リターンチャンネル9

50

とで構成される圧縮段で複数回圧縮され、吐出流路10を経て機外に吐出される。図4に、図3に示した圧縮機100の1つの圧縮段を取り出して、縦断面図で示す。駆動機からのエネルギーが羽根車3で角運動量として流体に伝達される。羽根車3内では、流体はポテンシャルエネルギーが上昇（静圧上昇）するとともに、運動エネルギーも上昇（速度エネルギー上昇）する。

【0020】

上述したように、ディフューザ8内で速度エネルギーの一部が圧力エネルギーに変換される。ディフューザ8を出た流れは、リターンチャンネル9で徐々にラジアル方向流れに流れ方向が変えられる。そして、次段の羽根車3の入口では、流れの向きを軸方向に向けられる。この図4では、ディフューザ8とリターンチャンネル9の壁面を、2つのダイヤモンドフラム11, 12で構成している。

10

【0021】

ここで、中小流量遠心圧縮機では、ディフューザ8に流入するガスは、半径方向速度成分よりも周方向速度成分の大きい周方向に近づいた流れとなっている。このように周方向に近づいた流れのままディフューザ8で自由渦流れを継続すると、ディフューザ出口に到達するまでの流路長さが長くなり、ディフューザ8壁面との摩擦損失が増加する。そこで、本実施例では、ディフューザ8の入口部に、周方向に間隔をおいて複数の案内羽根13を配置して、ディフューザ8内の流れの向きを半径方向に変えている。

【0022】

ディフューザ8の詳細を、図1に示す。図1は、図4のA-A断面図である。ディフューザ8には、14枚の案内羽根13を設けている。案内羽根13の出口の流れ角 $\theta_3$ が案内羽根13の入口流れ角 $\theta_2$ よりも大きくなるように、各案内羽根13を配置する。これにより、ディフューザ8流路内での流路長さが短くなり、ディフューザ壁面との摩擦損失が低減する。

20

【0023】

ところで、本実施例ではディフューザ8内の流れの向きを変えて摩擦損失を低減するだけでなく、羽根車3から周期的に変動して流出される流れがディフューザ8の案内羽根13に衝突して生じる異常な振動、騒音を低減している。すなわち、羽根車3の羽根3aとディフューザ8の案内羽根13との相互干渉により発生する調和振動（共振）の発生を回避している。この具体的方法を、以下に説明する。

30

【0024】

案内羽根13の周方向間隔は、案内羽根13の入口先端と軸心Oを結ぶ線を基準に表す。すなわち、第1の案内羽根13<sub>1</sub>の先端位置から、第2の案内羽根13<sub>2</sub>の先端位置までの周方向角度を、角度 $\theta_1$ とする。ここで、第1の案内羽根13<sub>1</sub>は、周方向角度 $\theta_1$ が最も大きい。以下、第2, 第3, ...の案内羽根13<sub>2</sub>, 13<sub>3</sub>, ...の周方向角度 $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , ...は、式(1)~式(4)を満足するように選定する。

【0025】

$$\theta_1 - \theta_2 = \theta_1, \quad \theta_i - \theta_{i+1} = \theta_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\theta_1 > \dots > \theta_i > \theta_{i+1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(i = 1, 2, \dots, \text{INT}(n/2); \text{前半部}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{INT}(n/2) < \dots < \theta_{n-1} < \theta_n \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$(i = \text{INT}(n/2), \dots, n-1, n; \text{後半部}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

40

ここで、 $n$ は案内羽根13の総数であり、 $\text{INT}(n/2)$ は、 $n/2$ の整数部である。具体的には、 $\theta_i - \theta_{i+1} = 360 \text{度} / (2 \times (\text{案内羽根13の枚数})^2)$ のように定めると、調和振動の発生を回避した案内羽根13位置にすることができる。

【0026】

第1の案内羽根13<sub>1</sub>からディフューザ8の半円周までは、上記式(1)~(3)にしたがって、案内羽根13の周方向間隔を順次減少させる。第1の案内羽根13<sub>1</sub>からディフューザ8を半円周以上進んだら、案内羽根13の周方向間隔（ピッチ）が、式(4), (5)に示すように、式(2), (3)の左右の項の関係を逆にした式とする。そして、

50

最後の案内羽根  $13_f$  の周方向間隔  $\tau_f$  と最初の間隔  $\tau_1$  が、 $\tau_1$  を満足するようにする。つまり、基準案内羽根  $13$  から半円周は、次第に案内羽根  $8$  のピッチ間隔が減るように案内羽根  $8$  を配置し、残りの半円周は次第に案内羽根  $8$  のピッチ間隔が増えるように案内羽根  $8$  を配置して円環翼列を形成する。

【0027】

ところで、案内羽根  $13$  の周方向間隔  $\tau$  をディフューザ  $8$  の周方向に変えると、流れが不均一になり、ディフューザ  $8$  の流体性能が低下するおそれがある。周方向に不均一な流れが、次段の羽根車に吸込まれるからである。特に、案内羽根  $13$  のピッチ  $\tau$  が狭まる部分では、サージングやチョークを生じる流量が設計流量に近づいて、作動範囲を狭めることになりかねない。

10

【0028】

そこで本実施例では、ディフューザ  $8$  における流体性能の低下を防止するために、案内羽根  $13$  が形成する円環翼列の弦節比が、どの案内羽根  $13$  間であってもほぼ同じになるように弦節比を設定する。そのため、案内羽根  $13$  の長さである翼弦長（コード）を変化させる。

【0029】

その際、弦節比をほぼ  $1$  以下にする。弦節比が  $1$  より小さいので、隣り合う  $2$  枚の案内羽根  $13$  が形成する流路には、スロートと呼ばれるのど部が存在しない。その結果、不均一な案内羽根  $13$  間の間隔であっても、案内羽根  $13$  間の間隔が狭まることにより、のど部が形成され流れを制約する、という不具合の発生を防止できる。のど部が無いので、ディフューザ  $8$  の入口からのど部までの間で流れが剥離するのも防止できる。つまり、案内羽根  $13$  を設けたので、チョークやサージングの発生を設計点から遠ざけることが可能になる。

20

【0030】

この弦節比の設定の具体的な方法を、以下に説明する。案内羽根  $13_i$  の後縁と軸心を結ぶ直線が、この案内羽根  $13_i$  に隣り合う案内羽根  $13_{i+1}$  の前縁と軸心を結んだ直線となす角を  $\theta_i$  とする。 $\theta_i$  がプラスであれば、案内羽根  $13_i$  の後縁と軸心を結ぶ線は、案内羽根  $13_{i+1}$  と交差しない。そして、案内羽根  $13_i$  と案内羽根  $13_{i+1}$  の間の流路には、のど部が生じない。つまり、 $\theta_i / \theta_{i+1}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) がほぼ同じになるように、各案内羽根  $13$  の弦長  $C_i$  を設定する。その際、各案内羽根  $13$  の取り付け角を同一にして、案内羽根  $13$  に流入する流体の流れ角を均一にする。

30

【0031】

本実施例によれば、羽根車  $3$  とディフューザ  $8$  の案内羽根  $13$  の干渉による振動騒音を低減するために、ディフューザ  $8$  の案内羽根  $13$  を不等ピッチに形成したときであっても、ディフューザ  $8$  が有するどの案内羽根  $13$  間にもものど部が形成されず、弦節比をほぼ同じに設定できる。ディフューザ  $8$  での圧力回復性能と流れ角を、均一ピッチのディフューザと同程度にすることができる。また、案内羽根  $13$  の周方向ピッチを不均一にしたので、羽根車  $3$  の羽根と案内羽根  $13$  の羽根枚数に起因して発生する調和振動を抑制できるので、羽根車  $3$  に作用する応力を低減でき、強度上の安全性が向上する。

【0032】

40

本発明に係るディフューザ  $8$  の他の実施例を、図  $2$  に示す。図  $2$  は、ディフューザ  $8$  部の横断面図である。図  $1$  に示した実施例では、ディフューザ  $8$  の案内羽根  $13$  を偶数枚にしていたが、本実施例では案内羽根  $13$  の枚数が奇数になっている。本実施例でも、基準の案内羽根  $13_1$  から所定枚数だけは、上記式  $(1)$ 、 $(2)$  を用いて、単調減少的に案内羽根  $13$  間の間隔（ピッチ）を狭め、所定の案内羽根  $13_i$  からは逆に案内羽根  $13$  間の間隔を単調増加させて、基準の案内羽根  $13_1$  に至るようにする。この所定案内羽根  $13_i$  は、基準案内羽根  $13_1$  から周方向対称な位置に最も近い羽根とするのがよい。

【0033】

なお、周方向間隔は、必ずしも式  $(1)$ 、 $(2)$  に従って増減させる必要は無く、案内

50

羽根 1 3 の周方向間隔が増から減、または減から増に変化するところでは、周方向間隔を適宜定めることができる。なおこの場合であっても、案内羽根 1 3 の性能に大きく影響する弦節比が予め定めた値または範囲になるように、案内羽根 1 3 の長さを設定する。つまり本実施例においても、案内羽根 1 3 の弦節比が、どの案内羽根 1 3 でも実質的に同じになるように案内羽根 1 3 のコード長さ C を設定する。

【 0 0 3 4 】

上記各実施例によれば、案内羽根 1 3 の枚数が偶数または奇数に拘わらず、案内羽根間のピッチを不均一にし案内羽根間にのど部が形成されないようにしたこと、および案内羽根が形成する円環翼列の弦節比をどの案内羽根の部分でもほぼ同じにしたことから、ディフューザでの圧力回復性能や流れ角の向きを、従来好適なディフューザに比べて大幅に低下または変えることがない。その結果、ディフューザの流体性能を確保できる。また、案内羽根を周方向に不均一に配置したので、羽根車の羽根と案内羽根の枚数に起因する調和振動の成立条件を回避でき、羽根車に余分な応力が負荷されるのを防止できる。

10

【 0 0 3 5 】

上記各実施例では、案内羽根の周方向間隔を規則的に変化させていたが、周方向間隔をランダムに変化させてもよい。ただし、この場合でも、案内羽根が形成する円環翼列の弦節比が、どの案内羽根でもほぼ同じになるようにする。このように案内羽根を構成すると、調和振動を回避できるだけでなく、ディフューザの流体性能の低下を抑制できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 6 】

【 図 1 】 本発明に係る遠心圧縮機ディフューザ部の一実施例の横断面図。

【 図 2 】 本発明に係る遠心圧縮機ディフューザ部の他の実施例の横断面図。

【 図 3 】 本発明に係る遠心圧縮機の一実施例の縦断面図。

【 図 4 】 図 1 および図 2 に示した圧縮機ディフューザ部の縦断面図。

【 符号の説明 】

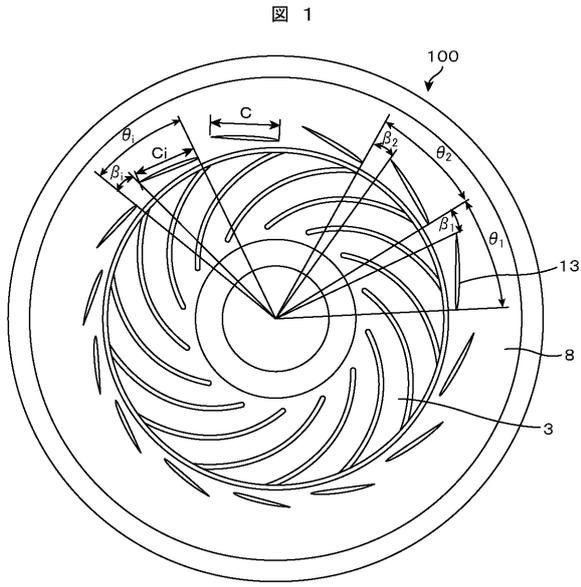
【 0 0 3 7 】

1 ... ケーシング、 2 ... ロータ、 2 a ... 回転軸、 3 ... 羽根車、 3 a ... 羽根、 4 ... ラジアル軸受、 5 ... スラスト軸受、 6 ... 軸封装置、 7 ... 吸込み口、 8 ... ディフューザ（案内羽根）、 9 ... リターンチャンネル、 1 0 ... 吐出流路、 1 1 ... 前側ダイヤフラム、 1 2 ... 後側ダイヤフラム、 1 3 ... 案内羽根、 1 0 0 ... 圧縮機。

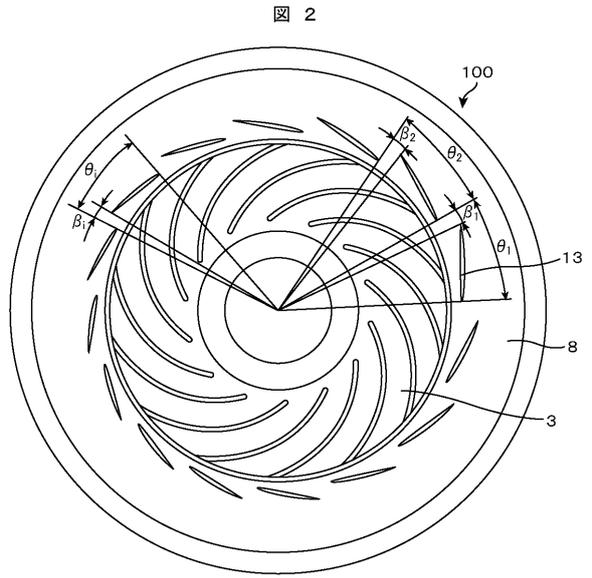
20

30

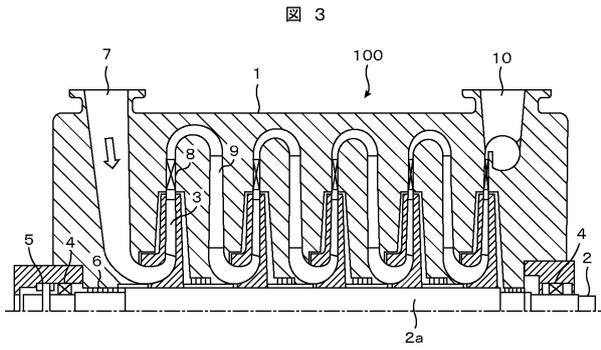
【図1】



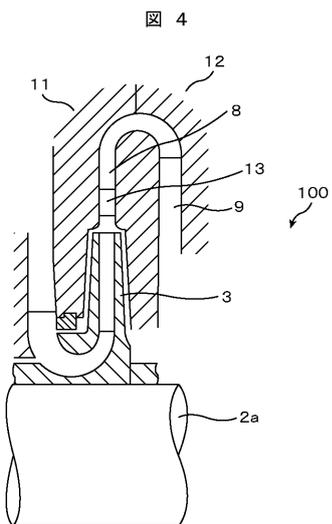
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04 - 334798 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 29/44

F04D 29/66