

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-247621

(P2007-247621A)

(43) 公開日 平成19年9月27日(2007.9.27)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
F O 4 D 29/44 (2006.01) F O 4 D 29/44 R 3 H 1 3 O
 F O 4 D 29/44 X

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-75876 (P2006-75876)	(71) 出願人	000005452 株式会社日立プラントテクノロジー 東京都豊島区東池袋四丁目5番2号
(22) 出願日	平成18年3月20日(2006.3.20)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
		(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
		(72) 発明者	三浦 治雄 東京都足立区中川四丁目13番17号 株式会社日立インダ ストリーズ内
		(72) 発明者	西田 秀夫 東京都足立区中川四丁目13番17号 株式会社日立インダ ストリーズ内

最終頁に続く

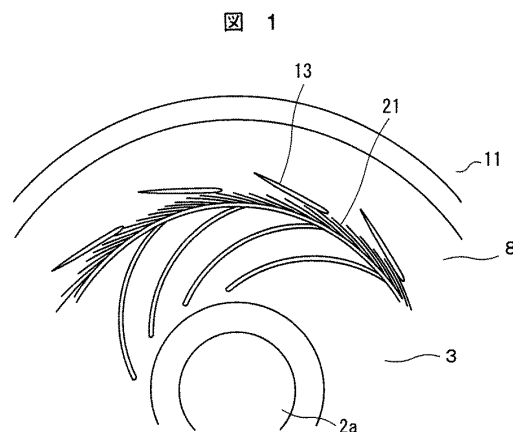
(54) 【発明の名称】 遠心流体機械

(57) 【要約】

【課題】 小流量高圧用途の遠心圧縮機において、旋回失速を防止する。

【解決手段】 遠心圧縮機100では、回転軸2に遠心羽根車3が取り付けられている。遠心羽根車の下流側には、対向する2壁面間にベーン13を有するディフューザ8部が形成されている。対向する2壁面の少なくとも一方には、周方向に間隔を置いて多数の曲線の微小溝21が形成されている。この曲線溝の溝深さは、望ましくは対向する2壁面間で発達する境界層の厚さ程度とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸に遠心羽根車を取り付けた遠心流体機械において、前記遠心羽根車の下流側に周方向に間隔を置いて多数の曲線溝を形成したディフューザ部を配置したことを特徴とする遠心流体機械。

【請求項 2】

前記ディフューザ部は対向する 2 つの壁面を有し、少なくとも一方の壁面に前記多数の曲線溝を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の遠心流体機械。

【請求項 3】

前記曲線溝は、前記遠心羽根車を出た流れがディフューザ部で生じる境界層の厚さのオーダーの深さである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 4】

前記ディフューザ部は周方向に間隔を置いて多数配置されたペーンを有し、前記曲線溝はこのペーンと前記羽根車間に形成されている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 5】

回転軸に遠心羽根車を取り付けた遠心流体機械において、前記遠心羽根車の下流側に、対向する 2 壁面で形成されたディフューザ部を有し、このディフューザ部を形成する壁面に生じる境界層厚さと深さがほぼ同じであって流れ方向に湾曲した曲線溝を周方向に間隔を置いて多数形成したことを特徴とする遠心流体機械。 20

【請求項 6】

前記ディフューザ部は、周方向に間隔を置いて配置された複数のディフューザペーンを有し、前記遠心羽根車とディフューザペーンとの間の羽根無し部の壁面に、境界層厚さと深さがほぼ同じ曲線溝を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の遠心流体機械。

【請求項 7】

前記ディフューザ部は、周方向に間隔を置いて配置された複数のディフューザペーンを有し、このディフューザペーンの下流の羽根無し部の壁面に、境界層厚さと深さがほぼ同じ曲線溝を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の遠心流体機械。

【請求項 8】

前記曲線溝は、前記ディフューザペーンが取り付けられた壁面に対向する壁面に形成したことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の遠心流体機械。 30

【請求項 9】

前記ディフューザの流路幅が前記羽根車の半径の 4 % 以下であり、このディフューザを形成する対向する壁面の少なくとも一方に曲線溝を形成したことを特徴とする請求項 5 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、特に高圧小流量の用途に好適な遠心圧縮機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、遠心流体機械の例が、非特許文献 1 に記載されている。この公知文献では、羽根なしディフューザを有する低比速度の遠心圧縮機の旋回失速を低減するために、小弦節比の羽根付きディフューザを羽根車径の 1.03 倍～1.2 倍の位置から下流側に配置している。この小弦節比ディフューザの羽根の弦節比は、0.68～0.87 である。

【0003】

【非特許文献 1】西田 他、「遠心圧縮機の旋回失速に関する研究（第 3 報、旋回失速の抑制法）」、日本機械学会論文集（B 編），第 57 巻第 543 号，第 154 頁～第 160 頁、1991 年 11 月

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

上記非特許文献1に記載の遠心圧縮機では、小弦節比のディフューザ羽根を羽根車の近くに取り付けたことにより、小流量仕様ではディフューザ内の静圧回復効率が向上し、旋回失速も防止できるという効果が得られている。しかしながら、ディフューザ羽根を羽根車の出口に近づければ近づけるほど、羽根車の羽根枚数に起因する周期的な速度分布および圧力分布が、羽根車出口で大きな流体変動力となってディフューザ羽根に作用する。この流体変動力により、騒音の増加とディフューザ羽根の衝突損失が増加する。

【0005】

ところで、小流量で高圧仕様の遠心圧縮機では、高圧仕様であることと羽根車径に対する羽根車出口幅の割合が小さいので、ケーシング肉厚が相対的に厚く形成されている。また、ディフューザ羽根があると、ディフューザ羽根間において流体はディフューザ羽根に沿って流れるので、比較的摩擦損失が少ない状態で流れる。そのため、ディフューザ羽根での衝突に起因する騒音等については、あまり考慮されていなかった。しかしながら、ディフューザ羽根を羽根車出口に近づければ、旋回失速を回避できることが知られているから、さらに羽根車にディフューザ羽根を近づけることが望まれており、その場合、ディフューザでの騒音が顕在化する恐れがある。

10

【0006】

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、遠心圧縮機において旋回失速を回避しながら、騒音の増大を防止することにある。本発明の他の目的は、ディフューザにおける圧力回復効率を高めながら、騒音の増大を防止することにある。

20

【課題を解決するための手段】**【0007】**

上記目的を達成する本発明の特徴は、回転軸に遠心羽根車を取り付けた遠心流体機械において、遠心羽根車の下流側に周方向に間隔を置いて多数の曲線溝を形成したディフューザ部を配置したことにある。

【0008】

そしてこの特徴において、ディフューザ部は対向する2つの壁面を有し、少なくとも一方の壁面に多数の曲線溝を形成するのがよく、山線溝は、遠心羽根車を出た流れがディフューザ部で生じる境界層の厚さのオーダーの深さであるのがよい。また、ディフューザ部は周方向に間隔を置いて多数配置されたベーンを有し、曲線溝はこのベーンと羽根車間に形成されているのがよい。

30

【0009】

上記目的を達成する本発明の他の特徴は、回転軸に遠心羽根車を取り付けた遠心流体機械において、遠心羽根車の下流側に対向する2壁面で形成されたディフューザ部を有し、このディフューザ部を形成する壁面に生じる境界層厚さと深さがほぼ同じであって流れ方向に湾曲した曲線溝を周方向に間隔を置いて多数形成したものである。

【0010】

そしてこの特徴において、ディフューザ部は、周方向に間隔を置いて配置された複数のディフューザベーンを有し、遠心羽根車とディフューザベーンとの間の羽根無し部の壁面に境界層厚さと深さがほぼ同じ曲線溝を備えるのがよく、ディフューザ部は、周方向に間隔を置いて配置された複数のディフューザベーンを有し、このディフューザベーンの下流の羽根無し部の壁面に、境界層厚さと深さがほぼ同じ曲線溝を備えてもよい。また、曲線溝は、ディフューザベーンが取り付けられた壁面に対向する壁面に形成されてもよく、ディフューザの流路幅が前記羽根車の半径の4%以下であり、このディフューザを形成する対向する壁面の少なくとも一方に曲線溝を形成してもよい。

40

【発明の効果】**【0011】**

本発明によれば、小流量高圧圧縮機の羽根車出口近傍に境界層程度の曲線溝を設けたので、ディフューザにおける圧力回復効率を高めながら、騒音増大を防止できる。また、旋

50

回失速も回避できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明に係る遠心圧縮機の一実施例を、図面を用いて説明する。図4に、石油化学プラント等に用いられる高圧遠心圧縮機100を、縦断面図で示す。遠心圧縮機100は一軸多段の圧縮機で、1本の回転軸2に5枚の遠心羽根車3が取り付けられている。回転軸2の両端部にはラジアル軸受4が設けられており、ラジアル軸受4は半径方向荷重を支持する。一方のラジアル軸受4の近傍には、軸方向荷重を支持するスラスト軸受5が設けられている。回転軸2は、図示しないモータ等の駆動機で回転駆動される。

【0013】

各羽根車3の下流側である半径方向外方には、羽根付きまたは羽根なしディフューザ8が配置されており、羽根車3で圧縮された作動ガスの速度エネルギーを、圧力エネルギーに変換する。羽根付きディフューザ8の内周側である羽根車3の出口側には、詳細を後述する曲線溝が形成されている。ディフューザ8を出た作動ガスの流れは、断面U字型の流路を経てリターンチャンネル9内を半径方向内向きに流れる。

【0014】

初段羽根車3の吸い込み側には、半径方向の1箇所に吸込みノズル7が設けられている。最終段羽根車3のディフューザ8よりも下流側には、ディフューザ8を出た流れをまとめて機外に送り出すための吐出ノズルが設けられている。羽根車3および回転軸2、軸受4、5をケーシング1が収容している。なお、ディフューザ8とリターンチャンネル9は、本実施例ではダイヤフラム11、12により形成される。

【0015】

このように構成した多段遠心圧縮機100では、吸込みノズル7から吸込まれた作動ガスは、羽根車3およびディフューザ8、リターンチャンネル9を有する圧縮段で複数回、本実施例では5回圧縮される。ただし、最終段はリターンチャンネル9を有していない。最終段のディフューザ8を出た流れは、吐出ノズル10から機外に吐出される。

【0016】

図5に、本実施例に示す遠心圧縮機100の1枚の羽根車3部分の詳細を、縦断面図で示す。さらに図6に、図5のA-A断面を示す。この図6では、流れの関係も示している。回転軸2を駆動機が回転駆動すると、羽根車3から角運動量の形で作動流体にエネルギーが伝達される。

【0017】

このとき羽根車3内の作動流体は、ポテンシャルエネルギーが静圧上昇という形で上昇するとともに、運動エネルギーが速度エネルギーという形で上昇する。羽根車3から出た作動流体の速度エネルギーは、ディフューザ8内でさらに一部が静圧に変換される。作動流体は、リターンチャンネル9で徐々にラジアル方向の流れに流れ方向が転向され、次段の羽根車3の入口で軸方向を向いた流れになる。

【0018】

本実施例で示した一軸多段遠心圧縮機100では、ディフューザ8内の作動流体の流れに失速域(セル)が発生し、その失速セルが回転方向に旋回して圧力脈動やロータ振動過大の現象を生じる恐れがある。図5を用いて、その理由を説明する。図5において、 u は周方向速度を、 w は羽根車3に沿う相対流れ速度を、 c は絶対流れ速度を、 θ は流れ角度を示す。添え字2は羽根車3の外周部を示し、添え字 u は周方向速度成分を、添え字 m 2は半径方向速度成分を示す。羽根車3の半径は r 2である。

【0019】

羽根車3の出口では、羽根車3内に周方向に間隔を置いて配置された羽根3aにほぼ沿って流れる相対流れ速度 w 2と、羽根車3の出口周速 u 2で流れを表すことができる。この羽根車3の出口流れをベクトル合成すると絶対速度 c 2が得られ、作動流体は絶対速度 c 2でディフューザ8に流入する。羽根車3の出口での絶対速度 c 2は、半径方向流れ速度 c m 2と周方向速度 c u 2に分解できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

これより、ディフューザ 8 内の任意の半径位置 r における作動流体の流れ $c u$ は、損失が無いものとするエネルギー保存則を適用でき、角運動量一定の法則から、次式で表される。

【 0 0 2 1 】

$$r \times c u = r^2 \times c u^2 \dots \dots (1)$$

同様に、ディフューザ 8 内の半径方向速度 $c m$ と絶対速度 c にもエネルギー保存則を適用すると、半径方向速度 $c m$ および絶対速度 c は、半径方向長さに応じて小さくなる。ディフューザ 8 の流路幅と羽根車 3 の出口流路幅を同じに設定すれば、流れ角 は変化しない。

10

【 0 0 2 2 】

ディフューザ 8 内では、作動流体が外径方向に流れるにしたがって絶対速度 w が減速し、減速分が静圧上昇に変換される。流れが減速すると減速損失が生じ、静圧回復は上記式 (1) に基づいて求めた値ほど大きくはならない。しかし、流れ方向に向かって圧力が上昇するので、作動流体の流れにとっては逆圧力勾配が生じている。

【 0 0 2 3 】

小流量の圧縮機 100 では、羽根車 3 やディフューザ 8 の流路幅は小さい。その結果、ディフューザ 8 内における作動流体の流れでは、主流に及ぼす境界層の影響が大きい。流量が少ないので、流量に関係する流れの半径方向速度成分 $c m^2$ も小さくなりがちである。その場合、ディフューザ 8 の流れ角 が小さくなる。

20

【 0 0 2 4 】

この小流量圧縮機 100 では、ディフューザ 8 の壁面近傍で壁面摩擦により流れの半径方向速度成分 $c m$ が低下する。そして作動流体の流れの速度低下が続くと、作動流体は半径方向の逆圧力勾配に耐えることができず、逆流し始める。これが、失速セルの発生原因である。失速セルが生じると、ディフューザ 8 における有効な流路面積が減少し、作動流体の平均流速が上昇する。この結果、失速セル部以外の健全部では、作動流体の流れが安定する。

【 0 0 2 5 】

回転軸 2 が回転する方向に失速セルが移動するときは、失速セルが通過した側では、作動流体の流れ角 が大きくなり、ディフューザ 8 内で流れの静圧回復が進む。一方、失速セルが進む方向では、作動流体の流れ角 が小さくなり、流れは増速して静圧回復が小さくなる。失速セルが回転軸 2 の回転方向に旋回すると、ディフューザ 8 内の静圧分布が軸対称分布からそれるので、回転軸 2 および羽根車 3 を有する回転体に対して不均一な力の外力が発生する。この外力は、回転体に強制振動を誘起する恐れがある。

30

【 0 0 2 6 】

そこで、図 1 に示すようにいわゆる曲線溝を、ディフューザ 8 の入口流れ角がほぼ 100 以下となる羽根車 3 の出口側に設けている。図 1 は、図 5 の A - A 断面図に相当する図であり、ディフューザ 8 が羽根付きディフューザ 8 の例である。ディフューザ 8 内で速度エネルギーを圧力エネルギーに効率的に変換するために、ディフューザ 8 には周方向に間隔を置いて複数のベーン 13 が配置されている。ベーン 13 の出口の流れ角 は、ベーン 13 の入口の流入角 2 よりも大きい。ディフューザ 8 の流路内で、作動流体の流れの通過長さを短くし、摩擦損失を低減している。

40

【 0 0 2 7 】

ディフューザ 8 の流路入口からベーン 13 入口までは、羽根無しディフューザが形成されている。この羽根無しディフューザの壁面に、羽根車 3 の出口における流れ角 とほぼ同じ入口角度を有し、上記式 (1) で表される角運動量一定の線に沿った螺旋溝 21 を多数形成する。この溝 21 の大きさは、ほぼ境界層の厚さと同じであり、おおよそ 0.01 mm から 0.1 mm 程度である。また、螺旋溝 21 は周方向に間隔を置いて形成されている。

【 0 0 2 8 】

羽根車 3 の出口部に螺旋溝 21 を形成したので、壁面摩擦が低減されるとともに摩擦損

50

失が低減される。この螺旋溝 21 は、ディフューザ 8 の壁面に生じる乱流境界層を安定化させ、剥離も防止する。これにより、ディフューザ 8 のペーン 13 の入口径を、羽根車出口に近づけることができ、羽根車 8 の羽根枚数ごとに生じる圧力変動や速度変動した流れが、ディフューザ 8 のペーン 13 に衝突する際に発生する脈動や振動、騒音を低減できる。

【0029】

なお、上記実施例では螺旋溝 21 をディフューザ 8 の流路を形成する壁面の一方側に設けたが、両壁面に設けてもよい。ディフューザ 8 のペーン 13 を形成する壁に対向する壁面に螺旋溝 21 を設けるようにすれば、加工が容易になる。

【0030】

本発明に係る遠心圧縮機 100 に用いる流れ安定手段の他の例を、図 2 に横断面図で示す。本実施例では、ディフューザ 8 のペーン 13 出口に形成したペーン無しディフューザ 8 部に、ペーン 13 の出口における流れ角を保持した螺旋形の溝を設けている。本実施例によれば、羽根無しディフューザ 8 流路における摩擦損失が低減され、剥離の発生を抑制できる。

【0031】

本実施例では、ディフューザ 8 を形成する対向する両壁面に螺旋形溝を形成したが、ディフューザ 8 のペーン 13 が形成されていない壁面にだけ螺旋溝を形成してもよい。また、図 3 に示すように、ディフューザ 8 を羽根無しディフューザとし、羽根車 3 の出口部から半径方向外方に、流れ角が一定になる多数の螺旋溝を、間隔を置いて形成してもよい。

【0032】

なお、羽根無しディフューザ 8 の流路幅を羽根車 3 の半径で除した値が、ほぼ 4 % 以下となる場合には、ディフューザ 8 の流路入口から半径方向外方に延びる曲線溝を形成してもよい。この曲線溝は、ディフューザ 8 の流路壁面に生じる境界層の厚さと同程度の深さを有し、主流の流れ方向に沿うようにする。

【0033】

曲線溝は、ディフューザ 8 における摩擦損失を低減するとともに、乱流境界層を安定化させる。その結果、ディフューザ 8 にペーン 13 を形成しなくとも、ディフューザ 8 の流路幅を羽根車 3 の出口幅よりも狭めて流れ角を大きくすることが可能になり、ディフューザ 8 内での失速を回避できる。

【0034】

上記各実施例に示したように、羽根車 3 の出口側に設けられるディフューザ 8 部に周方向に間隔を置いて多数の螺旋溝または曲線溝を形成すると、羽根付きディフューザ 8 のペーン 13 の入口側を羽根車 3 の出口に近づけることができる。図 7 に、横軸にディフューザ 8 の流路幅を、縦軸にディフューザ 8 での逆流開始位置を、それぞれ羽根車 3 の半径で除して正規化した実験結果を示す。

【0035】

羽根なしディフューザ 8 での逆流開始試験結果は、線 r_{rev} / r_2 であり、この線より下側にディフューザ 8 のペーン 13 を取り付けると、逆流は発生しない。図中 印は、もし羽根無しディフューザを用いていると逆流が発生していた条件であるが、 印に示した位置にペーン 13 の入口を設けたので、逆流が抑制されている。

【0036】

ディフューザ 8 のペーン 13 を羽根車 3 に近づけると衝突損失が増えたり、騒音が増えたりするので、取り付け半径位置を羽根車 3 の半径のほぼ 1.1 倍以上にしてそれらの発生を回避するが、小流量高圧圧縮機ではディフューザ 8 のペーン 13 位置を羽根車 3 に近づけて、旋回失速の発生を防止できる。また、小流量高圧圧縮機ではディフューザ 8 の流路入口からペーン 13 の入口までの僅かな距離の間でも、壁面摩擦の影響により流れが剥離することが分かる。したがって、螺旋溝または曲線溝を形成して、羽根付きディフューザ 8 のペーン 13 の入口側を羽根車 3 の出口に近づけることは、このような観点からも有

10

20

30

40

50

効である。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明に係るディフューザの一実施例の横断面図。

【図2】本発明に係るディフューザの他の実施例の横断面図。

【図3】本発明に係るディフューザのさらに他の実施例の横断面図。

【図4】本発明に係る多段遠心圧縮機の一実施例の縦断面図。

【図5】図4に示した多段遠心圧縮機の部分縦断面図。

【図6】図4のA-A断面図であり、流れを説明する図。

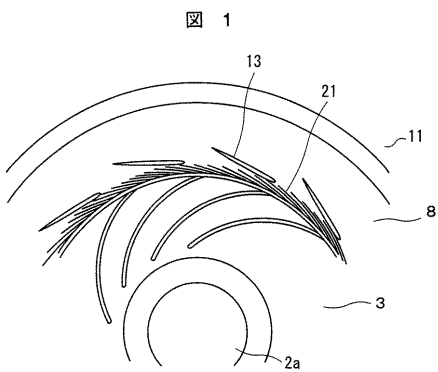
【図7】ディフューザの入口位置と逆流との関係を説明する図。

【符号の説明】

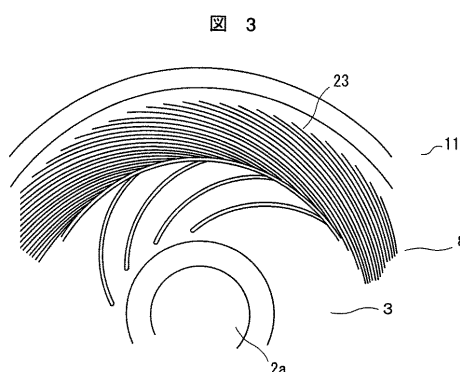
【0038】

1...ケーシング、2...回転軸、3...羽根車、3a...羽根、4...ラジアル軸受、5...スラスト軸受、6...軸封装置、7...吸込みノズル、8...ディフューザ、9...リターンチャンネル、10...吐出ノズル、11...前側ダイヤフラム、12...後側ダイヤフラム、13...ディフューザベーン、21~23...微小溝、100...圧縮機。

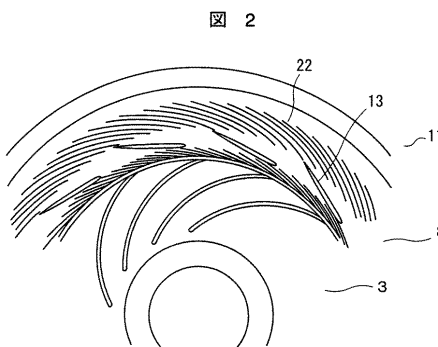
【図1】



【図3】

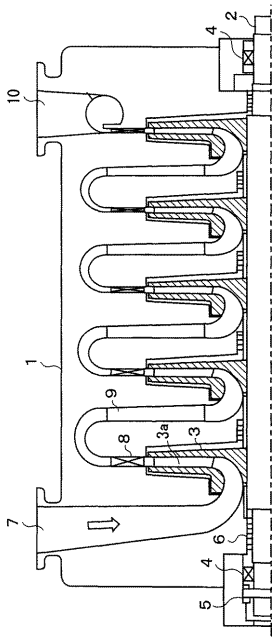


【図2】



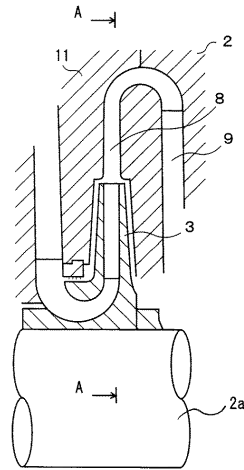
【 図 4 】

図 4



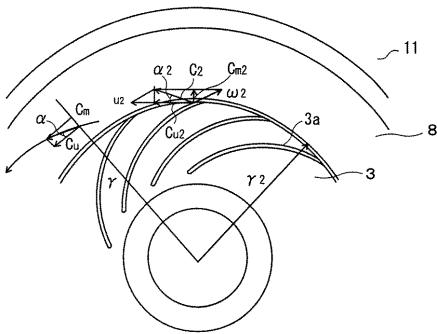
【 図 5 】

図 5



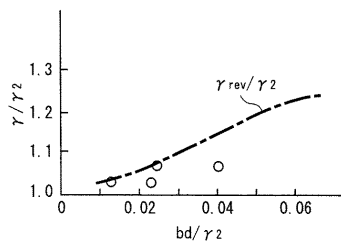
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



フロントページの続き

Fターム(参考) 3H130 AA12 AB01 AB12 AB42 AB62 AB69 AC01 BA10A BA14A CA07
DA02Z DB01Z DB02Z DD01Z