

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12)特許公報 ( B 2 )

(11)特許番号

特許第3380897号

( P 3 3 8 0 8 9 7 )

(45)発行日 平成15年 2月24日(2003.2.24)

(24)登録日 平成14年12月20日(2002.12.20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	
F04D 29/28		F04D 29/28	C
			P
29/44		29/44	X

請求項の数 2 (全 6 頁)

(21)出願番号	特願2000 - 154969( P 2000 - 154969)	(73)特許権者	390014306 防衛庁技術研究本部長 東京都新宿区市谷本村町 5 番 1 号
(22)出願日	平成12年 5月25日(2000.5.25)	(72)発明者	杉山 洋吉 埼玉県日高市武蔵台 5 - 26 - 1
(65)公開番号	特開2001 - 336498( P 2001 - 336498 A )	(74)代理人	100067323 弁理士 西村 教光
(43)公開日	平成13年12月 7日(2001.12.7)		
審査請求日	平成12年 5月25日(2000.5.25)	審査官	黒瀬 雅一
		(58)調査した分野(Int.Cl. <sup>7</sup> , D B名)	F04D 29/30 F04D 29/28 F04D 29/44

(54)【発明の名称】圧縮機

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転駆動軸から半径方向外側に曲げられた曲線流路を有し、回転する動翼、およびその動翼出口の下流に静翼が位置する圧縮機であって、動翼出口から流出する流体がほぼ軸方向に流出するように、動翼出口付近の流路形状が軸方向に湾曲することを特徴とする圧縮機。

【請求項 2】 上記圧縮機において、静翼、および動翼出口と静翼を接続する流路が、動翼出口の回転駆動軸からの半径に略等しい半径位置で、ほぼ軸方向に位置する

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧縮機の構造に係り、特に、圧縮機の高性能化および小型化を図る技術に

2

関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】ガスタービン、過給器等に用いる従来の遠心圧縮機および斜流圧縮機は、図 5 ( a ) および図 5 ( b ) に示すように、回転駆動軸 D 1 の周りに、複数の動翼 D 2 が配され、その下流には、複数の静翼 D 3 が配される。

【 0 0 0 3 】動翼 D 2 は、曲線流路 D 4 に位置されており、その下流側に静翼 D 3 が位置されており、動翼後縁部 D 2 a と静翼前縁部 D 3 a の間を流路 D 6 が接続している。上記動翼 D 2 と静翼 D 3 は、動翼後縁部 D 2 a の回転駆動軸 D 1 からの半径距離よりも、静翼 D 3 の回転駆動軸 D 1 からの半径距離が大きく設定されている。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】このような遠心圧縮機

および斜流圧縮機において、図 6 ないし図 7 に示すように、動翼 D 2 が矢印 R で示す回転方向に速度  $V_R$  で回転すると、その際の動翼 D 2 から流出する主流 D J の流れは速度  $V_J$  となる。ところが、各動翼 D 2 においては、矢印 R で示す回転方向の後面が負圧面となり、主流 D J の速度  $V_J$  よりも小さい速度  $V_W$  を有するウェーク DW が、図 6 ( a ) に示すように、動翼 D 2 の曲線流路 D 4 の中間部で形成され、その領域は後流に行くほど大きくなり、動翼出口部においては図 6 ( b ) に示すようにウェーク DW が拡大した流れ状態になる。

【 0 0 0 5 】ウェーク DW 内の流体が動翼 D 2 から流出する速度  $V_W$  は、図 7 に示すように主流の速度  $V_J$  に比べて、その方向はほぼ同一であるものの、小さな速度となる。このような流れ状態が時間に対して変化する様子は、図 6 ( c ) に示すように速度が時間的に大きく変動する波形となり、しかも図 6 ( b ) に示す異なる半径位置  $r_1$  と  $r_2$  ではその波形も異なっている状態である。

【 0 0 0 6 】動翼後縁部 D 2 a において、静翼 D 3 方向に向かう流れの速度は、図 7 に示すように、動翼から流出する速度と回転速度  $V_R$  とで形成される平行四辺形の対角線で示される速度となり、主流 D J に対しては速度  $V_{J1}$ 、ウェーク DW に対しては速度  $V_{W1}$  となる。回転速度  $V_R$  は同一であるが、主流の速度  $V_J$  とウェークの速度  $V_W$  の大きさが異なることから、静翼 D 3 方向へ向かう流れの速度  $V_{J1}$  と  $V_{W1}$  は、その大きさも多少異なるが、その方向が大きく変化し、図 7 に示す角度差  $\theta$  を有することとなる。

【 0 0 0 7 】このような流れ状態は、流路 D 6 を通過する間に減速するものの、同様な傾向を持って静翼に達し、図 7 に示されるように、主流 D J 部の流れは速度  $V_{J1}'$ 、ウェーク DW 部の流れは速度  $V_{W1}'$  となり、両者は大略角度差  $\theta$  に相当するような大きな角度差  $\theta'$  を待って静翼前縁部 D 3 a に流入する。そのため、静翼 D 3 に対する入射角度が、動翼 D 2 の通過ごとに周期的に大きく変化し、その結果、静翼 D 3 の作動効率が低下し、圧縮性能が悪化するのみならず、ひどい場合には静翼 D 3 が失速に至り、圧縮機はサージと呼ばれる流量が停止または逆流するような異常動作に突入してしまうような問題があった。

【 0 0 0 8 】また、従来の圧縮機においては、図 5 ( a ) および図 5 ( b ) に示すように、動翼後縁部 D 2 a の回転駆動軸 D 1 からの半径に対して、静翼 D 3 の回転駆動軸 D 1 からの半径が大きいこと、動翼後縁部 D 2 a 付近における回転駆動軸 D 1 周囲の略円周状の流路断面積に対して、静翼前縁部 D 3 a 付近における回転駆動軸 D 1 周囲の略円周状の流路断面積が大きくなる。つまり、動翼後縁部 D 2 a と静翼前縁部 D 3 a との間の流路 D 6 において、流れ方向に向かって流路断面積が広がり、流れが減速するとともに圧力が上昇するディフューザ効果を有することになる。

【 0 0 0 9 】そのため、流路 D 6 の内部においては、図 5 に示すように、径方向内側および外側において境界層 D 6 B L が発達し、圧縮性能の低下を招き、境界層が剥離するような場合には、流路 D 6 を閉塞するように作用し、サージに突入してしまうような問題があった。また、流路 D 6 における静翼 D 3 に向かう流れは、ディフューザ効果により流れ方向に圧力が上昇しているため、下流の高圧側の圧力に打ち勝つように流れなければならない。

10 【 0 0 1 0 】図 8 には、動翼出口における主流 D J とウェーク DW の速度  $V_{J1}$  と  $V_{W1}$  を動翼回転方向の周速度成分  $V_{J1T}$  と  $V_{W1T}$  およびそれらに直角な静翼 D 3 に向かう流れの方向である縦方向速度成分  $V_{J1L}$  と  $V_{W1L}$  に分割した図を示してある。主流 D J の縦方向速度成分  $V_{J1L}$  に比べて、ウェーク DW の縦方向速度成分  $V_{W1L}$  は小さいために、高圧側の圧力に打ち勝つことができない場合には流路 D 6 内において逆流等が発生することにより、有効流路断面積が確保できず、閉塞されるような状態となり、圧縮性能が低下するのみならず、ひどい場合にはサージに至ってしまうような問題があった。

20 【 0 0 1 1 】さらに、図 5 ( a ) および図 5 ( b ) に示すように従来の圧縮機では、静翼 D 3 の回転駆動軸 D 1 からの半径位置が動翼後縁部 D 2 a の位置よりも遠い半径位置に位置し、更に静翼出口の外周部にスクロール等の集気管を設置する必要があることから、動翼出口直径に比べて非常に大きな圧縮機外径を必要とし、小型化が困難な圧縮機構造となっている。

【 0 0 1 2 】本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成しようとするものである。

- 30 ( 1 ) 静翼に対する入射角の時間的変動を抑制すること。  
 ( 2 ) 動翼と静翼の間の流路において境界層の発達または剥離を抑制すること。  
 ( 3 ) 上記により圧縮機の高性能化を図ること。  
 ( 4 ) 圧縮構造の小型化を図ること。

【 0 0 1 3 】

40 【課題を解決するための手段】本発明は、回転駆動軸から半径方向外側に曲げられた曲線流路を有する動翼を回転駆動し、動翼下流において半径方向に位置する静翼から半径方向に吐出させる従来の遠心圧縮機および半径方向と回転駆動軸方向との中間の斜め方向に位置する静翼から斜め方向に吐出させる従来の斜流圧縮機において、動翼の出口付近の流路を軸方向に湾曲させ、動翼出口から軸方向に流出させ、動翼出口とほぼ同一の半径位置に位置する静翼からほぼ軸方向に吐出させることにより、上記問題を解決するものである。

【 0 0 1 4 】

50 【発明の実施の形態】本発明に係わる圧縮機は、斜流圧縮機、遠心圧縮機、送風機およびポンプ等に適用されるが、以下、斜流圧縮機を例に取り、図面に基づいて説明

する。図 1 は、本発明に係わる圧縮機をターボジェットエンジンに適用した一例を示す構成図である。図 1 のターボジェットエンジンは、矢印方向から導入した空気を、回転軸（ヘ）の流線形状をなす外周に沿って、軸流圧縮機（イ）において圧縮した後、後述する本発明に係る圧縮機（ロ）によって圧縮し、燃焼室（ハ）に導いて燃焼させ、タービン（ニ）を駆動させて排気ノズル（ホ）から矢印方向に排気させる。図 2 ないし図 4 は、本発明に係る圧縮機を示し、符号 1 は回転駆動軸、2 は動翼、3 は静翼、4 は曲線流路、5 は軸方向流路、6 は動翼と静翼間の流路、C はケーシングである。

【0015】本実施例の斜流圧縮機は、図 2 に示すように、回転駆動軸 1 の周りに該回転駆動軸 1 の回転を伝達する回転伝達部材 1 a が配されるとともに、該回転伝達部材 1 a には、複数の動翼 2 が配され、その下流には複数の静翼 3 が回転駆動軸 1 にほぼ平行に配される。

【0016】曲線流路 4 は、回転伝達部材 1 a と動翼 2 とケーシング C とによって囲まれることで形成され、かつ、回転駆動軸 1 の軸方向から半径方向外側に傾斜した状態とされる。この曲線流路 4 の下流側には、湾曲部 4 a が配され、該湾曲部 4 a を介して軸方向流路 5 に接続される。湾曲部 4 a は、曲線流路 4 と軸方向流路 5 との間に位置し、軸方向に滑らかに湾曲し、その上流部側が曲線流路 4 に接続され、その下流部側が軸方向流路 5 に接続される。この軸方向流路 5 には、静翼 3 と動翼を接続する流路 6 および静翼 3 が位置している。

【0017】動翼 2 の出口部は、動翼後縁部 2 a が軸方向流路 5 の入口あるいは内部に位置するように、軸方向流路 5 の入口あるいは内部まで延長されており、動翼後縁部 2 a の回転駆動軸 1 からの半径  $H_1$  が、静翼 3 の回転駆動軸 1 からの半径  $H_2$  と略等しく設定される。

【0018】このような圧縮機においては、図 2 に示すように、回転駆動軸 1 の回転により動翼 2 を回転することにより空気を吸い込み、その流入空気を曲線流路 4 および湾曲部 4 a を通過させることで圧縮する。この際、動翼入口部 2 b から動翼後縁部 2 a に至る曲線流路 4 および湾曲部 4 a において、流れは、回転駆動軸 1 から半径距離が近い動翼入口部 2 b から、半径距離の遠い動翼後縁部 2 a に移動するとともに、回転により周方向に加速され、回転駆動力によって流入空気にエネルギーを与え、流入空気が圧縮されるものである。

【0019】動翼からの比較的高速の吐出空気を軸方向流路 5 に導入し、静翼 3 で速度を減速させ、動圧を静圧に変換することにより更に圧力を上昇させ、高圧空気を吐出するものである。

【0020】ここで、前述のように回転駆動軸 1 に対する動翼後縁部 2 a の半径  $H_1$  が、回転駆動軸 1 に対する静翼 3 の半径  $H_2$  と略等しく設定されているため、動翼後縁部 2 a と静翼 3 との間付近において、動翼 2 から静翼 3 に流れる流体は、回転駆動軸 1 からの半径距離に略

等しい位置で軸方向に移動する。このため、動翼後縁部 2 a と静翼 3 との間における流路 6 において、回転駆動軸 1 から半径方向に流路断面面積が広がることなく、所謂ディフューザ効果を被ることがないため、図 5 に示したような境界層 D 6 BL の発達を抑制し、圧縮機の性能向上を図ることができるのみならず、この境界層の剥離の発生も抑制できるので、圧縮機がサージに突入しにくくでき、圧縮機の性能向上を行うことができる。

【0021】また、各動翼 2 においては、図 3 ( a ) に示すように、動翼 2 が矢印 R で示す方向に回転すると、各動翼 2 の矢印 R で示す回転方向の後面が負圧面となり、曲線流路 4 の中間部または出口部（湾曲部 4 a の入口部）では、主流 D J の速度よりも小さい速度を有するウエーク DW が形成され、図 6 ( a ) に示す従来の圧縮機と同様な流れ状態となる。

【0022】主流 D J とウエーク DW が湾曲部 4 a を通過する際に、湾曲部 4 a が軸方向に向かうように湾曲しているため、主流 D J とウエーク DW とに対して、図 2 に示す矢印 r で示す半径方向外側に遠心力が働く。ここで、主流 D J の速度を  $V_J$ 、主流 D J の密度を  $\rho$ 、ウエーク DW の密度を  $\rho_w$ 、ウエーク DW の速度を  $V_w$ 、湾曲部 4 a の半径を  $r$  とすると、この湾曲部 4 a において、矢印 r で示す半径方向に生じる主流 D J の遠心力  $F_J$  は、

$$F_J = \rho V_J^2 / r \quad (\text{式 1})$$

となり、同様にウエーク DW の遠心力  $F_w$  は、

$$F_w = \rho_w V_w^2 / r \quad (\text{式 2})$$

となる。

【0023】ここで、主流 D J の流速  $V_J$  が、ウエーク DW の流速  $V_w$  より大きく、非圧縮性の流体においては主流 D J の密度  $\rho$  とウエーク DW の密度  $\rho_w$  は等しく、また圧縮性の流体においてもそれらはほぼ等しいため、上述の式 1 および式 2 から明らかなように、主流 D J の遠心力  $F_J$  が、ウエーク DW の遠心力  $F_w$  よりも大きくなる。従って、これら遠心力  $F_J$  と  $F_w$  との差により、図 3 ( a ) に矢印 S で示すように、湾曲部 4 a において主流 D J が半径方向外側に移動し、ウエーク DW は半径方向内側へ広がるように押し出され、図 3 ( b ) に示すように、動翼出口部付近において、主流 D J は回転駆動軸 1 からの半径方向外側に位置し、ウエーク DW は半径方向内側に位置するようになって吐出される。

【0024】そのため、動翼出口部において、主流 D J とウエーク DW とが半径方向に分かれて、図 3 ( b ) に示すように、周方向に略均一な状態で分布するようになる。その結果、主流 D J の流速  $V_J$  及びウエーク DW の流速  $V_w$  は、図 3 ( c ) のように時間的変動の少ない略均一な分布となる。ここで、主流 D J とウエーク DW とのそれぞれの部分において、動翼 2 の翼表面に発達した境界層による小さなウエークは、図 3 ( c ) と図 6 ( c ) とのいずれの場合にも周期的に存在しているが、

ウェークDWに比べて小さいものである。

【0025】流路6は、流路断面積がほぼ等しい軸方向流路を形成しているため、通過する流れの状態は余り変化せず、ほぼ動翼出口の流れ状態を維持したままで静翼3に流入し、主流DJとウェークDWとのそれぞれの部分において静翼3に対する入射角が各半径位置で略均一となり、静翼3に流入する流体の入射角の時間変動を抑えることができる。

【0026】静翼3の入口形状が、回転駆動軸1からの半径方向内側位置において、ウェークDWの流入速度 $V_{w1}$ の入射角に対応した形状に設定され、回転駆動軸1からの半径方向外側位置において、主流DJの流入速度 $V_{j1}$ の入射角に対応した形状に設定されることにより、静翼3における入射角度の最適化を図ることができ、静翼の性能向上が可能となり、圧縮機全体の性能向上を図ることが可能となる。

【0027】また、圧縮機の圧力比は、図2に示すように動翼前縁部2bと動翼後縁部2aとの回転駆動軸1からの半径方向位置の差に依存する。図4には比較のために本実施例と同等な圧力比を出すことのできる従来形態の圧縮機形状を破線で示してある。図4に示すように、本実施例においては、静翼3の半径 $H_3$ が動翼後縁部2aの半径 $H_1$ と略等しく設定されており、その軸方向下流にスクロール等の集気管を配置することができ、圧縮機外径を動翼出口直径にほぼ等しい寸法にすることができる。しかしながら、従来形式では、動翼2'出口部に接続された流路6'及びそれに続く静翼3'が回転駆動軸1に対する半径が拡大する方向に接続され、静翼出口部の半径 $H_2$ は本実施形態の静翼出口部半径 $H_3$ に比べて大きくなっており、更にその下流に半径方向に拡大するようにスクロール等の集気管を配置する必要があり、動翼出口直径に比べて非常に大きな圧縮機外径となる。即ち、本実施例においては、同等の圧力比を出す従来形式に対して、圧縮構造全体の外径寸法を小さくすることができ、小型化を図ることができる。

【0028】

【発明の効果】本発明の圧縮機によれば、以下の効果を奏する。

(1) 動翼出口部が軸方向に湾曲しているため、その湾曲部において発生する遠心力により主流が半径方向外側に、ウェークは半径方向内側に分布するようになり、動翼出口における周方向速度分布を周方向に略均一な状態として設定することができ、その結果、静翼に対する入射角の時間変動を抑えることができる。

(2) 動翼出口側の後縁部が軸方向流路の入口あるいは内部に位置されて、動翼出口部、それに続く流路及び静翼は、ほぼ同一半径上に位置させることができ、従来の径方向に拡大し、流れの方向に面積が拡大するような流路及び静翼の設定にならず、所謂ディフューザ効果を持つことが無いので、境界層の発達または剥離を抑制する

ことができる。

(3) 上記により圧縮機の高性能化を図ることができる。

(4) 静翼の半径が、動翼出口の半径と略等しく取ることができるため、圧縮機の圧縮能力を低下することなく圧縮機外径の小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る圧縮機をターボジェットエンジンに適応した構成図を示すものである。

10 【図2】本発明に係る圧縮機の一実施例における一部の記載を省略して断面視した図を示すものである。

【図3】本発明に係る圧縮機の一実施例を示すもので(a) 動翼曲線流路中間部の周方向の展開断面図、(b) 動翼出口部の周方向の展開断面図、(c) 動翼出口での流体の速度の時間的変化を示すグラフ図である。

【図4】図2の圧縮機及びそれと同等な圧力比を出すことのできる従来形式の圧縮機を比較して、一部の記載を省略して断面視した図を示すものである。

20 【図5】従来の圧縮機における一部の記載を省略して断面視した図を示すものである。

【図6】従来の圧縮機を示すもので(a) 動翼曲線流路中間部の周方向の展開断面図、(b) 動翼出口部の周方向の展開断面図、(c) 動翼出口での流体の速度の時間的変化を示すグラフ図である。

【図7】圧縮機の動翼出口および静翼入り口における主流とウェークの流体の速度、速度成分およびそれらの角度差を示す模式図である。

30 【図8】圧縮機の動翼出口における主流とウェークの流体の速度を動翼回転方向(周方向)とそれに直角な静翼に向かう流れ方向(縦方向)の速度成分に分割した模式図である。

【符号の説明】

1 回転駆動軸

1 a 回転伝達部材

2 動翼

2 a 動翼後縁部

2 b 動翼前縁部

3 静翼

4 曲線流路

40 4 a 湾曲部

5 軸方向流路

6 動翼と静翼の間の流路

C ケーシング

D J 主流

D W ウェーク

H 回転駆動軸からの半径距離

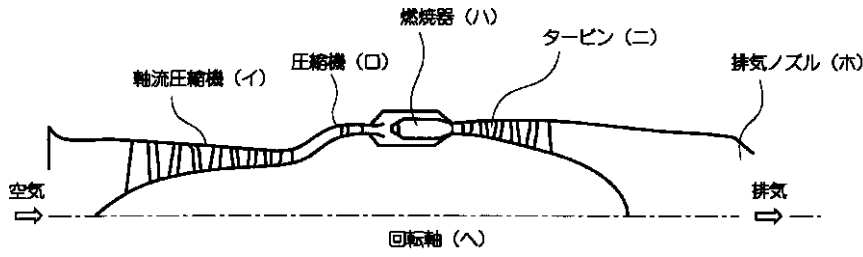
R 動翼回転方向

r 動翼出口湾曲部半径

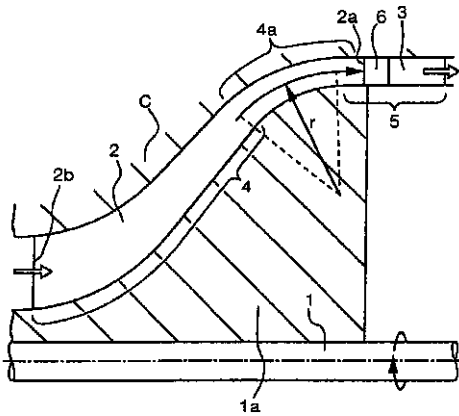
$V_j$  主流速度

50  $V_w$  ウェーク速度

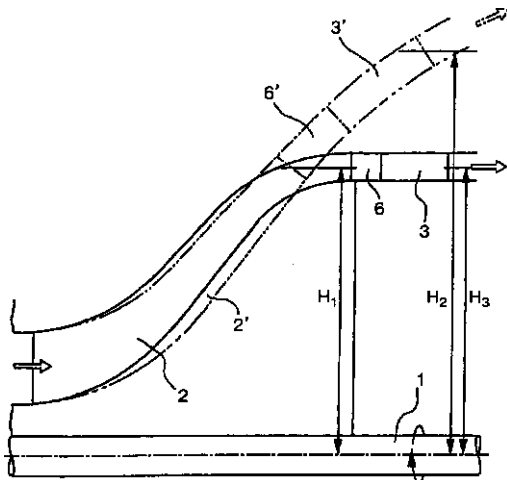
【 図 1 】



【 図 2 】

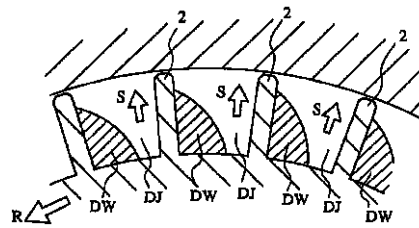


【 図 4 】

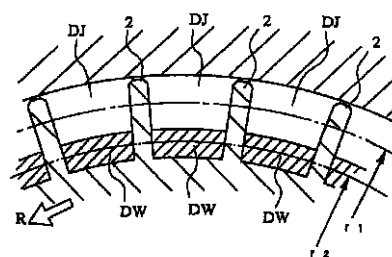


【 図 3 】

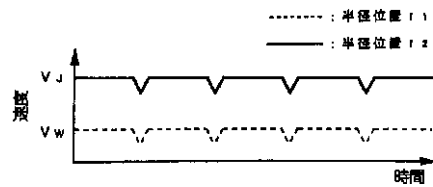
(a) 動翼中間部



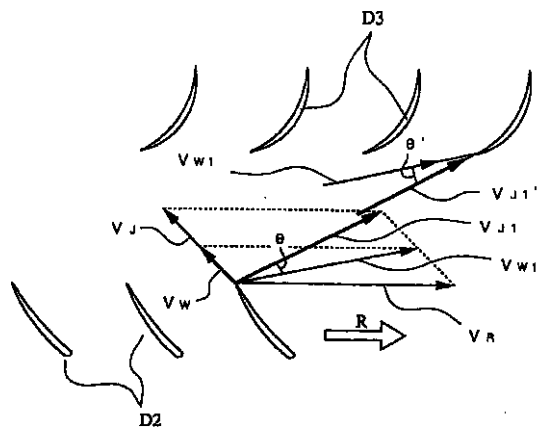
(b) 動翼出口部



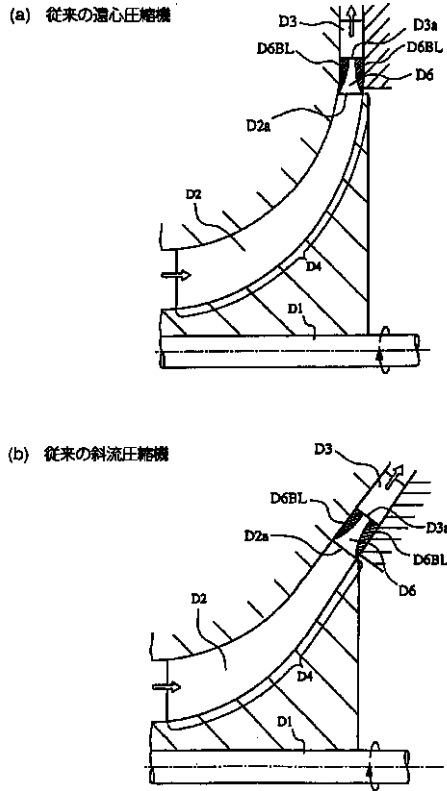
(c) 動翼出口部の速度変化



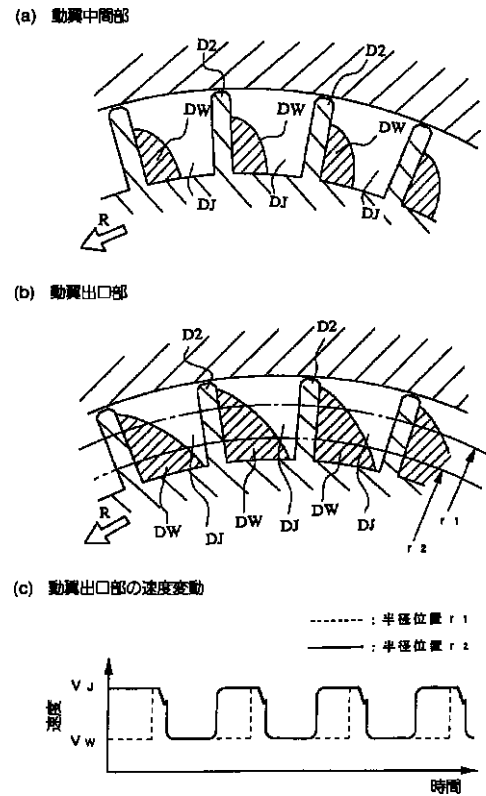
【 図 7 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 8 】

