(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3816150号
(P3816150)
(45)発行日　平成18年8月30日(2006.8.30)　(24)登録日　平成18年6月16日(2006.6.16)

(51)Int.Cl.　　F I
F04D 29/54 (2006.01)　　F04D 29/54　G
F04D 19/00 (2006.01)　　F04D 19/00

請求項の数 7　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願平8-179604
(22)出願日　平成8年7月9日(1996.7.9)
(65)公開番号　特開平9-88893
(43)公開日　平成9年3月31日(1997.3.31)
審査請求日　平成15年6月9日(2003.6.9)
(31)優先権主張番号　特願平7-205299
(32)優先日　平成7年7月18日(1995.7.18)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町１１番１号
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100071124
弁理士　今井　庄亮
(74)代理人　100076691
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人　100075236
弁理士　栗田　忠彦
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(74)代理人　100080137
弁理士　千葉　昭男

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】

ケーシング内を回転する羽根車を具備し、該ケーシング壁の羽根車上流部分と下流部分との間に周方向或いは軸方向の溝或いは流路を設けた構成の遠心流体機械において、

前記ケーシングに設けた溝或いは流路内に高圧流体を、溝或いは流路に沿った方向に噴射させる高圧流体噴射手段を設けたことを特徴とする遠心流体機械。

【請求項２】

前記高圧流体噴射手段は必要に応じて高圧流体の噴射及びその停止が可能な噴射停止手段を具備することを特徴とする請求項１による遠心流体機械。

【請求項３】

前記高圧流体噴射手段は前記ケーシングに設けた溝或いは流路内に前記羽根車の回転方向と逆向きの速度成分を持った高圧流体を噴射することを特徴とする請求項１又は２による遠心流体機械。

【請求項４】

前記高圧流体噴射手段はその高圧流体として外部の高圧流体又は当該遠心流体機械内の高圧側の高圧流体を使用することを特徴とする請求項１乃至３のいずれか一項による遠心流体機械。

【請求項５】

前記遠心流体機械は多段ターボ機械であり、前記高圧流体噴射手段を設けた溝或いは流路は第一段或いは複数段に設けられていることを特徴とする請求項１乃至４のいずれか一項

による遠心流体機械。
【請求項６】
前記溝或いは流路が周方向溝或いは流路からなり、前記高圧流体噴射手段は該溝或いは流路内に該溝或いは流路の接線方向を向くようにケーシング壁に開口されたノズル、または該ケーシング壁とは別体に形成され先端開口が溝或いは流路内に突出して該溝或いは流路の接線方向に向けられたノズルよりなる請求項１乃至５のいずれか一項による遠心流体機械。
【請求項７】
前記溝或いは流路が複数の周方向溝或いは流路からなり、各溝或いは流路が軸方向に伸びるチャンバにより相互に連係されていることを特徴とする請求項１乃至６のいずれか一項による遠心流体機械。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明が属する技術分野】
本発明は遠心流体機械（遠心圧縮機、軸斜流圧縮機、送風機及びポンプ）に関し、その最大効率を低下させることなく、そのサージマージンを拡大させることを可能とした遠心流体機械に関するものである。
【０００２】
【従来技術及び発明が解決しようとする課題】
図１７（ａ）は従来の遠心流体機械の入口近傍を示す断面図で、１７（ｂ）は羽根車のＢ－Ｂ断面図を示す。図示するようにケーシング３の内部で羽根車１が回転軸２を中心として回転することにより、流体が吸い込み口（図示せず）からケーシング３内に吸い込まれ、吐き出し口（図示せず）から吐き出すようになっている。
【０００３】
従来のこの種の遠心流体機械では、羽根先端のもれ流れに起因する先端もれ渦３０と、羽根負圧面と羽根圧力面との圧力勾配に起因して発生する流路渦３１の２次流れが生じる。羽根車１の内部で発生した高損失流体は、上記２次流れの干渉する領域３２に集積する。部分流領域では、上記流路渦３１の２次流れの作用が強くなり、羽根車１の負圧面とケーシング３との間のコーナー部３３に高損失流体が集積しやすい。
【０００４】
上記羽根車１面上やケーシング３上の不安定な高損失流体、即ち低運動流体が原因となって流れの大規模な剥離が発生し、その結果部分流量域で図１８のＡ部分に示すような右上がり勾配を持つ揚程曲線が生じる。こうした揚程曲線の右上がり特性は失速現象とも呼ばれ、遠心流体機械配管系の自励振動であるサージングを誘起する恐れがあり、振動、騒音、装置破損の原因となるなど速心流体機械の安定運転上著しく不都合である。
【０００５】
こうした問題を改善する公知手段は、遠心流体機械外部からエネルギー供給を伴わない受動的手段と外部からの何らかのエネルギーを供給する能動的手段とに大別できる。
【０００６】
受動的手段としては，ケーシング内壁にケーシングトリートメントと呼ばれる溝を設ける手段や，羽根車入口部のケーシング内部に整流フィン付き環状流路を設けるエアーセパレータあるいはリセスベーンと呼ばれる手段が知られている（日本機械学会関西支部第１８１回講習会教材ｐ４５～５６）。ケーシングトリートメントについては，軸流コンプレッサーにおいて多くの研究が行われており，軸方向溝形（Axial Slot），周方向溝形（Circumferential Groove），ハニカム形（Honeycomb Treatment）など様々な形状が提案されている（Cumpasty N.A.,1989,Compressor Aerodynamics,Longman Scientific & Technical）。Fujita, H.and Takata, H.（1984, Bulletin of JSME, Vol.27, No.230, pp.1675-1681）は各種のケーシングトリートメントが軸流コンプレッサーの性能特性に及ぼす影響を系統的に検討した。その結果をまとめた付図（後述する図１０）から明らかなように，従来のケーシングトリートメントでは失速マージン改善効果が高い程，不可避的に最高効

率の大幅な低下を生じる。ケーシングトリートメントを遠心羽根車に適用した公知例としては，US Patent No.3893787 や US Patent No.4063848がある。

【０００７】

また、部分流量時に吐き出し側から入口側に向かって流体をバイパスする手段が広く用いられているが、これは遠心流体機械内を流れる実質的な流量を増大する手段で、必然的に遠心流体機械の揚程が大幅に低下し且つバイパスを通じて大量の流体が還流するため多くの動力が消費されるという欠点がある。

【０００８】

一方、従来の能動的手段は全て下記の４種類に大別できる。

（１）翼面上やケーシング上、或いはシュラウド上の低運動量流体に外部からエネルギーを供給する手段。

（２）これら低運動量流体を除去する手段。

（３）ケーシング近傍の入口流れに羽根車回転方向の予旋回を与えて翼の失速を防ぐ手段。

（４）失速前に現われる流れ場の微弱な不安定波動を打ち消すような波動を外部から強制的に加える手段。

【０００９】

上記手段（１）の例としては、特開昭５５－３５１７３号公報に、圧縮機のサージマージン拡大法として、羽根車のチップ部位及び／又は翼間に、高圧側の流体の一部を導入し、高速度噴流にして噴射する手段が示されている。噴流の方向としては、半径方向、羽根車回転方向、羽根車反回転方向のいずれの方向でも同等に効果的であるとしている。この時の噴流の作用としては、翼面上の不安定な低運動量流体にエネルギーを供給し、境界層の剥離を防止することであるから、噴射方向については特に特定する必要がない。

【００１０】

その他の公知例としては、特開昭４５－１４９２１号公報に、遠心圧縮機の吐き出し側から高圧空気を取り出し、羽根車後半部のケーシングに設けたノズルから噴出し、部分流量時の運転を安定化する手段が示されている。ここでの噴流の作用としては、羽根後方側（翼負圧面側）の低圧部への圧力供給を行なうタービン効果と、羽根車出口の有効流幅をせばめるジェットフラップ効果がある。従って噴流は羽根車回転方向の周方向速度成分を有し且つケーシング壁面に直角方向の速度成分を有する必要がある。

【００１１】

手段（２）の例としては、特開昭３９－１３７００号公報に、軸流圧縮機の高圧段側から低圧段側へ流体を還流し、高圧段側でケーシング壁に沿って存在する境界層内部の低運動量流体を吸い取り流れを安定する手段が開示されている。ここでは、低圧段にて還流流体が噴流として壁面近傍の流体に運動量の供給を行なうことにより上記手段（１）の作用も持たせている。

【００１２】

手段（３）の例としては、特開昭５６－１６７８１３号公報に、ターボチャージャのサージング防止装置として、羽根入口部において回転接線方向に向いた開口部から空気を吹き込む装置が開示されている。この吹き込み空気の作用としては、流れに予旋回を与えて翼に対する流れの迎え角を小さくして翼面上での剥離を防止することである旨が記述されており、従って空気の吹き出し方向は、羽根車の回転方向と同一で接線方向に特定される。この手段では、より部分流量域まで失速を防止するには羽根高さの比較的広い範囲において予旋回を与える必要があり、必然的に揚程の低下を伴うという欠点がある。

【００１３】

手段（４）の例としては、英国特許公開公報（ＵＫ　Ｐａｔｅｎｔ　Ａｐｐｌｉｃａｔｌｏｎ　ＧＢ２１９１６０６Ａ）に、流れ場の不安定な変動波形を計測しつつ波動の振幅、位相、周波数等を分析し、振動翼、振動壁、間欠噴流等をアクチュエータとして使用して、上記不安定波動を打ち消すような波動を流体に対して能動的に与え、旋回失速、サージング、圧力動脈等を防止する手段が示されている。この手段では、失速やサージングの前

兆現象である不安定波動の存在を前提としており、こうした波動が存在しない遠心流体機械には適用できないという欠点がある。

【００１４】

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、上記受動的手段と能動的手段の欠点を除去し、遠心流体機械揚程曲線の右上がり特性の発生を防止し、ひいてはサージングの発生をも抑止することのできる上記公知例のものとは根本的に相違する遠心流体機械を提供することを目的とする。

【００１５】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため請求項１に記載の発明は、ケーシング内を回転する羽根車を具備し、該ケーシング壁の羽根車上流部分と下流部分との間に周方向或いは軸方向の溝或いは流路を設けた構成の遠心流体機械において、前記ケーシングに設けた溝或いは流路内に高圧流体を、溝或いは流路に沿った方向に噴射させる高圧流体噴射手段を設けたことを特徴とする。

【００１６】

また、請求項１に記載の発明において、前記溝或いは流路は羽根車の上流部分と下流部分との間の全域或いは一部の範囲に設けられ、前記高圧流体噴射手段は該溝或いは流路の全て或いは一部に高圧流体を噴射することができる。

【００１７】

また、前記羽根車の上流部分と下流部分とはそれぞれ羽根車の直前部分および直後部分を含むことができる。

【００１８】

また、前記高圧流体噴射手段は前記羽根車の軸方向中央位置より上流側に位置する溝或いは流路に設けることができる。

【００１９】

また、請求項２に記載の発明は請求項１のいずれかの発明において、前記高圧流体噴射手段は必要に応じて高圧流体の噴射及びその停止が可能な噴射停止手段を具備することを特徴とする。

【００２０】

また、請求項３に記載の発明は請求項１又は２のいずれかの発明において、前記高圧流体噴射手段は前記ケーシングに設けた溝或いは流路内に前記羽根車の回転方向と逆向きの速度成分を持った高圧流体を噴射することを特徴とする。

【００２１】

また、請求項４に記載の発明は請求項１乃至３に記載のいずれか発明において、前記高圧流体噴射手段はその高圧流体として外部の高圧流体又は当該遠心流体機械内の高圧側の高圧流体を使用することを特徴とする。

【００２２】

また、請求項５に記載の発明は請求項１乃至４に記載のいずれか発明において、前記遠心流体機械は多段ターボ機械であり、前記高圧流体噴射手段を設けた溝或いは流路は第一段或いは複数段に設けられていることを特徴とする。

【００２３】

前記溝或いは流路は軸方向溝或いは流路からなり、該溝或いは流路が羽根車の反回転方向に周方向に傾斜することができる。

【００２４】

また、前記溝或いは流路が周方向溝或いは流路からなり、該溝或いは流路は羽根車の軸方向に流体の出口方向に傾斜することができる。

【００２５】

また、請求項６に記載の発明は請求項１乃至５のいずかの発明において、前記溝或いは流路が周方向溝或いは流路からなり、前記高圧流体噴射手段は該溝或いは流路内に該溝或いは流路の接線方向を向くようにケーシング壁に開口されたノズル、または該ケーシング壁

とは別体に形成され先端開口が溝或いは流路内に突出して該溝或いは流路の接線方向に向けられたノズルよりなることを特徴とする。

【００２６】

また、請求項７に記載の発明は請求項１乃至６のいずれかの発明において、前記溝或いは流路が複数の周方向溝或いは流路からなり、各溝或いは流路が軸方向に伸びるチャンバにより相互に連係されていることを特徴とする。

【００２７】

図１９（ａ）はこの種の遠心流体機械の入口近傍を示す断面図で、図１９（ｂ）、（ｃ）は羽根車のＡ－Ａ断面図を示す。この種の遠心流体機械においては、羽根車１の ω 方向への回転により、遠心流体機械の入口から流入した流体は図１９（ｂ）の実線の矢印ａ、ｂに示すように流れる。流量Ｑの減少と共に、ケーシング３の近傍で二次流れである矢印ａの流れが羽根車１の回転方向 ω の方向へ向くようになり、ついには図１９（ｃ）の実線の矢印ｃに示すように入口側へ逆流し、図１８のＢ点のように揚程曲線の低下を招く。

【００２８】

そこで、本発明では図１に示すように、ケーシング３に設けた溝４内にノズル５から高圧流体のジェット６を羽根車１の回転方向 ω と反対方向に噴射させることにより、流量Ｑの減少とともに周方向に向おうとする図１９の矢印ａに示す流れに対向する図１９の破線矢印に示す流れをケーシング３の内壁面に沿って誘起させ、矢印ｃのように入口方向に向かおうとする流れの発達を抑止し、ひいては図１８の一点鎖線Ｄ或いは二点鎖線Ｅに示すように揚程曲線の右上がりの不安定特性の発生を遅延或いは防止する。ちなみにケーシング３に溝４のみを設けた場合は、揚程曲線は図１８の一点鎖線Ｃに示すようになる。

【００２９】

ケーシング３の内壁面に設けるケーシングトリートメント形状（溝４の形状）としては、例えば図１、図２或いは図３に示す様な、さまざまの形状が提案されている。

【００３０】

図１の回転する羽根車１の圧力面側３９と負圧面側３３との間には圧力差が生じる。従って、ケーシング３の内壁面の周方向に溝４だけを設けジェット６を噴射する構造を備えない従来技術の場合でも、回転する羽根車１の圧力面側３９と負圧面側３３との間の圧力差により溝４を通過して羽根車１の回転方向 ω と反対方向に漏れ流れが生じる。しかしながら、こうした流れは主として羽根車１の羽根先端が通過するときに発生し、また圧力差も比較的小さいので流速も遅くなり、図１９の矢印ｃの入口方向に向かう流れを十分に抑止することはできない。従って、ケーシング３の内壁面の周方向に溝４だけを設ける従来の技術は、失速限界の改善率が少ないという欠点を有する。その反面、溝４を通過して負圧面側３３へ漏れ出る流体の量も少ないので、設計点での効率低下は少ないという長所を有している。

【００３１】

図３のケーシング３の内壁面の軸方向に溝４だけを設けジェット６を噴射する構造を備えない従来技術の場合、軸方向の溝から漏れ出る流体は、羽根出口側と入口側との間のより大きな圧力差により生じるので、上記周方向の溝の場合よりも漏れ出る流体の量が多くなり、それが周方向に傾斜した図３の溝４から早い周方向速度成分を有する流れを生じるので、失速限界の改善率が高いという長所を有する。その反面で漏れ流れも多く、設計点での効率低下が大きいという欠点を有している。

【００３２】

これら従来技術に対して本発明では、図１のケーシング３の内壁面の周方向に設ける溝４内にノズル５から高圧流体のジェット６を噴射し積極的に周方向の流れを作り出すことにより、失速限界の改善率が高くなり、且つ設計点流量などでは高圧流体のジェット６の噴射を中止できるので効率低下もほとんと生じないか最小とすることが可能になるという特色を有している。

【００３３】

また、本発明を図３のケーシング３の内壁面に設けた軸方向溝４に適用しジェット６を噴

射する場合には、設計点などにおいては軸方向溝だけの従来技術と同程度の効率低下で、部分流量域において一層の失速限界の改善が実現できるという長所を有している。

【００３４】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図１は本発明の遠心流体機械の入口近傍を示す図で、同図〔ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＡ－Ａ断面図、同図（ｃ）はＢ－Ｂ断面図である。同図において、１は回転軸２に取り付けた羽根車であり、回転軸２を中心に ω 方向に回転するようになっている。

【００３５】

ケーシング３の内壁面の周方向には溝（ケーシングトリートメント）４が設けられ、該溝４の底面にはノズル５の先端が開口しており、該ノズル５から溝４内にその底面の接線方向で且つ羽根車１の回転方向と反対方向に高圧流体のジェット６を噴射するようになっている。

【００３６】

上記のように流量Ｑの減少と共にケーシング３の近傍で二次流れの作用により羽根車１の回転方向 ω の方向へ向くようになる流れを、上記ノズル５から高圧流体のジェット６を噴射することによりケーシング３の内壁面に沿い反回転方向へ向かう流れに矯正し、入口方向に向かう逆流の発生とこれに起因する揚程の急低下を抑止する作用を奏する（図１９参照）。

【００３７】

図２は本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す縦断面図である。本遠心流体機械では、図１に示す遠心流体機械において、周方向の溝４を回転軸２の軸心方向に垂直な方向に対して角度θだけ傾けた構造である。このように周方向の溝４を傾けることにより、図１９（ｂ）における矢印ｂの方向に向かう速度成分を導入することができるから、矢印ａの方向に向かう流れが、図１９（ｃ）の矢印Ｃの方向に変化するのを抑制し、入口方向に向かう流れの発生をより効果的に抑止する作用を奏する。

【００３８】

図３は本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す図で、同図（ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＢ－Ｂ断面図である。本遠心流体機械では、ケーシング３の内壁面に設ける溝４を軸方向に設け、さらにＢ－Ｂ断面上の溝形状をジェット６が反回転方向に向かうように周方向に傾斜させ、且つ該溝４内に高圧流体のジェット６を噴射する手段を設けたものである。先に記述したように、軸方向の溝を周方向に傾斜させて設けるケーシングトリートメント形状では、効率低下は大きいが失速マージンの改善も大きくなることが知られている。本発明では、更に溝４内に高圧流体のジェット６を吹き込むことにより、より大きな周方向速度成分を有する流れが溝４から流出するため、一層の失速マージンの改善が可能となる。

【００３９】

なお、図示は省略するが、ノズル５から高圧流体のジェット６を噴射する手段はバルブ及びポンプ等を具備し、必要に応じて（例えば失速流量の近傍）ジェット６を噴射し、停止できるように噴射停止手段を設けることができる。該噴射停止手段は各ノズルごとに設けてもよく、また全ノズルに高圧流体を供給する導管に設けてもよい（後述する図６参照）。

【００４０】

図４（ａ），（ｂ）はそれぞれそ図１および図３の変形例を示すもので、これらの変形例では溝４が羽根車１の範囲を越えてその上流側にまで若干伸長している。また、図示を省略するが溝４は羽根車１の下流側に若干伸長していてもよい。このように溝が羽根車の上流部付近およびまたは下流部付近に設けられている場合であっても図１および図３の場合と同様な作用効果を得ることができる。

【００４１】

図５は図１のさらに他の変形例を示すもので、該変形例のものはノズル８をケーシング３

とは別体に構成し、ノズル先端の吹き出し開口が溝４内にて溝の接線方向を向くようにケーシングに取り付けたものである。このような構造とすることにより、ノズル８の作製が容易となり製造コストを低減できるばかりではなく、高圧流体の吹き出し方向の制御が容易となる。

【００４２】

図６は図１～図３に示す構造を多段ターボ機械に適用した例を示す縦断面図である。本多段ターボ機械においては、下流の高圧段側から上流の低圧段側へと高圧流体を導き、溝４内にノズル５からジェットとして吹き込むように構成したものである。このように構成することにより、外部に高圧流体を発生する手段を設ける必要がない。図中９，９’は高圧流体の噴射停止手段としてのバルブを示し、噴射停止手段は図示のように各ノズル５ごとに設けてもよく、また全ノズルに高圧流体を供給する導管に設けてもよい。なお、図示の例では溝４を第一段の羽根車１の位置にのみ設けているが、第二段、第三段、或いは全段に設けることもできる。

【００４３】

図７は本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す縦断面図である。本遠心流体機械では、図示するように、周方向の溝４を連結するチャンバー７を設け、下流側の高圧流体を該チャンバー７を通して上流側の溝４に導き、ノズル５からジェットとして吹き込むように構成したものである。このように溝４をチャンバー７にて連結することにより、後述するように失速マージン改善効果を増大することができる。

【００４４】

（実験例）

次に、本発明の実験例を公知のケーシングトリートメントと対比しながら述べる。

図８および図９はそれぞれ軸流ファンのケーシングに形成された公知の軸方向傾斜溝および周方向溝形ケーシングトリートメントを示す。

図１０はこれらの公知のケーシングトリートメントの溝寸法や形状、本数等を変えて失速マージン改善効果を変化させた場合の、失速マージン改善効果と最高効率の低下との関係を求めたグラフである。なお、図１０では上記のケーシングトリートメント形状の他に、図８の溝を周方向に傾斜させない、いわゆる軸方向溝形トリートメントのデータも含む。図から明らかなように、公知のケーシングトリートメントでは周方向溝形、軸方向溝形、軸方向傾斜溝形のいずれの場合においても、失速マージン改善効果を大きくすると必然的に最高効率の低下も大きくなることがわかる（傾向を矢印で示す）。前述したように軸方向溝形トリートメントでは大きな失速マージン改善効果が得られるが、最高効率の低下も大きい。また、周方向溝形トリートメントでは最高効率の低下は小さいが、失速マージン改善効果も相応して小さい。このように公知のケーシングトリートメントでは、最高効率の低下を押さえて失速マージン改善率を向上させることはできなかった。

【００４５】

図１１は本発明の実験に用いられたケーシングトリートメントの一実施例を示すもので、該実施例のものは軸流ファンのケーシング内面に６本の周方向溝形トリートメントを設け、各溝に羽根車の回転方向と逆向きに高圧流体（空気）を吹き込む場合の例を示す。

図１２は本発明の噴流付きケーシングトリートメントの効果を示すグラフであって、ケーシングトリートメントを設けない場合の性能曲線（みぞなし）と、上記実施例のケーシングトリートメント（６本の周方向溝）に高圧流体を吹き込んだ場合の性能曲線（ｊｅｔ１５００）とを示す。吹き込んだ高圧流体の流量は設計流量の約１．０％であった。同図から明らかなようにケーシングトリートメントに高圧流体を吹き込むことにより、失速マージン改善効果が増大することがわかる。

【００４６】

図１３は高圧流体（空気）の吹き込み流量の違いによる失速マージン改善効果の違いを示すグラフであって、実験に用いられたケーシングトリートメントは同図（ｂ）に示すように、羽根入口側に設けた２本の周方向溝であって、この溝に吹き込む高圧流体の流量を種々に変化させた場合の性能曲線を求めた。図において曲線 air=0 は高圧流体を吹き込ま

ない場合、曲線 air=1500 は設計流量の約１．０％、曲線 air=3000 は設計流量の約２．０％、曲線 air=4000 は設計流量の約２．７％の高圧流体を羽根車の回転方向と逆向きにそれぞれ吹き込んだ場合の性能曲線を示す。同図から明らかなように、吹き込み流量を増大することにより、失速マージン改善効果がより大きくなることがわかる。なお、曲線 air=4000 に見られるくぼみは、周方向溝内部の噴流が溝に沿わなくなったために生じたものと考えられるが、これは高圧流体の吹き込み位置を増やして、溝内部の全周に噴流を均等に吹き込むことにより解消できるものと考えられる。

【００４７】

図１４は高圧流体の吹き込み位置の違いによる失速マージン改善効果の違いを示すグラフであって、実験に用いられたケーシングトリートメントは同図（ｂ）に示すように、２本の周方向溝であって、この２本の周方向溝の位置を羽根入口側から出口側にイ、ウ、エ、オ、カの順に順次変化させた場合の性能曲線を表す。同図から明らかなように、羽根入口側の溝に噴流を吹き込んだ場合の方が羽根出口側に吹き込んだ場合よりも失速マージン改善効果が大きいことがわかる。それ故溝の本数を減らしても、溝を羽根の入口側に設けることにより良好な失速マージン改善効果を得ることができ、しかも溝本数を減らすことにより製作コストを低減させることができる。

【００４８】

図１５は本発明による噴流付きケーシングトリートメントの効果を示すグラフであって、比較のため本発明のデータを上記図１０のデータとともに示す。図において「２本溝１％ジェット」は２本の周方向溝形トリートメントに設計流量の１．０％の高圧流体（空気）を吹き込んだ場合、「６本溝ジェットなし」は６本の周方向溝形トリートメントに高圧流体を吹き込まない場合、「６本溝１％ジェット」は６本の周方向溝形トリートメントに設計流量の１．０％の高圧流体を吹き込んだ場合、「２本溝２％ジェット」は２本の周方向溝形トリートメントに設計流量の２．０％の高圧流体を吹き込んだ場合のデータをそれぞれ示す。

【００４９】

このグラフよりわかるように、本発明による噴流付きケーシングトリートメントを用いた場合は、最高効率の低下を増大させることなく失速マージン改善効果を増大させることができ、しかも少ない溝本数で大きい失速マージン改善効果を得ることができる。また、２本の周方向溝であっても高圧流体の吹き込み流量を増大させることにより従来の６本の周方向溝形トリートメントよりも大幅に失速マージン改善効果を増大できることがわかる。

【００５０】

図１６はチャンバーによる溝の連係効果を示す性能曲線のグラフであって、同図において曲線「みぞなし」は溝なし、つまりトリートメントなしのケーシング、曲線「トリートメントＡ」は同図トリートメントＡに示す従来の周方向溝（６本）形トリートメントを備えたケーシング、曲線「トリートメントＢ」は同図トリートメントＢに示すようにこれらの６本の周方向溝をチャンバーで連係したトリートメントを備えたケーシング、曲線「トリートメントＣ」は同図トリートメントＣに示す２本の周方向溝をチャンバーで連係したトリートメントを備えたケーシングの性能曲線をそれぞれ示す。同図からわかるように、高圧流体の吹き込みが無くとも溝をチャンバーで連係させると失速マージン改善効果が増大する。また、チャンバーによる連係効果を用いれば、溝２本でも従来の６本の溝をもつトリートメントと同等の効果が得られることがわかる。このチャンバーによる溝の連係効果を上記の高圧流体の吹き込みによる効果と組み合わせることにより、失速マージン改善効果をより一層増大することができる。

【００５１】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、ケーシング壁に周方向或いは軸方向に設けた溝或いは流路内に高圧流体を噴射させるので、該高圧流体は揚程の急低下の原因である逆流の発生を誘起する流体の２次流れを抑制するから、該溝或いは流路の効果、即ちケーシングトリートメントの効果と相まって、設計点での効率低下も少なく、且つ失速限界の効率も高

くすることができるという優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の遠心流体機械の入口近傍を示す図で、同図（ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＡ－Ａ断面図、同図（ｃ）はＢ－Ｂ断面図である。

【図２】本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す縦断面図である。

【図３】本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す図で、同図（ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＢ－Ｂ断面図である。

【図４】本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す縦断面図で、同図（ａ）は図１の遠心流体機械の変形例、同図（ｂ）は図３の遠心流体機械の変形例である。

【図５】本発明の遠心流体機械の入口近傍のさらに他の例を示す図で、同図（ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＢ－Ｂ断面図である。

【図６】本発明を多段ターボ機械に適用した例を示す縦断面図である。

【図７】本発明の遠心流体機械の入口近傍の他の例を示す縦断面図である。

【図８】公知の軸方向傾斜溝形ケーシングトリートメントを示す図で、同図（ａ）はケーシングの内側平面図、同図（ｂ）はＣ－Ｃ断面図である。

【図９】公知の周方向溝形ケーシングトリートメントを示す図で、同図（ａ）はケーシングの内側平面図、同図（ｂ）はＣ－Ｃ断面図である。

【図１０】公知のケーシングトリートメントの失速マージン改善効果と最高効率の低下との関係を示すグラフである。

【図１１】本発明の噴流付き周方向溝形ケーシングトリートメントを示す図で、同図（ａ）はケーシングの内側平面図、同図（ｂ）はＣ－Ｃ断面図である。

【図１２】本発明の噴流付き周方向溝形ケーシングトリートメントを有する軸流ファンの性能曲線を示す図である。

【図１３】本発明のケーシングトリートメントの高圧流体の吹き込み流量の違いによる性能の違いを示すグラフである。

【図１４】本発明のケーシングトリートメントの高圧流体の吹き込み位置の違いによる性能の違いを示すグラフである。

【図１５】本発明のケーシングトリートメントの失速マージン改善効果と最高効率の低下との関係を従来データとともに示すグラフである。

【図１６】チャンバによる溝の連係効果を示すグラフである。

【図１７】従来の遠心流体機械の入口近傍を示す図で、同図（ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＢ－Ｂ断面図である。

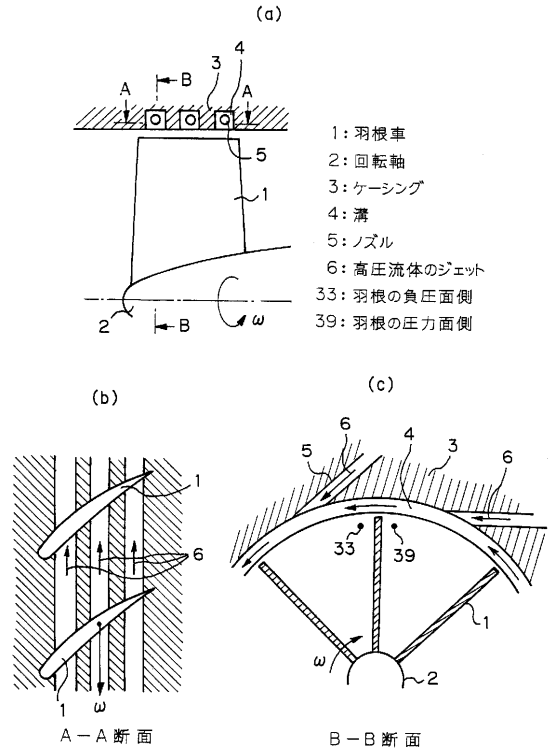
【図１８】遠心流体機械の揚程曲線を示す図である。

【図１９】遠心流体機械の入口近傍の流体の流れを示す図で、同図（ａ）は縦断面図、同図（ｂ）はＡ－Ａ断面図、同図（ｃ）はＡ－Ａ断面図である。

【符号の説明】

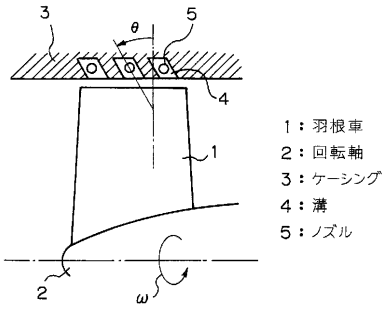
１　羽根車
２　回転軸
３　ケーシング
４　溝
５、８　ノズル
６　高圧流体のジェット
７　チャンバー
９，９’　バルブ

【図１】



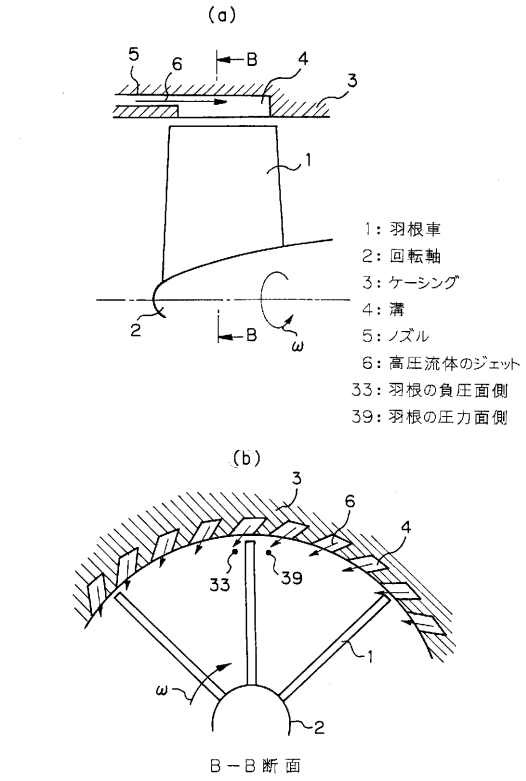
本発明の遠心流体機械の入口近傍の構造例

【図２】



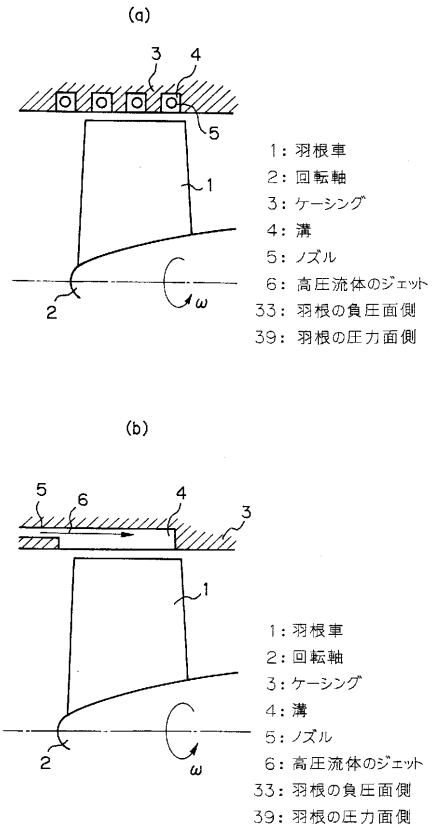
本発明の遠心流体機械の入口近傍の構造例

【図３】

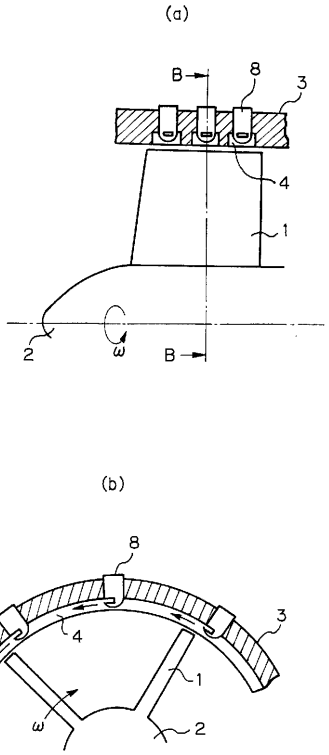


本発明の遠心流体機械の入口近傍の構造例

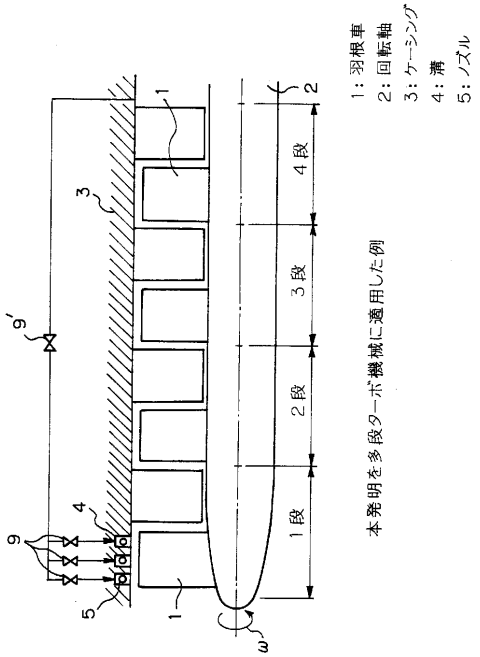
【図４】



【図５】

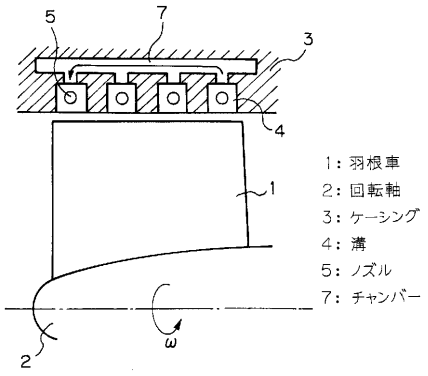


【図６】



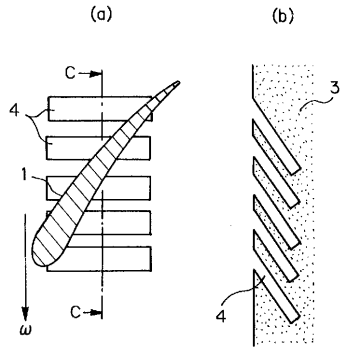
本発明を多段ターボ機械に適用した例

【図７】



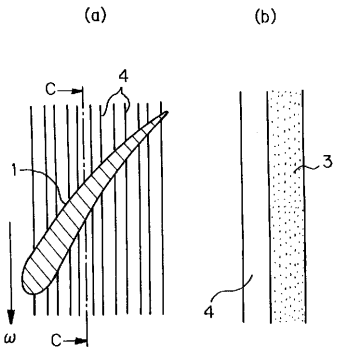
本発明の遠心流体機械の入口近傍の構造例

【図８】



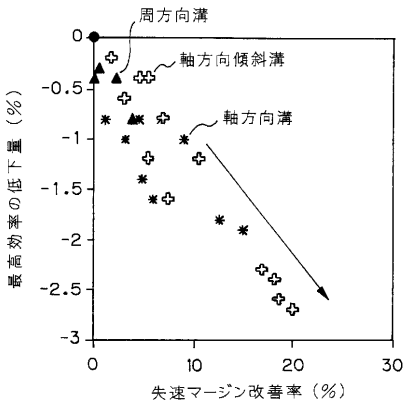
従来の軸方向傾斜溝

【図９】



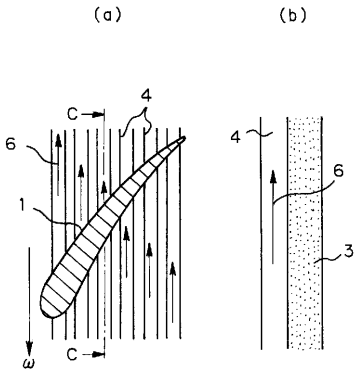
従来の周方向溝

【図１０】



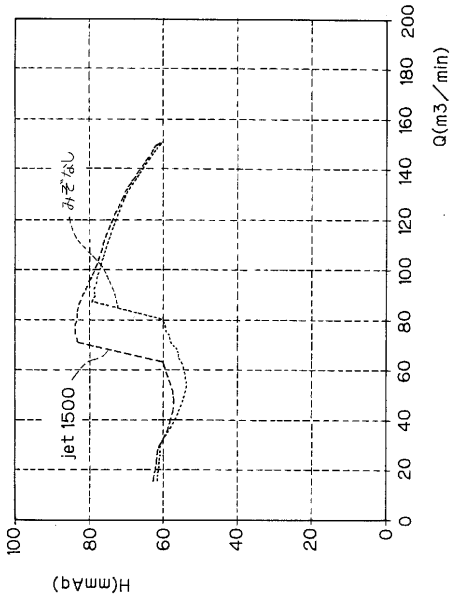
従来のケーシングトリートメントにおける最高効率の低下と失速マージン改善率との関係

【図１１】

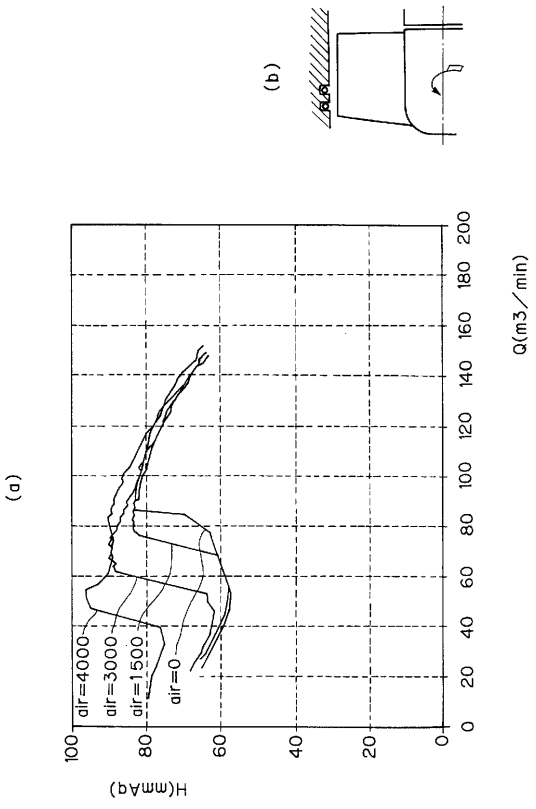


噴射付 周方向溝

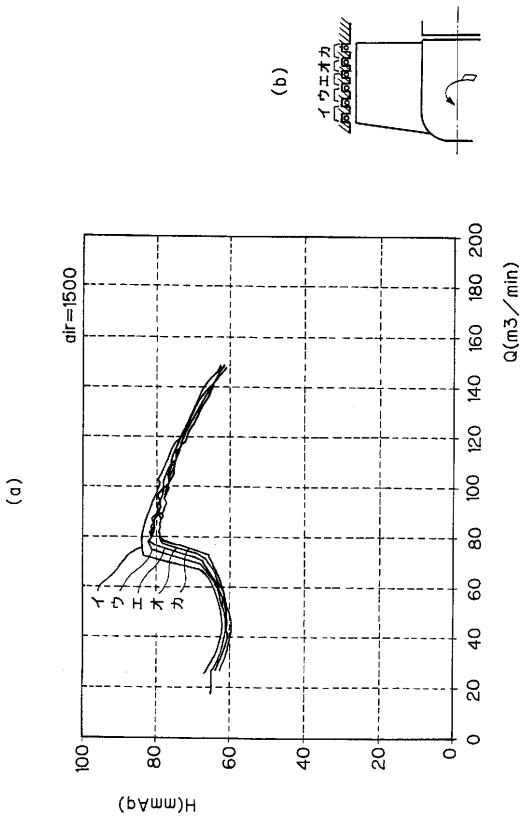
【図１２】



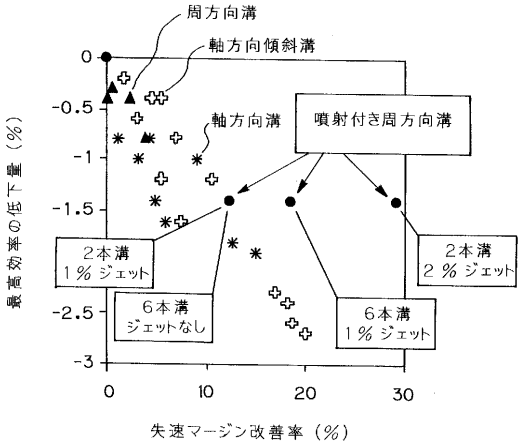
【図１３】



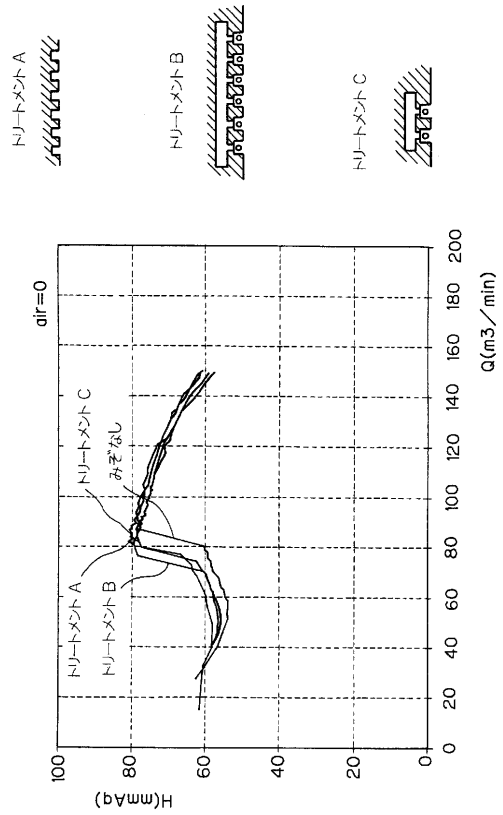
【図１４】



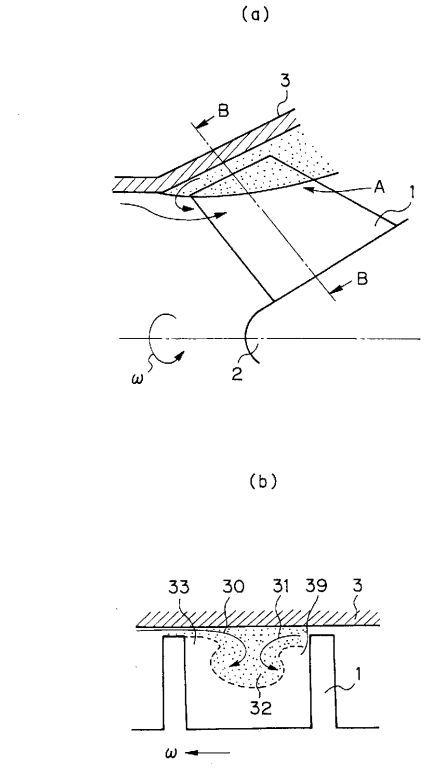
【図１５】



【図１６】

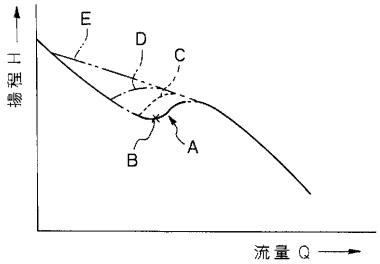


【図１７】



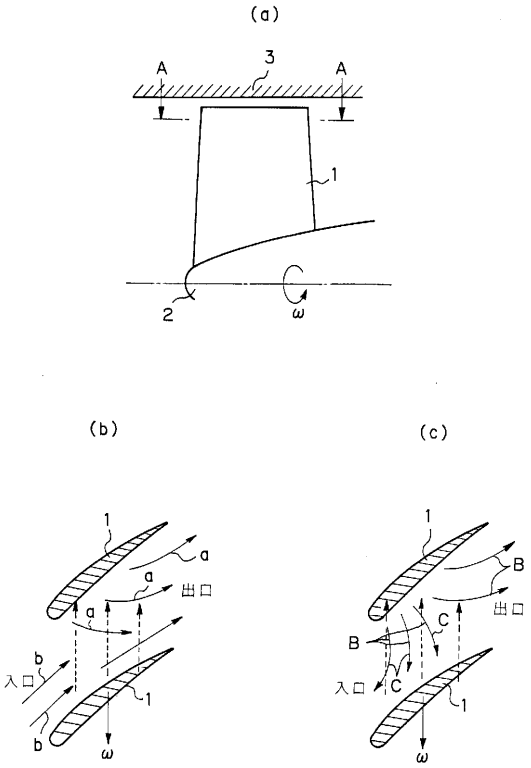
従来の遠心流体機械の入口近傍の構造例

【図１８】



遠心流体機械の揚程曲線

【図１９】



遠心流体機械の入口近傍とその流体の流れ

フロントページの続き

(72)発明者　後藤　彰
神奈川県藤沢市本藤沢４丁目２番１号　株式会社荏原総合研究所内
(72)発明者　勝俣　辰善
神奈川県藤沢市本藤沢４丁目２番１号　株式会社荏原総合研究所内

審査官　尾崎　和寛

(56)参考文献　実開昭５７－０９５５００（ＪＰ，Ｕ）
実開昭６１－００３９９９（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F04D 29/52～29/54
F04D 19/00