

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 9 月 27 日(27.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/128277 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/057136
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 21 日(21.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
201110070488.1 2011 年 3 月 23 日(23.03.2011) CN
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 I H I (IHI Corporation) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP). 清華大学(Tsinghua University) [CN/CN]; 100084 北京市海澱区清華園 1 号 Beijing (CN).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ゼン シン チェン(ZHENG Xinqian) [CN/CN]; 100084 北京市海澱区清華園 1 号 清華大学内 Beijing (CN). リン ルイン(LIN Yun) [CN/CN]; 100084 北京市海澱区清華園 1 号 清華大学内 Beijing (CN). ザン ヤン ジウイン(ZHANG Yangjun) [CN/CN]; 100084 北京市海澱区清華園 1 号 清華大学内 Beijing (CN). ラン チュアンデエ(LAN Chuanjie) [CN/CN]; 100084 北京市海澱区清華園 1 号 清華大学内 Beijing

(CN). ツーク ウェリン(ZHUGE Wellin) [CN/CN]; 100084 北京市海澱区清華園 1 号 清華大学内 Beijing (CN). 川久保 知己(KAWAKUBO Tomoki) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 玉木 秀明(TAMAKI Hideaki) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 堀田 実(HOTTA Minoru); 〒1080014 東京都港区芝五丁目 2 6 番 2 0 号建築会館 4 階 アサ国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

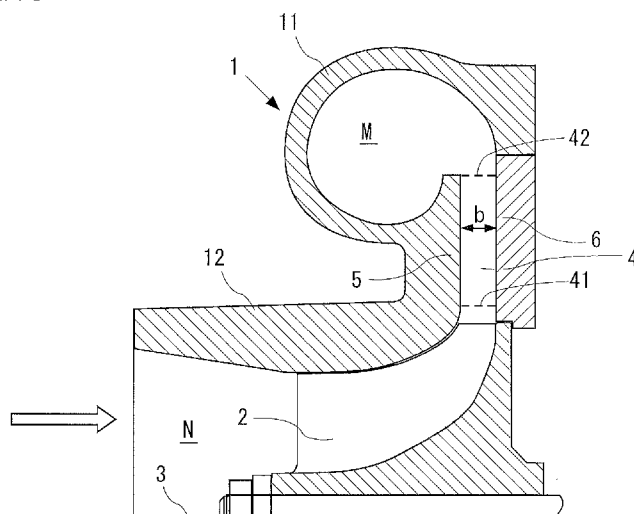
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: CENTRIFUGAL COMPRESSOR AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 遠心圧縮機及びその形成方法

[図1]



(57) Abstract: A centrifugal compressor having: a spiral casing (1) having a first casing part (11) and a second casing part (12) which are joined together, with a spiral chamber (M) provided in the first casing part (11) and an impeller installation space (N) provided in the second casing part (12); an impeller (2) provided in the impeller installation space (N) so as to be capable of rotating around a rotary shaft (3); and a bladeless diffuser (4), the inlet (41) of which communicates with the interior of the second casing part (12) and the outlet (42) of which communicates with the interior of the first casing (11). The circumferential distribution of the width *b* of the bladeless diffuser (4) is non-axisymmetric.

(57) 要約: 互いに結合された第 1 ケーシング部 1 1 と第 2 ケーシング部 1 2 とを有し、第 1 ケーシング部 1 1 内に渦巻室 M が設けられており、かつ、第 2 ケーシング部 1 2 内に羽根車設置スペース N が設けられている渦巻ケーシング 1 と、回転軸 3 の周りを回転可能に、羽根車設置

スペース N 内に設けられている羽根車 2 と、入口 4 1 が第 2 ケーシング部 1 2 内に連通し、出口 4 2 が第 1 ケーシング部 1 1 内に連通する羽根なしディフューザ 4 と、を有する。羽根なしディフューザ 4 の幅 *b* の周方向分布は、非軸対称である。

WO 2012/128277 A1



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー 添付公開書類:

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：遠心圧縮機及びその形成方法

技術分野

[0001] 本発明は、羽根車を有する流体機械の技術分野、特に、羽根なしディフューザを有する遠心圧縮機に関する。

背景技術

[0002] 遠心圧縮機等の羽根車を有する圧縮機は、往復型圧縮機に比べて効率が大きく、寸法や重量が小さく、運転が安定している等の長所を有するが、流量に関する稼働条件の範囲が限られている。遠心圧縮機において、低流量の稼働条件では、内部の流れ場において、大きな流体剥離などの現象が生じ、作動が不安定になる現象が現れ、失速ひいてはサージを引き起こし、圧縮機の効率と圧力比の急激な低下を招き、寿命が短縮され、ひいては短期で損傷してしまう。

[0003] 遠心圧縮機の羽根なしディフューザの流路の両側は、固定された環状キャップ部と環状ディスク部が用いられ、その形状は、設計点の稼働条件に応じて確定する。これにより、設計点において最も優れた性能が得られ、羽根車の出口の流体の運動エネルギーを効果的に静圧エネルギーに変換できるようにする。従来の羽根なしディフューザの構成はいずれも軸対称である。すなわち、羽根なしディフューザの幅は、周方向において均一に分布する。低流量の場合、羽根なしディフューザ内には大きな流体剥離が発生し、このような失速現象は流動損失の増加をもたらしてディフューザの効率が低下し、流量が更に減少する場合、流体の径方向の運動エネルギーが足りず、逆圧勾配の作用で流体が逆流し、圧縮機にサージ現象が発生する。

なお、羽根なしディフューザの「羽根なし」とは、流路であるディフューザに羽根（翼）が設けられていないことを意味する。

[0004] 羽根なしディフューザの失速の抑制に関する方法において、流量が少ない場合、流体の径方向の運動エネルギーを増大し、かつ逆流を減少するように

、ディフューザの幅を減少させることが従来技術として知られている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] しかしながら、遠心圧縮機の渦巻ケーシングは非軸対称性を有するため、羽根なしディフューザの内部の周方向の流動パラメータが非軸対称性を呈する。すなわち、羽根なしディフューザの内部の流れ場が非軸対称となる。従って、ディフューザの幅を減少させて、流体の径方向の運動エネルギーを増大して逆流を減少する従来の方法には限界があり、羽根なしディフューザの内部の流れ場の非軸対称性の特性が考慮されないため、羽根なしディフューザの失速を最大限に抑制することができないという課題がある。
- [0006] 本発明は、少なくとも従来技術に存在する技術課題の1つを解決することを目的とする。
- [0007] そのために、本発明の目的は、遠心圧縮機内部の流体の流れ場の非対称性を低下でき、遠心圧縮機の安定した作動範囲を拡大する遠心圧縮機を提供することにある。
- [0008] 本発明の別の目的は、上記遠心圧縮機の形成方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0009] 上記課題を解決するために、本発明によると、互いに結合された第1ケーシング部と第2ケーシング部とを含み、第1ケーシング部内に渦巻室が設けられており、かつ、第2ケーシング部内に羽根車設置スペースが設けられている渦巻ケーシングと、
- 回転軸の周りを回転可能に、羽根車設置スペース内に設けられている羽根車と、
- 入口が第2ケーシング部内に連通し、出口が第1ケーシング部内に連通する羽根なしディフューザと、を有し、
- 羽根なしディフューザの幅の周方向分布は、非軸対称である、ことを特徴とする遠心圧縮機が提供される。
- [0010] 本発明による遠心圧縮機では、羽根なしディフューザの幅の周方向分布は

、非軸対称であるので、遠心圧縮機内部の流体の流れ場の非軸対称性を低下でき、遠心圧縮機の羽根なしディフューザの失速を抑制することによって、遠心圧縮機の安定した作動範囲を拡大することができる。

[0011] 本発明の好ましい実施形態によると、前記羽根なしディフューザの入口の気流角度 α がその周方向平均値より小さい周方向位置における前記羽根なしディフューザの幅は、気流角度 α がその周方向平均値以上である他の周方向位置における前記羽根なしディフューザの幅より小さく、

前記羽根なしディフューザの入口の気流角度 α は、前記羽根なしディフューザの入口の気流速度を回転軸に垂直な平面に投影した投影速度 V と、該当する周方向位置における周方向との間の夾角である。

[0012] 好ましくは、同一の周方向位置において前記羽根なしディフューザの幅は径方向に沿って均一である。

[0013] 本発明の好ましい実施形態によると、第1ケーシング部と第2ケーシング部との間には、環状キャップ部と環状ディスク部が設けられ、かつ、前記羽根なしディフューザは、前記環状キャップ部と環状ディスク部との間に区画された流路として形成されている。

[0014] 好ましくは、前記第1ケーシング部と第2ケーシング部と前記環状キャップ部とは一体形成されている。

[0015] 本発明の好ましい実施形態による遠心圧縮機では、周方向に非対称の幅の羽根なしディフューザ構造の作用で、本来の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α の周方向における非軸対称性が弱くなる。これにより、周方向において最小の気流角度 α を効果的に増大し、流量が少ない場合の羽根なしディフューザの失速を抑制できるとともに、遠心圧縮機の安定した作動範囲を拡大できる。

[0016] 本発明の遠心圧縮機の形成方法は、本発明の遠心圧縮機が得られるように、羽根なしディフューザの幅が周方向に均一である対称遠心圧縮機の原型を改良する。

[0017] すなわち、本発明によると、上述の遠心圧縮機の形成方法であって、

(1) 周方向の初期位置を設定し、

(2) 数値シミュレーション又は実験によって、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y の周方向における分布を取得し、かつ、当該羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y の周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ を算出するとともに、当該羽根なしディフューザの幅 b_y を取得し、

(3) 対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y がその周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ より小さい周方向位置において、羽根なしディフューザの前記幅 b_y を減少させることにより該周方向位置における第1幅 b_1 を取得し、

さらに、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y がその周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ より大きい周方向位置において、羽根なしディフューザの前記幅 b_y を増大させることにより該周方向位置における第1幅 b_1 を取得し、

同時に、第1幅 b_1 の周方向平均値 b_{1y} が、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y と同じ値、または、当該幅 b_y の近傍の値になるようにし、

これにより、第1遠心圧縮機の第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 の周方向における分布を取得し、

(4) ステップ(3)の第1幅 b_1 の結果に基づいて、数値シミュレーション又は実験によって、第1遠心圧縮機の第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向における分布を得て、かつ、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向平均値 $\alpha_{1_{avg}}$ を算出し、

(5) ステップ(4)の第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向における分布に基づいて、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 がその周方向平均値 $\alpha_{1_{avg}}$ より小さい周方向位置において、第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 を減少させることにより該周方向位置における第2幅 b_2 を取得し、

さらに、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 がその周方向平

均値 $\alpha_{1\text{avg}}$ より大きい周方向位置において、第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 を増大させることにより該周方向位置における第2幅 b_2 を取得し、

同時に、第2幅 b_2 の周方向平均値 b_{2y} が、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y と同じ値、または、当該幅 b_y の近傍の値になるようにし、

これにより、第2遠心圧縮機の羽根なしディフューザの第2幅 b_2 の周方向における分布を取得し、

(6) 羽根なしディフューザの入口の気流角度 α の周方向における最小値 $\alpha_{\min}$ が臨界気流角より大きくなるディフューザの幅 b の周方向分布が得られるまで、ステップ(4)とステップ(5)を繰り返し、

(7) ステップ(6)で得られたディフューザの幅 b の周方向分布に基づいて遠心圧縮機を得る、ことを特徴とする遠心圧縮機の形成方法が提供される。

[0018] ここで、前記羽根なしディフューザの入口の気流角度 α は、前記羽根なしディフューザの入口の気流速度を回転軸に垂直な平面に投影した投影速度 V と、該当する周方向位置における周方向との間の夾角である。

発明の効果

[0019] 上述した本発明によると、羽根なしディフューザの幅の周方向分布は、非軸対称であるので、遠心圧縮機内部の流体の流れ場の非軸対称性を低下でき、遠心圧縮機の羽根なしディフューザの失速を抑制することによって、遠心圧縮機の安定した作動範囲を拡大することができる。

図面の簡単な説明

[0020] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明して、本発明の付加的な態様と利点を明らかにする。

[図1]本発明の実施形態による遠心圧縮機の断面図である。

[図2]遠心圧縮機をその軸方向から見た概略図であり、本発明の実施形態による遠心圧縮機の周方向を定義するための図である。

[図3]遠心圧縮機をその軸方向から見た部分概略図であり、羽根なしディフューザの入口における気流角度 α を定義するための図である。

[図4]本発明の実施形態による遠心圧縮機の基礎となる対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口における気流角度 α_y の周方向分布図である。

[図5]本発明の実施形態による遠心圧縮機の羽根なしディフューザの幅 b の周方向分布図である。

[図6]本発明の実施形態による遠心圧縮機とそれに対応する従来の対称遠心圧縮機との性能比較を示す。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施形態について詳細に説明する。実施形態の例示を図面に示したが、各図において、同一又は類似の符号で、同一又は類似の部分、或いは、同一又は類似の機能を有する部分を示した。以下の図面を参照して説明する実施形態は例示的であり、単に本発明を解釈するためのものであって、本発明に対する制限と理解してはならない。

[0022] 本発明の説明において、用語「内側」、「外側」、「縦方向」、「横方向」、「上」、「下」、「頂部」、「底部」等の示す方位或いは位置関係は、図面に示す方位或いは位置関係に基づくものであって、単に本発明を説明しやすくするためのものであり、本発明に特定の方位構造と動作を必ずしも要求するものではないので、これらの用語を本発明に対する制限と理解してはならない。

[0023] 以下、図1～図3を参照して本発明の実施形態による遠心圧縮機を説明する。ここで、以下の説明において、回転軸3を回る方向を周方向とし（図2に矢印で示す）、回転軸3に平行な方向を軸方向とし、回転軸3に対する半径方向を径方向とし、周方向の位置を周方向位置とする。本発明の説明において、あるパラメータの「分布が非対称或いは非軸対称」であるとは、周方向位置における該パラメータの分布が非軸対称であり、該パラメータが周方向に均一でないことを意味する。

[0024] 図1に示すように、本発明の実施形態による遠心圧縮機は、渦巻ケーシング1と、羽根車2と、羽根なしディフューザ4とを含む。渦巻ケーシング1は、互いに結合されている第1ケーシング部11と第2ケーシング部12とを含む。第1ケーシング部11内に渦巻室（スクロール流路）Mが設けられており、かつ、第2ケーシング部12内に羽根車設置スペースNが設けられている。羽根車2は、回転軸3の周りを回転可能に羽根車設置スペースN内に設けられている。羽根なしディフューザ4の入口41（図1の下破線部）は第2ケーシング部12内に連通し、羽根なしディフューザ4の出口42（図1の上破線部）は第1ケーシング部11内に連通する。ここで、遠心圧縮機内部の流体の流動の非軸対称性に適応するように、羽根なしディフューザ4の幅の周方向分布は、非軸対称である。

[0025] 作動中において、羽根車2は回転軸3の周りを回転し、図1の矢印方向に沿って流体を遠心圧縮機内に吸入し、かつ流体の運動エネルギーと圧力を増加させる。流体が羽根車2を離れて羽根なしディフューザ4に進入すると、流体の運動エネルギーが更に圧力エネルギーに変換されることによって、流体の圧力が上昇し、流体は、最後に、羽根なしディフューザ4から流出して渦巻室M内に進入する。

[0026] 本発明の実施形態による遠心圧縮機では、羽根なしディフューザ4の幅の周方向分布が、非軸対称になるように設計することによって、遠心圧縮機内部の流体の流れ場の非軸対称性を低下できる。その結果、遠心圧縮機の羽根なしディフューザ4の失速を抑制することによって、遠心圧縮機の安定した作動範囲を拡大できる。

[0027] 図2に示すように、周方向の初期位置（ 0° ）を仮に設定すると、本発明の説明で述べる周方向角度は、該周方向の初期位置から周方向に沿ってずれる角度である。本発明の説明においては、時計回り方向に沿ってずれるのを例として説明する。すなわち、周方向角度は、回転軸3回りの位相（周方向位置）を示し、 $0^\circ \sim 360^\circ$ までの値をとる。

[0028] 本発明の1つの実施形態において、羽根なしディフューザの入口の気流角

度 α がその周方向平均値より小さい周方向位置における羽根なしディフューザ4の幅 b は、気流角度 α がその周方向平均値（すなわち、周方向における、気流角度 α の平均値）以上である他の周方向位置における幅より小さい。ここで、羽根なしディフューザの入口の気流角度 α は、図3に示すように、羽根なしディフューザ4の入口41の気流速度を回転軸3に垂直な平面に投影した投影速度 V と、その周方向位置における接線方向（周方向）との間の夾角として定義される。また、同一の周方向位置で羽根なしディフューザ4の幅 b は、径方向において大きさが均一である。

[0029] 上記の実施形態では、ある周方向位置で、羽根なしディフューザの入口の気流角度 α と対応する位置における羽根なしディフューザの幅 b との間の関係が $\tan \alpha = c / b$ であり、 c は該周方向に対応する1つの定数であるという原理に基づいて設計を行った。

[0030] 本発明の実施形態による遠心圧縮機では、径方向に関して、第1ケーシング部11と第2ケーシング部12の間には、環状キャップ部5と環状ディスク部6が設けられる。羽根なしディフューザ4は、環状キャップ部5と環状ディスク部6との間に設けられた流路として形成される。ここで、第1ケーシング部11と第2ケーシング部12と環状キャップ部5とは一体形成され、かつ、環状ディスク部6は、第1ケーシング部11に着脱可能に取り付けられ、または、径方向に関して、第1ケーシング部11と第2ケーシング部12との間に着脱可能に設けられる。

[0031] 具体的には、従来の遠心圧縮機では、流量が少ない稼働条件で、図4に示すように、渦巻ケーシングの非軸対称性が、羽根なしディフューザの内部の流体の流れ場の非軸対称性を引き起こす。そのため、羽根なしディフューザの入口の気流角度 α の周方向における分布が非軸対称性を有する。一般的に、羽根なしディフューザの入口の気流角度 α が所定の臨界気流角より小さい場合、羽根なしディフューザは失速を引き起こす可能性があり、流量が更に減少する場合、流体の径方向の運動エネルギーが足りず、逆圧勾配の作用で、流体が逆流して遠心圧縮機のサージ現象が生じる。

[0032] そこで、本発明の実施形態による遠心圧縮機では、羽根なしディフューザの幅 b の周方向分布を非対称に設計する一方で、同一の周方向位置において、径方向で羽根なしディフューザの幅 b を不変にする。具体的には、羽根なしディフューザの入口の気流角度 α が小さい周方向位置で、対応する羽根なしディフューザの幅 b は小さく設計すべきである。上記周方向位置における羽根なしディフューザの入口の気流角度 α と対応する位置における羽根なしディフューザの幅 b との関係、即ち、 $\tan \alpha = c/b$ は、本来の気流角度 α が小さい周方向位置において羽根なしディフューザの幅 b の値を減少させて、気流角度 α を増大させる。

[0033] このような周方向の非対称幅の羽根なしディフューザの構成の作用で、本来の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α の周方向における非軸対称性が弱くなる。これにより、周方向における最小の気流角度 α を効果的に増大し、流量が少ない場合の羽根なしディフューザの失速を抑制でき、そのうえ遠心圧縮機の安定した作動範囲を拡大できる。

[0034] 以下、図2～図6を参照して本発明の1つの実施形態による遠心圧縮機の形成方法を説明する。該遠心圧縮機の設計は対称遠心圧縮機の原型を改良することで実現され、該対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅は周方向に対称（一定）である。

[0035] 本発明の実施形態の遠心圧縮機の形成方法は、以下のステップを含む。

[0036] （1）図2に示すように、周方向の初期位置（ 0° の位置）を設定する。

[0037] （2）図4に示すように、数値シミュレーション又は実験によって、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザ入口における気流角度 α_y の周方向における分布を得て、かつ、当該羽根なしディフューザの入口における気流角度 α_y の周方向平均値 $\alpha_{y,avg}$ を算出する。これと同時に、当該対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザが有する幅 b_y を得る。また、遠心圧縮機の性能テストによって当該対称遠心圧縮機の原型の性能を得る。

[0038] ここで、羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y は、羽根なしディフューザの入口の気流速度（即ち、3次元ベクトルで表わされる3次元気流速

度)を回転軸に垂直な平面に投影した投影速度 V (即ち、当該3次元気流速度を当該平面に垂直投影した速度)と、該当する周方向位置における接線方向(即ち、周方向)との間の夾角として定義される(気流角度 α 、 α_1 も同様である)。

[0039] (3) 対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザ入口における気流角度 α_y がその周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ より小さい各周方向位置において、上記実施形態で説明した設計原理、即ち $\tan \alpha = c/b$ に基づいて、羽根なしディフューザの幅 b_y を適切に減少させて該周方向位置における第1幅 b_1 を得る。

同様に、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザ入口における気流角度 α_y がその周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ より大きい各周方向位置において、 $\tan \alpha = c/b$ に基づいて、羽根なしディフューザの幅 b_y を適切に増大させて該周方向位置における第1幅 b_1 を得る。

このような第1幅 b_1 の設定において、第1幅 b_1 の周方向平均値 b_{1y} が、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y と同じ値、または、当該幅 b_y の近傍の値になるようにする。

[0040] その結果、第1遠心圧縮機の羽根なしディフューザ(以下、第1羽根なしディフューザという)の第1幅 b_1 の周方向における分布が得られる。また、第1幅 b_1 の周方向平均値 b_{1y} と、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y とをほぼ等しくすることによって、第1遠心圧縮機の各性能の安定を保証する。

[0041] (4) ステップ(3)の第1幅 b_1 (即ち、第1幅 b_1 の周方向分布)の結果に基づいて、数値シミュレーション又は実験によって、第1遠心圧縮機の第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向における分布を得て、かつ、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向平均値 $\alpha_{1_{avg}}$ を算出し、かつ、遠心圧縮機の性能テストによって第1遠心圧縮機の性能を得て、得られた第1遠心圧縮機の性能とステップ(2)で得られた対称遠心圧縮機の原型との性能を比較する。

[0042] (5) ステップ(4)の第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向における分布に基づいて、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 がその周方向平均値 $\alpha_{1\text{avg}}$ より小さい各周方向位置において、第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 を適切に減少させて該周方向位置における第2幅 b_2 を得る。

同様に、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 がその周方向平均値 $\alpha_{1\text{avg}}$ より大きい各周方向位置において、第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 を適切に増大させて該周方向位置における第2幅 b_2 を得る。

このような第2幅 b_2 の設定において、第2幅 b_2 の周方向平均値 b_{2y} が、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y と同じ値、または、当該幅 b_y の近傍の値になるようにする。

[0043] これによって、第2遠心圧縮機の羽根なしディフューザの第2幅 b_2 の周方向における分布を得る。また、第2幅 b_2 の周方向平均値 b_{2y} と、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y とをほぼ等しくすることによって、第2遠心圧縮機の各性能の安定を保証する。

[0044] (6) 第1羽根なしディフューザの入口の前記気流角度 α_1 の周方向における最小値 α_{min} が所定の臨界気流角より大きくなるディフューザの幅 b の周方向分布が得られるまで、ステップ(4)とステップ(5)を繰り返して、羽根なしディフューザの幅に対して修正を繰り返すとともに、遠心圧縮機の性能テストによって対応する新たに修正された遠心圧縮機の性能を得て、かつ、ステップ(2)で得られた対称遠心圧縮機の原型の性能と比較し続け、上記の毎回の修正により、遠心圧縮機の性能に対してプラス効果が得られることを確認する。

なお、ステップ(4)とステップ(5)の繰り返しにおいて、ステップ(4)は、上述の第1幅 b_1 の周方向分布に基づいて行われる代わりに、直前のステップ(5)で得た第2幅 b_2 の周方向分布に基づいて行われる。

[0045] ここで、前記所定の臨界気流角は、異なるタイプの遠心圧縮機に応じて具体的に定められる。

[0046] (7) ステップ (6) で得られた、図 5 に示す羽根なしディフューザ 4 の幅 b の周方向分布に基づいて、最終的に最適化した遠心圧縮機を得る。該遠心圧縮機の性能は最適化されている。

[0047] なお、上記実施形態の遠心圧縮機及びその形成方法は、一つのタイプの対称遠心圧縮機の原型に基づいているが、これに限られるものではない。本技術分野の一般的な当業者であれば、異なるタイプの対称遠心圧縮機の原型に基づいて、相応する異なるタイプの羽根なしディフューザの幅 b が非軸対称である遠心圧縮機が得られるものと理解できる。上記原理と同一又は類似の方法を用いて、対称遠心圧縮機の原型を改良して得られた遠心圧縮機及びその形成方法は、いずれも本発明の保護範囲内に含まれる。

[0048] 図 6 は、遠心圧縮機の性能テストによって得られた本発明の実施形態による遠心圧縮機と、それに相応する従来の対称遠心圧縮機の原型との性能比較を示す。ここで、本発明の実施形態による遠心圧縮機は非軸対称の羽根なしディフューザを採用し、対称遠心圧縮機の原型は従来の対称羽根なしディフューザを採用している。図 6 において、三角形マークのデータは、本発明の実施形態による遠心圧縮機の性能特性を示し、正方形マークのデータは、従来の対称羽根なしディフューザを採用した遠心圧縮機の性能特性を示す。図 6 において、横軸は、遠心圧縮機の吸入流量を、基準流量で無次元した修正流量を示し、縦軸は、圧力比を示す。図 6 から分かるように、本発明の実施形態による遠心圧縮機では、より広い安定した作動範囲が得られ、少ない流量でも減速効果が得られる。

[0049] 本発明の実施形態による遠心圧縮機その他の構成及び動作は、本技術分野の一般的な当業者にとってはすべて公知のものであり、ここでは詳細な説明は省略する。本明細書の説明において、参考用語の「1つの実施形態」、「一部の実施形態」、「概念的実施形態」、「例示」、「具体的な例示」或いは「一部の例示」等の説明は、該実施形態又は例示で説明した具体的な特徴、構成、材料又は特性を示し、少なくとも本発明の1つの実施形態又は例示に含まれていることを意味する。本明細書において、上記用語は、必ずしも同

じ実施形態又は例示を示すものではない。また、説明した具体的な特徴、構成、材料又は特性は、いずれかの1つ又は複数の実施形態又は例示において適切な形態で組み合わせられてよい。

[0050] 以上、本発明について説明したが、本技術分野の当業者は、本発明の原理及び技術的思想を逸脱しない範囲で、上述の実施形態に対して様々な変化、変更、置換え及び変形を行ってもよい。本発明の範囲は、特許請求の範囲とその均等物によって定められる。

符号の説明

[0051] 1 渦巻ケーシング、2 羽根車、3 回転軸、4 羽根なしディフューザ、5 環状キャップ部、6 環状ディスク部、11 第1ケーシング部、12 第2ケーシング部、41 羽根なしディフューザの入口、42 羽根なしディフューザの出口

請求の範囲

- [請求項1] 互いに結合された第1ケーシング部と第2ケーシング部とを含み、第1ケーシング部内に渦巻室が設けられており、かつ、第2ケーシング部内に羽根車設置スペースが設けられている渦巻ケーシングと、
- 回転軸の周りを回転可能に、羽根車設置スペース内に設けられている羽根車と、
- 入口が第2ケーシング部内に連通し、出口が第1ケーシング部内に連通する羽根なしディフューザと、を有し、
- 羽根なしディフューザの幅の周方向分布は、非軸対称である、ことを特徴とする遠心圧縮機。
- [請求項2] 前記羽根なしディフューザの入口の気流角度 α がその周方向平均値より小さい周方向位置における前記羽根なしディフューザの幅は、気流角度 α がその周方向平均値以上である他の周方向位置における前記羽根なしディフューザの幅より小さく、
- 前記羽根なしディフューザの入口の気流角度 α は、前記羽根なしディフューザの入口の気流速度を回転軸に垂直な平面に投影した投影速度 V と、該当する周方向位置における周方向との間の夾角である、ことを特徴とする請求項1記載の遠心圧縮機。
- [請求項3] 同一の周方向位置では、前記羽根なしディフューザの幅は径方向において均一である、ことを特徴とする請求項2記載の遠心圧縮機。
- [請求項4] 第1ケーシング部と第2ケーシング部との間には、環状キャップ部と環状ディスク部が設けられ、かつ、前記羽根なしディフューザは、前記環状キャップ部と環状ディスク部との間に区画された流路として形成されている、ことを特徴とする請求項1記載の遠心圧縮機。
- [請求項5] 第1ケーシング部と第2ケーシング部と前記環状キャップ部とは一体形成されている、ことを特徴とする請求項4記載の遠心圧縮機。
- [請求項6] 請求項1に記載の遠心圧縮機の形成方法であって、
- 前記遠心圧縮機は、羽根なしディフューザの幅が周方向において均

一である対称遠心圧縮機の原型を改良したものであり、

(1) 周方向の初期位置を設定し、

(2) 数値シミュレーション又は実験によって、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y の周方向における分布を取得し、かつ、当該羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y の周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ を算出するとともに、当該羽根なしディフューザの幅 b_y を取得し、

(3) 対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y がその周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ より小さい周方向位置において、羽根なしディフューザの前記幅 b_y を減少させることにより該周方向位置における第1幅 b_1 を取得し、

さらに、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_y がその周方向平均値 $\alpha_{y_{avg}}$ より大きい周方向位置において、羽根なしディフューザの前記幅 b_y を増大させることにより該周方向位置における第1幅 b_1 を取得し、

同時に、第1幅 b_1 の周方向平均値 b_{1y} が、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y と同じ値、または、当該幅 b_y の近傍の値になるようにし、

これにより、第1遠心圧縮機の第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 の周方向における分布を取得し、

(4) ステップ(3)の第1幅 b_1 の結果に基づいて、数値シミュレーション又は実験によって、第1遠心圧縮機の第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向における分布を得て、かつ、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向平均値 $\alpha_{1_{avg}}$ を算出し、

(5) ステップ(4)の第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 の周方向における分布に基づいて、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 がその周方向平均値 $\alpha_{1_{avg}}$ より小さい周方向

位置において、第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 を減少させることにより該周方向位置における第2幅 b_2 を取得し、

さらに、第1羽根なしディフューザの入口の気流角度 α_1 がその周方向平均値 $\alpha_{1\text{avg}}$ より大きい周方向位置において、第1羽根なしディフューザの第1幅 b_1 を増大させることにより該周方向位置における第2幅 b_2 を取得し、

同時に、第2幅 b_2 の周方向平均値 b_{2y} が、対称遠心圧縮機の原型の羽根なしディフューザの幅 b_y と同じ値、または、当該幅 b_y の近傍の値になるようにし、

これにより、第2遠心圧縮機の羽根なしディフューザの第2幅 b_2 の周方向における分布を取得し、

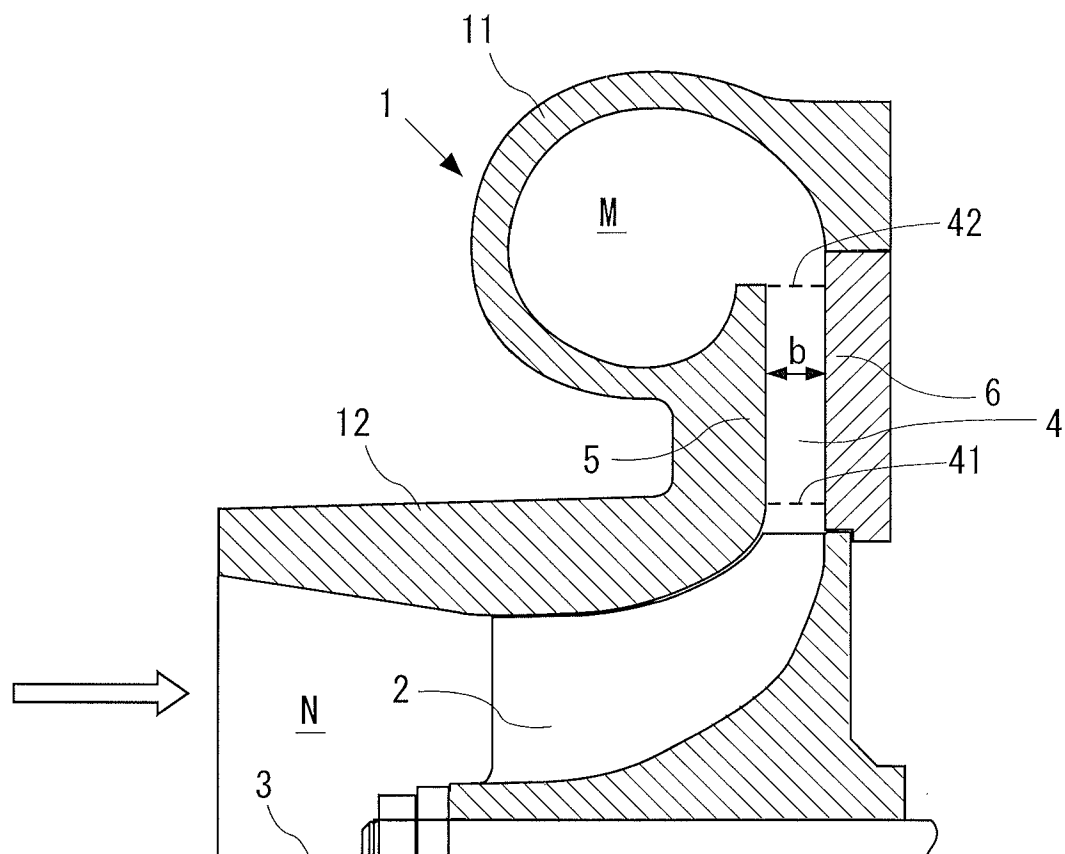
(6) 羽根なしディフューザの入口の気流角度 α の周方向における最小値 α_{min} が臨界気流角より大きくなるディフューザの幅 b の周方向分布が得られるまで、ステップ(4)とステップ(5)を繰り返す、

(7) ステップ(6)で得られたディフューザの幅 b の周方向分布に基づいて遠心圧縮機を得る、ことを特徴とする遠心圧縮機の形成方法。

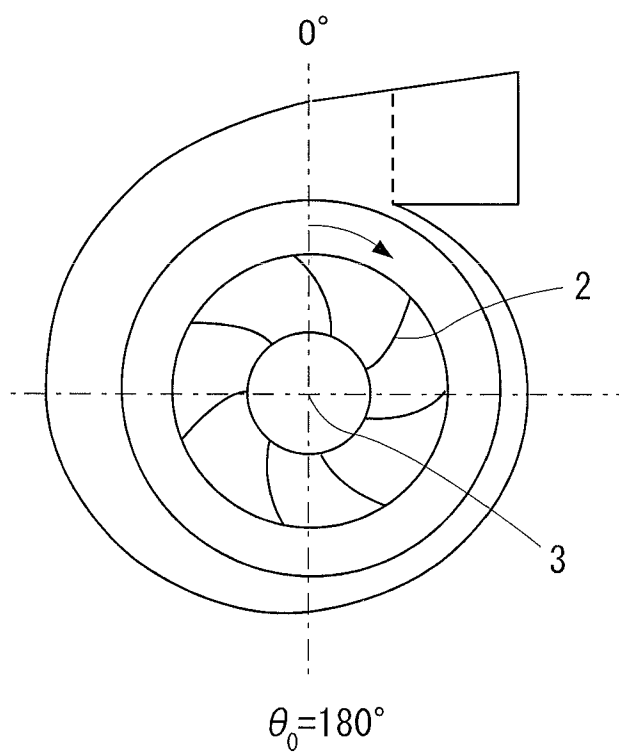
[請求項7]

前記羽根なしディフューザの入口の気流角度 α は、前記羽根なしディフューザの入口の気流速度を回転軸に垂直な平面に投影した投影速度 V と、該当する周方向位置における周方向との間の夾角である、ことを特徴とする請求項6記載の形成方法。

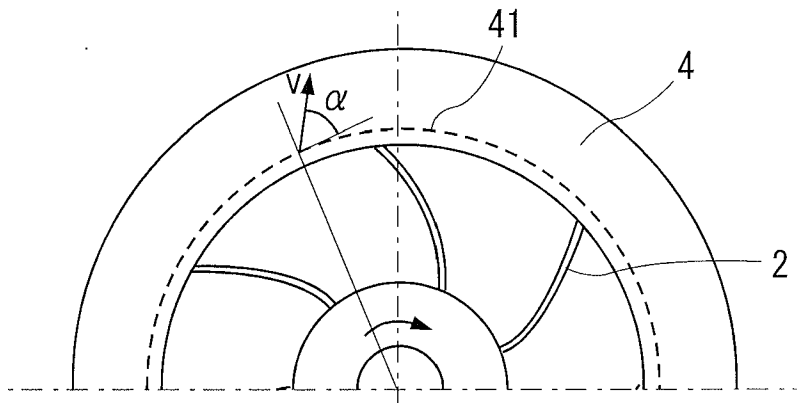
[図1]



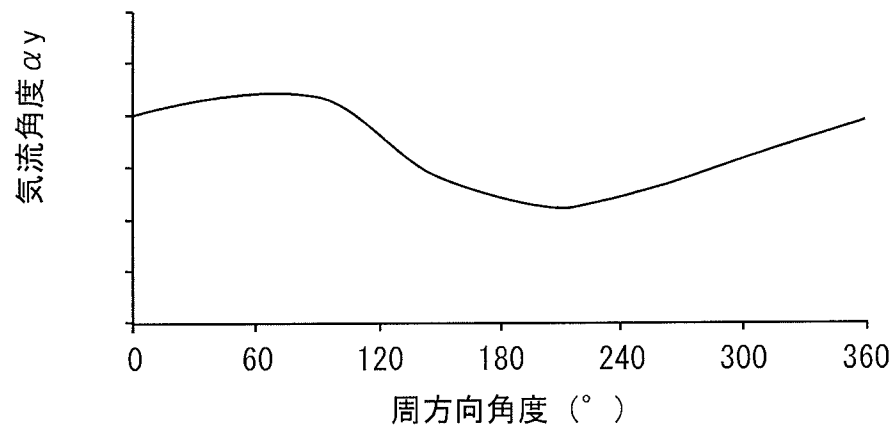
[図2]



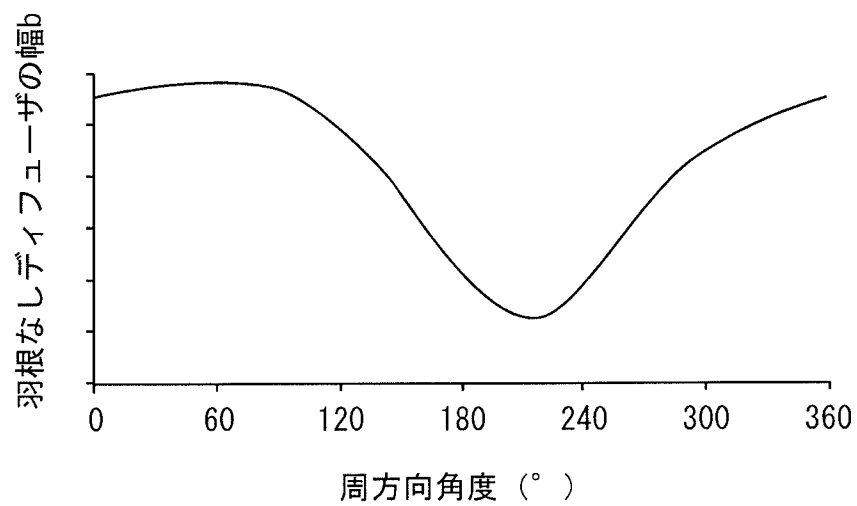
[図3]



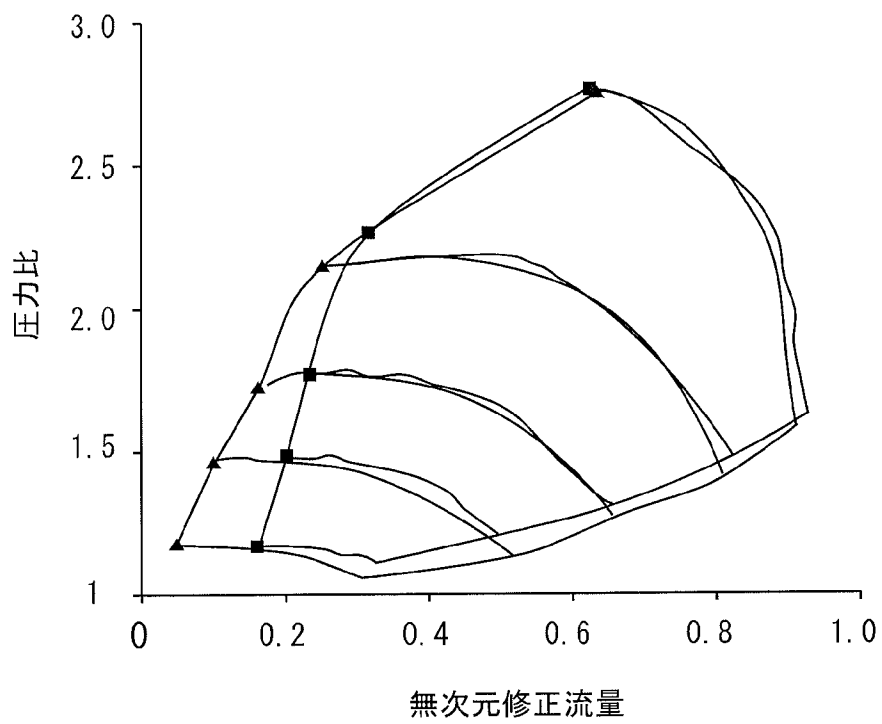
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D29/44 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D29/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 10-176699 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 30 June 1998 (30.06.1998), paragraphs [0003] to [0006], [0015] to [0024]; all drawings (Family: none)	1-5 6-7
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 36956/1993 (Laid-open No. 8597/1995) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 07 February 1995 (07.02.1995), paragraph [0019] (Family: none)	2, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 May, 2012 (30.05.12)Date of mailing of the international search report
12 June, 2012 (12.06.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057136

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 89940/1988 (Laid-open No. 12097/1990) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 January 1990 (25.01.1990), specification, page 3, lines 3 to 8; page 4, lines 3 to 8 (Family: none)	2, 6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F04D29/44(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F04D29/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 10-176699 A (石川島播磨重工業株式会社) 1998. 06. 30, 段落 3-6、15-24, 全図（ファミリーなし）	1 - 5 6 - 7
A	日本国実用新案登録出願 5-36956 号(日本国実用新案登録出願公開 7-8597 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (三菱重工業株式会社) 1995. 02. 07, 段落 19 (ファミリーなし)	2, 6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 0 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

田谷 宗隆

3 0

3 5 1 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願 63-89940 号(日本国実用新案登録出願公開 2-12097 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (三菱重工業株式会社) 1990.01.25, 明細書 3 ページ 3-8 行、4 ページ 3-8 行 (ファミリーなし)	2, 6