

(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2013-209883

(P2013-209883A)

(43) 公開日 平成25年10月10日(2013. 10. 10)

(51) Int.Cl.
F 0 4 D 29/44 (2006.01)F 1
F 0 4 D 29/44テーマコード (参考)
3 H 1 3 0

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-78475 (P2012-78475)
(22) 出願日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)(71) 出願人 000001052
株式会社クボタ
大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号
(74) 代理人 110001298
特許業務法人森本国際特許事務所
(72) 発明者 橋本 靖志
兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社
クボタ本社阪神事務所内
(72) 発明者 細見 弘樹
兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社
クボタ本社阪神事務所内
(72) 発明者 永岡 圭介
兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社
クボタ本社阪神事務所内

最終頁に続く

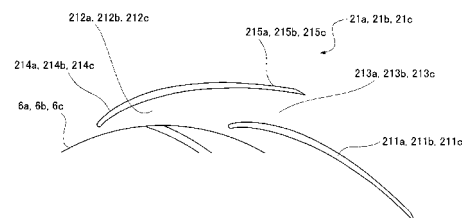
(54) 【発明の名称】 ディフューザポンプ

(57) 【要約】

【課題】案内羽根における流体の剥離を抑制してポンプ効率を高めることができるディフューザポンプを提供する。

【解決手段】ケーシング2とケーシング2の内部に回転可能に配置する羽根車6a～6cと流体の流れ方向で羽根車6a～6cの下流側に、かつ羽根車6a～6cの回転軸心周りに配置する複数の案内羽根211a、211b、211cを有し、複数の案内羽根211a、211b、211cで構成されるディフューザを備え、ディフューザの隣り合う案内羽根211a、211b、211cおよび側壁により形成される流路が入口側のノズル部212a、212b、212cと出口側のディフューザ部213a、213b、213cからなる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ケーシングとケーシング内に回転可能に配置する羽根車と流体の流れ方向で羽根車の下流側に、かつ羽根車の回転軸心周りに配置する複数の案内羽根を有し、前記複数の案内羽根で構成されるディフューザを備え、ディフューザの隣り合う案内羽根および側壁により形成される流路が入口側のノズル部と出口側のディフューザ部からなることを特徴とするディフューザポンプ。

【請求項 2】

ディフューザの案内羽根は、流路断面積が流れ方向に向かって縮小するノズル部に対応するノズル形成部と、流路断面積が流れ方向に向かって拡大するディフューザ部に対応するディフューザ形成部を有し、ノズル形成部は案内羽根のキャンバー線と羽根車の回転軸心を中心として前記キャンバー線と交わる円周の接線とのなす案内羽根角度が案内羽根入口部で最大となり、かつ以後案内羽根角度が漸減する形状をなすことを特徴とする請求項 1 に記載のディフューザポンプ。

【請求項 3】

ディフューザのノズル形成部は、案内羽根入口部での案内羽根角度が、羽根車出口を出て案内羽根入口に向けて流れる流体の流れ方向に対して $6^{\circ} - 36^{\circ}$ の差を有することを特徴とする請求項 2 に記載のディフューザポンプ。

【請求項 4】

ディフューザのノズル形成部の案内羽根入口部は羽根車の出口側外周からギャップを隔てた位置にあり、ギャップは羽根車の出口側外周の半径の $4.5\% - 12\%$ であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のディフューザポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ディフューザポンプのポンプ効率を高める技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、この種のポンプとして、特許文献 1 に記載するものがある。これは、羽根車と、羽根車の径方向外側に設置されたディフューザとを備えるターボ形流体機械であり、ディフューザ羽根は羽根車の周方向に所定間隔を介して複数設置され、弦節比が 1.0 以下のものである。そして、ディフューザ羽根のキャンバー線とディフューザの周方向とがなす角を羽根角度 β とするとき、ディフューザ羽根は、その前縁側から後縁側に向かって羽根角度 β が単調減少する逆ぞり部を有するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011-252424

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、物体の表面上を流れてきた流体が物体表面から剥離する現象が知られている。これは、物体回りを流れる流体の主流に対して物体表面上の流速は次第に遅くなり、ついには運動量が減少し、下流の圧力の高いところに向かって流ることができなくなるためである。

【0005】

この剥離は物体のまわりの流れのうち、物体に非常に近い薄い境界層で生じ、圧力が急激に上昇する場合に、圧力と摩擦力に起因して起こる。

このため、従来の複数の案内羽根を円形翼列に配置して構成されるディフューザを持つディフューザポンプにおいては、減速流れとなる案内羽根表面上において境界層の剥離が

10

20

30

40

50

起こり易く、それに伴う渦の発生や流れの乱れを生じることによって圧力回収が阻害されるためポンプ効率が低下する要因となっていた。

【0006】

本発明は上記した課題を解決するものであり、ディフューザの案内羽根における流体の剥離を抑制してポンプ効率を高めることができるディフューザポンプを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のディフューザポンプは、ケーシングとケーシング内に回転可能に配置する羽根車と流体の流れ方向で羽根車の下流側に、かつ羽根車の回転軸心周りに配置する複数の案内羽根を有し、前記複数の案内羽根で構成されるディフューザを備え、ディフューザの隣り合う案内羽根および側壁により形成される流路が入口側のノズル部と出口側のディフューザ部からなることを特徴とする。

10

【0008】

ここで、ノズル部とは流路断面積が流れ方向に向かって縮小する流路を意味し、ディフューザ部とは流路断面積が流れ方向に向かって拡大する流路を意味する。

本発明のディフューザポンプにおいて、ディフューザの案内羽根は、流路断面積が流れ方向に向かって縮小するノズル部に対応するノズル形成部と、流路断面積が流れ方向に向かって拡大するディフューザ部に対応するディフューザ形成部を有し、ノズル形成部は案内羽根のキャンバー線と羽根車の回転軸心を中心として前記キャンバー線と交わる円周の接線とのなす案内羽根角度が案内羽根入口部で最大となり、かつ以後案内羽根角度が漸減する形状をなすことを特徴とする。

20

【0009】

本発明のディフューザポンプにおいて、ディフューザのノズル形成部は、案内羽根入口部での案内羽根角度が、羽根車出口を出て案内羽根入口に向けて流れる流体の流れ方向に対して 6° ～ 36° の差を有することを特徴とする。

【0010】

本発明のディフューザポンプにおいて、ディフューザのノズル形成部の案内羽根入口部は羽根車の出口側外周からギャップを隔てた位置にあり、ギャップは羽根車の出口側外周の半径の 4.5% ～ 12% であることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0011】

以上のように本発明によれば、案内羽根の相互間に形成する流路は、案内羽根のノズル形成部に対応する入口側のノズル部において流体流れの方向に流路断面積が減少し、羽根車によって供給される流体はノズル部において増速し、増速した流体が案内羽根のディフューザ形成部に対応する出口側のディフューザ部に流入する。出口側のディフューザ部は流体流れの方向に流路断面積が増大するので、ディフューザ部において減速して静圧に変えられる。

【0012】

このように、案内羽根のディフューザ形成部に対応するディフューザ部に流入する流体はその流速が案内羽根のノズル形成部に対応するノズル部で増速されたものであることで案内羽根のディフューザ形成部の表面から境界層が離れる剥離の発生が抑制され、圧力回収を阻害する渦の発生や流れの乱れを抑制し、水流の内部損失を減少させることで、ポンプ効率を高めることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施の形態におけるディフューザポンプを示す断面図

【図2】同ディフューザポンプの要部を示す模式図

【図3】同ディフューザポンプの案内羽根角 β 、ギャップ L 、流入角 α_1 、案内羽根入口角度 β_1 を示す模式図

50

【図 4】解析 1 における案内羽根の形状を示す模式図

【図 5】解析 2 における案内羽根の形状を示す模式図

【図 6】解析 3 における案内羽根の形状を示す模式図

【図 7】解析 1 の結果を示すグラフ図

【図 8】解析 2 の結果を示すグラフ図

【図 9】解析 3 の結果を示すグラフ図

【図 10】解析 3 の結果を示すグラフ図

【図 11】案内羽根の入口半径 r_1 と案内羽根の出口半径 r_2 と案内羽根角度 β_1 、 β_2 、 β_n の関係を示す図

【図 12】(a)から(d)は、それぞれ案内羽根の子午面形状を示す図

10

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施の形態では、図 1 に示すように、一重胴輪切型の横軸多段ポンプ 1 を例に本発明のディフューザポンプを説明するが、羽根車の吐出し側に複数の案内羽根を有するディフューザを持つ形式のポンプであれば、立軸ポンプでも、また、バレル形や水平割形の多段ポンプや単段ポンプにおいても本発明は実現できる。

【0015】

多段ポンプ 1 は、ポンプケーシング 2 に吸込口 3 と吐出口 4 を有しており、ポンプケーシング 2 の内部に回転軸 5 と一体的に回転する複数の羽根車 6 a ～ 6 c を回転軸 5 の軸心

20

【0016】

ポンプケーシング 2 は軸に垂直の分割構造をなし、回転軸 5 の軸心方向の一侧に位置して吸込口 3 を有する吸込ケーシング 7 と、回転軸 5 の軸心方向の一侧に位置して吐出口 4 を有する吐出ケーシング 8 と、吸込ケーシング 7 と吐出ケーシング 8 との間に回転軸 5 の軸心方向に多段に配設した複数の輪切型の中間ケーシング 9 a、9 b とからなり、各中間ケーシング 9 a、9 b と吐出ケーシング 8 が内部にそれぞれ羽根車 6 a ～ 6 c を収納している。

【0017】

固定手段 11 は、各ケーシング 7、8、9 a、9 b を回転軸 5 の軸心方向に締め付けて固定するもので、複数の固定ボルト 12 とナット 13 からなり、各固定ボルト 12 が吸込ケーシング 7 と吐出ケーシング 8 を回転軸 5 の軸心方向へ貫通し、各固定ボルト 12 の両端部にそれぞれナット 13 が螺合している。

30

【0018】

この構成により、固定手段 11 は吸込ケーシング 7 と吐出ケーシング 8 を連結することで、吸込ケーシング 7 と吐出ケーシング 8 の間に配置した中間ケーシング 9 a、9 b を一体的に連結固定している。

【0019】

回転軸 5 はポンプケーシング 2 を貫通しており、軸封部 14 に配置したパッキン等のシール材 15 が回転軸 5 とポンプケーシング 2 の間をシールしている。

40

各羽根車 6 a ～ 6 c は回転軸 5 の径方向の外側に位置する流出口 16 と回転軸 5 の径方向の内側に位置する流入口 17 とを有している。吸込ケーシング 7 は、その内部に水等の流体 18 を吸込口 3 から初段の羽根車 6 a の流入口 17 へ導く吸込流路 19 を有しており、吸込流路 19 は回転軸 5 の外周を取り囲むように円環状もしくは渦巻状をなす。

【0020】

各中間ケーシング 9 a、9 b は、流体 18 を各羽根車 6 a、6 b の流出口 16 から次段の各羽根車 6 b、6 c の流入口 17 へ導く中間流路 20 を内部に有しており、中間流路 20 は、各羽根車 6 a、6 b の流出口 16 の外側に形成された円環状の案内羽根部 21 a、21 b を有している。吐出ケーシングは、最終段の案内羽根部 21 c と吐出流路 22 を内部に有しており、吐出流路 22 は、最終段の案内羽根部 21 c を通過した流体 18 を吐出

50

口 4 に導く流路であり、回転軸 5 の軸心周りに旋回する方向に円環状もしくは渦巻状をなす。

【0021】

各案内羽根部 21a、21b、21c は、円環状をなす側板 210a、210b、210c の上に一体的に形成した複数の案内羽根 211a、211b、211c をそれぞれ有しており、側板 210a、210b、210c は案内羽根 211a、211b、211c の回転軸心方向の両側に側壁を形成している。

【0022】

図 2 に示すように、複数の案内羽根 211a、211b、211c は羽根車 6a、6b、6c の流体 18 の流れ方向の下流側で羽根車 6a、6b、6c の回転軸心周りに配置してあり、側板 210a、210b、210c の側壁と案内羽根 211a、211b、211c とによって案内羽根 211a、211b、211c の相互間に形成する流路は入口側のノズル部 212a、212b、212c と出口側のディフューザ部 213a、213b、213c を有している。

【0023】

入口側のノズル部 212a は入口から流体 18 の流れ方向に流路断面積が減少して最小流路断面積のスロートに至る流路形状を有し、出口側のディフューザ部 213a はスロートから流体 18 の流れ方向に流路断面積が増大して出口に至る流路形状を有する。

【0024】

案内羽根 211a、211b、211c は、ノズル部 212a、212b、212c に対応するノズル形成部 214a、214b、214c とディフューザ部 213a、213b、213c に対応するディフューザ形成部 215a、215b、215c を有している。

【0025】

ここで、図 11 および図 12 を参照して、流路断面積の比率について更に記述する。一般的に円環状のディフューザの場合、流れが入口から出口まで案内羽根に沿って一様に流れるものとして、入口に対する出口の面積比率 A_{21} は、案内羽根の肉厚を考慮しない場合、下式で表すことができる。

$$A_{21} = (b_2 r_2 \sin \beta_2) / (b_1 r_1 \sin \beta_1)$$

ここで、 b_1 ：案内羽根入口で側壁間の流路幅、 b_2 ：案内羽根出口での側壁間の流路幅、 β_1 ：案内羽根入口での案内羽根角度、 β_2 ：案内羽根出口での案内羽根角度、 r_1 ：案内羽根入口半径、 r_2 ：案内羽根出口半径

同様に羽根の途中位置の r_n 、 b_n 、 β_n においては入口に対する n 位置での面積比率 A_{n1} を下式で表すことができる。

$$A_{n1} = (b_n r_n \sin \beta_n) / (b_1 r_1 \sin \beta_1)$$

n 位置に対する出口での面積比率 A_{2n} は下式で表すことができる。

$$A_{2n} = (b_2 r_2 \sin \beta_2) / (b_n r_n \sin \beta_n)$$

ノズル部を形成し、その後ディフューザ部を形成するには、 $A_{n1} < 1$ 、 $A_{2n} > 1$ となる必要がある。

【0026】

ここで、常に $A_{n1} < 1$ 、 $A_{2n} > 1$ を実現するには、半径の関係は構造上必ず $r_1 < r_n$ 、 $r_n < r_2$ となるため、 $b_1 \geq b_n$ 、 $b_n \leq b_2$ もしくは $\beta_1 \geq \beta_n$ 、 $\beta_n \leq \beta_2$ を条件とするか、両者を組み合わせる必要がある。

【0027】

ここで、ディフューザの子午面形状は、図 12(a) から (d) に示す形状が規定できる。なお、子午面とは羽根車や案内羽根形状を回転軸と半径方向軸とで表示した面をいう。

この条件 1 から図 12(c)、(d) の場合は、 β に関係なくノズル部とディフューザ部を形成することもできるが、一般的なディフューザの形状である図 12(a)、(b) の場合にノズル部とディフューザ部を形成するには、 $\beta_1 \geq \beta_n$ 、 $\beta_n \leq \beta_2$ とする必要がある。以後の説明においては、図 12(a)、(b) の形状を想定して記述する。

【0028】

図3に示すように、案内羽根211a、211b、211cは案内羽根入口部が羽根車6a、6b、6cの出口側外周から一定距離のギャップLを隔てた位置にある。ノズル形成部214a、214b、214cは案内羽根211a、211b、211cのキャンバー線Aと羽根車6a、6b、6cの回転軸心を中心としてキャンバー線Aと交わる円周Bの接線とのなす案内羽根角度 β が案内羽根入口部で最大となり、かつ以後流れ方向下流に向かって案内羽根角度 β が漸減する形状をなす。

【0029】

羽根車6a～6cから流出して案内羽根211a、211b、211cに流入する流れの角度 α_1 は、流量により変化するものであり、 α_1 は設計流量により算出される流入角度の値としてこの後の記述において使用する。

10

【0030】

算出過程は省略するが、ギャップL間では、流れの子午面に沿った面方向速度は半径比と流路幅比で減速し、旋回方向速度は流れが自由渦と仮定し、半径比で減速するものとして案内羽根入口における流入角度を定義し、設計流量により求まる流入角度を α_1 とする。

【0031】

以下においてギャップLはギャップ率L%として説明する。ここで、ギャップ率L%とは羽根車出口半径 r_0 に対するギャップLの比率、つまり $L\% = (L/r_0) \times 100$ として定義する。案内羽根角度 β とギャップ率L%の適値については後述する。

20

【0032】

上記した構成により、回転軸5と一体に回転する各羽根車6a～6cが吸込口3からポンプケーシング2内に流体18を吸い込み、流体18が吸込流路19を通り、初段の羽根車6aに流入口17から流入し、流出口16から流出する。

【0033】

初段の羽根車6aから流出した流体18は、初段の案内羽根部21aの案内羽根211aの相互間の流路に流入し、案内羽根21aのノズル形成部214aに対応する入口側のノズル部212aを通して案内羽根21aのディフューザ形成部215aに対応する出口側のディフューザ部213aへ流入する。

【0034】

この際に、案内羽根21aのノズル形成部214aに対応する入口側のノズル部212aでは流体18の流れ方向に案内羽根角度が漸減して流路断面積が減少するので、羽根車6aによって供給される流体18はノズル部212aにおいて増速し、スロート部を経由して増速した流体18が案内羽根21aのディフューザ形成部215aに対応する出口側のディフューザ部213aに流入する。

30

【0035】

出口側のディフューザ部213aは流体18の流れ方向に流路断面積が増大するので、流体18はディフューザ部213aにおいて減速して増圧される。

このように、ディフューザ部213aに流入する流体18はその流速がノズル部212aで増速されたものであることで、ディフューザ部212aにおいて案内羽根211aの表面から境界層が離れる剥離の発生が抑制され、または流れ方向の下流に剥離が遅れることで、圧力回収を阻害する渦の発生や流れの乱れを抑制し、水流の内部損失を減少させ、ポンプ効率を高めることができる。

40

【0036】

初段の案内羽根部21aのディフューザ部213aから流出する流体18は、中間流路20を流れた後、次段の羽根車6bを通して次段の案内羽根部21bに流入する。ここでも、流体18はノズル部212bにおいて増速し、増速した流体18が出口側のディフューザ部213bに流入することで、境界層の剥離を抑制、または剥離を遅らせつつ昇圧されて流れ出る。

【0037】

50

その後、流体 18 は、最終段の羽根車 6 c および最終段の案内羽根部 21 c を経て、前段の案内羽根部 21 a、21 b と同様にして昇圧された後に吐出流路 22 を流れて吐出口 4 から吐出される。

【0038】

以下に、案内羽根入口部での案内羽根角度 β とギャップ率 $L\%$ の適値について説明する。ここでは、初段の案内羽根部 21 a について説明するが、他の案内羽根部 21 b、21 c についても同様であり、その説明は省略する。

（解析 1）

図 4 に示すように、案内羽根 211 a の案内羽根入口部での案内羽根角度 β が異なる複数の案内羽根部 21 a を供試とし、ディフューザポンプを異なる流量で流体解析を実施し、ポンプ効率を計算した。供試の各案内羽根 211 a はギャップ率 $L\%$ を 4.5% で一定として案内羽根入口部での案内羽根角度 β_1 を変化させたものである。以下において案内羽根角度 β_1 の変化は案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) として表示する。また、ポンプ効率は $\beta_1 = \alpha_1$ である供試 1 の設計点効率に対する比として表した効率比率として表示する。

【0039】

図 7 および表 1 にその結果を示す。

【0040】

【表 1】

No.	案内羽根入口 角度差 (度) $\beta_1 - \alpha_1$	効率比率			
		90%Q	設計点	110%Q	平均
供試1	0	1.0009	1.0000	0.9730	0.9913
供試2	6.2	1.0048	1.0089	1.0023	1.0053
供試3	11.8	1.0077	1.0102	1.0057	1.0079
供試4	19.8	1.0065	1.0106	1.0066	1.0079
供試5	27.3	1.0040	1.0095	1.0071	1.0069
供試6	45.4	0.9884	0.9969	0.9978	0.9943

設計流量の 90% の計算では、供試 3 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 11.8° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が最も良い 1.0077 となる。また、供試 1 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 0° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が 1.0009 となり、供試 6 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 45.4° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が 0.9884 となり、ともに供試 3 に比べて効率比率が低下した。

【0041】

設計流量の 110% の計算では、供試 5 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 27.3° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が最も良い 1.0071 となる。また、供試 1 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 0° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が 0.9730 となり、供試 6 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 45.4° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が 0.9978 となり、ともに供試 5 に比べて効率比率が低下した。

【0042】

設計流量の計算では、供試 4 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 19.8° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が最も良い 1.0106 となる。また、供試 1 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 0° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が 1.0000 となり、供試 6 の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が 45.4° である案内羽根 211 a のときに、効率比率が 0.9969 となり、ともに供試 4 に比べて効率比率が低下した。

【0043】

よって案内羽根入口部での案内羽根入口角度差 ($\beta_1 - \alpha_1$) が過小でも過大でも効率比率が低下することが分かる。この結果から平均で効率比率 1.0020 以上となる供試

2-4の案内羽根211aの案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)の値は概ね6-36°が適値と判断した。

【0044】

つまり、案内羽根入口での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)を6-36°としてノズル部を形成すると効率が向上する良いディフューザを形成することができる。

(解析2)

図5に示すように、案内羽根211aのギャップLが異なる複数の案内羽根部21aを供試とし、ディフューザポンプを異なる流量で流体解析を実施し、ポンプ効率を計算した。供試の各案内羽根211aは案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)を31.5°としてギャップ率L%を変化させたものである。

【0045】

図8および表2にその結果を示す。

【0046】

【表2】

No.	ギャップ率 L%	効率比率			
		90%Q	設計点	110%Q	平均
供試7	4.5	1.0007	1.0072	1.0045	1.0042
供試8	6.2	1.0102	1.0130	1.0092	1.0108
供試9	8.1	1.0135	1.0146	1.0089	1.0123
供試10	10	1.0100	1.0156	1.0098	1.0118

設計流量の90%の計算では、供試9の案内羽根入口部でのギャップ率L%が8.1%である案内羽根211aのときに、効率比率が最も良い1.0135となる。また、供試7の案内羽根入口部でのギャップ率L%が4.5%である案内羽根211aのときに、効率比率が1.0007となり、供試10の案内羽根入口部でのギャップ率L%が10%である案内羽根211aのときに、効率比率が1.0100となり、ともに供試9に比べて効率比率が低下した。

【0047】

設計流量の110%の計算では、供試10の案内羽根入口部でのギャップ率L%が10%である案内羽根211aのときに、効率比率が最も良い1.0098となる。また、他の供試7-9の案内羽根入口部でのギャップ率L%が4.5-8.1%である案内羽根211aのときにも、効率比率が1.0020以上となった。

【0048】

設計流量の計算では、供試10の案内羽根入口部でのギャップ率L%が10%である案内羽根211aのときに、効率比率が最も良い1.0156となる。また、他の供試7-9の案内羽根入口部でのギャップ率L%が4.5-8.1%である案内羽根211aのときにも、効率比率が1.0020以上となった。

【0049】

この結果から平均で効率比率1.0020以上となる供試7-10の案内羽根211aの案内羽根入口部でのギャップ率L%の値は概ね4.5-10%が適値と判断した。

つまり、ノズル部を有するディフューザにおいて、ギャップ率L%を4.5-10%とすると効率が向上する良いディフューザを形成することができる。

(解析3)

図6に示すように、案内羽根211aの案内羽根角 β とギャップ率L%が異なる複数の案内羽根部21aを供試とし、ディフューザポンプを異なる流量で流体解析を実施し、ポンプ効率を計算した。供試の各案内羽根211aは案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)とギャップ率L%を変化させたものである。

【0050】

図9、10および表3にその結果を示す。

【0051】

【表 3】

No.	案内羽根入口 角度差(度) $\beta_1 - \alpha_1$	ギャップ率 L%	効率比率			
			90%Q	設計点	110%Q	平均
供試11	0	4.5	1.0009	1.0000	0.9730	0.9913
供試12	6.2	4.5	1.0048	1.0089	1.0023	1.0053
供試13	11.8	4.5	1.0077	1.0102	1.0057	1.0079
供試14	20.3	6.2	1.0102	1.0130	1.0092	1.0108
供試15	29.1	8.1	1.0179	1.0179	1.0082	1.0147
供試16	32.1	10	1.0151	1.0191	1.0109	1.0151
供試17	35.9	12	1.0099	1.0189	1.0129	1.0139

10

設計流量の90%の計算では、供試15の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が29.1°でギャップ率L%が8.1%である案内羽根211aのときに、効率比率が最も良い1.0179となる。また、供試11の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が0°でギャップ率L%が4.5%である案内羽根211aのときに、効率比率が1.0009となり、効率比率が低下した。また、他の供試12-14、16-17の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が6.2-35.9でギャップ率L%が4.5-12%である案内羽根211aのときにも、効率比率が1.0020以上となった。

【0052】

20

設計流量の110%の計算では、供試17の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が35.9°でギャップ率L%が12%である案内羽根211aのときに、効率比率が最も良い1.0129となる。また、供試11の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が0°でギャップ率L%が4.5%である案内羽根211aのときに、効率比率が0.9730となり、効率比率が低下した。また、他の供試12-16の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が6.2-35.9でギャップ率L%が4.5-12%である案内羽根211aのときにも、効率比率が1.0020以上となった。

【0053】

設計流量の計算では、供試16の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が32.1°でギャップ率L%が10%である案内羽根211aのときに、効率比率が最も良い1.0191となる。また、供試11の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が0°でギャップ率L%が4.5%である案内羽根211aのときに、効率比率が1.0000となり、効率比率が低下した。また、他の供試12-17の案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)が6.2-35.9でギャップ率L%が4.5-12%である案内羽根211aのときにも、効率比率が1.0020以上となった。

30

【0054】

この結果から平均で効率比率1.0020以上となる供試12-17の案内羽根211aの案内羽根入口部での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)の値は概ね6-36°で、ギャップ率L%の値は概ね4.5-12%が適値と判断した。

40

【0055】

つまり、案内羽根入口での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)を6-36°としてノズル部を形成し、さらに、ギャップ率L%を4.5-12%とすると効率がさらに向上するより良いディフューザを形成することができる。

【0056】

上述の解析結果から本発明では、ディフューザのノズル部を案内羽根入口での案内羽根入口角度差($\beta_1 - \alpha_1$)の値を概ね6-36°で形成することが効率の点からして適値であり、羽根車出口を出て案内羽根入口に向けて流れる流体18の流れ方向に対して6-36°の差を有するものである。

50

【0057】

これはノズル部212a、212b、212cを形成する上で、 $(\beta_1 - \alpha_1)$ をこの範囲とすることで、案内羽根での剥離の抑制を期待でき、高いポンプ効率を維持できることを示す。

【0058】

また、ノズル部を有するディフューザでは、案内羽根入口でのギャップ率L%の値を概ね4.5〜12%とすることが効率の点からして適値である。

これは、ギャップ率L%が変化することで、流速の減速に伴って案内羽根入口での流体の流入角度 α_1 も変化するが、その変化範囲であっても高いポンプ効率を維持できることを示す。

10

【0059】

さらに、ディフューザのノズル部を案内羽根入口での案内羽根入口角度差 $(\beta_1 - \alpha_1)$ の値を概ね6〜36°で形成し、案内羽根入口でのギャップ率L%の値を概ね4.5〜12%とすることが効率の点からよりよい組合せである。

【0060】

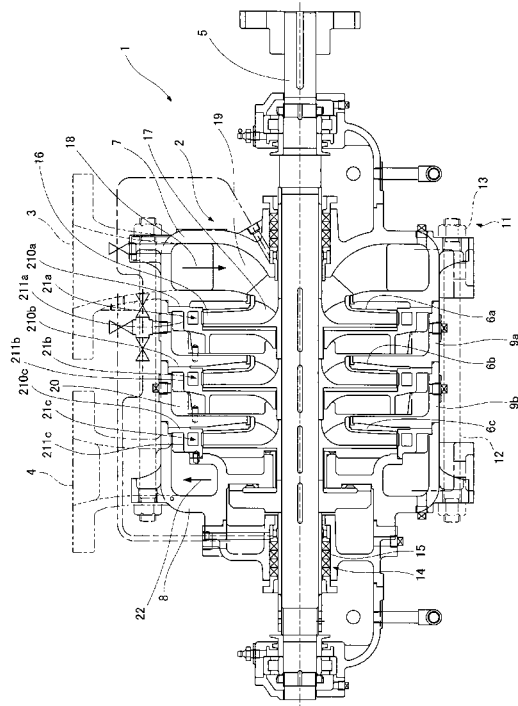
なお、上述の実施例では、図12(a)、(b)をもとに説明したが、図12(c)、(d)の形状でノズル部とディフューザ部を形成しても良い。

【符号の説明】

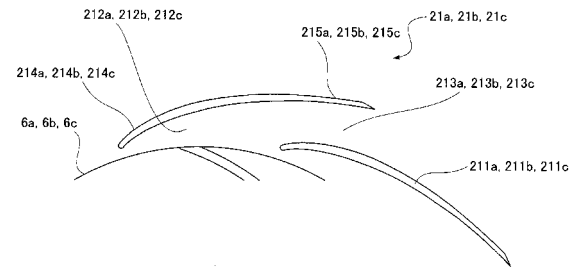
【0061】

- | | | |
|----------------|-----------|----|
| 1 | 多段ポンプ | 20 |
| 2 | ポンプケーシング | |
| 3 | 吸入口 | |
| 4 | 吐出口 | |
| 5 | 回転軸 | |
| 6a〜6c | 羽根車 | |
| 7 | 吸込ケーシング | |
| 8 | 吐出ケーシング | |
| 9a、9b | 中間ケーシング | |
| 11 | 固定手段 | |
| 12 | 固定ボルト | 30 |
| 13 | ナット | |
| 14 | 軸封部 | |
| 15 | シール材 | |
| 16 | 流出口 | |
| 17 | 流入口 | |
| 18 | 流体 | |
| 19 | 吸込流路 | |
| 20 | 中間流路 | |
| 21a、21b、21c | 案内羽根部 | |
| 210a、210b、210c | 側板 | 40 |
| 211a、211b、211c | 案内羽根 | |
| 212a、212b、212c | ノズル部 | |
| 213a、213b、213c | ディフューザ部 | |
| 214a、214b、214c | ノズル形成部 | |
| 215a、215b、215c | ディフューザ形成部 | |

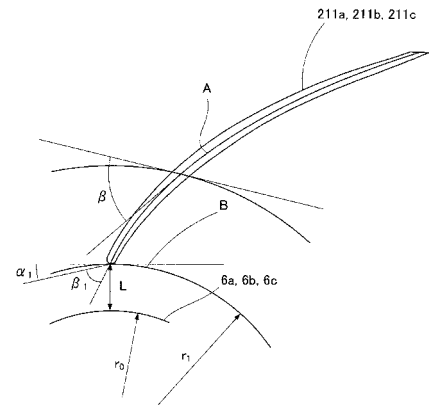
【図 1】



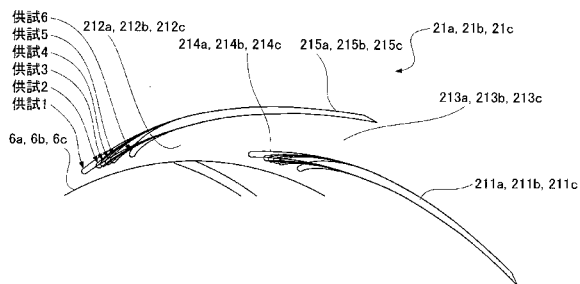
【図 2】



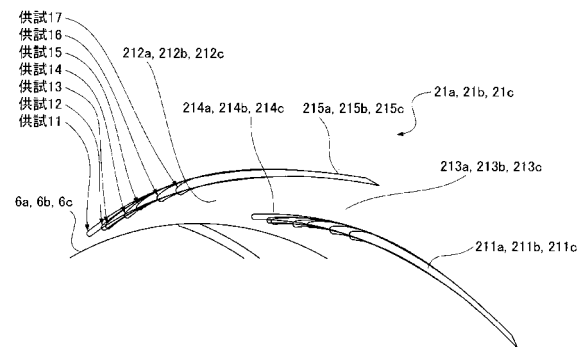
【図 3】



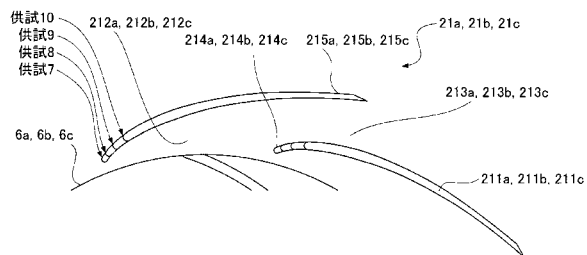
【図 4】



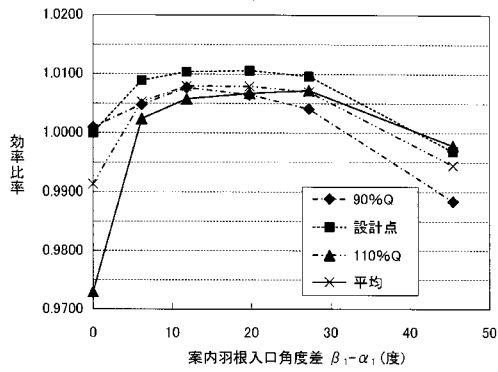
【図 6】



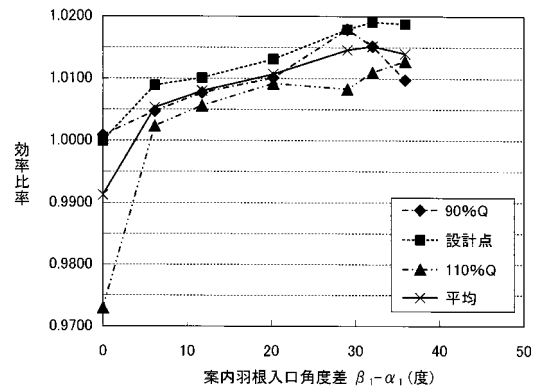
【図 5】



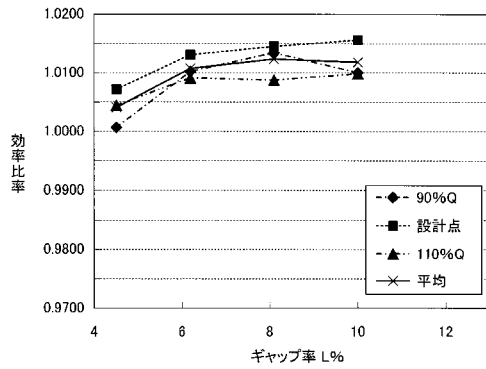
【図 7】



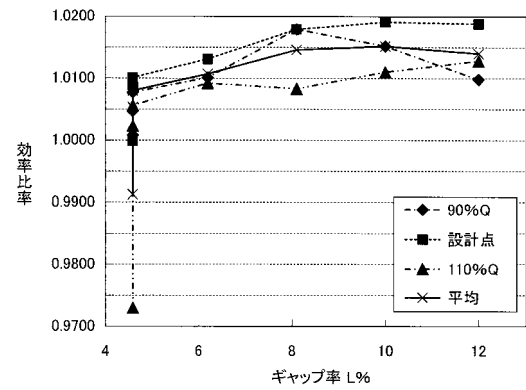
【図 9】



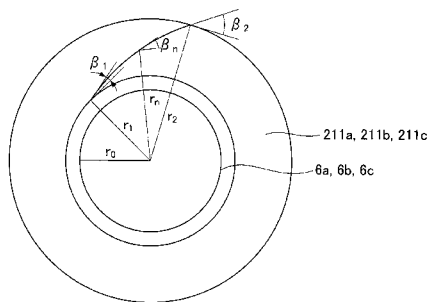
【図 8】



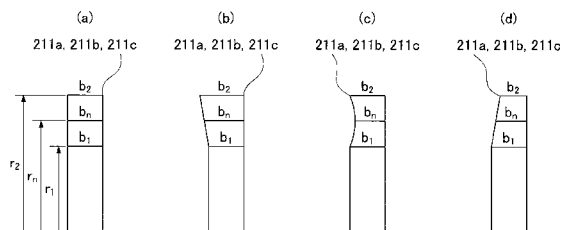
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 柳田 浩貴

兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 株式会社クボタ本社阪神事務所内

Fターム(参考) 3H130 AA02 AB12 AB22 AB46 AB62 AB65 AB68 AB69 AC30 BA10B
BA66B CA08 EA07B EA07C EA08B EB05B