(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5287329号
(P5287329)
(45)発行日　平成25年9月11日(2013.9.11)　(24)登録日　平成25年6月14日(2013.6.14)

(51)Int.Cl.　F I
F04D 29/38 (2006.01)　F04D 29/38 A

請求項の数 5　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2009-34129(P2009-34129)
(22)出願日　平成21年2月17日(2009.2.17)
(65)公開番号　特開2010-190087(P2010-190087A)
(43)公開日　平成22年9月2日(2010.9.2)
審査請求日　平成23年5月20日(2011.5.20)

(73)特許権者　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
(74)代理人　100077816
弁理士　春日　譲
(72)発明者　石居　憲法
茨城県日立市大みか町七丁目２番１号
株式会社日立製作所
エネルギー・環境システム研究所内
(72)発明者　中島　信之
東京都豊島区東池袋四丁目５番２号
株式会社日立プラン
トテクノロジー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ポンプインペラ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
シュラウドの内側に設けられ、回転軸を中心に回転するハブと、
このハブの外周に複数取り付けられ、前記ハブとともに回転するインペラ翼とを備え、
前記インペラ翼は、チップ部の近傍において、作動流体の流通方向における上流側に屈曲しており、
前記チップ部は、前記インペラ翼の屈曲部から前記ハブ側に位置する部分と比較して、作動流体の流通方向における上流側に位置しており、
前記インペラ翼における前記屈曲部から前記チップ部までの翼断面の反りは、前記屈曲部からハブ側の部分の翼断面の反りと比較して、相対的に小さいことを特徴とするポンプインペラ。
【請求項２】
請求項１記載のポンプインペラにおいて、
前記インペラ翼におけるチップ部の前縁側は、前記回転軸の回転方向に向かって突出していることを特徴とするポンプインペラ。
【請求項３】
請求項１又は２に記載のポンプインペラにおいて、
前記屈曲部は、前記インペラ翼において、チップ径の８０％以上の領域に形成されていることを特徴とするポンプインペラ。
【請求項４】

請求項１から３のいずれかに記載のポンプインペラにおいて、
前記インペラ翼を前記屈曲部を基準に屈曲させる角度は３０度以上であることを特徴とするポンプインペラ。
【請求項５】
請求項２記載のポンプインペラにおいて、
前記チップ部の前縁側は、前記屈曲部の前縁側を中心として、前記回転軸の回転方向に向かって３０度以上回転した位置に突出していることを特徴とするポンプインペラ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はシュラウド内に収められたポンプインペラに関する。
【背景技術】
【０００２】
ポンプは、シュラウド内に固定され回転軸を中心に回転するインペラによって、入口から流入する作動流体に旋回エネルギーを与え、その旋回エネルギーをインペラ下流に設置した案内羽根によって圧力に変換するものである。インペラ上の動翼（インペラ翼）は、駆動源（モータ等）と連動するシャフトにハブを介して固定されており、シャフトと一体となって回転する。通常、インペラ翼における前縁部及び後縁部の形状は、ハブ側からシュラウド側に至るまで、シャフトの中心（回転軸）から径方向の外側に延ばした仮想直線に沿うように概ね直線状に形成されている。すなわち、前縁部及び後縁部におけるハブ側端部とシュラウド側端部の回転軸周りの角度方向位置はそれぞれほぼ同じになっている。また、インペラ翼における径方向の外側端部はチップと呼ばれており、そのチップ部とシュラウドとの間には隙間が空いている（特許文献１等参照）。
【０００３】
【特許文献１】特開平５－２７２４９１号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
ところで、ポンプに求められる重要な性能は効率である。ポンプの効率は、インペラの動力と流体が受け取るエネルギーの比率であり、可能な限り高いほうが望ましい。インペラを駆動する動力の一部は、流体内で発生する渦や摩擦によって熱として散逸しエネルギー損失となる。効率の高いポンプを得るためには、この流体内で発生するエネルギー損失を小さくすることが有効である。
【０００５】
エネルギー損失の大きな要因の１つに「漏れ流れ」の発生がある。漏れ流れとは、先述のインペラ翼におけるチップ部とシュラウドとの隙間に生じる流れであり、その流れの持つエネルギーはすべて損失になる。したがって、この漏れ流れを可能な限り少なくすれば、効率の高いポンプを得ることができる。漏れ流れを低減する方策としては、チップ部とシュラウドの間に生じる隙間を狭くする方法があるが、機械組み立て精度の問題から限界がある。
【０００６】
本発明の目的は、チップ部で生じる漏れ流れが少ないポンプインペラを提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
（１）本発明は、上記目的を達成するために、シュラウドの内側に設けられ、回転軸を中心に回転するハブと、このハブの外周に複数取り付けられ、前記ハブとともに回転するインペラ翼とを備え、前記インペラ翼は、チップ部の近傍において、作動流体の流通方向における上流側に屈曲しており、前記チップ部は、前記インペラ翼の屈曲部から前記ハブ側に位置する部分と比較して、作動流体の流通方向における上流側に位置しており、前記

インペラ翼における前記屈曲部から前記チップ部までの翼断面の反りは、前記屈曲部からハブ側の部分の翼断面の反りと比較して、相対的に小さいものとする。

【０００８】

（２）上記（１）において、好ましくは、前記インペラ翼におけるチップ部の前縁側は、前記回転軸の回転方向に向かって突出しているものとする。

【００１０】

（３）上記（１）又は（２）において、好ましくは、前記屈曲部は、前記インペラ翼において、チップ径の８０％以上の領域に形成されているものとする。

【００１１】

（４）上記（１）から（３）いずれかにおいて、好ましくは、前記インペラ翼を前記屈曲部を基準に屈曲させる角度は３０度以上であるものとする。

【００１２】

（５）上記（２）において、好ましくは、前記チップ部の前縁側は、前記屈曲部の前縁側を中心として、前記回転軸の回転方向に向かって３０度以上回転した位置に突出しているものとする。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、チップ部での漏れ流れを低減することができるので、ポンプインペラの効率を向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１５】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【００１６】

図１は本発明の実施の形態に係るポンプの全体図であり、図２は本発明の実施の形態に係るポンプを回転軸２を含む平面に投影した図（回転方向投影図）である。なお、図２では、回転軸２を円筒座標のｚ軸にとり、ポンプ回転方向を角度方向（θ方向）にとり、回転軸２からの距離を半径方向（ｒ方向）にとって表現している。

【００１７】

これらの図に示すポンプは、円筒状のケーシング８と、ケーシング８内に収納され回転軸２を中心に回転するシャフト４と、ポンプ入口から流入する作動流体にエネルギーを与えるポンプインペラ（以下、単に「インペラ」と称することがある）２０と、インペラ２０からの流体の旋回エネルギーを圧力に変換する案内羽根１０と、インペラ２０及び案内羽根１０を外側から覆って環状流路を形成するシュラウド７を備えている。

【００１８】

インペラ２０は、ハブ５と、インペラ翼９を備えている。ハブ５は、シャフト４に固定されており、シュラウド７の内側で回転軸２を中心に回転する。本実施の形態のハブ５は、後述の図３に示す矢印３の方向（すなわち、図３における左回り方向）に回転する。シャフト４はモータ等の駆動源と連動しており、インペラ２０はシャフト４と一体となって回転する。インペラ翼９は、ハブ３の外周に複数取り付けられており、ポンプ入口側から流入する作動流体を翼間に導く。インペラ翼９における径方向の外側端部（すなわち、外周縁）はチップ部６と呼ばれる。チップ部６はシュラウド７と対向しており、チップ部６とシュラウド７の間には隙間が形成されている。

【００１９】

案内羽根１０は、インペラ２０の下流側において、シュラウド７とケーシング８の間に架け渡された複数の羽根である。そのためインペラ２０のようには回転しない。

【００２０】

ここで本実施の形態に係るインペラ２０について詳しく説明する。

図３は本発明の実施の形態に係るインペラの上面図であり、図４は本発明の実施の形態に係るインペラを回転軸２を含む平面で切断した断面図である。なお、先の図と同じ部分には同じ符号を付し説明は省略する（後の図も同様とする）。

【００２１】
これらの図において、シュラウド７に平行な３つの円錐の側面（円錐面）を考え、ハブ５に最も近い円錐面をＳＡとし、チップ部６を通過しシュラウド７に最も近い円錐面をＳＣとし、ＳＡとＳＣの中間に位置しチップ部６の近傍の円錐面をＳＢとする。すなわち、図３において、円錐面ＳＡは、円錐面ＳＡとＳＢの径の差ｄＲ＿ＡＢと、円錐面ＳＢとＳＣの径の差ｄＲ＿ＢＣとが等しくなるように定義されている。
【００２２】
また、ここでは、インペラ翼９における翼縁であって、流路の上流側（ポンプ入口側）の翼縁を前縁１１とし、流路の下流側（案内羽根１０側）の翼縁を後縁１２とする。さら、相対的に高い圧力が作用する下流側の翼面（図４における下側の翼面）を正圧面９１とし、相対的に低い圧力が作用する上流側の翼面（図４における上側の翼面）を負圧面９２とする。
【００２３】
本実施の形態のインペラ翼９は、図４に示すように、円錐面ＳＢとの交線において屈曲している。ここでは、円錐面ＳＢとインペラ翼９の交線を屈曲部２５とする。インペラ翼９は、屈曲部２５において作動流体の流通方向１における上流側に屈曲しており、チップ部６は、図４に示すように、屈曲部２５からハブ５側に位置する部分と比較して、作動流体の流通方向１における上流側に位置している。詳細は後述するが、このようにインペラ翼９を屈曲させると、チップ部６における漏れ流れを低減することができる。
【００２４】
ここで、回転軸２からチップ部６までの径方向距離をチップ径Ｒとすると、円錐面ＳＢをチップ径ＳＰの８０％以上の領域に設定することが好ましい。すなわち、回転軸２から円錐面ＳＢまでの径方向距離をＲｓｂとすると、「Ｒｓｂ≧０．８Ｒ」が成立するように円錐面ＳＢを設定することが好ましい。このように円錐面ＳＢ、すなわち屈曲部２５を設定すると、翼面全体のエネルギー変換効率が低下することを抑制することができる。
【００２５】
また、インペラ翼９を、屈曲部２５を基準として作動流体の流通方向１における上流側に屈曲させる角度（ＰＸ（図４参照））は、３０度以上にすることが好ましい。これをより詳細に説明すると、図３のように回転軸２を含む平面ＳＰを定義し、この平面ＳＰと円錐面ＳＡ，ＳＢ，ＳＣがインペラ翼９の負圧面９２上で交差する点をそれぞれ点ＰＡ，ＰＢ，ＰＣしたとき、点ＰＡと点ＰＢを結ぶ直線と点ＰＢと点ＰＣを結ぶ直線とがなす角ＰＸ（図４参照）が３０度以上になるようにインペラ翼９を屈曲させることが好ましい。このようにインペラ翼９を屈曲させると、漏れ流れの発生をより効果的に低減することができるからである。
【００２６】
ところで、本実施の形態のインペラ翼９におけるチップ部６の前縁１１側は、図３に示すように、回転軸２の回転方向（θ方向）３に向かって突出している。すなわち、インペラ翼９の前縁１１には、チップ部６が回転軸２の回転方向３に向かって突出した突出部２６が設けられている。詳細は後述するが、このようにインペラ翼９を突出させると、チップ部６における漏れ流れを低減することができる。
【００２７】
ここで、チップ部６の前縁１１側（ＨＣ）は、屈曲部２５の前縁１１側（ＨＢ）を中心として、回転軸２の回転方向３に向かって３０度以上回転させた位置に設けることが好ましい。これをより詳細に説明すると、図３に示すように、円錐面ＳＡ，ＳＢ，ＳＣが前縁１１と交差する点をそれぞれ点ＨＡ，ＨＢ，ＨＣとしたとき、点ＨＡと点ＨＢを結ぶ直線と、点ＨＢと点ＨＣを結ぶ直線とがなす角ＨＸが３０度以上になるように突出部２６を形成することが好ましい。このようにインペラ翼９を屈曲させると、漏れ流れの発生をより効果的に低減することができる。
【００２８】
また、インペラ翼９における屈曲部２５からチップ部６までの翼断面の反りは、屈曲部

２５からハブ５側の部分の翼断面の反りと比較して、相対的に小さくすることが好ましい。すなわち、本実施の形態のインペラ翼９では、チップ部６に近い円錐面ＳＢから径方向外側（シュラウド７側）の領域では反りの弱い翼断面を使用し、円錐面ＳＢから径方向内側（ハブ５側）の領域では反りの強い翼断面を使用している。このように翼断面を構成すると、インペラ翼９の大部分を占める円錐面ＳＢより内側の領域のエネルギー変換効率を高く維持しながら、チップ部６での漏れ流れを低減することができる。下記においてこの点について説明する。

【００２９】

図５はインペラ翼９の周方向における断面形状を示す図、すなわち、シュラウド７に平行な円錐面でインペラ翼９を切断した断面図である。図５（ａ）は円錐面ＳＢにおけるインペラ翼９の翼断面図であり、図５（ｂ）は円錐面ＳＣにおけるインペラ翼９の翼断面図である。また、図６は図５に示した翼断面上の圧力分布図である。図６では、縦軸に圧力をとり、横軸に翼面上の前縁１１からの位置をとっている。図６において、実線で示した圧力分布は図５（ａ）に示した翼断面のもので、破線で示した圧力分布は図５（ｂ）に示した翼断面のものである。

【００３０】

一般に、作動流体が動翼（インペラ翼）の周りを流れると、その翼面には揚力による圧力差が発生し、その圧力差によって作動流体はエネルギーを受け取る。正圧面と負圧面との圧力差が翼負荷となり、翼負荷は流体に与えるエネルギーの強さを表す。

【００３１】

図５（ａ）のように翼の反り２１が大きいと、発生する揚力が大きくなり、翼負荷３２（図６参照）も大きくなる。一方、図５（ｂ）のように反り２３が小さいと、発生する揚力も小さくなり、翼負荷３５（図６参照）も小さくなる。インペラ翼９のチップ部６では、この翼面間に生じる圧力差（翼面圧力差）が原因で、圧力の高い正圧面９１側から圧力の低い負圧面９２側へ向かって漏れ流れが生じる。そのため、漏れ流れを低減する観点からは、翼面圧力差は小さい方が良い。

【００３２】

ところで、翼設計の観点からみると、回転軸２からの距離が遠いチップ部６側ほどインペラ周速が大きくなるので、チップ部６側で翼面圧力差を大きくするとエネルギー変換効率が高くなる。したがって、エネルギー変換効率を向上させてポンプ効率を向上させる観点からは、チップ部６に近い部分ほど翼面圧力差を大きくしたい。ところが、チップ部６における翼面圧力差を大きくすると、上記のように漏れ流れが増大するので、効率低下を招くおそれがある。

【００３３】

そこで、本実施の形態では、上記のように、チップ部６に近い円錐面ＳＢから径方向外側の領域では反りの弱い翼断面を使用し、円錐面ＳＢから径方向内側の領域では反りの強い翼断面を使用している。このように翼断面を形成すると、ハブ５からチップ部６近傍に至る領域では翼面圧力差を大きくしてエネルギー変換効率を高めることができ、チップ部６の近傍では翼面圧力差を小さくして漏れ流れを抑制できるので、ポンプ全体としての高い効率を実現することができる。

【００３４】

ここで上記のように構成される本実施の形態のインペラの作用・効果を、従来技術と比較しながら説明する。

【００３５】

図７は従来技術に係るインペラを回転軸を含む平面で切断した断面図である。

この図において、点ＰＡ，ＰＢ，ＰＣは円錐面ＳＡ，ＳＢ，ＳＣと翼負圧面との交点である。この図に示すインペラ翼は、円錐面ＳＢから径方向外側の領域では反りの弱い翼断面を使用し、円錐面ＳＢから径方向内側の領域では反りの強い翼断面を使用しているものとするが、本実施の形態と異なり円錐面ＳＢでは屈曲していない。

【００３６】

このように構成した従来技術では、チップ部近傍の翼断面の反りをたとえ弱くしたとしても、翼面圧力差は縮小せず漏れ流れを低減することは難しい。これは反りの弱い領域が反りの強い領域よりも相対的に小さく、作動流体に与える圧力の影響も小さくなってしまうためである。すなわち、図７において、円錐面ＳＢから径方向内側は翼断面の反りが相対的に強いため、点ＰＢの圧力は図６に示したように低くなる。しかし、その点ＰＢにおける圧力が、チップ部６近傍の反りを弱くしたことで発揮される圧力差低減効果を上回ってしまい、点ＰＣの圧力をも低下させてしまうからである。

【００３７】

これに対して、本実施の形態にかかるインペラ翼９は、チップ部６の近傍において、作動流体の流通方向１における上流側に屈曲しており、そのチップ部６を、屈曲部２５からハブ５側に位置する部分と比較して、作動流体の流通方向１における上流側に位置させている。このようにインペラ翼９を形成すると、チップ部６側の点ＰＣは、負圧面９２上に位置する点ＰＢからではなく、より距離の近い点ＰＢＵからの圧力の影響を受けやすくなる。

【００３８】

一般的に、負圧面９２から上流側に遠ざかるにつれて作動流体の圧力は高くなる。そのため、円錐面ＳＢ上において点ＰＢよりも上流側に位置する点ＰＢＵの圧力は、点ＰＢの圧力よりも高くなる。これにより、本実施の形態における点ＰＣの圧力は、従来技術の点ＰＣの圧力よりも高くなるので、チップ部６における翼面圧力差が低減され、漏れ流れを低減することができる。したがって、本実施の形態によれば、チップ部６での漏れ流れを低減することができるので、ポンプインペラの効率を向上することができる。

【００３９】

ところで、本実施の形態に係るインペラ翼９は、上記の構成に加えて突出部２６を備えている。次に、この効果について従来技術と比較しながら下記で説明する。

【００４０】

図８は従来技術に係るインペラの上面図である。

この図において、点ＨＡ，ＨＢ，ＨＣは、円錐面ＳＡ，ＳＢ，ＳＣと前縁１１の交点であり、点ＨＢ２，ＨＣ２は、円錐面ＳＢ，ＳＣ上の点であって点ＨＢ，ＨＣの下流に位置する点である。漏れ流れに影響を与える点ＨＣ２の圧力は高い方が望ましいが、ここでも、点ＨＢ２の低い圧力に影響され、点ＨＣ２の圧力は点ＨＢ２の圧力近くまで低下してしまうので、漏れ流れを低減することが難しい。これは前縁１１における点ＨＢ，ＨＣについても同様である。

【００４１】

これに対して、本実施の形態に係るインペラ翼９におけるチップ部６の前縁１１側は、回転軸２の回転方向に向かって突出している。このようにインペラ翼９を形成すると、チップ部６側の点ＨＣ２の圧力は、従来技術のような下流側の点ＨＢ２からではなく、より距離の近い点ＨＢからの圧力の影響を受けやすくなる。一般に、図７で説明したように、負圧面９２では、前縁１１に近づくほど圧力が高くなるので、点ＨＢの圧力は点ＨＢ２の圧力よりも高くなる。これにより、本実施の形態における点ＨＣの圧力は、従来技術よりも高くなるので、チップ部６における翼面圧力差が低減され、漏れ流れを低減することができる。したがって、本実施の形態のように屈曲部２５に加えて突出部２６を設ければ、漏れ流れをさらに低減できるので、ポンプインペラの効率をさらに向上させることができる。

【００４２】

なお、上記の説明では、屈曲部２５と突出部２６の双方を備えるインペラ翼９について説明したが、このいずれか一方を設ければチップ部６における漏れ流れが低減するので、ポンプインペラの効率を向上させることができる。

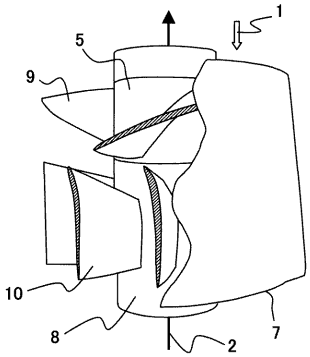
【図面の簡単な説明】

【００４３】

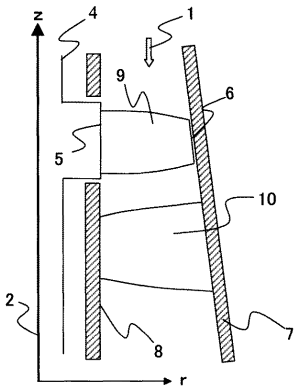
【図１】本発明の実施の形態に係るポンプの全体図。

【図２】本発明の実施の形態に係るポンプを回転軸を含む平面に投影した図。
【図３】本発明の実施の形態に係るインペラの上面図。
【図４】本発明の実施の形態に係るインペラを回転軸を含む平面で切断した断面図。
【図５】本発明の実施の形態におけるインペラ翼の周方向における断面形状を示す図。
【図６】図５に示した翼断面上の圧力分布図。
【図７】従来技術に係るインペラを回転軸を含む平面で切断した断面図。
【図８】従来技術に係るインペラの上面図。
【符号の説明】
【００４４】
１　ポンプ入口から流入する流れの方向
２　ポンプ回転軸（回転軸）
３　ポンプ回転方向
４　シャフト
５　ハブ
６　チップ
７　シュラウド
８　ケーシング
９　インペラ
１０　案内羽根
１１　翼前縁（前縁）
１２　翼後縁（後縁）
２０　反りの強いインペラ翼断面形状
２１　反りの強いインペラ翼の反り量
２２　反りの弱いインペラ翼断面形状
２３　反りの弱いインペラ翼の反り量
２５　屈曲部
２６　突出部
３０　反りの強いインペラ翼の正圧面上圧力分布
３１　反りの強いインペラ翼の負圧面上圧力分布
３２　反りの強いインペラ翼の正圧面・負圧面間圧力差
３３　反りの弱いインペラ翼の正圧面上圧力分布
３４　反りの弱いインペラ翼の負圧面上圧力分布
３５　反りの弱いインペラ翼の正圧面・負圧面間圧力差
９１　正圧面
９２　負圧面
ＳＡ，ＳＢ，ＳＣ　シュラウド面に平行な円錐面
ＳＰ　ポンプ回転軸を含む平面
ＰＡ　翼負圧面、ＳＡ面、ＳＰ面の交点
ＰＢ　翼負圧面、ＳＢ面、ＳＰ面の交点
ＰＣ　翼負圧面、ＳＣ面、ＳＰ面の交点
ＰＸ　点ＰＡと点ＰＢを結ぶ直線と、点ＰＢと点ＰＣを結ぶ直線のなす角度
ＰＢＵ　ＳＢ面上において、点ＰＢの上流側にある点
ＨＡ　翼前縁とＳＡ面との交点
ＨＢ　翼前縁とＳＢ面との交点
ＨＣ　翼前縁とＳＣ面との交点
ＨＸ　点ＨＡと点ＨＢを結ぶ直線と、点ＨＢと点ＨＣを結ぶ直線のなす角度
ＨＢ２　翼負圧面とＳＢ面の交線上で、翼前縁より下流側にある点
ＨＣ２　翼負圧面とＳＣ面の交線上で、翼前縁より下流側にある点
Ｒ　チップ径
Ｒｓｂ　ポンプ回転軸からＳＢ面までの径方向距離

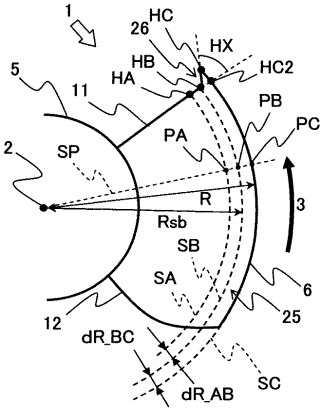
【図１】



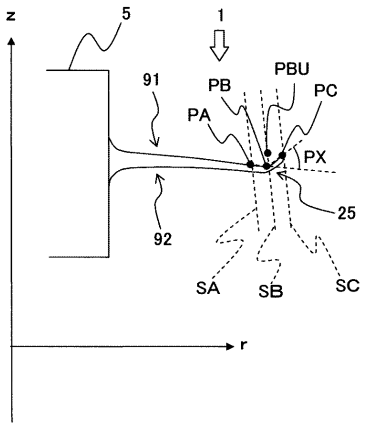
【図２】



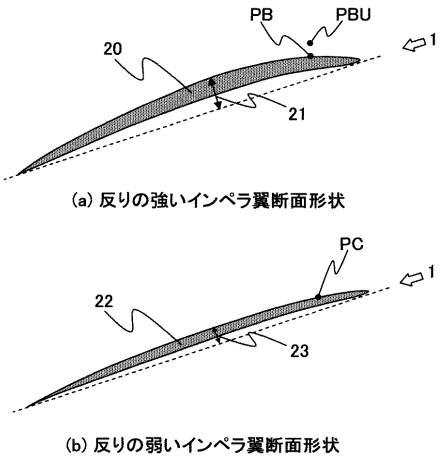
【図３】



【図４】



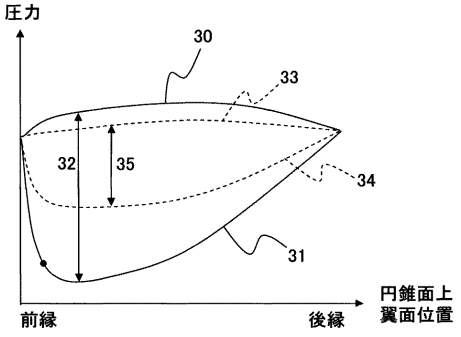
【図５】



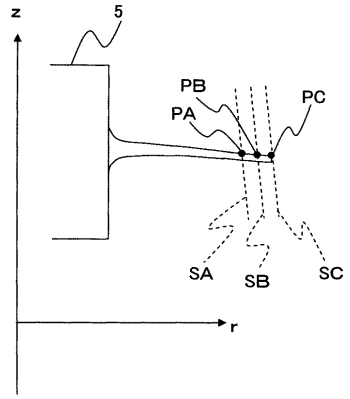
(a) 反りの強いインペラ翼断面形状

(b) 反りの弱いインペラ翼断面形状

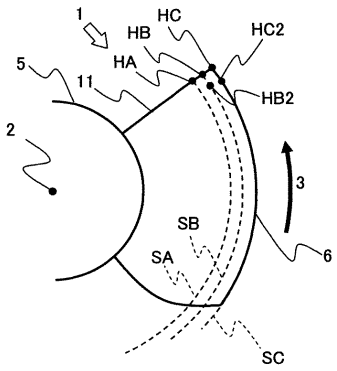
【図６】



【図７】



【図８】



フロントページの続き

(72)発明者　長原　孝英
東京都豊島区東池袋四丁目５番２号　株式会社日立プラントテクノロジー内
(72)発明者　井上　康弘
東京都豊島区東池袋四丁目５番２号　株式会社日立プラントテクノロジー内

審査官　柏原　郁昭

(56)参考文献　特開２００６－２３３８８６（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１２０４５４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００３／０７２９４８（WO，Ａ１）
特開２００７－０４０１１６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－０３２１９８（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０２４００４（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０９３８９６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０４Ｄ　２９／３８
Ｆ０４Ｄ　２９／１８