(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2020-176548
(P2020-176548A)
(43)公開日　令和2年10月29日(2020.10.29)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
F04D 29/22	(2006.01)	F04D	29/22	E	3H130
		F04D	29/22	C	

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 10 頁）

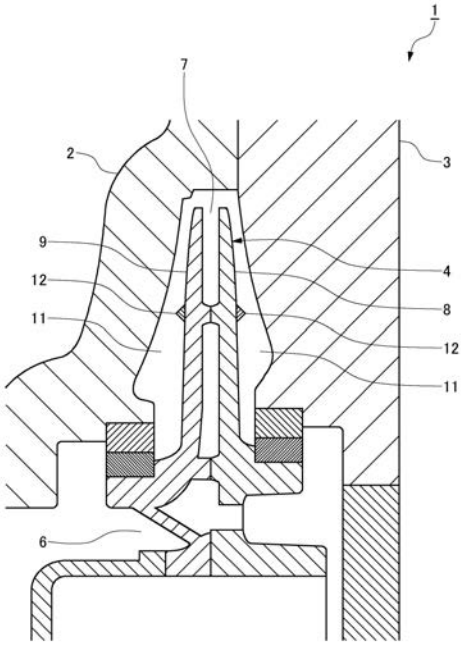
(21)出願番号　特願2019-79076(P2019-79076)
(22)出願日　平成31年4月18日(2019.4.18)

(71)出願人　000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町１１番１号
(71)出願人　504176911
国立大学法人大阪大学
大阪府吹田市山田丘１番１号
(74)代理人　230104019
弁護士　大野　聖二
(74)代理人　230112025
弁護士　小林　英了
(74)代理人　230117802
弁護士　大野　浩之
(74)代理人　100106840
弁理士　森田　耕司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】流体抵抗低減装置

(57)【要約】
【課題】　二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体力学的なエネルギー損失）を低減することのできる流体抵抗低減装置を提供する。
【解決手段】　流体抵抗低減装置１は、ケーシング２、３と、ケーシング２、３の内部に収納される回転体４とを備える。回転体４は、回転体４が回転することによって、回転体４の軸方向に沿って液体が流入し、回転体４の径方向外向きに沿って液体が流出するように構成される。ケーシング２、３と回転体４との間には、流出した液体の一部が流入する隙間空間１１が形成される。隙間空間１１において、ケーシング２、３に対向する回転体４の表面には、回転体４の回転軸に対して同心円状に構造体１２が形成されている。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ケーシングと、前記ケーシングの内部に収納される回転体と、を備える流体抵抗低減装置において、
前記回転体は、前記回転体が回転することによって、前記回転体の軸方向に沿って液体が流入し、前記回転体の径方向外向きに沿って前記液体が流出するように構成され、
前記ケーシングと前記回転体との間には、前記流出した液体の一部が流入する隙間空間が形成され、
前記隙間空間において、前記ケーシングに対向する前記回転体の表面には、前記回転体の回転軸に対して同心円状に構造体が形成されていることを特徴とする流体抵抗低減装置。
【請求項２】
前記構造体は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凸部である、請求項１に記載の流体抵抗低減装置。
【請求項３】
前記円形の凸部は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に複数形成されている、請求項２に記載の流体抵抗低減装置。
【請求項４】
前記円形の凸部の高さは、前記回転体の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されている、請求項２または請求項３に記載の流体抵抗低減装置。
【請求項５】
前記構造体は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凹部である、請求項１に記載の流体抵抗低減装置。
【請求項６】
前記円形の凹部は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に複数形成されている、請求項５に記載の流体抵抗低減装置。
【請求項７】
前記円形の凹部の深さは、前記回転体の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されている、請求項５または請求項６に記載の流体抵抗低減装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体力学的なエネルギー損失）を低減する機能を備えた流体抵抗低減装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来から、エネルギー損失を少なくして、ポンプ効率を向上させる技術が提案されている。例えば、羽根間流路内の二次流れの発生を低減して、ポンプ効率を向上させる技術が提案されている（例えば特許文献１参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１７－２１４８９７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、ポンプ効率低下の原因となる二次流れが発生するのは、羽根間流路に限られない。例えば、遠心ポンプ等のポンプ装置１００では、ケーシング１０１と羽根車１０２（回転体)との間に形成される隙間空間１０３（漏れ流路）において、二次流れ（隙間空間内における回転体の表面に沿う径方向外向きの流れ）や螺旋状の渦列が発生し、そ

れに起因した流体的なエネルギー損失が生じる（ポンプ効率が低下する）（図７参照）。そのため、このような流体抵抗（流体的なエネルギー損失）を低減させる技術の更なる開発が望まれていた。

【０００５】

本発明は、上記の課題を解決すべくなされたもので、隙間空間内における二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体力学的なエネルギー損失）を低減することのできる流体抵抗低減装置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】

【０００６】

本発明の流体抵抗低減装置は、ケーシングと、前記ケーシングの内部に収納される回転体を備える流体抵抗低減装置において、前記回転体が回転することによって、前記回転体の軸方向に沿って液体が流入し、前記回転体の径方向外向きに沿って前記液体が流出するように、前記回転体は構成され、前記ケーシングと前記回転体との間には、前記流出した液体の一部が流入する隙間空間が形成され、前記隙間空間において、前記ケーシングに対向する前記回転体の表面には、前記回転体の回転軸に対して同心円状に構造体が形成されている。

【０００７】

この構成によれば、ケーシングと回転体との間に形成される隙間空間において、ケーシングに対向する回転体の表面に、回転体の回転軸に対して同心円状に構造体が形成されているので、隙間空間内に流入した液体の二次流れ（隙間空間内における回転体の表面に沿う径方向外向きの流れ）の発生を抑制することができ、隙間空間内において螺旋状の渦列が発生するのを抑制することができる。これにより、隙間空間内における二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体的なエネルギー損失）を低減することができる。

【０００８】

また、本発明の流体抵抗低減装置では、前記構造体は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凹部であってもよい。

【０００９】

この構成によれば、回転体の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凹部により、隙間空間内に流入した液体の二次流れの発生を抑制することができる。

【００１０】

また、本発明の流体抵抗低減装置では、前記円形の凸部は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に複数形成されてもよい。

【００１１】

この構成によれば、回転体の回転軸に対して同心円状に形成された複数の円形の凸部によって、隙間空間内に流入した液体の二次流れの発生を抑制することができる。

【００１２】

また、本発明の流体抵抗低減装置では、前記円形の凸部の高さは、前記回転体の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されてもよい。

【００１３】

この構成によれば、円形の凸部の高さを前記回転体の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定することによって、隙間空間内に流入した液体の二次流れの発生を円形の凸部で抑制する効果が向上する。なお、「以下の値」とは、「同じ値、または、それより小さい値」を意味する。

【００１４】

また、本発明の流体抵抗低減装置では、前記円形の凹部は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に複数形成されてもよい。

【００１５】

この構成によれば、回転体の回転軸に対して同心円状に形成された複数の円形の凹部により、隙間空間内に流入した液体の二次流れの発生を抑制することができる。

【００１６】

また、本発明の流体抵抗低減装置では、前記円形の凹部の深さは、前記回転体の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されてもよい。

【００１７】

この構成によれば、円形の凹部の深さを前記回転体の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定することによって、隙間空間内に流入した液体の二次流れの発生を円形の凹部で抑制する効果が向上する。

【００１８】

また、本発明の流体抵抗低減装置では、前記構造体は、前記回転体の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凸部であってもよい。

【００１９】

この構成によれば、回転体の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凸部によって、隙間空間内に流入した液体の二次流れの発生を抑制することができる。

【発明の効果】

【００２０】

本発明によれば、二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体力学的なエネルギー損失）を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】本発明の実施の形態における流体抵抗低減装置（ポンプ装置）の要部を示す断面図である。

【図２】本発明の実施の形態における回転体（羽根車）の斜視図である。

【図３】本発明の実施の形態における構造体（凹部）の例を示す図である。

【図４】本発明の実施の形態における構造体（凸部）の例を示す図である。

【図５】本発明の実施の形態における流体抵抗（トルク平均値）の低減効果を示す図である。

【図６】構造体の他の例（凹部と凸部の組み合わせ）を示す図である。

【図７】ポンプ装置の隙間空間において発生する二次流れの説明図である。

【図８】羽根車の近傍で発生する渦の大きさの求め方の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

以下、本発明の実施の形態の流体抵抗低減装置について、図面を用いて説明する。本実施の形態では、遠心ポンプ等のポンプ装置として用いられる流体抵抗低減装置の場合を例示する。

【００２３】

本発明の実施の形態の流体抵抗低減装置（ポンプ装置）の構成を、図面を参照して説明する。図１は、本実施の形態のポンプ装置の要部を示す断面図である。また、図２は、本実施の形態の回転体（羽根車）の斜視図である。図１に示すように、本実施の形態のポンプ装置１では、ケーシング２、３の内部に羽根車４が収納されている。

【００２４】

図２に示すように、羽根車４には、シャフト（図示せず）が通る穴５が形成されており、穴５の周りには、液体（例えば、水など）が流入する流入口６が形成されている。また、羽根車４の側面には、液体が流出する流出口７が形成されている。羽根車４は、主板８と側板９を備えるクローズタイプの羽根車４であり、主板８と側板９との間には、複数の羽根１０（クローズ羽根）が設けられている。このようにして、羽根車４は、羽根車４が回転することによって、羽根車４の軸方向（図１における右方向）に沿って流入口６から液体が流入し、羽根車４の径方向外向き（図１における上方向）に沿って流出口７から液体が流出するように構成されている。

【００２５】

また、図１に示すように、本実施の形態のポンプ装置１では、ケーシング２、３と羽根車４との間に、流出口７から流出した液体の一部が流入する隙間空間１１が形成されてい

る。そして、図１および図２に示すように、ケーシング２、３に対向する羽根車４の表面には、羽根車４の回転軸に対して同心円状に構造体１２が形成されている。

【００２６】

図３は、本実施の形態の構造体１２（凸部）の例を示す図である。図３の例では、羽根車４の主板８と側板９の表面（ケーシング２、３に対向する側の表面）に、羽根車４の回転軸に対して同心円状の凸部１２（円形の凸部）がそれぞれ形成されている。この場合、円形の凸部１２の高さは、羽根車４の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されることが好ましい。すなわち、円形の凸部１２の高さは、羽根車４の近傍で発生する渦の大きさと同じ値、または、それより小さい値に設定されることが好ましい。なお、図３の例では、１つの円形の凸部１２が、羽根車４の主板８と側板９の表面に形成されているが、本発明の範囲はこれに限定されない。１つの円形の凹部１２が、羽根車４の主板８と側板９の表面に形成されてもよい。その場合、円形の凹部１２の深さは、羽根車４の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されることが好ましい。

【００２７】

図４は、本実施の形態の構造体１２（凸部）の例を示す図である。図４の例では、羽根車４の主板８と側板９の表面（ケーシング２、３に対向する側の表面）に、羽根車４の回転軸に対して同心円状の３つの凸部１２（円形の凸部）がそれぞれ形成されている。なお、図４の例では、３つの円形の凸部１２が、羽根車４の主板８と側板９の表面に形成されているが、本発明の範囲はこれに限定されない。円形の凸部１２は、羽根車４の主板８と側板９の表面に、同心円状に２つあるいは４つ以上形成されてもよい。この場合、円形の凸部１２の高さは、羽根車４の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されることが好ましい。また、複数の円形の凹部１２が、羽根車４の主板８と側板９の表面にそれぞれ同心円状に形成されてもよい。その場合、円形の凹部１２の深さは、羽根車４の近傍で発生する渦の大きさ以下の値に設定されることが好ましい。

【００２８】

構造体１２のスケール（凸部の高さや凹部の深さ）は、次のようにして求めることができる。例えば、図８に示すように、隙間空間（漏れ流路）の中間位置までの距離Ｒとそこでの周方向速度を、羽根車４の半径長さR_dと隙間空間（漏れ流路）の高さｈのアスペクト比h/R_dで補正した値を各々代表長さＬと代表速度Ｕとして使用し、渦の大きさｓを予測する。ここで、無次元定数s^+は、３００～５００になるように設定する。そして、予測した値（渦の大きさ）を基準値として使用して、構造体１２のスケール（凸部の高さや凹部の深さ）をそれ以下の値となるように設定する。

【００２９】

図５は、本実施の形態のポンプ装置１の流体抵抗（トルク平均値）の低減効果を示す図である。図５において、実施例１－１は、図３の構造体１２の例に対応する。すなわち、構造体１２は凸部であり、構造体１２の数は１つであり、構造体１２は径方向の中央位置に配置されている。この実施例１－１のトルク平均値は、９．０４×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０６×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３０】

実施例１－２は、実施例１－１の構造体１２が径方向外側に設けられた例に対応する。すなわち、構造体１２は凸部であり、構造体１２の数は１つであり、構造体１２は径方向の外側に配置されている。この実施例１－２のトルク平均値は、９．０４×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０６×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３１】

実施例１－３は、実施例１－１の構造体１２が径方向内側に設けられた例に対応する。すなわち、構造体１２は凸部であり、構造体１２の数は１つであり、構造体１２は径方向の内側に配置されている。この実施例１－３のトルク平均値は、９．０７×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０３×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗

（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３２】

実施例１－４は、図４の構造体１２の例に対応する。すなわち、構造体１２は凸部であり、構造体１２の数は３つであり、構造体１２は径方向の内側と中央位置と外側に配置されている。この実施例１－４のトルク平均値は、９．０３×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０７×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３３】

実施例１－５は、実施例１－４の構造体１２に対して径方向外側の凸部が１つ削除された例に対応する。すなわち、構造体１２は凸部であり、構造体１２の数は２つであり、構造体１２は径方向の内側と中央位置に配置されている。この実施例１－５のトルク平均値は、９．０４×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０６×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３４】

実施例２－１は、実施例１－１の構造体１２が凹部で構成された例に対応する。すなわち、構造体１２は凹部であり、構造体１２の数は１つであり、構造体１２は径方向の中央位置に配置されている。この実施例２－１のトルク平均値は、９．０４×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０６×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３５】

実施例２－２は、実施例２－１の構造体１２に対して径方向外側に凹部が１つ追加された例に対応する。すなわち、構造体１２は凹部であり、構造体１２の数は２つであり、構造体１２は径方向の中央位置と外側位置に配置されている。この実施例２－２のトルク平均値は、９．０９×１０$^{-3}$Ｎｍであり、構造体１２が形成されていない比較例に比べて、０．０１×１０$^{-3}$Ｎｍの流体抵抗（トルク平均値）の低減効果が得られた。

【００３６】

以上のとおり、本実施の形態のポンプ装置１によれば、ケーシング２、３と羽根車４との間に形成される隙間空間１１において、ケーシング２、３に対向する羽根車４の表面に、羽根車４の回転軸に対して同心円状に構造体１２が形成されているので、隙間空間１１内に流入した液体の二次流れ（隙間空間１１内における羽根車４の表面に沿う径方向外向きの流れ）の発生を抑制することができ、隙間空間１１内において螺旋状の渦列が発生するのを抑制することができる。これにより、隙間空間１１内における二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体的なエネルギー損失）を低減することができ、ポンプ効率を向上させることができる。

【００３７】

本実施の形態では、羽根車４の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凹部１２により、隙間空間１１内に流入した液体の二次流れの発生を抑制することができる。この場合、円形の凹部１２の深さを羽根車４の近傍で発生する渦の大きさ以下に設定すると、隙間空間１１内に流入した液体の二次流れの発生を、円形の凹部１２で抑制する効果が向上する。

【００３８】

また、羽根車４の回転軸に対して同心円状に形成された円形の凸部１２によって、隙間空間１１内に流入した液体の二次流れの発生を抑制することができる。この場合、円形の凸部１２の高さを羽根車４の近傍で発生する渦の大きさ以下に設定すると、隙間空間１１内に流入した液体の二次流れの発生を、円形の凸部１２で抑制する効果が向上する。

【００３９】

以上、本発明の実施の形態を例示により説明したが、本発明の範囲はこれらに限定されるものではなく、請求項に記載された範囲内において目的に応じて変更・変形することが可能である。

【００４０】

例えば、以上の説明では、羽根車４が、主板８と側板９を備えるクローズタイプの羽根車４である場合について説明したが、羽根車４は、主板８のみを備える（側板９を備えない）オープンタイプの羽根車４であってもよい。その場合、同心円状の構造体１２（凹部や凸部）は、主板８の表面（ケーシング２、３に対向する側の表面）に形成することができる。

【００４１】

また、以上の説明では、同心円状の構造体１２が、凹部か凸部のいずれかである場合について説明したが、例えば、図６に示すように、同心円状の構造体１２は、凹部と凸部を組み合わせた構造であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【００４２】

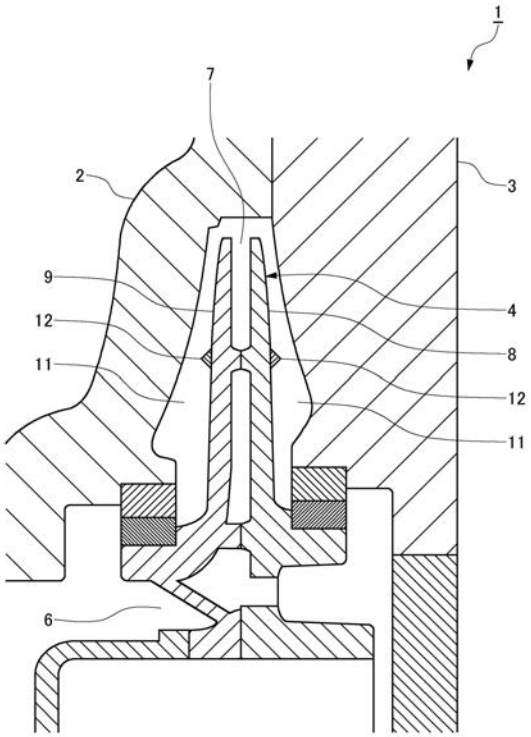
以上のように、本発明にかかる流体抵抗低減装置は、二次流れや螺旋状の渦列に起因する流体抵抗（流体力学的なエネルギー損失）を低減することができるという効果を有し、遠心ポンプ等のポンプ装置として用いられ有用である。

【符号の説明】

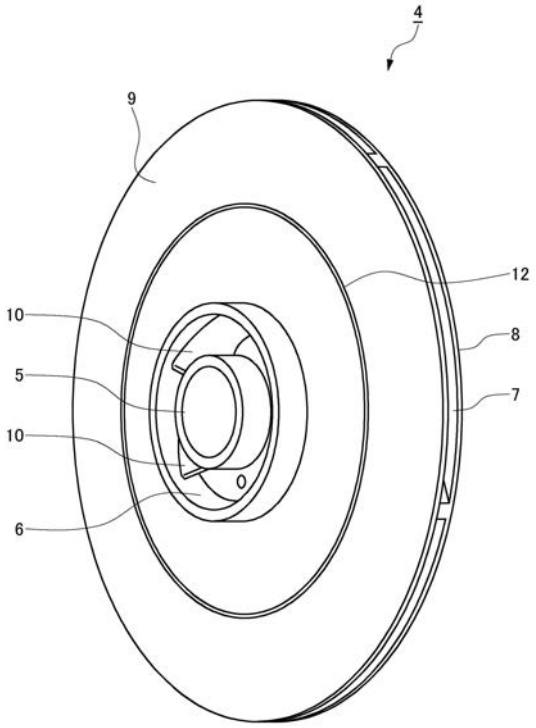
【００４３】

１　流体抵抗低減装置（ポンプ装置）
２　ケーシング
３　ケーシング
４　回転体（羽根車）
５　穴
６　流入口
７　流出口
８　主板
９　側板
１０　羽根
１１　隙間空間
１２　構造体（凹部、凸部）

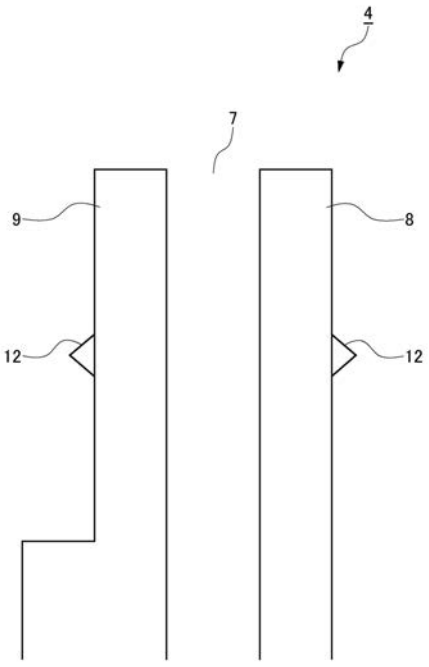
【図１】


1
7
2
3
9
4
12
8
11
12
11
6

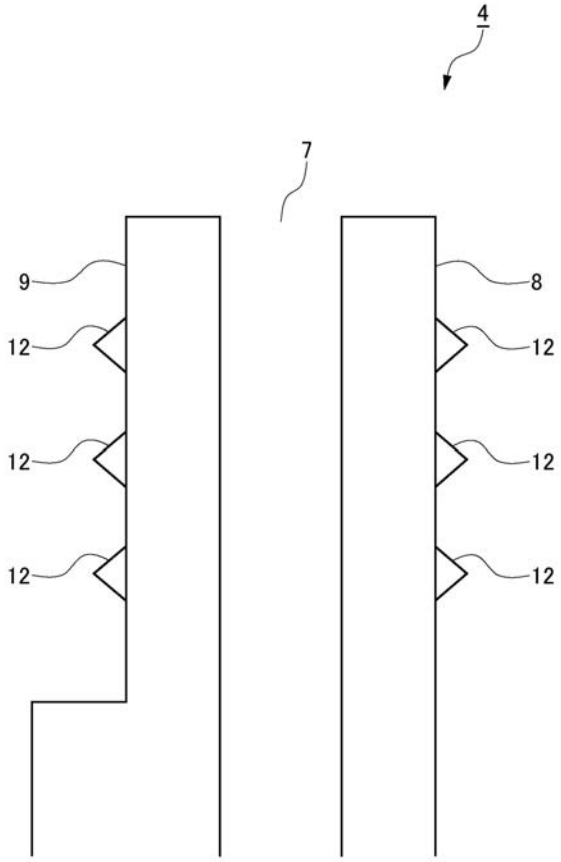
【図２】


4
9
12
10
8
5
7
10
6

【図３】


4
7
9
8
12
12

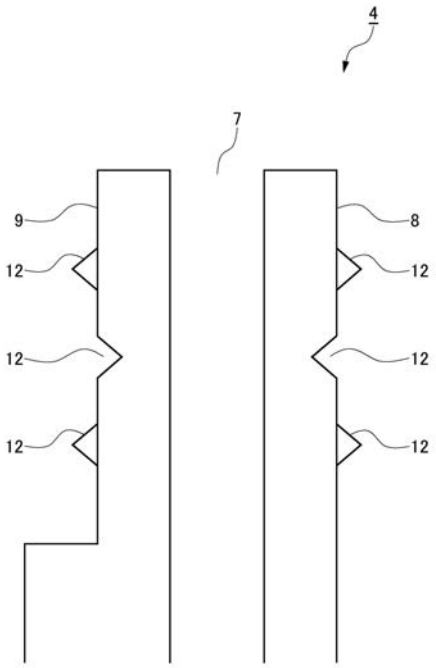
【図４】


4
7
9
8
12
12
12
12
12
12

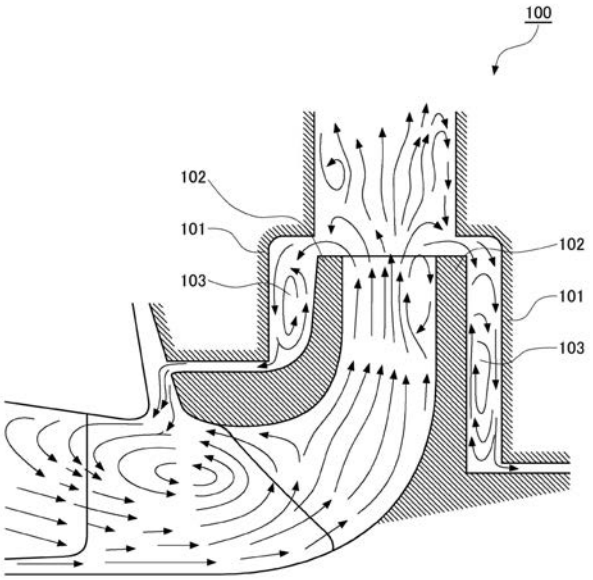
【図５】

	構造体	数	配置	トルク平均値[Nm]
実施例1-1	凸部	1	中	9.04×10^{-3}
実施例1-2	凸部	1	外	9.04×10^{-3}
実施例1-3	凸部	1	内	9.07×10^{-3}
実施例1-4	凸部	3	内・中・外	9.03×10^{-3}
実施例1-5	凸部	2	内・中	9.04×10^{-3}
実施例2-1	凹部	1	中	9.04×10^{-3}
実施例2-2	凹部	2	中・外	9.09×10^{-3}
比較例	なし	−	−	9.10×10^{-3}

【図６】



【図７】



【図８】

定数$s+$が300～500になる値を渦の大きさsとして予測し、凸部と凹部のスケールを決める。

$$s=\frac{s+v}{U}Re^{0.06}$$

ここで、v：動粘性係数、U：代表速度、Re：レイノルズ数$\frac{UL}{v}$

・代表速度 $U=A(\Omega\times R)$の決め方

・R：符号4（回転体）の軸中心から符号8又は9（主板又は側板）の中間位置までの距離。

・A：アスペクト比（h/R_d）、

h：符号4（回転体）の中間位置における符号11（隙間空間）の高さ

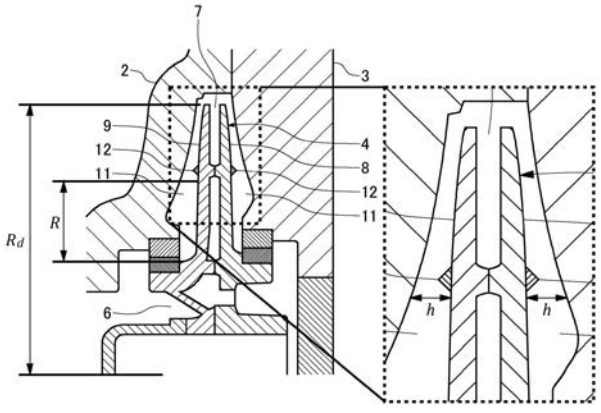
R_d：符号4（回転体）の半径

・Ω：符号4（回転体）の角速度

・R：図1の軸の中心から符号4（回転体）の中間位置までの距離。

・代表長さLの決め方

・$L=A\times$R



フロントページの続き

(74)代理人 100131451
弁理士 津田 理
(74)代理人 100167933
弁理士 松野 知紘
(74)代理人 100174137
弁理士 酒谷 誠一
(74)代理人 100184181
弁理士 野本 裕史
(72)発明者 安 炳辰
東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内
(72)発明者 能見 基彦
東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内
(72)発明者 大渕 真志
東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内
(72)発明者 梶島 岳夫
大阪府吹田市山田丘１番１号 国立大学法人大阪大学内
(72)発明者 竹内 伸太郎
大阪府吹田市山田丘１番１号 国立大学法人大阪大学内
(72)発明者 岡林 希依
大阪府吹田市山田丘１番１号 国立大学法人大阪大学内
Ｆターム(参考) 3H130 AA02 AB22 AB46 AC30 BA07C BA66C CB06 EB01C EB05C