

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7198770号
(P7198770)

(45)発行日 令和5年1月4日(2023.1.4)

(24)登録日 令和4年12月21日(2022.12.21)

(51)国際特許分類	F I
B 6 3 H 1/18 (2006.01)	B 6 3 H 1/18
B 0 1 D 19/00 (2006.01)	B 0 1 D 19/00 1 0 1
F 1 5 B 21/047 (2019.01)	F 1 5 B 21/047

請求項の数 15 (全20頁)

(21)出願番号	特願2019-556923(P2019-556923)	(73)特許権者	506093452
(86)(22)出願日	平成30年4月20日(2018.4.20)		ニューサウス イノベーションズ ピー ティーワイ リミテッド
(65)公表番号	特表2020-517433(P2020-517433 A)		オーストラリア国 2 0 5 2 ニューサウ スウェールズ、シドニー、ユニバーシ ティー オブ ニューサウスウェールズ、パ ーカー ストリート ゲート 1 4、ルバ ート マイヤーズ ビルディング
(43)公表日	令和2年6月18日(2020.6.18)	(73)特許権者	320003437
(86)国際出願番号	PCT/AU2018/050361		アントニー、ジョン ジョゼフ
(87)国際公開番号	WO2018/191790		オーストラリア連邦 3 2 2 0 ビクトリ ア、ジーロング、ライリー ストリート 5 / 1 5 3
(87)国際公開日	平成30年10月25日(2018.10.25)	(74)代理人	110000855
審査請求日	令和3年4月12日(2021.4.12)		弁理士法人浅村特許事務所
(31)優先権主張番号	2017901468		最終頁に続く
(32)優先日	平成29年4月21日(2017.4.21)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	オーストラリア(AU)		

(54)【発明の名称】 キャピテーションの防止

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の流体に対して相対的に移動する面のキャピテーションを低減させる方法であって、
少なくとも一部が脱気された第 2 の流体を、前記第 2 の流体により前記面に境界層が形
成されるように前記面に向けて流す段階を含み、

それにより前記境界層は、前記面でのキャピテーションを起こすのに必要な負圧を少な
くとも部分的に増加させ、前記相対的移動の間のキャピテーションの発生を低減させ、
前記第 1 の流体が海水であり、前記第 2 の流体が脱気された海水である、方法。

【請求項 2】

前記第 2 の流体は、前記第 2 の流体のガス平衡形態に対して 5 0 % 超に脱気される、請
求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

前記第 2 の流体は、前記第 2 の流体のガス平衡形態に対して 8 0 % 超に脱気される、請
求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 の流体は、第 1 の体積流量で前記面に向けて流される、請求項 1 から請求項 3
までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 2 の流体は、前記境界層を形成するために、パルス流を用いて前記面に周期的に
流される、請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の方法。 20

【請求項 6】

前記第 2 の流体は、前記面に関する低圧領域に流される、請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 2 の流体は、前記第 1 の流体に開いた出口を有する導管を通して供給される、請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記面は、プロペラ、水中翼船、羽根車、ピストン、弁本体、制御弁、オリフィスまたは配管のうち少なくとも 1 つに配置されるか、またはその一部を形成する、請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 9】

前記境界層を形成するために前記面に向けて流される第 2 の流体の前記流れを制御するために流量制御装置を作動させる段階をさらに含む、請求項 1 から請求項 8 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

第 1 の流体に対して相対的に移動する面のキャビテーションを低減させるためのシステムであって、

第 2 の流体を少なくとも一部を脱気するように構成された脱気装置と、

前記脱気装置と連通し、前記少なくとも一部が脱気された第 2 の流体を収容するように構成された貯蔵槽であって、前記第 2 の流体を前記面に向けて流すように配置された出口を有する貯蔵槽とを備え、

20

前記システムは、前記少なくとも脱気された第 2 の流体を前記面に向けて流すことにより前記面に境界層を形成するように構成され、それにより前記境界層は、前記面でのキャビテーションを起こすのに必要な負圧を少なくとも部分的に増加させ、前記相対的移動の間のキャビテーションの発生を低減させるように適合されており、
前記第 1 の流体が海水であり、前記第 2 の流体が脱気された海水である、システム。

【請求項 11】

前記脱気装置は、前記第 2 の流体のガス平衡形態に対して 50% 超に前記第 2 の流体を脱気するように構成されている、請求項 10 に記載のシステム。

30

【請求項 12】

前記脱気装置は、前記第 2 の流体のガス平衡形態に対して 80% 超に前記第 2 の流体を脱気するように構成されている、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記システムは、前記第 2 の流体を第 1 の体積流量で前記面に向けて流すように構成されている、請求項 10 から請求項 12 までのいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 14】

前記出口が、使用中前記面に関する低圧側に位置付けられる、請求項 10 から請求項 13 までのいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 15】

前記面に向けて流される第 2 の流体の流量を制御するために前記貯蔵槽に連通する流れ制御装置をさらに備える、請求項 10 から請求項 14 までのいずれか一項に記載のシステム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば羽根車、プロペラ、水中翼船、噴射水取り入れ口、ピストン、パイプおよび制御弁など、流体に対して移動する面におけるキャビテーションを低減させるための方法およびシステムに関するものである。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

キャビテーションは、油圧系に作用する力の結果に起因する、油圧系における蒸気の空洞の形成である。キャビテーションは一般に、局所的圧力が、流体の飽和蒸気圧、すなわち特定の温度での流体の張力によって与えられる値をはるかに下回るまで十分に下がったときに起こる。キャビテーションの始まりが生じるためには、蒸気の空洞はたいいてい、それらが凝集する面を必要とする。このような面は、コンテナ、パイプまたは弁の側面によって、流体中の不純物によって、または流体中の小さな溶解しなかった微泡によって提供される場合がある。より高い圧力を受けたとき、この空洞は急激に内側に向かって破裂し、強烈な衝撃波を生成する可能性がある。

【 0 0 0 3 】

キャビテーションは、流体伝達の効率に影響を与え、一般に油圧系における材料の劣化を招く。流体汲み上げ施設は、配管を通る一様な流体流れを保証するためにキャビテーションを防止するように設計される。キャビテーションはまた、水中翼船およびプロペラに対するキャビテーション作用により、高速の外洋航行船における速度制限の主な原因でもある。

【 0 0 0 4 】

キャビテーションはまた、油圧系の材料に摩耗を生じさせる場合もある。キャビテーション摩耗のほとんどの一般的な例は、ポンプ羽根車、プロペラ、および流れの方向の急激な変化が生じる流体回路内の湾曲部に対するものである。例えば、羽根車またはプロペラのブレードが流体の中で移動するとき、流体がブレードの周りで加速し、ブレードを通過して移動するため低圧が形成される。ブレードが素早く動くほど、圧力は低くなる可能性がある。所与の温度で圧力が流体の蒸気圧に達したとき、流体は蒸発し、気体の小泡を形成する。このような泡が合体したとき、結果として生じる合体した泡がつぶれる / 内側に向かって破裂し、これにより材料に対して摩耗を生じさせる可能性のある強烈なキャビテーション衝撃波を生成する場合がある。

【 0 0 0 5 】

キャビテーションの有害な作用を緩和するための製造業による主な手法は、作動条件、キャビテーションの発生を抑えるシステムの幾何学的設計、またはキャビテーションによって生じる摩耗に抵抗するための強固な材料の使用を選択することである。例えば遠心力ポンプの最大シャフト速度は典型的には、羽根車またはプロペラのブレードにキャビテーションが生じないことを保証するように制限される。

【 0 0 0 6 】

従来技術が本明細書に参照された場合、そのような参考文献は、その従来技術が、オーストラリアで、または任意の他の国で当分野における共通の一般的知識の一部を形成する資格を成してはいないことを理解されたい。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

第1の流体に対して相対的に移動する面のキャビテーションを低減させる方法が開示される。この方法は、少なくとも一部が脱気された第2の流体を、第2の流体により面に境界層が形成されるように面に向けて流す段階を含む。境界層は、面でのキャビテーションを起こすのに必要な負圧を少なくとも部分的に増加させ、相対的移動の間のキャビテーションの発生を低減させる。

【 0 0 0 8 】

驚くべきことに、面に向かう脱気された流体は、その面におけるキャビテーションを低減させることができることが観察された。第1の流体中の溶解した無極性の気体分子の存在により、第1の流体中に凝集場所（サイト）が生じる可能性がある。水性和非水性的の両方の流体が同様の結果を示し、それに加えて無極性流体は、水に対して気体を溶解させる高い能力を有する。したがって第2の流体を脱気することは、脱気流体の境界層を面に提供することによって、気体由来の凝集場所の数を削減するのを助けることもできる。よっ

10

20

30

40

50

て、脱気された境界層を提供することは、面と第1の流体の相對運動の間のキャビテーションを軽減する、またはさらには完全に阻止するのに役立つことができる。

【0009】

面が、外洋航行船を進ませるのに使用されるプロペラの一部を形成する場合、この方法は、船の性能および効率を大いに改善するのに役立つ場合がある。同じことが、制限オリフィスおよび弁を通してポンプで使用される羽根車またはピストンの面、噴射水取り入れ口および水中翼船の面におけるキャビテーションを低減させるのにも適用できる。弁およびオリフィスは、例えば精製所または発電所などの工場、あるいは車両の燃料系および潤滑系ならびにプリンタで使用されるものなどの噴射システムに対応付けられる場合もある。方法は、そのような相對運動の間の劣化および摩耗を少なくとも低減させるのを助ける

10

【0010】

キャビテーション中に形成される空洞の消失は、流体を通して衝撃波を送る。キャビテーションの大きさに応じて、これは有意な大きさの騒音を生じる場合がある。キャビテーションを低減させる、またはなくすことは、使用中の面に関連する騒音も減らす可能性がある。このことは、快適さの理由のために有用であり得るが、戦略的利点を満たす場合もある。例えば、潜水艦は、検知を阻止するために、可能な限り小さい音しか出さないように設計される。したがって開示される方法は、例えば潜水艦または他の海軍艦艇のプロペラに関連するキャビテーションの騒音を低減させるのに役立つ場合がある。

【0011】

第1の流体に対して相対的に動く「面」という用語が利用される場合、第1の流体を通り過ぎる面の動き、または面を通り過ぎる第1の流体の動き、あるいはその両方を含めることを理解されたい。前者では、第1の流体は、静止している場合、または流れている場合がある。後者の場合、面は、例えばパイプ、弁の側壁など、所定の位置に固定されてもよい。別の代替の一実施形態では、面と流体の両方が動いている（例えば、互いに対して異なる速度で、異なる方向でなど、すなわち燃料噴射器）。

20

【0012】

この方法は、また流れの分離および/または通気を最小限にする、遅らせる、または阻止するのに使用されてもよい。流れの分離および通気は各々、キャビテーションによってもたらされる、または最低限でもキャビテーションによって促進されると考えられている。流れの分離は、例えば水中翼船など、翼部分の迎え角が、流体流れが前縁のすぐ後でブレード面を離れる、したがって水によって囲まれたエアギャップを有する空隙を後に残すのに十分に大きい場合である。通気は、例えば水中翼船または噴射水取り入れ口などの面と、面の上を流れる流体との間に空気のトンネルが形成される場合である。水中翼船など水面下で動く面の場合、キャビテーションに加えて流体分離と通気の両方が生じる場合がある。境界層を設けることは、流体分離および/または通気を低減させる、および/またはなくすのに役立つ場合がある。このことは、そうでなければそのような現象に関連付けられる面の利用効率を改善する助けとなり得る。

30

【0013】

一実施形態において、第2の流体は、第2の流体のガス平衡形態に対して50%を超えて、例えば60%、70%、80%または90%を超えて脱気されてよい。一部の実施形態では、第2の流体の脱気のレベルは、第1の流体に関連している。一部の実施形態では、第2の流体は、95%を超えて脱気されてもよい。一般に、脱気されるパーセンテージが高くなる程、キャビテーションを生じる（例えば形成、開始および空洞の促進など）のに必要とされる負圧が大きくなる。例えば、80%脱気された流体についてキャビテーションを形成するのに、およそ5気圧の理論的負圧が必要とされ、90%脱気された流体についてキャビテーションを形成するのにおよそ10気圧の理論的負圧が必要とされ、99%脱気された流体についてキャビテーションを形成するのにおよそ100気圧の理論的負圧が必要とされる可能性がある。必要とされる脱気の量は、生じさせる負圧によって決まる。しかしながら一般的にはそれほど多くない量の脱気しか必要とされない可能性がある

40

50

ことが観察される。

【 0 0 1 4 】

脱気の量は、面が利用される用途によって決定されてよい。例えばポンプで使用される羽根車は、高 R P M で作動する 경우가多く、ポンプの低圧側に有意な低圧を生成し得る。プロペラ、羽根車、ピストンおよび弁などの面に対する流体流れは、キャビテーションを阻止するための作動パラメータの範囲内で実施されることが多いため、開示される方法は、このような作動条件を改善するのに役立つ場合がある。例えば、ポンプ内の羽根車または船にあるプロペラを、より高い R P M で作動させることが可能な場合もあり、ブレードが、固定された R P M でより高い迎え角に配向される場合もあり、またはプロペラシャフトが、キャビテーションが生じないうちは船の速度に対してより大きな角度になる場合もある。

10

【 0 0 1 5 】

第 2 の流体は、第 1 の体積流量で面に向けることができる。第 1 の流体は、第 2 の体積流量で相対的に移動することができる。一部の実施形態では、第 1 の体積流量は、第 2 の体積流量の 5 0 % までであってよい。一部の実施形態では、第 1 の体積流量は、第 2 の体積流量のおよそ 5 ~ 2 0 %、例えば約 1 0 ~ 1 5 % であってよい。一部の実施形態では、第 1 の体積流量は、第 2 の体積流量の 1 0 % 未満である場合もある。境界層は、一部の実施形態では薄い層を形成することしか必要としないことから、より少ない体積流量の第 2 の脱気された流体を利用することができることが観察された。一部の実施形態では、第 2 の流体は、境界層を形成するために、パルス式の流れを用いて面に周期的に流されてもよい。第 2 の流体は、わずかに高められた正圧の下でパルス式に送られてよい。第 2 の流体は、面に対応付けられた低圧領域に流されてよい。

20

【 0 0 1 6 】

第 2 の流体の必要とされる体積流量は、境界層の体積によって決定することができる。第 2 の流体の体積流量は一般に、境界層を維持することができるようなものにする必要がある。境界層は静止していないため、少なくとも一部脱気された第 2 の流体によってそれを補充する必要がある。したがって第 2 の流体の体積流量は、境界層を補充する必要がある割合によって決定することができる。面は、例えばプロペラブレードの表面積など関連する表面積を有する。境界層の厚さ、および境界層を形成するのに必要とされる水の体積は、以下の式

30

【数 1】

$$\frac{\delta}{x} = \frac{5}{\sqrt{Re}}$$

を用いて、レイノルズ数によって与えることができる。

この場合、 δ は、境界層の厚さであり、 x は、 δ が計算された面の縁部からの距離であり、 Re は、レイノルズ数である。レイノルズ数は、例えばプロペラのブレードなど平坦な面の上の流れの速度の尺度である。境界層の厚さおよび境界層を補充する必要がある割合は、第 2 の流体の体積流量を計算するのに使用することができる。しかしながら境界層の厚さ、および第 2 の流体の体積流量などのその他の関連する流体力学パラメータを求めるのに最適な方法は、例えば水中翼船の面とプロペラの面など面のタイプおよび用途によって決まる。

40

【 0 0 1 7 】

一実施形態において、第 2 の流体は、第 1 の流体に開いた出口を有する導管を通して供給できる。導管は、複数の出口を有してよい。複数の出口は、境界層を形成するために第 2 の流体の供給に使用できる。導管は、面に対応付けられた低圧側に位置付けできる。面は、プロペラ、水中翼船、羽根車、弁本体、制御弁、オリフィス、配管、チャネルなど的一部分を形成してよい、またはそれらのうちの少なくとも 1 つであってよい。このようにして、本方法は一般に、広範な種類の幾何学形状についての広範な種類の用途において

50

キャビテーションを最小限にする、または阻止するのに使用されてよい。

【 0 0 1 8 】

時計周りの方向と反時計周りの両方向に回転させることができるプロペラおよび羽根車などの面の場合、プロペラまたは羽根車の低圧側は、その回転の方向によって決まる。プロペラまたは羽根車に関連するシャフトに沿って軸方向でプロペラまたは羽根車のいずれかの側に配置された導管が存在してよい。弁は、第2の流体を低圧側に流すために導管と連通してよい。あるいは、出口は、プロペラ、水中翼船または羽根車と一体式であってもよい。例えばプロペラが各ブレードに内部導管を有する場合があります、一連の出口が、各ブレードまたは水中翼船の低圧側の前縁に、またはその付近に位置付けされる場合もある。

【 0 0 1 9 】

一実施形態において、第2の流体は、第1の流体の脱気された形態であってよい。この方法において、第2の流体が面に向けられる場合、第1の流体は、第2の流体によって容易に置き換えられてよい。第1の流体および/または第2の流体は、水溶液（複数可）であってよい。第1の流体および/または第2の流体は、非水溶液（複数可）であってよい。非水溶液は、低温流体、液体酸素、水素、アンモニアなどの液化ガスを含んでよい。水溶液は、海水であってもよい。水溶液は、淡水であってもよい。非水性流体は、炭化水素ベースであってもよい。第2の流体は、特定の割合の第1の流体を含んでもよい（例えば第2の流体は、第1の流体の一部と混合されてもよい）。

【 0 0 2 0 】

一実施形態において、方法は、境界層を形成するために面に向けられる第2の流体の流れを制御するために流量制御装置を作動させることをさらに含んでよい。流量制御装置は、弁および/またはポンプである場合、ならびに/あるいはコンピュータに対応付けられたコンピュータ論理によってプログラム可能である場合もある。第1および/または第2の体積流量を求めるのにセンサが使用されてよい。センサは流量制御装置と通信してよい。圧力センサを使用して、面の低圧側および高圧側に関連する圧力（複数可）を測定し、その位置を特定する場合もある。流量制御装置は、圧力センサと通信してもよい。

【 0 0 2 1 】

また、上記に記載されるような方法を用いて作動される船も開示されている。船は、例えばボート、ヨット、貨物船、海軍船舶または潜水艦などの外洋航行（または淡水）船であってよい。船は、水中翼船を有してもよい。この方法を使用して、水中翼船、プロペラ、羽根車および船に対応付けられた噴射水取り入れ口におけるキャビテーションを最小限にすることができる。

【 0 0 2 2 】

また、第1の流体に対して相対的に移動する面におけるキャビテーションを低減させるためのシステムも開示されている。システムは、第2の流体を少なくとも一部を脱気するように構成された脱気装置を備える。貯蔵槽は脱気装置と連通している。貯蔵槽は、少なくとも一部が脱気された第2の流体を収容するように構成されている。貯蔵槽はまた、第2の流体を面に向けるための出口も有する。システムは、面に境界層を形成するために少なくとも一部脱気された第2の流体を面に向けるように構成されている。境界層は、そのような相対運動の間のキャビテーションの発生を低減させるために、面のキャビテーションが起こるのに必要とされる負圧を少なくともある程度高めるように適合されている。

【 0 0 2 3 】

脱気装置は、第2の流体を50%を超えて、例えば80%を超えて脱気するように構成されてよい。脱気装置は、第2の流体をおよそ10,000L/時間の速度で50%を超えて脱気するように構成されてよい。一部の実施形態では、脱気装置は、10,000L/時間を超える脱気流体を生成する。一部の実施形態では、脱気装置は、10,000L/時間未満の脱気流体を生成する。例えば脱気装置は、1,000L/時間の99.5%の脱気流体を生成してよい。脱気装置の出力率は、必要とされる脱気率に概ね反比例するため、必要とされる脱気のレベルが低下する際、脱気装置が生成することができる脱気流体の量は増大してよい。脱気装置は、真空システムを備えてよい。第2の流体から取り出

10

20

30

40

50

した気体は、リサイクルされてよい、または例えば燃料セルにおける供給原料として使用されてもよい。例えばそのようなリサイクルまたは再利用は、潜水艦などの閉鎖システムにおいて実施されてよい。

【 0 0 2 4 】

脱気装置は、（疎水性の）中空の繊維の薄膜を含んでよい。脱気装置は、継続的な流れ脱気装置であってよい。このことは、脱気された第 2 の流体の一定の供給が面に向けることを保証するのに役立つ場合がある。貯蔵槽は、脱気装置と一体式であってよい。例えば、貯蔵槽は、脱気装置の出口に接続されたパイプであってよい。貯蔵槽がタンクである実施形態の場合、真空システムが設けられることで、貯蔵槽に蓄えられた脱気流体が、真空下に維持され、所定の値で、例えば 80 % 以上脱気されたままであることを保証することができる。一部の実施形態では、所望される脱気レベルを維持するために、貯蔵槽と併せて凍結装置が使用されて、少なくとも一部脱気された流体の頂部に凍結した層を形成する場合もある。一部の実施形態では、脱気装置は、遠心脱気装置を含んでもよい。

10

【 0 0 2 5 】

システムは、第 2 の流体を第 1 の体積流量で面に向けるように構成されてよい。第 1 の流体は、第 2 の体積流量で面に向けるように構成されてよい。第 1 の体積流量は、第 2 の体積流量の 50 % までであってよい。

【 0 0 2 6 】

出口は、使用中に面に対応付けられる低圧側に位置付けられてよい。面は、プロペラ、水中翼船または羽根車のうちの少なくとも 1 つであってよい。面は、オリフィスまたは制御弁に対応付けられてもよい。出口は、プロペラ、水中翼船、羽根車またはオリフィスに（例えばその一部として）設けられてもよい。出口は、導管の一端に向けて設けられてよい。出口は、複数の出口を含んでもよい。複数の出口は、導管の長手方向軸線または遠心力の軸線に沿って位置付けられてよい。

20

【 0 0 2 7 】

システムは、使用中の第 2 の流体の供給流量を制御するために貯蔵槽と連通する流量制御装置をさらに備えてよい。流量制御装置は、弁および/またはポンプであってよい、ならびに/あるいはコンピュータに対応付けられたコンピュータ論理によってプログラム可能であってよい。第 1 および/または第 2 の体積流量を測定するのにセンサが使用されてもよい。センサは流量制御装置と通信してよい。圧力センサを使用して、面の低圧側および高圧側に関連する圧力（複数可）を求める場合もある。流量制御装置は、圧力センサと通信してもよい。流量制御装置は、出口に対応付けられた可変絞り弁などの弁であってよい。流量制御装置は、パルス式の流量を利用することで、脱気流体を継続的におよび/または周期的に面に供給することを可能できる。

30

【 0 0 2 8 】

また第 1 の流体に対して相対運動する面におけるキャビテーションを低減させるためのシステムも開示されている。システムは、第 2 の流体を脱気するための脱気装置と、第 2 の流体を保持し、脱気装置と連通する貯蔵槽と、第 2 の流体を面に向けるために貯蔵槽と連通する出口とを備える。

【 0 0 2 9 】

また上記に記載したようなシステムを備える船も開示されている。船は上記に記載したような方法を利用して作動されてよい。

40

【 0 0 3 0 】

添付の非制限的な図面を参照して単なる一例として実施形態を次に記載する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 1 】

【図 1】プロペラの面におけるキャビテーションを低減させるためのシステムの一実施形態を示す図である。

【図 2】脱気された流体なしで、面が第 1 の流体に対して動かされる場合の図 1 のシステムを示す図である。

50

【図 3】脱気された流体の存在下で、面が第 1 の流体に対して動かされる場合の図 1 のシステムを示す図である。

【図 4】面におけるキャピテーションを低減させるためのシステムの一実施形態の側面図である。

【図 5】面におけるキャピテーションを低減させるためのシステムの一実施形態を示す図である。

【図 6】所与の圧力での理論上の水のキャピテーションレベルを表すグラフを示す図である。

【図 7】ゼロスリップ境界状態の概略図である。

【図 8】10 秒後の、最初に完全に脱気された、静止した水の膜への大気ガスの拡散の後の脱気レベルを示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0032】

図 1 は、面におけるキャピテーションを低減させるためのシステム 10 を示す。図 1 では、面は、プロペラブレード 22 の形態である。ブレード 22 は、シャフト 24 に接続される。シャフト 24 は、ブレード 22 を駆動するためにエンジンまたはモータに接続される（図示せず）。シャフト 24 の回転が、ブレード 22 を回転させ、この回転が面と第 1 の流体の相対運動を生じさせる。第 1 の流体は、シャフト 24 およびブレード 22 を全体的に取り囲む流体である。面がパイプの内側面である場合などの一部の実施形態では、相対運動は、パイプの内側面を通り過ぎる第 1 の流体の移動によって、すなわちパイプは静止しており、第 1 の流体が移動することによって実現される。図 1 の実施形態では、第 1 の流体は、水であるが、炭化水素などの他の流体も使用される場合がある。

20

【0033】

システム 10 はまた、第 2 の流体を脱気するための脱気装置 12 も有する。図 1 の実施形態では、第 2 の流体は水であるが、炭化水素、作動液または冷媒などの他の流体が使用される場合もある。脱気装置 12 は、導管 13 の形態の入口を有する。このケースでは第 1 の流体と同じ流体であるガス化された水が導管 13 を経由して脱気装置 12 に通される。水が少なくとも一部脱気されると、それはその後導管 16 を通って貯蔵槽 14 に通される。貯蔵槽 14 は、特定の量の脱気された水を収容するように構成されている。脱気された、少なくとも一部脱気された、および一部脱気されたなどの用語は、第 2 の流体を記述するためにこの開示を通して区別なく使用される。

30

【0034】

貯蔵槽 14 は任意選択で、所定の量の脱気を維持するシステム（図示せず）に取り付けられてよい。一部の実施形態では、貯蔵槽 14 には、システム 10 が使用されないとき、脱気された水を蓄えることを可能にするために、貯蔵槽 14 の内部の圧力を低下させることができる真空源が備え付けられている。所定の量の脱気は、貯蔵槽 14 の内部の圧力を決定することになる。したがって脱気流体の貯蔵は、溶解しなかった気体が溶解して脱気流体に戻るのを阻止するのに十分なレベルで作用するために空気を汲み出すためにもっぱら真空を必要とし、この十分なレベルは気体の拡散の割合によって制限される。例えば、50%の脱気レベルが必要とされる場合、貯蔵槽 14 の内部の負圧は、そのレベルの脱気を維持するように設定される。貯蔵槽が真空源に取り付けられた場合、貯蔵槽 14 の内部の圧力は、脱気流体の分圧を下回るようになり、所定の気体脱気レベルを維持するのを助ける。

40

【0035】

水の脱気レベルは、用途および面の使用法によって決まる。図 1 の実施形態では、脱気率は、ブレード 22 が回転する速度によって決まる。ブレード 22 が高速で回転する場合、ベルヌーイの法則によって決められるように、低圧側 22a に負圧、すなわち低圧が形成される。ブレード 22 が速く回転するほど、低圧側 22a の圧力は低くなる。キャピテーションは、ブレード 22 の低圧側の圧力が第 1 の流体の分圧に満たない場合に生じるため、低圧側の圧力を測定することによって、必要とされる脱気の量を計算することができ

50

る。例えば、図 6 は、所与の脱気弁（空気濃度）においてキャビテーションが起こるのに必要とされる論理上の負圧（キャビテーション圧力）を示している。

【 0 0 3 6 】

低圧側の圧力が 1 0 気圧であると特定された場合、このとき水は、最大でも 1 0 % の空気を含む必要があり、すなわち少なくとも 9 0 % 脱気する必要がある。しかしながら低圧側の圧力が 2 気圧であると特定された場合、この場合、水は、最大でも 5 0 % の空気を含む必要があり、すなわち少なくとも 5 0 % 脱気する必要がある。図 1 では、ブレード 2 2 は、左周りに駆動されるブレードであり、反時計周りに回転したとき、低圧側 2 2 a は、ブレード 2 2 のシャフト側に位置づけられ、高圧側 2 2 b は、ブレード 2 2 のシャフト側の反対側に位置づけられる。ブレード 2 2 の反時計周りの回転は、矢印 2 6 の方向での正味の流体流れを生じさせる。しかしながら理解すべきであるように、低圧側と高圧側は、ブレード 2 2 が反対方向に回転したとき、互いに入れ替わることになる。

10

【 0 0 3 7 】

脱気装置 1 2 の形態は、システム 1 0 の用途によって変化する。一部の形態では、脱気装置は、真空システムに接続された（疎水性の）中空の繊維の薄膜を使用する。中空の繊維の薄膜を使用することで流体を 9 9 . 5 % まで脱気することができる。しかしながらほとんど用途に関して、キャビテーションを最小限にする、または阻止するにはおよそ 8 0 % のこれより小さい脱気レベルで十分である。中空の繊維の薄膜は、中空の繊維の片側を通過して流れ、中空の繊維の他方の側を真空に曝すことによって機能し、その結果、流体中の溶解した気体が薄膜の中を通過することになる。水蒸気もまた疎水性の薄膜の細孔を通過するため、一部の実施形態では、乾燥剤を使用してこのような水を収集し、それが真空ポンプと接触するのを阻止することに留意されたい。脱気装置の他の形態には、遠心脱気装置またはキャビテーション脱気装置が含まれる。キャビテーション脱気装置は、空洞を形成した泡を排斥して溶解した気体を取り除くことによって機能する。脱気された水の適切な流れを提供するために、一部の実施形態は 2 つ以上の脱気装置を有する場合もある。

20

【 0 0 3 8 】

貯蔵槽 1 4 は、ブレード 2 2 に隣接して位置付けされ、脱気された水をブレード 2 2 に向けるように構成された導管 1 8 の形態の出口を有する。詳細には、導管 1 8 は、脱気された水を、ブレード 2 2 のより圧力が低い側 2 2 a に向けるように構成されている。導管 1 8 には、脱気された水をブレード 2 2 に向けるのを可能にするために、第 1 の流体、すなわち図 1 の実施形態の場合は水中に開いた開口 2 0 の形態の出口が備わっている。理論に拘泥することなく、脱気された水がブレード 2 2 に接触すると、それはブレード 2 2 の平坦な面に沿って広がって脱気流体の境界層を形成する。脱気流体に空洞を形成するのに必要とされる負圧は一般に、ガス化された流体のものより高く、すなわち脱気流体に空洞を形成するのはより困難である。したがって脱気流体の境界層は、キャビテーションの発生を低減させるのに役立つ。

30

【 0 0 3 9 】

導管 1 8 は、ブレード 2 2 の低圧側 2 2 a に位置付けされるため、開口 2 0 を出て行く脱気流体を低圧側 2 2 a に生成された低圧領域に吸い込むことができる。この方法において、脱気された水は、単にブレード 2 2 における境界層としてではなく、脱気流体のより全体的な境界領域を形成してよい。脱気流体を低圧側 2 2 a で低圧領域に吸い込むことは、脱気流体を均一に分散させて、境界層がブレード 2 2 に、および / またはブレード 2 2 の周りに均一に広がることを保証する。境界層がどのような形態を採ろうとも、それは、ブレード 2 2 の使用中のキャビテーションの発生を少なくとも低減させるのを助ける少なくとも一部脱気された流体を含んでいる。

40

【 0 0 4 0 】

図 2 は、脱気された水の流れがなく、ブレード 2 2 の面に境界層が形成されない場合の、使用中の図 1 のシステムを示している。この実施形態では、ブレード 2 2 は、2 , 3 0 0 R P M で素早く回転している。ブレード 2 2 に形成され、流れ 2 6 の方向にブレード 2 2 から離れるように進む泡の形成によってキャビテーションは明らかである。ガス化され

50

た水の存在は、低圧領域 2 2 a に生成された低圧が、所与の温度において水の蒸気圧を下回ることを意味している。図 3 に示されるように、80%脱気された水の流れが開始されると、脱気された水は、矢印 2 1 の全体的な方向で開口 2 0 から流れ出て、ブレード 2 2 の低圧側 2 2 a に向かって流れる。脱気された水の流れが開始されるとすぐに、境界が形成されキャビテーションが止まる。図 3 の実施形態では、脱気された水の体積流量は、およそ 60 mL / 分であり、全体的にブレード 2 2 の上を進む水の体積流量の 10% である。しかしながら第 1 の流体、すなわち水と、第 2 の流体、すなわち脱気された水の体積流量の比率は、境界層を形成するのに必要とされる脱気された第 2 の流体の量によって変わることが理解されたい。明確にするために、システム 1 0 の特定の機構は、図 2 および図 3 からは削除されている。図 3 の実施形態の体積流量は、小規模用途向けのものであり、一般商船などの大規模での用途に関する体積流量は、例えばレイノルズ数を用いて計算することができる。

10

【0041】

システム 1 0 はまた流量制御装置 2 1 を有する。流量制御装置 2 1 は、多くの形態を採る場合がある。一形態では、流量制御装置は、導管 1 8 を通して脱気流体を貯蔵槽 1 4 から汲み上げ、開口 2 0 から第 1 の流体へと排水する、導管 1 8 に配置されたポンプである。ポンプは、境界層を維持するために、十分な体積流量が維持されることを保証するために、プログラム可能なコンピュータ論理 (P L C) または同様のものに接続される。流量センサ、温度センサおよび圧力センサなどのセンサを使用して、第 1 の流体の特徴およびブレード 2 2 の作動パラメータを特定して P C L に入力を提供することで、ブレード 2 2 の使用中に境界層が維持されることを保証する。流量制御装置 2 1 はまた、導管 1 8 内に配置された、可変絞り弁などの制御弁の形態である場合もある。一部の実施形態では、ポンプに加えて制御弁が使用され、この場合ポンプは、所定の速度に設定され、制御弁は、貯蔵槽 1 4 からの脱気された流体の流量を増減させるように調節される。

20

【0042】

開口 2 0 は、低圧側 2 2 a に隣接して位置付けされることから、脱気流体は、ブレード 2 2 の低圧側にある低圧領域に吸い込まれやすい。したがってブレード 2 2 のすぐそばの低圧が大きくなるほど、低圧領域の吸い込み力は大きくなる。この吸い込み力は、一部の実施形態では、導管 1 8 を通して脱気流体を貯蔵槽 1 4 から吸い込み、開口 2 0 から排出する手段として利用される。ブレード 2 2 が速く回転するほど、圧力は低くなり、キャビテーションが発生し易くなる。しかしながら圧力が低下する際、吸引力は大きくなり、これは、脱気された水の体積流量を増大させるのに役立つ。このことは、境界層を維持するために受動フィードバックシステムを提供するのに役立つ。受動フィードバックシステムの制御を助けるために、一部の実施形態では、流れ制御装置 2 1 は、脱気流体の体積流量を調整するのに役立つ制御弁の形態である。制御弁は、P L C または同様のもの、およびセンサに接続されて境界層を維持するのに役立つ。

30

【0043】

ガス化された水、すなわち第 1 の流体は、ブレード 2 2 が回転しているときにブレード 2 2 を通り過ぎるように第 1 の流体の体積流量で継続して流れるため、境界層を継続的に補充する必要がある。境界層が補充を必要とする割合は、第 1 の流体がブレード 2 2 を通り過ぎて流れる比率、すなわち矢印 2 6 の方向に沿って流れる第 1 の流体の体積流量の比率と、キャビテーションを最小限にする、または阻止するのに必要とされる脱気の量に左右される。第 1 の流体の体積流量が増大する際、第 2 の流体の体積流量も一般に比例式に増大する必要がある。しかしながら、第 1 の流体の体積流量と第 2 の流体の体積流量の比率は常に同一のままではない。境界層を形成するために、脱気された水の体積流量は、ガス化された水、すなわち全体的にブレード 2 2 を通り過ぎて流れる水の体積流量の 50% までである。一部の実施形態では、脱気された水の体積流量は、ガス化された水の体積流量のおよそ 10% である。ガス化された水と脱気された水の比率は、ブレード 2 2 の低圧側における圧力と、ブレード 2 2 の表面積によって決まる。ブレードのサイズが大きくなると、境界層を形成するために十分な量の脱気された水を提供するために、一般に脱気後

40

50

の体積流量を増大させる必要がある。いくつかの実施形態において、第2の流体は、例えば工場では、ガス化された流体に置き換わる。

【0044】

図1の実施形態では、低圧側22aの最も低圧の領域は、ブレード22の後縁および先端22cにある。水が、長さ「x」のプレート（例えばブレード22）を横切るように流れるゼロスリップ状態の場合、水流は、面の近くで減速し、この作用は、図7に示されるように「x」の増加と共に高まる。実験から得られた境界層の式を使用して、バルク流速の99%に達する、プレートのそばの水の層の厚さ（ ）を計算することができる。

【数2】

$$\delta = \frac{5x}{\sqrt{Re}} \quad \text{式1}$$

10

【0045】

このような状況は、「ゼロスリップ」状態を例示する図7によって説明することができ、この場合流体の流れ50は、面52に接近する際に減速し、面（54）に接近する流体の速度は、流体が面52の上を流れる距離xと、流体層の厚さ によって決まる。

【0046】

レイノルズ数は、

【数3】

$$Re = \frac{\rho V_{\infty} x}{\mu} \quad \text{式2}$$

20

によって与えられ、

ここでは、 ρ は水の密度であり、Vはバルク流速であり（すなわち静止したプレートからの無限距離における）、 μ は水の動的粘度であり、xは面の長さである。

【0047】

典型的には Re は、高く、1000から 5×10^5 までの範囲内の層流に相当する。例えば $Re = 50,000$ の場合、境界層の水の厚さ（ ）は、0.5mのx値に関して約1.12cmである。面にもっと近くなると、すなわち面からの境界層の厚さの1%の範囲内と仮定すると、水は、固体面に対してゆっくりとしか移動しなくなる。一例として、これは、10cm/秒の水の流速について、約112 μ mの厚さの水の層におおむね相当することになる。

30

【0048】

溶解した気体が水などの流体中に存在する場合にキャピテーションが生じる。一方向（x）での気体の拡散の場合、適切な式は、その形態でのフィックの第2の法則であり、

【数4】

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad \text{式3}$$

40

この場合、Cは溶質濃度であり、Dは拡散係数である。最初の条件では、完全に脱気された水が大気圧で空気に曝されたとき、水の面に極めて薄い層が生じるはずであり、これは、（約1mMの）飽和した溶解後の濃度になる。このような層は急速に形成され、その飽和濃度をこのときから先まで維持し（大気と均衡した状態で）、溶解した気体は水に拡散することになる。よって、境界条件に対してフィックの法則を解く必要があり、tのいかなる値についてもx=0である場合、 $C = C_0$ であり、t=0であるときのx>0について $C_x = 0$ である。また、tが極めて大きくなると、xのいかなる値についても $C_x = C_0$ である。このような条件の下でのフィックの法則の解法は、

【数5】

50

$$C = C_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] \quad \text{式 4}$$

この場合、誤差関数は、表を用いて、またはこの計算について言えば一連の数式を用いて計算することができる。

【数 6】

$$\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt = \frac{2x}{\sqrt{\pi}} \left[1 - \frac{x^2}{1 \cdot 3} + \frac{x^4}{2 \cdot 1 \cdot 5} - \frac{x^6}{3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 7} + \dots \right] \quad \text{式 5}$$

10

【0049】

水中の酸素と窒素ガスに関して、20°Cでの拡散係数Dの値は、 $2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{秒}$ であり、飽和ガス濃度、すなわち C_0 は1mMである。このような値を用いて、膜厚に対する拡散の関数として脱気レベルを示す図8のグラフを描くことができる。このような計算の結果は、静止している水について、すなわち固体面に最も近い境界層のほとんど静止している部分において、約100 μm の厚さの脱気された水の膜の有意な再ガス化は数秒かかることになる。

【0050】

ブレード22を使用する場合、使用中素早く回転するブレード22上の脱気された水の薄い境界層の一時的なコーティングは、多くのその後の回転に対するキャピテーション作用を阻止することができる。このことは、キャピテーションを阻止する、または最小限にするのに必要とされる脱気された水の量をかなり削減することができ、キャピテーションを最小限にするものの効果は、一部の実施形態では、かなりの時間にわたって、例えば数秒以上にわたって持続することができる。キャピテーションの発生を低減させる効果は、静止した膜がブレードが回転する際に徐々に流出するまで、またはバルク流体からの拡散が脱気された膜を再ガス化するまで持続すべきである。

20

【0051】

脱気流体の一時的な膜を有することの効果は、脱気された流体の比較的高い正圧の流れの周期的な制御された放出を回転するブレードの近くで放出させ、ブレード22の低圧側22aで後縁のそばに当たるようにタイミングを合わせることによってさらに最適化させることができる。脱気された流体がブレード22にぶつかると、それは、ブレードを脱気された流体（例えば水）の薄い膜で（一時的に）被覆して境界層を形成する。ほとんどのブレード面に関して予測されるゼロスリップ境界状態は、一部の実施形態では、回転する面のそばでの薄い脱気された膜の一時的な保持を保証する。言い換えると、脱気流体は、境界層を形成するために、パルス式の流れを利用して面に周期的に流される。脱気流体のパルス式の流れの利用は、脱気された流体が単に周期的なやり方で、例えばブレードの100回転のうちの1回転毎に、または時間の1%の間だけ放出されることを意味してよい。

30

【0052】

いくつかの実施形態において、脱気流体を周期的に流すことは、脱気流体の流れをブレード22に向けてパルス的に送ることを含む。一部の実施形態ではパルス間の一定の時間間隔が使用されるが、他の実施形態では、パルス間の時間間隔は、ブレード22の低圧側22aでの状況によって決まる。一部の実施形態では、センサを使用してパルス間の時間間隔を決める。流量制御装置を使用して、脱気流体の送達を制御する場合もある。

40

【0053】

回転するブレードの前縁は、キャピテーションを抑制する高い正圧を生成する。ブレードが回転する際、脱気された水の静止した薄い膜は、ブレードの上を流れる水のせん断力によってブレードの後縁（低圧）に向かって徐々に流出する傾向があり、この場合、それはキャピテーションを抑制し続ける。同時に、流動する流体（例えば水）中の溶解した気体が、脱気された水の薄い境界層の中へと拡散し始める。しかしながら、固体面のすぐそ

50

ばの事実上静止した状態にあるガスの拡散は、比較的ゆっくりであり、0.1 mmの膜についてこのようなガス処理は数秒かかることになる。

【0054】

このような作用に加えて、回転ブレード22によって生成される遠心力もまた、静止した、最初に脱気された境界層を回転するブレードの先端22cに向けて強制的に流す傾向があり、このこともまた、この地点でのキャビテーションを阻止するのに役立つことになり、この場合それはしばしば観察される。一部の実施形態では脱気境界層は、例えば100回転など、ブレード22の複数の回転にわたって存在するが、これは、ブレード22が回転する速度によって決まる。

【0055】

大抵のプロペラ材料に関して予測されるゼロスリップ状態は、水への面結合が可能な好適な親水性の面の選択によって確実にすることができる。このことは、境界層の形成を促進することになる。したがって一部の実施形態では、面には、親水性のコーティングが備わっている。テフロン（登録商標）などの疎水性の材料は、境界層の形成に貢献しないスリップ状況を生み出す場合がある。また疎水性の面は、キャビテーションを促進させることもよく知られている。一部の実施形態では微小な面の粗さを使用して、プロペラを横切る表面流動を低減させることによって境界層の形成を強化する。

【0056】

キャビテーションは、温かい水の中でより容易に発生しやすく、粘度は温度の上昇に伴って低下し、境界層におけるより速いせん断の速度につながるため、ガス化された、および脱気された水（または流体）の温度も、ガス化された、および脱気された水の相対的な体積流量を決めることも理解されたい。したがって、脱気された水の温度が上昇する際、脱気された水の体積流量および/または脱気率も増大する。脱気された水の体積流量を調節するために、一部の実施形態では、温度の変動をモニタし、PCLに入力を提供するのにセンサが使用される。あるいは、脱気された流体の温度を維持するために、脱気された流体に熱交換器を通過させる場合もある。より低い温度での脱気された水または脱気された流体は、ガス化された流体の温度に関係なく、より耐久性のある境界層を面に形成することになる。

【0057】

開口20は一般に、低圧側22aに極めて近接して位置付けされる。このことは、ガス化された水と脱気された水との過剰な混合を低減させるのに役立つ。開口20と低圧側22aとの間の経路の長さが長い場合、ガス化された流体と脱気された流体の拡散は、脱気された流体の脱気レベルの低下を招く。このことは、脱気装置12による脱気の間の脱気レベルを高めることによって克服することができる。しかしながら経路の長さを進むのに必要とされる時間が短い場合、脱気された水の脱気レベルを低下させるのにガス化された流体と脱気された流体の十分な拡散のための時間がない場合もあり、最初の脱気レベルを調節する必要性が全くない場合もある。拡散はまた、脱気された水または流体が低温に維持された場合にもそのペースを落とすことになる。比較的温かい流体を脱気するのは一般的により容易であるため、一部の実施形態には、脱気を助けるために脱気すべき流体を加熱するための第1の熱交換器と、境界層を形成する前に脱気された流体を冷却するための第2の熱交換器とが備わっている場合もある。

【0058】

図4は、出口の代替の一実施形態を示している。この実施形態では、第1の中空のスリーブ28aは、環30を形成するためにシャフト24と同軸に配置されている。導管18は、環30と流体連通している。環30が密閉されるように、シャフト24は、パッキン押さえ、スタッフィングボックスまたはリングシールなどの水密シール33の中を通っている。第2の中空のスリーブ28bは、シャフト24の長さに沿って環30をさらに継続するためにシャフト24を囲むように同軸に配置されている。第2の中空のスリーブ28bは、水密シール35によって第1の中空のスリーブ28に接続される。穴34aを有する通路32aがブレード22の第1のブレード23aに沿って延びている。ブレード2

10

20

30

40

50

2はまた、同様に穴34bを有する通路32bを有する第2のブレード23bも有する。通路32aおよび32bは、第2の中空のスリーブ28bに接続され、環30と流体連通している。この方法において、導管18を通して供給される脱気された水は、境界層を形成するためにブレード22に脱気された流体を供給するために、穴34aおよび34bから出て行く前に、環30ならびに通路32aおよび32bの中を通される。

【0059】

第2の中空のスリーブは、ブレード23aおよび23bに接続されて、環30と通路22aおよび22bとの間の流体連通を可能にするため、第2の中空の部分は、シャフト24によって画定される軸の周りでブレード22と一緒に回転する。第1の中空のスリーブ28aは回転することができず、そのためシール35は、水密シールを維持しながら、第2の中空のスリーブ28bが第1の中空のスリーブ28aに対して回転することを可能にするように構成される。シール35は、パッキン押さえ、スタッフィングボックスまたはリングシールであり得る。シール35の特定の場所は、それがスリーブ28bがスリーブ28aに対して回転することを可能にする限り、重要ではない。一部の実施形態では、シール35はブレード22上に位置付けされる。このような構成では、第2のスリーブ28bは、常に必要とされる訳ではない。他の実施形態ではシャフト24は、その長手方向の長さに沿って延びる孔を有しており、この孔は、導管18と流体連通している。

【0060】

図4の実施形態は、代表的なものであり、通路32aおよび32bは、ブレード22の外側面に位置付けされる場合、または内部に位置付けされる場合もあることを理解されたい。通路32aおよび32bは、ブレード22と一体式に形成されるように示されているが、それらは常にそうする必要はない。例えば3つ、4つ、5つおよび6つのブレードとプロペラに対して23a-x、32a-xおよび34a-xなどの通路および穴を有する任意の数のブレードが存在する場合もある。脱気された水がブレード22の面に向けられて境界層を形成することができる限り、穴の数はとりわけ重要ではない。図4の実施形態の利点は、脱気された水がブレード22の面で放出される点である。一般に、穴23a-xは、プロペラの低圧側の前縁にずっと沿って、脱気された流体を放出する。このことは、ガス化された水と脱気された水の拡散および混合を抑える助けをする。図4に関して記載される原理はまた、例えば羽根車、水中翼船、噴射水取り入れ口、ノズルおよび弁などの他の面に適用することができる。

【0061】

図5は、代替のシステム50を示している。システム50は、システム10と同様であるが、専用の貯蔵槽が存在していない。代わりに、貯蔵槽は脱気装置52と一体式である。例えば一部の実施形態では、脱気装置52の内部空洞は、適切な量の脱気された水を收容するのに十分な容積を有する。あるいは、脱気装置52は、脱気された水を必要とされる体積流量で提供する連続流れ脱気装置である。脱気装置52が連続流れ脱気装置である場合、流量制御装置21を設ける必要はない。しかしながら一部の実施形態は、脱気装置52と開口20との間で流量制御装置21を使用することで、脱気された水の体積流量を調節するのを助ける場合もある。一部の実施形態では、脱気装置は貯蔵槽の中に配置される。

【0062】

ブレード22と水ベースのシステムの使用に関連して実施形態を記載してきたが、開示されるシステムおよび方法は、面が第1の流体に対して動かされるその他の用途にも適用することができる。そのような例には、キャビテーション摩耗、(流体および配管/工場)の酸化、生物学的および無機物付着物を最小限にし、水性および/または非水性流体および/または低温流体を汲み上げ(キャビテーションはピストンポンプを含めた全てのポンプにおいて生じる)、および弁を通してキャビテーションを最小限にする液体燃料補給式のロケットモータのターボポンプ供給システムが含まれる。用語「ポンプ駆動流体ループ」は、油圧系、注油系および冷凍装置など全ての用途をカバーする。

【実施例】

10

20

30

40

50

【0063】

実施形態を非制限的な例を参照して以下に記載する。

(1) 例示のシステム設定

一実施形態では、キャビテーションに対する脱気効果を測定するのに水道水が使用された。水道水を脱気するのに、小さな中空の繊維の薄膜（モデル:米国、シャーロット、Membranaによって供給された2×6 Radial Flow Superphobic）が使用された。到達圧力 2.5×10^{-2} mバールを有する真空ポンプ、FossafO 0015 A（オーストラリア、シドニー、Busch）は、事前に乾燥させたシリカゲル、すなわち粒状体を包含する2つの5 Lパイレックス（登録商標）ガラスタンクを利用して水蒸気への暴露から保護され、小さい膜板水ポンプ（モデル:FloJet-D3732-E5011）を利用して薄膜の中で水道水を循環させながら水道水から気体を蒸発させるのに使用された。水道水の中の溶解した酸素レベルをモニタするために、1 ppbの検出限界のInPro6900酸素電極システム（オーストラリア、メルボルン、Mettler-Toledo Ltd）が上記の実験で使用された。

10

【0064】

電気調節可能なロータに取り付けられ、最大毎分回転数2960の3つのブレードを備えた簡素なプロペラによって生じるキャビテーションを水で満たされたパースペックスの矩形の管の中で視覚的に観察することができた。水道水が、薄膜へと600 mL/分で、薄膜部の外側チャンバにおける真空を使用して汲み上げられ、酸素電極に接続された送波器は、水タンク内の酸素含有量が継続的に低下したことを示した。このプロセスは、中空の繊維の薄膜の疎水性の細孔を通過する間、溶解した気体を取り除くための継続的な逆流プロセスで保証された。

20

【0065】

(2) 脱気された水性環境を利用するキャビテーションの阻止

脱気レベルを高めることで、キャビテーションが観察される前のプロペラの速度も高めることができた。このような回転速度/脱気測定の結果が表1に集計されており、これは、より高い脱気レベルは、システムにおけるキャビテーション圧力をより高くすることを明らかに示している（このデータは、図6における水のキャビテーションの理論上の値によって得られた）。一例として、2960 rpmの最大回転速度においても、70%の脱気がキャビテーションを阻止するのに十分であることがわかった。

30

【0066】

(3) 局所的な脱気された水性環境を利用するキャビテーションの阻止

気体と均衡する水の中に浸された回転するプロペラのブレードの低圧側の近くで、脱気された水が局所的に取り込まれた。パースペックスの管の中で、自由に流れるガス化された水道水と、（80%）脱気された水（60 mL/分、すなわち約10分の1の水の流量）が、湾曲した金属製のパイプおよび穴パイプを通過して別々に取り込まれた。ガス化された水道水のみがパースペックスの管の中を流れる場合、視覚的なキャビテーションが生じるが、プロペラのブレードに隣接して放出される脱気された水の局所的な流れが始まると、全てのキャビテーションは止まる。このような実験は、4つのブレードのプロペラを利用して2300 rpmの高い回転速度で実施された。脱気された水の流れが始まったときのキャビテーションの音の中断もまた明白であり、これは速やかであった。

40

【0067】

キャビテーションに対する脱気効果の実験による結果

【表 1】

表 1 キャビテーションに対する脱気作用の実験による結果

時間(分)	脱気(%)	キャビテーション圧力 (気圧)	キャビテーションを始めるのに 最小の毎分回転数
0	0	1	-
5	19.72	1.3	148
10	27.8	1.5	592
15	36.9	1.6	1628
20	45.4	1.8	2072
30	56	2.8	2500
60	76.7	4	最大でも2960
90	84.4	7	最大でも2960
120	87	8	最大でも2960

【0068】

海水をシミュレートするために、0.5MのNaClの水溶液が使用されたとき、表1について同様の結果が得られた。

【0069】

(4) 周期的に流される脱気された水を利用するキャビテーションの阻止

(80%)の脱気された水が放出される前後の回転するプロペラの再試験において、有効な脱気された水の境界層の存在と保持に関する根拠が存在した。これは、上部の回転するブレードのみに流された脱気された水の放出(バックグラウンド流れの10分の1の流量で)が、図1および図2に見られるように、ブレードが次の180°を回転したときと同じ効果を生むという観察から生じている。

【0070】

(3)からの実験は、脱気された水の放出時に繰り返され、その後、脱気された流れ中断が次に続く観察された結果のタイミングで繰り返された。脱気された水の流れがオフにされた後、キャビテーションの阻止が数秒間持続することは、すぐに明らかである。このような実験において、ブレードは典型的には、キャビテーションの何らかのサインが目

【0071】

触れるまで100回転を超えて通過した。このような観察は境界層モデルのみによって説明することができる。

【0072】

このような結果は、加圧され脱気された水のパルスは、100回転のうちの1回毎に、

または時間の1%の間だけ放出される必要があることを指摘している。このことは、キャビテーションの発生を低減させるために境界層を形成するのに必要とされる脱気された水の体積のかなりの削減を表している。これらの実験はまた、わずかに高められた正圧の下で、単にプロペラブレードのそばに水を放出するだけで、回転するプロペラの低圧側の有効な境界層コーティングを生成することができることも証明している。このような方法およびパルス式の水放出システムの利用は、広範な範囲の用途でのプロペラキャビテーションの阻止に有効なプロセスを提供する。

【0073】

以下に続く特許請求の範囲において、および方法およびシステムの先行する記載において、特定の言い回しまたは必要な含意が理由で、文脈がそうでないことを要求する場合を除いて、単語「comprise（備える）」あるいは「comprises」または「comprising」などの変形形態は、包含的な意味で使用されており、すなわち述べられる特徴の存在を指定しており、方法およびシステムの種々の実施形態における別の特徴の存在または別の特徴の追加を排除するものではない。

10

【0074】

本開示の原理および範囲から逸脱することなく、多くの修正形態が可能であることは当業者に理解されるであろう。

20

30

40

50

【 図面 】

【 図 1 】

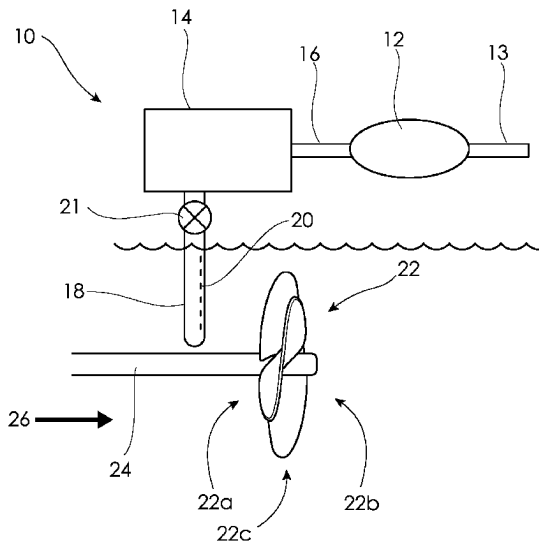


FIGURE 1

【 図 2 】

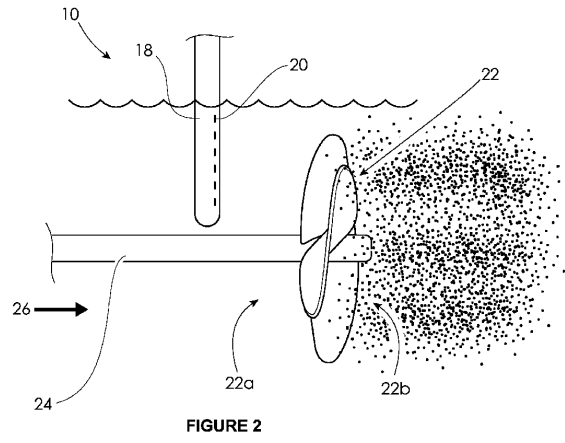


FIGURE 2

【 図 3 】

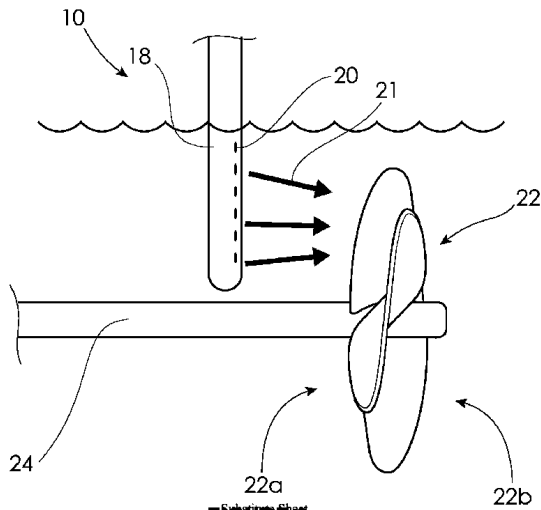
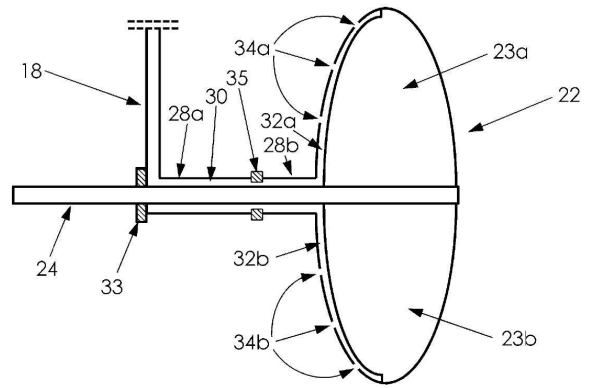


FIGURE 3
(Rule 26) RO/AU

【 図 4 】



10

20

30

40

50

【 図 5 】

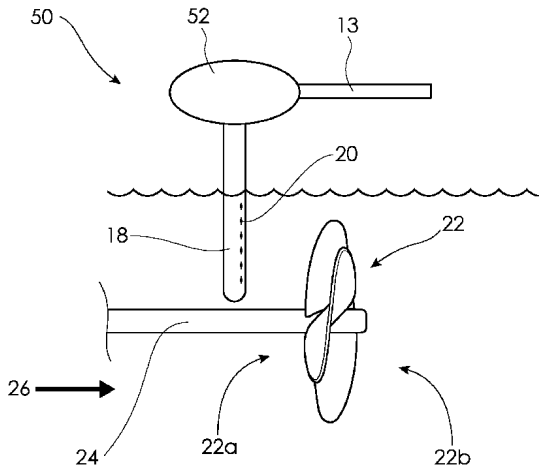
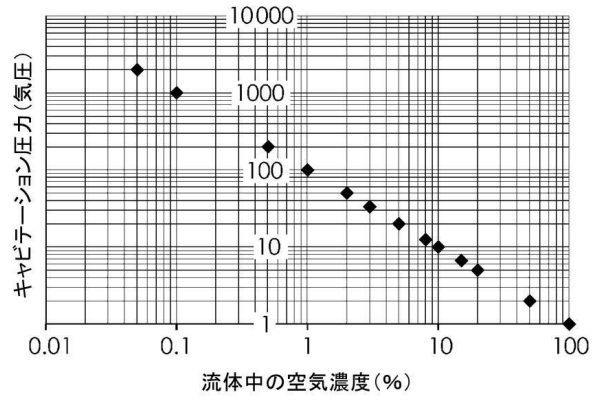


FIGURE 5

【 図 6 】



10

【 図 7 】

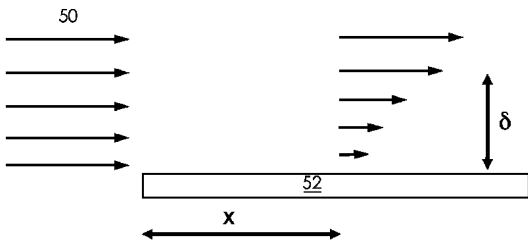
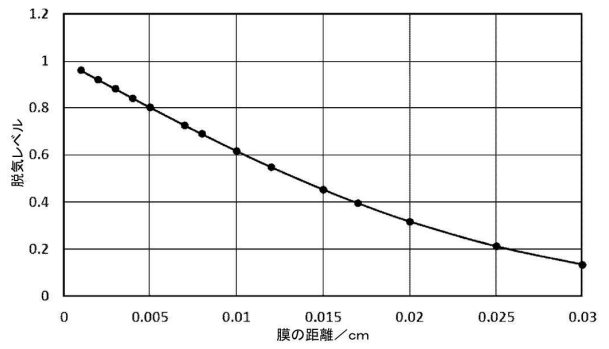


FIGURE 7

【 図 8 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 バシュレー、リチャード マーク
オーストラリア連邦、オーストラリアンキャピタルテリトリー、クック、マッケラー クレセント
2 2
- (72)発明者 アントニー、ジョン ジョゼフ
オーストラリア連邦、ビクトリア、ジーロング、ライリー ストリート 5 / 1 5 3
- (72)発明者 タセイディファル、モジタバ
オーストラリア連邦、オーストラリアンキャピタルテリトリー、フランクリン、ホスキンス スト
リート 1 6 8
- 審査官 小川 慶子
- (56)参考文献 独国実用新案第 2 0 2 0 1 5 0 0 3 0 1 5 (D E , U 1)
特開昭 4 7 - 2 4 0 9 3 (J P , A)
実開昭 5 7 - 1 0 9 0 9 7 (J P , U)
実開昭 6 3 - 1 9 7 6 0 5 (J P , U)
特開 2 0 0 5 - 2 1 2 7 7 6 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 1 0 5 0 3 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 0 1 D 1 9 / 0 0 - 1 9 / 0 4
B 6 3 H 1 / 1 8 , 5 / 0 7 , 5 / 1 5
F 1 5 B 2 1 / 0 4 7
F 0 3 B 3 / 0 4