

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6972473号
(P6972473)

(45) 発行日 令和3年11月24日(2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月8日(2021.11.8)

(51) Int.Cl.		F I	
FO1D 1/06	(2006.01)	FO1D 1/06	
FO1D 25/00	(2006.01)	FO1D 25/00	X
FO4D 29/42	(2006.01)	FO4D 29/42	P
FO4D 29/44	(2006.01)	FO4D 29/44	S

請求項の数 14 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2018-550796 (P2018-550796)	(73) 特許権者	520200779
(86) (22) 出願日	平成29年3月29日 (2017. 3. 29)		エクセルギー インターナショナル エス . アール. エル. イタリア, オルジャーテ オローナ (
(65) 公表番号	特表2019-510921 (P2019-510921A)		ヴァレーゼ), 21057, ヴィア
(43) 公表日	平成31年4月18日 (2019. 4. 18)		サンタ リタ, 14
(86) 国際出願番号	PCT/IB2017/051784	(74) 代理人	100107456
(87) 国際公開番号	W02017/168335		弁理士 池田 成人
(87) 国際公開日	平成29年10月5日 (2017. 10. 5)	(74) 代理人	100162352
審査請求日	令和2年3月26日 (2020. 3. 26)		弁理士 酒巻 順一郎
(31) 優先権主張番号	102016000032704	(74) 代理人	100123995
(32) 優先日	平成28年3月30日 (2016. 3. 30)		弁理士 野田 雅一
(33) 優先権主張国・地域又は機関	イタリア (IT)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの製造方法およびこの方法によって得られる羽根付きディスク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの製造方法であって、
前面(7)を備えたディスク(6, 14)を準備するステップと、
異なる直径の複数の補強リング(23)を準備するステップと、
を含み、

前記ディスク(6, 14)を準備するステップは、

前記ディスク(6, 14)と一体に環状のセットの羽根(20)を実現する工程を含み、前記セットの羽根(20)は、前記ディスク(6, 14)の中心軸(X-X)と同心かつ同軸であり、前記前面(7)に配置され、各々の羽根(20)は、前縁部(21)と、前記中心軸(X-X)に対して実質的に平行な後縁部(22)とを有し、さらに/または、

複数の補強リング(23)を準備するステップは、

前記補強リング(23)の中心軸(X-X)の周りに配置された環状のセットの補助羽根(20')を、前記補強リング(23)の各々と一体で実現する工程を含み、各々の補助羽根(20')は、前縁部(21')と、前記補強リング(23)の前記中心軸(X-X)に対して実質的に平行の後縁部(22')とを有し、前記方法は、

前記環状のセットの羽根(20)及び/又は補助羽根(20')の一つに向かって前記ディスク(6, 14)に前記補強リング(23)の各々を付けるステップを含み、

前記前面(7)に、環状のセットの羽根(20)及び/又は補助羽根(20')を画定

し、各々には、それぞれの補強リング(23)が設けられ、

前記ディスク(6, 14)を準備するステップは、

固体ディスク(27)を準備する工程と、

前記固体ディスク(27)から材料を除去し、前記前面(7)に複数の環状レリーフ(28)を画定する工程であって、前記複数の環状レリーフ(28)は、前記ディスク(6, 14)の中心軸(X-X)と同心かつ同軸である、前記工程と、

各々の環状レリーフ(28)に対して、前記環状のセットの羽根(20)の一つが画定されるまで各々の環状レリーフ(28)から材料を除去する工程と、
を含み、

前記補強リング(23)の各々が、前記ディスク(6, 14)の前記羽根(20)の末端部に付けられ、 10

各々の補強リング(23)を準備するステップは、

固体リング(100)を準備する工程と、

それぞれの環状のセットの補助羽根(20')が画定されるまで、前記固体リング(100)から材料を除去する工程と、

を含み、

前記羽根および/または前記補助羽根を画定する為の材料の除去は、フライス加工および/または放電加工によって実行される、方法。

【請求項2】

各々のセットの羽根に対して、前記ディスク(6, 14)と一体で羽根(20)が作られ、それぞれの補強リング(23)と一体で補助羽根(20')が作られる、請求項1に記載の方法。 20

【請求項3】

補強リング(23)の各々を付けるステップは、

環状のセットの前記ディスク(6, 14)の2つの羽根(20)の間に各々の補助羽根(20')を設置する工程と、

前記ディスク(6, 14)の前記前面(7)に前記補助羽根(20')の末端部を付ける工程と、

を含む、請求項2に記載の方法。

【請求項4】 30

各々の環状レリーフに対して、環状のセットの羽根(20)を画定する工程は、

前記ディスク(6, 14)の前記前面(7)に付けられる根元リング(18)の成形を含み、それぞれの環状のセットの前記羽根(20)は、前記根元リング(18)から突出する、請求項1~3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記補強リング(23)を付けるステップは、前記羽根(20)の末端部に補強リング(23)を接合する工程を含む、請求項1~4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

前記補強リング(23)を付けるステップは、前記末端部に設置された連結装置(32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39)を介して前記ディスク(6, 14)に前記補助羽根(20')の末端部を接合する工程を含む、請求項1~5のいずれか一項に記載の方法。 40

【請求項7】

前記補強リング(23)を前記羽根(20)に載せる為の支持面(P)を画定するステップを含み、支持面(P)の各々は、それぞれの環状レリーフ(28)の端面が位置する面である、請求項1~6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

前記羽根(20)を実現する工程は、少なくとも一つの電極を少なくとも一つの環状レリーフ(28)に付けることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】 50

前記補助羽根（２０'）を実現する工程は、少なくとも一つの電極を少なくとも一つの固体リング（１００）に付けることを含む、請求項１に記載の方法。

【請求項１０】

前記少なくとも一つの電極は、２つの隣接した羽根（２０）の間に含まれる大きさの形をとる単一の作動部分（３０）を有し、前記２つの羽根（２０）の間の材料を除去し、前記２つの羽根（２０）の間に通路を画定する、請求項８に記載の方法。

【請求項１１】

前記少なくとも一つの電極は、互いに離間された複数の作動部分を有し、それぞれが、２つの隣接した羽根（２０）の間に含まれる大きさの形をとり、同時に多くの羽根（２０）の間の材料を除去し、前記羽根（２０）の間の通路を画定する、請求項８に記載の方法

10

【請求項１２】

前記少なくとも一つの電極は、２つの隣接した補助羽根（２０'）の間に含まれる大きさの形をとる単一の作動部分（３０）を有し、前記２つの補助羽根（２０'）の間の材料を除去し、前記２つの補助羽根（２０'）の間に通路を画定する、請求項９に記載の方法

【請求項１３】

前記少なくとも一つの電極は、互いに離間された複数の作動部分を有し、それぞれが、２つの隣接した補助羽根（２０'）の間に含まれる大きさの形をとり、同時に多くの補助羽根（２０'）の間の材料を除去し、前記補助羽根（２０'）の間の通路を画定する、請求項９に記載の方法。

20

【請求項１４】

前記ディスク（６，１４）は、ロータディスク（６）またはステータプレート（１４）である、請求項１～１３のいずれか一項に記載の方法により製造されたラジアルターボ機械用羽根付きディスク。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【０００１】

本発明の目的は、ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの製造方法およびこの方法によって得られる羽根付きディスクである。

30

【０００２】

ラジアルターボ機械は、それがエネルギーを交換する流体の流れが、同一ターボ機械内で終わる少なくとも一部の通路に対して径方向に向けられるターボ機械が意図されている。通路の、この径方向部分は、少なくとも一つの環状のセット羽根によって区切られ、これを通して、流体は、ターボ機械の回転軸に対して径方向に優勢に移動する。

【０００３】

「羽根付きディスク」は、ディスクの前面に留められた複数の環状のセット羽根を備える。これらのセットは、同心であり、各セットは、ディスクの中心軸から等距離に配置された複数の羽根を備える。

【０００４】

複数の羽根は、前面から離れて延び、これらの羽根の前縁部および後縁部は、中心軸に対して平行または実質的に平行である。

40

【０００５】

羽根付きディスクは、複数の補強リングを更に備え、各補強リングは、前記羽根の一端で環状のセットの羽根の全てと連結され、その端部は、ディスクの前面に連結される端部の反対側にある。

【０００６】

羽根付きディスクは、（ステータプレートとも呼ばれ、ターボ機械のケーシングに対して固定され、その羽根はステータ羽根である）ステータの機能および（ロータディスクと呼ばれ、ターボ機械のシャフトと共に回転し、その羽根はロータ羽根であり、したがって

50

、中心軸は回転軸である)ロータの機能を有する。

【0007】

本発明は、遠心力利用のラジアル(アウトフロー型)ターボ機械および求心力利用の(インフロー型)ターボ機械の両方に適用される。本発明は、駆動型ターボ機械(タービン)および作動型機械(圧縮機)の両方に適用される。好ましくは、本発明は膨張型タービンに関するが、これに限定されるものではない。好ましくは、本発明は、電気エネルギーおよび/または機械エネルギーを生み出す為の膨張タービンに関するが、これに限定されるものではない。本発明は、好ましくは、水蒸気を使用するランキンサイクルによって、又は有機ランキンサイクル(ORC)によって、地熱資源を使用する発電所に利用される膨張タービンに関するものが好ましいが、これに限定されるものではない。

10

【0008】

【発明の背景】

【0009】

公報US 4,306,833は、周辺領域に配置された2つの環状のセットの羽根を有するディスクであって、各々がディスクの両面の一つにあるディスクが装備された羽根車を備えた圧縮機を図示する。各セットの羽根は、それぞれの環状チャンバ内に延びる。羽根付きディスクは、ダイカストによって実現可能である。リングは、セットの羽根の各先端に付けられ、前記先端の渦形成による損失を排除する。各リングは、羽根車に設けられたボスに挿入されるネジによって羽根車に固定される。

20

【0010】

公報US 6,508,631は、ラジアルフロー型ポンプを図示する。このポンプは、ロータと、同心リングに配置され、回転の中心軸に対して実質的に平行な方向にロータの第1面から延びる複数の羽根とを備える。ロータおよび複数の羽根は、単体材料から一体的に形成される。遠心力による変形を減少させる支持リングは、羽根の周りに位置される。

【0011】

【概要】

【0012】

この範囲で、出願人は、その生産を加速させ、関連費用を削減しつつ、それらが組み込まれるターボ機械の信頼性及び効率を補償するような高品質を確実にするように、ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの為に従来技術の製造方法を改良する必要性に気づいた。

30

【0013】

実際、出願人が留意したことは、文献US 4,306,833に図示されたダイカストによるディスクの生産が、たとえば、発電所において、エネルギー発生の為の高精度(即ち、要求される高効率レベルの)ジオメトリを有する羽根を得ることを可能にしないことである。さらに、その文献で開示された圧縮機は、羽根車のディスクの二面に分割された一段のみを有し、それは、エンタルピ上昇を管理するには適していない。最後に、US 4,306,833に開示されたボスは、ロータディスクのリングを装着することを可能にするが、これは、2つの隣接した羽根の間に置かれているので、これらは、これらを通して流れる作動流体の流れを妨害する。

40

【0014】

同様に、出願人が気づいたことは、文献US 6,508,631に開示されたロータが補強リングを持たないこと、そのため、漏れによる損失を減少させて所望の収率を得ることを可能にしないことである。さらに、これらの文献のいずれも、それぞれのロータを生産する為の方法を詳細に図示していない。

【0015】

この範囲において、出願人は、以下の目的を設定した。

【0016】

「製造費用を減らす為に、羽根付きディスクの製造の為に迅速かつ比較的簡単な方法

50

を提供すること」

【0017】

「いずれの場合においても、その品質及び構造的精度を改善することを可能し、ラジアルターボ機械が組み込まれるラジアルターボ機械の信頼性及び効率を改善することを可能にする、羽根付きディスクの製造の為の方法を提供すること」

【0018】

出願人が見出したことは、上記及び他の目的が、固体材料から羽根を実現することによって、すなわち、初期の単体から材料を除去することによって達成可能であり、羽根は、ディスク上に、及び/又は一つ又は複数の補強リング上の固定材料から形成されること

10

【0019】

特に、上記及び他の目的は、ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの製造の為の方法によって、一つ又は複数の添付された特許請求の範囲に従う、さらに/または、一つ又は複数の以下の態様に従うラジアルターボ機械によって実質的に達成される。

【0020】

本願の説明において、更に、添付された特許請求の範囲において、用語「軸方向」は、羽根付きディスクの中心軸またはターボ機械の回転軸「X - X」に対して平行に向けられた方向を画定することが意図される。形容詞「径方向の」は、羽根付きディスクの中心軸またはターボ機械の回転軸「X - X」から垂直に延びる半径に向けられた方向を画定することが意図される。形容詞「周方向の」は、羽根付きディスクの中心軸またはターボ機械の回転軸「X - X」と同軸の円周に対して接する方向であることが意図される。

20

【0021】

より具体的には、独立形態に従って、本発明は、ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの製造の為の方法に関する。

【0022】

当該方法は、前面が設けられたディスクを準備するステップを含む。

【0023】

当該方法は、異なる直径を持つ複数の補強リングを準備するステップを含む。

【0024】

ディスクを準備するステップは、前記ディスクと一体に環状のセット羽根を実現する工程を含み、これらのセット羽根は、前記ディスクの中心軸と同心かつ同軸であり、前記前面に配置され、各々の羽根は、前縁部と、前記中心軸に対して実質的に平行な後縁部とを有する。

30

【0025】

代替または追加で、複数の補強リングを準備するステップは、補強リングの中心軸の周りに配置された環状のセット補助羽根を、前記補強リングの各々と一体に実現する工程を含み、各々の補助羽根は、前縁部と、前記補強リングの前記中心軸に対して実質的に平行の後縁部とを有する。

【0026】

当該方法は、前記環状のセット羽根及び/又は補助羽根の一つに向かってディスクに補強リングの各々を付けるステップを含み、前面に環状のセット羽根及び/又は補助羽根を画定し、各々には、それぞれの補強リングが設けられる。

40

【0027】

換言すると、当該方法は、固体材料から全ての羽根をディスク上に実現するステップ、あるいは、固体からの全ての羽根を各補強リング上に実現するステップ、あるいは、幾つかの羽根をディスク上に他の羽根を一つ又は複数の補強リング上に実現するステップを含み、その後、完全な環状のセット羽根を形成するようにリングをディスクに接合するステップを含む。

【0028】

好ましくは、ディスクを準備するステップは、固体ディスクを準備する工程と、固体デ

50

ィスクから材料を除去し、前面に複数の環状レリーフを画定する工程であって、複数の環状レリーフは、前記ディスクの中心軸と同心かつ同軸である、工程とを含む。

【0029】

好ましくは、環状のセット羽根の一つが画定されるまで、環状レリーフの各々から材料が除去され、補強リングの各々がディスクの羽根の末端部に付けられることが、各々の環状レリーフに対して考えられる。

【0030】

一つの実施形態は、各々の環状レリーフに対して、根元リングと、根元リングから突出する列挙された環状のセット羽根が画定されるまで、各々の環状レリーフから材料を除去する工程を含む。

【0031】

一実施形態は、羽根を持たない根元リングのみが画定されるまで、各々の環状レリーフから材料を除去する工程を含む。

【0032】

好ましくは、各々の補強リングを準備するステップは、固体リングを準備する工程と、それぞれの環状のセット補助羽根が画定されるまで固体リングから材料を除去する工程と、を含む。

【0033】

一態様において、各々のセットに対して、羽根は、前記ディスクと一体で作られ、補助羽根は、それぞれの補強リングと一体で作られ、補強リングの各々を付けるステップは、環状のセットディスクの2つの羽根の間に各々の補助羽根を設置する工程と、補助羽根の末端部をディスクの前面に付ける工程とを含む。

【0034】

追加の独立した態様によると、本発明は、ラジアルターボ機械用羽根付きディスクの製造方法に関し、その方法は、

【0035】

(i) 固体ディスクを準備するステップと、

【0036】

(ii) 固体ディスクを凸凹切断し、ディスクを画定する為に固体ディスクから材料を除去するステップであって、その前面に、前記ディスクの中心軸と同心かつ同軸の複数の環状レリーフが設けられる、ステップと、

【0037】

(iii) 各々の環状レリーフに対して、中心軸の周りに配置された環状のセット羽根が画定されるまで、各々の環状レリーフから材料を除去するステップであって、各々の羽根は、前縁部と、前記中心軸と実質的に平行の後縁部とを有する、ステップと、

【0038】

(iv) 各々が環状のセット羽根の一つに対応した、異なる直径の複数の補強リングを準備するステップと、

【0039】

(v) それぞれの環状のセット羽根の末端部に補強リングの各々を付けるステップと、を含む。

【0040】

前縁部および後縁部に言及する「前記中心軸に対して実質的に平行」の定義は、前縁部及び後縁部が、直線でも、曲線でも、他の方法で成形されてもよいことが意図され、それらは、中心軸に対して平行な方向に沿って延びることが意図されている。換言すると、前縁部が径方向内側に面する（遠心力利用のラジアルターボ機械）、又は、外側に面する（遠心力利用のラジアルターボ機械）、後縁部が外側に面する（遠心力利用のラジアルターボ機械）又は内側に面する（遠心力利用のターボ機械）。

【0041】

出願人が確認したことは、本発明に従う方法が、羽根を担持することが意図されたディ

10

20

30

40

50

スクの面で、さらにノまたは、補助羽根を担持することが意図された補強リングの面で、極端な精度で比較的簡単に作動することを可能にすることである。実際、工具は、特別な制限を受けることなく、前記面上を移動可能であり、前方から作業ができる。このステップの間、羽根は正確に画定されるので、その形成は、容易であり、迅速かつ正確なプロセスである。

【0042】

好ましくは、初期の固体ディスクおよびノまたは初期の固定リングは、鍛造加工されるが、それは必然的なものではない。

【0043】

好ましくは、初期の固体ディスクは、その直径とその軸方向の長さの比が2を越える。

10

【0044】

好ましくは、環状レリーフを形成する為の固体ディスクの荒削り（ディスクの半仕上げのステップ）は、回転または穿孔によって実行されるが、これは必然的なものではない。各々の環状レリーフの大きさは、次のステップで画定される羽根を含むような大きさである。

【0045】

好ましくは、羽根の高さ、すなわち、それらの軸方向の拡張部および中央の膨張平面に特徴的な、それらの他の幾何学的寸法の全ては、固体ディスクおよびノまたは複数の固体ディスクの荒削りのプロセスの間に画定される。

【0046】

好ましくは、当該方法は、羽根に補強リングを載せる為の支持面を画定するステップを含む。各々の支持面は、それぞれの環状レリーフの端面が位置する面である。この支持面は、中心軸に対して垂直な支持平面または先端が切られた円錐面でもよい。

20

【0047】

一態様において、羽根およびノまたは補助羽根を画定する為の材料の除去（羽根の仕上げステップ）は、フライス加工、好ましくは、前方フライス加工、好ましくは、ボールノーズエンドミルによって実行される。好ましくは、フライス加工の送り量は、約100mm/分～約8000mm/分である。好ましくは、フライス加工の切断深さは、約0.005mm～5mmである。好ましくは、フライス加工の接線速度は、約60m/分～約200m/分である。好ましくは、フライス加工の回転速度は、約1000rpm～約25000rpmである。好ましくは、羽根の高さとフライス加工の直径の比は、約15未満である。

30

【0048】

一態様において、羽根を画定する為の材料の除去は、放電加工によって実行される。好ましくは、羽根およびノまたは補助羽根の実現は、羽根に対して相補形状（又は、2つの隣接した羽根の間に含まれる大きさの形をとる）少なくとも一つの電極を、少なくとも一つの環状レリーフ、好ましくは、環状レリーフの端面に、更にノ又は少なくとも固体リングに付けることを含む。好ましくは、前記少なくとも一つの電極は、2つの羽根の間、およびノまたは2つの隣接した補助羽根の間に含まれる大きさの形をとる単一作動部分を有し、前記2つの羽根の間、およびノまたは2つの補助羽根の間の材料を除去し、前記2つの羽根の間、およびノまたは2つの補助羽根の間に通路を画定する。好ましくは、前記少なくとも一つの電極は、（櫛状形状を画定するように）互いに離間された複数の作動部分を有し、各々は、2つの隣接した羽根の間、およびノまたは2つの隣接した補助羽根の間に含まれる大きさの形をとり、多くの隣接した羽根の間の材料を同時に、さらにノまたは隣接した補助羽根の間の材料を除去し、前記羽根およびノまたは補助羽根の間に通路を画定する。好ましくは、前記少なくとも一つの電極は、中心軸に対して平行な方向に前進される。好ましくは、前記少なくとも一つの電極の送り量は、約10mm/分～約100mm/分である。

40

【0049】

一態様において、羽根を画定する為の材料の除去は、最初にフライス加工によって、深

50

さが許容されるまで材料を除去し、放電加工によって作業を完了することによって実行される。

【0050】

羽根仕上げステップの目標は、表面の品質（たとえば、粗さRaは0.02～32）および精度（たとえば、+/-0.01mm～+/-0.5mm）に細心の注意を払って、最小限の時間で最大限の材料を除去することである。このステップの結果は、それぞれの環状のセット羽根が開いた状態で（すなわち、羽根がディスクから片持ち梁のように突出した）ディスクが得られ、さらに/または、それぞれのセット補助羽根が開いた状態で（すなわち、補助羽根がそれぞれのリングから片持ち梁のように突出した）一つ又は複数の補強リングが得られることである。

10

【0051】

一態様において、各々の環状レリーフの為に環状のセット羽根を画定する工程は、ディスクの前面に付けられた根元リングを成形することを含み、それぞれの環状のセット羽根は、前記根元リングから突出する。換言すると、荒削りによって先に画定された環状レリーフは、根元部分を有し、この根元部分は、前面に隣接し、羽根および遠位部分の形成中、実質的に機械加工されないが、この遠位部分は、機械加工され、それから前記羽根が得られる。根元部分は、根元リングを画定する。好ましくは、少なくとも一つの根元リングは、先端が切られた円錐面を画定するように成形され、そこから羽根が突出する。

【0052】

この先端が切られた円錐面は、作動流体用通路の広がり比または収束（フレアリング）を画定する面である。

20

【0053】

そのため、羽根および根元リングは、ディスクと一体のようになっている。

【0054】

一態様において、補強リングを付けるステップは、前記末端部に設置された連結装置を介して、それぞれの環状のセット羽根の末端部に補強リングを接合および/または補助羽根の末端部をディスクに接合する工程を含む。好ましくは、前記連結装置は、ねじおよび/または釘および/またはブレイズ溶接および/またはジョイントを含む。

【0055】

補強リングを羽根に、更に/又は、補助羽根をディスクに接合する手段が、熱膨張による径方向の応力および/または（ディスクがロータディスクの場合）遠心力域からの径方向応力によって影響されることを防止するため、リングを羽根にピン留めすることが可能である。ピンは、全ての羽根に挿入可能であり、連結装置と交互に挿入されてもよい。

30

【0056】

一態様において、連結装置は、各羽根の末端部に挿入されるネジと、前記ネジの側面に設置される2つのピンとを備える。

【0057】

異なる態様において、連結装置は、羽根の末端部に挿入されるネジと、隣接した羽根の末端部に挿入されるピンとを備える。

【0058】

一態様において、複数の補強リングを準備するステップは、補強リングの中心軸の周りに配置される環状のセット補助羽根を、補強リングの各々と一体で実現する工程を含む。各々の補助羽根は、前縁部と、補強リングの前記中心軸に対して実質的に平行な後縁部とを有する。

40

【0059】

一態様において、補強リングの各々を付けるステップは、環状のセットディスクの2つの羽根の間に各々の補助羽根を設置する工程と、ディスクの前面に補助羽根の末端部を付ける工程とを含む。

【0060】

換言すると、当該方法の変形例によると、セット羽根の半分はディスクから一体として

50

得られ、同一セットの前記羽根（補助羽根）の他の半分は、それぞれの補強リングから得られる。ディスクと一体で得られた羽根は、仕上げられる羽根付きディスクのピッチの2倍のピッチで離間され、補強リングの補助羽根も同様に、仕上げられる羽根付きディスクのピッチの2倍のピッチで離間される。いったん補強リングがディスク上に装着されると、セット羽根は、交互の羽根のディスク及び補助羽根によって形成され、ピッチ（羽根および隣接した補助羽根の間の周方向の距離）は正しいピッチである。このように、各々の個々の部品の機械加工は、より簡単なプロセスであることが分かる。たとえば、ミルの大きさを大きくすることができるので、フライス加工だけで実現可能な羽根の高さを得ることができる。

【0061】

好ましくは、補助羽根の末端部をディスクの前面に付けるステップは、前記末端部に設置される連結装置を介してディスクに補助羽根の末端部を接合する工程を含む。好ましくは、前記連結装置は、ネジおよび/または釘および/またはブレイズ溶接および/またはジョイントを含む。この場合も同様に、補強リングは、ディスクの羽根にピン留め可能なので、補強リングを接合する連結装置が、異なるレベルの熱膨張による径方向の応力および/または（羽根付きディスクがロータディスクの場合）遠心力域からの応力によって影響されることを防止するため、補強リングをディスクの羽根にピン留めすることが可能である。

【0062】

一態様によると、本発明は、前述した方法に従って、さらに/または、添付される特許請求の範囲によって実現されるラジアルターボ機械用羽根付きディスクに関する。

【0063】

一態様によると、本発明は、前述した方法に従って、さらに/または、添付される特許請求の範囲によって実現される少なくとも一つの羽根付きディスクを備えるラジアルターボ機械に関する。

【0064】

一態様によると、羽根付きディスクは、ロータまたはロータディスクである。

【0065】

一態様において、羽根付きディスクはステータ又はステータプレートである。

【0066】

一態様において、ラジアルターボ機械は、遠心力利用のラジアルタービンであり、たとえば、単一ロータディスク付き、あるいは、2つの二重反転ディスク付きのラジアルタービンである。

【0067】

更なる特徴および利点は、本発明に従うラジアルターボ機械用羽根付きディスク、その製造方法の、好ましいが限定されない実施形態の、ラジアルターボ機械の詳細な説明から明らかになる。

【図面の簡単な説明】**【0068】**

以下、添付図面を参照して、説明するが、これらは、近似的、すなわち、限定されない実施例を提供する目的のためにのみ提供される。

【図1】図1は、本発明に従う2つの羽根付きディスクを備えたラジアルターボ機械の子午線断面である。

【図2】図2は、図1の羽根付きディスクの一つの部分的斜視図である。

【図3】図3は、初期固体ディスクの半割部の側面図である。

【図4】図4は、荒削りステップにおいて除去される材料を強調表示した図3のディスクを図示する。

【図5】図5は、荒削りステップに続く、図3のディスクを図示する。

【図6】図6は、図5のディスクの正面図である。

【図7】図7は、羽根を画定するステップに続く、図3のディスクを図示する。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 は、図 7 のディスクの正面図である。

【図 9】図 9 は、羽根を画定するステップを図示する斜視図である。

【図 10】図 10 は、羽根を画定するステップの変形例を図示する斜視図である。

【図 11】図 11 は、補強リングを付けるステップに続く、図 3 のディスクを図示する。

【図 12 a】図 12 a は、図 11 のディスクの詳細の変形例の実施形態を図示する。

【図 12 b】図 12 b は、図 11 のディスクの詳細の変形例の実施形態を図示する。

【図 12 c】図 12 c は、図 11 のディスクの詳細の変形例の実施形態を図示する。

【図 12 d】図 12 d は、図 11 のディスクの詳細の変形例の実施形態を図示する。

【図 12 e】図 12 e は、図 11 のディスクの詳細の変形例の実施形態を図示する。

【図 13】図 13 は、図 11 のディスクの概略的な部分正面図である。

【図 14】図 14 は、図 13 に示す解決策の変形例を図示する図である。

【図 15】図 15 は、製造方法の変形例に従う、図 2 に示す図を図示する図である。

【図 16】図 16 は、図 15 に示す組み立てられたディスクの概略図である。

【図 17】図 17 は、製造方法の更なる変形例に従う、図 2 に示す図を図示する図である。

【詳細な説明】

【0069】

以前に列挙した図を参照すると、参照符合 1 によってラジアルターボ機械が全体的に表示されている。

【0070】

図 1 に図示されたラジアルターボ機械 1 は、一つのロータ 2 を備えた遠心力利用のラジアル型膨張タービンである。たとえば、このタービン 1 は、ランキンサイクル形式、有機 ORC (有機ランキンサイクル) の、エネルギーを発生させる為の、エネルギー源として地熱資源を使用する発電所の分野で使用可能である。

【0071】

タービン 1 は、固定ケーシング 3 を備え、固定ケーシング 3 内に、ロータ 2 が回転できるように収容される。このため、ロータ 2 は、しっかりとシャフト 4 に連結され、シャフト 4 は、(シャフト 4 およびロータ 2 の回転軸と一致する) 中心軸「X - X」に沿って伸び、適した軸受 5 によって固定ケーシング 3 内で支持されている。ロータ 2 は、ロータディスク 6 を備え、このロータディスク 6 は、前述したシャフト 4 に直接連結され、前面 7 と、反対側の後面 8 が設けられている。前面 7 は、中心軸「X - X」と同心かつ同軸の複数の羽根付きロータリングを片持ち梁のように担持する。

【0072】

固定ケーシング 3 は、前壁 10 と後壁 11 とを備え、前壁 10 は、ロータディスク 6 の前面 7 の前に置かれ、後壁 11 は、ロータディスク 6 の後面の前に置かれる。前壁 10 は、作動流体用軸方向入口を画定する開口を有する。この軸方向入口 12 は、中心軸「X - X」に置かれ、円形であり、軸「X - X」と同心になっている。固定ケーシング 3 は、通路ポリュート 13 も有し、これは、作動流体の為に、ロータ 2 の径方向外部の周辺位置に置かれ、固定ケーシング 3 からの出口 (図示せず) と流体連通している。

【0073】

ロータディスク 6 の前に位置するステータプレート 14 は、前壁 10 の内面に置かれ、固定されている。ステータプレート 14 の後面 15 は、固定ケーシング 3 の前壁 10 に付けられ、ステータプレート 14 の前面 16 は、ロータディスク 2 の前面 7 に面する。

【0074】

ステータプレート 14 の前面 16 は、中心軸「X - X」と同心かつ同軸の複数の羽根付きステータリング 17 を片持ち梁のように担持する。羽根付きステータリング 17 は、ロータディスク 6 に向かって固定ケーシング 3 の内側に延び、それらは、羽根付きロータリング 9 と径方向で交互になっており、作動流体用径方向膨張通路を画定するが、作動流体は、軸方向入口 12 を通って入り、径方向に膨張し、通路ポリュート 13 に入って前述した出口 (図示せず) を通って出るまで、ロータディスク 2 の周辺に向かって移動する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

羽根付きロータディスク9および羽根付きステータリング17は、互いに、その中でも構造的に類似している。以下、ロータディスク6の構造およびロータディスク6の製造方法の実施例を説明する。ステータプレートの構造は、類似しており、同一の方法が前記ステータプレート14を実現する為に使用できる。一般的に、この方法は、ラジアルターボ機械用羽根付きディスク(ステータディスク、ロータディスク)を製造する為に使用される。

【 0 0 7 6 】

この方法を使用して実現されたロータディスク6の一部分は、図2に図示されている。図1及び図2に見られるように、ロータディスク6は、中心軸「X-X」と同心かつ同軸の(図2には3つだけが見られる)5つの根元リング18を備える。5つの根元リング18は、前面7上に延び、それらの間に4つの環状で同心の根元窪み19を区切るように、それらは互いに径方向に離間されている。5つの前記根元リング18は、ロータディスク6と一体に作られている。

10

【 0 0 7 7 】

根元リング18の各々は、環状のセットのロータ羽根20を担持し、これらのロータ羽根20は、中心軸「X-X」から等距離である。そのため、ロータディスク6は、中心軸「X-X」と同心かつ同軸の、複数の環状のセットのロータ羽根20を担持する。セットのロータ羽根20は、1ピッチで周方向に離間され、2つの隣接した羽根は、それらの間に作動流体の為の通路を区切っている。

20

【 0 0 7 8 】

各々のロータ羽根20は、根元リング18の端面から延びている。ロータ羽根20は、根元リング18の前記端面から、更に、ロータディスク6の前面7から離れて延び、その前縁部21及び後縁部22は、中心軸「X-X」に対して平行または実質的に平行になっている。図示されたタービン1が遠心力利用のラジアル型である場合、前縁部21は、中心軸「X-X」と径方向で面し、後縁部22は、径方向外側で面する。

【 0 0 7 9 】

各々の環状のセットのロータ羽根20の末端部は、根元リング18の反対側にあるが、これらは、補強リング23によって互いに連結されている。そのため、図示されたロータディスク6は、5つの補強リング23を有し、これらは、中心軸「X-X」と同心かつ同軸になっている。

30

【 0 0 8 0 】

前述したように、ステータプレート14は、構造が類似している。特に、ステータプレート14は、4つの同心の羽根付きステータリング17を備える。各々の羽根付きステータリング17は、根元リング24、環状のセットのステータ羽根25、補強リング26を備える。

【 0 0 8 1 】

各々の羽根付きステータリング17は、2つの羽根付きロータリング9の間に径方向に入れられ、それらに対して回転するように構成されている。羽根付きステータリング17の各補強リング26は、根元窪み19に設置されている。環状のセットのロータ羽根20は、環状のセットのステータ羽根25と径方向に交互になっており、作動流体用の前述した径方向膨張通路を区切っている。

40

【 0 0 8 2 】

ロータディスク6を参照すると、その製造方法は、固体ディスク27から始まり、実際のディスク、根元リング18、ロータ羽根20を一体化することを含む。

【 0 0 8 3 】

特に、前記固体ディスク27(図3)は、鍛造プロセスによって最初に実現される固体ディスク27は、直径「D」、軸方向の長さ(あるいは、厚さ)「t」を有する。固体デ

50

ディスク 27 は、好ましくはステンレス鋼、たとえば、AISI 410, AISI 420, AISI 630 (PH 17-4) 又は PH13-4 で作られている。直径「D」は、仕上げられたロータディスク 6 の直径と実質的に等しい。厚さ「t」は、補強リング 23 を除く、径方向最外部羽根付きロータリング 9 の軸方向の長さになくとも等しい。たとえば、直径「D」と軸方向の長さ「t」の比は、約 8 に等しい。

【0084】

固体ディスク 27 は、たとえば、回転または穿孔によって荒削りされ、前面 7 から材料「M」(図 4) を除去し、前記前面 7 に複数の環状レリーフ 28 を区切るが、これらの環状レリーフ 28 は、ディスクの中心軸「X-X」と同心かつ同軸になっている(図 4, 図 5, 図 6)。図示された 5 つの環状レリーフ 28 は、各々が根元リング 18 および環状のセットのロータ羽根 20 を形成する。各環状レリーフ 28 の大きさは、根元リング 18 と、次のステップで区切られるロータ羽根 20 とを含むような大きさになっている。図 4 及び図 5 で気づけるように、このステップで形成される各々の環状レリーフ 28 の軸方向の拡張は、ロータ羽根 20 の明らかな拡張と実質的に同一であり、それは、ロータ羽根 20 の高さ「h」と根元リング 18 の軸方向の長さ「y」の合計に対応する。さらに、この荒削りステップにおいて、中心軸「X-X」に垂直な支持平面「P」は、各環状レリーフ 28 に対して画定され、ここに、前記環状レリーフ 28 の端面 28'、即ち、そこから得られたロータ羽根 20 の端面が位置する。

【0085】

続いて、当該方法は、ディスクに付けられたままの根元リング 18 と、中心軸「X-X」の周りに配置された環状のセットのロータ羽根 20 とが画定されるまで、各々の環状レリーフ 28 に対して、各々の環状レリーフから材料を除去するステップを含む。このステップにおいて、隣接したロータ羽根 20 の間の通路が画定され、各々のロータ羽根 20 において、空力プロファイルが与えられる(図 7、図 8、図 9、図 10)。このステップの結果は、全ての環状のセットのロータ羽根 20 が開いた状態で(すなわち、羽根 20 が片持ち梁のようにディスクから外に突出した)ディスクが得られる。さらに、ロータ羽根 20 は、高精度(+/-0.01 mm) および良好な品質の面(Ra)を備えて得られる。

【0086】

一実施形態(図 9)によると、ロータ羽根 20 及び根元リング 18 を画定する為の材料の除去は、前方フライス加工、例えば、ボールノーズエンドミルによるミル 29 を用いて、以下の表 1 に列挙されたパラメータに従って実行される。

【表 1】

表1-正面フライス加工

羽根の高さ(h)	18 mm
ミル径(d)	3 mm
羽根の高さとミル径の比(h/d)	6
送り量	1000 mm/分
切断深さ	3 mm
接線速度	100 m/分
回転速度	5000 rpm

【0087】

変形例(図 10)によると、ロータ羽根 20 及び根元リング 18 を画定する為の材料の除去は、放電加工によって実行される。2 つの隣接したロータ羽根 20 の間で得られるべき空の大きさの形をとる電極の作動部分 30 は、以下の表 2 に列挙されたパラメータに従って、正面から前記環状レリーフ 28 の端面 28' に当てられる(それを軸方向「x」または中心軸「X-X」に対して平行に移動させる)。

【表 2】

表2-放電加工

送り量	20 mm/分
作動電流/ピーク電流	600 A

【 0 0 8 8 】

追加の変形例によると、電極は、互いに離間された複数の作動部分 3 0 を有し、各々は、2つの隣接したロータ羽根 2 0 の間の大きさの形をとる。そのため、この電極は、同時に多くのロータ羽根 2 0 の間で材料を除去し、前記ロータ羽根 2 0 の間に通路を画定することができる。

10

【 0 0 8 9 】

追加の変形例によると、ロータ羽根 2 0 及び根元リング 1 8 を画定する為の材料の除去は、最初に、深さが許容するまで（前述したように）前方フライス加工によって材料を除去し、（前述したように）放電加工によって作業を完了する。

【 0 0 9 0 】

図 7 に見られるように、2つの径方向に最外部の根元リング 1 8 は、面 3 1 を有し、その面 3 1 から、ロータ羽根 2 0 が突出し、前記面は、先端が切られた円錐面であり、作動流体用通路の広がり比（フレアリング）を画定する。しかしながら、3つの径方向最内部根元リング 1 8 のロータ羽根 2 0 が突出する面 3 1' は、中心軸「X - X」に対して垂直な平面に位置する。

20

【 0 0 9 1 】

5つの補強リング 2 3 は、別個に準備され、各々の径方向の寸法は、環状のセットのロータ羽根 2 0 の一つに対応する。図 1 1 に図示されるように、各々の補強リング 2 3 は、それぞれのセットのロータ羽根 2 0 の端面（これが、中心軸「X - X」に対して垂直な前述した支持平面「P」を画定する）に付けられ、ロータ羽根 2 0 の末端部に接合される。

【 0 0 9 2 】

図 1 2 a - 図 1 2 e は、幾つかの可能な連結装置を示し、これらは、前記末端部に設置され、この為に適している。

30

【 0 0 9 3 】

図 1 2 a は、（複数のネジ）のネジ 3 2 を図示し、このネジ 3 2 は、補強リング 2 3 内に設けられた貫通孔 3 3 を通り、ロータ羽根 2 0 に設けられたネジ付きシート 3 4 にねじ込まれる。図 1 2 b は、（複数のネジ）のネジ 3 2 を図示し、このネジ 3 2 は、ディスク 6、根元リング 1 8、ロータ羽根 2 0 を貫通して設けられた貫通孔 3 3 を通り、補強リング 2 3 に設けられたネジ付きシート 3 4 にねじ込まれる。図 1 2 c は、釘 3 5 を示し、この釘 3 5 は、ロータ羽根 2 0 に頑丈に拘束され、補強リング 2 3 に設けられた貫通孔 3 3 に挿入され、リベット留めされる。図 1 2 d は、羽根 2 0 および補強リング 2 3 の間に入れられたブレイズ溶接 3 6 を図示する。図 1 2 e は、ロータ羽根 2 0 および補強リング 2 3 の間で実現されたジョイント 3 7 を示す。

40

【 0 0 9 4 】

言及された連結装置に加えて、ピン 3 8 を提供することができ、これは、補強リング 2 3 の中およびロータ羽根 2 0 の中に設けられた特定の穴に挿入される。

【 0 0 9 5 】

たとえば、図 1 3 に図示されたものによると、各々のロータ羽根 2 0 は、ネジ付きシート 3 4 と、そのネジ付きシート 3 4 の両側に設置される 2つの穴 3 9 とを有し、ネジ付きシート 3 4 の中には（図 1 2 a の）ネジ 3 2 がねじ込まれ、2つの穴 3 9 には 2つのピン 3 8 が設定される。

【 0 0 9 6 】

50

補強リング 23 は、前述した貫通孔 33 と、ピン 38 用の 2 つの側部シート（図示せず）とを有する。図 14 の変形例において図示されたものによると、ロータ羽根 20 は、ネジ付きシート 34 を有し、ここに（図 12 a の）ネジ 32 がねじ込まれ、2 つの隣接した羽根 20 には、ピン 38 用の穴 39 を有する。

【0097】

図 15 及び図 16 は、前述した製造方法の変形例を図示する。この変形例によると、環状のセットのロータ羽根 20 の半分は、ロータディスク 6 と一体に作られ、同一セットの前記ロータ羽根の他の半分は、補助ロータ羽根 20' と呼ばれるが、これらは、それぞれの補強リング 23 と一体に作られる。

【0098】

そのため、この変形例に従う方法は、（例えば、第 1 実施形態の為に前述したフライス加工または放電加工によって）補強リング 23 の各々と一体に環状のセットの補助羽根 20' を作るステップを含み、前記補助ロータ羽根 20' は、補強リング 23 の中心軸「X-X」の周りに配置され、当該方法は、各々の補助ロータ羽根 20' を同一の環状のセットのロータディスクの 2 つのロータ羽根 20 の間に配置し、その補助ロータ羽根 20' の末端部をロータディスク 6 の前面 7 に付けることによって補強リング 23 の各々を付けるステップを含む。

【0099】

図 15 に図示されるように、ロータディスク 6 と一体に作られたロータ羽根 20 のピッチは、完全な環状のセット羽根のピッチの 2 倍である。補強リング 23 と一体に作られた補助ロータ羽根 20' のピッチも、完全な環状のセット羽根のピッチの 2 倍である。各々の補助羽根 20' は、前縁部 21' と、補強リング 23 の中心軸「X-X」に対して実質的に平行な後縁部 22' とを有する。

【0100】

ロータディスク 6 は、貫通孔 33 を有し、この貫通孔 33 は、後面 8 に開口し、2 つのロータ羽根 20 の間の根元リング 18 の面 31 にも開口する。ロータディスク 6 は、ピン 38 の為の穴 39 を有し、この穴 39 は、ロータ羽根 20 に設けられ、前記ロータ羽根 20 の末端面に開口する。

【0101】

補強リング 23 は、ピン 38 の為の穴 39 を有し、この穴 39 は、補助ロータ羽根 20' を担持する面であって、2 つの連続した補助ロータ羽根 20' の間で開口する。補強リング 23 は、ネジ付きシート 34 を有し、このネジ付きシート 34 は、補助ロータ羽根 20' に設けられ、前記補助ロータ羽根 20' の末端面に開口する。

【0102】

ネジ 32 は、貫通孔 33 に挿入され、補助ロータ羽根 20' のネジ付きシート 34 にねじ込まれる。ピン 38 は、補強リング 23 およびロータ羽根 20 の穴 39 に挿入される（図 16）。

【0103】

いったん補強リング 23 がロータディスク 6 に装着されると、セット羽根は、ディスク 6 のロータ羽根 20 および補助ロータ羽根 20' が交互に構成され、ピッチ（ロータ羽根 20 および隣接した補助ロータ羽根 20' の間の周方向の距離）は正しいピッチになる。

【0104】

図 17 は、前述した製造方法の追加の変形例を図示するが、ここで、全ての羽根は、補強リング 23 上に一体で成形された補助ロータ羽根 20' である。このため、想像されることは、（図 17 に一点鎖線で示された）固体リング 100 が準備され、その固体リング 100 から、それぞれの環状のセットの補助ロータ羽根 20' が画定されるまで材料が除去されることである。

10

20

30

40

50

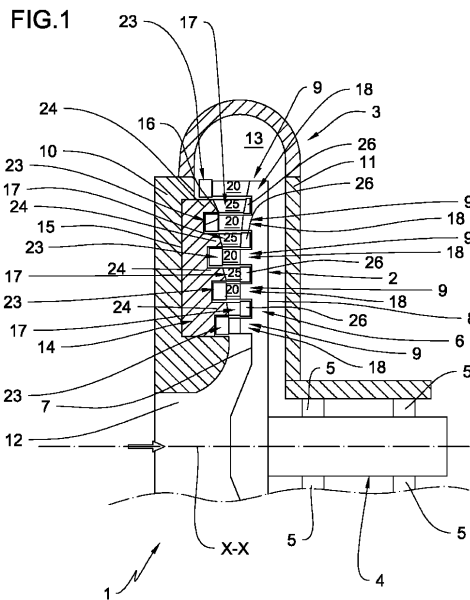
【 0 1 0 5 】

ディスク 6 が得られる、この固体ディスク 2 7 は、それよりも、前面 7 に複数の環状レリーフ 2 8 を形成するように機械加工されるが、前記環状レリーフ 2 8 は、羽根を持たない（図 1 7 には 1 つだけが見られる）根元リング 1 8 を画定し、前記ディスク 6 の中心軸「X - X」と同心かつ同軸である。

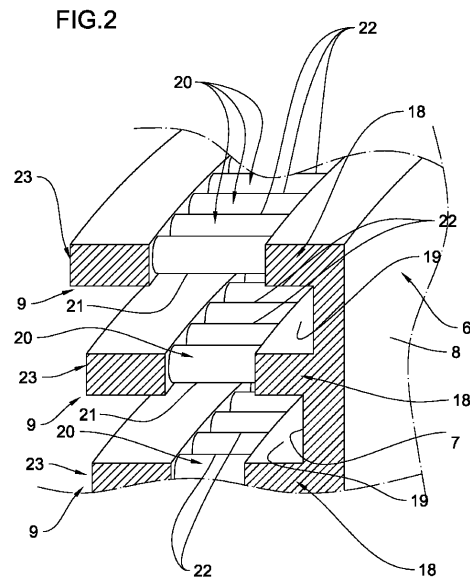
【 0 1 0 6 】

ロータディスク 6 は、貫通孔 3 3 を有し、この貫通孔 3 3 は、補強リング 2 3 の補助ロータ羽根 2 0 'の各々において、後面 8 および根元リング 1 8 の面に開口する。補強リング 2 3 は、ネジ付きシート 3 4 を有し、このネジ付きシート 3 4 は、前記補助ロータ羽根 2 0 'の末端面に開口する。ネジ 3 2 は、貫通孔 3 3 に挿入され、補助ロータ羽根 2 0 'のネジ付きシート 3 4 にねじ込まれる。

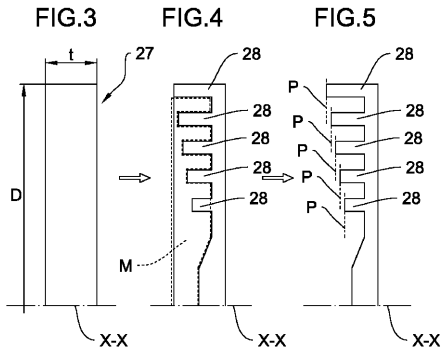
【 図 1 】



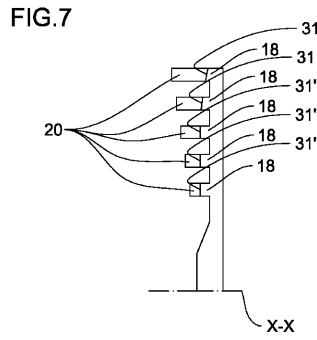
【 図 2 】



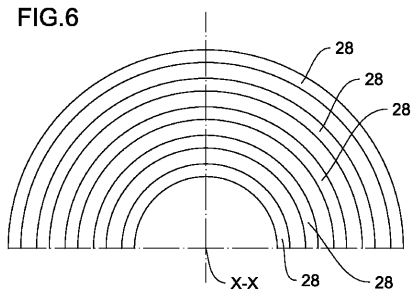
【 図 3 - 5 】



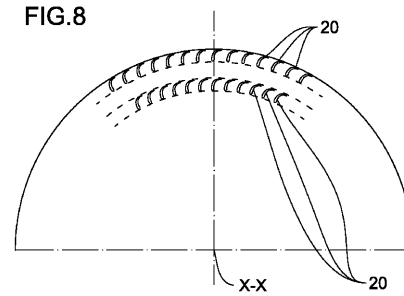
【 図 7 】



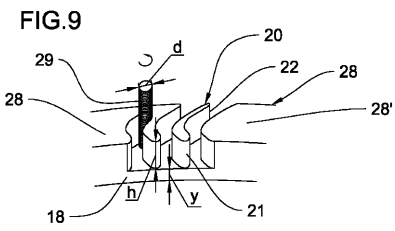
【 図 6 】



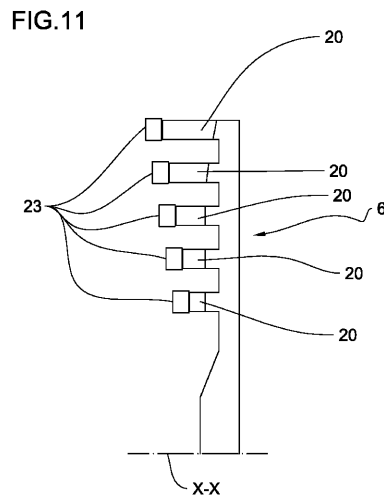
【 図 8 】



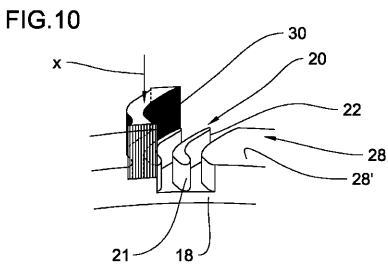
【 図 9 】



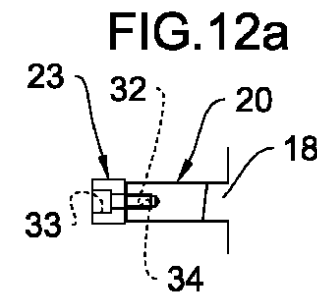
【 図 1 1 】



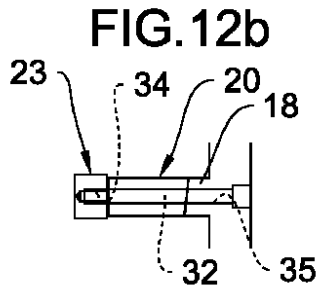
【 図 1 0 】



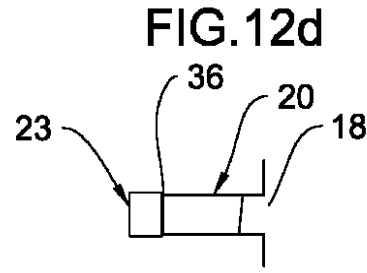
【 図 1 2 a 】



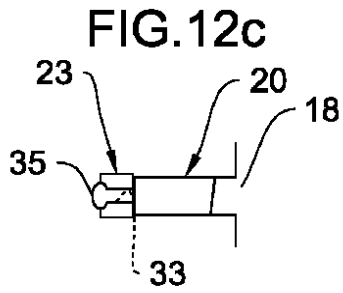
【 図 1 2 b 】



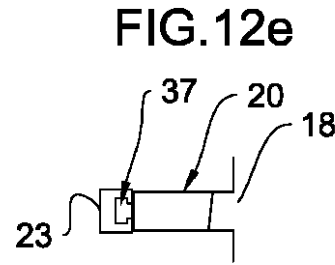
【 図 1 2 d 】



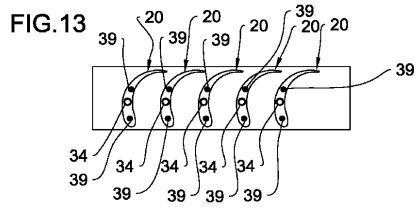
【 図 1 2 c 】



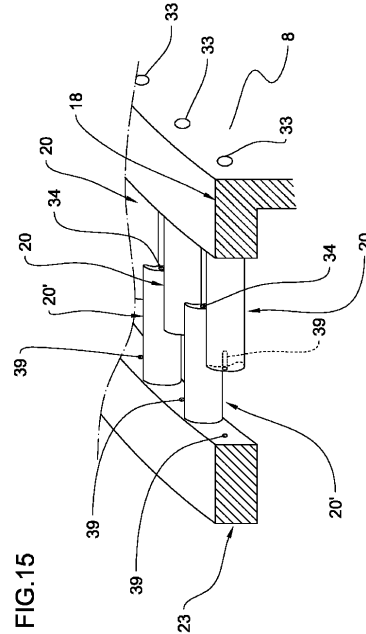
【 図 1 2 e 】



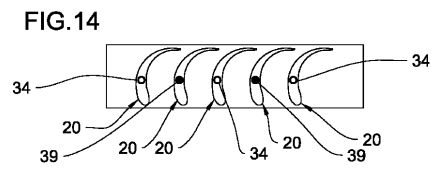
【 図 1 3 】



【 図 1 5 】

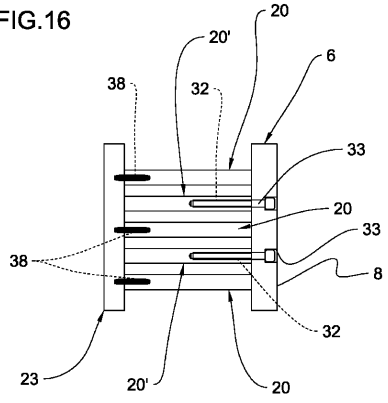


【 図 1 4 】



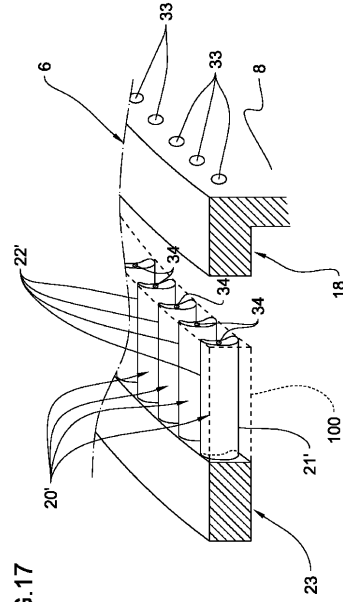
【 16 】

FIG.16



【 17 】

FIG.17



フロントページの続き

(72)発明者 スバダチーニ, クラウディオ
イタリア, アイ - 28925 ベルバニア スナ (ヴェルバーノ・クジオ・オッソラ), 5
8, ヴィア トルベツコイ

(72)発明者 リッツィ, ダリオ
イタリア, アイ - 21050 ビズスキオ (ヴァレーゼ), 73, ヴィア マッツィーニ

審査官 小岩 智明

(56)参考文献 国際公開第2015/140711(WO, A1)
特公昭47-048043(JP, B1)
特開2002-235694(JP, A)
特開2009-262320(JP, A)
特開2006-037791(JP, A)
特開2005-319577(JP, A)
特開2003-191137(JP, A)
国際公開第2015/170230(WO, A1)
国際公開第2015/140707(WO, A1)
国際公開第1993/010358(WO, A1)
英国特許出願公告第360177(GB, A)
仏国特許出願公開第372609(FR, A1)
仏国特許出願公開第354110(FR, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 1/00 - 1/36, 25/00
F04D 29/42 - 29/44