

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5725848号
(P5725848)

(45) 発行日 平成27年5月27日 (2015.5.27)

(24) 登録日 平成27年4月10日 (2015.4.10)

(51) Int. Cl.	F I
FO1D 5/20 (2006.01)	FO1D 5/20
FO1D 11/08 (2006.01)	FO1D 11/08
FO1D 25/24 (2006.01)	FO1D 25/24 P
	FO1D 25/24 T

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-289734 (P2010-289734)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成22年12月27日 (2010.12.27)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2012-137006 (P2012-137006A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成24年7月19日 (2012.7.19)	(74) 代理人	100134544
審査請求日	平成25年11月22日 (2013.11.22)		弁理士 森 隆一郎
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(72) 発明者	松本 和幸
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	桑村 祥弘
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ブレードと、

前記ブレードの先端部側に隙間を介して設けられると共に、前記ブレードに対して相対回転する構造体とを備えたタービンにおいて、

前記ブレードの前記先端部には、上流側に面する少なくとも1つの段差面を有して前記構造体側に突出するステップ部が設けられ、

前記構造体には、前記ステップ部に向かって延出し、このステップ部との間に微小隙間を形成するシールフィンが設けられ、

前記シールフィンの上流側には、周方向成分を含む方向に向かって流れる主渦を軸方向に向かつて案内する主渦案内手段が設けられ、

前記主渦案内手段は、前記段差面のうちの少なくとも最上流側に位置する段差面に設けられ、周方向に沿って並列配置された複数の溝、および複数の羽根の何れか一方であって、

前記複数の溝、および前記複数の羽根は、径方向に沿うように形成され、

前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さは、径方向外側に向かうに従って漸次小さくなるように設定されており、

かつ、径方向最外側において、前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さがゼロとなるように設定されていることを特徴とするタービン。

【請求項2】

10

20

ブレードと、

前記ブレードの先端部側に隙間を介して設けられると共に、前記ブレードに対して相対回転する構造体とを備えたタービンにおいて、

前記ブレードの前記先端部には、上流側に面する少なくとも1つの段差面を有して前記構造体側に突出するステップ部が設けられ、

前記構造体には、前記ステップ部に向かって延出し、このステップ部との間に微小隙間を形成するシールフィンが設けられ、

前記シールフィンの上流側には、周方向成分を含む方向に向かって流れる主渦を軸方向に向かって案内する主渦案内手段が設けられ、

前記構造体には、前記ブレードの前記先端部に対応する位置に、前記隙間を確保する環状溝が形成されており、

前記主渦案内手段は、前記環状溝の上流側の内側面に設けられ、周方向に沿って並列配置された複数の溝、および複数の羽根の何れか一方であって、

前記複数の溝、および前記複数の羽根は、径方向に沿うように形成され、

前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さは、径方向外側に向かうに従って漸次小さくなるように設定されており、

かつ、径方向最外側において、前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さがゼロとなるように設定されていることを特徴とするタービン。

【請求項3】

前記複数の溝、および前記複数の羽根は、径方向外側に向かうに従って前記主渦の周方向成分の方向とは反対側に傾斜していることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のタービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば、発電プラント、化学プラント、ガスプラント、製鉄所、船舶等に用いられるタービンに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、蒸気タービンの一種として、ケーシングと、ケーシングの内部に回転自在に設けられた軸体（ロータ）と、ケーシングの内周部に固定配置された静翼と、この静翼の下流側において軸体に放射状に設けられた動翼とを複数段備えたものが知られている。この蒸気タービンは、作動方式の違いによって、衝動タービンと反動タービンとに大別される。

【0003】

衝動タービンとは、蒸気から受ける衝撃力だけによって動翼が回転するものである。衝動タービンとは、静翼がノズル形状を有し、この静翼を通過した蒸気が動翼に噴射され、蒸気から受ける衝撃力だけによって動翼が回転するものである。

一方、反動タービンは、静翼の形状は動翼と同様であって、この静翼を通過した蒸気から受ける衝撃力と、動翼を通過する際に生じる蒸気の膨張に対する反動力とによって動翼が回転するものである。

【0004】

ところで、このような蒸気タービンでは、動翼の先端部とケーシングとの間に、径方向に所定幅の隙間が形成されており、また静翼の先端部と軸体との間にも、径方向に所定幅の隙間が形成されている。そして、軸体の軸線方向に流れる蒸気の一部が、これら動翼や静翼の先端部の隙間を通過して下流側へリークする。

【0005】

ここで、動翼とケーシングとの間の隙間から下流側へリークする蒸気は、動翼に対して衝撃力も反動力も付与しないので、衝動タービンか反動タービンかによらず、動翼を回転させる駆動力としてほとんど寄与しない。また、静翼と軸体との間の隙間から下流側へ

10

20

30

40

50

ークする蒸気も、静翼を越えてもその速度が変化せずまた膨張も生じないため、衝動タービンか反動タービンかによらず、下流側の動翼を回転させるための駆動力としてほとんど寄与しない。従って、蒸気タービンの性能向上のためには、動翼や静翼の先端部の隙間における蒸気のリーク量を低減させることが重要となる。

このため、動翼や静翼の先端部の隙間から蒸気がリークすることを防止する手段として、シールフィンが従来用いられている。以下、例えば動翼の先端部にシールフィンを用いる場合について詳述する。

【0006】

図14は、従来の蒸気タービンの要部拡大図である。

同図に示すように、蒸気タービン800のケーシング801には、動翼802の先端部であるシュラウドカバー803に向かって微小隙間H100を形成するようにシールフィン804が設けられている。このように構成することにより、動翼とケーシングとの間の隙間を最小限に抑え、蒸気のリークを抑えようとしている。

10

【0007】

また、例えばシュラウドカバー803の上流側に、円周上に沿って三角形に切り落としたような凹凸部を形成する突起部805を設ける技術が開示されている。突起部805は隣りの動翼（不図示）との間に複数個設けられており、シュラウドカバー803に衝突する蒸気S100の渦損を発生させるようになってきている。これにより、シールフィン804の先端に形成される微小隙間H100に流入する蒸気Sを押し戻す作用を生じさせ、蒸気漏洩を低減しようとしている（例えば、特許文献1参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2000-73702号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、図14に示すように、シュラウドカバー803に衝突する蒸気は、上流側に戻るように主渦Y100を形成すると共に、シュラウドカバー803の端縁部（エッジ）において主渦Y100から一部の流れが剥離されて主渦Y100とは反対方向に回る剥離渦Y200が形成される。この剥離渦Y200はシールフィン804先端からシュラウドカバー803に向かうダウンフローを生じさせるので、剥離渦Y200を効率よく利用することで、蒸気漏洩をさらに低減することが可能になる。

30

【0010】

しかしながら、上述の従来技術にあっては、シュラウドカバー803の上流側に、円周上に沿って三角形に切り落としたような凹凸部を形成する突起部805を設けているので、シュラウドカバー803の端縁部からシールフィン804に至る間の距離が一樣とならず、剥離渦Y200の渦形状を安定させることが困難である。このため、効果的に蒸気漏洩を低減しにくいという課題がある。

【0011】

そこで、この発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、蒸気漏洩をより効率よく低減し、高性能なタービンを提供するものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の課題を解決するために、本発明に係るタービンは、ブレードと、前記ブレードの先端部側に隙間を介して設けられると共に、前記ブレードに対して相対回転する構造体とを備えたタービンにおいて、前記ブレードの前記先端部には、上流側に面する少なくとも1つの段差面を有して前記構造体側に突出するステップ部が設けられ、前記構造体には、前記ステップ部に向かって延出し、このステップ部との間に微小隙間を形成するシールフィンが設けられ、前記シールフィンの上流側には、周方向成分を含む方向に向かって流れ

50

る主渦を軸方向に向かって案内する主渦案内手段が設けられ、前記主渦案内手段は、前記段差面のうちの少なくとも最上流側に位置する段差面に設けられ、周方向に沿って並列配置された複数の溝、および複数の羽根の何れか一方であって、前記複数の溝、および前記複数の羽根は、径方向に沿うように形成され、前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さは、径方向外側に向かうに従って漸次小さくなるように設定されており、かつ、径方向最外側において、前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さがゼロとなるように設定されていることを特徴とする。

【0013】

ここで、ブレードと構造体とを効率よく相対回転させるために、ブレードを通過しようとする蒸気の流れ方向は、強い周方向成分を含んでいる。このため、ステップ部の段差面に衝突した蒸気によって形成される主渦の流れ方向は、強い周方向成分を含んでいる。このような場合、主渦から一部の流れが剥離されて形成される剥離渦の流れ方向も強い周方向成分を含んでしまい、シールフィン先端からステップ部に向かって効率よくダウンフローを生じさせることができない。

10

【0014】

しかしながら、本発明はシールフィンの上流側に、周方向成分を含む方向に向かって流れる主渦を軸方向に向かって案内する主渦案内手段が設けられているので、主渦の流れ方向における軸方向成分を大きく設定することができる。このため、剥離渦の流れ方向における軸方向成分も大きく設定することができ、剥離渦によるダウンフローを効率よく発生させることが可能になる。よって、微小隙間を通る蒸気漏洩を効率よく低減することができ、高性能なタービンを提供することができる。

20

【0016】

このように構成することで、簡素な構造で主渦の流れ方向における周方向成分を軸方向に向けさせることができる。

また、径方向最外側において、複数の溝の溝深さ、および複数の羽根の羽根高さがゼロとなるように設定されているので、段差面の端縁部からシールフィンに至る間の距離を一定にすることができる。このため、剥離渦の渦形状を安定させることができ、より効率よくダウンフローを発生させることが可能になる。

さらに、蒸気の周方向成分が、複数の溝や複数の羽根に衝突することによって回転力に変換され、ブレードと構造体とをさらに効率よく相対回転させることが可能になる。

30

よって、さらに高性能なタービンを提供することが可能になる。

【0019】

本発明に係るタービンは、ブレードと、前記ブレードの先端部側に隙間を介して設けられると共に、前記ブレードに対して相対回転する構造体とを備えたタービンにおいて、前記ブレードの前記先端部には、上流側に面する少なくとも1つの段差面を有して前記構造体側に突出するステップ部が設けられ、前記構造体には、前記ステップ部に向かって延出し、このステップ部との間に微小隙間を形成するシールフィンが設けられ、前記シールフィンの上流側には、周方向成分を含む方向に向かって流れる主渦を軸方向に向かって案内する主渦案内手段が設けられ、前記構造体には、前記ブレードの前記先端部に対応する位置に、前記隙間を確保する環状溝が形成されており、前記主渦案内手段は、前記環状溝の上流側の内側面に設けられ、周方向に沿って並列配置された複数の溝、および複数の羽根の何れか一方であって、前記複数の溝、および前記複数の羽根は、径方向に沿うように形成され、前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さは、径方向外側に向かうに従って漸次小さくなるように設定されており、かつ、径方向最外側において、前記複数の溝の溝深さ、および前記複数の羽根の羽根高さがゼロとなるように設定されていることを特徴とする。

40

【0020】

このように構成することで、簡素な構造で主渦の流れ方向における周方向成分を軸方向に向けさせることができるので、安価でかつ高性能なタービンを提供することが可能になる。

50

【 0 0 2 1 】

本発明に係るタービンは、前記複数の溝、および前記複数の羽根は、径方向外側に向かって従って前記主渦の周方向成分の方向とは反対側に傾斜していることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

このように構成することで、主渦の流れ方向における軸方向成分をさらに大きく設定することができる。このため、剥離渦によるダウンフローをさらに効率よく発生させることが可能になり、高性能なタービンを提供することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、主渦の流れ方向における軸方向成分を大きく設定することができる。このため、剥離渦の流れ方向における軸方向成分も大きく設定することができ、剥離渦によるダウンフローを効率よく発生させることが可能になる。よって、微小隙間を通る蒸気漏洩を効率よく低減することができ、高性能なタービンを提供することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 本発明の実施形態における蒸気タービンの概略構成図である。

【 図 2 】 図 1 における要部 I を示す拡大断面図である。

【 図 3 】 図 2 の A 矢視図である。

【 図 4 】 本発明の第 1 実施形態における静翼と動翼との間の蒸気の挙動説明図である。

【 図 5 】 本発明の第 1 実施形態における剥離渦の縮流効果についての説明図である。

20

【 図 6 】 本発明の第 2 実施形態におけるチップシュラウドの平面図である。

【 図 7 】 本発明の第 3 実施形態におけるチップシュラウドの上流側の概略構成図である。

【 図 8 】 図 7 の B 矢視図である。

【 図 9 】 本発明の第 4 実施形態におけるチップシュラウド周縁を示す概略構成図である。

【 図 1 0 】 本発明の第 5 実施形態におけるチップシュラウドの上流側の概略構成図である。

【 図 1 1 】 図 1 0 の C 矢視図である。

【 図 1 2 】 本発明の第 6 実施形態におけるチップシュラウドの上流側の概略構成図である。

【 図 1 3 】 図 1 2 の D 矢視図である。

30

【 図 1 4 】 従来の蒸気タービンの要部拡大図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 5 】

(第 1 実施形態)

(蒸気タービン)

次に、この発明の第 1 実施形態を図 1 ~ 図 5 に基づいて説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る蒸気タービンを示す概略構成図である。

蒸気タービン 1 は、ケーシング 1 0 と、ケーシング 1 0 に流入する蒸気 S の量と圧力を調整する調整弁 2 0 と、ケーシング 1 0 の内方に回転自在に設けられ、動力を図示しない発電機等の機械に伝達する軸体 3 0 と、ケーシング 1 0 に保持された静翼 4 0 と、軸体 3 0 に設けられた動翼 5 0 と、軸体 3 0 を軸回りに回転可能に支持する軸受部 6 0 とを主たる構成としている。

40

軸受部 6 0 は、ジャーナル軸受装置 6 1 およびスラスト軸受装置 6 2 を備えており、軸体 3 0 を回転可能に支持している。

【 0 0 2 6 】

ケーシング 1 0 は、内部空間が気密に封止されているとともに、蒸気 S の流路とされている。このケーシング 1 0 の内壁面には、軸体 3 0 が挿通されたリング状の仕切板外輪 1 1 が強固に固定されている。

【 0 0 2 7 】

調整弁 2 0 は、ケーシング 1 0 の内部に複数個取り付けられており、それぞれ図示しな

50

いボイラから蒸気Sが流入する調整弁室21と、弁体22と、弁座23とを備えており、弁体22が弁座23から離れると蒸気流路が開いて、蒸気室24を介して蒸気Sがケーシング10の内部空間に流入するようになっている。

【0028】

軸体30は、軸本体31と、この軸本体31の外周から回転軸径方向（以下、単に径方向という）に延出した複数のディスク32とを備えている。この軸体30は、不図示の発電機等の機械に回転エネルギーを伝達するようになっている。

【0029】

静翼40は、軸体30を囲繞するように放射状に多数配置されて環状静翼群を構成しており、それぞれ仕切板外輪11に保持されている。これら静翼40の径方向内側は、軸体30が挿通されたリング状のハブシュラウド41で連結され、その先端部が軸体30に対して径方向の隙間をあけて配設されている。

10

これら複数の静翼40からなる環状静翼群は、回転軸方向（以下、単に軸方向という）に間隔をあけて6つ形成されており、蒸気Sの圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して、下流側に隣接する動翼50側に案内するようになっている。

【0030】

動翼50は、軸体30が有するディスク32の外周部に強固に取り付けられている。この動翼50は、各環状静翼群の下流側において、放射状に多数配置されて環状動翼群を構成している。

【0031】

20

これら環状静翼群と環状動翼群とは、一組一段とされている。すなわち、蒸気タービン1は、6段に構成されている。これら動翼50の先端部は、周方向に伸びたチップシュラウド51とされている。

ここで、本実施形態では、軸体30、および仕切板外輪11が本発明における「構造体」となっている。また、静翼40、ハブシュラウド41、チップシュラウド51、および動翼50が本発明における「ブレード」となっている。そして、静翼40およびハブシュラウド41を「ブレード」とした場合は軸体30を「構造体」とし、一方、動翼50およびチップシュラウド51を「ブレード」とした場合は仕切板外輪11を「構造体」とする。なお、以下の説明においては、仕切板外輪11を「構造体」とし、動翼50を「ブレード」として説明する。

30

【0032】

図2は、図1における要部Iを示す拡大断面図、図3は、図2のA矢視図である。

図2、図3に示すように、動翼50の先端部となるチップシュラウド51は、ケーシング10の径方向において仕切板外輪11と隙間Kを介して対向して配置されている。チップシュラウド51は、段差面53（53A～53C）を有して仕切板外輪11側に突出する、ステップ部52（52A～52C）を形成したものである。

【0033】

本実施形態では、チップシュラウド51は、3つのステップ部52（52A～52C）を形成している。これら3つのステップ部52A～52Cは、これらの上面152（152A～152C）の動翼50からの突出高さが、軸体30の軸方向上流側（図2における左側）から下流側（図2における右側）に向かうに従って、漸次高くなるように配設されている。すなわち、ステップ部52A～52Cは、段差を形成する段差面53（53A～53C）が、軸方向上流側を向いた前向きに形成されている。

40

【0034】

ここで、各段差面53（53A～53C）のうち、最上流側に位置する段差面53Aには、周方向に沿って複数の溝71が並列配置されている。各溝71は、軸方向平面視で径方向に沿うようにスリット状に形成されている。また、各溝71は、軸方向断面略三角形に形成されており、溝深さD1が径方向外側に向かうに従って、漸次浅くなるように設定されている。そして、各溝71は、この溝深さD1が1段目のステップ部52Aの上面152A近傍でゼロになるように設定されている。

50

【 0 0 3 5 】

一方、仕切板外輪 1 1 には、チップシュラウド 5 1 に対応する部位に環状溝 1 1 1 が形成されている。そして、この環状溝の底面 1 1 1 a には、3つのシールフィン 1 2 (1 2 A ~ 1 2 C) が、各ステップ部 5 2 (5 2 A ~ 5 2 C) に 1 : 1 に対応するように径方向に突設されている。

各シールフィン 1 2 (1 2 A ~ 1 2 C) は、それぞれ対応するステップ部 5 2 (5 2 A ~ 5 2 C) との間に、微小隙間 H (H 1 ~ H 3) を径方向に形成するように、下流側に向かうに従ってその長さが短くなるように形成されている。

【 0 0 3 6 】

ここで、微小隙間 H (H 1 ~ H 3) の各寸法は、ケーシング 1 0 や動翼 5 0 の熱伸び量、動翼 5 0 の遠心伸び量等を考慮した上で、両者が接触することがない安全な範囲内で、最小のものに設定されている。なお、本実施形態では、H 1 ~ H 3 は全て同じ寸法となっている。ただし、必要に応じて、これらを適宜変更することが可能であることはいうまでもない。

【 0 0 3 7 】

さらに、各シールフィン 1 2 (1 2 A ~ 1 2 C) は、それぞれ対応するステップ部 5 2 (5 2 A ~ 5 2 C) の段差面 5 3 (5 3 A ~ 5 3 C) よりも若干下流側に設けられている。すなわち、各段差面 5 3 (5 3 A ~ 5 3 C) の端縁部 5 5 (5 5 A ~ 5 5 C) と、対応するシールフィン 1 2 (1 2 A ~ 1 2 C) との間に、それぞれスペース S P (S P 1 ~ S P 3) が形成される。

【 0 0 3 8 】

ここで、最上流側に位置する段差面 5 3 A に形成されている各溝 7 1 は、この溝深さ D 1 が 1 段目のステップ部 5 2 A の上面 1 5 2 A 近傍でゼロになるように設定されているので、段差面 5 3 A の端縁部 5 5 A とシールフィン 1 2 A との間の距離 L は、チップシュラウド 5 1 の全周で同一となる。すなわち、段差面 5 3 A とシールフィン 1 2 A との間に形成されるスペース S P 1 は、周方向全体に亘って一様に形成される。

【 0 0 3 9 】

このような構成のもと、仕切板外輪 1 1 と、シールフィン 1 2 (1 2 A ~ 1 2 C) と、チップシュラウド 5 1 とによって、3つのキャピティ C (C 1 ~ C 3) が形成される。

すなわち、3つのキャピティ C (C 1 ~ C 3) のうち、最上流側に位置する第 1 のキャピティ C 1 は、環状溝 1 1 1 の底面 1 1 1 a と、上流側の内側面 1 1 1 b と、第 1 のシールフィン 1 2 A と、チップシュラウド 5 1 の 1 段目のステップ部 5 2 A とにより囲まれて形成される。

【 0 0 4 0 】

また、第 1 のキャピティ C 1 よりも後流側の第 2 のキャピティ C 2 は、環状溝 1 1 1 の底面 1 1 1 a と、第 1 のシールフィン 1 2 A、および第 2 のシールフィン 1 2 B と、チップシュラウド 5 1 の 1 段目のステップ部 5 2 A、および 2 段目のステップ部 5 2 B とにより囲まれて形成される。

さらに、第 2 のキャピティ C 2 よりも後流側の第 3 のキャピティ C 3 は、環状溝 1 1 1 の底面 1 1 1 a と、第 2 のシールフィン 1 2 B、および第 3 のシールフィン 1 2 C と、チップシュラウド 5 1 の 2 段目のステップ部 5 2 B、および 3 段目のステップ部 5 2 C とにより囲まれて形成される。

【 0 0 4 1 】

(蒸気タービンの動作)

次に、図 1、図 2、図 4、図 5 に基づいて、蒸気タービン 1 の動作について説明する。

図 4 は、静翼と動翼との間の蒸気の挙動説明図である。

図 1、図 2、図 4 に示すように、調整弁 2 0 (図 1 参照) を開状態とすると、不図示のボイラから蒸気 S がケーシング 1 0 の内部空間に流入する。ケーシング 1 0 の内部空間に流入した蒸気 S は、各段における環状静翼群と環状動翼群とを順次通過する。この際には、圧力エネルギーが静翼 4 0 によって速度エネルギーに変換され、静翼 4 0 を経た蒸気 S

10

20

30

40

50

のうちの大部分が同一の段を構成する動翼 50 間に流入し、動翼 50 により蒸気 S の速度・圧力エネルギーが回転エネルギーに変換されて、軸体 30 に回転が付与される。

【0042】

すなわち、図 4 に詳示するように、静翼 40 から流出した蒸気 S の絶対流速 C_z は、強い周方向成分を含んでいる。つまり、動翼 50 の回転速度を V とし、動翼 50 からみた蒸気 S の相対流速を W とし、この相対流速 W の周方向に対する傾きを θ としたとき、この傾き θ は、一般に

$$\theta < 90^\circ$$

となる。このため、相対流速 W も周方向成分を含んでいる。

【0043】

このような流れをもつ蒸気 S のうちの一部（例えば、数%）は、静翼 40 から流出した後、環状溝 111 内に流入する、所謂漏洩蒸気となる。環状溝 111 内に流入した蒸気 S は、まず、第 1 のキャピティ C1 に流入し、1 段目のステップ部 52A の段差面 53A に衝突し、上流側に戻るようにして例えば図 2 の紙面上にて反時計回りに回る主渦 Y1 を生じる。

このとき、段差面 53A には、複数の溝 71 が軸方向平面視で径方向に沿うように形成されているので、段差面 53A に衝突して形成される主渦 Y1 の流れ方向は、蒸気 S の相対流速 W よりも軸方向側に案内される。この結果、蒸気 S の相対流速 W' が相対流速 W よりも軸方向に傾く（図 4 における破線参照）。

【0044】

このように、強い軸方向成分を含む主渦 Y1 は、段差面 53A の端縁部 55A において、主渦 Y1 から一部の流れが剥離されることにより、この主渦 Y1 と反対方向、本例では図 2 の紙面上にて時計回りに回るように、剥離渦 Y2 が生じる。この剥離渦 Y2 は、第 1 のシールフィン 12A とチップシュラウド 51 との間の微小隙間 H1 における蒸気 S の流れ流れを低減する、いわゆる縮流効果を発揮する。

【0045】

より詳しく、図 5 に基づいて剥離渦 Y2 による縮流効果について説明する。

図 5 は、剥離渦の縮流効果について説明する図であって、図 2 における第 1 のシールフィンの先端部周辺を拡大した部分拡大断面図である。

同図に示すように、剥離渦 Y2 は、第 1 のシールフィン 12A とチップシュラウド 51 との間の微小隙間 H1 の直前位置で、径方向内向きの慣性力を有している。したがって、微小隙間 H1 を通って下流側へ漏れる蒸気 S は、剥離渦 Y2 の慣性力で押さえ込まれることにより、図 5 に 1 点鎖線で示すように径方向への幅が縮められる。このように、剥離渦 Y2 は、蒸気 S を径方向内向きに押し縮めることでその流れ流れを低減させる効果、すなわち縮流効果を有している。

【0046】

また、この縮流効果は、剥離渦 Y2 の慣性力が大きいほど、すなわち、剥離渦 Y2 の軸方向成分の流れが大きいほど、効果が大きくなる。ここで、剥離渦 Y2 を発生させる主渦 Y1 は、この流れ方向が段差面 53A に形成されている複数の溝 71 によって蒸気 S の相対流速 W よりも軸方向側に傾いている。この結果、剥離渦 Y2 の流れ方向も軸方向成分が強くなる。このため、剥離渦 Y2 による縮流効果は、段差面 53A に複数の溝 71 が形成されていない場合と比較して大きくなる。

【0047】

さらに、各溝 71 は軸方向断面略三角形に形成されており、その溝深さ $D1$ が 1 段目のステップ部 52A の上面 152A 近傍でゼロになるように設定されているので、段差面 53A とシールフィン 12A との間に形成されるスペース SP1 は、周方向全体に亘って一様に形成されている。このため、剥離渦 Y2 の形状を周方向全体に渡って一様に、かつ安定して形成することができる。

【0048】

ここで、段差面 53A の端縁部 55A とシールフィン 12A との間の距離 L は、

10

20

30

40

50

L/H1 2・・・(1)

を満たすように設定されていることが望ましい。このように設定することで、剥離渦Y2のダウフローにおける径方向内側に向く速度成分の最大位置が、シールフィン12Aの先端(内端縁)に一致しやすくなる。このような場合、ダウフローが微小隙間H1の直前をより良好に通過するため、漏れ流れに対する縮流効果が最大になると考えられる。

【0049】

続いて、微小隙間H1を通過して蒸気Sは、第2のキャビティC2に流入し、2段目のステップ部52Bの段差面53Bに衝突し、上流側に戻るようには例えば図2の紙面上にて反時計回りに回る主渦Y1を生じる。そして、二段目のステップ部52Bの端縁部55Bにおいて、主渦Y1から一部の流れが剥離されることにより、この主渦Y1と反方向、本例では図3の紙面上にて時計回りに回るように、剥離渦Y2が生じる。この剥離渦Y2も、1段目のステップ部52Aに形成される剥離渦Y2と同様に、第2のシールフィン12Bとチップシュラウド51との間の微小隙間H2における蒸気Sの漏れ流れを低減させる、縮流効果を発揮する。

10

【0050】

さらに、微小隙間H2を通過して蒸気Sは、第3のキャビティC3に流入し、3段目のステップ部52Cの段差面53Cに衝突し、上流側に戻るようには例えば図3の紙面上にて反時計回りに回る主渦Y1を生じる。そして、3段目のステップ部52Cの端縁部55Cにおいて、主渦Y1から一部の流れが剥離されることにより、この主渦Y1と反方向、本例では図3の紙面上にて時計回りに回るように、剥離渦Y2が生じる。この剥離渦Y2も、1段目のステップ部52Aに形成される剥離渦Y2と同様に、第3のシールフィン12Cとチップシュラウド51との間の微小隙間H3における蒸気Sの漏れ流れを低減させる、縮流効果を発揮する。

20

【0051】

(効果)

したがって、上述の第1実施形態によれば、チップシュラウド51のステップ部52に形成されている段差面53(53A~53C)のうち、最上流側に位置する段差面53Aに複数の溝71を形成し、これら溝71によって周方向成分を含む方向に向かって流れる主渦Y1を軸方向に向かって案内することができ、主渦Y1の流れ方向における軸方向成分を大きく設定することができる。このため、剥離渦Y2の流れ方向における軸方向成分も大きく設定することができ、剥離渦Y2によるダウフローを効率よく発生させることが可能になる。よって、簡素な構造で微小隙間H1を通る蒸気Sの漏れ流れを効率よく低減することができ、高性能な蒸気タービン1を提供することができる。

30

【0052】

また、各溝71は、軸方向断面略三角形に形成されており、その溝深さD1が1段目のステップ部52Aの上面152A近傍でゼロになるように設定されている。このため、剥離渦Y2の形状を周方向全体に渡って一様に、かつ安定して形成することができ、剥離渦Y2による蒸気Sの縮流効果をさらに大きくすることができる。

さらに、蒸気Sの周方向成分が、複数の溝71に衝突することによって回転力に変換され、軸体30をさらに効率よく回転させることが可能になる。

40

【0053】

(第2実施形態)

次に、この発明の第2実施形態を、図1、図4、図5を援用し、図6に基づいて説明する。なお、第1実施形態と同一態様には、同一符号を付して説明する(以下の実施形態についても同様)。

図6は、第2実施形態を説明するための説明図であって、図3(図2のA矢視図)に対応している。

【0054】

この第2実施形態において、蒸気タービン1は、ケーシング10と、ケーシング10に流入する蒸気Sの量と圧力を調整する調整弁20と、ケーシング10の内方に回転自在に

50

設けられ、動力を不図示の発電機等の機械に伝達する軸体（ロータ）30と、ケーシング10に保持された静翼40と、軸体30に設けられた動翼50と、軸体30を軸回りに回転可能に支持する軸受部60と、を主たる構成としている点、静翼40は、軸体30を圍繞するように放射状に多数配置されて環状静翼群を構成しており、それぞれ仕切板外輪11に保持されている点、これら静翼40の径方向内側は、軸体30が挿通されたリング状のハブシュラウド41で連結されている点、動翼50は、各環状静翼群の下流側において、放射状に多数配置されて環状動翼群を構成しており、その先端部は、周方向に延びたチップシュラウド51とされている点、環状静翼群と環状動翼群とは、一組一段とされている点、チップシュラウド51は、段差面53（53A～53C）を有して仕切板外輪11側に突出する、ステップ部52（52A～52C）を形成したものである点、仕切板外輪11には、チップシュラウド51に対応する部位に環状溝111が形成されており、この環状溝の底面111aに、3つのシールフィン12（12A～12C）が、各ステップ部52（52A～52C）に1：1で対応するように径方向に突設されている点等の基本的構成は、前述した第1実施形態と同様である（以下の実施形態についても同様）。

10

【0055】

ここで、第2実施形態と第1実施形態との相違点は、第2実施形態の1段目のステップ部52の段差面53Aに形成された複数の溝171の形状が第1実施形態の段差面53Aに形成されている溝71と異なる点にある。

より詳しくは、各溝171は、軸方向断面略三角形形状に形成されており、溝深さが径方向外側に向かうに従って、漸次浅くなるように設定されている点では、前述の第1実施形態の溝71と同様であるが、各溝171が軸方向平面視で径方向に対して交差するように形成されている点が前述の第1実施形態の溝71と異なる。すなわち、各溝171は、径方向外側に向かうに従って、静翼40から流出した蒸気Sの周方向成分の方向とは反対側に向かって傾斜している。

20

【0056】

各溝171の径方向に対する傾斜角度は、以下のように求める。

すなわち、静翼40から流出した蒸気Sの絶対流速 C_z （図4参照）のうち、周方向成分を C とし、チップシュラウド51の段差面53Aに衝突して主渦Y1を形成する蒸気S'の流速 W_L （図5参照）において、流れ方向の周方向成分を W_L とし、動翼50の回転速度を V （図4参照）としたとき、各溝171の傾斜角度は、

30

$$C = V + W_L = 0 \dots (2)$$

を満たすように設定される。

【0057】

各溝171の傾斜角度を式(2)を満たすように設定することにより、前述の第1実施形態と同様の効果に加え、主渦Y1の流れ方向における軸方向成分をさらに確実に大きく設定することができる。このため、剥離渦Y2によるダウンフローをさらに効率よく発生させることが可能になり、さらに高性能な蒸気タービン1を提供することができる。

【0058】

なお、上述の第1実施形態では、チップシュラウド51の3つのステップ部52（52A～52C）に形成されている段差面53（53A～53C）のうち、最上流側に位置する段差面53Aに複数の溝71を形成した場合について説明した。さらに、第2実施形態では、段差面53Aに複数の溝171を形成した場合について説明した。

40

しかしながら、これに限られるものではなく、2段目のステップ部52Bの段差面53Bや3段目のステップ部52Cの段差面53Cにも複数の溝71, 171を形成してもよい。

【0059】

（第3実施形態）

次に、この発明の第3実施形態を、図7、図8に基づいて説明する。

図7は、第3実施形態におけるチップシュラウドの上流側の概略構成図、図8は、図7のB矢視図である。

50

図7、図8に示すように、この第3実施形態と第1実施形態との相違点は、第1実施形態では1段目のステップ部52Aの段差面53Aに複数の溝71が形成されているのに対し、第3実施形態では1段目のステップ部52Aの段差面253Aに複数の羽根271が周方向に沿って並列配置されている点にある。

【0060】

羽根271は、軸方向平面視で径方向に沿うように、かつ軸方向上流側に向かって突出するように設けられている。また、羽根271は、この周方向断面の形状が径方向内側から径方向外側に向かうにしたがって漸次薄肉となるように形成され、かつ静翼40から流出した蒸気Sの周方向成分の方向とは反対側に向かって徐々に傾斜するように形成されている。羽根271の径方向内側端には、弧状面271aが形成されており、ここを通過する蒸気Sにかかる静圧が低くなるようになっている。

10

【0061】

さらに、羽根271は、軸方向断面略三角形に形成されており、羽根高さT1が径方向外側に向かうに従って、漸次低くなるように設定されている。そして、羽根271は、この羽根高さT1が1段目のステップ部52Aの上面152A近傍でゼロになるように設定されている。すなわち、1段目のステップ部52Aの段差面253Aは、径方向外側に向かうに従って、徐々に軸方向上流側に向かうように傾斜している。

【0062】

したがって、上述の第3実施形態によれば、前述の第1実施形態と同様の効果を奏することができる。また、蒸気タービン1の仕様に応じて段差面53Aに溝71を形成するか、段差面253Aに羽根271を設けるか選択することが可能になり、チップシュラウド51のバリエーションを拡げることができる。

20

【0063】

なお、上述の第3実施形態では、チップシュラウド51の3つのステップ部52(52A~52C)に形成されている段差面53(53A~53C)のうち、最上流側に位置する段差面53Aに、複数の羽根271が周方向に沿って並列配置されている場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、2段目のステップ部52Bの段差面53Bや3段目のステップ部52Cの段差面53Cにも複数の羽根271を形成してもよい。

【0064】

(第4実施形態)

次に、この発明の第4実施形態を、図9に基づいて説明する。

図9は、第4実施形態におけるチップシュラウド周縁を示す概略構成図である。

図9に示すように、この第4実施形態と第1実施形態との相違点は、1段目のステップ部52の段差面53Aに形成された複数の溝371の形状にある。

【0065】

より詳しくは、各溝371の溝深さD2は、径方向外側に向かうに従って漸次浅くなるように設定され、この溝深さD2が1段目のステップ部52Aの上面152A近傍でゼロになるように設定されている点は、前述の第1実施形態の溝71と同様であるが、各溝371は軸方向断面が略三角形になっていない。

40

すなわち、各溝371には、径方向外側に向かうに従って溝深さD2が浅くなるように第1弧状部371aが形成されている。さらに、各溝371の第1弧状部371aの先端には、上流側に向かって膨出するように第2弧状部371bが形成されている。

【0066】

このように、各溝371を形成することにより、各溝371の径方向外側における接線方向は、ほぼ段差面53Aの面方向と一致する。このため、チップシュラウド51の段差面53Aに衝突して主渦Y1を形成する蒸気S'は、端縁部55Aでの速度ベクトルがほぼ径方向に向き、剥離渦Y2の慣性力が大きくなる。

したがって、上述の第4実施形態によれば、前述の第1実施形態と同様の効果に加え、剥離渦Y2によるダウンフローを大きくすることができる。このため、微小隙間H1を通

50

る蒸気Sの漏れ流れをさらに効率よく低減することができ、さらに高性能な蒸気タービン1を提供することができる。

【0067】

なお、上述の第4実施形態では、チップシュラウド51の3つのステップ部52(52A~52C)に形成されている段差面53(53A~53C)のうち、最上流側に位置する段差面53Aに複数の溝371を形成した場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、2段目のステップ部52Bの段差面53Bや3段目のステップ部52Cの段差面53Cにも複数の溝371を形成してもよい。

【0068】

(第5実施形態)

次に、この発明の第5実施形態を、図10、図11に基づいて説明する。

図10は、第5実施形態におけるチップシュラウドの上流側の概略構成図、図11は、図10のC矢視図である。

図10、図11に示すように、この第5実施形態と第1実施形態との相違点は、第1実施形態のチップシュラウド51には、段差面53Aに複数の溝71が形成されているのに対し、第5実施形態では、チップシュラウド51に溝71が形成されておらず、3つのキャビティC(C1~C3)のうち、最上流側に位置する第1のキャビティC1に、ターニングベーン471が設けられている点にある。

【0069】

ターニングベーン471は、複数の案内板472が周方向に沿って並列配置されたものである。各案内板472は、第1のキャビティC1の底面111a側に軸方向に長く形成されている。より具体的には、第1のシールフィン12Aから主渦Y1の流れ方向における周方向成分の方向とは反対側に向かって斜めに上流側に向かって延出するように形成されている(図11参照)。そして、各案内板472は、環状溝111の上流側の内側面111bまで延出しており、この内側面111bと、環状溝111の底面111aと、第1のシールフィン12Aとに接合されている。

【0070】

このような構成のもと、周方向に隣接する各案内板472間が、主渦Y1が流通する流路473に設定される。流路473は、主渦Y1をこの周方向成分を相殺するように案内することになる。このため、ターニングベーン471を設けない場合と比較して主渦Y1の軸方向成分が大きくなり、前述の第1実施形態と同様の効果を奏することが可能になる。

【0071】

なお、上述の第5実施形態では、ターニングベーン471を構成する複数の案内板472が第1のキャビティC1の底面111a側に軸方向に長く形成されている場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、各案内板472における環状溝111の上流側の内側面111b側に、径方向内側に向かって舌片部474を延出形成し(図10における2点鎖線参照)、各案内板472を周方向平面視で略L字状に形成してもよい。

この場合、ターニングベーン471やチップシュラウド51等の熱伸び等を考慮し、舌片部474と動翼50とが接触しないように舌片部474を形成する。

【0072】

また、上述の第5実施形態では、3つのキャビティC(C1~C3)のうち、最上流側に位置する第1のキャビティC1に、ターニングベーン471を設けた場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、第2のキャビティC2や第3のキャビティC3にもターニングベーン471を設けてもよい。

【0073】

(第6実施形態)

次に、この発明の第6実施形態を、図12、図13に基づいて説明する。

図12は、第6実施形態におけるチップシュラウドの上流側の概略構成図、図13は、

10

20

30

40

50

図 1 2 の D 矢視図である。

図 1 2、図 1 3 に示すように、この第 6 実施形態と第 1 実施形態との相違点は、第 1 実施形態のチップシュラウド 5 1 には、段差面 5 3 A に複数の溝 7 1 が形成されているのに対し、第 6 実施形態では、チップシュラウド 5 1 に代わって環状溝 1 1 1 の上流側の内側面 1 1 1 b に複数の羽根 5 7 1 が設けられている点にある。

【 0 0 7 4 】

羽根 5 7 1 は、軸方向平面視で径方向に沿うように、かつ軸方向下流側に向かって突出するように設けられている。また、羽根 5 7 1 は、径方向外側に向かうにしたがって段差面 5 3 A に衝突して上流側に戻る主渦 Y 1 の周方向成分の方向とは反対側に向かって徐々に傾斜するように形成されている。

10

さらに、羽根 5 7 1 は、軸方向断面略三角形に形成されており、羽根高さ T 2 が径方向外側に向かうに従って漸次低くなるように設定されており、最外側で羽根高さ T 2 がゼロになるように形成されている。すなわち、環状溝 1 1 1 の上流側の内側面 1 1 1 b は、羽根 5 7 1 に対応する部位が径方向外側に向かうに従って徐々に下流側に向かうように形成している。

【 0 0 7 5 】

このように形成した場合であっても、羽根 5 7 1 によって、周方向成分を含む方向に向かって流れる主渦 Y 1 を軸方向に向かって案内することができるので、前述の第 1 実施形態と同様の効果を奏することができる。

なお、上述の第 6 実施形態では、環状溝 1 1 1 の上流側の内側面 1 1 1 b に複数の羽根 5 7 1 が設けられている場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、羽根 5 7 1 に代わって複数の溝を形成してもよい。この場合、複数の溝を、軸方向断面略三角形となるように形成することが望ましい。

20

【 0 0 7 6 】

また、本発明は上述の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上述の実施形態に種々の変更を加えたものを含む。

例えば、上述の実施形態では、ケーシング 1 0 に設けられた仕切板外輪 1 1 を構造体とした。しかしながら、これに限られるものではなく、仕切板外輪 1 1 を設けずに、ケーシング 1 0 自体を直接本発明の構造体として、構成してもよい。すなわち、この構造体は、動翼 5 0 を圍繞するとともに、流体が動翼間を通過するように流路を規定するものであれば、どのような部材であってもよい。

30

【 0 0 7 7 】

さらに、上述の実施形態では、チップシュラウド 5 1 にステップ部 5 2 を複数設け、これによってキャピティ C も複数形成した場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、ステップ部 5 2 やこれに対応するキャピティ C の数については任意であり、一つであっても、三つ、あるいは四つ以上であってもよい。

そして、シールフィン 1 2 とステップ部 5 2 とは必ずしも 1 : 1 で対応させる必要はなく、これらの数については任意に設計することができる。

また、上述の実施形態では、最終段の動翼 5 0 や静翼 4 0 に本発明を適用したが、他の段の動翼 5 0 や静翼 4 0 に本発明を適用してもよい。

40

【 0 0 7 8 】

さらに、上述の実施形態や変形例では、本発明に係る「ブレード」を動翼 5 0 とし、その先端部となるチップシュラウド 5 1 にステップ部 5 2 (5 2 A ~ 5 2 C) を形成するとともに、本発明に係る「構造体」を仕切板外輪 1 1 とし、ここにシールフィン 1 2 (1 2 A ~ 1 2 C) を設けた場合について説明した。しかしながら、これに限られるものではなく、本発明に係る「ブレード」を静翼 4 0 とし、その先端部にステップ部 5 2 を形成するとともに、本発明に係る「構造体」を軸体 (ロータ) 3 0 とし、ここにシールフィン 1 2 を設ける構成としてもよい。この場合もステップ部 5 2 に、上述の実施形態を採用することができる。

【 0 0 7 9 】

50

また、上述の実施形態では、本発明を復水式の蒸気タービンに適用したが、他の型式の蒸気タービン、例えば、二段抽気タービン、抽気タービン、混気タービン等のタービン型式に本発明を適用することもできる。

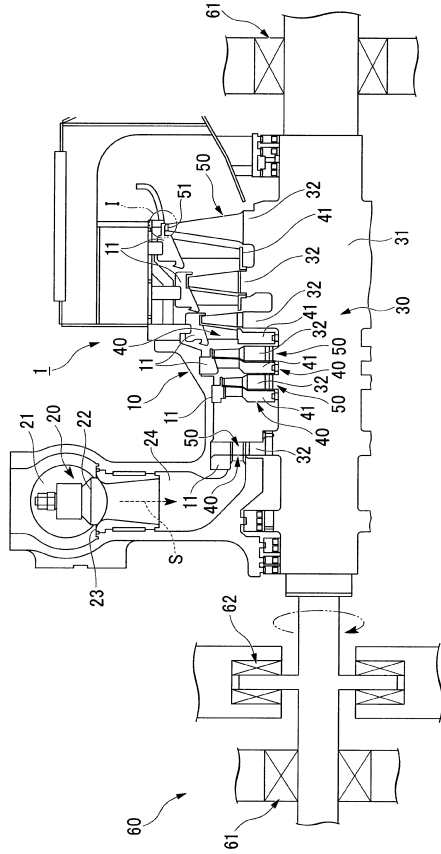
さらに、上述の実施形態では、本発明を蒸気タービン 1 に適用したが、ガスタービンにも本発明を適用することができ、さらには、回転翼のある全てのものに本発明を適用することができる。

【符号の説明】

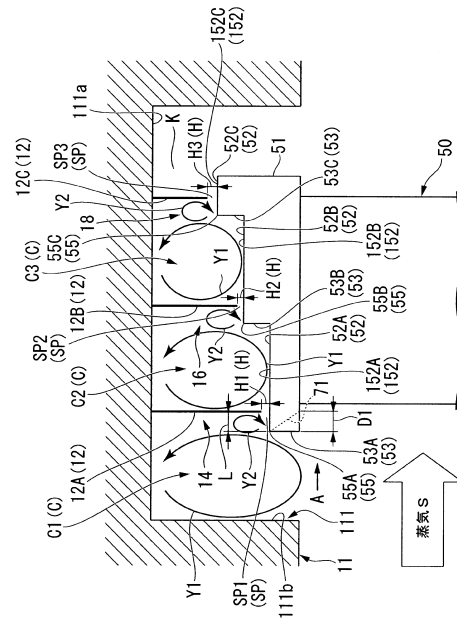
【 0 0 8 0 】

1	蒸気タービン（タービン）	
1 0	ケーシング	10
1 1	仕切板外輪（構造体）	
1 2（1 2 A ~ 1 2 C）	シールフィン	
3 0	軸体（構造体）	
4 0	静翼（ブレード）	
4 1	ハブシュラウド	
5 0	動翼（ブレード）	
5 1	チップシュラウド	
5 2（5 2 A ~ 5 2 C）	ステップ部	
5 3（5 3 A ~ 5 3 C）	段差面	
7 1 , 1 7 1 , 3 7 1	溝	20
1 1 1	環状溝	
1 1 1 b	内側面	
2 7 1 , 5 7 1	羽根	
4 7 1	ターニングベーン	
4 7 2	案内板	
D 1 , D 2	溝深さ	
H , H 1 ~ H 3	微小隙間	
K	隙間	
T 1 , T 2	羽根高さ	
Y 1	主渦	30
Y 2	剥離渦	

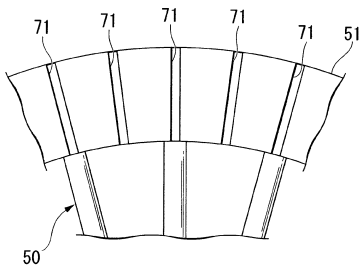
【 図 1 】



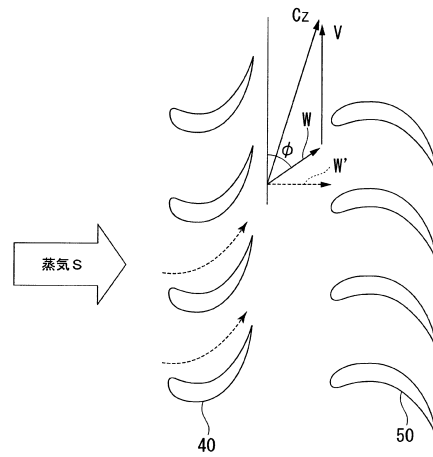
【 図 2 】



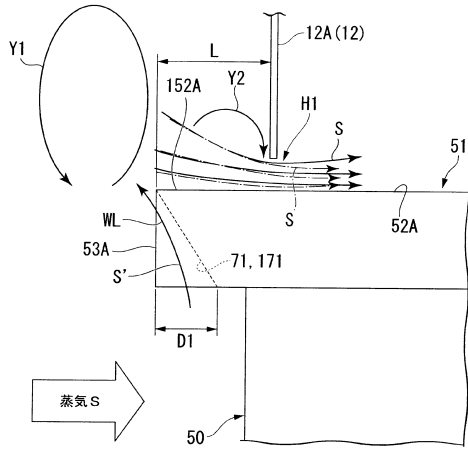
【 図 3 】



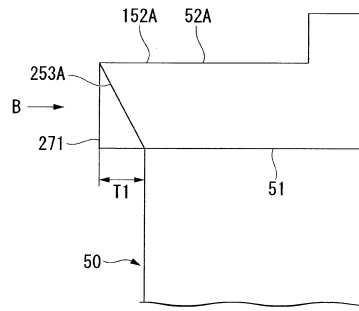
【 図 4 】



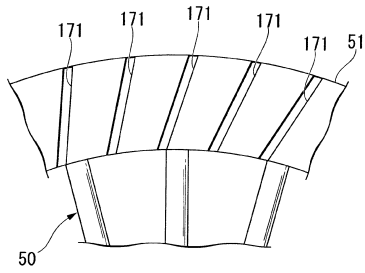
【 図 5 】



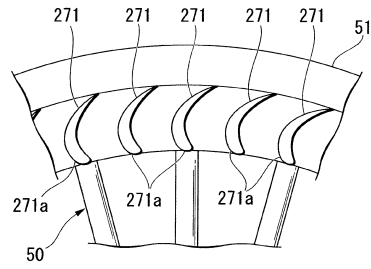
【 図 7 】



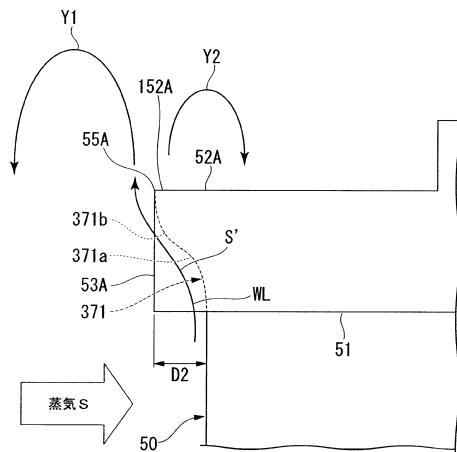
【 図 6 】



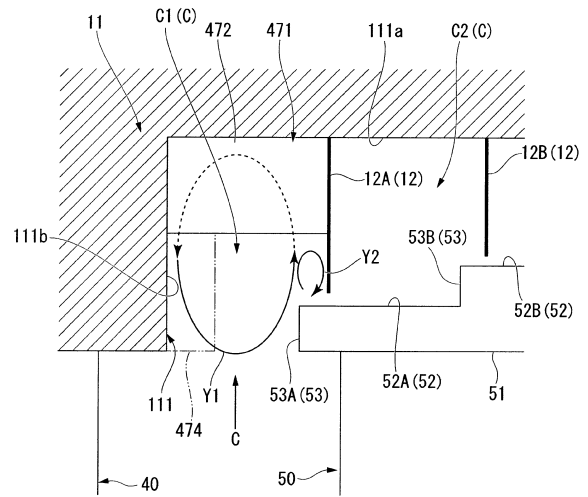
【 図 8 】



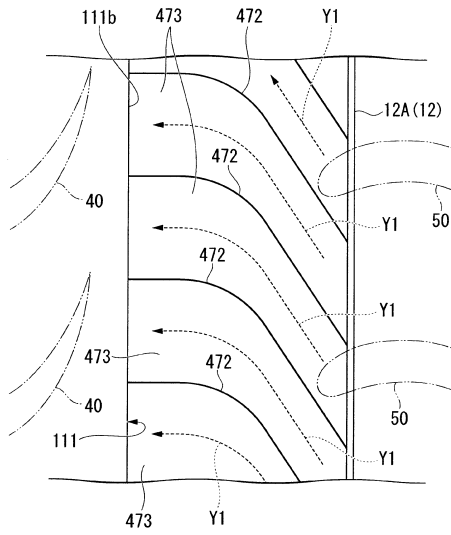
【 図 9 】



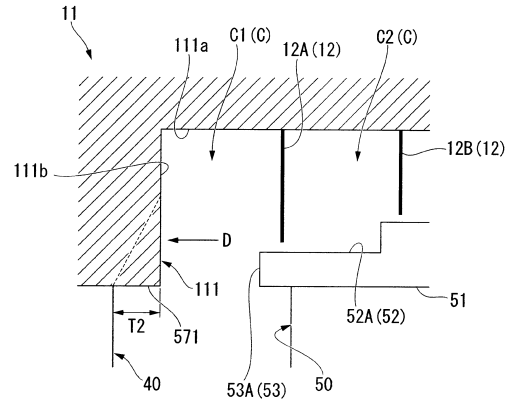
【 図 10 】



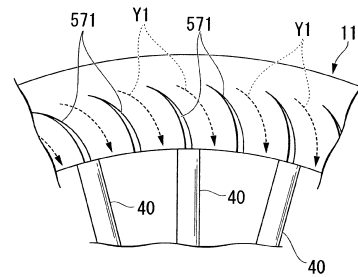
【 図 1 1 】



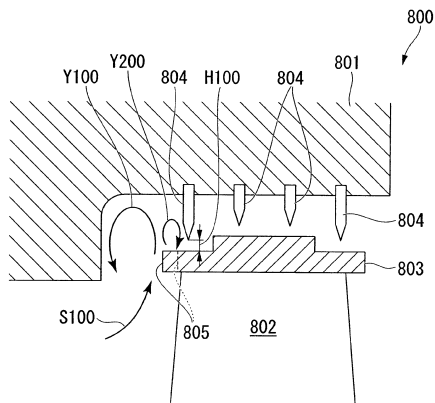
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 大山 宏治
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 田中 良典
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 松尾 朝春
兵庫県神戸市須磨区関守町三丁目7番22-210

審査官 米澤 篤

- (56)参考文献 特開2008-184974(JP,A)
特開平11-148308(JP,A)
特開平10-311205(JP,A)
特開昭55-146201(JP,A)
米国特許第04662820(US,A)
特開昭61-23804(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/20
F01D 11/08
F01D 25/24