

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年12月28日(28.12.2017)



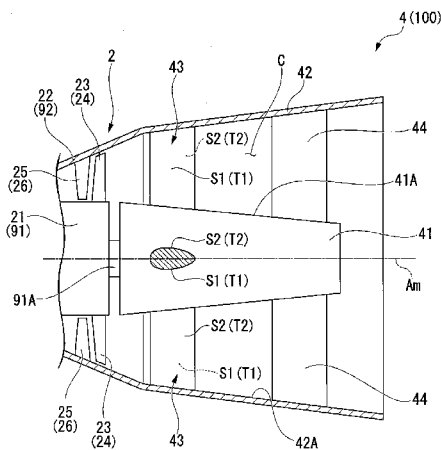
(10) 国際公開番号

WO 2017/221971 A1

- (51) 国際特許分類:
F01D 25/30 (2006.01) *F02C 7/00* (2006.01)
F01D 25/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/022821
- (22) 国際出願日: 2017年6月21日(21.06.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-122543 2016年6月21日(21.06.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目
1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 永井 尚教 (NAGAI Naonori); 〒1088215
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱
重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 森 隆 一 郎, 外 (MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: TURBINE AND GAS TURBINE

(54) 発明の名称: タービン、ガスタービン



(57) Abstract: Provided is a turbine (2) comprising: a turbine rotor (91) capable of rotating to one side in the circumferential direction about an axis (Am); a turbine casing (92); a plurality of turbine rotor blades (24) arranged on the outer peripheral surface of the turbine rotor (91) in the circumferential direction about the axis (Am), the portion of each of the turbine rotor blades (24), which is located on at least the other side in the direction of the axis (Am), being curved from said side toward the other side in the circumferential direction; a plurality of turbine stator blades (26) arranged in the circumferential direction; and a diffuser (4) for defining an exhaust gas flow passage (C) through which exhaust gas flows from one side toward the other side in the direction of the axis (Am). The diffuser (4) has: an inner cylinder (41); an outer cylinder (42) for defining the exhaust gas flow passage (C) between the outer cylinder (42) and the inner cylinder (41); and a plurality of struts (43) having formed thereon first surfaces (S1) facing said side in the circumferential direction. The first surfaces (S1) have first sloped surfaces (T1) extending from said side to the other side in the circumferential direction as the sloped surfaces (T1) extend radially outward from the outer peripheral surface (41A) of the inner cylinder (41).

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：タービン（2）は、軸線（A m）の周方向一方側に向かって回転可能なタービンロータと（9 1）、タービンケーシング（9 2）と、タービンロータ（9 1）の外周面上で軸線（A m）の周方向に配列され、少なくとも軸線（A m）方向他方側の部分が周方向一方側から他方側に向かって湾曲している複数のタービン動翼（2 4）と、周方向に配列された複数のタービン静翼（2 6）と、軸線（A m）方向一方側から他方側に向かって排気ガスが流通する排気流路（C）を画成するディフューザ（4）と、を備える。ディフューザ（4）は、内筒（4 1）と、内筒（4 1）との間に排気流路（C）を画成する外筒（4 2）と、周方向一方側を向く第一面（S 1）が形成された複数のストラット（4 3）と、を有する。第一面（S 1）は、内筒（4 1）の外周面（4 1 A）から径方向外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びる第一傾斜面（T 1）を有する。

明 細 書

発明の名称：タービン、ガスタービン

技術分野

[0001] 本発明は、タービン、ガスタービンに関する。

本願は、2016年6月21日に日本に出願された特願2016-122543号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 一般的なガスタービンは、圧縮機と、燃焼器と、タービンと、を備えている。圧縮機は、外気を圧縮して高圧空気を生成する。燃焼器は、高圧空気に燃料を混合して燃焼させることで高温高圧の燃焼ガスを生成する。タービンは、燃焼ガスによって駆動される。

上記タービンの下流側にはディフューザが設けられることが一般的である（下記特許文献1参照）。より具体的には、ディフューザは、内周側に設けられた内筒と、この内筒を外周側から覆うことで排気流路を画成する外筒と、これら内筒及び外筒を接続し、タービンの径方向に延びる複数のストラットと、を有している。排気流路は、燃焼ガスの流れる方向の上流側から下流側に向かうにしたがって次第に拡径している。これにより、タービンを駆動した燃焼ガス（排気ガス）は、ディフューザを通過することで静圧が上昇した状態となって外部に排出される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5693315号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、タービンから排出される燃焼ガスの流れには、軸線方向成分と、軸線方向に対する周方向に旋回する旋回流成分（スワール成分）とが含まれている。一方で、上記のストラットは、タービンの径方向に延びている。こ

のため、排気ガスの流れがストラットの周囲を通過する際に、ストラットによって形状抵抗が生じたり、流れの剥離を生じたりする。これにより、排気ガスの流れに圧力損失を生じてしまう虞がある。

[0005] 本発明は、性能の向上したタービン、及びガスタービン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] 本発明の第一の態様に係るタービンは、軸線に沿って延びるとともに、該軸線の周方向一方側に向かって回転可能なタービンロータと、前記タービンロータを外周側から覆うタービンケーシングと、前記タービンロータの外周面上で前記軸線の周方向に配列され、少なくとも前記軸線方向他方側の部分が周方向一方側から他方側に向かって湾曲している複数のタービン動翼と、前記タービンケーシングの内周面上で前記タービン動翼に対して前記軸線方向に隣接して設けられるとともに、周方向に配列された複数のタービン静翼と、前記タービン動翼の軸線方向他方側に設けられ、軸線方向一方側から他方側に向かって排気ガスが流通する排気流路を画成するディフューザと、を備え、前記ディフューザは、前記軸線に沿って延びる内筒と、前記内筒を外周側から覆うとともに、前記内筒との間に前記排気流路を画成する外筒と、前記排気流路内で周方向に間隔をあけて設けられ、前記内筒と前記外筒とを接続するとともに、周方向一方側を向く第一面が形成された複数のストラットと、を有し、前記第一面は、前記内筒の外周面から径方向外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びる第一傾斜面を有する。

[0007] ここで、タービン動翼を通過した流体は、タービン動翼及びタービン静翼のフローパターン設計の結果として、旋回流を形成することが多い。また、部分負荷時のように、軸線方向の流速が比較的に小さい場合には、旋回流が定格負荷時に比べて大きくなる。このように旋回流が大きくなれば、排気ガスが内筒から剥離し易くなってしまう。

ここで一般に、流体の流れの中に構造体が存在する場合、構造体の両側に境界層によって生じた渦度が巻き付くことにより、渦管状の渦構造を有する

馬蹄渦が生成される。本実施形態では、第一傾斜面が、内筒の外周面から径方向外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びていることから、第一傾斜面の周方向一方側の領域では、軸線方向に延びる成分を含む馬蹄渦が卓越して発達する。このように馬蹄渦が発達することで、第一傾斜面の周方向一方側の領域では、固体壁面である第一傾斜面近傍の低運動量領域中における流体（排気ガス）の流体に対して運動量が付加されるため、排気ガスの流れが内筒側（径方向内側）に積極的に付着するようになる。これにより、排気ガスの流れが内筒から剥離してしまうことを抑制することができる。

加えて、ストラットに第一傾斜面が形成されていることで、内筒の近傍では外周側から内筒に向かう圧力勾配が形成される。具体的には、第一傾斜面の周方向一方側の領域の圧力は、周方向他方側の領域の圧力よりも高くなる。これにより、ストラットの周方向一方側で、周方向一方側から他方側に向かう流れが生じる。その結果、ストラットの周方向他方側に圧力を供給することができる。したがって、ストラットの周方向他方側でも、排気ガスの流れが内筒から剥離してしまうことを抑制できる。

以上のように、旋回流が大きい場合であっても、内筒の外周面から流れが剥離することによって生じる排気流路内での圧力損失を抑制することができる。

[0008] 本発明の第二の態様に係るタービンでは、前記第一面は、前記第一傾斜面の径方向外側に設けられ、径方向内側から外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に向かって延びる第一外側傾斜面を有してもよい。

[0009] この構成によれば、第一外側傾斜面の周方向一方側の領域では、軸線方向に延びる成分を含む馬蹄渦が形成される。この馬蹄渦が形成されることで、第一外側傾斜面の周方向一方側の領域では、固体壁面である第一傾斜面近傍の低運動量領域中における排気ガスの流れに対して運動量が付加されるため、排気ガスの流れが外筒側（径方向外側）に積極的に付着するようになる。すなわち、第一外側傾斜面の周方向一方側で、排気ガスの流れが外筒から剥

離する虞を低減することができる。

加えて、ストラットに第一傾斜面が形成されていることで、内筒の近傍では外周側から内筒に向かう圧力勾配が形成される。具体的には、第一外側傾斜面の周方向一方側の領域の圧力は、周方向他方側の領域の圧力よりも高くなる。すなわち、ストラットの周方向一方側から他方側に向かって圧力が減少する圧力勾配が形成される。この圧力勾配により、排気ガスの流れは、内筒の外周面に向かって押し付けられるように流れる。その結果、ストラットの周方向他方側に圧力を供給することができ、ストラットの周方向他方側でも、排気ガスの流れが外筒から剥離する虞を低減することができる。これにより、外筒の内周面から流れが剥離することによる排気流路内での圧力損失を抑制することができる。

[0010] 本発明の第三の態様に係るタービンでは、前記ストラットには、周方向他方側を向く第二面が形成され、前記第二面は、前記内筒の外周面から径方向外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びる第二傾斜面を有してもよい。

[0011] この構成では、周方向一方側に向かって旋回する旋回流のうち、相対的に径方向内側の領域を流れる成分は、第二傾斜面に沿って径方向外側から内側に向かって流れる。これにより、内筒の外周面に対して積極的に流れを付着させることができる。すなわち、内筒の外周面上における流れの剥離をさらに抑制することができる。

[0012] 本発明の第四の態様に係るタービンでは、前記第二面は、前記第二傾斜面の径方向外側に設けられ、径方向内側から外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に向かって延びる第二外側傾斜面を有してもよい。

[0013] この構成では、周方向一方側に向かって旋回する旋回流のうち、相対的に径方向外側の領域を流れる成分は、第二外側傾斜面に沿って径方向内側から外側に向かって流れる。これにより、外筒の内周面に対して積極的に流れを付着させることができる。すなわち、外筒の内周面上における流れの剥離をさらに抑制することができる。

[0014] 本発明の第五の態様に係るタービンでは、前記第二傾斜面は、前記内筒の外周面から前記外筒の内周面にわたって延びていてもよい。

[0015] この構成によれば、第一傾斜面が、内筒の外周面から外筒の内周面にわたって延びている。言い換えると、この第一傾斜面は、内筒の外周面から外筒の内周面にかけて屈曲することなく、連続的に延びている。これにより、例えば第一傾斜面に屈曲部が形成されている構成に比べて、ストラットの剛性を高めることができる。

[0016] 本発明の第六の態様に係るガスタービンは、高圧空気を生成する圧縮機と、前記高圧空気に燃料を混合させて燃焼させることで高温高圧の燃焼ガスを生成する燃焼器と、前記燃焼ガスによって駆動される上記のいずれか一の態様に係るタービンと、を備える。

[0017] この構成によれば、タービンにおける圧力損失が抑制されることで効率的に運転可能なガスタービンを得ることができる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、性能が向上したタービン、及びガスタービンを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第一実施形態に係るガスタービンの構成を示す図である。

[図2]本発明の第一実施形態に係るディフューザの構成を示す断面図であって、軸線を含む断面を示す図である。

[図3]本発明の第一実施形態に係るディフューザの構成を示す断面図であって、軸線方向から見た断面を示す図である。

[図4]本発明の第一実施形態に係るディフューザ内（ストラットの周囲）を流通する排気ガスの旋回角度分布の一例を示すグラフである。

[図5]本発明の第一実施形態に係るストラットの要部拡大図であって、ストラットの周囲を流通する排気ガスの流れを模式的に示す図である。

[図6]本発明の第一実施形態に係るストラットに対する比較例を示す図である。

[図7]本発明の第二実施形態に係るディフューザの構成を示す断面図であって、軸線方向から見た断面を示す図である。

[図8]本発明の第三実施形態に係るディフューザの構成を示す断面図であって、軸線方向から見た断面を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] [第一実施形態]

本発明の第一実施形態について、図面を参照して説明する。図1に示すように、本実施形態に係るガスタービン100は、高圧空気を生成する圧縮機1と、高圧空気に燃料を混合して燃焼させることで燃焼ガスを生成する燃焼器3と、燃焼ガスによって駆動されるタービン2と、を備えている。

[0021] 圧縮機1は、軸線Amに沿って延びる圧縮機ロータ11と、圧縮機ロータ11を外周側から覆う圧縮機ケーシング12と、を有している。圧縮機ロータ11の外周面には、軸線Am方向に間隔をあけて配列された複数の圧縮機動翼段13が設けられている。各圧縮機動翼段13は、圧縮機ロータ11の外周面上で軸線Amの周方向に間隔をあけて配列された複数の圧縮機動翼14を有している。圧縮機ケーシング12の内周面には、軸線Am方向に間隔をあけて配列された複数の圧縮機静翼段15が設けられている。圧縮機静翼段15は、上記の圧縮機動翼段13に対して軸線Am方向に交互に配列されている。各圧縮機静翼段15は、圧縮機ケーシング12の内周面上で軸線Amの周方向に間隔をあけて配列された複数の圧縮機静翼16を有している。

[0022] 燃焼器3は、圧縮機ケーシング12とタービンケーシング22（後述）との間に設けられている。燃焼器3には、圧縮機1で生成された高圧空気が導かれる。この高圧空気に燃料を混合し、燃焼させることで、高温高圧の燃焼ガスが生成される。燃焼ガスは、タービン2に流入してこれを駆動する。

[0023] タービン2は、軸線Amに沿って延びるタービンロータ21と、タービンロータ21を外周側から覆うタービンケーシング22と、ディフューザ4と、を有している。タービンロータ21の外周面には、軸線Am方向に間隔をあけて配列された複数のタービン動翼段23が設けられている。各タービン

動翼段 23 は、タービンロータ 21 の外周面上で軸線 A m の周方向に間隔をあけて配列された複数のタービン動翼 24 を有している。タービンケーシング 22 の内周面には、軸線 A m 方向に間隔をあけて配列された複数のタービン静翼段 25 が設けられている。タービン静翼段 25 は、上記のタービン動翼段 23 に対して軸線 A m 方向に交互に配列されている。各タービン静翼段 25 は、タービンケーシング 22 の内周面上で軸線 A m の周方向に間隔をあけて配列された複数のタービン静翼 26 を有している。

[0024] 圧縮機ロータ 11 とタービンロータ 21 とは、軸線 A m 方向に一体に接続されることで、ガスタービンロータ 91 を形成している。同様に、圧縮機ケーシング 12 とタービンケーシング 22 とは、軸線 A m に沿って一体に接続されることで、ガスタービンケーシング 92 を形成している。ガスタービンロータ 91 は、ガスタービンケーシング 92 の内部で軸線 A m 回りに一体に回転可能とされている。

[0025] ディフューザ 4 は、タービンケーシング 22（ガスタービンケーシング 92）に一体に設けられている。より具体的には、ディフューザ 4 は、軸線 A m に沿って延びる内筒 41 と、内筒 41 を外周側から覆う外筒 42 と、これら内筒 41 と外筒 42 とを接続する複数の第一ストラット 43（ストラット）、及び第二ストラット 44 と、を有している。内筒 41 の外周面 41A、外筒 42 の内周面 42A、及び周方向に隣り合う一对の第一ストラット 43 によって囲まれる空間は、タービン 2 から排出された排気ガスが流通する排気流路 C とされている。

[0026] 続いて、図 2 を参照してディフューザ 4 の詳細な構成について説明する。ディフューザ 4 の内筒 41 は、軸線 A m に沿って延びており、その内側には上記のガスタービンロータ 91 の軸端部 91A を回転可能に支持する軸受装置（図示省略）が設けられている。内筒 41 の外周面は、軸線 A m 方向一方側から他方側に向かうにしたがって次第に縮径している。

[0027] 外筒 42 は、内筒 41 を外周側から覆う筒状をなしている。外筒 42 の内周面 42A は、軸線 A m 方向一方側から他方側に向かうにしたがって次第に

拡径している。すなわち、外筒４２と内筒４１との間に画成される空間（排気流路Ｃ）は、軸線Ａｍ方向一方側から他方側に向かうにしたがって、その断面積（軸線Ａｍ方向から見た場合の断面積）が次第に拡大している。これにより、排気流路Ｃ内を流通する流体（排気ガス）の運動エネルギーは、圧力に変換されるようになっている。

[0028] 内筒４１と外筒４２との間には、第一ストラット４３、及び第二ストラット４４が設けられている。第一ストラット４３及び第二ストラット４４は、主として外筒４２を内筒４１に対して固定・支持するために設けられている。第一ストラット４３は、複数のタービン動翼段２３のうちで軸線Ａｍ方向の最も他方側に位置する最終段を臨んでいる。図３に示すように、本実施形態では、内筒４１を中心として外周側に向かって放射状に延びる６つの第一ストラット４３が設けられている。これら６つの第一ストラット４３は、軸線Ａｍの周方向に等間隔をあけて配列されている。

[0029] 各第一ストラット４３は、内筒４１の外周面４１Ａの接線方向に対して傾斜した形式（タンジェンシャルストラット）を採っている。より具体的には、第一ストラット４３は、軸線Ａｍの径方向内側から外側に向かうにしたがって、軸線Ａｍの周方向他方側から一方側に向かって延びている。第一ストラット４３の周方向一方側を向く面は、第一面Ｓ１とされている。一方で、第一ストラット４３の周方向他方側を向く面は、第二面Ｓ２とされている。本実施形態では、これら第一面Ｓ１、及び第二面Ｓ２は、いずれも径方向内側（内筒４１の外周面）から外側（外筒４２の内周面）にわたって同一の方向に延びている。具体的には、第一面Ｓ１は、径方向内側から外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に向かって延びる第一傾斜面Ｔ１を有している。第二面Ｓ２は、径方向内側から外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に向かって延びる第二傾斜面Ｔ２を有している。第一傾斜面Ｔ１及び第二傾斜面Ｔ２の径方向内側の端部は、それぞれ内筒４１の外周面４１Ａに接続され、径方向外側の端部は、それぞれ外筒４２の内周面４２Ａに接続されている。

[0030] 第二ストラット44は、内筒41に対して外筒42の荷重を支持させるために設けられる部材であって、第一ストラット43の荷重負担を分散することを主な目的として設けられる。第二ストラット44は、第一ストラット43から軸線Am方向他方側に離間した位置に設けられている。本実施形態では、内筒41の外周面41Aから互いに離間する方向に延びる2つの第二ストラット44が設けられている。各第二ストラット44は、軸線Amの径方向に対して平行に延びている。

[0031] 以上のように構成されたガスタービン100を運転するに当たっては、まず外部の駆動源によって圧縮機ロータ11（ガスタービンロータ91）を回転駆動する。圧縮機ロータ11の回転に伴って外部の空気が順次圧縮され、高圧空気が生成される。この高圧空気は、圧縮機ケーシング12を通じて燃焼器3内に供給される。燃焼器3内では、燃料がこの高圧空気に混合されて燃焼し、高温高圧の燃焼ガスが生成される。燃焼ガスはタービンケーシング22を通じてタービン2内に供給される。タービン2内では、タービン動翼段23、及びタービン静翼段25に燃焼ガスが順次衝突することで、タービンロータ21（ガスタービンロータ91）に対して回転駆動力が与えられる。この回転エネルギーは、軸端に連結された発電機Gの駆動に利用される。タービン2を駆動した燃焼ガスは、排気ガスとしてディフューザ4の排気流路Cを通過する際に圧力（静圧）が高められた後、外部に排出される。

[0032] 続いて、上記のディフューザ4内における排気ガスの挙動について、図3と図4を参照して説明する。上述したように、本実施形態に係るタービン2では、最終段のタービン動翼24の後縁側（軸線Am方向他方側の部分）が周方向一方側から他方側に向かって湾曲しており、かつタービンロータ21は周方向他方側から一方側に向かって回転している。このとき、ディフューザ4内に流入する排気ガスには、軸線Amの周方向に旋回する旋回流成分が付与される。（図3中における矢印Aは、この旋回流の旋回方向を表している。）特に、ガスタービン100が定格運転されている場合、第一ストラット43の周囲における旋回流の旋回角度は、図4のグラフ中の破線で示すよ

うな分布を示すことが知られている。

[0033] なお、図4のグラフにおいて、横軸は旋回流の旋回角度を表している。横軸のプラス（＋）側は、旋回流が周方向他方側から一方側に向かって流れている状態を示し、マイナス（－）側は、旋回流が周方向一方側から他方側に向かって流れている状態を示している。縦軸は第一ストラット43の径方向内側（内筒41側）の端部を原点とする第一ストラット43上における径方向の位置座標を表している。

[0034] 一般にガスタービン100は、定格運転時において流れと流路内構造物との干渉による圧力損失を小さくするために、旋回流が極力小さくなるように設計されている。本実施形態では、一例として同図中の破線で示すように、ガスタービン100の定格運転時には、第一ストラット43の内筒41側の端部を含む領域、及び外筒42側の端部を含む領域では、マイナス方向の旋回流が生じる。一方で、これら2つの領域に囲まれた領域では、プラス方向の旋回流が生じる。

[0035] 他方で、ガスタービン100が部分負荷で運転されている状態では、旋回流が大きくなる。この結果、流路内の構造物からの流れの剥離の影響が大きくなる傾向がある。また、これに伴って圧力損失が増加する。本実施形態では、一例として第一ストラット43の周囲における旋回流は、図4中の実線で示すような分布を示している。すなわち、第一ストラット43の延在領域の全体にわたって、マイナス方向の旋回流が生じる。

[0036] ここで、上記のように、第一ストラット43の第一面S1は、径方向内側から外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びる第一傾斜面T1を有している。すなわち、この第一傾斜面T1は、径方向内側から外側に向かうにしたがって、上記の旋回成分とは反対の方向に傾斜するように延びている。これにより、第一傾斜面T1の周方向一方側の領域では、軸線Am方向に延びる成分を含む馬蹄渦としての渦V1が卓越して発達する。なお、馬蹄渦とは、流れの中に構造物が存在する場合に構造物の両側に境界層によって生じた渦度が巻き付くことにより生成される渦管状の構造を有する渦

である。

この渦V1は、径方向外側から見て、第一ストラット43を軸線Am方向他方側から囲むように延びる馬蹄形の渦管を形成する。また、この渦V1は、第一傾斜面T1に沿って内筒41の外周面41Aに向かって流れた後、外周面41Aから離間しながら、再び第一傾斜面T1に向かうように流れる。すなわち、軸線Am方向一方側から見た場合、渦V1は反時計回りに旋回している。このような渦V1が形成されることで、第一傾斜面T1の周方向一方側の領域では、第一傾斜面T1の近傍で形成される境界層に対して運動量が付加されるため、排気ガスの流れが内筒41の外周面41Aに積極的に付着するようになる。すなわち、第一傾斜面T1の周方向一方側で、排気ガスの流れが内筒41から剥離する虞を低減することができる。

[0037] 加えて、上記の渦V1が形成されるため、第一傾斜面T1の周方向一方側の領域の圧力は、第二傾斜面T2の周方向他方側の領域の圧力よりも高くなる。これにより、第一ストラット43の周方向一方側では、周方向一方側から他方側に向かって圧力が減少する圧力勾配が形成される。この圧力勾配により、排気ガスは内筒41の外周面41Aに向かって押し付けられるように流れる。その結果、第二傾斜面T2の周方向他方側に圧力を供給することができる。したがって、第二傾斜面T2の周方向他方側でも、排気ガスの流れが内筒41の外周面41Aから剥離する虞を低減することができる。これにより、排気流路C内での圧力損失を抑制することができる。

[0038] 一方で、例えば図6に示すように、第一ストラット43が上記とは反対の方向に傾斜している場合（すなわち、径方向内側から外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に傾斜している場合）、内筒41の外周面41A近傍では径方向内側から外側に向かう圧力勾配が形成されてしまう。これにより、外周面41Aの近傍に形成される境界層の安定性が損なわれる虞がある。しかしながら、本実施形態に係るタービン2、及びこれを備えるガスタービン100では、上述の通り、部分負荷時における第一ストラット43周辺での圧力損失を抑制することができる。

[0039] 特に、上記第一ストラット43のようなタンジェンシャルストラットの形状・姿勢を決定するに当たっては、主に定格運転時における排気ガスの挙動のみを想定することが従来一般的であった。すなわち、一例として軸線Am方向一方側から見て旋回流が周方向他方側から一方側に向かって旋回している場合には、ストラットもこれに対応させて、径方向内側から外側に向かうにしたがって周方向他方側から一方側に向かって傾斜する構成とすることが一般的であった。しかしながら、図4のグラフに基づいて上述したように、ガスタービン100が部分負荷で運転されている場合には、圧力損失の低減を図る上でこのような構成が必ずしも最適ではないことが、本願発明者による新たな知見として得られた。この知見に基づいて、本実施形態では第一ストラット43が上述のような構成を採っている。

[0040] [第二実施形態]

次に、本発明の第二実施形態について図7を参照して説明する。なお、上記第一実施形態と同様の構成については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。同図に示すように、本実施形態に係るディフューザ4では、第一ストラット53の構成が上記第一実施形態と相違している。より具体的には、第一ストラット53の第一面S12は、相対的に径方向内側に位置する第一傾斜面T12と、第一傾斜面T12の径方向外側に位置する第一外側傾斜面T13と、を有している。第二面S22は、相対的に径方向内側に位置する第二傾斜面T14と、第二傾斜面T14の径方向外側に位置する第二外側傾斜面T15と、を有している。

[0041] 第一傾斜面T12は、内筒41の外周面41Aから径方向外側に向かって延びている。具体的には、第一傾斜面T12は、内筒41の外周面41Aから径方向外側に向かうにしたがって、周方向一方側から他方側に向かって延びている。一方で、第一外側傾斜面T13は、第一傾斜面T12の径方向外側の端部から径方向外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に向かって延びている。

[0042] 第二傾斜面T14は、内筒41の外周面41Aから径方向外側に向かって

外筒 4 2 の内周面 4 2 A まで延びている。具体的には、第二傾斜面 T 1 4 は、内筒 4 1 の外周面 4 1 A から径方向外側に向かうにしたがって、周方向一方側から他方側に向かって延びている。一方で、第二外側傾斜面 T 1 5 は、第二傾斜面 T 1 4 の径方向外側の端部から径方向外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に向かって延びている。すなわち、上記の第一傾斜面 T 1 2 と第二傾斜面 T 1 4 とは互いに平行に延びている。同様に、第一外側傾斜面 T 1 3 と第二外側傾斜面 T 1 5 とは互いに平行に延びている。さらに、本実施形態では第一外側傾斜面 T 1 3 の延在寸法は、第一傾斜面 T 1 2 の延在寸法よりも小さく、第二外側傾斜面 T 1 5 の延在寸法は、第二傾斜面 T 1 4 の延在寸法よりも小さい。

[0043] このような構成によれば、第一傾斜面 T 1 2 が形成されていることによって内筒 4 1 の外周面 4 1 A 上における流れの剥離を抑制できることに加えて、第一外側傾斜面 T 1 3 が形成されていることによって外筒 4 2 の内周面 4 2 A 上における流れの剥離をも抑制することができる。より具体的には、第一外側傾斜面 T 1 3 の周方向一方側の領域では、軸線 A m 方向に延びる成分を含む馬蹄渦としての渦 V 2 が形成される。この渦 V 2 は、第一外側傾斜面 T 1 3 に沿って外筒 4 2 の内周面 4 2 A に向かって流れた後、内周面 4 2 A から離間しながら、再び第一外側傾斜面 T 1 3 に向かうように流れる。すなわち、軸線 A m 方向一方側から見た場合、渦 V 2 は時計回りに旋回している。この渦 V 2 が形成されることで、第一外側傾斜面 T 1 3 の周方向一方側の領域では、第一外側傾斜面 T 1 3 の近傍で形成される境界層に対して運動量が付加されるため、排気ガスの流れが外筒 4 2 の内周面 4 2 A（径方向外側）に積極的に付着するようになる。すなわち、第一外側傾斜面 T 1 3 の周方向一方側で、排気ガスの流れが外筒 4 2 から剥離する虞を低減することができる。

[0044] 加えて、上記の渦 V 2 が形成されるため、第一外側傾斜面 T 1 3 の周方向一方側の領域の圧力は、第二外側傾斜面 T 1 5 の周方向他方側の領域の圧力よりも高くなる。これにより、上記第一実施形態と同様に、第一ストラット

５３を挟んで周方向一方側から他方側に向かう流れが生じる。したがって、第一ストラット５３の周方向他方側でも、排気ガスの流れが外筒４２から剥離する虞を低減することができる。これにより、外筒４２の内周面から流れが剥離することによる排気流路Ｃ内での圧力損失を抑制することができる。

[0045] さらに、上記の構成では、排気流路Ｃ中を、周方向他方側から一方側に向かって旋回する旋回流のうち、相対的に径方向内側の領域を流れる成分は、第二傾斜面Ｔ１４に沿って径方向外側から内側に向かって流れる。これにより、内筒４１の外周面４１Ａに対して積極的に流れを付着させることができる。すなわち、内筒４１の外周面４１Ａ上における流れの剥離をさらに抑制することができる。

[0046] また、排気流路Ｃ中の旋回流のうち、相対的に径方向外側の領域を流れる成分は、第二外側傾斜面Ｔ１５に沿って径方向内側から外側に向かって流れる。これにより、外筒４２の内周面４２Ａに対して積極的に流れを付着させることができる。すなわち、外筒４２の内周面４２Ａ上における流れの剥離をさらに抑制することができる。

[0047] [第三実施形態]

続いて、本発明の第三実施形態について図８を参照して説明する。なお、上記の各実施形態と同様の構成については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。同図に示すように、本実施形態に係るディフューザ４では、第一ストラット６３の構成が上記の各実施形態とは相違している。より具体的には、この第一ストラット６３では、上記の第二実施形態における第二外側傾斜面Ｔ１５が形成されておらず、第二面Ｓ２３の全体が、内筒４１の外周面から外筒４２の内周面にわたって一様に延びる第二傾斜面Ｔ３４とされている。第二傾斜面Ｔ３４は、内筒４１の外周面４１Ａから径方向外側に向かうにしたがって、周方向一方側から他方側に向かって延びている。一方で、第一面Ｓ１３には、上記の第二実施形態と同様に、相対的に径方向内側に位置する第一傾斜面Ｔ１２と、この第一傾斜面Ｔ１２の径方向外側に位置する第一外側傾斜面Ｔ１３とが形成されている。すなわち、この第一ストラット６

3の径方向外側の部分では、周方向における寸法が他の部分よりも大きく設定されている。

[0048] このような構成によれば、上記第二実施形態と同様に、第一傾斜面T 1 2及び第一外側傾斜面T 1 3が形成されることによって、内筒4 1の外周面4 1 A及び外筒4 2の内周面4 2 Aからの流れの剥離を抑制することができる。加えて、第二面S 2 3の全体が、一様に延びる第二傾斜面T 3 4とされることで、第一ストラット6 3の径方向外側の部分では、周方向における寸法が他の部分よりも大きくなっている。これにより、例えば第一ストラット6 3の周方向における寸法が径方向の全域にわたって同一とされている構成に比べて、第一ストラット6 3の剛性を高めることができる。すなわち、第一ストラット6 3に対して外力が加わった場合であっても、この外力に対して十分に抗することができる。

[0049] 以上、本発明の各実施形態について図面を参照して説明した。なお、上記各実施形態で説明した構成はあくまで一例であり、本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、上記構成に種々の変更を加えることが可能である。

[0050] 例えば、上記各実施形態では、第一ストラット4 3（第一ストラット5 3、第一ストラット6 3）が6個設けられている構成について説明した。しかしながら、第一ストラット4 3（第一ストラット5 3、第一ストラット6 3）の数は上記実施形態によっては限定されず、設計や仕様に応じて適宜決定されてよい。

[0051] さらに、上記各実施形態では、第一ストラット4 3の軸線A m方向他方側に第二ストラット4 4が設けられている構成について説明した。しかしながら、内筒4 1に対して外筒4 2を安定的に支持・固定することができる場合には、必ずしも第二ストラット4 4を設ける必要はなく、第一ストラット4 3（第一ストラット5 3、第一ストラット6 3）のみが設けられていてもよい。

[0052] 加えて、内筒4 1の構成は、上記実施形態によっては限定されない。特に、上記実施形態では、内筒4 1が軸線A m方向一方側から他方側に向かって

縮径するように構成された例について説明した。しかしながら、内筒 4 1 は必ずしも上記のような構成を採る必要はなく、軸線 A m に対して平行に延びていてもよい。このような構成であっても、外筒 4 2 が軸線 A m 方向一方側から他方側に向かって拡径していれば、ディフューザ 4 としての機能を発揮することができる。

[0053] さらに加えて、上記第二実施形態では、第一傾斜面 T 1 2 と第一外側傾斜面 T 1 3 とが互いに接続され、第二傾斜面 T 1 4 と第二外側傾斜面 T 1 5 とが互いに接続されている構成について説明した。しかしながら、第一傾斜面 T 1 2 と第一外側傾斜面 T 1 3 との間に、例えば径方向に延びる他の面が形成されていてもよい。同様に、第二傾斜面 T 1 4 と第二外側傾斜面 T 1 5 との間に、例えば径方向に延びる他の面が形成されていてもよい。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明によれば、性能が向上したタービン、及びガスタービンを提供することができる。

符号の説明

- [0055]
- 1 圧縮機
 - 2 タービン
 - 3 燃焼器
 - 4 ディフューザ
 - 1 1 圧縮機ロータ
 - 1 2 圧縮機ケーシング
 - 1 3 圧縮機動翼段
 - 1 4 圧縮機動翼
 - 1 5 圧縮機静翼段
 - 1 6 圧縮機静翼
 - 2 1 タービンロータ
 - 2 2 タービンケーシング
 - 2 3 タービン動翼段

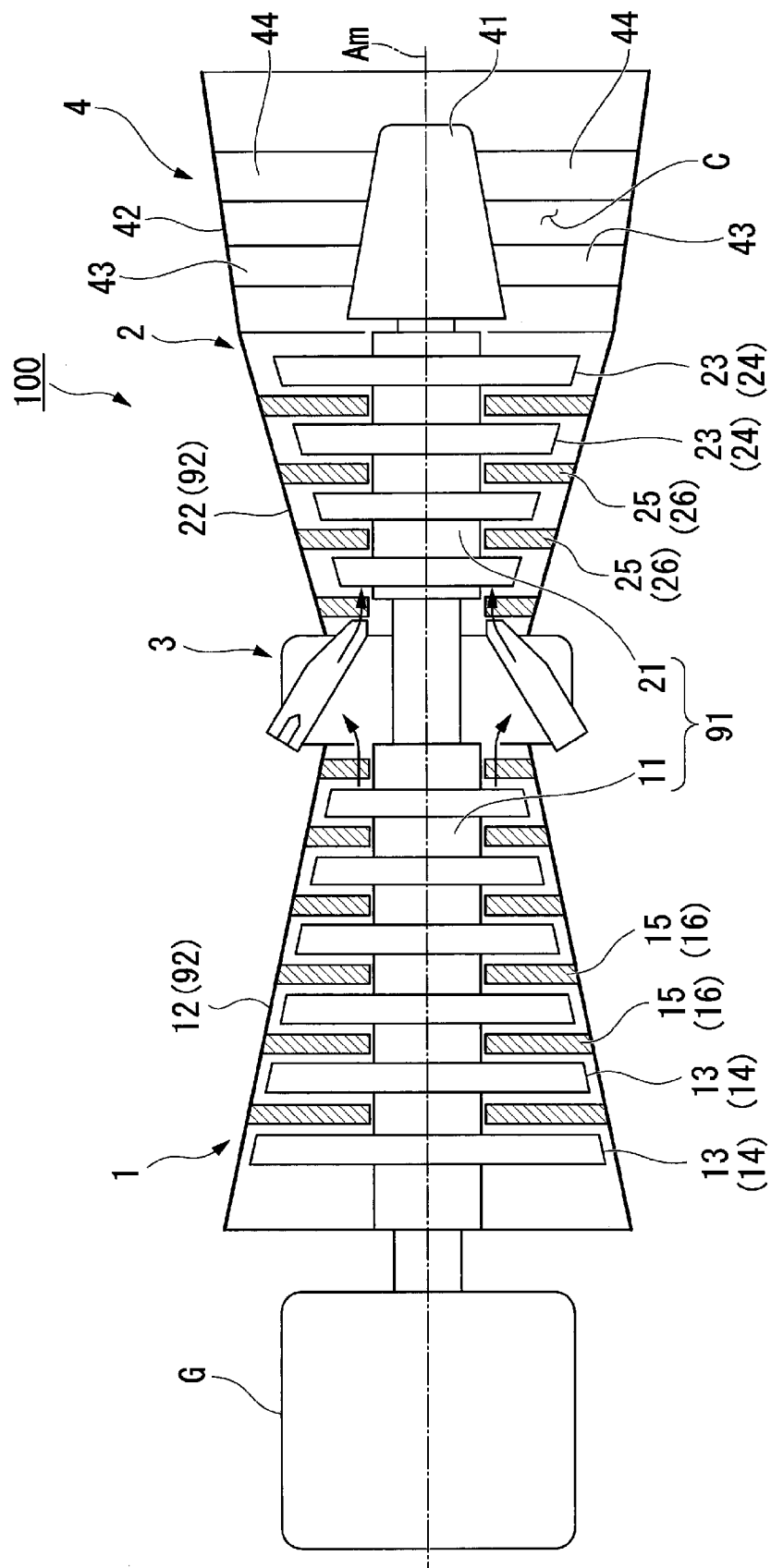
2 4 タービン動翼
2 5 タービン静翼段
2 6 タービン静翼
4 1 内筒
4 1 A 内筒の外周面
4 2 外筒
4 2 A 外筒の内周面
4 3, 5 3, 6 3 第一ストラット (ストラット)
4 4 第二ストラット
9 1 ガスタービンロータ
9 1 A 軸端部
9 2 ガスタービンケーシング
1 0 0 ガスタービン
A m 軸線
C 排気流路
G 発電機
S 1, S 1 2, S 1 3 第一面
S 2, S 2 2, S 2 3 第二面
T 1, T 1 2 第一傾斜面
T 1 3 第一外側傾斜面
T 2, T 1 4, T 3 4 第二傾斜面
T 1 5 第二外側傾斜面
V 1, V 2 渦

請求の範囲

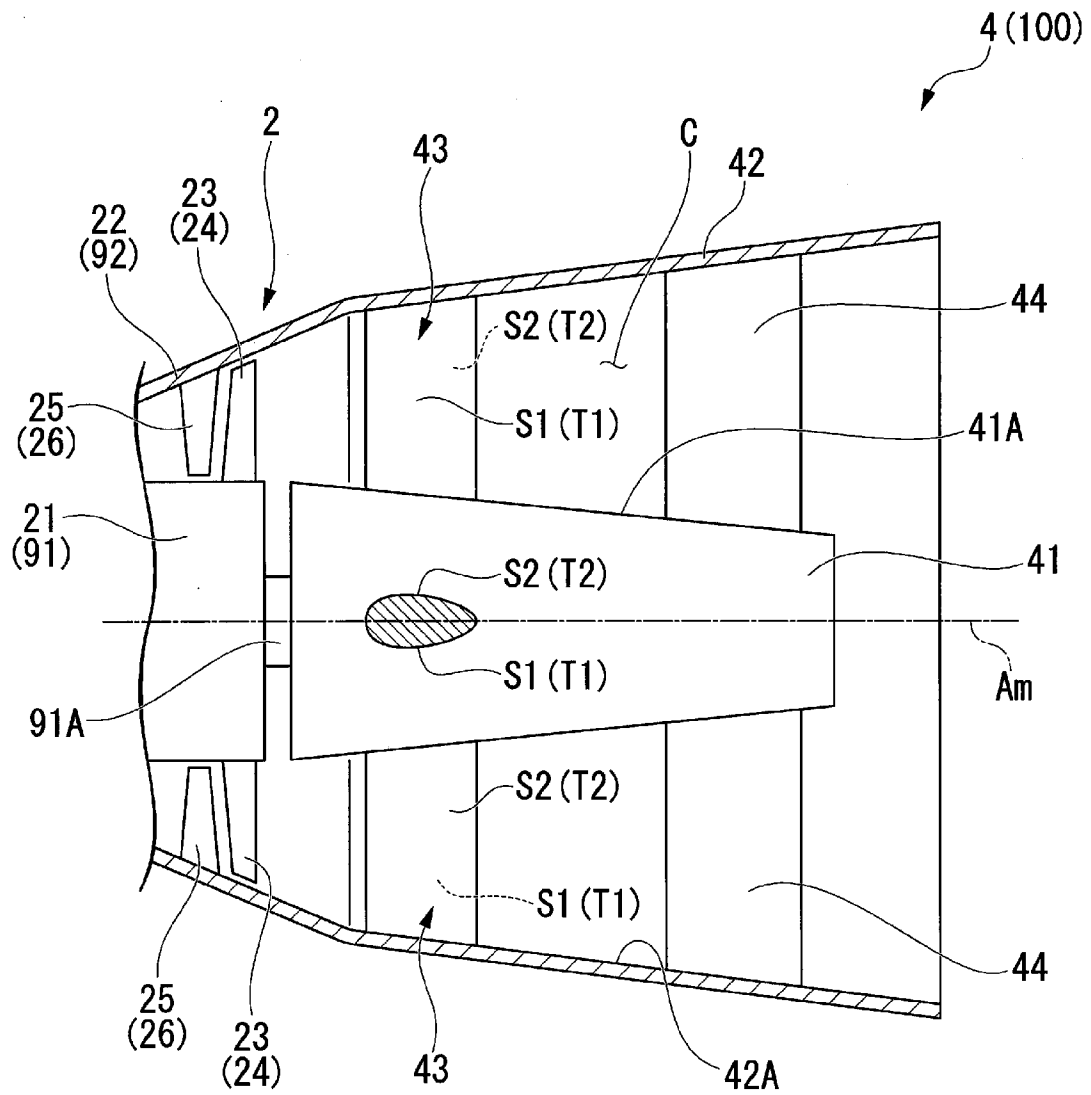
- [請求項1] 軸線に沿って延びるとともに、該軸線の周方向一方側に向かって回転可能なタービンロータと、
- 前記タービンロータを外周側から覆うタービンケーシングと、
- 前記タービンロータの外周面上で前記軸線の周方向に配列され、少なくとも前記軸線方向他方側の部分が周方向一方側から他方側に向かって湾曲している複数のタービン動翼と、
- 前記タービンケーシングの内周面上で前記タービン動翼に対して前記軸線方向に隣接して設けられるとともに、周方向に配列された複数のタービン静翼と、
- 前記タービン動翼の軸線方向他方側に設けられ、軸線方向一方側から他方側に向かって排気ガスが流通する排気流路を画成するディフューザと、
- を備え、
- 前記ディフューザは、
- 前記軸線に沿って延びる内筒と、
- 前記内筒を外周側から覆うとともに、前記内筒との間に前記排気流路を画成する外筒と、
- 前記排気流路内で周方向に間隔をあけて設けられ、前記内筒と前記外筒とを接続するとともに、周方向一方側を向く第一面が形成された複数のストラットと、
- を有し、
- 前記第一面は、
- 前記内筒の外周面から径方向外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びる第一傾斜面を有するタービン。
- [請求項2] 前記第一面は、前記第一傾斜面の径方向外側に設けられ、径方向内側から外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に向かって延びる第一外側傾斜面を有する請求項1に記載のタービン。

- [請求項3] 前記ストラットには、周方向他方側を向く第二面が形成され、
 該第二面は、前記内筒の外周面から径方向外側に向かうにしたがって周方向一方側から他方側に延びる第二傾斜面を有する請求項 1 又は 2 に記載のタービン。
- [請求項4] 前記第二面は、前記第二傾斜面の径方向外側に設けられ、径方向内側から外側に向かうにしたがって、周方向他方側から一方側に向かって延びる第二外側傾斜面を有する請求項 3 に記載のタービン。
- [請求項5] 前記第二傾斜面は、前記内筒の外周面から前記外筒の内周面にわたって延びている請求項 3 に記載のタービン。
- [請求項6] 高圧空気を生成する圧縮機と、
 前記高圧空気に燃料を混合させて燃焼させることで高温高圧の燃焼ガスを生成する燃焼器と、
 前記燃焼ガスによって駆動される請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のタービンと、を備えるガスタービン。

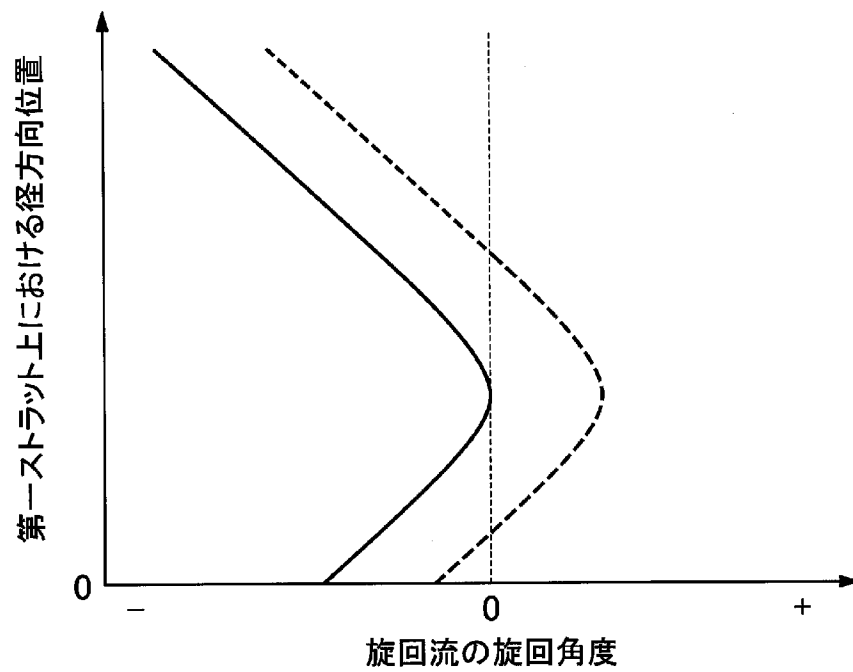
[図1]



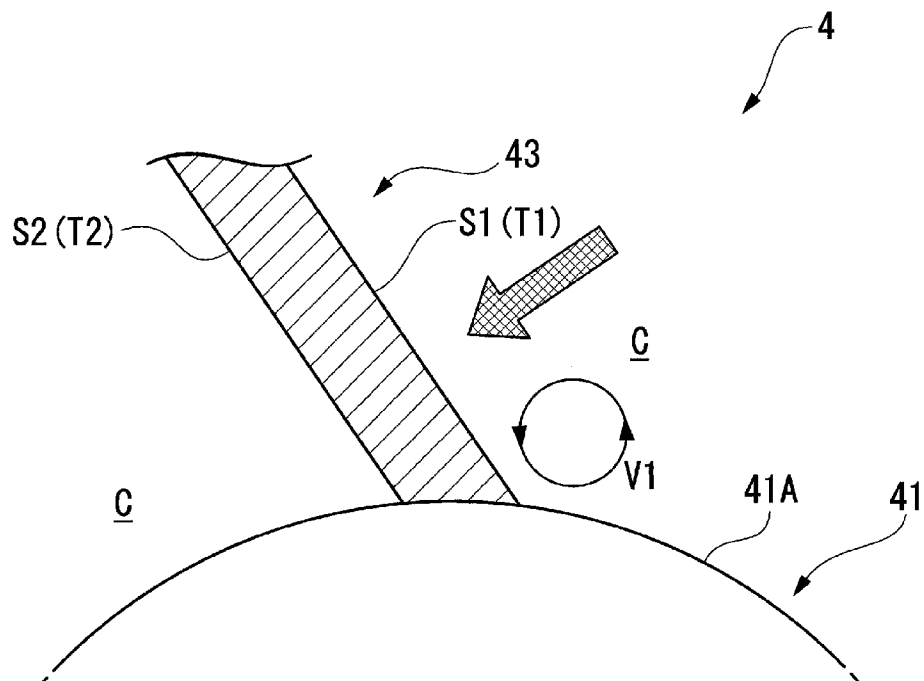
[図2]



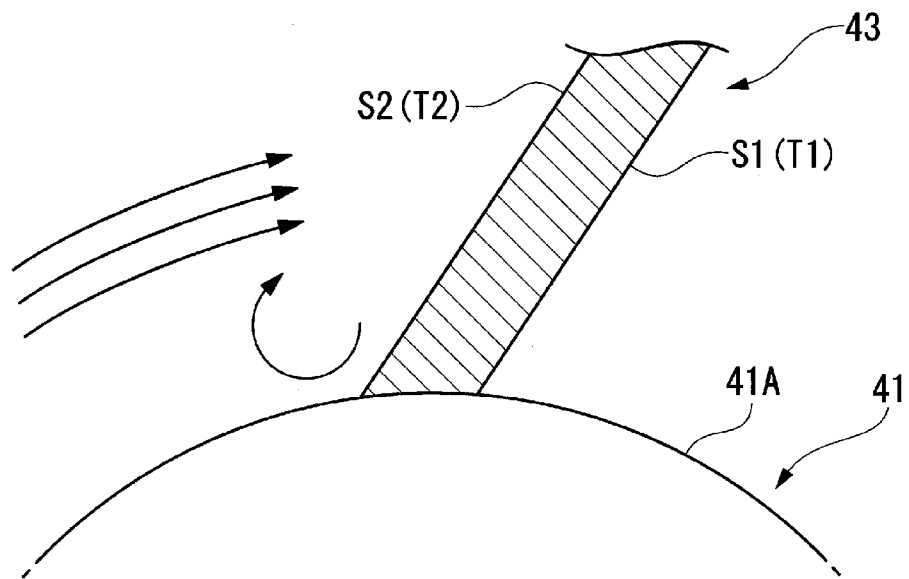
[図4]



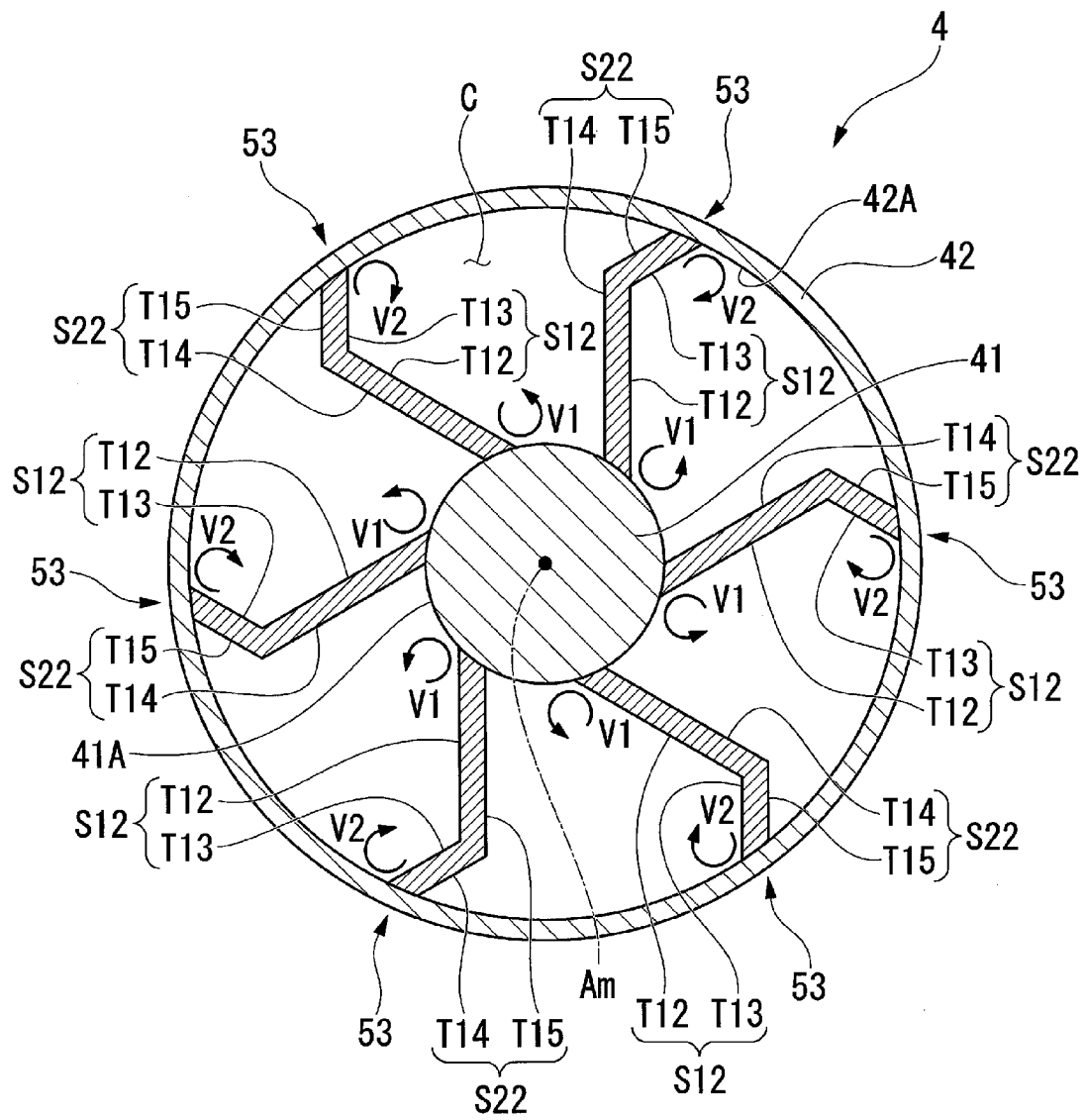
[図5]



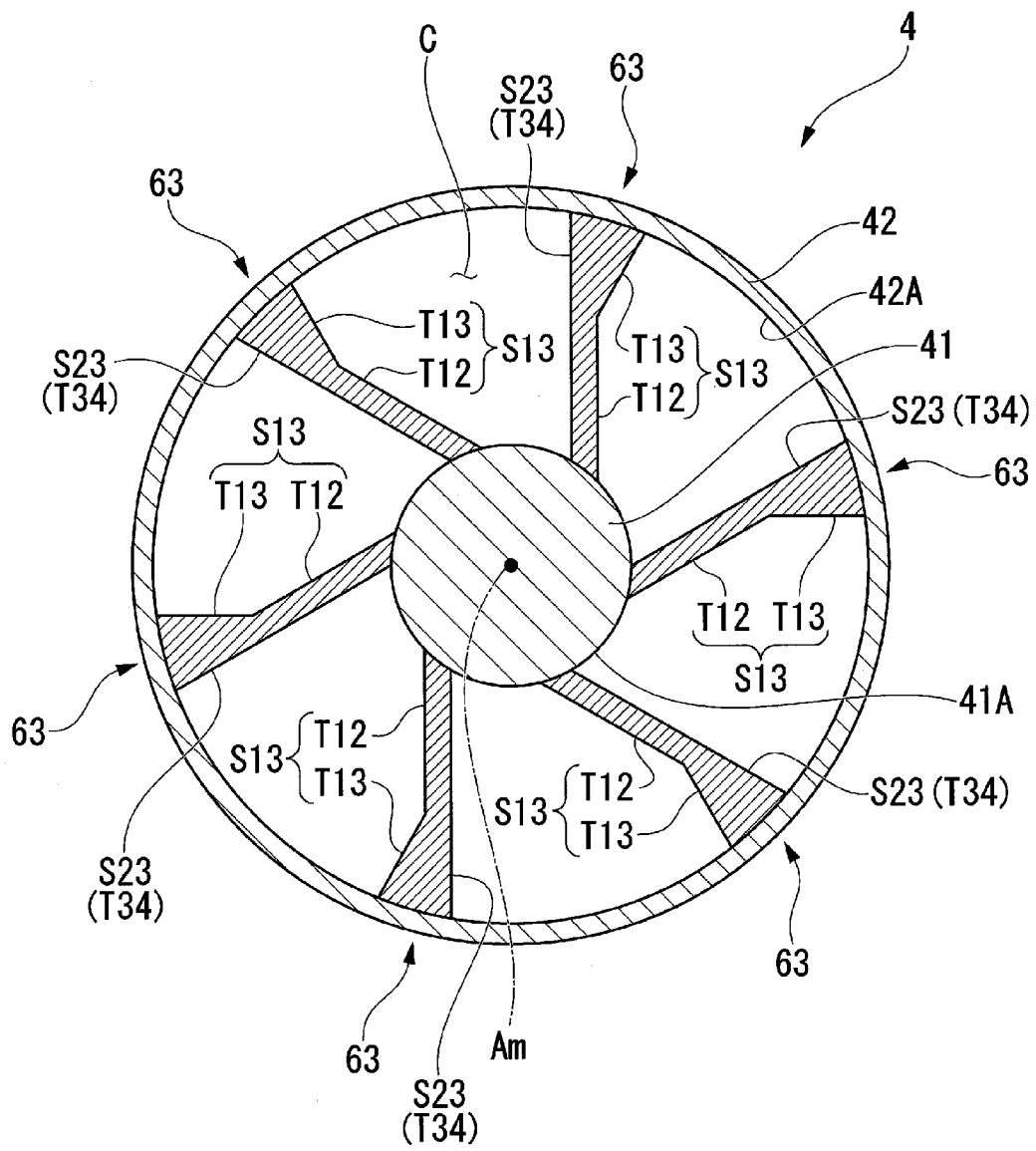
[図6]



[図7]



【図8】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022821

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01D25/30(2006.01)i, F01D25/24(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01D25/30, F01D25/24, F02C7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-194191 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 October 2014 (09.10.2014), paragraphs [0005] to [0007], [0025] to [0057]; fig. 1 to 13 & US 2016/0017734 A1 paragraphs [0006] to [0010], [0041] to [0084]; fig. 1 to 13 & WO 2014/156961 A1 & DE 112014001760 T5 & KR 10-2015-0110814 A & CN 105008676 A	1-6
Y	JP 03-107505 A (Hitachi, Ltd.), 07 May 1991 (07.05.1991), page 1, right column, line 12 to page 3, left column, line 3; fig. 1, 4 to 6 (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 July 2017 (12.07.17)

Date of mailing of the international search report
25 July 2017 (25.07.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022821

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-290985 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 October 2005 (20.10.2005), entire text; fig. 1 to 19 (Family: none)	1-6
A	US 2015/0143816 A1 (SALUNKHE, Anil L.), 28 May 2015 (28.05.2015), entire text; fig. 1 to 26 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01D25/30(2006.01)i, F01D25/24(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01D25/30, F01D25/24, F02C7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-194191 A（三菱重工業株式会社） 2014.10.09, 段落[0005]-[0007], [0025]-[0057], 図1-図13 & US 2016/0017734 A1, 段落[0006]-[0010], [0041]-[0084], 図1-図13 & WO 2014/156961 A1 & DE 112014001760 T5 & KR 10-2015-0110814 A & CN 105008676 A	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.07.2017

国際調査報告の発送日

25.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高吉 統久

3S

3932

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 03-107505 A (株式会社日立製作所) 1991.05.07, 第1頁右欄第12行-第3頁左欄第3行, 図1, 図4-図6 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2005-290985 A (三菱重工業株式会社) 2005.10.20, 全文, 図1-図19 (ファミリーなし)	1-6
A	US 2015/0143816 A1 (SALUNKHE, Anil L.) 2015.05.28, 全文, 図1-図26 (ファミリーなし)	1-6