

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6462332号  
(P6462332)

(45) 発行日 平成31年1月30日(2019.1.30)

(24) 登録日 平成31年1月11日(2019.1.11)

(51) Int.Cl.		F I	
FO1D 5/20	(2006.01)	FO1D 5/20	
FO1D 11/08	(2006.01)	FO1D 11/08	
FO2C 7/28	(2006.01)	FO2C 7/28	A
FO1D 25/00	(2006.01)	FO1D 25/00	M

請求項の数 15 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2014-235422 (P2014-235422)	(73) 特許権者	000006208 三菱重工株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(22) 出願日	平成26年11月20日(2014.11.20)	(74) 代理人	110000785 誠真IP特許業務法人
(65) 公開番号	特開2016-98695 (P2016-98695A)	(72) 発明者	西村 和也 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内
(43) 公開日	平成28年5月30日(2016.5.30)	(72) 発明者	藤村 大悟 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内
審査請求日	平成29年11月14日(2017.11.14)	(72) 発明者	伊藤 栄作 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン動翼及びガスタービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タービンに用いられるタービン動翼であって、  
腹面及び背面によって形成される翼型を有する翼型部と、  
前記タービン動翼の先端面において、前縁側から後縁側に向かって延在する一本以上のスキラリブと、を備え、

前記スキラリブのうち少なくとも一本は、前記スキラリブの延在方向に連なる稜線を有し、

前記先端面に対向する前記タービンのケーシング内壁面と前記先端面との間の隙間は、前記稜線上において極小値を有し、

前記スキラリブの幅方向における前記稜線の両側において、前記隙間は前記極小値よりも大きくなるとともに、

前記スキラリブのうち少なくとも一本は、腹面側の腹側エッジと、前記腹側エッジよりも背面側に位置する前記稜線との間において、前記腹側エッジから前記稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を有することを特徴とするタービン動翼。

【請求項2】

前記スキラリブのうち少なくとも一本は、背面側の背側エッジと、前記背側エッジよりも腹面側に位置する前記稜線との間において、前記稜線から前記背側エッジに向かって前記隙間を単調増加させる後退面を有することを特徴とする請求項1に記載のタービン動翼。

## 【請求項 3】

前記一本以上のスキラリブは、

腹面側に設けられる第 1 スキラリブと、

前記第 1 スキラリブと間隔をあけて、背面側に設けられる第 2 スキラリブと、を含み、

前記第 1 スキラリブ又は前記第 2 スキラリブの少なくとも一方が、前記隙間が極小値となる前記稜線を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のタービン動翼。

## 【請求項 4】

前記第 1 スキラリブ及び前記第 2 スキラリブは、それぞれ、腹面側の腹側エッジと、前記腹側エッジよりも背面側に位置する前記稜線との間において、前記腹側エッジから前記稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を有することを特徴とする請求項 3 に記載のタービン動翼。

10

## 【請求項 5】

前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、前記第 1 スキラリブの前記絞り面に比べて、前記タービン動翼の翼高さ方向において広い範囲に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載のタービン動翼。

## 【請求項 6】

前記第 1 スキラリブの前記絞り面および前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、それぞれ、前記ケーシング内壁面に対して傾斜しており、

前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、前記第 1 スキラリブの前記絞り面に比べて、前記ケーシング内壁面に対する傾斜角が大きいことを特徴とする請求項 5 に記載のタービン動翼。

20

## 【請求項 7】

前記第 1 スキラリブの前記絞り面および前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、それぞれ、前記ケーシング内壁面に対して傾斜しており、

前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、前記第 1 スキラリブの前記絞り面と同じ平面上に存在することを特徴とする請求項 4 に記載のタービン動翼。

## 【請求項 8】

前記第 1 スキラリブは、背面側の背側エッジと、前記背側エッジよりも腹面側に位置する前記稜線との間において、前記稜線から前記背側エッジに向かって前記隙間を単調増加させる後退面を有し、

30

前記第 2 スキラリブは、腹面側の腹側エッジと、前記腹側エッジよりも背面側に位置する前記稜線との間において、前記腹側エッジから前記稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を有することを特徴とする請求項 3 に記載のタービン動翼。

## 【請求項 9】

前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、前記第 1 スキラリブの前記後退面に比べて、前記タービン動翼の翼高さ方向において広い範囲に設けられていることを特徴とする請求項 8 に記載のタービン動翼。

## 【請求項 10】

前記第 1 スキラリブの前記後退面および前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、それぞれ、前記ケーシング内壁面に対して傾斜しており、

40

前記第 2 スキラリブの前記絞り面は、前記第 1 スキラリブの前記後退面に比べて、前記ケーシング内壁面に対する傾斜角の絶対値が大きいことを特徴とする請求項 9 に記載のタービン動翼。

## 【請求項 11】

前記スキラリブのうち少なくとも一本は、前記稜線を含む角部が面取りされていることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか一項に記載のタービン動翼。

## 【請求項 12】

前記第 1 スキラリブの前記稜線上における前記隙間の前記極小値と、前記第 2 スキラリブの前記稜線上における前記隙間の前記極小値とが一致していることを特徴とする請

50

求項 3 乃至 10 の何れか一項に記載のタービン動翼。

【請求項 13】

前記スキラリブは、前記先端面において、前記翼型部の外周に沿って、少なくとも部分的に設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載のタービン動翼。

【請求項 14】

前記タービンがガスタービンであることを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか一項に記載のタービン動翼。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のタービン動翼が周方向に取り付けられたロータシャフトと、前記ロータシャフトを収容するタービンケーシングと、を有する前記タービンと、

前記タービンケーシング内に形成されて前記タービン動翼が存在する燃焼ガス通路に燃焼ガスを供給するための燃焼器と、

前記タービンによって駆動され、前記燃焼器に供給される圧縮空気を生成するように構成された圧縮機と、を備えることを特徴とするガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、タービン動翼及びガスタービンに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、ガスタービンは、圧縮機と燃焼器とタービンとを備えており、圧縮機で圧縮した空気と燃料を燃焼器で燃焼させ、その高温高圧の燃焼ガスによってタービンを駆動して動力を得るようになっている。タービンは、ケーシング内に複数のタービン静翼及びタービン動翼が交互に配設された翼列を有する。そして、ケーシング内に導入された燃焼ガスにより、タービン動翼が回転駆動され、該タービン動翼に連結されたロータを回転させる。

【0003】

このようなタービンにおいては、通常、ケーシングとタービン動翼の熱伸び差等によってラッピングが発生しないように、ケーシングとタービン動翼のチップ端との間にクリアランスが設けられている。

しかしながら、ガスタービンの運転時、タービン動翼の腹側と背側の圧力差に起因して、燃焼ガスの主流の一部がこのクリアランスを通して腹側から背側へ仕事をせずに漏れ出てしまう。クリアランスにおけるリーク流れは、タービンの翼列へ仕事をしないだけでなく、クリアランスの出口側でロールアップして縦渦を形成するため、主流とのミキシングにより圧力損失の発生原因となる。クリアランスのリーク流れに起因した損失は、タービン効率低下の主要な要因となっている。

【0004】

そこで、クリアランスのリーク流れに起因した損失低減を目的として、例えば、特許文献 1 及び 2 に示されるように、タービン動翼のチップ端にスキラリブを設けた構成が知られている。スキラリブは、タービン動翼のチップ端面の外周に沿って設けられたフェンス状の突起のことであり、スキラとも呼ばれる。タービン動翼のチップ端にスキラリブを設けることにより、クリアランスの流路抵抗が増大し、縮流効果によってクリアランスのリーク流量を低減できる。また、特許文献 1 及び 2 には、スキラリブの側面を傾斜させた構成も開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】米国特許第 8684691 号明細書

【特許文献 2】特開 2011-163123 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、特許文献1及び2では、スキラリブを設けることによりある程度の縮流効果は得られるものの、スキラリブ側面の傾斜面に沿った流体の流れがケーシングの内壁面とスキラリブの端面との間の隙間を通過する際、該流体の流れの一部がスキラリブの端面に付着し、端面に沿って流れるため、縮流効果が必ずしも効果的に得られるとは限らない。

## 【0007】

上述の事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態は、タービン動翼とケーシングとの間のクリアランスを漏れ出るリーク流量を低減し、リーク流れに起因した損失を効果的に抑制し得るタービン動翼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】

## 【0008】

(1) 本発明の少なくとも一実施形態に係るタービン動翼は、

タービンに用いられるタービン動翼であって、

腹面及び背面によって形成される翼型を有する翼型部と、

前記タービン動翼の先端面において、前縁側から後縁側に向かって延在する一本以上のスキラリブと、を備え、

前記スキラリブのうち少なくとも一本は、前記スキラリブの延在方向に連なる稜線を有し、

前記先端面に対向する前記タービンのケーシング内壁面と前記先端面との間の隙間は、前記稜線上において極小値を有し、

前記スキラリブの幅方向における前記稜線の両側において、前記隙間は前記極小値よりも大きくなることを特徴とする。

## 【0009】

上記(1)の構成によれば、スキラリブは、タービンのケーシング内壁面とタービン動翼の先端面との間の隙間が、スキラリブの延在方向に連なる稜線上において極小値を有するように構成されている。これにより、スキラリブの稜線とケーシング内壁面との間の隙間を流体が通過する際、縮流効果によって実効的な流路面積が縮小し、リーク流量及びリーク流れに起因した圧損が低減される。よって、リーク流れに起因した損失(クリアランスロス)を低減できる。

さらに、スキラリブは、稜線の両側において、ケーシング内壁面とタービン動翼の先端面との間の隙間が極小値よりも大きくなるように構成されている。すなわち、スキラリブは、スキラリブの稜線の両側において、タービン動翼の先端面とケーシング内壁面との間における極小の隙間を形成する平面を有していない。そのため、スキラリブの稜線を通過する際にスキラリブから剥離した流体の流れがスキラリブの稜線の後流側においてスキラリブに再付着しようとしても、極小の隙間を形成する平面がスキラリブの稜線の後流側に存在するわけではないから、流体の流れのスキラリブへの再付着を抑制できる。これにより、流れの再付着に起因したスキラリブの縮流効果の低下を抑制し、リーク流れに起因した損失(クリアランスロス)を一層低減できる。

## 【0010】

(2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、前記スキラリブのうち少なくとも一本は、腹面側の腹側エッジと、前記腹側エッジよりも背面側に位置する前記稜線との間において、前記腹側エッジから前記稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を有する。

このように、腹側エッジから稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を設けることによって、絞り面に沿って半径方向外方へ向かう流体の流れを形成することができ、縮流効果を高めることができる。なお、半径方向外方とは、タービンの半径方向において内側から外側へ向かう方向をいう。

10

20

30

40

50

## 【0011】

(3) 幾つかの実施形態では、上記(1)又は(2)の構成において、前記スキューラリップのうち少なくとも一本は、背面側の背側エッジと、前記背側エッジよりも腹面側に位置する前記稜線との間において、前記稜線から前記背側エッジに向かって前記隙間を単調増加させる後退面を有する。

この場合、タービン動翼の先端面とケーシング内壁面との間の隙間が背側エッジに向かって単調増加する後退面が稜線から背側エッジにわたって延在することになり、稜線で剥離した流体の流れのスキューラリップ(後退面)への再付着がより一層起こりにくくなる。よって、流れの再付着に起因したスキューラリップの縮流効果の低下を効果的に抑制できる。

## 【0012】

(4) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(3)の何れかの構成において、前記一本以上のスキューラリップは、

腹面側に設けられる第1スキューラリップと、

前記第1スキューラリップと間隔をあけて、背面側に設けられる第2スキューラリップと、を含み、

前記第1スキューラリップ又は前記第2スキューラリップの少なくとも一方が、前記隙間が極小値となる前記稜線を有する。

このように、腹面側及び背面側にそれぞれスキューラリップ(第1スキューラリップ及び第2スキューラリップ)を設けることで、リーク流量の低減効果が向上する。その上、少なくとも一方のスキューラリップが、上記(1)乃至(3)の何れかに記載の稜線を含むようにしたので、上記(1)で述べた理由からも、優れたリーク流量の低減効果を楽しむことができる。

## 【0013】

(5) 一実施形態では、上記(4)の構成において、前記第1スキューラリップ及び前記第2スキューラリップは、それぞれ、腹面側の腹側エッジと、前記腹側エッジよりも背面側に位置する前記稜線との間において、前記腹側エッジから前記稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を有する。

上記実施形態では、第1スキューラリップにおいて第1の縮流効果が得られる。第1スキューラリップの絞り面に沿った第1の縮流は第1スキューラリップの稜線の後流側で拡散するが、この拡散した流れの少なくとも一部は第2スキューラリップの絞り面によって捕捉され、第2スキューラリップの絞り面による第2の縮流効果が得られる。こうして、第1スキューラリップ及び第2スキューラリップによって、リーク流量を効果的に低減することが可能となる。

## 【0014】

(6) 一実施形態では、上記(5)の構成において、前記第2スキューラリップの前記絞り面は、前記第1スキューラリップの前記絞り面に比べて、前記タービン動翼の翼高さ方向において広い範囲に設けられている。

これにより、第1スキューラリップの稜線の後流側で拡散した流れを第2スキューラリップの絞り面においてより広い範囲で捕捉することができ、第2スキューラリップによる縮流効果を高めることができる。

## 【0015】

(7) 一実施形態では、上記(6)の構成において、前記第1スキューラリップの前記絞り面および前記第2スキューラリップの前記絞り面は、それぞれ、前記ケーシング内壁面に対して傾斜しており、

前記第2スキューラリップの前記絞り面は、前記第1スキューラリップの前記絞り面に比べて、前記ケーシング内壁面に対する傾斜角が大きい。

第1スキューラリップの稜線の後流側で拡散した流れの翼高さ方向における捕捉範囲を広げるためには、第2スキューラリップの絞り面をスキューラリップの幅方向において拡大するか、第2スキューラリップの絞り面のケーシング内壁面に対する傾斜角を大きくするか、という2通りの工夫が考えられる。後者の場合、前者の場合に比べて、第2スキューラリップの絞り面で捕捉した流れを第2スキューラリップの絞り面によって変向し、半径方向外方に向かう速度成

10

20

30

40

50

分を強めることができる。

この点、上記(7)の構成では、第2スキラリブの絞り面のケーシング内壁面に対する傾斜角を、第1スキラリブの絞り面のケーシング内壁面に対する傾斜角よりも大きくしている。よって、第1スキラリブの絞り面と第2スキラリブの絞り面とが同一角度でケーシング内壁面に対して傾斜している場合に比べて、第2スキラリブの絞り面に沿って流れる流体の半径方向外方に向かう速度成分が強くなり、第2スキラリブによる縮流効果を向上させることができる。

【0016】

(8)他の実施形態では、上記(5)の構成において、前記第1スキラリブの前記絞り面および前記第2スキラリブの前記絞り面は、それぞれ、前記ケーシング内壁面に対して傾斜しており、

10

前記第2スキラリブの前記絞り面は、前記第1スキラリブの前記絞り面と同じ平面上に存在する。

これにより、第1スキラリブの絞り面で半径方向外側への速度成分を強めた流れを、第1スキラリブの絞り面と同一平面上に存在する第2スキラリブの絞り面に送ることができ、第2スキラリブにおける縮流効果を向上させることができる。

【0017】

(9)他の実施形態では、上記(4)の構成において、前記第1スキラリブは、背面側の背側エッジと、前記背側エッジよりも腹面側に位置する前記稜線との間において、前記稜線から前記背側エッジに向かって前記隙間を単調増加させる後退面を有し、

20

前記第2スキラリブは、腹面側の腹側エッジと、前記腹側エッジよりも背面側に位置する前記稜線との間において、前記腹側エッジから前記稜線に向かって前記隙間を単調減少させる絞り面を有する。

上記実施形態によれば、第1スキラリブにおいて稜線の後流側で流体の第1スキラリブへの再付着を抑制できるため、第1スキラリブによる第1の縮流効果を高めることができる。また、第1スキラリブを通過した流れは稜線の後流側で拡散するが、この拡散した流れの少なくとも一部は第2スキラリブの絞り面によって捕捉され、第2スキラリブの絞り面による第2の縮流効果を得ることができる。

【0018】

(10)一実施形態では、上記(9)の構成において、前記第2スキラリブの前記絞り面は、前記第1スキラリブの前記後退面に比べて、前記タービン動翼の翼高さ方向において広い範囲に設けられている。

30

これにより、第1スキラリブの稜線の後流側で拡散した流れを第2スキラリブの絞り面においてより広い範囲で捕捉することができ、第2スキラリブによる縮流効果を高めることができる。

【0019】

(11)一実施形態では、上記(10)の構成において、前記第1スキラリブの前記後退面および前記第2スキラリブの前記絞り面は、それぞれ、前記ケーシング内壁面に対して傾斜しており、

前記第2スキラリブの前記絞り面は、前記第1スキラリブの前記後退面に比べて、前記ケーシング内壁面に対する傾斜角の絶対値が大きい。

40

これにより、第2スキラリブの絞り面に沿って流れる流体の半径方向外方に向かう速度成分を強めて、第2スキラリブによる縮流効果を向上させることができる。

【0020】

(12)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(11)の何れかの構成において、前記スキラリブのうち少なくとも一本は、前記稜線を含む角部が面取りされている。

これにより、角部の酸化減肉を低減でき、タービン動翼の信頼性を向上させることができる。

【0021】

(13)本発明の少なくとも一実施形態に係るタービン動翼(上記(1)で述べたもの

50

とは別の構成を有するタービン動翼)は、

タービンに用いられるタービン動翼であって、  
腹面及び背面によって形成される翼型を有する翼型部と、

前記タービン動翼の先端面のうち背面側又は腹面側の縁部に設けられ、前縁側から後縁側に向かって延在するスキラリブと、を備え、

前記先端面のうち前記スキラリブ以外の領域は、前記先端面に対向する前記タービンのケーシング内壁面に対して傾斜しており、

前記領域における前記先端面と前記ケーシング内壁面との間の隙間が、前記スキラリブの幅方向において、前記スキラリブから離れるにつれて大きくなるように傾斜していることを特徴とする。

10

#### 【0022】

上記(13)の構成によれば、タービン動翼の先端面のうちスキラリブ以外の領域はケーシング内壁面に対して傾斜しており、スキラリブから離れるにつれてタービン動翼の先端面とケーシング内壁面との間の隙間が広がるようになっている。

このため、スキラリブがタービン動翼の先端面のうち背面側の縁部に設けられている場合、スキラリブよりも腹面側に位置する傾斜面(タービン動翼の先端面のうちスキラリブ以外の領域)によって、半径方向外方へ向かう流体の流れを形成することができ、スキラリブにおける縮流効果を高めることができる。したがって、スキラリブによる高い縮流効果によりリーク流量を低減し、リーク流れに起因した損失(クリアランスロス)を低減できる。

20

一方、スキラリブがタービン動翼の先端面のうち腹面側の縁部に設けられている場合、スキラリブの後流側において、スキラリブよりも背面側に位置する傾斜面(タービン動翼の先端面のうちスキラリブ以外の領域)への流れの再付着を抑制できる。よって、流れの再付着に起因したスキラリブの縮流効果の低下を抑制し、リーク流れに起因した損失(クリアランスロス)を低減できる。

#### 【0023】

(14)幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(13)の何れかの構成において、前記タービンがガスタービンである。

上記(14)の構成を有するタービン動翼によれば、上記(1)又は(13)で述べたように、タービン動翼の先端面とケーシング内壁面との間の隙間を介したリーク流れに起因した損失(クリアランスロス)を低減可能であるため、このタービン動翼の適用対象であるガスタービンの効率を向上させることができる。

30

#### 【0024】

(15)本発明の少なくとも一実施形態に係るガスタービンは、

上記(14)の構成を有するタービン動翼が周方向に取り付けられたロータシャフトと、前記ロータシャフトを収容するタービンケーシングと、を有する前記タービンと、

前記タービンケーシング内に形成されて前記タービン動翼が存在する燃焼ガス通路に燃焼ガスを供給するための燃焼器と、

前記タービンによって駆動され、前記燃焼器に供給される圧縮空気を生成するように構成された圧縮機と、を備えることを特徴とする。

40

上記(15)の構成によれば、上記(14)で述べたタービン動翼を備えるため、ガスタービンの効率を向上させることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、タービン動翼に設けられたスキラリブによる高い縮流効果を維持可能である。このため、タービン動翼の先端面とケーシング内壁面との間のクリアランスにおけるリーク流量を低減し、リーク流れに起因した損失(クリアランスロス)を低減できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0026】

50

【図 1】幾つかの実施形態に係るガスタービンを示す概略構成図である。

【図 2】幾つかの実施形態に係るタービン動翼を示す斜視図である。

【図 3】図 2 に示すタービン動翼の X 方向矢視図である。

【図 4 A】一実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。

【図 4 B】図 4 A の一変形例を示す断面図である。

【図 4 C】図 4 A の他の変形例を示す断面図である。

【図 5 A】図 4 A のタービン動翼に関して、スキラリップの幅方向におけるクリアランス量を示す図である。

【図 5 B】図 4 B のタービン動翼に関して、スキラリップの幅方向におけるクリアランス量を示す図である。

10

【図 6】他の実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。

【図 7 A】他の実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。

【図 7 B】図 7 A の一変形例を示す断面図である。

【図 7 C】図 7 A の他の変形例を示す断面図である。

【図 8】他の実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。

【図 9 A】他の実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。

【図 9 B】図 9 A の一変形例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

20

【0028】

最初に、本実施形態に係るガスタービン 1 について、図 1 を参照して説明する。なお、図 1 は、幾つかの実施形態に係るガスタービン 1 を示す概略構成図である。

【0029】

図 1 に示すように、幾つかの実施形態に係るガスタービン 1 は、圧縮空気を生成するための圧縮機 2 と、圧縮空気及び燃料を用いて燃焼ガスを発生させるための燃焼器 4 と、燃焼ガスによって回転駆動されるように構成されたタービン 6 と、を備える。発電用のガスタービン 1 の場合、タービン 6 には不図示の発電機が連結され、タービン 6 の回転エネルギーによって発電が行われるようになっている。

30

【0030】

ガスタービン 1 における各部位の具体的な構成例について説明する。

圧縮機 2 は、圧縮機車室 10 と、圧縮機車室 10 の入口側に設けられ、空気を取り込むための空気取入口 12 と、圧縮機車室 10 及び後述するタービン車室 22 を共に貫通するように設けられたロータシャフト 8 と、圧縮機車室 10 内に配置された各種の翼と、を備える。各種の翼は、空気取入口 12 側に設けられた入口案内翼 14 と、圧縮機車室 10 側に固定された複数の圧縮機静翼 16 と、圧縮機静翼 16 に対して交互に配列されるようにロータシャフト 8 に植設された複数の圧縮機動翼 18 と、を含む。なお、圧縮機 2 は、不図示の抽気室等の他の構成要素を備えていてもよい。このような圧縮機 2 において、空気取入口 12 から取り込まれた空気は、複数の圧縮機静翼 16 及び複数の圧縮機動翼 18 を通過して圧縮されることで圧縮空気が生成される。そして、圧縮空気は圧縮機 2 から後段の燃焼器 4 に送られる。

40

【0031】

燃焼器 4 は、ケーシング（燃焼器車室）20 内に配置される。図 1 に示すように、燃焼器 4 は、ケーシング 20 内にロータシャフト 8 を中心として環状に複数配置されていてもよい。燃焼器 4 には燃料と圧縮機 2 で生成された圧縮空気とが供給され、燃料を燃焼させることによって、タービン 6 の作動流体である高温高压の燃焼ガスを発生させる。そして、燃焼ガスは燃焼器 4 から後段のタービン 6 に送られる。

【0032】

50

タービン6は、タービン車室(ケーシング)22と、タービン車室22内に配置された各種のタービン翼と、を備える。各種のタービン翼は、タービン車室22側に固定された複数のタービン静翼24と、タービン静翼24に対して交互に配列されるようにロータシャフト8に植設された複数のタービン動翼26と、を含む。タービン動翼26は、タービン静翼24とともにタービン車室22内を流れる高温高圧の燃焼ガスから回転駆動力を発生させるように構成される。この回転駆動力はロータシャフト8に伝達される。なお、タービン動翼26の具体的な構成例については後述する。また、タービン6は、出口案内翼等の他の構成要素を備えていてもよい。上記構成を有するタービン6においては、燃焼ガスが複数のタービン静翼24及び複数のタービン動翼26を通過することでロータシャフト8が回転駆動する。これにより、ロータシャフト8に連結された発電機が駆動されるようになる。

10

タービン車室22の下流側には、排気車室28を介して排気室29が連結されている。タービン6を駆動した後の燃焼ガスは、排気車室28及び排気室29を通過して外部へ排出される。

#### 【0033】

ここで、図2及び図3を参照して、タービン動翼26の構成例について説明する。なお、図2は、幾つかの実施形態に係るタービン動翼26を示す斜視図である。図3は、図2に示すタービン動翼26のX方向矢視図である。

#### 【0034】

図2に示すように、一実施形態に係るタービン動翼26は、タービン6(図1参照)に用いられ、ロータシャフト8(図1参照)の外周面に沿って周方向に等間隔で複数設けられる。タービン動翼26は、ロータシャフト8側から半径方向外方へ向けて延在するように配置される。なお、本実施形態において、半径方向外方とは、ロータシャフト8の回転軸を中心としたタービン6の半径方向内側(ロータシャフト8側)から外側(ケーシング22側)へ向かう方向をいう。この実施形態におけるタービン動翼26は、シュラウドを有しないフリースタンディング型の翼である。タービン動翼26は、プラットフォーム37上に立設されている。プラットフォーム37の基部(プラットフォーム37を挟んでタービン動翼26とは反対側)には、ロータシャフト8に固定される嵌め込み部38が設けられている。

20

#### 【0035】

一実施形態に係るタービン動翼26は、翼型を有する翼型部30と、タービン動翼26のチップ端に設けられたスキラリブ40と、を備える。なお、チップ端とは、タービン動翼26における半径方向外側の端部のことである。

30

#### 【0036】

翼型部30は、比較的高圧な燃焼ガスが流れる腹面(圧力面)31と、腹面31よりも低圧な燃焼ガスが流れる背面(負圧面)32と、さらに前縁33及び後縁34と、を有する。タービン動翼26に対して主として仕事をする燃焼ガス流れ(以下、主流という)の方向において、前縁33は翼型部30の上流側の端部であり、後縁34は翼型部30の下流側の端部である。

タービン動翼26の半径方向外側の端部には、ケーシング22の内壁面に対向する先端面35が形成されている。なお、タービン動翼26の先端面35は、翼型部30で形成される部位およびスキラリブ40で形成される部位を含む。また、先端面35は、ケーシング22の内壁面23に対して、平行に又は傾斜して対向している領域を含む。

40

#### 【0037】

スキラリブ40は、タービン動翼26の先端面35において、前縁33側から後縁34側に向かって延在するように、タービン動翼26に少なくとも一本設けられている。すなわち、スキラリブ40は、タービン動翼26のチップ端において、半径方向外方へ向かって延びるフェンス状の突起のことである。図2に示す例では、スキラリブ40は、翼型部30の外周に沿うように、該翼型部30の全周に亘って連続して一本設けられている。ただし、スキラリブ40は、翼型部30の全周に亘って設けられた構成に限定され

50

るものではなく、翼型部 30 の外周に沿った部位以外に設けられてもよいし、翼型部 30 の外周に沿って部分的に 1 本または 2 本以上設けられていてもよい。例えば、スキラリブ 40 は、腹面 31 及び背面 32 のそれぞれに沿って一本ずつ設けられていてもよいし、腹面 31 又は背面 32 の何れか一方に沿って一本のみ設けられていてもよいし、あるいは、翼型部 30 の全周に亘って連続して一本設けられるとともに翼型部 30 の中央を横切るようにさらにもう一本設けられていてもよい。

【0038】

また、スキラリブ 40 の側面は、翼型部 30 の軸線方向に延在していてもよい。すなわち、スキラリブ 40 が翼型部 30 の腹面 31 及び背面 32 に沿って設けられる場合、スキラリブ 40 の外周側の側面は、腹面 31 及び背面 32 と同一の面をなすように形成される。

10

【0039】

上記構成を有するタービン動翼 26 のチップ端においては、通常、腹面 31 と背面 32 との圧力差によって、ケーシング 22 の内壁面 23 とタービン動翼 26 の先端面 35 との間のクリアランス（隙間）100 を通って主流の一部が腹面 31 側から背面 32 側へ向けて流れ出るリーク流れ 102 が生じる（図 2 参照）。そこで、上記構成のスキラリブ 40 を設けることにより、タービン動翼 26 の先端面 35 とケーシング 22 の内壁面 23 との間のクリアランス 100 が小さくなってこの領域における流路抵抗が増大し、縮流効果によってクリアランス 100 のリーク流量を低減できる。

【0040】

20

幾つかの実施形態に係るタービン動翼 26 は、スキラリブ 40 による縮流効果を高く維持するために、図 4 乃至図 9 の何れかに示す構成をさらに備えている。なお、図 4 A ~ 図 4 C、図 6、図 7 A ~ 図 7 C、図 8、図 9 A 及び図 9 B は、それぞれ、各実施形態におけるタービン動翼 26 のチップ端周辺を示す断面図である。各断面は、図 2 に示すタービン動翼 26 の Y - Y 線断面に相当する。

各実施形態を表す図 4 乃至図 9 において、同一の部材については同一の符号を付している。ただし、同一の部材であっても各実施形態においてその構成が部分的に相違する場合もあり、相違点については各実施形態ごとに後に説明する。

【0041】

図 4 乃至図 8 に示す各実施形態における共通の構成として、上記タービン動翼 26 におけるスキラリブ 40 は、腹面 31 側に設けられる第 1 スキラリブ 42 と、該第 1 スキラリブ 42 と間隔をあけて、背面 32 側に設けられる第 2 スキラリブ 44 と、を含んでいる。なお、図 9 に示す実施形態については後述する。

30

【0042】

第 1 スキラリブ 42 又は第 2 スキラリブ 44 の少なくとも一方のスキラリブ 40（以下、スキラリブ 40（42, 44）と記載する）は、その延在方向に連なる稜線 43, 45 を有している。この稜線 43, 45 において、ケーシング 22 の内壁面 23 とタービン動翼 26 の先端面 35 の間の隙間（クリアランス）100 は極小値を有し、スキラリブ 40（42, 44）の幅方向（以下、単に幅方向と呼ぶ）における稜線 43, 45 の両側において、隙間 100 は極小値よりも大きくなる。ただし、例えば、図 4 A に示す第 2 スキラリブ 44 や図 4 B 及び図 4 C に示す第 1 スキラリブ 42 のように、稜線 43, 45 を有しないスキラリブ 40（42, 44）については、上記構成を備えていなくてもよい。

40

なお、スキラリブ 42, 44 の外周側の側面が、腹面 31 又は背面 32 と同一の面をなし、且つ、スキラリブ 42, 44 の外周側の側面上に稜線 43, 45 が設けられている場合、幅方向における稜線 43, 45 の外周側には隙間 100 は存在しないことになるが、本実施形態に係るタービン動翼 26 は、この構成も含む。例えば、図 4 B において、第 2 スキラリブ 44 の外周側の側面は背面 32 と同一の面をなし、第 2 スキラリブ 44 の稜線 45 は外周側の側面上に設けられている。この場合、稜線 45 の外周側（図面において右側）には隙間 100 は存在しないが、本実施形態に係るタービン動翼 26 はこの

50

構成をも含むものである。

【 0 0 4 3 】

上記実施形態によれば、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 とタービン動翼 2 6 の先端面 3 5 との間隙 1 0 0 が、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の延在方向に連なる稜線 4 3 , 4 5 上において極小値を有するように構成されている。これにより、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の稜線 4 3 , 4 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間隙 1 0 0 を流体が通過する際、縮流効果によって実効的な流路面積が縮小し、リーク流量及びリーク流れ 1 0 2 ( 図 3 参照 ) に起因した圧損が低減される。よって、リーク流れ 1 0 2 に起因した損失 ( クリアランスロス ) を低減できる。

【 0 0 4 4 】

さらに、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、稜線 4 3 , 4 5 の両側において、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 とタービン動翼 2 6 の先端面 3 5 との間隙 1 0 0 が極小値よりも大きくなるように構成されている。すなわち、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の稜線 4 3 , 4 5 の両側において、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間における極小の隙間 1 0 0 を形成する平面を有していない。そのため、稜線 4 3 , 4 5 を通過する際にスキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) から剥離した流体の流れが、稜線 4 3 , 4 5 の後流側においてスキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) に再付着しようとしても、極小の隙間 1 0 0 を形成する平面が稜線 4 3 , 4 5 の後流側に存在するわけではないから、流体の流れのスキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) への再付着を抑制できる。これにより、流れの再付着に起因したスキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の縮流効果の低下を抑制し、リーク流れ 1 0 2 に起因した損失 ( クリアランスロス ) を一層低減できる。なお、後流側とは、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間を通過する気体の流れ方向 ( リーク流れ方向 ) における下流側を意味する。

【 0 0 4 5 】

例えば、極小の隙間 1 0 0 が幅方向に続くような平面がスキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) に設けられている場合、隙間 1 0 0 に流入した時点で流体の流れには半径方向外方への速度成分が含まれているが、隙間 1 0 0 を通過する際に、流体の流れは、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の前記平面が近くに存在することから該平面に引き寄せられ、該平面に対して平行に流れるため、半径方向外方への速度成分が弱まる。そのため、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) による縮流効果が低減してしまう。

この点、上記実施形態によれば、稜線 4 3 , 4 5 の両側に、極小の隙間 1 0 0 が幅方向に続くような平面が存在しないため、流体の流れが前記平面に引き寄せられて半径方向外方への速度成分が弱まることなく、よってスキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) による高い縮流効果を維持できる。

【 0 0 4 6 】

また、腹面 3 1 側及び背面 3 2 側にそれぞれ第 1 スキラリブ 4 2 及び第 2 スキラリブ 4 4 を設けることで、リーク流量の低減効果が向上する。その上、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) が、稜線 4 3 , 4 5 を含むようにしたので、優れたリーク流量の低減効果を享受することができる。

【 0 0 4 7 】

幾つかの実施形態では、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、腹面 3 1 側の腹側エッジ 5 1 , 5 5 と、腹側エッジ 5 1 , 5 5 よりも背面 3 2 側に位置する稜線 4 3 , 4 5 との間において、腹側エッジ 5 1 , 5 5 から稜線 4 3 , 4 5 に向かって隙間 1 0 0 を単調減少させる絞り面 5 3 , 5 7 を有する。

【 0 0 4 8 】

具体的には、スキラリブ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、幅方向において稜線 4 3 , 4 5 よりも腹面 3 1 側に腹側エッジ 5 1 , 5 5 を有している。例えば、第 1 スキラリブ 4 2 の腹側エッジ 5 1 は、第 1 スキラリブ 4 2 の外周側の側面と先端面 3 5 との境界の縁部 ( 角部 ) である。なお、この場合、第 1 スキラリブ 4 2 の外周側の側面は、翼型部 3 0 の腹

10

20

30

40

50

面 3 1 と同一面をなしている。あるいは、第 2 スキーラリブ 4 4 の腹側エッジ 5 5 は、第 2 スキーラリブ 4 4 の内周側の側面と、先端面 3 5 との境界の縁部（角部）である。但し、腹側エッジ 5 1, 5 5 は、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) の側面上に設けられた構成に限定されるものではない。

また、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) は、腹側エッジ 5 1, 5 5 から稜線 4 3, 4 5 に向かって、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 とタービン動翼 2 6 の先端面 3 5 との間の隙間 1 0 0 を単調減少する絞り面 5 3, 5 7 を有している。例えば、絞り面 5 3, 5 7 は、図示されるように断面が直線状の傾斜面であってもよいし、図示されないが断面が曲率を有した湾曲面（半径方向外方に凸または半径方向内方に凸の湾曲面）であってもよい。

【 0 0 4 9 】

このように、腹側エッジ 5 1, 5 5 から稜線 4 3, 4 5 に向かって隙間 1 0 0 を単調減少させる絞り面 5 3, 5 7 を設けることによって、絞り面 5 3, 5 7 に沿って半径方向外方へ向かう流体の流れを形成することができ、縮流効果を高めることができる。

【 0 0 5 0 】

幾つかの実施形態では、第 1 スキーラリブ 4 2 又は第 2 スキーラリブ 4 4 の少なくとも一方のスキーラリブ 4 0 は、背面 3 2 側の背側エッジ 5 2, 5 6 と、背側エッジ 5 2, 5 6 よりも腹面 3 1 側に位置する稜線 4 3, 4 5 との間において、稜線 4 3, 4 5 から背側エッジ 5 2, 5 6 に向かって隙間 1 0 0 を単調増加させる後退面 5 4 を有する。

この場合、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間の隙間 1 0 0 が背側エッジ 5 2, 5 6 に向かって単調増加する後退面 5 4 が稜線 4 3, 4 5 から背側エッジ 5 2, 5 6 にわたって延在することになり、稜線 4 3, 4 5 で剥離した流体の流れの後退面 5 4 への再付着がより一層起こりにくくなる。よって、流れの再付着に起因したスキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) の縮流効果の低下を効果的に抑制できる。

【 0 0 5 1 】

具体的には、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) は、幅方向において稜線 4 3, 4 5 よりも背面 3 2 側に背側エッジ 5 2, 5 6 を有している。例えば、第 1 スキーラリブ 4 2 の背側エッジ 5 2 は、第 1 スキーラリブ 4 2 の内周側の側面と先端面 3 5 との境界の縁部（角部）である。あるいは、第 2 スキーラリブ 4 4 の背側エッジ 5 6 は、第 2 スキーラリブ 4 4 の外周側の側面と、先端面 3 5 との境界の縁部（角部）である。なお、この場合、第 2 スキーラリブ 4 4 の外周側の側面は、翼型部 3 0 の背面 3 2 と同一面をなしている。但し、背側エッジ 5 2, 5 6 は、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) の側面上に設けられた構成に限定されるものではない。

また、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) は、背側エッジ 5 2, 5 6 から稜線 4 3, 4 5 に向かって、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 とタービン動翼 2 6 の先端面 3 5 との間の隙間 1 0 0 を単調増加する後退面 5 4 を有している。例えば、後退面 5 4 は、図示されるように断面が直線状の傾斜面であってもよいし、図示されないが断面が曲率を有した湾曲面（半径方向外方に凸または半径方向内方に凸の湾曲面）であってもよい。図示した例では、図 6 及び図 8 において、第 1 スキーラリブ 4 2 が後退面 5 4 を有する構成を示しているが、第 2 スキーラリブ 4 4 が後退面を有していてもよい。

【 0 0 5 2 】

上記タービン動翼 2 6 は、以下の構成をさらに備えていてもよい。

一実施形態において、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 の上面視において、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) の絞り面 5 3, 5 7 又は後退面 5 4 のうち少なくとも一部（スキーラリブ延在方向における少なくとも一部の領域）の法線がリーク流れ 1 0 2 に沿っている。

これにより、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) に向かってくるリーク流れ 1 0 2 に絞り面 5 3, 5 7 又は後退面 5 4 を正対させ、絞り面 5 3, 5 7 又は後退面 5 4 によるリーク流量低減作用を効果的に発揮させることができる。

【 0 0 5 3 】

なお、他の実施形態では、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 の上面視において、スキーラリブ 4 0 ( 4 2, 4 4 ) の絞り面 5 3, 5 7 又は後退面 5 4 のうち少なくとも一部の法線

10

20

30

40

50

が、スキラリブ延在方向の位置によらず同一方向を向いている。

この場合、スキラリブ40(42, 44)の絞り面53, 57又は後退面54の加工が容易である。

【0054】

また、一実施形態において、スキラリブ40(42, 44)の外表面に、熱遮蔽コーティング(Thermal Barrier Coating: TBC)が施工されていてもよい。その場合、スキラリブ40(42, 44)の外表面の全体にTBCが施工されていてもよいし、スキラリブ40(42, 44)の外表面の一部、例えば絞り面53, 57又は後退面54に、TBCが施工されていてもよい。

【0055】

以下、図4乃至図8に示す実施形態の各々について、具体的に説明する。

【0056】

図4Aは、一実施形態におけるタービン動翼26のチップ端周辺を示す断面図である。図4Bは、図4Aの一変形例を示す断面図である。図4Cは、図4Aの他の変形例を示す断面図である。図5Aは、図4Aのタービン動翼26に関して、スキラリブ40(42, 44)の幅方向におけるクリアランス量を示す図である。図5Bは、図4Bのタービン動翼26に関して、スキラリブ40(42, 44)の幅方向におけるクリアランス量を示す図である。

【0057】

図4Aに示す実施形態では、第1スキラリブ42が、腹面31側の腹側エッジ51と、腹側エッジ51よりも背面32側に位置する稜線43との間において、腹側エッジ51から稜線43に向かって隙間100を単調減少させる絞り面53を有する。なお、同図に示す例では、第1スキラリブ42の背側エッジ52が稜線43に一致している。第2スキラリブ44は、稜線や絞り面を有しない。

この実施形態によれば、第1スキラリブ42及び第2スキラリブ44において縮流効果が得られるとともに、第1スキラリブ42が絞り面53を有するので、絞り面53に沿って半径方向外方へ向かう流体の流れを形成することができ、縮流効果を高めることができる。

【0058】

図4Bに示す実施形態では、第2スキラリブ44が、腹面31側の腹側エッジ55と、腹側エッジ55よりも背面32側に位置する稜線45との間において、腹側エッジ55から稜線45に向かって隙間100を単調減少させる絞り面57を有する。なお、同図に示す例では、第2スキラリブ44の背側エッジ56が稜線45に一致している。第1スキラリブ42は、稜線や絞り面を有しない。

この実施形態によれば、第1スキラリブ42及び第2スキラリブ44において縮流効果が得られるとともに、第2スキラリブ44が絞り面57を有するので、絞り面57に沿って半径方向外方へ向かう流体の流れを形成することができ、縮流効果を高めることができる。

【0059】

図4Cに示す実施形態では、第2スキラリブ44が、腹面31側の腹側エッジ55と、腹側エッジ55よりも背面32側に位置する稜線45との間において、腹側エッジ55から稜線45に向かって隙間100を単調減少させる絞り面57を有する。さらに第2スキラリブ44は、稜線45を含む角部が面取りされている。なお、第2スキラリブ44の稜線45を含まない角部も面取りされていてもよいし、第1スキラリブ42の角部も面取りされていてもよい。

これにより、第1スキラリブ42又は第2スキラリブ44の角部の酸化減肉を低減でき、タービン動翼26の信頼性を向上させることができる。

【0060】

図5A及び図5Bに示すグラフでは、スキラリブ40(42, 44)の幅方向位置において、腹面31の位置、すなわち第1スキラリブ42の腹側エッジ51の位置を0と

10

20

30

40

50

し、第1スキューラリブ42の背側エッジ52の位置を $x_1$ とし、第2スキューラリブ44の腹側エッジ55の位置を $x_2$ とし、第2スキューラリブ44の背側エッジ56の位置を $x_3$ として、幅方向におけるクリアランス量を表している。

図5Aは、第1スキューラリブ42の背側エッジ52に稜線43が設けられたタービン動翼26(図4A参照)のクリアランス量を示しており、稜線43の位置 $x_1$ において、タービン動翼26の先端面35とケーシング22の内壁面23との間のクリアランス量が極小値 $C_{1m}$ となっている。図5Bは、第2スキューラリブ44の背側エッジ56に稜線45が設けられたタービン動翼26(図4B参照)のクリアランス量を示しており、稜線45の位置 $x_3$ において、タービン動翼26の先端面35とケーシング22の内壁面23との間のクリアランス量が極小値 $C_{1m}$ となっている。なお、 $C_1$ は、稜線43, 45を含む

10

絞込み面53, 57のうちケーシング22の内壁面23と最も離れた位置におけるクリアランス量である。ここで、本明細書において、極小値 $C_{1m}$ とは、位置 $x_1$ (又は $x_3$ )におけるクリアランス量 $C(x_1)$ と、その近傍の任意の位置 $x$ におけるクリアランス量 $C(x)$ とが、 $C(x) > C(x_1)$ の関係を満たすときのクリアランス量 $C(x_1)$ をいう。そのため、例えば図7Cに示すように、第1スキューラリブ42の稜線43の位置におけるクリアランス量が、第2スキューラリブ44の稜線45の位置におけるクリアランス量よりも大きい場合であっても、稜線43, 45の各位置にて、クリアランス100は上記のように定義された極小値をとるため、稜線43, 45の両方において、縮流効果を高める効果が期待

20

#### 【0061】

図6は、他の実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。

図6に示す実施形態では、第1スキューラリブ42が、背面32側の背側エッジ52と、背側エッジ52よりも腹面31側に位置する稜線43との間において、稜線43から背側エッジ52に向かって隙間100を単調増加させる後退面54を有する。第2スキューラリブ44は、稜線や絞込み面を有しない。

この実施形態によれば、第1スキューラリブ42及び第2スキューラリブ44において縮流効果が得られるとともに、第1スキューラリブ42が後退面54を有するので、稜線43で剥離した流体の流れの後退面54への再付着がより一層起こりにくくなる。よって、流れの再付着に起因した縮流効果の低下を効果的に抑制できる。

30

#### 【0062】

図7A~図7Cに示す実施形態では、第1スキューラリブ42及び第2スキューラリブ44は、それぞれ、腹面31側の腹側エッジ51, 55と、腹側エッジ51, 55よりも背面32側に位置する稜線43, 45との間において、腹側エッジ51, 55から稜線43, 45に向かって隙間100を単調減少させる絞込み面53, 57を有する。

#### 【0063】

上記実施形態によれば、第1スキューラリブ42において第1の縮流効果が得られる。第1スキューラリブ42の絞込み面53に沿った第1の縮流は第1スキューラリブ42の稜線43の後流側で拡散するが、この拡散した流れの少なくとも一部は第2スキューラリブ44の絞込み面57によって捕捉され、第2スキューラリブ44の絞込み面57による第2の縮流効果が

40

#### 【0064】

図7Aに示す実施形態によれば、スキューラリブ40の幅方向において、第1スキューラリブ42の稜線43の位置におけるクリアランス量と、第2スキューラリブ44の稜線45の位置におけるクリアランス量とは一致しており、クリアランス量は極小値 $C_{1m}$ となっている。

また、ケーシング22の内壁面23に対する第1スキューラリブ42の絞込み面53の角度 $\theta_1$ と、ケーシング22の内壁面23に対する第2スキューラリブ44の絞込み面57の角度 $\theta_2$ とが、同一である。

50

## 【 0 0 6 5 】

図 7 B に示す一変形例では、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 は、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 に比べて、タービン動翼 2 6 の翼高さ方向において広い範囲に設けられている。

これにより、第 1 スキーリップ 4 2 の稜線 4 3 の後流側で拡散した流れを第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 においてより広い範囲で捕捉することができ、第 2 スキーリップ 4 4 による縮流効果を高めることができる。

この場合、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 および第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 は、それぞれ、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 に対して傾斜しており、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 に対する、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 の角度  $\alpha_2$  は、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 の角度  $\alpha_1$  に比べて大きくてもよい。

10

これにより、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 と第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 とが同一角度でケーシング 2 2 の内壁面 2 3 に対して傾斜している場合に比べて、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 に沿って流れる流体の半径方向外方に向かう速度成分が強くなり、第 2 スキーリップ 4 4 による縮流効果を向上させることができる。なお、背面 3 2 側に設けられた第 2 スキーリップ 4 4 は、高温の燃焼ガスと冷却空気とが混合して温度が低下しているため、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 の角度  $\alpha_2$  を大きくしても第 2 スキーリップ 4 4 の稜線 4 3 周辺の酸化減肉のリスクは小さい。

## 【 0 0 6 6 】

図 7 C に示す他の変形例では、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 および第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 は、それぞれ、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 に対して角度  $\alpha_1$  および角度  $\alpha_2$  を有するように傾斜している。また、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 は、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 と同じ平面 M 上に存在する。すなわち、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 の角度  $\alpha_1$  と、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 の角度  $\alpha_2$  とが同一であり、且つ、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 の翼高さ方向位置が第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 の翼高さ方向位置よりも低く（すなわち第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 は第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 よりも内壁面 2 3 から離れている）、絞り面 5 3 及び絞り面 5 7 が同一の平面 M 上に存在する。

20

これにより、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 で半径方向外側への速度成分を強めた流れを、第 1 スキーリップ 4 2 の絞り面 5 3 と同一の平面 M 上に存在する第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 に送ることができ、第 2 スキーリップ 4 4 における縮流効果を向上させることができる。

30

## 【 0 0 6 7 】

図 8 は、他の実施形態におけるタービン動翼 2 6 のチップ端周辺を示す断面図である。

図 8 に示す実施形態において、第 1 スキーリップ 4 2 は、背面 3 2 側の背側エッジ 5 2 と、背側エッジ 5 2 よりも腹面 3 1 側に位置する稜線 4 3 との間において、稜線 4 3 から背側エッジ 5 2 に向かって隙間 1 0 0 を単調増加させる後退面 5 4 を有する。また、第 2 スキーリップ 4 4 は、腹面 3 1 側の腹側エッジ 5 5 と、腹側エッジ 5 5 よりも背面 3 2 側に位置する稜線 4 5 との間において、腹側エッジ 5 5 から稜線 4 5 に向かって隙間 1 0 0 を単調減少させる絞り面 5 7 を有する。すなわち、第 1 スキーリップ 4 2 の後退面 5 4 と、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 とが角度を有するように対向して配置される。この場合、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 に対する第 1 スキーリップ 4 2 の後退面 5 4 の角度  $\alpha_3$  と、ケーシング 2 2 の内壁面 2 3 に対する第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 の角度  $\alpha_2$  とは同一であってもよいし、異なってもよい。

40

上記実施形態によれば、第 1 スキーリップ 4 2 において稜線 4 3 の後流側で流体の第 1 スキーリップ 4 2 への再付着を抑制できるため、第 1 スキーリップ 4 2 による第 1 の縮流効果を高めることができる。また、第 1 スキーリップ 4 2 を通過した流れは稜線 4 3 の後流側で拡散するが、この拡散した流れの少なくとも一部は第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 によって捕捉され、第 2 スキーリップ 4 4 の絞り面 5 7 による第 2 の縮流効果を得ることができる。

50

## 【0068】

また、第2スキラリブ44の絞り面57は、第1スキラリブ42の後退面54に比べて、タービン動翼26の翼高さ方向において広い範囲に設けられていてもよい。

これにより、第1スキラリブ42の稜線43の後流側で拡散した流れを第2スキラリブ44の絞り面57においてより広い範囲で捕捉することができ、第2スキラリブ44による縮流効果を高めることができる。

さらに、第1スキラリブ42の後退面54および第2スキラリブ44の絞り面57は、それぞれ、ケーシング22の内壁面23に対して傾斜しており、第2スキラリブ44の絞り面57は、第1スキラリブ42の後退面54に比べて、ケーシング22の内壁面23に対する傾斜角の絶対値が大きくてもよい。すなわち、第2スキラリブ44の絞り面57の角度 $\alpha_2$ は、第1スキラリブ42の後退面54の角度 $\alpha_3$ より大きくてもよい。

10

これにより、第2スキラリブ44の絞り面57に沿って流れる流体の半径方向外方に向かう速度成分を強めて、第2スキラリブ44による縮流効果を向上させることができる。なお、背面32側に設けられた第2スキラリブ44は、高温の燃焼ガスと冷却空気とが混合して温度が低下しているため、第2スキラリブ44の絞り面57の傾斜角度( $\alpha_2$ )を大きくしても第2スキラリブ44の稜線43周辺の酸化減肉のリスクは小さい。

## 【0069】

上述した図4乃至図8に示される実施形態とは別の実施形態として、タービン動翼26は、図9に示す構成を備えていてもよい。もちろん、タービン動翼26は、図4乃至図8に示す実施形態と、図9に示す実施形態とを組み合わせた構成を有していてもよい。なお、9Aは、他の実施形態におけるタービン動翼のチップ端周辺を示す断面図である。図9Bは、図9Aの一変形例を示す断面図である。

20

## 【0070】

図9Aに示す実施形態では、タービン動翼26は、該タービン動翼26の先端面35のうち腹面31側の縁部61に設けられ、前縁33側から後縁34側に向かって延在する少なくとも一本のスキラリブ40を備える。先端面35のうちスキラリブ40以外の領域には、先端面35に対向するケーシング22の内壁面23に対して傾斜した傾斜面63が形成されている。また、傾斜面63における先端面35とケーシング22の内壁面23との間の隙間100が、スキラリブ40の幅方向において、スキラリブ40から離れるにつれて大きくなるように傾斜している。

30

これにより、スキラリブ40の後流側において、スキラリブ40よりも背面32側に位置する傾斜面(タービン動翼26の先端面のうちスキラリブ以外の領域)63への流れの再付着を抑制できる。よって、流れの再付着に起因したスキラリブ40の縮流効果の低下を抑制し、リーク流れ102に起因した損失(クリアランスロス)を低減できる。

## 【0071】

図9Bに示す実施形態では、タービン動翼26は、該タービン動翼26の先端面35のうち背面32側の縁部62に設けられ、前縁33側から後縁34側に向かって延在するスキラリブ40を備える。先端面35のうちスキラリブ40以外の領域には、先端面35に対向するケーシング22の内壁面23に対して傾斜した傾斜面64が形成されている。また、傾斜面64における先端面35とケーシング22の内壁面23との間の隙間が、スキラリブ40の幅方向において、スキラリブ40から離れるにつれて大きくなるように傾斜している。

40

これにより、スキラリブ40よりも腹面31側に位置する傾斜面(タービン動翼26の先端面のうちスキラリブ以外の領域)64によって、半径方向外方へ向かう流体の流れを形成することができ、スキラリブ40における縮流効果を高めることができる。したがって、スキラリブ40による高い縮流効果によりリーク流量を低減し、リーク流れ102に起因した損失(クリアランスロス)を低減できる。

50

## 【 0 0 7 2 】

幾つかの実施形態では、図 4 乃至図 9 に示すタービン動翼 2 6 がガスタービン 1 ( 図 1 参照 ) に適用される。

上述した各実施形態に係るタービン動翼 2 6 によれば、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間の隙間 1 0 0 を介したリーク流れ 1 0 2 に起因した損失 ( クリアランスロス ) を低減可能であるため、このタービン動翼 2 6 の適用対象であるガスタービン 1 の効率を向上させることができる。

## 【 0 0 7 3 】

幾つかの実施形態では、図 1 に示すガスタービン 1 が、図 4 乃至図 9 に示すタービン動翼 2 6 を備える。すなわち、図 1 に示すように、ガスタービン 1 は、上記タービン動翼 2 6 が周方向に複数取り付けられたロータシャフト 8 と、ロータシャフト 8 を収容するケーシング ( タービンケーシング ) 2 2 と、を有するタービン 6 と、ケーシング 2 2 内に形成されてタービン動翼 2 6 が存在する燃焼ガス通路に燃焼ガスを供給するための燃焼器 4 と、タービン 6 によって駆動され、燃焼器 4 に供給される圧縮空気を生成するように構成された圧縮機 2 と、を備える。

上述した各実施形態に係るタービン動翼 2 6 によれば、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間の隙間 1 0 0 を介したリーク流れ 1 0 2 に起因した損失 ( クリアランスロス ) を低減可能であるため、上記ガスタービン 1 の効率を向上させることができる。

## 【 0 0 7 4 】

上述したように、本発明の実施形態によれば、タービン動翼 2 6 に設けられたスキューリップ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) による高い縮流効果を維持可能である。このため、タービン動翼 2 6 の先端面 3 5 とケーシング 2 2 の内壁面 2 3 との間のクリアランス 1 0 0 におけるリーク流量を低減し、リーク流れ 1 0 2 に起因した損失 ( クリアランスロス ) を低減できる。

## 【 0 0 7 5 】

本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

## 【 0 0 7 6 】

例えば、上記実施形態では、スキューリップ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の稜線 4 3 , 4 5 が、スキューリップ 4 0 の側面上に設けられた構成を例示したが、稜線 4 3 , 4 5 の位置はこれに限定されるものではない。例えば、稜線 4 3 , 4 5 は、スキューリップ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) の幅方向中央領域に設けられ、稜線 4 3 , 4 5 を中心として幅方向両側に絞り面および後退面がそれぞれ設けられてもよい。この場合、スキューリップ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、その断面 ( 図 2 の Y - Y 方向断面 ) において中央領域の稜線 4 3 , 4 5 が半径方向外側に突出した山型形状となる。

## 【 0 0 7 7 】

あるいは、上記実施形態では、スキューリップ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) は、該稜線 4 3 , 4 5 が一本で、且つ、先端面 3 5 が絞り面又は後退面からなる一つの傾斜面のみで形成された構成を例示したが、先端面 3 5 の構成はこれに限定されるものではない。例えば、先端面 3 5 には、段差部が設けられていてもよいし、一本のスキューリップ 4 0 ( 4 2 , 4 4 ) に対して複数の稜線が設けられていてもよい。

## 【 0 0 7 8 】

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。


【符号の説明】

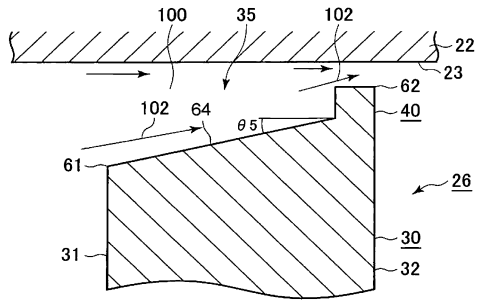
【0079】

1	ガスタービン	
2	圧縮機	
4	燃焼器	10
6	タービン	
8	ロータシャフト	
10	圧縮機車室	
16	圧縮機静翼	
18	圧縮機動翼	
20	ケーシング(燃焼器車室)	
22	ケーシング(タービン車室)	
23	内壁面	
24	タービン静翼	
26	タービン動翼	20
28	排気車室	
30	翼型部	
31	腹面	
32	背面	
33	前縁	
34	後縁	
35	先端面	
40	スキーラリブ	
42	第1スキーラリブ	
43, 45	稜線	30
44	第2スキーラリブ	
51, 55	腹側エッジ	
52, 56	背側エッジ	
53, 57	絞り面	
54	後退面	
61, 62	縁部	
63, 64	傾斜面	
100	隙間(クリアランス)	
102	リーク流れ	40





【 9 B】



---

フロントページの続き

(72)発明者 石坂 浩一  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 倉橋 紀夫

(56)参考文献 特開昭62-186004(JP,A)  
特開2004-169694(JP,A)  
特表2011-513638(JP,A)  
特開2000-297603(JP,A)  
米国特許第07494319(US,B1)  
英国特許出願公告第01107024(GB,A)  
仏国特許発明第00370215(FR,B1)  
米国特許出願公開第2014/0047842(US,A1)  
国際公開第2014/099814(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/20  
F01D 11/08  
F01D 25/00  
F02C 7/28