

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6631837号
(P6631837)

(45) 発行日 令和2年1月15日 (2020.1.15)

(24) 登録日 令和1年12月20日 (2019.12.20)

(51) Int.Cl.

F I

F 1 6 J 15/3292 (2016.01)

F 1 6 J 15/3292

F O 1 D 11/02 (2006.01)

F O 1 D 11/02

F O 2 C 7/28 (2006.01)

F O 2 C 7/28

B

F O 4 D 29/10 (2006.01)

F O 2 C 7/28

E

F 1 6 J 15/3252 (2016.01)

F O 4 D 29/10

A

請求項の数 6 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-93906 (P2016-93906)
 (22) 出願日 平成28年5月9日 (2016.5.9)
 (65) 公開番号 特開2017-203470 (P2017-203470A)
 (43) 公開日 平成29年11月16日 (2017.11.16)
 審査請求日 平成31年3月22日 (2019.3.22)

(73) 特許権者 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号
 (74) 代理人 100149548
 弁理士 松沼 泰史
 (74) 代理人 100162868
 弁理士 伊藤 英輔
 (74) 代理人 100161702
 弁理士 橋本 宏之
 (74) 代理人 100189348
 弁理士 古部 智
 (74) 代理人 100196689
 弁理士 鎌田 康一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シールセグメント及び回転機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸の外周側で該回転軸の周方向に延びるリテーナと、
 該リテーナから径方向内側に延出して、周方向に複数積層された薄板シール片を有する
 シール体と、

前記シール体と前記リテーナとに挟まれるように支持されて、前記シール体の軸方向の
高压側を周方向にわたって覆う高压側側板と、

前記シール体と前記リテーナとに挟まれるように支持されて、前記シール体の軸方向の
低压側を周方向にわたって覆う低压側側板と、

前記リテーナの周方向端部からさらに周方向に延びるリテーナ模擬部、及び、該リテー
 ナ模擬部から径方向内側に向かって延び、前記周方向について、前記薄板シール片の3枚
 以上の厚さを有するブロックであるシール体模擬部を有するブロック体と、

を備え、

前記高压側側板及び前記低压側側板が、前記ブロック体における前記シール体模擬部の
 少なくとも一部を覆っているシールセグメント。

【請求項 2】

前記シール体模擬部は、前記径方向内側に向かって延びる接触シールを備える
 請求項 1 に記載のシールセグメント。

【請求項 3】

前記接触シールは、ブラシシールを備える

10

20

請求項 2 に記載のシールセグメント。

【請求項 4】

前記シール体模擬部は、前記径方向内側に向かって延びるスリットによって、主シール体模擬部と副シール体模擬部とに分割されている請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のシールセグメント。

【請求項 5】

前記シール体模擬部は、前記主シール体模擬部と前記副シール体模擬部との間に弾性部材を備える請求項 4 に記載のシールセグメント。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のシールセグメントを備える回転機械。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シールセグメント及び回転機械に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービン、蒸気タービン等の回転機械におけるロータの周囲には、高圧側から低圧側に流れる作動流体の漏れ量を少なくするために、軸シール装置が設けられている。この軸シール装置の一例として、例えば、以下の特許文献 1 に記載された軸シール装置が知られている。

20

【0003】

この軸シール装置は、ステータに設けられたハウジングと、多数の薄板シール片とからなるシール体と、ロータの周方向に複数に分割され、シール体の高圧側、低圧側に沿うようにそれぞれ設けられた高圧側側板、低圧側側板を備えている。そして、これら低圧側側板と高圧側側板とにより、薄板シール片の微小隙間への作動流体の流れを規制し、薄板シール片が浮上しやすい流れを作り出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 128276 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、高圧側側板や低圧側側板の分割部では、薄板シール片の微小隙間への流れを規制しにくくなるため、薄板シール片の浮上性能が低下したり、薄板シール片においてフラッタリングが発生したりすることがあった。

【0006】

本発明は、薄板シール片の浮上特性の性能低下や薄板シール片に発生するフラッタリングを抑制できるシールセグメント及び回転機械を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

第 1 の態様のシールセグメントは、回転軸の外周側で該回転軸の周方向に延びるリテーナと、該リテーナから径方向内側に延出して、周方向に複数積層された薄板シール片を有するシール体と、前記シール体と前記リテーナとに挟まれるように支持されて、前記シール体の軸方向一方側を周方向にわたって覆う高圧側側板と、前記シール体と前記リテーナとに挟まれるように支持されて、前記シール体の軸方向他方側を周方向にわたって覆う低圧側側板と、前記リテーナの周方向端部からさらに周方向に延びるリテーナ模擬部、及び、該リテーナ模擬部から径方向内側に向かって延びるシール体模擬部を有するブロック体と、を備え、前記高圧側側板及び前記低圧側側板が、前記ブロック体における前記シール体模擬部の少なくとも一部を覆っている。

50

【 0 0 0 8 】

本態様では、フラッターリングが発生しやすい個所において、薄板シール片が浮上しやすい流れを維持しつつ、薄膜シール片の耐フラッターリング性を高めているため、薄板シール片の浮上特性の性能低下や薄板シール片に発生するフラッターリングを抑制できる。

【 0 0 0 9 】

第 2 の態様のシールセグメントは、前記シール体模擬部は、前記径方向内側に向かって延びる接触シールを備える第 1 の態様のシールセグメントである。

【 0 0 1 0 】

本態様では、接触シール体模擬部の径方向内側端と回転軸との間には隙間を埋めることができる。

10

【 0 0 1 1 】

第 3 の態様のシールセグメントは、前記接触シールは、ブラシシールを備える第 2 の態様のシールセグメントである。

【 0 0 1 2 】

本態様では、回転軸の軸線ずれに対して追従性の高いシールが可能となる。

【 0 0 1 3 】

第 4 の態様のシールセグメントは、前記シール体模擬部は、前記径方向内側に向かって延びるスリットによって、主シール体模擬部と副シール体模擬部とに分割されている第 1 から第 3 のいずれかの態様のシールセグメントである。

【 0 0 1 4 】

本態様では、副シール体模擬部を薄板シール片の挙動に追従するように変形させることができる。

20

【 0 0 1 5 】

第 5 の態様のシールセグメントは、前記シール体模擬部は、前記主シール体模擬部と前記副シール体模擬部との間に弾性部材を備える第 4 の態様のシールセグメントである。

【 0 0 1 6 】

本態様では、副シール体模擬部が薄板シール片の挙動に追従するように調整することが可能となる。

【 0 0 1 7 】

第 6 の態様の回転機械は、第 1 から 5 のいずれか態様のシールセグメントを備える。

30

【 0 0 1 8 】

本態様では、回転機械のシールセグメントにおける薄板シール片の浮上特性の性能低下や薄板シール片に発生するフラッターリングを抑制できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

本発明のシールセグメント及び回転機械は、薄板シール片の浮上特性の性能低下や薄板シール片に発生するフラッターリングを抑制できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 本発明の第一実施形態に係るガスタービン（回転機械）の概略全体構成図である。

40

【 図 2 】 本発明の第一実施形態に係る軸シール装置の概略構成図である。

【 図 3 】 本発明の第一実施形態に係るシールセグメント及びハウジングの周方向の断面図である。

【 図 4 】 本発明の第一実施形態に係るシールセグメントを軸方向から見た要部側面図である。

【 図 5 】 図 4 における V - V 線断面図である。

【 図 6 】 図 4 における V I - V I 線断面図である。

【 図 7 】 図 4 における V I I - V I I 線断面図である。

【 図 8 】 本発明の第一実施形態に係るブロック体の斜視図である。

50

【図 9】本発明の第二実施形態に係るシールセグメントを軸方向から見た要部側面図である。

【図 10】本発明の第三実施形態に係るシールセグメントを軸方向から見た要部側面図である。

【図 11】本発明の第四実施形態に係るシールセグメントを軸方向から見た要部側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明に係る各種実施形態について、図面を参照して説明する。

【0022】

「第一実施形態」

以下、本発明の第一実施形態について詳細に説明する。なお、本実施形態においては、軸シール装置 10 をガスタービン（回転機械）1 に適用した例を示す。

【0023】

図 1 に示すガスタービン 1 は、多量の空気を内部に取り入れて圧縮する圧縮機 2 と、圧縮機 2 にて圧縮された空気に燃料を混合して燃焼させる燃焼器 3 と、回転するタービン 4 と、該タービン 4 の回転する動力の一部を圧縮機 2 に伝達して圧縮機 2 を回転させるロータ 5（回転軸）とを有している。

タービン 4 は、燃焼器 3 で発生させた燃焼ガスがその内部に導入されるとともに燃焼ガスの熱エネルギーを回転エネルギーに変換して回転する。

なお、以下の説明においては、特に言及しない限り、ロータ 5 の軸線 A x の延びる方向を単に「軸方向 D a」と、ロータ 5 の周方向を単に「周方向 D c」と、ロータ 5 の径方向を単に「径方向 D r」、ロータ 5 の回転方向を単に「回転方向 B c」という。

【0024】

上述のような構成のガスタービン 1 では、タービン 4 は、ロータ 5 に設けられた動翼 7 に燃焼ガスを吹き付けることで燃焼ガスの熱エネルギーを機械的な回転エネルギーに変換して動力を発生する。タービン 4 には、ロータ 5 側の複数の動翼 7 の他に、タービン 4 のケーシング 8 側に複数の静翼 6 が設けられるとともに、これら動翼 7 と静翼 6 とが、軸方向 D a に交互に配列されている。

動翼 7 は軸方向 D a に流れる燃焼ガスの圧力を受けて軸線回りにロータ 5 を回転させ、ロータ 5 に与えられた回転エネルギーは軸端から取り出されて利用される。静翼 6 とロータ 5 との間には、高圧側から低圧側に漏れる燃焼ガスの漏れ量を低減するための軸シールとして、軸シール装置 10 が設けられている。

【0025】

圧縮機 2 はロータ 5 にてタービン 4 と同軸で接続されており、タービン 4 の回転を利用して外気を圧縮して圧縮空気を燃焼器 3 に供給する。タービン 4 と同様に、圧縮機 2 においてもロータ 5 に複数の動翼 7 と、圧縮機 2 のケーシング 9 側に複数の静翼 6 が設けられており、動翼 7 と静翼 6 とが軸方向 D a に交互に配列されている。さらに、静翼 6 とロータ 5 との間においても、高圧側から低圧側に漏れる圧縮空気の漏れ量を低減するための軸シール装置 10 が設けられている。加えて、圧縮機 2 のケーシング 9 がロータ 5 を支持する軸受け部 9 a、及びタービン 4 のケーシング 8 がロータ 5 を支持する軸受け部 8 a においても、高圧側から低圧側に圧縮空気又は燃焼ガスが漏れるのを防止する軸シール装置 10 が設けられている。

【0026】

ここで、本実施形態に係る軸シール装置 10 は、ガスタービン 1 への適用に限定されるものではない。例えば蒸気タービン、圧縮機、水車、冷凍機、ポンプ等の大型流体機械のように、軸の回転と流体の流動によりエネルギーを仕事に変換する回転機械全般に広く採用することができる。この場合、軸シール装置 10 は、軸方向 D a の流体の流動を抑えるために広く用いることも可能である。

【0027】

10

20

30

40

50

次に、上述のように構成されるガスタービン 1 に設けられる軸シール装置 10 の構成について、図面を参照して説明する。図 2 は、軸方向 D a から見た図である。図 2 に示すように、この軸シール装置 10 は、円弧状に延びる複数（本実施形態では 8 つ）のシールセグメント 11 を備えている。複数のシールセグメント 11 が、周方向 D c に沿って環状に配置されている。このように配置された隣り合うシールセグメント 11 の周方向端部 12, 12 間には、隙間 t が形成される。

【0028】

各シールセグメント 11 の構成について、図 3 を参照して説明する。図 3 における軸シール装置 10 の断面の切断位置は、図 2 の軸シール装置 10 に示した I I I - I I I 線的位置に対応する。

各シールセグメント 11 は、ハウジング（静翼 6、動翼 7 及び軸受け部 8 a, 9 a に相当）30 に挿入されて、ロータ 5 とハウジング 30 との間の環状空間における作動流体の漏れを防ぐために設置される。

【0029】

シールセグメント 11 は、シール体 13 と、リテーナ 21, 22 と、高圧側側板 23 と、低圧側側板 24 とを備える。

シール体 13 は、周方向 D c に沿って互いに微小間隔を空けて多重に配列された、金属製の部材である複数の薄板シール片 20 を備える。当該複数の薄板シール片 20 は、ロータ 5 の周方向 D c の一部領域において、周方向 D c（回転方向 B c）に沿って積層されており、軸方向 D a からみて全体として円弧帯状をなしている。

リテーナ 21, 22 は、薄板シール片 20 の外周側基端 27 において薄板シール片 20 を両側から挟持するように構成されている。リテーナ 21, 22 の周方向 D c おける断面は略 C 字型に形成されている。また、リテーナ 21, 22 の軸方向 D a おける断面は円弧帯形状に形成されている。

高圧側側板 23 は、薄板シール片 20 の高圧側領域に対向する一方の縁端とリテーナ 21 とによって挟持されている。よって、高圧側側板 23 は、複数の薄板シール片 20 の高圧側側面を、軸方向 D a の高圧側から覆うように径方向 D r 及び周方向 D c に延びている。

低圧側側板 24 は、薄板シール片 20 の低圧側領域に対向する他方の縁端とリテーナ 22 とによって挟持されている。よって、低圧側側板 24 は、複数の薄板シール片 20 の低圧側側面を、軸方向 D a の低圧側から覆うように径方向 D r 及び周方向 D c に延びている。

【0030】

上述のように構成されたシール体 13 において、薄板シール片 20 は外周側基端 27 の幅（軸方向 D a の幅）に比べて内周側の幅（軸方向 D a の幅）が小さくなる略 T 字型の薄い鋼板によって構成されている。その両方の側縁には、その幅が小さくなる位置において切り欠き部 20 a, 20 b が形成されている。

隣接する複数の薄板シール片 20 は、外周側基端 27 において、例えば溶接によって互いに固定連結されている。

【0031】

薄板シール片 20 は、周方向 D c において、板厚に基づく所定の剛性を有している。さらに、薄板シール片 20 と回転方向 B c に対してロータ 5 の周面となす角が鋭角となるようにリテーナ 21, 22 に固定されている。

したがって、薄板シール片 20 は、径方向 D r 内側に向かうにしたがって、回転方向 B c 前方側に延出している。

【0032】

このように構成されたシールセグメント 11 においては、ロータ 5 が静止している際には各薄板シール片 20 の先端がロータ 5 と接触している。そして、ロータ 5 が回転すると該ロータ 5 の回転によって生じる動圧効果により、薄板シール片 20 の先端がロータ 5 の外周から浮上してロータ 5 と非接触状態となる。このため、このシールセグメント 11 で

10

20

30

40

50

は、各薄板シール片 2 0 の磨耗が抑制され、シール寿命が長くなる。

【 0 0 3 3 】

高圧側側板 2 3 及び低圧側側板 2 4 には、軸方向 D a の幅において、その外周側が広くなるように嵌込段差部 2 3 a , 2 4 a が設けられており、この嵌込段差部 2 3 a , 2 4 a は、それぞれが薄板シール片 2 0 の切り欠き部 2 0 a , 2 0 b に嵌め込まれている。

【 0 0 3 4 】

さらに、リテーナ 2 1 は、複数の薄板シール片 2 0 の外周側基端 2 7 における一方の側縁（高圧側）に対面する面に、凹溝 2 1 a を有している。リテーナ 2 2 は、複数の薄板シール片 2 0 の外周側基端 2 7 における他方の側縁（低圧側）に対面する面に、凹溝 2 2 a を有している。切り欠き部 2 0 a , 2 0 b に高圧側側板 2 3 及び低圧側側板 2 4 のそれぞれの嵌込段差部 2 3 a , 2 4 a が嵌め込まれた複数の薄板シール片 2 0 に対し、その外周側における一方の側縁（高圧側）にリテーナ 2 1 の凹溝 2 1 a が嵌め込まれている。さらに、その外周側における他方の側縁（低圧側）がリテーナ 2 2 の凹溝 2 2 a に嵌め込まれている。このような構成により、各薄板シール片 2 0 がリテーナ 2 1 , 2 2 に固定される。

【 0 0 3 5 】

ハウジング 3 0 の内周壁面には、環状の凹溝 3 1 が形成されている。環状の凹溝 3 1 は、ロータ 5 の軸方向において外周側の幅が内周側の幅よりも広くなるように、薄板シール片 2 0 の一方の側縁（高圧側）及び他方の側縁（低圧側）に対向する側面に段差が設けられた形状とされている。そして、この段差における外周側を向く面にリテーナ 2 1 , 2 2 の内周側を向く面が当接するようにして、ハウジング 3 0 の凹溝 3 1 内に、薄板シール片 2 0 、リテーナ 2 1 , 2 2 、高圧側側板 2 3 及び低圧側側板 2 4 が嵌め込まれている。薄板シール片 2 0 の内周側端部 2 6 が高圧側側板 2 3 よりもロータ 5 側に突出している。一方で、薄板シール片 2 0 の内周側端部 2 6 は低圧側側板 2 4 よりもロータ 5 側に突出しているが、その突出量は高圧側よりも大きく設定されている。すなわち、薄板シール片 2 0 は高圧側よりも低圧側において作動流体 G に対してより大きく露出している。言い換えると、高圧側側板 2 3 は薄板シール片 2 0 の側面におけるより広い範囲を作動流体 G から遮蔽している。

【 0 0 3 6 】

高圧側側板 2 3 は、作動流体 G の流れによる圧力によって、薄板シール片 2 0 の側面 2 0 c に密着することで、作動流体 G が複数の薄板シール片 2 0 間の隙間に大きく流れ込むことを防ぐ。よって、高圧側側板 2 3 は、複数の薄板シール片 2 0 間の隙間部分において、内周側端部 2 6 から外周側基端 2 7 へ向かう上向き流れを作り出し、流体力で薄板シール片 2 0 の内周側端部 2 6 を浮上させ、非接触化させている。

また、低圧側側板 2 4 は、高圧側側板 2 3 と薄板シール片 2 0 により押されてハウジング 3 0 の内周壁面の低圧側壁面 3 2 に密着する。低圧側側板 2 4 は、高圧側側板 2 3 よりも内径が大きくなっており、複数の薄板シール片 2 0 間の隙間の流れを浮上しやすい流況にしている。

【 0 0 3 7 】

本実施形態のシールセグメント 1 1 は、シール体 1 3 の回転方向 B c 前方端部にさらにブロック体 5 0 を備える。

ブロック体 5 0 及びその周辺の構造について、図 4 ~ 図 8 を参照して説明する。

【 0 0 3 8 】

ブロック体 5 0 は、金属製の部材である。ブロック体 5 0 は、リテーナ 2 1 , 2 2 の周方向 D c 端部からさらに周方向 D c に延びるリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 及びリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 から径方向 D r 内側に向かって延びるシール体模擬部 5 3 を有する。

本実施形態では、リテーナ 2 1 , 2 2 の周方向 D c 端部のうち、回転方向 B c 前方側の端部からのみリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 が延びている。

また、本実施形態のシールセグメント 1 1 は、リテーナ 2 1 , 2 2 の周方向 D c 端部のうち、回転方向 B c 後方側の端部に、調整用薄板シール片 4 0 を備える。調整用薄板シール片 4 0 は、調整用薄板シール片 2 0 と同様に、高圧側側板 2 3 及び低圧側側板 2 4 の嵌込段差部 2 3 a , 2 4 a に嵌め込まれている。

ル片40はリテーナ21, 22から露出しており、一部を順に剥がすことができるため、各シールセグメント11間の分割部の隙間に応じて、必要な薄板シール片の枚数に調整される。枚数調整された調整用薄板シール片40は、各シールセグメント11間の分割部の隙間を遮蔽する。

【0039】

図4に示すように、高圧側側板23は、上記のとおり複数の薄板シール片20の高圧側側面を覆うように径方向Dr及び周方向Dcに延びている。さらに高圧側側板23は、径方向Dr外側の縁部であって周方向Dcに円弧状に延びる外径側縁部23bと、径方向Dr内側の縁部であって周方向Dcに円弧状に延びる内径側縁部23cとを有している。

また、高圧側側板23は、回転方向Bc前方側の縁部であって、外径側縁部23bから径方向Dr内側に延びて内径側縁部23cに接続される前側縁部23dを有している。

本実施形態の場合、前側縁部23dは径方向Drに沿うように延びている。

【0040】

図4には示していないが、低圧側側板24も、上記のとおり複数の薄板シール片20の高圧側側面を覆うように径方向Dr及び周方向Dcに延びており、径方向Dr外側の縁部であって周方向Dcに円弧状に延びる外径側縁部と、径方向Dr内側の縁部であって周方向Dcに円弧状に延びる内径側縁部とを有している。

また、低圧側側板24も、回転方向Bc前方側の縁部であって、外径側縁部から径方向Dr内側に延びて内径側縁部に接続される前側縁部を有している。

【0041】

高圧側側板23は、シール体模擬部53の軸方向Da高圧側の少なくとも一部を覆っており、低圧側側板24は、シール体模擬部53の軸方向Da低圧側の少なくとも一部を覆っている。

シール体模擬部53は、径方向Drについて、高圧側側板23の内径側縁部23cに揃う位置まで延びている。よって、シール体模擬部53は、ロータ5と非接触である。

【0042】

図5及び図6に示すように、リテーナ模擬部51, 52は、周方向Dcの長さが異なる以外は、リテーナ21, 22と略同様な形状及び寸法を有している。

すなわち、リテーナ模擬部51, 52は、シール体模擬部53の外周側基端57においてシール体模擬部53を軸方向Da両側から挟持するように構成されている。

また、リテーナ模擬部51, 52の周方向Dcにおける断面は略C字型に形成されていることによって、リテーナ模擬部51, 52は、それぞれ周方向に延びる凹溝51a, 凹溝52a溝を備えている。

さらに、本実施形態では、リテーナ模擬部51, 52の軸方向Daにおける断面は、円弧帯形状に形成されている。

【0043】

図7及び図8に示すように、シール体模擬部53は、周方向Dcの長さ及び径方向Dr内側に延出する長さが異なる以外は、周方向Dcに多重に配列された複数の薄板シール片20全体の輪郭形状と似た形状をしている。

すなわち、シール体模擬部53は、周方向Dcに沿って延び、軸方向Daからみて円弧帯状をなしており、周方向Dc断面について外周側基端57の幅(軸方向Daの幅)に比べて内周側の幅(軸方向Daの幅)が小さくなる略T字型である立体形状で構成されている。また、シール体模擬部53の軸方向Daの両側面には、その幅が小さくなる位置において切り欠き溝50a, 50bが形成されている。

【0044】

シール体模擬部53は、リテーナ21, 22の周方向Dcの端部に向かって、高圧側側板23と低圧側側板24との間に嵌め込まれると共に、リテーナ模擬部51, 52の間に嵌め込まれる。したがって、シール体模擬部53は、シール体13の回転方向Bc前方の端面にキャップのように嵌められ、薄板シール片20を保護している。

また、嵌込段差部23a, 24aに切り欠き溝50a, 50bがそれぞれ嵌っている。

よって、シール体模擬部 5 3 は、高圧側側板 2 3 と低圧側側板 2 4 との間に嵌め込まれると共に、リテーナ模擬部 5 1 , 5 2 の間に嵌め込まれる際、径方向 D r に規制されつつ、周方向 D c にスライド可能となっている。

【 0 0 4 5 】

さらに、シール体模擬部 5 3 の周方向 D c を向く両側面は、回転方向 B c に対してロータ 5 の周面となす角が鋭角となるような傾斜面となっている。

したがって、シール体模擬部 5 3 の周方向 D c を向く両側面は、径方向 D r 内側に向かうにしたがって、回転方向 B c 前方側に延出している。

【 0 0 4 6 】

シール体模擬部 5 3 の周方向 D c を向く両側面の傾斜は、薄板シール片 2 0 の板面の傾斜に概ね沿うような傾斜面であれば、どのような傾斜面でもよいが、変形例として、薄板シール片 2 0 に予圧を与えた際の薄板シール片 2 0 の板面の傾斜に沿うように模擬して傾けてもよい。他の変形例として、シール体模擬部 5 3 の周方向 D c を向く両側面は、薄板シール片 2 0 の板面に沿うようであれば、曲面であってもよい。

【 0 0 4 7 】

シール体模擬部 5 3 を備えたブロック体 5 0 の作用及び効果について説明する。

本実施形態は、シールセグメント 1 1 間の分割部、すなわち、周方向 D c に隣り合うシールセグメント 1 1 の高圧側側板 2 3 の間の分割部であるシール体 1 3 の回転方向 B c 前方の端部に、金属のブロックからなるシール体模擬部 5 3 を備えている。

シール体模擬部 5 3 の摩耗が問題とならないときは、変形例として、シール体模擬部 5 3 を内部に空洞を有する金属としてもよく、他の変形例として、シール体模擬部 5 3 を金属の箱としてもよい。

【 0 0 4 8 】

したがって、シールセグメント 1 1 間の分割部に、薄板シール片ではなく、ロータ 5 に接触しないシール体模擬部 5 3 を設けることにより、シールセグメント 1 1 間の分割部の薄板シール片をなくすことができ、薄板シール片の摩耗が抑制される。

他方でシールセグメント 1 1 の端部より周方向 D c 内側は、薄板シール片を用いており、薄板シール片の浮上特性の性能が維持される。

また、シール体模擬部 5 3 を、シール体 1 3 の周方向 D c の端面にキャップのように嵌めて、薄板シール片 2 0 を保護している。

【 0 0 4 9 】

さらに、本実施形態のシールセグメント 1 1 は、高圧側側板 2 3 によって、シール体模擬部 5 3 の軸方向 D a 高圧側の少なくとも一部を覆っており、低圧側側板 2 4 によって、シール体模擬部 5 3 の軸方向 D a 低圧側の少なくとも一部を覆っている。このような構成による作用、効果を次に詳しく説明する。

【 0 0 5 0 】

ここで、シール体 1 3 の回転方向 B c 前方の端部にシール体模擬部 5 3 ではなく、薄板シール片が設けられている場合を考える。この場合、高圧側側板 2 3 の前側縁部 2 3 d は、薄板シール片の側面に密着しにくく、高圧側側板 2 3 の回転方向 B c 前方の内側にまで作動流体 G が回り込んでくる。作動流体 G が回り込んでくると、高圧側側板 2 3 で覆われた薄板シール片にも作動流体 G の軸方向 D a の流れが漏れこむ。

よって、高圧側側板 2 3 の前側縁部 2 3 d 付近の薄板シール片において、フラッタリングが発生する虞がある。

これに対し、本実施形態のシールセグメント 1 1 では、上記のとおり、シール体 1 3 の回転方向 B c 前方の端部にシール体模擬部 5 3 が設けられている。すなわち、高圧側側板 2 3 は、複数の薄板シール片 2 0 側面からさらに延びて、シール体模擬部 5 3 の軸方向 D a 高圧側の少なくとも一部を覆っている。

シール体模擬部 5 3 の軸方向 D a 高圧側の少なくとも一部を覆っていると、高圧側側板 2 3 の軸方向 D a 内側にまで作動流体 G が回り込んできても、回り込んでくる作動流体 G は、シール体模擬部 5 3 周辺に流れ込むだけであり、複数の薄板シール片 2 0 にまで流れ

10

20

30

40

50

込みにくい。

したがって、本実施形態のシールセグメント 11 は、複数の薄板シール片 20 に作動流体 G が回り込んでくることを抑制できるため、作動流体 G の軸方向 Da の流れが漏れこみにくく、複数の薄板シール片 20 において、フラッタリングが発生することを抑制できる。

【0051】

加えて、本実施形態は、シール体模擬部 53 の軸方向 Da 高圧側のうち、回転方向 Bc 後方部を高圧側側板 23 の回転方向 Bc の前方部で覆っている。

シール体模擬部 53 の回転方向 Bc 後方部を高圧側側板 23 の回転方向 Bc の前方部で覆えば、高圧側側板 23 の回転方向 Bc 前方部の板面形状の自由度が高くなる。

10

よって、高圧側側板 23 の回転方向 Bc 前方側の板面形状を、必ずしも複数の薄板シール片の軸方向 Da 側面形状やシール体模擬部 53 の軸方向 Da 側面形状に合わせる必要がない。言い換えると、高圧側側板 23 の回転方向 Bc 前方側の板面形状を、回転方向 Bc に対して、前側縁部 23d とロータ 5 の周面となす角が鋭角となる板面形状とする必要がない。

【0052】

本実施形態の場合、高圧側側板 23 の形状を前側縁部 23d が径方向 Dr に沿うように延びる形状とすることで、回転方向 Bc に対して、前側縁部 23d とロータ 5 の周面となす角を大きくした。

したがって、当該板面形状の鋭角を大きくすることで、高圧側側板 23 の剛性を大きくできるため、高圧側側板 23 にフラッタリングを抑制することができる。

20

【0053】

本実施形態のシールセグメント 11 は、品質の維持及び生産効率の点においても以下に説明するように優れている。

本実施形態のシールセグメント 11 は、通常の製作工程によって製作された大部分のシール体 13 に、小部分のシール体模擬部 53 を嵌め込むことができる。すなわち、板厚の同じ多数枚の薄板シール片でシールセグメント 11 の大部分を製作した後、周方向 Dc 端部だけシール体模擬部 53 を設けることができる。

したがって、(通常の製作工程である)同じ板厚の薄板シール片を組み立てる製作工程を維持しながら、シールセグメント 11 の分割部付近のみシール体模擬部 53 を設けることができ、品質の維持及び生産効率の向上を図ることができる。

30

【0054】

「第二実施形態」

以下、本発明の第二実施形態について、図 9 を参照して説明する。

【0055】

本実施形態のシールセグメントは、第一実施形態と基本的に同じであるが、シール体模擬部が接触シールを備える点が異なっている。

【0056】

本実施形態のシールセグメント 111 は、シール体 13 の回転方向 Bc 前方端部にさらにブロック体 150 を備える。

40

ブロック体 150 及びその周辺の構造について、図 9 を参照して説明する。

【0057】

ブロック体 150 は、リテーナ 21, 22 の回転方向 Bc 前方端部からさらに周方向 Dc に延びるリテーナ模擬部 51, 52、リテーナ模擬部 51, 52 から径方向 Dr 内側に向かって延びるシール体模擬部 153、及び接触シール 154 を有する。

【0058】

接触シール 154 は、シール体模擬部 153 に設けられ、シール体模擬部 153 の径方向 Dr 内側端から径方向 Dr 内側に延出し、シール体模擬部 153 の径方向 Dr 内側端とロータ 5 との間の隙間を埋めている。

本実施形態では、接触シール 154 にブラシシールを用いている。

50

【 0 0 5 9 】

シール体模擬部 1 5 3 はブロック状であるため、ロータ 5 の周面に直接接触させることはできないので、シール体模擬部 1 5 3 の径方向 D r 内側端とロータ 5 との間には隙間を設ける必要があり、少なからず作動流体 G が漏れてしまう。

本実施形態では、接触シール 1 5 4 を用いることによって、シール体模擬部 1 5 3 の径方向 D r 内側端とロータ 5 とを接触させることなく、シール体模擬部 1 5 3 の径方向 D r 内側端とロータ 5 との間には隙間を埋めることができる。したがって、作動流体 G が漏れを抑制することができる。

【 0 0 6 0 】

また、ロータ 5 の軸線 A x のずれに対して追従性の高いシール方式である薄板シール片を用いたシール方式に、ロータ 5 の軸線 A x のずれに対して追従性の高いシール方式であるブラシシールを用いれば、全体としてロータ 5 の軸線 A x のずれに対して追従性の高いシールが可能となる。変形例として、ロータ 5 の軸線 A x のずれへの追従性が必要ないときは、

接触シール 1 5 4 に、ラビリンスシール等を設けることも可能である。

【 0 0 6 1 】

「第三実施形態」

以下、本発明の第三実施形態について、図 1 0 を参照して説明する。

【 0 0 6 2 】

本実施形態のシールセグメントは、第一実施形態と基本的に同じであるが、シール体模擬部が主シール体模擬部と副シール体模擬部とに分割されている点が異なっている。

【 0 0 6 3 】

本実施形態のシールセグメント 2 1 1 は、シール体 1 3 の回転方向 B c 前方端部にさらにブロック体 2 5 0 を備える。

ブロック体 2 5 0 及びその周辺の構造について、図 1 0 を参照して説明する。

【 0 0 6 4 】

ブロック体 2 5 0 は、リテーナ 2 1 , 2 2 の回転方向 B c 前方端部からさらに周方向 D c に延びるリテーナ模擬部 5 1 , 5 2、リテーナ模擬部 5 1 , 5 2 から径方向 D r 内側に向かって延びるシール体模擬部 2 5 3 を有する。

【 0 0 6 5 】

シール体模擬部 2 5 3 は、外周側基端 2 5 7 から突出し、径方向内側へ延びる主シール体模擬部 2 5 3 a 及び副シール体模擬部 2 5 3 b を備える。シール体模擬部 2 5 3 は、外周側基端 2 5 7 の径方向 D r 内周端から、径方向 D r 内側に向かって延びるスリット S L 2 によって、主シール体模擬部 2 5 3 a と副シール体模擬部 2 5 3 b とに分割されている。

本実施形態では、副シール体模擬部 2 5 3 b は、主シール体模擬部 2 5 3 a に比べて、例えば周方向 D c の厚さを小さくすることによって、周方向 D c に対する剛性を小さくしている。副シール体模擬部 2 5 3 b は、周方向 D c に対する剛性を小さくすることによって、外周側基端 2 5 7 に対して周方向 D c に沿う揺動方向 D e 1 に弾性を有し、撓むことができるため、薄板シール片 2 0 の挙動に追従するように変形する。したがって、薄板シール片 2 0 の浮上を妨げない。

スリット S L 2 の周方向 D c の幅が大きくなれば、スリット S L 2 からの作動流体 G の漏れが大きくなるため、スリット S L 2 の周方向 D c の幅はできるだけ小さくする。

【 0 0 6 6 】

本実施形態では、主シール体模擬部 2 5 3 a に比べて副シール体模擬部 2 5 3 b の周方向 D c の厚さを小さくしていたが、変形例として、副シール体模擬部 2 5 3 b に比べて、主シール体模擬部 2 5 3 a の周方向 D c の厚さを小さくしてもよい。この場合、主シール体模擬部 2 5 3 a を揺動方向 D e 1 に撓むことで、シール体模擬部 2 5 3 を、回転方向 B c 前方隣りのシールセグメント 2 1 1 の薄板シール片 2 0 の挙動に追従させることができる。

【 0 0 6 7 】

「 第四実施形態 」

以下、本発明の第四実施形態について、図 1 1 を参照して説明する。

【 0 0 6 8 】

本実施形態のシールセグメントは、第三実施形態と基本的に同じであるが、スリットに弾性部材を備える点が異なっている。

【 0 0 6 9 】

本実施形態のシールセグメント 3 1 1 は、シール体 1 3 の回転方向 B c 前方端部にさらにブロック体 3 5 0 を備える。

ブロック体 3 5 0 及びその周辺の構造について、図 1 1 を参照して説明する。

10

【 0 0 7 0 】

本実施形態のブロック体 3 5 0 は、主シール体模擬部 2 5 3 a 及び副シール体模擬部 2 5 3 b の間に弾性部材 3 5 5 を備える。弾性部材 3 5 5 は、例えばバネ要素であって、コイルバネや板バネ等を用いる。

副シール体模擬部 2 5 3 b 自身の弾性に加え、弾性部材の弾性によって、副シール体模擬部 2 5 3 b は、外周側基端 2 5 7 に対して周方向 D c に沿う揺動方向 D e 1 に弾性を有し、撓むことができるため、薄板シール片 2 0 の挙動に追従するように変形する。したがって、薄板シール片 2 0 の浮上を妨げない。

さらに、本実施形態では、弾性部材の弾性係数を調整することで、副シール体模擬部 2 5 3 b の撓みを、薄板シール片 2 0 の挙動に追従するように調整することが可能となる。

20

本実施形態では、弾性部材 3 5 5 を 1 箇所しか設けていないが、スリット S L 2 に沿って複数個所に設けてもよい。

【 0 0 7 1 】

以上、本発明の実施の形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成は上記実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

【 0 0 7 2 】

本実施形態の軸シール装置が備えるシールセグメントの数は 8 つであるが、それ限らず、2 つから 7 つのいずれか、さらには 9 つ以上であってもよい。

【 0 0 7 3 】

30

本実施形態では、調整用薄板シール片 4 0 を設けているが、各シールセグメント 1 1 間の分割部の隙間の遮蔽が必要ない場合は、調整用薄板シール片 4 0 を設けなくてもよい。

【 0 0 7 4 】

本実施形態では、リテーナ模擬部 5 1 , 5 2 の回転方向 B c 後方側の端部と、リテーナ 2 1 , 2 2 の回転方向 B c 前方側の端部とは、溶接又はろう付けによってそれぞれ接合されているが、ねじ止めによって接合されてもよい。変形例として、リテーナ模擬部 5 1 , 5 2 にリテーナ 2 1 , 2 2 をそれぞれ接合するのではなく、リテーナ模擬部 5 1 とリテーナ 2 1 とを一体形成すると共に、リテーナ模擬部 5 2 とリテーナ 2 2 とを一体形成してもよい。

【 0 0 7 5 】

40

本実施形態では、リテーナ 2 1 , 2 2 の周方向 D c 端部のうち、回転方向 B c 前方側の端部からリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 を延ばし、回転方向 B c 前方側の端部にリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 を設けている。変形例として、リテーナ 2 1 , 2 2 の周方向 D c 端部のうち、回転方向 B c 後方側の端部からリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 を延ばし、回転方向 B c 後方側の端部にリテーナ模擬部 5 1 , 5 2 を設けてもよい。その場合、回転方向 B c 後方の薄板シール片 2 0 に対して、各種機能を作用させることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 6 】

1 : ガスタービン

2 : 圧縮機

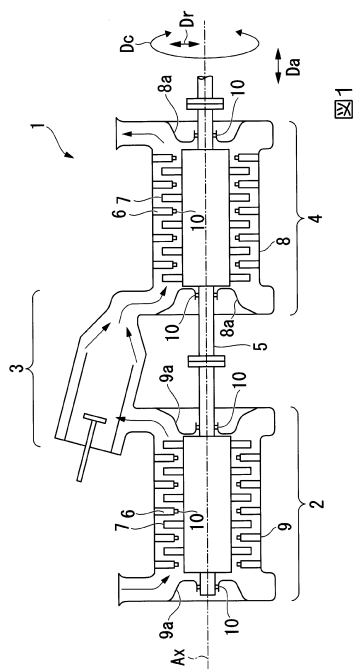
50

3 : 燃 焼 器	
4 : タービン	
5 : ロータ	
6 : 静翼	
7 : 動翼	
8 : ケーシング	
8 a : 軸受け部	
9 : ケーシング	
9 a : 軸受け部	
1 0 : 軸シール装置	10
1 1 : シールセグメント	
1 2 : 周方向端部	
1 3 : シール体	
2 0 : 薄板シール片	
2 0 a : 切り欠き部	
2 0 b : 切り欠き部	
2 0 c : 側面	
2 1 : リテーナ	
2 1 a : 凹溝	
2 2 : リテーナ	20
2 2 a : 凹溝	
2 3 : 高圧側側板	
2 3 a : 嵌込段差部	
2 3 b : 外径側縁部	
2 3 c : 内径側縁部	
2 3 d : 前側縁部	
2 4 : 低圧側側板	
2 4 a : 嵌込段差部	
2 6 : 内周側端部	
2 7 : 外周側基端	30
3 0 : ハウジング	
3 1 : 凹溝	
3 2 : 低圧側壁面	
5 0 : ブロック体	
5 0 a : 切り欠き溝	
5 0 b : 切り欠き溝	
5 1 : リテーナ模擬部	
5 1 a : 凹溝	
5 2 : リテーナ模擬部	
5 2 a : 凹溝	40
5 3 : シール体模擬部	
5 7 : 外周側基端	
1 1 1 : シールセグメント	
1 5 0 : ブロック体	
1 5 3 : シール体模擬部	
1 5 4 : 接触シール	
2 1 1 : シールセグメント	
2 5 0 : ブロック体	
2 5 3 : シール体模擬部	
2 5 3 a : 主シール体模擬部	50

2 5 3 b : 副シール体模擬部
 2 5 7 : 外周側基端
 3 1 1 : シールセグメント
 3 5 0 : ブロック体
 3 5 5 : 弾性部材
 A x : 軸線
 B c : 回転方向
 D a : 軸方向
 D c : 周方向
 D e l : 揺動方向
 D r : 径方向
 G : 作動流体
 S L 2 : スリット

10

【図 1】



【図 2】

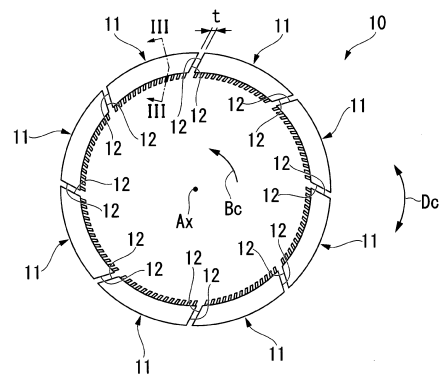
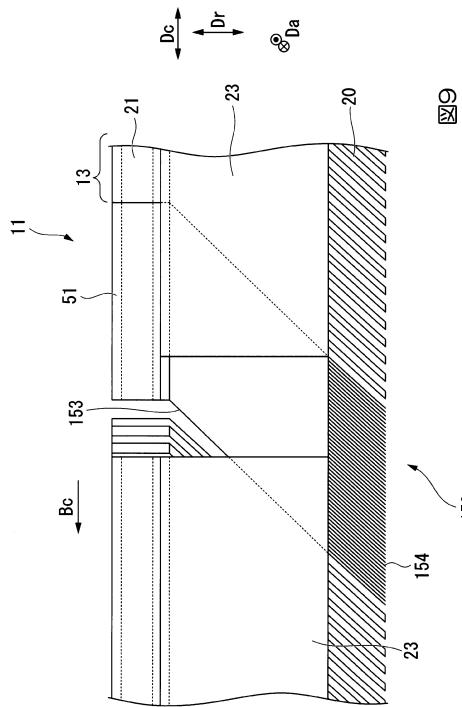
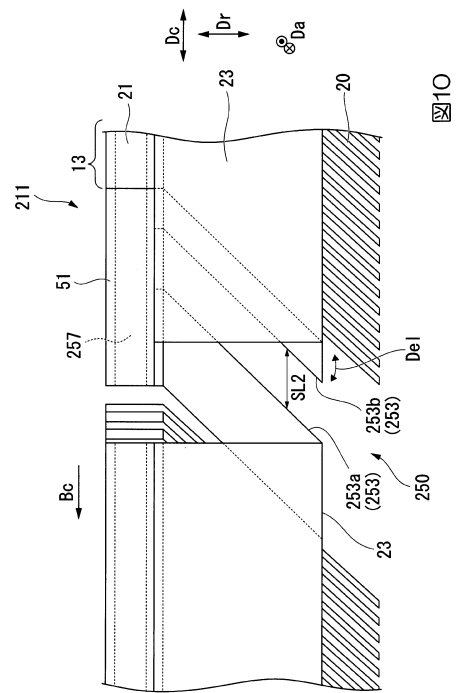


図2

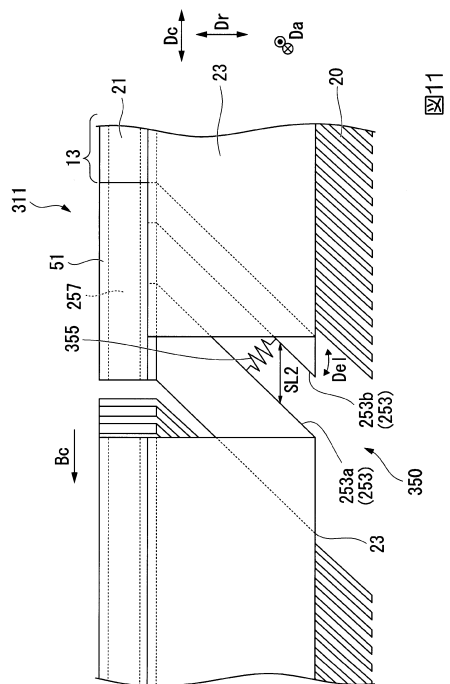
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 4 D 29/10 Z
F 1 6 J 15/3252

(74)代理人 100210572
弁理士 長谷川 太一

(74)代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎

(74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武

(74)代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男

(74)代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男

(72)発明者 吉田 亜積
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

(72)発明者 上原 秀和
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

(72)発明者 西本 慎
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 巽 直也
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 尾 崎 昂平
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

審査官 山田 康孝

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 5 / 1 1 5 4 0 0 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 0 8 / 0 0 4 5 9 0 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 0 / 1 4 6 8 0 5 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 1 6 J 1 5 / 3 2 9 2
F 0 1 D 1 1 / 0 2
F 0 2 C 7 / 2 8
F 0 4 D 2 9 / 1 0
F 1 6 J 1 5 / 3 2 5 2