

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6266197号  
(P6266197)

(45) 発行日 平成30年1月24日(2018.1.24)

(24) 登録日 平成30年1月5日(2018.1.5)

(51) Int.Cl.	F 1
FO 1 D 11/02 (2006.01)	FO 1 D 11/02
FO 1 D 25/00 (2006.01)	FO 1 D 25/00 M
FO 1 D 25/24 (2006.01)	FO 1 D 25/24 P
FO 2 C 7/28 (2006.01)	FO 2 C 7/28 B
F 16 J 15/447 (2006.01)	F 16 J 15/447

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-171432 (P2011-171432)
(22) 出願日	平成23年8月5日(2011.8.5)
(65) 公開番号	特開2012-41923 (P2012-41923A)
(43) 公開日	平成24年3月1日(2012.3.1)
審査請求日	平成26年8月4日(2014.8.4)
審判番号	不服2016-10657 (P2016-10657/J1)
審判請求日	平成28年7月14日(2016.7.14)
(31) 優先権主張番号	12/858,701
(32) 優先日	平成22年8月18日(2010.8.18)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(74) 代理人	100113974 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】タービンエンジンシール

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

静止構造体(402)と回転構造体(404)との間の半径方向ギャップを通る軸方向漏出を阻止するためのシール(400)であって、前記半径方向ギャップが、該半径方向ギャップを隔てて外側半径方向表面(403)に対向する内側半径方向表面(405)によって画成され、当該シールが、

内側半径方向表面及び外側半径方向表面の一方に配置される1以上のランド(620)であって、半径方向軸線に対して10~40度の角度で上流側に傾斜するよう構成された上流側表面(624)と、軸方向に沿って一定の高さをなす半径方向外側表面(622)とを含む1以上のランド(620)と、

前記内側半径方向表面及び外側半径方向表面の他方から突出する1以上の第1の歯状部(410)と、

前記内側半径方向表面及び外側半径方向表面の他方から突出し、前記1以上の第1の歯状部よりも短い1以上の第2の歯状部(411)と

を備えており、第2の歯状部が、上流方向に第1の角度で延在するよう構成され、前記第1の角度が、第2の歯状部が延在する基点となる半径方向表面と、第2の歯状部の上流側表面との間に画成され、且つ80度以下であり、前記シールが、前記内側半径方向表面(405)と前記外側半径方向表面(403)との間の距離によって画成されるシール高さ(H)を有し、前記シール高さの5分の1に等しい前記1以上の第2の歯状部(411)の高さ、及び前記シール高さの5分の3に等しい前記1以上のランド(620)の高さを

10

20

有する、シール。

【請求項 2】

前記第1の角度が50～80度である、請求項1記載のシール。

【請求項 3】

前記静止構造体(402)上に1以上のランド(620)が配置され、前記1以上の第1の歯状部(410)及び前記1以上の第2の歯状部(411)が前記回転構造体(404)上に配置される、請求項1又は請求項2記載のシール。

【請求項 4】

前記1以上のランド(620)が、前記内側半径方向表面(405)上に配置され、前記1以上の第1の歯状部(410)及び前記1以上の第2の歯状部(411)が前記外側半径方向表面(403)上に配置される、請求項1又は請求項2記載のシール。

10

【請求項 5】

前記1以上の第1の歯状部(410)が軸方向上流側に面取り又は角度を付けるよう構成される、請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載のシール。

【請求項 6】

前記シールが、前記シール高さの5分の4に等しい前記1以上の第1の歯状部(410)の高さを有する、請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載のシール。

【請求項 7】

前記1以上の第1の歯状部(410)と前記1以上の第2の歯状部(611)とが軸方向に離間している、請求項1乃至請求項6のいずれか1項記載のシール。

20

【請求項 8】

前記1以上の第1の歯状部(410)の端部とそれと対向する半径方向表面との間又は前記1以上のランド(620)の上部と前記1以上の第2の歯状部(611)の端部との間の距離として定義されるクリアランス距離(D)が20～80ミル(0.5～2mm)である、請求項1乃至請求項7のいずれか1項記載のシール。

【請求項 9】

前記静止構造体(402)が、ステータ、ステータ内側支持体及びパッキンリングの少なくとも1つを含んでおり、前記回転構造体(404)が、ロータ、又はロータに接続されるシャフト、ディスクもしくはドラムを含む、請求項1乃至請求項8のいずれか1項記載のシール。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全体的に、タービンエンジンの効率及び作動を改善するためのシステム及び装置に関し、タービンエンジンは、本明細書で使用される場合、特に記載のない限り、蒸気タービンエンジン、燃焼タービンエンジン、航空機エンジン、発電用エンジン、及びその他を含む、全てのタイプのタービン又は回転エンジンを含めるものとする。より具体的には、限定ではないが、本発明は、タービンエンジン用のシールに関連するシステム及び装置に関し、特に、タービンエンジンの静止部品及び回転部品間の漏出流を最小限に抑えることに関する。

40

【背景技術】

【0002】

多くのタービンエンジンにおいて、静止部品及び回転部品間の作動流体の漏出流を最小限に抑える手段として、ラビリンシールが使用されることが多い。これらの静止部品及び回転部品はほぼ放射状の形状である。一般的に、これらのシールは、静止又は回転部品のいずれかに複数の軸方向に離間した歯状部を含み、該歯状部は、半径方向表面と一体的に機械加工されるか、或いは、該半径方向表面に挿入される。典型的には、対向する半径方向表面は、軸方向に離間し突出する環状ランドを提供するよう機械加工され、該ランドは、その間の半径方向表面と共にシール組立体の一部とみなされる。歯状部と、ランドの

50

高い部分及び低い部分との間のギャップはクリアランスと呼ばれ、作動流体の漏出を最小限に抑える際に最小クリアランスを維持することが不可欠であり、これによりエンジン効率が向上する。

#### 【0003】

しかしながら、例えば、エンジン始動、シャットダウン、又は負荷スイングを含むことができる運転過渡条件は、多くの場合、静止部品に関連して回転部品の軸方向移動及び半径方向膨張をもたらし、これにより半径方向表面上にラビリングシールを画成する歯状部又は他の構造体と、対向する半径方向表面上の歯状部又は構造体との接触又は衝突を引き起こす可能性がある。この接触は通常、半径方向表面の歯状部及び輪郭の摩耗を生じる。このような損傷は、シールの漏洩及び作動流体漏出の増大をもたらす可能性がある。

10

#### 【0004】

従来の蒸気タービン設計の実施には一般に、一方で効果的なシールの付与と、他方でシールへの最小限の損傷の確保との間でのトレードオフが必要とされる。既存のシールは、効果的なシールを提供できるが、これらの設計は、ロータの軸方向移動に起因してその後にシールに損傷をもたらすことになる。或いは、他の従来のシールはこのような損傷を防ぐことができるが大きなクリアランスを必要とし、ギャップを通過する作動流体の流れをシールする仕事が不十分になる。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

20

#### 【特許文献1】米国特許第7344357号明細書

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

本発明の第1の態様は、静止構造体と回転構造体との間の半径方向ギャップを通る軸方向漏出を阻止するためのシールを提供する。半径方向ギャップは、該半径方向ギャップを隔てて外側半径方向表面に対向する内側半径方向表面によって画成される。シールは、内側半径方向表面及び外側半径方向表面の一方に配置される1以上のランドを含む。1以上の第1の歯状部と1以上の第2の歯状部とが半径方向表面の他方から突出する。第2の歯状部は第1の歯状部よりも短い。第1の歯状部と第2の歯状部の少なくとも一方が、上流方向の角度で延在するよう構成される。この角度は、第1の歯状部又は第2の歯状部が延在する基点となる半径方向表面と、同じ歯状部の上流側表面との間で画成される。角度は約80度以下である。

30

#### 【0007】

本発明のこれら及び他の特徴は、添付図面を参照しながら、本発明の例示的な実施形態の以下の詳細な説明を綿密に検討することによって完全に理解され認識されるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0008】

#### 【図1】例示的な対向流高圧(HP) / 中圧(IP)蒸気タービンの概略図。

【図2】図1に示す蒸気タービンで用いることができるタービンノズルダイアフラム及びパッキン又はシールケーシングの拡大概略図。

40

【図3】図1に示す蒸気タービンで用いることができるラビリングシール組立体の例示的な実施形態。

【図4】本発明の1つの態様による、図1に示す蒸気タービンで用いることができるラビリングシールの部分断面図。

【図5】図3に示すのと類似したシールと、図4に示すシールとの間のクリアランス距離(ミル単位)に対するパーセント流量減少のグラフ。

【図6】本発明の1つの態様による、図1に示す蒸気タービンで用いることができるラビリングシールの部分断面図。

【図7】本発明の1つの態様による、図1に示す蒸気タービンで用いることができるラビリングシールの部分断面図。

50

【図8】本発明の1つの態様による、図1に示す蒸気タービンで用いることができるラビリンクシールの部分断面図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の1以上の態様を蒸気タービンに関連する応用及びその運転に関して以下で説明する。しかしながら、本発明があらゆる好適なエンジン、ガスタービン、蒸気タービン、タービン又はタービンエンジンにも同様に適用可能であることは、当技術分野に精通し且つ本明細書における教示に关心がある当業者には明らかな筈である。

【0010】

加えて、本明細書では幾つかの記載上の用語を用いる場合がある。これらの用語の意味は以下の定義を含むものとする。本明細書で使用される「下流」とび「上流」とは、タービンを通る作動流体の流れに対する方向を示す用語である。すなわち、用語「下流」とは、流れ方向を意味し、用語「上流」とは、タービンエンジンを通る流れとは逆方向を意味する。これらの用語に関連して、用語「後方」及び/又は「後縁」は、説明されている構成要素の下流方向、下流端部、及び/又は下流端部の方向を指す。また、用語「前方」又は「前縁」は、説明されている構成要素の上流方向、上流端部、及び/又は上流端部の方向を指す。用語「半径方向」は、軸線に垂直な動き又は位置を指す。この用語は、軸線に対して異なる半径方向位置にある部品を説明するのに必要となることが多い。この場合、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線により近接して位置する場合、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「内寄り」又は「半径方向内向き」にあると表現することができる。反対に、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線からより遠くに位置する場合、本明細書では、第1の構成要素は、第2の構成要素の「外寄り」又は「半径方向外向き」にあると表現することができる。用語「軸方向」とは、軸線に平行な動き又は位置を指す。また、用語「円周方向」とは、軸線を中心とした動き又は位置を指す。蒸気タービンにおける用語「ノズル」とは、ガスタービン及びジェットタービンにおける「ステータ」と同じ構造体を指す。

【0011】

図1は、高圧(HP)セクション12と中圧(IP)セクション14とを含む例示的な対向流蒸気タービン10の概略図である。外側シェル又はケーシング16は、それぞれ軸方向で上半及び下半セクション13及び15に分割され、且つHPセクション12及びIPセクション14の両方に延在する。シェル16の中央セクション18は、高圧蒸気入口20と中圧蒸気入口22とを含む。ケーシング16内において、HPセクション12及びIPセクション14は、ジャーナル軸受26及び28によって支持された単一軸受スパンの形態で配列される。各ジャーナル軸受26及び28の内側寄りには、それぞれ蒸気シールユニット30及び32が位置付けられる。

【0012】

環状のセクション仕切り壁42が、HPセクション12とIPセクション14との間で延在するロータシャフト60に向って中央セクション18から半径方向内向きに延在する。より具体的には、仕切り壁42は、第1のHPセクションノズル46と第1のIPセクションノズル48との間でロータシャフト60の一部の周りで円周方向に延在する。仕切り壁42は、パッキンケーシング52内に画成されるチャンネル50で受けられる。より具体的には、チャンネル50は、C形チャンネルとすることができます、パッキンケーシング52内でその外周周りに半径方向に延びて、チャンネル50の中心開口が半径方向外向きに面するようになる。

【0013】

作動時には、高圧蒸気入口20は、例えば発電ボイラ(図示せず)などの蒸気源から高圧/高温蒸気を受ける。蒸気は、HPセクション12内に送られ、HPセクション12において蒸気から仕事が抽出されて、ロータシャフト60を回転させる。蒸気は、HPセクション12から流出してボイラに戻され、そこで再加熱される。再加熱された蒸気は次に、中圧蒸気入口22に送られ、HPセクション12に流入する蒸気よりも低い圧力である

10

20

30

40

50

が、H Pセクション12に流入する蒸気とほぼ等しい温度でI Pセクション14に戻される。従って、H Pセクション12内の作動圧力は、I Pセクション14内の作動圧力よりも高く、H Pセクション12内の蒸気は、H Pセクション12とI Pセクション14との間に生じる可能性がある漏出通路を介してI Pセクション14に向って流れる傾向になる。ロータシャフト60内でパッキンケーシング52を通って延在するこのような1つの漏出経路を画成することができる。

【0014】

図2は、タービン10と共に使用できる例示的なタービンノズルダイアフラム70及びパッキン又はシールケーシング72の拡大概略図である。この例示的な実施形態では、ノズルダイアフラム70は、高圧タービン12で使用される第1段ダイアフラムである。更に、この例示的な実施形態では、パッキンケーシング72は、ロータシャフト60に沿ったH Pセクション12からI Pセクション14への漏出を低減可能にする複数のラビリンスシール組立体100を含む。ラビリンスシール組立体100は、シールリング102に取り付けられた長手方向に間隔を置いて配置される歯状部104の列を含み、これら歯状部104の列は、タービン10のような蒸気タービンに存在し得る作動圧力差に対するシール作用を可能にする。代替の実施形態において、パッキンケーシング52はブラシシールを含み、該ブラシシールもまた、高圧区域から低圧区域へ流れる漏出物のような、2つの構成要素間に画成されるギャップを通る漏出物を最小限にするのに用いることができる。

【0015】

作動中、H Pセクション12内により高圧の蒸気は、第1段ノズルダイアフラム70とパッキンケーシング72との間に画成された蒸気通路を通って、より低い作動圧力の区域であるI Pセクション14に漏出する傾向がある。例えば、1つの実施形態では、高圧蒸気は、約1800ポンド/平方インチ絶対圧力(p s i a)でH Pセクション12に流入し、再熱蒸気は、約300~400 p s i aでI Pセクション14に流入する。従って、パッキンケーシング72の両側間の比較的大きな圧力低下は、ロータシャフト60に沿ったパッキンケーシング72周りでの蒸気の漏出を引き起こし、蒸気タービン効率を低下させる可能性がある。

【0016】

図3は、タービン10で使用することができるラビリンスシール組立体100の例示的な実施形態である。図3には、ロータシャフト60の一部分及びケーシング72の一部分のみが示されている。更に、単一のシールリング102のみを図示しているが、図2に示すように幾つかのこののようなリングを連続的に配列することができる。別の実施形態では、ラビリンスシール組立体100は、タービン10の他の区域においてシール作用を可能にするのに使用される。

【0017】

シールリング102は、ロータシャフト60から外向きに延在する複数のロータシャフト円周方向突起又はランド105と反対に位置付けられた複数の歯状部104を含む。この例示的な実施形態では、各円周方向突起又はランド105は、複数の半径方向内側ロータ表面109間に位置付けられた半径方向外側ロータ表面107を含む。流体流が左から右に流れていると仮定すると、各ランド105はまた、上流軸方向表面106と下流軸方向表面108とを含む。歯状部104、及びランド軸方向表面106、108は、全て半径方向で整列される。幾つかの既知のラビリンスシールでは、ランドの高さ(すなわち、軸方向表面106の高さ)は、シール高さ(すなわち、半径方向表面116と半径方向内側ロータ表面109との間の距離)の5分の2である。

【0018】

上で説明したように、正の力は、歯状部104とロータシャフト60との間に画成されたクリアランス区域110によって形成される複数の絞り部間に流体流を強制的に流すことができる。クリアランス区域はまた、歯状部104の端部(又は底部)とランド105の上部との間の距離として画成することができる。より具体的には、クリアランス区域1

10

20

30

40

50

10、歯状部 104 の数及び相対的な鋭さ、ロータランド 105 の数、並びに圧力及び密度を含む作動条件の組合せは、漏出流量を決定する因子である。このシールの設計は、所望の性能特性を得るために小さなクリアランス距離（例えば、40ミル、ここで1ミルは0.0254ミリメートル）を維持しなければならず、これまで検討してきたように、始動時又はシャットダウン手順中に問題を引き起こす可能性がある。

【0019】

各シールリング 102 は、ケーシング 72 内に画成されたケーシング溝 112 内に保持される。1つの実施形態では、各シールリング 102 は、ケーシング溝 112 内に位置付けてケーシング 72 の組立又は分解を容易にすることができる複数のシールリングセグメント（図3には図示せず）を含む。他の実施形態では、スプリングのシステム（図3には示さず）は、シールリング 102 の直径を拡大させようとする力を生じさせ、第2のスプリングのシステム（図3には示さず）は、シールリング 102 の重量によって生じる力を相殺するのに使用することができる。

10

【0020】

各シールリング 102 は、半径方向内側表面 116 から延在する歯状部 104 と、ケーシング 72 の半径方向表面 118 に接触することによってクリアランス区域 110 の制御を可能にする半径方向外側表面 130 とを有する内側リング部分 114 を含む。各シールリング 102 はまた、ケーシング溝 112 内に位置付けられた外側リング部分 120 を含む。外側リング部分 120 は、内側円周方向表面 122 及び対向する半径方向外側表面 131 を含む。内側円周方向表面 122 は、ケーシング溝ショルダ部 124 の外側表面 126 と接触して、シールリング 102 の半径方向内向きの移動を制限するようになる。シールリング 102 はまた、シールリング内側リング部分 114 とシールリング外側リング部分 120 との間で延在するネック部分 128 を含む。ケーシング溝ショルダ部 124 は、シールリングネック部分 128 と相互作用して、各シールリング 102 を軸方向に位置付ける。シールリングネック部分 128 は、ケーシング溝ショルダ部 124 と接触する接触圧力表面 132 を含む。

20

【0021】

ラビリンスシール組立体 100 を通る1つの蒸気流路が、クリアランス区域 110 を通って歯状部 104 とロータシャフト表面 107 及び 109 との間に高圧領域 106 から低圧領域 108 まで画成される。蒸気流は、シールリング 102 の半径方向位置の関数として調整される。シールリング 102 が半径方向外向きに移動するにつれて、クリアランス区域 110 の全体サイズが増大し、クリアランス区域 110 を通る蒸気流が増加する。逆に、シールリング 102 が半径方向内向きに移動するにつれて、クリアランス区域 110 が減少し、クリアランス区域 110 を通る蒸気流が減少する。

30

【0022】

第2の蒸気流路が、ケーシング溝 112 を通って高圧環状スペース 134 から低圧環状スペース 136 まで画成される。高圧の蒸気は、ケーシング溝ショルダ部 124 とシールリングネック部分 128 との間に画成された環状開口 140 を通って環状スペース 134 から流れることができる。蒸気は、開口 140 を通ってケーシング溝ショルダ部外側表面 126 とシールリング外側リング部分リング状円周方向表面 122 との間に画成される高圧領域 142 に送られた後、ケーシング 72 とシールリング外側リング部分 120 とによって画成されたケーシング溝高圧部分 144 に流入する。蒸気は、ケーシング溝高圧部分 144 から流出し、ケーシング溝半径方向外側表面 146 とシールリング外側部分半径方向外側表面 131 との間に画成されるケーシング溝半径方向外側部分 148 に流入する。蒸気は次に、ケーシング 72 とシールリング外側リング部分 120 とによって画成された低圧部分 150 に流れ、またケーシング溝ショルダ部外側表面 126 とシールリング外側リング部分内側円周方向表面 122 との間に画成された低圧側ショルダ部領域 152 に流れることができる。蒸気は、ケーシング溝ショルダ部 124 とシールリングネック部分 128 との間に画成された環状開口 154 を通って低圧側ショルダ部領域 152 から流出し、環状スペース 136 内に吐出される。

40

50

## 【0023】

シールリング102の半径方向外向きの移動は、シールリング外側表面130又はそのいずれかの部分がケーシング半径方向表面118と接触した時に制限される。この位置は、完全後退位置と呼ばれる。シールリング102の半径方向内向きの移動は、シールリング表面122がケーシング溝ショルダ部表面126と接触した時に制限される。この位置は、完全挿入位置と呼ばれる。歯状部104への損傷を引き起こすことなくロータシャフト60とケーシング72との予測される過渡不整合に適応するのに十分なスペースが設けられる。

## 【0024】

低負荷又は無負荷運転条件において、シールリング102の重量、ケーシング72の閉じ込め限界、摩擦力、及び複数の任意的な付勢スプリングシステム（図3には図示せず）の力がシールリング102に作用する。これらの全体的作用として、シールリング102は、その半径方向外向きの移動限界によって制限されるような直径に付勢される。

10

## 【0025】

タービン10全体にわたる内部圧力は、実質的に負荷に比例する。負荷及び蒸気質量流量が各々増大すると、局所圧力はほぼ直線的に増大する。この関係を利用して、所定のタービン運転条件におけるシールリング102の所望の位置を決定することができる。例えば、タービン10への蒸気流が増すにつれて、環状スペース134及びケーシング溝112内の蒸気圧力が同様に増大する。増大した蒸気圧力は、シールリング外側表面130及び131によって実質的に支持されているシールリング102に対して半径方向内向きの力を作用させる。

20

## 【0026】

高圧領域106内の蒸気圧力が増大すると、環状スペース134、環状開口140、ショルダ部領域142、ケーシング溝高圧部分144、ケーシング溝半径方向外側部分148、ケーシング溝低圧部分150、ショルダ部領域152、及び環状開口154を通るケーシング溝112を介した環状領域136内への蒸気流の増大が引き起こされる。高圧領域106内の蒸気圧力の増大はまた、上述のようにケーシング溝112を介して、環状スペース134から環状スペース136まで画成された経路内の圧力増大を生じさせる。この経路の後続の各領域内における圧力は、これらに先行する領域内の圧力よりも低い。例えば、ケーシング溝低圧部分150内の蒸気圧力は、ケーシング溝高圧部分144内の蒸気圧力よりも低い。この圧力差は、シールリング内側リング部分114、シールリングネック部分128及びシールリング外側リング部分120に対する大きな右向きの力を生じさせる。これらの表面に加わる大きな力により、シールリング102は、シールリングネック部接触圧表面132がケーシング溝ショルダ部124と接触するまで、低圧領域108に向って軸方向に移動するようになる。十分に挿入されると、ケーシング溝112を介しての高圧環状スペース134から低圧環状スペース136への蒸気流は、シールリング102によって実質的に阻止される。

30

## 【0027】

上に説明した条件により、蒸気圧力は、上述のような表面130及び131に対して半径方向内向きの力の増大を生じるようになる。蒸気圧力の増大はまた、前述した摩擦力及び複数の任意的な付勢スプリングサブシステム（図示せず）の力に打ち勝つような大きな半径方向外向きの力をシールリング102に対して生じさせる。シールリング102及びケーシング溝112の寸法は、定常状態負荷運転において歯状部104とロータシャフト60の表面との間に画成されるクリアランスを最適化できるように選択される。

40

## 【0028】

図4は、本発明の1つの態様によるラビリンスシール400の部分断面図を示す。シール400は、面取り又は傾斜したステータ歯状部410と、他の既知のシールと比べて高さが増大したランド420とを含む。シールの高さHは、ステータ402の内側半径方向表面403と、ロータ404の内側半径方向表面405との間の距離である。クリアランス距離Dは、長いステータ歯状部410の底部と内側半径方向表面405との間の距離、

50

或いは、短いステータ歯状部 411 の底部とランド 420 の上部との間の距離である。幾つかの応用において、これら 2 つのクリアランス距離は同じであってもよく、又は異なっていてもよい。クリアランス距離 D は、約 20 ミルから約 80 ミルの間、又は約 20 ミルから約 200 ミルの間の範囲とすることができます、或いは、特定の段又は応用の要求に応じてあらゆる好適な距離を有することができます。ステータ 402 は、ステータ内側支持体及びパッキンリングを同様に含むことができる静止構造体である。ロータ 404 は、ロータ 404 に接続されるシャフト、ディスク又はドラムを同様に含むことができる回転構造体である。

#### 【 0029 】

シール 400 を通る流れは、矢印 407 で示すようにほぼ左から右方向に流れる。各ランド 402 は、半径方向外側表面 422、上流軸方向表面 424、及び下流軸方向表面 426 を含む。各ランド 420 の高さ  $H_L$  は、半径方向外側表面 422 と内側半径方向表面 405 との間の距離として定められる。各ランドについての好ましい高さ  $H_L$  は、シール高さ H の約 5 分の 3 である（すなわち、 $H_L = \text{約 } 3 / 5 * H$ ）。短い歯状部の長さは、シール高さの約 5 分の 1 とすることができます、長い歯状部の長さは、シール高さの約 5 分の 4 とすることができます。しかしながら、特定の応用で望ましい他のランド高さ及び歯状部長さを用いることができる。

#### 【 0030 】

長いステータ歯状部 410 はまた、その長さに沿って軸方向上流側に面取り又は角度を付けるよう構成される。例えば、ステータ歯状部 410 の下端部 412（又は底部）は、上側部分 413 よりも更に軸方向上流側に位置付けられる。面取りステータ歯状部 410 は、流れに角度が付けられ、すなわち「傾斜」され、流れに対して直線状歯状部（図 3 と同様の）よりも一層多くの外乱を生じる（乱流が増大する）。歯状部は回転部品又は静止部品上のいずれかに存在することができ、ランドもまた回転部品又は静止部品のいずれかに存在することができる点を理解されたい。

#### 【 0031 】

図 5 は、図 3 に示すシールと類似したシールと図 4 のラビリンスシール 400 との間のクリアランス距離（ミル単位）に対するパーセント流量減少のグラフである。タービン／エンジン始動、シャットダウン、又は負荷スイングを含むことができる運転過渡条件は、多くの場合、静止部品に関連して回転部品の軸方向移動をもたらし、これにより一方の表面上にラビリンスシールを画成する歯状部又は他の構造体（例えば、ランド、その他）と、対向する表面上の歯状部又は構造体との接触、摩擦、又は衝突を引き起こす可能性がある。従って、シールを通る流れ制限を改善しながら、クリアランス距離 D を増大させることができ有利になる。

#### 【 0032 】

シール 400 は、図 3 のシールと比較すると、クリアランス距離が 20 ミルであるときに約 3 % の流量減少を有し、クリアランス距離が 80 ミルであるときには約 12 % の流量減少を有する。実際に、20 ミルから 80 ミルの間の全てのクリアランス距離において、シール 400 は、図 3 のシールよりも良好な流量減少を有する。従来の既知のシールと比べて、シール 400 は、流量制限の向上を可能にしながら、半径方向クリアランス及び軸方向移動に対してそれほど左右されない。これにより、シールがより大きなクリアランス距離を有することができになり、運転過渡条件中のあらゆる摩擦が低減される。

#### 【 0033 】

図 6 は、本発明の 1 つの態様によるラビリンスシール 600 の部分断面図を示す。ステータ 602 は、長い歯状部 610 と短い歯状部 611 を含む。シール 600 を通る流れ方向が矢印 607 で示される。短い歯状部 611 は、上流側に角度が付けられ、長い歯状部 610 は、ほぼ直線状（すなわち、半径方向下向きを指す）とすることができます、或いは上流側に角度を付けてもよい。短い歯状部 611 は、半径方向軸線（すなわち、図 6 の垂線）に対して約 10 度から約 40 度の角度で上流側に角度を付けることができる。或いは、内側半径方向表面 603（軸方向に角度が付けられた）と短い歯状部 611 の軸線との

10

20

30

40

50

間の角度 A は、約 50 から約 80 度とすることができます。特定の応用における要求に応じて他の角度を用いてもよい。

【0034】

ロータ 604 上のランド 620 は各々、半径方向外側表面（又は頂部）622、上流側表面 624、及び下流側軸方向表面 626 を含む。各ランド 620 の高さ  $H_L$  は、半径方向外側表面 622 と内側半径方向表面 605 との間の距離として定義される。各ランドの好ましい高さは、シール高さ H の約 5 分の 3 である（すなわち、 $H_L = \text{約 } 3 / 5 * H$ ）。しかしながら、特定の応用における要求に応じて他のランド高さを用いることもできる。上流側表面 624 は、半径方向軸線（すなわち、図 6 の垂線）に対して約 10 度から約 40 度の角度で上流側に角度を付けることができる。或いは、半径方向ロータ表面 605 と上流側表面との間の角度 B は、約 50 から約 80 度とすることができます。特定の応用における要求に応じて他の角度を用いてもよい。

【0035】

流れパターンの実験及びコンピュータモデリングによって、幾つかの傾斜又は角度付き表面、幾つかの寸法、及び寸法に関連する幾つかの比率はとりわけシール作用に効果的であることが分かっている。コンピュータによる流体動的シミュレーションを実施し、図 3 のシールとシール 600 との間で流量係数を比較した。シール 600 は、図 3 のシールよりも流量係数が約 10 % 良好であった。この流量係数における改善の理由は、流れがシール 600 をどのように通過しているかに起因する。ランド 620 の上方の歯状部 611 付近の領域において、流れがより多くの転回を生じて良好に流量調整され、これにより漏出が低減されることになる。流れ転回の量の増大は、ランド 620 の角度付き表面 624 及び角度付き歯状部 611 に起因する。

【0036】

図 7 は、本発明の別の態様によるラビリンスシール 700 の部分断面図を示す。シール 700 は、図 4 のステータ歯状部と図 6 のロータランドとを組み合わせたものである。図 8 は、本発明の別の態様によるラビリンスシール 800 の部分断面図を示す。シール 800 は、図 4 及び 6 のステータ歯状部と図 6 のロータランドとを組み合わせたものである。ステータ 802 は、短い角度付き歯状部 611 と、長い角度付き歯状部 410 を含む。シール 800 は、長い角度付き歯状部 410（図示のような）間に位置付けられる 1 つの歯状部 611 を有するように構成することができ、或いは、1 つよりも多い歯状部 611 を長い角度付き歯状部 410 の各セットの間に位置付けることもできる。

【0037】

本実施例は、静止表面（ステータ）上に配置された歯状部と、回転表面上のランドとを記載しているが、一部の応用においては、回転表面上に配置される歯状部及び静止表面上のランドを有することも可能であり、このようにすることが望ましい場合もある。

【0038】

一般に、上述のように、本発明の非接触シール構造は、過渡運転条件中に對向する構造体の軸方向移動により生じる場合が多い、ラビリンスシールに対する損傷を防ぐと同時に、ロータの自由な軸方向移動を可能にする。更に、本発明の態様によるシール構造は、蒸気で検討したように作動流体の漏出を抑制する流路をもたらすので、効果的なシール作用を提供する。

【0039】

現時点でも最も実用的且つ好ましい実施形態であると考えられるものに関して本発明を説明してきたが、本発明は、開示した実施形態に限定されるものではなく、逆に添付の請求項の技術的思想及び範囲内に含まれる様々な修正形態及び均等な構成を保護するものであることを理解されたい。

【符号の説明】

【0040】

10 タービン

12 H P セクション

10

20

30

40

50

1 3	上半部分	
1 4	I P セクション	
1 5	下半部分	
1 6	外側シェル	
1 8	中央セクション	
2 0	高压蒸気入口	
2 2	中圧蒸気入口	
2 6	ジャーナル軸受	
2 8	ジャーナル軸受	
3 0	蒸気シールユニット	10
3 2	蒸気シールユニット	
4 2	環状セクション仕切り壁	
4 6	H P ノズル	
4 8	I P ノズル	
5 0	チャンネル	
5 2	パッキン又はシールケーシング	
6 0	ロータシャフト	
7 0	ノズルダイアフラム	
7 2	パッキン又はシールケーシング	
1 0 0	ラビリンスシール組立体	20
1 0 2	シールリング	
1 0 4	歯状部	
1 0 5	ランド	
1 0 6	上流側軸方向表面	
1 0 7	半径方向外側ロータ表面	
1 0 8	下流側軸方向表面	
1 0 9	半径方向内側ロータ表面	
1 1 0	クリアランス区域	
1 1 2	ケーシング溝	
1 1 4	内側リング部分	30
1 1 6	半径方向内側表面	
1 1 8	半径方向表面	
1 2 0	外側リング部分	
1 2 2	内側円周方向表面	
1 2 4	ショルダ部	
1 2 6	外側表面	
1 2 8	ネック部分	
1 3 0	半径方向外側表面	
1 3 1	半径方向外側表面	
1 3 2	圧力表面	40
1 3 4	高压環状スペース	
1 3 6	低压環状スペース	
1 4 0	環状開口	
1 4 2	高压領域	
1 4 4	高压部分	
1 4 6	外側表面	
1 4 8	外側部分	
1 5 0	低压部分	
1 5 2	ショルダ部領域	
1 5 4	環状開口	50

4 0 0	ラビリンスシール	
4 0 2	ステータ	
4 0 3	内側半径方向表面	
4 0 4	ロータ	
4 0 5	内側半径方向表面	
4 0 7	矢印（流れ方向）	
4 1 0	長いステータ歯状部	
4 1 1	短いステータ歯状部	
4 1 2	下端部	
4 1 3	上側部分	10
4 2 0	ランド	
4 2 2	半径方向外側表面	
4 2 4	上流側軸方向表面	
4 2 6	下流側軸方向表面	
6 0 0	ラビリンスシール	
6 0 2	ステータ	
6 0 3	内側半径方向表面	
6 0 4	ロータ	
6 0 5	内側半径方向表面	
6 0 7	矢印	20
6 1 0	長い歯状部	
6 1 1	短い歯状部	
6 2 0	ランド	
6 2 2	頂面	
6 2 4	上流側表面	
6 2 6	下流側軸方向表面	
7 0 0	ラビリンスシール	
8 0 0	ラビリンスシール	
8 0 2	ステータ	
D	クリアランス距離	30
H	シール高さ	
H L	ランドの高さ	

【 図 1 】

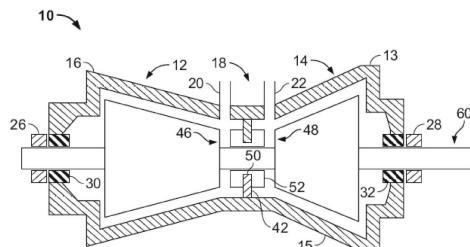


FIG. 1

【 図 2 】

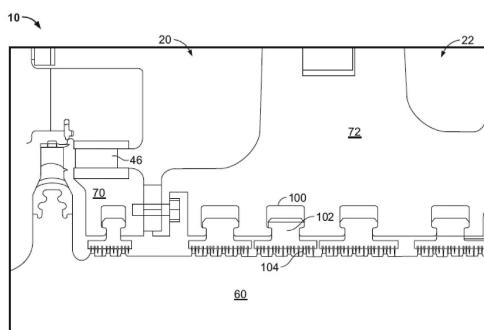


FIG. 2

( 5 )

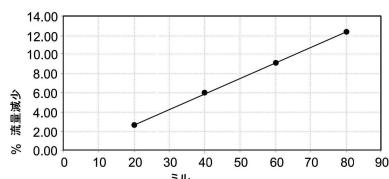


FIG. 5

【 四 6 】

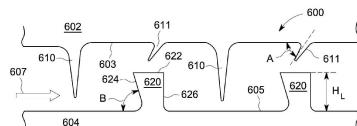


FIG. 6

【 図 7 】

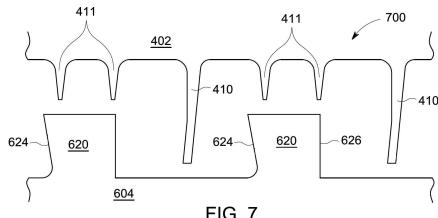


FIG. 7

【 四 3 】

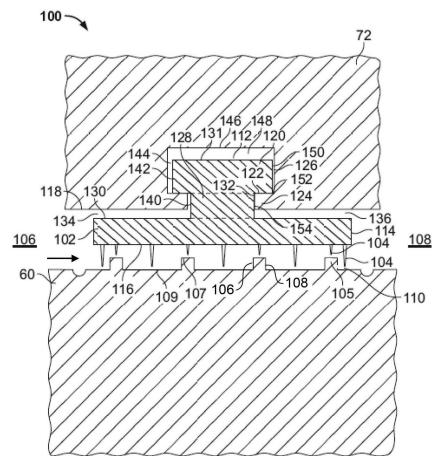


FIG. 3

【図4】

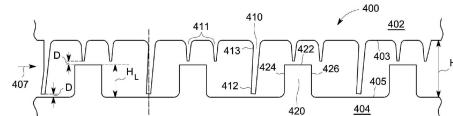


FIG. 4

【 図 8 】

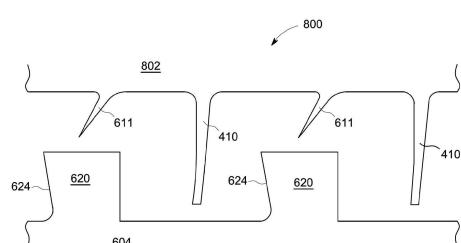


FIG. 8

---

フロントページの続き

(72)発明者 シャオシン・ゼン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバー・ロード、1番  
(72)発明者 ジョナソン・エドワード・スレプスキ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバー・ロード、1番  
(72)発明者 タオ・グオ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバー・ロード、1番  
(72)発明者 ジョシー・ジョン  
インド、560066、カルナータカ、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フーディ・ヴィレッジ、フェイズ2、イーピーアイピー、プロット122  
(72)発明者 スダカール・ニーリ  
インド、560066、カルナータカ、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フーディ・ヴィレッジ、フェイズ2、イーピーアイピー、プロット122

合議体

審判長 金澤 俊郎

審判官 八木 誠

審判官 松下 聰

(56)参考文献 特開2007-71203(JP, A)  
特開昭59-70815(JP, A)  
特開平11-51200(JP, A)  
特開平2-245581(JP, A)  
米国特許第5639095(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D1/00-15/12, 23/00-25/36

F02C1/00-9/58

F16J15/40-15/453, 15/54-15/56

F23R3/00-7/00