

(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

F O 1 D 11/02 (2006. 01)

F O 1 D 11/02

F O 1 D 25/00 (2006. 01)

F O 1 D 25/00 M

F O 1 D 25/24 (2006. 01)

F O 1 D 25/24 P

F O 2 C 7/28 (2006. 01)

F O 2 C 7/28 B

F 1 6 J 15/447 (2006. 01)

F 1 6 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、スケネクタデイ、リバーロード、1
番

(74) 代理人 100137545

弁理士 荒川 聡志

(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

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 ～ 2 mm) 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、ラビリンス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。

【 0 0 0 3 】

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す、これにより半径方向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

【 0 0 0 4 】

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 】

【 0 0 0 5 】

20

【 特許文献 1 】 米国特許第 7 3 4 4 3 5 7 号明細書

【 発明の概要 】

【 0 0 0 6 】

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に構成される。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

【 0 0 0 7 】

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 】

【 0 0 0 8 】

【 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ス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ス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ス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ス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ス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関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」及び「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 に向か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、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は抽出されて、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

が、HPセクション12に流入する蒸気とほぼ等しい温度でIPセクション14に戻される。従って、HPセクション12内の作動圧力は、IPセクション14内の作動圧力よりも高く、HPセクション12内の蒸気は、HPセクション12とIP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IP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を通し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ヤフラム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、ノズルダイヤフラム70は、高圧タービン12で使用される第1段ダイヤフラムである。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HPセクション12からIP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、HPセクション12内のより高圧の蒸気は、第1段ノズルダイヤフラム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して、より低い作動圧力の区域であるIP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(psi a)でHPセクション12に流入し、再熱蒸気は、約300~400psi aでIP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。

【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。

【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を通過して歯状部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。

【0022】

第2の蒸気流路が、ケーシング溝112を通過し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を通過して環状スペース134から流れることができる。蒸気は、開口140を通過し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を通過し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。

【 0 0 2 3 】

シールリング 1 0 2 の半径方向外向きの移動は、シールリング外側表面 1 3 0 又はそのいずれかの部分がケーシング半径方向表面 1 1 8 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 1 0 2 の半径方向内向きの移動は、シールリング表面 1 2 2 がケーシング溝ショルダ部表面 1 2 6 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 1 0 4 への損傷を引き起こすことなくロータシャフト 6 0 とケーシング 7 2 との予測される過渡不整合に適應するのに十分なスペースが設けられる。

【 0 0 2 4 】

低負荷又は無負荷運転条件において、シールリング 1 0 2 の重量、ケーシング 7 2 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 1 0 2 に作用する。これらの全体的作用として、シールリング 1 0 2 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

【 0 0 2 5 】

タービン 1 0 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 1 0 2 の所望の位置を決定することができる。例えば、タービン 1 0 への蒸気流が増すにつれて、環状スペース 1 3 4 及びケーシング溝 1 1 2 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 1 3 0 及び 1 3 1 によって実質的に支持されているシールリング 1 0 2 に対して半径方向内向きの力を作用させる。

20

【 0 0 2 6 】

高圧領域 1 0 6 内の蒸気圧力が増大すると、環状スペース 1 3 4、環状開口 1 4 0、ショルダ部領域 1 4 2、ケーシング溝高圧部分 1 4 4、ケーシング溝半径方向外側部分 1 4 8、ケーシング溝低圧部分 1 5 0、ショルダ部領域 1 5 2、及び環状開口 1 5 4 を通るケーシング溝 1 1 2 を介した環状領域 1 3 6 内への蒸気流の増大が引き起こされる。高圧領域 1 0 6 内の蒸気圧力の増大はまた、上述のようにケーシング溝 1 1 2 を介して、環状スペース 1 3 4 から環状スペース 1 3 6 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 1 5 0 内の蒸気圧力は、ケーシング溝高圧部分 1 4 4 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 1 1 4、シールリングネック部分 1 2 8 及びシールリング外側リング部分 1 2 0 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 1 0 2 は、シールリングネック部接触圧表面 1 3 2 がケーシング溝ショルダ部 1 2 4 と接触するまで、低圧領域 1 0 8 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 1 1 2 を介しての高圧環状スペース 1 3 4 から低圧環状スペース 1 3 6 への蒸気流は、シールリング 1 0 2 によって実質的に阻止される。

30

【 0 0 2 7 】

上に説明した条件により、蒸気圧力は、上述のような表面 1 3 0 及び 1 3 1 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 1 0 2 に対して生じさせる。シールリング 1 0 2 及びケーシング溝 1 1 2 の寸法は、定常状態負荷運転において歯状部 1 0 4 とロータシャフト 6 0 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

【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明の 1 つの態様によるラビリンスシール 4 0 0 の部分断面図を示す。シール 4 0 0 は、面取り又は傾斜したステータ歯状部 4 1 0 と、他の既知のシールと比べて高さが増大したランド 4 2 0 とを含む。シールの高さ H は、ステータ 4 0 2 の内側半径方向表面 4 0 3 と、ロータ 4 0 4 の内側半径方向表面 4 0 5 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 4 1 0 の底部と内側半径方向表面 4 0 5 との間の距離、

50

或いは、短いステータ歯状部 4 1 1 の底部とランド 4 2 0 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、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る。ステータ 4 0 2 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 4 0 4 は、ロータ 4 0 4 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 4 0 0 を通る流れは、矢印 4 0 7 で示すようにほぼ左から右方向に流れる。各ランド 4 0 2 は、半径方向外側表面 4 2 2、上流軸方向表面 4 2 4、及び下流軸方向表面 4 2 6 を含む。各ランド 4 2 0 の高さ H_L は、半径方向外側表面 4 2 2 と内側半径方向表面 4 0 5 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、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、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 4 1 0 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 4 1 0 の下端部 4 1 2（又は底部）は、上側部分 4 1 3 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 4 1 0 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 4 0 0 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有利になる。

【0032】

シール 4 0 0 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 4 0 0 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 4 0 0 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可能になり、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 6 0 0 の部分断面図を示す。ステータ 6 0 2 は、長い歯状部 6 1 0 と短い歯状部 6 1 1 とを含む。シール 6 0 0 を通る流れ方向が矢印 6 0 7 で示される。短い歯状部 6 1 1 は、上流側に角度が付けられ、長い歯状部 6 1 0 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、或いは上流側に角度を付けてもよい。短い歯状部 6 1 1 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 6 0 3（軸方向に角度が付けられた）と短い歯状部 6 1 1 の軸線との

間の角度Aは、約50から約80度とすることができる。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る。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。

10

【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。

20

【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及び図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とを含む。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。

30

【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、過渡運転条件中に対向する構造物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。

40

【0039】

現時点で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 HPセクション

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	高圧蒸気入口	
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	高圧環状スペース	
1 3 6	低圧環状スペース	
1 4 0	環状開口	
1 4 2	高圧領域	
1 4 4	高圧部分	
1 4 6	外側表面	
1 4 8	外側部分	
1 5 0	低圧部分	
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】

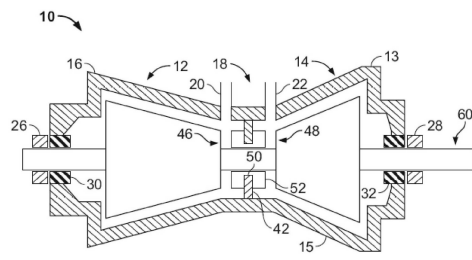


FIG. 1

【図 2】

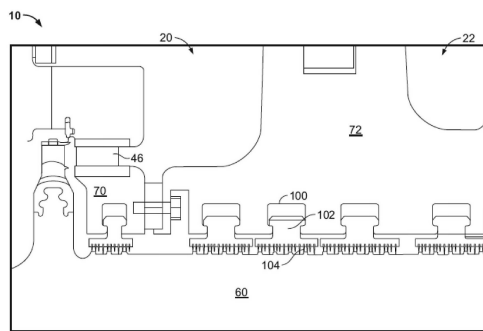


FIG. 2

【図 3】

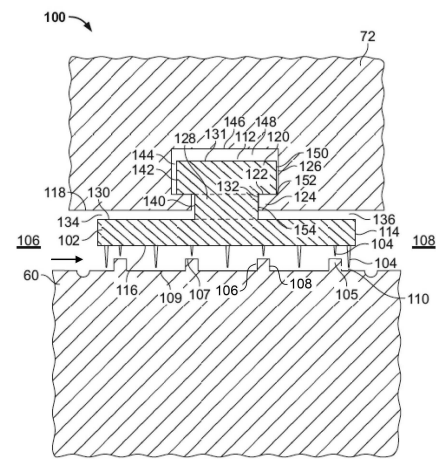


FIG. 3

【図 4】

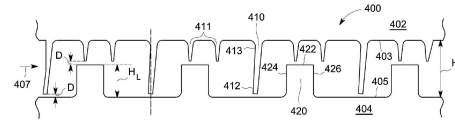


FIG. 4

【図 5】

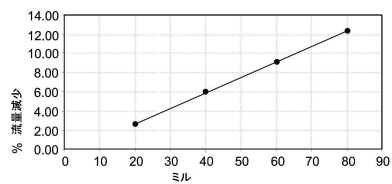


FIG. 5

【図 8】

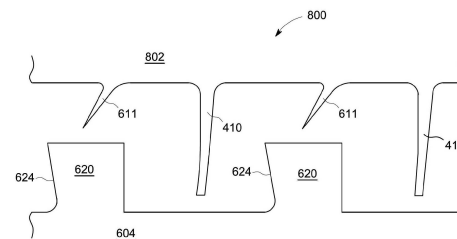


FIG. 8

【図 6】

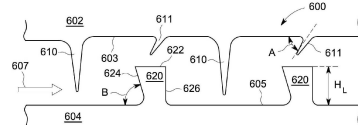


FIG. 6

【図 7】

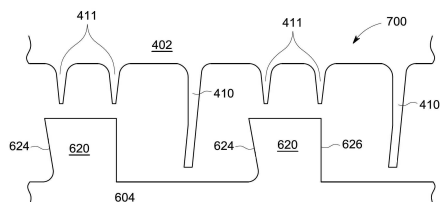


FIG. 7

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 聡

- (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