

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5457965号
(P5457965)

(45) 発行日 平成26年4月2日 (2014.4.2)

(24) 登録日 平成26年1月17日 (2014.1.17)

(51) Int.Cl.

F I

FO2C 7/18 (2006.01)

FO2C 7/28 (2006.01)

FO1D 11/08 (2006.01)

FO2C 7/18 E

FO2C 7/28 A

FO1D 11/08

請求項の数 8 (全 19 頁)

| | | | |
|--------------|------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2010-165415 (P2010-165415) | (73) 特許権者 | 390041542 |
| (22) 出願日 | 平成22年7月23日 (2010.7.23) | | ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ |
| (65) 公開番号 | 特開2011-27109 (P2011-27109A) | | 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 |
| (43) 公開日 | 平成23年2月10日 (2011.2.10) | (74) 代理人 | 100137545 |
| 審査請求日 | 平成24年12月18日 (2012.12.18) | | 弁理士 荒川 聡志 |
| (31) 優先権主張番号 | 12/511,005 | (74) 代理人 | 100105588 |
| (32) 優先日 | 平成21年7月28日 (2009.7.28) | | 弁理士 小倉 博 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (74) 代理人 | 100129779 |
| 早期審査対象出願 | | | 弁理士 黒川 俊久 |
| | | (72) 発明者 | ドナルド・イー・フロイド、ザ・セカンド |
| | | | アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ルックアウト・レーン、1 2 番 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 回転機械におけるクリアランス制御用のシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービン冷却組立体を備えたシステム (10) であって、該タービン冷却組立体が、タービンセクション (20) 内の第 1 の凹部 (118) に装着するよう構成され、第 1 の複数の半径方向クーラント通路 (166、168) が両面に形成された板状の第 1 のクーラントインサート (122) と、

前記タービンセクション (20) 内の第 1 の凹部 (118) から軸方向にオフセットした第 2 の凹部 (120) に装着するよう構成され、第 2 の複数の半径方向クーラント通路 (180、182) が両面に形成された板状の第 2 のクーラントインサート (124) と、

第 1 のクーラントインサート (122) と第 2 のクーラントインサート (124) との間で前記タービンセクション (20) に装着するよう構成されたカップリング部品 (142) と

を備えており、前記カップリング部品 (142) が、前記第 1 の複数の半径方向クーラント通路 (166、168) 及び前記第 2 の複数の半径方向クーラント通路 (180、182) に結合された少なくとも 1 つの軸方向通路 (172) を含む、システム。

【請求項 2】

前記第 1 のクーラントインサート (122)、前記カップリング部品 (142)、及び第 2 のクーラントインサート (124) を通るクーラント流の流量、温度、又はこれらの組み合わせを調整し、前記タービンセクション (20) のクリアランスを変えるよう構成

されたクリアランスコントローラ(46)を備える、請求項1記載のシステム。

【請求項3】

回転軸(139)を有するシャフト(24)と、

前記シャフト(24)に結合される複数のブレード(36)と、

前記ブレード(36)の周りに円周方向に配置され、第1のフック(104)及び第2のフック(106)を有する内側シュラウドセクション(38)と、

前記シュラウド(38)の周りに円周方向に配置され、前記第1のフック(104)に結合された第3のフック(100)と、前記第2のフック(106)に結合された第4のフック(102)とを有する内側タービンケーシング(98)と、

前記内側タービンケーシング(98)の周りに円周方向に配置された外側シュラウド部品(128)と

を備えており、前記第1のクーラントインサート(122)が、前記内側タービンケーシング(98)と前記外側シュラウド部品(128)との間に配置され、前記第1のクーラントインサート(122)が、前記第3のフック(100)に半径方向に延びる第1の環状溝(118)に埋め込まれ、前記第2のクーラントインサート(124)が、前記内側タービンケーシング(98)と前記外側シュラウド部品(128)との間に配置され、前記第4のフック(102)に半径方向に延びる第2の環状溝(120)に埋め込まれ、前記カップリング部品(142)が、対向する軸方向端部位置において前記第1及び第2の複数の半径方向クーラント通路(166、168、180、182)両方に結合される、請求項1記載のシステム。

【請求項4】

前記少なくとも1つの軸方向通路(172)が、前記第1及び第2の複数の半径方向クーラント通路(166、168、180、182)に結合された複数の軸方向クーラント通路を含む、請求項3記載のシステム。

【請求項5】

前記第1及び第2の複数の半径方向クーラント通路(166、168、180、182)が各々、前記回転軸(139)に対して円周方向(141)に互いにオフセットした複数のU字形通路を含む、請求項4記載のシステム。

【請求項6】

前記第1のクーラントインサート(122)が、半径方向溝の第1のセット(166)と、半径方向溝の第2のセット(168)と、前記半径方向溝の第1及び第2のセット(166、168)間に軸方向に配置された第1の分割器と、を含み、前記第1の環状溝(118)が、前記第1のクーラントインサート(122)の対向する軸方向側部上の前記半径方向溝の第1及び第2のセット(166、168)を少なくとも実質的に閉鎖して、前記第1の複数の半径方向クーラント通路(166、168)を定め、

前記第2のクーラントインサート(124)が、半径方向溝の第3のセット(180)と、半径方向溝の第4のセット(182)と、前記半径方向溝の第3及び第4のセット(180、182)間に軸方向に配置された第2の分割器と、を含み、前記第2の環状溝(120)が、

前記第2のクーラントインサート(124)の対向する軸方向側部上の前記半径方向溝の第3及び第4のセット(180、182)を少なくとも実質的に閉鎖して、前記第2の複数の半径方向クーラント通路(180、182)を定める、請求項3記載のシステム。

【請求項7】

前記カップリング部品(142)が、前記内側タービンケーシング(98)の表面に接して配置されて少なくとも1つの軸方向クーラント通路を定める軸方向溝のセット(172)を含む、請求項3記載のシステム。

【請求項8】

前記内側タービンケーシング(98)の周りに配置されたクーラントスリーブ(144)を備え、該クーラントスリーブ(144)が、第1のタービン段(76)と第2のタービン段(78)との間に延び、該第1のタービン段が、第1のクーラントインサート(1

22)、前記第2のクーラントインサート(124)、及び前記カップリング部品(142)を含む、請求項3記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、クリアランス制御技術に関し、より詳細には、回転機械の固定構成部品と回転構成部品との間のクリアランスを調整するシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

特定の応用において、相対的に移動する構成部品間にはクリアランスが存在することができる。例えば、圧縮機、タービン、又は同様のものなどの回転機械における固定構成部品と回転構成部品との間にクリアランスが存在することができる。クリアランスは、温度変化又は他の要因に起因して、回転機械の作動中に増減する可能性がある。理解できるように、クリアランスがより小さい程、ブレードと周囲のシュラウドとの間を漏出する流体が少ないので、圧縮機又はタービンの性能及び効率を改善することができる。しかしながら、クリアランスがより小さい程、摩擦状態の可能性も高くなる。運転条件もまた、摩擦状態の可能性に影響を及ぼす。例えば、摩擦状態の可能性は、過渡状態の間は高くなり、定常状態の間は低下することができる。残念ながら、既存のシステムは、回転機械のクリアランスを適正に制御していない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第7287955号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

本願出願当初の特許請求の範囲に記載された発明の幾つかの実施形態について要約する。これらの実施形態は、特許請求の範囲に記載された発明の技術的範囲を限定するものではなく、本発明の可能な形態を簡単にまとめたものである。実際、本発明は、以下に記載する実施形態と同様のものだけでなく、異なる様々な実施形態を包含する。

【0005】

一実施形態では、システムはタービン冷却組立体を含む。タービン冷却組立体は、タービンセクション内の第1の凹部に装着するよう構成された第1のクーラントインサートを含む。第1のクーラントインサートは、第1の複数の半径方向クーラント通路を含む。タービン冷却組立体は更に、タービンセクション内の第1の凹部から軸方向にオフセットした第2の凹部に装着するよう構成された第2のクーラントインサートを含む。第2のクーラントインサートは、第2の複数の半径方向クーラント通路を含む。加えて、タービン冷却組立体は、第1及び第2のクーラントインサート間でタービンセクションに装着するよう構成されたカップリング部品を含み、カップリング部品は、第1の複数の半径方向クーラント通路及び第2の複数の半径方向クーラント通路に結合された少なくとも1つの軸方向通路を含む。

【0006】

別の実施形態では、システムは、複数のタービンブレードの周りでシュラウドを支持するタービンケーシング内の凹部に装着するよう構成されたタービンクーラントインサートを含み、タービンクーラントインサートは、タービンケーシングのシュラウドフック内に半径方向に延びるよう構成された複数の半径方向クーラント通路を含む。タービンクーラントインサートは更に、タービンクーラントインサートを通過するクーラント流に基づいてシュラウド及びタービンブレード間のクリアランスを調整するよう構成される。

【0007】

10

20

30

40

50

更に別の実施形態では、システムは、第2のフックと組み合わせて、複数のタービンブレードの周りにタービンシュラウドを支持するよう構成された第1のフックを有するタービンケーシングを含む。タービンケーシングは、クーラント回路を含み、該クーラント回路が、該回路を通過するクーラント流に基づいてタービンシュラウド及びタービンブレード間のクリアランスを調整するよう構成される。クーラント回路が、第1のフック(100)に延びる第1の複数の半径方向クーラント通路を含む。

【0008】

本発明の上記その他の特徴、態様及び利点については、図面と併せて以下の詳細な説明を参照することによって理解を深めることができるであろう。図面を通して、同様の部材には同様の符号を付した。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施形態による、クリアランス制御機構を有するガスタービンエンジンを含むシステムを示す図。

【図2】本発明の一実施形態による、図1に示すタービンシステムの切り欠き側面図。

【図3】図2の弓状線3-3で囲まれ、クリアランス制御用のクーラント通路を有するタービンケーシングの一実施形態を示す、図1のタービンの部分軸方向断面。

【図4】本発明の一実施形態による、クーラントインサートと、複数の半径方向及び軸方向クーラント通路を定めるカップリング部品との組み立て体を示す、図3のタービンケーシングの部分分解斜視図。

【図5】本発明の一実施形態による、複数の半径方向クーラント通路を有するクーラントインサートの一部を示し、図3の切り欠き線5-5に沿った図3のタービンケーシングの部分半径方向断面図。

【図6】本発明の一実施形態による、複数の軸方向クーラント通路を有するカップリング部品の一部を示し、図3の切り欠き線6-6に沿った図3のタービンケーシングの部分半径方向断面図。

【図7】本発明の別の実施形態による、複数の軸方向クーラント通路を有するカップリング部品の一部を示し、図3の切り欠き線6-6に沿った部分半径方向断面図。

【図8】本発明の一実施形態による、半径方向及び軸方向通路を通るクーラント流を示し、図5の切り欠き線8-8に沿い且つ図3の弓状線8-8で囲まれたタービンケーシングのより詳細な部分軸方向断面図。

【図9】本発明の一実施形態による、タービンシステムの運転条件に基づいたクリアランス制御の方法を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の1以上の特定の実施形態について説明する。これらの実施形態を簡潔に説明するため、現実の実施に際してのあらゆる特徴について本明細書に記載しないこともある。実施化に向けての開発に際して、あらゆるエンジニアリング又は設計プロジェクトの場合と同様に、実施毎に異なる開発者の特定の目標(システム及び業務に関連した制約に従うことなど)を達成すべく、実施に特有の多くの決定を行う必要があることは明らかであろう。さらに、かかる開発努力は複雑で時間を要することもあるが、本明細書の開示内容に接した当業者にとっては日常的な設計、組立及び製造にすぎないことも明らかである。

【0011】

本発明の様々な実施形態の構成要素について紹介する際、単数形で記載したものは、その構成要素が1以上存在することを意味する。「含む」、「備える」及び「有する」という用語は内包的なものであり、記載した構成要素以外の追加の要素が存在していてもよいことを意味する。作動パラメータ及び/又は環境条件の例は、開示した実施形態以外のパラメータ/条件を除外するものではない。さらに、本発明の「一実施形態」又は「実施形態」という場合、その実施形態に記載された特徴をもつ別の実施形態が存在することを除

10

20

30

40

50

外するものではない。

【 0 0 1 2 】

以下で詳細に検討するように、本開示は全体的に、強制対流冷却を用いたクリアランス制御技術に関する。このような技術は、タービンエンジンベースのシステム（例えば、航空機、機関車、発電機、その他）のようなシステムで実施することができる。本明細書で使用される用語「クリアランス」又は同様のものは、作動中に相対移動するシステムの2以上の構成部品間に存在できるスペース又はギャップを指すことを理解されたい。クリアランスは、環状ギャップ、線形ギャップ、矩形ギャップ、又は当業者には理解されるように、システム、移動タイプ、及び他の種々の要因に応じた他の何れかの幾何形状に相当することができる。1つの応用において、クリアランスは、圧縮機、タービン、又は同様のものの1以上の回転ブレードを囲むハウジング構成部品間の変形方向ギャップ又はスペースを指すことができる。本開示の技術を使用してクリアランスを制御することにより、摩擦（例えば、ハウジング構成部品と回転ブレードとの間の接触）の可能性を最小限にすると同時に、回転ブレードとハウジング間の漏出量を大きく低減して運転効率を高めることができる。理解されるように、漏出は、空気、蒸気、燃焼ガス、その他などの何れかの流体に相当することができる。

10

【 0 0 1 3 】

本発明の実施形態によれば、本明細書で開示されるクリアランス制御機能を利用するタービンエンジンは、複数の半径方向及び軸方向クーラント通路を有するタービンケーシングを含むことができる。例えば、1以上の段を有するタービン応用の一実施形態では、タービンケーシングは、各段に対して、タービンの回転軸の周りに円周方向に位置付けられ且つ1以上のタービンブレードを密閉するシュラウド上に対応する第3及び第4のフックにそれぞれ結合するよう構成された第1及び第2のフックを含む。環状溝は、タービンケーシング上の第1及び第2のフックの各々に半径方向に延びることができる。両側部上に半径方向の溝を有するクーラントインサート要素は、環状溝の各々に挿入され、又は凹部に配置することができる。クーラントインサートの両側部上の半径方向溝は流体結合され、従って、各環状溝内に複数のほぼU字形の通路を形成することができる。複数の軸方向溝を有するカップリング部品は、環状溝間でタービンケーシング上に配置され、複数の軸方向通路を形成することができる。幾つかの実施形態では、カップリング部品は、ほぼリング形（例えば、環状）とすることができる。軸方向通路は、第1のフック内のU字形通路を第2のフック内のU字形通路に流体結合することができる。

20

30

【 0 0 1 4 】

上記で検討したように、タービンブレードとシュラウドとの間の半径方向ギャップは、温度変化又は他の要因に起因して運転中に増減することができる。例えば、運転中にタービンが加熱すると、タービンハウジング構成部品の熱膨張によってシュラウドが回転軸から離れて半径方向に移動するようになり、従って、ブレードとシュラウドとの間のクリアランスが増大する場合がある。このことは、半径方向ギャップを介してブレードを迂回する燃焼ガスが該ブレードによって取り込まれず、従って、回転エネルギーに変換されない理由から一般的には望ましいことではない。これによりタービンエンジンの効率及び出力が低下する。

40

【 0 0 1 5 】

クリアランスを制御するために、クーラント流を上述のU字形通路及び軸方向通路に導入することができる。クーラント流体は、タービンに流れる燃焼ガスよりも相対的に低温の場合があり、圧縮機の1以上の段から供給される空気とすることができる。他の実施形態では、別個の空気供給源及び/又は熱交換器を利用して、クーラント流を提供することができる。別の実施形態では、液体クーラントも使用することができる。作動時には、クーラントは、第1のフックのU字形通路の第1のセットに導入される。クーラントは、U字形通路の第1のセットを通り、すなわち半径方向に回転軸に向かった後に回転軸から離れて流れ、カップリング部品により定められる対応する軸方向通路に流入し、次いで、第2のフックのU字形通路の第2のセットに流れ込む。クーラントは、U字形通路の第2の

50

セットから出て、タービンケーシングの外側表面により定められる環状通路及び円周方向に配置されるクーラントスリーブに流入する。クーラントは、環状通路に沿って下流側（例えば、燃焼ガスの流れに対して）に流れることができ、タービンケーシング上の１以上の入口を介して環状通路から出ることができ、該入口は、環状通路をタービンケーシングの内側表面上のキャピティに流体結合する。本明細書で使用する用語「下流側」は、クーラント通路を通るクーラント流の軸方向（例えば、タービンを通る燃焼ガスの流れと同じ方向）を指し、用語「上流側」は、下流側方向のクーラントの流れと反対の軸方向を意味する点を理解されたい。

【００１６】

以下で更に詳細に検討するように、クーラント通路（例えば、Ｕ字形及び軸方向通路）を通るクーラントの流れは、強制対流冷却によりタービンケーシングを冷却することができる、これは、シュラウドの熱膨張を相殺及び／又は低減することができる。すなわち、タービンケーシングは、クーラント通路内のクーラントの温度及び／又は流量に基づいた一定量を収縮又は膨張させるよう構成することができる。コントローラは、クーラント流量及び／又は温度を能動的に制御するようタービンシステムと共に利用することができる。このようにして、回転タービンブレード及びシュラウドに対する所望のクリアランスを能動的に維持することができる。幾つかの実施形態において、クーラント通路は、タービンケーシングの種々の円周方向位置にて異なって構成することができる。例えば、熱的作用により敏感なタービンケーシング領域では、より多くのクーラント流（例えば、クーラント通路の濃度がより高い）を受けよう構成することができる。すなわち、タービンケーシング自体が非真円である場合、又は運転中に（不均一な熱膨張などによって引き起こされる変形に起因して）非真円になる場合でも、所望のクリアランスを維持することができる。クーラントインサート及びカップリング部品の各々は個々に作製できる点に留意されたい。従って、上述のクーラント通路を有するタービンケーシングの製造は、モジュール方式でタービンケーシングに容易に組み立てることができる（例えば、単一片の材料からタービンケーシングを機械加工するのとは対称的に）別個の個別部品としてクーラントインサート及びカップリング部品を設けることによって簡易化することができる。

【００１７】

更に、クーラントに加えて、加熱流体もまたクーラント通路に供給し、一定条件下での熱膨張の迅速化又は増大を行うことができる。例えば、過渡状態中、少なくとも運転が定常状態に達するまでは、より大きな半径方向ギャップを設けて摩擦の可能性を軽減するのが望ましいとすることができる。すなわち、本明細書ではＵ字形及び軸方向通路は「クーラント通路」と呼ばれるが、加熱流体を個々に供給し、一定条件下でのクリアランスの膨張を行うこともできる点は理解されたい。従って、コントローラは更に、温度センサ、振動センサ、位置センサ、その他などのセンサにより測定した動作条件を検知することができる。検知条件に応じて、実質的にタービン性能を最適にするために、クリアランスを減少（例えば、クーラントをクーラント通路に流すことによる）又は増大（加熱流体をクーラント通路に流すことによる）させることができる。これらの態様、利点、及び他の種々の特徴は、図１から９を参照しながら以下で検討する。

【００１８】

上記を考慮して、図１は、本発明の実施形態による、クリアランス制御用の半径方向及び軸方向クーラント通路を有するガスタービンエンジン１２を含む例示的なシステム１０のブロック図である。特定の実施形態では、システム１０は、航空機、船舶、機関車両、発電システム、又はこれらの何れかの組み合わせを含むことができる。従って、タービンエンジン１２は、発電機、プロペラ、トランスミッション、ドライブシステム、又はこれらの組み合わせなど、様々な負荷を駆動することができる。タービンシステム１０は、天然ガス及び／又は水素リッチ合成ガスなどの液体又はガス燃料を用いてタービンシステム１０を運転することができる。タービンエンジン１２は、吸気セクション１４、圧縮機１６、燃焼器セクション１８、タービン２０、及び排気セクション２２を含む。図１に示すように、タービン２０は、シャフト２４を介して圧縮機１６に駆動可能に結合することが

できる。

【 0 0 1 9 】

作動時には、空気が吸気セクション 1 4 を通ってタービンシステム 1 0 に流入し（矢印で示す）、圧縮機 1 6 を加圧することができる。圧縮機 1 6 は、シャフト 2 4 に結合された圧縮機ブレード 2 6 を含むことができる。圧縮機ブレード 2 6 は、シャフト 2 4 と、該圧縮機ブレード 2 6 が配置される圧縮機ハウジング 3 0 の内側壁又は表面 2 8 との間の半径方向ギャップにわたることができる。例示として、内側壁 2 8 は、ほぼ環状又は円錐の形状とすることができる。シャフト 2 4 の回転により圧縮機ブレード 2 6 の回転が生じ、これにより空気を圧縮機 1 6 に引き込み、燃焼室セクション 1 8 に入る前に空気を加圧することができる。燃焼室セクション 1 8 は、シャフト 2 4 の周りに円周方向又は環状に且つ圧縮機 1 6 とタービン 2 0 間に軸方向に配置された燃焼器ハウジング 3 2 を含む。燃焼器ハウジング 3 2 内では、燃焼室セクション 1 8 は、シャフト 2 4 の周りにほぼ円形又は環状構成で複数の円周位置に配置された複数の燃焼器 3 4 を含むことができる。加圧空気が圧縮機 1 6 から出て燃焼器 3 4 の各々に入ると、加圧空気は燃料と混合され、各それぞれの燃焼器 3 4 内で燃焼することができる。例えば、各燃焼器 3 4 は、1 以上の燃料ノズルを含むことができ、該ノズルは、燃料 - 空気混合気を最適燃焼、エミッション、燃料消費、及び出力に好適な比率で燃焼器 3 4 内に噴射することができる。空気及び燃料の燃焼は、高温の加圧排気ガスを生成することができ、次いで、これを利用してタービン 2 0 内の 1 以上のタービンブレード 3 6 を駆動することができる。

10

【 0 0 2 0 】

タービン 2 0 は、上述のタービンブレード 3 6 と、外側タービンケーシング 4 0 とを含むことができる。以下で更に詳細に示すように、外側ケーシング 4 0 は、タービンブレード 3 6 の周りに配置されたシュラウド 3 8 と、シュラウドに結合され且つ外側ケーシング内に同心状に配置される内側タービンケーシングとを含むことができる。タービンブレード 3 6 は、シャフト 2 4 に結合され、シャフト 2 4 とシュラウド 3 8 との間の半径方向ギャップにわたることができ、該シュラウドは、ほぼ環状又は円錐の形状とすることができる。小さな半径方向ギャップは一般に、タービンブレード 3 6 をシュラウド 3 8 から分離し、タービンブレード 3 6 及びシュラウド 3 8 間の接触の可能性を低減する。理解されるように、タービンブレード 3 6 及びシュラウド 3 8 間の接触は、一般に「摩擦」と呼ばれる望ましくない状態を生じる可能性があり、タービンエンジン 1 2 の 1 以上の構成部品に対する過度の摩耗又は損失をもたらす可能性がある。

20

30

【 0 0 2 1 】

タービン 2 0 は、タービンブレード 3 6 の各々をシャフト 2 4 に結合するロータ要素を含むことができる。加えて、本実施形態に示されたタービン 2 0 は、各々が図示のタービンブレード 3 6 のそれぞれ 1 つによって表される、3 つの段を含む。ノズルは、各段間に配置され、タービン 2 0 を通る燃焼ガスの流れを誘導することができる。他の構成ではこれよりも多い又は少ないタービン段を含むことができる点は理解されたい。作動時には、タービン 2 0 に流入し且つ貫流する燃焼ガスは、タービンブレード 3 6 に接触してこれらの間を流れ、これによりタービンブレード 3 6 すなわちシャフト 2 4 を駆動し回転させ、負荷を駆動する。また、シャフト 2 4 の回転によって、圧縮機 1 6 内のブレード 2 6 が吸気口 1 4 により受け取られる空気を吸い込み加圧するようになる。更に、幾つかの実施形態において、排気セクション 2 2 から出る排気は、例えば、ジェット機などの移動体への推力源として用いることができる。

40

【 0 0 2 2 】

図 1 に更に示すように、タービンシステム 1 0 は、クリアランス制御システム 4 4 を含むことができる。クリアランス制御システム 4 4 は、クリアランスコントローラ 4 6 と、タービンシステム 1 0 の種々の位置に配置することができる 1 以上のセンサ 4 8 とを含むことができる。クリアランスコントローラ 4 6 は、タービンブレード 3 6 及びシュラウド 3 8 間のクリアランス（例えば、半径方向ギャップ）を調整するためルーチン及びアルゴリズムを実行するようプログラムされた種々のハードウェア及び / 又はソフトウェア構成

50

要素を含むことができる。センサ 48 は、クリアランスコントローラ 46 がクリアランスを相応に能動制御できるように、タービンエンジン 12 の動作条件に関する種々のデータ 50 を伝達するのに用いることができる。例えば、センサ 48 は、温度を検知する温度センサ、振動を検知する振動センサ、流量を検知する流量センサ、位置センサ、又はシャフト 24 の回転速度、出力、その他などのタービンの種々の動作状態を検出するのに好適な他の何れかのセンサを含むことができる。センサ 48 は、タービン 20 に結合されるように図示されているが、吸気口 14、圧縮機 16、燃焼器 18、タービン 20、及び / 又は排気セクション 22、その他を含む、タービンシステム 10 の何れかの構成部品に位置付けることができる点を理解されたい。

【0023】

クーラント流は、流れ管路 52 及び 54 を介してタービン 20 のクーラント通路に供給することができる。図示のように、流れ管路 52 は、圧縮機 16 から吸い上げられた空気流を提供するよう構成することができる。理解されるように、圧縮機 16 の各連続する段において、吸気口 14 を介して受けられる空気は、増圧状態に曝され、従って、温度が上昇する。単に例証として、16 段圧縮機の 8 番目の段における加圧空気の温度は、およそ 400 から 600 °F の間とすることができ、12 番目の段における加圧空気の温度は、およそ 700 から 1000 °F の間とすることができ、圧縮機空気は燃焼器 34 に送給され、燃料と反応して燃焼プロセスを実施すると、燃焼器 34 内の結果として得られる燃焼ガスの温度は、およそ 2000 から 3500 °F の間又はそれよりも高い温度に達する場合がある。燃焼ガスが燃焼器 34 から出て、タービンセクション 20 に（例えば、排気ガスとして）入ると、燃焼ガスの温度は、例えば、およそ 900 から 1300 °F の間まで低温にすることができる。すなわち、圧縮機空気は、タービンセクション 20 に流れる燃焼ガスの温度に対して全体的に低温である点に留意されたい。従って、特定の実施形態において、コントローラ 46 は、動作条件の特定のセットの元で目標クリアランスを維持するのに必要な冷却量に応じて、圧縮機段の何れかから流れ管路 52 に対する空気源を選択するよう構成することができ、或いは、単一圧縮機段からの空気を用いて流量を変えることができる。

【0024】

流れ管路 54 は熱交換器 56 に結合され、該熱交換器 56 は、外部流体源 58 に結合される。熱交換器 56 は、システム 10 に統合することができ、或いは、別個の外部スキッド上に設けることもできる。熱交換器 56 は、コントローラ 46 からの制御信号 68 に応答して、例えば、検知されたデータ 50 に基づいて外部流体源 58 を所望の温度にまで冷却又は加熱することができる。すなわち、特定の目標クリアランスを維持するのに必要な冷却に基づいて、流れ管路 52 又は 54 の何れかを選択し、タービン 20 のクーラント通路にクーラント流を提供することができる。図示のように、流れ管路 52 又は 54 の何れかは、バルブ 60 及び 62 をそれぞれ含むことができる。コントローラ 46 は、制御信号 64 及び 66 をそれぞれ用いてバルブ 60 及び 62 を能動的に操作し、流れ管路 52 及び 54 を通るクーラントの流量を能動的に制御することができる。例証として、バルブ 60 及び 62 は、およそ 0 から 15 ポンド毎秒の間の範囲の流量を提供するよう構成することができる。一実施形態では、流量は、およそ 3、4、5、6、7、8、9、又は 10 ポンド毎秒よりも少なくとも小さくすることができる。別の実施形態では、バルブ 60 及び 62 は、開閉バルブとすることができ、コントローラは、開放状態と閉鎖状態との間でバルブ 60 及び 62 を切り替え、クーラント流を供給する、又は供給しないようにすることができる。加えて、上述のように、加熱流体はまた、タービン 20 のクーラント通路に送られ、過渡タービン運転状態などでクリアランスを増大させることができる。

【0025】

図 2 を参照すると、図 1 に概略的に示されたタービンエンジン 12 の一実施形態の切り欠き側面図が示されている。タービンエンジン 12 は、1 以上の燃焼器 34 内部に位置付けられる 1 以上の燃料ノズル 70 を含む。作動時には、吸気口 14 を通ってタービンエンジン 12 に空気が流入し、圧縮機 16 において加圧される。次いで、加圧空気がガスと混

10

20

30

40

50

合され、燃焼器 3 4 内で燃焼することができる。例えば、燃料ノズル 7 0 は、燃料 - 空気混合気を最適燃焼、エミッション、燃料消費、及び出力に好適な比率で燃焼器 3 4 内に噴射することができる。この燃焼は、高温の加圧排気ガスを生成し、次いで、該排気ガスがタービン 2 0 内の 1 以上のタービンブレード 3 6 を駆動してシャフト 2 4 を回転させる。シャフト 2 4 の回転により、圧縮機 1 6 内の圧縮機ブレード 2 6 が、吸気口 1 4 により受け取られる空気を吸い込み加圧するようになる。

【 0 0 2 6 】

以下で更に詳細に検討するように、タービン 2 0 は、シュラウド 3 8 に結合された内側タービンケーシングを含むことができる。複数の半径方向及び軸方向のクーラント通路は、上記で検討したように、流れ管路 5 2 及び / 又は 5 4 により提供されるクーラント流を受けることができる。クーラントがクーラント通路を流れると、強制対流冷却の原理によりタービンケーシングから熱が伝達され、すなわち、タービンケーシング及び / 又はシュラウドの熱膨張が低減され、タービンブレード 3 6 及びシュラウド 3 8 間の半径方向ギャップを低減することができる。一実施形態では、クーラントは、流れ管路 5 2 を介して供給される圧縮機空気の一部とすることができ、圧縮機 2 6 内に流れる空気全体のおよそ 0 . 1 から 1 0 パーセントの間とすることができ、例えば、流れ管路 5 2 を介して供給される圧縮機空気の一部は、全圧縮機空気のおよそ 0 . 1、0 . 5、1、2、3、4、5、6、7、8、9、又は 1 0 パーセントよりも少なくとも少ないものとすることができる。

【 0 0 2 7 】

本明細書で説明される能動クリアランス制御機能は、図 3 を参照するとより理解することができ、図 3 は、図 2 の弓状線 3 - 3 で囲まれた図 1 及び 2 のタービンセクション 2 0 の部分軸方向断面を示している。図示の実施形態は、第 1 段タービンブレード 3 6 a、第 2 段タービンブレード 3 6 b、及び第 3 段タービンブレード 3 6 c により示される、3 段タービンである。他の実施形態では、より少ないか又はより多くのタービン段を含むことができる。燃焼ガス 7 4 が燃焼器 3 4 の下流側端部から出ると、該燃焼ガス 7 4 は、燃焼ガス 7 4 を配向するよう構成された第 1 段ノズル 7 6 を通って第 1 段ブレード 3 6 a に向かって流れる。次いで、燃焼ガス 7 4 は、第 2 段ノズル 7 8 を通って第 2 段ブレード 3 6 b に向かって流れる。最後に、燃焼ガス 7 4 は、第 3 段ノズル 8 0 を通って第 3 段ブレード 3 6 c に向かって流れる。

【 0 0 2 8 】

図示のように、タービンブレード 3 6 a の先端 8 6 は、半径方向ギャップ 8 4 により内側シュラウドセクション 3 8 a から分離することができる。同様に、タービンブレード 3 6 b の先端 9 4 は、半径方向ギャップ 9 2 により内側シュラウドセクション 3 8 b から分離することができる。上記で検討したように、半径方向ギャップ 8 4 及び 9 2 は、タービンブレード 3 6 a 及び 3 8 b と、内側シュラウドセクション 3 8 a 及び 3 8 b との間の接触の可能性を低減し、更に、基準軸線で示すように、燃焼ガス 7 4 が下流側軸方向 1 4 0 に沿って下流側に流れるときに、タービンブレード 3 6 を迂回するための燃焼ガス 7 4 用経路を提供する。理解されるように、迂回ガスからのエネルギーはタービンブレード 3 6 により取り込まれずに回転エネルギーに変換され、従って、タービンエンジン 1 2 の効率及び出力を低下させるので、ガスバイパスは一般的に望ましい。すなわち、タービンシステム効率は、タービンブレード 3 6 により取り込まれる燃焼ガスの量に少なくとも部分的に依存する。従って、半径方向ギャップ 8 4 及び / 又は 9 2 を減少させることにより、タービン 2 0 からの出力を増大させることができる。しかしながら、上述のように、半径方向ギャップ 8 4 及び / 又は 9 2 が小さすぎる場合、タービンブレード 3 6 とシュラウド 3 8 との間に摩擦が生じる可能性があり、結果としてタービンエンジン 1 2 の構成部品に摩耗及び損傷が生じる場合がある。

【 0 0 2 9 】

開示される実施形態は、内側タービンケーシング 9 8 において複数の流体結合された半径方向及び軸方向クーラント通路にクーラントを供給し、タービン 2 0 の効率の向上と、タービンブレード 3 6 及び内側シュラウド 3 8 (例えば、3 8 a、3 8 b) 間の接触又は

10

20

30

40

50

摩擦の可能性低減との好適なバランスをもたらす。内側タービンケーシング 98 は、シュラウドセグメント上のそれぞれの対応するフックに結合するよう構成された複数のフックを含むことができる。例えば、タービン 20 の第 1 段を参照すると、内側タービンケーシング 98 は、内側シュラウドセクション 38 b の対応するフック 104 及び 106 それぞれに結合するフック 100 及び 102 を含む。第 2 段では、タービンケーシング 98 は、内側シュラウドセクション 38 b のそれぞれのフック 114 及び 116 に結合するフック 110 及び 112 を含む。タービンエンジン 12 の作動中、燃焼ガス 74 からの熱により、内側タービンケーシング 98 及びシュラウド 38 が熱的に膨張し、すなわち、タービンブレード 36 よりも大きな割合で半径方向 136 外向きに移動するようにすることができる。熱膨張が生じると、半径方向ギャップ 84 及び 92 が増大することができる。上記で検討したように、クリアランスの増大は、タービンブレード 36 を迂回するより多くのガスを生じさせ、従って、タービン出力及び効率が低下する。幾つかの実施形態において、内側シュラウドセクション 38 a 及び 38 b は、特定のクリアランスを維持するのに適切な制御措置を決定する際に使用するため、コントローラ 46 にデータをフィードバックすることができる位置センサを含むことができる。

【0030】

クリアランスを制御するために、複数の流体結合された半径方向及び軸方向クーラント通路を内側タービンケーシング 98 に設けることができる。例えば、タービン 20 の第 1 段を参照すると、環状溝 118 及び 120 は、フック 100 及び 102 にそれぞれ半径方向に延びる。クーラントインサートは、環状溝 118 及び 120 の各々に埋め込み又は挿入することができる。例えば、クーラントインサート 122 は、環状溝 118 に埋め込むことができ、クーラントインサート 124 は環状溝 120 に埋め込むことができる。この断面図には図示されていないが、クーラントインサート 122 及び 124 の各々は、上流側部上の複数の半径方向溝を含むことができ、その各々は、インサートの下流側上のそれぞれの半径方向溝に対応する。それぞれの溝 118 及び 120 に埋め込まれると、クーラントインサート 122 及び 124 上の半径方向溝は、複数の U 字形クーラント通路を形成することができ、クーラントインサートの下流側部上の対応する半径方向クーラント通路に流体結合されているクーラントインサートの上流側の半径方向クーラント通路を各々備える。換言すると、クーラントインサート 122 及び 124 は、環状溝 118 及び 120 に埋め込まれると、各環状溝 118 及び 120 に円周方向に離間して配置される複数の U 字形通路を形成することができる。以下で検討するように、環状溝 118 及び 120 内の U 字形通路は、複数の軸方向クーラント通路により流体結合され、フック 100 及び 102 の各々を通る（例えば、方向 136 及び 138 の）冷却流体の流れを提供することができる。

【0031】

ほぼ環状の外側タービンシュラウド 128 は、内側タービンケーシング 98 の周りに同心状に結合することができる。外側シュラウド 128 の上流側端部 132 は、複数の入口 130 を含むことができ、該入口は、外側タービンシュラウド 128 上に円周方向に配列され、矢印 133 で示されるように、流れ管路 52 及び / 又は 54 からのクーラントの流れを受けよう構成することができる。シール部材 134 は、内側タービンケーシング 98 と外側シュラウド 128 との間に配置され、クーラント流 133 を第 1 のクーラントインサート 122 の上流側部上の半径方向通路に配向するよう構成することができる。別の実施形態において、シール部材 134 は、別の開口を含むことができ、更にインサート 122 上の半径方向通路の入口に位置することができ、その結果、クーラント流が、シール部材上の開口を通り、インサート 122 の半径方向通路内に流入するようになる。従って、クーラントは、クーラントインサート 122 の上流側部上の半径方向通路に沿って半径方向 138（例えば、シャフト 24 の回転軸 139 に向かって）に流れ、次いで、クーラントインサート 122 の下流側に沿って反対の半径方向 136（例えば、シャフト 24 の回転軸 139 から離れて）に流れることができ、その結果、流路はほぼ U 字形となる。これに続いて、クーラントは、例えば、カップリング部品 142 により定められた 1 以上の

ほぼ軸方向の通路に沿って流れることができる。軸方向通路は、溝 1 1 8 内の U 字形通路を、溝 1 2 0 において同様に構成された U 字形通路に流体結合する。従って、クーラントは、カップリング部品 1 4 2 の軸方向通路に沿って軸方向 1 4 0 に流れ、次いで、第 2 のクーラントインサート 1 2 4 (例えば、溝 1 2 0 における)の上流側部上の半径方向通路に流入する。次に、クーラントは、クーラントインサート 1 2 4 の上流側部上の半径方向通路に沿って半径方向 1 3 8 に流れた後、インサート 1 2 4 の下流側の対応する半径方向通路に沿って半径方向 1 3 6 に流れる。

【 0 0 3 2 】

クーラント流がインサート 1 2 4 の下流側半径方向通路から出ると、クーラントは、内側タービンケーシング 9 8 の外側表面とクーラントシール 1 4 4 との間に形成された環状通路 1 4 3 に流入する。これに続いて、クーラントは、内側タービンケーシング 9 8 の外側表面にほぼ沿って下流側 (方向 1 4 0) に複数の入口 1 4 6 に向かって流れ、該入口は、タービンケーシング 9 8 上に円周方向に配列することができる。クーラント流は、環状通路 1 4 3 から出てキャビティ 1 4 8 に流入する。ここから流出するクーラント流は分散することができ、及び / 又は排気セクション 2 2 に向けて更に下流側に送ることができる。通路 1 4 6 は、本実施形態においてはクーラントをキャビティ 1 4 8 内に放出するように示されているが、他の実施形態では、通路 1 4 6 は、例えば、フック 1 1 0 及び 1 1 2 間の領域内など、内側タービンケーシング 9 8 に沿った異なる位置に配置することができる。本明細書で検討した U 字形通路及び軸方向通路の構成を以下で更に詳細に例示し検討する。

【 0 0 3 3 】

領域 1 5 0 は、外側シュラウド 1 2 8 及び内側タービンケーシング 9 8 によって形成することができる。クーラント流 (例えば、U 字形通路及び軸方向通路を通る) と、外側タービンケーシング 4 0 及び外側シュラウド 1 2 8 間のキャビティ 1 5 2 を通る空気流との境界部としての役割を果たすことができる。キャビティは、入口 1 5 4 及び 1 5 6 を介して空気流を受けることができる。キャビティ 1 5 2 内の空気と内側タービンケーシング 9 8 を通って流れるクーラントとの間に存在することができる圧力差によって、領域 1 5 0 は絶縁性を提供することができる。幾つかの実施形態では、領域 1 5 0 は、絶縁材料を充填してもよい。

【 0 0 3 4 】

理解されるように、クーラントが、U 字形通路を通りフック 1 0 0 及び 1 0 2 に流入すると、強制対流冷却によって熱伝達を行うことができる。従って、内側タービンケーシング 9 8 が次第に冷却されると、熱膨張が減少し、従って、内側タービンケーシング 9 8 及び特にフック 1 0 0 及び 1 0 2 が半径方向 1 3 8 で収縮して半径方向ギャップが減少するようになることができる。単なる例証として、本明細書で開示されるクリアランス制御技術を用いた内側タービンケーシング 9 8 の膨張 / 収縮の範囲は、内側タービンケーシング 9 8 の直径 (例えば、燃焼器 3 4 のノズルに結合された端部にて測定) の関数として表すことができる。例えば、膨張 / 収縮の範囲は、直径のおよそ 1 から 3 径方向ミル毎インチとすることができる。従って、一実施形態を提供するために、内側タービンケーシング 9 8 直径が 1 0 0 インチ、膨張量が直径の 1 . 2 5 径方向ミル毎インチと仮定すると、内側タービンケーシング 9 8 の膨張 / 収縮範囲は、回転軸 1 3 9 に対してほぼ 1 2 5 径方向ミル毎インチ (0 . 1 2 5 径方向インチ) とすることができる。同様に、膨張量が、直径の 2 半径方向ミル毎インチである場合、内側タービンケーシング 9 8 の膨張 / 収縮範囲は、回転軸 1 3 9 に対しておよそ 2 0 0 径方向ミル (0 . 2 径方向インチ) とすることができる。この場合も同様に、本明細書で提供される特定の関係は単なる例証である点を理解されたい。実際に、特定の実施、動作温度、材料、及び / 又は使用するクーラントに応じて、様々な割合の膨張 / 収縮を達成することができる。

【 0 0 3 5 】

更に、クーラント通路の同様の構成は、半径方向ギャップ 9 2 のクリアランス制御を向上させるためにフック 1 1 0 及び 1 1 2 において実施することができる点に留意されたい

。実際に、タービンエンジン 12 の構造に応じて、本明細書で検討されるクーラント通路の構成は、1 以上のタービン段において実施することができる。簡単にするために、図 3 のタービン 20 の第 1 の段におけるクーラント通路だけが図示され説明されている。

【0036】

ここで図 4 を参照すると、一実施形態による内側タービンケーシング 98、クーラントインサート 122 及び 124、並びにカップリング部品 142 の部分分解斜視図が示されている。環状溝 118 から完全に分解され且つ半径方向高さ 164 を有して示される第 1 のインサート 122 は、上流側部 160 上の半径方向溝 166 と、下流側部 162 上の半径方向溝 168 とを含む。半径方向溝 166 及び 168 は、インサート 122 のベースにおいて軸方向スペース 163 により流体結合され、従って、ほぼ U 字形の溝を定め、環状溝 118 に埋め込まれると第 1 の複数の U 字形通路を形成する。更に、この実施形態において、半径方向溝 166 は、インサート 122 の半径方向高さ 164 全体に沿って延びることができるが、半径方向溝 168 は、半径方向高さ 164 の一部だけに沿って延びることができ、その結果、クーラントがカップリング部品 142 の底部側部上の対応する軸方向溝 172 に配向されるようになり、これは、カップリング部品 142 が内側タービンケーシング 98 上に組み付けられたときに軸方向通路を形成する。

【0037】

第 2 のインサート 124 は、環状溝 120 から部分的に分解され、半径方向高さ 178 を有するように示されている。内側タービンケーシング 98 並びにインサート 122 及び 124 の構造に応じて、半径方向高さ 164 及び 178 は同じとすることができ、或いは異なることもできる。インサート 124 は、上流側部 174 上には半径方向溝 180 (仮想線で示される) を含み、下流側部 176 上には半径方向溝 182 を含む。半径方向溝 180 及び 182 は、インサート 124 のベースにおいて軸方向スペース 183 により流体結合され、従って、ほぼ U 字形の溝を定め、環状溝 120 に埋め込まれると第 2 の複数の U 字形通路を形成する。更に、図示のように、環状溝 180 は、高さ 178 の一部だけに沿って延びて、半径方向 138 で軸方向通路 172 から流出するクーラント流を配向することができる。半径方向溝 182 は、インサート 12

4 の半径方向高さ 178 全体に沿って延びて、環状通路 143 (図 3) へのクーラント流用の出口を提供することができる。

【0038】

本発明の実施形態によれば、冷却インサート 122 及び 124 は、環状溝 118 及び 120 の円周方向にほぼわたるが、複数のセグメント (例えば、2 から 100 セグメント) から形成することができる。例えば、冷却インサート 122 は、4 つの弓形セグメントを含むことができ、各々は、環状溝 118 の円周方向 90 度にわたる。一実施形態では、セグメントの各々は、コントローラ 46 により独立して制御することができる。例えば、別個の独立したクーラント流は、流れ管路 52 に沿って設けられ、各それぞれの個々のインサートセグメントの U 字形通路に配向することができる。加えて、特定のインサートセグメントが位置付けられる内側タービンケーシング 98 の熱特性に応じて、各インサートセグメント上の半径方向溝の構造を変えることができる。例えば、内側タービンケーシング 98 の特定の熱的に敏感なセクションにおけるインサートは、他のセグメントよりも多くのクーラントを受け取るよう構成することができ、及び / 又はより多くの及び / 又はより深い半径方向溝 166 及び 168 を含むことができる。別の実施形態では、半径方向溝 166 及び 168 は、インサート 122 の各セグメントについてほぼ均一にすることができ、コントローラ 46 は、各インサートセグメントの温度特性に応じて、様々な温度及び / 又は流量のクーラントの独立した流れを配向することができる。例えば、タービンケーシング 98 の特定のセクションがより急激に膨張する場合、コントローラ 46 は、より低温の圧縮機段からのクーラント流を供給し、或いは、クーラントの流量を増大させることができる。同様に、タービンケーシング 98 の特定のセクションがより緩慢に膨張する場合、コントローラ 46 は、より暖かい又はより高温の圧縮機段からのクーラント流を供給し、或いは、クーラントのより緩慢な流量を提供することができる。他の実施形態では、タ

ーピンケーシング 9 8 自体及び / 又はカップリング部品 1 4 2 は、ボルト又は締結部材の他の何れかのタイプを通すことによって結合される複数のセクションを含むことができる。

【 0 0 3 9 】

理解されるように、インサートの複数のセクション（セグメント化することができる）へのクーラント流の独立した制御は、非真円問題に対処するのに特に有用とすることができる。例えば、幾つかの実施形態では、ターピンケーシング 9 8 は、シャフト 2 4 中心線（例えば、回転軸 1 3 9）を通る平面にて分割され、例えばサービス及びメンテナンス中にタービン 2 0 の内部構成部品に良好にアクセス可能にすることができることに起因して、該ターピンケーシング 9 8 は、運転中に変形する可能性がある。このような構造において、水平ジョイントを用いて、内側ターピンケーシング 9 8 の 2 つの要素を組み合わせることができる。例証として、ジョイントは、フランジ間のクランプ圧をもたらす貫通ボルトを備えた 2 つの嵌合フランジを含み、従って、ターピンケーシング 9 8 の部品を共に結合することができる。しかしながら、フランジが存在することによる半径方向厚みの追加は、ターピンケーシング 9 8 の残りの部分とは異なるフランジの全体的近接の熱応答、並びにタービン 2 0 の作動中に生じる可能性のある円周方向応力の不連続性を生じる可能性がある。フランジジョイントにおける熱応答及び応力不連続性の組み合わせられた作用によって、ターピンケーシング 9 8 がタービン 2 0 の運転中に非真円になる可能性がある。従って、独立して制御可能なクーラント流を内側ターピンケーシング 9 8 の複数のセクションに提供することにより、熱膨張を制御して、非真円に起因するターピンケーシング 9 8 の非円形を補正し、従って、ターピンケーシング 9 8 及びシュラウド 3 8 の可能性のある非円形にもかかわらず、タービン 2 0 の円周全体の周りに好適なクリアランスを維持することができる。

【 0 0 4 0 】

次に進む前に、クーラントインサート 1 2 2 及び 1 2 4 並びにカップリング部品 1 4 2 の各々は個々に作製又は製造（例えば、機械加工による）することができる点に留意されたい。従って、内側ターピンケーシング 9 8 の製造コストは、ボルト、ネジ、溶接、及び同様のものなどの固定技術の好適な何れかのタイプを用いて、モジュール方式でターピンケーシング 9 8 に組み立てることができる別個の個別部品としてクーラントインサート 1 2 2 及びカップリング部品 1 4 2 を設けることによって簡易化することができる。他の実施形態では、カップリング部品 1 4 2 はまた、単一の固体部品（例えば、モジュールではない）とすることができる。加えて、別の実施形態では、カップリング部品 1 4 2 は、溝 1 7 2 の無い環状部材として設けることができ、その結果、環状通路が形成され、カップリング部品 1 4 2 がインサート 1 2 2 及び 1 2 4 に固定されるようになる。このような実施形態では、インサート 1 2 2 から流出するクーラント流が環状通路（別個のそれぞれの軸方向溝ではない）に入り、インサート 1 2 4 上の半径方向通路に流れる。単なる例証として、このような実施形態では、カップリング部品 1 4 2 は、内側ターピンケーシング 9 8 の周りに同心状に取り付けて、インサート 1 2 2 及び 1 2 4 上に半径方向通路を結合する環状通路を定めるよう適合された環状シート要素とすることができる。更に、溝 1 7 2 は、図示の実施形態では軸方向 1 3 9 にほぼ直線状で且つ互いに平行として描かれているが、当該溝 1 7 2 は、異なる実施形態では他の構造を有することができる点は理解されたい。例えば、溝 1 7 2 はまた、湾曲及び / 又は V 字形（例えば、互いに平行ではない）の通路、或いは半径方向及び / 又は円周方向要素（回転軸に対して）と組み合わせた軸方向構成要素を有する通路を定めることができる。

【 0 0 4 1 】

続いて図 5 を参照すると、図 3 の切り欠き線 5 - 5 に沿った内側ターピンケーシング 9 8 及びクーラントインサート 1 2 2 の一部を示す部分半径方向断面が示される。図示のように、クーラントインサート 1 2 2 は、環状溝 1 1 8 内に埋め込まれる。インサート 1 2 2 の上流側部 1 6 0 は、上記で検討した複数の半径方向溝 1 6 6 を含み、環状溝 1 1 8 に埋め込まれたときに半径方向通路を形成する。本明細書において、インサート 1 2 2 及び

10

20

30

40

50

124又はカップリング部品142上の対応する溝を介して形成される冷却通路は、同じ参照符号を用いて示すことにする。

【0042】

本発明の実施形態において、半径方向通路166は、4つのグループで構成されるが、他の何れかの好適な構成を実施することができる。半径方向通路166の各グループ間では、インサート122は、開口194を有する非溝付きの部分189を含むことができる。開口194は、組み立て中に内側タービンケーシング98にインサート122を固定するためのボルト又はネジ、或いは他の何らかの好適なタイプの固定装置を受けるよう構成することができる。上記で検討したように、クーラント流は、流れ矢印190で示すように、インサート122の上流側部160上の半径方向通路166の各々に配向される。クーラントは、シャフト24の回転軸139(図3)に向かって且つ軸方向スペース163を通過して下流側部162(仮想矢印及びリード線で示される)上の対応する半径方向通路168に流入する。上記で検討したように、半径方向通路168は、半径方向高さ164の一部に沿ってのみ流れ、カップリング部品142上に形成された対応する下流側軸方向通路内にクーラント流を配向するようにする。

【0043】

ここで図6を参照すると、図3の切り欠き線6-6に沿った内側タービンケーシング98及びカップリング部品142の一部を示す部分半径方向断面図が示される。図示のように、カップリング部品142は、内側タービンケーシング98上に組み立てられて軸方向通路172を形成する。カップリング部品142は、インサート122上の開口194と整列することができる開口196を含むことができる。従って、インサート122を内側タービンケーシング98に固定するのに使用される締結部材(例えば、ボルト、スクリュー)は、開口196を貫通して延びて、カップリング部品142をインサート122及び内側タービンケーシング98に付加的に固定することができる。図示の実施形態において、軸方向通路172は一般に、図5に示す半径方向U字形通路の各グループと一対一で対応する4つのグループに構成される。すなわち、各半径方向通路168(インサート122の下流側部162上の)は、図示の軸方向通路172のそれぞれの通路に流体結合することができる。

【0044】

幾つかの実施形態では、軸方向通路172は、半径方向通路168に一対一で対応しなくてもよい。例えば、図7を参照すると、図3の切り欠き線6-6に沿った内側タービンケーシング98及びカップリング部品142の一部の別の実施形態を示す部分半径方向断面図が示される。ここで、軸方向通路172は、半径方向溝168の2以上に対応することができる。例えば、図示のように、軸方向通路172aは、2つの半径方向通路168に流体結合することができ、軸方向通路172bは、4つの半径方向通路168のグループ全体に流体結合することができる。上記で検討したように、半径方向溝168から流出するクーラントは、軸方向(図3の方向140)下流側に流れ環状溝120内のインサート124上の第2の複数のU字形通路に入ることができる。クーラントは、インサート124の下流側部上の半径方向通路182から出て、クーラントシール144及び内側タービンケーシング98により形成された環状通路143に流入することができる。

【0045】

U字形通路及び軸方向通路を通るクーラントの流路は、図8を参照して説明するとより理解することができ、図8は、図3の弓状線8-8で囲まれ且つ図5の切り欠き線8-8に沿った内側タービンケーシング98のより詳細な部分軸方向断面である。図8に示すように、クーラント流れ管路52又は54によって(コントローラ46を介して)提供することができるクーラントの流れ133は、外側シュラウド128の上流側端部132に沿って円周方向に配列することができる。クーラント流133は、キャビティ198に流入し、方向138で半径方向通路166に配向される。上記で検討したように、半径方向通路166は、環状溝118に挿入されたときにインサート122の上流側部上の半径方向溝により形成される。クーラントは、軸方向スペース163に達するまで方向138に流

れ続ける。ここで、クーラント流が反転（矢印 200）し、半径方向通路 168 に沿って方向 136 に流れる。クーラントは、半径方向通路 168 から軸方向通路 172 に流入し、内側タービンケーシング 98 にカップリング部品 142 を組み立てることにより形成することができる。

【0046】

クーラントは、軸方向通路 172（矢印 202）に沿って流れて進み、インサート 124 の上流側部上の半径方向通路 180 に流入する。クーラントは、軸方向 183 に達するまで方向 138 に半径方向通路（矢印 204）を通して配向される。次いで、クーラントは、半径方向通路 182（矢印 206）を通して方向 136 に流れ、最終的には半径方向通路 182 から出て、上記で検討したように内側タービンケーシング 98 及びクーラントシール 144 の外側表面により定められる環状通路 143 に流入する。次いで、クーラントは、続いて下流側（方向 140）に流れ、最終的には、1 以上の入口 146（図 3）により環状通路 142 から出る。上記で検討したように、領域 150 は、内側タービンケーシング 98 と外側シュラウド 128 との間に定めることができる。

【0047】

上記で検討したように、U 字形通路を通るクーラントの流れは、強制対流冷却により熱伝達を可能にする。フック 100 及び 102 への半径方向通路提供することによって、本発明は、これらの領域における熱伝達を向上させ、より効率的なクリアランス制御を提供する。詳細には、U 字形半径方向通路を有するインサート 122 及び 124 は、フック 100 及び 102 へのより深い（例えば、半径方向 138 の）冷却を可能にし、従って、半径方向の冷却のパーセンテージをより大きくし、結果としてより大きな範囲のクリアランス制御をもたらす。本質的に、冷却容積がより大きいことにより、クーラントは、内側タービンケーシング 98 のより多くの膨張及び収縮を提供できるようになる。理解されるように、提供される膨張及び収縮度は、U 字形半径方向通路がフック 100 及び 102 内に半径方向に延びる深さに多少比例することができる。詳細には、より深い冷却（例えば、フック 100 及び 102 内への）によって、クーラントのより効率的な使用が、内側ケーシング要素 98 の収縮 / 膨張を改善することができる。フックへのより深い冷却は、内側タービンケーシング 98 のより低い平均温度になることができる熱障壁を提供することができる。加えて、カップリング部品 142 を介して形成される軸方向通路 172 が熱障壁を提供することができ、インサート 122 及び 124 間で且つ軸方向通路 172（例えば、半径方向 136 の）の上のスペースにわたってほぼ一定の温度が存在するようになる。

【0048】

上記で検討したように、センサ 48 から受け取ったデータ 50 は、タービン 20 の 1 以上のセクションに提供されるクーラントの流量及び / 又は温度を変化させるのにクリアランスコントローラ 46 が利用することができる。クリアランスを減少させるべきであるとコントローラ 46 が判断した場合、半径方向通路 166、168、軸方向通路 172、並びに半径方向通路 180 及び 182 は熱を除去し、すなわち、タービン運転中の内側タービンケーシング 98 の熱膨張を低減することができる。内側タービンケーシング 98 が収縮すると、フック 100 及び 102 は、シャフト 24 の回転軸 139（方向 138）に向かって半径方向に収縮することができ、すなわち、シュラウド（例えば、内側シュラウドセクション 38a）が回転軸 139（方向 138）に向かって半径方向に移動するようになる。従って、シュラウド 38 とタービンブレード 36 との間の半径方向ギャップ（例えば、84）が減少し、これによりタービン出力及び効率が向上する。

【0049】

加えて、幾つかの実施形態では、加熱流体はまた、半径方向通路 166、168、軸方向通路 172、並びに径方向通路 180 及び 182 に導入され、過渡状態の間のように、熱膨張を増大又は促進することができる。例えば、始動時には、少なくとも運転が定常状態に達するまでは摩擦の可能性を軽減するためにクリアランスの度合いを大きくするのが望ましいとすることができる。

【0050】

ここで図 9 を参照すると、タービンエンジン 12 の測定パラメータに基づいてクリアランスを能動的に調整するコンピュータ実装方法 212 が示されている。方法 212 は、ブロック 214 で示すように、タービンエンジン 12 の 1 以上のパラメータを監視する段階で始まることができる。パラメータは、上記で検討したタービンセンサ 48 により測定することができ、適切なクリアランスを決定するのに使用できるタービンエンジン 12 の何れかの好適なパラメータに関連することができる。例えば、幾つかのパラメータは、タービン 20 内の温度又はタービン 20 の特定の構成部品（例えば、ブレード 36、内側タービンケーシング 98、その他）の温度、タービン 20 の振動レベル、シャフト 24 の回転速度、タービンエンジン 12 の出力、燃焼ガスの流量、圧力データ、又はこれらの組み合わせに関連することができる。加えて、一部のパラメータは、タービンエンジン 12 の制御入力に関連することができる。例えば、一部のパラメータは、タービンエンジン 12 の特定の出力レベル又は運転状態、タービンエンジン 12 が始動してからの経過時間、又は始動及び / 又は運転停止入力に関連することができる。

【0051】

次に、ブロック 214 で監視したタービンエンジン 12 のパラメータを用いて、決定ブロック 216 及び 218 で所望のクリアランス設定を決定することができる。例えば、検知されたブロック 214 からパラメータに基づいて、コントローラ 46 は、ブロック 216 において、パラメータがタービンエンジン 12 の過渡状態、すなわちタービンエンジン 12 の変化するパラメータがクリアランスの急激な変化を引き起こす傾向を有する可能性がある状態を示すか否かを判断することができる。例えば、1 以上のパラメータは、外側ケーシング 40、内側ケーシング 98、ブレード 36、又はタービンエンジン 12 の他の幾つかの構成部品の温度に関連することができる。温度が急激に変化しているように検出された場合、これは、タービンエンジン 12 が始動又は運転停止などの過渡状態にあることを示すことができる。

【0052】

過渡状態が検出されると、方法 212 は、ブロック 218 に進み、ここでは過渡状態設定を達成する制御措置が実施される。例えば、一実施形態では、過渡状態中のシュラウドセクション 38 及びタービンブレード 36 間の接触の可能性を低減するためにクリアランスを可能な限り迅速に最大レベルに設定することを目的として、このような制御措置により、タービンフック 100 及び 102 内のクーラント通路に加熱流体を通すことで内側タービンケーシング 98 の熱膨張を増大又は促進させることができる。その後、方法 212 は、ブロック 214 に戻り、引き続きタービンエンジン 12 の運転パラメータを監視することができる。一実施形態では、タービンエンジン 12 が過渡状態又は定常状態の何れで運転しているかに関する判断はまた、タービンエンジン 12 の始動後又は出力設定の他の何らかの変化の後に定常状態に達するのに必要な時間に関する経験的測定値又は理論推定値に基づくことができる。経験的データを用いて、タービンエンジン 12 の出力設定の何らかの変化が開始した後に定常状態に達するのに必要な時間を表す指定時間定数をクリアランスコントローラ 46 にプログラムすることができる。例えば、タービンエンジン 12 の出力設定の特定の変化が起こった後、クリアランスコントローラ 46 は、出力設定の変化以降の経過した時間を追跡し、タービンエンジン 12 が過渡状態か安定状態かを判断することができる。経過時間が指定時間定数よりも大きい場合、これは、タービンエンジン 12 が定常運転状態に達したことを示すことができる。しかしながら、経過時間が指定時間定数よりも小さい場合、これは、タービンエンジン 12 がまだ過渡運転状態にあることを示すことができる。

【0053】

決定ブロック 216 を参照すると、監視パラメータが過渡状態を示していない場合、方法 120 は、定常状態決定ブロック 220 に進むことができる。例えば、測定パラメータ（例えば、温度）がある時間期間にわたって比較的一定であると判断される場合、これは、タービンエンジン 12 が定常運転状態に達したことを示すことができる。従って、方法 212 がステップ 222 に進み、ここで、定常状態設定を得るための 1 以上の制御措置が

実施される。例えば、このような制御措置は、コントローラ 46 により実施されて、シュラウド 38 とタービンブレード 36 間のクリアランスを減少させることができる。例えば、コントローラ 46 は、(バルブ 60 及び 62 を操作することにより) 流れ管路 52 又は 54 などを通じてクーラント流に導入することができる。上記で検討したように、クーラントは、U 字形通路 (166 及び 168、180 及び 182) 及び軸方向通路 172 を通って流れ、従って、強制対流熱伝達を介してフック 100 及び 102 を冷却し、タービンケーシング 98 の熱膨張を低減又は反転することができる。内側タービンケーシング 98 が収縮すると、フック 100 及び 102 は、シャフト 24 の回転軸に向かって (方向 138) 半径方向に収縮し、従って、シュラウド (例えば、内側シュラウドセクション 38a) が回転軸に向かって (方向 138) 半径方向に移動できるようにする。従って、シュラウド 38 とタービンブレード 36 間の半径方向ギャップ (例えば、84) が減少し、これによりタービン出力及び効率を増大させる。その後、方法 212 は、ブロック 222 からブロック 214 に戻り、タービンエンジン 12 の運転パラメータの監視を継続する。加えて、方法 212 はまた、決定ブロック 220 からブロック 214 に戻り、決定ブロック 216 及び 220 で過渡状態又は定常状態が何れも検出されないかどうかタービンパラメータの監視を継続する。

10

【0054】

上記の説明では、タービン 20 の第 1 の段に全体として相当するフック 100 及び 102 に関してクーラント通路の構成に重点を置いたが、上述の技術はタービン 20 の他の段においても実施できることは理解されたい。例えば、クーラント通路の同様の構成は、タービン 20 (図 3) の第 2 の段のフック 110 及び 112 に設けることができる。実際には、複数の段のタービン 20 において、クーラント通路は、タービン段の 1 以上に設けることができる。更に、本発明の実施例は、タービンエンジンシステムのタービンに関して本明細書で記載されるクリアランス制御技術の応用について全体的に記載しているが、前述の技術はまた、タービンエンジンシステムの圧縮機に、並びに固定及び回転構成部品間でクリアランスを維持するような、固定及び回転構成部品を含むシステムの何れかのタイプに適用することができる点は更に理解されたい。

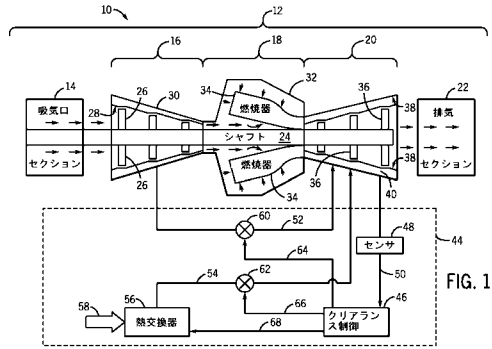
20

【0055】

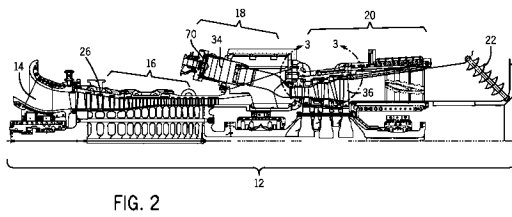
本明細書では、本発明を最良の形態を含めて開示するとともに、装置又はシステムの製造・使用及び方法の実施を始め、本発明を当業者が実施できるようにするため、例を用いて説明してきた。本発明の特許性を有する範囲は、特許請求の範囲によって規定され、当業者に自明な他の例も包含する。かかる他の例は、特許請求の範囲の文言上の差のない構成要素を有しているか、或いは特許請求の範囲の文言と実質的な差のない均等な構成要素を有していれば、特許請求の範囲に記載された技術的範囲に属する。

30

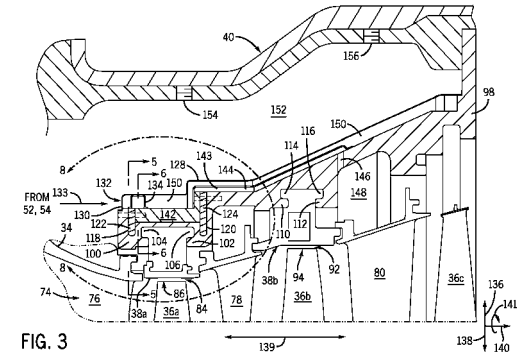
【図 1】



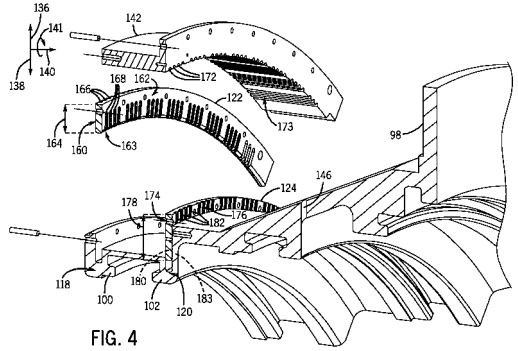
【図 2】



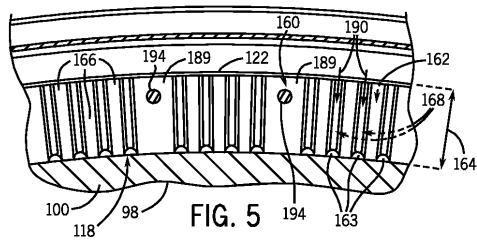
【図 3】



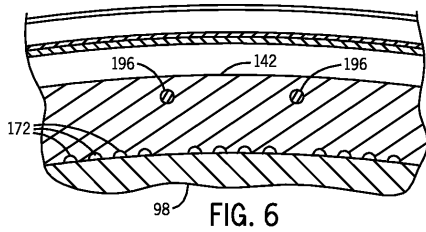
【図 4】



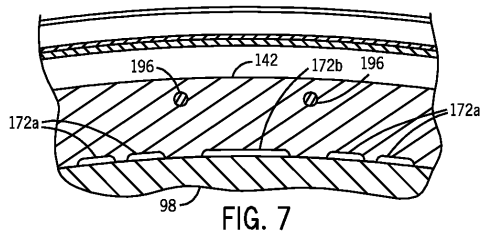
【図 5】



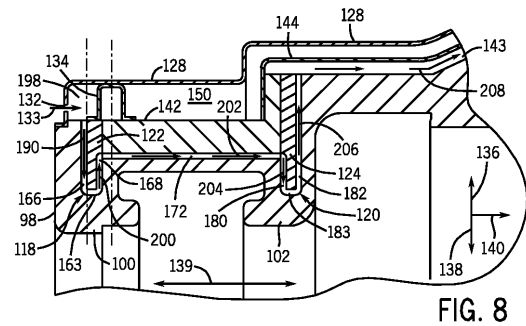
【図 6】



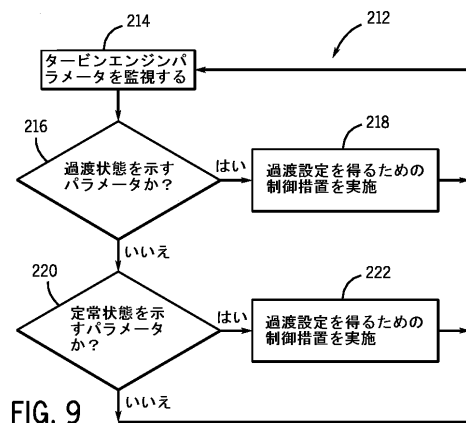
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 ヘンリー・ジー・バラード, ジュニア

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、イーズリー、バラード・ヒル・ロード、191番

(72)発明者 ブラッド・ミラー

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、シンプソンヴィル、リンフィールド・コート、6番

審査官 米澤 篤

(56)参考文献 米国特許第07434402(US, B1)

特開2005-054777(JP, A)

特開平04-301102(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/18

F01D 11/08

F02C 7/28