

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6122315号
(P6122315)

(45) 発行日 平成29年4月26日(2017.4.26)

(24) 登録日 平成29年4月7日(2017.4.7)

(51) Int.Cl.

F 1

F23R 3/06 (2006.01)
F23R 3/34 (2006.01)F23R 3/06
F23R 3/34

請求項の数 16 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-44911 (P2013-44911)
 (22) 出願日 平成25年3月7日 (2013.3.7)
 (65) 公開番号 特開2013-190198 (P2013-190198A)
 (43) 公開日 平成25年9月26日 (2013.9.26)
 審査請求日 平成28年3月3日 (2016.3.3)
 (31) 優先権主張番号 13/417, 405
 (32) 優先日 平成24年3月12日 (2012.3.12)
 (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 智志
 (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】燃焼器に作動流体を供給するためのシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼器に作動流体を供給するためのシステムであって、
 a . 燃焼室と、
 b . 燃焼室の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナーと、
 c . ライナーの少なくとも一部分を周方向に囲繞するフロースリーブと、
 d . 作動流体をフロースリーブ及びライナーを通して燃焼室へと流体連通させる管であつて、フロースリーブとライナーの間で螺旋形をなす管と、
 を備える、システム。

【請求項 2】

前記管が、ライナーを通るテープ端を備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記テープ端が非対称である、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記テープ端が、第 1 の鋭角でライナーと交差する第 1 の側面と、第 1 の側面と反対側の第 2 の側面であつて第 2 の角度でライナーと交差する第 2 の側面とを備え、第 1 の鋭角が第 2 の角度より小さい、請求項 2 または 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記管が長手方向軸を有する橢円形断面を備える、請求項 1 から 4 のいずれかに記載のシステム。

10

20

【請求項 6】

前記楕円形断面の長手方向軸は、管がライナーを通る燃焼室の長手方向軸に対して角度をなす、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記管の周りで周方向に配置された複数の燃料ポートをさらに備える、請求項 1 から 6 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 8】

前記フロースリーブの内部に管と流体連通する燃料流路をさらに備える、請求項 1 から 7 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 9】

燃焼器に作動流体を供給するためのシステムであって、

- a . 燃焼室と、
- b . 燃焼室の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナーと、
- c . ライナーの少なくとも一部分を周方向に囲繞するフロースリーブと、
- d . フロースリーブ及びライナーを通して燃焼室へと流体連通させる管であって、第 1 の鋭角でライナーと交差する第 1 の側面及び第 1 の側面と反対側の第 2 の側面であって第 2 の角度でライナーと交差する第 2 の側面を備え、第 1 の鋭角が第 2 の角度より小さい、フロースリーブとライナーの間で螺旋形をなす管と、

を備える、システム。

【請求項 10】

前記管が、長手方向軸を有する楕円形断面を備える、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記楕円形断面の長手方向軸が、管がライナーを通る、燃焼室の長手方向軸に対して角度をなす、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記管の周りで周方向に配置された複数の燃料ポートをさらに備える、請求項 9 から 1 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 13】

前記フロースリーブの内部に管と流体連通する燃料流路をさらに備える、請求項 9 から 12 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 14】

燃焼器に作動流体を供給するためのシステムであって、

- a . 燃焼室と、
- b . 燃焼室の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナーと、
- c . ライナーの少なくとも一部分を周方向に囲繞するフロースリーブと、
- d . 作動流体をフロースリーブ及びライナーを通して燃焼室へと流体連通させる管であって、長手方向軸を有する楕円形断面を備え、楕円形断面の長手方向軸は、管がライナーを通る、燃焼室の長手方向軸に対して角度をなす、フロースリーブとライナーの間で螺旋形をなす管と、

を備える、システム。

【請求項 15】

前記管が、ライナーを通るテーパ端を備える、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記テーパ端が、第 1 の鋭角でライナーと交差する第 1 の側面と、第 1 の側面と反対側の第 2 の側面であって第 2 の角度でライナーと交差する第 2 の側面とを備え、第 1 の鋭角が第 2 の角度より小さい、請求項 15 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

10

20

30

40

50

本発明は、一般に、燃焼器に作動流体を供給するためのシステムに関する。特定の実施形態では、本発明は、燃焼室の周りで周方向に配置された後期リーン噴射器 (late lean injector) で燃焼室にリーン混合気を供給できる。

【背景技術】

【0002】

燃焼器は、産業及び発電運転で燃料を点火して高温高圧燃焼ガスを生成するのに常用されている。例えば、ガスタービンは、一般に電力又は推進力を生成するための1以上の燃焼器を含む。発電に用いられる一般的なガスタービンは、前方に軸流圧縮機、中央付近に1以上の燃焼器及び後方にタービンを含む。周囲空気を圧縮機に供給し、圧縮機の動翼及び静翼が漸次作動流体(空気)に運動エネルギーを与え、高エネルギー状態の圧縮作動流体をもたらす。圧縮された作動流体が、圧縮機から燃焼室に流れ込んで、燃料と混合されて点火され、高温高圧燃焼ガスを生じる。燃焼ガスは、タービンで膨張して、仕事を生成する。例えば、タービンで膨張する燃焼ガスが、発電機に接続されたシャフトを回転させて、電力を生成し得る。

10

【0003】

燃焼器の設計及び動作には、様々な設計パラメータ及び動作パラメータが影響を及ぼす。例えば、燃焼ガスの温度が高いほど、一般に熱力学的効率は向上する。しかし、燃焼ガスの温度が高いほど、燃料ノズルで供給される燃料に向かって燃焼火炎が移動する逆火又は保炎状態が促進され、場合によっては、比較的短時間で燃料ノズルに深刻な損傷をもたらす。さらに、燃焼ガスの温度が高いと、一般に2原子室素の解離速度が増大し、窒素酸化物(NO_x)の生成量が増加する。逆に、燃料流の低減及び/又は部分負荷運転(ターンダウン)に関連して燃焼ガス温度が低下すると、通常、燃焼ガスの化学反応速度が低下し、一酸化炭素及び未燃焼炭化水素の生成が増加する。

20

【0004】

特定の燃焼器設計では、1以上の後期リーン噴射器すなわち管が、燃料ノズルから下流に燃焼室の周りで周方向に配置される。圧縮機からの圧縮された作動流体の一部分が、燃料と混合するように管を通って流れ、リーン混合気を生成することができる。次いで、リーン混合気は、管によって燃焼室に噴射され、燃焼ガス温度を上昇させる追加の燃焼をもたらし、燃焼器の熱力学的効率を向上させる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0179803号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

後期リーン噴射器は、 NO_x の生成が相応して増加することなく、燃焼ガス温度を上昇させるのに効果的である。しかし、リーン混合気の後期噴射をもたらす管は、一般に後期リーン噴射器の周りに局所的保炎の影響を受けやすい状態を作り出す実質的に一定の断面を有する。さらに、これらの管は、通常、燃焼室の燃焼ガスの流れに対して垂直に並んでいる。結果として、後期リーン噴射器は、高温の燃焼ガスを燃焼室の表面へ再循環させる大きな渦を生成する可能性があり、温度勾配が大きくなつてハードウェアの寿命を短くする。したがつて、保炎及び/又は渦の離脱に関する条件を低減する、燃焼器に作動流体を供給するための改善されたシステムが有用であろう。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の態様及び利点が、以下の記述で説明され、或いは以下の記述から明白になることも又は本発明を実践することにより習得することもあり得る。

【0008】

本発明の一実施形態は、燃焼器に作動流体を供給するためのシステムである。このシス

50

テムは、燃焼室と、燃焼室の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナーと、ライナーの少なくとも一部分を周方向に囲繞するフロースリーブとを含む。管が、フロースリーブ及びライナーを通って燃焼室に流れ込む作動流体の流体連通をもたらし、管は、フロースリーブとライナーの間で螺旋形をなす。

【0009】

本発明の別の実施形態は、燃焼器に作動流体を供給するためのシステムであり、このシステムは、燃焼室と、燃焼室の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナーと、ライナーの少なくとも一部分を周方向に囲繞するフロースリーブとを含む。管が、フロースリーブ及びライナーを通って燃焼室に流れ込む流体連通をもたらし、管は、第1の鋭角でライナーと交差する第1の側面と、第1の側面と反対側の第2の側面であって第2の角度でライナーと交差する第2の側面とを含み、第1の鋭角は第2の角度より小さい。10

【0010】

本発明には、燃焼器に作動流体を供給するためのシステムも含むことが可能であり、このシステムは、燃焼室と、燃焼室の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナーと、ライナーの少なくとも一部分を周方向に囲繞するフロースリーブとを含む。管が、フロースリーブ及びライナーを通って燃焼室に流れ込む作動流体の流体連通をもたらす。管は、長手方向軸を有する橢円形断面を含み、橢円形断面の長手方向軸は、管がライナーを通る、燃焼室の長手方向軸に対して角度をなす。

【0011】

本発明の上記その他の特徴、態様及び利点については、以下の詳細な説明及び特許請求の範囲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。20

【0012】

本発明を当業者が実施できるように、以下の詳細な説明では、図面を参照しながら、本発明を最良の形態を含めて十分に開示する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】例示的ガスタービンの簡略化した側断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態による図1に示す燃焼器の一部分の簡略化した側面斜視図である。

【図3】図2に示す後期リーン噴射器の拡大した側面斜視図である。30

【図4】図2に示す後期リーン噴射器の拡大した側断面図である。

【図5】図2に示す後期リーン噴射器の、燃焼室の内部から見た平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について詳しく説明するが、その1以上の実施例を図面に示す。発明の詳細な説明では、符号及び記号を用いて図に示す特徴的部分を表す。本発明の同一又は同様の構成要素は、図面及び発明の詳細な説明では同一又は類似の符号で表す。本明細書で用いる「第1」、「第2」及び「第3」という用語は、ある構成要素を他の構成要素から区別するために互換的に用いられるものであり、個々の構成要素の位置や重要性を意味するものではない。さらに、「上流」及び「下流」という用語は、流体経路における部品の相対的位置を示す。例えば、流体が部品Aから部品Bに流れる場合、部品Aは部品Bの上流にある。逆に、部品Bが部品Aから流体を受け取る場合、部品Bは部品Aの下流にある。40

【0015】

各実施例は例示にすぎず、本発明を限定するものではない。実際、本発明の技術的範囲又は技術的思想から逸脱せずに、本発明に様々な修正及び変形をなすことができることは当業者には明らかであろう。例えば、ある実施形態の一部として例示又は説明した特徴を、別の実施形態に用いてさらに別の実施形態としてもよい。従って、本発明は、かかる修正及び変形を特許請求の範囲で規定される技術的範囲及びその均等の範囲に属するものとして包含する。50

【0016】

本発明の様々な実施形態は、燃焼器に作動流体を供給するためのシステムを含む。このシステムは、概して、燃料と作動流体のリーン混合物を燃焼室に噴射するように燃焼室の周りで周方向に配置された1以上の後期リーン噴射器を含む。特定の実施形態では、後期リーン噴射器は、保炎及び／又は渦の離脱を強化することなく燃焼室へのリーン混合物の噴射を増すために、様々な幾何学的プロファイルを有し得る。例えば、後期リーン噴射器は、螺旋状のプロファイル、先細りの断面及び／又は楕円形断面を含んでもよい。本発明の例示的実施形態は、概して、説明のために、ガスタービンに組み込まれた燃焼器の状況で記述されるが、当業者なら、本発明のその実施形態が、特許請求の範囲において具体的に列挙されていなければ、任意の燃焼器に適用されてもよく、ガスタービン燃焼器に限定されないことを容易に理解するであろう。10

【0017】

図1は、本発明の一実施形態を組み込んだ例示的ガスタービン10の簡略化された断面図を与える。示されるように、ガスタービン10は、前方に圧縮機12、中央付近に半径方向に配置された1以上の燃焼器14及び後方にタービン16を含むことができる。圧縮機12とタービン16は、典型的には、発電用の発電機20に接続された共通の回転子18を共有する。

【0018】

圧縮機12は、周囲空気などの作動流体22が、圧縮機12に入り、静翼24と動翼26が交番するステージを通る軸流圧縮機とすることができます。静翼24及び動翼26が、圧縮された作動流体22の連続的な流れを生成するために作動流体22を加速し、かつ方向を変えるように、圧縮機ケーシング28は作動流体22を含んでいる。圧縮された作動流体22の大部分は、圧縮機の放出プレナム30を通って燃焼器14へと流れる。20

【0019】

燃焼器14は、当技術分野で既知の任意のタイプの燃焼器であってもよい。例えば図1に示されるように、燃焼器ケーシング32は、圧縮機12から流れる圧縮された作動流体22を含むように、燃焼器14の一部又はすべてを周方向に囲繞することができる。燃料ノズル34から下流の燃焼室38に燃料を供給するために、1以上の燃料ノズル34がエンドカバー36に半径方向に配置される。可能な燃料には、例えば溶鉱炉ガス、コークス炉ガス、天然ガス、気化した液化天然ガス(LNG)、水素及びプロパンの1以上が含まれる。圧縮された作動流体22は、圧縮機の放出プレナム30から、燃焼室38の外側に沿ってエンドカバー36に到達して方向を反転し、燃料ノズル34を通って流れ、燃料と混合される。燃料と圧縮された作動流体22の混合物は、燃焼室38に流れ込んで、点火され、高温高圧燃焼ガスが生成される。燃焼ガスは、トランジションピース40を通ってタービン16へと流れる。30

【0020】

タービン16は、固定子42と回転するバケット44とが交番するステージを含んでもよい。固定子42の第1段は、燃焼ガスの方向を変えて、回転するバケット44の第1段に集中させる。燃焼ガスは、回転するバケット44の第1段の上を通過するとき膨張し、回転するバケット44及び回転子18を回転させる。次いで、燃焼ガスは、次のステージの固定子42に流れ、固定子42によって次のステージの回転するバケット44へと方向を変えられて、このプロセスが後続のステージに対して繰り返される。40

【0021】

図2は、本発明の第1の実施形態による図1に示す燃焼器14の一部分の簡略化した斜視図を与える。示されるように、燃焼器14は、燃焼室38の少なくとも一部分を周方向に囲繞するライナー46を含むことが可能であり、フロースリープ48は、ライナー46を周方向に取り巻き、ライナー46を囲繞する環状の流路50を画定し得る。このように、圧縮機の放出プレナム30からの圧縮された作動流体22は、環状の流路50を通ってライナー46の外側に沿って流れることが可能であり、ライナー46を対流で冷却してから方向を反転し、燃料ノズル34(図1に示されている)を通って燃焼室38に流れ込む50

。

【0022】

燃焼器 14 は、燃焼室 38 に後期リーン燃料噴射及び圧縮された作動流体 22 をもたらす複数の後期リーン噴射器すなわち管 60 をさらに含むことができる。管 60 は、燃料ノズル 34 から下流の、燃焼室 38 、ライナー 46 及びフロースリーブ 48 の周りで周方向に配置され、フロースリーブ 48 及びライナー 46 を通って燃焼室 38 に流れ込む、圧縮された作動流体 22 の流体連通をもたらす。図 2 に示されるように、フロースリーブ 48 は内部燃料流路 62 を含むことが可能であり、それぞれの管 60 が、管 60 の周りで周方向に配置された 1 以上の燃料ポート 64 を含み得る。このように、燃料流路 62 は、燃料が燃料ポート 64 を通って管 60 に流れ込むための流体連通をもたらすことができる。管 60 は、燃料ノズル 34 に供給される燃料と同一の燃料又は別の燃料を受け取り、これを、圧縮された作動流体 22 の一部分と混合してから又は混合しながら、燃焼室 38 に噴射することができる。このように、管 60 は、燃焼器 14 の温度を上昇させ、したがって効率を高めるように、さらに燃焼させるために、燃料と圧縮された作動流体 22 のリーン混合物を供給することができる。10

【0023】

図 3 ~ 図 5 は、本発明の範囲内の管 60 の様々な実施形態にあり得る様々な特徴及び各特徴の組合せを示すために、管 60 の拡大した斜視図、断面図及び平面図を与えるものである。例えば、図 3 は、特定の実施形態においてフロースリーブ 48 とライナー 46 の間の管 60 の形状及び湾曲をより明確に示すために、図 2 に示す管 60 の拡大した斜視図を与える。図 3 に示されるように、管 60 は、長手方向軸 72 を有する橢円又は橢円形断面 70 を含むことができる。さらに、管 60 の長手方向軸 72 は、フロースリーブ 48 とライナー 46 の間で完全に螺旋状であっても又は部分的に螺旋状であってもよい。螺旋状にする量は、特定の実施形態に従って変化することになる。例えば、長手方向軸 72 は、特定の実施形態では、フロースリーブ 48 とライナー 46 の間の距離、特定の管 60 の内容積、長手方向軸 72 の長さ及び / 又は他の設計上考慮すべき事項に依拠して、80 度以上まで回転し得る。橢円の形状と螺旋状にすることを組み合わせると、管 60 を通って流れれる圧縮された作動流体 22 の圧力損失が低下し及び / 又は燃料 - 作動流体のリーン混合物と燃焼ガスとの混合が向上されることが期待される。20

【0024】

図 4 は、管 60 がライナー 46 を通るテーパ端 74 を含み得ることを示すために、図 2 に示す管 60 の拡大した側断面図を与える。例えば、テーパ端 74 により、ライナー 46 の交点における管の横断面積が 2 ~ 50 パーセント以上低減されて、燃焼室 38 への流体噴射が加速され、管 60 の近くの保炎及び / 又は逆火の発生が低減する。特定の実施形態では、テーパ端 74 は、対称でも非対称でもよい。例えば、図 4 に示されるように、テーパ端 74 は、第 1 の鋭角 78 でライナー 46 と交差する第 1 の側面 76 と、第 2 の角度 82 でライナー 46 と交差する、第 1 の側面 76 の反対側の第 2 の側面 80 とを含むことができる。一貫性のために、また慣習的に、第 1 の鋭角 78 及び第 2 の角度 82 は、それぞれ第 1 の側面 76 及び第 2 の側面 80 の交点において、ライナー 46 に対して管 60 の外側から測定される。第 1 の鋭角 78 は、特定の実施形態に依拠して、例えば 2 ~ 25 度であって、第 2 の角度 82 未満とすることができます。テーパ端 74 においてもたらされる非対称は、燃焼室 38 への流体噴射を加速するばかりでなく、噴射された流体によって生成される、ライナー 46 の近くの渦の離脱及び関連する高温の燃焼ガスの再循環も低減し得る。40

【0025】

図 5 は、図 2 に示す管 60 の、燃焼室 38 の内部から見た平面図を与える。示されるように、橢円形断面 70 の長手方向軸 72 は、管 60 がライナー 46 を通る、燃焼室 38 の長手方向軸 84 に対して角度をなしてよい。結果として、特に図 3 に示す螺旋状の特徴及び / 又は図 4 に示すテーパ端 74 と組み合わせたとき、噴射されたリーンな燃料 / 作動流体の混合物が、燃焼室 38 にさらに入り込んで、燃焼ガスと噴射された流体の間の混合が50

向上される。

【0026】

当業者なら、本明細書の教示から、図2に示す管60が、図3～図5でより詳細に説明され、かつ示された特徴のうちの1つだけ又は2以上を含んでもよく、また、特許請求の範囲で具体的に列挙されなければ、本発明の実施形態は、このような特徴のいかなる組合せにも限定されないことを容易に理解するであろう。さらに、図1～図5に関して示され、かつ説明された特定の実施形態は、燃焼器14に作動流体22を供給する方法も提供し得る。この方法は、作動流体22を圧縮機12から燃焼室38を通して流し、作動流体22の一部分を、燃焼室38の周りで周方向に配置された管60を通して進路を変える又は流すことを含むことができる。特定の実施形態では、この方法は、作動流体22の進路を変えられた部分を、燃焼室38に噴射するのに先立って、管60の内部で螺旋を描かせ、かつ／又は加速させることをさらに含んでもよい。したがって、本明細書に説明された管60の様々な特徴は、管60の近くの保炎に資する条件を低減させ、管60の近くの渦の離脱及び再循環の区域を縮小し、かつ／又はNO_xの低減を向上させるために燃焼室38の内部の流体の貫入及び混合を高める。10

【0027】

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に、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。20

【符号の説明】

【0028】

| | | |
|----|------------|----|
| 10 | ガスター・ビン | |
| 12 | 圧縮機 | |
| 14 | 燃焼器 | |
| 16 | タービン | |
| 18 | 回転子 | |
| 20 | 発電機 | 30 |
| 22 | 作動流体 | |
| 24 | 静翼（圧縮機） | |
| 26 | 動翼 | |
| 28 | 圧縮機ケーシング | |
| 30 | 圧縮機の放出プレナム | |
| 32 | 圧縮機ケーシング | |
| 34 | 燃料ノズル | |
| 36 | エンドカバー | |
| 38 | 燃焼室 | |
| 40 | トランジションピース | 40 |
| 42 | 固定子 | |
| 44 | パケット | |
| 46 | ライナー | |
| 48 | フロースリープ | |
| 50 | 環状の流路 | |
| 60 | 管 | |
| 62 | 燃料流路 | |
| 64 | 燃料ポート | |
| 70 | 橢円形断面 | |
| 72 | 長手方向軸 | 50 |

- 7 4 テーパ端
 7 6 第1の側面
 7 8 第1の鋭角
 8 0 第2の側面
 8 2 第2の角度
 8 4 長手方向軸

【図1】

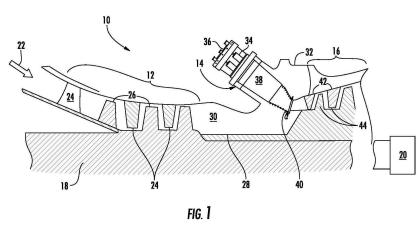


FIG. 1

【図3】

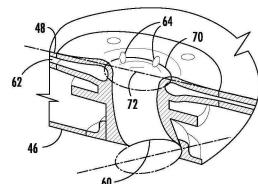


FIG. 3

【図2】

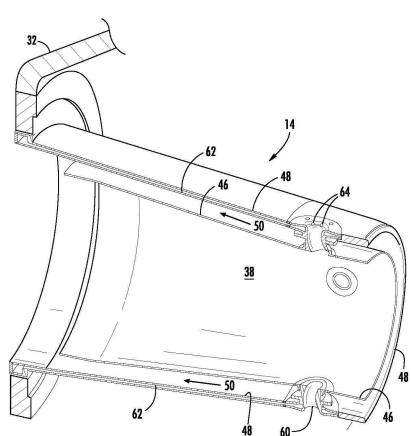


FIG. 2

【図4】

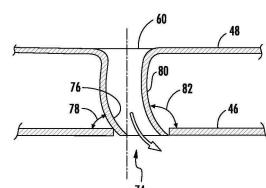


FIG. 4

【図5】

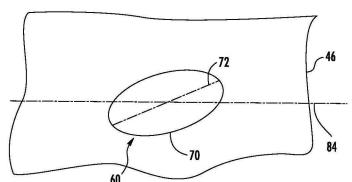


FIG. 5

フロントページの続き

(72)発明者 ウェイ・チェン

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

(72)発明者 ルーカス・ジョン・ストイア

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

(72)発明者 リチャード・マーティン・ディチンティオ

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
300番

審査官 濱戸 康平

(56)参考文献 特開2011-153815(JP,A)

米国特許第03303645(US,A)

特開平07-233945(JP,A)

特開2010-159959(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/22

F23R 3/04, 3/28, 3/34