

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-111934
(P2014-111934A)

(43) 公開日 平成26年6月19日(2014.6.19)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2C 7/18 (2006.01)	FO2C 7/18	E 3H13O
FO2C 9/18 (2006.01)	FO2C 7/18	D
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 9/18	
FO4D 29/56 (2006.01)	FO2C 7/00	C
FO4D 29/02 (2006.01)	FO4D 29/56	E
審査請求 未請求 請求項の数 26 O L 外国語出願 (全 21 頁) 最終頁に続く		
(21) 出願番号 特願2013-214305 (P2013-214305)	(71) 出願人 390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ 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	
(22) 出願日 平成25年10月15日 (2013.10.15)	(74) 代理人 100137545 弁理士 荒川 智志	
(31) 優先権主張番号 13/654,818	(74) 代理人 100105588 弁理士 小倉 博	
(32) 優先日 平成24年10月18日 (2012.10.18)	(74) 代理人 100129779 弁理士 黒川 俊久	
(33) 優先権主張国 米国(US)	(74) 代理人 100113974 弁理士 田中 拓人	
		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】変形可能なボアプラグを使用した部分負荷性能の改善

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ガスタービンエンジン向けの冷却装置を提供する。

【解決手段】冷却装置は、圧縮機からの空気流のための吐出チャネルと、第1の冷却チャネルと、吐出チャネルおよび第1の冷却チャネルを通る空気のフロー間に連通をもたらす少なくとも1つのアーチャとを備える。アーチャ内のリストリクタデバイスは、吐出チャネルと第1の冷却チャネルとの間の空気のフローを調節する。リストリクタデバイスは、エンジンの物理的条件に応答して、アーチャを通って流れる空気を変化させるように変形する。エンジンのこの物理的条件は、吐出チャネルを通って流れる空気の温度の条件であることができ、リストリクタデバイスが応答してその温度に基づいて空気のフローを調節する。リストリクタデバイスは二方向形状記憶合金であってもよい。

【選択図】図1

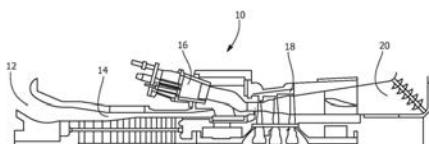


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

圧縮機からの空気流のための吐出チャネルと、

第1の冷却チャネルと、

前記吐出チャネルと前記第1の冷却チャネルとの間の境界を形成する圧縮機吐出ケースと、

前記吐出チャネルと前記第1の冷却チャネルとの間の空気のフローを連通させる、前記圧縮機吐出ケースを通る少なくとも1つのアパーチャと、

ガスタービンエンジンの物理的条件に応答して、前記少なくとも1つのアパーチャを通る前記吐出チャネルと前記第1の冷却チャネルとの間の前記空気のフローを調節する、前記少なくとも1つのアパーチャ内のボアプラグとを備え、

前記ボアプラグが前記物理的条件に応答して変形し、前記物理的条件が、前記吐出チャネルを通って流れる吐出空気の温度、および前記ガスタービンエンジンの電力出力の少なくとも1つであり、それによって前記少なくとも1つのアパーチャを通る空気流を調節する、変形可能なボアプラグを使用するガスタービンエンジンの冷却装置。

【請求項 2】

前記ボアプラグが形状記憶合金である、請求項1記載の冷却装置。

【請求項 3】

前記形状記憶合金が二方向形状記憶合金である、請求項2記載の冷却装置。

【請求項 4】

前記二方向形状記憶合金が、化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有し、式中、PGMが、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、およびそれらの組み合わせから成る群から選択されたプラチナ族金属である、請求項3記載の冷却装置。

【請求項 5】

化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有し、式中、Aが、Ni、Al、Nb、Ti、Ta、およびそれらの組み合わせから成る群から選択される、請求項4記載の二方向形状記憶合金。

【請求項 6】

化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有し、式中、Bが、Al、Cr、Hf、Zr、La、Y、Ce、Ti、Mo、W、Nb、Re、Ta、V、およびそれらの組み合わせから成る群から選択される、請求項4記載の二方向形状記憶合金。

【請求項 7】

前記形状記憶合金が、前記ガスタービンエンジンが直面する温度に反応する、請求項2記載の冷却装置。

【請求項 8】

複数のアパーチャが、前記吐出チャネルと前記第1の冷却チャネルとの間を連通させる、請求項1記載の冷却装置。

【請求項 9】

前記ボアプラグが、前記複数のアパーチャのうち少なくともいくつかのアパーチャ内に位置付けられる、請求項8記載の冷却装置。

【請求項 10】

前記ボアプラグが形状記憶合金である、請求項9記載の冷却装置。

【請求項 11】

前記二方向形状記憶合金が、化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有し、式中、PGMが、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、およびそれらの組み合わせから成る群から選択されたプラチナ族金属である、請求項10記載の冷却装置。

【請求項 12】

化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有し、式中、Aが、Ni、Al、Nb、Ti、Ta、およびそれらの組み合わせから成る群から選択される、請求項11記載の二方向形状記憶合金。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

化学式 ($A_{1-x}P_{x}G_{M_x}$)_{0.5+y} $B_{0.5-y}$ を有し、式中、B が、A l、C r、H f、Z r、L a、Y、C e、T i、M o、W、N b、R e、T a、V、およびそれらの組み合わせから成る群から選択される、請求項 1 2 記載の二方向形状記憶合金。

【請求項 1 4】

複数のボアプラグをさらに含み、前記二方向形状記憶合金がそれぞれ、前記吐出空気の空気流の温度が第 1 の予め選択された温度を下回るとき、前記ボアを通って空気がほとんどまたは全く流れないように、各ボアプラグが閉止される第 1 の形状をとり、前記形状記憶合金がそれぞれ、前記吐出空気の空気流の温度が前記第 1 の予め選択された温度に達すると、前記ボアを通って空気が自由に流れることができるように各ボアプラグが開放される第 2 の形状をとり、空気流が前記吐出チャネルの空気温度によって調節される、請求項 1 1 記載の冷却装置。

10

【請求項 1 5】

前記アパー チャの少なくともいくつかの中に位置付けられるボアプラグが第 1 の形状記憶合金を含み、前記アパー チャの他のものの中に位置付けられる残りのボアプラグが第 2 の形状記憶合金を含み、前記形状記憶合金がそれぞれ、前記吐出空気の空気流の温度が第 1 の予め選択された温度を下回るとき、前記ボアを通って空気がほとんどまたは全く流れないように、各ボアプラグが閉止される第 1 の形状をとり、前記形状記憶合金が、前記吐出空気の空気流の温度が前記第 1 の予め選択された温度であるかまたはそれを上回るとき、前記ボアを通って空気が自由に流れることができるように各ボアプラグが開放される第 2 の形状をとり、前記形状記憶合金それぞれの第 1 の予め選択された温度が異なる、請求項 1 0 記載の冷却装置。

20

【請求項 1 6】

第 3 の形状記憶合金を含むボアプラグをさらに含み、前記第 3 の形状記憶合金を含む前記ボアプラグがそれぞれ、前記吐出空気の温度が第 3 の予め選択された温度を下回るとき、各ボアプラグが開放される形状をとり、前記第 3 の形状記憶合金を含む前記ボアプラグがそれぞれ、前記吐出空気の温度が前記第 3 の予め選択された温度であるかまたはそれを上回るとき、前記ボアを通る空気流を制限するように、各ボアプラグが閉止される形状をとる、請求項 1 5 記載の冷却装置。

30

【請求項 1 7】

前記複数のアパー チャの少なくともいくつかの中に位置付けられる各ボアプラグが異なる形状記憶合金を含み、各形状記憶合金が、前記吐出空気の空気流の温度が第 1 の予め選択された温度を下回るとき、前記ボアを通って空気がほとんどまたは全く流れないように、各ボアプラグが閉止される第 1 の形状をとり、前記形状記憶合金が、前記吐出空気の空気流の温度が少なくとも第 2 の予め選択された温度のとき、前記ボアを通って空気が自由に流れることができるように各ボアプラグが開放される第 2 の形状をとり、前記異なる形状記憶合金それぞれの前記第 1 の予め選択された温度および前記第 2 の予め選択された温度が異なり、前記異なる形状記憶合金それぞれに対して前記第 2 の予め選択された温度が前記第 1 の予め選択された温度よりも高く、前記吐出チャネルから前記第 1 の冷却チャネル内への空気流がある温度範囲にわたって調整される、請求項 1 0 記載の冷却装置。

40

【請求項 1 8】

前記吐出空気の空気流の温度が第 1 の予め選択された温度を下回るとき、各ボアプラグが第 1 の形状をとり、かつ閉止され、前記ボアプラグが少なくとも前記第 2 の予め選択された温度のとき、各ボアプラグが第 2 の形状をとり、かつ完全に開放され、各ボアプラグが、前記吐出空気の空気流の温度が前記第 1 の予め選択された温度と前記第 2 の予め選択された温度との間であるとき、前記第 1 の形状と前記第 2 の形状との間の中間形状をとる、請求項 1 7 記載の冷却装置。

【請求項 1 9】

前記形状記憶合金が、前記ガスタービンエンジンが直面する温度に反応する、請求項 2 記載の冷却装置。

50

【請求項 2 0】

空気を圧縮する圧縮機と、

圧縮空気を用いて燃料を燃焼させる燃焼器と、

電力を発生させるタービンとを備え、

前記圧縮機が、

前記燃焼器および冷却のため、圧縮空気を前記圧縮機から下流側に方向付ける吐出チャネルと、

タービン動翼への冷却フローを冷却する冷却チャネルと、

前記冷却チャネルと前記吐出チャネルとの間の境界を形成する圧縮機吐出ケースと、

前記吐出チャネルおよび前記冷却チャネルを通る空気のフローの間に連通をもたらす、
前記圧縮機吐出ケースの少なくとも1つのアバーチャと、

ガスタービンエンジンの物理的条件に応答して、前記少なくとも1つのアバーチャを通る前記吐出チャネルと前記冷却チャネルとの間の空気のフローを調節する、前記少なくとも1つのアバーチャ内に位置付けられるリストリクタデバイスとをさらに含み、

前記リストリクタデバイスが、前記吐出チャネルを通って流れる空気の温度、および前記ガスタービンエンジンの電力出力の少なくとも1つに応答して変形し、それによって前記少なくとも1つのアバーチャを通る空気流に対する開口を調節する、ガスタービンエンジン。

【請求項 2 1】

前記リストリクタデバイスが、前記少なくとも1つのアバーチャ内に位置付けられるボアプラグである、請求項20記載のガスタービンエンジン。

【請求項 2 2】

前記ボアプラグが形状記憶合金である、請求項21記載のガスタービンエンジン。

【請求項 2 3】

前記形状記憶合金が二方向形状記憶合金である、請求項22記載のガスタービンエンジン。

【請求項 2 4】

前記二方向形状記憶合金が、化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有し、式中、PGMが、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、およびそれらの組み合わせから成る群から選択されたプラチナ族金属である、請求項22記載のガスタービンエンジン。

【請求項 2 5】

前記形状記憶合金が、前記ガスタービンエンジンの圧縮機入口が直面する周囲温度に応答し、前記吐出チャネル内における前記圧縮機からの空気流の温度が、前記圧縮機入口における前記周囲温度に直接関係し、前記形状記憶合金が、第1の温度を下回る温度で前記形状記憶合金がそのマルテンサイト状態のとき、前記冷却チャネルに空気流が入るのを実質的に防ぐように第1の形状をとり、前記形状記憶合金が、前記第1の温度またはそれを上回る温度で前記形状記憶合金がそのオーステナイト状態のとき、前記冷却チャネルに空気流が入るのを実質的に許容する第2の形状をとる、請求項21記載のガスタービンエンジン。

【請求項 2 6】

前記第1の温度を下回る温度で前記形状記憶合金がそのマルテンサイト状態のとき、動翼シャンク全体にわたるシャンク間の漏れが低減され、それによって前記冷却チャネルに空気流が入るのを防ぐ、請求項25記載のガスタービンエンジン。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、一般に、ガスタービンエンジン構成要素に形状記憶合金を使用することに関し、具体的には、温度変化を用いてタービンエンジン構成要素の冷却を制御するために形状記憶合金を使用することに関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

ガスタービンエンジンは、燃料を燃焼させ、燃焼した燃料からエネルギーを抽出して出力を発生させることによって作動する。大気が環境からエンジンに引き込まれ、複数段で圧縮されてかなり高い圧力および温度にされる。次に、圧縮空気の一部分が燃料と混合され、燃焼器内で点火されて、高エネルギー燃焼ガスが生成される。次に、高エネルギー燃焼ガスは、モータ上に取り付けられたタービン翼およびタービン羽根をそれぞれ備える複数のタービン段を含む、エンジンのタービン区画を通って流れる。高エネルギー燃焼ガスは厳しい環境を作り出して、下流側のハードウェアの酸化、エロージョン、および腐食をもたらす。タービン羽根は、高エネルギー燃焼ガスからエネルギーを抽出し、ロータが取り付けられたタービン軸を回す。軸は、機械動力を生成してもよく、または直接電気を発生させてもよい。圧縮空気の一部分は、燃焼器構成要素、タービン構成要素、および排気構成要素など、圧縮機の下流側にあるタービンエンジンの構成要素を冷却するのにも使用される。

10

【 0 0 0 3 】

いくつかのガスタービンエンジンでは、圧縮機吐出ケーシングは、圧縮機出口とタービン入口との間に燃焼ハードウェア（例えば、燃料ノズル、内筒、および尾筒）を配置する、複雑な鋳鉄構造体である。圧縮機からの空気は、圧縮機吐出ケーシングの周りで漏出して、第1の前方ホイールスペース（forward wheel space）（1 F W S P）とも呼ばれる、ロータおよびロータに取り付けられたタービン羽根の第1の組の前方にある領域を冷却できるようにされる。当然ながら、冷却空気の量は圧縮機吐出空気の圧力に基づいて決まり、その圧力は固定負荷条件で周囲空気温度に基づいて変動する可能性がある。さらなる冷却のため、さらなる圧縮機吐出空気を1 F W S Pに流入させてさらなる冷却を行うことを可能にするボアプラグが、圧縮機吐出ケーシング内に設けられる。開かれるボアプラグの数は、予期される冷却フロー要件に基づく。予期される冷却フローが不正確である場合、冷却が不適切になつて、1 F W S P内の温度が高くなりすぎ、それによって冷却される構成要素の耐用寿命が短くなるか、あるいは、冷却が過剰になつて、結果として圧縮機空気が不必要に分岐し、そのことによつて運転が非効率的になる。当然ながら、ボアプラグは予期される冷却フローに基づいて開かれるかまたは設置の際に除去されるので、プラグの追加または除去によつて冷却フローを補正するには整備の機会を待たなければならないが、それは、この修正を遂行するためにガスタービンを運転から取り除くことはコスト効率の面で良くないためである。

20

【 0 0 0 4 】

増加する燃料コストにより、主として全力出力で作動するように設計された天然ガス利用の発電所は、現在断続的な形で運転されている。現在、石炭および核エネルギーは、一般に、安定した電力出力の大部分を補っている。ガスタービンは、ピーク需要期間中の差を補うのにますます使用されている。例えば、ガスタービンは、日中のみ使用され、次に電力需要が低い夜間はオフラインにされることがある。負荷低減または「ターンダウン」中、ガスタービンは、一般的に、全定格負荷出力の約40～45パーセント（40%～45%）にまで下がった排ガスコンプライアンス内に留まることができる。この負荷を下回ると、一酸化炭素（CO）排出が指数関数的に増加し、システム全体が排ガスコンプライアンスを外れる可能性がある。一般的に記述すると、排ガスコンプライアンスは、タービン全体からの生成が保証されたまたは所定の最小排出レベル未満であることを要する。かかるレベルは、気温、システムのサイズ、および他の変数に応じて変わってもよい。特に、ガスタービンのターンダウン能力は低温環境では低下し、即ち、周囲温度が下がるにつれて、COコンプライアンスに対する最小負荷は急激に上昇する。ガスタービンが、低い電力需要によつて排ガスコンプライアンス内に留まることができないために、作動停止しなければならない場合、複合サイクル適用における他の機器もオフラインにすることが求められることがある。この機器は、排熱回収ボイラ、蒸気タービン、および他のデバイスを含んでもよい。ガスタービンの作動停止後にこれら他のシステムを再びオンラインにするには、費用と時間がかかることがある。かかる始動要件により、需要が高いときに、発

30

40

50

電所が電力を生成するのに利用できなくなることがある。低電力需要の期間中、ガスタービンをオンラインのまま、かつ排ガスコンプライアンス内に保って、始動の時間および費用を回避できることに、戦略的な運転上の利点があつてもよい。上で定義された最小負荷は燃焼温度の関数である。燃焼温度が所定値の下に落ちた場合、CO排出は増加する。この温度は燃焼器中の燃料空気比の関数である。したがつて、ガスタービン負荷が低減している間、必要な燃焼温度を維持するために燃料および空気のフローを比例して低減しなければならない。現在のガスタービン設計は、所定のガスタービン負荷を下回る燃焼器に対する最小限の許容可能な空気流に対するいくつかの限界を有し、それが燃料空気比および燃焼温度に影響を与え、より低いガスタービン負荷における排ガスを増加させる。したがつて、より低い負荷における燃料流の関数として、さらに燃焼器に対する空気フローを最小限に抑え、低減された負荷の期間中のガスタービンの排ガスコンプライアンスを拡張する方法が求められている。

10

【0005】

スマート材料と呼ばれることがある形状記憶合金(SMA)は、微細構造および組成に基づいて形状を変化させる能力を有する。SMAは、予測可能な形で微細構造が低温マルテンサイト組織から高温オーステナイト組織に(かつその逆に)転移することを利用する。SMAは、ボアアパーチャを開閉(または部分的に開放)し、それによって空気流を増加または減少させることによって、ボアプラグを通る空気流を調節する能力を提供してもよい。1つの周知のSMAであるニチノール、つまり大体等しい原子百分率のNiおよびTiを有するNiTiは、ガスタービンエンジンの運転中に直面する高温のため、ボアプラグ開口部として使用するのに適さないが、ガスタービンエンジンの運転における高温ならびに腐食、酸化環境に耐える能力を有する、他のSMAが適していることがある。したがつて、ガスタービンエンジンの高温、酸化、および腐食環境で使用するのに適した形状記憶合金は、変化する運転条件に基づいて冷却フローを調節するための構成要素としての用途が見出されてもよい。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0233434号明細書

30

【発明の概要】

【0007】

ガスタービンエンジンのための冷却装置が記載される。ガスタービンエンジンは、空気を圧縮する圧縮機と、圧縮空気を用いて燃料を燃焼させる燃焼器と、電力を発生させるタービンとを備える。圧縮機からの吐出チャネルは、燃焼器で使用するため、かつ燃焼器およびタービンの部分などのエンジンの高温区画を冷却するため、圧縮空気を圧縮器から下流側に方向付ける。エンジンの冷却装置の1つは、タービン動翼への冷却フローを冷却する冷却チャネルである。冷却チャネルのための冷却空気は吐出チャネルから供給される。圧縮機吐出ケースは、冷却チャネルと吐出チャネルとの間の空気の非制限的なフローを防ぐため、冷却チャネルと吐出チャネルとの間の境界を形成する。吐出チャネルと冷却チャネルとの間のフローは、吐出チャネルおよび第1の冷却チャネルを通る空気のフロー間に連通をもたらす、圧縮機吐出ケースにある少なくとも1つのアパーチャによって制限される。少なくとも1つのアパーチャ内のリストリクタデバイスは、ガスタービンエンジンの物理的条件に応答して、吐出チャネルと冷却チャネルとの間の空気のフローをさらに調節する。リストリクタデバイスは少なくとも1つのアパーチャ内に位置付けられる。リストリクタデバイスは、吐出チャネルを通って流れる空気の温度、およびガスタービンエンジンの電力出力の少なくとも1つに応答して変形し、それによって少なくとも1つのアパーチャを通る空気流に対する開口を調節する。

40

【0008】

冷却装置は、吐出チャネルを通る空気のフローと、第1の冷却チャネルと、圧縮機吐出ケースを通って吐出チャネルおよび第1の冷却チャネルを通る空気のフロー間に連通をも

50

たらす、少なくとも1つのアーチチャまたはボア穴とを備える。リストリクタデバイスは、吐出チャネルと第1の冷却チャネルとの間の空気のフローを調節するため、少なくとも1つのアーチチャ内に配置される。リストリクタデバイスは、ガスタービンエンジンの物理的条件に応答して変形する。物理的条件は、吐出チャネルを通って流れる空気の温度であってもよく、冷却チャネル内またはその近傍の温度は、冷却する範囲またはガスタービンエンジンの電力出力を反映する。ボア穴内における、またはその全体にわたるリストリクタデバイスの変形によって、少なくとも1つのアーチチャを通る開口部が調節され、それによって吐出チャネルと第1の冷却チャネルとの間の空気流が制御される。

【0009】

吐出チャネルから冷却チャネルを通る空気のフローが不要なときにそれを低減することによって、空気流を調整することで、動翼セグメント全体にわたる気圧が変化する。動翼シャンク全体にわたるこの気圧の変化は、シャンク間の漏れ(cross shank leakage)を低減するのに役立つはずである。それに加えて、冷却チャネルを通る空気のフローが不要なときにそれを制限することによって、特にターンダウン中に、燃焼を支援してCOおよびNO_x両方のレベルを管理するのにより多量の空気が利用可能になる。COおよびNO_xの制御は、ガスタービンからの排出の制御において重要である。

【0010】

本発明の他の特徴および利点は、以下の好ましい実施形態のより詳細な説明を、本発明の原理を一例として例示する添付図面と併せ読むことによって明白になるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】圧縮機吐出ケースを利用するガスタービンエンジンの断面図である。

【図2】1FWSP位置に対する冷却空気の経路を示す圧縮機吐出ケースの断面図である。

【図3】18個のボアプラグを有する図2の圧縮機吐出ケースの斜視図である。

【図4】2つの異なる温度におけるSMAボアプラグを示す図2のボア穴の断面図である。

【図5】2つの異なる温度におけるSMAボアプラグの第2の実施形態を示す図2のボア穴の断面図である。

【図6】圧縮機ケーシング内のSMAの動作エンベロープを示す図である。

【図7】ガスタービンをターンダウンした際のCOの増加を示す図である。

【図8】3つのボアプラグを開放したことによる0°の気温におけるCO排出の低減による改善を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明は、SMAの固有の性質を利用して、温度に基づいて冷却を提供する。SMAは、温度依存の相変化によって特徴付けられ、相は一般に、低温マルテンサイト相および高温オーステナイト相である。SMAは一方向形状記憶を呈する場合があるが、SMAの二方向形状記憶によって冷却の調整が可能になる。二方向形状記憶は、加熱の際のマルテンサイト相からオーステナイト相への相転移、ならびに冷却の際のオーステナイト相からマルテンサイト相への相転移の両方によって特徴付けられる。二方向形状記憶は、外因性または内因性のどちらかであってもよい。内因性の挙動は、加工によってSMAに誘発されるが、これは、SMA材料が、マルテンサイト相のうちに変形し、それに続いて制約下で変態温度範囲を経る複数の加熱冷却サイクルが行われることを含む。一旦加工が完了すると、低温状態と高温状態との間の形状変化は可逆的である。外因性の挙動は、一方向の挙動を呈するSMAを、一方向の変形後に形状を回復する復元力を提供する別の元素と組み合わせる。

【0013】

ほぼ等しい原子百分率のニッケルおよびチタンを有するNi-Ti合金であるニチノールは、周知のSMAである。しかし、ニチノールは、酸化、腐食環境に適しておらず、マ

10

20

30

40

50

ルテンサイトからオーステナイトへの変態温度は比較的低く、その温度は約100℃以下まで拡大する範囲にわたって生じる。しかし、高温能力を有する他の適切なSMAとしては、Ni、Al、Nb、Ti、Ta、およびそれらの組み合わせから成る群から選択された組成と、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、およびそれらの組み合わせから成る群から選択されたプラチナ族金属とを有する合金が挙げられる。より具体的には、適切な形状記憶合金の組成は、プラチナ族金属(PGM)を含むニッケル・アルミニウム合金など、ニッケル・アルミニウム系の合金を含んでもよい。SMAの挙動は合金組成に大きく依存するので、組成および/または加工における小さな変化を使用して、他の工学的属性の中でも特に、変態温度、ひずみヒステリシス、作動力、降伏強さ、制振能力、耐酸化性、熱腐食、繰返しサイクルによる作動能力、二方向形状記憶効果を呈する能力を変更することができる。より具体的には、SMA合金組成は、化学式 $(A_{1-x}PGM_x)_{0.5+y}B_{0.5-y}$ を有する合金を含んでもよく、式中、AはNi、Co、Fe、およびそれらの組み合わせから成る群から選択され、PGMは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、およびそれらの組み合わせから成る群から選択され、Bは、Al、Cr、Hf、Zr、La、Y、Ce、Ti、Mo、W、Nb、Re、Ta、V、およびそれらの組み合わせから成る群から選択され、xは0よりも大きく、yは0~約0.23である。SMA合金は、それに加えて、約1原子%以下のCまたはBを含んでもよい。

10

【0014】

したがって、SMAの挙動が周知であることは明らかであり、SMAの挙動は、様々な温度において二方向形状記憶を呈するように合金の組成を修正することによって、二方向形状記憶の挙動を達成するように変更することができる。さらに、SMA合金の組成は、耐酸化性および耐食性も提供するように修正することができる。

20

【0015】

次に、ガスタービンエンジン10の断面図である図1を参照すると、エンジンのファン部分12、エンジンの圧縮機部分14、エンジンの燃焼器部分16、エンジンのタービン部分18、およびエンジンの排気部分20が示されている。環境からの空気はファン部分12を通して注入され、燃焼器部分14へと方向付けられ、そこで高圧に圧縮され、空気の温度も圧縮プロセスによって上昇する。次に、燃焼器部分からの圧縮空気は燃料を燃焼するのに使用されるが、エンジン内の様々な構成要素の能動的または受動的冷却など、他の目的にも使用されてもよい。圧縮空気は燃焼器部分16で燃料と混合され、そこで燃料が点火され燃やされる。燃焼の熱ガスは、高エネルギーであり、高速でタービン部分18まで移動し、そこでエネルギーが抽出され、電気エネルギーまたは機械エネルギーに変換される。タービンによって抽出されたエネルギーの一部分は、圧縮機部分14およびファン部分12を回すのに利用される。次に、エネルギーの低い排気ガスは、環境に戻される前に処理されてもよい排気ガスとして、排気部分20を通して排出される。

30

【0016】

図2は、図1のガスタービンエンジンの圧縮機部分14の断面図を表す。一部の圧縮機空気は通路30を通して導かれ、そこでロータ32およびロータ32に取り付けられたタービン羽根34を冷却する。必要な冷却空気の量は、周囲空気温度および圧縮機吐出空気の圧力を含むいくつかの因子に依存する。ガスタービンの位置に応じて、周囲空気温度は110°Fまたはそれ以上著しく変動する可能性があるため、通常、より高い運転温度における冷却空気量を増加させるための対処がなされる。

40

【0017】

図2は、圧縮機吐出ケースによってガスタービン10の次の段へと流し込まれている、圧縮器吐出空気のフローを示している。圧縮機吐出ケースは複数のボア穴40を含む。これらのボア穴40はボアプラグ42で塞がれていてもよい。従来技術の設計は、予期される冷却フロー要件に基づいて、ボアプラグ42を利用して、さらなる冷却フローをそれぞれ供給するボア穴40を選択的に塞いでいる。ボアプラグ42を有するまたは有さないボア穴40の数は、予期される冷却フロー要件に依存し、予期される冷却が多量である程、より多数のボアプラグを除去することが求められる。

50

【0018】

冷却フローはボア穴40を通して第2のチャネル44内へと導かれ、そこでさらなる冷却空気が、ロータ32およびロータ32に取り付けられたタービン羽根34に対するさらなる冷却を可能にするように流れることができる。ガスタービンの設置時または整備中ににおける冷却フロー要件を予期していた従来技術とは異なり、図2の設計は、複数のボア穴40を含み、ボア穴40はそれぞれ、ボア穴40内に位置付けられて、吐出パネルと第1の冷却チャネルとの間の空気のフローを制御するリストリクタデバイスを含む。リストリクタデバイスはボアプラグ42であってもよい。図3は、ボアプラグ42をそれぞれ備えた18個のボア穴40を示す、かかるケーシングを示す。

【0019】

本発明のボアプラグ42は、すべてのボア穴40内に、または所定数のボア穴40内にのみ設置されてもよい。アバーチャまたはボア穴およびボアプラグの実際の数は、ガスタービン設計に依存する。ボアプラグ42は形状記憶合金(SMA)を含み、SMAは、微細構造の変化、例えばオーステナイトからマルテンサイトへ、またはその逆の変化による形状変化によって、温度変化に応答する能力に基づいて選択される。組成および熱処理を慎重に選択することによって、SMA材料は温度変化に応答することができる。必要な挙動を得るための組成および熱処理の選択は「トレーニング」と呼ばれる。圧縮機吐出空気の温度が変化するにつれて、SMAを含むボアプラグ42は形状が修正され、それによって、ボア穴40を通る空気のフローが増加、低減、または停止される。温度の上昇または低下それぞれに基づいて、ボア穴を通る空気のフローを増加または低減させるように、ボアプラグ42が形状を変化させる能力は、SMAが双方向の挙動を呈することを意味し、SMAは双方向性である。一般的に、SMAはそれらのマルテンサイト状態において第1の形状をとる。所定温度に達すると、合金の組成および熱処理条件に応じて、SMAはオーステナイト状態へと変わる。SMAは、そのオーステナイト状態に変態すると異なる形状をとる。

【0020】

単純な例では、図3を再び参照し、さらに図4および5を参照すると、周囲温度が低く、圧縮機吐出空気の圧力も低いとき、圧縮機吐出空気の温度範囲は既知であり、ボア穴40を通してチャネル44内へとさらなる冷却空気を流す必要はない。この温度範囲内では、ボア穴42を含むSMA材料は、ボア穴40がボアプラグ42によって閉止され、この温度範囲内では閉止されたままであるように選択される。したがって、さらなる冷却が不要なので、圧縮器フローを、チャネル44内へと分岐させることなく圧縮機吐出ケースを通して方向付けることができる。タービン需要の増加および高い周囲温度によって、圧縮機吐出空気が増加するにつれて、空気が通路30に流入するのは不適切なので、第1の前方ホイールスペース(1FWSP)と呼ばれる領域を冷却する空気流を増加させる必要がある。ボアプラグ42の上を流れる圧縮機吐出空気の温度の上昇は、当然ながら、ボアプラグ42の温度を上昇させる。ボアプラグを含むSMA材料は、圧縮機吐出空気の温度が所定温度に達すると形状を変化させるように予め選択され、SMA材料の形状の変化によって、ボア穴40が開放されて、圧縮機吐出空気がボア穴40を通過し、チャネル44に入ることができる。

【0021】

図3～5は、本発明の広範な実施形態を表す。いくつかの可能な変化があり、すべてこの広範な実施形態内にある。18個のボア穴40を開示する図3を参照すると、ボア穴40内のボアプラグ42はすべて、同じSMA材料組成を含んでもよいので、所定温度に達すると、すべてのボアプラグは形状が一様に変化して、空気のフローを最小またはゼロから最大へと変化させ、結果としてボア穴40を通ってチャネル44に入る空気流が最大になって、1FWSPが冷却される。

【0022】

あるいは、ボアプラグ42は同じSMA材料構成を含んでもよい。しかし、ボアプラグ42は、ある温度範囲にわたって形状が変化してもよく、つまり、ボアプラグは、ある温

10

20

30

40

50

度範囲にわたってマルテンサイト状態からオーステナイト状態へと変わってもよい。したがって、SMA材料は、ある温度範囲にわたって所定量を移動させるように選択されてもよいので、ボア穴40を通過してチャネル44に入る空気の量はその温度範囲にわたって調整される。これによって、圧縮機吐出空気の温度が上昇するにつれて、チャネル44に入ることができる空気の量が増加することが可能になる。

【0023】

SMA材料は非常に温度に敏感であるため、所定温度に達する際に形状を変化させるようにトレーニングすることができる。さらに別の実施形態は、ボア穴40内のボアプラグ42に異なるSMA材料を利用する。同じSMA材料の複数のボアプラグ42は、ボアプラグ42が円筒状に形作られた図4に示されるように、複数のボア穴40内に利用されてもよい。ボア穴40それぞれの中のボアプラグ42に異なるSMA材料組成を利用することは、本発明の範囲内である。SMA材料は、温度の変化とともに形状を変化させるようにトレーニングすることができるので、異なる温度で形状を変化させるように、即ち異なる温度でマルテンサイト状態からオーステナイト状態へと変わるように、SMA材料の異なる組成または熱処理条件を、ボア穴で使用するために選択することができる。したがって、吐出チャネル内の温度が変化するにつれて、様々なボアプラグまたはボアプラグ42は形状を変化させて、吐出温度に基づいて必要に応じてボア穴を通ってチャネル44に入る空気流を調整する。個々のボア穴内のボアプラグ42はさらに、図5に示されるように、複数のセグメント48で構成されてもよい。

【0024】

SMA材料は、いくつかのやり方で空気流を調整するようにトレーニングすることができる。いかなる方法が使用されても、調整は、吐出チャネルの空気温度の上昇に伴ってさらなる冷却空気が冷却チャネル内で必要とされるとき、より多量の空気がチャネル44に入るようすべきである。したがって、ボアプラグ42は、より低温では変形位置にあってボア穴40を閉塞してもよく、予め選択された温度または温度範囲では非変形位置へと伸ばされ、それによってボア穴40を通る空気流を増加させてもよい。あるいは、ボアプラグ42は、より低温では非変形位置にあってボア穴40を閉塞してもよく、予め選択された温度または温度範囲では変形し、それによってボア穴40を通る空気流を増加させてもよい。図4および5は、冷却フローを調節するための面積変動性のオリフィスを作り出す、ボア穴40内に設置された分割(segmented)ボアプラグ42を示す。これらの図では、分割ボアプラグ42はより低温で変形して、ボア穴40内への空気流を遮断する。図4および5に示されるように、より低温では、分割ボアプラグ42は、ボア穴40を通る空気流を部分的にのみ遮断するように変形してもよい。しかし、分割ボアプラグ42はボア穴40を実質的に遮断するように変形してもよいことが、当業者には理解されるであろう。周囲温度が上昇するにつれて、SMA材料は非変形位置へと伸び、圧縮器吐出ケース36内のカウンターボア46を塞ぐので、最大の空気流がボア穴40を通る。上述したように、SMA材料は、予め選択された温度で、または予め選択された温度範囲にわたって形状を変化させるように選択され、トレーニングされてもよい。予め選択された温度範囲にわたって形状が変化するように選択されると、温度が範囲内で変化するにつれて、ボア穴40を通る空気流が調整される。また、複数のセグメントを有する分割ボアプラグ42では、セグメントがそれぞれ、異なる予め選択された温度で形状が変化する異なるSMA材料組成で構成されてもよいので、各ボアプラグ42が温度の変化について自己調整性であることが、当業者には理解されるであろう。

【0025】

温度の関数としてボアプラグのフローを調整することによって、冷却需要が減少するにつれてチャネル40に流入する空気が形状記憶合金によって低減されると、チャネル44に入る空気の量が低減されて、ブレードシャンク全体にわたる空気の漏れが低減される。補助空気流の調整は、燃焼器に対して利用可能な空気に影響を与えることがある。空気流が設置の際に決定された従来技術のスキームとは異なり、本発明における冷却のための空気のフローは、形状記憶合金を使用することによって調整されて決定される。したがって

10

20

30

40

50

、最大冷却が求められるような運転条件下の場合を除いて、ほとんどの条件下では、より多量の空気が燃焼器に対して利用可能なはずであり、それによって燃焼条件を調節してNO_xをさらに管理するためのさらなる柔軟性が提供され、部分負荷条件における燃焼の制御のためにより多量の空気を供給できるので、空気の調整の予期しない追加の利益が提供されるはずである。

【0026】

SMA材料は、円筒状のプラグまたは円筒状のセグメントのどちらかとして、ろう付け、溶接、または他の接合技術によって圧縮機吐出ケース36に付着されてもよい。また、プラグ42を圧縮機吐出ケース36に確実に係止するダブテール装置または他のキー溝/キー穴装置などによって、プラグ42を圧縮機吐出ケースに機械的に係止することが可能であってもよい。選択された技術は、SMA材料の温度挙動特性に影響しないものであるべきである。

10

【0027】

別の実施形態では、設置されたボアプラグ42は、空気がわずかしかまたは全くボア穴40を通過できないようにして、カウンターボア46内に設置される。温度が上昇するにつれて、ボアプラグ42は形状変化を起こすので、空気がボアプラグ42の周りを通り、カウンターボア46を通り、ボア穴40に入り、そこを通ってチャネル44に入ることができる。この実施形態のボアプラグ42の動作もやはり、温度に伴うSMAの形状変化特性に依存するが、圧縮機吐出ケースを通る冷却空気の流路は、部分/全負荷条件、周囲空気温度などの結果として、SMA材料を使用して空気のフローを調整または調節して必要に応じてさらなる冷却を提供することができる、様々なやり方をさらに例証する。

20

【0028】

円形もしくは円筒状のアバーチャまたはボア穴40、ならびに負荷条件および/または周囲空気条件に基づいて所望の空気流を提供するようにボア穴に一致させた円形の面積プロファイルを有するボアプラグ42に関して、本発明について記載してきたが、ボア穴およびボアプラグの形状はそれに制限されず、長方形、正方形、三角形、橢円形、六角形、八角形などを含むがそれらに限定されない任意の幾何学形状が使用されてもよいことが、当業者には認識されるであろう。

20

【0029】

図6は、本発明の能動的なボアプラグなどの能動的な冷却を使用する、圧縮機吐出温度ならびに周囲温度の関数としての負荷を示す。周囲温度だけで、1FWSPにおける圧縮機吐出温度（これは、圧縮機から吐出される際の圧縮機空気の温度を指定する）にT₁（100°F超過）の影響を及ぼすことがある、ガスタービン負荷を周囲温度と組み合わせると、1FWSPにおける圧縮機吐出温度にT₃（200°F超過）の影響を及ぼすことができる。したがって、図6は、1FWSPにさらなる冷却を提供することの重要性を示しており、かかる冷却がなければ、温度は容易に1000°Fを超える可能性がある。

30

【0030】

さらに別の実施形態では、SMA材料を使用してシャンク間の漏れを制御することができる。

40

【0031】

さらに別の実施形態では、SMA材料をボアプラグに使用して、ガスタービンエンジンのターンダウン能力を改善することができる。ターンダウン中の低負荷レベルでは、燃焼による排出、具体的にはNO_xおよびCOを規定のコンプライアンス限界内で維持するために、消費される燃料の量が減少し、燃焼のために供給される空気の量も変化する。周囲温度が下がるにつれて、圧縮機吐出温度も低下するが、それが排出に悪影響を及ぼすことがある、COコンプライアンスに対する最小負荷が急激に上昇し、周囲空気温度は空気の圧縮機吐出温度に直接関係する。これは、CO対燃焼温度のプロットである図7に示される。しかし、SMAボアプラグ42を使用してボア穴40を通る圧縮機吐出空気のフローを調製することによって、排出を改善することができる。高周囲温度で生じる高い圧縮機

50

吐出温度では、SMAボアプラグは熱処理条件で提供されてもよいので、ボア開口部はより小さい。低周囲温度で生じる低い圧縮機吐出温度では、拡大したボア開口部を提供することによって、SMAボアプラグはその熱処理条件により、低温に反応する。この結果、周囲温度に関連する圧縮機吐出温度に基づいて、燃焼器への空気流が低減され、冷却フローの空気が増加する。つまり、例えば、ボアプラグは、高い圧縮機吐出温度、例えば約750°Fでは、完全に閉止されるかまたは部分的に閉止されてもよく、低い圧縮機吐出温度、例えば約620°Fでは、完全に開放されてもよい。SMAボアプラグはまた、温度が極値の間で変動するにつれて、開口部が徐々に変化してもよい。したがって、ボアプラグ42は、750°Fでは完全に閉止され、620°Fでは完全に開放され、これらの極値温度の中間では約50%の空気をバイパスするように開放されてもよい。あるいは、ボアプラグ42は、所定温度、例えば650°Fに達すると、最大量の空気をバイパスするように完全に開放されてもよい。この方法でのボアプラグ42の動作は、図8に示されるように、0°Fの周囲温度において最小排出適合負荷(minimum emission compliant load)を最大3%低減することが見出されている。図8は、0°F(周囲温度)において3%のガスタービンターンダウン能力の低減が測定されたことを表す。この低減は、ガスタービンが、少数(3つのボアプラグ)を開放構成にして、40%負荷ではなく47%の排出適合負荷で稼働できることを意味する。

【0032】

好ましい一実施形態を参照して本発明について記載してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変更を行ってもよく、また等価物をそれらの要素と置き換えてよいことが、当業者には理解されるであろう。それに加えて、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の状況または材料に適応させるように、本発明の教示に対して多くの修正がなされてもよい。したがって、本発明は、本発明を実施するために想到される最良の形態として開示される特定の実施形態に限定されず、本発明は、添付の請求項の範囲内にあるすべての実施形態を含むものとする。

【符号の説明】

【0033】

- 10 ガスタービンエンジン
- 12 ファン部分
- 14 圧縮機部分
- 16 燃焼器部分
- 18 タービン部分
- 20 排気部分
- 30 通路
- 32 ロータ
- 34 タービン羽根
- 36 圧縮機吐出ケース
- 40 ボア穴
- 42 ボアプラグ
- 44 チャネル
- 46 カウンター ボア
- 48 セグメント

10

20

30

40

【図1】

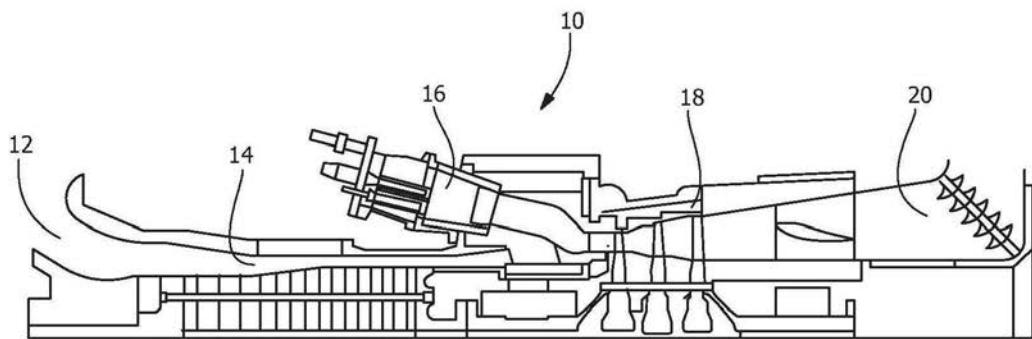


FIG. 1

【図2】

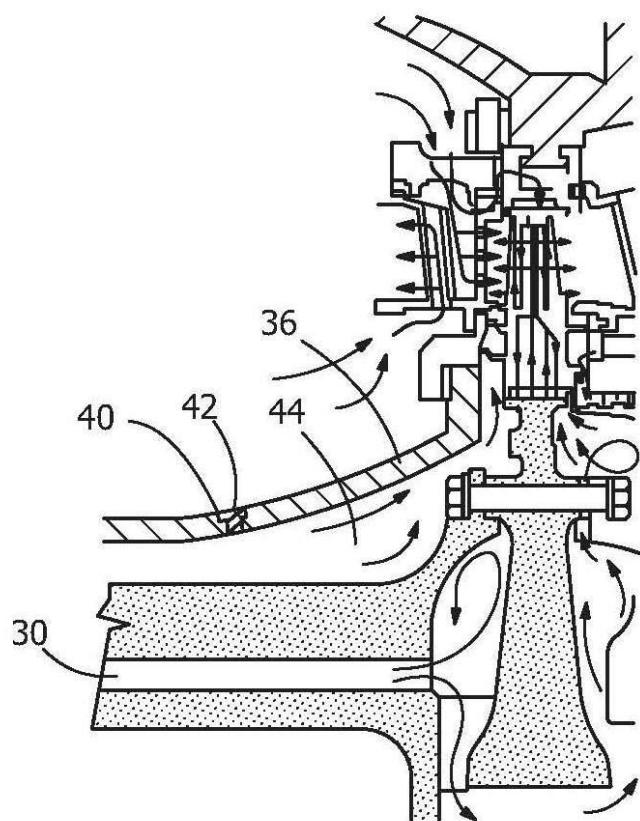


FIG. 2

【図3】

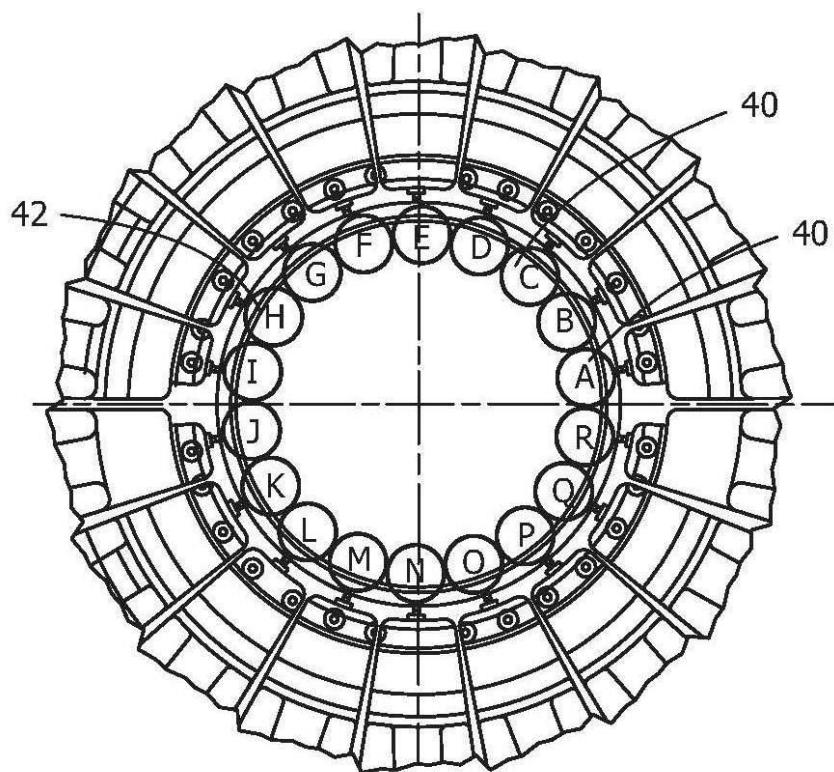


FIG. 3

【図4】

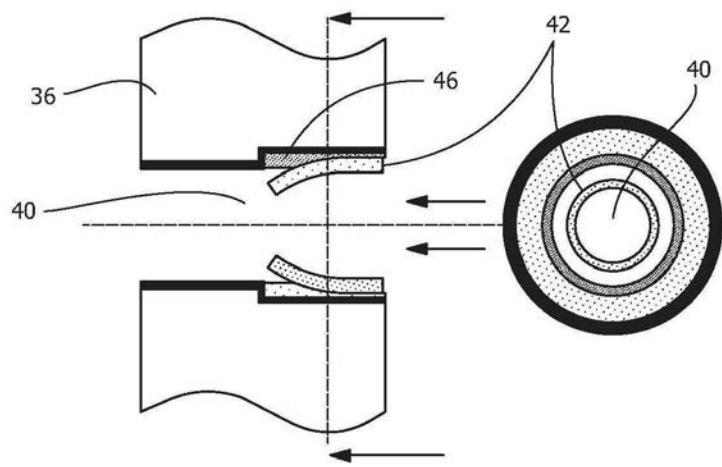


FIG. 4

【図5】

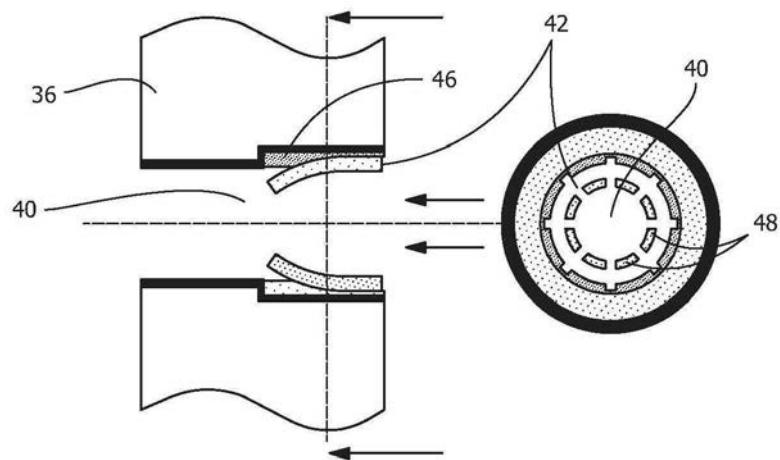


FIG. 5

【図 6】

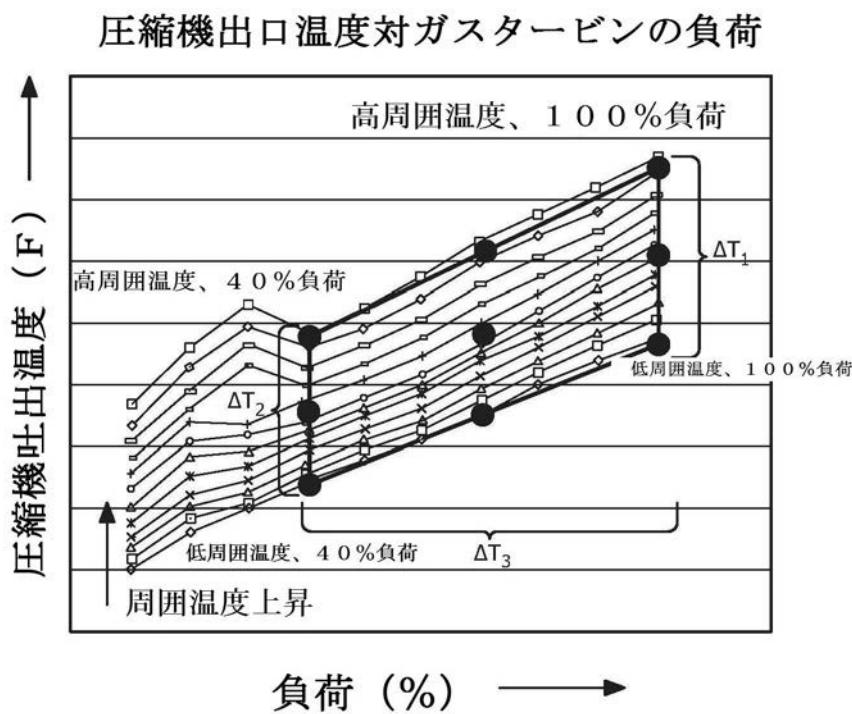


FIG. 6

【図 7】

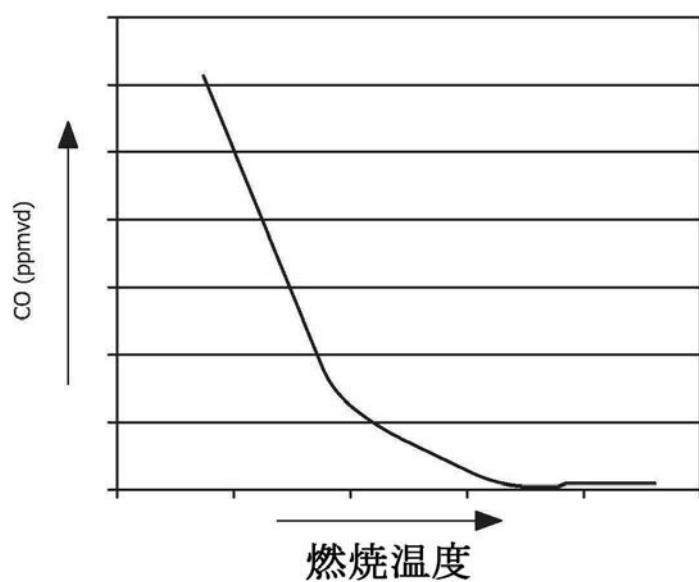


FIG. 7

【図 8】

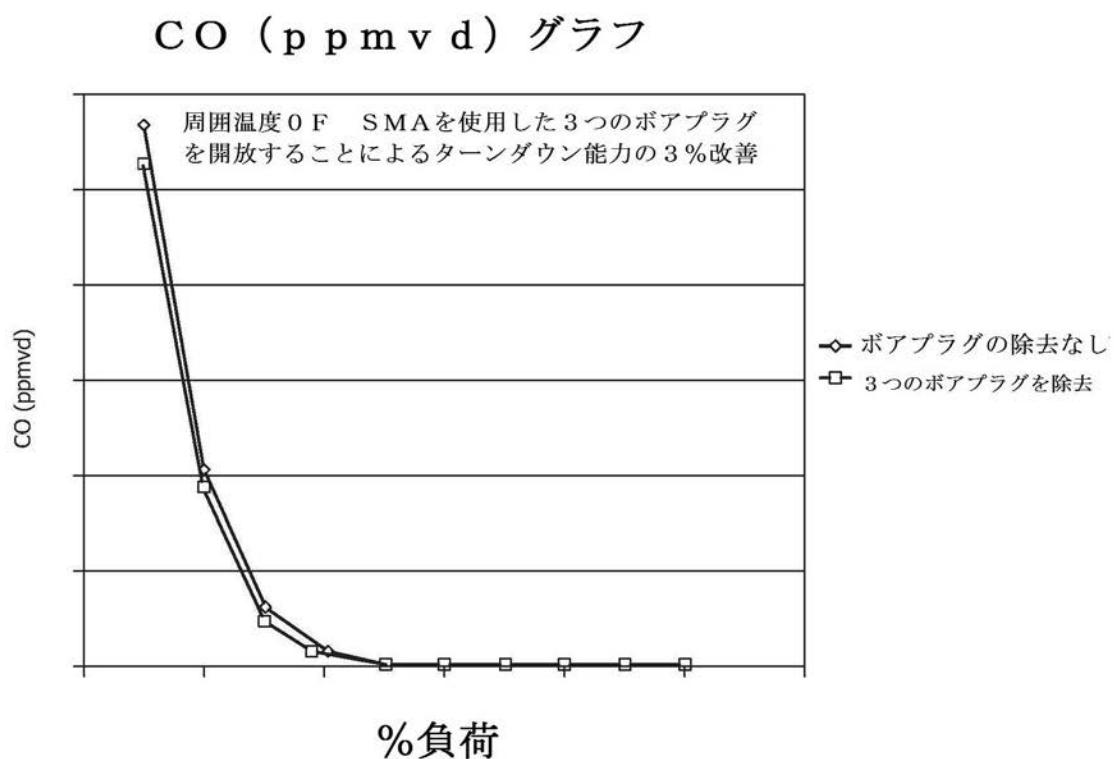


FIG. 8

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 22 C 5/04 (2006.01)	F 04 D 29/02	
C 22 C 14/00 (2006.01)	C 22 C 5/04	
C 22 C 27/02 (2006.01)	C 22 C 14/00	Z
C 22 C 19/03 (2006.01)	C 22 C 27/02	102Z
C 22 C 19/05 (2006.01)	C 22 C 27/02	103
C 22 C 21/00 (2006.01)	C 22 C 19/03	A
C 22 C 1/00 (2006.01)	C 22 C 19/05	C
	C 22 C 21/00	Z
	C 22 C 1/00	P

(72)発明者 シエオ・ナライン・ジリ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 サンジーヴ・ジャ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 バスカール・ペッミ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 ハリッシュ・ボンマナカッテ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 サンソッシュ・ドンカダ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 クリシュナ・キショール・グンピナ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 インドラジット・マズムダール

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 ラジャルシ・サハ

インド、カルナタカ・560066、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、ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

F ターム(参考) 3H130 AA13 AB12 AB27 AB52 AB62 AB65 AB69 AC17 BA72A BA76A

CA06 DD09Z EA03A EC02A EC14A

【外國語明細書】

2014111934000001.pdf