

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7130400号  
(P7130400)

(45)発行日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(24)登録日 令和4年8月26日(2022.8.26)

(51)国際特許分類	F I	
F 0 1 D 5/18 (2006.01)	F 0 1 D 5/18	
F 0 1 D 9/02 (2006.01)	F 0 1 D 9/02	1 0 2
F 0 1 D 25/12 (2006.01)	F 0 1 D 25/12	E
F 0 2 C 7/18 (2006.01)	F 0 2 C 7/18	A
	F 0 2 C 7/18	C
請求項の数 7 外国語出願 (全16頁)		

(21)出願番号	特願2018-63954(P2018-63954)	(73)特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニ アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3 4 5、スケネクタデイ、リバーロード 、1番
(22)出願日	平成30年3月29日(2018.3.29)	(74)代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(65)公開番号	特開2019-23456(P2019-23456A)	(74)代理人	100113974 弁理士 田中 拓人
(43)公開日	平成31年2月14日(2019.2.14)	(74)代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
審査請求日	令和3年3月19日(2021.3.19)	(72)発明者	ベンジャミン・ポール・レイシー アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・ 2 9 6 1 5、グリーンヴィル、ガーリン トン・ロード、3 0 0
(31)優先権主張番号	15/609,562		
(32)優先日	平成29年5月31日(2017.5.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 付加製造による冷却通路のための適応カバー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

産業機械の高温ガス経路(56)で使用するための構成要素(52, 100)であって、当該構成要素(52, 100)が、  
 高温の作動流体に曝される外面(180)と、  
 前記外面(180)上の遮熱コーティング(102)と、  
 内部冷却回路(86, 160)と、  
 前記内部冷却回路(86, 160)と連通しかつ前記外面(180)に向かって延びる冷却通路(170, 200)と、  
 前記外面(180)の前記冷却通路(200)内の適応カバー(220)であって、前記適応カバー(220)が、前記冷却通路(200)上で発生する遮熱コーティング(102)のスポール(222)及び前記適応カバー(220)の所定の温度に達する又はそれを超える高温に应答して、前記冷却通路(200)を開くように構成される、適応カバー(220)と  
 を備えており、前記適応カバー(220)が弱化領域(240)を含んでいて、前記弱化領域(240)が、ノッチ(242)又は溝(246)のうちの1つを前記適応カバー(220)の内側部分(244)に含んでおり、かつ前記適応カバー(220)が、前記適応カバー(220)が前記外面(180)よりも速く熱を吸収するようにさせる伝熱促進面(230)を前記適応カバー(220)の外側部分に含んでいる、構成要素(52, 100)。

10

20

## 【請求項 2】

前記適応カバー（220）が前記外面（180）及び前記冷却通路（200）と一体的に形成されるように当該構成要素（52, 100）が付加的に製造される、請求項 1 に記載の構成要素（52, 100）。

## 【請求項 3】

前記伝熱促進面（230）が、ディンプル面（234）、膨らんだ面（232）、及びストライプ面（236）のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載の構成要素（52, 100）。

## 【請求項 4】

前記伝熱促進面（230）が前記外面（180）より滑らかでない、請求項 1 又は請求項 2 に記載の構成要素（52, 100）。

10

## 【請求項 5】

前記冷却通路（170, 200）が、前記外面（180）に対して非直交の角度を有する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の構成要素（52, 100）。

## 【請求項 6】

前記冷却通路（170, 200）及び前記適応カバー（220）が、前記外面（180）にラウンド形でない断面を有する、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の構成要素（52, 100）。

## 【請求項 7】

前記弱化領域（240）が、前記適応カバー（220）の内側部分（244）の気孔（248）をさらに含んでいる、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の構成要素（52, 100）。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、一般に、構成要素の冷却に関し、より詳細には、高温ガス経路構成要素の冷却通路用の適応カバーに関する。適応カバーは、付加製造によって作られる。

## 【背景技術】

## 【0002】

高温で作動流体に曝される高温ガス経路構成要素は、産業機械に広く使用されている。例えば、ガスタービンシステムは、支持ロータディスクから外側に延びるブレードを備えた複数の段を有するタービンを含む。各ブレードは、高温の燃焼ガスが流れる翼形部を含む。翼形部は、燃焼ガスによって生成された高温に耐えるように冷却されなければならない。冷却が不十分であると、翼形部に応力がかからず、酸化され、疲労および/または損傷を引き起こす可能性がある。このため、翼形部は、一般に、複数の冷却孔等に通じる 1 つまたは複数の内部冷却回路を有する中空である。冷却空気は、冷却孔を通して排出され、翼形部の外面にフィルム冷却を提供する。他のタイプの高温ガス経路構成要素および他のタイプのタービン構成要素も、同様の方法で冷却することができる。

30

## 【0003】

所与の構成要素が現場で動作される前に多くのモデルおよびシミュレーションが実行され得るが、構成要素特有の高温および低温の場所によって、構成要素またはその任意の領域が到達し得る正確な温度は大きく変化する。具体的には、構成要素は、過熱によって悪影響を受ける温度依存特性を有することがある。その結果、多くの高温ガス経路構成要素が過冷却されて、構成要素上に発生する局所的なホットスポットを補償することができる。しかしながら、このような過度の過冷却は、産業機械全体の出力および効率に悪影響を及ぼし得る。

40

## 【0004】

冷却通路が存在するにもかかわらず、多くの構成要素は、構成要素を保護するためにその外面に施された遮熱コーティング（TBC）に頼っている。スポールと呼ばれる破損または亀裂が高温ガス経路構成要素の TBC 内で発生すると、スポールにおける構成要素の

50

局所温度が有害な温度に上昇することがある。この状況は、スポールの位置において構成要素内に内部冷却回路が存在する場合でも発生する可能性がある。TBCスポールに対する1つのアプローチは、TBCの下に冷却孔にプラグを提供する。スポールが生じると、プラグは通常、プラグを溶かすのに十分な熱に曝されて除去され、冷却孔が開き、冷却孔に流体的に結合された内部冷却回路から冷却媒体が流れることができる。このプロセスは過冷却を低減する。しかしながら、プラグの形成は複雑であり、プラグを形成するための材料の精密な機械加工および/または精密な熱的もしくは化学的処理が必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許第9617859号明細書

【発明の概要】

【0006】

本開示の第1の態様は、産業機械の高温ガス経路で使用するための構成要素を提供し、この構成要素は、高温の作動流体に曝された外面と、外面上の遮熱コーティングと、内部冷却回路と、内部冷却回路と連通しかつ外面に向かって延びる冷却通路と、外面の冷却通路内の適応カバーであって、適応カバーは、冷却通路上で発生するTBCのスポールおよび適応カバーの所定の温度に達するまたはそれを超える高温に反応して、冷却通路を開くように構成される、適応カバーと、を備え、適応カバーが外面および冷却通路と一体的に形成されるように構成要素が付加的に製造される。

【0007】

本開示の第2の態様は、産業機械の高温ガス経路で使用するための構成要素を提供し、構成要素は、高温の作動流体に曝された外面と、外面上の遮熱コーティングと、内部冷却回路と、内部冷却回路と連通しかつ外面に向かって延びる冷却通路と、外面の冷却通路内の適応カバーであって、適応カバーは、外面に伝熱促進面を含み、適応カバーが外面よりも速く熱を吸収するようにする、適応カバーと、を備える。

【0008】

本開示の第3の態様は、高温ガス経路(HGP)構成要素を付加的に製造するステップであって、HGP構成要素は、外面と、内部冷却回路と、内部冷却回路と連通しかつ外面に向かって延びる冷却通路と、外面の冷却通路内の適応カバーであって、適応カバーは、外面に伝熱促進面を含み、適応カバーが外面よりも速く熱を吸収するようにする、適応カバーと、を備える、ステップと、外面に遮熱コーティング(TBC)を施すステップと、を含む方法を提供する。

【0009】

本開示の例示的な態様は、本明細書で説明される問題および/または検討されていない他の問題を解決するように設計される。

【0010】

本開示のこれらのおよび他の特徴は、本開示の様々な実施形態を示す添付の図面と併せて、本開示の様々な態様の以下の詳細な説明から、より容易に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】ガスタービンシステムの形態の高温ガス経路構成要素を有する例示的な産業機械の概略図である。

【図2】タービンブレードの形態の既知の高温ガス経路構成要素の斜視図である。

【図3】遮熱コーティング(TBC)が施されていない本開示の実施形態による高温ガス経路構成要素の一部の斜視図である。

【図4】本開示の実施形態による遮熱コーティングを含む図3のHGP構成要素の一部の斜視図である。

【図5】本開示の実施形態による適応カバーを含むHGP構成要素の一部の断面図である。

【図6】本開示の実施形態による適応カバーを除去するスポールを含むHGP構成要素の

10

20

30

40

50

一部の断面図である。

【図 7】本開示の実施形態による伝熱促進面を含む適応カバーを含む H G P 構成要素の一部の断面図である。

【図 8】本開示の他の実施形態による伝熱促進面を含む適応カバーを含む H G P 構成要素の一部の断面図である。

【図 9】本開示の他の実施形態による伝熱促進面を含む適応カバーを含む H G P 構成要素の一部の断面図である。

【図 10】本開示の実施形態による弱化領域を有する適応カバーを含む H G P 構成要素の一部の断面図である。

【図 11】本開示の他の実施形態による、弱化領域および伝熱促進面を有する適応カバーを含む H G P 構成要素の一部の断面図である。

10

【図 12】本開示の実施形態による、様々な形態の冷却通路および適応カバーの上面図である。

【図 13】本開示の実施形態による H G P 構成要素を表すコードを格納する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体を含む付加製造プロセスのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本開示の図面は、原寸に比例して示されていないことに留意されたい。図面は、本開示の典型的な態様だけを示すことを目的としており、したがって、本開示の範囲を限定するものとみなすべきではない。図面において、同じ符号は、図面を通して同じ要素を表している。

20

【0013】

最初の問題として、現在の開示を明確に説明するために、ガスタービンシステムなどの産業機械に関連する機械構成要素を参照して説明するとき、特定の専門用語を選択することが必要になる。これを行う場合、可能な限り、一般的な工業専門用語が、その受け入れられた意味と同じ意味で使用および利用される。別途記載のない限り、このような専門用語は、本出願の文脈および添付の特許請求の範囲と一致する広義の解釈を与えられるべきである。当業者であれば、多くの場合、特定の構成要素がいくつかの異なるまたは重複する用語を使用して参照されることがあることを理解するであろう。単一の部品であるとして本明細書に記載され得るものは、複数の構成要素からなるものとして別の文脈を含み、かつ別の文脈で参照されてもよい。あるいは、複数の構成要素を含むものとして本明細書に記載され得るものは、単一の部品として他の場所で参照されてもよい。

30

【0014】

さらに、本明細書ではいくつかの記述上の用語を定常的に使用する場合がありますが、この点についてこれらの用語を定義することが有用であることが証明されるはずである。これらの用語およびその定義は、別途記載のない限り、以下の通りである。「半径方向」という用語は、軸線に垂直な運動または位置を指す。このような場合には、第 1 の構成要素が第 2 の構成要素よりも軸線の近くにあるならば、第 1 の構成要素は第 2 の構成要素の「半径方向内側」または「内側」にあると本明細書では記述する。一方、第 1 の構成要素が第 2 の構成要素よりも軸線から遠くにあるならば、第 1 の構成要素は第 2 の構成要素の「半径方向外側」または「外側」にあると本明細書では記述することができる。このような用語は、タービンの中心軸線に関連して適用することができることは理解されよう。

40

【0015】

上述のように、本開示は、冷却通路用の適応カバーを含む高温ガス経路 (H G P) 構成要素を提供する。H G P 構成要素および適応カバーは、付加製造によって形成され、その上の遮熱コーティング (T B C) 内のスポールによって露出された場合に、熱伝達を高めるために適応カバー上に伝熱促進面を含むことができる。したがって、適応カバーは、その上に T B C スポールが生じる際にのみ除去され、必要な場合にのみ冷却を可能にする。伝熱促進面の使用は、その上の T B C のスポールに際して迅速に開く冷却通路を作り出す。付加製造プロセスは、伝熱促進面を有する適応カバーだけでなく、冷却通路を開くこと

50

を可能にする他の意図的な弱化領域の形成を可能にする。付加製造はまた、TBCを冷却通路に入れずに製造することも可能にするが、スポールが生じた場合でも適応カバーを除去することができる。

#### 【0016】

ここで図面を参照すると、いくつかの図面を通して同じ符号が同じ要素を指し、図1は、ガスタービンシステム10の形態の例示的な産業機械の概略図を示している。本開示は、ガスタービンシステム10に関して説明されるが、本開示の教示は、冷却を必要とする高温ガス経路構成要素を有する任意の産業機械に適用可能であることが強調される。ガスタービンシステム10は、圧縮機15を含むことができる。圧縮機15は、入ってくる空気流20を圧縮し、圧縮空気流20を燃焼器25に送る。燃焼器25は、圧縮された空気20の流れを加圧された燃料30の流れと混合し、混合物を燃焼させて、燃焼ガス35の流れを生み出す。単一の燃焼器25のみが示されているが、ガスタービンシステム10は、任意の数の燃焼器25を含むことができる。燃焼ガス35の流れは、次いでタービン40に送られる。燃焼ガス35の流れは、機械的動力を生成するために、タービン40を駆動している。タービン40で生成された機械的動力は、シャフト45および発電機などの外部負荷50を介して、圧縮機15を駆動している。

10

#### 【0017】

ガスタービンシステム10では、天然ガス、液体燃料、各種合成ガス、および/または他のタイプの燃料、ならびにこれらの配合物を使用することができる。ガスタービンシステム10は、ニューヨーク州スケネクタディのゼネラル・エレクトリック社などが提供する複数の異なるガスタービンエンジンのうちの任意の1つであってもよい。ガスタービンシステム10は種々の構成を有していてもよく、また他のタイプの構成要素を使用してもよい。本開示の教示は、高温ガス経路を使用する他のタイプのガスタービンシステムおよび/または産業機械に適用可能であってもよい。また、本明細書において、複数のガスタービンシステム、他のタイプのタービン、および他のタイプの発電設備を共に使用していてもよい。

20

#### 【0018】

図2は、タービン40の高温ガス経路(HGP)56などに使用され得るタービンブレード55の形態の高温ガス経路(HGP)構成要素52の一例を示している。本開示は、タービンブレード55の形態のHGP構成要素52、より具体的にはその翼形部60に関して説明されるが、本開示の教示は、冷却を必要とする任意のHGP構成要素に適用可能であることが強調される。一般的に説明すると、タービンブレード55は、翼形部60と、シャंक部分65と、翼形部60とシャंक部分65との間に配置されたプラットフォーム70とを含むことができる。翼形部60は、一般に、プラットフォーム70から半径方向に上方に伸び、前縁72および後縁74を含む。翼形部60はまた、正圧側面76を画定する凹面と、負圧側面78を画定する反対側の凸面とを含むことができる。プラットフォーム70は、実質的に水平かつ平坦であってもよい。シャंक部分65は、プラットフォーム70が、翼形部60とシャंक部分65との間の境界面を概ね画定するように、プラットフォーム70から半径方向に下方に伸びることができる。シャंक部分65は、シャंकキャピティ80を含むことができる。シャंक部分65はまた、1つまたは複数のエンジェルウィング82と、ダブテールなどの根元構造84とを含むことができる。根元構造84は、他の構造と共に、タービンブレード55をシャフト45(図1)に固定するように構成され得る。任意の数のタービンブレード55をシャフト45の周りに円周方向に配置することができる。本明細書ではまた、他の構成要素およびまたは構成が使用されてもよい。

30

40

#### 【0019】

タービンブレード55は、圧縮機15(図1)または別の供給源からの空気のような冷却媒体88を流すために貫通する1つまたは複数の冷却回路86を含むことができる。蒸気および他のタイプの冷却媒体88も本明細書で使用することができる。冷却回路86および冷却媒体88は、翼形部60、シャंक部分65、およびプラットフォーム70の少

50

なくとも一部を通過して、任意の順序、方向またはルートで循環することができる。本明細書では、多くの異なるタイプの冷却回路および冷却媒体が任意の向きで使用されてもよい。冷却回路 86 は、翼形部 60 または他の場所の周りのフィルム冷却のための複数の冷却孔 90 または他のタイプの冷却通路をもたらしすることができる。他のタイプの冷却方法が使用されてもよい。本明細書ではまた、他の構成要素およびまたは構成が使用されてもよい。

#### 【0020】

図 3 ~ 図 5 は、本明細書で説明され得るような HGP 構成要素 100 の一部の例を示している。図 3 は、遮熱コーティング (TBC) 102 が施されていない HGP 構成要素 100 の斜視図であり、図 4 は、TBC 102 を有する HGP 構成要素 100 の斜視図であり、図 5 は、TBC 102 を有する HGP 構成要素の一部の断面図である。この例では、HGP 構成要素 100 は、翼形部 110、より具体的にはその側壁であってもよい。HGP 構成要素 100 は、ブレードまたはベーン等の一部であってもよい。HGP 構成要素 100 はまた、シャンク、プラットフォーム、または任意のタイプの高温ガス経路構成要素を含む任意のタイプの空冷構成要素であってもよい。上述したように、本明細書では、他のタイプの HGP 構成要素および他の構成が使用されてもよい。上述のものと同様に、翼形部 110 は、前縁 120 および後縁 130 を含むことができる。同様に、翼形部 110 は、正圧側面 140 および負圧側面 150 を含むことができる。翼形部 110 は、内部に 1 つまたは複数の内部冷却回路 160 (図 3 および図 5) も含むことができる。図 5 に示すように、内部冷却回路 160 は、複数の冷却孔 175 のような複数の冷却通路 170 をもたらしすることができる。冷却孔 175 は、翼形部 110 の外面 180 または他の場所を通過して延びることができる。外面 180 は、高温の作動流体に曝される。本明細書で使用する場合、「高温」は、例えばガスタービンシステム 10 のような産業機械の形態に依存し、高温は 100 より高い任意の温度であり得る。内部冷却回路 160 および冷却孔 175 は、翼形部 110 およびその構成要素を冷却媒体 190 (図 5) で冷却するように機能する。本明細書では、空気、蒸気などの任意のタイプの冷却媒体 190 が、任意の供給源から使用されてもよい。冷却孔 175 は、任意のサイズ、形状、または構成を有することができる。本明細書では、任意の数の冷却孔 175 が使用されてもよい。冷却孔 175 は、直交または非直交の態様で外面 180 に延びてもよい。本明細書では、他のタイプの冷却通路 170 が使用されてもよい。本明細書では、他の構成要素およびまたは構成が使用されてもよい。

#### 【0021】

図 3 ~ 図 5 に示すように、HGP 構成要素 100、例えば翼形部 110 はまた、本開示の実施形態による複数の他の冷却通路 200 を含むことができる。冷却通路 200 は、内部冷却回路 160 と連通し、外面 180 に向かって延び、本開示の実施形態による適応カバー 220 を採用する任意の冷却通路を含むことができる。適応カバー 220 は、除去されるまで、冷却通路 200 を閉じる。したがって、冷却通路 200 は、外面 180 に恒久的に開く冷却通路 170 および冷却孔 175 とは区別可能である。冷却通路 200 は、図 4 および図 5 に示すように、その上に遮熱コーティング (TBC) 102 を含むことができる。

#### 【0022】

図 5 ~ 図 11 に示すように、冷却通路 200 は、複数の適応冷却孔 210 の形態であってもよい。内部冷却回路 160 は、適応冷却孔 210 に流体的に結合されており、開いたときに、翼形部 110 およびその構成要素を、その内部の冷却媒体 190 で冷却するように機能する。上述したように、本明細書では、空気、蒸気などの任意のタイプの冷却媒体 190 が、任意の供給源から使用されてもよい。適応冷却孔 210 は、任意のサイズ、形状 (例えば、円形、ラウンド形、多角形など)、または構成を有することができる。本明細書では、任意の数の適応冷却孔 210 が使用されてもよい。図 5 に最もよく示されているように、適応冷却孔 210 は、冷却孔 175 と同様に外面 180 に向かって延びていてもよいが、本開示の実施形態による適応カバー 220 によって覆われているか、または閉じられている。適応冷却孔 210 は、外面 180 に対して直交 (図 5) または非直交 (図

10

20

30

40

50

7)の態様で外面180に向かって延びることができる。本明細書では、他のタイプの冷却通路200が使用されてもよい。本明細書では、他の構成要素およびまたは構成が使用されてもよい。

#### 【0023】

図4および図5に示すように、冷却孔175(図3)とは対照的に、TBC102は、HGP構成要素100の少なくとも一部の外面180の上に配置され、冷却通路200およびその適応カバー220を覆う。TBC102は、熱損傷(例えば、クリープ、熱疲労割れおよび/または酸化)から外面180を保護するように構成された現在知られているまたは後に開発される材料の層を含んでもよく、その材料としては、限定はしないが、ジルコニア、イットリア安定化ジルコニア、白金アルミナイドのようなアルミナイド貴金属、Mがコバルト、ニッケル、またはコバルトニッケル合金であってもよいMCrAlY合金が挙げられる。TBC102は、限定はしないが、遮熱層の下のボンドコートなどの複数の層を含むことができる。

10

#### 【0024】

図5に示すように、適応カバー220は、外面180において冷却通路200内にある。本明細書で使用する場合、「外面180に(at outer surface 180)」は、冷却通路200、例えば冷却孔210を閉じるように適応カバー220が外面180と接触することを示す。図6に示すように、適応カバー220は、冷却通路200上で発生するTBC102内のスポール222、および適応カバー220の所定の温度に達するかまたはそれを超える、例えばHGP56の高温にตอบสนองして、冷却通路200を開くように構成される。適応カバー220は、スポール222なしで動作中にTBC102を支持するのに十分な任意の厚さを有することができる。適応カバー220は、残りのHGP構成要素100と同じ材料で作られている、すなわち、ポリマーのような他の材料のプラグではなく、単一の材料を含む。除去する前に、適応カバー220は冷却媒体190に対して不浸透性である。スポール222は、例えば外面180への熱経路を生成するTBC102の破損もしくは亀裂または変位など、以前には存在しなかった外面180への熱経路を形成するTBC102の任意の変化を含んでもよい。スポール222が生じると、外面180は通常、HGP56の高温および他の極端な環境に曝されるため、スポール222が生じる前に外面180はTBC102によって保護されている。本明細書で使用する場合、「適応カバーの所定の温度」は、適応カバー220がその除去を可能にするように状態を変化させる温度である。多くの場合、図5および図6に示すように、適応カバー220がHGP56環境のみに曝されると、適応カバー220を(例えば、昇華、灰化、酸化または溶解により)除去するのに十分な所定の温度が提供され、高温のために割れたり飛び出したりすることがある。図5において、適応カバー220は、HGP構成要素100の外面180と同様の平坦面226を含む。

20

30

#### 【0025】

図7~図9に示すように、いくつかの実施形態では、適応カバー220は、外面180よりも速く適応カバー220が熱を吸収するように、外面180に伝熱促進面230を含むことができる。伝熱促進面230は、HGP構成要素100に組み込まれている、すなわち、HGP構成要素100の原型であり、使用中に生じるものではない。伝熱促進面230は、HGP56から適応カバー220への熱伝達を高める任意の形態をとることができる。例えば、伝熱促進面230は、外面180より滑らかでない、すなわち外面180よりも高い表面粗さを有する任意の表面228(図5)を含むことができる。表面228(図5)は、例えば外面180より粗い表面を生成するビルドパラメータを使用することによって、付加製造中に任意の方法で作成され得る。図7~図9にそれぞれ示すように、他の実施形態では、伝熱促進面230は、膨らんだ面232、ディンプル面234、またはストライプ面236を含むことができる。また、これらの実施形態のいずれかの組み合わせが採用されてもよい。外面180とは異なる他の伝熱促進面が可能であってもよい。

40

#### 【0026】

図10および図11に示す別の実施形態では、適応カバー220は弱化学領域240を含

50

むことができる。弱化領域 240 は、冷却通路 200 からの適応カバー 220 の除去を促進し得る任意の構造的弱点を含むことができる。すなわち、弱化領域 240 は、TBC 102 のスポール 222 の際に、適応カバー 220 の弱化領域 240 が最初に故障するように組み込まれた意図的な弱点を含むことができる。これらの弱点には、適応カバー 220 の内側部分 244 の気孔 (248)、および / または穿孔、ノッチまたは溝などの応力ライザが含まれる。図 10 では、弱化領域 240 は、適応カバー 220 の内側部分 244 にノッチ 242 を含むことができる。図 11 に示す別の実施形態では、弱化領域 240 は、適応カバー 220 の内側部分 244 に溝 246 を含むことができる。弱化領域 240 の各形態は、内側部分 244 の一部または全体の周りに延びることができる。異なる形態の弱化領域 240 が、単独で、または組み合わせて使用されてもよい。図 11 に示すように、主に別個に使用されるように示されているが、任意の形態の伝熱促進面 230 が、任意の形態の弱化領域 240 と共に使用されてもよい。

10

#### 【0027】

図 12A ~ 図 12C は、外面 180 における適応冷却孔 210 または適応カバー 220 の様々な形態を示している。図示するように、それぞれは、外面 180 にラウンド形断面 (円形の図 12A または楕円形の図 12B) またはラウンド形でない断面 (正方形または長方形の図 12C) を有することができる。ラウンド形でない任意の断面、例えば正方形、長方形または他の多角形が採用されてもよい。図 12D に示されるように、適応カバー 220 は、任意の様々なディフューザに適合する断面を有していてもよく、それに通じる冷却孔は任意の断面を有することができる。冷却通路 200 はまた、異なる内部寸法、形状などをとることができる。

20

#### 【0028】

図 13 を参照すると、本開示の実施形態によれば、適応カバー 220 が外面 180 および冷却通路 200 と一体的に形成されるように、HGP 構成要素 100 および適応カバー 220 を付加的に製造することができる。付加製造はまた、本明細書に記載された構造の多くを容易に形成することを可能にする、すなわち、非常に複雑な機械加工を必要としない。本明細書で使用する場合、付加製造 (AM) は、従来のプロセスの場合である材料の除去ではなく、材料の連続した層形成を介して対象物を製造する任意のプロセスを含み得る。付加製造は、あらゆる種類の工具、金型または器具を使用することなく、かつ廃棄材料をほとんどまたは全く伴わずに複雑な幾何学的形状を形成することができる。その多くは切り取られて廃棄されるプラスチックまたは金属の固体ピレットから構成要素を機械加工する代わりに、付加製造に使用される唯一の材料が部品を成形するために要求される材料である。付加製造プロセスは、これらに限定されないが、3D 印刷、ラピッドプロトタイプリング (RP)、直接デジタル製造 (DDM)、バインダージェットティング、選択的レーザー溶融 (SLM) および直接金属レーザー溶融 (DMLM) を含むことができる。

30

#### 【0029】

付加製造プロセスの例を説明するために、図 13 は、物体 302、すなわち HGP 構成要素 100 を生成するための例示的なコンピュータによる付加製造システム 300 の概略 / ブロック図を示している。この例では、システム 300 は、DMLM 用に構成される。本開示の一般的な教示は、他の形態の付加製造に同様に適用可能であることが理解されよう。AM システム 300 は、一般に、コンピュータによる付加製造 (AM) 制御システム 304 および AM プリンタ 306 を含む。AM システム 300 は、以下に説明するように、AM プリンタ 306 を使用して構成要素を物理的に生成するために適応カバー 220 を含む HGP 構成要素 100 (図 5 ~ 図 12D) を定めるコンピュータ実行可能命令のセットを含むコード 320 を実行する。各 AM プロセスは、例えば、細粒粉末、液体 (例えば、ポリマー)、シートなどの形態の異なる原材料を使用することができ、そのストックを、AM プリンタ 306 のチャンバ 310 に保持することができる。この場合、HGP 構成要素 100 (図 5 ~ 図 12D) を、金属粉末または同様の材料から製造することができる。図示されているように、アプリケーション 312 は、空白キャンバスとして広がる原材料 314 の薄層を形成することができ、これから最終物体の各連続スライスが形成される。他

40

50

の場合では、アプリケータ 3 1 2 は、例えば、材料がポリマーであるか、または金属バインディングプロセスが使用される場合、コード 3 2 0 によって定められるように先の層上に次の層を直接適用または印刷することができる。示されている例では、レーザまたは電子ビーム 3 1 6 は、コード 3 2 0 によって定められるように、各スライスの粒子を融合するが、これは迅速に硬化する液体プラスチック/ポリマーが採用される場合には必要ではない。AMプリンタ 3 0 6 の種々の部分を、各々の新しい層の追加に対応するように移動させることができ、例えば各層の後で、ビルドプラットフォーム 3 1 8 を下降させることができ、さらには/あるいはチャンバ 3 1 0 および/またはアプリケータ 3 1 2 を上昇させることができる。

#### 【 0 0 3 0 】

AM制御システム 3 0 4 は、コンピュータプログラムコードとしてコンピュータ 3 3 0 上に実装されて示されている。この点に関し、コンピュータ 3 3 0 は、メモリ 3 3 2、プロセッサ 3 3 4、入力/出力(I/O)インタフェース 3 3 6、およびバス 3 3 8 を含むものとして示されている。さらに、コンピュータ 3 3 0 は、外部 I/O デバイス/リソース 3 4 0 および記憶システム 3 4 2 と通信するものとして示されている。一般に、プロセッサ 3 3 4 は、本明細書に記載の HGP 構成要素 1 0 0 (図 5 ~ 図 1 2 D) を表すコード 3 2 0 からの命令の下で、メモリ 3 3 2 および/または記憶システム 3 4 2 に記憶された AM 制御システム 3 0 4 などのコンピュータプログラムコードを実行する。コンピュータプログラムコードの実行時に、プロセッサ 3 3 4 は、メモリ 3 3 2、記憶システム 3 4 2、I/O デバイス 3 4 0 および/または AM プリンタ 3 0 6 からデータを読み出すこと、および/またはこれにデータを書き込むことができる。バス 3 3 8 は、コンピュータ 3 3 0 の構成要素の各々の間の通信リンクを提供し、I/O デバイス 3 4 0 は、コンピュータ 3 3 0 との対話をユーザにとって可能にする任意のデバイス(例えば、キーボード、ポインティングデバイス、ディスプレイ、など)を備えることができる。コンピュータ 3 3 0 は、ハードウェアおよびソフトウェアの種々の考えられる組み合わせを表しているにすぎない。例えば、プロセッサ 3 3 4 は、ただ 1 つのプロセッシングユニットを備えることができ、あるいは例えばクライアント上およびサーバ上などの 1 つまたは複数の場所の 1 つまたは複数のプロセッシングユニットに分散することができる。同様に、メモリ 3 3 2 および/または記憶システム 3 4 2 は、1 つまたは複数の物理的位置に存在することができる。メモリ 3 3 2 および/または記憶システム 3 4 2 は、磁気媒体、光学媒体、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み出し専用メモリ(ROM)、などを含む様々な種類の非一時的なコンピュータ可読記憶媒体の任意の組み合わせを備えることができる。コンピュータ 3 3 0 は、ネットワークサーバ、デスクトップコンピュータ、ラップトップ、携帯デバイス、携帯電話機、ポケットベル、携帯情報端末、などの任意の種類のコピューティングデバイスを備えることができる。

#### 【 0 0 3 1 】

付加製造プロセスは、非一時的なコンピュータ可読記憶媒体(例えば、メモリ 3 3 2、記憶システム 3 4 2、など)に HGP 構成要素 1 0 0 (図 5 ~ 図 1 2 D) を表すコード 3 2 0 を記憶することで始まる。上述のように、コード 3 2 0 は、物体 3 0 2 を定める一式的コンピュータ実行可能命令を含んでおり、そのような命令を使用して、システム 3 0 0 によるコードの実行時に物体を物理的に生成することができる。例えば、コード 3 2 0 は、HGP 構成要素 1 0 0 (図 5 ~ 図 1 2 D) の正確に定められた 3 D モデルを含むことができ、AutoCAD(登録商標)、TurboCAD(登録商標)、DesignCAD 3 D Max、などの多様な周知のコンピュータ支援設計(CAD)ソフトウェアシステムのいずれかから生成されることができる。この点に関し、コード 3 2 0 は、任意の現在知られているまたは後に開発されるファイルフォーマットをとることができる。例えば、コード 3 2 0 は、3 D Systems のステレオリソグラフィ CAD プログラム用に生成された標準テッセレーション言語(Standard Tessellation Language, STL)によることができ、あるいは任意の AM プリンタ上で製作される任意の三次元物体の形状および構成の記述をあらゆる CAD ソフトウェアにとって可能

10

20

30

40

50

にするように設計された拡張マークアップ言語（XML）ベースのフォーマットである米国機械学会（ASME）規格の付加製造ファイル（AMF）によることができる。コード320は、必要に応じて、異なるフォーマット間での変換、一式のデータ信号への変換、一式のデータ信号としての送受信、コードへの変換、記憶、などが可能であってよい。コード320は、システム300への入力であってよく、部品設計者、知的財産（IP）提供者、設計会社、システム300のオペレータまたは所有者、あるいは他の出所からもたらされてよい。いずれにしても、AM制御システム304は、コード320を実行して、HGP構成要素100（図5～図12D）を連続した薄いスライスに分割し、HGP構成要素100は、液体、粉末、シートまたは他の材料の連続した層でAMプリンタ306を使用して作られる。DMLMの例において、各層は、コード320によって定められる正確な形状へと溶融させられ、先行の層に融合させられる。

10

#### 【0032】

付加製造に続いて、HGP構成要素100（図5～図12D）は、任意の様々な仕上げプロセス、例えば、小さな機械加工、封止、研磨、別の部品への組み立てなどに曝されてもよい。本開示に関して、TBC102は、HGP構成要素100の外表面180におよび適応カバー220の上に施されてもよい。TBC102は、現在知られているまたは後に開発されるコーティング技術を使用して施されることができ、任意の数の層で施されることができる。

#### 【0033】

動作において、図6に示すように、冷却通路200上で発生するTBC102内のスポール222、および適応カバー220の所定の温度に達するかまたはそれを越えるHGP56の高温に回答して、適応カバー220は冷却通路200を開くために除去される。すなわち、高温により、適応カバー220が壊れて、灰、溶融物などが溶出し、このため、適応カバーが除去され、スポールが生じる場所で冷却媒体190がHGP構成要素100を冷却することができる。本明細書で説明するように、適応カバー220は、ディンプル面234（図8）、膨らんだ面232（図7）、およびストライプ面236（図9）などの様々な伝熱促進面230のいずれかを含むことができる。あるいは、伝熱促進面230（図5の228）は、外表面180より滑らかでない場合がある。それに加えて、またはこれに代えて、適応カバー220は、その除去を促進する弱化領域240を含むことができる。

20

30

#### 【0034】

本開示の実施形態によるHGP構成要素100は、その領域を冷却し、公称冷却流を著しく減少させ得る下側の金属の損傷を防止するために、スポール222の領域でのみ開く冷却通路200を提供する。HGP構成要素100およびその適応カバー220のための付加製造の使用は、施されたときにTBC102で満たされない冷却通路200を可能にする。伝熱促進面230および/または弱化領域240の使用は、その上のTBC102のスポール222の際に迅速に開く冷却通路200を作り出す。

#### 【0035】

本明細書で使用される専門用語は、単に特定の実施形態を説明するためのものにすぎず、本開示を限定するものではない。本明細書で使用する場合、単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」、および「この(the)」は、特に明示しない限り、複数形も含むことが意図される。「含む(comprises)」、および/または「含んでいる(comprising)」という用語は、本明細書で使用される場合に、記載した特徴、整数、ステップ、動作、要素、および/または構成要素の存在を示すが、1つもしくは複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素、および/またはこれらのグループの存在もしくは追加を排除するものではないことがさらに理解されよう。「任意の」または「任意に」は、続いて記載された事象または状況が生じてもよいし、また生じなくてもよいことを意味し、かつ、その説明が、事象が起こる場合と、それが起こらない場合と、を含むことを意味する。

40

#### 【0036】

50

本明細書および特許請求の範囲を通してここで使用される、概略を表す言葉 (Approximating language) は、関連する基本的機能に変化をもたらすことなく、差し支えない程度に変動できる任意の量的表現を修飾するために適用することができる。したがって、「およそ (about)」、「約 (approximately)」、および「実質的に (substantially)」などの用語で修飾された値は、明記された厳密な値に限定されるものではない。少なくともいくつかの例では、近似する文言は、値を測定するための機器の精度に対応することができる。ここで、ならびに本明細書および特許請求の範囲を通して、範囲の限定は組み合わせおよび/または置き換えが可能であり、文脈または文言で特に指示されない限り、このような範囲は識別され、それに包含されるすべての部分範囲を含む。範囲の特定の値に適用される「約」は、両方の値に適用され、値を測定する機器の精度に特に依存しない限り、記載された値 (単数または複数) の + / - 10 % を示し得る。

10

## 【0037】

添付の特許請求の範囲におけるミーンズプラスファンクションまたはステッププラスファンクションの要素すべての、対応する構造、材料、動作および均等物は、具体的に請求された他の請求要素と組み合わせてその機能を遂行するための、一切の構造、材料または動作を包含することが意図されている。本開示の記述は、例示および説明の目的で提示されたもので、網羅的であることも、または本開示を開示した形態に限定することも意図されていない。多くの変更および変形は、本開示の範囲および趣旨から逸脱することなく、当業者には明らかであろう。本開示の原理および実際の応用を最もよく説明し、想定される特定の使用に適するように様々な変更を伴う様々な実施形態の開示を他の当業者が理解できるようにするために、実施形態を選択し説明した。

20

## 【符号の説明】

## 【0038】

- 10 ガスタービンシステム
- 15 圧縮機
- 20 空気
- 25 燃焼器
- 30 燃料
- 35 燃焼ガス
- 40 タービン
- 45 シャフト
- 50 外部負荷
- 52 高温ガス経路構成要素
- 55 タービンブレード
- 56 高温ガス経路
- 60 翼形部
- 65 シャンク部分
- 70 プラットフォーム
- 72 前縁
- 74 後縁
- 76 正圧側面
- 78 負圧側面
- 80 シャンクキャビティ
- 82 エンジェルウィング
- 84 根元構造
- 86 冷却回路
- 88 冷却媒体
- 90 冷却孔
- 100 HGP 構成要素

30

40

50

1 0 2	遮熱コーティング	
1 1 0	翼形部	
1 2 0	前縁	
1 3 0	後縁	
1 4 0	正圧側面	
1 5 0	負圧側面	
1 6 0	内部冷却回路	
1 7 0	冷却通路	
1 7 5	冷却孔	
1 8 0	外面	10
1 9 0	冷却媒体	
2 0 0	冷却通路	
2 1 0	適応冷却孔	
2 2 0	適応カバー	
2 2 2	スポール	
2 2 6	平坦面	
2 2 8	表面	
2 3 0	伝熱促進面	
2 3 2	膨らんだ面	
2 3 4	ディンプル面	20
2 3 6	ストライプ面	
2 4 0	弱化領域	
2 4 2	ノッチ	
2 4 4	内側部分	
2 4 6	溝	
3 0 0	コンピュータによる付加製造システム	
3 0 2	物体	
3 0 4	付加製造制御システム	
3 0 6	付加製造プリンタ	
3 1 0	チャンバ	30
3 1 2	アプリケーション	
3 1 4	原材料	
3 1 6	電子ビーム	
3 1 8	ビルドプラットフォーム	
3 2 0	コード	
3 3 0	コンピュータ	
3 3 2	メモリ	
3 3 4	プロセッサ	
3 3 6	入力/出力 ( I / O ) インタフェース	
3 3 8	バス	40
3 4 0	I / O デバイス / リソース	
3 4 2	記憶システム	

【図面】

【図 1】

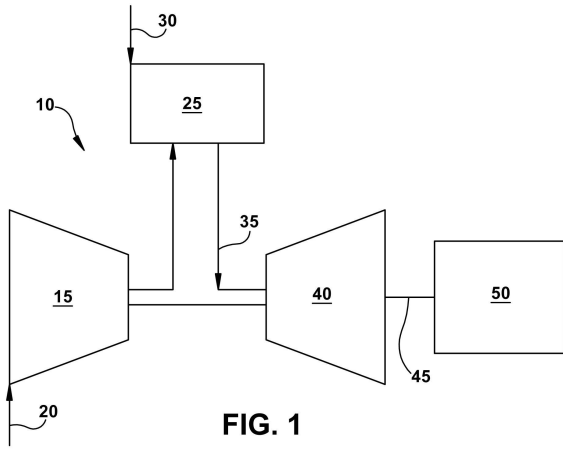


FIG. 1

【図 2】

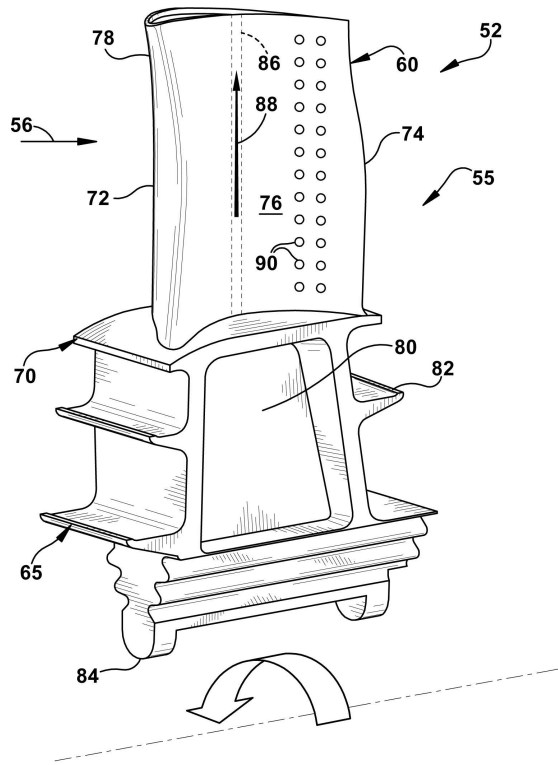


FIG. 2

【図 3】

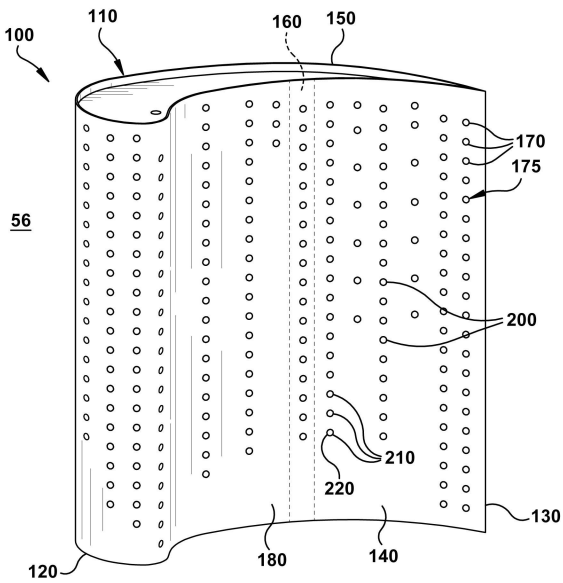


Fig. 3

【図 4】

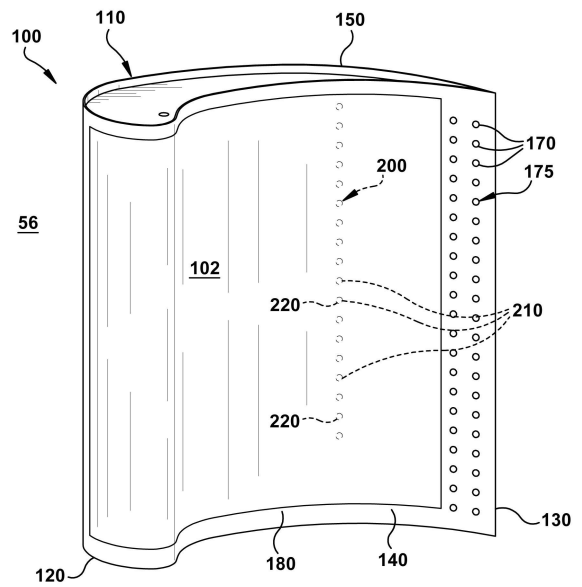


Fig. 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

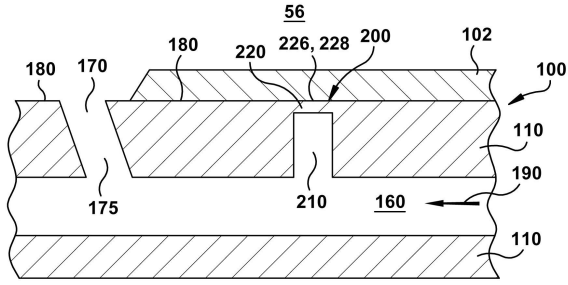


Fig. 5

【 図 6 】

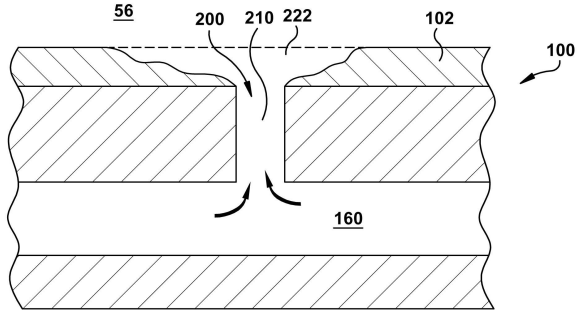


Fig. 6

【 図 7 】

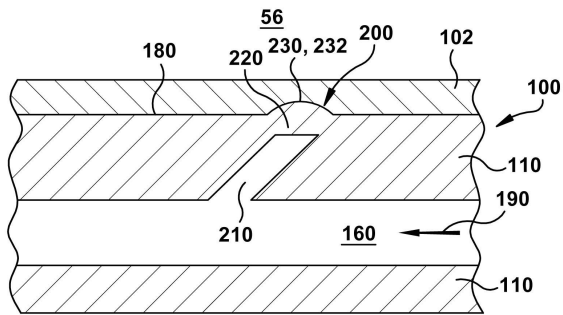


Fig. 7

【 図 8 】

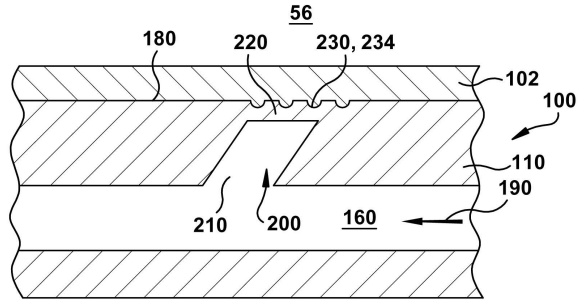


Fig. 8

【 図 9 】

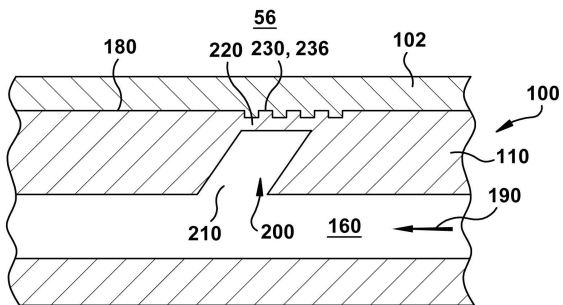


Fig. 9

【 図 10 】

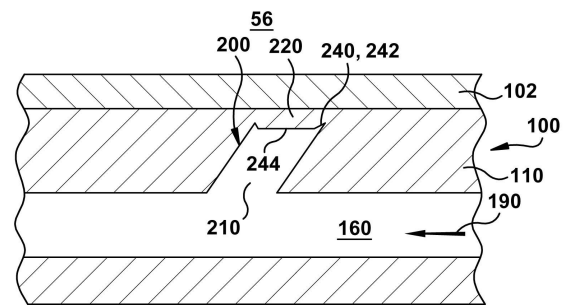


Fig. 10

10

20

30

40

50

【 図 1 1 】

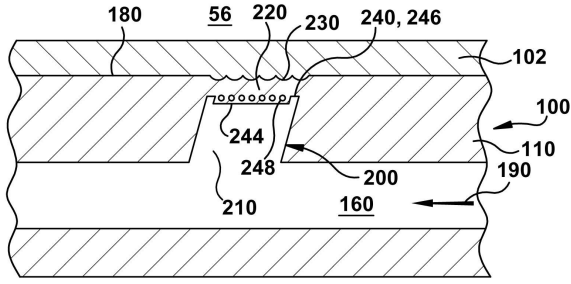


Fig. 11

【 図 1 2 】

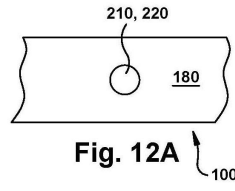


Fig. 12A

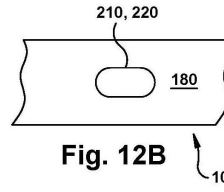


Fig. 12B

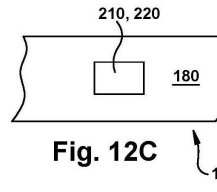


Fig. 12C

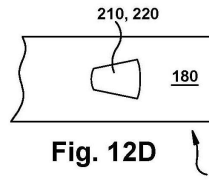


Fig. 12D

【 図 1 3 】

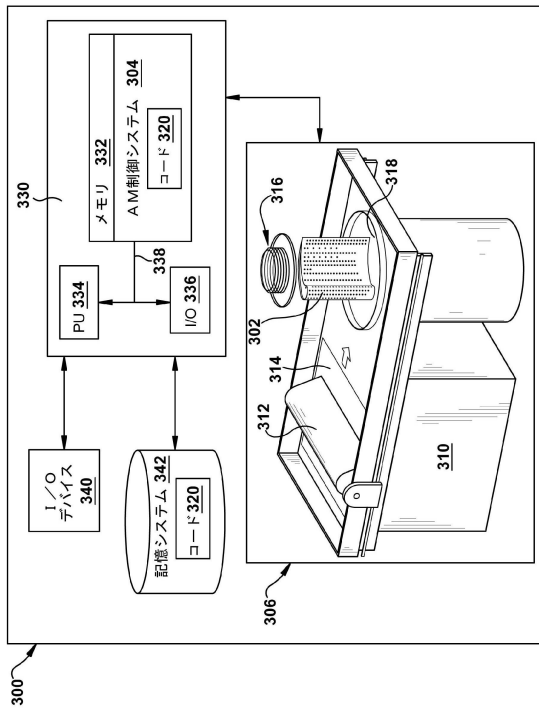


FIG. 13

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(72)発明者 ビクター・ジョン・モーガン

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

審査官 中村 大輔

(56)参考文献 欧州特許出願公開第02857636 (EP, A1)

特開2017-031973 (JP, A)

特開2015-132261 (JP, A)

特開2004-019652 (JP, A)

特開2014-087924 (JP, A)

特開2014-077439 (JP, A)

米国特許出願公開第2016/0146019 (US, A1)

米国特許出願公開第2015/0377034 (US, A1)

米国特許出願公開第2015/0308274 (US, A1)

米国特許出願公開第2011/0189015 (US, A1)

米国特許出願公開第2009/0074576 (US, A1)

米国特許出願公開第2008/0226871 (US, A1)

米国特許第06492038 (US, B1)

欧州特許出願公開第02873806 (EP, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F01D 5/18

F01D 9/02

F01D 25/12

F02C 7/18