

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7604647号
(P7604647)

(45)発行日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(24)登録日 令和6年12月13日(2024.12.13)

(51)国際特許分類	F I		
F 0 1 D 5/14 (2006.01)	F 0 1 D 5/14		
F 0 1 D 9/02 (2006.01)	F 0 1 D 9/02	1 0 1	
F 0 1 D 25/00 (2006.01)	F 0 1 D 25/00		X
F 0 2 C 7/00 (2006.01)	F 0 2 C 7/00		D
B 3 3 Y 80/00 (2015.01)	B 3 3 Y 80/00		
請求項の数 10 (全26頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号	特願2023-530311(P2023-530311)	(73)特許権者	515322297 ゼネラル エレクトリック テクノロジー ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ ル ハフツング General Electric Te chnology GmbH スイス国 5 4 0 0 パーデン ブラウン ボヴェリシュトラッセ 8 Brown Boveri Strass e 8, 5 4 0 0 Baden, Swi tzerland
(86)(22)出願日	令和2年12月8日(2020.12.8)	(74)代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(65)公表番号	特表2024-505777(P2024-505777 A)	(74)代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(43)公表日	令和6年2月8日(2024.2.8)		
(86)国際出願番号	PCT/US2020/063760		
(87)国際公開番号	WO2022/125076		
(87)国際公開日	令和4年6月16日(2022.6.16)		
審査請求日	令和5年11月27日(2023.11.27)		
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 オーバーハング部を有する部品の形成または補修方法、および関連するターボ機械部品

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

部品(28)の一部(72)を除去して、部品(28)の本体(60)の長手方向軸(75)に対して鋭角の部品(28)の表面(94)を形成するステップと、

部品(28)にセクションを追加するステップであって、セクションはオーバーハング部(78)を含み、追加するステップは、部品(28)を回転させるステップと、部品(28)の表面(94)に複数の材料層(80)を順次積層するステップを含み、複数の材料層(80)は、オーバーハング部(78)を含むセクションの寸法を近似し、複数の材料層(80)の各材料層(82)は、部品(28)の本体(60)の長手方向軸(75)に対して鋭角にあり、各材料層(82)は、前の材料層(82)に対してより大きく延長するように漸次延びる、前記ステップと、

複数の材料層(80)を機械加工して、オーバーハング部(78)を含むセクションを形成するステップと

を含む、方法。

【請求項 2】

部品(28)を回転するステップは、表面(94)上に材料層を順次積層する前に、部品を回転させて表面(94)を実質的に水平に配置するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

部品(28)を回転するステップは、表面(94)上に材料層を順次積層する前に、部

品を回転させて表面(94)を水平及び垂直以外の角度に配置するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

複数の材料層(80)の順次積層は、複数の材料層の第1の端部(98)を表面(94)の第1の側から階段状に形成するステップと、複数の材料層(80)の第2の端部(100)を表面(94)の第2の側から階段状に形成するステップとを含み、第1の端部(98)と第2の端部(100)の一方はオーバーハング部(78)を含む部分の寸法を近似する、請求項2又は請求項3に記載の方法。

【請求項5】

部品(28)は、第1の金属を含み、複数の材料層(80)は、第1の金属とは異なる第2の金属を含む、請求項1に記載の方法。

10

【請求項6】

複数の材料層(80)は、第1の金属を含む少なくとも1つの第1の材料層(82)と、第1の金属とは異なる第2の金属を含む少なくとも1つの第2の材料層(82)とを含む、請求項1又は請求項5に記載の方法。

【請求項7】

部品(28)に複数の材料層(80)を順次積層するステップは、各材料層(82)を形成するために一連の溶接ビードを形成するステップを含む、請求項1、請求項5又は請求項6に記載の方法。

【請求項8】

複数の材料層(80)の少なくとも1つの第1の材料層(82)のための一連の溶接ビード(84)は、複数の材料層(80)の少なくとも1つの第2の材料層(82)のための一連の溶接ビード(84)に対して非平行角度にある、請求項7に記載の方法。

20

【請求項9】

複数の材料層(80)の第1の端部(98)及び第2の端部(100)のうちの1つは、オーバーハング部の寸法を近似するように階段状になっている、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

部品(28)は、ターボ機械(10)のターボ機械ブレード(25)を含み、一部(72)は、構造的支持を欠くオーバーハングしたフレア先端レールを含む、請求項1に記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、部品の製造及び修理に関し、より詳細には、オーバーハング部を有するターボ機械ブレードなどのターボ機械部品を形成又は修理する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

工業用部品には、部品の他の部分からオーバーハングした部分(張り出した部分: overhung sections)がある場合がある。オーバーハングした部分は、形成中に追加したり、使用期間後に修理したりする必要がある場合がある。1つの例示的な用途は、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー、ニューヨーク州スケネクタディ(General Electric Co., Schenectady, NY)から入手可能なものなどのターボ機械ブレード(turbomachine blades: ターボマシンブレード)のフレア先端(flated tips of turbomachine blades)を含む。フレア先端ターボ機械ブレードは、前縁および後縁に沿って結合された圧力側(正圧側: pressure side)および吸引側(負圧側: suction side)を有するエアfoil(翼形体: airfoil)を含む。フレア先端(フレアチップ)は、エアfoilの半径方向外側の端部に結合され、エアfoilの圧力側及び/又は吸引側を越えて、すなわち、ターボ機械の軸を基準として、周方向に延びることができる。従来の非フレア型ターボ機械ブレードは、例えば、鋳造又は添加剤製造を使用して、垂直方向又は半径方向に材料を二次元的に積み上げる必要がある。フレア先端ターボブレード

40

50

ドの製造では、円周方向と半径方向の両方に材料を追加する。フレア先端ターボ機械ブレードの修理は現在不可能であるため、交換される。他のターボ機械高温ガス経路部品や他の工業部品にも、オーバーハング部を持つものがあり、同様の状況である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

国際公開第2015/150019号

【発明の概要】

【0004】

本開示の一態様は、ターボ機械部品であって、第1の側面、第2の側面、および長手方向軸を有する本体（ボディ：body）と、本体の第1の側面および第2の側面の少なくとも一方からオーバーハング状に延びるオーバーハング部と、を備え、オーバーハング部の少なくとも一部が複数の材料層を含み、各材料層が本体の長手方向軸に対して鋭角に延びる、ものを提供する。

10

【0005】

本開示の別の態様は、方法に関し、部品にセクションを追加することを含み、セクションはオーバーハング部を含み、追加することは、部品の表面上に複数の材料層を順次積層することを含み、複数の材料層はオーバーハング部を含むセクションの寸法を近似することと、複数の材料層を機械加工してオーバーハング部を含むセクションを形成することを含む。

20

【0006】

本開示の一態様は、部品上にオーバーハング部を形成する方法に関し、この方法は、部品上に表面を形成すること、表面は、オーバーハング部の目標外側平坦面（target outer planar surface）に対して垂直でも平行でもない角度にあり、部品上に複数の材料層が順次積層される。複数の材料層はオーバーハング部の寸法に近似する、複数の材料層を機械加工してオーバーハング部および目標外側平坦面を形成することを含み、目標外側平坦面は複数の材料層に対して角度がある。

【0007】

本開示の一態様は、ターボ機械部品であって、第1の側面、第2の側面、および長手方向軸を有する本体と、本体の第1の側面および第2の側面の少なくとも一方からオーバーハング状に延びるオーバーハング部と、を備える。オーバーハング部の少なくとも一部が複数の材料層を含み、各材料層が本体の長手方向軸に対して直角に延びている。

30

【0008】

本開示の別の態様は、ターボ機械部品が提供され、第1の側面及び第2の側面を有する本体と、本体の第1の側面及び第2の側面の少なくとも一方からオーバーハング状に延びるオーバーハング部と、を備える。オーバーハング部の少なくとも一部は、第1の方向に延びる第1の複数の材料層と、第1の複数の材料層の第1の方向に対する非同平面方向（non-coplanar direction）で第2の方向に延びる第2の複数の材料層とを含む。

【0009】

本開示の一態様は、方法に関し、部品にセクションを追加することを含む。該セクションはオーバーハング部を含み、該追加することは、第1の方向に延びる部品上に第1の複数の材料層を順次積層することと、第1の方向とは異なる第2の方向に延びる部品上に第2の複数の材料層を順次積層することと、第2の複数の材料層は第1の複数の材料層と会合し（the second plurality of material layers meeting with the first plurality of material layers）、第1の複数の材料層および第2の複数の材料層は、まとめてオーバーハング部を含むセクションの寸法に近似し、互いに対して非平面である。方法は第1の複数の材料層および第2の複数の材料層を機械加工してオーバーハング部を含むセクションを形成することを含む。

40

【0010】

本開示の例示的な態様は、本明細書に記載された問題および/または議論されていない

50

他の問題を解決するために設計されている。

【 0 0 1 1 】

本開示のこれらおよび他の特徴は、本開示の様々な実施形態を描く添付の図面と併せてとられる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るであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本開示の実施形態による、フレア先端レールなどのオーバーハング部を有するターボ機械部品を含むガスタービンの形態における例示的な産業用途の概略図である。

【図 2】図 1 のガスタービンの圧縮機セクションの断面図である。

【図 3】図 1 のガスタービンのタービン部の断面図である。

10

【図 4】フレア状の先端レールを有するタービンロータブレードの形態の例示的なターボ機械部品の透視図である。

【図 5】除去される部分と意図された除去ラインを含むフレア先端レールの形態の例示的なオーバーハング部の断面図である。

【図 6】図 5 の部分を除去して、新しいオーバーハング部を構築するための表面を作成した後の部品の断面図である。

【図 7】部品の表面に複数の材料層を順次積層していく様子を示す断面図である。

【図 8】複数の材料層がそれぞれ一連の溶接ビードで構成されている様子を示す拡大断面図である。

【図 9】異なる方向に延びる 2 層の材料の一連の溶接ビードを示す模式的な平面図である。

20

【図 10】図 7 の部分を機械加工して新たなオーバーハング部を形成する様子を示す断面図である。

【図 11】フレア先端レール形状のオーバーハング部の、取り外し対象部分と取り外し予定ラインとを含む断面図である。

【図 12】図 11 の部分を除去し、部品を回転させて、新しいオーバーハング部を構築するための表面を作成した後の部品の断面図である。

【図 13 A】実質的に水平な位置で、図 12 の部品の表面に複数の材料層を順次積層する断面図である。

【図 13 B】図 13 A とは異なる回転角度で、表面に複数の材料層を順次積層していく様子を示す断面図である。

30

【図 14】図 13 A - B の部分を機械加工して新たなオーバーハング部を形成する様子を示す断面図として示している。

【図 15】図 6 の部品の第 1 面に第 1 方向の複数の材料層を順次積層している様子を示す断面図である。

【図 16】図 6 の部分を除去し、任意に、新しいオーバーハング部を構築するための 2 つの表面を作成した後の部品の断面図である。

【図 17】部品を回転させ、第 1 の複数の材料層を積層した後の部品の断面図である。

【図 18 A】は、部品の第 2 の表面に第 2 の方向に第 2 の複数の材料層を順次積層する様子を示す断面図である。

【図 18 B】部品の第 2 の表面に第 2 の方向に第 2 の複数の材料層を順次積層する様子を示す断面図である。

40

【図 18 C】部品の回転の間に部品上に第 1 および第 2 の複数の材料層を順次積層することを繰り返した後の部品の断面図である。

【図 18 D】複数の材料層を部品に非直角に順次積層していく様子を示す断面図である。

【図 18 E】複数の材料層を部品に非直角に順次積層していく様子を示す断面図である。

【図 19】部品の第 1 の表面に第 1 の方向に第 1 の複数の材料層を順次積層し、段差のある拡張部を形成する断面図である。

【図 20】図 19 の部品を回転させた後の断面図である。

【図 21】図 20 の部品の第 2 面に第 2 方向の複数の材料層を順次積層していく様子を示す断面図である。

50

【図 2 2】図 2 1 の部分を機械加工して新たなオーバーハング部を形成する様子を示す断面図として示す。

【図 2 3】除去されるべき部分および意図された除去ラインを含む二重フレア先端レールの形態の例示的な部分における一対のオーバーハング部の断面図である。

【図 2 4】内側に延びる二重フレア先端レールの形態の例示的なオーバーハング部を示す断面図である。

【図 2 5】一部が除去され、その部分が所定の角度だけ回転して傾斜した構築面を形成するフレア先端レールの形態の例示的なオーバーハング部の断面図である。

【図 2 6】部品の傾斜面に複数の材料層を順次積層していく様子を示す断面図である。

【0013】

本開示の図面は、必ずしも縮尺通りではないことに留意されたい。図面は、本開示の典型的な側面のみを描写することを意図しており、したがって、本開示の範囲を限定するものとして考慮されるべきではない。図面において、同様の番号付けは、図面間の同様の要素を表す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本願の側面および利点 (Aspects and advantages) は、以下の説明において以下に記載されるか、または説明から明らかであるか、または本開示の実施を通じて学ぶことができる。ここで、本開示の 1 つまたは複数の例が添付の図面に示されている本実施形態について詳細に参照されたい。詳細な説明では、図面における特徴を参照するために数値的な指定を使用する。理解されるように、各例は、本開示の説明のために提供されるものであり、本開示を限定するものではない。実際、当業者には、その範囲または精神から逸脱することなく、本開示において修正および変形を行うことができることが明らかであろう。例えば、ある実施形態の一部として図示または説明された特徴は、別の実施形態に使用されて、さらに別の実施形態が得られる可能性がある。本開示は、添付の特許請求の範囲およびその等価物の範囲内に入るような修正および変形をカバーすることが意図される。本開示とその構成サブシステムおよび部品とを説明するために、特定の用語が選択されている。可能な限り、これらの用語は、技術分野に共通する用語に基づいて選択されている。それでも、このような用語は、しばしば異なる解釈の対象となることが理解されよう。例えば、本明細書において単一のコンポーネント (構成要素) と称されるものが、他の場所では複数のコンポーネントから構成されていると称されることがあり、また、本明細書において複数のコンポーネントを含むと称されるものが、他の場所では単一のコンポーネントであると称されることがある。したがって、本開示の範囲を理解する際には、使用される特定の用語だけでなく、添付の説明および文脈、ならびに用語がいくつかの図に関連する態様を含む、参照および説明される構成要素の構造、構成、機能、および/または使用、ならびに添付の請求項の用語の正確な使用にも注意を払うべきである。さらに、以下の実施例は、ガスタービンシステムの圧縮機またはタービンで使用可能なターボ機械ブレードの例示的な適用に関連して提示されているが、本願の技術は、関連する技術分野の通常の技術者に理解されるように、限定されない他のカテゴリーのターボ機械、および他の多くの工業部品に適用可能でもある。

【0015】

ガスタービンの動作の性質を考慮すると、いくつかの用語は、その機能の特定の側面を説明する際に特に有用であり、開示する方法を説明する際に有利になる可能性がある。理解されるように、これらの用語は、ガスタービン又はそのサブシステムの 1 つ、例えば、圧縮機、燃焼器、又はタービンを説明する際にも、それと一緒に使用するためのコンポーネント又はサブコンポーネントを説明又は主張する際にも使用することができる。後者の場合、用語は、ガスタービンエンジンまたは主要なサブシステム内に適切に設置され、かつ/または機能するように、それらの構成要素を説明するものとして理解されるべきである。これらの用語とその定義は、特に断りのない限り、次のとおりである。

【0016】

10

20

30

40

50

用語「前方」および「後方」は、ガスタービンの向きに関する方向、より具体的には、エンジンのコンプレッサ（圧縮機）およびタービンセクションの相対的な位置づけを指す。したがって、そこで使用されるように、用語「前方」は、圧縮機端部を指し、一方、「後方」は、タービン端部を指す。これらの用語の各々は、エンジンの中心軸に沿った移動方向または相対位置を示すために使用され得ることが理解されるであろう。上述のように、これらの用語は、ガスタービンまたはその主要なサブシステムの1つの属性、ならびにその中に配置されたコンポーネントまたはサブコンポーネントについて説明するために使用することができる。したがって、例えば、ターボ機械ブレードのような構成要素が「前方面」を有すると説明又は主張される場合、それは、ガスタービンの向き（すなわち、圧縮機が前方端として、タービンが後方端として指定される）により定義される前方方向に面する面を指すと理解することができる。タービンのような主要なサブシステムを別の例として挙げると（そして、図1に示すような典型的なガスタービン配置を想定すると）、前方及び後方方向は、作動流体がタービンに入る位置にあるタービンの前方端と、作動流体がタービンから出る位置にあるタービンの後方端とに対して定義することができる。

【0017】

本明細書において、「下流」及び「上流」という用語は、所定の導管又は流路内を移動する流れの方向（以下「流れ方向」という）に対する、所定の導管又は流路内の位置を示すために使用される。従って、「下流」という用語は、流体が所定の導管を流れる方向を指し、「上流」という用語は、それとは反対の方向を指す。これらの用語は、通常の運転または予想される運転において、導管を通る流れ方向を指すと解釈することができる。ガスタービンの構成、特に共通のシャフト又はロータに関する圧縮機部分及びタービン部分の配置、並びに多くの燃焼器タイプに共通する円筒形の構成を考慮すると、軸に対する位置を説明する用語は、本明細書で常用することができる。この点で、「半径方向」という用語は、軸に垂直な移動又は位置を指すことが理解されよう。これに関連して、中心軸からの相対的な距離を記述することが要求される場合がある。このような場合、例えば、第1の構成要素が第2の構成要素よりも中心軸に近い位置に存在する場合、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「インボード」のいずれかであると説明される。一方、第1の構成要素が中心軸からさらに離れて存在する場合、第1の構成要素は、第2の構成要素の「半径方向外方」または「アウトボード」のいずれかであると説明されるであろう。本明細書で使用される場合、「軸方向」という用語は、軸に平行な移動または位置を指し、「周方向」という用語は、軸の周りの移動または位置を指す。特に記載がない限り、又は文脈上明白でない限り、これらの用語は、その中で機能するロータ又はステータブレードなどの非一体構成要素の属性を説明又は主張する場合であっても、それぞれを通して延びるロータによって定義されるガスタービンの圧縮機及び/又はタービンセクションの中心軸に関連すると解釈されることが望ましい。

【0018】

「ターボ機械ブレード」又は「ブレード」という用語は、さらなる特定なしに、圧縮機又はタービンのいずれかの回転ブレードへの言及であり、したがって、圧縮機ロータブレード及びタービンロータブレードの両方を含み得、また、圧縮機又はタービンのいずれかの静止ブレードへの言及であり、したがって圧縮機ステータブレード及びタービンステータブレードの両方を含み得得る。用語「ブレード」は、一般的にいずれかのタイプのブレードを指すために使用され得る。したがって、これ以上具体化することなく、用語「ターボ機械ブレード」又は「ブレード」は、圧縮機ロータブレード、圧縮機ステータブレード、タービンロータブレード、タービンステータブレード等を含む全てのタイプのタービンエンジンブレードに包含される。

【0019】

さらに、以下に説明するように、いくつかの記述的な用語が本明細書で規則的に使用される場合がある。用語「第1」、「第2」、及び「第3」は、1つの構成要素を別の構成要素から区別するために互換的に使用され得、個々の構成要素の位置又は重要性を意味することを意図しない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

本明細書で使用される場合、単数形「a」、「an」及び「the」は、文脈が明確にそうでないことを示さない限り、複数形も含むことを意図している。本明細書で使用される場合、用語「comprise」及び/又は「comprising」は、記載された特徴、整数、ステップ、操作、要素、及び/又は構成要素の存在を特定するが、1以上の他の特徴、整数、ステップ、操作、要素、構成要素、及び/又はそれらの群の存在又は付加を排除しないことがさらに理解されるであろう。「任意」又は「任意に」とは、その後記述される事象又は状況が発生してもしなくてもよいこと、又はその後記述される構成要素又は要素が存在してもしなくてもよいこと、及びその記述が、事象が発生又は構成要素が存在する例とそれが発生しない又は存在しない例とがあることを意味する。

10

【 0 0 2 1 】

ある要素または層が、他の要素または層上に「ある」、「係合する」、「接続する」または「結合する」と称される場合、他の要素または層上に直接、係合、接続、または結合していてもよく、介在する要素または層が存在してもよい。対照的に、ある要素が他の要素または層の上に「直接」、「直接係合」、「直接接続」、または「直接結合」されていると言及される場合、介在する要素または層が存在しない場合がある。要素間の関係を説明するために使用される他の単語は、同様の方法で解釈されるべきである(例えば、「間」対「直接間」、「隣接」対「直接隣接」、など)。本明細書で 사용되는ように、用語「および/または」は、関連する列挙された項目の1つまたは複数の任意のおよびすべての組み合わせを含む。

20

【 0 0 2 2 】

背景として、ここで図を具体的に参照すると、図1~3は、本開示に従った、または本開示のターボ機械部品が使用され得る内の例示的なガスタービンを示している。図1は、ガスタービン10の概略的な表現である。一般に、ガスタービンは、圧縮空気の流れにおける燃料の燃焼によって生成される高温ガスの加圧流からエネルギーを抽出することによって動作する。図1に例示されるように、ガスタービン10は、下流のタービン部又はタービン14に共通のシャフト又はロータによって機械的に結合されるアキシアルコンプレッサ(軸流圧縮機: axial compressor)12と、圧縮機12とタービン14との間に配置される燃焼器16とを備えて構成される場合がある。図1に示されるように、ガスタービン10は、共通の中心軸18を中心に形成されてもよい。

30

【 0 0 2 3 】

図2は、図1のガスタービン10において使用され得る例示的なマルチステージアキシアルコンプレッサ(多段式軸流圧縮機: multi-staged axial compressor)12の図を示す。示されるように、圧縮機12は、複数の段を有してもよく、各段は、圧縮機ロータブレードの列20と圧縮機ステータブレードの列22を含む。したがって、第1のステージは、中央シャフトを中心に回転する圧縮機ロータブレード20の列と、それに続く、動作中に静止したままの圧縮機ステータブレード22の列とを含むことができる。図3は、図1のガスタービン10において使用され得る例示的なタービン部又はタービン14の部分図を示す。タービン14はまた、複数のステージを含むことができる。1つの例示的なステージが示されているが、より多くまたはより少なく存在してもよい。各段は、運転中に静止したままの複数のタービンノズル又はステータブレード24と、それに続いて運転中にシャフトを中心に回転する複数のタービンバケット又はロータブレード26とを含むことができる。タービンステータブレード24は、一般に、周方向に互いに間隔をあけて配置され、回転軸を中心として外側ケーシングに固定されている。タービンロータブレード26は、中心軸を中心とした回転のために、タービンホイール又はロータディスク(図示せず)に取り付けられることがある。タービンステータブレード24及びタービンロータブレード26は、タービン14を通る高温ガス経路又は作動流体流路にあることが理解されよう。作動流体流路内の燃焼ガス又は作動流体の流れ方向は、矢印で示されている。

40

【 0 0 2 4 】

ガスタービン10の動作の一例では、軸流圧縮機12内の圧縮機ロータブレード20の

50

回転により、空気の流れが圧縮される場合がある。燃焼器 16 において、圧縮された空気が燃料と混合され、点火されると、エネルギーが放出される場合がある。燃焼器 16 からの高温ガス又は作動流体の結果として生じる流れは、その後、タービンロータブレード 26 上に導かれ、シャフトを中心とするタービンロータブレード 26 の回転を誘導される。このようにして、作動流体の流れのエネルギーは、回転ブレードの機械的エネルギーに変換され、ロータブレードとシャフトとの間の接続を考えると、回転シャフトとなる。シャフトの機械的エネルギーは、次に、圧縮空気の必要な供給が生成されるように、圧縮機ロータブレード 20 の回転を駆動するために使用され、および/または、例えば、電気を生成するための発電機に使用され得る。

【0025】

背景の目的のために、図 4 は、オーバーハング部 30 を有する例示的な部品 28 の透視図である。説明の目的のために、部品 28 は、フレア先端ターボ機械ブレード 25、より詳細には、タービンロータブレード 26 として図示される。本開示の教示は、ガスタービン 10 の他の高温ガス経路 (HGP) 部分など、本明細書に記載されるような、ターボ機械ブレード 25 以外のオーバーハング部 30 を有する任意の部品 28 にも適用可能であることに留意されたい。本開示の教示は、オーバーハング部を有する他の工業部品にも適用可能である。

【0026】

ターボ機械ブレード 25 は、ロータディスクに取り付けるために構成されたルート 31 を含むことができる。ルート 31 は、例えば、ロータディスクの外周にある対応するダブテールスロットに取り付けるように構成されたダブテール 32 を含むことができる。ルート 31 は、ダブテール 32 とプラットフォーム 36 との間に延びるシャンク 34 をさらに含むことができる。プラットフォーム 36 は、図示のように、一般に、ルート 31 とエアフォイル 40 との間の接合部を形成し、エアフォイル (翼形部) は、タービン 14 を通る作動流体の流れを遮断して所望の回転を誘導するタービンバケット (タービン回転翼) 26 の活性成分である。プラットフォーム 36 は、エアフォイル 40 のインボード端部 (inboard end) を画定することができる。プラットフォーム 36 はまた、タービン 14 を通る作動流体の流路のインボード境界 (inboard boundary) の一部を規定することができる。

【0027】

ターボ機械ブレードのエアフォイル 40 は、典型的には、凹状の圧力面 (concave pressure face) 42 と、周方向または横方向に対向する凸状の吸引面 (convex suction face) 44 を含む。圧力面 42 及び吸引面 44 は、それぞれ対向する前縁及び後縁 46、48 の間で軸方向に延び、半径方向では、プラットフォーム 36 との接合部で画定され得るインボード端部と、フレア状の先端レールを含み得るアウトボード先端部 (outboard tip) との間で延び得る。エアフォイル 40 は、所望の空気力学的性能を促進するために設計された湾曲した又は輪郭のある形状を含むことができる。

【0028】

本明細書で使用されるように、ターボ機械ブレード 25 およびその構成要素は、タービン 14 の配向特性に従って説明され得る。そのような場合、ターボ機械ブレード 25 は、タービン 14 内に適切に設置されていると仮定されることを理解されたい。そのような配向特性は、タービン 14 の中心軸 18 (図 1) に対して定義される半径方向、軸方向、および円周方向を含むことができる。前方及び後方方向は、作動流体が燃焼器 16 からタービン 14 に入る位置であるタービン 14 の前方端と、作動流体がタービン 14 から出る位置であるタービン 14 の後方端とに相対的に定義することができる。回転方向は、運転中にタービン 14 の中心軸 18 (図 1) を中心とするターボ機械ブレード 25 の予想される回転方向と相対的に定義され得る。

【0029】

上記に示したように、本開示は、オーバーハング部 30、例えば、ターボ機械ブレード 25 のフレア状先端部を有する部品 28 を形成または修理する方法を提供する。修理の目

10

20

30

40

50

的のために、方法は、一部を除去すること、および一部を部品に追加することを含むことができる。部品 28 を最初に形成する目的のために、本方法は、既に形成された部品 28 の一部にセクションを追加することができる。いずれにせよ、追加または形成されるセクションは、オーバーハング部を含む。追加することは、部品に 1 つ以上の複数の材料層を順次に重ねることを含む。完成すると、複数の材料層は、オーバーハング部を含むセクションの寸法に近似する。順次積層は、例えば、レーザ溶接、冷間金属移送 (CMT)、タングステン不活性ガス (TIG) 溶接、レーザ焼結、直接金属レーザ溶融 (DMLM)、網状法、近網状法など (laser welding, cold metal transfer (CMT), tungsten inert gas (TIG) welding, laser sintering, direct metal laser melting (DMLM), net shape methods, near net shape methods, etc.) を含み、断面内に変化した層を形成する多数の方法で実施され得る。本方法およびそれによって形成される結果的な部品は、造形後の加工または仕上げを最小化または排除するネットシェイプ法によって形成することができる。本方法は、少なくとも 1 つの複数の材料層を機械加工して、オーバーハング部を含むセクションを形成することを含むことができる。

【0030】

図 5 は、本開示の実施形態による、第 1 の側面 62 および対向する第 2 の側面 64 を有する本体 60 を有する使用済み部品 (used part) 28 の拡大断面図である。本体 60 はまた、長手方向軸 75 を有してもよい。長手方向軸は、本体 60 の任意の参照軸であってよく、例えば、その長さを通る。エアフォイル 40 の観点では、エアフォイルがガスタービン 10 (図 1) に配置されるように、長手方向軸は、半径方向軸であってもよい。オーバーハング部 30 は、例えば、本体 60 の第 1 の側面 62 からオーバーハング状に延びる。オーバーハング部 30 は、その一部において垂直構造支持を欠いている。一実施形態では、オーバーハング部 30 は、本体 60 の第 2 の側面 64 の対向部材 (opposing member) 66 と対向しており、対向部材 66 よりも質量を有する。図示の例では、部品 28 は、例えば、第 1 の側 62 でブレードの吸引面 44 をオーバーハングさせるフレア先端レール 70 を含むターボ機械ブレード 25 を含む。したがって、フレア先端レール 70 は、部品 28 のオーバーハング部 30 (図 4) の一例である。本体 60 は、エアフォイル 40 を含み、フレア先端レール 70 は、エアフォイル 40 の端部から延びる半径方向に延びる先端レール 134 の形態で対向部材 66 に対向する。フレア先端レール 70 は、ガスタービン 10 の軸 18 (図 1) に対して円周方向に延びる。他の実施形態では、オーバーハング部 30 は、異なる質量を有していてもいなくてもよい別のオーバーハング部、例えばフレア先端レール 70 に対向していてもよく、エアフォイル 40 の周辺を延びることができる。例えば、図 23 及び 24 を参照。

【0031】

損傷したオーバーハング部分は、オーバーハングしたフレア先端レール 70、すなわち、構造的な支持を欠くオーバーハングしたフレア先端レールを含むことができる。部分 72 は、除去されることが望まれる任意の構造を含んでよく、損傷のない部分、または摩耗した表面、亀裂、開口部、粗さなどに限定されない様々な損傷を有する部分を含むことができる。この状況では、図 6 に示すように、部分 72 は、部品 28 から除去されて、部品上、例えばターボ機械ブレード 25 上に表面 74 を形成することができる。部分 72 はまた、表面 / 線 74a によって規定されてもよく、ここで、除去された部分はより深く、吸引面 44 の非フレアセクションまで延びる。部分 72 は、放電加工 (EDM)、機械的切断 / 研磨、レーザー切断などを含むがこれらに限定されない、現在知られているまたは後に開発される任意の技術を使用して除去することができる。図 6 に示すように、フレア先端レール 70 のいくつかの残骸が残っていてもいなくてもよいが、部分 72 は、除去された部分を再形成することができる表面 74 を形成するように除去される。表面 74 は、平坦であっても、湾曲していても、三次元形状又はプロファイルを有していてもよい。図 6 にも示すように、一実施形態では、表面 74 の角度は、実質的に水平な平面、すなわち、本体が垂直位置 - 長手軸 (vertical position - longitudinal axis) 75 が垂直な状態であり得る。本明細書で説明するように、表面 74 はまた、水平でない角度で形成するこ

10

20

30

40

50

とができ、新しい層の形成を可能にするために、必要に応じて部品を回転させる。1つの非限定的な例では、フレア状先端レール70の多くとも半分が除去され、例えば、部分72の多くとも半分が除去されることに基づいている。別の非限定的な例では、フレア先端レール70の半分以上が除去され、例えば、部分72の半分以上が除去されることに基づいて、フレア先端レール70が除去される。

【0032】

本開示の実施形態は、フレア先端レール70の初期製造(initial manufacture)も含み得る。この場合、図6に示すような初期構造(出発構造: starting structure)は、構築される材料および構造に対して任意の適切な技術を用いて製造されてもよい。非限定的な例として、鋳造および付加製造が含まれ得る。いずれにしても、オーバーハング部が構築されるべき表面74が生成される。

10

【0033】

図7は、部品28にセクション76を追加する断面図であり、セクション76は、新たなオーバーハング部78を含む。付加は、部品28上、すなわち表面74上に複数の材料層82を順次に積層することを含む。集合的に、完成したとき、複数の材料層82は、新しいオーバーハング部78を含むセクションの寸法に近似する。すなわち、追加されたセクションは、追加される所望の新しいオーバーハング部78、または置換される部分72の寸法を近似している。本明細書で使用する場合、「近似寸法: approximate dimensions」は、一般に、新しいオーバーハング部78を機械加工による材料除去によって形成することができ、追加の材料追加はほとんどまたは全くないことを示す。材料層82の付加は、多くの方法で提供することができる。例えば、材料層82は、レーザ溶接、レーザクラディング、冷間金属移送(CMT)、タングステン不活性ガス(TIG)溶接、付加製造、金属焼結、直接金属レーザ溶融(DMLM)等(laser welding, laser cladding, cold metal transfer (CMT), tungsten inert gas (TIG) welding, additive manufacturing, metal sintering, direct metal laser melting (DMLM), etc.)を用いて形成することができる。この場合、図8の材料層82の拡大断面図に示すように、部品28に複数の材料層82の複数80を順次積層することは、各層82を形成するために一連の溶接ビード84を形成することを含む。任意の数の溶接ビード84を使用して、1つの層を形成することができる。層は、任意のパターンの溶接を使用して形成することができ、例えば、中心または周縁から開始して連続した螺旋状の溶接ビードで形成するか、表面74の側面から側面に延びる個々の線状の溶接ビードを横に並べて形成するか、またはそれらの組合せである。表面74は、材料の均等な積層を助長するために、順次積層中に実質的に水平な位置(例えば、水平から $\pm 3^\circ$ 以内)に配置することができ、その後、表面74上に少なくとも1つの複数の材料層80を順次積層することによって、部分72を交換することができる。

20

30

【0034】

図7では、単一の複数80の材料層82のみ(only a single plurality 80 of material layers 82)が使用されている。ここで、複数の材料層82の第2の端部90は、(形成されるべき)オーバーハング部の寸法に近似するように階段状に配置される。一例では、単一の複数の材料層82の第1の端部86は、部品28の表面88と概ね整列するように図示され、単一の材料層82の第2の端部90は、(形成されるべき)オーバーハング部の寸法とほぼ同じになるように階段状に延ばされる。ここで、第2の端部90は、図示されるように上方に移動しながら、オーバーハング方式でターボ機械ブレード25の吸引面44を越えてより大きな範囲に漸次延在する。ここで、各層82は、その第1の端部86が半径方向または垂直方向に整列している場合がある。単一の複数の材料層82の第1の端部86は、図示されるように正確に整列されていない場合があり、部品28の表面88に対して不均一なエッジを有する場合があることに留意されたい。これらの不均一なエッジは、部品28の表面88と整列するように後で機械加工することができる。

40

【0035】

図9は、層82の溶接ビード(weld beads)84の模式的な平面図である。図示され

50

ているように、異なる層 8 2 A の溶接ビード 8 4 は、他の層 8 2 B の溶接ビード 8 4 に対して角度がつけられていてもよい。例えば、複数の材料層 8 2 の複数 8 0 の少なくとも 1 つの第 1 の材料層 8 2 A の一連の溶接ビード 8 4 は、同じ複数の層 8 0 の少なくとも 1 つの第 2 の材料層 8 2 B の一連の溶接ビード 8 4 に対して非平行の角度で形成されてもよい。新部分 (new section) 7 6 (図 1 0) の強度を醸成するために、任意の角度を採用することができる。溶接ビードの方向に加えて、順次積層は、熱割れを防止するために構造体の局所温度を制御する方法で実施され得る。例えば、ユーザは、別の領域で作業している間にある領域での冷却を可能にし、新しい溶接ビードを適用する前に冷却された場所で新しい溶接ビードを確実に適用するために、構築面 7 4 上の場所から場所へと飛び移ることができる。

10

【 0 0 3 6 】

図 1 0 は、複数の材料層 8 2 の複数 8 0 を機械加工して、新しいオーバーハング部 7 8 を含む新しいセクション 7 6 を形成した後の部分 2 8 を示している。プロセスが部分 7 2 (図 5) を置き換える場合、オーバーハング部 7 8 は、部分 7 2 (図 5) の形状および寸法に一致してもよい。あるいは、改善された性能および/または寿命を提供するために、異なる形状および寸法を有することができる。機械加工は、新しいセクション 7 6 のための所望の形状および寸法をもたらす、表面の混合を可能にする材料除去の任意の態様を含むことができる。機械加工の非限定的かつ非包括的な例としては、フライス加工、研削、切断、研磨などを挙げることができる。前述のように、本体 6 0 は、ターボ機械ブレード 2 5 のエアfoil 4 0 を含むことができる。この場合、オーバーハング部 7 8 は、エアfoil 4 0 の第 1 の側面 6 2 (図示略) および第 2 の側面 6 4 の一方から延びるフレア状の先端レール 7 0 を含む。図 1 0 において、ターボ機械ブレード 2 5 は、エアfoil 4 0 から延びるフレア先端レール 7 0 を含み、オーバーハング部 7 8 の半径方向に向く外面 1 3 8 は、ターボ機械の軸 1 8 に平行である。

20

【 0 0 3 7 】

図 7 において、表面 7 4 は、新しい部分 7 6 の半径方向に向く外面 9 2 に平行になるように形成されており、例えば、おそらくガスタービン 1 0 (図 1) の軸 1 8 (図 1) に対して平行に延在している。言い換えれば、表面 7 4 は、部品の長手方向軸 7 5、またはターボ機械ブレードの観点では、エアfoil 4 0 の本体 6 0 の半径方向軸 7 5 に垂直に延びる。その結果、部品 2 8 は、複数の材料層 8 2 の複数 8 0 (plurality 80 of material layers 82) を含むオーバーハング部 7 8 の少なくとも一部を含み、各材料層 8 2 は、本体 6 0 の長手方向軸 7 5 に対して垂直な角度で延在する。オーバーハング部 7 8 の部分は、床面 1 3 6 からオーバーハング部 7 8 の半径方向に向く外面 (ブレード装着時) まで延びるオーバーハング部 7 8 のせいぜい半分、またはオーバーハング部 7 8 の半分以上を含み得る。代替の実施形態では、図 2 5 に示すように、部品 2 8 は、表面 7 4 が水平から傾斜するように回転させることができる。例えば、部品 2 8 の長手方向軸 7 5 が垂直から回転角度 θ_1 になるように、回転角度 θ_1 は約 15° ~ 約 60° であってよい。図 2 6 は、部品 2 8 に新しいセクション 7 6 を追加する断面図であり、新しいセクション 7 6 は新しいオーバーハング部 7 8 を含む。付加は、複数の傾斜材料層 8 2 の複数 8 0 を部品 2 8 上、すなわち傾斜面 7 4 上に順次積層することを含む。集合的に、完了すると、複数の材料層 8 2 の複数 8 0 は、図 7 に示すように、水平な表面構築で得られるであろうよりも大きなオーバーハング角でオーバーハング部 7 8 を含む新しいセクション 7 6 の寸法に近似する。すなわち、追加されたセクション 7 6 は、追加される所望の新しいオーバーハング部 7 8、または置換される損傷部 7 2 (図 5)、または所望により、より大きなオーバーハング角を有する寸法に近似する。例えば、オーバーハング角 θ_2 は、約 50° ~ 約 65° 、または約 550° ~ 約 600° であってよい。オーバーハング角度 θ_2 は、図 2 6 に示すように、部品の長手方向軸 7 5 と、オーバーハング材料層 8 2 の底部角 (または縁) と交差する線との間で測定される。傾斜した作りは、各層の知覚されるオーバーハング (張り出し) を減少させ、適切なオーバーハング (張り出し) のためのより大きな量をうまく得ることができるようにする (The inclined build reduces the perceived overhang

30

40

50

of each layer, so that greater amounts of overhang may be successfully obtained.)。

【 0 0 3 8 】

図 1 1 に示すように、代替実施形態では、部品 2 8 の部分 7 2 を除去することは、本体 6 0 の長手方向軸 7 5、すなわちエアフォイル 4 0 の本体 6 0 の半径方向軸 7 5 に垂直でない表面 9 4 を作成することを含むことができる。むしろ、表面 9 4 は、本体 6 0 の長手方向軸 7 5、すなわちエアフォイル 4 0 の半径方向軸 7 5 に対して鋭角 がある場合がある。明確にするために、鋭角は、 0° と 90° の間である。表面 9 4 はまた、ガスタービン 1 0 の軸 1 8 (図 1 1 においてファントム線で追加 : added in phantom) に対して鋭角 になることがある。さらに、表面 9 4 は、最終製品の新しいオーバーハング部 7 8、すなわち新しいフレア先端レールの目標半径方向に向く外側平坦面 (target radially-facing outer planar surface) 9 6 (図 1 4) に対して、垂直でも平行でもない角度にあることになる。

10

【 0 0 3 9 】

図 1 3 A に示すように、表面 9 4 は、その上に複数の材料層 8 2 の複数 8 0 を順次積層する前に、実質的に水平 ($\pm 3^\circ$) になるように回転させることができる。あるいは、図 1 3 B に示すように、部品 2 8 は、複数の材料層 8 2 の複数 8 0 を順次積層する前に、表面 9 4 を水平および垂直以外の角度 で位置付けるように回転させることができる。部品 2 8 は、代替的に、ある数の材料層 8 2 が順次積層された後に、図 1 3 B の位置に回転させられてもよい。角度 は、材料層 8 2 の複数 8 0 の所望の段差を可能にする、すなわち、本明細書で定義されるように実質的に水平ではない任意の角度であり得る。例えば、角度 は、層 8 2 の端部 9 8 が、端部を後で機械加工して表面 8 8 と整列させることができるような方法で外側にステップし、層 8 2 の端部 1 0 0 が、部品 2 8 の新しいオーバーハング部 7 8 を形成するような方法で外側にステップするようなものとすることができる。角度 は、表面 9 4 が水平である場合には形成され得ない範囲を有するオーバーハング部 7 8 の形成を可能にし得る。例えば、新しいオーバーハング部 7 8 の外向き長さ L_2 (図 1 4) は、元のオーバーハング部 3 0 の初期の外向き長さ L_1 (図 1 1) よりも大きくてもよいし、本体 6 0 の半径方向軸 7 5 に対する新しいオーバーハング部 7 8 の角度 α_2 は、本体 6 0 の半径方向軸 7 5 に対する元のオーバーハング部 3 0 の初期の角度 α_1 (図 1 1) より大きくてもよい。角度 は、例えば、滴下、スランプ、または破損 (dripping, slumping or breaking) の形態で、層の望ましくない形成を可能にすることなく、順次積層を可能にする任意の角度であり得る。

20

30

【 0 0 4 0 】

図 1 3 A - B はまた、表面 9 4 上に複数の層 8 2 の複数 8 0 を順次積層することを示している。この場合、層 8 2 の各端部 9 8、1 0 0 は、階段状であってもよい。すなわち、図 1 3 A - B に示すように、複数の材料層 8 2 の順次積層は、表面 9 4 の第 1 の側から階段状に複数の材料層の第 1 の端部 9 8 を形成し、表面 9 4 の第 2 の側から階段状に複数の材料層 8 2 の第 2 の端部 1 0 0 を形成することを含むことができる。第 1 の端部および第 2 の端部の一方 (図示のように 1 0 0) は、本明細書で説明するように、オーバーハング部 7 8 を含むセクション 7 6 の寸法を近似する。端部 9 8 は、完成したときに、部品 2 8 の表面 8 8 と整列するように階段状にされてもよく、また、前述のように、端部 1 0 0 は、部品 2 8 の新しいオーバーハング部 7 8、例えば、ターボ機械ブレード 2 5 の新しいフレア先端レールを形成するように階段状にされ得る。ここで、図 1 4 にファントム線で示すように、機械加工後、完成品の新しいオーバーハング部 7 8 の層 8 2 は、ガスタービン 1 0 (図 1) の軸 1 8 (ファントム線で概略的に示す) に対して鋭角 で、目標外面 9 6 (図 1 4) に対して鋭角 で、本体 6 0 または部品 2 8 の縦軸 7 5 (すなわちエアフォイル 4 0 の半径軸 7 5) によって鋭角 で延びる。さらに、ターゲット外面 (目標外面) 9 6 は、完成したとき、複数の材料層 8 2 の複数 8 0 およびその上に層が構築される表面 9 4 に対して角度 の位置にある。ターゲット表面 9 6 は平面として示されているが、平面でないこともある (例えば、表面 9 6 は湾曲しているか、または三次元プロファイルを有

40

50

することができることを理解されたい)。

【0041】

図14は、複数の材料層82の複数80を機械加工して、オーバーハング部78と目標外側平坦面138を形成する様子を示す。ターゲット外側(平面)面96は、複数の材料層82の複数80に対して角度にある。図14に示すターボ機械部品28は、第1の側面62と、第1の側面62に対向し得る第2の側面64と、長手軸75とを有する本体60を含む。オーバーハング部76は、本体60の第1の側面62(図示略)および第2の側面64の少なくとも一方からオーバーハング状に延びる。図23は、両側から延びるオーバーハング部を示している。図14で述べたように、オーバーハング部78の少なくとも一部は、複数の材料層82の複数80を含み、各材料層82は、本体60の長手方向軸75に対して鋭角で延びる。一実施形態では、半径方向に延びる先端レール134がエアfoil40から(本体60の他方の側から)延びることがあり、オーバーハング部78の半径方向に向く外面138は、動作位置にあるとき、ターボ機械の軸18と平行であることがある。

10

【0042】

図15~22を参照すると、本開示の別の実施形態では、1つ以上の複数の材料層82を使用して、新しいオーバーハング部78を含む新しいセクション76を形成することができる。ここで、セクション76は、1つ以上の複数の材料層を順次積層することによって、オーバーハング部78を含む部品28に追加されてもよい。この方法は、第1の方向に延びる部品に第1の複数の材料層を順次積層することと、第1の方向とは異なる第2の方向に延びる部品に第2の複数の材料層を順次積層すること、例えば、部品に形成された垂直な面に構築された2つの複数の層とを含むことができる。第2の複数の材料層は、概して、第1の複数の材料層と会合する、すなわち、新たなセクション76を形成するために、第1の複数の材料層と会合する。各複数の層の異なる層は、材料が異なり得、例えば、材料層は、所定の複数の層内で材料を交互に変えることができる。追加的または代替的に、各複数の層内の材料は同じであってもよいが、2つの複数の層は異なる材料を使用することができる。材料層82の複数のいずれかまたは両方は、本体60と同じ材料または異なる材料を使用することができる。

20

【0043】

図6および図15に示すように、使用済みの部品に適用される場合、部品28の任意の部分72が除去され、表面74を形成することができる。そうでなければ、新しい部分(新しいセクション)76の形成は、図6に示すように、最初に形成された部品からであってもよい。一実施形態では、図15に示すように、オーバーハング部78を含む部品28にセクション76を追加することは、第1の方向、例えば、図示のように概ね水平であるが、おそらく水平から離れるいくつかの角度を有する方向に延びる部品28上に第1の複数の材料層82の110を順次積層することを含み得る。この例では、層82の第1の複数の110は、フレア先端レール70の一部112(図6)を消費(consume)する方法で、部品28上に水平に順次形成することができる。あるいは、図16に示すように、第1の順次積層に先立って、フレア先端レール70の部分112(図6)のような所望の任意の材料が除去されて、別の表面114を形成してもよい。すなわち、部品28の別の部分112を除去して、別の表面114を形成する。この場合、任意の必要な回転の後、層82は、表面114上で部品28上に水平に順次形成されてもよく、すなわち、他の材料を消費することはない。この設定では、材料層82の第1の複数の110の順次積層は、表面114上にあり、表面114の延長116を形成する。層82の端部118は、形成時に理想的には表面74と整列しているが、整列していない場合には、表面74と整列するように機械加工することができる。図15において、材料層82の第1の複数の110の順次の積層は、表面74の延長116を形成する。本明細書で説明するように、代替の実施形態は、階段状の端部を有する延長部を形成してもよい(例えば、図18C及び19参照)。

30

40

【0044】

50

図 17 は、表面 74 が異なる角度、例えば実質的に水平になるように部品 28 を回転させることを示し、図 18 A は、第 2 の異なる方向、例えば材料層 82 の第 1 の複数 110 に垂直な方向に延びる部品 28 上の材料層 82 の第 2 の複数 120 を逐次積層することを示す。この実施形態では、前述のように、材料層 82 の第 1 の複数の 110 の順次積層は、表面 74 の延長 116 を作り、図 18 A に示すように、材料層 82 の第 2 の複数の 120 の順次積層は、第 1 の表面 74 と第 1 の表面 74 の延長 116 上にある。材料層 82 の第 2 の複数の 120 は、材料層 82 の第 1 の複数の 110 と出会い、すなわち、一般にそれらは一緒になって嵌合し、または一般に一緒に嵌合する。

【0045】

図 18 A ~ 18 E は、材料層 82 の第 1 の複数の 110 と材料層 82 の第 2 の複数の 120 とが集合的に、新しいオーバーハング部 78 を含む新しいセクション 76 の寸法に近似し、互いに非平面であることをもたらす種々の実施形態を示している。説明されるように、材料層 82 の第 2 の複数の 120 は、材料層 82 の第 1 の複数の 110 の第 1 の方向に対して様々な非平面方向（すなわち、同じ平面内ではない）に延びることができる。図 17 および図 18 A は、材料層 82 の最終的に水平な第 2 の複数 120 が材料層 82 の垂直な第 1 の複数 110 の上に延びる、すなわち、表面 74、114 間の角度が実質的に垂直（ $90^\circ + / - 2^\circ$ ）である実施形態を示す。図 18 B は、材料層の複数の 110、120 が位置的に逆転している代替実施形態を示す。すなわち、材料層 82 の第 2 の複数 120 は、表面 74 上に最初に形成され、延長部 116 を提供する。次に、部品 28 を回転させて、表面 114 および延長部 116 を構築可能な状態にし、材料層 82 の第 1 の複数 110 を形成する。材料層 182 の第 1 の複数の 110 は、延長部 116 を形成する材料層 82 の第 2 の複数の 120 の隣接する端部を延長して終了する。

【0046】

図 18 C は、各複数の順次積層を繰り返した後の部品の別の代替実施形態を示している。言い換えれば、第 1 および第 2 の複数の 110、120 のすべての材料層 82 よりも少ない材料層 82 が、部品の回転の間に部品上に形成される。ここでは、材料層 82 の第 1 または第 2 の複数個 110、120 のすべての層よりも少ないある数の層、例えば 1 ~ 4 が一方の表面 74、114 上に構築され、次に部品が回転され、材料層 82 の他の複数個 110、120 のすべてよりも少ない別の数の層、例えば 1 ~ 4 が対向表面 74、114 に構築される。このアプローチにより、各複数 110、120 内の層 82 のグループの階段状の嵌合または概ね階段状の嵌合が形成される。このプロセスは、熱応力を低減し、他の機械的問題に対処するために有利であり得る。

【0047】

図 18 D ~ E は、表面 74、114 が非平面方向に形成され、非直角（ 90° ）の角度を有する部品の他の代替実施形態を示す。ここで、材料層 82 のそれぞれの複数の 110、120 の積層中の表面 74 または 114 の位置は、層の望ましい接合を確実にし、ハードウェア溶接の制約に対応するために必要な任意の位置となりうる。図 18 D は、鈍角（ $90^\circ < < 180^\circ$ ）での表面 74、114 を示し、図 18 E は、 180° より大きい角度での表面 74、114 を示す。

【0048】

図 19 ~ 図 21 は、材料層 82 の第 1 および第 2 の複数の 110、120 の順次積層がそれぞれ、一般的に互いに会う階段状の端部を作成する以外は、図 15 ~ 図 18 E に関連して説明したものと実質的に同様である代替実施形態を示す。図 15 および図 16 と同様に、第 1 の順次積層は、部品の一部 112 を消費することができ、または部品の一部 112 を除去し、表面上で積層を完了することによって別の表面 114 を作成することができる。いずれにせよ、積層に先立って、使用済み部品用途の場合、部品 28 の任意の部分 72 を除去して表面 74、114 を作成することができる。

【0049】

図 19 は、表面 114 の階段状の延長部 122 を作成するための材料層 82 の第 1 の複数の 110 の順次的な積層を示す図である。図 20 は、部品の任意の必要な回転を示し、

10

20

30

40

50

図 2 1 は、表面 7 4 および表面 7 4 の階段状の延長部 1 2 2 (図 2 0) 上の材料層 8 2 の第 2 の複数の 1 2 0 の順次積層を示す。より詳細には、表面 7 4 上の材料層 8 2 の第 2 の複数の 1 2 0 の順次積層は、その材料層 8 2 を、材料層 8 2 の第 1 の複数の 1 1 0 によって形成された表面 7 4 の階段状の延長部 1 2 2 と概ね嵌合させて、インターロック結合を形成するように実施される。ここで、図 2 1 に示すように、材料層 8 2 の 2 つの複数の 1 1 0、1 2 0 は、嵌合する階段状の端部を有するか、または、いくつかの位置でその間におそらくいくつかの空隙 8 3 を有する概ね嵌合する階段状の端部を有することができる。すなわち、材料層 8 2 の第 1 の複数の 1 1 0 の端部は、材料層 8 2 の第 2 の複数の 1 2 0 の端部に、おそらくそこにいくつかの空隙 8 3 を伴って、階段状に出会う。表面 7 4、1 1 4 は、図 1 9 ~ 2 2 において互いに垂直であるように示されているが、図 1 8 A ~ E に関連して説明された角度 のいずれかが、階段状の層と共に採用され得る。

10

【 0 0 5 0 】

図 2 2 は、材料層 8 2 の複数の 1 1 0、1 2 0 を機械加工して、新しいオーバーハング部 7 8 を含むセクション 7 6 を形成した後の部品 2 8 を示している。この工程は、複数の複数の材料層を順次積層する説明した工程のいずれかに従うことができる。この機械加工工程は、図 1 0 に関連して説明したようにすることができる。機械加工は、図 2 1 の実施形態から実施されることが示されているが、同様の機械加工が図 1 8 A ~ E の実施形態に対して実施されてもよいことが認識されよう。

【 0 0 5 1 】

図 2 2 は、第 1 の側部 6 2 および第 2 の側部 6 4 を有する本体 6 0 を含むターボ機械部品 2 8 を示す。オーバーハング部 7 8 は、本体 6 0 の第 1 の側面 6 2 および第 2 の側面 6 4 (図示略) の少なくとも一方からオーバーハング状に延びる。オーバーハング部 7 8 の少なくとも一部は、第 1 の方向に延びる材料層 8 2 の第 1 の複数の 1 1 0 と、第 2 の方向に延びる材料層 8 2 の第 2 の複数の 1 2 0 とを、非平面方向 (角度 を参照。 を参照)、材料層 8 2 の第 1 の複数の 1 1 0 の第 1 の方向に対して相対的に延びている (図 1 8 A ~ E を参照されたい)。

20

【 0 0 5 2 】

図 2 3 は、本開示の他の実施形態による、第 1 の側面 6 2 および対向する第 2 の側面 6 4 を有する本体 6 0 を有する部品 2 8 の拡大断面図である。ここで、オーバーハング部 3 0、2 3 0 は、それぞれ、本体 6 0 の第 1 の側面 6 2 から、および本体の第 2 の側面 6 4 からオーバーハング状に延びる。オーバーハング部 3 0、2 3 0 はいずれも、その一部において垂直構造支持を欠いている。本実施形態において、オーバーハング部 3 0、2 3 0 は、同じ質量を有し、同じ範囲に延びていてもよく、あるいは、一方または他方がより多くの質量を有し、異なる範囲に延びていてもよい。図示の例では、部品 2 8 は、例えばブレードの吸引面 4 4 および圧力面 4 2 をオーバーハングさせるフレア先端レール 7 0、2 7 0 を含むターボ機械ブレード 2 5 を含む。しかしながら、フレア先端レール 7 0 は、エアfoil 4 0 の先端の全周囲に延びることができることに留意されたい。したがって、フレア先端レール 7 0 は、部品 2 8 のオーバーハング部 3 0、2 3 0 の一例である。本体 6 0 は、エアfoil 4 0 と、フレア先端レール 7 0 とを含む。フレア先端レール 7 0 は、ガスタービン 1 0 の軸 1 8 (図 1) に対して周方向に延びている。図 5 ~ 2 2 は、エアfoil 4 0 の片側のフレア先端レール 7 0 を修復するためのプロセスを示すが、本開示の教示は、必要なだけ多くの回数、および必要なだけ多くの構築面 7 4、9 4、1 1 4、1 1 6 で繰り返すことができることが容易に認識されるであろう。任意の数の部分 7 2 (損傷したオーバーハング部分) が、修理され、または追加され得る。

30

40

【 0 0 5 3 】

図 2 4 は、本開示の他の実施形態による、第 1 の側面 6 2 及び対向する第 2 の側面 6 4 を有する本体 6 0 を有する部品 2 8 の拡大断面図である。図 5 ~ 2 3 では、オーバーハング部 (複数可) 3 0、2 3 0 は、エアfoil 4 0 の本体 6 0 に対して外側に延びている。図 2 4 では、オーバーハング部 3 3 0、4 3 0 は、それぞれ、本体 6 0 の第 1 の側面 6 2 から、および本体の第 2 の側面 6 4 から内側にオーバーハング状に延びる。オーバーハ

50

ング部 330、430 はいずれも、その一部において垂直構造支持を欠いている。本実施形態では、オーバーハング部 330、430 は、同じ質量を有し、内側に同じ範囲に延びることがあり、あるいは、一方または他方の部分がより多くの質量を有し、異なる範囲に延びることがある。図示されていないが、内側に延びるオーバーハング部 330、430 のうちの 1 つは、図 5 のような半径方向に延びる先端レール 134 と置き換えられてもよいことが認識されるであろう。オーバーハング部 330、430 は、本明細書に記載された実施形態のいずれかに従って修理または追加され得る。オーバーハング部は、圧力面 42、吸引面 44、および床面 (floor surface) 136、またはこれらの面/面のすべて、またはこれらの組み合わせの上に延在してもよいことを理解されたい。

【0054】

部品 28 は、金属を含んでもよい。一実施形態では、部品 28 は、柱状結晶粒構造 (columnar grain structure、例えば、方向性凝固 (DS) プレード) を有する超合金などの金属または金属合金などの金属で作られている。一実施形態では、部品 28 は、純金属または合金を含むことができる第 1 の金属で作られることができる。本明細書で使用する場合、「超合金」は、従来の合金と比較して多数の優れた物理的特性を有する合金を指し、例えば、René N5、René N500、René 108、CM247、Haynes 合金、Inconel、MP98T、TMS 合金、CMSX 単結晶合金のように、高い機械強度、高い熱クリープ変形抵抗、がこれに限られない。一実施形態では、本開示の教示が特に有利となり得る超合金は、高いガンマプライム (γ') 値を有する超合金である。「ガンマプライム」(γ') は、ニッケル基合金における主要な強化相 (primary strengthening phase) である。高ガンマプライム超合金の例としては、以下のものが挙げられるが、これらに限定されるものではない: René 108、N4、N5、N500、GTD 444、MarM 247 および IN 738。材料層 82 の新しいセクション 76 および複数の 80、110、120 は、第 1 の金属を含み、すべて同じ材料でターボ機械ブレード 25 を作成することができる。代替実施形態では、セクション 76 は、第 1 の金属とは異なる第 2 の金属を含むことができる。一実施形態では、特定の複数の 80、110、120 の層 82 のすべてが、同じ材料であってもよいが、部品 28 の残りの部分とは異なる材料である。すなわち、部品 28 は第 1 の金属を含み、材料層 82 の複数の (ies) 80、110、120 は、第 1 の金属とは異なる第 2 の金属を含む。したがって、新しいセクション 76 は、均一な材料であってもよい。あるいは、材料層 82 の複数の 80、110、120 の異なる層 82 は異なってもよく、その結果、新しいセクション 76 はそこに異なる材料を有する。すなわち、材料層 82 の複数の 80、110、120 は、第 1 の金属を含む少なくとも 1 つの第 1 の材料層と、第 1 の金属とは異なる第 2 の金属を含む少なくとも 1 つの第 2 の材料層とを含むことができる。例えば、例えば表面 74 または表面 114 に近い新しいセクション 76 の材料層 82 は、部品 28 の材料と一致してもよく、表面 74 または表面 94 から離れた層は、異なる材料、例えば、より摩耗に耐えるために硬い材料であってもよい。あるいは、異なる複数の層は、その中に異なる材料を有することができる。すなわち、材料層 82 の少なくとも 1 つの複数の 80、110、120 が、第 1 の金属を含む少なくとも 1 つの第 1 の材料層を含み、少なくとも 1 つの第 2 の材料層が、第 1 の金属とは異なる第 2 の金属を含んでもよい。図 10、図 14 および図 22 は、材料層をファントム線で示す。

【0055】

図 4、図 10、図 14、及び図 22 を参照すると、本開示の実施形態は、ガスタービン 10 (図 1) 用のターボ機械部品 130 も含む。ターボ機械部品 130 は、図 4 及び図 5 に示すように、吸引面 44 の形態の第 1 の側面 62 と、圧力面 42 の形態の第 2 の側面 64 とを有するエアfoil 40 の形態の本体 60 を含むターボ機械ブレード 25 を含んでもよい。ターボ機械ブレード 25 の形態のターボ機械部品 130 は、ルート 31 (図 4) を含むこともできる。図 10、図 14 および図 22 に示すように、ターボ機械部品 130 は、本体 60 の第 1 の側面 62 および第 2 の側面 64 の少なくとも一方から、すなわち、エアfoil 40 の圧力面 42 および吸引面 44 (後述) の少なくとも一方からオーバーハ

10

20

30

40

50

ング状に延びるフレア先端レール 1 3 2 の形態の新しいオーバーハング部 7 8 をも含むことがある。図 1 4 に示すように、新しいフレア状の先端レール 1 3 2 の形態のオーバーハング部 7 8 は、半径方向に延びる先端レール 1 3 4 の形態の本体 6 0 の第 2 の側 6 4 上の対向部材 6 6 に対向することができる。オーバーハング部 7 8 及び対向部材 6 6 は、本体の床面 1 3 6、例えば、エアfoil 4 0 の半径方向外側の表面から延びる。オーバーハング部 3 0 は、対向部材 6 6 よりも多くの質量を有することができる。図 2 3 に示すように、新しいフレア先端レール 2 3 2 の形態のオーバーハング部 3 0、2 3 0 は、本体 6 0 に形成されてもよい。図 2 3 の各オーバーハング部 3 0、2 3 0 は、本明細書で説明する実施形態のいずれかの形態をとってもよいことが強調される。図 2 4 に示すように、新しい内側に延びるフレア先端レール（複数可）の形態のオーバーハング部 3 3 0、4 3 0 も、本体 6 0 に形成されてもよい。いずれにしても、オーバーハング部は、床面 1 3 6、すなわちエアfoil 4 0 の半径方向外側の表面から延びる。オーバーハング部 3 0、2 3 0、3 3 0、4 3 0 は、同じまたは異なる質量を有することができ、同じまたは異なる範囲まで延びることができる。いずれにしても、オーバーハング部 3 0、2 3 0、3 3 0、4 3 0 は、ターボ機械の軸 1 8（図 1）に対して円周方向に延びる。オーバーハング部 3 0、2 3 0、3 3 0、4 3 0 は、エアfoil 4 0 の周縁部全体について延びる単一のユニット型オーバーハング部（a single unitary overhung section）の形態をとることもできることに留意されたい。

10

【0056】

本明細書で説明するように、フレア状先端レール 1 3 2 の形態のオーバーハング部 3 0、2 3 0、3 3 0、4 3 0 は、少なくとも 1 つの複数の材料層 8 2 をその中に含む。一実施形態では、複数の層 8 2 は、床面 1 3 6 から半径方向に向く外面 2 0 1 まで延びるオーバーハング部の多くとも半分に、すなわち、除去される部分 7 2 の多くとも半分に基づいて、配置される。図 1 4 に示すように、一実施形態では、各材料層 8 2 は、本体 6 0 の半径方向軸 7 5 に対して鋭角で、かつ、オーバーハング部 3 0 の半径方向に面する外面 1 3 8、すなわち、フレア先端レール 1 3 2 の半径方向に面する外面に対して鋭角で延びることが考えられる。この設定において、新しいフレア先端レール 1 3 2 の複数の材料層 8 2 の複数の層 8 0 が形成された表面 9 4 は、ターボ機械ブレード 2 6 を有するガスタービン 1 0 の軸 1 8（図 1）および本体 6 0 の半径方向軸 7 5 に対して、ターボ機械内の動作位置に、鋭角に延びることもできる。図 2 2 に示す別の実施形態では、フレア先端レール 1 3 2 は、第 1 の方向に延びるその材料層 8 2 の第 1 の複数の層 1 1 0 と、材料層 8 2 の第 1 の複数の層 1 1 0 の第 1 の方向に対して非平面方向（ 180° ではない）で第 2 の方向に延びる材料層 8 2 の第 2 の複数の層 1 2 0 とを含むことがある。1 つの複数の層は、接していてもよく（図 1 8 A - B）、嵌合する階段状の端部を有していてもよく（図 2 2）、あるいは、いくつかの位置でおそらくいくつかの空隙 8 3 をその間に有する概ね嵌合する階段状の端部を有していてもよい（図 2 1）。一実施形態では、材料層 8 2 の 2 つの複数の層 1 2 0 のうちの一方は、ターボ機械部品 1 3 0 がターボ機械内の動作位置にある（半径方向軸 7 5 に垂直）状態で、ガスタービン 1 0（図 1）の軸 1 8（図 1）に対して実質的に平行であり得る。さらに、材料層 8 2 の 2 つの複数の層 1 1 0 のうちの他方は、材料層 8 2 の複数の層 1 2 0 に対して非平面方向に延びることができる。図 1 8 A ~ C に示されるように、非平面方向は、実質的に垂直、すなわち、 $90^\circ + / - 2^\circ$ であってもよい。図 1 8 D - E は、実質的に垂直ではない、すなわち、 $90^\circ + / - 2^\circ$ ではない他の非平面方向を示す。

20

30

40

【0057】

エアfoil 4 0 の形態の本体 6 0 は、第 1 の金属を含んでもよく、複数の材料層 8 2 の少なくとも 1 つは、第 1 の金属と異なる第 2 の金属を含んでもよい。他の実施形態では、材料層 8 2 の複数の層 8 0、1 1 0、1 2 0 は、第 1 の金属を含むその中の少なくとも 1 つの第 1 の材料層と、第 1 の金属とは異なる第 2 の金属を含むその中の少なくとも 1 つの第 2 の材料層とを含むことができる。すなわち、所定の複数の材料層内で、それぞれ異なる材料が使用されてもよい。例えば、表面 7 4 に近い新しいセクション 7 6 の層 8 2 は、

50

部品 28 の材料と一致してもよく、表面 74 から離れた層は、異なる材料、例えば、より摩耗に耐えるように硬い材料であってもよい。

【0058】

図 8 に示すように、各材料層 82 は、一連の溶接ビード (a series of weld beads) 84 を含んでもよい。図 9 に示すように、複数の材料層の少なくとも 1 つの第 1 の材料層 82 A のための一連の溶接ビード 84 は、複数の材料層の少なくとも 1 つの第 2 の材料層 82 B のための一連の溶接ビード 84 に対して非平行角度であってよい。

【0059】

本開示の実施形態は、タービンローターブレードのフレア先端レールなどのオーバーハング部の材料追加及び/又は修復のための材料層を作成するためのいくつかの方法を提供する。フレア先端レールは、エンジン性能を維持するために、動作後に所望の寸法、形状などを有するように機械加工することができる。

10

【0060】

前述の図面は、本開示のいくつかの実施形態に従って関連する処理のいくつかを示す。この点で、各図面は、説明される方法の実施形態に関連する処理を表す。また、いくつかの代替的な実施態様において、図面に記された行為は、図に記された順序から外れて起こり得るか、または例えば、関連する行為に応じて、実際には実質的に同時または逆の順序で実行され得ることに留意されたい。また、当業者であれば、処理を記述する追加の工程が追加され得ることを認識するであろう。

【0061】

本明細書および特許請求の範囲を通して使用される近似語は、それが関連する基本的な機能の変化をもたらすことなく許容され得るあらゆる定量的表現を修正するために適用することができる。したがって、「約」、「約」、「実質的に」などの用語によって修正される値は、指定された正確な値に限定されるべきものではない。少なくともいくつかの例では、近似的な言語は、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。本明細書及び特許請求の範囲において、範囲の限定は、組み合わせ及び/又は交換することができる、そのような範囲は、文脈又は言語がそうでないことを示さない限り、特定され、そこに含まれるすべてのサブ範囲を含む。範囲の特定の値に適用される「約」は、両端値に適用され、値を測定する機器の精度に依存しない限り、記載された値 (複数可) の + / - 10 % を示すことがある。

20

【0062】

以下の請求項における全ての手段またはステッププラス機能要素の対応する構造、材料、行為、および等価物は、具体的に請求された他の請求項要素との組み合わせで機能を実行するための任意の構造、材料、または行為を含むことを意図している。本開示の説明は、例示および説明の目的で提示されたが、網羅的であること、または開示された形態での開示に限定されることは意図されていない。多くの修正および変形が、本開示の範囲および精神から逸脱することなく、当業者には明らかであろう。実施形態は、本開示の原理および実用化を最もよく説明するために、また、当業者の他の者が、企図された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についての本開示を理解できるように、選択および説明された。

30

40

【符号の説明】

【0063】

10 : ガスタービン 12 : コンプレッサ 14 : タービン 16 : 燃焼器 18 : 中心軸
20 : 圧縮機ロータブレード 22 : 圧縮機ステータブレード 24 : タービンノズル 25 : フレア先端ターボ機械ブレード 26 : タービンケット 28 : 部品 30 : オーバーハング部 31 : ルート 34 : シャンク 36 : プラットフォーム 40 : エアfoil
42 : 圧力面 44 : 吸引面 46 : 前縁 48 : 後縁 60 : 本体 62 : 第 1 の側面
64 : 第 2 の側面 66 : 対向部材 70 : フレア先端レール 72 : 部分 74 : 表面
75 : 長手方向軸 76 : 新しいセクション 78 : 新しいオーバーハング部 82 : オーバーハング材料層 82 A : 第 1 の材料層 82 B : 第 2 の材料層 84 : 溶接ビード 8

50

6 : 第 1 の端部 8 8 : 表面 9 0 : 第 2 の端部 9 4 : 半径方向軸に垂直でない表面 9
 6 : 目標半径方向に向く外側平面面 9 8 : 第 1 の端部 1 0 0 : 第 2 の端部 1 3 0 : タ
 ーボ機械部品 1 3 4 : 先端レール 1 3 6 : 床面

【図面】

【図 1】

【図 2】

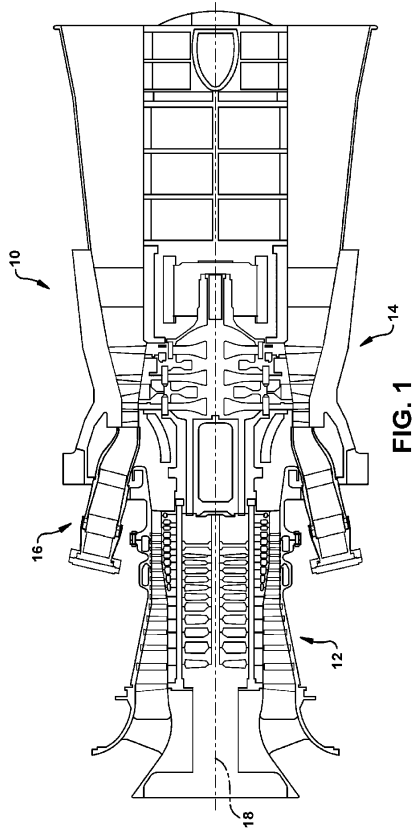


FIG. 1

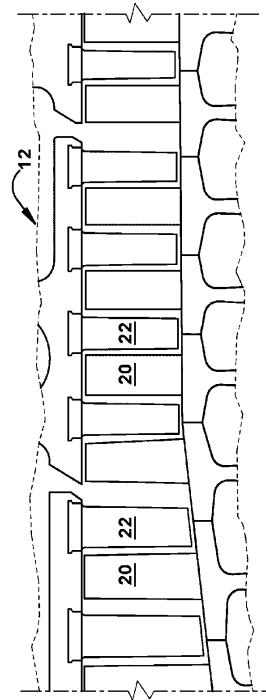


FIG. 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

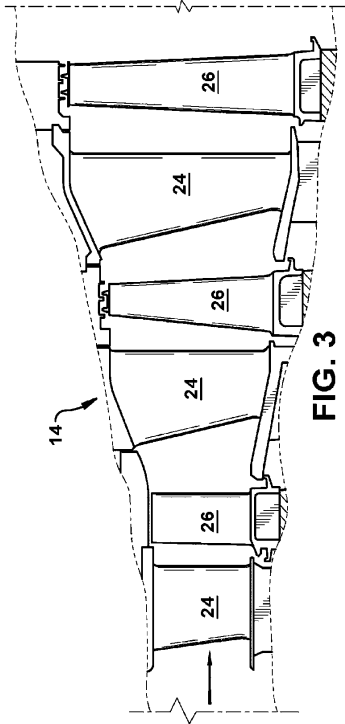


FIG. 3

【 図 4 】

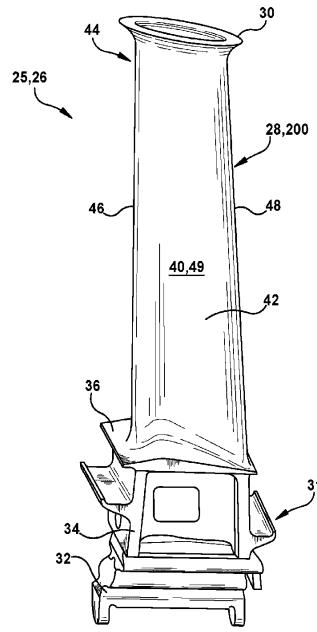


FIG. 4

【 図 5 】

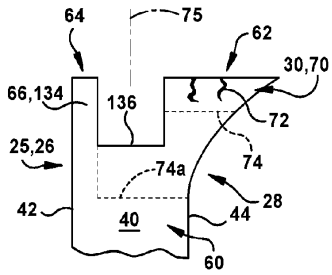


FIG. 5

【 図 6 】

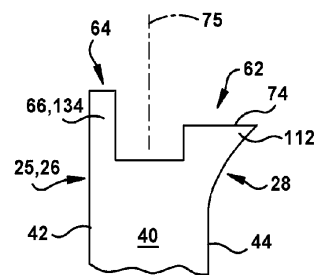


FIG. 6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

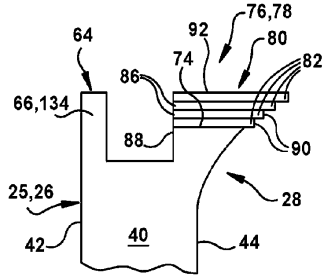


FIG. 7

【 図 8 】

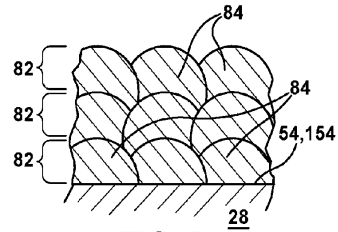


FIG. 8

10

【 図 9 】

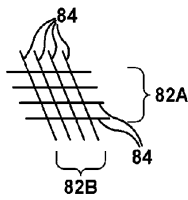


FIG. 9

【 図 10 】

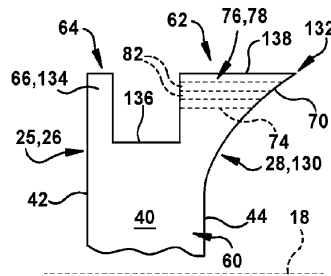


FIG. 10

20

【 図 11 】

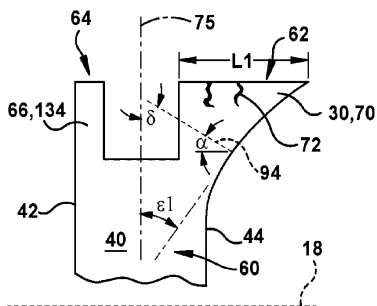


FIG. 11

【 図 12 】

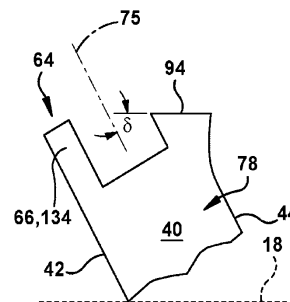


FIG. 12

30

40

50

【 図 1 3 A 】

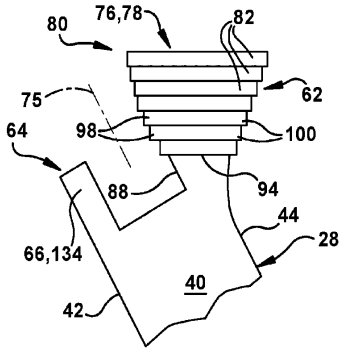


FIG. 13A

【 図 1 3 B 】

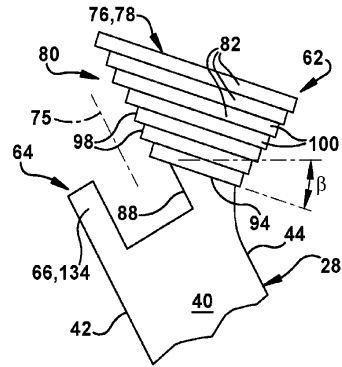


FIG. 13B

10

【 図 1 4 】

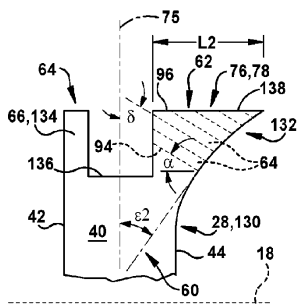


FIG. 14

【 図 1 5 】

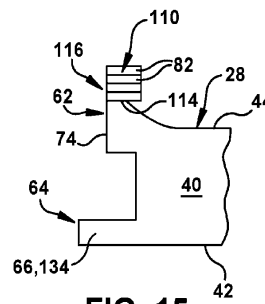


FIG. 15

20

【 図 1 6 】

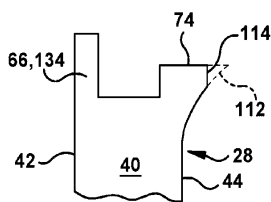


FIG. 16

【 図 1 7 】

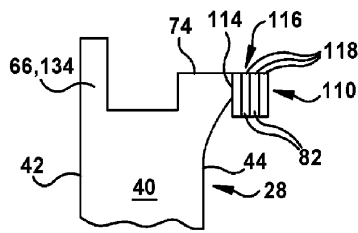


FIG. 17

30

40

50

【 18 A 】

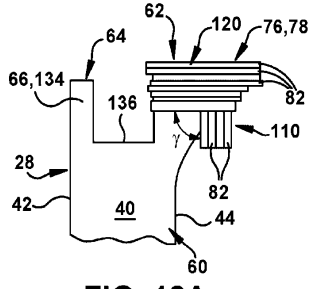


FIG. 18A

【 18 B 】

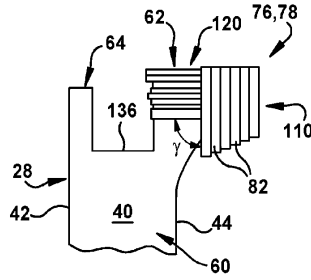


FIG. 18B

10

【 18 C 】

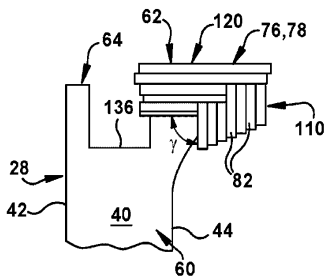


FIG. 18C

【 18 D 】

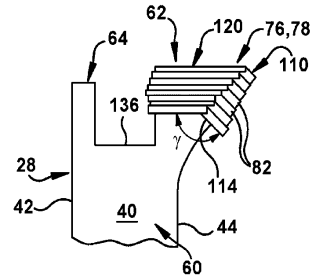


FIG. 18D

20

【 18 E 】

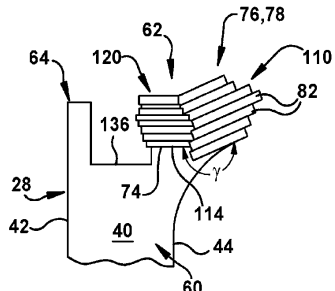


FIG. 18E

【 19 】

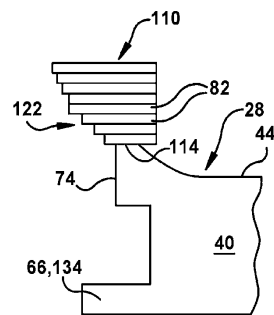


FIG. 19

30

40

50

【 図 2 0 】

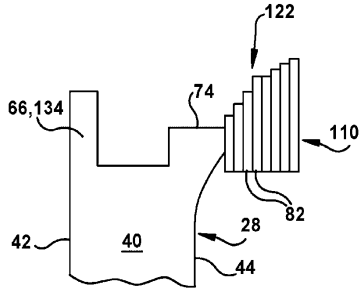


FIG. 20

【 図 2 1 】

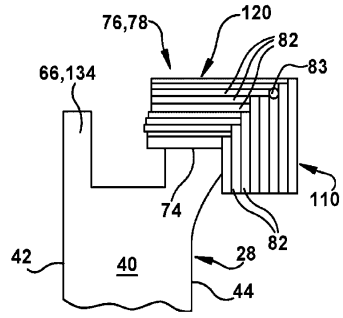


FIG. 21

10

【 図 2 2 】

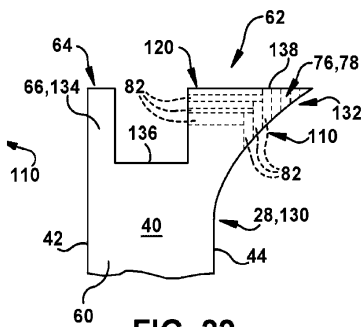


FIG. 22

【 図 2 3 】

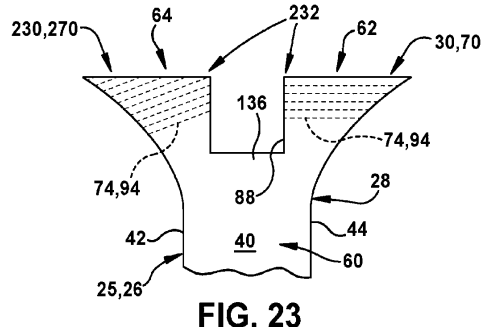


FIG. 23

20

【 図 2 4 】

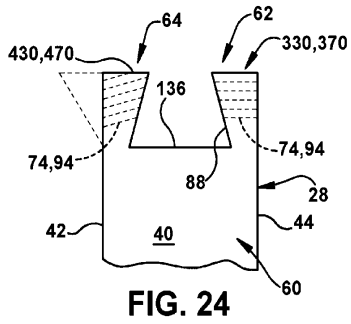


FIG. 24

【 図 2 5 】

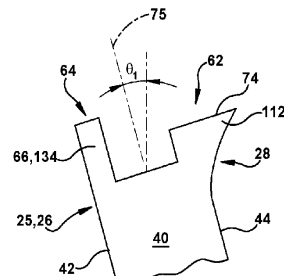


FIG. 25

30

40

50

【 2 6 】

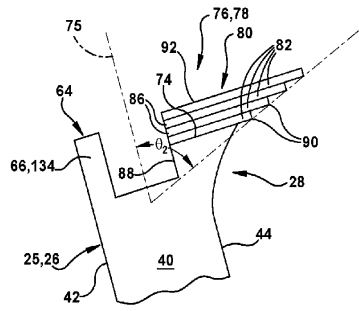


FIG. 26

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

		F I		
B 3 3 Y	10/00 (2015.01)		B 3 3 Y	10/00
B 2 2 F	10/25 (2021.01)		B 2 2 F	10/25

(74)代理人 100151286

弁理士 澤木 亮一

(72)発明者 ネヴィル、ジェイソン

アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 6 9 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0

(72)発明者 ウールリッジ、ジリアン、ジェイミソン

アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 6 9 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0

(72)発明者 サルム、ジェイコブ、アンドリュウ

アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 6 9 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0

(72)発明者 ハート、カッシー、モイ

アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 6 9 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0 0

審査官 櫻田 正紀

(56)参考文献

特開2008-051094(JP,A)
 特開2011-052686(JP,A)
 特表2011-525593(JP,A)
 特開平10-339103(JP,A)
 特開2012-229639(JP,A)
 特開2013-148061(JP,A)
 韓国登録特許第10-2278830(KR,B1)
 特開平10-080767(JP,A)
 特開2008-051097(JP,A)
 特開2013-194694(JP,A)
 米国特許出願公開第2017/0144252(US,A1)
 韓国登録特許第10-2302909(KR,B1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F 0 1 D 5 / 1 4
 F 0 1 D 9 / 0 2
 F 0 1 D 2 5 / 0 0
 F 0 2 C 7 / 0 0
 B 3 3 Y 8 0 / 0 0
 B 3 3 Y 1 0 / 0 0
 B 2 2 F 1 0 / 2 5