

(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2006-170204

(P2006-170204A)

(43) 公開日 平成18年6月29日(2006.6.29)

(51) Int.C1.	F 1	テーマコード (参考)
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00	D 3GO02
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00	X
FO1D 9/02 (2006.01)	FO1D 9/02	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-358418 (P2005-358418)	(71) 出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ GENERAL ELECTRIC CO MPANY 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17年12月13日 (2005.12.13)	(74) 代理人	100093908 弁理士 松本 研一
(31) 優先権主張番号	11/015,611	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成16年12月17日 (2004.12.17)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(33) 優先権主張国	米国(US)	(72) 発明者	マシュー・エヌ・ミラー アメリカ合衆国、オハイオ州、メインヴィ ル、ナイトウィンド・ドライブ、315番 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】タービンノズルセグメント及びその修理方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 タービンノズルセグメントを修理する方法を  
提供する。【解決手段】 外側構造バンドと内側構造バンドとの間に  
配置された少なくとも1つのベーンを有する固定タービン  
ノズルセグメント10を修理する方法は、外側バンドと内側  
バンド(外側バンド14及びベーン12は以前に交換されたことのあるセグメントの部品であり、内側  
バンドはセグメント10の当初からの部品である)との間に  
配置された少なくとも1つのベーンを有するタービン  
ノズルセグメント10を提供する工程と；内側バンドを  
タービンノズルセグメント10から分離する工程と；外側  
バンド14及び/又はベーンにおける損傷を修理する  
工程と；外側バンド14及びベーンを新たに製造され  
た交換用内側バンドセグメント30に接合することとを  
含む。

【選択図】 図2

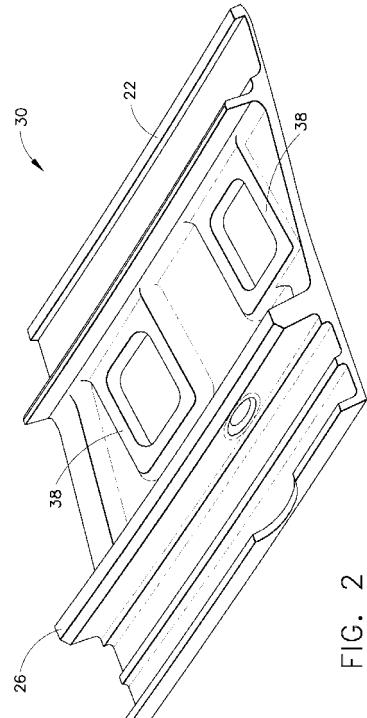


FIG. 2

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

タービンノズルセグメント(10)を修理する方法において、外側バンドと内側バンドとの間に配置された少なくとも1つのベーンを有するエンジンランタービンノズルセグメント(10)であって、前記外側バンド(14)及び前記ベーン(12)が前記セグメントの以前に交換された部品であり、前記内側バンド(16)が前記セグメントの当初からの部品であるようなタービンノズルセグメント(10)を提供する工程と；

前記タービンノズルセグメント(10)から前記内側バンド(16)を分離する工程と；

前記外側バンド(14)及び前記ベーンのうちの少なくとも一方における損傷を修理する工程と；

前記外側バンド(14)及び前記ベーン(12)を新たに製造された交換用内側バンドセグメント(30)に接合する工程とを有し、

前記交換用内側バンドセグメント(30)が第1の側面及びその反対側の第2の側面を含み、前記第1の側面に、前記ベーンを受け入れるための少なくとも1つのエーロフォイル形凹部が形成され、前記第2の側面には隆起したカラーが一体に形成されたことを特徴とする修理方法。

**【請求項 2】**

前記外側バンド(14)及び前記ベーンを前記交換用内側バンドセグメント(30)に接合する工程は、

前記カラーに溝穴を形成する工程と；

前記ベーンの一部を前記溝穴に挿入する工程と；

前記ベーン(12)を前記カラー及び前記交換用内側バンドセグメント(30)に接合する工程とを含む請求項1記載の方法。

**【請求項 3】**

前記内側バンドにポケットを形成する工程を更に含み、前記カラーは、前記ポケットにおいて、前記内側バンドに接合される請求項2記載の方法。

**【請求項 4】**

前記ベーン(12)は、ろう付けにより前記カラー及び前記交換用内側バンドセグメント(30)に接合される請求項2記載の方法。

**【請求項 5】**

前記タービンノズルセグメント(10)から前記内側バンド(16)を分離する工程は、前記ベーンの付近で、前記タービンノズルセグメント(10)の前記内側バンドを切削する工程を含む請求項1記載の方法。

**【請求項 6】**

前記切削は、前記ベーン(12)の内側端部の周囲に、ほぼエーロフォイル形の装着用プラットフォームを規定するように実行され、前記装着用プラットフォームは、前記交換用内側バンドセグメント(30)の前記凹部に嵌合するような形状に形成される請求項5記載の方法。

**【請求項 7】**

前記交換用内側バンドセグメント(30)は、前記内側バンド(16)が製造される材料に対して改善された材料特性を有する材料から製造される請求項1記載の方法。

**【請求項 8】**

外側バンド(14)と；

内側バンドを含む交換用内側バンドセグメント(30)と；

前記外側バンドと前記内側バンドとの間に配置された少なくとも1つのベーン(12)とを具備し、

前記外側バンド(14)及び前記ベーンは、以前に使用され修理されたことのある構造であり、前期交換用内側バンドセグメント(30)は、新たに製造された構造であること

10

20

30

40

50

を特徴とするタービンノズルセグメント(54)。

【請求項9】

前記内側バンド(16)及び前記交換用内側バンドセグメント(30)は、同一の材料から製造される請求項8記載のタービンノズルセグメント(54)。

【請求項10】

前記交換用内側バンドセグメント(30)は、前記内側バンドが製造される材料に対し改善された材料特性を有する材料から製造される請求項8記載のタービンノズルセグメント(54)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、ガスタービンエンジンに関し、特に、そのようなエンジンにおいて使用されるタービンノズルセグメントの修理に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンは、燃焼器に加圧空気を供給する圧縮機を含む。燃焼器において、その空気は燃料と混合され、点火され、高温の燃焼ガスを生成する。燃焼ガスは、下流側のタービン部分へ流れる。タービン部分は、圧縮機に動力を与えるためのエネルギーを燃焼ガスから取り出し、飛行中の航空機に動力を供給するなどの有用な仕事を実行する。航空機のエンジンは、通常、本明細書においてはベーンと呼ばれる固定タービンエーロフォイルを含む。ベーンは、タービン部分内部のガス流れ及び圧力に適切な影響を及ぼすことにより、エンジンの性能を向上する。多段タービン部分においては、ベーンの下流側に配置された回転タービンブレードへ燃焼ガスを搬送するために、タービンベーンは、各タービン段の入口に配置される。通常、タービンベーンは、その周囲に沿って複数のセグメントに分割される。本明細書においては、ベーンセグメントは、ノズルセグメントと呼ばれる。各ノズルセグメントは、そのノズルセグメントを通って流れる高温の燃焼ガスに対して半径方向流路境界を規定する内側バンドと外側バンドとの間に配置された1つ以上のベーンを有する。それらのノズルセグメントは、エンジンケーシングに装着され、環状アレイを形成する。ベーンは、隣接するタービン段の回転ブレードの間で、半径方向に延出する。

【0003】

ノズルセグメントは、ガス流れの中に直接に配置されるため、動作中、高温の腐食性空気にさらされ、その結果、ノズルセグメントの有効寿命が制限されてしまう可能性がある。従って、通常、ノズルセグメントは、高温に耐えるコバルト系超合金又はニッケル系超合金から製造され、多くの場合、耐食材料及び/又は耐熱材料によって被覆される。更に、耐用年数を延ばすために、ノズルセグメントは、通常、圧縮機から取り出される冷却空気によって内部で冷却される。そのような努力をしても、ノズルセグメントの一部、特にベーンは、亀裂、腐食及び他の損傷を受けることがあり、安全で、効率のよいエンジン動作を維持するためには、ノズルセグメントを修理するか、又は交換することが必要になる。ノズルセグメントの構造は複雑であり、相対的に高価な材料から製造されており、製造コストが高いため、可能であるならば、一般に、ノズルセグメントを修理するほうが望ましい。

【0004】

既存の修理技法の1つは、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第6,416,278号(特許文献1)に記載される。この技法は、内側バンドを救済する工程と、外側バンド及び1つ以上のベーンを含む新たに製造された交換用内側バンドセグメントに、救済された内側バンドを装着する工程とを含む。これが可能であるのは、通常、他のノズルセグメント構造と比較して、内側バンドが、さほど過酷な動作条件にさらされず、より長い寿命を有するからである。しかし、以前に塗布された保護被覆膜を洗浄し、剥ぎ取るために使用される工程によって、内側バンドの基板材料まで除去されてしまい、それにより、部品

10

20

30

40

50

の構造能力が低下するため、修理工程自体が、内側バンドの寿命を徐々に短くする。続く修理サイクルの際に、本明細書においては内側バンドセグメントと呼ばれる内側バンド構造のいくつかの部分に、そのような構造能力の低下が現れることがある。その結果、以前に交換された外側バンド及びベーンは、ほぼ新品であるにもかかわらず、内側バンドセグメントのいくつかの部分の壁厚は、再利用を可能にする許容最小限の壁厚に満たなくなる。

- 【特許文献1】米国特許第6,416,278号公報
- 【特許文献2】米国特許第3,802,046号公報
- 【特許文献3】米国特許第4,305,697号公報
- 【特許文献4】米国特許第4,326,833号公報
- 【特許文献5】米国特許第5,248,240号公報
- 【特許文献6】米国特許第5,269,057号公報
- 【特許文献7】米国特許第5,272,809号公報
- 【特許文献8】米国特許第5,690,469号公報
- 【特許文献9】米国特許第5,758,416号公報
- 【特許文献10】米国特許第5,797,725号公報
- 【特許文献11】米国特許第5,813,832号公報
- 【特許文献12】米国特許第6,154,959号公報
- 【特許文献13】米国特許第6,173,491号公報

10

#### 【発明の開示】

20

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

従って、上記のような状況において、ノズルセグメント全体を廃棄処分せずに済むよう にするためには、以前に交換され、修理可能であるノズルセグメントの部分を救済するための方法を提供することが望ましいであろう。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

上記の要求は、本発明により満たされる。1つの面によれば、本発明は、タービンノズルセグメントを修理する方法を提供し、方法は、外側バンドと内側バンドとの間に配置された少なくとも1つのベーンを有するエンジンランタービンノズルセグメントであって、外側バンド及びベーンがセグメントの以前に交換された部品であり、且つ内側バンドがセグメントの当初からの部品であるようなタービンノズルセグメントを提供する工程と；内側バンドをタービンノズルセグメントから分離する工程と；外側バンド及びベーンにおける損傷を修理する工程と；例えば、鋳造、鍛造又は他の製造方法により新たに製造された交換用内側バンドセグメントに、外側バンド及びベーンを接合する工程とを含む。交換用内側バンドセグメントは、第1の側面及びそれとは反対側の第2の側面を有する内側バンドを含む。第1の側面に、ベーンを受け入れるための少なくとも1つのエーロフォイル形凹部が形成され、低温側には、隆起したカラーが一体に形成される。

30

#### 【0007】

40

本発明の別の面によれば、タービンノズルセグメントは、外側バンドと；内側バンドを含む交換用内側バンドセグメントと；外側バンドと内側バンドとの間に配置された少なくとも1つのベーンとを含む。外側バンド及びベーンは、以前に使用され、修理された構造であり、交換用内側バンドセグメントは、新たに製造された構造である。

#### 【0008】

本発明の別の面によれば、修理済みタービンノズルセグメントは、外側バンドと内側バンドとの間に配置された少なくとも1つのベーンを有し、ノズルセグメントは、内側バンドをノズルセグメントから分離する工程と；外側バンド及びベーンにおける損傷を修理する工程と；内側バンドを有する新たに製造された交換用内側バンドセグメントに、外側バンド及びベーンを接合する工程とから成る方法により修理される。

#### 【0009】

50

本発明の更に別の面によれば、タービンノズルセグメントを修理するときに使用するための交換用内側バンドセグメントは、高温側及びそれとは反対側の低温側を有する弓形内側バンドを含む。高温側に、少なくとも1つのエーロフォイル形凹部が形成され、低温側には、隆起したカラーが一体に形成される。

#### 【0010】

本発明は、添付の図面と関連する以下の説明を参照することにより、最もよく理解されるであろう。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0011】

図面中、同一の図中符号は、同一の要素を示す。図1は、第1及び第2のノズルベーン12を有するタービンノズルセグメント10を示す。ベーン12は、弓形の外側バンド14と弓形の内側バンド16との間に配置される。ベーン12は、ベーンの下流側に配置されたタービン回転子(図示せず)に向かって燃焼ガスを最適に誘導するよう構成されたエーロフォイルを規定する。外側バンド14は、ノズルセグメント10を通過するガス流れの外側半径方向境界を規定し、内側バンド16は、ガス流れの内側半径方向境界を規定する。ベーン12の前方領域に、複数の従来通りの冷却穴18があり、後縁部には、複数の溝穴20が形成される。冷却穴18は、第1段ノズルセグメントに見られるのが最も一般的であり、第2段以降のノズルセグメントは、通常、そのような冷却穴を利用しない。ノズルセグメント10は、コバルト系超合金又はニッケル系超合金などの高品質超合金から製造されるのが好ましく、耐食材料及び/又は熱障壁被覆膜によって被覆されてもよい。ガスタービンエンジンは、このようなノズルセグメント10を複数含み、それらのセグメントは、環状構成を成すように周囲に配列される。ここでは、2ベーンノズルセグメントに関して、本発明の修理方法を説明するが、どのような数のベーンを有するノズルセグメントに対しても、本発明を同等に適用可能であることを認識すべきである。

#### 【0012】

エンジンの動作中、ノズルセグメント10は、高温のガス流れにより引き起こされる局部表面の温度上昇又は異物の衝突の結果として、亀裂を生じるか、又は損傷を受ける可能性がある。前述のように、ノズルセグメント10の一部は、周知の修理方法では修理不可能な程度まで劣化してしまうこともある。外側バンド14又はベーン12が修理不可能である場合、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第6,416,278号に記載されるような方法によって、外側バンド又はベーンを交換してもよい。本発明は、内側バンド16以外のノズルセグメント構造は周知の修理方法により修理可能であるが、内側バンド16が修理不可能であるようなノズルセグメントを修理する方法に関する。現在知られている用途においては、内側バンド16は、通常、それ以外のノズルセグメント構造ほど過酷な動作条件にさらされず、他のノズルセグメント構造より長い寿命を有するが、従来の修理であれ、'278号特許に記載されるような部品交換修理であれ、修理サイクルが実行されるたびに、使用される方法によって保護被覆膜が除去され、また、それに伴って基板材料も除去されるために、内側バンド16の寿命は、徐々に短くなる。

#### 【0013】

修理方法は、内側バンド16をノズルセグメント10から分離する工程と、次に、内側バンド16が除去された構造に、特別に設計され、新たに製造された交換用内側バンドセグメントを接合する工程という2つの主要な工程を含む。図2及び図3は、新たに製造された交換用内側バンドセグメント30の1つを異なる方向から見た図を示す。図示される例においては、交換用内側バンドセグメント30は、低温側22(高温ガス流路には面していない側)と、高温側24(高温ガス流路に面する側)とを有する一体鋳造部材であり、支持フランジ26などの従来通りの構造を含む。支持フランジ26は、内側バンド16の構造支持体を形成すると共に、ノズルセグメント10がエンジンに挿入されるときに、装着機能を果たす。

#### 【0014】

図2に示されるように、交換用内側バンドセグメント30の低温側22には、カラー3

10

20

30

40

50

8と呼ばれる少なくとも1つの特徴的な補強部分が一体に形成される。カラー38は、構造支持体の間で交換用内側バンドセグメント30を補強する隆起した中実のブロックである。カラーは、1つの連続した横方向部材であってもよく、あるいは、図示されるように、2つ以上の隆起部分に分割されてもよい。図3に最もわかりやすく示されるように、交換用内側バンドセグメント30の高温側24には、2つの窪んだポケット40が形成される。ポケット40の周囲形状は、ベーン12のエーロフォイル輪郭に類似する。凹部40は、交換用内側バンドセグメント30の一部として一体に形成されるが、別の作業により形成されてもよい。例えば、エーロフォイル形状を有する放電加工機(EDM)電極を使用するプランジEDMなどの加工方法により、ポケット40を形成できるであろう。ポケット40は、ノズルセグメントごとに、1つの平行プランジ軸に沿って整列される。各ポケット40は、そのポケットの中に対応するそれぞれのベーン12を適正に受け入れることができるように方向を定められる。各ポケット40の底部に、受入れ溝穴42が形成される。受入れ溝穴42は、カラー38を貫通して半径方向に延出する。受入れ溝穴42も、プランジEDMにより形成できる。この場合、平行軸上に2つの受入れ溝穴42が形成される。これは、適切な位置及び形状の二重電極を使用して、1回の作業で実行できる。以下に更に詳細に説明される隆起ボス46を挿入できるように、受入れ溝穴42は平行である。

#### 【0015】

特に、修理方法の最初の工程は、整備のために現場から戻されたエンジンランノズルセグメントを点検し、内側バンド16は修理不可能であるが、その他のノズルセグメント構造は、従来の方法により修理可能であるようなノズルセグメント10を識別することである。内側バンド16がノズルセグメント10の当初からの部品であるのに対し、外側バンド14及びベーン12は、例えば、先に挙げた'278号特許に記載される修理の一環である以前の修理サイクルの間の設置時点で新たに製造された部品であったようなエンジンランノズルセグメントは、上記の条件を満たすノズルセグメントとして識別される場合が多い。適切なノズルセグメント10が識別された後、そのセグメントが被覆材料(耐食被覆膜又は耐熱被覆膜など)で被覆されている場合、被覆材料を剥ぎ取らなければならない。被覆材料は、グリットブラーク、薬液浴などの何らかの適切な技法、あるいはそれらの技法の組み合わせを使用して剥ぎ取られてもよい。次の工程は、合金ろう付け、合金肉盛、溶接などの周知の修理技法を使用して、外側バンド14及びベーン12の亀裂を修理する。それらの従来の修理は、外側バンド14及びベーン12の状態に従って、必要に応じて実行される。この時点で、当初使用されていた耐食被覆膜又は耐熱被覆膜が再び塗布されることはない。

#### 【0016】

次の工程は、エーロフォイルを損傷することなく、内側バンド16をノズルセグメント10のその他の部分から分離する。分離は、2つのベーン12の周囲に沿って、内側バンド16を荒削りすることにより実行される。切削は、研磨切削ホイール又は放電加工などの従来の何らかの手段により実行できる。分離後、救済不可能な構造は廃棄され、交換用内側バンドセグメント30への接合のため、外側バンド14及びベーン12の準備が実行される。図4に示されるように、内側バンド16は分離され、各ベーン12の半径方向内側の端部に一体に形成された装着用プラットフォーム44を残すように加工されることがわかる。各々の装着用プラットフォーム44は、分離工程の結果としてプラットフォームの下面に一体に形成された隆起ボス46を有する。

#### 【0017】

ベーン12の内側端部の装着用プラットフォーム44の形状及び大きさは、ポケット40と密接するように定められる。エーロフォイルベーン端部にある隆起ボス46の大きさは、交換用内側バンドセグメント30の受入れ溝穴42に嵌合するように定められる。これらの面の全ては、2つのベーン12の平行軸上で機械加工される。従って、隆起ボス46は、同様に同一の平行軸上で加工された受入れ溝穴42に挿入されるように向きを定められる。隆起ボス46が、それぞれ対応するベーン12の半径方向軸上で加工された場合

、ボス46の高さを考えると、収束する面の締め付けがあるために、ボスを受入れ溝穴42に挿入することは不可能であろう。装着用プラットフォーム44は、隆起ボス46より著しく背が低く、交換用内側バンドセグメント30のポケット40に受け入れられる。

【0018】

全ての亀裂修理が完了し、加工業が終了した後、外側バンド14、ベーン12及び交換用内側バンドセグメント30は、一体に組み立てられ、図5に示される修理済みノズルセグメント54を形成する。先に指示した通り、ベーンの装着用プラットフォーム44を内側バンドの対応するポケット40に挿入し、ベーンの隆起ボス46を内側バンドの対応する受け入れ溝穴42に挿入することにより、交換用内側バンドセグメント30は組み立てられる。その後、内側バンドの低温側22におけるカラーとボスとの境界面に沿って接着することにより、これらの部品は一体に接合される。接着は、ろう付け又は溶接などの従来の方法で実行されてもよいが、一般に、ろう付けが好ましい。それは、エンジンの動作中に、部品が温度勾配にさらされるからであり、また、溶接ひずみがあると、悪影響が生じるからである。好ましい接合作業の1つによれば、まず、タンクステン不活性ガス(TIG)溶接により、内側バンドの各々の受け入れ溝穴42をベーンの対応するボス46に局所的に溶接する。次の工程は、部品間の隙間を合金及びろう粉末によって充填し、境界の露出した縁部に、ろうスラリを塗布することになるであろう。低温側22では、カラーとボスとの境界及びカラーと内側バンドとの境界に、ろう合金が塗布される。高温側24では、装着用プラットフォームとポケットとの境界に、ろう合金が塗布される。その後、組み立て構造は、交換用内側バンドセグメント30を上にした状態で炉の内部に配置され、ろう付けされる。

【0019】

最後に、当初使用されていた耐食被覆膜又は耐熱被覆膜が、周知の方法により再び塗布される。更に、改善された被覆膜を塗布することも可能であろう。その結果、以前に使用されていた部分(外側バンド14及びベーン12に対応する)と、新たに製造された部分(交換用内側バンドセグメント30に対応する)とを有する修理済みノズルセグメント54が得られる。内側バンドのカラー38は、交換用内側バンドセグメントに対する構造的補強部材を形成する。カラー38は、二次的保持機能も果たす。すなわち、装着用プラットフォームと内側バンドとの接合に障害が生じた場合、内側バンドのカラー38の張り出しは、カラー38が交換用内側バンドセグメント30から引き抜かれるのを防止するため、カラー38は、ベーン12が交換用内側バンドセグメント30から分離するのを防止するであろう。

【0020】

一実施形態においては、当初のノズルセグメント10の材料特性を保持する修理済みノズルセグメント54を形成するために、交換用内側バンドセグメント30は、当初の内側バンド16と同一の材料から製造される。しかし、別の実施形態では、交換用内側バンドセグメント30は、異なる材料、好ましくは、改善された材料特性を有する合金から製造される。ノズルセグメントなどのタービンエンジン部品の耐用年数が過ぎる間に、そのような部品と共に使用するのに適する改善された合金が開発される場合が多い。従来であれば、エンジンの運転担当者は、材料特性の向上を実現するために、既存の部品を、改善された合金から製造された新たな部品と交換しなければならないであろう。しかし、交換用内側バンドセグメント30を改善された合金から製造することにより、修理済みノズルセグメント54は、その一部で、向上した材料特性を獲得することになる。

【0021】

以上、タービンノズルセグメントの製造修理方法並びに修理工程において使用される交換用内側バンドセグメントを説明した。本発明の特定の実施形態を説明したが、添付の特許請求の範囲において規定されるような本発明の趣旨の範囲から逸脱せずに、それらの実施形態に対して様々な変形を実施できることは、当業者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

10

20

30

40

50

【図1】ガスタービンエンジンランタービンノズルセグメントの斜視図である。

【図2】本発明の修理方法において使用される交換用内側バンドセグメントの斜視底面図である。

【図3】図2の交換用内側バンドセグメントの斜視平面図である。

【図4】機械加工後の図1のタービンノズルセグメントの外側バンド及びベーンの斜視図である。

【図5】修理後のタービンノズルセグメントの斜視図である。

【符号の説明】

【0023】

10 … タービンノズルセグメント、12 … ベーン、14 … 外側バンド、16 … 内側バンド、30 … 交換用内側バンドセグメント、38 … カラー、40 … ポケット、42 … 受入れ溝穴、44 … 装着用プラットフォーム、46 … 隆起ボス、54 … 修理済みノズルセグメント

【図1】

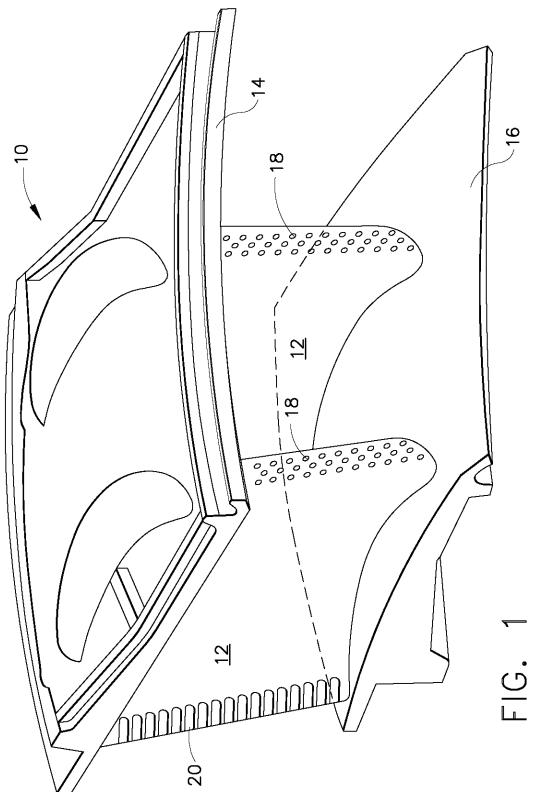


FIG. 1

【図2】

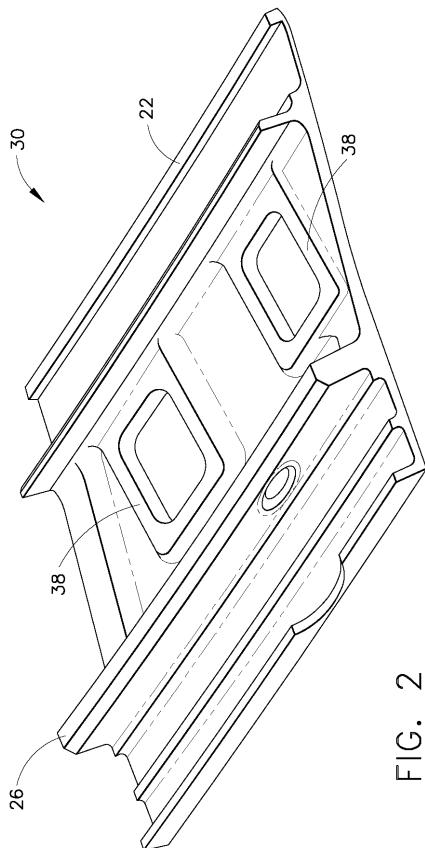


FIG. 2

【図3】

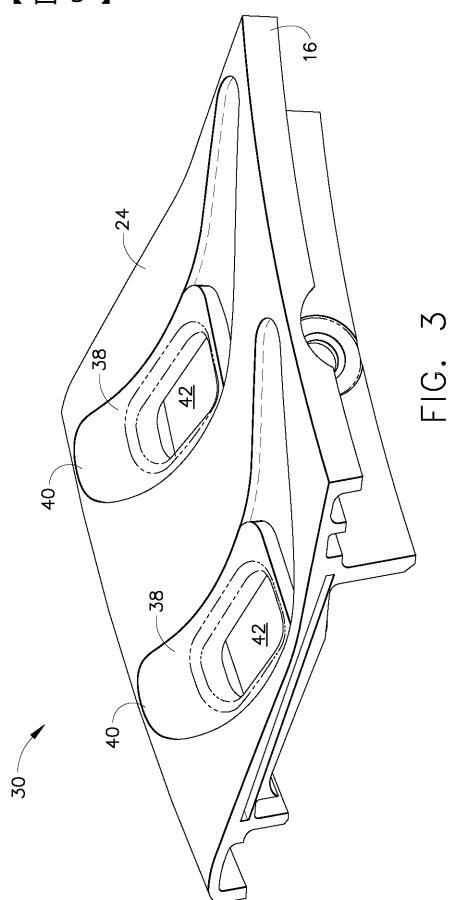


FIG. 3

【図4】

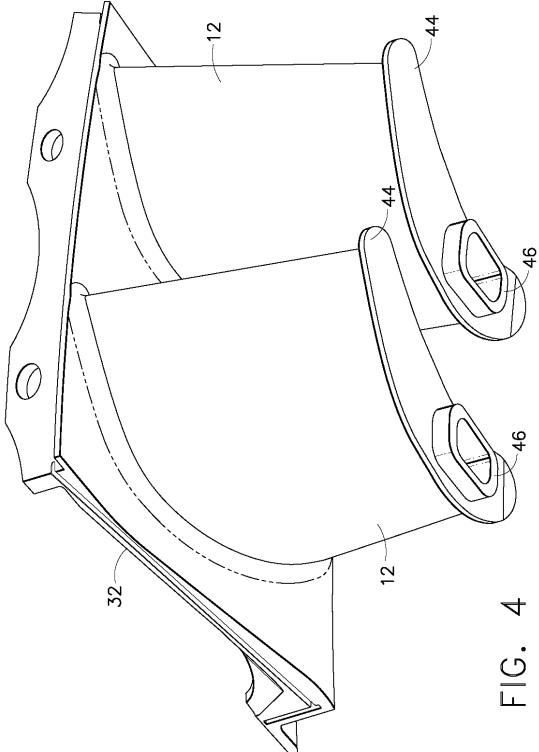


FIG. 4

【図5】

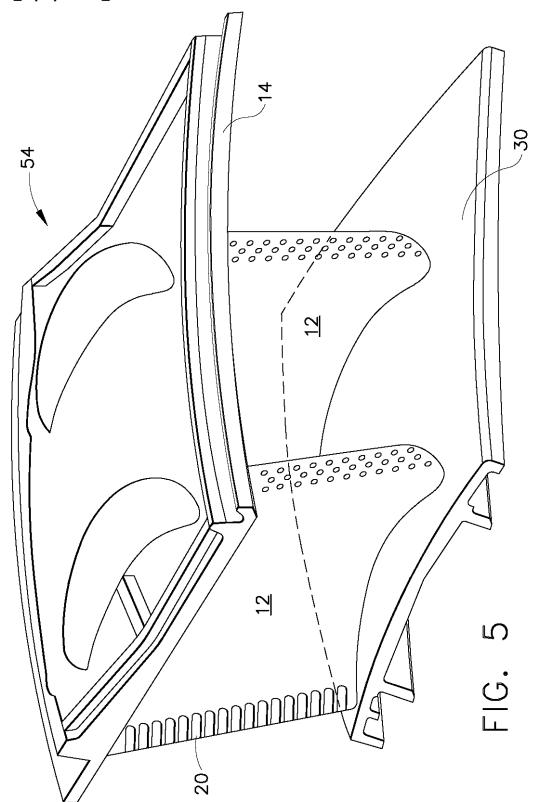


FIG. 5

---

フロントページの続き

(72)発明者 ジェイムズ・ダブリュ・キャッデル, ジュニア  
アメリカ合衆国、オハイオ州、ミルフォード、ワイルダーネス・リッジ・ドライブ、1679番  
(72)発明者 ジェイムズ・エム・キャルドウェル  
アメリカ合衆国、ケンタッキー州、アレキサンドリア、ワインザー・コート、109番  
(72)発明者 ブライアン・エイ・ノートン  
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、サウスゲイト・ドライブ、9519番  
F ターム(参考) 3G002 GA07 GA12 GA18