

(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2013-124665

(P2013-124665A)

(43) 公開日 平成25年6月24日(2013.6.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 5/18 (2006.01)	FO1D 5/18	3G202
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/28	
FO1D 9/02 (2006.01)	FO1D 9/02 1O2	
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 D	
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00 X	
審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2012-269900 (P2012-269900)
 (22) 出願日 平成24年12月11日 (2012.12.11)
 (31) 優先権主張番号 13/326, 540
 (32) 優先日 平成23年12月15日 (2011.12.15)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(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、スケネクタデー、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロチャンネル冷却を有する構成要素

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ブレード先端を、それらの高温動作環境を耐え抜くのに十分な耐久性にする、改善された先端冷却を提供する。

【解決手段】 構成要素は、外側表面と内側表面と先端とを有する基板を含んでいる。外側表面は1つまたは複数の溝を画定しており、各溝は、少なくとも部分的に基板の外側表面に沿って延在し、底部を有している。構成要素は、基板の外側表面に配置されたコーティングをさらに含んでいる。コーティングは、溝(複数可)上に延在する少なくとも1つの構造コーティングを含んでおり、溝(複数可)および構造コーティングは、構成要素を冷却するための1つまたは複数のチャンネルと一緒に画定している。先端は、中空の内部空間(複数可)を取り囲む先端キャップと、基板の半径方向外側の端部に配置された先端リムとを備えている。先端リムは、少なくとも1つの冷却チャンネルと流体連通する少なくとも1つの排液チャンネルを少なくとも部分的に画定している。

【選択図】 図1

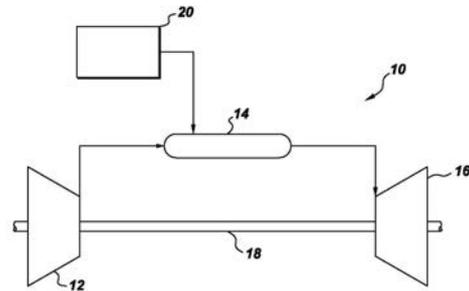


Fig. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

構成要素であって、前記構成要素は、

外側表面と内側表面と先端とを備える基板であって、前記内側表面は少なくとも1つの中空の内部空間を画定し、前記外側表面は1つまたは複数の溝を画定し、各溝は少なくとも部分的に前記基板の前記外側表面に沿って延在すると共に底部を有する、基板と、

前記基板の前記外側表面の少なくとも一部の上に配置されたコーティングであって、前記コーティングは少なくとも1つの構造コーティングを含み、前記構造コーティングは、前記1つまたは複数の溝上に、前記1つまたは複数の溝および前記構造コーティングが前記構成要素を冷却するための1つまたは複数のチャンネルと一緒に画定するように延在する、コーティングとを備え、

10

前記先端は、

前記少なくとも1つの中空の内部空間を取り囲む先端キャップと、

前記基板の半径方向外側の端部に配置された先端リムとを備え、

前記先端リムは、少なくとも1つの冷却チャンネルと流体連通する少なくとも1つの排液チャンネルを少なくとも部分的に画定する、構成要素。

【請求項 2】

前記構成要素はタービンエーロfoilを構成し、各々の中空の内部空間は少なくとも1つのフローチャンネルの個々のセグメントを備える、請求項1記載の構成要素。

【請求項 3】

前記基板は、個々の中空の内部空間と少なくとも1つの冷却チャンネルとの間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも1つのアクセスチャンネルをさらに画定し、前記個々のアクセスチャンネルは前記個々の冷却チャンネルの底部と交差する、請求項1記載の構成要素。

20

【請求項 4】

各排液チャンネルは前記個々の冷却チャンネルと交差する、請求項3記載の構成要素。

【請求項 5】

前記基板は圧力側壁および吸引側壁を画定し、前記圧力側壁および吸引側壁は、前記構成要素の前縁および後縁で一体に結合し、前記構成要素の根本から前記構成要素の先端まで延在し、前記チャンネルは、前記圧力側壁および吸引側壁の少なくとも一方に少なくとも部分的に沿って延在する、請求項1記載の構成要素。

30

【請求項 6】

各冷却チャンネルは少なくとも部分的に前記先端キャップに沿って延在する、請求項1記載の構成要素。

【請求項 7】

前記先端キャップは、少なくとも1つの中空の内部空間と少なくとも1つの冷却チャンネルとの間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも1つのアクセスチャンネルを画定し、前記個々のアクセスチャンネルは前記個々の冷却チャンネルの底部と交差する、請求項6記載の構成要素。

【請求項 8】

各溝は開口部を有し、各溝は、前記溝の前記開口部で狭くなっており、したがって、各冷却チャンネルがリエントラント形冷却チャンネルを構成するように、リエントラント形溝を構成する、請求項1記載の構成要素。

40

【請求項 9】

前記構造コーティングは、前記構造コーティングが各溝を完全にはふさがないように、1つまたは複数の透過性スロットを画定する、請求項1記載の構成要素。

【請求項 10】

前記構造コーティングは各溝を密封する、請求項1記載の構成要素。

【請求項 11】

構成要素であって、前記構成要素は、

50

外側表面と内側表面と先端とを備える基板であって、前記内側表面は少なくとも1つの中空の内部空間を画定し、前記先端は少なくとも1つの中空の内部空間を取り囲む先端キャップを備え、前記外側表面は1つまたは複数の溝を画定し、各溝は少なくとも部分的に前記先端キャップの外側表面に沿って延在すると共に底部を有する、基板と、

前記基板の前記外側表面の少なくとも一部の上に配置されたコーティングであって、前記コーティングは少なくとも1つの構造コーティングを含み、前記構造コーティングは、前記1つまたは複数の溝上に、前記1つまたは複数の溝および前記構造コーティングが前記構成要素を冷却するための1つまたは複数のチャンネルと一緒に画定するように延在する、コーティングとを備え、

前記先端は前記少なくとも1つの中空の内部空間を取り囲む先端キャップを備え、各冷却チャンネルは少なくとも部分的に前記先端キャップに沿って延在する、構成要素。

10

【請求項12】

前記先端キャップは、少なくとも1つの中空の内部空間と少なくとも1つの冷却チャンネルとの間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも1つのアクセスチャンネルを画定し、前記個々のアクセスチャンネルは前記個々の冷却チャンネルの底部と交差する、請求項11記載の構成要素。

【請求項13】

前記先端は、前記基板の半径方向外側の端部に配置された先端リムをさらに備え、前記基板は、前記先端リムの下に延在して少なくとも1つの冷却チャンネルと流体連通する少なくとも1つの排液チャンネルを画定する、請求項12記載の構成要素。

20

【請求項14】

前記基板は圧力側壁および吸引側壁を画定し、前記圧力側壁および吸引側壁は、前記構成要素の前縁および後縁で一体に結合し、前記構成要素の根本から前記構成要素の先端まで延在し、

前記先端キャップは傾斜した半径方向外側の端部を有し、前記先端キャップは、個々の冷却チャンネルと圧力側壁または吸引側壁の一方との間に延在する少なくとも1つの排液孔を画定する、請求項11記載の構成要素。

【請求項15】

各溝は開口部を有し、各溝は、前記溝の開口部で狭くなっており、したがって、各冷却チャンネルがリエントラント形冷却チャンネルを構成するように、リエントラント形溝を構成する、請求項11記載の構成要素。

30

【請求項16】

前記構造コーティングは、前記構造コーティングが各溝を完全にはふさがないように、1つまたは複数の透過性スロットを画定する、請求項11記載の構成要素。

【請求項17】

前記構造コーティングは各溝を密封する、請求項11記載の構成要素。

【請求項18】

構成要素であって、前記構成要素は、

外側表面と内側表面と先端とを備える基板であって、前記内側表面は少なくとも1つの中空の内部空間を画定し、前記外側表面は1つまたは複数の溝を画定し、各溝は少なくとも部分的に前記基板の外側表面に沿って延在すると共に底部を有する、基板と、

40

前記基板の前記外側表面の少なくとも一部の上に配置されたコーティングであって、前記コーティングは少なくとも1つの構造コーティングを含み、前記構造コーティングは、前記1つまたは複数の溝上に、前記1つまたは複数の溝および前記構造コーティングが前記構成要素を冷却するための1つまたは複数のチャンネルと一緒に画定するように延在する、コーティングとを備え、

前記先端は、

前記少なくとも1つの中空の内部空間を取り囲む先端キャップと、

前記基板の半径方向外側の端部に配置された先端リムとを備え、

各冷却チャンネルは少なくとも部分的に前記先端リムに沿って延在する、構成要素。

50

【請求項 19】

各冷却チャンネルは前記先端リムの長さに沿って延在する、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 20】

各冷却チャンネルは部分的にのみ前記先端リムの長さに沿って延在する、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 21】

各溝は開口部を有し、各溝は、前記溝の開口部で狭くなっており、したがって、各冷却チャンネルがリエントラント形冷却チャンネルを構成するように、リエントラント形溝を構成する、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 22】

前記構造コーティングは、前記構造コーティングが各溝を完全にはふさがないように、1 つまたは複数の透過性スロットを画定する、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 23】

前記構造コーティングは各溝を密封する、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 24】

前記構成要素はタービンエーロfoilを構成し、各々の中空の内部空間は少なくとも 1 つのフローチャンネルの個々のセグメントを備える、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 25】

前記基板は、個々の中空の内部空間と少なくとも 1 つの冷却チャンネルとの間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも 1 つのアクセスチャンネルをさらに画定し、前記個々のアクセスチャンネルは前記個々の冷却チャンネルの底部と交差する、請求項 18 記載の構成要素。

【請求項 26】

構成要素であって、前記構成要素は、

外側表面と内側表面と先端とを備える基板であって、前記内側表面は少なくとも 1 つの中空の内部空間を画定し、前記外側表面は 1 つまたは複数の溝を画定し、各溝は少なくとも部分的に前記基板の前記外側表面に沿って延在すると共に底部を有する、基板と、

前記基板の前記外側表面の少なくとも一部の上に配置されたコーティングであって、前記コーティングは少なくとも 1 つの構造コーティングを含み、前記構造コーティングは、前記 1 つまたは複数の溝上に、前記 1 つまたは複数の溝および前記構造コーティングが前記構成要素を冷却するための 1 つまたは複数のチャンネルと一緒に画定するように延在する、コーティングとを備え、

前記先端は、

前記少なくとも 1 つの中空の内部空間を取り囲む先端キャップと、

前記基板の半径方向外側の端部に配置され、先端棚を有する先端リムとを備え、

前記基板は圧力側壁および吸引側壁を画定し、前記圧力側壁および吸引側壁は、前記構成要素の前縁および後縁で一体に結合し、前記構成要素の根本から前記構成要素の先端まで延在し、少なくとも 1 つのチャンネルは、前記圧力側壁に少なくとも部分的に沿って延在し、前記先端棚と交差する、構成要素。

【請求項 27】

各溝は開口部を有し、各溝は、前記溝の前記開口部で狭くなっており、したがって、各冷却チャンネルがリエントラント形冷却チャンネルを構成するように、リエントラント形溝を構成する、請求項 26 記載の構成要素。

【請求項 28】

前記構造コーティングは、前記構造コーティングが各溝を完全にはふさがないように、1 つまたは複数の透過性スロットを画定する、請求項 26 記載の構成要素。

【請求項 29】

前記構造コーティングは各溝を密封する、請求項 26 記載の構成要素。

【請求項 30】

前記構成要素はタービンエーロfoilを構成し、各々の中空の内部空間は少なくとも 1

10

20

30

40

50

つのフローチャネルの個々のセグメントを備える、請求項 2 6 記載の構成要素。

【請求項 3 1】

前記基板は、個々の中空の内部空間と少なくとも 1 つの冷却チャネルとの間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも 1 つのアクセスチャネルをさらに画定し、前記個々のアクセスチャネルは前記個々の冷却チャネルの底部と交差する、請求項 2 6 記載の構成要素。

【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、より具体的にはガスタービンエンジン内のマイクロチャネル冷却に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンでは、空気を圧縮機で加圧し、高温の燃焼ガスを発生させるために燃焼器内で燃料と混合する。圧縮機に動力を供給する高圧タービン (HPT) 内のガスと、ターボファン航空機エンジン用途のファンに動力を供給し、海洋および産業用途のための外部シャフトに動力を供給する低圧タービン (LPT) 内のガスから、エネルギーを抽出する。

【0003】

エンジン効率は、燃焼ガスの温度と共に上昇する。しかしながら、燃焼ガスは、燃焼ガスの流路に沿った種々の構成要素を加熱するため、長いエンジン寿命を実現するためには、それらの構成要素を冷却する必要がある。典型的には、高温ガス経路構成要素を、圧縮機から空気を抽気することによって冷却する。抽気は燃焼プロセスに使用されないため、この冷却プロセスはエンジン効率を低下させる。

【0004】

ガスタービンエンジン冷却技術は成熟しており、冷却回路の種々の態様と種々の高温ガス経路構成要素の特徴とに関する多数の特許を含んでいる。例えば、燃焼器は、動作中に冷却する必要がある半径方向外側のライナおよび内側のライナを含んでいる。タービンノズルは、外側バンドと内側バンドとの間に支持される中空静翼を含んでおり、この中空静翼も冷却を必要とする。タービンロータブレードは中空であり、典型的には冷却回路を含んでおり、冷却回路内ではブレードがタービンシュラウドに取り囲まれており、このブレードも冷却を必要とする。高温の燃焼ガスは排気部を介して排出され、排気部は、ライニングもされ、適切に冷却されることがある。

【0005】

これらの例示的なガスタービンエンジン構成要素のすべてに、構成要素の重量を減らし、それらの冷却の必要性を最小限にするために、典型的には高強度超合金金属の薄い壁が使用される。種々の冷却回路および特徴が、エンジン内のそれらの対応する環境内で、これらの個々の構成要素に合わせて作られる。例えば、一連の内部冷却通路または蛇行管を、高温ガス経路構成要素内に形成することができる。冷却液をプレナムから蛇行管に供給することができ、冷却液は、通路を流れて、高温ガス経路構成要素基板とそれに関連するコーティングとを冷却することができる。しかしながら、この冷却方式は、典型的には、比較的低い熱伝導率と、不均一な構成要素温度プロファイルの結果として生じる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】米国特許公開 2011/0293423 明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

具体的には、タービンブレード先端の焼損が、ガスタービン産業の一般的な問題である

10

20

30

40

50

。したがって、依然として空気力学的な密封機能と摩擦保護とを提供しながら、ブレード先端を、それらの高温動作環境を耐え抜くのに十分な耐久性にする、改善された先端冷却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】

【0008】

本発明の一態様は、外側表面と内側表面と先端とを有する基板を含む構成要素にある。内側表面は、少なくとも1つの中空の内部空間を画定している。外側表面は1つまたは複数の溝を画定し、各溝は、少なくとも部分的に基板の外側表面に沿って延在し、底部を有している。構成要素は、基板の外側表面の少なくとも一部の上に配置されたコーティングをさらに含んでいる。コーティングは、溝（複数可）上に延在する少なくとも1つの構造コーティングを含んでおり、溝（複数可）および構造コーティングは、構成要素を冷却するための1つまたは複数のチャンネルと一緒に画定するようになっている。先端は、中空の内部空間（複数可）を取り囲む先端キャップと、基板の半径方向外側の端部に配置された先端リムとを含んでおり、先端リムは、少なくとも1つの冷却チャンネルと流体連通する少なくとも1つの排液チャンネルを少なくとも部分的に画定している。

10

【0009】

本発明の他の態様は、外側表面と内側表面と先端とを有する基板を含む構成要素にある。内側表面は少なくとも1つの中空の内部空間を画定し、先端は中空の内部空間（複数可）を取り囲む先端キャップを含んでいる。外側表面は1つまたは複数の溝を画定し、各溝は、少なくとも部分的に先端キャップの外側表面に沿って延在し、底部を有する。構成要素は、基板の外側表面の少なくとも一部の上に配置されたコーティングをさらに含んでいる。コーティングは、溝（複数可）上に延在する少なくとも1つの構造コーティングを含んでおり、溝（複数可）および構造コーティングは、構成要素を冷却するための1つまたは複数のチャンネルと一緒に画定するようになっている。先端は、中空の内部空間（複数可）を取り囲む先端キャップと、少なくとも部分的に先端キャップに沿って延在する冷却チャンネル（複数可）とを備えている。

20

【0010】

本発明のこれらのおよび他の特徴、態様および利点は、複数の図面を通じて同じ符号が同じ部品を示している添付図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことにより、よりよく理解されるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】ガスタービンシステムの概略図である。

【図2】本発明の態様による冷却チャンネルを有するエーロfoil構成例の概略的な断面図である。

【図3】一例のガスタービンロータブレードの、一部を断面にした等角図である。

【図4】アクセスチャンネルおよび排液チャンネルと流体連通するマイクロチャンネルを示す、図3に例示したエーロfoil先端を通る4-4に沿ってとった立面断面図である。

【図5】先端キャップに部分的に沿って延在し、個々のアクセスチャンネルおよび排液チャンネルと流体連通するマイクロチャンネルを示す、エーロfoil先端を通る立面断面図である。

40

【図6】基板の表面に部分的に沿って延在し、冷却液を個々の膜冷却孔に運ぶ3つの例としてのマイクロチャンネルを、斜視図で概略的に示している。

【図7】先端キャップに部分的に沿って延在し、個々のアクセスチャンネルと流体連通するマイクロチャンネルを示す、エーロfoil先端を通る立面断面図である。

【図8】先端キャップに部分的に沿って延在し、個々のアクセスチャンネルと流体連通するマイクロチャンネルを示す、エーロfoil先端を通る立面断面図である。

【図9】先端キャップに沿って延在し、個々のアクセスチャンネルと流体連通するマイクロチャンネルを示す、エーロfoil先端を通る立面断面図である。

【図10】傾斜した先端キャップに部分的に沿って延在し、個々のアクセスチャンネルおよ

50

び排液チャンネルと流体連通するマイクロチャンネルを示す、先端リムを持たないエーロfoil先端を通る立面断面図である。

【図11】多孔質スロットが構造コーティングを通過して延びている、3つのリエントラント形チャンネルの断面図である。

【図12】マイクロチャンネルを形成された冷却される先端棚を有するエーロfoil先端を通る立面断面図である。

【図13】先端リムに部分的に沿って延在するマイクロチャンネルを示す、エーロfoil先端を通る立面断面図である。

【図14】先端リムに沿って延在するマイクロチャンネルを示す、エーロfoil先端を通る立面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本明細書では、「第1の」、「第2の」等の用語はどのような順序、量または重要度を示すものでもなく、ある要素を他の要素から識別するために使用される。本明細書では、用語（「a」および「an」）は量の限定を示すものではなく、参照する項目が少なくとも1つ存在することを示している。量に関連して使用される「約」という修飾子は、所定の値を含んでおり、且つ、文脈によって画定される意味を有している（例えば、特定の量の測定に伴う誤差の程度を含む）。加えて、用語「組合せ」は、混合物、合成物、合金、反応生成物等を含んでいる。

【0013】

さらに本明細書では、「（複数可（s））」という接尾辞は、通常、それが修飾する用語の単数および複数の両方を含むことを意図しており、したがって、1つまたは複数のその用語を含む（例えば、「通路孔」は、特に指定しない限り、1つまたは複数の通路孔を含んでもよい）。本明細書を通じて、「一実施形態」、「他の実施形態」および「実施形態」等への言及は、その実施形態と関連して説明される特定の要素（例えば、特徴、構造および/または特性）が、本明細書で説明される少なくとも1つの実施形態に含まれ、他の実施形態が存在していても存在していなくてもよいことを意味する。同様に、「特定の構成」への言及は、構成に関連して記載される特定の要素（例えば、特徴、構造および/または特性）が、本明細書に記載される少なくとも1つの構成に含まれ、他の構成には存在していても存在していなくてもよいことを意味する。加えて、説明されている本発明の特徴は、種々の実施形態および構成において、任意の好適な方法で組み合わせることができることを理解されたい。

【0014】

図1は、ガスタービンシステム10の概略図である。システム10は、1つまたは複数の圧縮機12、燃焼器14、タービン16および燃料ノズル20を含むことができる。圧縮機12およびタービン16を、1つまたは複数のシャフト18によって結合することができる。シャフト18は、単一のシャフトであってもよく、シャフト18を形成するように一体に結合された複数のシャフトセグメントであってもよい。

【0015】

ガスタービンシステム10は、多数の高温ガス経路構成要素100を含むことができる。高温ガス経路構成要素は、システム10を通るガスの高温流に少なくとも部分的にさらされる、システム10の任意の構成要素である。例えば、パケット組立体（ブレードまたはブレード組立体としても知られる）、ノズル組立体（静翼または静翼組立体としても知られる）、シュラウド組立体、連結管、保持リング、および圧縮機排気構成要素は、すべて高温ガス経路構成要素である。しかしながら、本発明の高温ガス経路構成要素100は、上記の例に限定されず、ガスの高温流に少なくとも部分的にさらされる任意の構成要素であってもよいことを理解されたい。さらに、本開示の高温ガス経路構成要素100は、ガスタービンシステム10の構成要素に限定されず、高温流にさらされる可能性がある機械類の任意の部分またはその構成要素であってもよいことを理解されたい。

【0016】

10

20

30

40

50

高温ガス経路構成要素100が高温ガス流にさらされると、高温ガス経路構成要素100は高温ガス流によって加熱され、高温ガス経路構成要素100が実質的に劣化するまたは故障する温度に達する可能性がある。したがって、システム10の効率、性能および/または寿命を向上させて、システム10が高温のガス流と共に動作できるようにするために、高温ガス経路構成要素100のための冷却システムが必要である。

【0017】

マイクロチャネル冷却は、加熱される領域にできる限り近く冷却部を配置することによって、したがって、所定の熱伝導率のための主要な耐荷重性基板材料の高温側と低温側の温度差を低減させることによって、冷却の必要量を著しく削減する可能性を有している。

【0018】

一般的には、本開示の冷却システムは、高温ガス経路構成要素100の表面に形成された一連の小さなチャネル、すなわちマイクロチャネルを含んでいる。航空機用サイズのタービン構成要素のチャネル寸法は、0.1mmから0.5mmの範囲内のおおよその深さおよび幅を含むが、産業用サイズの発電タービン構成要素では、「小さい」または「マイクロ」チャネルの寸法は、0.25mmから1.5mmの範囲内のおおよその深さおよび幅を含む。高温ガス経路構成要素には、保護コーティングを設けることができる。冷却液をプレナムからチャネルに供給することができ、冷却液を、チャネルを通して流し、高温ガス経路構成要素を冷却することができる。

【0019】

構成要素100を、図2~6および11を参照しながら説明する。例えば図2および3に示すように、構成要素100は、外側表面112と、内側表面116と、先端34とを有する基板110を含んでいる。例えば図2に示すように、内側表面116は、少なくとも1つの中空の内部空間114を画定している。例えば図2および6に示すように、外側表面112は1つまたは複数の溝132を画定し、各溝132は、少なくとも部分的に基板110の外側表面112に沿って延在し、底部134を有している。図3に示す構成では、構成要素100はタービンエロフォイル100を構成し、各中空内部空間114は、少なくとも1つのフローチャネルの個々のセグメント(これも参照番号114で示している)を備えている。

【0020】

典型的には、基板110を、溝(複数可)132を形成する前に鑄造する。その全体が本明細書に援用されるMelvin R. Jacksonらの米国特許第5,626,462号「Double-wall airfoil」で論じられているように、基板110を任意の適切な材料から形成することができる。構成要素100の意図される用途に応じて、これは、Ni基、Co基およびFe基の超合金を含むことができる。Ni基超合金は、相および'相の両方を含むものであってもよく、特に、'相が超合金の体積の少なくとも40%を占めるこれらの相および'相の両方を含むNi基超合金であってもよい。このような合金は、高温強度および高温クリープ抵抗を含む所望の特性の組合せのため、有利であることが知られている。基板材料は、これらの合金が航空機に使用されるタービンエンジン用途で使用するのに有利である高温強度および高温クリープ抵抗を含むすぐれた特性の組合せを持つことが知られているため、NiAl金属間化合物合金を含んでもよい。Nb基合金の場合には、すぐれた酸化抵抗性を有する被膜Nb基合金が好ましく、特に、組成範囲が原子パーセントであるとしてNb-(27-40)Ti-(4.5-10.5)Al-(4.5-7.9)Cr-(1.5-5.5)Hf-(0-6)Vを含むこれらの合金が好ましいであろう。基板材料は、ケイ化物、炭化物またはホウ化物を含むNbを含む金属間化合物のような、少なくとも1つの二次相を含むNb基合金を含んでもよい。このような合金は、延性相(すなわち、Nb基合金)および強化相(すなわち、Nbを含む金属間化合物)の複合体である。他の配置では、基板材料は、Mo₅SiB₂二次相およびMo₃Si二次相を有するモリブデンベースの合金(固溶体)のようなモリブデン基合金を含んでいる。他の構成では、基板材料は、SiC繊維で強化された炭化ケイ素(SiC)マトリックスのようなセラミックマトリックス複合体を含んでいる。他

10

20

30

40

50

の構成では、基板材料はTiAl基金属間化合物を含んでいる。

【0021】

溝132を種々の技術を用いて形成することができる。溝(複数可)132を形成する例としての技術は、研磨液噴射、プラズマ電解加工(ECM)、スピニング電極(ミリングEDM)による放電加工(EDM)およびレーザ加工を含む。例としてのレーザ加工技術が、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、本願の譲受人に譲渡された、2010年1月29日に出願された米国特許出願第12/697,005号「Process and system for forming shaped air holes」に記載されている。例としてのEDM技術が、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、本願の譲受人に譲渡された、2010年5月28日に出願された米国特許出願第12/790,675号「Articles which include chevron on film cooling holes, and related processes」に記載されている。

10

【0022】

特定のプロセスでは、研磨液噴射(図示せず)を使用して溝を形成する。例としての水噴射穿孔プロセスおよびシステムが、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、本願の譲受人に譲渡された、2010年5月28日に出願された米国特許出願第12/790,675号「Articles which include chevron film cooling holes, and related processes」に開示されている。米国特許出願第12/790,675号で説明されているように、水噴射プロセスは、典型的には、高圧水の流れの中に懸濁された研磨粒子(例えば、研磨「グリッド」)の高速の流れを利用する。水の圧力は大幅に変化してもよいが、約35~620MPaの範囲内であることが多い。ざくろ石、酸化アルミニウム、炭化ケイ素およびガラスビーズのような多数の研磨材料を使用することができる。有利には、研磨液噴射加工技術の能力は、整形の制御により、変化する深さに対する段階的な材料の除去を容易にする。例えば、これは、チャンネルに供給する(図4を参照しながら以下に説明する)内部アクセス孔140を、一定断面の真っ直ぐな孔、整形された孔(楕円等)、あるいは、収束または発散する孔のいずれかとして穿孔することを可能にする。

20

【0023】

加えて、米国特許出願第12/790,675号で説明されているように、水噴射システムは、多軸コンピュータ数値制御(CNC)ユニット(図示せず)を含んでもよい。CNCシステム自体は当該技術分野で知られており、例えば、参照により本明細書に組み込まれる米国特許公開第2005/0013926号(S. Rutkowskiら)に記載されている。CNCシステムは、いくつかのX軸、Y軸およびZ軸、並びに回転軸に沿った切削工具の移動を可能にする。

30

【0024】

より具体的には、各溝132を、研磨液噴射の第1の経路で基板110の表面112に対してある外側角で研磨液噴射を向け、次に、各溝が溝の開口部136で狭くなり、したがって(図6を参照しながら以下に論じるような)リエントラント形の溝を構成するように、外側角の角度と実質的に反対の角度で次の経路を形成することによって形成することができる。典型的には、溝の所望の深さおよび幅を実現するために、複数の経路を実行してもよい。この技術は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、本願の譲受人に譲渡された、Bunkerらの米国特許出願第12/943,624号「Components with re-entrant shaped cooling channels and methods of manufacture」に記載されている。加えて、リエントラント形の溝132を形成する工程は、追加の経路を実行する工程をさらに含み、この追加の経路では、材料が溝132の底部134から除去されるように、研磨液噴射が、外側角と、実質的に反対の角度との間の1つまたは複数の角度で、溝132の底部134の方に向けられる。

40

【0025】

50

ここで図2、6および11を参照すると、構成要素100は、基板110の外側表面112の少なくとも一部の上に配置されたコーティング150をさらに含んでいる。例えば図6に示すように、コーティング150は少なくとも1つの構造コーティング54を含んでいる。コーティング150は、適切な材料を含み、構成要素に結合されている。図6に示す例としての配置では、構造コーティング54は、溝(複数可)132および構造コーティング54が構成要素100を冷却するための1つまたは複数のチャンネル130と一緒に画定するように、溝(複数可)132上に延在している。

【0026】

特定の構成では、コーティング150は、0.1~2.0ミリメートルの範囲の厚さを有し、より具体的には0.2~1ミリメートルの範囲の厚さを有し、さらにより具体的には産業用構成要素のための0.2~0.5ミリメートルの範囲の厚さを有する。航空機用構成要素では、この範囲は典型的に0.1~0.25ミリメートルである。しかしながら、特定の構成要素100の要件に応じて他の厚さを利用することもできる。

10

【0027】

コーティング150は、構造コーティング層を備え、さらに、任意の追加のコーティング層(複数可)を含んでもよい。コーティング層(複数可)を、種々の技術を用いて堆積させることができる。特定のプロセスでは、構造コーティング層(複数可)を、イオンプラズマ堆積(陰極アーク)を行うことによって堆積させる。例としてのイオンプラズマ堆積装置および方法は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、本願の譲受人に譲渡された、Weaverらの米国特許出願公開第10080138529号「Method and apparatus for cathodic arc ion plasma deposition」で提供されている。簡単に言えば、イオンプラズマ堆積は、コーティング材料で形成された消耗陰極を、真空室内の真空環境内に配置する工程と、基板110を真空環境内に準備する工程と、陰極表面に陰極アークを形成させ、結果としてアークによって誘発される陰極表面からのコーティング材料の侵食を生じるようにするために、陰極に電流を供給する工程と、陰極からのコーティング材料を基板表面112上に堆積させる工程とを含んでいる。

20

【0028】

イオンプラズマ堆積を使用して堆積するコーティングの非限定的な例は、Jacksonらの米国特許第5,626,462号「Double-wall airfoil」を参照しながら以下により詳細に論じるように、構造コーティング、ボンドコーティングおよび酸化防止コーティングを含む。特定の高温ガス経路構成要素100では、構造コーティングは、ニッケル基合金またはコバルト基合金を含み、より具体的には、超合金または(Ni,Co)CrAlY合金を含む。例えば、基板材料が相および'相の両方を含むNi基超合金である場合、米国特許第5,626,462号を参照しながら以下により詳細に論じるように、構造コーティングは同様の材料の組成を含んでもよい。

30

【0029】

他のプロセス構成では、構造コーティングを、溶射プロセスおよびコールドスプレープロセスの少なくとも1つを行うことによって堆積させる。例えば、溶射プロセスは燃焼溶射またはプラズマ溶射を含んでもよく、燃焼溶射は高速フレイム溶射(HVOF)または高速空気燃料溶射(HVAF)を含んでもよく、プラズマ溶射は、大気(空気または不活性ガスなど)プラズマ溶射、または低圧プラズマ溶射(LPFS、真空プラズマ溶射すなわちVPSとしても知られている)を含んでもよい。ある非限定的な例では、(Ni,Co)CrAlYコーティングをHVOFまたはHVAFによって堆積させる。構造コーティングを堆積させる他の例としての技術は、スパッタリング、電子ビーム物理蒸着、無電解めっきおよび電気めっきを含むが、これらに限定されない。

40

【0030】

特定の構成では、構造および任意の追加のコーティング層を堆積させるための複数の堆積技術を用いることが望ましい。例えば、第1の構造コーティング層を、イオンプラズマ堆積を用いて堆積させることができ、その後堆積させる層および任意の追加の層(図示

50

せず)を、燃焼溶射プロセスまたはプラズマ溶射プロセスのような他の技術を用いて堆積させることができる。使用する材料に応じて、コーティング層のために異なった堆積技術を使用することによって、耐ひずみ性、強度、付着力および/または延性のような、しかしこれらに限定されない特性に利益が得られる。

【0031】

図4および5に示す構成では、先端34は、中空の内部空間(複数可)114を取り囲む先端キャップ40と、基板の半径方向外側の端部154に配置された先端リム36とを含んでいる。図4および5に示すように、例えば、先端リム36は、少なくとも1つの冷却チャンネル130と流体連通する少なくとも1つの排液チャンネル152を少なくとも部分的に画定している。構成例では、排液チャンネルの直径は約0.25~1.5mmの範囲であり、より具体的には約0.35~1mmの範囲である。有利には、図4および5に示す配置では、排液チャンネル152は先端リム36を貫通して延びており、それによって、耐久性および機能の向上のため、先端リム36を冷却する。

10

【0032】

図4に示す配置では、基板110はさらに、個々の中空の内部空間114と少なくとも1つの冷却チャンネル130との間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも1つのアクセスチャンネル140を画定している。図4に示すように、個々のアクセスチャンネル140は、個々の冷却チャンネル130の底部134と交差している。上述のように、個々の冷却チャンネルに供給するための内部アクセス孔140を、一定断面の真っ直ぐな孔、整形された孔(楕円等)、あるいは、収束または発散する孔のいずれかとして穿孔することができる。アクセス孔を形成するための方法は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、本願の譲受人に譲渡された、米国特許出願第13/210697号に提供されている。

20

【0033】

図4に示す特定の配置では、各排液チャンネル152は個々の冷却チャンネル130と交差している。

【0034】

例えば図3に示すように、特定の構成では、基板110は圧力側壁24および吸引側壁26を画定している。圧力側壁24および吸引側壁26は、構成要素100の前縁28および後縁30で一体に結合し、構成要素の根本32から構成要素100の先端34まで延在している。図4に示す配置では、冷却チャンネル130は、圧力側壁24および吸引側壁26の少なくとも1つに少なくとも部分的に沿って延在している。有利には、冷却チャンネル130は、コーティング150を冷却するだけでなく、基板110の外側表面112も冷却する。

30

【0035】

構成要素先端の設計に応じて、冷却チャンネル130および排液チャンネル152のための多数の可能な配置が存在する。図5に示す構成では、各冷却チャンネル130は、先端キャップ40に少なくとも部分的に沿って延在し、したがって先端キャップ40を冷却する。さらにより具体的には、図5に示す配置では、先端キャップ40は、少なくとも1つの中空の内部空間114と少なくとも1つの冷却チャンネル130との間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも1つのアクセスチャンネル140を画定しており、個々のアクセスチャンネル140は個々の冷却チャンネル130の基部134と交差している。

40

【0036】

上述のように、溝132は多数の異なった形状を有することができる。図6に示す配置では、各溝132は開口部136を有し、各溝132は、溝132の開口部136で狭くなっており、したがって、各冷却チャンネル130がリエントラント形冷却チャンネル130を構成するように、リエントラント形溝132を構成している。リエントラント形溝は、米国特許出願第12/943,624号に記載されている。特定の構成では、リエントラント形溝132の底部134は、個々の溝132の上部136より少なくとも2倍広くなっている。例えば、この構成では、溝132の底部134が0.75ミリメートルである

50

場合、上部 136 の幅は 0.375 ミリメートル未満になる。より具体的な構成では、リエントラント形溝 132 の底部 134 は、個々の溝 132 の上部 136 より少なくとも 3 倍広く、さらにより具体的には、リエントラント形溝 132 の底部 134 は、個々の溝 132 の上部 136 より約 3 ~ 4 倍の範囲で広い。有利には、底部対上部の比が大きいと、コーティング 150 が溝 132 を埋めることなく（犠牲充填物を使用せずに）溝 132 上にコーティング 150 を堆積させることが容易になると同時に、マイクロチャンネル 130 の全体的な冷却量が増加する。

【0037】

特定の構成では、構造コーティング 54 は、コーティング 150 が個々のマイクロチャンネル 130 を密封するように、個々の溝 132 を完全にふさぐ。しかしながら他の構成では、図 11 に示すように、構造コーティング 54 は、構造コーティングが 1 つまたは複数の溝 132 の各々を完全にふさがないように、1 つまたは複数の透過性スロット 144（例えば、コーティングの多孔質またはコーティングの間隙）を画定する。図 11 は、均一で真っ直ぐな形状を有するようにスロット 144 を概略的に示しているが、典型的には、各スロット 144 は不規則な形状を有しており、コーティング 150 が施され、厚さを増すにつれて、スロット 144 の幅は変化する。当初、コーティング 150 の第 1 の部分が基板 110 に施される時は、スロット 144 の幅は、マイクロチャンネル 130 の上部 136 の幅の 50% 程度であってもよい。その後、スロット 144 は、コーティング 150 が発達するにつれて、上部 136 の幅の 5% 以下に狭くなってもよい。特定の例では、スロット 144 の幅は、その最も狭いところで、個々のマイクロチャンネル上部 136 の幅の 5% ~ 20% である。加えて、スロット 144 は多孔質であってもよく、その場合、「多孔質」スロット 144 は、いくつかの接続部を有してもよく、すなわち、間隙がないいくつかの地点または場所を有してもよい。有利には、スロット 144 は、コーティング 150 の応力を緩和する。

【0038】

有利には、上述した冷却および排液チャンネル構成のマイクロチャンネルは、先端のより決定的且つ効率的な冷却を提供し、排液チャンネルは、先端リムを冷却し、それによってその耐久性および機能を維持するのに役に立つ。

【0039】

他の構成要素 100 を、図 2、3 および 5 ~ 11 を参照しながら説明する。例えば図 2 および 3 に示すように、構成要素 100 は、外側表面 112 と、内側表面 116 と、先端 34 とを有する基板 110 を含んでいる。図 2 に示すように、内側表面 116 は、少なくとも 1 つの中空の内部空間 114 を画定している。例えば図 7 に示すように、先端 34 は、中空の内部空間（複数可）114 を取り囲む先端キャップ 40 を備えている。例えば図 6 および 7 に示すように、外側表面 112 は 1 つまたは複数の溝 132 を画定し、各溝 132 は、少なくとも部分的に先端キャップ 40 の外側表面 112 に沿って延在し、底部 134 を有している。基板 110 は、溝の一般的な形成および形状があるように上記で一般的に説明されている。

【0040】

例えば図 2、6 および 11 に示すように、構成要素 100 は、基板 110 の外側表面 112 の少なくとも一部の上に配置されたコーティング 150 をさらに含んでいる。コーティング 150 は、溝（複数可）132 上に延在する少なくとも 1 つの構造コーティング 54 を含んでおり、溝（複数可）132 および構造コーティング 54 は、構成要素 100 を冷却するための 1 つまたは複数のチャンネル 130 を一緒に画定するようになっている。コーティングは上記で説明されている。

【0041】

例えば図 5 および 7 ~ 10 に示すように、先端 34 は、中空の内部空間（複数可）114 を取り囲む先端キャップ 40 と、少なくとも部分的に先端キャップ 40 に沿って延在する冷却チャンネル 130 とを含んでいる。有利には、先端キャップ 40 内に冷却チャンネル 130 を配置することによって、耐久性および機能を向上させるために動作中に先端キャッ

10

20

30

40

50

ブを冷却するためにマイクロチャンネル冷却を行うことができる。

【0042】

図5および7～10に示す構成例では、先端キャップ40は、少なくとも1つの中空の内部空間114と少なくとも1つの冷却チャンネル130との間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも1つのアクセスチャンネル140を画定しており、個々のアクセスチャンネル140は個々の冷却チャンネル130の底部134と交差している。アクセス孔を形成する技術およびアクセス孔の形状は、上記で説明されている。

【0043】

図7～9に示す配置例では、先端34は、基板110の半径方向外側の端部154に配置された先端リム36をさらに含んでいる。図7～9に示すように、基板110は、先端リム36の下に延在して少なくとも1つの冷却チャンネル130と流体連通する、少なくとも1つの排液チャンネル152を画定している。

10

【0044】

図3を参照しながら上述した構成と同様に、特定の構成では、基板110は圧力側壁24および吸引側壁26を画定し、圧力側壁24および吸引側壁26は、構成要素100の前縁28および後縁30で一体に結合し、構成要素の根本32から構成要素100の先端34まで延在している。図10に示す特定の構成では、先端キャップ40は、傾斜した半径方向外側の端部156を有しており、先端キャップ40は、個々の冷却チャンネル130と圧力側壁24または吸引側壁26の一方との間に延在する少なくとも1つの排液孔152を画定している。

20

【0045】

図4および5を参照しながら上述した構成と同様に、図5および7～10に示す冷却構成では、冷却チャンネルは(図6を参照しながら上述した)リエントラント形チャンネルであってもよい。同様に、特定の構成では、構造コーティングは各溝を完全にふさいでもよく、したがってチャンネルを密封してもよい。しかしながら他の構成では、図11を参照しながら上述したように、構造コーティング54は、構造コーティングが各溝132を完全にふさがないように、1つまたは複数の透過性スロット144を画定していてもよい。

【0046】

他の構成要素100を、図2、3、6、11、13および14を参照しながら説明する。例えば図2および3に示すように、構成要素100は、外側表面112と、内側表面116と、先端34とを有する基板110を含んでいる。例えば図2に示すように、内側表面116は、少なくとも1つの中空の内部空間114を画定している。図6、13および14に示すように、外側表面112は1つまたは複数の溝132を画定し、各溝132は、少なくとも部分的に基板110の外側表面112に沿って延在し、底部134を有している。基板110は、溝の一般的な形成および形状があるように上記で一般的に説明されている。

30

【0047】

図2、6、13および14に示すように、構成要素100は、基板110の外側表面112の少なくとも一部の上に配置されたコーティング150をさらに含んでいる。コーティング150は、溝(複数可)132上に延在する少なくとも1つの構造コーティング54を含んでおり、溝(複数可)132および構造コーティング54は、構成要素100を冷却するための1つまたは複数のチャンネル130と一緒に画定するようになっている。コーティングは上記で説明されている。

40

【0048】

図13および14に示すように、先端34は、中空の内部空間(複数可)114を取り囲む先端キャップ40と、基板の半径方向外側の端部154に配置された先端リム36とを含んでいる。図13および14に示すように、各冷却チャンネル130は、少なくとも部分的に先端リム36に沿って延在している。

【0049】

図14に示す構成例では、各冷却チャンネル130は先端リム36の長さに沿って延在し

50

ており、例えば図 1 3 に示す構成例では、各冷却チャンネル 1 3 0 は、部分的にのみ先端リム 3 6 の長さに沿って延在する。

【 0 0 5 0 】

上述したように、溝 1 3 2 は多数の異なる形状を有することができる。図 6 および 1 1 に示す配置では、溝は、各冷却チャンネル 1 3 0 がリエントラント形冷却チャンネル 1 3 0 を構成するような、リエントラント形である。加えて、特定の構成では、構造コーティング 5 4 は各溝を完全にふさぎ、したがって各溝 1 3 2 を密封している。しかしながら、図 1 1 に示す配置では、構造コーティング 5 4 は、構造コーティングが各溝 1 3 2 を完全にふさがないように、1 つまたは複数の透過性スロット 1 4 4 を画定していてもよい。

【 0 0 5 1 】

上述したように、特定の構成では、構成要素はタービンエーロfoil 1 0 0 を構成しており、各中空内部空間 1 1 4 は、少なくとも 1 つの流路 1 1 4 の個々のセグメントを備えている。図 1 3 および 1 4 に示す構成例では、基板 1 1 0 はさらに、個々の中空の内部空間 1 1 4 と少なくとも 1 つの冷却チャンネル 1 3 0 との間に延在してこれらの間の流体連通を提供する少なくとも 1 つのアクセスチャンネル 1 4 0 を画定しており、個々のアクセスチャンネル 1 4 0 は、個々の冷却チャンネル 1 3 0 の底部 1 3 4 と交差している。アクセスチャンネルの種々の形状と、アクセスチャンネルを形成するための技術は、上述されている。

【 0 0 5 2 】

他の構成要素 1 0 0 を、図 2、3、6、1 1 および 1 2 を参照しながら説明する。例えば図 2 および 3 に示すように、構成要素 1 0 0 は、外側表面 1 1 2 と、内側表面 1 1 6 と、先端 3 4 とを有する基板 1 1 0 を含んでいる。例えば図 2 に示すように、内側表面 1 1 6 は、少なくとも 1 つの中空の内部空間 1 1 4 を画定している。図 6、1 3 および 1 4 に示すように、外側表面 1 1 2 は 1 つまたは複数の溝 1 3 2 を画定し、各溝 1 3 2 は、少なくとも部分的に基板 1 1 0 の外側表面 1 1 2 に沿って延在し、底部 1 3 4 を有している。基板 1 1 0 は、溝の一般的な形成および形状があるように上記で一般的に説明されている。

【 0 0 5 3 】

図 2、6、1 3 および 1 4 に示すように、構成要素 1 0 0 は、基板 1 1 0 の外側表面 1 1 2 の少なくとも一部の上に配置されたコーティング 1 5 0 をさらに含んでいる。コーティング 1 5 0 は、溝（複数可）1 3 2 上に延在する少なくとも 1 つの構造コーティング 5 4 を含んでおり、溝（複数可）1 3 2 および構造コーティング 5 4 は、構成要素 1 0 0 を冷却するための 1 つまたは複数のチャンネル 1 3 0 を一緒に画定するようになっている。コーティングは上記で説明されている。

【 0 0 5 4 】

図 1 2 に示すように、先端 3 4 は、中空の内部空間（複数可）1 1 4 を取り囲む先端キャップ 4 0 と、基板の半径方向外側の端部 1 5 4 に配置されて先端柵 1 6 0 を有する先端リム 3 6 とを含んでいる。図 3 を参照しながら上述した構成と同様に、基板 1 1 0 は、圧力側壁 2 4 および吸引側壁 2 6 を画定している。圧力側壁 2 4 および吸引側壁 2 6 は、構成要素 1 0 0 の前縁 2 8 および後縁 3 0 で一体に結合し、構成要素の根本 3 2 から構成要素 1 0 0 の先端 3 4 まで延在している。図 1 2 に示す配置では、少なくとも 1 つのチャンネル 1 3 0 が、少なくとも部分的に圧力側壁 2 4 に沿って延在し、先端柵 1 6 0 と交差している。構成要素の他の任意の態様は、上述されている。

【 0 0 5 5 】

本明細書には、ブレード先端を通る厳密に 2 次元の断面で示したが、冷却チャンネル、排液チャンネルおよびアクセスチャンネルは、曲がっていても真っ直ぐであってもよく、互いに交差していてもよく、曲面に沿って複数のセクションを通る 3 次元的なものであってもよいことに留意されたい。さらに、密封特徴部（先端リム、先端キャップなど）を貫通する排液または冷却チャンネルの主な目的は内部冷却であるが、チャンネルの出口は、密封特徴部の冷却をさらに強化するための、外側表面上の膜冷却としても機能することができる。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

有利には、外側表面のマイクロチャネルの使用は、先端のより決定的且つ効率的な冷却を提供し、排液チャネルは、航空密封特徴部（先端リム）を冷却し、それによってその耐久性および機能を維持するのに役に立つ。このより効率的なブレード先端冷却のため、この目的のための現在の冷却材の量を、大幅に（例えば、最大約50%まで）減少させることができる。加えて、上述した先端冷却構成は、より高い機械効率および出力をもたらすブレード先端の航空密封機能を維持するのを助ける。同様に、航空機用途に関して、上述した先端冷却構成は、よりよい燃料消費率（SFC）と、排気温度（EGT）マージンのより少ない低下とをもたらす。

【0057】

本明細書では本発明の特定の特徴のみを例示して説明してきたが、当業者であれば多くの修正および変更を思いつくであろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨の範囲内にあるこのようなすべての修正および変更を包含することを意図していることを理解されたい。

10

【符号の説明】

【0058】

- 10 ガスタービンシステム
- 12 圧縮機
- 14 燃焼器
- 16 タービン
- 18 シャフト
- 20 燃料ノズル
- 34 先端
- 36 先端リム
- 40 先端キャップ
- 54 構造コーティング
- 100 高温ガス経路構成要素
- 110 基板
- 112 基板の外側表面
- 114 中空の内部空間
- 116 基板の内側表面
- 130 チャンネル
- 132 溝
- 134 溝の底部
- 136 溝の開口部（上部）
- 140 アクセス孔
- 142 膜孔
- 144 透過性スロット
- 150 コーティング
- 152 排液チャネル
- 154 基板の半径方向外側の端部
- 156 先端キャップの半径方向外側の端部
- 160 先端棚

20

30

40

【 図 1 】

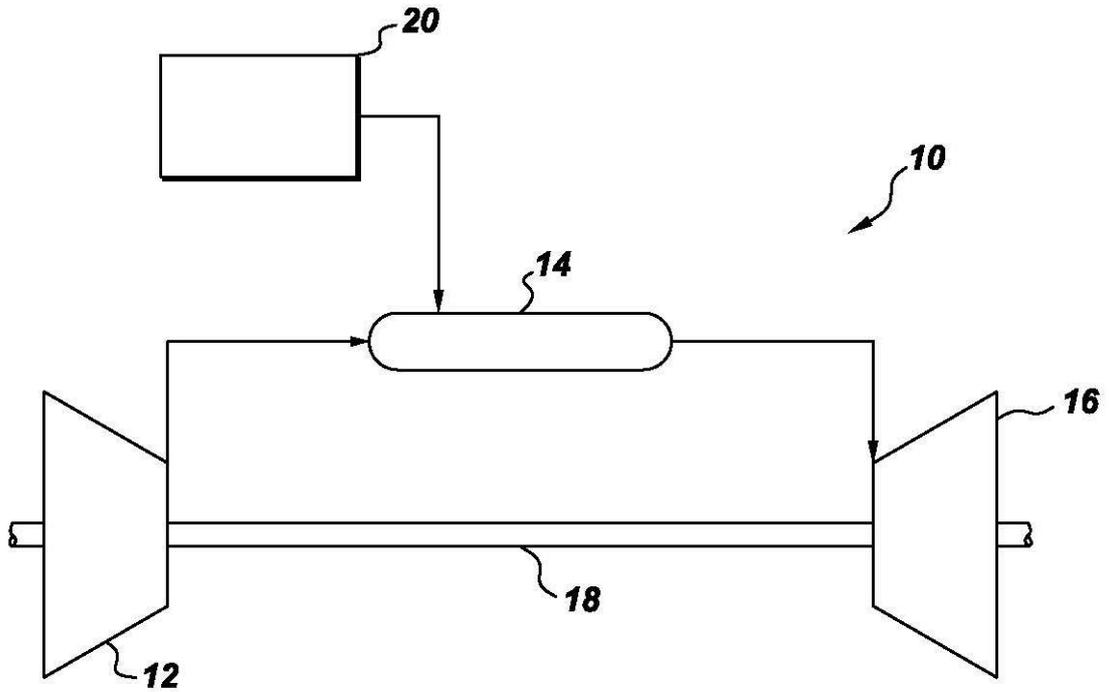


Fig. 1

【 図 2 】

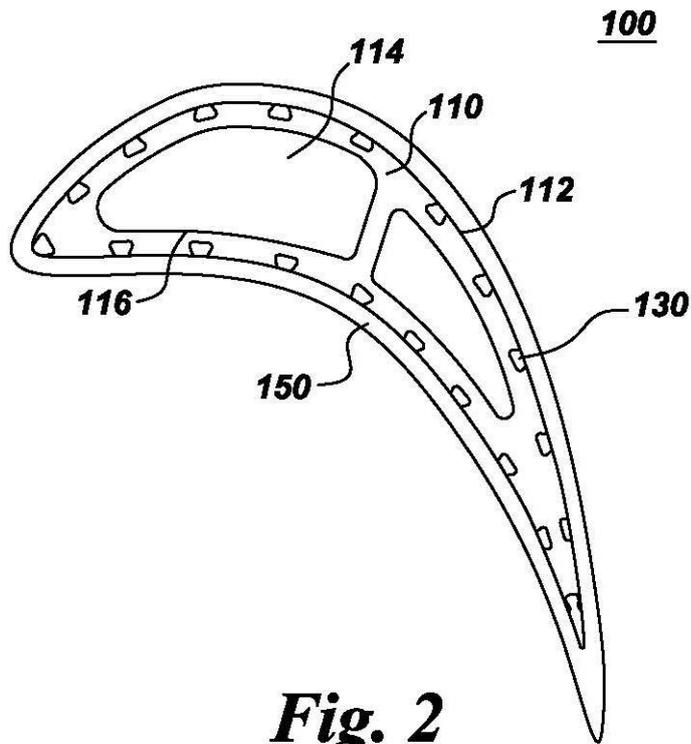


Fig. 2

【 図 3 】

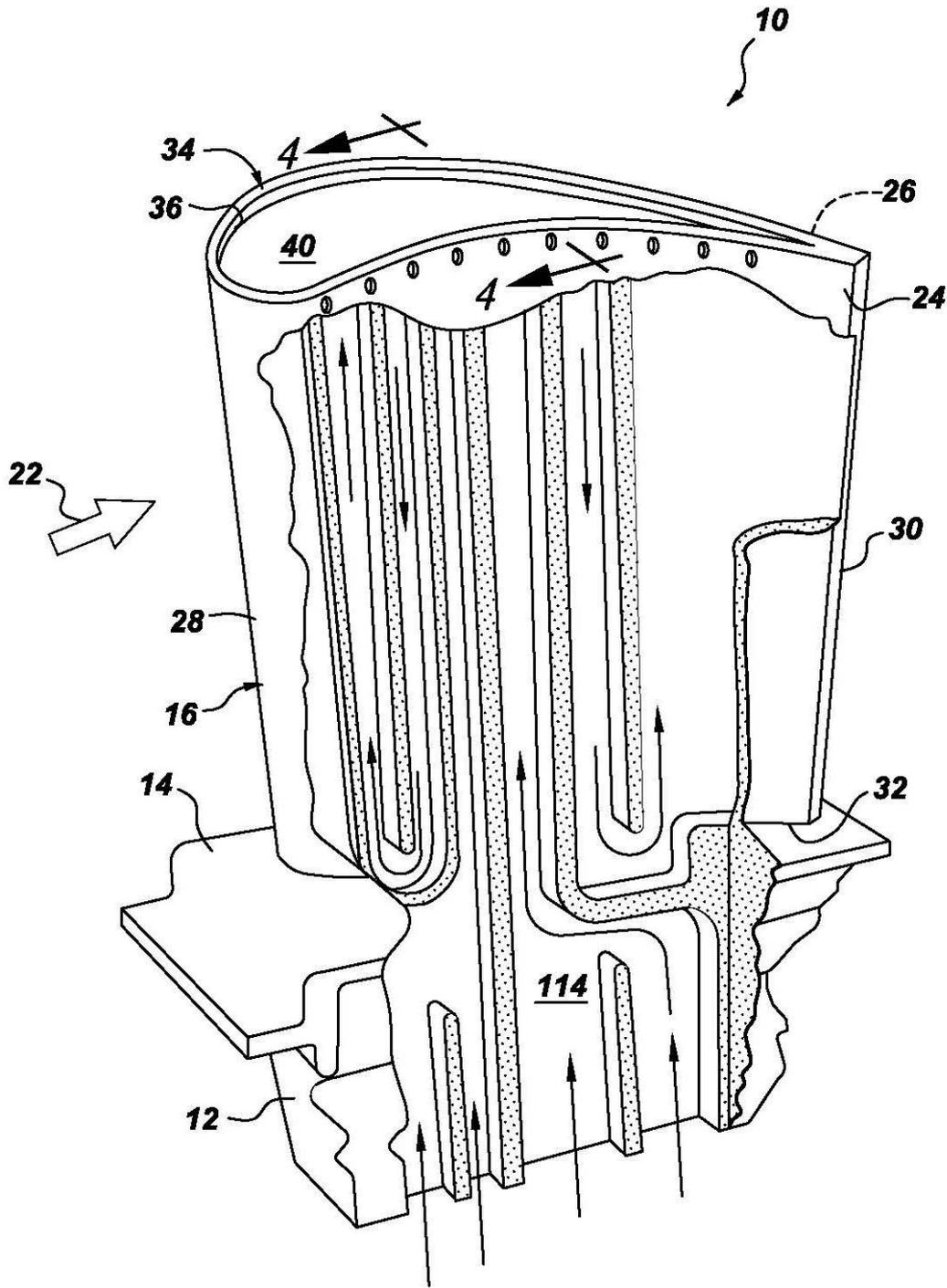


Fig. 3

【 図 4 】

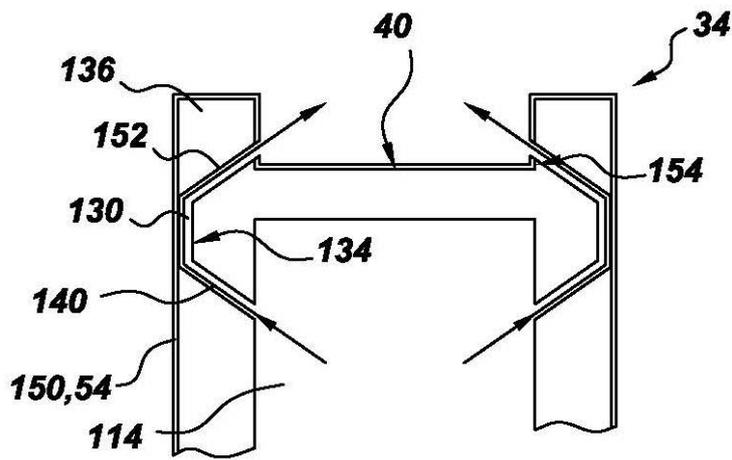


Fig. 4

【 図 5 】

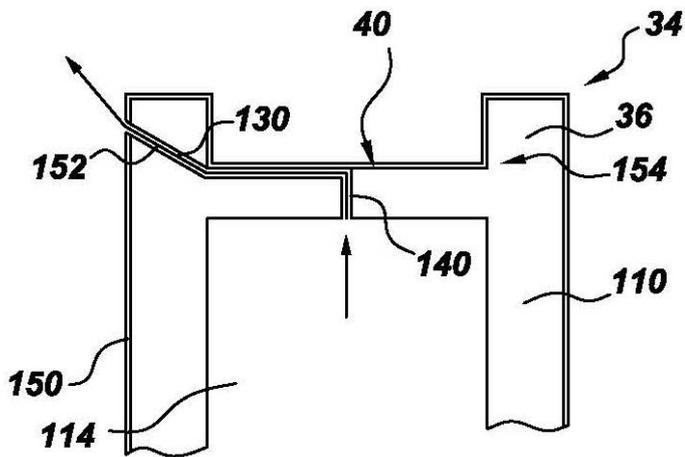


Fig. 5

【 図 6 】

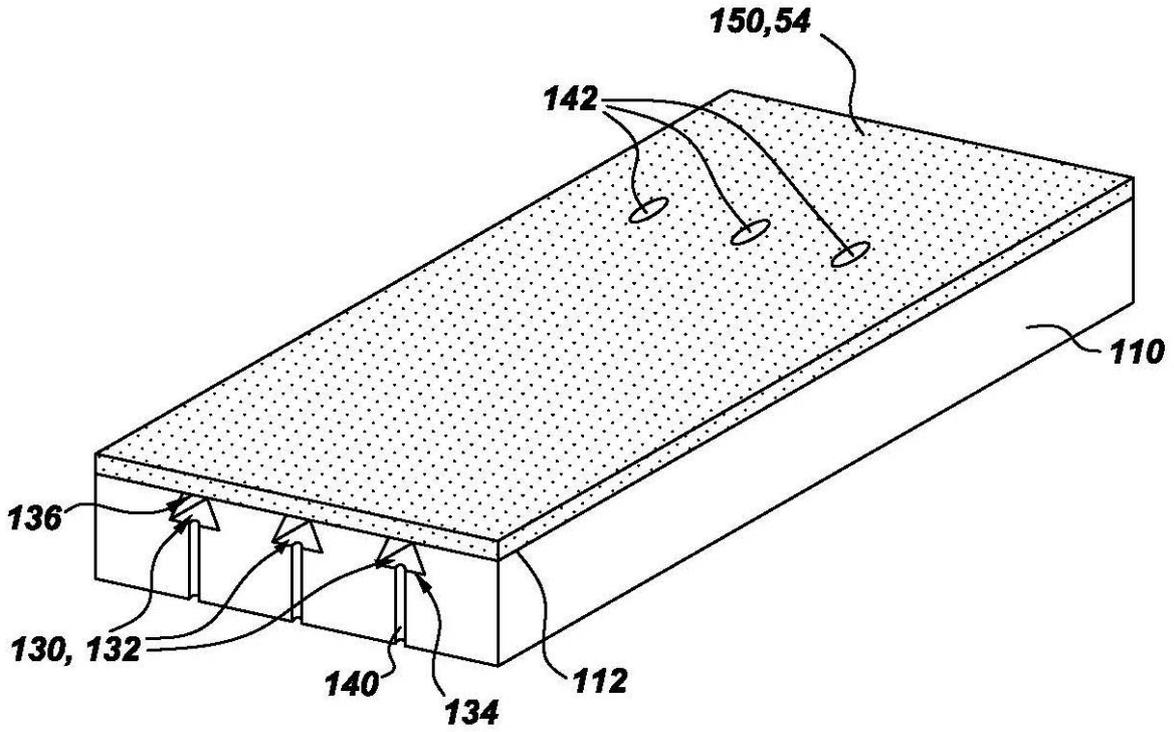


Fig. 6

【 図 7 】

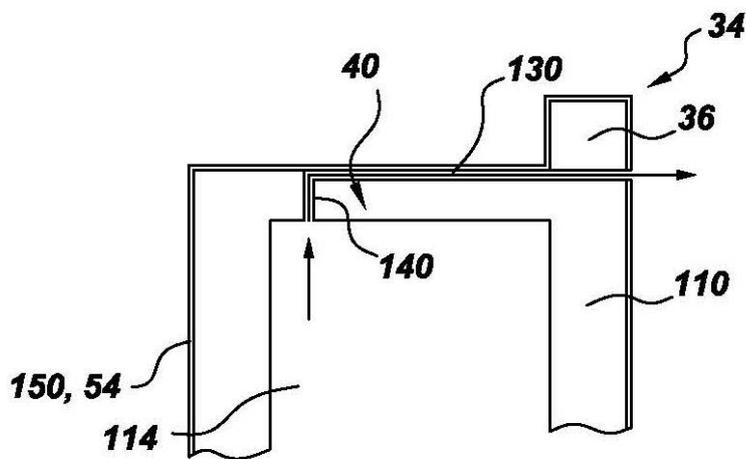


Fig. 7

【 図 8 】

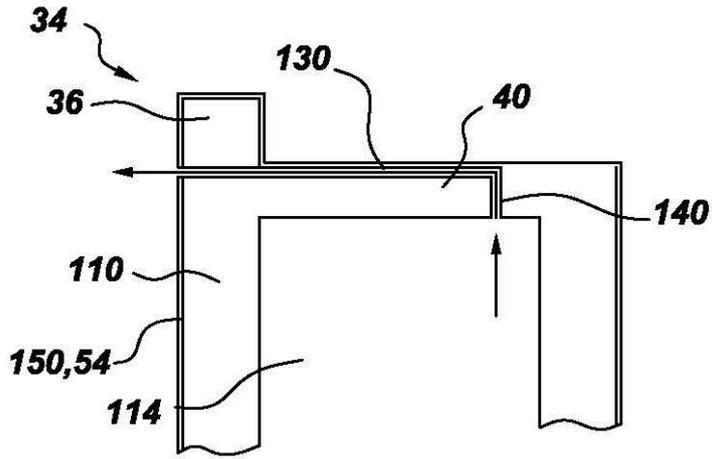


Fig. 8

【 図 9 】

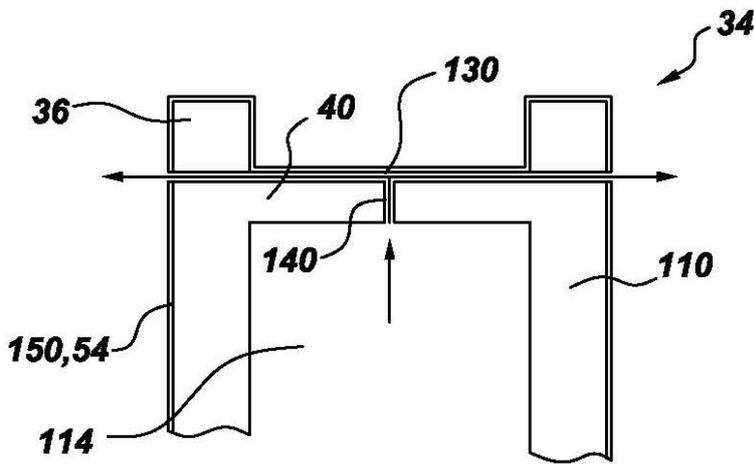


Fig. 9

【 図 1 0 】

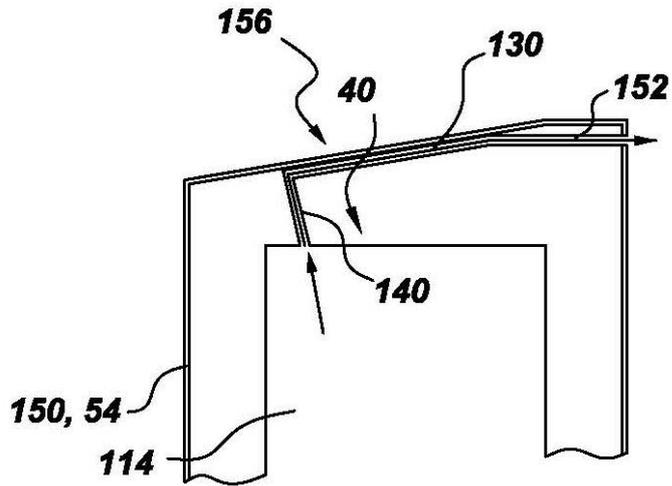


Fig. 10

【 図 1 1 】

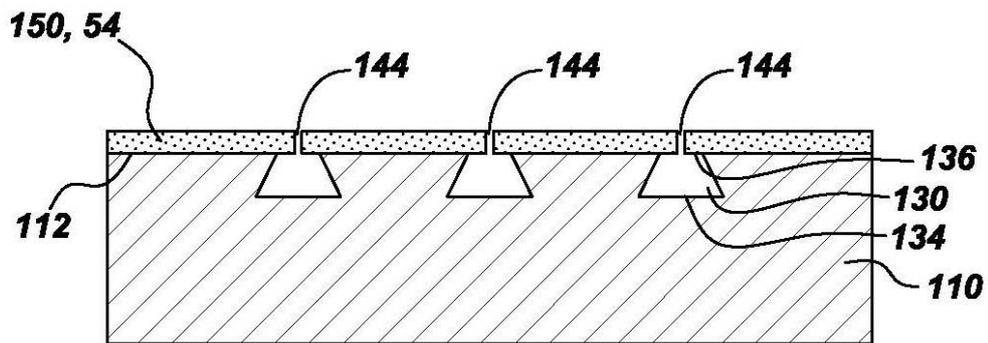


Fig. 11

【 図 1 2 】

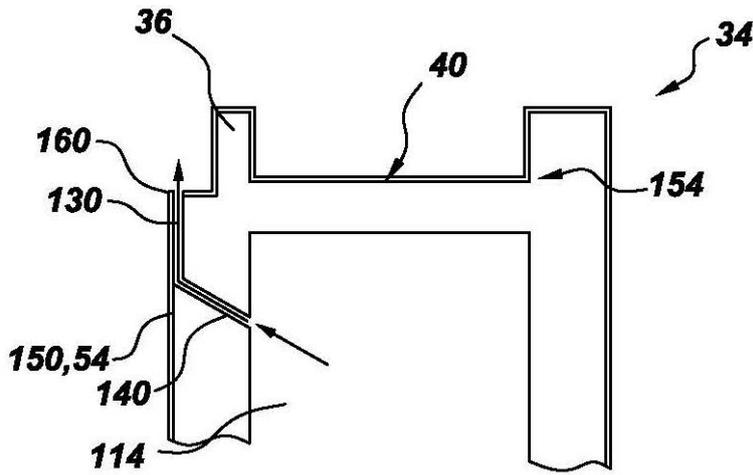


Fig. 12

【 図 1 3 】

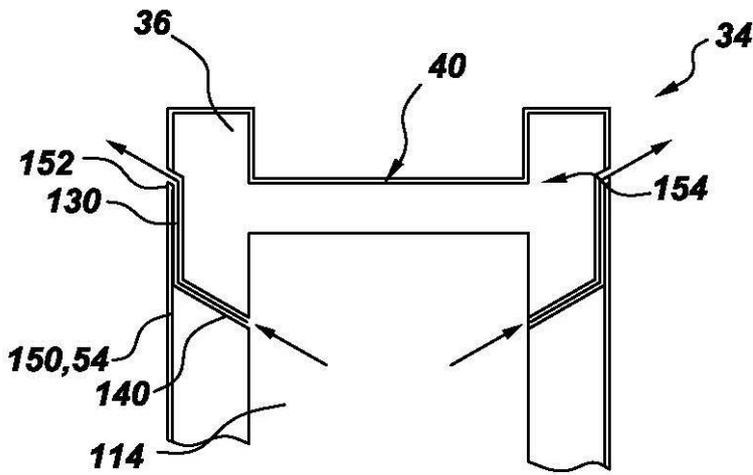


Fig. 13

【 図 1 4 】

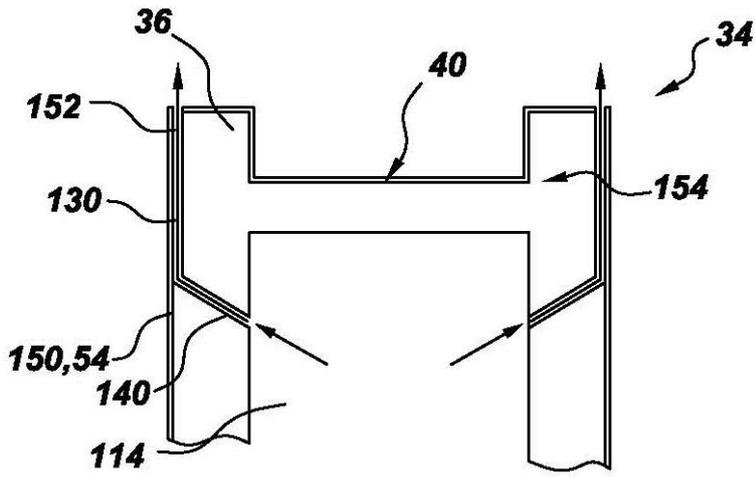


Fig. 14

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 1 D 25/12 (2006.01) F 0 1 D 25/12 E

(72)発明者 ロナルド・スコット・バンカー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1 - 3エイ59、ワン・リサーチ・サークル、グローバル・リサーチ、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー

Fターム(参考) 3G202 BA09 BA10 BB05 CA05 CA06 CA07 CA14 CA15 CB07 GA08
GA10 GB03 JJ02 JJ05 JJ17