

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6145295号
(P6145295)

(45) 発行日 平成29年6月7日 (2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月19日 (2017.5.19)

(51) Int.Cl.	F I
FO1D 5/18 (2006.01)	FO1D 5/18
FO1D 9/02 (2006.01)	FO1D 9/02 1 O 2
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/28
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 D
FO2C 7/16 (2006.01)	FO2C 7/00 C
請求項の数 17 外国語出願 (全 18 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2013-82581 (P2013-82581)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成25年4月11日 (2013.4.11)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2013-221511 (P2013-221511A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成25年10月28日 (2013.10.28)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成28年4月8日 (2016.4.8)		番
(31) 優先権主張番号	13/448,469	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成24年4月17日 (2012.4.17)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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】 マイクロチャネル冷却を備える構成部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外面および内面を備える基材であって、前記内面が少なくとも1つの中空内部空間を画定し、基材の前記外面が正圧側壁および負圧側壁を画定し、前記正圧側壁と前記負圧側壁が構成部品の前縁および後縁で接合され、前記外面が、構成部品の前記後縁近傍の前記正圧側壁および前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する1つまたは複数の溝を画定し、各溝がそれぞれの中空内部空間と流体連通している、基材と、

前記基材の前記外面の少なくとも一部分の上に配置され、少なくとも構造コーティングを備えたコーティングであって、前記構造コーティングが前記1つまたは複数の溝の上に延在して、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、共に、構成部品の前記後縁を冷却するための1つまたは複数のチャネルを画定する、コーティングとを備え、

(1) 少なくとも1つの冷却チャネルが、前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在し、構成部品の前記後縁近傍の前記正圧側壁と交差する出口部分を含み、前記基材がそれぞれの中空内部空間と前記各冷却チャネルとの間に延在し、流体連通をもたらす少なくとも1つのアクセスチャネルをさらに画定し、各アクセスチャネルが前記各冷却チャネルの基部と交差する、

又は

(2) 少なくとも1つの冷却チャネルが、
前記負圧側壁に沿って部分的に延在する入口部分と、

前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在し、前記後縁で前記正圧側壁と交差し、前記コーティングを貫通して前記後縁の出口を画定する出口部分と、

前記冷却チャネルの前記入口部分と前記出口部分との間に延在する中間部分とを備える、構成部品。

【請求項 2】

外面および内面を備える基材であって、前記内面が少なくとも 1 つの中空内部空間を画定し、基材の前記外面が正圧側壁および負圧側壁を画定し、前記正圧側壁と前記負圧側壁が構成部品の前縁および後縁で接合され、前記外面が、構成部品の前記後縁近傍の前記正圧側壁および前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する 1 つまたは複数の溝を画定し、各溝がそれぞれの中空内部空間と流体連通している、基材と、

10

前記基材の前記外面の少なくとも一部分の上に配置され、少なくとも構造コーティングを備えたコーティングであって、前記構造コーティングが前記 1 つまたは複数の溝の上に延在して、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、共に、構成部品の前記後縁を冷却するための 1 つまたは複数のチャネルを画定する、コーティングとを備え、

各溝が開口を備え、各溝が前記溝の前記開口で狭くなり、したがって、リエントラント形状の溝を備え、各冷却流路がリエントラント形状の冷却チャネルを備えるようになっている、構成部品。

【請求項 3】

外面および内面を備える基材であって、前記内面が少なくとも 1 つの中空内部空間を画定し、基材の前記外面が正圧側壁および負圧側壁を画定し、前記正圧側壁と前記負圧側壁が構成部品の前縁および後縁で接合され、前記外面が、構成部品の前記後縁近傍の前記正圧側壁および前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する 1 つまたは複数の溝を画定し、各溝がそれぞれの中空内部空間と流体連通している、基材と、

20

前記基材の前記外面の少なくとも一部分の上に配置され、少なくとも構造コーティングを備えたコーティングであって、前記構造コーティングが前記 1 つまたは複数の溝の上に延在して、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、共に、構成部品の前記後縁を冷却するための 1 つまたは複数のチャネルを画定する、コーティングとを備え、

少なくとも 1 つの前記チャネルが、

30

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する入口部分と、

前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する出口部分と、

前記冷却チャネルの前記入口部分と前記出口部分との間に延在する中間部分とを備え、

少なくとも別の前記チャネルが、前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在し、

前記基材が少なくとも 2 つのアクセスチャネルをさらに画定し、少なくとも 1 つの前記アクセスチャネルがそれぞれの中空内部空間と、前記負圧側壁に沿って部分的に延在し、前記各入口部分の基部と交差する前記冷却チャネルの前記各入口部分との間に延在し、流体連通をもたらす、少なくとも別の前記アクセスチャネルがそれぞれの中空内部空間と、前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在し、前記各冷却チャネルの基部と交差する前記冷却チャネルとの間に延在し、流体連通をもたらす、

40

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する前記入口部分を備える前記チャネルと、前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記他方のチャネルとが、位置合わせされ、前記出口部分が、前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記他方のチャネルの部分である、構成部品。

【請求項 4】

タービンエロフォイルを備え、前記基材がそれぞれの中空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、流体連通をもたらす少なくとも 1 つのアクセスチャネルをさらに画定し、前記各アクセスチャネルが前記各冷却チャネルの基部と交差する、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の構成部品。

50

【請求項 5】

少なくとも 1 つの前記チャンネルが、前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在し、少なくとも 1 つの前記チャンネルが、前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の構成部品。

【請求項 6】

前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記チャンネルと、前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記チャンネルとが、位置合わせされている、請求項 5 記載の構成部品。

【請求項 7】

前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記チャンネルと、前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記チャンネルとが、オフセットされている、請求項 5 記載の構成部品。

10

【請求項 8】

前記基材が、複数のアクセスチャンネルをさらに画定し、前記アクセスチャンネルの少なくとも 1 つがそれぞれの中空内部空間と前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する少なくとも 1 つの冷却チャンネルとの間に延在し、流体連通をもたらし、前記アクセスチャンネルの少なくとも 1 つがそれぞれの中空内部空間と前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記少なくとも 1 つの冷却チャンネルとの間に延在し、流体連通をもたらし、各アクセスチャンネルが前記各冷却チャンネルの基部と交差する、請求項 5 記載の構成部品。

【請求項 9】

20

少なくとも 1 つの前記チャンネルが、

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する入口部分と、

前記正圧側壁に沿って部分的に延在する出口部分と、

前記冷却チャンネルの前記入口部分と前記出口部分との間に延在する中間部分と

を備え、

前記基材がそれぞれの中空内部空間と前記冷却チャンネルの前記入口部分との間に延在し、流体連通をもたらし少なくとも 1 つのアクセスチャンネルをさらに画定し、前記アクセスチャンネルが前記冷却チャンネルの前記入口部分の基部と交差する、請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の構成部品。

【請求項 10】

30

構成部品の前記後縁を冷却するために少なくとも 2 つのチャンネルを備え、少なくとも 1 つの前記チャンネルが、

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する入口部分と、

前記正圧側壁に沿って部分的に延在する出口部分と、

前記冷却チャンネルの前記入口部分と前記出口部分との間に延在する中間部分と

を備え、

別の少なくとも 1 つの冷却チャンネルが、

前記正圧側壁に沿って部分的に延在する入口部分と、

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する出口部分と、

前記冷却チャンネルの前記入口部分と前記出口部分との間に延在する中間部分と

を備え、

40

前記基材がそれぞれの中空内部空間と前記冷却チャンネルの前記各入口部分との間に延在し、流体連通をもたらし少なくとも 2 つのアクセスチャンネルをさらに画定し、各アクセスチャンネルが前記各冷却チャンネルの前記入口部分の基部と交差する、請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の構成部品。

【請求項 11】

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する前記入口部分を備える前記チャンネルと、前記正圧側壁に沿って部分的に延在する前記入口部分を備える前記チャンネルとが、オフセットされている、請求項 10 記載の構成部品。

【請求項 12】

50

前記負圧側壁に沿って部分的に延在する前記入口部分を備える前記チャンネルと、前記正圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記他方のチャンネルとが、オフセットされている、請求項 3 記載の構成部品。

【請求項 1 3】

前記構造コーティングが、1 つまたは複数の透過性スロットを画定し、前記構造コーティングが、各溝を完全には埋めないようになっている、請求項 1 記載の構成部品。

【請求項 1 4】

前記構造コーティングが、各溝を封止する、請求項 1 記載の構成部品。

【請求項 1 5】

外面および内面を備える基材を備える構成部品の後縁近傍に冷却チャンネルを形成する方法であって、前記内面が少なくとも 1 つの中空内部空間を画定し、前記基材の前記外面が正圧側壁および負圧側壁を画定し、前記正圧側壁と前記負圧側壁が構成部品の前縁および後縁で接合されている、方法において、

前記構成部品の前記後縁近傍の前記正圧側壁または前記負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する前記基材の前記外面内に少なくとも 1 つの溝を形成するステップと、

前記基材内に少なくとも 1 つのアクセス孔を形成するステップであって、各アクセス孔が、前記 1 つまたは複数の溝の各 1 つの前記基部を貫通して形成されて、前記溝を前記それぞれの中空内部空間と流体連通するように結合する、ステップと、

前記基材の前記外面の少なくとも一部分の上にコーティングを配置するステップであって、前記コーティングが少なくとも構造コーティングを備え、前記構造コーティングが、前記 1 つまたは複数の溝の上に延在して、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、共に、前記構成部品の前記後縁を冷却するための 1 つまたは複数のチャンネルを画定するようになっている、ステップと

を含み、

各溝が開口を備え、各溝が前記溝の前記開口で狭くなり、したがって、リエントラント形状の溝を備え、各冷却流路がリエントラント形状の冷却チャンネルを備えるようになっている、方法。

【請求項 1 6】

前記基材の前記外面内の前記溝を形成するステップの前に、前記基材を鋳造するステップをさらに含む、請求項 1 5 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記リエントラント形状の溝が、研磨材液体噴射を前記基材の表面に導くことによって形成される、請求項 1 5 または 1 6 に記載の方法。

【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、その中のマイクロチャンネル冷却に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンでは、高温燃焼ガスを生成するために、空気が圧縮機内で加圧され、燃焼器内で燃料と混合される。高圧タービン (HPT) 内でガスから抽出されるエネルギーは、圧縮機を駆動し、低圧タービン (LPT) 内で抽出されるエネルギーは、ターボファン航空機エンジン用途でファンを駆動し、または海洋および産業用では外部シャフトを駆動する。

【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、燃焼ガスは、その流路に沿って様々な構成部品を加熱し、これは、長いエンジン寿命を達成するためにその冷却を必要とする。典型的には、高温ガス流路の構成部品は、圧縮機から抽気することによって冷

10

20

30

40

50

却される。抽気は燃焼行程で使用されないので、この冷却工程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、冷却回路の様々な態様、および様々な高温ガス流路構成部品の特徴に対して、多くの特許を含む。例えば、燃焼器は、半径方向外側および内側のライナを含み、これらは作動中に冷却を必要とする。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ている中空のベーンを含み、それらもまた冷却を必要とする。タービンロータブレードは中空であり、一般に冷却回路をその中を含み、ブレードは、タービンシュラウドによって取り込まれており、これらもまた冷却を必要とする。高温燃焼ガスは、やはりライニングされていることがある排気を通して排出され、適切に冷却される。

10

【0005】

すべてのこれらの例示的ガスタービンエンジン構成部品では、高強度超合金金属の薄い壁が一般に使用され、構成部品の重量を低減し、その冷却の必要を最小に抑えている。様々な冷却回路および特徴が、エンジン内の対応する環境内でのこれらの個々の構成部品に合わせてある。例えば、一連の内部冷却通路またはサーペントインを高温ガス流路構成部品内に形成することができる。冷却流体をプレナムからサーペントインに供給することができ、冷却流体は、通路を通して流れることができ、高温ガス流路構成部品の基材および任意の関連するコーティングを冷却する。しかし、この冷却方法では、一般に、相対的に熱伝達率が低くなり、構成部品温度プロファイルが不均一になる。

20

【0006】

具体的には、薄い、空気力学的な後縁プロファイルに対する要求をも満たすと同時に、エロフォイル後縁領域を十分に冷却することは従来から困難である。後縁領域を冷却する従来の手法は、鋳造金属中心線を通して、直接後縁基部の外に出る冷却孔を開けることを含む。しかし、この手法は、普通なら望ましいはずの厚さよりも厚い後縁を必要とする。別の手法は、正圧側抽気スロット構成を鋳造することである。しかし、この第2の手法は、セラミックコア問題、ならびに望ましいものより低くなり得る鋳造歩留りに通じる可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0007】

【特許文献1】米国特許第8147196号明細書

【発明の概要】

【0008】

したがって、望ましくないほど厚い後縁を用いず、鋳造歩留りに悪影響を及ぼさずに、後縁領域内に改善された冷却をもたらすことが望ましいであろう。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様が、外面および内面を備える基材であって、内面が少なくとも1つの中空内部空間を画定し、基材の外面が正圧側壁および負圧側壁を画定する基材を備える構成部品に存する。正圧側壁と負圧側壁が構成部品の前縁および後縁で接合されている。外面が、構成部品の後縁近傍の正圧側壁および負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する1つまたは複数の溝を画定する。各溝がそれぞれの中空内部空間と流体連通している。構成部品は、さらに、基材の外面の少なくとも一部分の上に配置されたコーティングを含む。コーティングが少なくとも構造コーティングを備え、構造コーティングが1つまたは複数の溝の上に延在して、1つまたは複数の溝および構造コーティングが、共に、構成部品の後縁を冷却するための1つまたは複数のチャンネルを画定する。

40

【0010】

本発明の別の態様が、外面および内面を備える基材を含む構成部品の後縁近傍に冷却チャンネルを形成する方法に存し、内面が少なくとも1つの中空内部空間を画定し、基材の外

50

面が正圧側壁および負圧側壁を画定する。正圧側壁と負圧側壁が構成部品の前縁および後縁で接合されている。その方法が、構成部品の後縁近傍の正圧側壁または負圧側壁に沿って少なくとも部分的に延在する基材の外表面内に少なくとも1つの溝を形成するステップと、基材内に少なくとも1つのアクセス孔を形成するステップとを含み、各アクセス孔が、1つまたは複数の溝の各1つの基部を貫通して形成されて、溝をそれぞれの中空内部空間と流体連通するように結合する。その方法は、さらに、基材の外表面の少なくとも一部分の上にコーティングを配置するステップを含み、コーティングが少なくとも構造コーティングを備え、構造コーティングが、1つまたは複数の溝の上に延在して、1つまたは複数の溝、および構造コーティングが、共に、構成部品の後縁を冷却するための1つまたは複数のチャンネルを画定するようになっている。

10

【0011】

本発明のこれらおよび他の特徴、態様、ならびに利点が、添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読めば、より良く理解されるであろうが、添付の図面では、図面全体を通して、同じ参照符号は同じ部品を示す。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】ガスタービンシステムの概略図である。

【図2】例示的なエーロfoil構成の概略横断面図である。

【図3】冷却チャンネルが正圧側壁および負圧側壁の両方にある、エーロfoilの後縁を冷却するための構成の概略横断面図である。

20

【図4】冷却チャンネルが最初に負圧側壁上にあり、横断して正圧側壁を冷却する、エーロfoilの後縁を冷却するための別の構成の概略横断面図である。

【図5】負圧側壁から正圧側壁に横断した冷却チャンネル、および正圧側壁から負圧側壁に横断した別の冷却チャンネルを有する、エーロfoilの後縁を冷却するための第3の構成の概略横断面図である。

【図6】冷却チャンネルで正圧側壁および負圧側壁に沿って延び、負圧側壁に沿って延在する冷却チャンネルが正圧側壁に横断する、エーロfoilの後縁を冷却するための第4の構成の概略横断面図である。

【図7】基材の面に沿って部分的に延在し、冷却剤をエーロfoilの後縁に導く3つの例示的なマイクロチャンネルの概略斜視図である。

30

【図8】多孔性スロットが構造コーティングを貫通して延在する、3つのリエントラント形状チャンネルの横断面図である。

【図9】冷却チャンネルが負圧側壁に沿って延在し、正圧側壁の方へ横断する、エーロfoilの後縁を冷却するための別の例示的な構成の概略横断面図である。

【図10】リエントラント形状の溝を形成するために、角度 ϕ で研磨材液体噴射を行う第1のパスの図である。

【図11】リエントラント形状の溝を形成するために、反対の角度 $180 - \phi$ で研磨材液体噴射を行う第2のパスの図である。

【図12】リエントラント形状の溝を形成するために、溝に垂直に研磨材液体噴射を行う選択的第3のパスの図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0013】

本明細書では、「第1の (first)」、「第2の (second)」などの用語は、任意の順番、量、または重要性を示すのではなく、むしろ、1つの要素と別の要素とを区別する目的で使用される。本明細書では、「1つの (a)」および「1つの (an)」という用語は、量の限定を示すのではなく、むしろ少なくとも1つの参照事項の存在を示す。量に関連して使用される修飾語「約 (about)」は、述べた値を包含し、文脈によって決定される意味を有する (例えば、特定の量の測定に関連する誤差の程度を含む)。加えて、「組合せ (combination)」という用語は、ブレンド、混合物、合金、反応生成物 (reaction products) などを包含する。

50

【0014】

さらに、この明細書では、接尾辞「(s)」は、通常、それが修飾する単数、および複数の用語の両方を含み、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(the passage hole)」は、別段の特定がない限り、1つまたは複数の通路孔を含むことができる）。明細書全体で、「一実施形態」、「別の実施形態」、「ある実施形態」、などへの参照は、その実施形態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、本明細書に記載する少なくとも1つの実施形態に含まれ、他の実施形態に存在することもあるし、存在しないこともあるということを意味する。同様に、「特定の構成部品」への参照は、その実施形態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、本明細書に記載する少なくとも1つの実施形態に含まれ、他の実施形態に存在することもあるし、存在しないこともあるということを意味する。加えて、記載されている発明性のある特徴が、任意の適切な方法で、様々な実施形態および構成に組み合わせることができることを理解されたい。

10

【0015】

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14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は、1つまたは複数のシャフト18によって結合されている。シャフト18は、単一のシャフト、またはシャフト18を形成するように共に結合される複数のシャフト部分であることができる。

20

【0016】

ガスタービンシステム10は、複数の高温ガス流路構成部品100を含むことができる。高温ガス流路構成部品は、システム10を通る高温ガス流に少なくとも部分的にさらされるシステム10の任意の構成部品である。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ている）、ノズル組立体（ベーンまたはベーン組立体としても知られている）、シュラウド組立体、トランジションピース、保持リング、および圧縮機排気構成部品は、すべて高温ガス流路構成部品である。しかし、本発明の高温ガス流路構成部品100は、上記の例に限定されず、少なくとも部分的に高温ガス流にさらされる任意の構成部品であってよいことを理解されたい。さらに、本開示の高温ガス流路構成部品100は、ガスタービンシステム10の構成部品に限定されず、高温流にさらされる可能性がある機器の任意の部品、またはその構成部品である場合があることを理解されたい。

30

【0017】

高温ガス流路構成部品100が高温ガス流にさらされる場合、高温ガス流路構成部品100は、高温ガス流によって加熱され、高温ガス流路構成部品100が実質的に劣化、または損傷する温度に達する場合がある。したがって、システム10が、高温の高温ガス流で作動することを可能にし、システム10の効率、性能、および／または寿命を向上させるために、高温ガス流路構成部品100のための冷却システムが必要である。

【0018】

マイクロチャネル冷却が、加熱される領域にできる限り接近して冷却を配置することによって、冷却要求を極めて低減する可能性を有し、それによって、所与の熱伝達速度に対して、主な負荷に耐える基材材料の高温側と低温側との間の温度の相違を減少させる。

40

【0019】

一般に、本開示の冷却システムは、高温ガス流路構成部品100の面に形成される、一連の小さいチャネル、またはマイクロチャネルを含む。例えば、産業用サイズの動力生成タービン構成部品に対して、「小さい」、または「マイクロ」チャネルの寸法は、概ね、0.25mm～1.5mmの範囲にある深さおよび幅を含むが、一方、航空機サイズのタービン構成部品に対して、チャネルの寸法は、概ね、0.1mm～0.5mmの範囲にある深さおよび幅を含むであろう。高温ガス流路構成部品は、保護コーティングを備え付けることができる。冷却流体がプレナムからチャネルに供給可能であり、冷却流体がチャネルを通して流れることができ、高温ガス流路構成部品を冷却する。

50

【0020】

構成部品100を図2～図9を参照して説明する。図示のように、例えば、図2および図3では、構成部品100は、外面112および内面116を有する基材110を含む。例えば、図2および図3に示すように、内面116は、少なくとも1つの中空内部空間114を画定する。例えば、図2および図3に示すように、基材110の外面112は、正圧側壁24および負圧側壁26を画定し、正圧側壁24と負圧側壁26は、構成部品100の前縁28および後縁30で接合されている。図1に示すように、負圧側26は凸形状であり、正圧側24は凹形状である。

【0021】

図示のように、例えば、図2および図3では、外面112が1つまたは複数の溝132を画定し、各溝132は、構成部品100の後縁30近傍に、正圧側壁24または負圧側壁26に沿って少なくとも部分的に延在する。本明細書で使用されるとき、「後縁30の近傍」は、前縁と後縁との間の基材のどちらかの側で計測される場合、後縁からの基材の表面長の30%以内であることを意味すると理解すべきである。図3は、冷却チャンネルの出口が構成部品の後縁30にあることを図示しているが、出口は後縁近傍にあることのみが必要であるということに留意すべきである。図3に示すように、例えば、各溝132はそれぞれの中空内部空間114と流体連通している。

【0022】

典型的には、基材110は、1つまたは複数の溝132を形成する前に鋳造される。本明細書がその全体を組み込む、米国特許第5,626,462号のMelvin R. Jacksonらによる「二重壁エーロフォイル(Double-wall airfoil)」に論じられているように、基材110は、任意の適切な材料から形成可能である。構成部品100に対して意図される用途に応じて、これは、Ni基超合金、Co基超合金、およびFe基超合金を含むことができる。Ni基超合金は、 γ 相および γ' 相の両方を含む超合金であることができ、特に、それらのNi基超合金は、 γ 相および γ' 相の両方を含み、 γ' 相が超合金体積の少なくとも40%を占める。そのような合金は、高温強度および高温耐クリープ性を含む所望の特性の組合せのために有利であると知られている。基材材料は、また、NiAl金属間化合物合金を含むことができる。というのは、これらの合金は、航空機用に使用されるタービンエンジン用途で使用される際に有利である高温強度および高温耐クリープ性を含めて、優れた特性の組合せを有することも知られているからである。Nb基合金の場合、優れた抗酸化を有するコーティング付きNb基合金が好ましく、特にそれらの合金は、Nb-(27~40)Ti-(4.5~10.5)Al-(4.5~7.9)Cr-(1.5~5.5)Hf-(0~6)Vを含み、その組成範囲は原子組成百分率である。基材材料は、また、シリサイド、カーバイドまたはホウ化物を含むNb含有金属間化合物合成物など、少なくとも1つの二次相を含むNb基合金を含むことができる。そのような合金は、延性相(すなわち、Nb基合金)および強度相(すなわち、Nb含有金属間化合物合成物)の複合材である。他の構成として、基材材料は、 Mo_5SiB_2 および Mo_3Si を二次相に有するモリブデン基合金(固溶体)など、モリブデン基合金を含む。他の構成として、基材材料は、炭化ケイ素繊維で強化された炭化ケイ素(SiC)マトリクスなど、セラミックマトリクス複合材を含む。他の構成として、基材材料は、TiAl基金属間化合物合成物を含む。

【0023】

溝132は、様々な技術を使用して形成可能である。溝132を形成するための例示的な技術は、研磨材液体噴射、プラズマ電解加工(ECM: electrochemical machining)、スピニング電極(EDMミリング)を用いる放電加工(EDM: electric discharge machining)、およびレーザ加工を含む。レーザマシニング技術の例は、本願の譲受人に譲渡された、2010年1月29日出願の米国特許出願第12/697,005号「成形された空気孔を形成する工程およびシステム」に記載されており、その全体が参照として本明細書に組み込まれている。EDM技術の例は、本願の譲受人に譲渡された、2010年5月28日出願の米国特許出願

10

20

30

40

50

第12/790, 675号「山形 (chevron) 膜冷却孔を含む物品および関連する工程」に記載されており、その全体を参照として本明細書に組み込まれている。

【0024】

特定の工程として、溝は研磨材液体噴射（図示せず）を使用して形成される。例示的な水噴射穿孔工程およびシステムは、本願の譲受人に譲渡された、2010年5月28日出願の米国特許出願第12/790, 675号「山形膜冷却孔を含む物品および関連する工程」に開示されており、その全体が参照として本明細書に組み込まれている。米国特許出願第12/790, 675号に説明されるように、水噴射工程は、典型的には、高圧水の流れの中に浮遊する、研磨用粒子（例えば、研磨用「粗粒」）の高速流を利用する。水圧は著しく変化する可能性があるが、しかし、約35～620MPaの範囲であることが多い。10
ガーネット、酸化アルミニウム、炭化ケイ素、およびガラスビーズなど、多くの研磨用材料を使用することができる。有利なことに、研磨材液体噴射加工技術の能力により、形状を制御して、様々な深さに段階的に材料を除去することが容易になる。例えば、これにより、チャンネルに流れ込む内部アクセス孔140（図3～6を参照して以下に説明する）を一定の断面のまっすぐな孔、成形された孔（楕円形など）、あるいは、収束型または発散型の孔のいずれかとして穿孔することができる。

【0025】

加えて、および米国特許出願第12/790, 675号の中で説明されるように、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）を含むことができる。CNCシステム自体は、当技術分野で周知であり、例えば、米国特許公開公報第1005/0013926号（S. Rutkowskiら）に記載されており、それは本明細書に参照として組み込まれている。CNCシステムは、切削器具がいくつかのX軸、Y軸、およびZ軸、ならびに回転軸に沿って移動することを可能にする。20

【0026】

より具体的には、図10～12に示すように、各溝132は、研磨材液体噴射160（図10）の第1のパスで、研磨材液体噴射160を基材110の面112に対して横方向の角度で導き、次いでその横方向の角度と実質的に反対の角度（図11）で続きのパスを作製することによって形成可能であり、各溝が溝の開口136で狭くなり、したがって、リエントラント形状の溝（図6を参照して以下に説明するように）を備えるようになる。典型的には、複数のパスが実施されて、溝に対して所望の深さおよび幅を達成する。この技術は、本願の譲受人に譲渡された、Bunkerらによる米国特許出願第12/943, 624号「リエントラント形状冷却チャンネルを備える構成部品および製造方法」の中に記載されており、その全体が参照として本明細書に組み込まれている。加えて、リエントラント形状の溝132を形成するステップは、追加のパスを実施することをさらに含み、そのパスでは、研磨材液体噴射が、横方向の角度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の基部134の方へ導かれて、材料が溝132の基部134から除去されるようになる。30

【0027】

次に、図2、3、7および8を参照すると、構成部品100は、さらに、基材110の外面112の少なくとも一部分の上に配置されたコーティング150を含む。図示のように、例えば、図8では、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を含む。コーティング150は、適切な材料を含み、構成部品に結合されている。例えば、図7に示す例示的な配置では、構造コーティング54は、1つまたは複数の溝132の上に延在し、1つまたは複数の溝132および構造コーティング54が、共に、構成部品100の後縁30を冷却するための1つまたは複数のチャンネル130を画定する。40

【0028】

具体的な構成として、コーティング150は、0.1～2.0mmの範囲の厚さを有し、より具体的には、0.2～1mmの範囲の厚さ、およびさらに具体的には、産業用構成部品向けに0.2～0.5mmの範囲の厚さを有する。航空機構成部品向けに、この範囲は、典型的には、0.1～0.25mmである。しかし、特定の構成部品100に対する50

要求に応じて、他の厚さを利用することができる。

【0029】

コーティング150は、構造コーティング層を含み、選択的追加の1つまたは複数のコーティング層をさらに含むことができる。1つまたは複数のコーティング層は、様々な技術を使用して蒸着され得る。具体的な工程として、構造コーティングは、イオンプラズマ蒸着（カソードアーク）を実施することによって蒸着される。例示的なイオンプラズマ蒸着装置および方法は、本願の譲受人に譲渡された、Weaverらによる米国特許出願第10080138529号「カソードアークイオンプラズマ蒸着用方法および装置」に提供されており、その全体が参照として本明細書に組み込まれている。簡単に言えば、イオンプラズマ蒸着は、コーティング材料で形成される消耗型カソードを真空チャンバ内の真空環境の中に配置するステップと、真空環境の中に基材110を設けるステップと、カソードに電流を供給して、カソード面上にカソードアークを形成し、カソード面からコーティング材料をアークによって浸食することをもたらすステップと、カソードからのコーティング材料を基材面112上に蒸着するステップを含む。

10

【0030】

イオンプラズマ蒸着を使用して蒸着されたコーティングの限定しない例には、構造コーティング、ならびに接着コーティングおよび抗酸化コーティングが含まれ、Jacksonらの米国特許第5,626,462号「二重壁エーロフォイル」を参照して以下により詳細に論ずる。ある高温ガス流路構成部品100に対して、構造コーティングは、Ni基合金、またはCo基合金を含むことができ、より具体的には超合金または(Ni, Co)CrAlY合金を含む。例えば、基材材料が、 γ 相および γ' 相の両方を含むNi基超合金である場合、構造コーティングは、米国特許第5,626,462号を参照して以下により詳細に論ずるように、類似の材料組成を含むことができる。

20

【0031】

他の構成の工程に対して、構造コーティングは、熱溶射工程およびコールドスプレ工程の少なくとも1つを実施することによって蒸着される。例えば、熱溶射工程は、燃焼溶射またはプラズマ溶射を含むことができ、燃焼溶射は、高速酸素燃料溶射(HVOF: high velocity oxygen fuel spraying)または高速空気燃料溶射(HVAF: high velocity air fuel spraying)を含むことができ、プラズマ溶射は、大気圧(空気または不活性ガスなど)プラズマ溶射または減圧プラズマ溶射(LPPS: low pressure plasma spray)(真空プラズマ溶射またはVPSとしても知られている)を含むことができる。限定しない実施例では、(Ni, Co)CrAlYコーティングは、HVOFまたはHVAFによって蒸着される。構造コーティングを蒸着するための他の例示的な技術には、限定しないが、スパッタリング、電子ビーム物理蒸着、無電解鍍金、および電気メッキが含まれる。

30

【0032】

ある構成に対して、構造的および選択的追加のコーティング層を蒸着するために複数の蒸着技術を採用することが望ましい。例えば、第1の構造コーティング層がイオンプラズマ蒸着を使用して蒸着可能であり、続きの蒸着層および選択的追加の蒸着層(図示せず)が、燃焼溶射工程またはプラズマ溶射工程などの他の技術を使用して蒸着可能である。使用される材料に応じて、コーティング層向けの異なる蒸着技術を使用することにより、限定しないが、歪み耐性、強度、溶着力、および/または延性などの特性に利点をもたらすことができる。

40

【0033】

図3~7に示す構成に対して、構成部品は、タービンエーロフォイル100(例えば、タービンブレードまたはベーンの中での使用向け)を備え、基材110はそれぞれの中空内部空間114(図3)と少なくとも1つの冷却チャンネル130との間に延在し、流体連通をもたらす少なくとも1つのアクセスチャンネル140をさらに画定する。例えば、図7に示すように、各アクセスチャンネル140は、各冷却チャンネル130の基部134と交差

50

する。各冷却チャネルを供給する内部アクセス孔 140 は、一定の断面のまっすぐな孔、成形された孔（楕円形など）、あるいは収束型または発散型の孔のいずれかとして穿孔され得る。アクセス孔を形成する方法は、本願の譲受人に譲渡された、Ronald S. Bunker らによる米国特許出願第 13/210,697 号「冷却チャネルを備える構成部品および製造方法」に提供されており、その全体が参照として本明細書に組み込まれている。

【0034】

上記の冷却チャネル 130 に加えて、例えば図 3 の中に示すように、膜孔 70 がコーティング 150 を貫通して形成されている。本願の譲受人に譲渡された、Bunker らによる米国特許出願第 12/965,083 号「冷却チャネルを備える構成部品および製造方法」が、冷却チャネル領域の上で直接切るトレンチを使用して膜孔を形成する技術を開示しており、それによって、各膜孔を正確に配置する必要性が除かれる。有利なことに、膜孔を追加することによって、マイクロチャネル冷却に加えて膜冷却をもたらして、さらに構成部品を冷却する。明確に図示しないが、従来の膜冷却孔を組み込むことも可能であり、その場合、膜冷却孔は中空内部空間 114 から基材 110（構成部品の壁）を直接貫通して延在する。

【0035】

冷却チャネル 130 に対して、複数の可能な配置が存在する。図 3 に示す例示的な構成に対して、少なくとも 1 つの冷却チャネル 130 が正圧側壁 24 に沿って少なくとも部分的に延在し、少なくとも 1 つの冷却チャネル 130 が負圧側壁 26 に沿って少なくとも部分的に延在する。有利なことに、この構成は、後縁近傍の相対的に薄い区域の構成部品の負圧側の部分、および正圧側の部分を冷却する。図 3 に示す断面は、正圧側に沿って延在する 1 つだけの冷却チャネル、および負圧側に沿って延在する 1 つだけの冷却チャネルを示すが、各正圧側 24 および負圧側 26 に沿って延在する複数の冷却チャネルが存在することができ、その場合、冷却チャネルは、構成部品の高さに沿って取られた異なる断面に位置するということに留意されたい。本明細書で使用する時、構成部品の「高さ」は、エロフォイルの半径方向に沿って測定される。特定の配置（例えば、図 3 に示す）に対して、正圧側壁 24 に沿って少なくとも部分的に延在する冷却チャネル 130 と、負圧側壁 26 に沿って少なくとも部分的に延在する冷却チャネル 130 とは、位置合わせされる。すなわち、この 1 対の冷却チャネルは、構成部品の高さ（すなわち、半径方向）に沿って取られた同じ断面内に位置する。しかし、他の構成（図示せず）に対しては、正圧側壁 24 に沿って少なくとも部分的に延在する冷却チャネル 130 と、負圧側壁 26 に沿って少なくとも部分的に延在する冷却チャネル 130 とは、オフセットされる。すなわち、この 1 対の冷却チャネルは、構成部品の半径方向（または、高さ）に沿って取られた同じ断面内に位置しないであろう。その代り、冷却チャネルは、構成部品の半径方向に沿って取られた異なる断面に存在することになる。やはり他の構成に対して、正圧側冷却チャネルおよび負圧側冷却チャネルは、後縁に対して、異なる配向および非直交の配向を有することができ、チャネルは平行な断面に位置しないことになる。言い換えれば、どちら側の冷却チャネルも、および任意の複数の図示された構成の冷却チャネルも、2 つ以上のエロフォイル区域を横切ることができ、1 つの区域は一定の半径方向の高さのエロフォイル部分として画定される。

【0036】

より具体的には、図 3 に示す例示的な構成に対して、基材 110 は、複数のアクセスチャネル 140 をさらに画定する。図 3 に示すように、少なくとも 1 つのアクセスチャネル 140 がそれぞれの中空内部空間 114 と、正圧側壁 24 に沿って少なくとも部分的に延在する冷却チャネル 130 との間に延在し、流体連通をもたらす、少なくとも 1 つのアクセスチャネル 140 がそれぞれの中空内部空間 114 と、負圧側壁 26 に沿って少なくとも部分的に延在する冷却チャネル 130 との間に延在し、流体連通をもたらす。図 7 に示すように、例えば、各アクセスチャネル 140 は、各冷却チャネル 130 の基部 134 と交差する。

10

20

30

40

50

【0037】

図4に示す例示的な構成に対して、少なくとも1つの冷却チャンネル130が、負圧側壁26に沿って部分的に延在する入口部分32、正圧側壁24に沿って部分的に延在する出口部分36、および冷却チャンネル130の入口部分32と出口部分36との間に延在する中間部分34を備える。図4は、構成部品の後縁30で出る冷却チャンネルの出口を示すが、上記に定義するように、出口は後縁近傍で出るということだけが必要であることに留意されたい。図4に示すように、この構成に対して、基材110はそれぞれの中空内部空間114と、冷却チャンネル130の入口部分32との間に延在し、流体連通をもたらす少なくとも1つのアクセスチャンネル140をさらに画定する。図7に概略的に示すように、例えば、アクセスチャンネル140は、冷却チャンネル130の入口部分32の基部134と交差する。高温ガスがその局所的な最大速度にある、エーロフォイルの後縁の負圧側に冷却剤が排出する場合、発生することになる空気混合損失と比較して、有利なことに、この構成では、負圧側の部分を冷却し、排出のために正圧側に上方に経路を定めるので、空気混合損失がより低くなる。さらに、負圧側から固体域を通して正圧側に横断することによって、マイクロチャンネルが後縁近傍の固体域を冷却する。

10

【0038】

図5に示す例示的な構成に対して、構成部品100は、構成部品100の後縁30を冷却するために少なくとも2つのチャンネル130を備える。図5に示すように、少なくとも1つのチャンネル130が、負圧側壁26に沿って部分的に延在する入口部分32、正圧側壁24に沿って部分的に延在する出口部分36、および冷却チャンネル130の入口部分32と出口部分36との間に延在する中間部分34を備える。図5に示すように、冷却チャンネル130の少なくとも別の1つが、正圧側壁24に沿って部分的に延在する入口部分32、負圧側壁26に沿って部分的に延在する出口部分36、および冷却チャンネル130の入口部分32と出口部分36との間に延在する中間部分34を備える。図5は、構成部品の後縁30で出る冷却チャンネルの出口を示すが、上記に定義するように、出口は後縁近傍で出るということだけが必要であることに留意されたい。図5に示すように、基材110はそれぞれの中空内部空間114と冷却チャンネル130の各入口部分32との間に延在し、流体連通をもたらす少なくとも2つのアクセスチャンネル140をさらに画定する。各アクセスチャンネル140は、各冷却チャンネル130の入口部分32の基部134と交差する。図5には明確に示されないが、チャンネル130は、基材の後縁部分を横切って少なくとも部分的に延在して、入口部分と出口部分とを結合する複数の中間部分を含むことができる。例えば、中間部分は、「M」形状または「W」形状（図示せず）の半分を形成することができる。具体的な構成に対して、負圧側壁26に沿って部分的に延在する入口部分32を有するチャンネル130と、正圧側壁24に沿って部分的に延在する入口部分32を有するチャンネル130とはオフセットされる。すなわち、2つのチャンネルは、構成部品の半径方向（高さ）に沿って取られた異なる断面に配置される。

20

30

【0039】

図6に示す例示的な構成に対して、少なくとも1つの冷却チャンネル130が、負圧側壁26に沿って部分的に延在する入口部分32、正圧側壁24に沿って少なくとも部分的に延在する出口部分36、および冷却チャンネル130の入口部分32と出口部分36との間に延在する中間部分34を備える。図6に示すように、少なくとも別のチャンネル130が、正圧側壁24に沿って少なくとも部分的に延在する。図6は、構成部品の後縁30で出る冷却チャンネルの出口を示すが、上記に定義するように、出口は後縁近傍で出ることだけが必要であることに留意されたい。図6に示すように、基材110は、少なくとも2つのアクセスチャンネル140をさらに画定し、少なくとも1つのアクセスチャンネル140がそれぞれの中空内部空間114と、負圧側壁26に沿って部分的に延在し、各入口部分32の基部134と交差する冷却チャンネル130の各入口部分32との間に延在し、流体連通をもたらす、少なくとも別のアクセスチャンネル140がそれぞれの中空内部空間114と、正圧側壁24に沿って少なくとも部分的に延在し、各冷却チャンネル130の基部134と交差する冷却チャンネル130との間に延在し、流体連通をもたらす。有利なことに、固

40

50

体域を通して他方側に横断することによって、冷却チャンネルは、後縁近傍の基材の固体域内に追加の冷却をもたらし、ならびに、より低い空気混合損失の生成をもたらす。

【0040】

図6に示すチャンネル構成の特定の配置に対して、負圧側壁26に沿って部分的に延在する入口部分32を有する冷却チャンネル130と、正圧側壁24に沿って少なくとも部分的に延在する他方の冷却チャンネル130とはオフセットされる。すなわち、2つのチャンネルは、構成部品の半径方向（高さ）に沿って取られた異なる横断面に配置される。

【0041】

図6に示すチャンネル構成の他の配置に対して、負圧側壁26に沿って部分的に延在する入口部分32を有する冷却チャンネル130と、正圧側壁24に沿って少なくとも部分的に延在する他方の冷却チャンネル130とは位置合わせされ、出口部分36は、正圧側24に沿って少なくとも部分的に延在する他方のチャンネル130の部分であるようになる。すなわち、図6に示すように、中間部分34は、他方の（正圧側）チャンネル130と交差する。

10

【0042】

図9に示す例示的な構成に対して、少なくとも1つの冷却チャンネル130が、負圧側壁26に沿って少なくとも部分的に延在し、構成部品100の後縁近傍30の正圧側壁24と交差する出口部分38を含む。図9は、構成部品の後縁30にある出口38を示すが、上記に定義するように、出口38は後縁近傍にあることだけが必要であることに留意されたい。図9に示すように、基材110はそれぞれの中空内部空間114と各冷却チャンネル130との間に延在し、流体連通をもたらす少なくとも1つのアクセスチャンネル140をさらに画定する。図9に示すように、各アクセスチャンネル140は、各冷却チャンネル130の基部134と交差する。

20

【0043】

上述のように、溝132は、複数の異なる幾何形状を有することができる。図7および8に示す配置では、各溝132が開口136を有し、各溝132が、溝132の開口136で狭くなっており、したがって、リエントラント形状132を有し、各冷却チャンネル130がリエントラント形状冷却チャンネル130を備えるようになっている。リエントラント形状の溝は、米国特許出願第12/943,624号に記載されている。具体的な構成に対して、リエントラント形状溝132の基部134は、各溝132の上部136よりも少なくとも2倍幅広い。例えば、溝132の基部134が0.75mmである場合、この構成では、上部136は、幅が0.375mmよりも狭くなるであろう。さらに具体的な構成に対して、リエントラント形状溝132の基部134は、各溝132の上部136よりも少なくとも3倍幅広く、さらに具体的には、リエントラント形状溝132の基部134は、各溝132の上部136よりも約3～4倍の範囲で幅広い。有利なことに、上部に対する基部の比率が大きいことによって、マイクロチャンネル130に対する全体的な冷却体積が増加し、一方、コーティング150が溝132を充填せずに、コーティング150が溝132上に蒸着することを促進する（犠牲充填剤を使用せずに）。

30

【0044】

特定の構成に対して、構造コーティング54は、各溝132を完全につなぎ、コーティング150が各マイクロチャンネル130を封止するようになる。しかし、他の構成に対して、構造コーティング54は、1つまたは複数の透過性スロット144（例えば、コーティング内の気孔、またはコーティング内の間隙）を画定し、図8に示すように、構造コーティングが1つまたは複数の溝132のそれぞれを完全につなぐことがないようになる。図8は、均一でまっすぐな幾何形状を有するようにスロット144を概略的に図示しているが、典型的には、各スロット144は不規則な幾何形状を有し、コーティング150が付着され、厚さが増すと、スロット144の幅は変化する。最初に、コーティング150の第1の部分が基材110に付着されると、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%まで達することがある。次いで、スロット144は、コーティング150が増加するにつれて、上部136の幅の5%まで、または5%未満に狭く

40

50

なることがある。具体的な構成に対して、スロット144の幅は、最も狭い点で、各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は多孔性であってもよく、その場合、「多孔性」スロット144はいくつかの結合部、すなわち、ゼロギャップを有するいくつかの点または場所を備えることができる。

【0045】

有利なことに、冷却チャンネルを後縁近傍に配置することによって、マイクロチャンネル冷却が、作動中に後縁領域を冷却するように提供されることが可能であり、それにより、相対的に薄い後縁の使用を促進し、相対的に高い冷却効果をもたらす。特定の構成に応じて、厚さが50%まで減少した後縁を採用することができる。本明細書で使用する場合、後縁の「厚さ」は、後縁曲率半径が存在する点間の正圧側から負圧側まで測定された物理的な厚さとして定義される。より薄い後縁によってもたらされる空気力学的改良は、改善された冷却効果と併せて利用されると、航空機エンジン用特定燃料消費(SFC: specific fuel consumption)を低減することができ、固定式(陸上)ガスタービン向け複合サイクル効率を改善することができる。

10

【0046】

加えて、上記の従来の技術ではなく、後縁を冷却するためにマイクロチャンネル冷却を使用することによって、後縁端部をより高い剛率に維持することを促進する。次いで、これによって、従来技術で冷却された構成部品と比較して、マイクロチャンネルによって冷却された構成部品の使用寿命が増す。

【0047】

20

構成部品100の後縁30の近傍に冷却チャンネル130を形成する方法が、図2～9に関連して記載されている。図2および3に関連して上述したように、構成部品100は、外面112および内面116を備える基材110を含み、基材110の内面116が少なくとも1つの中空内部空間114を画定し、基材110の外面112が正圧側壁24および負圧側壁26を画定する。正圧側壁24と負圧側壁26は、構成部品100の前縁28および後縁30で接合されている。図3～6に示すように、その方法が、基材110の外面112内に、構成部品100の後縁30近傍の正圧側壁24および負圧側壁26に沿って少なくとも部分的に延在する少なくとも1つの溝を形成するステップを含む。典型的には、および上記で論じたように、その方法は、基材110の外面112内に溝132を形成する前に、基材110を鋳造するステップをさらに含む。

30

【0048】

図3～6に示すように、その方法は、基材110内に少なくとも1つのアクセス孔140を形成するステップをさらに含み、各アクセス孔140は、各溝132の基部134を貫通して形成されてそれぞれの中空内部空間114と流体連通するように溝132を結合する。上述のように、アクセス孔を形成する技術は、本願の譲受人に譲渡された、Ronald S. Bunkerらの米国特許出願第13/210,697号に提供されている。例えば、アクセス孔は研磨材液体噴射加工によって形成され得る。さらに、内部アクセス孔140は、一定の断面のまっすぐな孔、成形された孔(楕円形など)、あるいは収束型または発散型の孔のいずれかとして穿孔され得る。

【0049】

40

図2、3、7および8に示すように、例えば、その方法は、基材110の外面112の少なくとも一部分の上にコーティング150を配置するステップをさらに含む。コーティング150およびコーティング150を配置するための例示的な蒸着技術は、上記に説明されている。しかし、具体的な工程に対して、基材110の外面112の少なくとも一部分の上にコーティング150を配置するステップは、イオンプラズマ蒸着を実施するステップを含む。具体的な構成に対して、コーティング150は超合金を含む。具体的な工程に対して、基材110の外面112の少なくとも一部分の上にコーティング150を配置するステップには、熱溶射工程を実施するステップを含む。例示的な熱溶射工程には、高速酸素燃料溶射(HVOF)および高速空気燃料溶射(HVAF)が含まれる。具体的な工程に対して、基材110の外面112の少なくとも一部分の上にコーティング150を

50

配置するステップは、減圧プラズマ溶射（LPPS）工程を含む。上記で論じたように、コーティング150は、1つまたは複数の溝132の上に延在する少なくとも1つの構造コーティング54を備え、1つまたは複数の溝132および構造コーティング54が、共に、構成部品100の後縁30を冷却するための1つまたは複数のチャンネル130を画定する。

【0050】

上記で論じたように、具体的な構成に対して、溝はリエントラント形状である。具体的な工程に対して、Bunkerらの米国特許出願第12／943,624号に論じられており、例えば、図10～12に図示されるように、リエントラント形状の溝132は、基材110の面112に研磨材液体噴射160を導くことによって形成される。例えば、リエントラント形状の溝132は、研磨材液体噴射160の第1のパス（図10）で、研磨材液体噴射160を基材110の面112に対して横方向の角度で導き、次いでその横方向の角度と実質的に反対の角度で続きのパス（図11）を作製することによって形成可能である。具体的な工程に対して、リエントラント形状の溝132を形成するステップは、少なくとも1つの追加のパス（図12）を実施するステップをさらに含み、そのステップでは、研磨材液体噴射160が、横方向の角度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の基部134の方へ導かれ、材料が溝132の基部134から除去されるようになる。より一般的には、リエントラント形状の溝132は、1つまたは複数の研磨材液体噴射、プランジ電解加工（ECM）、スピニング電極（EDMミリング）を用いる放電加工（EDM）、およびレーザ加工を使用して形成可能である。

【0051】

上述のように、エーロフォイルの後縁領域に対してマイクロチャンネル冷却を使用することにより、相対的により薄い後縁の使用が促進され、それによって、エーロフォイルの空気力学効率を改善する。加えて、後縁領域のマイクロチャンネル冷却により、後縁領域を冷却する従来の手段に比較して、冷却効果が向上する。より薄い後縁と向上した冷却効果の組合せは、航空機エンジン用特定燃料消費（SFC）を低減し、固定式（陸上）ガスタービン向け複合サイクル効率を改善すると解釈される。加えて、後縁領域を冷却するためにマイクロチャンネルを使用することによって、後縁端部をより高い剛率に維持することを促進し、それによって、冷却された構成部品の使用寿命を向上させることになるだろう。

【0052】

本発明の特定の特徴のみを本明細書に図示し、説明したが、多くの修正形態および変形形態が当業者には思いつくであろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の精神の範囲内にある、そのようなすべての修正形態および変形形態を包含するものであると理解されたい。

【符号の説明】

【0053】

- 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
- 24 基材の正圧側壁（構成部品）
- 26 基材の負圧側壁（構成部品）
- 28 構成部品の前縁
- 30 構成部品の後縁
- 32 冷却チャンネルの入口部分
- 34 冷却チャンネルの中間部分
- 36 冷却チャンネルの出口部分
- 52 垂直な面

- 5 4 構造コーティングの内側層
- 5 6 構造コーティングの外側層
- 7 0 膜孔
- 1 0 0 高温ガス流路構成部品
- 1 1 0 基材
- 1 1 2 基材の外表面
- 1 1 4 中空内部空間
- 1 1 6 基材の内表面
- 1 3 0 チャンネル
- 1 3 2 溝
- 1 3 4 溝の基部
- 1 3 6 溝の開口（上部）
- 1 4 0 アクセス孔
- 1 4 2 膜孔
- 1 4 4 透過性スロット
- 1 5 0 コーティング
- 1 6 0 研磨材液体噴射

10

【図 1】

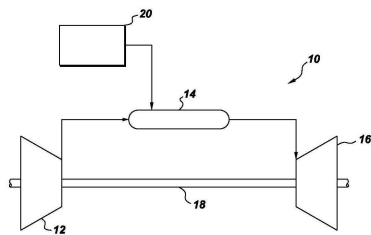


Fig. 1

【図 2】

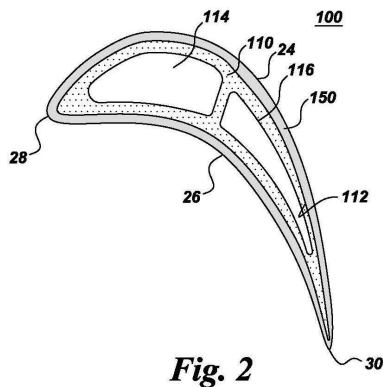


Fig. 2

【図 3】

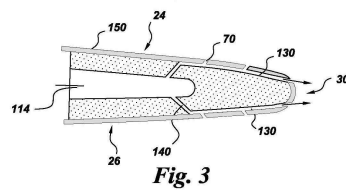


Fig. 3

【図 4】

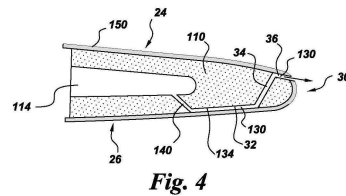


Fig. 4

【図 5】

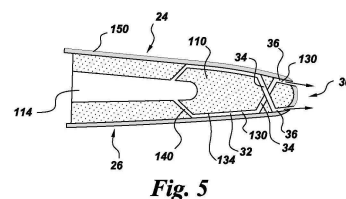
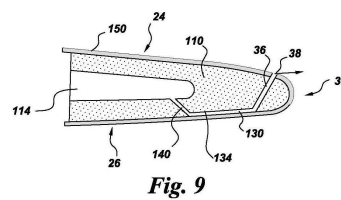


Fig. 5

【图 9】



【図 10】

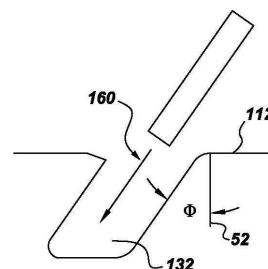
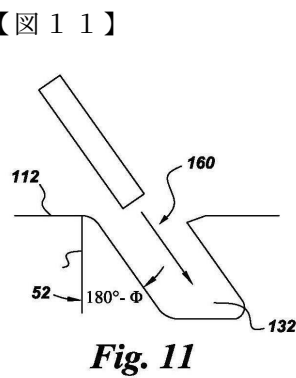
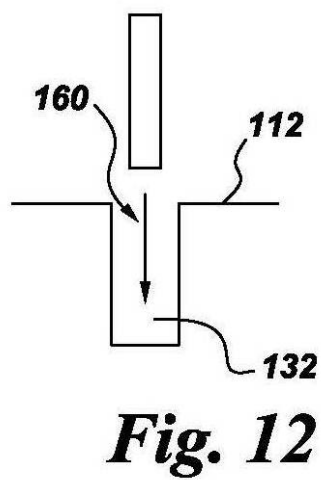


Fig. 10



【図 1 1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 C 7/18 (2006.01) F 0 2 C 7/16 A
F 0 2 C 7/18 C

(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・１２３０９、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、ジーイー・グローバル・リサーチ、ゼネラル・エレクトリック・カ
ンパニイ

審査官 山崎 孔徳

(56)参考文献 特開２０１１－２２６４６３（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／００７４７６２（ＵＳ，Ａ１）
米国特許第０７７８５０７１（ＵＳ，Ｂ１）
特開２０１１－０８５０８４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F 0 1 D 5／１８
F 0 1 D 5／２８
F 0 1 D 9／０２
F 0 2 C 7／００
F 0 2 C 7／１６
F 0 2 C 7／１８