

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7094664号

(P7094664)

(45)発行日 令和4年7月4日(2022.7.4)

(24)登録日 令和4年6月24日(2022.6.24)

(51)国際特許分類

F I

F 0 1 D 5/18 (2006.01)

F 0 1 D 5/18

B 2 3 K 26/21 (2014.01)

B 2 3 K 26/21

Z

B 2 3 K 26/34 (2014.01)

B 2 3 K 26/34

B 2 3 K 15/00 (2006.01)

B 2 3 K 15/00

5 0 5

B 2 3 K 15/00

5 0 1 B

請求項の数 8 外国語出願 (全15頁)

(21)出願番号 特願2017-108888(P2017-108888)

(22)出願日 平成29年6月1日(2017.6.1)

(65)公開番号 特開2017-219044(P2017-219044
A)

(43)公開日 平成29年12月14日(2017.12.14)

審査請求日 令和2年5月26日(2020.5.26)

(31)優先権主張番号 15/174,271

(32)優先日 平成28年6月6日(2016.6.6)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

前置審査

(73)特許権者 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 1 2

3 4 5、スケネクタデイ、リバーロード

、1番

(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 100151286

弁理士 澤木 亮一

(72)発明者 サンディブ・ドゥッタ

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・

2 9 6 1 5、グリーンビル、ガーリント

ン・ロード、3 0 0

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タービン構成要素ならびにタービン構成要素を作製および冷却する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

タービン構成要素(10)であって、当該タービン構成要素(10)が、

根元部(11)と、

前記根元部(11)から前記根元部(11)と反対側の先端(14)に延びる翼形部(12)であって、前縁(15)及び後縁(16)に延びる後縁部分(42)を形成する翼形部(12)と

を備えており、

前記翼形部(12)の後縁部分(42)の複数の半径方向冷却チャンネル(40)が、前記

後縁部分(42)を通して冷却流体の半径方向流が流れるように配置され、各半径方向冷

却チャンネル(40)が、前記後縁部分(42)の根元部(11)縁の下側表面(52)又は

前記後縁部分(42)の先端(14)縁の上側表面(56)に第1の端部(50)と、

前記下側表面(52)又は前記上側表面(56)の第1の端部(50)と反対側の第2の

端部(54)とを有しており、

前記翼形部(12)が、第1のセクション(44)及び第2のセクション(46)を含ん

でおり、前記複数の半径方向冷却チャンネル(40)の少なくとも一部が、第1のセクシ

ョン(44)及び第2のセクション(46)の一方又は両方の表面に形成され、

前記複数の半径方向冷却チャンネル(40)の少なくとも1つが、第1の断面積を有する少

なくとも1つの第1のスパンと、第1の断面積より大きい第2の断面積を有する少なく

とも1つの第2のスパンとを含む、タービン構成要素(10)。

【請求項 2】

前記翼形部（12）が高温超合金で形成される、請求項1に記載のタービン構成要素（10）。

【請求項 3】

前記複数の半径方向冷却チャンネル（40）が、波状、蛇行状、直線状、不規則状及びそれらの組み合わせからなる群から選択される半径方向の外形を有する、請求項1に記載のタービン構成要素（10）。

【請求項 4】

タービン構成要素（10）を作製する方法であって、当該方法が、

前縁（15）と、後縁（16）に延びる後縁部分（42）と、前記後縁部分（42）の複数の半径方向冷却チャンネル（40）とを有する翼形部（12）を形成するステップ

10

を含んでおり、前記複数の半径方向冷却チャンネル（40）が、前記後縁部分（42）を通して冷却流体の半径方向流が流れるように配置され、各半径方向冷却チャンネル（40）が、前記後縁部分（42）の根元部（11）縁の下側表面（52）又は前記後縁部分（42）の先端（14）縁の上側表面（56）に第1の端部（50）と、前記下側表面（52）又は前記上側表面（56）の第1の端部（50）と反対側の第2の端部（54）とを有して

おり、前記翼形部（12）を形成するステップが、前記翼形部（12）の第1のセクション（44）及び第2のセクション（46）を金属3次元印刷することを含んでおり、前記複数の半径方向冷却チャンネル（40）の少なくとも一部が、第1のセクション（44）及び第2のセクション（46）の一方又は両方の表面に形成され、

20

前記複数の半径方向冷却チャンネル（40）の少なくとも1つが、第1の断面積を有する少なくとも1つの第1のスパンと、第1の断面積より大きい第2の断面積を有する少なくとも1つの第2のスパンとを含む、方法。

【請求項 5】

前記翼形部（12）を形成するステップが、前記翼形部（12）を形成するための高温超合金の金属3次元印刷を含む、請求項4に記載の方法。

【請求項 6】

前記翼形部（12）を形成するステップが、第1のセクション（44）を第2のセクション（46）に溶接又はろう付けして前記翼形部（12）を形成することを含む、請求項4に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記複数の半径方向冷却チャンネル（40）が、波状、蛇行状、直線状、不規則状及びそれらの組み合わせからなる群から選択される半径方向の外形を有する、請求項4に記載の方法。

【請求項 8】

タービン構成要素（10）を冷却する方法であって、

冷却流体を前記タービン構成要素（10）の内部に供給するステップであって、前記タービン構成要素（10）が、

根元部（11）と、

40

前記根元部（11）から前記根元部（11）と反対側の先端（14）に延びる翼形部（12）であって、前縁（15）及び後縁（16）に延びる後縁部分（42）を形成する翼形部（12）とを備えており、前記翼形部（12）の後縁部分（42）の複数の半径方向冷却チャンネル（40）が、前記後縁部分（42）を通して冷却流体の半径方向流が流れるように配置され、各半径方向冷却チャンネル（40）が、前記後縁部分（42）の根元部（11）縁の下側表面（52）又は前記後縁部分（42）の先端（14）縁の上側表面（56）に第1の端部（50）と、前記下側表面（52）又は前記上側表面（56）の第1の端部（50）と反対側の第2の端部（54）とを有している、ステップと、

前記翼形部（12）の後縁部分（42）を通る前記複数の半径方向冷却チャンネル（40）を通して前記冷却流体を導くステップと

50

を含んでおり、

前記翼形部（１２）が、第１のセクション（４４）及び第２のセクション（４６）を含んでおり、前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも一部が、第１のセクション（４４）及び第２のセクション（４６）の一方又は両方の表面に形成され、

前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも１つが、第１の断面積を有する少なくとも１つの第１のスパンと、第１の断面積より大きい第２の断面積を有する少なくとも１つの第２のスパンとを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本実施形態は、タービン翼形部の後縁部分を冷却するための方法および装置に関する。より具体的には、本実施形態は、後縁に沿った半径方向冷却チャネルを有するタービン構成要素を含む方法および装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

最新式の高効率燃焼タービンは、約２０００°F（１０９３℃）を超える燃焼温度を有しており、より効率的なエンジンに対する要求が続くにつれて燃焼温度が上昇し続ける。ノズルおよびブレードなどのガスタービン構成要素は、高温ガス経路において高熱および高い外部圧力に晒される。これらの厳しい動作条件は、技術の進歩によってさらに深刻になり、これには、動作温度の上昇および高温ガス経路の圧力の上昇の両方を含むことができる。結果として、ノズルおよびブレードなどの構成要素は、ノズルまたはブレードのコアに挿入されたマニホールドを通して流体を流すことによって冷却される場合があり、流体は、マニホールドからインピンジメント孔を通してインピンジメント後キャビティに流入し、次いで、ノズルまたはブレードの外壁の開口を通してインピンジメント後キャビティから流出して、場合によっては、ノズルまたはブレードの外部に流体のフィルム層を形成する。

【０００３】

タービン翼形部の後縁の冷却は、高温炉のような環境でその完全性を延長するために重要である。タービン翼形部は、主としてニッケル基またはコバルト基超合金で作製されることが多いが、タービン翼形部は、代替的に、１つまたは複数のセラミックマトリックス複合（ＣＭＣ）材料で作製された外側部分を有することができる。ＣＭＣ材料は、一般に、金属より高い温度で取り扱う際に優れている。特定のＣＭＣ材料は、被覆繊維で強化されたセラミックマトリックスを有する組成物を含む。組成物は、様々な異なるシステムへの適用が可能である、強固かつ軽量で耐熱性のある材料を提供する。ノズルおよびブレードなどのタービン構成要素が形成される材料は、タービン構成要素が含む特定の構成と組み合わせられて、冷却流体システムの冷却効率をある程度阻害する。タービン翼形部を実質的に均一な温度に維持することは、翼形部の有効寿命を最大にする。

【０００４】

ＣＭＣ部品の製造は、通常、既に存在するマトリックス材料を有する予備含浸複合繊維（プリプレグ）を積層して部品（プリフォーム）の外形を形成することと、プリフォームを滅菌して焼成することと、焼成したプリフォームに熔融マトリックス材料を浸透させることと、プリフォームを機械加工またはさらに処理することとを含む。プリフォームに浸透させることは、セラミックマトリックスをガス混合物から堆積させること、プリセラミックポリマーを熱分解すること、化学的に反応する元素を一般に９２５～１６５０℃（１７００～３０００°F）の温度範囲で焼結すること、またはセラミック粉末を電気泳動的に堆積させることを含む。タービン翼形部に関して、ＣＭＣは、金属桁上に位置して、翼形部の外側表面のみを形成することができる。

【０００５】

ＣＭＣ材料の例は、これらに限定されないが、炭素繊維強化炭素（Ｃ／Ｃ）、炭素繊維強化炭化ケイ素（Ｃ／ＳｉＣ）、炭化ケイ素繊維強化炭化ケイ素（ＳｉＣ／ＳｉＣ）、アル

10

20

30

40

50

ミナ繊維強化アルミナ (Al_2O_3/Al_2O_3)、またはそれらの組み合わせを含む。CMCは、モノリシックセラミック構造と比較して高い伸び、破壊靱性、熱衝撃、動的負荷能力、および異方性特性を有し得る。

【発明の概要】

【0006】

一実施形態では、タービン構成要素は、根元部と、根元部から根元部の反対側の先端に延びる翼形部とを含む。翼形部は、前縁および後縁に延びる後縁部分を形成する。翼形部の後縁部分の複数の半径方向冷却チャンネルは、後縁部分を通る冷却流体の半径方向の流れを可能にする。各半径方向冷却チャンネルは、後縁部分の根元部縁の下側表面、または後縁部分の先端縁の上側表面に第1の端部と、下側表面または上側表面の第1の端部の反対側の第2の端部とを有する。

10

【0007】

別の実施形態では、タービン構成要素を作製する方法は、前縁と、後縁に延びる後縁部分と、後縁部分の複数の半径方向冷却チャンネルとを有する翼形部を形成することを含む。半径方向冷却チャンネルは、後縁部分を通る冷却流体の半径方向の流れを可能にする。各半径方向冷却チャンネルは、後縁部分の根元部縁の下側表面、または後縁部分の先端縁の上側表面に第1の端部と、下側表面または上側表面の第1の端部の反対側の第2の端部とを有する。

【0008】

別の実施形態では、タービン構成要素を冷却する方法は、冷却流体をタービン構成要素の内部に供給することを含む。タービン構成要素は、根元部と、根元部から根元部の反対側の先端に延びる翼形部とを含む。翼形部は、前縁および後縁に延びる後縁部分を形成する。後縁部分は、後縁部分を通る冷却流体の半径方向の流れを可能にするように配置された複数の半径方向冷却チャンネルを有する。各半径方向冷却チャンネルは、後縁部分の根元部縁の下側表面、または後縁部分の先端縁の上側表面に第1の端部と、下側表面または上側表面の第1の端部の反対側の第2の端部とを有する。方法はまた、翼形部の後縁部分を通る半径方向冷却チャンネルを通して冷却流体を導くことを含む。

20

【0009】

本発明の他の特徴および利点は、本発明の原理を例示により示した添付の図面を伴って、以下に行うより詳細な説明から明らかになるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本開示の一実施形態におけるタービン構成要素の概略斜視側面図である。

【図2】CMC外側層を有する図1のタービン構成要素の概略平面図である。

【図3】金属翼形部としての図1のタービン構成要素の概略平面図である。

【図4】本開示の一実施形態における波形冷却チャンネル構成を示す、図3の線4-4に沿った概略部分断面図である。

【図5】本開示の一実施形態における波形冷却チャンネル構成を示す、図3の線5-5に沿った概略部分断面図である。

【図6】本開示の一実施形態における波状の冷却チャンネル構成を示す、図1のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

40

【図7】本開示の一実施形態における可変断面積チャンネルを有する冷却チャンネル構成を示す、図1のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図8】本開示の一実施形態におけるテーパ状の断面積チャンネルを有する冷却チャンネル構成を示す、図1のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図9】本開示の一実施形態における直線状の冷却チャンネル構成を示す、図1のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図10】本開示の一実施形態における不規則状の冷却チャンネル構成を示す、図1のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図11】本開示の一実施形態における蛇行状の冷却チャンネル構成を示す、図1のタービ

50

ン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図１２】本開示の一実施形態における下側表面に両端部を有する半径方向冷却チャンネル構成を示す、図１のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図１３】本開示の一実施形態における上側表面に両端部を有する半径方向冷却チャンネル構成を示す、図１のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【図１４】本開示の一実施形態における下側表面に両端部を有するいくつかのチャンネル、および上側表面に両端部を有するいくつかのチャンネル有する半径方向冷却チャンネル構成を示す、図１のタービン構成要素の後縁部分の概略部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

可能な限り、同一の参照符号が同一の部品を表すために図面の全体にわたって使用される。

【００１２】

タービン翼形部の後縁部分に沿った半径方向冷却チャンネルを有するタービン翼形部の後縁を冷却するための方法および装置が、提供される。

【００１３】

本開示の実施形態は、たとえば、本明細書に開示される特徴の１つまたは複数を含まない概念と比較して、タービン翼形部における冷却を提供し、冷却されたタービン翼形部においてより均一な温度を提供し、寿命が高められたタービン翼形部を提供し、またはそれらの組み合わせを提供する。

【００１４】

本明細書で使用される場合、半径方向は、タービンの軸線からより低い半径方向高さの、下側表面５２のような第１の表面とより高い半径方向高さの、上側表面５６のような第２の表面との間の方向に関する配向を指す。

【００１５】

本明細書で使用される場合、後縁部分は、本明細書で説明されるように、内部に形成された冷却チャンネルとは別のチャンバまたは他の空隙空間のない後縁の翼形部の部分を指す。

【００１６】

図１を参照すると、タービン構成要素１０は、根元部１１と、基部１３の根元部１１から基部１３の反対側の先端１４に延びる翼形部１２を含む。いくつかの実施形態では、タービン構成要素１０は、タービンノズルである。いくつかの実施形態では、タービン構成要素１０は、タービンブレードである。翼形部１２の形状は、前縁１５と、後縁１６と、凸状の外側表面を有する負圧側１８と、凸状の外側表面の反対側の凹状の外側表面を有する正圧側２０とを含む。図１には示されていないが、タービン構成要素１０はまた、翼形部１２の基部１３の根元部１１と同様に、翼形部１２の先端１４に外側側壁を含むことができる。

【００１７】

翼形部１２の略弓形の輪郭は、図２および図３により明確に示されている。図２を参照すると、翼形部１２は、金属桁２４に取り付けられたセラミックマトリックス複合（ＣＭＣ）シェル２２を含む。翼形部１２は、金属桁２４上のＣＭＣ材料の１つまたは複数の層の薄いＣＭＣシェル２２として形成される。初期熱分析は、タービン翼形部のＣＭＣシェル２２の後縁部分が高温になり、構造的完全性を保つために冷却が必要となり得ることを示している。図３を参照すると、翼形部１２は、代替的に、金属部品３０として形成される。金属部品は、好ましくは高温超合金である。いくつかの実施形態では、高温超合金は、ニッケル基高温超合金またはコバルト基高温超合金である。

【００１８】

いずれの場合においても、後縁部分４２の半径方向冷却チャンネル４０は、基部１３で後縁部分４２の基部１３の下側部分および／または先端１４の上側部分に供給された冷却流体が、タービン構成要素１０を含むタービンの動作中に後縁部分４２の少なくとも一部を通して後縁部分４２の基部１３の下側部分または先端１４の上側部分から流出することを可能にする。翼形部１２はまた、冷却流体がタービン構成要素１０の根元部１１を介してま

10

20

30

40

50

たは先端 14 を介して供給され得る 1 つまたは複数のチャンバ 32 を含む。

【0019】

図 4～図 11 を参照すると、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 は、下側表面 52 の第 1 の端部 50 および上側表面 56 の第 1 の端部 50 の反対側の第 2 の端部 54 で開口する半径方向冷却チャンネル 40 を含み、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 を通して略半径方向に冷却流体を通過させる。

【0020】

図 12 を参照すると、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 は、下側表面 52 の第 1 の端部 50 および下側表面 52 の第 1 の端部 50 の反対側の第 2 の端部 54 で開口する半径方向冷却チャンネル 40 を含み、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 を通して冷却流体を通過させる。

10

【0021】

図 13 を参照すると、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 は、上側表面 56 の第 1 の端部 50 および上側表面 56 の第 1 の端部 50 の反対側の第 2 の端部 54 で開口する半径方向冷却チャンネル 40 を含み、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 を通して冷却流体を通過させる。

【0022】

図 14 を参照すると、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 は、下側表面 52 の第 1 の端部 50 および下側表面 52 の第 1 の端部 50 の反対側の第 2 の端部 54 で開口するいくつかの半径方向冷却チャンネル 40 と、上側表面 56 の第 1 の端部 50 および上側表面 56 の第 1 の端部 50 の反対側の第 2 の端部 54 で開口するいくつかの半径方向冷却チャンネル 40 とを含み、タービン構成要素 10 の後縁部分 42 を通して冷却流体を通過させる。この対向流設計は、アップパスの半径方向冷却チャンネル 40 が熱を回収して回路のその端部の近くの効率が低下すると、熱回収がほとんどない対向流回路の半径方向冷却チャンネル 40 によって熱回収が補償されるので冷却回路の長さに沿った熱回収を補償し、システムをより効率的にする。

20

【0023】

いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャンネル 40 は、図 4 および図 6～図 14 に示すように、後縁部分 42 の線 4-4 に実質的に沿って形成される。他の実施形態では、半径方向冷却チャンネル 40 は、後縁部分 42 の線 4-4 から離れるか、または翼形部 12 の第 1 のセクション 44 または第 2 のセクション 46 のいずれかに延びることができる。本明細書に開示される輪郭のいずれも、いずれかの方法で配置することができる。図 5 に示すように、半径方向冷却チャンネル 40 の輪郭は、隣接する半径方向冷却チャンネル 40 がタービン軸線から同じ半径方向距離で後縁部分 42 の表面から異なる距離になるように互い違いになっていてもよい。

30

【0024】

後縁部分 42 の半径方向冷却チャンネル 40 は、これらに限定されないが、図 4～図 6 に示すような波状の輪郭、図 11～図 14 に示すような蛇行状の輪郭、図 7 に示すような急激に変化する断面積の輪郭、図 8 に示すようなテーパ状の断面積の輪郭、図 9 に示すような直線状の輪郭、図 10 に示すような不規則状の輪郭、またはそれらの組み合わせを含む任意の外形を有することができる。不規則状の輪郭は、たとえば、ランダムな輪郭などの任意の非反復輪郭であってもよい。2つのセクション 44、46 からの翼形部 12 の形成は、複雑な輪郭を有する半径方向冷却チャンネル 40 の形成を可能にする。

40

【0025】

図 7 の半径方向冷却チャンネル 40 の変化する断面積は、冷却流体の混合を促進することによって冷却流体へのより大きな熱伝達を促進する。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャンネル 40 は、翼形部 12 の形成後に後縁部分 42 に形成されてもよい。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャンネル 40 は、ステム穿孔によって形成される。他の実施形態では、半径方向冷却チャンネル 40 は、ステム穿孔によるそれらの形成を防止する外形を有する。

50

【0026】

図8の半径方向冷却チャンネル40のテーパ状の断面積は、冷却流体が半径方向冷却チャンネル40を通して流れるときに、半径方向冷却チャンネル40に沿って熱を回収しながら冷却流体の体積の増加を補償する。テーパ状の断面積は、半径方向冷却チャンネル40に沿って同様の熱伝達パターンを維持するのを助けることができる。このように、テーパ状は、好ましくは冷却流体の流れの反対方向にある。テーパ配向は、図8に示す交互の方向または同じ方向のいずれかの方向であってもよい。

【0027】

半径方向冷却チャンネル40の断面は、これらに限定されないが、円形状、楕円形状、レーストラック形状、および平行四辺形を含む任意の形状を有することができる。半径方向冷却チャンネル40の断面のサイズおよび形状は、チャンネルに要求される局所冷却効果に応じて、第1の端部50から第2の端部54まで変化してもよい。半径方向冷却チャンネル40の壁は、平滑であってもよく、または半径方向冷却チャンネル40の長さに沿って局所的にまたはすべてが位置したタービュレータによってなど、境界層流を乱すことによって内部熱伝達係数を増大させる1つまたは複数の特徴を有してもよい。

【0028】

翼形部12がCMCシェル22を含む場合、半径方向冷却チャンネル40の少なくとも一部は、CMC材料の層の間に形成されてもよい。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャンネル40のすべては、CMC層の間に形成される。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャンネル40は、CMC材料の形成後にCMC材料を機械加工することによって形成される。他の実施形態では、犠牲材料が、CMC材料の形成中または形成後のいずれかに焼成または熱分解して半径方向冷却チャンネル40を形成する。いくつかの実施形態では、CMCシェル22は、2つの部品として作製され、共に接着されて後縁部分42を形成する。

【0029】

翼形部12が金属部品30として形成される場合、金属部品は、鋳造によって、または代替的に金属三次元(3D)印刷によって形成されてもよい。いくつかの実施形態では、金属部品30は、たとえば図3の線4-4に沿って共にろう付けまたは溶接される2つの金属ピースとして形成される。そのような実施形態では、2つのピースは、凸状の外側表面を有する負圧側18を含む第1のセクション44、および凹状の外側表面を有する正圧側20を含む第2のセクション46であり、半径方向冷却チャンネル40の少なくとも一部は、セクション44、46の表面の一方または両方に形成される。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャンネル40のすべてが、セクション44、46の表面に形成される。他の実施形態では、金属部品30は、金属3D印刷によって単一のピースとして形成されてもよい。

【0030】

金属3D印刷は、複雑な半径方向冷却チャンネル40を含むタービン構成要素10の正確な生成を可能にする。いくつかの実施形態では、金属3D印刷は、コンピュータ制御の下で材料の連続層を形成して、タービン構成要素10の少なくとも一部を生成する。いくつかの実施形態では、粉末化金属を加熱して、粉末を作製中のタービン構成要素10に溶融または焼結させる。加熱方法は、これらに限定されないが、選択的レーザー焼結(SLS)、直接金属レーザー焼結(DMLS)、選択的レーザー溶融(SLM)、電子ビーム溶融(EBM)、およびそれらの組み合わせを含むことができる。いくつかの実施形態では、3D金属プリンタが金属粉末を載置し、次いで高出力レーザーがコンピュータ支援設計(CAD)ファイルからのモデルに基づいて特定の所定の位置でその粉末を溶融する。1つの層が溶融して形成されると、3Dプリンタは、金属構成要素全体が製造されるまで、一度に1つずつ第1の層の上に、または別に指示される場所に金属粉末のさらなる層を載置することによって、プロセスを繰り返す。

【0031】

半径方向冷却チャンネル40は、好ましくは翼形部12の後縁部分42に形成され、後縁部

10

20

30

40

50

分４２を冷却するために冷却流体の通過を可能にする。半径方向冷却チャネル４０は、これらに限定されないが、波状、蛇行状、変化する断面積、直線状、またはそれらの組み合わせを含む略半径方向に冷却流体を通過させる任意の輪郭を有することができる。

【００３２】

いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャネル４０の寸法、輪郭、および／または位置は、タービン構成要素１０を含むタービンの動作中に後縁部分４２を実質的に均一な温度に維持する冷却を可能にするように選択される。

【００３３】

翼形部１２の後縁１６に沿った半径方向冷却チャネル４０は、タービンロータに対して概して半径方向における冷却流体ための通路を提供する。半径方向冷却チャネル４０は、これらに限定されないが、ステム穿孔された孔を含むことができる直線状の半径方向の孔、蛇行状または波状のような複雑な外形、またはそれらの組み合わせを含む任意の外形を有することができる。ステム穿孔された孔より複雑な外形を後縁部分に収容することができ、これは翼形部１２における熱伝達および均一な温度分布に役立つ。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャネル４０は、半径方向冷却チャネル４０の断面積に変動を有し、半径方向冷却チャネル４０の長さに沿って異なる断面積の部分を含む。いくつかの実施形態では、半径方向冷却チャネル４０は、タービン軸線に垂直に互い違いになっており、いくつかは表面の近くにあり、いくつかは表面の下にさらに埋もれている。

【００３４】

本発明を１つまたは複数の実施形態を参照して説明してきたが、本発明の範囲を逸脱することなく、その要素を種々変更させることができ、均等物で置換することができることは当業者によって理解されるであろう。さらに、特定の状況または材料に適応させるために、その本質的範囲から逸脱することなく、本発明の教示に多くの修正を行うことができる。したがって、本発明は、本発明を実施するために考えられる最良の形態として開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、本発明は添付の特許請求の範囲内に属するすべての実施形態を含むことになることを意図している。さらに、詳細な説明で識別されたすべての数値は、正確な値と近似の値の両方が明確に識別されているかのように解釈されるものとする。

【実施態様１】

根元部（１１）と、

前記根元部（１１）から前記根元部（１１）の反対側の先端（１４）に延びる翼形部（１２）であって、前縁（１５）および後縁（１６）に延びる後縁部分（４２）を形成する翼形部（１２）とを含み、

前記翼形部（１２）の前記後縁部分（４２）の複数の半径方向冷却チャネル（４０）は、前記後縁部分（４２）を通る冷却流体の半径方向の流れを可能にするように配置され、各半径方向冷却チャネル（４０）は、前記後縁部分（４２）の根元部（１１）縁の下側表面（５２）、または前記後縁部分（４２）の先端（１４）縁の上側表面（５６）に第１の端部（５０）と、前記下側表面（５２）または前記上側表面（５６）の前記第１の端部（５０）の反対側の第２の端部（５４）とを有する、タービン構成要素（１０）。

【実施態様２】

前記翼形部（１２）が、金属桁（２４）と、前記金属桁（２４）上のシェル（２２）とを含み、前記シェル（２２）が、セラミックマトリックス複合材料を含む実施態様１に記載のタービン構成要素（１０）。

【実施態様３】

前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも一部が、前記セラミックマトリックス複合材料の層の間に形成される実施態様２に記載のタービン構成要素（１０）。

【実施態様４】

前記翼形部（１２）が、金属三次元印刷によって高温超合金で形成される実施態様１に記載のタービン構成要素（１０）。

【実施態様５】

前記翼形部（１２）が、前記翼形部（１２）を形成する第１のセクション（４４）および前記第１のセクション（４４）に溶接またはろう付けされた第２のセクション（４６）とを含み、前記第１のセクション（４４）および前記第２のセクション（４６）が、金属三次元印刷によって形成され、前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも一部が、前記第１のセクション（４４）または前記第２のセクション（４６）の形成された表面に形成される実施態様４に記載のタービン構成要素（１０）。

〔実施態様６〕

前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）が、波状、蛇行状、直線状、不規則状、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される半径方向の外形を有する実施態様１に記載のタービン構成要素（１０）。

〔実施態様７〕

前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも１つが、第１の断面積を有する少なくとも１つの第１のスパンと、前記第１の断面積より大きい第２の断面積を有する少なくとも１つの第２のスパンとを含む実施態様１に記載のタービン構成要素（１０）。

〔実施態様８〕

前縁（１５）と、後縁（１６）に延びる後縁部分（４２）と、前記後縁部分（４２）の複数の半径方向冷却チャネル（４０）とを有する翼形部（１２）を形成することを含み、前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）は、前記後縁部分（４２）を通る冷却流体の半径方向の流れを可能にするように配置され、各半径方向冷却チャネル（４０）は、前記後縁部分（４２）の根元部（１１）縁の下側表面（５２）、または前記後縁部分（４２）の先端（１４）縁の上側表面（５６）に第１の端部（５０）と、前記下側表面（５２）または前記上側表面（５６）の前記第１の端部（５０）の反対側の第２の端部（５４）とを有する、タービン構成要素（１０）を作製する方法。

〔実施態様９〕

前記形成することが、シェル（２２）を金属桁（２４）上に形成して前記翼形部（１２）を形成することを含み、前記シェル（２２）が、セラミックマトリックス複合材料を含む実施態様８に記載の方法。

〔実施態様１０〕

前記金属桁（２４）を形成することをさらに含む実施態様９に記載の方法。

〔実施態様１１〕

前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも一部を前記セラミックマトリックス複合材料の層の間に形成することをさらに含む実施態様９に記載の方法。

〔実施態様１２〕

前記形成することが、前記翼形部（１２）を形成するために高温超合金の金属三次元印刷を含む実施態様８に記載の方法。

〔実施態様１３〕

前記形成することが、第１のセクション（４４）および第２のセクション（４６）を金属三次元印刷することと、前記第１のセクション（４４）を前記第２のセクション（４６）に溶接またはろう付けして前記翼形部（１２）を形成することを含み、前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）の少なくとも一部が、前記第１のセクション（４４）または前記第２のセクション（４６）の形成された表面に形成される実施態様８に記載の方法。

〔実施態様１４〕

前記複数の半径方向冷却チャネル（４０）が、波状、蛇行状、直線状、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される外形を有する実施態様８に記載の方法。

〔実施態様１５〕

タービン構成要素（１０）を冷却する方法であって、冷却流体を前記タービン構成要素（１０）の内部に供給することであって、前記タービン構成要素（１０）は、根元部（１１）と、前記根元部（１１）から前記根元部（１１）の反対側の先端（１４）に延びる翼形部（１

10

20

30

40

50

2)であって、前縁(15)および後縁(16)に延びる後縁部分(42)を形成する翼形部(12)とを含み、前記後縁部分(42)は、前記後縁部分(42)を通る冷却流体の半径方向の流れを可能にするように配置された複数の半径方向冷却チャネル(40)を有し、各半径方向冷却チャネル(40)は、前記後縁部分(42)の根元部(11)縁の下側表面(52)、または前記後縁部分(42)の先端(14)縁の上側表面(56)に第1の端部(50)と、前記下側表面(52)または前記上側表面(56)の前記第1の端部(50)の反対側の第2の端部(54)とを有する供給することと、前記翼形部(12)の前記後縁部分(42)を通る前記複数の半径方向冷却チャネル(40)を通して前記冷却流体を導くこととを含む、方法。

[実施態様16]

前記タービン構成要素(10)を含むタービンを動作させることをさらに含む実施態様15に記載の方法。

[実施態様17]

前記翼形部(12)が、金属桁(24)と、前記金属桁(24)上のシェル(22)とを含み、前記シェル(22)が、セラミックマトリックス複合材料を含む実施態様15に記載の方法。

[実施態様18]

前記複数の半径方向冷却チャネル(40)の少なくとも一部が、前記セラミックマトリックス複合材料の層の間に形成される実施態様17に記載の方法。

[実施態様19]

前記翼形部(12)が、金属三次元印刷によって高温超合金で形成される実施態様15に記載の方法。

[実施態様20]

前記翼形部(12)が、前記翼形部(12)を形成する第1のセクション(44)および前記第1のセクション(44)に溶接またはろう付けされた第2のセクション(46)とを含み、前記第1のセクション(44)および前記第2のセクション(46)が、金属三次元印刷によって形成され、前記複数の半径方向冷却チャネル(40)の少なくとも一部が、前記第1のセクション(44)または前記第2のセクション(46)の形成された表面に形成される実施態様19に記載の方法。

【符号の説明】

【0035】

10 タービン構成要素

11 根元部

12 翼形部

13 基部

14 先端

15 前縁

16 後縁

18 負圧側

20 正圧側

22 CMCシェル

24 金属桁

30 金属部品

32 チャンバ

40 半径方向冷却チャネル

42 後縁部分

44 第1のセクション

46 第2のセクション

50 第1の端部

52 下側表面

10

20

30

40

50

5 4 第 2 の端部
5 6 上側表面

【図面】
【図 1】

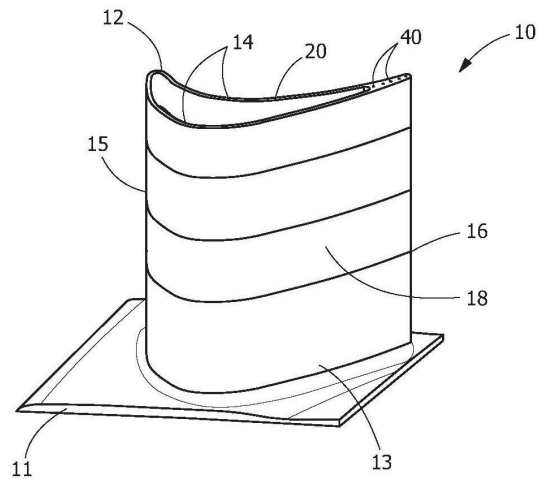


FIG. 1

【図 2】

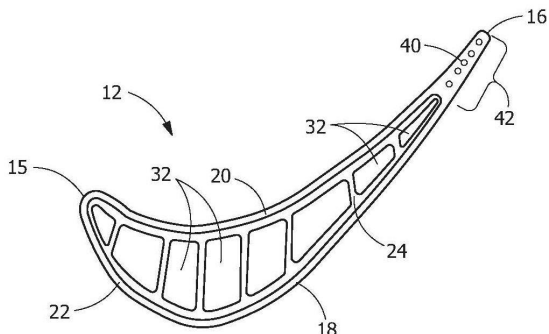


FIG. 2

【図 3】

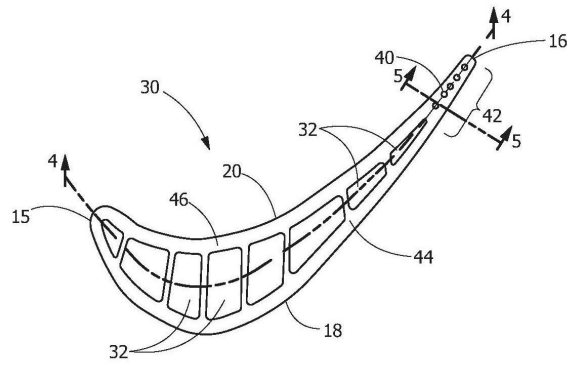


FIG. 3

【図 4】

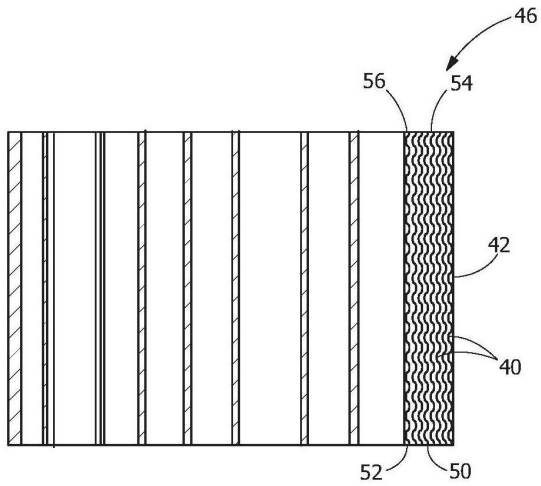


FIG. 4

10

20

30

40

50

【図 5】

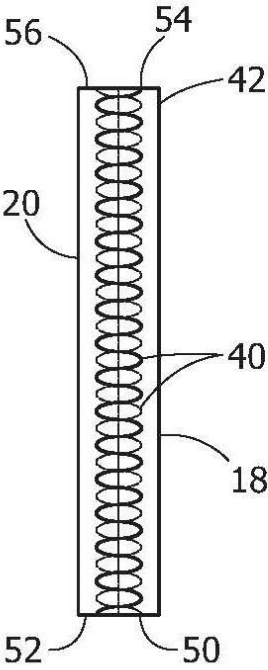


FIG. 5

【図 6】

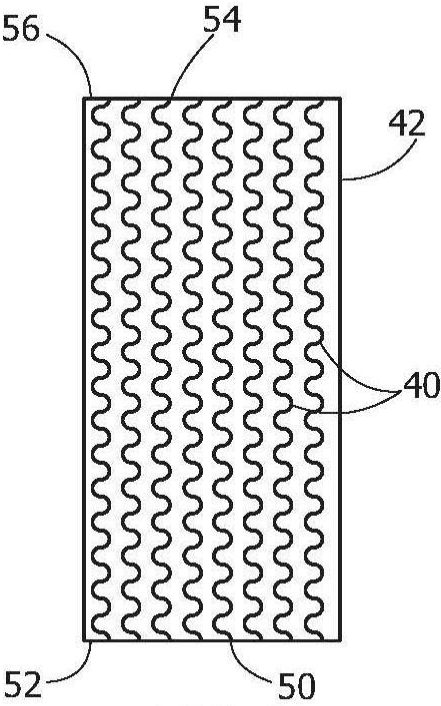


FIG. 6

【図 7】

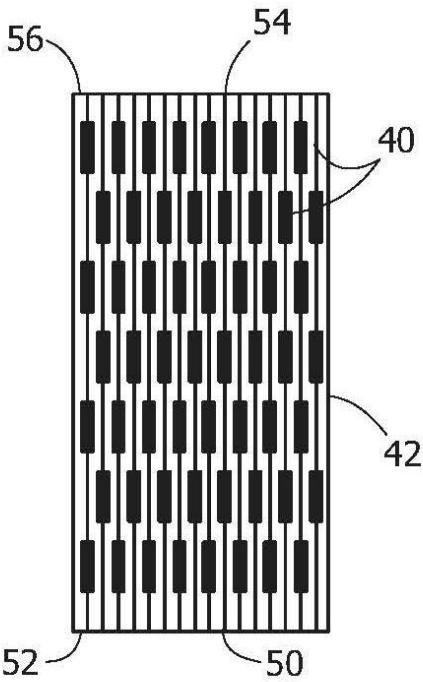


FIG. 7

【図 8】

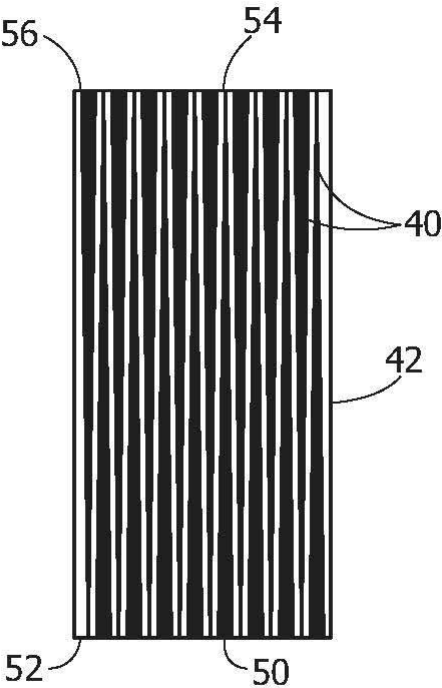


FIG. 8

10

20

30

40

50

【図 9】

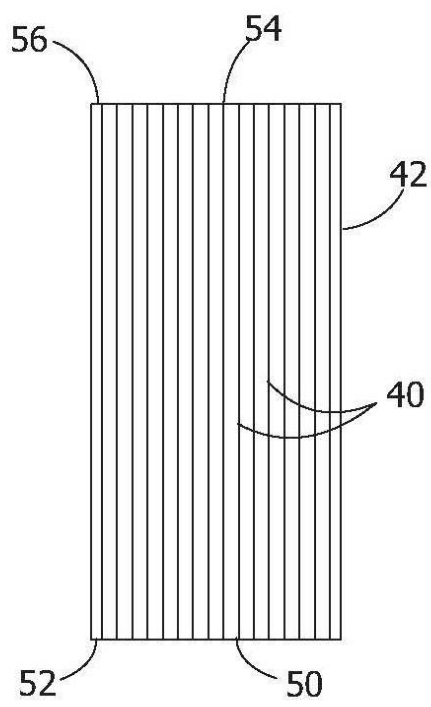


FIG. 9

【図 10】

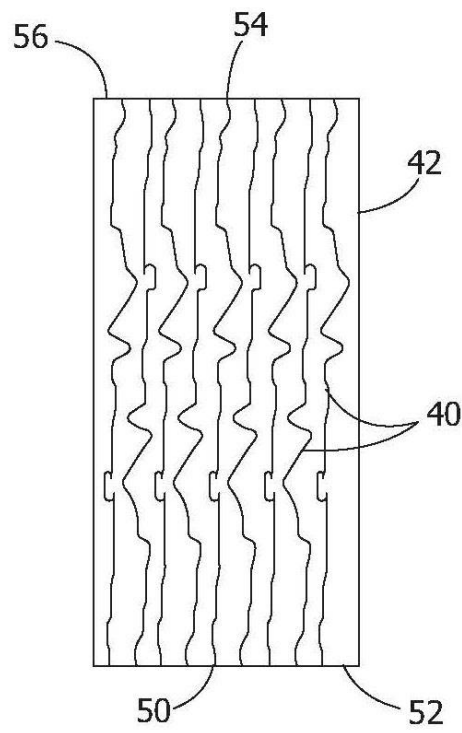


FIG. 10

【図 11】

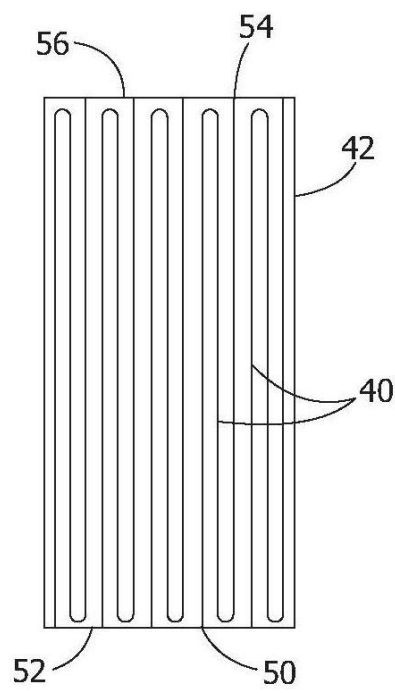


FIG. 11

【図 12】

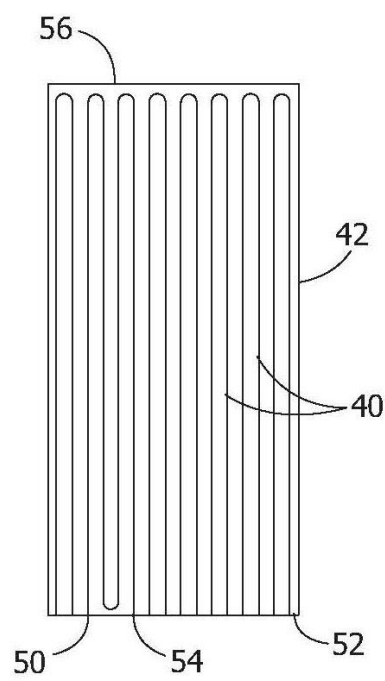


FIG. 12

10

20

30

40

50

【図 1 3】

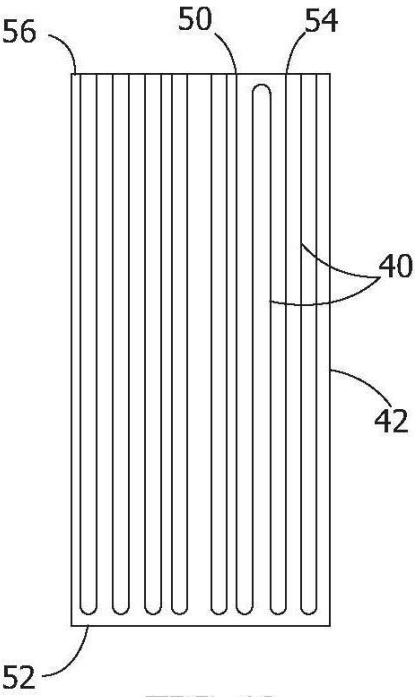


FIG. 13

【図 1 4】

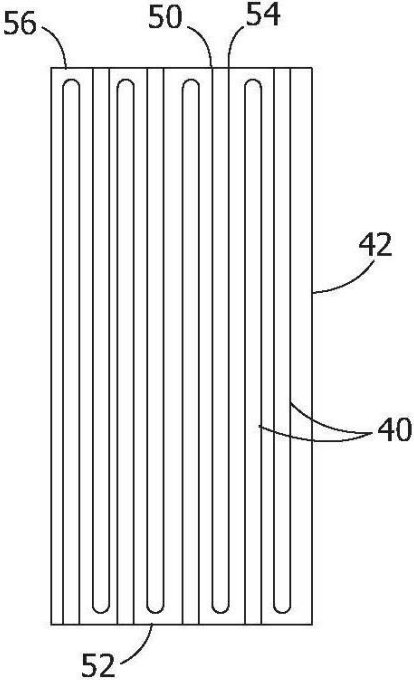


FIG. 14

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 ジェームス・ツァン
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５－４６１４、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００
- (72)発明者 ゲイリー・マイケル・イツェル
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００
- (72)発明者 ジョン・マコーネル・デルヴォー
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００
- (72)発明者 マシュー・トロイ・ハフナー
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・２９６１５－４６１４、グリーンビル、ガーリントン・ロード、３００
- 審査官 吉田 昌弘
- (56)参考文献 特開２００１－２１４７０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２３４５３５（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００９／０１６９３９５（ＵＳ，Ａ１）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)
- | | |
|---------|-----------|
| F 0 1 D | 5 / 1 8 |
| F 0 1 D | 9 / 0 2 |
| F 0 1 D | 5 / 2 8 |
| F 0 1 D | 2 5 / 0 0 |
| F 0 2 C | 7 / 0 0 |
| B 2 3 K | 2 6 / 2 1 |
| B 2 3 K | 2 6 / 3 4 |
| B 2 3 K | 1 5 / 0 0 |