

(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2017-105698

(P2017-105698A)

(43) 公開日 平成29年6月15日(2017.6.15)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
C04B	35/80	(2006.01)	C04B	35/80	600	3C059	
F02C	7/00	(2006.01)	F02C	7/00		3G202	
F02C	7/28	(2006.01)	F02C	7/00		4E168	
F01D	5/28	(2006.01)	F02C	7/28			
F01D	25/00	(2006.01)	F01D	5/28			

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-205594 (P2016-205594)
 (22) 出願日 平成28年10月20日(2016.10.20)
 (31) 優先権主張番号 14/926, 718
 (32) 優先日 平成27年10月29日(2015.10.29)
 (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・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタダイ、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

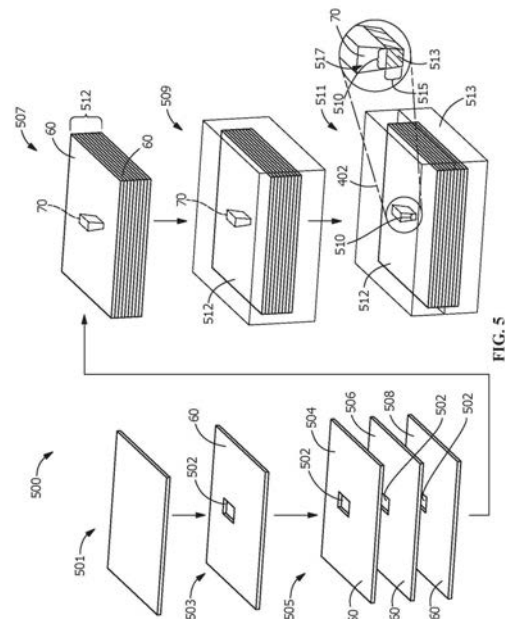
(54) 【発明の名称】 セラミックマトリックス複合材構成要素及びセラミックマトリックス複合材構成要素の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】セラミックマトリックス複合材構成要素及びセラミックマトリックス複合材構成要素の製造方法の提供。

【解決手段】複数のセラミックマトリックス複合材プライ60を互いに重ねて位置付けて、キャビティ70を形成するステップを含み、キャビティ70の少なくとも一部は、緻密化材料の溶浸を可能にするほど十分に小さいターミナル直径510を含み、複数のセラミックマトリックス複合材プライ60を緻密化して緻密体を形成し、該緻密化により、ターミナル直径510を有するキャビティ70の一部が緻密化材料で充填され、緻密体内にキャビティを有するセラミックマトリックス複合材構成要素の製造方法であり、該製造法によるセラミックマトリックス複合材構成要素。微密化材料がケイ素であり、ターミナル直径510は、毛細管力により、ケイ素が吸い込まれる直径より小さい、複合材構成要素。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

セラミックマトリックス複合材構成要素(10)を製造する方法(500)であって、複数のセラミックマトリックス複合材プライ(60)を互いに重ねて位置付けて、緻密化材料の溶浸を可能にするほど十分に小さいターミナル直径(510)をその一部が含むキャビティ(70)を形成するステップと、

前記複数のセラミックマトリックス複合材プライ(60)を緻密化して緻密体を形成するステップと、

を含み、前記緻密化により、前記ターミナル直径(510)を有する前記キャビティ(70)の一部が緻密化材料で充填され、前記緻密体内に前記キャビティが存在する、方法(500)。

10

【請求項 2】

前記キャビティが、前記緻密体内に完全に密封される、請求項 1 に記載の方法(500)。

【請求項 3】

前記キャビティが、テーパ付き幾何形状を含む、請求項 1 に記載の方法(500)。

【請求項 4】

前記キャビティを形成するステップが、レーザ孔加工、放電加工、カッティング及び機械加工からなる群から選択される方法に基づいている、請求項 1 に記載の方法(500)。

20

【請求項 5】

前記複数のセラミックマトリックス複合材プライ(60)を互いに重ねて位置付けて前記キャビティ(70)を形成するステップが、前記複数のセラミックマトリックス複合材プライ(60)の各々にポイド(502)を形成し、該ポイド(502)を前記それぞれのセラミックマトリックス複合材プライ(60)において整列させて、前記構成要素(10)にキャビティ(70)を少なくとも部分的に定めるようにするステップを含み、前記整列が、前記複数のセラミックマトリックス複合材プライ(60)を整列させることを含む、請求項 1 に記載の方法(500)。

【請求項 6】

前記緻密化が、溶融浸透又は化学蒸着を含む、請求項 1 に記載の方法(500)。

30

【請求項 7】

前記キャビティの端部での前記複数のセラミックマトリックス複合材プライ(60)の繊維が、前記キャビティの中心軸に対して10度よりも大きな角度を形成する、請求項 1 に記載の方法(500)。

【請求項 8】

前記緻密化材料がケイ素である、請求項 1 に記載の方法(500)。

【請求項 9】

前記ターミナル直径(510)は、毛細管力によりケイ素が吸い込まれる直径よりも小さい、請求項 1 に記載の方法(500)。

【請求項 10】

前記セラミックマトリックス複合材構成要素(10)が、ライナ、ブレード、シュラウド、ノズル、燃焼器、ノズル端壁、及びブレードプラットフォーム(26)からなる群から選択される、請求項 1 に記載の方法(500)。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、全体的に、発電用ガスタービンに関し、より具体的には、ガスタービンの高温ガス経路タービン構成要素のためのセラミックマトリックス複合材構成要素を形成する方法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

従来の超合金材料から形成されるタービンブレード及びペーンと同様に、CMCブレード及びペーンは、主として、構成要素の軽量化、遠心荷重の低減、及び作動温度の低温下のためキャビティ及び冷却ポイド（空隙）を備えている。これらの特徴要素は、通常、取り外し可能工具と使い捨て工具の組み合わせを用いてCMC構成要素にて形成される。金属及びCMC高温ガス経路ハードウェアの両方を冷却するためには、冷却流要件及び熱勾配/応力を低減する理由から、内部冷却チャンネルが有利である。

【0003】

炭化ケイ素（SiC）ベースのセラミックマトリックス複合材（CMC）材料は、タービンブレード、ペーン、ノズル及びバケットなど、ガスタービンエンジンの特定の構成要素向けの材料として提案されてきた。Silicom、溶融浸透（MI）、化学蒸気浸透（CVI）、ポリマー膨張熱分解（PIP）、及び酸化物/酸化物プロセスを含む、SiCベースの構成要素を製造するための様々な方法が知られている。これらの製造技法は、互いに極めて異なるが、各々は、様々な処理段階で加熱を含むプロセスを通じてニアネットシェイプ部品を生成するために、ハンドレイアップ及び治工具又はダイの使用を含む。

10

【0004】

CMC構成要素に内部通路又はキャビティを形成する現行の製造方法は、バーンアウトサイクル中に内部通路から「溶出」又は除去する必要がある材料を使用している。キャビティを有するCMC構成要素の形成は、プリフォームを用いることを含む、複数のステップを含む。最初に、複数のセラミックプライ（その一部は、強化材料を含むことができ、又はマトリックスが予備含浸される）が、予め定められたパターンでマンドレル又はモールド上にレイアップされて、構成要素の所望の最終形状又はニアネット形状並びに所望の機械的特性を提供するようにする。マンドレルは一般に、スズ、ビニル、又は他の溶融可能材料のような材料から選択される。レイアッププライは、SiCのようなマトリックス材料が予備含浸（プリレグ）されるか、又はプライのレイアップ後にマトリックスを含浸させることができる。マンドレルは、CMCプリフォームの緻密化の前にバーンアウトサイクルにより除去される。バーンアウトサイクルにおいて、CMCプリフォームが反転され、スズ、ビニル又は他の溶融可能材料のようなマンドレル形成材料は、プリフォームCMCの開放先端を通じて溶出されて、開放先端領域が残される。

20

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第8,257,809号明細書

【発明の概要】

【0006】

1つの実施形態において、セラミックマトリックス複合材構成要素を製造する方法が開示される。本方法は、複数のセラミックマトリックス複合材プライを互いに重ねて位置付けて、キャビティを形成するステップを含む。キャビティの少なくとも一部は、緻密化材料の溶浸を可能にするほど十分に小さいターミナル直径を含む。複数のセラミックマトリックス複合材プライを緻密化して緻密体を形成する。緻密化により、ターミナル直径を有するキャビティの一部が緻密化材料で充填され、緻密体内にキャビティが存在するようになる。

40

【0007】

別の実施形態において、セラミックマトリックス複合材構成要素が開示される。セラミックマトリックス複合材は、緻密体を形成する複数のセラミックマトリックス複合材プライを含む。複数のセラミックマトリックス複合材プライは、緻密体内にキャビティを形成する。キャビティの一部は、溶浸された緻密化材料を有するターミナル直径を含む。

【0008】

本発明の他の特徴及び利点は、例証として本発明の原理を示す添付図面を参照しながら

50

、以下のより詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示のセラミックマトリックス複合材（CMC）構成要素の斜視図。

【図2】本開示による、図1の方向2-2で見た断面図。

【図3】本開示による、図1の方向3-3で見た断面図。

【図4】本開示による構成要素の斜視図。

【図5】本開示の実施形態による、CMC構成要素を形成するプロセスの概略的斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

可能な限り、図面全体を通じて同じ要素を示すために同じ参照符号が使用される。

【0011】

本開示の実施形態は、例えば、本明細書で開示される特徴の1又はそれ以上を含まない概念と比較して、壁貫通熱勾配を低減する壁近傍冷却並びに高温ガス経路ハードウェアのより効率的な冷却を可能にし、また、部品の冷却要求及び流量を軽減する能力を有するより効率的な冷却を可能にする。本開示の実施形態はまた、より少ない冷却流で高いタービン性能を得ることを可能にする。加えて、本開示の構成要素はより低い熱勾配を有し、結果として、より小さな応力、長寿命、及び製品寿命コストの低減、並びにより優れた設計の柔軟性をもたらす。本開示による方法は、低コストで複雑さが低減され、コスト及び時間のかかる冷却チャンネルの浸出を必要としない。更に、本開示による方法は、加工処理後に冷却チャンネルに残る残留犠牲材料のリスクがない。

【0012】

本発明の種々の実施形態の要素を導入する際に、冠詞「a」、「an」、「the」、及び「said」は、要素の1つ又はそれ以上が存在することを意味するものとする。用語「備える」、「含む」、及び「有する」は、包括的なものであり、記載した要素以外の付加的な要素が存在し得ることを意味する。

【0013】

出力を発生させるのに使用されるシステムは、限定ではないが、発電用の地上ベースの航空機転用エンジンのようなガスタービン、蒸気タービン、及び他のタービン組立体を含む。特定の用途において、ターボ機械（例えば、タービン、圧縮機、及びポンプ）を含む発電システム及び他の機械は、過酷な摩耗条件に晒される構成要素を含む場合がある。例えば、ブレード、パケット、ケーシング、ロータホイール、シャフト、シュラウド、ノズル、及びその他などの特定の発電システム構成要素は、高熱及び高回転環境で作動する場合がある。これらの構成要素は、セラミックマトリックス複合材を用いて製造され、これらの構成要素はまた、冷却通路を含むことができる。本開示は、冷却通路を含むセラミックマトリックス複合材（CMC）構成要素を形成する方法を提供する。本開示の例示的な実施形態は、図1～3においてはタービンブレードとして示されているが、本開示は、例示の構造に限定されない。

【0014】

図1は、限定ではないが、タービンブレード又はタービンペーンなどの構成要素10の斜視図である。図1は、タービンブレードを示しているが、本開示による他の好適な構成要素には、限定ではないが、ライナ、ブレード、シュラウド、ノズル、燃焼器、ノズル端壁、ブレードプラットフォーム、又は他の高温ガス経路構成要素が挙げられる。構成要素10は、好ましくは、セラミックマトリックス複合材（CMC）材料から形成される。構成要素10の材料には、限定ではないが、アルミナ、ムライト、窒化ホウ素、炭化ホウ素、サイアロン（ケイ素、アルミニウム、酸素、及び窒素）、金属間化合物、及びこれらの組み合わせなどの酸化物ベースのCMCを含む。構成要素10の材料の好適な実施例は、限定ではないが、AN-720（酸化物-酸化物ベース、カリフォルニア州San Diego所在のCOI Ceramics, Inc., から入手可能）、又はハイブリッド酸化物CMC材料を含む。構成要素10を作るのに使用される材料の好適な実施例は、

10

20

30

40

50

限定ではないが、種々のバインダーと共にSiC及び炭素マトリックスが含浸されたSiC繊維を含む。構成要素10は、高温排気ガスの流れが配向される翼形部22を含む。翼形部22は、先端30からダブテール24まで延びる。構成要素10は、ダブテール24によってタービンディスク(図示せず)に装着され、該ダブテール24は、翼形部22から下向きに延びてタービンディスク上のスロットに係合する。プラットフォーム26は、翼形部22がダブテール24に接合される領域から横方向外向きに延びる。構成要素10は、図2に示すように、翼形部22の内部に沿って延びる少なくとも1つのプレナム50を含む。発電システムの作動中、冷却空気の流れは、プレナム50を通して配向されて、翼形部22の温度を低下させる。

【0015】

図2は、形成された構成要素10の内部キャビティ70を示す、図1の方向2-2で見た構成要素10の断面図である。複数のセラミックマトリックス複合材プライ60(明確にするために僅かな数だけが示されている)が周囲を囲んで内部キャビティ70を形成する。図2に示すように、セラミックマトリックス複合材プライ60は、セラミックマトリックス複合材プライ60内に形成され且つこれらプライ60間に延びるキャビティ70を含む。また、図2で分かるように、構成要素において形成されるキャビティは、テーパ付き幾何形状を含む。テーパ付き幾何形状は、セラミックマトリックス複合材プライの一方端においてより大きな直径を含み、セラミックマトリックス複合材プライ60の反対側の端部にてより小さな直径を含む。

【0016】

図3は、キャビティ70を内部に形成したセラミックマトリックス複合材プライ60を示す、図1の方向3-3で見た構成要素10の断面図である。キャビティ70は、セラミックマトリックス複合材プライ60を通して延びて、内部を通る流体の流れを可能にするのに十分な開口を形成する。

【0017】

セラミックマトリックス複合材プライ60及びキャビティ70の配列は、概略的に示され、例示の目的で拡大されている。セラミックマトリックス複合材プライ及びボイドのサイズ及び幾何形状は、図1~3に示すものに限定されない。加えて、キャビティ70は、構成要素10の内部にあるように図示されているが、別の実施形態では、キャビティ70は、プレナム50、構成要素10の外部にある他のキャビティ70、又はこれらの組み合わせに開放されて流体連通している。

【0018】

図4は、本開示による構成要素10の斜視図を示し、ここでキャビティ70は、構成要素10の内部に存在している。図4に示すように、構成要素10は、キャビティ70においてキャップ又は封鎖部を形成する緻密化されたマトリックス材料402を含む。キャビティ70は、中空で且つ流体の流れを可能にする構成要素10の部分と、流体の流れを阻止又は実質的に阻止する緻密化されたマトリックス材料402の部分とを備えたテーパ付き幾何形状を含む。

【0019】

図5は、本開示による、内部キャビティ70(同様に図4を参照)を有するCMC構成要素10を形成するプロセスを概略的に示している。図5に示すように、構成要素10は、レイアップ技法を用いて形成される。プロセス500は、セラミックマトリックス複合材プライ60を提供するステップを含む(ステップ501)。セラミックマトリックス複合材プライ60は、単一のプライ、又は積層スタックに形成された連続プライのような複数のプライとすることができる。プライ60の1つの実施例は、限定ではないが、例えば、織り成りの炭素繊維、バインダー材料及びコーティングSiC繊維を含む、プリプレグ複合材プライを含む。プライ60用の他の好適な材料は、アルミナ、ジルコニア、チタニア、マグネシウム、シリカ、ムライト、及び/又はスピネルを含有する酸化物、ケイ素、ホウ素、及び/又はチタンを含有する炭化物、ケイ素を含有する窒化物、及びホウ素を含む。プライ60で使用するのに好適な他の既知の繊維は、Nextel(ネクステル)、

10

20

30

40

50

Nicalon (ニカロン)、Hi-Nicalon、Tyranno、及びSylramic 繊維を含む。セラミックマトリックス複合材プライ60を提供するステップの後、セラミックマトリックス複合材プライ60にボイド502が形成される(ステップ503)。ボイド502は、CMC材料において開口を形成するための何れかの好適な技法を用いて形成される。ボイドの幾何形状は、冷却流を受け取るため、円形、湾曲、楕円、直線状、又は他の好適な幾何形状を含む何れかの好適な幾何形状を含む。1つの実施形態において、ボイド502は直線状スロットである。好適なボイド形成技法は、セラミックマトリックス複合材プライ60のセラミックマトリックス複合材のレーザ孔加工、放電加工、及びカッティング又は機械加工を含む。1つの実施形態において、ボイド502は、図5に示されるように連続シート状に形成される。別の実施形態において、ボイド502は、
10 プライ60において開口を不連続的に形成することにより形成され、縁部に沿ってカッティング又は他の方法で除去された部分を各々が有するプライ60が組み合わされて、ボイド502を形成する。セラミックマトリックス複合材プライ60の各々におけるボイド502は、ターミナル直径510が形成されたキャビティの寸法の1つに提供されるように構成される。ターミナル直径510は、マトリックス材料が緻密化の間に流動して固化し、キャビティ70のキャップ又は封鎖部を形成できるようにする直径である。用語「ターミナル直径」が利用されるが、断面の直径は、特定の断面幾何形状に基づいた液圧直径であり、潤辺と断面積の関数であることを理解されたい。

【0020】

セラミックマトリックス複合材プライ60にボイド502が形成された後、第1のセラミックマトリックス複合材プライ504、506、及び508は、それぞれのセラミックマトリックス複合材プライ60のボイドが整列して、キャビティの少なくとも一部に沿ってターミナル直径をもたらす幾何形状を有するキャビティ70を定めるように、互いに対して位置付けられる(ステップ505)。整列したボイド502のスタックにより、キャビティ70が形成される。この整列は、ボイド502が、隣接するセラミックマトリックス複合材プライに一致する幾何形状を有して、キャビティ70内のある点においてターミナル直径510を含めるようにボイドの直径の調整変更を可能にするようなものである。図5に示すように、ターミナル直径510は、重力方向に対してスタック512の底部から所定距離515における箇所でのキャビティ70に沿っている。本開示は、図5に示すセラミックマトリックス複合材プライ60の数に限定されない。セラミックマトリックス
20 複合材プライ60の数は、構成要素10の所望のサイズ及び構成に基づいて変化し、特定の限定されるものではない。図5には図示されていないが、1つの実施形態において、キャビティ70は、複数のセラミックマトリックス複合材プライ60のスタック512形成される。キャビティ70の形成は、限定ではないが、レーザ孔加工、放電加工、及びカッティング又は機械加工などの形成技法によるものとすることができる。

【0021】

キャビティのターミナル直径510は、マトリックス材料がキャビティ70への毛細管力に応じて移動して固化し、キャップ又は封鎖部を提供するのに十分に小さな寸法を有するキャビティ寸法として定義される。1つの実施形態において、ターミナル直径510は、1000分の約80(0.080インチ)未満の液圧直径である。1つの実施形態において、キャビティは、1000分の約5(0.005インチ)~1000分の約80(0.080インチ)、1000分の約20(0.020インチ)~1000分の約75(0.075インチ)、又は1000分の約30(0.030インチ)~1000分の約70(0.070インチ)の範囲である。
40

【0022】

キャビティ70は、該キャビティを囲むセラミックマトリックス複合材プライによりスタック512において形成される(ステップ507)。スタック512がオートクレーブに載置されて、オートクレーブサイクルが完了する(ステップ509)。スタック512は、当該産業においてセラミック複合材材料に使用される典型的なオートクレーブ圧力及び温度サイクルを受ける。オートクレーブは、プライに残存する何らかの揮発性物質を取
50

り出し、プライ材料に応じてオートクレーブ条件を変えることができる。オートクレーブ後、バーンアウトプロセスを実施して、スタック 5 1 2 において何らかの残留するマンドレル材料又は追加のバインダーを除去する。バーンアウトプロセスは、一般に、約 4 2 6 ~ 6 4 8 ° C (約 8 0 0 ~ 1 2 0 0 ° F) の温度で実施される。

【 0 0 2 3 】

バーンアウト後、緻密化のためプリフォーム構成要素が真空炉内に載置される (ステップ 5 1 1) 。緻密化は、限定ではないが、S i l i c o m p、溶融浸透 (M I)、化学蒸気浸透 (C V I)、ポリマー膨張熱分解 (P I P)、及び酸化物 / 酸化物プロセスを含む、何れかの既知の緻密化技法を用いて実施される。緻密化は、ケイ素又は他の溶浸材料がプリフォーム構成要素内に溶融浸透することを可能にするため、1 2 0 0 ° C を超える温度の設定大気を有する真空炉において実施することができる。図 5 に示すように、1 つの好適な緻密化方法は、溶融マトリックス材料がスタック 5 1 2 内に引き込まれて固化を可能にする溶融浸透である。スタックは、マトリックス材料が緻密化されたマトリックス材料 4 0 2 のキャップ又は封鎖部を形成することが可能となるようなキャビティ 7 0 のターミナル直径 5 1 0 を含む。しかしながら、キャビティ 7 0 の内部の中空部分 5 1 7 は、緻密化後でも開いたまま中空であり、冷却流体の流れを可能にするのに十分である。緻密化後、緻密化されたスタック 5 1 2 又は緻密体は、図 4 に示すように内部キャビティ 7 0 を含み、構成要素 1 0 の少なくとも一部を形成する。

10

【 0 0 2 4 】

1 つの実施形態において、キャビティ 7 0 の内部の中空部分 5 1 7 が構成要素 1 0 において十分に大きく且つ開放され、冷却材又は他の流体がそこを通過して配向されて構成要素 1 0 に冷却を提供するようになっている。しかしながら、ターミナル直径 5 1 0 を有するセラミックマトリックス複合材プライ 6 0 にて形成された緻密化されたマトリックス材料 4 0 2 は、冷却材又は他の流体の流れを実質的に阻止する封鎖部を形成する。例えば、図 5 に示すプロセスに従って製造されるキャビティ 7 0 は閉鎖され、構成要素 1 0 の内部にある。1 つの実施形態において、構成要素 1 0 に機械加工又は他の方法で開口が形成され、キャビティに対して貫流を可能にする入口及び / 又は出口を提供する。冷却用のキャビティ 7 0 は、送給孔及び高温ガス経路ダンプ孔のような開口を機械加工又は他の方法で構成要素 1 0 内に形成することによって、プレナム 5 0、構成要素の外部にある他のキャビティ 7 0 との間の送給及び / 又は排出を可能にすることができる。

20

30

【 0 0 2 5 】

別の実施形態において、キャビティ 7 0 は、該キャビティ 7 0 の全体又は大部分がターミナル直径 5 1 0 を含むように形成することができ、ここで溶融マトリックス材料 5 1 3 の流れが促進又は強化され、緻密化中のマトリックス材料の迅速で及び / 又はより均一な分配を可能にする。

【 0 0 2 6 】

1 つの実施形態において、キャビティの端部における複数のセラミックマトリックス複合材プライの繊維は、キャビティの中心軸に対して 1 0 度よりも大きな角度を形成する。

【 0 0 2 7 】

1 又はそれ以上の実施形態を参照しながら本発明を説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく種々の変更を行うことができ且つ本発明の要素を均等物で置き換えることができる点は、当業者であれば理解されるであろう。加えて、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の状況又は物的事項を本発明の教示に適合するように多くの修正を行うことができる。従って、本発明は、本発明を実施するために企図される最良の形態として開示した特定の実施形態に限定されるものではなく、また本発明は、提出した請求項の技術的範囲内に属する全ての実施形態を包含することになるものとする。

40

【 0 0 2 8 】

最後に、代表的な実施態様を以下に示す。

[実施態様 1]

セラミックマトリックス複合材構成要素を製造する方法であって、

50

複数のセラミックマトリックス複合材プライを互いに重ねて位置付けて、緻密化材料の溶浸を可能にするほど十分に小さいターミナル直径をその一部が含むキャビティを形成するステップと、

上記複数のセラミックマトリックス複合材プライを緻密化して緻密体を形成するステップと、

を含み、上記緻密化により、上記ターミナル直径を有する上記キャビティの一部が緻密化材料で充填され、上記緻密体内に上記キャビティが存在する、方法。

[実施態様 2]

上記キャビティが、上記緻密体内に完全に密封される、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 3]

上記キャビティが、テーパ付き幾何形状を含む、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 4]

上記テーパ付き幾何形状が、上記複数のセラミックマトリックス複合材プライの少なくとも一部の間にもボイド幾何形状の差違を含む、実施態様 3 に記載の方法。

[実施態様 5]

上記セラミックマトリックス複合材プライが、予備含浸されたセラミックマトリックス複合材プライである、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 6]

上記キャビティを形成するステップが、レーザ孔加工、放電加工、カッティング及び機械加工からなる群から選択される方法に基づいている、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 7]

上記複数のセラミックマトリックス複合材プライを互いに重ねて位置付けて上記キャビティを形成するステップが、上記複数のセラミックマトリックス複合材プライの各々にボイドを形成し、該ボイドを上記それぞれのセラミックマトリックス複合材プライにおいて整列させて、上記構成要素にキャビティを少なくとも部分的に定めるようにするステップを含み、上記整列が、上記複数のセラミックマトリックス複合材プライを整列させることを含む、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 8]

上記緻密化が、溶融浸透又は化学蒸着を含む、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 9]

上記キャビティの端部での上記複数のセラミックマトリックス複合材プライの繊維が、上記キャビティの中心軸に対して 10 度よりも大きな角度を形成する、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 10]

上記緻密化材料がケイ素である、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 11]

上記ターミナル直径は、毛細管力によりケイ素が吸い込まれる直径よりも小さい、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 12]

上記セラミックマトリックス複合材構成要素が、ライナ、ブレード、シュラウド、ノズル、燃焼器、ノズル端壁、及びブレードプラットフォームからなる群から選択される、実施態様 1 に記載の方法。

[実施態様 13]

セラミックマトリックス複合材構成要素であって、

緻密体を形成する複数のセラミックマトリックス複合材プライを備え、該複数のセラミックマトリックス複合材プライが、上記緻密体内にキャビティを形成し、該キャビティの一部が、溶浸された緻密化材料を有するターミナル直径を含む、セラミックマトリックス複合材構成要素。

[実施態様 14]

上記キャビティが、緻密体内に完全に密封される、実施態様 8 に記載のセラミックマト

10

20

30

40

50

リックス複合材構成要素。

[実施態様 15]

上記キャビティが、テーパ付き幾何形状を含む、実施態様 8 に記載のセラミックマトリックス複合材構成要素。

[実施態様 16]

上記テーパ付き幾何形状が、上記複数のセラミックマトリックス複合材プライの少なくとも一部の間にはボイド幾何形状の差違を含む、実施態様 14 に記載のセラミックマトリックス複合材構成要素。

[実施態様 17]

直線状の境界が、レーザ孔加工された境界、放電加工された境界、カッティング境界及び機械加工境界からなる群から選択された境界である、実施態様 8 に記載のセラミックマトリックス複合材構成要素。

10

[実施態様 18]

高温ガス経路タービン構成要素が、ライナ、ブレード、シュラウド、ノズル、燃焼器、ノズル端壁、及びブレードプラットフォームからなる群から選択される、実施態様 8 に記載のセラミックマトリックス複合材構成要素。

[実施態様 19]

上記キャビティの端部での上記複数のセラミックマトリックス複合材プライの繊維が、上記キャビティの中心軸に対して 10 度よりも大きな角度を形成する、実施態様 8 に記載のセラミックマトリックス複合材構成要素。

20

[実施態様 20]

上記ターミナル直径は、毛細管力によりケイ素が吸い込まれる直径よりも小さい、実施態様 8 に記載のセラミックマトリックス複合材構成要素。

【符号の説明】

【0029】

10 構成要素

22 翼形部

24 ダブテール

26 プラットフォーム

30 先端

30

50 Plenum

60 セラミックマトリックス複合材プライ

70 キャビティ

402 緻密化されたマトリックス材料

500 プロセス

502 ボイド

504 セラミックマトリックス複合材プライ

506 セラミックマトリックス複合材プライ

508 セラミックマトリックス複合材プライ

510 ターミナル直径

40

512 スタック

513 溶融マトリックス材料

515 距離

517 内部中空部分

【 図 1 】

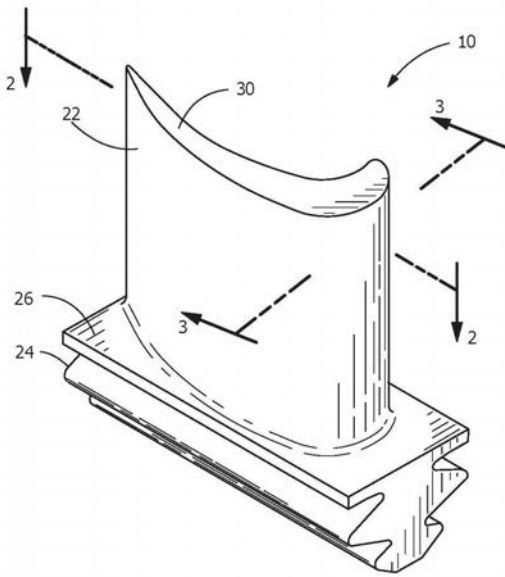


FIG. 1

【 図 2 】

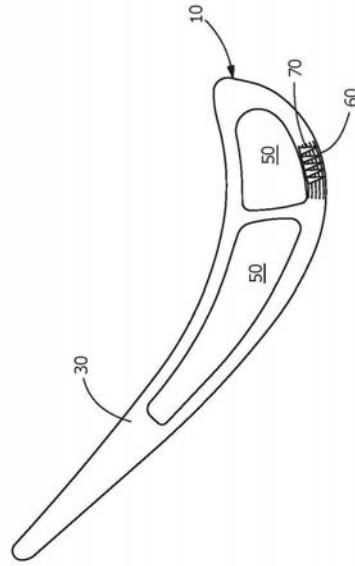


FIG. 2

【 図 3 】

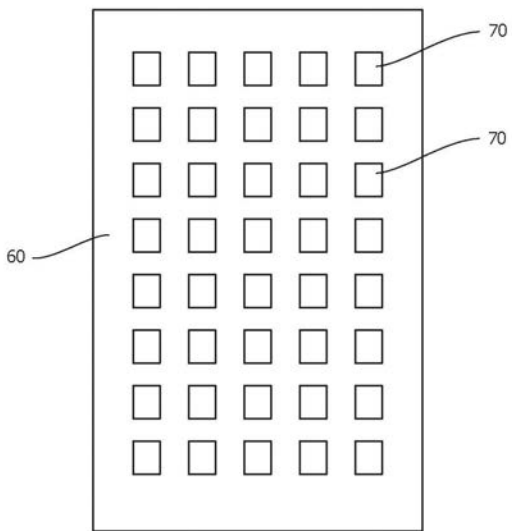


FIG. 3

【 図 4 】

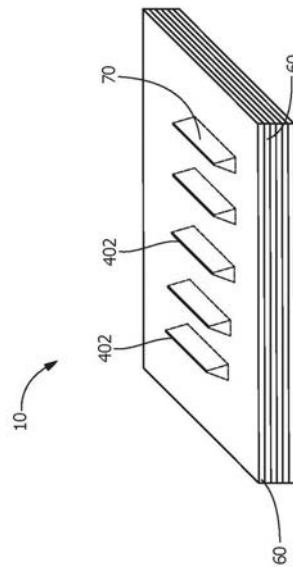
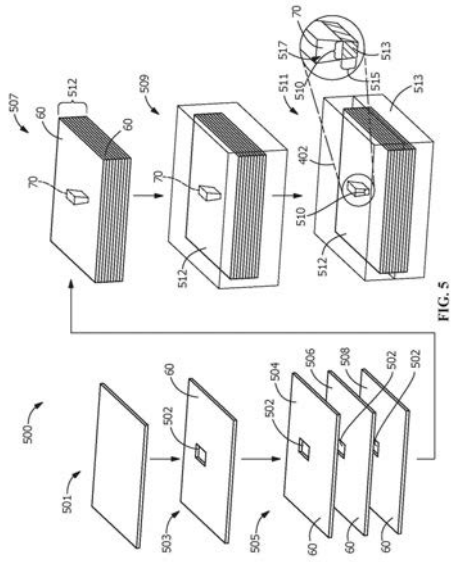


FIG. 4

【 図 5 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
B 2 3 H 9/10 (2006.01)	F 0 1 D	25/00		X
B 2 3 H 9/14 (2006.01)	F 0 1 D	25/00		L
B 2 3 K 26/382 (2014.01)	B 2 3 H	9/10		
B 2 3 K 26/402 (2014.01)	B 2 3 H	9/14		
C 0 4 B 41/88 (2006.01)	B 2 3 K	26/382		
	B 2 3 K	26/402		
	C 0 4 B	41/88		U

(72)発明者 ジェイコブ・ジョン・キトルソン
 アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
 300番

(72)発明者 ビクター・ジョン・モーガン
 アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、
 300番

Fターム(参考) 3C059 AA01 HA02 HA13 HA14
 3G202 EA02 EA08 EA09
 4E168 AD11 JA15 JB04

【外国語明細書】

2017105698000001.pdf