

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6325192号
(P6325192)

(45) 発行日 平成30年5月16日(2018.5.16)

(24) 登録日 平成30年4月20日(2018.4.20)

(51) Int.Cl.

F 1

F02C	7/00	(2006.01)	F 02 C	7/00	D
F01D	5/28	(2006.01)	F 02 C	7/00	C
F01D	9/02	(2006.01)	F 01 D	5/28	
F01D	25/00	(2006.01)	F 01 D	9/02	1 O 1
B28B	1/52	(2006.01)	F 01 D	25/00	L

請求項の数 15 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-16278 (P2013-16278)
(22) 出願日	平成25年1月31日 (2013.1.31)
(65) 公開番号	特開2014-1723 (P2014-1723A)
(43) 公開日	平成26年1月9日 (2014.1.9)
審査請求日	平成28年1月27日 (2016.1.27)
(31) 優先権主張番号	13/446, 465
(32) 優先日	平成24年4月13日 (2012.4.13)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(74) 代理人	100113974 弁理士 田中 拓人
(72) 発明者	フィリップ・ハロルド・モナハン アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・2 9615、グリーンヴィル、ガーリングト ン・ロード、300番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティを形成する方法、及びセラミックマトリクス複合材部品を形成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックマトリクス部品(10)用の予備成形セラミックマトリクス複合材(CMC)キャビティ(100)を形成する方法であって、
マンドレル(110)を用意する段階と、
マンドレル(110)にベースプライ(112)を取り付ける段階と、
ベースプライ(112)に1以上のCMCプライ(114)をレイアップする段階と、
マンドレル(110)を除去する段階と、
ベースプライ(112)及び1以上のCMCプライ(114)を緻密化する段階と
を含んでなり、緻密化したベースプライ(112)及び1以上のCMCプライ(114)が所望の形状及びその内部に形成されたキャビティ(120)であって、前記マンドレル(1)の形状に一致しつつ前記部品(10)の内部空間に沿って延びるキャビティ(120)を有する、方法。

【請求項 2】

マンドレル(110)にベースプライ(112)を取り付ける段階の前に、先端部材(130)をマンドレル(110)に隣接して配置する追加の段階を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

マンドレル(110)を除去した後に、先端部材(130)を機械加工して付加的な材料を除去する追加の段階を含む、請求項2記載の方法。

【請求項 4】

マンドレル (110) を除去した後に、第1の組のCMCプライ (602) をレイアップ治具 (200) 内でレイアップし、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100) を、レイアップ治具 (200) 内の第1の組のCMCプライ (602) に適用する追加の段階を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 5】

予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100) を適用した後に、第2の組のCMCプライ (604) を予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100) にレイアップする追加の段階を含む、請求項4記載の方法。

【請求項 6】

第2の組のCMCプライ (604) をレイアップした後に、レイアップ治具 (200) 内の第1の組のCMCプライ (602)、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100)、及び第2の組のCMCプライ (604) を処理してセラミックマトリクス複合材部品 (10) を形成する追加の段階を含む、請求項5記載の方法。

【請求項 7】

緻密化する段階が溶解浸透又は化学蒸着を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 8】

マンドレル (110) を除去する段階が熱的又は化学的除去方法を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 9】

セラミックマトリクス複合材部品 (10) を形成する方法であって、第1の面 (206) 及び第2の面 (207) を有するレイアップ治具 (200) を用意する段階と、

レイアップ治具 (200) の第1の面 (206) に第1のベースプライ (600) を取り付ける段階と、

第1のベースプライ (600) に隣接して第1の組のCMCプライ (602) をレイアップする段階と、

マンドレル (110) の形状に一致するキャビティ (120) と、キャビティ (120) を画成する緻密化ベースプライと緻密化ベースプライに付着された1以上の緻密化されたレイアップとを備え、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティ (120) であつて前記部品 (10) の内部空間に沿って延びるキャビティ (120) を有する予備成形セラミックマトリクス複合材を用意する段階と、

予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100) をレイアップ治具 (200) 内の第1の組のCMCプライ (602) に隣接して配置する段階と、

予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100) に隣接して第2の組のCMCプライ (604) をレイアップする段階と、

第2の組のCMCプライ (604) に、レイアップ治具 (200) の第2の面 (207) に隣接する第2のベースプライ (606) を取り付ける段階と、

第2のベースプライ (606) を取り付けた後に、第1のベースプライ (600)、第1の組のCMCプライ (602)、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100)、第2の組のCMCプライ (604)、及び第2のベースプライ (606) をオートクレーブする段階と、

第1のベースプライ (600)、第1の組のCMCプライ (602)、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ (100)、第2の組のCMCプライ (604)、及び第2のベースプライ (606) を緻密化する段階と

を含んでなり、セラミックマトリクス複合材は、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティ (120) を有して形成される、方法。

【請求項 10】

セラミックマトリクス複合材キャビティ (100) は先端部材 (130) を含む、請求項9記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

緻密化の後に、先端部材(130)を予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ(100)内に挿入する追加の段階を含む、請求項9記載の方法。

【請求項 1 2】

緻密化の後に、セラミックマトリクス複合材を所望の形状に機械加工する追加の段階を含む、請求項9記載の方法。

【請求項 1 3】

緻密化が、溶解浸透又は化学蒸着を含む、請求項9記載の方法。

【請求項 1 4】

オートクレーブした後に、治具を除去する追加の段階を含む、請求項13記載の方法。

10

【請求項 1 5】

治具を除去した後に、第1のベースプライ(600)、第1の組のCMCプライ(602)、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ(100)、第2の組のCMCプライ(604)、及び第2のベースプライ(606)を燃焼処理に付す追加の段階を含む、請求項14記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に発電用のガスタービンに関し、より詳細には、ガスタービン用のセラミックマトリクス複合材部品を形成する方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

炭化ケイ素(SiC)基セラミックマトリクス複合材(CMC)の材料が、タービン動翼、静翼、ノズル、バケットなどの、ガスタービンの特定の部品用の材料として提案してきた。SiC基CMC部品を作るための様々な方法が知られており、それらの方法には、シリコンプ(Silicomp)、溶解浸透(MI)、化学蒸気浸透(CVI)、ポリマー含浸熱分解(PIP)、及び酸化/酸化処理が含まれる。SiC基CMC部品を作るこれらの技術はそれぞれ大きく異なるものであるが、各々の技術は、様々な処理段階における加熱を含む工程を通じてニアネットシェイプの部品を製作する、ハンドレイアップ法、及び、工具又は金型の使用を含む。

30

【0003】

より標準的な超合金材料から形成されたタービン動翼及び静翼と同様に、CMC動翼及び静翼は、重量を減らし、遠心荷重を減らし、部品の作動温度を下げるよう、主にキャビティや冷却通路を備える。これらの特徴は、一般的に、取外し可能かつ使い捨ての工具の組合せを用いて、CMC部品で形成される。

【0004】

キャビティを備えたCMC部品の形成には、予備成形の使用を含む多くの段階が含まれる。先ず、複数のセラミックプライが、所望の最終形状又はニアネットシェイプ、及び所望の機械的特性を部品に提供するように、マンドレル上又は金型上に所定の方法でレイアップされる。また、セラミックプライの一部は、補強材を含んでいてもよく、或いは、マトリクス材料が予め含浸されている。マンドレルは、一般的に、様々なポリマーその他の溶解可能な材料から選択される。レイアップしたプライは、SiCなどのマトリクス材料で予備含浸(プリプレグ)してもよく、或いは、プライのレイアップ後にマトリクス材料で含浸されてもよい。CMC予備成形の硬化に先立って、マンドレルは燃焼サイクルを通じて除去される。燃焼サイクルでは、様々なポリマーその他の溶解可能な材料などの、マンドレルを形成する材料は溶解される。

40

【0005】

燃焼サイクルの後、CMC予備成形部品は、複合材中の揮発性物質が焼失してしまうため、非常に脆い。場合によっては、タービンで使用に向けて中空の領域を閉塞するために

50

、C M C 予備成形の一端は、ガスターインに使用する前に蓋又は閉止を必要とする。公知の工程では、C M C 予備成形の開口端部領域を閉じるために、燃焼サイクルの後のC M C 予備成形が最も脆い状態であるときに、蓋又は栓が挿入される。栓は、多数のプライを有するC M C レイアップ部品から形成することができ、C M C 予備成形の開口端部を埋めるように成形される。個々に形成、切断、レイアップ工程を用いるため、閉塞構造を作り出すためだけに多大な時間及び労力を必要とする。多数のプライを有する予備硬化C M C レイアップを開口端部内に挿入することにおいても、課題がある。例えば、C M C レイアップ及び予備成形は共に、緻密化前は脆いため、これらの部品は組立中に簡単に損傷してしまう可能性がある。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0196637号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

したがって、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティを形成する方法、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ、及び、上記の難点に影響されないセラミックマトリクス複合材部品を形成する方法が、当技術分野で求められている。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

最初に特許請求する発明の範囲に係る特定の実施形態は、以下に置いて簡単に説明される。これらの実施形態は、特許請求する本発明の範囲を限定することを意図するものではなく、むしろ、本発明の可能な態様を簡潔にまとめることだけを意図している。事実、本発明は、以下に記載される実施形態と同様であり得る、或いは、異なるであろう様々な態様を包含することができる。

【0009】

本開示の例示の実施形態によれば、セラミックマトリクス部品用の予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティを形成する方法が提供される。その方法は、マンドレルを用意し、マンドレルにベースプライを取り付けることを含む。方法は、ベースプライに1以上のC M C プライをレイアップし、マンドレルを除去し、ベースプライ及び1以上のC M C プライを緻密化することを含む。緻密化された後のベースプライ及び1以上のC M C プライは、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティを備えるセラミックマトリクス部品を形成する。

30

【0010】

本開示の別の例示の実施形態によれば、セラミックマトリクス複合材部品用の予備成形セラミックマトリクス複合材が提供される。その予備成形セラミックマトリクス複合材は、マンドレルの形状に一致するキャビティを含む。予備成形セラミックマトリクス複合材は、キャビティを画成する緻密化ベースプライを含む。予備成形セラミックマトリクス複合材は、緻密化ベースプライに付着された1以上の緻密化レイアッププライを含む。予備成形セラミックマトリクス複合材は、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティを有している。

40

【0011】

本開示の別の例示の実施形態によれば、セラミックマトリクス複合材部品を形成する方法が提供される。その方法は、第1の面及び第2の面を有するレイアップ治具を用意することを含む。方法は、レイアップ治具の第1の面に第1のベースプライを取り付けることを含む。方法は、第1のベースプライに隣接して第1の組のC M C プライをレイアップすることを含む。方法は、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティを用意することを含む。予備成形セラミックマトリクス複合材は、マンドレルの形状に一致するキャビティと、キャビティを画成する緻密化ベースプライと、緻密化ベースプライに付着された1

50

以上の緻密化レイアッププライとを含み、予備成形セラミックマトリクス複合材は、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティを有する。方法は、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティをレイアップ治具内の第1の組のCMCプライに隣接して配置することを含む。方法は、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティに隣接して第2の組のCMCプライをレイアップすることを含む。方法は、第2の組のCMCプライに、レイアップ治具の第2の面に隣接する第2のベースプライを取り付けることを含む。方法は、第1のベースプライ、第1の組のCMCプライ、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティ、第2の組のCMCプライ、及び第2のベースプライを緻密化することを含む。セラミックマトリクス複合材は、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティを有して形成される。

10

【0012】

本発明の他の特徴及び利点は、実施例の方法により、本発明の原理を例示する添付の図面と組み合わされて、好ましい実施形態の以下により詳細な説明から明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本開示のセラミックマトリクス複合材(CMC)部品の斜視図である。

【図2】本開示の予備成形CMCキャビティの斜視図である。

【図3】本開示の予備成形CMCキャビティの、図2の方向3-3における断面図である。

20

【図4】マンドレルが除去された後の、本開示の予備成形CMCキャビティを示す図3の概略図である。

【図5】本開示の翼形部シェルプライを含む図4の概略図である。

【図6】本開示のレイアップ治具の斜視図である。

【図7】本開示の、レイアップ治具内のCMC部品についての層の概略図である。

【図8】本開示のCMC部品の概略的な断面図である。

【図9】本開示の予備成形セラミックマトリクス複合材を製作する方法の流れ図である。

【図10】本開示のCMC部品を製作する方法の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

30

可能な限り、同じ符号が、図面を通して同じ部品を表すのに用いられる。

【0015】

セラミックマトリクス複合材(CMC)部品を形成する経済的で実施可能な方法、具体的には、CMC動翼又は静翼を形成する方法が、CMC部品が先行技術における工程及び性能上の難点に影響されないようにして提供される。本開示の実施形態の利点の1つは、下方のキャビティに開口を含み、マンドレルの材料が溶け出すことができ、キャビティを清浄することができることである。また別の利点は、緻密化されることで、先端蓋部及びキャビティの組合せが非常に耐久性のあることである。本開示の実施形態の別の利点は、マンドレルの材料が溶け出すときに、動翼シェルのプライの量を減らすことを含み、それによってマンドレルの材料の溶け出しをより良く制御することができる。本実施形態のさらに別の利点は、CMC部品を形成するための形成された予備成形CMCキャビティによって、翼形部にプライをレイアップするのに先立って、キャビティを検査することができ、キャビティの欠陥が発見された場合には、部品全体の損失を防ぐことができることである。別の利点は、予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティの先端蓋部が、レイアップ治具における予備成形セラミックマトリクス複合材キャビティの場所として使用できることである。さらに別の利点は、本方法が、レイアップ治具でのオートクレーブサイクルの間に、より優れた工程管理を可能とし、それによってより優れた寸法の管理を可能とすることである。別の利点は、本方法が、続く工程においてマンドレルのために、溶け出す又は浸出する調整されたポリマーその他のマンドレル材料を使用できることである。

40

【0016】

50

本発明の1以上の特定の実施形態が以下に記載される。これらの実施形態の簡潔な説明を提供する試みにおいて、実際の実施におけるすべての特徴が明細書中に記載されない可能性がある。いずれかのこうした実際の実施における開発においては、何らかの技術的又は設計上の計画のように、実施ごとに変わるであろう、例えばシステム上及び業務上の制約に準拠して、開発者の具体的な目標を達成するために、実施上の多くの具体的な決定が行われなければならないことは理解されるべきである。さらに、このような開発の試みは複雑であり、時間を必要とすることがあるにもかかわらず、本開示の利益を有する通常の当業者にとっては、設計、製作、及び製造において通常のことであることは理解されるべきである。

【0017】

10

本発明の様々な実施形態の構成要素について紹介する際、単数形で記載したものは、その構成要素が1以上存在することを意味する。「含む」、「備える」及び「有する」という用語は内包的なものであり、記載した構成要素以外の追加の要素が存在していてもよいことを意味する。

【0018】

動力を発生させるのに使用されるシステムには、特に限定されないが、ガスタービン、蒸気タービン、その他発電用の航空転用型陸用タービン組立体などが上げられる。ある用途においては、内部にターボ機械（例えば、タービン、圧縮機、及びポンプ）や他の機械を含む発電システムは、過酷な条件に曝される構成部品を含むことがある。例えば、動翼、バケット、筐体、回転輪、軸、シュラウド、ノズルなどの、ある発電システムの構成部品は、高温及び高速回転の環境で作用することがある。これらの構成部品は、セラミックマトリクス複合材を用いて製造され、また、冷却用通路を含んでいることがある。本開示は、冷却用通路を含むセラミックマトリクス複合材（CMC）の部品を形成する方法を提供する。本開示の例示の実施形態は、タービン動翼として図1～図8に示されているが、本開示は例示の構造に特に限定されない。

20

【0019】

図1は、タービン動翼20又はタービン静翼などに限定されることのないCMC部品10の斜視図である。タービン動翼20は、セラミックマトリクス複合材（CMC）の材料から形成されるのが好ましい。CMC部品10用の材料は、特に限定されないが、アルミニナ、ムライト、窒化ホウ素、炭化ホウ素、サイアロン（シリコン、アルミニウム、酸素、及び窒素）、金属間化合物、及びそれらの複合物などの、酸化物系のCMCを含むが、それに特に限定されない。CMC部品10用の材料の適切な例は、特に限定されないが、C O I C e r a m i c s 社（米国カリフォルニア州サンディエゴ）から入手可能なA N - 720（酸化物-酸化物系）、又は混合された酸化物のCMCの材料である。CMC部品10を製作するのに使用される材料の適切な例は、特に限定されないが、SiCが含浸されたSiC繊維及び様々な結合剤を含んだ炭素マトリクスを含む。タービン動翼20は、高温の排気ガスの流れが方向付けられる翼形部22を含む。タービン動翼20は、翼形部22から下方に延びるダブテール24によって、タービンディスク（図示せず）に取り付けられ、タービンディスク上のスロットと係合する。プラットフォーム26は、翼形部22がダブテール24に連結される領域から外側に向かって側方へと延びる。タービン動翼20は、図2に示すように、翼形部22の内部に沿って延びる1つ以上のキャビティ120を含む。発電システムの運転中、冷却空気の流れがキャビティ120を通して方向付けられ、翼形部22の温度を低下させる。

30

【0020】

40

CMCのタービン動翼20は、図1に示すように、レイアップ技術、及びニアネットシェイプの予備成形CMCキャビティ100（図2～図5参照）を用いて構築される。タービン動翼20はまた、動翼先端部30を含む。図2に示すように、予備成形CMCキャビティ100は、キャビティ120、及び動翼先端部30に挿入される先端部材130を含む。先端部材130は、治具又は金型において別に構築される複数のプライ132から形成される。プライ132は、補強材を含み得るセラミックプライから選ばれるか、或いは

50

マトリクス材料で予め含浸される(図3)。プライ112用の材料の例は、特に限定されないが、カーボン、結合材材料、及び被覆SiC繊維を含む。図3に示すように、マンドレル110は、予備成形CMCキャビティ100を形成するように使用される。予備成形CMCキャビティ100の形成においては、1つ以上のベースプライ112がマンドレル110に付着される。代替の一実施形態では、1以上のベースプライ112がマンドレルに付着される。ベースプライ112用の適切な材料の実施例は、特に限定されないが、カーボン、SiC、及び結合剤を含むプライを含む。次に、1つ以上のセラミックマトリクス複合材(CMC)プライ114が、1つ以上のベースプライ112に付着される。CMC114用の材料の例は、特に限定されないが、カーボン、結合材材料、及び被覆SiC繊維を含む。1以上のベースプライ112及び1以上のCMCプライ114は、マンドレル110上で所望の形状又は形に組み立てられ、マンドレル110は除去される。マンドレル110の材料は、緻密化された構造体から溶解による、又は化学的な除去方法によって除去することができる任意の材料である。マンドレルの材料の適切な例は、特に限定されないが、ポリマー、他の溶解可能な材料、又は浸出可能な材料を含む。マンドレル110が除去された後、1以上のベースプライ112及び1以上のCMCプライ114は緻密化される。緻密化は、特に限定されないが、溶解浸透、化学蒸着、その他の適切な緻密化方法を含む。緻密化の後、緻密化ベースプライ112及び1以上のCMCプライ114は、図4に示すように、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティ120を有する予備成形CMCキャビティ100を形成する。

【0021】

一実施形態では、ベースプライ112は、マンドレル110に付着されるが、先端部材130に隣接しない。次に、1以上のセラミックマトリクス複合材(CMC)プライ114が、図3に示すように、マンドレル110上の1以上のベースプライ112及び先端部材130に付着される。1以上のベースプライ112及び1以上のCMCプライ114が、マンドレル110上で所望の形状又は形に組み立てられた後、その組立体はオートクレーブ処理され、次いでマンドレル110は、特に限定されないが、マンドレルの組成に応じて、溶出処理又は浸出処理などの方法によって除去される。マンドレル110が除去された後、1つ以上のベースプライ112及び1つ以上のCMCプライ114、及び先端部材130は緻密化される。緻密化は、特に限定されないが、溶解浸透、化学蒸着、その他の適切な緻密化方法を含む。緻密化ベースプライ112及び1以上のCMCプライ114、及び先端部材130は、図3及び図4に示すように、所望の形状及びその内部に形成されたキャビティ120を有する予備成形CMCキャビティ100を形成する。

【0022】

図4に示すように、マンドレル110は除去され、キャビティ120は、マンドレル110の溶け出した後に残るマンドレル形状111によって形成される。図4にさらに示すように、一実施形態では、先端部材130の一部134は機械加工されて除去され、レイアップ治具200(図6参照)のための位置形体136を作り出す。別の実施形態では、レイアップ治具200のための位置形体136を作り出すように機械加工する必要はない。

【0023】

図5～図7に示すように、予備成形CMCキャビティ100は、レイアップ治具200(図6参照)で使用され、CMC部品10(図8参照)を形成する。図6に示すように、レイアップ治具200は、正圧側12及び負圧側14、ダブテール24及びプラットフォーム26を含むCMC部品10を作るため、又は予備成形するために使用することができる。一般的に、レイアップ治具200は、互いに当接して一体的に締結されるように構成された、第1の組の相対する側部202、204を含む。図6に示すように、側部202、204は、CMC部品10用の金型として構成することができる。側部202、204は、CMC部品10を所望の形状に作れるように設計された第1のレイアップ面206を含み得る。治具200はさらに、翼形部及びダブテール24(或いは、代替の実施形態では動翼代品(blade surrogate))のそれぞれを加圧するよう

に構成された第2の組の相対する側部208を含む。治具200は、ダブテール金型212及び/又は橋部214、或いは、ベースプライ112及びCMCプライ114などのレイアッププリフォーム材料を選択的に構成可能な表面を提供する他の構造を含み得る。一実施形態では、ダブテール金型212はさらに、例えば、第1のレイアップ面といった、レイアップ面を画成してもよい。別の実施形態では、ダブテール金型212は、翼形部、ダブテールプリフォーム、及び一体型プラットフォームプリフォームが共に緻密化されるように構成されている。

【0024】

図7に示すように、部品10の形成において、第1のベースプライ600がレイアップ治具200の第1の面206に付着される。次に、第1の組のCMCプライ602が第1のベースプライ600に隣接して付着される。次に、予備成形CMCキャビティ100が第1の組のCMCプライ602に隣接して付着される。次に、第2の組のCMCプライ604が予備成形CMCキャビティ100に隣接して付着される。第2のベースプライ606は、第2の組のCMCプライ604に隣接し、かつ、レイアップ治具200の第2の面207に隣接して付着される。それらすべて、すなわち第1のベースプライ600、第1の組のCMCプライ602、予備成形CMCキャビティ100、第2の組のCMCプライ604、及び第2のベースプライ606がレイアップ治具200に据え付けられた後、オートクレーブサイクルが完了する。第1のベースプライ600、第1の組のCMCプライ602、予備成形CMCキャビティ100、第2の組のCMCプライ604、及び第2のベースプライ606を含むレイアップ治具は、複合材料において業界で一般的に使用される、オートクレーブでの圧力及び温度のサイクルに曝される。オートクレーブすることで、プライ内に残っているいずれの揮発性物質も抽出され、また、オートクレーブの条件はプライの材料に依拠して異なっていてもよい。オートクレーブの後、所望の形状を有する予備成形部品が得られる。予備成形部品は、治具から取り外されて燃焼処理が施され、予備成形部品内に残っているマンドレルの材料又は添加された結合剤が除去される。燃焼処理は、通常、約426~648(約800~1200°F)の温度で行われる。燃焼の後、予備成形部品は、緻密化するために真空炉に入れられる。緻密化は、シリコンその他の材料が予備成形部品内に溶解浸透することができるよう、雰囲気が1200を越える温度で確立された真空炉において実施することができる。緻密化の間、部品10のような形状を有し、第1のベースプライ600、第1の組のCMCプライ602、予備成形CMCキャビティ100、第2の組のCMCプライ604、及び第2のベースプライ606を含む予備成形部品は、シリコンその他の材料で溶解浸透され、CMC部品10の強度が増すことになる。

【0025】

予備成形CMCキャビティ100を形成する方法900が図9に示される。方法900は、レイアップ治具を用意するステップ901を含む。方法900は、マンドレル110を用意するステップ903を含む(図3参照)。方法900は、ベースプライ112をマンドレル110に取り付け、ベースプライ112を(存在する場合に)先端部材130に適宜取り付けるステップ905を含む(図3参照)。方法900は、レイアップ治具にあるマンドレル110上のベースプライ112に隣接して1以上のCMCプライ114をレイアップするステップ907を含む(図3参照)。方法900は、マンドレル110を除去するステップ909を含む(図4参照)。マンドレル110が除去された後、ベースプライ112及び1以上のCMCプライ114が緻密化されるステップ911がある。方法900は、特に限定されないが、溶解又は浸出などの任意適切な方法を用いてマンドレル110を除去することを含む。緻密化のステップ911の後、予備成形CMCキャビティ100は、図4に示すように、マンドレルの形状111に一致するキャビティ120を有した状態で残る。

【0026】

CMC部品10を形成する方法1000が図10に示される。方法1000は、レイアップ治具200を用意するステップ1001を含む(図6参照)。方法1000は、レイ

アップ治具 200 の第 1 の面 206 に第 1 のベースプライ 600 を取り付けるステップ 1003 を含む (図 7 参照)。方法 1000 は、レイアップ治具の第 1 の面 206 上の第 1 のベースプライ 600 に隣接して第 1 の組の CMC プライ 602 をレイアップするステップ 1005 を含む (図 7 参照)。方法 1000 は、予備成形 CMC キャビティ 100 を用意するステップ 1007 を含む (図 5 参照)。予備成形 CMC キャビティ 100 は、マンドレルの形状 111 に一致するキャビティ 120 を含み、緻密化ベースプライ 112 はキャビティ 120 を画成し、1 以上の緻密化されたレイアップが緻密化ベースプライ 112 に付着される (図 4 参照)。方法 1000 は、レイアップ治具 200 の第 1 の組の CMC プライ 602 に隣接して予備成形 CMC キャビティ 100 を配置するステップ 1009 を含む (図 7 参照)。方法 1000 は、レイアップ治具 200 の予備成形 CMC キャビティ 100 に隣接して第 2 の組の CMC プライ 604 をレイアップするステップ 1011 を含む (図 7 参照)。方法 1000 は、第 2 の組の CMC プライ 604 に、レイアップ治具 200 の第 2 の面 207 に隣接する第 2 のベースプライ 606 を取り付けるステップ 1013 を含む (図 7 参照)。方法 1000 は、CMC 部品 10 を形成するため、第 1 のベースプライ 600、第 1 の組の CMC プライ 602、予備成形 CMC キャビティ 100、第 2 の組の CMC プライ 604、及び第 2 のベースプライ 606 を緻密化するステップ 1015 を含む (図 7 参照)。緻密化するステップ 1015 の前に、それらすべてがレイアップ治具 200 に据え付けられた後、第 1 のベースプライ 600、第 1 の組の CMC プライ 602、予備成形 CMC キャビティ 100、第 2 の組の CMC プライ 604、及び第 2 のベースプライ 606 はオートクレーブされる。オートクレーブした後、所望の形状を有する予備成形部品がレイアップ治具 200 から取り外され、燃焼サイクルが施される。燃焼の後、予備成形部品は、緻密化するために真空炉に入れられる。緻密化の後、形成された CMC 部品 10 (図 1 参照) はそれの内部に形成されたキャビティ 120 を含む (図 8 参照)。形成の後、部品 10 は機械加工され、付加的な材料を先端部材 130 から除去して先端蓋部 138 を形成することができる (図 8 参照)。

【0027】

本発明について、好ましい実施形態を参照しつつ説明したが、本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変更を加え、均等物を本発明の構成要素に代えることができることを当業者なら理解するであろう。また、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の状況又は材料を本発明の教示に適合するように多数の修正を加えることができる。したがって、本発明は、本発明を実施するための企図された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ず、添付の特許請求の範囲の範囲内にあるすべての実施形態を含むものとする。

【符号の説明】

【0028】

- 10 CMC 部品
- 20 タービン動翼
- 22 翼形部
- 30 動翼先端部
- 100 予備成形 CMC キャビティ
- 130 先端部材
- 132 プライ
- 112 ベースプライ
- 110 マンドレル
- 114 CMC プライ
- 200 レイアップ治具
- 202 側部
- 204 側部
- 206 第 1 の面
- 207 第 2 の面

10

20

30

40

50

- 600 第1のベースプライ
602 第1の組のC M Cプライ
604 第2の組のC M Cプライ
606 第2のベースプライ

【図1】

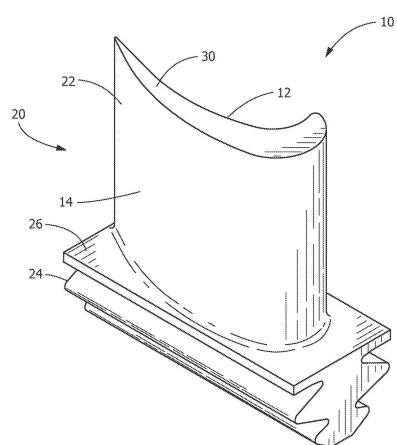


FIG. 1

【図2】

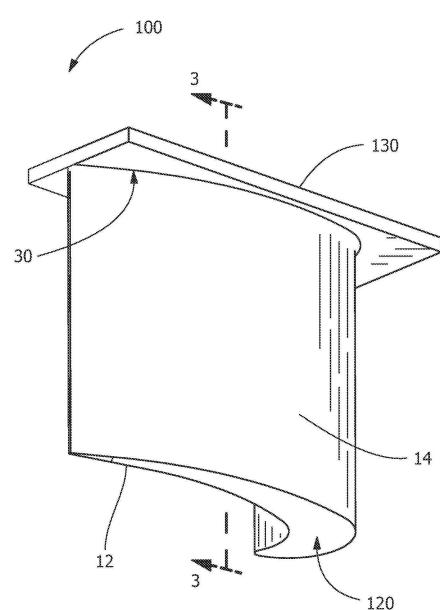


FIG. 2

【図3】

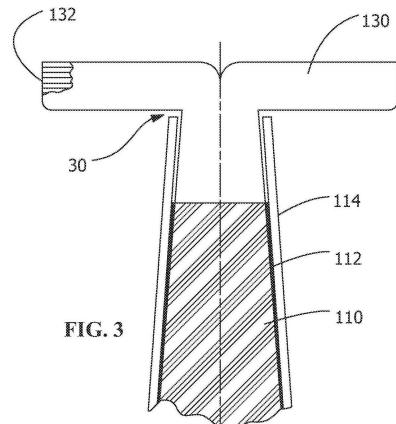


FIG. 3

【図4】

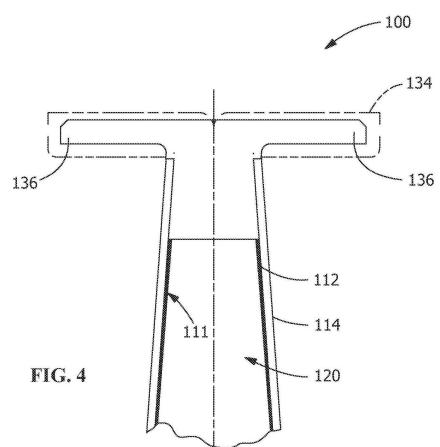


FIG. 4

【図5】

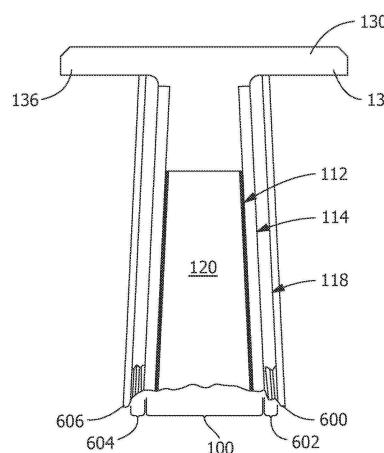


FIG. 5

【図6】

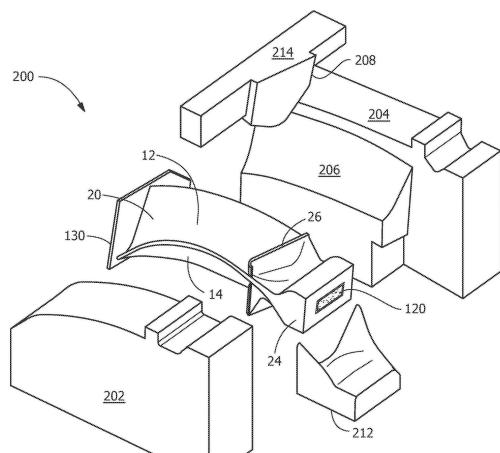


FIG. 6

【図7】

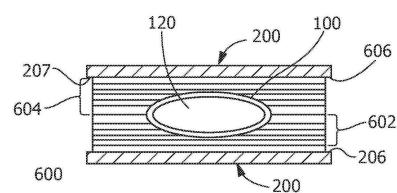


FIG. 7

【図8】

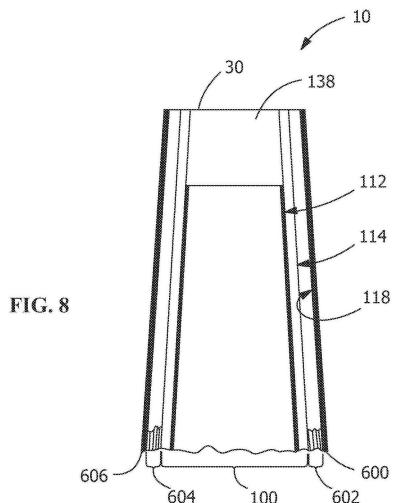


FIG. 8

【図9】

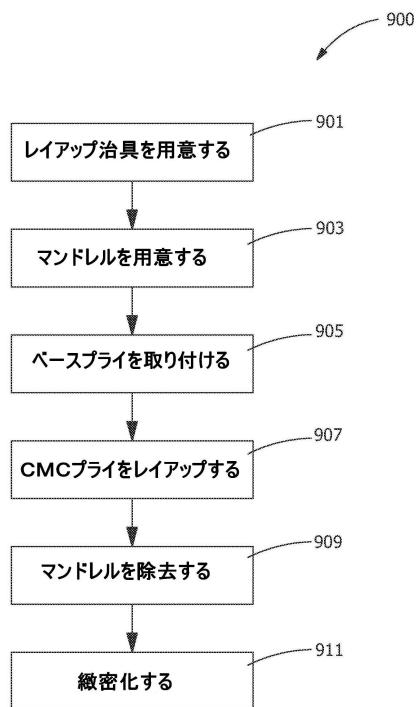


FIG. 9

【図10】

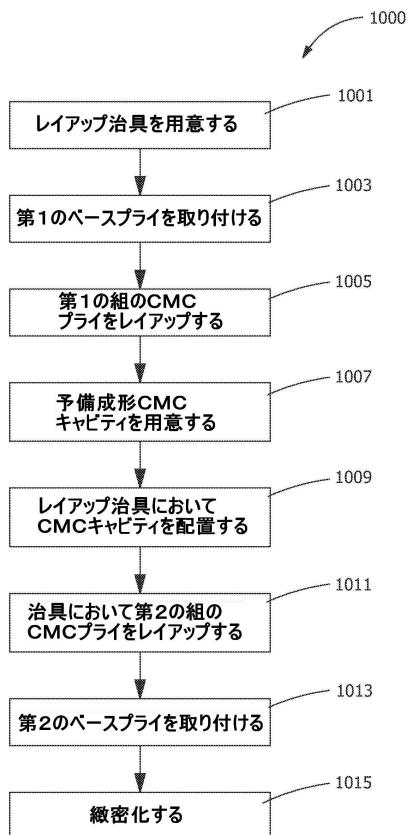


FIG. 10

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

F 0 1 D 25/00

X

B 2 8 B 1/52

(72)発明者 ジョン・マッコネル・デルヴォー

アメリカ合衆国、サウス・カロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード
、300番

(72)発明者 グレン・カーティス・タクサシェール

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

審査官 山崎 孔徳

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0027098(US, A1)

米国特許第06274078(US, B1)

特表2010-523363(JP, A)

国際公開第2011/059064(WO, A1)

特開2008-230951(JP, A)

特表2011-527957(JP, A)

特開2008-240724(JP, A)

特開2008-151117(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 C 7 / 0 0

B 2 8 B 1 / 5 2

F 0 1 D 5 / 2 8

F 0 1 D 9 / 0 2

F 0 1 D 2 5 / 0 0