

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4659372号
(P4659372)

(45) 発行日 平成23年3月30日(2011.3.30)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl.

F I

C O 4 B 38/00 (2006.01)

C O 4 B 38/00 3 O 4 Z

C O 4 B 38/06 (2006.01)

C O 4 B 38/06 B

C O 4 B 35/80 (2006.01)

C O 4 B 35/80 Z

B 2 8 B 1/52 (2006.01)

B 2 8 B 1/52

B 2 8 B 7/34 (2006.01)

B 2 8 B 7/34 Z

請求項の数 15 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-61069 (P2004-61069)
 (22) 出願日 平成16年3月4日(2004.3.4)
 (65) 公開番号 特開2004-269353 (P2004-269353A)
 (43) 公開日 平成16年9月30日(2004.9.30)
 審査請求日 平成19年2月5日(2007.2.5)
 (31) 優先権主張番号 0302613
 (32) 優先日 平成15年3月4日(2003.3.4)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 502202281
 スネクマ・プロピュルシオン・ソリド
 SNECMA PROPULSION S
 OLIDE
 フランス国、33187 ル・アヤン・セ
 デックス、レ・サンク・シュマン
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲
 (74) 代理人 100088683
 弁理士 中村 誠
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックマトリクス複合材料から多孔性部品を製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックマトリクス複合材料から多孔部品を製造する方法において、
 複合材料のファイバー補強材を構成するファイバープリフォームを製造する工程、
 プリフォームを完全に緻密化することなく、ファイバーを相互に結合するに十分なマト
 リクス相をプリフォーム内に堆積することにより、気孔の容積比が当初の気孔の容積比か
ら40%以下の値を引いた値になるように、プリフォームを固結する工程、
 剛性材料の複数のピンを固結したプリフォーム中に挿入する工程、
 少なくとも1つのセラミックマトリクス相を堆積することによりピンを備える固結した
 プリフォームの緻密化を続行する工程、及び
 処理を施すことにより、少なくとも一部が除去される材料からなるピンの少なくとも一
 部分を、その部分を貫通する孔を残すように、除去する工程
 を具備することを特徴とする多孔部品の製造方法。

【請求項 2】

挿入されるピンは、全体が除去される材料からなることを特徴とする請求項 1 に記載の
 方法。

【請求項 3】

使用されるコアは、除去される材料のコア部と、コア部が除去されたときに除去されな
 いセラミックの周辺部又はシースからなることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

除去され得るピンの材料は、酸化により除去されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

使用されるピンは、マトリクスによりカーボンの糸又はトウを緻密化し、強化することにより製造されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

最初に圧縮性材料のブロックにピンを挿入すること、圧縮性材料のブロックを固結したプリフォームと接触させること、及びピンを固結したプリフォームに突き通すように、圧縮性材料のブロックを圧縮しつつ、ピンに超音波エネルギーを加えることを含むプロセスにより、ピンは所定の場所に挿入されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 7】

ピンは、固結したファイバープリフォームの表面に垂直の方向に対しゼロでない角度を形成する方向に、植え込まれることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

プリフォームの固結は、セラミックマトリクス相を形成することを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

プリフォームの固結は、カーボンマトリクス相を形成することを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 10】

気孔の容積比は、50 ~ 70 % の範囲にある値を有し、固結は、気孔の容積比が 40 ~ 60 % の範囲にある値に減少するまで行われることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

プリフォームは、少なくとも 1 つの自己治癒相を含むセラミックマトリクスにより緻密化されることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

セラミックマトリクス複合材料からガスタービン燃焼室のための多孔壁を形成することを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 13】

前記ファイバープリフォームは、二次元ファイバー積層体を重ねることにより製造されることを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記積層体は、相互に接合されることを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記ファイバープリフォームは、多層織物から作り上げられていることを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、セラミックマトリクス複合材料から多孔性部品を製造することに関する。本発明の応用の特定の分野は、ガスタービン、特に飛行機のジェットのための燃焼室壁を製造することである。上記壁には、空気流により冷却されることを可能とする複数の孔が設けられている。

【背景技術】

【0002】

セラミックマトリクス複合 (CMC) 材料は、熱構造材料、即ち、良好な機械特性及び高温においてそれを保持する能力を有する材料である。それらは、耐火性ファイバー (一般にカーボンファイバー又はセラミックファイバー) からなるファイバー補強材を含み、

50

セラミックマトリクスにより、又は組合されたカーボン及びセラミックマトリクスにより緻密化されている。材料の機械的挙動を改善するために、例えば、熱分解カーボン（PyC）又は窒化ホウ素の界面層が、補強ファイバーとセラミックマトリクスとの間に介在され得る。

【0003】

CMCからの部品の製造は、恐らくプリフォームのファイバーに相間層を形成した後、複合材料の補強材を構成するファイバープリフォームを製造すること、及びセラミックマトリクスでプリフォームを緻密化することを含む。

【0004】

プリフォームは、糸、綱、リボン、織布、一方向シート、フェルト層...のような一方向又は二方向ファイバー繊維からなる。例えば、プリフォームの成形は、パイルを巻くこと、織ること、撚ること、編むこと、又はひだをつけることを含む。

10

【0005】

緻密化は、液体法、即ち、プリフォームに、マトリクスのセラミック材料の前駆体を含む液体組成物を含浸することにより行うことが出来る。前駆体は、典型的には、硬化した後にセラミック化のため熱処理に供される樹脂である。

【0006】

緻密化はまた、ガス法、即ち、セラミックマトリクスの1種又はそれ以上の前駆体を含む反応ガスを用いた化学的気相浸透によっても行うことが出来る。ガスは、ファイバープリフォームの気孔中を拡散し、温度及び圧力の特定の条件の下で、分解するガスの成分の1つにより、又は複数の成分間に生ずる反応により、セラミックをファイバー上に堆積する。

20

【0007】

以上のCMC部品の製造方法は、それ自体周知である。

ガスタービンの燃焼室の壁を製造するためにCMCを用いる試みがなされた。改良された効率及び減少した汚染物質の発生は、そのような燃焼室においてより高温レベルを要求する。これが、伝統的に燃焼室の壁を構成する高融点金属合金をCMCに置換する試みがなされた理由である。特に、壁に冷却膜を形成するために、壁に空気を吹き込むことがやはり必要である。そのような吹き込みは、典型的には0.2ミリ（mm）～0.8mmの範囲にある径を有する、多数の小径孔を通して行われる。

30

【0008】

金属合金室壁にそのような孔を作るために一般に使用された方法は、レーザードリルである。CMCの壁に適用したとき、そのような加工技術は、局部的にセラミックマトリクスを除去することにより、補強ファイバーを破壊する欠点、及びファイバー表面又はファイバー-マトリクス界面表面の露出した部分を破損する欠点がある。ファイバーを破壊することは、材料の機械的強度を弱くする。加えて、ファイバー及び界面の露出する部分は、酸化性の周囲媒体に直接さらされ、それにより、ファイバーがカーボンである場合、及び/又はそれらがPyC又はBN界面を備える場合には、その材料を腐食を受け易くする。

【0009】

そのとき、機械加工後の、例えば化学的気相浸透の最終工程において、孔の壁にセラミックが堆積することが考えられる。しかし、それは、多かれ少なかれ、孔の調整に影響を与え、それらを閉塞させる危険をおかし得る。孔の閉塞は、空気が孔を通して吹き込まれる効果を減少させる。加えて、化学的気相浸透の追加の工程が必要となり、それは、長く、高価なプロセスを構成する。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、上記欠点を提供しない方法、即ち、孔が形成された後に防御層を壁に堆積することなく、孔が形成された壁においてさえ酸化に対し防御されている、多数の孔

50

が形成された部品をＣＭＣから作る方法を提供することにある。

【００１１】

この目的は、

複合材料のファイバー補強材を構成するファイバープリフォームを製造する工程、
プリフォームを完全に緻密化することなく、ファイバーを相互に結合するに十分なマトリクス相をプリフォーム内に堆積することにより、プリフォームを固結する工程、

剛性材料の複数のピンを固結したプリフォーム中に挿入する工程、

少なくとも１つのセラミックマトリクス相を堆積することによりピンを備える固結したプリフォームの緻密化を続行する工程、及び

マトリクスのセラミック材料に影響を与えない処理を施すことにより、少なくとも一部が除去され得る材料からなるピンの少なくとも一部分を、その部分を貫通する調整された孔を残すように、除去する工程

を具備する方法により達成される。

【００１２】

このように、本発明は、固結したプリフォームにあらかじめ挿入されたピンを構成する材料を除去することにより、固結したプリフォームの緻密化後に、孔が得られることにおいて、注目すべきである。ピンは、全体を、除去されるのに適する材料からなるものとしてすることが出来る。固結したプリフォームの緻密中に、ピンが除去された後、孔の壁がセラミック材のシースにより構成されるように、ピンは、マトリクスのセラミック材に覆われる。

【００１３】

変形例として、ピンは、部分的に、即ち、コアにより構成される部分が、除去し得る材料からなるものであってもよく、コアは、コアが除去されたときに除去されないセラミックからなる周辺部又はシースにより囲まれる。ピンのセラミックシースは、そのとき、コアが除去された後の孔の壁を構成する。

【００１４】

除去され得るピン材料は、酸化により除去され得る材料、例えば、カーボン又はカーボン複合材料である。例えば、有機又はカーボンマトリクスを用いて緻密化により強化されたカーボンファイバー系又はトウからなるピンを用いることが可能である。有機マトリクスは、熱処理に供されたカーボンの残さを残す材料からなる。有機マトリクスは、固結したプリフォームを緻密化するのに必要な温度の上昇中、ピンが挿入された後に、恐らくカーボンに変換される。

【００１５】

前記材料がＣＭＣのセラミックマトリクスに害を与えることなく除去され得るならば、ピン又はその少なくともコアを作るために、他の材料を用いることが出来る。

【００１６】

圧縮性材料のブロックへのピンの予備挿入、圧縮性材料のブロックを固結したプリフォームと接触させること、及びピンを固結したプリフォームに突き通すように、圧縮性材料のブロックを圧縮しつつ、同時にピンに超音波エネルギーを加えることを含むプロセスにより、ピンは有利にも所定の場所に挿入される。そのような補強ピンの挿入方法は、それ自体公知である。特に、文献ＷＯ ９ ７ / ０ ６ ９ ４ ８を参照することが出来る。

【００１７】

ピンを、固結したファイバープリフォームの表面に対し、所望の方向に、特に前記表面に垂直の方向に対しゼロでない角度の方向に、挿入することが出来る。

【００１８】

プリフォームを固結する工程は、プリフォームを取り扱うに十分に、プリフォームが変形することなくピンを挿入するに十分に、ファイバープリフォームを結合するように、マトリクス相によるプリフォームの部分的緻密化を達成する材料をその中に堆積することからなる。その後、固結したプリフォームは、形状を維持する器具を必要とすることなく、緻密化され得る。固結は、好ましくは、空のプリフォームの初期気孔の最大分率を残すよ

うに行われる。気孔の空隙率は、容積比が当初の気孔の容積比から40%以下の値を引いた値になるように、例えば8～40%の範囲にある量だけ減少する。典型的には、最初に50～70%の範囲にある空容積比を示すファイバプリフォームの場合、空容積比を40～60%の範囲にある値に減少するように、固結が行われる。

【0019】

固結は、プリフォームのファイバーに小さい厚さのカーボン又はセラミックマトリクスを堆積することにより、有利に行われる。このマトリクス相は、液体法を用いて、即ち、プリフォームにカーボン又はセラミック前駆体を含む液体組成物を含浸させ、次いで、一般に熱処理により前駆体を変換することにより、堆積される。この前駆体は、典型的には樹脂である。

10

【0020】

固結は、好ましくは、化学的気相浸透法による。そのような状況の下で、セラミックマトリクス相は、ファイバー上にPyC又はBNの界面層を形成した後、任意に堆積される。

【0021】

固結したプリフォームの連続緻密化を続行する工程は、液体法により、又は化学的気相浸透法により行われる。

【0022】

本発明の方法は、ガスタービン燃焼室の多孔壁を製造するのに特に適切である。ファイバプリフォームは、三次元的に織る、編む又は撚ることにより得られた多層織物から作られる。それはまた、二次元繊維織物の層を覆うことにより、即ち重ねることにより形成される。覆いは、作られる壁の形状に応じた形状の支持体上に行われる。覆われた層、例えば織布又は糸のシートを含む層は、例えば、縫うことにより又はボンディングスティッチにより接合することが出来る。固結は、所望の形状の器具内にプリフォームを保持するしつつ行われる。ピンは、孔にとって所望の配列に対応する、その表面に対する配列で、固結したプリフォーム内に挿入される。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明の特定の手段が、ジェット飛行機のためのガスタービン燃焼室の多孔壁を作るためにCMCを用いることへの応用として、説明される。

30

【0024】

第1の工程(図1)は、製造される室の壁の形状に近い形状のファイバプリフォームを製造することからなる。この目的のため、様々な公知の方法を使用することが出来る。

【0025】

このように、フィラメント、糸、又はトウを三次元的に織る、編む又は撚ることにより得られた多層織物の形で、プリフォームを製造することが出来る。この場合、層間の接合は、プリフォームを製造する間、フィラメント、糸、又はトウをある層から他の層に通すことにより提供される。

【0026】

プリフォームは、ドレーピングにより、即ち、二次元繊維織物の層を所望の厚さが得られるまでジグ又は製造具上に積層し、成形することにより製造することが出来る。例えば、繊維織物は、織布、糸の一方向シート、又は様々な方向に重ねられ、軽く縫うことにより接合された糸の複数の一方向シートからなる積層体である。重ねられた層は、例えば針で縫うことにより、相互に接合される。この目的に適切な縫合装置は、米国特許第5,226,217号に記載されている。変形例では、重ねられた層は、綴じることにより、又は糸を植え込むことにより接合されてもよい。

40

【0027】

プリフォームは、カーボンファイバー、又は例えばシリコンカーバイドファイバーのようなセラミックファイバーからなる。プリフォームを製造するに必要な操作は、カーボンファイバー又はセラミックファイバーに対し行われる。カーボン又はセラミック前駆体で

50

あるファイバーに対する操作を実施することも可能である。この前駆体は、プリフォームが製造された後に熱処理を施すことにより、カーボン又はセラミックに変換される。

【0028】

得られたファイバープリフォームは、加工中にその形状を維持しつつ固結される（工程20）。固結は、マトリクスを厚く、しかしプリフォームのファイバーを相互に結合するに十分な厚さに堆積することにより得られる。このように、固結は、ファイバープリフォームの部分的緻密化のみを達成し、空孔の初期容積の多くの部分を残す。気孔の容積比は、40%以下、例えば8~40%だけ減少され、例えば、気孔容積比は、約50~70%の範囲にある値から約40~60%の範囲にある値に減少する。

【0029】

固結の目的に望ましい材料は、カーボン又はセラミック、例えばシリコンカーバイド（SiC）である。これは、約900~1050の温度、25キロパスカル（kPa）未満の圧力の容器内で、SiC及び水素ガス（H₂）のための前駆体としてのメチルトリクロロシラン（MTS）を含む反応ガスを用いて行われる化学的気相浸透法により達成することが出来る。水素は、ベクトルガスとして作用し、ファイバープリフォーム内への反応ガスの拡散を促進し、MTSを分解することによりSiC堆積物の形成を促進する。化学的気相浸透法によりSiCマトリクスを形成する方法は、米国特許第5,738,908に記載されている。

【0030】

PyC又はBNの界面は、固結の目的のため、SiCマトリクス相を堆積する前にプリフォームのファイバー上に形成され得る。この界面は、米国特許第4,752,503に記載されている化学的気相浸透法により形成される。

【0031】

化学的気相浸透法により得られたカーボンマトリクス相により固結を行うとき、公知の方法と同様に、メタン及びプロパンの混合物を含む反応ガスを用いて、約950~1100の温度、25kPa未満の圧力で操作することが出来る。

【0032】

変形例では、固結は液体法により行われる。器具内に保持されつつ、プリフォームは、形成される材料の前駆体を含む液体組成物により含浸される。前駆体は、典型的には樹脂である。例えば、カーボンの前駆体であるフェノール樹脂又はSiCの前駆体樹脂であるポリカーボシラン又はポリチタノカーボシラン型を用いることが出来る。含浸後、恐らく溶媒を除去するために乾燥した後、樹脂は硬化され、次いで樹脂は熱処理によりカーボン又はセラミックに変換される（炭化又はセラミック化）。

【0033】

固結の目的のために堆積される物質の量を制限するために、高過ぎない熱処理後の固体残さ分を含む樹脂によるか又は、溶媒に十分に希釈される樹脂による含浸が行われる。ファイバー構造の初期気孔空間の主要部分は、一旦樹脂が乾燥され、硬化されると、ある程度回復される。

【0034】

固結後、固結したプリフォームは、ピンを挿入する工程30を行うために、その形状を維持する器具から除かれる。

【0035】

ピンは、文献WO97/06948に記載されている型の方法を用いて挿入するのが有利である。図2に示すように、挿入されるピン10は、最初に圧縮性材料のブロック12、例えば発泡体又はエラストマーに挿入される。ピンは、ブロック12の2つの対向面12a及び12b間に延びる。ブロックの一方の面12aは、孔が形成される将来のCMCの位置に対応する位置において、固結したプリフォーム20の表面ゾーン20aと接触せられる。超音波発生器（図示せず）に接続されたトランスジューサー14は、ブロック12に超音波エネルギー及び圧縮を加えることにより固結したプリフォーム中にピンを移動させるように、ブロック12の他の面12bに押し付けられる。必要ならば、孔が形成

10

20

30

40

50

される位置に対応するプリフォームのゾーンのすべてにピンを挿入するように、このプロセスが繰り返される。

【 0 0 3 6 】

ピンは、任意に、最後に得られる孔に必要な径に応じて、同一の径を有するように選択される。ピンが挿入される密度は、一定に、又は製造される部品における孔に必要な分布に応じて選択される。

【 0 0 3 7 】

示された例では、ピン 1 0 は、プリフォーム 2 0 の表面 2 0 a に垂直な方向に対してゼロでない角度 α で傾斜している方向に沿って挿入される。傾斜角は、C M C 室の壁に形成される孔に必要な角度に対応する。この角度は、プリフォーム 2 0 の異なる表面において異なっている。それは一般に、3 0 ~ 6 0 ° の範囲にある。ピン 1 0 は、固結したプリフォームの厚さを突き通るような、好ましくはプリフォームの両面 2 0 a , 2 0 b から突出するような長さを有する。

10

【 0 0 3 8 】

例えば、ピン 1 0 は、酸化されることにより除去され得る剛性材料からなる。

【 0 0 3 9 】

特に、カーボンファイバーからなる糸又はトウを、カーボンマトリクス又は有機マトリクスで緻密化することにより得られた複合材料からなるピンを用いることが出来る。有機マトリクスはその後、固結したプリフォームの緻密化を終了するのに必要な温度の上昇中、炭化されている。例えば、有機マトリクスは、ビスマレイミド (B M I) 型の樹脂からなる。

20

【 0 0 4 0 】

ピンが挿入された後、固結したプリフォームの緻密化は、所望の程度の密度に到達するまで続行される (工程 4 0)。緻密化は、セラミックマトリクス、例えば S i C により行われる。この目的のため、化学的気相浸透法又は液体法による緻密化のプロセスが、固結が S i C マトリクスにより行われる時に、固結工程において説明されたように、使用される。

【 0 0 4 1 】

固結が完了すると、高温、例えば 6 0 0 ~ 1 0 0 0 の範囲の高温で酸化されることにより、ピンは除去される (工程 5 0)。この目的のため、ピンのカーボンは、ピンの端部を折ることにより裸にされる。このピンの端部は、プリフォームの両端から有利にも突出し、セラミックの堆積物を覆っているものである。ピンが除去された後、孔 2 4 を有する所望の C M C 室壁 2 2 が得られる (図 3)。

30

【 0 0 4 2 】

孔 2 4 は、マトリクスを構成する材料により定義され、それらはピンの径により調整される。

このように、カーボン補強ファイバーは、かつその界面さえ、孔の近傍においてさえ、セラミックマトリクスにより十分に被覆されているままである。加えて、ピンが固結したプリフォームに挿入される方法は、ファイバーに対する非常に限定された破壊的效果を有する。それは、それらの多くが、ピンが押付けられるときに破壊されるよりも、わきに押されるからである。

40

【 0 0 4 3 】

カーボン又は S i C 以外の屈折性材料のマトリクス相は、固結段階で提供され、S i C 以外のセラミックマトリクスは、固結したプリフォームを緻密化する段階で提供され得る。

【 0 0 4 4 】

このように、少なくとも固結したプリフォームを緻密化する状態では、自己治癒性マトリクス、即ち、C M C が使用される温度でガラス相を形成し得る材料からなるマトリクスを設置することが有利である。ガラス相は、ガラス状態を通ることにより、マトリクスに生じ、そうでなければファイバー又は界面層に接近する周囲の媒質に与えるクラックを治

50

癒する。Si - B - C三元系により形成された少なくとも1つのマトリクス相を含む自己治癒性マトリクスを設けることは、米国特許第5,246,736号に記載されている。

【0045】

セラミックマトリクス又はマトリクス相のための他の材料、例えば、窒化物、SiC以外の炭化物、または酸化物型セラミックを用いることも可能である。酸化物型セラミックマトリクスの提供は、米国特許第4,576,836号に記載されている。

【0046】

ピンは、カーボン又は有機マトリクスにより緻密化されたカーボンファイバー以外の、酸化により除去されるのに適切な材料からなる。例えば、カーボン又は有機マトリクスにより緻密化されたセラミックファイバーからなるピンを用いることが出来る。マトリクスのみの酸化は、ピンを除去するのに十分である。

10

【0047】

ピンが完全に除去されるのは、必須ではない。このように、酸化により、又は他のプロセスにより、シース又はセラミック材料と組み合わせて、除去され得る材料のコア部を有するピンを用いることが出来る。セラミックシースは、CMCセラミック相のセラミック材料と同一の型の材料からなるものであるのが有利である。それは、セラミック気相堆積法によりコア部上に形成される。このように、SiCシースで被覆されたセラミック材料を製造することが可能である。図4に示すように、コア部が除去された後、SiCシース11は、CMC壁22を貫通する孔24'を保持し、かつ定義する。

【0048】

20

以下の実施例は、本発明による、多孔部の製造において行われたテストに関する。

【0049】

実施例1

日本の供給者である日本カーボンにより「Hi-Nicalon」として供給されたSiCファイバー系の多層織物により、10層のファイバープリフォームが製造された。このプリフォームの気孔容積分率は、約65%であった。

【0050】

プリフォームは、PyC界面を形成し、化学的気相浸透によりSiCを堆積することにより固結した。気孔容積分率は、約55%の値に減少した。

【0051】

30

固結後、BMI樹脂により含浸することにより強化されたカーボン系からなる、0.3mmの径を有するピンが挿入された。ピンは多層繊維織物に挿入され、それらは、プリフォームの両面から突出するような長さであった。

【0052】

プリフォームはその後、米国特許第5,246,736号に記載されているように、Si-B-C型の自己治癒性セラミックマトリクスにより緻密化された。

【0053】

緻密後、ピンの突出端部は、そのカーボンが剥き出しになるように腐食された。次いで、ピンは、空气中、800℃で酸化することにより除去された。

【0054】

40

図5及び6の写真は、得られた孔を示す。孔の形状が非常にきれいであることが見られる。

【0055】

実施例2

カーボンファイバー系の多層織物により、10層のファイバープリフォームが製造された。このプリフォームの気孔容積分率は、約60%であった。

【0056】

プリフォームは、化学的気相浸透によりSiCを堆積することにより固結した。気孔容積分率は、約50%の値に減少した。

【0057】

50

固結後、ＢＭＩ樹脂により含浸することにより強化されたカーボン系からなる、０．３ｍｍの径を有するピンがプリフォームに挿入された。ピンは、プリフォームの表面に垂直な方向に対し４５°の角度で植え込まれた。ピンは、プリフォームの両面から突出するような長さであった。

【００５８】

プリフォームは緻密化された。

【００５９】

緻密後、ピンは、実施例１におけるように除去された。得られた孔は、図７及び８の写真に示されている。

【図面の簡単な説明】

10

【００６０】

【図１】本発明の特定の実施例の方法における一連の工程を示すフローチャート。

【図２】ピンを固結したファイバープリフォームに挿入するプロセスを示す模式図。

【図３】図１の工程に使用される種類のピンを除去した後に得られる孔を示す模式図。

【図４】本発明の他の実施例におけるピンのコア部を除去した後に得られる孔を示す模式図。

【図５】耐熱構造複合材料からなる部品に、本発明により形成された孔を示す写真。

【図６】図５の部品の孔を示すよりおおきなスケールの写真。

【図７】耐熱構造複合材料からなる部品に、本発明により形成された孔を示す写真。

【図８】図７の部品の孔を示すよりおおきなスケールの写真。

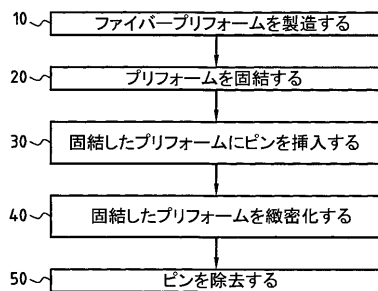
20

【符号の説明】

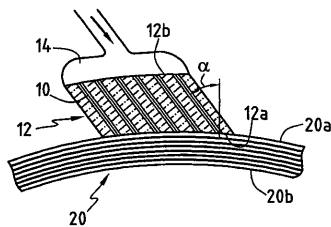
【００６１】

１０・・・ピン、１２・・・ブロック、１２ａ、１２ｂ・・・対向面、１４・・・トランスジューサー、２０・・・プリフォーム、２０ａ、２０ｂ・・・プリフォームの両面、２２・・・ＣＭＣ室壁、２４・・・孔。

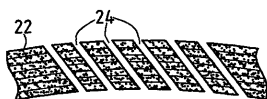
【図１】



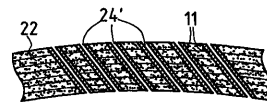
【図２】



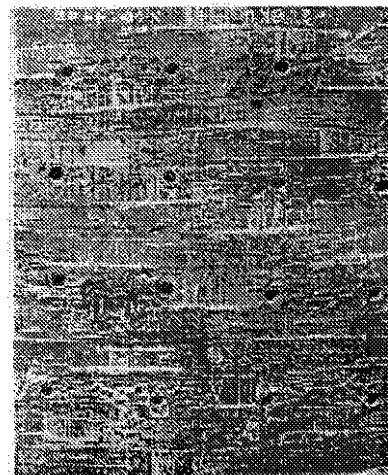
【図３】



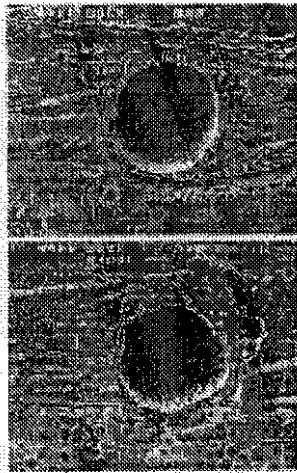
【図４】



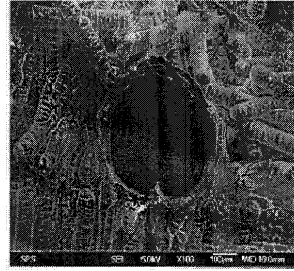
【図５】



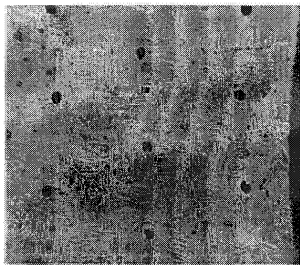
【図 6】



【図 8】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
F 0 2 C	7/00	(2006.01)	F 0 2 C	7/00
F 2 3 R	3/42	(2006.01)	F 0 2 C	7/00
			F 2 3 R	3/42

(74)代理人 100109830

弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 エリック・ブイヨン

フランス国、3 3 4 0 0 タレンス、リュ・ブルバキ 6 3

(72)発明者 ドミニク・クーペ

フランス国、3 3 1 8 5 ル・アヤン、パルク・セイント・クリスティーヌ、アブニュ・ドゥ・パリ 7 0

(72)発明者 レミ・ブピエ

フランス国、3 3 7 0 0 ムリニャック、リュ・デ・ピオレッテ 2 シー、アパルトマン 4 2、レジデンス・ラ・ジャルディネレ

審査官 小川 武

(56)参考文献 特開2 0 0 2 - 2 3 4 7 7 7 (J P , A)

特開昭 6 3 - 2 1 2 5 0 6 (J P , A)

特表平 0 5 - 5 0 0 3 5 3 (J P , A)

特表平 1 0 - 5 1 1 0 5 2 (J P , A)

特開平 1 1 - 3 2 2 4 7 3 (J P , A)

特開平 0 1 - 1 3 1 0 8 3 (J P , A)

英国特許第 0 2 3 2 3 0 5 6 (G B , B)

特開平 0 2 - 2 8 9 4 7 2 (J P , A)

欧州特許出願公開第 0 1 2 2 7 0 7 1 (E P , A 1)

米国特許第 0 5 7 3 3 4 0 4 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C 0 4 B 3 5 / 8 0 , 3 8 / 0 0 - 3 8 / 1 0

B 2 8 B 1 / 5 2 , 7 / 3 4