

(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2005-205902

(P2005-205902A)

(43) 公開日 平成17年8月4日(2005.8.4)

(51) Int.Cl.⁷

B32B 18/00

F01D 5/28

F02C 7/00

// C04B 35/80

F I

B32B 18/00

F01D 5/28

F02C 7/00

F02C 7/00

C04B 35/80

A

C

D

K

テーマコード (参考)

3G002

4F100

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-369092 (P2004-369092)

(22) 出願日 平成16年12月21日 (2004.12.21)

(31) 優先権主張番号 10/707,565

(32) 優先日 平成15年12月22日 (2003.12.22)

(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・カンパニイ

GENERAL ELECTRIC CO

MPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ

クタデイ、リバーロード、1 番

(74) 代理人 100093908

弁理士 松本 研一

(74) 代理人 100105588

弁理士 小倉 博

(74) 代理人 100106541

弁理士 伊藤 信和

(74) 代理人 100129779

弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 向上した層強度を有するセラミックマトリックス複合材及びそのための方法

(57) 【要約】

【課題】 複数層 (12、112) を含むセラミックマトリックス複合材 (CMC) 物品 (10、110) 及びその物品 (10、110) を製作する方法を提供する。

【解決手段】 各層 (12、112) は、第1の強化材 (20、120) とセラミックマトリックス材料 (22、122) との間のすべりを促進する剥離剤で被覆された第1の強化材 (20、120) を含むセラミックマトリックス材料 (22、122) を含む。層 (12、112) は、各隣接する対がそれらの間に界面 (14、114) を形成するようにレイアップされる。第2の強化材 (16、116) は、それら層間の界面 (14、114) を横切って隣接する対の層 (12、112) を物理的に相互結合する。第1の強化材 (20、120) とセラミックマトリックス材料 (22、122) との間よりも第2の強化材 (16、116) とセラミックマトリックス材料 (22、122) との間により強い結合が存在する。

【選択図】 図1

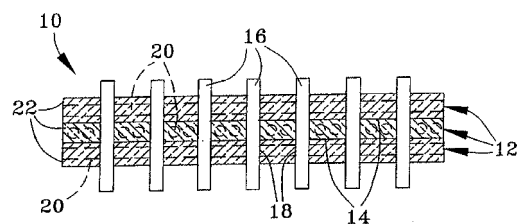


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各層（１２、１１２）がセラミックマトリックス材料（２２、１２２）内に第１の強化材（２０、１２０）を含み、第１の強化材（２０、１２０）が第１の強化材（２０、１２０）とセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間のすべりを促進する剥離剤で被覆され、層（１２、１１２）の隣接する対がそれらの間に界面（１４、１１４）を形成している、複数層（１２、１１２）と、

層（１２、１１２）の隣接する対の少なくとも１つを物理的に相互結合する第２の強化材（１６、１１６）と、を含み、

第１の強化材（２０、１２０）と隣接する対の層（１２、１１２）のセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間よりも第２の強化材（１６、１１６）と隣接する対の層（１２、１１２）のセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間により強い結合が存在する、

セラミックマトリックス複合材物品（１０、１１０）。

【請求項 2】

第１の強化材（２０、１２０）が、本質的に一軸配向トウからなり、セラミックマトリックス複合材物品（１０、１１０）が、連続繊維セラミック複合材物品である、請求項 1 記載のセラミックマトリックス複合材物品（１０、１１０）。

【請求項 3】

第２の強化材（１６、１１６）が、第２の強化材（１６、１１６）と隣接する対の層（１２、１１２）のセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間のすべりを促進する剥離剤を含まない、請求項 1 記載のセラミックマトリックス複合材物品（１０、１１０）。

【請求項 4】

第２の強化材（１６）が、それら層間の界面（１４）を橋絡するように隣接する対の層（１２）内に挿入された離散柱状要素を含む、請求項 1 記載のセラミックマトリックス複合材物品（１０）。

【請求項 5】

隣接する対の層（１１２）内に設けられかつそれら層間の界面にわたって整列した予備成形穴（１１８）をさらに含み、第２の強化材（１１６）が、第２の強化材（１１６）がセラミックマトリックス材料（１２２）と一体になるように、セラミックマトリックス材料（１２２）を含む材料で形成されている、請求項 1 記載のセラミックマトリックス複合材物品（１１０）。

【請求項 6】

セラミックマトリックス複合材物品（１０、１１０）を形成する方法であって、

各々が剥離剤で被覆されかつセラミックマトリックス前駆体材料（１３４）で囲まれた第１の強化材（２０、１２０）を含む複数プリフォーム層（１３２）とプリフォーム層（１３２）の隣接する対間の界面（１４、１１４）とを含み、かつプリフォーム層（１３２）の隣接する対を物理的に相互結合する第２の強化材（１６、１１６）を含むプリフォームを形成する段階と、

プリフォーム層（１３２）を焼成してセラミックマトリックス前駆体材料（１３４）をセラミックマトリックス材料（２２、１２２）に転換し、それによって複数層（１２、１１２）を含むセラミックマトリックス複合材を作り出し、また剥離剤が第１の強化材（２０、１２０）とセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間のすべりを促進して第１の強化材（２０、１２０）とセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間よりも第２の強化材（１６、１１６）とセラミックマトリックス材料（２２、１２２）との間により強い結合が存在するようにする段階と、

を含む方法。

【請求項 7】

前記形成段階が、第２の強化材（１６、１１６）と層（１２、１１２）のセラミックマト

10

20

30

40

50

リックス材料（１２２）との間のすべりを促進する剥離剤を含まないように第２の強化材（１６、１１６）を形成する段階を含む、請求項６記載の方法。

【請求項８】

第２の強化材（１６）を離散柱状要素（１６）として形成する段階と、次にそれら層間の界面（１４）を橋絡するように離散柱状要素（１６）をプリフォーム層（１３２）内に挿入する段階とをさらに含む、請求項６記載の方法。

【請求項９】

プリフォーム層（１１２）内に穴（１１８）を形成する段階と、次に第２の強化材（１１６）が焼成段階の後にセラミックマトリックス材料（１２２）と一体になるように、その場で穴（１１８）にセラミックマトリックス前駆体材料（１３４）を充填する段階とをさらに含む、請求項６記載の方法。 10

【請求項１０】

プリフォームが、プリプレグ法、スラリー鑄込み法又はそれらの組み合わせによって形成されている、請求項６記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、総括的にはセラミックマトリックス複合材（ＣＭＣ）物品に関する。より具体的には、本発明は、向上した面外強度を有するＣＭＣ物品を目的とする。

【背景技術】

【０００２】

その効率を高めるためにガスタービンエンジンにおけるより高い作動温度が、絶えず求められている。鉄、ニッケル及びコバルト基超合金の調製によりこれまで高い耐熱能力の著しい進歩が達成されてきたが、代替材料が研究されるようになってきた。注目に値する実施例には、その高い耐熱能力により冷却空気必要量を著しく低減することができるセラミックマトリックス複合材（ＣＭＣ）材料が含まれる。最近では、ＣＭＣ材料、特に連続繊維セラミック複合材（ＣＦＣＣ）材料は、ガスタービンエンジンのシュラウド、燃焼器ライナ、ノズル及び他の高温構成部品として考えられている。高温用途に特に関心が持たれているのは、炭化ケイ素（ＳｉＣ）のようなケイ素系複合材料のマトリックス材料及び／又は強化材としての使用である。 30

【０００３】

ＣＭＣ材料は、一般的にセラミックマトリックス材料内に埋め込まれた繊維状又はフィラメント状強化材を含む。強化材はＣＭＣの荷重支持要素として働き、一方、セラミックマトリックスは、強化材を保護し、繊維配向を維持し、また強化材に対する荷重を分散させる働きをする。ＣＭＣは、多くの場合、一般的にマトリックス材料の前駆体を含浸させた強化材を含むテープ状プリフォームである「プリプレグ」の複数層で製作される。プリフォームは、前駆体を所要のセラミックに転換するための処理（焼成を含む）を施されなければならない。ＣＦＣＣ材料のプリプレグは、多くの場合、スラリー前駆体を含浸させた単一層の一軸配向トウ（個々のフィラメントの束）を含む二次元繊維配列を含み、全体的な二次元積層体を形成する。含浸に続いて、各層は、一般的にマトリックス材料の圧密化、高密度化及び部分硬化（「Ｂステージ処理」）を施される。得られたプリプレグの複数プライは、次に型内に積み重ねられかつ圧搾（ｄｅｂｕｌｋ）されて、層状プリフォームを形成することになり、この工程は「レイアップ」と呼ばれる。プリプレグは、一般的に、隣接するプリプレグのトウが互いに交差する（例えば、垂直な）方向に配向されるように配列されて、例えばプリフォームの層平面に垂直な面外方向（すなわち、プリフォームのｚ方向）と比較してプリフォームの層平面（最終ＣＭＣ構成部品の主要（荷重支持）方向に対応する）内でより大きい強度を持つようになる。レイアップに続いて、層状プリフォームは、追加の圧密化、高密度化及び最終硬化（焼成）を施されて、所要のＣＭＣ構成部品を形成する。 40

【０００４】

C F C C は、繊維強化材の強靱化作用のために「緩やかな破損」を示すことが知られている。セラミックマトリックスは、第 1 の応力（例えば、2 0 0 0 0 p s i（約 1 4 0 M P a））で割れを生じることがあるが、C F C C の短時間極限強度は格段に高くすることができる（例えば、4 0 0 0 0 p s i（約 2 8 0 M P a））。この効果は、主として割れを橋絡しかつ荷重を再分散させる強化材の作用によるものである。この橋絡効果を促進するために、強化材は、一般的に、通常は他の化合物を含むか又は含まない窒化ホウ素（B N）である剥離剤で被覆されて、繊維とマトリックスとの間での制限されかつ制御されたすべりを可能にする。C F C C の一軸配向トウを高密度に詰め込むと、隣接する繊維上の剥離剤皮膜が互いに接近し、接触する可能性がある。剥離剤皮膜はそれ自体が繊維に非常に強く付着しているので、層内平面（その平面において繊維が薄層内部に位置している）及び層間平面（隣接する薄層間の）は、比較的低い破壊強度（例えば、3 0 0 0 p s i（約 2 0 M P a）以下）を有する。層状構造を有する結果として、C F C C 材料は、面外荷重を受けた場合に比較的低い引張及び剪断強度を示し、このことが多くの用途に対する C F C C の使用を制限することになる。

【 0 0 0 5 】

C M C 材料に加えて、層状構造を有するポリマーマトリックス複合材（P M C）もまた、比較的低い層間強度を示す可能性がある。P M C は、それらがマトリックス材料として硬化ポリマー樹脂を使用することで C M C とは著しく異なる。z 方向に配向した強化繊維又はロッドを付加することにより P M C の層間特性を向上させる方法が知られている。強化部材にその極限引張強度近くまで荷重を掛けた場合、荷重は、樹脂マトリックスの高いコンプライアンス性及び可塑性と強化材の高い剛性により層間割れがない状態で伝達される。z 方向の繊維又はロッドで同様に強化した層状構造を有する C F C C 材料の単純機械モデルにより、強化部材にその極限引張強度近くまで荷重を掛けた場合に、C F C C の層間強度を倍増するためには小さな体積分率（約 5 %）のみが必要であることが予測された。しかしながら、この強化材の荷重条件の下では、荷重が剛性のセラミックマトリックスを通して強化材に伝達されるので、層間割れが形成されかつ成長することが観察された。特に高温用途においては、マトリックスの割れは、それら割れが複合材の耐環境性を損なう恐れがあるために、許容できない。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

上記の観点から、C M C、特に C F C C の層強度、特に層内強度を向上させる方法が得られ、それによって C M C を用いることができる用途の数が増加すれば、望ましいと思われる。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本発明は、ガスタービンエンジンの構成部品のようなセラミックマトリックス複合材（C M C）物品とそのような物品を製作する方法とを提供する。具体的には、本発明は C M C 物品を目的としており、C M C 物品は、各層がセラミックマトリックス材料内に第 1 の強化材を含む複数層を含み、第 1 の強化材が第 1 の強化材とセラミックマトリックス材料との間のすべりを促進する剥離剤で被覆される。層は、当該層の各隣接する対がそれらの間に界面を形成するようにレイアップされる。

【 0 0 0 8 】

本発明によると、物品はさらに、それら層間の界面を橋絡することによって物品の層を物理的に相互結合する第 2 の強化材を含む。本発明の好ましい態様によると、第 1 の強化材とセラミックマトリックス材料との間よりも第 2 の強化材とセラミックマトリックス材料との間により強い結合が存在するので、層内部での第 1 の強化材の能力が妨げられずに第 1 の強化材とセラミックマトリックス材料との間で制限されかつ制御されたすべりを可能にして、物品の強度、特に層内強度が増大するようになる。この効果は、第 2 の強化材と層のセラミックマトリックス材料との間のすべりを促進する剥離剤を含まない第 2 の強

化材によって達成することができる。

【0009】

C M C 物品を形成する方法は、一般的に、プリフォーム層を含むプリフォームを、隣接する対のプリフォーム層がそれらの間に界面を形成するように、形成する段階を含む。本方法の1つの実施形態によると、第2の強化材は、離散柱状要素として予備成形され、次に離散柱状要素は、プリフォーム層間の界面を橋絡するように2つの（又はそれ以上の）プリフォーム層内に挿入される。本方法の第2の実施形態によると、穴は、2つの（又はそれ以上の）プリフォーム層内に予備形成され、次に第2の強化材が、セラミックマトリックス材料を含む材料で穴を充填することによってその場で形成されて、第2の強化材の個々の要素がセラミックマトリックス材料と一体になるようになる。

10

【0010】

本発明の場合には、C M C 物品、特にC F C C 物品の層強度が改善され、それによって層剥離タイプの割れに対するこのような物品の耐性を向上させ、その結果C M C を用いることができる用途の数を増大させることができる。

【0011】

本発明の他の目的及び利点は、以下の詳細な説明から一層良く理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明は、一般的に、比較的高温を特徴とする環境内で作動することが要求されるC M C 構成部品、特にC F C C 構成部品に適用可能である。このような構成部品の注目に値する実施例には、ガスタービンエンジンの燃焼器構成部品、高圧タービンペーン並びに他の高温セクション翼形部及び構成部品が含まれるが、本発明は、最新式の発電蒸気タービンを含む他の構成部品にも適用される。本発明が特に関係するC M C 材料の実施例には、炭化ケイ素、窒化ケイ素及び/又はケイ素のセラミックマトリックス内に炭化ケイ素、窒化ケイ素及び/又はケイ素強化材を有するC M C 材料、例えばS i C / S i C C M C 材料が含まれるが、本発明はまた他のタイプのC M C 材料にも適用される。

20

【0013】

図1は、各々が全体的にセラミックマトリックス材料22内に強化材20を含む複数層（薄層）12を含む層状構造を有するC F C C 構成部品10の断面図である。各隣接する対の層12は、層間界面14を形成する。強化材20は、図1に示すように、繊維の束又はトウ20の組の形態であるのが好ましい。C F C C 構成部品10として、トウ20は、各層12において一軸である、すなわち、互いに横並びにかつ平行に配向されるのが好ましく、所定の層におけるトウ20の配向は、直ぐ隣接する層12のトウ20と交差する。トウ20に好適な直径は、層12の厚さ及び特定の用途に応じて決まることになる。約0.040インチ（約1mm）の中心間トウ間隔が、S i C で形成したトウ20に好適であると考えられ、積層及び硬化の後にその厚さが約0.1インチ（約2.5mm）程度である層12内のS i C マトリックス材料22を強化するのに用いられる。

30

【0014】

公知の実施によると、トウ20は、各層12内部でトウ20とセラミックマトリックス材料22との間での制限されかつ制御されたすべりを可能にする、窒化ホウ素（B N ）又は炭素のような剥離剤（図示せず）で被覆されるのが好ましい。構成部品10内に割れが生じると、割れを橋絡する1つ又はそれ以上のトウ20が、荷重を隣接するトウ20及びマトリックス材料22の領域に再分散するように作用し、従って、割れがさらに広がるのを阻止するか又は少なくとも遅らせる。

40

【0015】

層状構成部品10を製作する際には、所要の数の層状プリプレグテープをレイアップして構成部品プリフォーム（図示せず）を形成する。レイアップに先立って、各テープは、一般的に、公知の方法により強化構成（トウ20によって形成された）に所要のマトリックス材料22の前駆体を含浸することによって形成される。例えば、プリプレグテープは、ドラム上にフィラメントを巻きつける間に前駆体を施すことによって単一工程で形成す

50

ることができる。この目的のために様々な前駆体が公知であり、好ましい組成は、構成部品10のセラミックマトリックス材料22に望ましい特定の組成に応じて決まることになる。含浸に続いて、前駆体は、部分的に乾燥されるようになっている。レイアップに続いて、オートクレーブ内などで加圧及び高温を加えながら、層状テープを全体的に圧搾し、かつ硬化させる。得られたプリフォームは、外部から供給される溶融シリコンなどで追加の浸透を施して、気孔率を低下させかつセラミック前駆体を転換し、それによってセラミックマトリックス材料22を形成し、所要のCMC構成部品10を作り出すのが好ましい。適当な処理法及びパラメーターは、材料の特定の組成に応じて決まり、ここでは説明しないことにする。

【0016】

10

本発明の第1の実施形態によると、図1はまた、構成部品10の層12を完全に貫通する穴18内に配置された多数の強化材16の個々の層間要素を示す。強化材16は、CMC又はCFCC材料のトウ、大きなモノリシック構造繊維又は予備製作したロッドの形態とすることができる。強化材16に好適な材料には、積層12の強化材(トウ20)に好適な同じ材料、例えば熱相溶性を求める場合には炭化ケイ素、窒化ケイ素又はケイ素繊維が含まれるが、選択した材料が構成部品10の使用環境に化学的に好適でありかつ積層12のマトリックス材料と相溶性がある限り、他の材料を用いることができる。強化材16は、層12の表面及びそれらの間の層間界面14にほぼ垂直に配向されている、すなわち構成部品10のz方向に配向されているものとして示しているが、他の配向も予測できる。

20

【0017】

トウ20と周囲のセラミックマトリックス材料22との間に制限されかつ制御されたすべりを可能にするために剥離剤で被覆した、層12内のトウ20と対照的に、構成部品10の面外強度、特に層内強度を高めるためには強化材16と層12のマトリックス材料22との間の強い結合が望ましい。この理由から、強化材16は、剥離剤が全くない状態であるのが好ましい。より一般的には、強化材16とセラミックマトリックス材料22との間の結合は、層12内の強化トウ20とセラミックマトリックス材料22との間の結合よりも強く、それによって積層12内のトウ20の性能を妨げずに構成部品10の層強度、特に層内強度を高めて、セラミックマトリックス材料22を通して割れが広がるのを阻止することが望ましい。さらに、強化材16は、有効層間弾性率よりも高い弾性率を有する

30

【0018】

CMC材料の場合には、機械加工作業がトウ20に損傷を与える恐れがあるので、機械加工しないで貫通穴を形成することが好ましい場合がある。それらの構造に応じて、図1の強化材16によって形成した要素は、それらを素地の段階の間に構成部品プリフォーム内に押し込むことによって挿入することができる。それに代えて、穴18は、層12の平面内でトウ20を移動させるピンマンドレル又は他の適当な工具で形成することができる。その後、剥離剤がない状態で、強化材16は、その後の浸透及び焼成工程の間に各層12のセラミックマトリックス材料22に密着結合された状態になることが可能である。焼成に続いて、構成部品10から突出している材料16のあらゆる部分を除去することがで

40

【0019】

構成部品10は、平面形状を有するものとして示したが、前駆体を含浸させたフィラメント(例えば、トウ)を円筒形マンドレル上に巻き付けることによって形成することもできる。乾燥及び部分硬化に続いて、強化材16は、得られた環状形状プリフォーム内にプリフォームに対して例えば半径方向の配向で挿入することもできる。従って、このような強化材16の使用もまた、本発明に包含される。

【0020】

図2及び図3は、本発明の第2の実施形態を示し、この実施形態では、穴118は、焼成するとCFCC構成部品110(図3)を形成する素地構成部品プリフォーム130(

50

図 2) から材料を除去 (穿孔、打ち抜き等) することによって形成される。図 1 の実施形態の場合と同様に、構成部品 110 及びそのプリフォーム 130 は、隣接する対の層 112 及びテープ 132 が層間界面 114 を形成した状態で、それぞれ複数積層した層 112 及びテープ 132 を含む層状構造を有する。各プリフォームテープ 132 は、焼成すると構成部品 110 のセラミックマトリックス材料 122 を形成するセラミック前駆体材料 134 内に強化材 120 を含むものとして示している。図 1 の実施形態の場合と同様に、強化材 120 は、剥離剤 (図示せず) で被覆されてマトリックス材料 122 との間で制限されかつ制御されたすべりを可能にする一軸トウ 120 として示している。

【0021】

プリフォーム 130 のテープ 132 は、図 1 を参照して上述したように、レイアップされかつ処理されるが、離散強化材 16 は導入していない。代わりに、穴 118 を個々のプリフォームテープ 132 内に形成し、その後にテープをレイアップしかつ圧密化してプリフォーム 130 を形成するのが好ましい。次に、プリフォーム 130 にケイ素又は他の好適な材料を浸透させて、プリフォーム 130 内の穴 118 が、プリフォームテープ 132 の周囲領域からの浸透材及び前駆体材料 134 で充填された状態になるようにする。より大きい強度を得る場合には、付加的な前駆体材料 134 を直接穴 118 内に供給し、その後にプリフォーム 130 を B 段階処理し、圧密化しかつ焼成することができる。焼成の間、穴 118 内部の前駆体材料 134 及び浸透材が、構成部品 110 のセラミックマトリックス材料 122 と実質的に一体である層間強化材 116 を形成し、それによって構成部品 110 の層 112 を機械的に相互結合して構成部品 110 の層強度、特に層内引張強度を高める。層内 / 層間引張強度の 100 % 増大を達成するためには、穴 118 は、層間界面 114 の面積の少なくとも約 10 % を構成すべきであると考えられる。

【0022】

図 2 及び図 3 の実施形態の変形形態では、穴 118 は、プリフォーム 130 の積層及び圧密化の後に形成される。穴 118 は、機械的又はレーザ穿孔などの穿孔加工法によって又はフュージティブ材料成形法によってプリフォーム 130 の厚さ全体を貫通して (又は幾らかの中間の厚さまで) 形成することができる。次に、前駆体材料 134 を直接穴 118 内に堆積させ、次いで圧密化、浸透及び焼成してこれも実質的にセラミックマトリックス材料 122 と一体になった層間強化材 116 をその場で形成する。

【0023】

本発明は、その強化材が三次元の織り又は編み構成を有する CMC に対して適用範囲を拡大することができる。このような実施形態では、構成の主要 (荷重) 方向に配向した強化材 (例えば、繊維、ロッド) は、剥離剤で被覆されるが、一方、主要方向に垂直 (すなわち、z 方向) になるように強化構成内に導入した強化材は、層内及び層間強化をもたらす剥離剤を含まない。

【0024】

以上、プリプレグ処理に関して本発明を説明してきたが、本発明はさらに、化学気相浸透法 (CVI) 及びスラリー鑄込み法を含む他の処理を用いて製作された繊維強化セラミック複合材にまで適用範囲を拡大することができる。例えば、レイアップした繊維クロス
のプリフォームは、剥離剤で被覆し次に CVI 技術を用いて炭化ケイ素で被覆して、プリ
プレグ上層皮膜と同等のものを得ることができる。穴は、剥離剤又は炭化ケイ素のいずれ
かを施した後に、プリフォームを貫通して適当な方向に形成することができ、また随意選
択的にその後強化材 (例えば、図 1 の符号 16) を挿入することができる。次に、プリフ
ォームは、プリプレグテープを形成するのに用いたのと類似の好適なすべり剤 (例えば、
SiC/C) を真空浸透され、次いで乾燥及び溶融浸透されることができる。プリプレグ
法及びスラリー鑄込み法の態様を組み合わせた混成法では、トウは、プリプレグを形成す
る際に被覆され、その後織られてクロスを形成する。次に、クロスは、スラリー鑄込み法
と類似の方法でマトリックス材料を含浸され、次いで溶融浸透されることができる。強化
材は、構成部品を形成した後に挿入することができる。全ての場合に、穴及び強化材は、
溶融浸透後に導入することができ、別の溶融工程を必要とする。

【 0 0 2 5 】

特定の実施形態に関して本発明をこれまで説明してきたが、当業者が他の形態を採ることができることは明らかである。従って、本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲によってのみ制限されることになる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 層状構造を有しかつ本発明の第 1 の実施形態に従って形成された離散層間強化材を備えた C F C C 物品の断面図。

【 図 2 】 層状構造を有しかつ本発明の第 2 の実施形態に従って強化材の層間要素がその場で形成される 2 つの段階を示す C F C C 物品の断面図。

【 図 3 】 層状構造を有しかつ本発明の第 2 の実施形態に従って強化材の層間要素がその場で形成される 2 つの段階を示す C F C C 物品の断面図。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 7 】

- 1 0、1 1 0 セラミックマトリックス複合材物品
- 1 2、1 1 2 複数層
- 1 4、1 1 4 層間の界面
- 1 6、1 1 6 層間強化材（第 2 の強化材）
- 1 8、1 1 8 穴
- 2 0、1 2 0 トウ（第 1 の強化材）
- 2 2、1 2 2 セラミックマトリックス材料

10

20

【 図 1 】

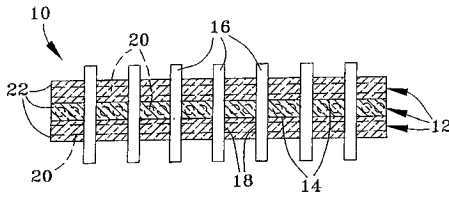


FIG.1

【 図 2 】

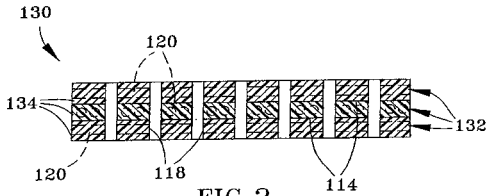


FIG.2

【 図 3 】

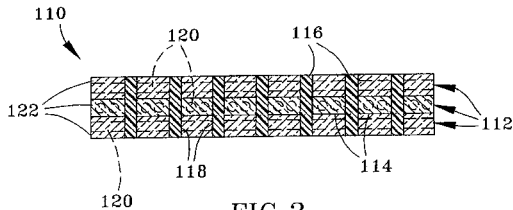


FIG.3

フロントページの続き

(72)発明者 ウィリアム・ポール・ミネアー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ティンバーウィック・ドライブ、16番

(72)発明者 クリシュナン・ラル・ルスラ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、レッド・オーク・ドライブ、780番

Fターム(参考) 3G002 EA08 EA09

4F100 AA14 AD00A AD08 AD11 AR00B AR00C BA03 BA07 BA10A DG20B

EJ48 GB51 JK01B JK06C

【要約の続き】

【外国語明細書】

2005205902000001.pdf