

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4468015号
(P4468015)

(45) 発行日 平成22年5月26日 (2010. 5. 26)

(24) 登録日 平成22年3月5日 (2010. 3. 5)

(51) Int. Cl.	F 1
DO6H 5/00 (2006.01)	DO6H 5/00
B32B 5/02 (2006.01)	B32B 5/02 B
B32B 18/00 (2006.01)	B32B 18/00 B

請求項の数 15 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-61090 (P2004-61090)	(73) 特許権者	502202281
(22) 出願日	平成16年3月4日 (2004. 3. 4)		スネクマ・プロピュルシオン・ソリド
(65) 公開番号	特開2004-270127 (P2004-270127A)		SNECMA PROPULSION S
(43) 公開日	平成16年9月30日 (2004. 9. 30)		OLIDE
審査請求日	平成19年2月5日 (2007. 2. 5)		フランス国、33187 ル・アヤン・セ
(31) 優先権主張番号	0302614		デックス、レ・サンク・シュマン
(32) 優先日	平成15年3月4日 (2003. 3. 4)	(74) 代理人	100058479
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		弁理士 鈴江 武彦
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維ブランクの製造方法、および繊維強化複合材料部品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの繊維から形成される多孔質の構造から繊維プリフォームを製造するための方法であって、

前記繊維構造の初期気孔体積の大部分を空にして、前記繊維から形成される多孔質の構造を変形することなく取り扱えるように、多孔質構造内に耐火性材料を堆積して前記繊維から形成される多孔質の構造を部分的に緻密化させ、前記繊維構造の繊維を互いに結合させることによって前記繊維から形成される多孔質の構造を団結させ、

硬質ピンを前記団結された多孔質構造中に植え込むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

所望の形状のプリフォームを得るために複数の繊維から形成される多孔質の構造を互いに結合することによって繊維プリフォームを製造する方法であって、

各繊維から形成される多孔質の構造の初期気孔体積の大部分を空にして、各繊維から形成される多孔質の構造を変形することなく取り扱えるように、多孔質構造内に耐火性材料を堆積して各繊維から形成される多孔質の構造を部分的に緻密化させ、各繊維構造の繊維を互いに結合させることによって各繊維から形成される多孔質の構造を団結させ、

前記各団結した繊維構造を合わせ、

隣接する団結繊維構造中に硬質材料のピンを植え込むことによって前記繊維構造を結合する

ことを特徴とする方法。

【請求項 3】

前記繊維構造を、その初期気孔体積の 40% 以下の割合で気孔体積を減少させることにより団結させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記繊維構造を、その初期気孔体積の 8～40% 以下の割合で気孔体積を減少させることにより団結させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 5】

使用する繊維構造が 50～70% の気孔体積率を有し、団結を 40%～60% の範囲に気孔体積率を減少させるように行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記繊維構造をセラミックまたはカーボンの堆積物を形成することによって団結させることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記繊維構造を化学気相浸透により団結させることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記繊維構造を、前記繊維構造の繊維上に相間層を形成した後化学気相浸透によりセラミック堆積物を形成することによって団結させ、前記相間層が前記繊維と前記セラミック堆積物との間に配置されることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記繊維構造を、セラミックもしくはカーボン前駆体を含有する液体組成物で含浸し、前記前駆体をセラミックもしくはカーボンに変換することによって団結させることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

セラミックもしくはカーボン前駆体を溶液状態で含有する組成物を使用することを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

ヤーンもしくはトウをマトリックスで緻密化し剛化することによって作られたピンを用いることを特徴とする請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の方法。

30

【請求項 12】

硬質のモノフィラメントの形態に作られたピンを用いることを特徴とする請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

耐熱構造用複合材料のスティックの形態のピンを用いることを特徴とする請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

ピンを少なくとも 2 つの異なる方向に植え込むことを特徴とする請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の方法。

40

【請求項 15】

繊維強化複合材料部品を製造する方法であって、製造しようとする部品の形状に対応する形状のプリフォームを請求項 1～14 のいずれか 1 項に記載の方法により製造し、しかる後、前記プリフォームを団結した繊維構造の残りの気孔体積内にマトリックスを堆積させることにより緻密化することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、1 またはそれ以上の多孔質繊維構造から繊維ブランクを製造する方法に関する。本発明の 1 つの具体的な適用分野は、複合材料部品、特に耐熱構造用複合材料無人を製造するための繊維ブランクを製造する分野である。

50

【背景技術】

【0002】

耐熱構造用複合材料は、その良好な機械的特性および高温でそれら特性を保持する能力が顕著である。それら材料は、特に、航空および宇宙の分野での構造部品を製造するために使用されている。耐熱構造用材料の典型的な例は、カーボンマトリックスにより緻密化された炭素繊維強化材を含むカーボン／カーボン（C／C）複合材料、およびセラミックマトリックス複合（CMC）材料である。CMC材料は、耐火性繊維（一般に、カーボンまたはセラミック）で作られ、セラミックマトリックスまたは組み合わされた炭素およびセラミックマトリックスにより緻密化された繊維強化材を含む。材料の機械的挙動を改善するために、熱分解カーボン（PyC）または窒化ホウ素（BN）からなる相間層を強化繊維とセラミックマトリックスの間に介挿させることができる。

10

【0003】

CMCまたはC／C材料部品の製造は、一般に、複合材料の強化を構成すべく繊維プリフォームを調製し、ついで、おそらくプリフォームの線の上に相間層を形成した後、プリフォームをセラミックまたはカーボンのマトリックスで緻密化することを含む。

【0004】

プリフォームは、ヤーン、トウ、リボン、織布、一方向性シート、フェルトの層等々のような一次元または二次元繊維ファブリックから作られる。プリフォームは、プライをワインディング(winding)し、製織(weaving)し、編組(braiding)し、編成(knitting)し、またはドレーピング(draping)する工程によって形作られる。

20

【0005】

緻密化は、液体法によって、すなわち、プリフォームをマトリックスのセラミックまたはカーボン材の前駆体を含有する液体組成物で含浸することによって行うことができる。前駆体は、典型的に、樹脂であり、これは硬化後、セラミック化または炭化のために熱処理に供される。

【0006】

緻密化は、また、気体法を用いて、すなわち、セラミックまたはカーボンマトリックスの1またはそれ以上の前駆体を含有する反応ガスを用いた化学気相浸透によっても行うことができる。ガスは、繊維プリフォームの気孔内に拡散し、所定の温度および圧力条件の下で、ガスの成分が分解することによって、あるいは複数の成分間で生じる反応によって、繊維上にカーボンまたはセラミックの堆積物を形成する。

30

【0007】

上記CMCまたはC／C複合材料の製造方法は、それ自体よく知られている。

【0008】

繊維強化複合材料部品の機械特性は、特に、種々のストレスに耐える繊維強化材の能力に依存する。

【0009】

すなわち、繊維強化材が二次元プライの積層体として作られたプリフォームにより構成される場合、プライ間に良好な結合を提供することが必要である。強化材がプライに対して用談するように延びる方向（すなわちZ方向）におけるストレスに耐えるこの能力は、積層されたプライを一緒にニードリングすることによるよく知られた手法で得られる。特に、例えばセラミック繊維を使用するときは、ニードリングは、繊維に破壊的な影響を及ぼし、パイルの平面内で強化材を弱化させる。

40

【0010】

層間の結合が製織または編組によって提供される多層繊維構造も知られている。それでもなお、Z方向における良好な機械強度は、層間の高濃度の結合を要求し、硬く、しかも成形が制限された範囲の変形しか必要としない場合でさえ成形に比較的不適当な繊維構造をもたらす。

【0011】

この欠点は、縫製(stitching)によって互いに結合されたプライから形成された繊維構

50

造においても見られる。加えて、セラミック繊維構造については、プライを縫製するためのセラミック糸を使用することは困難である。

【0012】

さらに、製造しようとする部品が複雑な形状である場合、製造しようとする部品の形状に近い形状を有する一体型プリフォームを作ることが困難であるか、不可能であり得る。そこで、1つの解決策は、より簡単な形状の複数の繊維構造を集結(assembly)させることである。その場合、複合材料部品が強化用繊維プリフォームにおける凝集の損失により操作中に劣化しないことを確保するために、繊維構造間の効果的な結合を行わなければならない。

【0013】

特許文献1は、樹脂により予め含浸された積層された繊維プライにより形成された構造中に、または集結させるために、それぞれ樹脂が予め含浸した繊維パイルから形成された複数の構造中に硬いピンを植え付けるという方法を開示している。ピンは、初めはエラストマーのような圧縮性材料のブロック中に挿入される。このピンを有する圧縮性材料のブロックを事前含浸されたプライから作られた構造の表面に接触させる。このピンに超音波エネルギーを適用する一方、ピンが事前含浸プライから作られた構造中に移行されるように、ピンが挿入されたブロックを同時に圧縮し、それにより当該構造を強化するか、それを下地構造に結合する。次に、樹脂を硬化させることにより、樹脂マトリックス複合材料部品が得られる。

【0014】

このような方法は、有機マトリックスを有する複合材料の製造に限定される。特許文献1は、確かに、ピンは樹脂を硬化させた後に挿入することができると記載しているが、それにもかかわらず、その場合その方法は、使用するピンが非常に硬く、強い材料で作られていない限り、特に金属ピンおよび／または比較的大きな直径のピンを用いない限り、薄い構造に適用できるだけであることは容易に理解されよう。あいにく、操作中に非常に高い温度にさらされる耐熱構造用複合材料部品にとって、金属ピンの使用は、非常に高い温度での金属の低下する強度故に、あるいは金属と複合材料のセラミックもしくはカーボン成分との間の膨張差故に、望ましいものではない。加えて、大径のピンの使用は、それが複合材料の構造に与える非均一性故に、望ましいものではない。

【0015】

特許文献1には、ピンをドライ繊維プライ、すなわち事前含浸されていないピンに挿入することができるとも述べられている。しかしながら、一組の繊維プライについては、または互いに結合された複数の組のプライについては、そのことは、変形されることなく取り扱えるようにするに十分に強度を与えるには十分ではあり得ない。そこで、繊維パイルを緻密化する前に所望の形状を維持させるために、工具(tooling)を使用することが必要となるが、それは、作ろうとする複合材料部品の形状が複雑である場合は特に、高価で、達成することが困難であり得る。

【特許文献1】WO 97/06948

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明の目的は、上述の欠点を解消しながら、繊維構造を強化し、または複数の繊維構造を結合させる方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

1つの側面において、本発明は、少なくとも1つの多孔質繊維構造から繊維ブランクを製造するための方法であって、前記繊維構造の初期気孔体積の大部分を空にして、前記多孔質繊維構造を変形することなく取り扱えるように前記多孔質繊維構造を部分的に緻密化させることにより耐火性材料の堆積物をその中に形成して前記繊維構造の繊維を互いに結合させることによって前記多孔質繊維構造を団結させ；硬質ピンを前記団結する多孔質構

10

20

30

40

50

造中に植え込むことを特徴とする方法を提供する。

【0018】

他の側面において、本発明は、所望の形状のブランクを得るために複数の多孔質繊維構造を互いに結合することによって繊維ブランクを製造する方法であって、各多孔質繊維構造の初期気孔体積の大部分を空にして、各多孔質繊維構造を変形することなく取り扱えるように各多孔質繊維構造を部分的に緻密化させることにより耐火性材料の堆積物をその中に形成して各繊維構造の繊維を互いに結合させることによって各多孔質繊維構造を団結させ；前記各団結した繊維構造を合わせ；隣接する団結繊維構造中に硬質材料のピンを植え込むことによって前記繊維構造を結合することを特徴とする方法を提供する。

【0019】

本発明は、ピンを、繊維構造を団結 (consolidate) する段階で植え込む (implant) という点で注目すべきである。

【0020】

このことは、ドライ繊維構造、または樹脂で含浸され、もしくは硬化樹脂により既に緻密化された繊維構造に対して植え込みを行うことと比較していくつかの有意な利点をもたらす。

【0021】

団結された繊維構造において、繊維は、繊維構造を変形させることなく、しかも繊維構造が変形することを避けるために繊維構造を工具中に保持することを必要とせず、ピンが植え込まれ得るように、互いに結合される。

【0022】

加えて、繊維構造は、成形後に団結させることができる。そのとき、強化された構造が変形するという可能性の問題はもはや生じないので、ピンの植え込み密度を高くすることができる。

【0023】

特に、複雑な形状のブランクを作る場合、工業的なプロセスは単純化される。ブランクは、形状が簡単で、別々に予め団結させることが容易な繊維構造を互いに集結 (assemble) させることによって作ることができる。

【0024】

加えて、団結された繊維構造が部分的に緻密化されているので、ピンは、それらが植え込まれた後には、繊維が自由のままであるドライ構造の場合よりもより良好にその場に保持される。

【0025】

さらに、団結された繊維構造における残存気孔体積は大きいので、部分的緻密化を提供する堆積物 (deposit) の存在は、かなりの厚さの繊維構造にとってさえ、ピンの貫入には障害とならない。従って、ブランクの意図する使用に適合する種々の硬質材料で作られた小さな直径のピンを使用することができる。

【0026】

有利には、繊維構造は、その気孔体積をその初期値の40%以下で、特にその気孔体積をその初期値の8~40%の範囲の量だけ減少させる。

【0027】

使用するそのまたは各繊維構造が50%~70%の範囲内の気孔体積率を有する場合、団結は、例えば、気孔体積を40%~60%まで減少させるように行われる。本明細書で用いている繊維構造の「気孔体積率」は、気孔により占められた繊維構造の見掛け体積の分率を意味する。

【0028】

繊維構造は、特にブランクを耐熱構造用複合材料部品の製造に使用する場合には、耐火材料、典型的にはセラミックおよび／またはカーボンの堆積物を生成させることにより団結される。

【0029】

その場合、団結は、化学気相浸透(chemical vapor infiltration)により行うことができる。セラミックの堆積による団結は、任意に、繊維構造の繊維上に相間層を形成した後、その相間層が繊維とセラミック堆積物の間に存在するように行うことができる。

【0030】

変形例において、団結は、セラミックまたはカーボンの前駆体を含有する液体組成物による含浸によって行うことができ、ついで、セラミックまたはカーボン前駆体を変換させる。前駆体は、樹脂であり得る。

【0031】

使用するピンは、ヤーンまたはトウをマトリックスを用いて緻密化し、剛化(stiffening)させることにより作ることができ、例えば、有機マトリックスにより緻密化され、剛化されたセラミックもしくはカーボンヤーンもしくはトウである。

10

【0032】

また、硬いモノフィラメント、例えば化学気相体積により作ることができるセラミック塗膜を備えるカーボンコアを有するモノフィラメントの形態に、またはCMCまたはC/Cのような耐熱構造用複合材料のスティックの形態に作られたピンを用いることもできる。

【0033】

ピンは、少なくとも2つの異なる方向に植え込むことができる。

【0034】

他の側面において、本発明は、製造しようとする部品の形状に対応する形状のブランクを上記方法で調製した後、ブランクを、団結された繊維構造中に残存する気孔内にマトリックスを堆積させることにより緻密化させることを特徴とする繊維強化複合材用部品の製造方法を提供する。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

本発明は、種々の多孔質繊維構造に適用することができる。

【0036】

本発明は、特に、

フラットな織製、縫製または編組ファブリック(fabric)のプライ；互いに平行なフィラメント状要素から作られた一方向性シート；異なる方向に配置した一方向性シートを重ね、互いに結合(例えば、ニードリングにより)することによって作られた多方向性シート；フェルトの層等々のような二次元繊維ファブリックを重ねることにより少なくとも一部が作られる構造(上記二次元ファブリックは、例えば、ニードリングまたは縫製により互いに結合させることができる)；

30

ヤーンまたはトウの三次元製織、編成もしくは編組により少なくとも一部が作られた多層構造(構造の層間の結合は、製織、編成もしくは編組中のヤーンもしくはトウにより行われる)；および

厚いフェルトにより少なくとも一部が構成される構造
によって構成することができる三次元繊維ファブリックに適用される。

【0037】

40

繊維ファブリックは、フラットなプレートの形態にあり得、あるいはそれらは、例えば繊維プライをファブリックに所望される形状に対応する形状を有する支持体上に重ねることによって成形することができる。

【0038】

繊維ファブリックを耐熱構造用複合材料部品を作るためのブランクを製造する上で使用する場合、そのファブリックを構成する繊維は、典型的にセラミックもしくはカーボン繊維であるか、あるいはセラミックもしくはカーボン前駆体から作られ、その前駆体の変換を繊維構造を製造した後の段階での熱処理により行う繊維である。

【0039】

本発明の方法が繊維構造の強化のために用いられるか、あるいは複数の繊維構造を互い

50

に結合させるために用いられるかに拘わらず、多孔質繊維構造は初めに団結される。

【0040】

団結は、耐火材料を繊維構造内に堆積させ、繊維構造が変形することなく容易に取り扱うことができるが、繊維構造中の初期気孔の大部分を空のまま残すように、繊維構造を結合させることにより行うことができる。

【0041】

かくして、団結は、初期気孔率の減少をもたらす部分的緻密化からなり、該減少は、好ましくは、初期気孔率の40%以下の割合、典型的には8%~40%の割合である。

【0042】

50%~70%の範囲内の気孔体積率を有する繊維構造の場合には、団結は、典型的に、該率を40%~60%の範囲までに減少させるものである。

10

【0043】

かくして、団結した繊維構造は、非常に多孔質のままである。

【0044】

団結は、化学気相浸透により行うことができる。そのような場合、任意に所望の形状に維持するための工具内に置かれた繊維構造をオープンに入れ、これに団結のために堆積される材料の1またはそれ以上の前駆体を含有する反応ガスを導入する。具体的に決定された圧力および温度条件の下で、反応ガスは繊維構造の気孔内に拡散し、反応ガスの前駆体成分が分解することによるか、あるいは複数の成分の反応により、気孔内に材料の所望の堆積物を形成する。

20

【0045】

セラミックまたはカーボンのような耐火材料を堆積させるための化学気相浸透法は、よく知られている。

【0046】

すなわち、カーボンについては、25キロパスカル(kPa)未満の圧力および950~1100℃の範囲の温度で、メタンもしくはプロパンまたはそれらの混合物を含むガスを用いることができる。

【0047】

炭化ケイ素(SiC)のようなセラミックを堆積させるためには、化学気相浸透を、例えば、SiCの前駆体であるメチルトリクロロシラン(MTS)を水素ガス(H₂)とともに含有する反応ガスを用いて、約900~1050℃の温度で、25kPa未満の圧力下で行う。水素は、反応ガスの繊維構造内への拡散を促進するベクターガスとして作用し、繊維構造内にMTSの分解によりSiC堆積物を生成させる。化学気相浸透によりSiCマトリックスを調製する方法は、米国特許第5,738,908号に記載されている。

30

【0048】

熱分解カーボン(PyC)または窒化ホウ素(BN)の相間層は、団結するSiCマトリックス相を堆積させる前に繊維構造の繊維上に形成することができる。この相間層は、米国特許第4,752,503号に記載されている化学気相浸透法により形成することができる。

【0049】

団結は、液体法によっても行うことができる。

40

【0050】

そのためには、可能的には工具中に保持された状態で、繊維構造を、堆積させようとする材料の前駆体を含有する液体組成物で含浸する。

【0051】

前駆体は、典型的に、樹脂である。カーボンを堆積させることにより団結を行うためには、非ゼロのコークス含有率(coke content)を有する有機樹脂、例えばフェノール系樹脂を使用する。セラミック、例えばSiCを堆積させることにより団結を行うためには、ポリカーボシラン(PCS)タイプの、またはポリチタノカーボシラン(PTCS)タイプの樹脂を用いることができる。

50

【0052】

樹脂は、好適な溶媒、例えばフェノール系樹脂にはエチルアルコール、またはP C SもしくはP T C Sにはキシレン中の溶液とすることができる。

【0053】

含浸後、溶媒を乾燥により除去し、樹脂を硬化させた後、熱処理（セラミック化または炭化）によりセラミックまたはカーボンに変換させる。セラミックもしくはカーボン堆積物を液体法により堆積させる方法は、よく知られている。

【0054】

団結の目的で堆積される物質の量を制限するために、熱処理後にさほど大きくない固体残渣率を有する樹脂を用いるか、および／または溶媒中で有意に希釈された樹脂を用いて含浸を行う。繊維構造中の初期気孔体積分率の大部分は、一部、樹脂が乾燥され、強化されると回復し、追加の気孔体積はセラミック化もしくは炭化後に回復する。

【0055】

図1は、繊維構造を強化する目的で団結した繊維構造中にピンを植え込む方法を説明する図である。

【0056】

植え込みは、文献WO 97/06948に記載されたタイプの方法により行うことが有利である。図1に示すように、植え込み用のピン10を、初めに、圧縮性材料例えば、フォームまたはエラストマーのブロック12に挿入する。ピンは、ブロック12の2つの対向面12aと12bの間に延びる。ブロック12の1つの面12aを、強化しようとする団結した繊維構造20の表面20の領域と接触させる。超音波発生器（図示せず）に接続されたトランスジューサ14をブロック12の他の面12bに押圧し、超音波エネルギーおよび圧縮をブロック12に適用することによりピンを団結した繊維構造内に移行させる。

【0057】

上記方法は、強化の要求に応じて、繊維構造20全体を強化するか、その一部のみを強化するために、必要により繰り返し行う。

【0058】

植え込みの密度は、一定であるか、繊維構造を均一に強化することが望ましいのか、あるいは繊維構造を不均一に強化することが望ましいのかに依存して、一定であるか、非一定であるように選ばれる。

【0059】

図示した例では、ピン10は、ブランク20の表面20aに直角な方向に植え込まれている。

【0060】

一例として、ピン10は、セラミックまたはカーボン繊維で作られたヤーンまたはトウを有機マトリックスまたはカーボンマトリックスにより緻密化することによって得られ、ブランクの緻密化を終了させるために必要であるように温度を高めながら有機マトリックスを炭化させる。一例として、有機マトリックスは、ビスマレイミド（BMI）タイプの樹脂により構成することができる。

【0061】

他の材料、特に、セラミックコーティング、例えば化学気相堆積法によって得られるSiCコーティングにより硬化されたカーボン繊維コアにより構成されるモノフィラメントを使用することができる。また、CMCまたはC/C複合スティック、例えばアルミナ/アルミナ複合スティックを用いることもできる。

【0062】

また、ピン10は、いずれもの所望の強化方向において、団結された繊維構造20の表面20aに直角の方向に対して非ゼロ角度で傾斜する方向に植え込むこともできる。

【0063】

また、ピンは、複数の方向に植え込むこともできる。すなわち、図2は、ピン10₁が

10

20

30

40

50

表面 20a に直角の方向に対して非ゼロ角度 α をなす方向に植え込まれ、ピン 10₂ が表面 20a に直角の方向に対して、 α とは異なる角度 β をなす方向に植え込まれつつある繊維構造 20 を示している。図示の例では、角度 β は、 α と等しいが反対向きである。複数の方向に繊維構造を強化することに加えて、繊維構造がプライを積層することにより作られている場合、異なる方向の植え込みピンは離層（プライ間の分離）に抗するより大きな能力を繊維構造に付与する。

【0064】

異なる方向の植え込みは、図 2 に示すような複数の連続するパス（pass）で、あるいは複数の方向にピンが挿入された圧縮性材料のブロックを用いて一回のパスで行うことができる。

10

【0065】

ピンを植え込んだ後、団結された繊維構造は、複合材料部品を製造するためのブランクを構成し得る。

【0066】

この目的のために、ブランクは、所望程度の密度が得られるまでマトリックスにより緻密化される。

【0067】

耐熱構造用複合材料部品については、緻密化はセラミックまたはカーボンマトリックスを用いて行われる。

【0068】

20

緻密化は、化学気相浸透法により、または団結に関して上に述べた液体法により行うことができる。

【0069】

図 3 は、複数の繊維構造を互いに結合するために互いに積層された複数の団結した繊維構造にピンを植え込む方法を説明するための図である。

【0070】

図 3 に示す例において、箱形ばりの機能を有する部品を製造するための繊維ブランクは、2つの団結繊維構造 30 および 40 を互いに結合することにより作られる。

【0071】

繊維構造 30 は、外側に向いたリム 32a および 34a によって延長されたフランジ 32 および 34 を有するチャンネル部である。これは、対応する形状のフォーマー（former）上で繊維プライをドレープ成形することによって得ることができる。プライは、例えば製織布の層、一方向性もしくは多方向性シートまたはフェルトの層のような二次元繊維構造により構成することができる。成形され、重ねられた繊維プライは、例えばニードリングまたは他の結合方法によって互いに結合させることができる。

30

【0072】

変形例において、繊維構造 30 は、多層製織、編成もしくは編組ファブリックを成形することにより得ることができる。

可能的に工具により形状保持されて、繊維構造 30 は、上に述べたような化学気相浸透法または液体法により団結される。

40

【0073】

繊維構造 36 は、プレートの形態にある。これは、フラットな繊維プライを重ねることにより、または三次元製織、編成もしくは編組により得ることができ、また固定フェルト層によっても形成することができる。

【0074】

繊維構造 36 は、上に述べたような化学気相浸透法または液体法により団結される。

【0075】

団結された繊維構造 30 および 36 は、構造 36 がリム 32a と 34a に接触するように重ねる。繊維構造 30 および 36 は、繊維構造が重ねられている間に同時に団結させることが有利である。

50

【0076】

これら繊維構造は、それぞれリム32aおよび34aと構造36の隣接部分を合わせた厚さにわたってピン40を植え込むことにより結合される。

【0077】

植え込みは、上に述べたように行う。ピン40は、初めはフォームまたはエラストマーのような圧縮性材料のブロック41に挿入される。ブロック42は、繊維構造36のリム32a、34aと接触する面36bと反対側の面36aに接触させる。超音波発生器に接続したトランスジューサ44をブロック42の面42aとは反対側の面42bに押圧し、超音波エネルギーおよび圧縮をブロック42に適用することにより、ピン40を構造30中に移行させる。

10

【0078】

ピンは、図示の例におけるように繊維構造36に対し、およびリム32a、34aに対し、垂直に植え込むこともできるし、あるいは繊維構造36の直角方向に対し非ゼロ角度をなす方向に受けこむこともできる。

【0079】

また、ピンを複数の方向に植え込むこともできる。

【0080】

また、団結された繊維構造30、36は、それ自体、それらを互いに結合する前にピンを植え込むことによって強化することができる。

【0081】

ピン40は、ピン10について上に述べた材料と同じ材料で、特にセラミックまたはカーボン繊維ヤーンもしくはトウを有機マトリックスで緻密化することにより得られる複合材料で作ることができる。

20

【0082】

こうして、複雑な形状の繊維ブランクを製造することができる。当然、所望の形状のブランクを得るために、3つ以上の繊維構造を互いに結合させることができる。

【0083】

特に、ブランクは、剛化材を備える薄いプレートまたはウェブにより形成される部品用に作ることができ、ウェブと各剛化材を互いに合わせる前に別々に団結させる。図3の構造30のようなチャンネル部の繊維構造は、剛化材を作るために使用することができる。

30

【0084】

ついで、複合材料部品は、繊維ブランクを緻密化することによって得られる。例えばセラミックまたはカーボンマトリックスによる緻密化は、団結の場合と同様に、化学気相浸透法または液体法によって行うことができる。

【実施例】

【0085】

以下の例は、本発明の団結された繊維構造を強化および／または結合させる能力を調べるために行った試験に関する。

【0086】

例1

各々日本カーボンにより「Hi-Nicalon」という名称で販売されているもののようなSiCヤーンから作られたSiC平織りファブリックの層5つを積層することによって2つの繊維プレートをそれぞれ得た。得られた繊維プレートは、約60%の気孔体積率を有するものであった。

40

【0087】

これら繊維プレートをPyC相間層を形成し、化学気相浸透によりSiCを堆積させることによって団結させた。団結後の気孔体積率は、約50%に減少した。

【0088】

日本カーボンにより供給された500フィラメントSiCヤーンを剛化することによってピンを作成した。剛化は、BMI樹脂で緻密化することによって行った。各ピンの直径

50

は約 0.4 mm であった。

【0089】

これらピンを上記重ねた団結繊維プレートに平方センチメートル (cm^2) 当たり 16 ピンの密度で植え込んだ。図 4 の写真は、得られた繊維ブランクの表面を示すものである。ピンの植え込みには特に困難はなかった。

【0090】

ピンを備えたブランクを化学気相浸透法により SiC マトリックスで緻密化した。緻密化前の温度上昇中に、ピンの BMI マトリックスが炭化し、ピンはその一体性を保持していた。

【0091】

かくして、強化用 SiC 布の層が織布の層に垂直な Z 方向の強化を提供するフィラメント状要素により結合された SiC / SiC 複合材料部品を得た。

【0092】

得られた部品を強化用布の層の面に平行な剪断ストレスに供した。離層剪断に抗する能力を測定したところ、約 30 メガパスカル (MPa) に等しかった。

【0093】

比較として、同じ SiC 布の 10 層からなり、同様に化学気相浸透により SiC マトリックスで緻密化した、ピンを植え込まなかった繊維ブランクから部品を製造した。離層剪断に抗するその能力を測定したところ、わずか約 20 MPa であった。

【0094】

例 2

例 1 で使用したもののような「Hi-Nicalon」SiC 繊維ヤーンの三次元製織により得た多層布の形態で繊維構造を作った。この三次元ファブリックは、約 65 % の気孔体積率を有する 10 層からなるものであった。

【0095】

この繊維構造を例 1 と同様に団結させたところ、団結後の気孔体積率は約 55 % に減少した。

【0096】

例 1 と同様のピンをこの団結繊維構造に 16 ピン / cm^2 の密度で植え込んだ。

【0097】

得られたブランクを化学気相浸透法により SiC マトリックスで緻密化した。

【0098】

例 3

例 2 の手順を繰り返したが、ピンは、32 ピン / cm^2 の密度で植え込んだ。

【0099】

例 4

例 2 の手順を繰り返したが、使用したピンは直径が約 0.15 ミリメートル (mm) の SiC モノフィラメントにより形成し、このピンを 110 ピン / cm^2 の密度で植え込んだ。

【0100】

例 5 (比較)

例 2 の手順を繰り返したが、ピンの植え込みを行わなかった。

【0101】

例 2 ~ 5 で得た部品 P₂ ~ P₅ について離層剪断に抗する能力を測定した値、および部品 P₂ ~ P₅ について測定した強化布の層に垂直な Z 方向での牽引における破壊強度を下記表 1 に示す。

10

20

30

40

【表 1】

	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
離層剪断強度 (MPa)	35	45	60	25
牽引破壊強度 (MPa)		11		5

10

【0102】

これらの結果は、ピンが植え込まれた部品の強度が有意に向上することを示すものである。

【0103】

例 6

カーボン繊維ヤーンの三次元製織により得た多層ファブリックの形態で繊維構造を作った。このファブリックの気孔体積率は約 60% であった。

【0104】

プレートとチャンネル部剛化材を上で得られたファブリックを用いて形成し、それらを別々に、フェノール樹脂で含浸し、この樹脂を重合させた後、炭化することによって団結させた。団結後、気孔体積率は、約 50% に減少した。

20

【0105】

得られた団結構造を重ね、図 3 に関して説明したようにピンを植え込んで互いに結合させた。

【0106】

使用したピンは、SiC モノフィラメントにより構成され、これらを 110 ピン/cm² の密度で植え込んだ。

【0107】

得られたブランクを化学気相浸透により SiC マトリックスで緻密化した。

30

【0108】

この例は、複雑な形状の部品、例えば、剛化材を備えたウェブを含む部品を非常に簡単に製造できるという本発明の利点を示す。

【図面の簡単な説明】

【0109】

【図 1】本発明の第 1 の態様における繊維構造の強化法を説明するための概略図。

【図 2】本発明の変形例における繊維構造の強化法を説明するための概略図。

【図 3】本発明の第 2 の態様における、互いに結合した繊維構造を示す概略図。

【図 4】本発明に従いピンが植え込まれた団結繊維ブランクを示す写真。

【符号の説明】

40

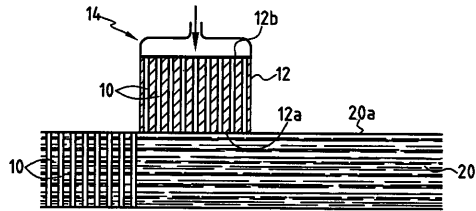
【0110】

20, 30, 36 … 繊維構造

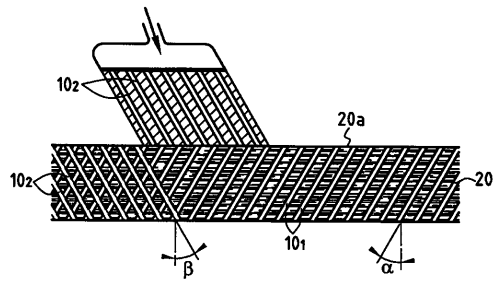
10, 40 … ピン

12, 41 … 圧縮性ブロック

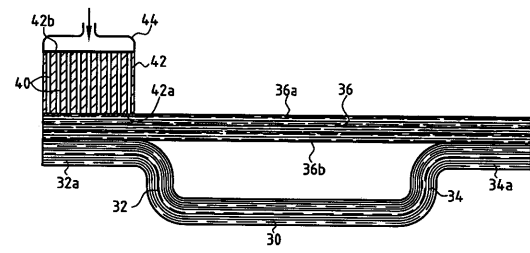
【図 1】



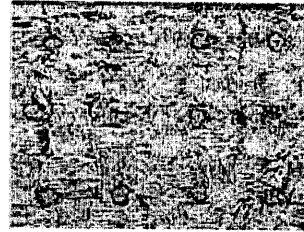
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (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、33400 タレンス、リュ・ブルバキ 63
- (72)発明者 ドミニク・クーペ
フランス国、33185 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 70
- (72)発明者 レミ・ブビエ
フランス国、33700 ムリニャック、リュ・デ・ピオレッテ 2シー、アパルトマン 42、
レジデンス・ラ・ジャルディネレ
- (72)発明者 エリック・フィリップ
フランス国、33700 ムリニャック、アブニュ・ビクトリア 20

審査官 斎藤 克也

- (56)参考文献 特開昭57-027746 (JP, A)
特表平08-512257 (JP, A)
特開2001-181062 (JP, A)
特開平01-202444 (JP, A)
特表平10-511052 (JP, A)
特開平03-033070 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29B	11/16		
B29B	15/08	—	15/14
B32B	1/00	—	43/00
C04B	35/76		
C04B	35/80	—	35/83
C08J	5/04	—	5/10
C08J	5/24		
D04H	1/00	—	18/00
D06B	1/00	—	23/30
D06C	3/00	—	29/00
D06G	1/00	—	5/00
D06H	1/00	—	7/24
D06J	1/00	—	1/12