

(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2013-35747  
(P2013-35747A)

(43) 公開日 平成25年2月21日(2013.2.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**C O 4 B 35/80 (2006.01)** C O 4 B 35/80 K  
 C O 4 B 35/80 F

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-170921 (P2012-170921)  
 (22) 出願日 平成24年8月1日(2012.8.1)  
 (31) 優先権主張番号 1157154  
 (32) 優先日 平成23年8月4日(2011.8.4)  
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 50212444  
 コミッサリア ア レネルジー アトミー  
 ク エ オ ゼネルジ ザルタナティヴ  
 フランス国 エフー75015 パリ,  
 バテイマン 「 ル ポナン デー 」,  
 リュ ルブラン 25  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆  
 (74) 代理人 100110364  
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

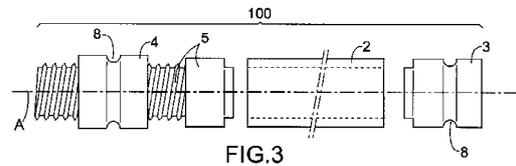
(54) 【発明の名称】 セラミックマトリックス複合材料から作られた管状幾何学形状を有する部品を製造する改善された方法

(57) 【要約】

【課題】 C M C 材料から作られる部品の機械的な特性を保ち、および/または寸法、公差、および/または表面粗さを守る製造方法を設計する。

【解決手段】 本発明は、織り合わされた繊維から作られるプリフォームの張力装置およびこのプリフォームを使ってセラミックマトリックス複合材料から作られる部品の製造方法に関連する。この方法の中で、プリフォームは、緻密化の前、および最中に張力装置(100)を用いて張力をかけられ、該張力装置は、本体(2)と、第1組立部材(3)と、第2組立部材(4)と、制御棒とを備え、制御棒の回転が、第2組立部材を移動させ、第1および第2組立部材を互いに離間させ、かつ長手方向に沿ってプリフォームに張力をかける。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

本体部および 2 つの対向端部を有する織り合わされた繊維から作られるプリフォーム (1) の長手方向 (A) に沿った張力装置であって、該張力装置は、

- 前記プリフォームの前記本体部を支持する長手の本体 (2) と、
  - 前記本体の一端部に取り付けられた、前記プリフォームの第 1 組立部材と、
  - らせん接続によって制御棒に取り付けられた、前記プリフォームの第 2 組立部材であって、前記制御棒自体は、軸周りに自由に回転するように本体の他端部に取り付けられた、第 2 組立部材と、
- の同軸の部材を備え、

10

前記制御棒は、前記本体および前記第 1 組立部材から選択された少なくとも 1 つの部材に対して自由に回転することができ、

前記プリフォームの端部が、前記第 1 および第 2 組立部材に保持される場合に、これら同軸の部材は、互いに協働することができるように設計され、軸周りの前記制御棒の回転が、前記第 2 組立部材の前記軸周りの移動を引き起こすとともに、前記第 1 および第 2 組立部材が前記軸に沿って互いに離れる結果となり、前記長手方向 (A) に沿って前記プリフォームに張力をかける、張力装置。

**【請求項 2】**

前記制御棒の回転中に、少なくとも 1 つの前記組立部材が、前記張力装置の外部の調整システムに対して固定保持されている、請求項 1 に記載の張力装置。

20

**【請求項 3】**

前記制御棒が、前記本体および前記第 2 組立部材と同軸の中間部材を介して前記本体の端部に組み立てられ、該中間部材は、前記本体および前記第 2 組立部材の間に配置されている、請求項 1 または 2 に記載の張力装置。

**【請求項 4】**

前記制御棒が雄ネジを有した棒であり、かつ前記第 2 組立部材が前記制御棒の前記ネジ山に協働する雌ネジを備えたナットである、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の張力装置。

**【請求項 5】**

織り合わされた繊維プリフォーム (1) を根幹としてセラミックマトリックス複合材料から作られる前記長手方向に延在する中空部品の製造方法であって、該方法は、

30

a) 作られる部品のプリフォーム (1) が、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の張力装置に配置されるステップと、

b) 前記プリフォームの 2 つの端部が、前記張力装置の前記第 1 組立部材 (3) および第 2 組立部材 (4) それぞれに固定されるステップと、

c) 前記制御棒を回転移動させることによって、前記プリフォーム (1) に張力をかけるために、前記第 1 組立部材 (3) および第 2 組立部材 (4) を前記長手方向に沿って互いに離れるように移動させるステップと、

d) 前記プリフォームにおけるマトリックスの形成による前記プリフォームの緻密化を引き起こすために、張力がかけられた前記プリフォームに緻密化処理を施すステップであって、前記緻密化処理は、前記前記プリフォームの融解温度より低く、かつ前記装置の融解温度より低い温度にて行われる、ステップと、

40

e) 前記緻密化されたプリフォームから前記張力装置 (100) が取り除かれるステップと、

を備える方法。

**【請求項 6】**

前記回転移動が適用される際に、さらにステップ c) が、前記第 1 および第 2 組立部材から選択された少なくとも 1 つの部材を前記張力装置の外部の調整システムに保持するステップからなる、請求項 5 に記載の製造方法。

**【請求項 7】**

50

前記プリフォームの前記２つの端部を固定するステップb)が、前記第１組立部材(３)および前記第２組立部材(４)の前記軸に方向づけられた前記プリフォームの前記２つの端部に半径方向の型締力を加えるために、前記プリフォームの前記２つの端部に締め付け手段(７)を設置することによって行われる、および/または第一に、前記第１組立部材(３)と、前記プリフォームの前記２つの端部の一方との間の境界面に、かつ第二に、前記第２組立部材(４)と、前記プリフォームの前記２つの端部の他方との間の境界面に、接着材料を付けることによって行われる、請求項５に記載の製造方法。

【請求項８】

前記締め付け手段(７)と、前記プリフォームの前記２つの端部との間の境界面に接着材料を付けるステップをさらに備える、請求項７に記載の製造方法。

10

【請求項９】

前記締め付け手段(７)が配置された前記第１組立部材(３)および第２組立部材(４)に対する該締め付け手段(７)の起こり得る移動を防ぐために、前記第１組立部材(３)および前記第２組立部材(４)に、さらにロッキング手段(８；９)が設けられている、請求項７に記載の製造方法。

【請求項１０】

前記張力装置(１００)が、前記プリフォーム(１)の熱膨張係数に近い、または等しい熱膨張係数を有する材料から作られる、請求項５に記載の製造方法。

【請求項１１】

処理されたプリフォームが、作られる部品のマトリックス体積の５％より多く、かつ６０％以下のマトリックス体積の割合を備える場合に、緻密化処理を前記プリフォームに施すステップd)が停止され、かつ該方法が、前記張力装置が取り除かれるステップe)の後に、ステップf)をさらに備え、該ステップf)は、前記プリフォームの緻密化を終了させるために、前記前記プリフォームの融解温度以下の温度にて、ステップe)の後で得られた前記プリフォームに緻密化処理を施すステップからなる、請求項５に記載の製造方法。

20

【請求項１２】

前記張力装置(１００)の前記本体(２)が石英ガラスから作られ、かつ前記張力装置を取り除くステップe)が、酸、好ましくはフッ化水素酸、または塩基を用いた前記本体の薬品浸食によって行われる、請求項５～１１のいずれか一項に記載の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、セラミックマトリックス複合材料から作られた部品を製造する分野に関連する。

【０００２】

特に、織り合わされ、かつ好ましくは編まれた繊維から作られた補強材を有する長手方向に延在する中空部品の製造に適用することができる。

【０００３】

また、これら中空部品の製造中に使用される、補強材に張力をかける特定の張力装置に関する。

40

【背景技術】

【０００４】

セラミックマトリックス複合(CMC)材料から作られる部品は、繊維構造によって強化されるセラミックマトリックスからなり、繊維構造は、部品の機械的な強度を提供し、一方でマトリックスは結合を提供する。

【０００５】

CMC材料から作られる部品は、それらの特に硬度、強靱性、磨耗に対する耐性、および機械的および熱衝撃に対する耐性に関する優れた機械的特性により、多くの工業分野において特に重宝されている。

50

## 【 0 0 0 6 】

例えばこのような部品は、航空産業においてブレーキディスク、または高温で運用するジェット機の製造において使用される構造部品を作るために使用され、またガスタービンにおける構造部品の製造、原子炉および制御棒を作る金属被覆材料の製造に使用される。

## 【 0 0 0 7 】

この本発明の技術的範囲においては、繊維構造（またはプリフォーム）が例えば編まれた繊維のような織り合わされた繊維から作られ、および長手方向に沿った好ましい張力方向を有する CMC 材料から作られる部品に特に関心がある。

## 【 0 0 0 8 】

このような部品を製造するために、第 1 ステップは、得られる部品の形および寸法を有する多孔質の繊維プリフォームを作るステップからなる。

## 【 0 0 0 9 】

繊維プリフォームは、セラミック（例えばカーボン繊維または炭化ケイ素繊維）から作られる連続的な繊維ワイヤーから作られ、使用される各ワイヤーは、数百までの繊維、または数千または数万の繊維までをも備えることができる。

## 【 0 0 1 0 】

このステップの終わりでは、得られるプリフォームは、乾燥プリフォームと呼ばれ、優れた柔軟性および高い多孔性を有する。

## 【 0 0 1 1 】

次のステップは、いわゆる緻密化ステップを実行するステップであり、これは、部品を硬くし、かつ有用な機械的特性を与えるために、1 または複数の高密度セラミック相（カーボン、炭化ケイ素等）によって乾燥プリフォームのほとんどの孔を充填するステップから成る。

## 【 0 0 1 2 】

この緻密化ステップは、化学蒸気浸透（CVI）およびポリマー含浸焼成法（PIP）などの良く知られる異なる技術によって行うことができる。

## 【 0 0 1 3 】

どの技術を緻密化で用いるかに関わらず、プリフォームの支持部材として使用され、かつ所望の複合部品の機械的特性および最終の幾何学的形状を制御する特別な道具を使用しなければならない。繊維プリフォームおよび緻密化方法に必要な高温（約 1000、またはそれ以上）で使用される製品（気体および/または液体）にこれらの道具が化学的に適合することが明らかに重要である。

## 【 0 0 1 4 】

回転軸を有する（チューブ等）部品を作る特別な場合において、プリフォーム支持としてマンドレルがしばしば使用され、したがってマンドレルの周りに例えば網組またはフィラメントワインディングなどの任意の繊維織り合わせ技術を用いて、プリフォームはマンドレル上に成形される。

## 【 0 0 1 5 】

図 1 は、このようなプリフォーム 1 の一例を示す。

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 6 】

しかし、このように作られた部品は、欠陥があることがわかる。図 2 は、プリフォーム緻密化ステップ後に得られる CMC 複合材料から作られたチューブを示しており、チューブが中央部近くに深刻な形状の欠陥（D）を備えているのが見られる。本発明者は、これらの欠陥は、緻密化ステップの前および/または緻密化ステップ中の繊維状プリフォームの緩みによるものであると考える。

## 【 0 0 1 7 】

したがって、本発明者は、従来技術の欠点を有しない、プリフォームを伸ばす（引っ張る）ための装置および長手方向に延在し、CMC 材料から作られる中空部品の製造方法を

10

20

30

40

50

設計することを目的とした。

【0018】

より正確には、本発明者は、作成される部品の質を向上することができる製造方法、すなわちCMC材料から作られる部品の機械的な特性を保ち、および/または寸法、公差、および/または表面粗さを順守する方法を設計しようと試みた。

【0019】

したがって、本発明の目的は、従来技術による実施形態においてみられる上述の欠点を少なくとも部分的に改善することである。

【課題を解決するための手段】

【0020】

これを達成するために、本発明の第1の目的は、本体部および2つの対向端部を有する織り合わされた繊維から作られるプリフォームの長手方向に沿った張力装置であって、前記装置は、以下の同軸の部材、

- プリフォームの本体部を支持する長手の本体と、
- 本体の一端部に取り付けられた、プリフォームの第1組立部材と、
- らせん接続によって制御棒に取り付けられた、プリフォームの第2組立部材であって、それ自体は軸周りに自由に回転するように本体の他端部に取り付けられた、第2組立部材と、

を備え、

制御棒は、本体および第1組立部材から選択された少なくとも1つの部材に対して自由に回転することができ、

これら同軸の部材は、プリフォームの端部が第1および第2組立部材に保持される場合に、互いに協働することができるように設計され、軸周りの制御棒の回転が第2組立部材の前記軸周りの移動をもたらし、第1および第2組立部材が軸に沿って互いに離れる結果となり、長手方向に沿ってプリフォームに張力をかけることになる。

【0021】

第1および第2組立部材の分離が、近い位置から遠い位置への2つの組立部材の横移動を引き起こす。

【0022】

好ましくは、制御棒の回転中に、少なくとも1つの組立部材が前記張力装置の外部の調整システムに対して固定保持される。

【0023】

好都合に制御棒は、本体および第2組立部材と同軸の中間部材を介して本体端部に組み立てられ、中間部材は、本体および第2組立部材の間に配置されている。この追加的な部材は、制御棒の回転を容易にすることができる。制御棒は、本体に対して回転しなげればならず、これは、本体に対して固定されたままであるこの中間部材を追加することにより、より容易になる。制御棒の回転を容易にするように、この中間部材は、制御棒よりも摩擦係数の小さい材料から好都合に選択される。

【0024】

ここで留意すべきは、張力装置の本体は、中実部材または中空部材とすることができることである。中空部材の場合、管状(マンドレル等)とすることができる。

【0025】

1つの変形例によると、本体、第1組立部材および場合により中間部材の中から選択された各同軸の部材は、制御棒に対して自由に回転することができる。

【0026】

好都合に、制御棒は、雄ネジを有する棒であり、かつ第2組立部材は、制御棒のネジ山に協働する雌ネジを備えるナットである。制御棒のネジ山の軸は、ナットのネジ山の軸と一致することは明らかである。雌ネジおよび雄ネジは、漸進的かつ滑らかにプリフォームを引っ張ることを可能にするという利点を有する。

【0027】

10

20

30

40

50

本発明の他の目的は、織りあわされた繊維プリフォームを根幹としてセラミックマトリックス複合材料から作られる長手方向に延在する中空部品の製造方法である。この方法は、以下の、

- a) 作られる部品のプリフォームが上述したような張力装置に配置されるステップ
- b) プリフォームの2つの端部がそれぞれ張力装置の第1および第2組立部材に固定されるステップ
- c) 制御棒を回転移動させることによって、プリフォームに張力をつけるために第1および第2組立部材を長手方向に沿って互いに離れるように移動させるステップ
- d) プリフォームにおけるマトリックスの形成によってプリフォームの緻密化を引き起こすために、張力がかけられたプリフォームに緻密化処理を施すステップであって、緻密化処理は、プリフォームの融解温度よりも低く、かつ装置の融解温度よりも低い温度にて行われる、ステップ
- e) 緻密化されたプリフォームから張力装置が取り除かれるステップを備える。

【0028】

好ましくは、プリフォームは、2次元で編まれた(2D編み)繊維、または三次元で編まれた(3D編み)繊維から作られたプリフォームである。

【0029】

プリフォームは、直接張力装置にプリフォームを作ることによって、または別の支持部(マンドレルなどの従来 of 道具)にプリフォームをあらかじめ作り、本発明による張力装置にスライドさせることによって、張力装置に配置されることができる。

【0030】

好ましくは、このように作られる部品は、回転軸を備え、好ましくはこれらの部品は、管状の幾何学形状を有する。

【0031】

明らかに、当業者は、プリフォームの所望の張力を得るために第1および第2組立部材が必要な離間距離をいくつかの試験を行うことにより決定することができる。

【0032】

緻密化処理は、当業者に既知のいくつかの方法によって得ることができ、それは例えば化学蒸気浸透(CVI)タイプの処理であるかもしれない。

【0033】

方法の1つの考えられる変形例によると、方法のステップc)はさらに、回転移動が適用されている際に、第1および第2組立部材から選択された少なくとも1つの部材を張力装置の外部の調整システムに保持するステップからなる。

【0034】

好都合に、前記第1および第2組立部材の軸に方向づけられたプリフォームの前記2つの端部に半径方向の型締力を与えるために、締め付け手段をプリフォームの前記2つの端部に設置することによって、および/または第一に、第1組立部材およびプリフォームの2つの端部の一方の境界面に、第二に、第2組立部材およびプリフォームの2つの端部の他方の間に接着材料を付けることによって、ステップb)のプリフォームの2つの端部の固定が行われる。

【0035】

1つの変形例によると、締め付け手段の下でプリフォームが確実に滑らないように、締め付け手段およびプリフォームの間の境界面に接着材料を付けることがまた可能である。

【0036】

プリフォームを第1および第2組立部材に機械的に保持する前記締め付け手段は、例えば締め付けフランジまたは第1および第2組立部材の周りに結ばれたストラップとすることができる。

【0037】

プリフォームの端部および第1および第2組立部材の間の結合は、これら締め付け手段

10

20

30

40

50

にロック手段を追加することによりさらに改善されることができる。したがって、1つの本発明考えられる変形例によると、第1および第2組立部材には、さらにロック手段が設けられ、締め付け手段が配置された前記第1および第2組立部材に対する起こりうる締め付け手段の移動を予防する。

【0038】

例えばロック手段は、第1および第2組立部材に作られた、環状溝、1つの環状突起または好ましく平行な2つの環状突起とすることができ、締め付け手段は、溝に面して配置される、突起に横方向に接触する、または2つの突起の間に配置されるように設計されるため、締め付け手段が配置された第1および第2組立部材に対して、締め付け手段が並進移動することが防止される。

10

【0039】

好ましくは、製造方法後に得られるプリフォームおよび中空部品は、管状の幾何学形状を有し、好ましくは、張力装置および特に本体は、管状の幾何学形状を有する。

【0040】

好ましくは、張力装置（および特に本体、第1および第2組立部材、制御棒および、1つの場合の中間部材）は、プリフォームの熱膨張係数に近いまたは等しい熱膨張係数を有する材料から作られる。本発明のこの目的のために、ここで留意すべきは、「に近い値」は、プリフォームを作るのに使用される繊維材料の膨張係数の値にほぼ等しい値を意味することである（例えば炭化ケイ素の場合値は、 $\pm 4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  に等しい）。

【0041】

したがって、プリフォームがカーボンおよび/または炭化ケイ素繊維から作られる場合、張力装置は好都合にグラファイトから作られることができる。グラファイトの優位性は、費用が安く、耐薬品性および耐熱性に関連し、CMC材料を作る従来技術による既知の緻密化方法とは異なり、また頻繁に使用される繊維プリフォーム（カーボン、炭化ケイ素等）のものに熱膨張係数が類似しているため、張力装置は、高温におけるプリフォームの膨張（CVIタイプ緻密化方法）に整合することができ、したがって比較的安定した張力を保つことができる。

20

【0042】

方法の1つの考えられる変形例によると、緻密化処理をプリフォームに適用するステップd)は、処理されたプリフォームが、作られる部品のマトリックス体積が5%より多く、かつマトリックス体積の60%以下の割合である場合に、止められ、かつ、方法はまた、張力装置が取り除かれるステップe)の後にステップf)を備え、ステップf)は、プリフォームの緻密化を終了させるために、ステップe)の後で得られるプリフォームに、相補的な緻密化処理をプリフォームの融解温度以下の温度にて施すステップからなる。

30

【0043】

この変形例において、部分的に緻密化されたプリフォームの張力装置は取り除かれ、かつこの部分的に緻密化されたプリフォームの緻密化は継続され、プリフォームの融解温度以下の温度で終了する。

【0044】

好ましくは、マトリックスの体積含有率が、作られる部品のマトリックス量の30%以下である場合に、緻密化処理をプリフォームに施すステップは、停止され、さらに好ましくは、マトリックスの体積含有率が20%以下、または作られる部品のマトリックス量が10%以下である場合はなお良い。

40

【0045】

緻密化されたプリフォームの支持部材を取り外すステップe)は、張力装置を機械加工することにより行われる。

【0046】

張力装置の本体がから石英ガラス作られる本発明の1つの特定の実施形態によると、張力装置を取り外すステップe)は、また好ましくはフッ化水素酸などの酸または塩基を用いた本体の薬品浸食によって行われることができる。第1および第2部材が石英ガラスか

50

ら作られていない場合は、それらはまた機械加工されることができる、またはプリフォームの端部をのこぎりで切ることができる。

【0047】

張力装置およびこの装置を用いた製造方法の1つの利点は、プリフォームは、単一の方向に沿って変形することができるということであり、プリフォームは、2つの端部を通る長手方向に沿ってのみ引き伸ばされ、ねじれることはない。

【0048】

さらに、上述したように、従来技術による実施形態が直面する不都合さを少なくとも部分的に克服する、本発明者によって提案される解決法は、緻密化ステップ中にプリフォームに張力がかけられた状態を保つステップからなる。したがって、支持部（例えばマンドレル）として使用される道具上でプリフォームが自由に移動できる状態になっている従来技術とは異なり、本発明による方法におけるプリフォームは、張力がかけられた状態が保たれる。プリフォームの移動の全ての自由度をなくすことにより、プリフォーム緻密化ステップの前、またはその際中に、プリフォームの繊維が「緩められる」または言い換えれば、支持として働く部材の周りに膨張することが不可能になる。しばしばプリフォームの長さにはわたる不規則な緩みとなる、繊維の緩みを避けることは、緻密化後に得られる部品の全長に沿って目標寸法が守られるということの意味する。

【0049】

さらにプリフォームの規則的または不規則な繊維の緩みを避けることは、従来技術において既知の緻密化方法から得られた部品の繊維の体積含有率の減少を回避し、このような減少は、最終部品の機械的特性を事実上変更する。実際、繊維が緩む場合、繊維によって占められる体積は、繊維が緩んでいる部品の一部において大きく、最終部品の繊維の体積含有率は予想より小さくなり、部品の密度が減る。

【0050】

最後に、張力装置および本発明による方法における装置の使用は、これら全ての不具合を防ぐ。

【0051】

また部品における繊維の最適な体積含有率を可能にし、かつ最適な機械的特性を有する部品ができあがる。

【0052】

本発明による方法中におけるプリフォームの張力はまた、内圧（膨張）および外圧に対する部品のより優れた耐圧性を保証する。張力がかけられている場合、プリフォームは、フープ圧縮にさらされ、その結果最終部品は、より容易に続いて起こる内膨張（フープ張力）に耐えることができる。

【0053】

部品の長さの内寸および外寸はまた、保証される。ここで留意すべきは、例えば本発明による方法においては、長さ方向（プリフォームの長手方向）に沿って適切な張力がプリフォームに加えられる場合、部品の全長にわたる内寸および外寸は、少なくとも±0.05 mmの精度を得ることができることである。

【0054】

最後に、本発明による方法中に張力装置を使用することは、異なる製造中においても幾何学的な寸法の再現性を保証し、産業化においては最も重要なことである。

【0055】

要するに、張力装置および本発明による方法において装置を使用することにより、CMC材料から作られる細長い中空部品、特に織り合わされたおよび好ましく編まれた繊維を有するプリフォームから得られる回転軸を有する部品（例えば管状部品等）の質（密度、機械的特性、部品の全長にわたる寸法および公差の順守および再現性）を向上することができる。この向上は、小さい直径の部品、すなわち1センチメートルまたはそれ以下の直径、通常外径は15 mm以下の部品に特に有用である。

【0056】

10

20

30

40

50

詳細に記述された本発明によって開示される方法による管形状部品の製造についての以下の説明を読むことにより、本発明はより理解されるだろう。

【0057】

この例は単に本発明を説明するために示されたものであり、およびこの主題を何ら限定するものではないことは明らかである。特に、部品は、回転軸を有する任意の形とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】繊維の2D編みによって得られる管形状プリフォーム1を図式的に示す。

【図2】従来技術による方法によって得られる複合材料から作られる管10の写真である。緻密化前および/または最中のプリフォーム繊維構造の緩みにより管の中央部分に重大な形の欠陥(D)が見られる。

【図3】本発明による張力装置の第1例の分解斜視図を示す。

【図4】本発明による張力装置の第2例の分解斜視図を示す。

【図5a】締め付けフランジによってプリフォームの一端部の適所に固定するのに役立つ、環状溝を備える第1または第2装置の詳細な正面図を示す。

【図5b】締め付けフランジによってプリフォームの一端部の適所に固定するのに役立つ、1つの環状突起を備える第1または第2装置の詳細な正面図を示す。

【図5c】締め付けフランジによってプリフォームの一端部の適所に固定するのに役立つ、2つの平行な環状突起を備える第1または第2装置の詳細な正面図を示す。

【図6】管の内径が8mmの形を有するプリフォームの作成に使用されることができる本発明による張力装置の例を示す。

【図7a】図6の張力装置の部材、制御棒5の詳細図を示す。

【図7b】図6の張力装置の部材、第2組立部材4の詳細図を示す。

【図7c】図6の張力装置の部材、中間部材6の詳細図を示す。

【図7d】図6の張力装置の部材、第1組立部材3の詳細図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0059】

図3を参照すると図は、長手方向(A)に沿って延在する本発明による張力装置100を示し、該装置は、この場合管状の長細い本体2と、本体2の一端部に取り付けられた第1組立部材3と、長手方向(A)に一致する軸周りに回転自在に本体2の他端部に取り付けられた制御棒5と、らせん接続によって制御棒5に取り付けられた第2組立部材4と、からなる。実際、この場合らせん接続は、制御棒の外面に作られた雄ネジおよび第2組立部材(この場合第2組立部材は、例えばナットなどのネジ付き部材である)の内面に作られた対応する雌ネジの存在によって得られる。

【0060】

この場合、本体2および第1組立部材3は、制御棒5から独立して軸A周りに自由に回転する。

【0061】

ここで留意すべきは、これら全ての部材は、同軸であり、およびそれらの軸は長手方向(A)に一致することである。

【0062】

図4を参照すると、図は、中間装置6が図3に示す張力装置100に追加されている様子を示している。この中間装置は、制御棒5および本体2の間に配置され、制御棒5の回転を容易にする。

【0063】

ここで留意すべきは、また図3および図4において、説明のために、分解組立図を使用し、第1部材3および制御棒5が本体2から離間しているように示しているが、実際は、張力装置が使用されている場合には、これらは本体に接触するということである。

【0064】

10

20

30

40

50

さらに、図3および図4において、記号//によって示されているように、本体2は実際にはもっと長い。

【0065】

プリフォームの端部は、例えばフランジなどの締め付け手段を用いて第1および第2組立部材の所定の場所に保持されることができ、該締め付け手段が配置されると、前記組立部材の軸に向かって半径方向の型締め力が組立部材に加えられる。変形例または追加として、プリフォームの端部は、例えば接着剤などの接着材料を組立部材およびプリフォームの境界面に塗ることによって所定の場所に保持されることができる。

【0066】

さらに、第1および第2組立部材は、またロック手段を取り付けられることができ、これは組立部材の適所において、プリフォームの保持を容易にする。

10

【0067】

図5a、図5bおよび図5cは、異なる考え得るロック手段を示し、すなわちこれらはそれぞれ、張力装置100の異なる同軸部材(本体、第1および第2組立部材、制御棒、および場合により中間部材)の主軸と一致した主軸を有する環状溝8(図5a)、環状突起9(図5b)および2つの平行な環状突起9(図5c)である。ここで留意すべきは、フランジ7(締め付け手段の考えられる例)は、前記ロック手段に対する位置を識別できるように示されているが、図を簡略化するためにフランジ7と第1および第2部材との間に挟まれるプリフォームは、示されていないということである。

【0068】

20

図3において、第1および第2組立部材には、環状溝8が設けられ、その主軸は、第1および第2組立部材の軸(およびまた長手方向(A))に一致する。

【0069】

図4において、第1および第2組立部材には、2つの平行な同軸の環状突起9が設けられ、その主軸は、第1および第2組立部材の軸(および長手方向(A))に一致している。

【0070】

本発明による方法の特定の実施形態例のように、管状の幾何学形状を有する部品の詳細な製造を示し、図4に示す張力装置を用いて行う。

【0071】

30

第一に、プリフォーム1は、張力装置100の上に形成され、前記プリフォームは、張力装置100の本体2および第1および第2組立部材3および4を覆うことができるような大きさであり、プリフォームの2つの端部は、組立部材3および4の適所に固定されることができる。ここで留意すべきは、張力装置がまた中間部材6を備えるため、中間部材はまたプリフォームによって覆われるということである。

【0072】

プリフォームは、最先端の技術によって既知の任意の繊維織り合わせ成形技術によって張力装置上に形成されることができる。

【0073】

この成形は、張力装置上に直接行うことができ、またはあらかじめ行い、その後張力装置にスライドさせることができることができる。

40

【0074】

プリフォームを構成する繊維は、セラミック材料から作られる。それらは、好ましくはカーボンまたは炭化ケイ素から作られる。

【0075】

この例において、繊維は、炭化ケイ素から作られ、3D織りタイプのプリフォームを得るために編組によって織り合わされる。

【0076】

そしてプリフォーム2つの端部は、第1および第2組立部材の適所に固定され、したがって前記第1および第2組立部材に固定されるようになる。これは、各第1および第2組

50

立部材 3 および 4 に設けられた 2 つの突起 9 の間の空間に配置された締め付けフランジ 7 によって行われ、プリフォームの 2 つの端部を張力装置 100 の第 1 および第 2 組立部材それぞれに締め付ける。

【0077】

次は、所望の張力が得られるまでプリフォームを引っ張るステップである。これは、制御棒 5 を回転移動させることによって行われ、これは第 2 組立部材 4 の並進移動に変換される。

【0078】

第 2 組立部材 4 のこの並進移動の結果、第 1 および第 2 組立部材 3 および 4 は、互いに離れ、長手方向 (A) に沿ったプリフォームを引っ張り、プリフォームに張力をかける。

10

【0079】

さらに、第 1 組立部材、本体および中間部材が長手方向 (A) に一致する主軸周りに自由に回転することができるため (しかし、これらの部材の 1 つだけが、この主軸周りに自由に回転する場合でも十分である)、唯一制御棒の回転が、長手方向に沿ったプリフォームに張力をかける原因であり、プリフォームは、この主軸周りでねじれない。

【0080】

ここで留意すべきは、張力をかけ始める場合は、制御棒の回転中に張力装置外の調整システムに固定された組立部材の 1 つを保持することが好ましい (例えば作業者は、片手で保持することにより固定された組立部材の 1 つを保持することができる) というのである。これは、張力をかけ始める際に発生することがある任意の寄生回転移動を防ぐ。

20

【0081】

ここでまた留意すべきは、張力装置上のプリフォームの張力が増加すると、最終部品の CMC 複合材料内の繊維の体積含有率が増加するというのである。

【0082】

最後に、プリフォームが成形される方法により、プリフォームの直径 (内側および外側) は、数ミリメートル ~ 数 10 ミリメートル減少する場合がある。例えば 2D 編みまたは 3D 編みのどちらを用いるかによって繊維の緩みは、変化する場合があり、したがってプリフォームの張力は、多かれ少なかれプリフォームの直径に影響を及ぼすことがあることは明らかである。

【0083】

結果として、プリフォームの張力はまた、プリフォームの厚さを大幅に減らす場合がある。例えば内径約 8 mm (言い換えれば、編組によるプリフォームの成形に使用されるマンドレルの直径) および厚さ約 1 mm の 3D 編みプリフォームタイプの場合、発明者は、公差がせいぜい  $\pm 0.05$  mm の内側寸法 (8 mm) および外側寸法 (9.4 mm) を保証しながら、プリフォームの厚さを 0.7 mm 以下に首尾よく減少させる。

30

【0084】

プリフォームの所望の張力が得られる場合、制御棒 5 はもはや回転せず、このように張力がかけられたプリフォームの緻密化が例えば化学蒸気相浸透 (CVI) などによる緻密化処理を実行することにより行われ、プリフォーム内にマトリックスを発達させる。

【0085】

最先端の技術において既知のいくつかの方法によりプリフォームを緻密化することができるため、ここではこれらの方法を説明しない。

40

【0086】

この実施形態例において、プリフォームの融解温度以下の高温にて、張力がかけられたプリフォームを張力装置に設置することにより、プリフォームが緻密化される。

【0087】

緻密化は、1 または 2 つのステップのみで行われることができる。2 つのステップで行われる場合、処理されたプリフォームのマトリックスの体積含有率が、作られる部品のマトリックス体積の 5% 以上、かつ 60% 以下となる場合に、緻密化処理は停止され、そして部分的に連結されたプリフォームから張力装置は取り外され、最後に必要であれば、緻

50

密化を終了させるために、プリフォームの融解温度以下の温度にてプリフォームの緻密化処理が再開される。

【0088】

プリフォーム繊維は、例えばカーボンまたは炭化ケイ素（しかし他のセラミック材料もまた考えられる）から作られることができ、この場合、緻密化処理は、適用される緻密化温度に応じて、カーボンまたは炭化ケイ素マトリックスの形成を導くことができる。

【0089】

張力装置を形成する異なる部材を作る材料、および締め付け手段を作る材料、および場合によって接着材料は、緻密化中に使用される温度および薬品に耐えることができる部材であることが重要なことは明らかである。

【0090】

緻密化中に張力装置がプリフォームの膨張に従うことができ、それゆえプリフォームにおいて安定した張力を維持するように、選択された材料の熱膨張係数がプリフォームの膨張係数に近いことがまた好ましい。

【0091】

したがって、プリフォームの繊維がカーボンまたは炭化ケイ素から作られる場合、張力装置を形成するためにグラファイト部材が好ましく選択され、締め付け手段がカーボンおよびカーボン接着剤（例えばUCAR社によって製造されるC34「カーボン」接着剤）から作られる。

【0092】

部分的にまたは完全に強化されたプリフォームに張力をつける装置は、例えば機械加工などの任意の既知の除去技術を用いて取り外されることができる。

【0093】

例えば、機械加工または薬品浸食などによって本体を取り除くことができるように、張力装置の第1および第2組立部材の切断によって除去することができ、張力装置が中間部材を備えている場合、第1および第2組立部材のように切断されることができ、または機械加工または任意の除去技術によって取り除かれる。

【0094】

上述のように、除去はまた薬品浸食、特に化学溶解によって行われることができ、この方法は、例えば張力装置の本体が石英ガラスの場合に特に有利である。

【0095】

ここで留意すべきは、作られる部品が小さい直径（15mm以下）および/または長さ50mm以上である場合に、本体が石英ガラスから作られる張力装置を使用することが特に有利であり、薬品浸食によって（および例えば組立部材の切断によって）本体を容易に取り外すことができ、したがって部品の内側および外側寸法の変形を回避することができるということである。

【0096】

ここで留意すべきは、石英ガラスから作られる本体が使用される場合、プリフォームが完全に強化される前、言い換えれば上述したように強化されたプリフォームのマトリックスの体積含有率が、作られる部品のマトリックス体積の5%～40%である場合に張力装置を取り外すことが好ましく、石英ガラスおよび使用されるセラミック（例えば炭化ケイ素またはカーボン）の膨張係数の差によって起こる内圧は、複合材の亀裂または失敗を発生させないということである。

【0097】

上述のように、プリフォームの必要な張力を得るために必要な第1および第2組立部材の距離を当業者が決定することができることは明らかである。

【0098】

本発明による張力装置を用いてプリフォームを引っ張るために加えられる張力が、プリフォームを作るために使用される繊維の性質および織り方だけでなく、また作られる部品の寸法、および張力装置の部材を構成する材料に依存することは明らかである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 9 】

部材は、グラファイト 2 1 2 0 (Carbone Lorraine) から作られ、部材の寸法は、図 7 a ~ 図 7 d に示されている本発明による張力装置 (図 6) を用いて、日本カーボン製の Hi-Nicalon S 繊維の 3 D 織りで作られる、内径 8 mm および厚さ 0 . 8 mm のプリフォームに張力をかけるための計算の原理を以下に説明する。

## 【 0 1 0 0 】

ここで留意すべきは、明瞭にするために、図 6、図 7 a および図 7 b にネジ山は図示されていないということである。しかし、図 7 a および図 7 b の正面図において、このネジ山があり、これが M 6 のネジ山であることは明らかである。

## 【 0 1 0 1 】

この実施形態例に使用される材料の特性は、以下の表 1 の通りである。

## 【 0 1 0 2 】

## 【表 1】

特性	Hi-Nicalon S ワイヤー (日本カーボン)	グラファイト 2120 (Carbone Lorraine)
密度	~ 3	1 . 8 6
最大引張応力 (MPa)	2 5 0 0	3 5
最大圧縮応力 (MPa)	—	1 5 2
弾性係数 (GPa)	3 1 5	1 5
破損点歪み (%)	~ 0 . 6	

## 【 0 1 0 3 】

プリフォームに張力をかける場合に使用される第 1 の基準は、張力装置の機械的強度である。最大引張強さを越えて装置に負荷をかけないことが重要である。実際は、セラミックのような脆弱性を考え、グラファイトの最大強さに安全率が適用される。これは、グラファイトに最大強度の 1 / 3 以上の負荷がかけられることを回避する。

## 【 0 1 0 4 】

この例の場合、最高の引張応力を有する張力装置の部品は、ネジ付き制御棒である。このネジ付き棒の最大引張強さ  $F$  (N) は、 $(MPa) \times S (mm^2)$  である。

## 【 0 1 0 5 】

この例のように、ネジ付き棒は、約  $200 mm^2$  に等しい断面積 ( $S$ ) を有しているため、最大引っ張り強さは、 $F (N) = 35 \times 20 = 700 N$  となる。したがって、上記に与えられた安全基準 (1 / 3) に基づき、プリフォームを引っ張る場合にネジ付き棒の強度を越えない最大張力は、233 N である。

## 【 0 1 0 6 】

考慮される第 2 の基準は、プリフォームの強度および一旦完了した部品の特性を劣化させる場合がある過度のプレストレスを加えないということである。それゆえ、破損点でのプリフォームの特性を知らなければならない。

## 【 0 1 0 7 】

我々の実施形態例において、プリフォームの最大強度は、10000 N 程度で 0 . 6 % の歪みである。過剰なプレストレスとならないことを保証するために、プリフォームに加

10

20

30

40

50

えられる圧力が最大強度の  $1/50$  - 我々の例において  $10000/50 = 200\text{N}$  に等しい - を越えないことが推奨される。

【0108】

我々の実施形態例においてこれら2つの基準は、重複しており、2つの定義された基準を守るためにプリフォームには  $200\text{N}$  以上の張力がかけられることはないことは明らかである。

【0109】

同じ論理は、この例において示されたものと異なる幾何学形状を有する張力装置およびプリフォームにも適用することができる。

【0110】

クラディングなどの管形状部品の実施形態例が説明された。しかし、例えば六角形断面を有する管などの任意の他の回転幾何学形状も考えられる。これを達成するために必要なことは、適宜張力装置の断面の形を適合させることである。

【0111】

本発明による方法の潜在的な用途は、繊維が織り合わされた(2D, 3D編み等)セラミックマトリックス複合材料から作られ、寸法および機械的な特性を守ることが重要な、好ましくは回転軸を有する任意の中空部品の製造に適用される。1つの特定の例は、第4世代原子炉のセラミック燃料クラディングの製造である。

【符号の説明】

【0112】

- 1 プリフォーム
- 2 本体
- 3 第1組立部材
- 4 第2組立部材
- 5 制御棒
- 6 中間部材
- 7 フランジ
- 8 環状溝
- 9 環状突起
- 100 張力装置

10

20

30

【 図 3 】

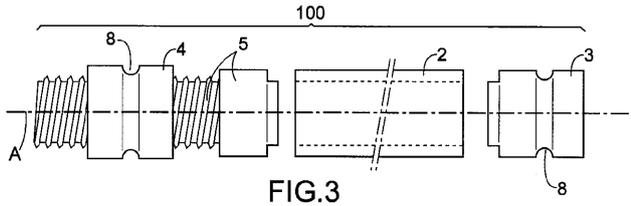


FIG.3

【 図 4 】

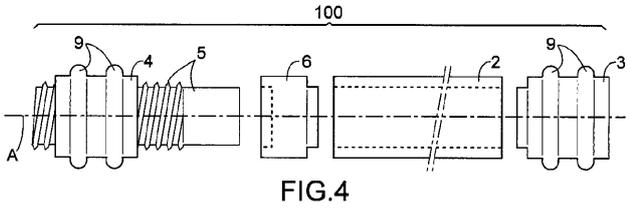


FIG.4

【 図 5 a 】

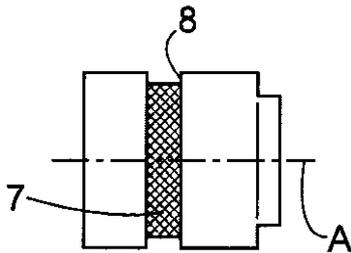


FIG.5a

【 図 5 b 】

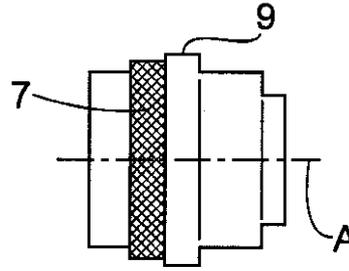


FIG.5b

【 図 5 c 】

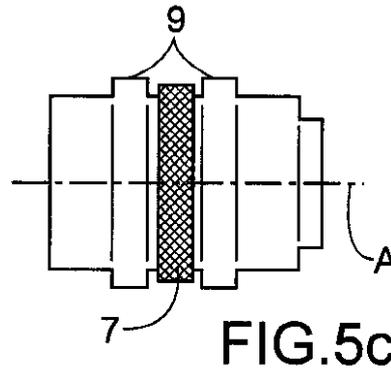


FIG.5c

【 図 6 】

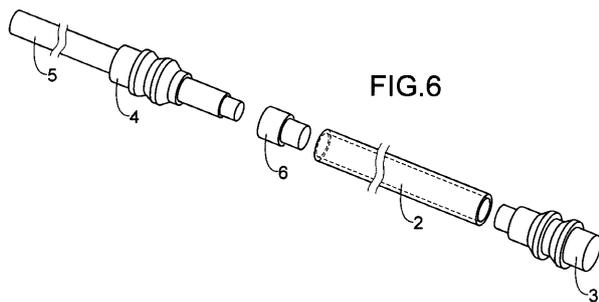


FIG.6

【 図 7 b 】

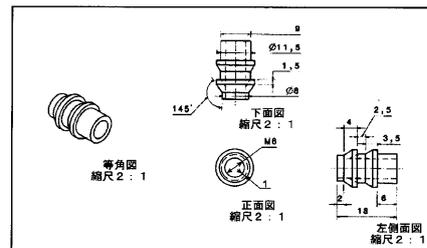
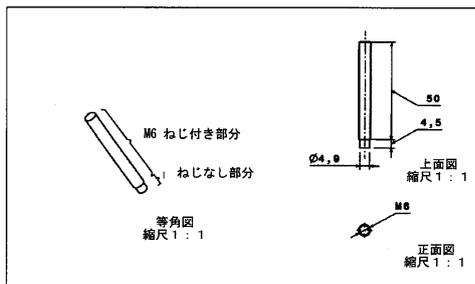


FIG.7b

【 図 7 a 】

FIG.7a



【 図 7 c 】

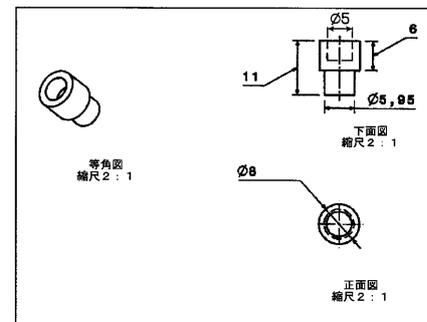


FIG.7c

【 図 7 d 】

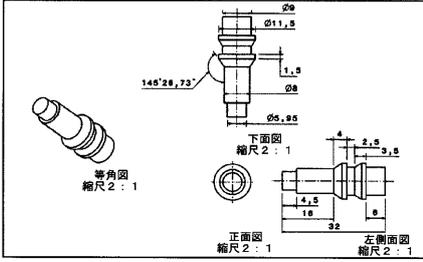


FIG.7d

【 図 1 】

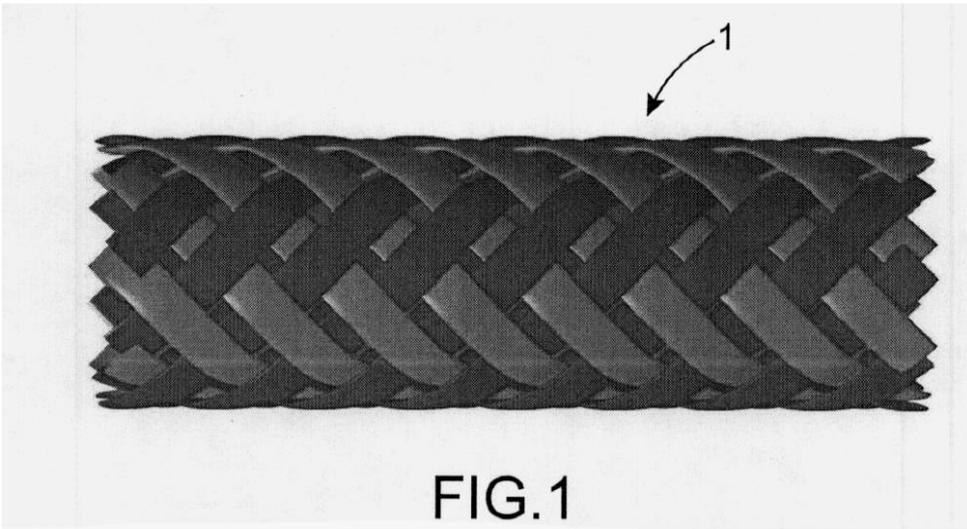
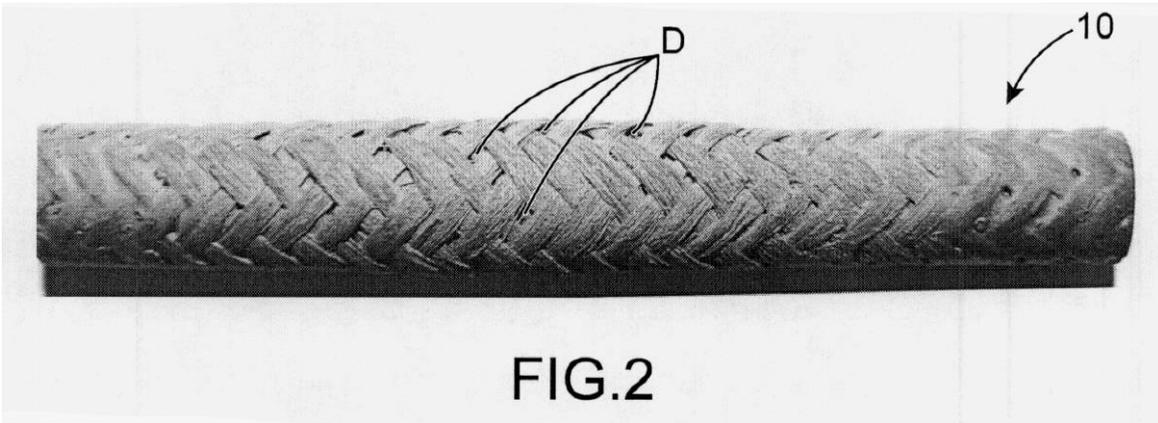


FIG.1

【 図 2 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 クリストフ・ロレッテ  
フランス・33140・ヴィレナヴェ・ドルノン・シュマン・デ・オルペリン・17・レジデンス  
・オペラ・バティマン・ベール5・アパルトマン・33
- (72)発明者 ダニエル・ニューネ  
フランス・91400・サクレ・リュ・デュ・コロンビエール・28
- (72)発明者 セドリック・ソーデル  
フランス・78730・サン・アルヌール・タン・イヴェリン・リュ・サンテ・バルベ・1