

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5527774号
(P5527774)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年4月25日(2014.4.25)

(51) Int. Cl. F I
FO1D 5/28 (2006.01) FO1D 5/28
FO1D 25/00 (2006.01) FO1D 25/00 X

請求項の数 16 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-538037 (P2011-538037)	(73) 特許権者	512162432
(86) (22) 出願日	平成21年11月26日(2009.11.26)		エラクレス
(65) 公表番号	特表2012-510586 (P2012-510586A)		HERAKLES
(43) 公表日	平成24年5月10日(2012.5.10)		フランス 33185 ル アイラン リ
(86) 国際出願番号	PCT/FR2009/052309		ユ ドウ トゥバン レ サンク シュマ
(87) 国際公開番号	W02010/061140		ン
(87) 国際公開日	平成22年6月3日(2010.6.3)		Rue de Touban Les C
審査請求日	平成24年9月25日(2012.9.25)		inq Chemins 33185 L
(31) 優先権主張番号	0858090		E HAILLAN FRANCE
(32) 優先日	平成20年11月28日(2008.11.28)		
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材料ターボ機械機関羽根及びそれを製造する為の方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3次元織りにより単一繊維素材を形成すること；

前記繊維素材を造形して、羽根板翼及び羽根元の予備成形物を形成している第1部分と、内方又は外方羽根プラットフォームの為の予備成形物を形成している少なくとも1つの第2部分と、を有している単一繊維予備成形物を得ること；そして、

この予備成形物を母材で高密度化し、この予備成形物により構成されていて母材により高密度化されている繊維強化材を有していて、組み込まれた内方及び/又は外方プラットフォームを伴った単一部位を形成している複合材料羽根を得ること、

を備えている、

母材により高密度化された繊維強化材を備えている複合材料からターボ機械羽根を製造する方法。

【請求項 2】

製造される前記羽根の長手方向に対応している前記繊維素材の長手方向において、前記繊維素材は、前記羽根板翼及び羽根元の為の前記予備成形物に対応している前記素材の第1部分を形成する為に互いに結合された糸の複数の層の第1セットと、内方又は外方羽根プラットフォームの為の予備成形物に対応している前記素材の前記少なくとも1つの第2部分を形成する為に少なくとも部分的に互いに結合された糸の複数の層の第2セットと、を備えていて、ここにおいて、前記糸の前記複数の層の前記第1セットの糸は前記糸の前記複数の層の前記第2セットの糸と結合されておらず、そして、ここにおいて、前記糸の

前記複数の層の前記第2セットの糸は前記素材の前記又は個々の第2部分の水準で前記糸の前記複数の層の前記第1セットを通過して横断する、ことを特徴とする請求項1に従っている方法。

【請求項3】

前記繊維素材は糸の複数の層の第2連続セットにより織られていて、そして、前記繊維素材の前記造形は、前記繊維素材の前記又は個々の第2部分に対する外部の前記糸の前記複数の層の前記第2セットの部分を切除することにより除去することを備えている、ことを特徴とする請求項2に従っている方法。

【請求項4】

前記糸の前記複数の層の前記第2セットの糸が前記糸の前記複数の層の前記第1セットを通過して横断している場所又はそのような複数の場所の少なくとも1つにおいて、前記第1セットの前記糸の1つの層と前記第2セットの前記糸の1つの層との間の交差が、前記繊維素材の前記長手方向に対し直交していない線に従う、ことを特徴とする請求項2又は請求項3に従っている方法。

10

【請求項5】

前記繊維素材の前記第1部分において、及び、製造される前記羽根における厚さを变化させている板翼の輪郭に沿って延出している方向に対応している方向において、前記糸の前記複数の層の前記第1セット中の前記糸の前記複数の層の数が一定である、請求項2乃至4のいずれか1項に従っている方法。

【請求項6】

前記糸の前記複数の層の前記第1セットの複数の糸は重量を变化させている、ことを特徴とする請求項5に従っている方法。

20

【請求項7】

前記糸の前記複数の層の前記第1セットの複数の糸は打込数を変化させている、ことを特徴とする請求項5に従っている方法。

【請求項8】

複数の繊維素材の連続を備えているストリップが3次元織りにより作成されている、ことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に従っている方法。

【請求項9】

前記複数の繊維素材が、製造される前記繊維素材の方向に対応しているそれらの長手方向で織られていて織物の横方向に延出している、ことを特徴とする請求項8に従っている方法。

30

【請求項10】

前記複数の繊維素材が、製造される前記繊維素材の方向に対応しているそれらの長手方向で織られていて織物の縦方向に延出している、ことを特徴とする請求項8に従っている方法。

【請求項11】

糸の3次元織りにより得られ母材により高密度化された繊維強化材を備えている複合材料で形成されたターボ機械羽根であって、

前記羽根が、単一部位として形成された羽根板翼及び羽根元を構成している第1部分を、内方又は外方羽根プラットフォームを構成している少なくとも1つの第2部分とともに備えていて、そして、前記羽根の前記第1及び第2部分に対応している前記繊維強化材の2つの部分が、前記繊維強化材の前記第2部分中に貫通されている前記繊維強化材の前記第1部分の糸と少なくとも一部分で互いに織り合されている、ことを特徴とするターボ機械羽根。

40

【請求項12】

それがセラミック母材複合材料により形成されていることを特徴とする、請求項11に従っているターボ機械羽根。

【請求項13】

前記羽根の前記第2部分に対応している前記繊維強化材の前記部分の構成要件となる前

50

記系が、前記羽根の前記第 1 部分に対応している前記繊維強化材の前記部分を通して横断している、ことを特徴とする請求項 1 1 又は請求項 1 2 に従っているターボ機械羽根。

【請求項 1 4】

前記羽根の前記板翼が厚さを変化させている輪郭を有していて、それに沿って前記羽根の前記第 1 部分に対応している前記繊維強化材の前記部分が、前記羽根の長手方向に延出して重量及びノ又は打込数を変化させている、ことを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に従っているターボ機械羽根。

【請求項 1 5】

前記羽根の前記板翼が厚さを変化させている輪郭を有していて、それに沿って前記羽根の前記第 1 部分に対応している前記繊維強化材の前記部分が、前記羽根の長手方向に延出している前記系の層の層の数を変化させている、ことを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に従っているターボ機械羽根。

10

【請求項 1 6】

請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に従っている、又は、請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項の方法の実行により製造された羽根が取り付けられているターボ機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、母材により高密度化された繊維強化材を備えている複合材料で形成されたターボ機械羽根に関係している。

20

【0002】

意図されている分野は、航空機機関又は工業用タービンの為のガスタービン羽根のそれである。

【背景技術】

【0003】

複合材料からターボ機械羽根を製造する提案は既になされている。例えば、文献 E P 1 5 2 6 2 8 5 を参照することが出来、これは、3次元織りにより繊維予備成形物を作成し有機母材でこの予備成形物を高密度化することによりファン羽根を製造することを記載している。

【0004】

30

さらに、動作において高温に露出されたターボ機械の構造部位を作成する為に、熱構造複合材料、特にセラミック母材複合(CMC)材料、の使用が既に提案されている。金属合金と比較すると、このような材料は高温に耐える向上された能力及びより小さな重量を提供することが出来る。特に航空機機関のガスタービンの為には、重量を減少させるとともに温度を上昇させることによる汚染物質排出を減少させることの両方が望まれている。

【発明の概要】

【0005】

従って、羽根が所望の機械的性質を提供し比較的複雑な形状もまた例供する必要がある、複合材料で形成された、特に必ず必要であるというものではないが C M C の如き熱構造複合材料で形成された、ターボ機械タービン又は圧縮機において使用される入手可能なターボ機械羽根を有することが望まれている。

40

【0006】

この結果、この発明は：

3次元織りにより単一繊維素材を形成すること；

前記繊維素材を造形して、羽根板翼及び羽根元の予備成形物を形成している第 1 部分と、内方又は外方羽根プラットフォームの為の予備成形物を形成している少なくとも 1 つの第 2 部分と、を有している単一繊維予備成形物を得ること；そして、

この予備成形物を母材で高密度化し、この予備成形物により構成されていて母材により高密度化されている繊維強化材を有していて、組み込まれた内方及びノ又は外方プラット

50

フォームを伴った単一部位を形成している複合材料羽根を得ること、
を備えている、

母材により高密度化された繊維強化材を備えている複合材料からターボ機械羽根を製造する方法を提供する。

【 0 0 0 7 】

3次元織りにより単一部位として得られた素材から羽根の繊維強化材を作成することにより、板翼及び羽根元を形成している羽根の部分及び内方又は外方プラットフォームを形成しているその又は個々の部分に対応している繊維強化材の部分間での少なくとも部分的な相互の編み組みを確実にすることが出来る。

【 0 0 0 8 】

これは、組み込まれている内方及び/又は外方プラットフォームを有している羽根に対し、特に板翼及び羽根元を形成している部分と内方又は外方プラットフォームを形成している部分又は夫々との間の連結において、所望の機械的な性質を与えることに貢献する。

【 0 0 0 9 】

この方法の好ましい特徴に従うと、製造される前記羽根の長手方向に対応している前記繊維素材の長手方向において、前記繊維素材は、前記羽根板翼及び羽根元の為の前記予備成形物に対応している前記素材の第1部分を形成する為に互いに結合された糸の複数の層の第1セットと、内方又は外方羽根プラットフォームの為の予備成形物に対応している前記素材の前記少なくとも1つの第2部分を形成する為に少なくとも部分的に互いに結合された糸の複数の層の第2セットと、を備えていて、前記糸の前記複数の層の前記第1セットの糸は前記糸の前記複数の層の前記第2セットの糸と結合されておらず、そして、前記糸の前記複数の層の前記第2セットの糸は前記素材の前記又は個々の第2部分の水準で前記糸の前記複数の層の前記第1セットを通して横断する。

【 0 0 1 0 】

非結合区域の配置は、繊維予備成形物が結合糸を切断すること無しで造形されることを可能にし、このような切断は繊維強化材の機械的強度を減少させることが出来、そして結果としての羽根の機械的強度を減少させることが出来る。

【 0 0 1 1 】

この方法のもう1つの特徴に従えば、前記繊維素材は糸の複数の層の第2連続セットにより織られていて、そして、前記繊維素材の前記造形は、前記繊維素材の前記又は個々の第2部分に対する外部の前記糸の前記複数の層の前記第2セットの部分を切除することにより除去することを備えている。

【 0 0 1 2 】

この方法のさらにもう1つの特徴に従えば、前記糸の前記複数の層の前記第2セットの糸が前記糸の前記複数の層の前記第1セットを通して横断している場所又はそのような複数の場所の少なくとも1つにおいて、前記第1セットの前記糸の1つの層と前記第2セットの前記糸の1つの層との間の交差が、前記繊維素材の前記長手方向に対し直交していない線に従う。従って、羽根の長手方向に対して略直交しないで延出する内方及び/又は外方プラットフォームを有している複合材料の羽根を製造することが可能である。

【 0 0 1 3 】

この方法のさらにもう1つの特徴に従えば、前記繊維素材の前記第1部分において、及び、製造される前記羽根における厚さを変化させている板翼の輪郭に沿って延出している方向に対応している方向において、前記糸の前記複数の層の前記第1セット中の前記糸の前記複数の層の数が一定である。前記糸の前記第1セットの複数の糸は、従って、重量を変化させ、及び/又は、打込数を変化させ、て良い。

【 0 0 1 4 】

好ましくは、複数の繊維素材の連続を備えているストリップが3次元織りにより作成されている。これ等の素材は、前記ストリップから順次打ち抜かれて良い。前記複数の繊維素材が、製造される前記繊維素材の方向に対応しているそれらの長手方向で織られていて良く織物の横方向に又は織物の縦方向に延出している。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

この発明はまた、糸の3次元織りにより得られ母材により高密度化された繊維強化材を備えている複合材料で形成されたターボ機械羽根であって、前記羽根が、単一部位として形成された羽根板翼及び羽根元を構成している第1部分を、内方又は外方羽根プラットフォームを構成している少なくとも1つの第2部分とともに備えていて、そして、前記羽根の前記第1及び第2部分に対応している前記繊維強化材の2つの部分が、前記繊維強化材の他方の1つの部分中に貫通されている前記繊維強化材の前記部分の一方の糸と少なくとも一部分で互いに織り合されている、ターボ機械羽根を提供する。

【 0 0 1 6 】

この羽根は、セラミック母材複合材料により形成されていて良い。

10

【 0 0 1 7 】

羽根の特徴に従えば、前記羽根の前記第2部分に対応している前記繊維強化材の前記部分の構成要件となる前記糸が、前記羽根の前記第1部分に対応している前記繊維強化材の前記部分を通して横断している。

【 0 0 1 8 】

前記羽根の前記板翼が厚さを変化させている輪郭を有していて良く、それに沿って前記羽根の前記第1部分に対応している前記繊維強化材の前記部分が、前記羽根の長手方向において、重量及び/又は打込数を変化させている一定の数の糸の層、又は数を変化させている糸の層を有している。

【 0 0 1 9 】

この発明はまた、上に規定されている如き羽根が取り付けられているターボ機械を提供する。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

この発明は、添付の図面を参照した、非限定指摘として与えられた以下の記載からより良く理解されることが出来、ここで：

【 図 1 】 図 1 は、組み込まれた外方及び内方プラットフォームを伴っているターボ機械羽根の斜視図であり；

【 図 2 】 図 2 は、図 1 中に示されている種類の羽根の為の繊維予備成形物を形成するのに使用される3次元に織られている繊維素材中の糸の複数層の2セットの配置の高度に概略化された図であり；

30

【 図 3 】 図 3 は、図 2 の繊維素材から始まる、図 1 中に示されている如き羽根の為の繊維予備成形物を作成する一連の工程の図 2 の次の工程を示しており；

【 図 4 】 図 4 は、図 2 の繊維素材から始まる、図 1 中に示されている如き羽根の為の繊維予備成形物を作成する一連の工程の図 3 の次の工程を示しており；

【 図 5 】 図 5 は、図 2 の繊維素材から始まる、図 1 中に示されている如き羽根の為の繊維予備成形物を作成する一連の工程の図 4 の次の工程を示しており；

【 図 6 】 図 6 は、図 1 のものの如き羽根板翼の平坦に広げられた輪郭を示している断面図であり；

【 図 7 】 図 7 は、図 6 中に示されている如き輪郭を得る為に適切な織物の複数の縦糸の複数の層の1つのセットを通過する断面図であり；

40

【 図 8 A 】 図 8 A は、図 2 の繊維素材を織る1つの方法を示している織物の縦断面図であり；

【 図 8 B 】 図 8 B は、図 2 の繊維素材を織る1つの方法を示している織物の縦断面図であり；

【 図 9 】 図 9 は、羽根とその内方プラットフォームとの間の交差位置に対応している図 2 の繊維素材の一部分における織物の縦及び横方向に対し平行な平面の部分断面図であり；

【 図 1 0 】 図 1 0 は、羽根とその外方プラットフォームとの間の交差位置に対応している図 2 の繊維素材の一部分における織物の横方向の部分断面図であり；

【 図 1 1 】 図 1 1 A は、羽根元の一部に対応している繊維素材の一部分中の織物の横糸

50

の配列の一例を示している織物の横方向の部分断面図であり； 図 1 1 B は、図 1 1 A の繊維素材部分中の（複層）3次元織りの一例の為の織物の縦平面を示している織物の横方向の部分断面図であり； 図 1 1 C は、図 1 1 A の繊維素材部分中の（複層）3次元織りの一例の為の織物の縦平面を示している織物の横方向の部分断面図であり； 図 1 1 D は、図 1 1 A の繊維素材部分中の（複層）3次元織りの一例の為の織物の縦平面を示している織物の横方向の部分断面図であり；

【図 1 2】図 1 2 は、羽根元に対応している素材部分のもう 1 つの実施形態を示している概略的な部分断面図であり；

【図 1 3】図 1 3 は、3次元織りにより図 2 中に示されている種類の繊維素材を備えている織られた繊維ストリップを形成する方法の高度に概略化された図であり；

【図 1 4】図 1 4 は、3次元織りにより図 2 中に示されている種類の繊維素材を備えている織られた繊維ストリップを形成する方法の高度に概略化された図であり；

【図 1 5】図 1 5 は、この発明に従ったターボ機械羽根を作成する方法の実行における連続した工程を示しており；そして、

【図 1 6】図 1 6 は、この発明に従ったターボ機械羽根を作成する方法のもう 1 つの実行における連続した工程を示している。

【発明を実施するための形態】

【0021】

この発明は、図 1 中に示されている如き、組み合わされた内方及び/又は外方プラットフォームを伴った種々の形式のターボ機械羽根、特に種々のガスタービンスプール（spool）の為の圧縮及びタービン羽根、例えば、低圧（LP）タービンの回転輪（rotor wheel）の為の羽根（blade）、に適用可能である。

【0022】

図 1 中の羽根（blade）10 は、良く知られているように、板翼（airfoil）20，より大きな厚さの部分により構成されている、例えば舌（tang）32 により延出された電球形状（bulb-shaped）区域である、羽根元（root）30，舌 32 と板翼 20 との間に位置されている内方プラットフォーム 40，そして、翼の自由端の近傍にある外方プラットフォーム 50 を備えている。

【0023】

板翼 20 は、内方及び外方プラットフォーム 40 及び 50 間で長手方向に延出し、そして、横断面においてその前縁 20 a とその後縁 20 b との間で変化する厚さの湾曲された輪郭を示している。

【0024】

羽根 10 は、その羽根元 30 をタービンロータ（図示されていない）の周面中に形成されている対応している形状のハウジング中に係合させることによりタービンロータ上に設置されている。羽根元 30 は、舌 32 により延出されていて内方プラットフォーム 40 の内側（又は底）表面に取り付けられている。

【0025】

その半径方向内端で板翼 20 は、内方プラットフォーム 40 の外方（又は上）表面 42 に連結されていて、この表面はタービンを通るガス流れの為の流路の内側を規定している。その上流及び下流端部（ガス流れの流れ方向 f に比した）において、内方プラットフォームは縁金（rim）44 及び 46 により終了されている。示されている例においては、内方プラットフォームの表面 42 は傾斜されていて、羽根の長手方向に対する直角に対し略ゼロでない（non-zero）角度を形成している。ガス流れの為の流路の内側表面の為に望まれている輪郭に従って、角度はゼロであって良く、或いは表面 42 は略直線でない輪郭、例えば湾曲された輪郭、を有することが出来る。

【0026】

その半径方向外端で板翼 20 は、外方プラットフォーム 50 とその内（底）表面 52 を介し結合されていて、内（底）表面 52 はガス流れの為の流路の外側を規定するよう働いている。その外側（上）上に外方プラットフォームは凹み又は浴槽（bathtub）54 を規

10

20

30

40

50

定している。浴槽 5 4 の上流及び下流縁に沿い外方プラットフォームは、歯形状輪郭のワイパー (wiper) 5 6 を支持しており、そして、ワイパーの端は羽根の端とタービンリング (示されていない) との間隙を減少させるようタービンリング中の摩耗可能材料の層中に貫入できる。示されている例においては、外方プラットフォームの表面 5 2 は羽根の長手方向に対し実質的に直角に延出している。変形においては、ガス流れの為の流路の外表面の為に望まれている輪郭に従い、表面 5 2 は、羽根の長手方向に対する直角に対しゼロでない角度を略形成して傾斜していることが出来、或いは表面 5 2 は、略直線ではない輪郭、例えば湾曲された輪郭、を有することが出来る。

【 0 0 2 7 】

図 2 は繊維素材 1 0 0 の高度な概略図であり、繊維素材 1 0 0 からは、それが母材により高密度化されそしてまた機械加工されることができた後に、図 1 中に示されている種類の、組み込まれている内方及び外方プラットフォームを伴って複合材料で形成された羽根が得られる、羽根繊維予備成形物が形成されることが出来る。

10

【 0 0 2 8 】

素材 1 0 0 は、3次元織り又は複層 (multilayer) 織りにより得られた 2 つの部分 1 0 2 及び 1 0 4 を備えていて、そして、これら 2 つの部分の包絡線 (envelope) のみが図 2 中に示されている。造形された後、部分 1 0 2 は、羽根の板翼及び羽根元の為の予備成形物に対応した羽根繊維予備成形物の部分を構成する。造形された後、部分 1 0 4 は、羽根の内方及び外方プラットフォームの為の予備成形物に対応した羽根繊維予備成形物の部分を構成する。

20

【 0 0 2 9 】

2 つの部分 1 0 2 及び 1 0 4 は、作成される羽根の長手方向に対応している方向 X に略延出しているストリップ (strip) の形状である。板翼予備成形物を形成するその部分において繊維ストリップ 1 0 2 は、作成される羽根の板翼の輪郭の厚さに関連して決定された変化している厚さを提供する。羽根元予備成形物を形成するその部分において繊維ストリップ 1 0 2 は、作成される羽根の羽根元の輪郭の厚さに関連して決定された特別な厚さ 1 0 3 を提供する。

【 0 0 3 0 】

繊維ストリップ 1 0 2 は作成される羽根の板翼及び羽根元の展開された (平坦な) 輪郭に関連して選択された幅 l を有していて、繊維ストリップ 1 0 4 は作成される羽根の内方及び外方プラットフォームの展開された長さに関連して選択され幅 l よりも大きな幅 L を有している。

30

【 0 0 3 1 】

繊維ストリップ 1 0 4 は、作成される羽根の内方及び外方プラットフォームの厚さに関連して決定された実質的に一定の厚さである。ストリップ 1 0 4 は、ストリップ 1 0 2 の第 1 表面 1 0 2 a の近くでそれに沿い延出している第 1 部分 1 0 4 a , ストリップ 1 0 2 の第 2 表面 1 0 2 b の近くでそれに沿い延出している第 2 部分 1 0 4 b , そして、ストリップ 1 0 2 の第 1 表面 1 0 2 a の近くでそれに沿い延出している第 3 部分 1 0 5 a を有している。

【 0 0 3 2 】

部分 1 0 4 a 及び 1 0 4 b は、作成される羽根の内方プラットフォームの位置に対応している位置でストリップ 1 0 2 に対し横断するよう延出している連結部分 1 4 0 c により互いに連結されている。連結部分 1 4 0 c はストリップを横切っていて、繊維素材の長手方向に対する直角に対し角度 θ を形成している。部分 1 0 4 b 及び 1 0 5 a は、作成される羽根の外方プラットフォームの位置に対応している位置でストリップ 1 0 2 に対し横断するよう延出している連結部分 1 5 0 c により互いに連結されている。示されている例では、連結部分 1 5 0 c は、繊維素材の長手方向 X に対し実質的に直角にストリップ 1 0 2 を横断している。羽根の外方プラットフォームの為に望まれている形状に従い、連結部分 1 5 0 c は、内方プラットフォームのように、羽根の長手方向 X に対する直角に対しゼロでない角度を形成してストリップ 1 0 2 を横断することが出来る。さらに、連結部分 1 4

40

50

0 c の輪郭及び / 又は連結部分 1 5 0 c の輪郭は、示されている例中の如く直線である代わりに曲線であることが出来る。

【 0 0 3 3 】

以下に詳細に記載されている如く、ストリップ 1 0 2 及び 1 0 4 は、ストリップ 1 0 2 とストリップ 1 0 4 の部分 1 0 4 a , 1 0 4 b , そして 1 0 5 a との間の如何なる結合によらず、方向 X 中で連続して織られている複数の連続している素材 1 0 0 で、3次元織りにより同時に織られている。

【 0 0 3 4 】

図 3 乃至 5 は、作成される羽根の形状に近い形状の繊維予備成形物がどのようにして繊維素材 1 0 0 から得られることが出来たのかを高度に概略的に示している。

10

【 0 0 3 5 】

繊維ストリップ 1 0 2 は、一端では特別な厚さ 1 0 3 に切断され、そしてもう一端では連結部分 1 5 0 c をわずかに超えて切断されて、特別な厚さ 1 0 3 の一部分により形成されるとともに作成される羽根の羽根元の位置に対応した位置に配置されている拡大された部分 1 3 0 を伴った、作成される羽根の長手方向に対応している長さのストリップ 1 2 0 を有する。

【 0 0 3 6 】

さらに、ストリップ 1 0 4 の部分 1 0 4 a 及び 1 0 5 a の端及びその部分 1 0 4 b において切断が行われて、図 3 中に示されている如く、連結部分 1 4 0 c のいずれの側の区分 1 4 0 a 及び 1 4 0 b、そして連結部分 1 5 0 c のいずれの側の区分 1 5 0 a 及び 1 5 0 b が残される。区分 1 4 0 a & 1 4 0 b 及び 1 5 0 a & 1 5 0 b の長さは、作成される羽根のプラットフォームの長さに関連して決定されている。

20

【 0 0 3 7 】

繊維素材のストリップ 1 0 2 と部分 1 0 4 a , 1 0 4 b , そして 1 0 5 a との間には何も結合がないので、区分 1 4 0 a , 1 4 0 b , 1 5 0 a , そして 1 0 5 b は糸 (yarn) の切断を伴うことなくストリップ 1 0 2 に対し直角に折り曲げられることが出来、図 4 中に示されている如く、板 1 4 0 , 1 5 0 を形成する。

【 0 0 3 8 】

作成される羽根の為の繊維予備成形物 2 0 0 は、図 5 中に示されている如く、ストリップ 1 0 2 が羽根板翼の湾曲された輪郭を創出するよう変形されるとともに、板 1 4 0 及び 1 5 0 が羽根の内方及び外方プラットフォームの形状と同様な形状を創出するよう変形されて、型成形 (molding) により実質的に得られた。予備成形物は従って、板翼予備成形部分 2 2 0 , 羽根元予備成形部分 2 3 0 (下予備成形部分を含む) , そしてプラットフォーム予備成形部分 2 4 0 及び 2 5 0 を有して得られる。

30

【 0 0 3 9 】

以下に記載されている如く、繊維素材から羽根予備成形物を作成する工程は、素材の繊維が処理され団結配合物 (consolidation composition) が含浸された後に好ましくは行われる。

【 0 0 4 0 】

繊維素材 1 0 0 を 3 次元織りする方法は以下に詳細に記載されている。

40

【 0 0 4 1 】

織り (weaving) は素材の長手方向 X に延出している織物の縦糸 (warp yarn) で行われると想定しているが、それはまたこの方向に延出している織物の横糸 (weft yarn) で織りを行なうことも可能であることが明確にされている。

【 0 0 4 2 】

その長さに沿ったストリップ 1 0 2 の厚さにおける変化は、重さを変化させている織物の横糸を使用することにより得られた。代わりに、又は更に、織物の縦糸の打込数 (織物の横糸方向の単位長さ当たりの糸の数) を変化させることにより可能であり、より小さな打込数は型成形 (molding) により予備成形物を造形する時により大きな薄さを可能にする。

50

【 0 0 4 3 】

従って、図 6 中に平坦な突起で示されている如き羽根板翼輪郭を得る為に、図 7 中に示されている如く重量及び打込数を変化させている織物の縦糸の 3 つの層を使用することが可能である。

【 0 0 4 4 】

一つの実施形態においては、使用された糸 (yarn) は、0.5 K (即ち、500 フィラメント) の重量 (フィラメントの数として表現されている) を有して日本国の供給者日本カーボン (Nippon Carbon) により「ニカロン (Nicalon)」の名前で供給された炭化珪素 (SiC: silicon carbide) であって良い。

【 0 0 4 5 】

縦糸 (warp) は 0.5 K SiC 糸及び 1 K SiC 糸を使用して作り上げられており、1 K SiC 糸は 2 つの 0.5 K 糸を合体させることにより得られ 2 つの糸は覆われることにより合体されている。覆い (covering) は好ましくは、織りの後で除去されるのに適切な一時的な性質の糸、例えば、水中で溶解されることにより除去されることが出来るポリビニルアルコール (PVA: polyvinyl alcohol) の糸、を使用して、実行された。

【 0 0 4 6 】

以下の表 1 は、縦糸 (warp yarn) の個々の柱 (column) の為に、打込数 (count) (輪郭の長さにおけるセンチメートル当たりの糸の数)、0.5 K 糸の数、1 K 糸の数、そして、ミリメートル (mm) での輪郭の厚さを特定しており、ここではこの厚さは略 1 mm 乃至 2.5 mm の範囲に渡り変化している。

10

20

【表 1】

表 1

柱(Column)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
打込数(Count)	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6
#0.5K糸(yarns)	3	3	3	3	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
#2×0.5K糸(yarns)	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	1	2	0
厚さ	1	1	1	1	1	1	1.2	1.5	2	2.2	2.4	2.5	2.4	2.4	2.2	2.1	1.8	1.5	1.2

10

20

30

【0047】

当然、入手可能な糸重量に従い、糸 (yarn) の層 (layer) の数と打込数及び重量における変化との異なった組み合わせが、得ようとする輪郭の為に採用されることが出来る。

【0048】

縦糸 (warp) 断面における図 8 A 及び 8 b は、特別な厚さ 103 の外側で繊維素材 100 を織る為に使用されることが出来る織物組織 (weave) の 2 つの連続した平面を示している。

【0049】

繊維素材 100 のストリップ 102 は、この例では 3 に等しい層 (層 C_{11} , C_{12} , C_{13}) の数を伴った、縦糸層 (warp yarn layer) の 1 セットを備えている。縦糸 (warp yarn) は、3 次元織りを使用して横糸 (weft yarn) t_1 によりともに結合されている。

【0050】

ストリップ 104 はまた、ストリップ 102 と同様に、3 次元織りにより、横糸 (weft

40

50

yarn) t_2 によりともに結合されている例えば同様に3層(層 C_{21} , C_{22} , C_{23})の、縦糸層(warp yarn layer)の1セットを有している。

【0051】

横糸(weft yarn) t_1 がストリップ104の縦糸層(warp yarn layer)中に延びておらず、そして、横糸(weft yarn) t_2 がストリップ102の縦糸層(warp yarn layer)中に延びておらず、これらが互いに結合されていないことを確実にしている、ことに注目すべきである。

【0052】

示されている例では、織り(weaving)は、サテン(satin)又は複サテン(multi-satin)型の織りを使用した複層織り(multilayer weaving)である。他の型式の3次元織りが使用されることが出来、例えば、複数平面織物組織(multiple plain weave)による複層織り又は相互固定織物組織(interlock weave)による織りである。ここで使用された用語「相互固定織物組織(interlock weave)」は、横糸(weft yarn)の個々の層が、縦糸(warp yarn)の複数の層とともに、織物組織(weave)の平面中で同じ路(path)を有している所定の横糸柱(weft column)中の糸(yarn)の全てと結合されている織物組織(weave)を意味している。

10

【0053】

3次元織りの種々の形態は文献WO2006/136755中に特に記載されていて、その記載内容は参照によりここに組み込まれる。

【0054】

図9は織物の縦糸方向及び横糸方向に対し平行な断面図であり、そこではストリップ102がそこを通過しているストリップ104の連結部分140cを有していて、連結部分の縦糸が断面で示されている。この連結部分140cにおける縦糸の夫々の層が、ストリップ102の横糸方向に対し角度を成している方向に延出している。織りの間に、ストリップ104は、ストリップ104の個々の縦糸をストリップ102の縦糸及び横糸のセットに個々に通過させることにより、ストリップ102の一方の側から他方の側へと通過されている。

20

【0055】

図10は、ストリップ104の連結部分150cがストリップ102を通過している場所の横糸断面である。この例においては、そして上述されている如く、連結部分150cはストリップ102の縦糸に対し直角に延出している。にも拘わらず、連結部分140cについては、外方プラットフォームの為に望まれている向き次第で、縦糸に対する直角に対しゼロでない角度で延出した連結部分150cを有することが出来る。

30

【0056】

図11A中の例により示されている如く、より大きな重さの横糸を使用するとともに横糸の追加された層を使用することにより、特別な厚さ103を得ても良い。

【0057】

図11A中では、この例においては4ないし7の横糸の層の数が、羽根の舌に対応しているストリップ102の部分102₁と特別な厚さ103を提供しているストリップの部分102₃との間を通過している。

40

【0058】

さらに、異なった重量の横糸 t_1 , $t'1$, そして $t''1$ が使用されていて、糸 t_1 は、例えば、0.5K(500繊維)の重量を有している「ニカロン(Nicalon)」SiC糸であり、糸 $t'1$ は2つの0.5K糸を合体させることにより得られていて、そして糸 $t''1$ は3つの0.5K糸の合体による。

【0059】

素材部分102₃中の織りは、部分102₁中よりもより多くの縦糸の層の数を要求する。好ましくは、これは、部分102₁の2つの縦糸平面から縦糸を合体することにより部分102₃中の個々の縦糸平面を構成することにより縦糸平面の数を減少させることで、部分102₁と部分102₃との間の変遷中に達成される。図11B及び11Cは、部

50

分 1 0 2₁ 中の 2 つの隣接した縦系平面を示しており、そして図 1 1 D は図 1 1 B 及び 1 1 C の縦系平面を合体させることにより部分 1 0 2₃ 中で得られた縦系平面を示している。

【 0 0 6 0 】

図を簡素にする為に、図 1 1 B , 1 1 C , そして 1 1 D 中においては、異なった重量の縦系は (図 7 のように) 示されていないし、異なった重量の横系も (図 1 1 A のように) 示されていない。図 1 1 B & 1 1 C と図 1 1 D との間で、点線は、図 1 1 B 及び 1 1 C の種々の層の縦系がどのようにして図 1 1 D の縦系層を形成するかを示している。

【 0 0 6 1 】

当然ながら、横系層の数及び横系重量の他の組み合わせが、特別な厚さ 1 0 3 を形成する為に、採用されることが出来る。

10

【 0 0 6 2 】

図 1 2 中に概略的に示されているもう 1 つの実施形態においては、特別な厚さ 1 0 3 はストリップ 1 0 2 を織っている間に挿入物 (insert) を導入することにより得ることが出来る。

【 0 0 6 3 】

図 1 2 中において、羽根の舌に対応しているストリップ 1 0 2 の部分 1 0 2₁ 中の横系層のセット T₁ は、織りの間に 2 つの副組立体 T₁₁ 及び T₁₂ を形成するよう結合されないことにより分割され、そして挿入物 1 0 3₁ がそれらの間に導入されている。示されている例においては、部分 1 0 2₁ は、羽根板翼に対応しているストリップ 1 0 2 の部分 1 0 2₂ よりも厚い。部分 1 0 2₂ と部分 1 0 2₁ との間の変遷は、図 1 1 A 中の部分 1 0 2₁ と部分 1 0 2₃ との間の変遷の為に上述したのと同じようにして達成されて良い。シート (sheet) 1 0 4 が図 2 の連結部分 1 4 0 c の水準でシート 1 0 2 を通って通過している場所は、より厚い部分 1 0 2₁ を通っていることが出来る。

20

【 0 0 6 4 】

部分 1 0 2₁ から離れている挿入物 1 0 3 の端で、横系層の副組立体 T₁₁ 及び T₁₂ は、部分 1 0 2₁ と同じ厚さを有している部分 1 0 2'₁ を形成するよう織り、そして次に、部分 1 0 2₂ と同じ厚さを有している部分 1 0 2'₂ を厚さを減少させ部分 1 0 2'₂ が次の織物素材の為に羽根板翼に対応している部分を形成することにより、再統合される。

30

【 0 0 6 5 】

挿入物 1 0 3₁ は好ましくはセラミックの単一片であり、好ましくは、作成される羽根の複合材料の母材の為に使用されている如き同じセラミック材料を使用して作成されている。従って、挿入物 1 0 3₁ は S i C 粉末を焼結させることにより得られた S i C ブロック (block) であって良い。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 中に非常に概略的に示されている如く、複数の繊維素材 1 0 0 は、その中に形成された 1 つ又はそれ以上の連続した繊維素材の列を有しているストリップ 3 0 0 を織ることにより得られてよい。特別な長さの区域 3 1 0 , 3 2 0 が、織りに関係している縁現象 (edge phenomena) を避ける為に (縦系のみを有している) 縦系方向及び (横系のみを有している) 横系方向に形成されていて、予備成形物が造形される時の変形のより大きな自由を残し、そして、素材 1 0 0 の間に変遷区域を提供している。

40

【 0 0 6 7 】

図 1 4 は別の実施形態を示していて、ここにおいては、ストリップ 4 0 0 がストリップの長手方向に対し直角な横方向に織られている素材 1 0 0 の列を伴って形成されている。特別な長さの区域 4 1 0 , 4 2 0 は縦系方向及び横系方向に同様に形成されている。素材 1 0 0 の複数の列が、この目的の為に適用されたストリップ 4 0 0 の幅を伴って、織られていて良い。

【 0 0 6 8 】

この発明の実施において複合材料の羽根を製造する方法中の連続した工程が図 1 5 中に

50

与えられている。

【0069】

工程501においては、繊維ストリップは3次元織りにより織られていて、このストリップは複数の繊維素材、例えば、図13中に示されている如く、縦糸方向に延出している繊維素材の複数の列を備えている。高温で、そして特に腐食性の環境において（特に湿った環境において）、使用されるターボ機械羽根の為に、織りはセラミック繊維、特に碳化珪素（SiC：silicon carbide）繊維で形成されている糸（yarn）を使用して行われている。

【0070】

工程502においては、繊維ストリップは繊維上に存在している油分を除去する為及び繊維の表面からの酸化物の存在を除去する為に処理される。酸化物処理は、酸処理（acid treatment）により、特に弗化水素酸（hydrofluoric acid）の浴槽中での浸漬（immersion）により、達成された。もし油分が酸処理により除去されるのに適切ではないのであれば、油分除去の為に従来の処理、例えば手短な加熱処理によるその分解（decomposing）による、が行われる。

10

【0071】

工程503においては、中間相被覆（interphase coating）の薄い層が、薬品蒸気浸透（CVI：chemical vapor infiltration）により繊維ストリップの繊維上に形成される。中間相被覆（interphase coating）材料は、例えば熱分解カーボン（PyC：pyrolytic carbon）により、窒化硼素（BN：boron nitride）により、又は硼素添加炭素（BC：boron-doped carbon、例えば5原子パーセント（at. %：atom percent）乃至20 at. %のB、残余（balance）がCを有している）により構成されている。中間相被覆（interphase coating）の薄い層は、繊維素材が変形の為の良好な能力を保つことを確実にする為に、好ましくは小さい厚さ、例えば100ナノメートル（nm）を越えない、又はより好ましくは50nmを越えない、である。この厚さは好ましくは10nm以上である。

20

【0072】

工程504においては、中間相被覆（interphase coating）の薄い層により被覆されている繊維を伴っている繊維ストリップが、団結組成物（consolidation composition）、一般的には溶剤中に任意に溶解される樹脂、により含浸される。炭素先駆物質樹脂（carbon precursor resin）、例えばフェノール樹脂（phenolic resin）又はフラン樹脂（furanic resin）、が使用されて良く、又は、セラミック先駆物質樹脂、例えばポリシラゼン樹脂（polysilazane resin）又はSiCの為に先駆物質を構成しているポリシロキサン樹脂（polysiloxane resin）、が使用されることが出来る。

30

【0073】

もしあるならば、樹脂からの溶剤の除去による乾燥後（工程505）、樹脂は予備硬化されて良い（工程506）。予備硬化、即ち、不完全な架橋、は、剛性（stiffness）そして従って強度（strength）を増加させるよう働き、その間に、羽根予備形成物を作成する為に要求されている如き変形の為に能力を確保する。

【0074】

工程507においては、個々の繊維素材が、図3中に示されている如く、切り離される。

40

【0075】

工程508においては、このようにして切り離された繊維素材が（図4及び5中に示されている如く）造形され、そして、板翼及び羽根元部分の予備成形物部分の造形の為及び内方又は外方プラットフォーム予備成形物部分の造形の為に、成形型、例えば黒鉛成形型、中に置かれる。

【0076】

その後、樹脂の硬化が行われ（工程509）、そして硬化された樹脂が熱分解される（pyrolyzed）（工程510）。硬化及び熱分解は、成形型中の温度の漸進的な上昇により

50

互いに続くことが出来る。

【0077】

熱分解の後に、熱分解の残留物により団結されている (consolidated) 繊維予備成形物が得られる。団結樹脂の量は、熱分解残留物が予備成形物の繊維を互いに十分に接合して、工具からの手助け無しでその形状を維持している間に予備成形物の取り扱いを確実にするよう選択されていて、団結樹脂 (consolidation resin) の量は好ましくは出来る限り小さくなるよう選択されることに注意が払われている。

【0078】

油分除去の為に、酸処理の為に、そして SiC 繊維支持体 (substrate) の為の中間相被覆の形成の為に工程は知られている。参照は、文書 US 5 0 7 1 6 7 9 に対し行われることが出来る。

10

複合材料を非脆化 (non-brittle) するその機能を果たすのに十分な厚さを提供している繊維母材中間相を全体に得る為に、第2中間相層 (second interphase layer) が CVI により形成された (工程 5 1 1)。第2中間相層は PyC, BN, そして BC から選択された材料であって良く、そして第1中間相層の材料と必ず同じ材料である必要がない。第2中間相層の圧さは好ましくは 100 nm 以上である。

【0079】

上述した如く、2つの層の他に中間相を作成することは好ましい。このことは、本出願人により番号 08 / 5 4 9 3 7 の下で提出されたフランス特許出願中に記載されている。

【0080】

20

その後、団結された予備成形物は母材により高密度化される (densified)。高温度で、そして特に腐食性媒体中で、使用されるターボ機械羽根の為に、母材は、例えば SiC で形成されたセラミック母材である。CVI により高密度化を行うことが可能であり、この場合には、第2中間相層を形成すること及び母材により高密度化することが互いに同じ炉 (oven) 中で続けられて良い。

【0081】

高密度化 (densification) は、羽根を所望の寸法に機械加工する工程 5 1 3 により分離されている2つの連続した工程 (工程 5 1 2 及び 5 1 4) 中で行うことが出来る。

【0082】

予備機械加工を、工程 5 0 9 と 5 1 0 との間で、即ち樹脂の硬化後であり熱分解前に、行って良い。

30

【0083】

この発明のもう1つの実行において複合材料の羽根を製造する方法の連続した工程が、図 16 中に与えられている。

【0084】

複数の繊維素材を備えている繊維ストリップを3次元的に織る工程 6 0 1、そして、油分及び酸化物を除去する為の処理の工程 6 0 2 は、図 15 の実行の工程 5 0 1 及び 5 0 2 と同じである。

【0085】

工程 6 0 3 においては個々の繊維素材が繊維ストリップから切り離され、そして次に個々の繊維素材が成形型 (mold) 又は治具 (jig) 中で造形されて (工程 6 0 4)、板翼及び羽根元予備成形物部分を造形することにより、そしてプラットフォーム予備成形物部分を造形することにより、羽根繊維予備成形物を得る。

40

【0086】

工程 6 0 5 においては材料を非脆化 (non-brittle) する為の中間相被覆 (interphase coating) が、治具中に保持されている間に予備成形物の繊維上に CVI により形成される。例として、中間相被覆材料は、上述した如く、PyC, BN, 又は BC である。中間相被覆の厚さは略一百乃至数百ナノメートルである。

【0087】

治具中に依然として保持されている予備成形物が部分的な高密度化により団結され (工

50

程 6 0 6)、団結は C V I により繊維上にセラミックの付着層 (deposit) を形成することにより行われている。

【 0 0 8 8 】

C V I による中間相被覆の形成及び C V I によるセラミック付着による団結は、同じ C V I 炉 (oven) 中で順次続けることが出来る。

【 0 0 8 9 】

治具は好ましくは黒鉛 (graphite) 形成され、そして C V I による中間相付着及びセラミック付着を提供する反応ガスの通過を容易にする為の孔を提供する。

【 0 0 9 0 】

支持工具からの手助けなしでその形状を確保している間に予備成形物を取り扱うのに十分団結されると、団結されている予備成形物は治具から排出され、そしてそれは C V I によりセラミック母材で高密度化される。高密度化は、羽根を所望の寸法に機械加工する工程 6 0 8 により分離された 2 つの連続した工程 (工程 6 0 7 及び 6 0 9) 中で行なわれて良い。

10

【 0 0 9 1 】

上述した記載中では、厚さを変化させている板翼輪郭が重量及び / 又は打込数を変化させた糸を使用することにより得られた。代わりに、同じ重量の糸の層の或る数及び変化しない打込数により、予備成形物の板翼部分に対応している繊維素材の部分を作成することが可能であり、輪郭の厚さは、第 1 高密度化工程後の機械加工の間、又は団結された素材予備成形物の予備機械加工の間に変化される。

20

【 0 0 9 2 】

さらに、羽根が使用されることを意図されている状況に従い、羽根の繊維強化の繊維は、セラミック以外の材料で形成されて良く、例えばそれらは炭素で形成されて良く、そして、母材もセラミック以外の例えば炭素又は樹脂の材料で形成されて良く、この発明はまた当然のことながら、有機母材 (organic matrix) を有している複合材料から羽根を製造することにも適用可能である。

【 図 1 】

図 1

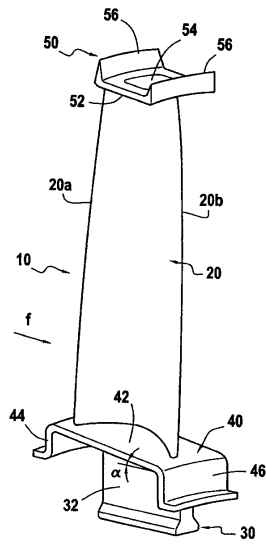


FIG.1

【 図 2 】

図 2

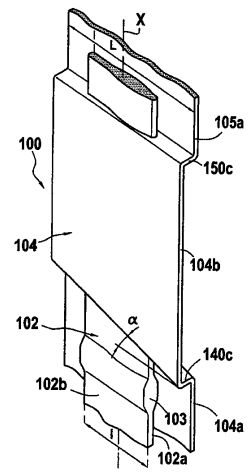


FIG.2

【 図 3 】

図 3

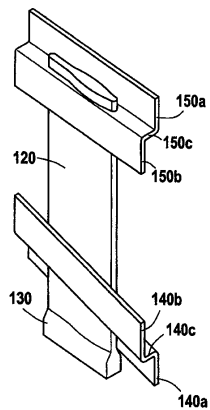


FIG.3

【 図 4 】

図 4

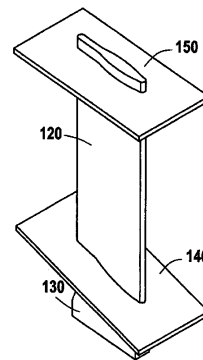


FIG.4

【 5 】

図 5

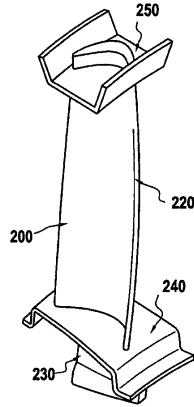


FIG.5

【 8 A 】

図 8A

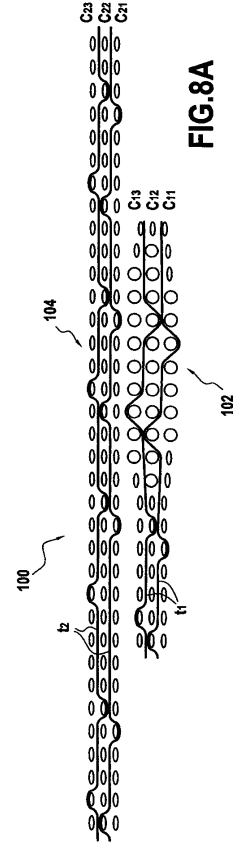


FIG.8A

【 6 】

図 6

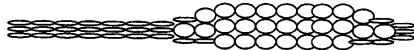
FIG.6



【 7 】

図 7

FIG.7



【 8 B 】

図 8B

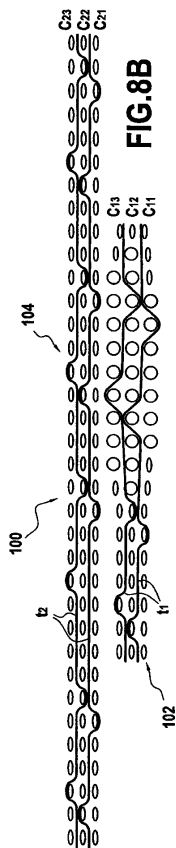


FIG.8B

【 9 】

図 9

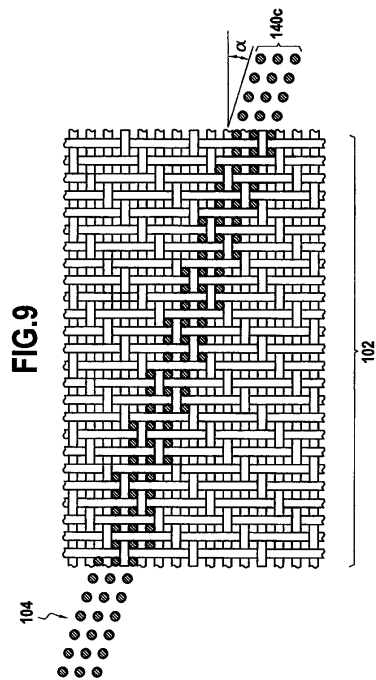


FIG.9

【 10 】

図 10

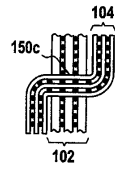


FIG.10

【 12 】

図 12

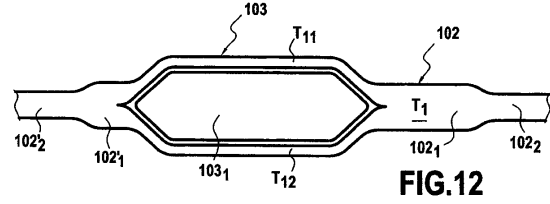


FIG.12

【 11 】

図 11

FIG.11A

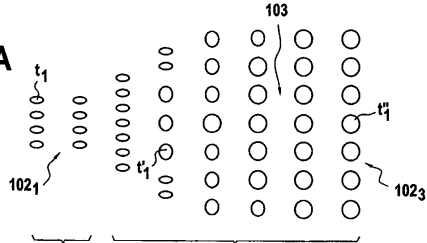
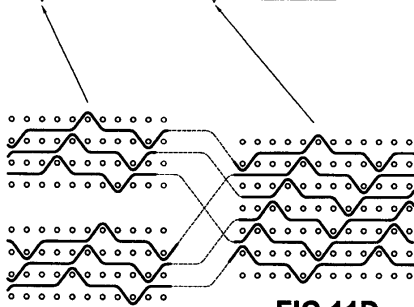


FIG.11B

FIG.11C

FIG.11D



【 13 】

図 13

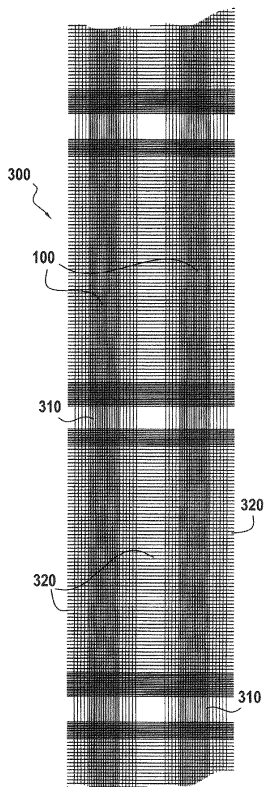


FIG.13

【 14 】

図 14

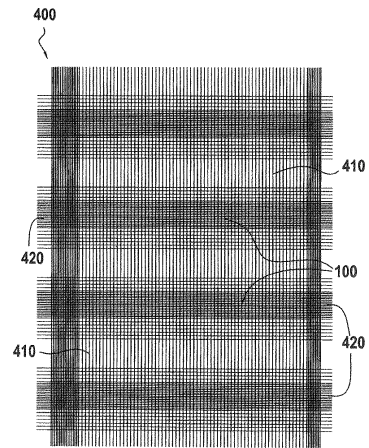


FIG.14

【図15】

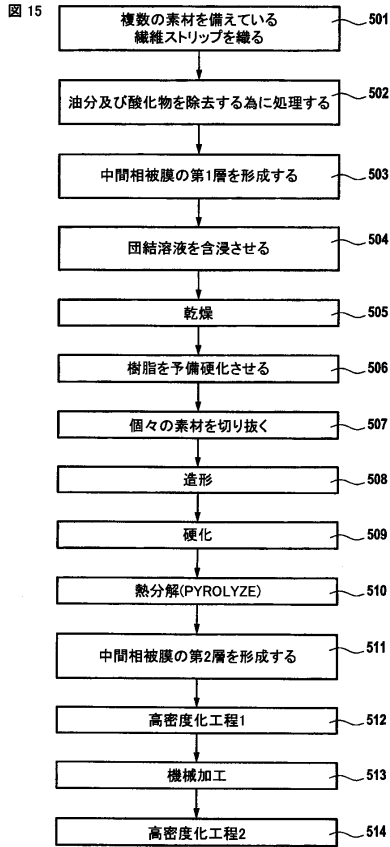


FIG.15

【図16】

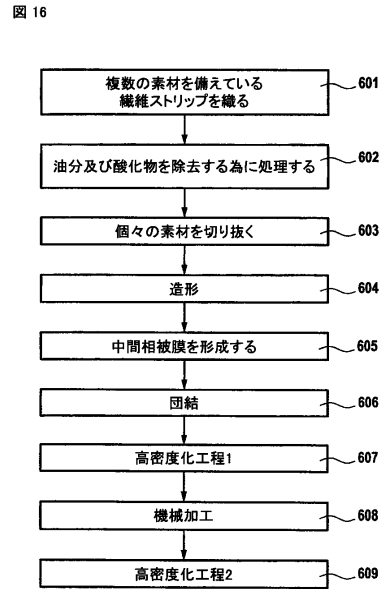


FIG.16

フロントページの続き

(73)特許権者 511130852

スネクマ

SNECMA

フランス国、75015 パリ、ブールバール・デュ・ジェネラル・マルタル・バラン 2

2 boulevard du General Martial Valin, 75015

PARIS, FRANCE

(74)代理人 100108855

弁理士 蔵田 昌俊

(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 100109830

弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100095441

弁理士 白根 俊郎

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034

弁理士 野河 信久

(74)代理人 100140176

弁理士 砂川 克

(72)発明者 クープ、ドミニク

フランス国、エフ - 33160 ル・アヤン、アブニュ・ドゥ・パリ 70

(72)発明者 ルシユ、クレマン

フランス国、エフ - 33200 ボルドー、リュ・デュ・サクレ・クール 15

(72)発明者 ゴーリング、ジョナサン

アメリカ合衆国、メイン州 03909、ヨーク、ナイトホーク・ドライブ 7

(72)発明者 マテオ、ジュリアン

フランス国、エフ - 33360 カリナン・ドゥ・ボルドー、リュ・ドゥ・ネプテュン 1

(72)発明者 エベルラン - フォー、ニコラ

フランス国、エフ - 33400 タランス、リュ・プティット・ミシヨン 15、レジダンス・エ

クセル、エーピーピーティー . 112

(72)発明者 ルノン、ギヨーム

フランス国、エフ - 77000 ボー・ル・ペニル、アレ・デ・シャテニエール 9

審査官 瀬戸 康平

(56)参考文献 特開2005 - 133717 (JP, A)

米国特許出願公開第2007/0248780 (US, A1)

特開2003 - 148105 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/00, 9/00, 25/00