



(51) Classification internationale des brevets :

C04B 35/565 (2006.01) **C04B 35/628** (2006.01)
C04B 35/573 (2006.01) **D03D 25/00** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2017/051733

(22) Date de dépôt international :

28 juin 2017 (28.06.2017)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1656093 29 juin 2016 (29.06.2016) FR

(71) Déposant : **SAFRAN CERAMICS** [FR/FR] ; Rue de Tou-
ban, Les Cinq Chemins, 33185 Le Haillan (FR).

(72) Inventeurs : **CLERAMBOURG, Aurélia** ; c/o Safran
Aircraft Engines PI (AJI), Rond-point René Ravaud-Réau,
77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). **LEFEBVRE,**

Marie ; c/o Safran Aircraft Engines PI (AJI), Rond-point
René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR).
DENNEULIN, Sébastien ; c/o Safran Aircraft Engines PI
(AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-Cra-
mayel Cedex (FR). **PHILIPPE, Eric** ; c/o Safran Aircraft
Engines PI (AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550
Moissy-Cramayel Cedex (FR). **BOUILLON, Eric** ; c/o
Safran Aircraft Engines PI (AJI), Rond-point René Ra-
vaud-Réau, 77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR).

(74) Mandataire : **DESORMIERE, Pierre-Louis** et al. ; Cabi-
net Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 Paris
Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,

(54) Title: PROCESS FOR MANUFACTURING A CERAMIC MATRIX COMPOSITE PART

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE A MATRICE CERAMIQUE

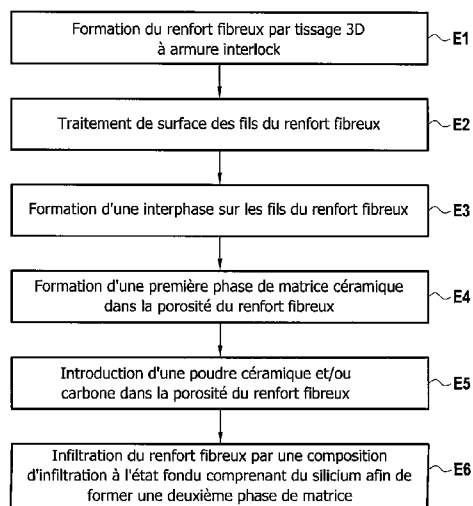


FIG.1

E1 Formation of the fibrous reinforcement by 3-D weaving with interlock weave
E2 Surface treatment of the yarns of the fibrous reinforcement
E3 Formation of an interphase on the yarns of the fibrous reinforcement
E4 Formation of a first ceramic matrix phase in the porosity of the fibrous reinforcement
E5 Introduction of a ceramic and/or powder into the porosity of the fibrous reinforcement
E6 Infiltration of the fibrous reinforcement by an infiltration composition in the melt state comprising silicon in order to form a second matrix phase

(57) Abstract: The invention relates to a process for manufacturing a composite part comprising a fibrous reinforcement and a ceramic matrix present in the porosity of the fibrous reinforcement, the process comprising at least the following steps: a) the formation of the fibrous reinforcement by three-dimensional weaving of ceramic yarns (step E1), the fibrous reinforcement thus formed having an interlock weave; b) the formation of a first ceramic matrix phase in the porosity of the fibrous reinforcement (step E4); c) the introduction into the porosity of the fibrous reinforcement, after carrying out step b), of a powder comprising a mixture of SiC particles and carbon particles (step E5); and d) the infiltration of the fibrous reinforcement obtained after carrying out step c) by an infiltration composition in the melt state comprising at least silicon so as to form a second ceramic matrix phase in the porosity of the fibrous reinforcement and thus obtain the composite part (step E6).

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite comprenant un renfort fibreux et une matrice céramique présente dans la porosité du renfort fibreux, le procédé comprenant au moins les étapes suivantes : a) la formation du renfort fibreux par tissage tridimensionnel de fils céramiques (étape E1), le renfort fibreux ainsi formé présentant une armure interlock; b) la formation d'une première phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux (étape E4); c) l'introduction dans la porosité du renfort fibreux, après mise en œuvre de l'étape b), d'une poudre comprenant un mélange de particules de Si C et de particules de carbone (étape E5); et d) l'infiltration du renfort fibreux obtenu après mise en œuvre de l'étape c) par une composition d'infiltration à l'état fondu comprenant au moins du silicium de manière à former une deuxième phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux et obtenir ainsi la pièce en matériau composite (étape E6).

MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite à matrice céramique

Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général des procédés de fabrication de pièces en matériau composite à matrice céramique.

10 Différents procédés de fabrication de pièces en matériau composite à matrice céramique (CMC) sont connus. On connaît le procédé d'infiltration chimique en phase gazeuse (procédé CVI pour « Chemical Vapor Infiltration ») d'un renfort fibreux. La CVI permet d'obtenir des pièces présentant de bonnes propriétés mécaniques ainsi que des densités élevées. Cette méthode présente toutefois l'inconvénient d'être couteuse.

15 On connaît également le procédé dit « Pre-preg » dans lequel des fils pré imprégnés de résine précurseur de carbone sont mis sous la forme de nappes qui sont ensuite drapées pour obtenir une préforme fibreuse. La préforme fibreuse est moulée, cuite, et enfin infiltrée par un alliage de silicium à l'état liquide (technique d'infiltration à l'état fondu :
20 « MI » pour « Melt-Infiltration »). La réalisation d'une pièce de forme tridimensionnelle complexe par mise en œuvre de ce procédé peut toutefois être relativement difficile.

Il est aussi à noter que les pièces obtenues par la technique MI peuvent présenter une porosité résiduelle significative, due notamment à
25 la pénétration inhomogène du métal fondu dans le renfort fibreux. Les propriétés mécaniques des pièces obtenues par ce procédé peuvent donc être améliorées.

Il existe donc un besoin pour disposer d'un procédé de
30 fabrication de coût de mise en œuvre relativement faible qui permette d'obtenir une pièce CMC de forme complexe ayant des propriétés mécaniques améliorées et un faible taux de porosité résiduelle.

Objet et résumé de l'invention

35 La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un procédé de fabrication d'une pièce en

matériau composite comprenant un renfort fibreux et une matrice céramique présente dans la porosité du renfort fibreux, le procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

5 a) la formation du renfort fibreux par tissage tridimensionnel de fils céramiques, le renfort fibreux ainsi formé présentant une armure interlock,

b) la formation d'une première phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux,

10 c) l'introduction dans la porosité du renfort fibreux après mise en œuvre de l'étape b) d'une poudre comprenant des particules céramiques et/ou des particules de carbone, et

15 d) l'infiltration du renfort fibreux, après mise en œuvre de l'étape c), par une composition d'infiltration à l'état fondu comprenant au moins du silicium de manière à former une deuxième phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux et obtenir ainsi la pièce en matériau composite.

La mise en œuvre d'un renfort fibreux à armure de tissage interlock permet d'obtenir une meilleure pénétration des particules de poudre dans la porosité de ce dernier lors de l'étape c). En effet, les
20 inventeurs ont constaté que l'armure interlock définit, après l'étape b), des canaux de porosité adaptés à une meilleure pénétration des particules dans l'épaisseur du renfort. Il s'ensuit que la composition d'infiltration à l'état fondu pénétrera également plus facilement dans le renfort fibreux, lors de l'étape d), en mouillant les particules en céramique et/ou carbone
25 déjà présentes dans la porosité du renfort fibreux. Dans un exemple de réalisation, la porosité dans la pièce obtenue après mise en œuvre de l'étape d) peut être inférieure ou égale à 5%, voire inférieure ou égale à 3%. Ainsi, les propriétés mécaniques de la pièce en matériau CMC obtenue sont améliorées et la porosité résiduelle est réduite. En outre,
30 l'utilisation du tissage tridimensionnel pour réaliser le renfort fibreux permet d'obtenir des pièces de géométrie complexe.

Dans un exemple de réalisation, des particules de SiC, de Si₃N₄, de BN, de SiB₆, de B₄C, ou un mélange de telles particules peuvent être introduites lors de l'étape c).

35 Dans un exemple de réalisation, des particules de SiC peuvent être introduites lors de l'étape c).

Un mélange de particules de SiC et de particules de carbone est introduit lors de l'étape c).

Dans un exemple de réalisation, la taille moyenne des particules introduites lors de l'étape c) peut être inférieure ou égale à 5 μm , voire inférieure ou égale à 1 μm . Par « taille moyenne des particules » on entend la taille D_{50} des particules.

Dans un exemple de réalisation, la première phase de matrice céramique peut comprendre du carbure de silicium (SiC).

Dans un exemple de réalisation, le taux volumique de porosité résiduelle dans le renfort fibreux (=volume des pores/volume du renfort fibreux), après mise en œuvre de l'étape b), peut être compris entre 30% et 35%.

Dans un exemple de réalisation, une interphase peut être formée sur les fils céramiques avant l'étape b).

Dans un exemple de réalisation, le renfort fibreux peut comprendre des fils de carbure de silicium présentant une teneur en oxygène inférieure ou égale à 1% en pourcentage atomique.

L'invention vise enfin le procédé décrit ci-dessus dans lequel la pièce fabriquée est une pièce de turbomachine. La pièce peut être une pièce de partie chaude d'une turbine à gaz d'un moteur aéronautique ou d'une turbine industrielle. En particulier, la pièce peut constituer une partie au moins d'un distributeur, une paroi d'une chambre de combustion, un secteur d'anneau de turbine ou une aube de turbomachine.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés fournis à titre non limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est un ordinogramme représentant les différentes étapes d'un exemple de procédé selon l'invention,
- la figure 2 est une vue schématique montrant un exemple d'armure de tissage interlock,
- la figure 3 est une photographie montrant une coupe d'une pièce obtenue par un procédé selon l'invention, et
- la figure 4 est une photographie montrant une coupe d'une pièce obtenue par un procédé hors invention.

Description détaillée de l'invention

Un exemple de procédé de fabrication d'une pièce en matériau CMC selon l'invention va maintenant être décrit en lien avec l'ordinogramme de la figure 1.

5 Une première étape E1 du procédé (étape a)) peut consister à former le renfort fibreux de la pièce par tissage tridimensionnel pour obtenir un renfort fibreux présentant une armure interlock. Le renfort fibreux peut être formé de fils céramiques, par exemple de fils en carbure de silicium. Le renfort fibreux obtenu lors de l'étape E1 constitue une
10 préforme fibreuse de la pièce à fabriquer.

Des exemples de fils en carbure de silicium utilisables peuvent être des fils « Nicalon », « Hi-Nicalon » ou « Hi-Nicalon-S » commercialisés par la société japonaise NGS. Les fils céramiques du renfort fibreux peuvent présenter une teneur en oxygène inférieure ou
15 égale à 1% en pourcentage atomique. Les fils « Hi-Nicalon-S » présentent une telle caractéristique.

Par « tissage tridimensionnel » ou « tissage 3D », il faut comprendre un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de chaîne lient des fils de trame sur plusieurs couches de trame. Selon
20 l'invention, le renfort fibreux présente une armure interlock. Par « armure ou tissu interlock », il faut comprendre une armure de tissage 3D dont chaque couche de fils de chaîne $\underline{C}$ lie plusieurs couches de fils de trame $\underline{I}$ avec tous les fils $\underline{C}$ de la même colonne de chaîne ayant le même mouvement dans le plan de l'armure. Dans l'exemple illustré à la figure 2,
25 une couche de trame est formée de deux demi-couches de trame $\underline{t}$ adjacentes décalées l'une par rapport à l'autre dans le sens chaîne. On a donc ici 18 demi-couches de trame positionnées en quinconce. Chaque fil de chaîne $\underline{C}$ lie 3 demi-couches de trame $\underline{t}$. Il est toutefois possible d'adopter une disposition en trame non en quinconce, les fils de trame de
30 deux couches de trame voisines étant alignés sur des mêmes colonnes. Une inversion des rôles entre chaîne et trame est possible dans le présent texte et doit être considérée comme couverte aussi par les revendications.

Une étape E2 de traitement de surface des fils céramiques, préalablement à la formation d'une interphase, est de préférence réalisée
35 pour notamment éliminer l'ensimage qui peut être présent sur les fibres.

Dans une étape E3, on peut former une interphase de défragilisation par CVI sur les fils céramiques du renfort fibreux. L'épaisseur de l'interphase peut par exemple être comprise entre 10 nm et 1000 nm, et par exemple entre 10 nm et 100 nm. Après formation de
5 l'interphase, le renfort fibreux reste poreux, la porosité accessible initiale n'étant comblée que pour une partie minoritaire par l'interphase.

L'interphase peut être monocouche ou multicouches. L'interphase peut comporter au moins une couche de carbone pyrolytique (PyC), de nitrure de bore (BN), de nitrure de bore dopé au silicium
10 (BN(Si), avec du silicium en une proportion massique comprise entre 5% et 40%, le complément étant du nitrure de bore) ou de carbone dopé au bore (BC, avec du bore en une proportion atomique comprise entre 5% et 20%, le complément étant du carbone). L'interphase a ici une fonction de
15 éventuelles parvenant à l'interphase après s'être propagées dans la matrice, empêchant ou retardant la rupture de fibres par de telles fissures. En variante, on notera qu'il est possible de former l'interphase sur les fils céramiques avant le tissage du renfort fibreux, c'est-à-dire avant mise en œuvre de l'étape E1 (étape a)).

20 Il est ensuite réalisé une étape E4 de formation d'une première phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux (étape b)), sur l'interphase qui peut avoir été formée au préalable ou directement sur les fils du renfort fibreux. Cette phase de matrice peut être formée par CVI. La première phase de matrice céramique peut par exemple
25 comprendre du SiC. Le taux de porosité résiduelle du renfort fibreux suite à cette étape E4 et avant introduction de la poudre peut être supérieur ou égal à 30%, par exemple compris entre 30% et 35%. De manière générale, le taux de porosité résiduelle du renfort fibreux après mise en œuvre de l'étape E4 (étape b)) est suffisant pour permettre l'introduction
30 d'une poudre dans la porosité du renfort fibreux et la formation d'une deuxième phase de matrice.

On réalise ensuite, lors de l'étape E5, l'introduction d'une poudre comprenant des particules en matériau céramique et/ou des particules en carbone dans la porosité résiduelle du renfort fibreux (étape c)). Pour ce
35 faire, on peut imprégner le renfort fibreux à l'aide d'une composition, par exemple sous la forme d'une barbotine, introduite dans la porosité du

renfort fibreux par des méthodes connues en soi, par exemple par injection. Ladite composition peut comprendre la poudre en suspension dans un milieu liquide. Les particules en céramique peuvent être des particules de SiC, de Si₃N₄, de BN, de SiB₆, de B₄C, ou un mélange de
5 telles particules. La taille (D₅₀) des particules de la poudre peut être inférieure ou égale à 5 µm, voire inférieure ou égale à 1 µm. Une fois la poudre introduite dans le renfort fibreux, par exemple par injection d'une barbotine, le renfort fibreux peut être séché.

Puis, dans l'étape E6, on infiltre le renfort fibreux dans lequel
10 est présente la poudre introduite à l'étape E5 avec une composition d'infiltration à l'état fondu (étape d)) comprenant au moins du silicium de manière à former une deuxième phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux et à finaliser la densification pour obtenir la pièce. Cette étape d'infiltration correspond à une étape d'infiltration à
15 l'état fondu (procédé MI). La composition d'infiltration peut être constituée de silicium pur fondu ou en variante être sous la forme d'un alliage fondu de silicium et d'un ou plusieurs autres constituants. La composition d'infiltration peut comprendre majoritairement en masse du silicium, c'est-à-dire présenter une teneur massique en silicium supérieure ou égale à
20 50%. La composition d'infiltration peut par exemple présenter une teneur massique en silicium supérieure ou égale à 75%. Le(s) constituant(s) présent(s) au sein de l'alliage de silicium peuvent être choisi(s) parmi B, Al, Mo, Ti, et leurs mélanges. Lorsque les particules de la poudre introduite à l'étape E5 sont des particules de C, de B₄C, ou un mélange de
25 ces particules, une réaction chimique peut se produire entre la composition d'infiltration et les particules de poudre lors de l'infiltration aboutissant à la formation de carbure de silicium.

Après l'étape E6, on obtient la pièce en matériau CMC. Une telle pièce en matériau CMC peut être une pièce statique ou rotative de
30 turbomachine. Des exemples de pièces de turbomachine ont été mentionnés plus haut. Une telle pièce peut en outre être revêtue d'un revêtement de barrière environnementale / thermique.

La figure 3 montre une photographie d'une coupe de pièce en matériau CMC obtenue par un exemple de procédé selon l'invention. Dans
35 cet essai, le renfort fibreux présente une armure de tissage interlock et a été pré-densifié par CVI (étape E4) pour obtenir une première phase de

matrice de SiC. Le renfort fibreux présentait après cette pré-densification une porosité résiduelle en volume comprise entre 30% et 35%. Lors de l'étape E5, une poudre de SiC (commercialisée par Marion Technologies sous la référence SiC MT59) présentant une taille moyenne (D_{50}) de particules de 0,8 μm a été introduite à l'intérieur de la porosité du renfort fibreux pré-densifié. Enfin, l'infiltration (étape E6) a été réalisée à l'aide de silicium pur (commercialisé par HC Starck sous la référence Silicium Grade AX-20). La photographie de la figure 3 montre la matrice M et les fils F dans la pièce en matériau CMC ainsi obtenue. Avec le procédé selon l'invention, la porosité globale mesurée dans la pièce est inférieure à 1%.

A titre de comparaison, un essai similaire à celui décrit ci-dessus a été réalisé à la différence près que l'armure de tissage est multi-satin au lieu d'interlock. La figure 4 est une photographie montrant une coupe de la pièce en matériau CMC obtenue lors de cet essai. Des pores P de couleur noire sont visibles sur la photographie de la figure 4. Une porosité globale supérieure à 15% a été mesurée dans la pièce, et on peut voir sur la figure 4 que cette porosité est aussi bien présente entre les fils F qu'à l'intérieur des fils F. Ainsi, on peut voir qu'il est plus difficile de combler la porosité dans le renfort fibreux lorsque ce dernier présente une armure de tissage qui n'est pas interlock. Les propriétés mécaniques sont donc moindres pour cette pièce qu'avec celle obtenue à l'essai précédent mettant en œuvre un renfort fibreux à armure interlock.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite comprenant un renfort fibreux et une matrice céramique présente dans la porosité du renfort fibreux, le procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

- a) la formation du renfort fibreux par tissage tridimensionnel de fils céramiques (étape E1), le renfort fibreux ainsi formé présentant une armure interlock,
- b) la formation d'une première phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux (étape E4),
- c) l'introduction dans la porosité du renfort fibreux après mise en œuvre de l'étape b) d'une poudre comprenant un mélange de particules de SiC et de particules de carbone (étape E5), et
- d) l'infiltration du renfort fibreux, après mise en œuvre de l'étape c), par une composition d'infiltration à l'état fondu comprenant au moins du silicium de manière à former une deuxième phase de matrice céramique dans la porosité du renfort fibreux et obtenir ainsi la pièce en matériau composite (étape E6).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première phase de matrice céramique comprend du carbure de silicium.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la taille moyenne des particules, introduites lors de l'étape c), est inférieure ou égale à 5 μm , par exemple à 1 μm .

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le taux volumique de porosité résiduelle dans le renfort fibreux, après mise en œuvre de l'étape b), est compris entre 30% et 35%.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel une interphase est formée sur les fils céramiques avant l'étape b) (étape E3).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le renfort fibreux comprend des fils de carbure de silicium présentant une teneur en oxygène inférieure ou égale à 1% en pourcentage atomique.

5

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la pièce fabriquée est une pièce de turbomachine.

1/2

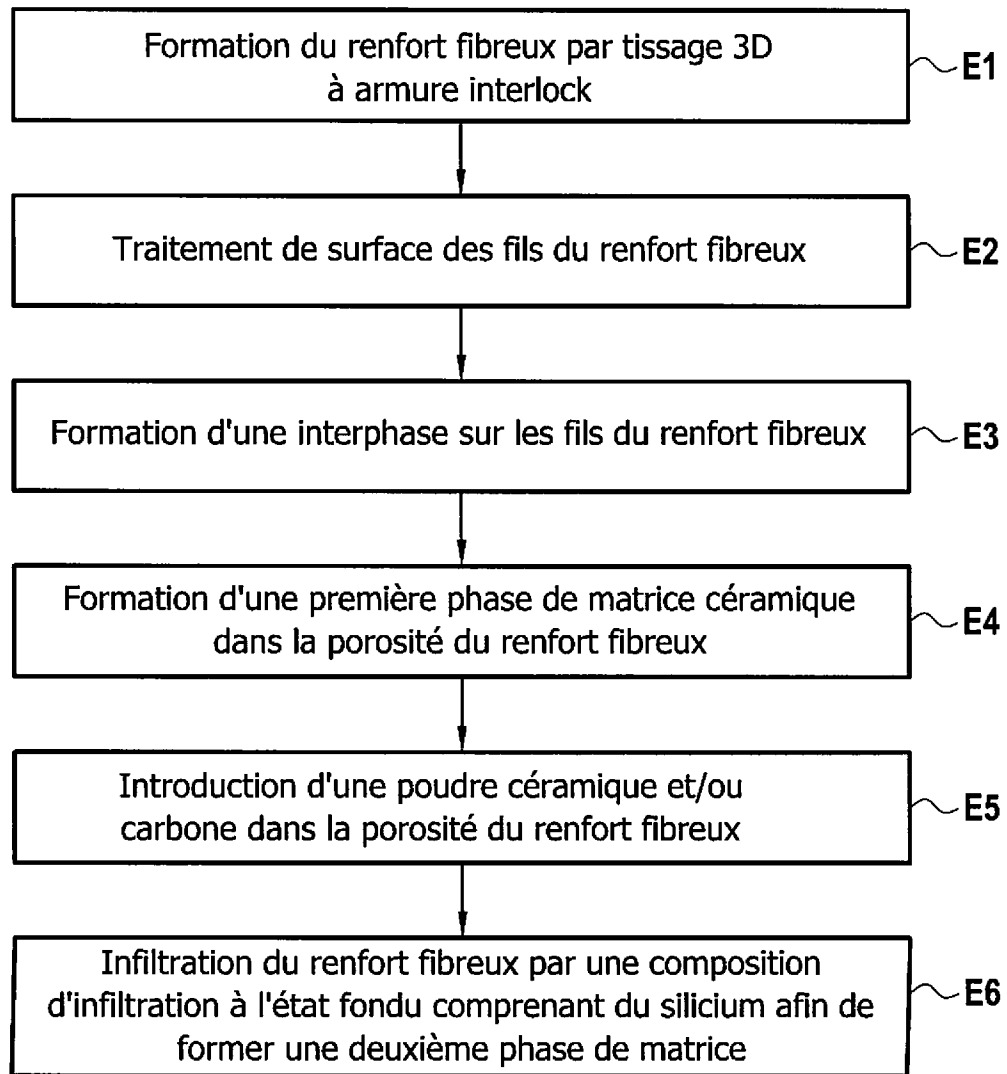


FIG.1

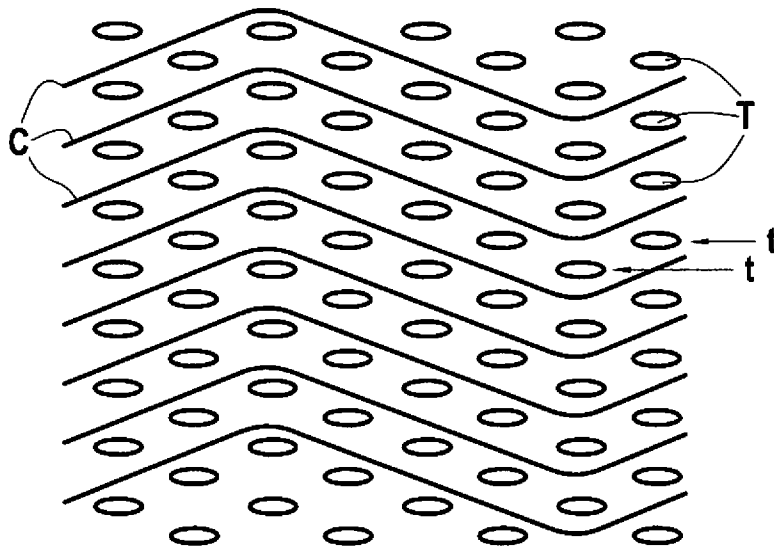


FIG.2

2/2

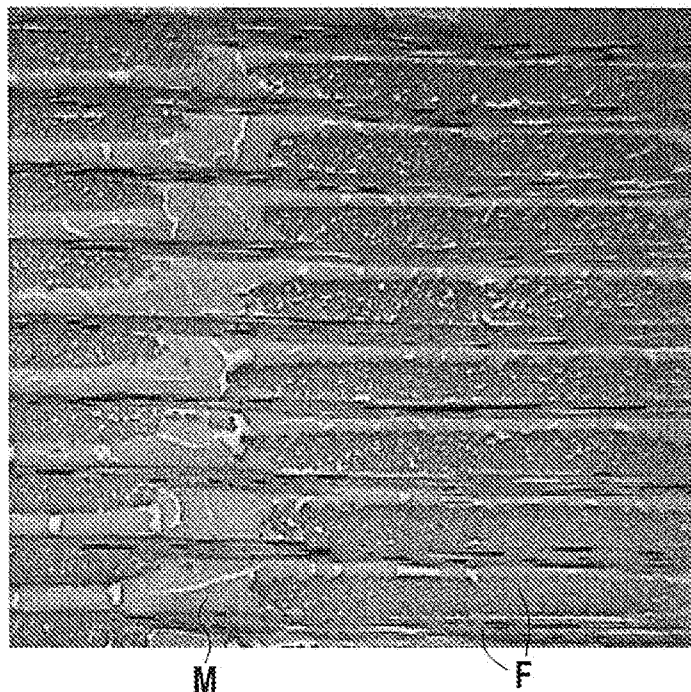


FIG.3

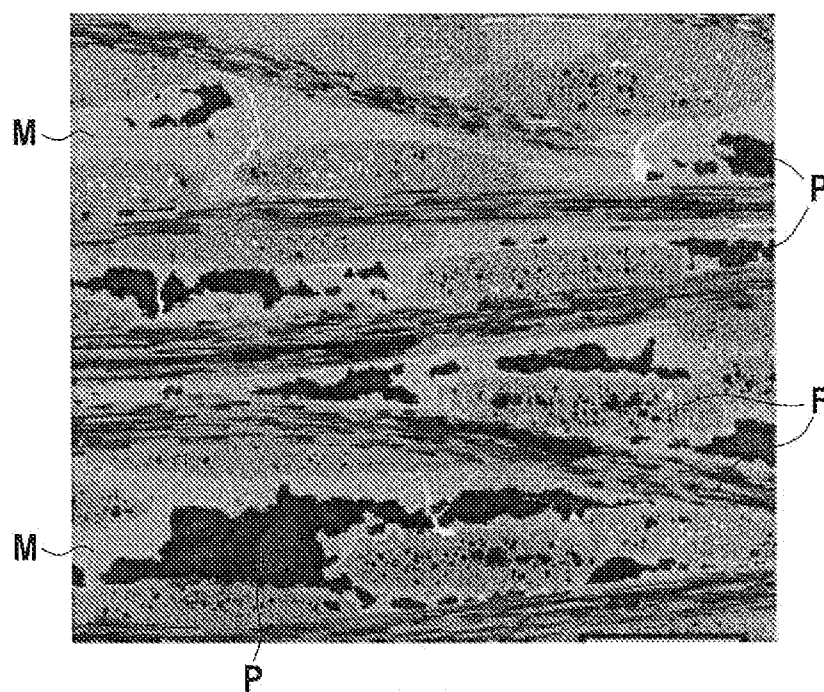


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/051733

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C04B35/565 C04B35/573 C04B35/628 D03D25/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B D03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2016/001343 A1 (HERAKLES [FR]) 7 January 2016 (2016-01-07) page 8, line 12 - line 16; example 1 -----	1-7
A	FR 2 983 193 A1 (SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 31 May 2013 (2013-05-31) page 8, line 16 - line 23 -----	1-7
X	Q. D. YANG ET AL: "Evaluation of Macroscopic and Local Strains in a Three-Dimensional Woven C/SiC Composite", JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY., vol. 88, no. 3, 1 March 2005 (2005-03-01), pages 719-725, XP055354344, US ISSN: 0002-7820, DOI: 10.1111/j.1551-2916.2005.00156.x paragraphs [0027], [0030]; example 1 ----- -/-	1-3,5,7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2017

Date of mailing of the international search report

20/09/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Raming, Tomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2017/051733

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016/102022 A1 (CHAMBERLAIN ADAM L [US] ET AL) 14 April 2016 (2016-04-14) paragraph [0030] - paragraph [0035] -----	1,2,5-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/051733

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2016001343 A1	07-01-2016	FR 3023212 A1 WO 2016001343 A1	08-01-2016 07-01-2016
FR 2983193 A1	31-05-2013	CN 103998396 A EP 2785665 A1 FR 2983193 A1 JP 6155439 B2 JP 2015506892 A KR 20140102204 A US 2015008613 A1 WO 2013079853 A1	20-08-2014 08-10-2014 31-05-2013 05-07-2017 05-03-2015 21-08-2014 08-01-2015 06-06-2013
US 2016102022 A1	14-04-2016	EP 2970015 A1 JP 2016515994 A US 2016102022 A1 WO 2014149757 A1	20-01-2016 02-06-2016 14-04-2016 25-09-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/051733

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C04B35/565 C04B35/573 C04B35/628 D03D25/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C04B D03D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2016/001343 A1 (HERAKLES [FR]) 7 janvier 2016 (2016-01-07) page 8, ligne 12 - ligne 16; exemple 1 -----	1-7
A	FR 2 983 193 A1 (SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 31 mai 2013 (2013-05-31) page 8, ligne 16 - ligne 23 -----	1-7
X	Q. D. YANG ET AL: "Evaluation of Macroscopic and Local Strains in a Three-Dimensional Woven C/SiC Composite", JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY., vol. 88, no. 3, 1 mars 2005 (2005-03-01), pages 719-725, XP055354344, US ISSN: 0002-7820, DOI: 10.1111/j.1551-2916.2005.00156.x alinéas [0027], [0030]; exemple 1 ----- -/-	1-3,5,7
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 13 septembre 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 20/09/2017
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Raming, Tomas

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2016/102022 A1 (CHAMBERLAIN ADAM L [US] ET AL) 14 avril 2016 (2016-04-14) alinéa [0030] - alinéa [0035] -----	1,2,5-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/051733

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2016001343 A1	07-01-2016	FR 3023212 A1	08-01-2016
		WO 2016001343 A1	07-01-2016

FR 2983193 A1	31-05-2013	CN 103998396 A	20-08-2014
		EP 2785665 A1	08-10-2014
		FR 2983193 A1	31-05-2013
		JP 6155439 B2	05-07-2017
		JP 2015506892 A	05-03-2015
		KR 20140102204 A	21-08-2014
		US 2015008613 A1	08-01-2015
		WO 2013079853 A1	06-06-2013

US 2016102022 A1	14-04-2016	EP 2970015 A1	20-01-2016
		JP 2016515994 A	02-06-2016
		US 2016102022 A1	14-04-2016
		WO 2014149757 A1	25-09-2014
