(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
7 janvier 2016 (07.01.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/001564 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B22C 9/10 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051775

(22) Date de dépôt international :
29 juin 2015 (29.06.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1456168 30 juin 2014 (30.06.2014) FR

(71) Déposant : **SNECMA** [FR/FR]; 2 boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **DIGARD BROU DE CUISSART, Sébastien**; c/o Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). **DUJOL, Charlotte, Marie**; c/o Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). **ENEAU, Patrice**; c/o Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). **METRON, Philippe**; c/o Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). **VOLLEBREGT, Matthieu, Jean-Luc**; c/o Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU**; 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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.

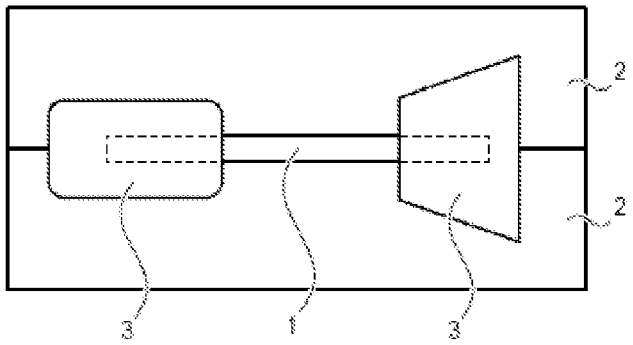
(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF MANUFACTURING A CORE FOR MOULDING A BLADE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN NOYAU POUR LE MOULAGE D'UNE AUBE

FIG. 2b



(57) Abstract : The invention relates to a method of manufacturing a core for moulding a blade of a turbomachine, comprising steps consisting of: - placing a flexible ceramic sheet (1) in a cavity of a mould (2) in such a way as to shape the ceramic sheet (1), - introducing a ceramic paste into the cavity of the mould (2), the ceramic paste forming at least one frame (3) in contact with the ceramic sheet (1), and - co-sintering the ceramic sheet (1) and the frame (3) in such a way as to rigidly join together the ceramic sheet (1) and the frame (3), the frame (3) maintaining the shape of the ceramic sheet (1) given by the mould (2) during the preceding co-sintering phases.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/001564 A1

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))*

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un noyau pour le moulage d'une aube d'une turbomachine, comprenant des étapes consistant à : - placer une feuille de céramique (1) souple dans une cavité d'un moule (2) de manière à mettre en forme la feuille de céramique (1), - introduire une pâte de céramique dans la cavité du moule (2), la pâte de céramique formant au moins un cadre (3) en contact avec la feuille de céramique (1), et - cofritter la feuille de céramique (1) et le cadre (3) de manière à solidari - ser la feuille de céramique (1) et le cadre (3) entre eux, le cadre (3) maintenant la forme de la feuille de céramique (1) donnée par le moule (2) durant les étapes précédant le cofrittage.

Procédé de fabrication d'un noyau pour le moulage d'une aube

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un noyau destiné à servir au moulage d'une aube d'une turbomachine.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Afin d'augmenter les performances aérodynamiques des aubes des turbomachines, il est nécessaire de réduire l'épaisseur du bord de fuite des aubes. L'épaisseur du bord de fuite des aubes dépend d'une part de l'épaisseur de la fente de bord de fuite par laquelle débouche le circuit d'air de refroidissement de l'aube et d'autre part de l'épaisseur des deux parois métalliques de l'aube, disposées de part et d'autre de la fente de bord de fuite.

Une réduction de l'épaisseur du bord de fuite des aubes peut être obtenue par une diminution de l'épaisseur de la fente de bord de fuite. Cependant, cette diminution de l'épaisseur de la fente de bord de fuite nécessite de réduire l'épaisseur du noyau en céramique utilisé traditionnellement lors du moulage de l'aube. Or, une telle réduction d'épaisseur pose des problèmes de fragilité du noyau servant à la fabrication des aubes. En effet, les noyaux servant au moulage des aubes de turboréacteurs sont très fragiles lors de leur fabrication.

Les noyaux destinés au moulage des aubes sont généralement fabriqués par les étapes suivantes :

- préparer une solution de pâte de céramique ;
- injecter, dans un moule de forme souhaité, la pâte de céramique préparée précédemment ;
- cuire par frittage le noyau obtenu dans l'étape précédente ;
- imprégner dans une résine le noyau obtenu dans l'étape précédente.

Le noyau obtenu est utilisé pour mouler une aube. La présence du noyau permet de ménager une cavité dans l'épaisseur de l'aube, autorisant ainsi une circulation d'air à l'intérieur de l'aube.

Cependant, les noyaux fabriqués selon ce procédé habituel rencontrent des problèmes lorsque l'on réduit l'épaisseur du noyau au niveau du bord de fuite. Dans un premier temps, des criques peuvent apparaitre lors de la cuisson des noyaux à cause de problèmes survenus lors de l'injection. En effet, la pâte céramique ayant du mal à passer les épaisseurs très fines à cause de sa viscosité, la pâte a alors tendance à remplir plus rapidement les zones épaisses en faisant le tour de la zone fine, puis à remplir en dernier la zone fine. Cela crée ainsi un recollement entre deux fronts de pâte dans la zone fine. Ce recollement favorise l'apparition de crique après la cuisson. Dans un deuxième temps, des fissures peuvent se créer lors de la manipulation des noyaux entre la sortie du moule et la cuisson, car les noyaux sont alors dans un état transitoire entre un état visqueux requis pour l'injection et un état solide suite à la cuisson les rendant particulièrement fragiles, particulièrement au niveau de la zone fine.

Afin de résoudre ces problèmes, on connaît du document FR2785836 un procédé de fabrication d'un noyau de céramique pour le moulage d'une aube d'une turbomachine à partir d'une feuille de céramique fine et souple. Dans ce document, il est décrit un procédé comportant les étapes suivantes :

- préparer une solution de pâte de céramique ;
- couler en forme de bande la pâte de céramique préparée dans l'étape précédente afin d'obtenir une feuille de céramique souple ;
- sécher la feuille obtenue dans l'étape précédente ;
- mettre en forme la feuille dans un moule ;
- préchauffer la feuille dans le moule ;
- presser la feuille dans le moule ;
- cuire la feuille obtenue dans l'étape précédente ;

- imprégner la feuille obtenue dans l'étape précédente avec une résine ;
- assembler, si nécessaire, plusieurs feuilles obtenues selon le procédé décris précédemment, ou une feuille obtenue précédemment avec un noyau épais obtenu selon un procédé de moulage par injection standard ;
- utiliser le noyau obtenu dans l'étape précédente pour mouler une aube.

Le procédé décrit dans ce document est coûteux à réaliser car il comprend des étapes supplémentaires par rapport à la fabrication traditionnelle d'un noyau épais, notamment afin de maintenir en forme la feuille de céramique pour la cuisson. En effet, la souplesse de la feuille de céramique étant telle qu'un simple passage dans un moule ne suffit pas pour mettre en forme la feuille de céramique, la feuille de céramique reprenant sa forme initiale lors de sa sortie du moule.

RESUME DE L'INVENTION

Un but de la présente invention est de proposer un procédé plus simple de fabrication d'un noyau d'épaisseur faible permettant de produire des aubes présentant une fente de bord de fuite de faible épaisseur, tout en limitant les problèmes de fissuration lors de la fabrication des noyaux.

Ce but est atteint selon un premier aspect de l'invention grâce à un procédé de fabrication d'un noyau pour le moulage d'une aube d'une turbomachine, comprenant des étapes consistant à :

- placer une feuille de céramique souple dans une cavité d'un moule de manière à mettre en forme la feuille de céramique,
- introduire une pâte de céramique dans la cavité du moule, la pâte de céramique formant au moins un cadre en contact avec la feuille de céramique, et
- cofritter la feuille de céramique et le cadre de manière à solidariser la feuille de céramique et le cadre entre eux, le cadre maintenant la forme

de la feuille de céramique donnée par le moule durant les étapes précédant le cofrittage.

Par « cofritter », on désigne l'étape consistant à cuire ensemble la feuille de céramique et la pâte de céramique formant le cadre à une température telle que le liant compris dans la feuille et la pâte s'évapore, ce qui a pour effet de les souder ensemble.

Le procédé proposé permet de diminuer l'épaisseur du noyau sans augmenter le risque de fissuration en apportant une souplesse suffisante au noyau pour résoudre les problèmes de fissuration dus à leur manipulation, et ce, sans augmentation du nombre d'étapes dans le procédé.

Selon une autre caractéristique, le procédé comprend une étape préalable consistant à découper des motifs d'évidements dans la feuille de céramique.

Selon une caractéristique additionnelle, les motifs d'évidements sont de forme rectangulaire, triangulaire et/ou sinusoïdale.

Selon une caractéristique supplémentaire, l'espace entre les motifs d'évidements est inférieur à 5 millimètres.

Selon une autre caractéristique, la feuille de céramique comprend de la silice et de l'alumine.

Selon une caractéristique additionnelle, la pâte de céramique dans laquelle est formé le cadre comprend de la silice et du zircon.

Selon une caractéristique supplémentaire, la feuille de céramique présente un module d'Young inférieur à 5 GigaPascals.

Selon une autre caractéristique, la feuille de céramique a une épaisseur comprise entre 0,04 millimètres et 0,5 millimètres.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de fabrication d'un noyau pour le moulage d'une aube d'une turbomachine, comprenant des étapes consistant à :

- découper au moins un motif d'évidement dans une feuille de céramique souple ;
- disposer la feuille de céramique découpée dans un moule ;
- chauffer le moule ;
- compresser la feuille de céramique à l'intérieur du moule de manière à mettre en forme la feuille de céramique;
- fritter la feuille de céramique de manière à rigidifier la feuille de céramique mise en forme.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de fabrication d'une aube de turbomachine comprenant au moins une étape consistant à :

- mouler l'aube dans un moule contenant un noyau obtenu par un procédé tel que défini précédemment.

Selon un autre aspect, l'invention concerne une turbomachine comprenant une aube fabriquée selon un procédé de fabrication tel que défini précédemment.

PRESENTATION DES DESSINS

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaitront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, et en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 est un logigramme illustrant des étapes d'un procédé de fabrication d'un noyau selon un premier mode de mise en œuvre de l'invention ;
- les figures 2a et 2b représentent chacune un schéma de moulage de pâte de céramique autour d'une feuille de céramique ;

- les figures 3a et 3b représentent chacune un schéma de moulage de pâte de céramique autour d'une feuille de céramique dans lequel la déformation de la feuille de céramique est schématisée ;
- les figures 4a, 4b et 4c représentent chacune une feuille de céramique dans lesquelles des motifs ont été découpés conformément à un deuxième mode de mise en œuvre de l'invention ;
- la figure 5 est un logigramme illustrant des étapes d'un procédé de fabrication d'un noyau selon un autre aspect de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE MISE EN OEUVRE

Comme représenté par les figures 1, 2a, 2b, 3a et 3b, le procédé de fabrication d'un noyau pour la fabrication d'une aube d'une turbomachine selon le premier mode de mise en œuvre de l'invention, comprend des étapes de :

- (a) fabriquer une feuille de céramique 1 fine et souple par coulage en bande fine sur un support d'une bande fine de pâte de céramique, et séchage de la feuille de céramique 1 ainsi obtenue ;
- (b) disposer la feuille de céramique 1 souple dans un moule 2 d'injection de pâte de céramique ;
- (c) injecter de la pâte de céramique aux endroits désirés dans le moule 2 de manière à entourer localement la feuille de céramique 1 en formant des cadres 3 de pâte de céramique en contact avec ladite feuille de céramique 1 de manière à enrober des portions de ladite feuille de céramique 1. L'injection de pâte de céramique est réalisée de telle sorte que la feuille de céramique 1 et les cadres 3 en pâte de céramique constituent un noyau dont la forme est la forme finale désirée pour la fabrication de l'aube ;
- (d) cuire le noyau ainsi obtenu selon un procédé de frittage de céramique standard en coffritant la feuille de céramique 1 avec les cadres 3 de pâte de céramique, de sorte que la feuille de céramique 1 et les cadres 3 deviennent solidaires les uns des autres et forment

un noyau rigide (le module de Young étant alors de l'ordre de 400 GPa) ;

- (e) imprégner le noyau obtenu avec une résine ou un polymère organique.

Le procédé selon le premier mode de mise en œuvre permet de réduire l'épaisseur minimum du noyau à l'épaisseur de la feuille de céramique 1 utilisée, et d'augmenter localement l'épaisseur du noyau par les injections de cadres 3 en pâte de céramique. De cette façon, il est possible de réduire l'épaisseur minimum du noyau à une épaisseur de l'ordre de 0,04 mm, une épaisseur aujourd'hui réalisable avec des feuilles en céramique. De préférence, l'épaisseur de la feuille de céramique est comprise entre 0,04 mm et 0,5 mm.

Le procédé selon le premier mode de mise en œuvre permet également, grâce à l'injection de cadres 3 en pâte de céramique autour de la feuille de céramique 1, de résoudre les problèmes de fissuration dus à la manipulation avant la cuisson. En effet, la feuille de céramique 1 est suffisamment souple pour résister à cette manipulation, contrairement à une zone fine faite selon un procédé d'injection standard. Avantageusement, la feuille de céramique 1 a un module d'Young inférieur à 5 GPa, afin d'avoir une souplesse lui permettant de résister aux contraintes rencontrées durant la manipulation avant cuisson.

Le procédé selon le premier mode de mise en œuvre permet également de résoudre les problèmes de criques apparaissant à la cuisson suite à des problèmes survenant lors de l'étape d'injection, en substituant l'injection de pâte de céramique dans une zone fine par une la mise en forme de la feuille de céramique 1 dans le moule 2. La feuille de céramique 1, grâce à sa souplesse, s'adapte à la forme du moule 2. Avantageusement, la feuille de céramique à un module d'Young inférieur à 5 GPa, permettant ainsi à la feuille de céramique 1 d'avoir une souplesse suffisante pour s'adapter à des formes complexes afin de

pouvoir réaliser une structure de cavités complexe à l'intérieure de l'aube.

Le procédé selon le premier mode de mise en œuvre permet également de limiter le nombre d'étapes de fabrication, et ainsi de limiter le coût de fabrication. En effet, en injectant des cadres 3 de pâte de céramique autour de la feuille de céramique 1 tandis que la feuille de céramique 1 est mise en forme dans le moule 2, la feuille de céramique 1 ne reprend pas sa forme initiale et garde la forme imposée par le moule 2. De plus, un tel procédé permet également de supprimer l'étape d'assemblage après cuisson de plusieurs noyaux, en formant dès la sortie du moule 2 un noyau dont la forme correspond à la forme finale désirée, et en cuisant le noyau ainsi obtenu par cofrittage de la feuille de céramique 1 et des cadres 3 en céramique.

Selon un deuxième mode de mise en œuvre de l'invention représenté sur les figures 4a, 4b et 4c, le procédé de fabrication comprend une étape (b') de découpe de motifs d'évidements 41, 42, 43 dans la feuille de céramique 1, réalisée avant l'étape (b) de mise en forme dans le moule 2. Ces motifs évidements 41, 42, 43 permettent de créer un noyau avec un réseau d'évidements. Après le processus de fonderie, ces évidements correspondent à des zones de métal de l'aube, et le noyau en céramique à des cavités internes de l'aube.

La réalisation des motifs d'évidements 41, 42, 43 permet de créer un circuit de cavités dans l'aube, le noyau en céramique étant le parfait négatif de ce circuit de cavités.

Les techniques actuelles de découpe permettent de réaliser des motifs d'évidements 41, 42, 43 dont la taille peut être inférieure à 5 mm, et dont l'espacement entre chaque motif d'évidemment 41, 42, 43 peut être inférieur à 5 mm. Il est alors possible de réaliser des couches de métal (correspondant aux motifs d'évidements 41, 42, 43) d'une taille inférieure à 5 mm disposées de part et d'autre de fentes de bord de fuite dont la

largeur est inférieure à 5 mm (correspondant aux espaces entre les motifs d'évidements 41, 42, 43).

La forme des motifs d'évidements 41, 42, 43 peut varier. Un premier motif d'évidement 41, comme représenté sur les figures 4a, 4b, 4c peut être de forme rectangulaire. Un second motif d'évidemment 42, comme représenté sur la figure 4b, peut être de forme triangulaire. Un troisième motif d'évidemment 43, comme représenté sur la figure 4c, peut être de forme sinusoïdale.

Selon un troisième mode de mise en œuvre, le procédé de fabrication est réalisé conformément au premier ou au second mode de mise en œuvre en utilisant une feuille de céramique 1 comprend un mélange de silice et d'alumine, et des cadres 3 en une pâte de céramique comprenant un mélange de silice et de zircon. En effet, ce mode de mise en œuvre permet d'obtenir un compromis entre rigidité et facilité de désintégration. En effet, la céramique à base d'alumine est particulièrement rigide, mais est difficilement attaquable chimiquement. Cela a pour conséquence que cette nuance de céramique est difficilement utilisable pour la fabrication de noyaux servant à fabriquer des aubes. La céramique à base de zircon est moins rigide, mais est plus facile à dissoudre chimiquement que la céramique à base d'alumine. Ainsi, cette nuance de céramique est couramment utilisée pour la fabrication de noyaux servant à fabriquer des aubes. Un noyau fabriqué selon la troisième mise en œuvre comporte donc une bonne rigidité grâce à la feuille en céramique à base d'alumine qui, une fois cuite, forme une âme rigide, et est à la fois facile à éliminer chimiquement car en dissolvant la céramique à base de zircon, la feuille en céramique à base d'alumine n'est plus soutenue et est plus facilement éliminable de l'intérieure de l'aube.

Selon un autre aspect représenté sur la figure 5, le procédé de fabrication d'un noyau en céramique pour une aube d'une turbomachine comporte les étapes suivantes :

- (a) fabriquer une feuille de céramique 1 fine et souple par coulage en bande fine sur un support d'une bande fine de pâte de céramique (entre 0,04 mm et 0,5 mm d'épaisseur), et sécher de la feuille de céramique 1 ainsi obtenue ;
- (b') découper au moins un motif d'évidement 41, 42, 43 dans la feuille de céramique 1 ;
- (b) disposer la feuille de céramique 1 obtenue dans l'étape précédente dans un moule 2 ;
- (α) chauffer le moule 2 à 100°C pendant 30 minutes ;
- (β) presser l'intérieur du moule sous une pression de 40MPa pendant 3 minutes de sorte que la feuille de céramique 1 garde la forme imposée par le moule 2 ;
- (d) cuire par un procédé de frittage standard la feuille de céramique 1 mise en forme dans l'étape précédente, de sorte que la feuille de céramique 1 deviennent rigide ;
- (e) imprégner la feuille de céramique 1 cuite avec une résine ou un polymère organique ;
- (f) assembler la feuille de céramique imprégnée avec une ou plusieurs autres feuilles de céramique imprégnées, et/ou avec un ou plusieurs noyaux massifs obtenus par un procédé d'injection de pâte de céramique standard.

Ce procédé permet d'obtenir un noyau dont l'épaisseur minimum (par exemple l'épaisseur de bord de fuite) est particulièrement fine (de 0,04 mm à 0,5 mm), et dont les motifs d'évidements 41, 42, 43 permettent, à terme, de créer un circuit complexe de cavités à l'intérieur de l'aube qui sera moulée à partir de ce noyau. Le circuit complexe de cavités à l'intérieur de l'aube servant, une fois l'aube moulée et en fonctionnement, à faire circuler de l'air permettant de refroidir l'aube et

éviter sa fusion. D'autres modes de réalisation sont possibles, comme par exemple l'utilisation de plusieurs feuilles de céramique 1 pour réaliser un même noyau, l'utilisation d'autres compositions de céramiques, ou bien la découpe de motifs d'évidements de formes différentes.

5

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un noyau pour le moulage d'une aube d'une turbomachine, comprenant des étapes consistant à :

- placer une feuille de céramique (1) souple dans une cavité d'un moule (2) de manière à mettre en forme la feuille de céramique (1),
- introduire une pâte de céramique dans la cavité du moule (2), la pâte de céramique formant au moins un cadre (3) en contact avec la feuille de céramique (1), et
- cofritter la feuille de céramique (1) et le cadre (3) de manière à solidariser la feuille de céramique (1) et le cadre (3) entre eux, le cadre (3) maintenant la forme de la feuille de céramique (1) donnée par le moule (2) durant les étapes précédant le cofrittage.

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant une étape préalable consistant à :

- découper des motifs d'évidements (41, 42, 43) dans la feuille de céramique (1).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les motifs d'évidements (41, 42, 43) sont de forme rectangulaire, triangulaire et/ou sinusoïdale.

4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel l'espace entre deux motifs d'évidements successifs (41, 42, 43) est inférieur à 5 millimètres.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la feuille de céramique (1) comprend de la silice et de l'alumine.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la pâte de céramique formant le cadre (3) comprend de la silice et du zircon.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la feuille de céramique (1) présente un module d'Young inférieur à 5 GigaPascals.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la feuille de céramique (1) a une épaisseur comprise entre 0,04 millimètres et 0,5 millimètres.

9. Procédé de fabrication d'une aube de turbomachine comprenant au moins une étape consistant à :

- mouler l'aube dans un moule contenant un noyau obtenu par un procédé conforme à l'une des revendications 1 à 8.

10. Turbomachine comprenant une aube fabriquée selon un procédé de fabrication conforme à la revendication 9.

FIG. 1

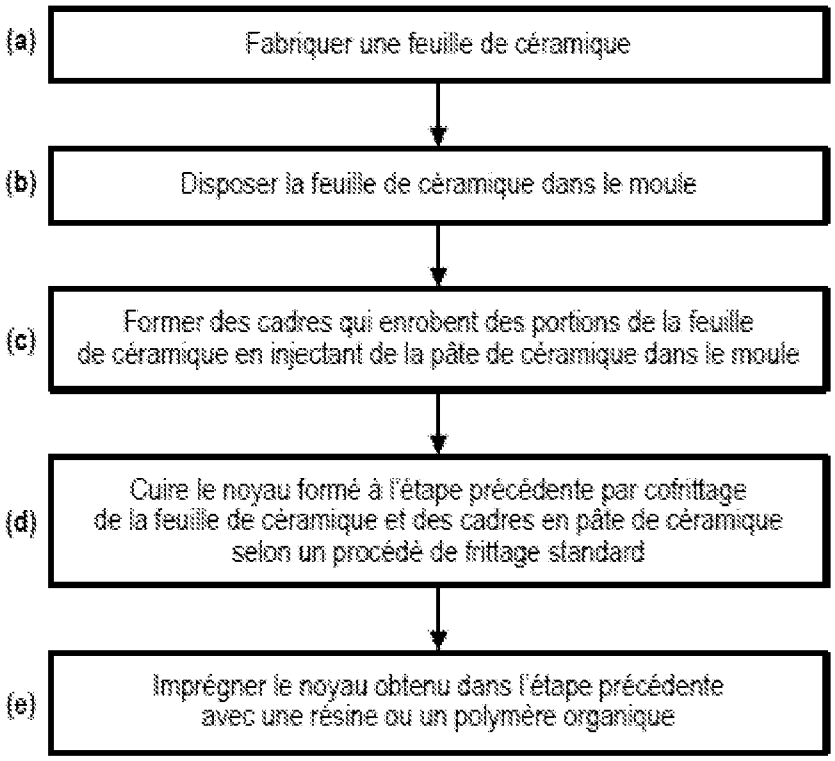

(a)
Fabriquer une feuille de céramique
(b)
Disposer la feuille de céramique dans le moule
(c)
Former des cadres qui enrobent des portions de la feuille de céramique en injectant de la pâte de céramique dans le moule
(d)
Cuire le noyau formé à l'étape précédente par cofrittage de la feuille de céramique et des cadres en pâte de céramique selon un procédé de frittage standard
(e)
Imprégner le noyau obtenu dans l'étape précédente avec une résine ou un polymère organique

FIG. 2a

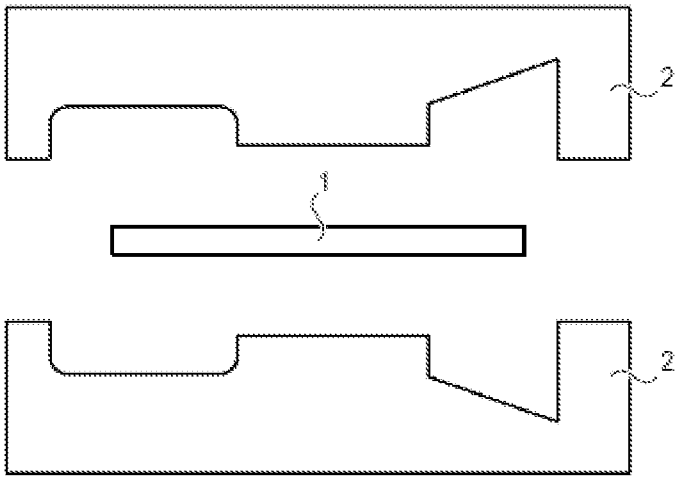


FIG. 2b

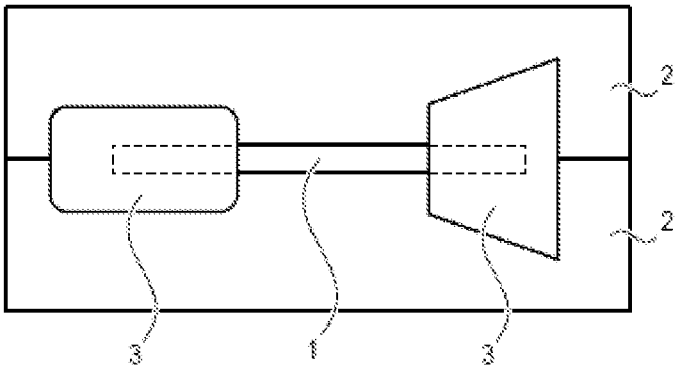


FIG. 3a

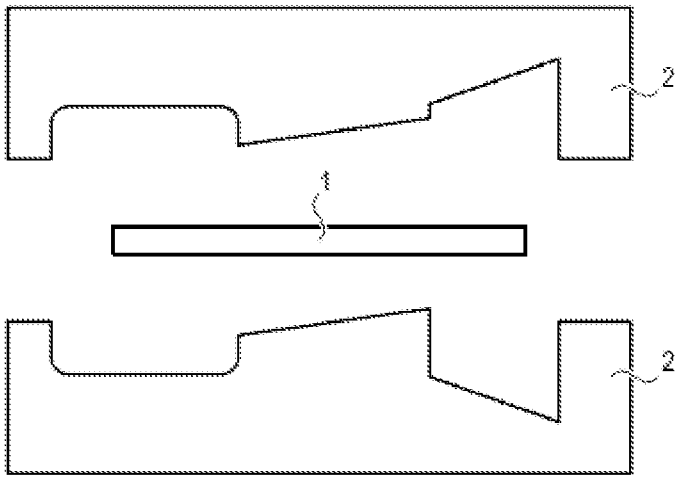


FIG. 3b

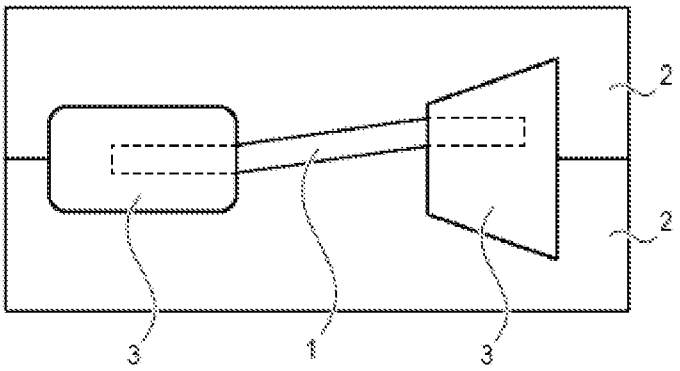


FIG. 4a

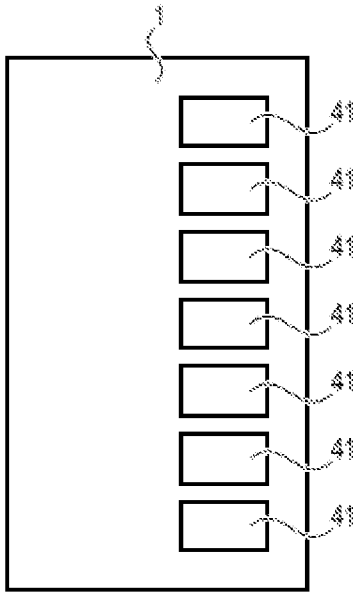


FIG. 4b

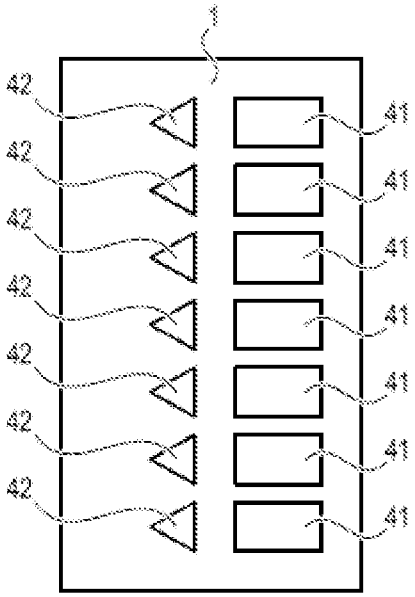


FIG. 4c

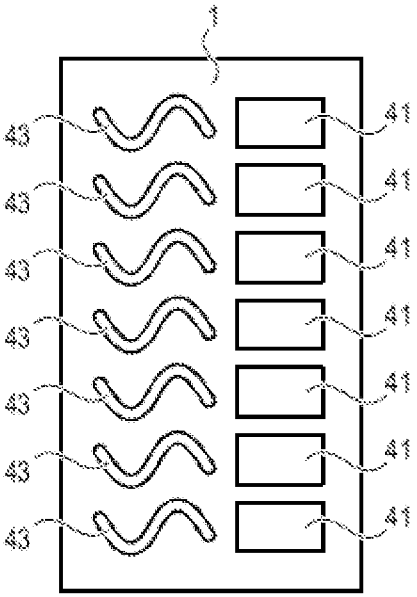
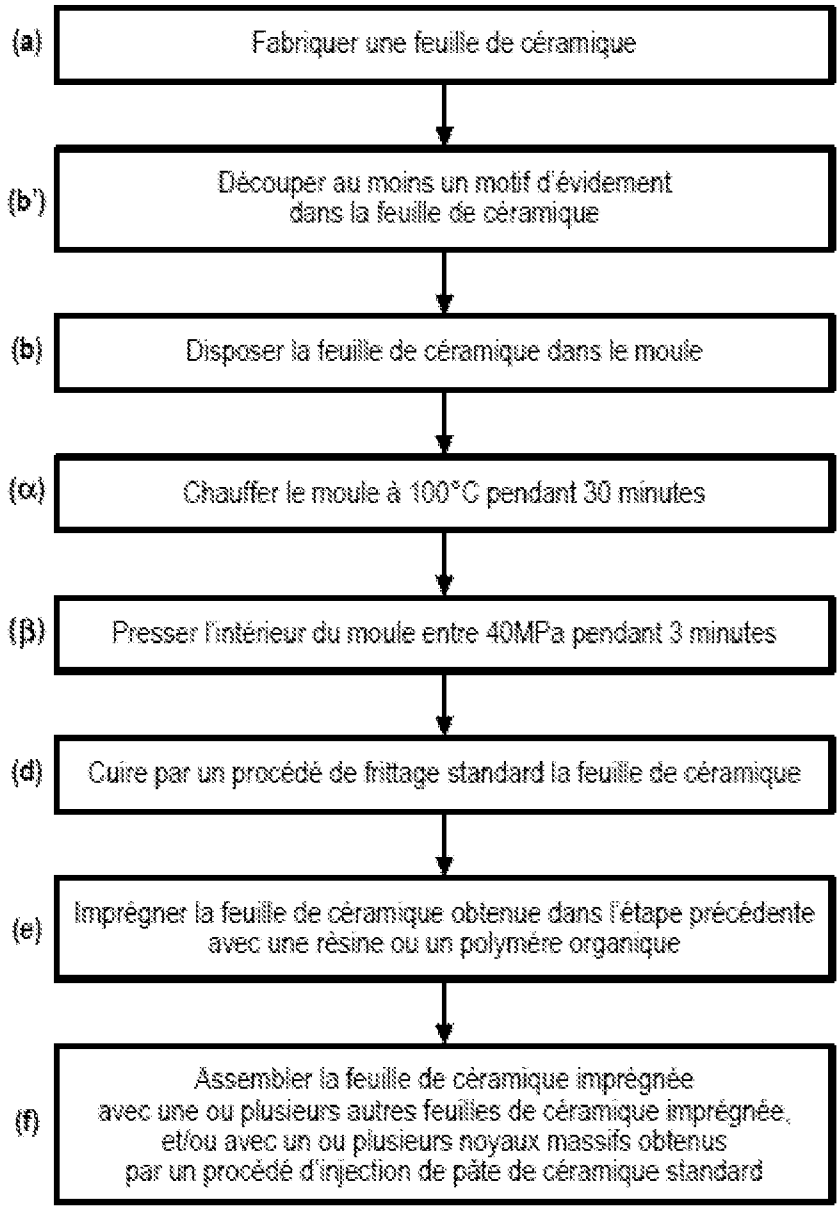


FIG. 5


(a)
Fabriquer une feuille de céramique
(b')
Découper au moins un motif d'évidement dans la feuille de céramique
(b)
Disposer la feuille de céramique dans le moule
(α)
Chauffer le moule à 100°C pendant 30 minutes
(β)
Presser l'intérieur du moule entre 40MPa pendant 3 minutes
(d)
Cuire par un procédé de frittage standard la feuille de céramique
(e)
Imprégner la feuille de céramique obtenue dans l'étape précédente avec une résine ou un polymère organique
(f)
Assembler la feuille de céramique imprégnée avec une ou plusieurs autres feuilles de céramique imprégnée, et/ou avec un ou plusieurs noyaux massifs obtenus par un procédé d'injection de pâte de céramique standard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/051775

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B22C9/10
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)
B22C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 785 836 A1 (SNECMA [FR]) 19 May 2000 (2000-05-19) cited in the application	10
A	page 3, line 5 - page 7, line 16	1-9

X	EP 1 652 603 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3 May 2006 (2006-05-03) figures 1-8 paragraph [0010] - paragraph [0026]	10

X	EP 2 468 433 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 27 June 2012 (2012-06-27) figures 1-7 paragraph [0006] - paragraph [0026]	10

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
9 October 2015	20/10/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Zimmermann, Frank

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/051775

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 335 845 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 22 June 2011 (2011-06-22) figures 1-15 paragraph [0018] - paragraph [0048] -----	10
X	EP 1 854 569 A1 (SNECMA [FR]) 14 November 2007 (2007-11-14) figures 1-6 paragraph [0010] - paragraph [0044] -----	10
A	EP 1 671 720 A1 (HOWMET CORP [US]) 21 June 2006 (2006-06-21) the whole document -----	1-10
A	WO 2013/167847 A2 (SNECMA [FR]) 14 November 2013 (2013-11-14) the whole document -----	1-10

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2015/051775

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2785836 A1	19-05-2000	DE 69914299 D1	26-02-2004
		DE 69914299 T2	25-11-2004
		EP 1013360 A1	28-06-2000
		FR 2785836 A1	19-05-2000
		US 6286582 B1	11-09-2001
EP 1652603 A2	03-05-2006	CN 1765543 A	03-05-2006
		EP 1652603 A2	03-05-2006
		JP 2006123008 A	18-05-2006
		MX PA05011652 A	04-05-2006
		US 2006090871 A1	04-05-2006
		US 2007114001 A1	24-05-2007
		US 2008169412 A1	17-07-2008
EP 2468433 A2	27-06-2012	EP 2468433 A2	27-06-2012
		US 2012163992 A1	28-06-2012
EP 2335845 A1	22-06-2011	EP 2335845 A1	22-06-2011
		US 2011135446 A1	09-06-2011
EP 1854569 A1	14-11-2007	CA 2587100 A1	10-11-2007
		EP 1854569 A1	14-11-2007
		FR 2900850 A1	16-11-2007
		JP 5398964 B2	29-01-2014
		JP 2007313562 A	06-12-2007
		US 2007261811 A1	15-11-2007
EP 1671720 A1	21-06-2006	EP 1671720 A1	21-06-2006
		JP 4516012 B2	04-08-2010
		JP 2006175516 A	06-07-2006
		US 2006130994 A1	22-06-2006
		US 2006201651 A1	14-09-2006
		US 2007163745 A1	19-07-2007
WO 2013167847 A2	14-11-2013	CA 2872066 A1	14-11-2013
		CN 104271286 A	07-01-2015
		EP 2846948 A2	18-03-2015
		FR 2990367 A1	15-11-2013
		FR 2990368 A1	15-11-2013
		JP 2015520677 A	23-07-2015
		US 2015122445 A1	07-05-2015
		WO 2013167847 A2	14-11-2013

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2015/051775

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B22C9/10
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)
B22C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 785 836 A1 (SNECMA [FR]) 19 mai 2000 (2000-05-19) cité dans la demande	10
A	page 3, ligne 5 - page 7, ligne 16	1-9

X	EP 1 652 603 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3 mai 2006 (2006-05-03) figures 1-8 alinéa [0010] - alinéa [0026]	10

X	EP 2 468 433 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 27 juin 2012 (2012-06-27) figures 1-7 alinéa [0006] - alinéa [0026]	10

	-/--	

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
9 octobre 2015	20/10/2015

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Zimmermann, Frank

1

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	EP 2 335 845 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 22 juin 2011 (2011-06-22) figures 1-15 alinéa [0018] - alinéa [0048] -----	10
X	EP 1 854 569 A1 (SNECMA [FR]) 14 novembre 2007 (2007-11-14) figures 1-6 alinéa [0010] - alinéa [0044] -----	10
A	EP 1 671 720 A1 (HOWMET CORP [US]) 21 juin 2006 (2006-06-21) le document en entier -----	1-10
A	WO 2013/167847 A2 (SNECMA [FR]) 14 novembre 2013 (2013-11-14) le document en entier -----	1-10

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2015/051775

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2785836 A1	19-05-2000	DE 69914299 D1	26-02-2004
		DE 69914299 T2	25-11-2004
		EP 1013360 A1	28-06-2000
		FR 2785836 A1	19-05-2000
		US 6286582 B1	11-09-2001
EP 1652603 A2	03-05-2006	CN 1765543 A	03-05-2006
		EP 1652603 A2	03-05-2006
		JP 2006123008 A	18-05-2006
		MX PA05011652 A	04-05-2006
		US 2006090871 A1	04-05-2006
		US 2007114001 A1	24-05-2007
		US 2008169412 A1	17-07-2008
EP 2468433 A2	27-06-2012	EP 2468433 A2	27-06-2012
		US 2012163992 A1	28-06-2012
EP 2335845 A1	22-06-2011	EP 2335845 A1	22-06-2011
		US 2011135446 A1	09-06-2011
EP 1854569 A1	14-11-2007	CA 2587100 A1	10-11-2007
		EP 1854569 A1	14-11-2007
		FR 2900850 A1	16-11-2007
		JP 5398964 B2	29-01-2014
		JP 2007313562 A	06-12-2007
		US 2007261811 A1	15-11-2007
EP 1671720 A1	21-06-2006	EP 1671720 A1	21-06-2006
		JP 4516012 B2	04-08-2010
		JP 2006175516 A	06-07-2006
		US 2006130994 A1	22-06-2006
		US 2006201651 A1	14-09-2006
		US 2007163745 A1	19-07-2007
WO 2013167847 A2	14-11-2013	CA 2872066 A1	14-11-2013
		CN 104271286 A	07-01-2015
		EP 2846948 A2	18-03-2015
		FR 2990367 A1	15-11-2013
		FR 2990368 A1	15-11-2013
		JP 2015520677 A	23-07-2015
		US 2015122445 A1	07-05-2015
		WO 2013167847 A2	14-11-2013