(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 013 360 A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
28.06.2000 Bulletin 2000/26

(51) Int. Cl.[7]: **B22C 9/10**

(21) Numéro de dépôt: **99402794.4**

(22) Date de dépôt: **10.11.1999**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **12.11.1998 FR 9814168**

(71) Demandeur:
SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION - Snecma
F-75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **Chartier, Thierry Jean Emile**
  87220 Feytiat (FR)
- **David, Vincent Louis Christian**
  18000 Bourges (FR)
- **Derrien, Mischael Francois Louis**
  77480 Mouy sur Seine (FR)
- **Eberschveiller, Eric Jean**
  95290 L'Isle Adam (FR)
- **Truelle, Franck Edmond Maurice**
  95100 Argenteuil (FR)
- **Valente, Isabelle Marie Monique**
  92150 Suresnes (FR)

(54) Procédé de fabrication de noyaux céramiques minces pour fonderie

(57) Un procédé de fabrication de noyau céramique mince consiste à couler sur un support une bande d'épaisseur constante à partir d'une solution d'un matériau céramique à base de silice et de zircon et d'un liant puis, après séchage à la mettre en forme dans un moule et à effectuer un préchauffage, un pressage et enfin à cuire la pièce obtenue dans une préforme en céramique puis à effectuer une imprégnation. Le noyau mince obtenu peut être assemblé avec un autre noyau mince et/ou sur un noyau central épais classique. Application en fonderie de précision et pour la réalisation d'aubes de turbine.

EP 1 013 360 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication de noyaux céramiques minces pour fonderie de précision et son application à la réalisation d'aubes de turbine.

[0002] L'utilisation de noyaux de fonderie d'un type dits "céramiques" est notamment connue dans certaines applications qui imposent l'obtention d'un ensemble de caractéristiques et de critères sévères de qualité comme la tenue aux hautes températures, l'absence de réactivité, la stabilité dimensionnelle et de bonnes caractéristiques mécaniques. Parmi ces applications présentant de telles exigences, on citera notamment les applications aéronautiques et par exemple, l'obtention en fonderie d'aubes de turbine pour turboréacteurs. Le perfectionnement des procédés de fonderie, évoluant de la fonderie équiaxe à la fonderie par solidification dirigée ou monocristalline, a encore accru ces exigences concernant les noyaux dont l'utilisation et la complexité sont imposées par la recherche des hautes performances pour les pièces à obtenir, comme c'est le cas par exemple pour les aubes creuses à refroidissement interne. Ces domaines d'application se rattachent aux procédés de fonderie de précision, notamment au procédé connu sous la désignation de fonderie à la cire perdue. Dans tous les cas l'utilisation du noyau intervient pour la fabrication de pièces creuses.

[0003] Dans la méthode de fonderie dite à la cire perdue, on utilise un noyau en matériau céramique qui est tenu dans le moule lors de la coulée de métal, la surface extérieure du noyau formant la surface intérieure d'une cavité interne du produit fini obtenu de cette façon. La précision et la stabilité dimensionnelle du noyau sont donc essentielles pour satisfaire aux épaisseurs visées sur pièces métalliques coulées.

[0004] Des exemples de composition connues destinées à la préparation de tels noyaux sont donnés par FR-A 2.371.257 et comportent essentiellement de la silice fondue, de la farine de zircon et de la cristobalite qui est une forme de silice cristallisée, une résine de silicone étant utilisée comme liant et des éléments additionnels en faibles quantités tels que lubrifiant et catalyseur étant ajoutés. Le procédé de préparation est également décrit.

[0005] De manière générale, les noyaux utilisés pour couler les pièces et aubes sont composés de céramique à structure généralement poreuse : ces noyaux sont réalisés à partir d'un mélange constitué d'une fraction réfractaire (sous forme de particules) et d'une fraction organique plus ou moins complexe. Un autre exemple est décrit par EP-A 0 328 452.

De manière connue en soi, la mise en forme des noyaux de fonderie, notamment à partir de pâtes thermoplastiques, peut se faire par moulage en utilisant par exemple une injection à la presse. Cette mise en forme est suivie d'une opération de déliantage au cours de laquelle la fraction organique du noyau est éliminée par divers moyens connus tels que sublimation ou dégradation thermique, suivant les matériaux utilisés. Une structure poreuse en résulte. Un traitement thermique de cuisson du noyau permettant de consolider la structure poreuse est alors appliqué à la fraction réfractaire. Ce traitement introduit une modification dimensionnelle, sous forme d'un retrait qui est souvent non isotrope dans le volume du noyau, par rapport à la forme initiale.

A ce stade, il peut être nécessaire de renforcer le noyau afin qu'il ne soit pas endommagé dans le cycle suivant d'utilisation. Il est connu dans ce cas notamment d'effectuer une imprégnation au moyen d'une résine organique.

[0006] Les perfectionnements apportés aux circuits de refroidissement d'aubes de turbine ont toutefois fait apparaitre des besoins nouveaux entraînant de nouvelles exigences pour les noyaux utilisés dans la fabrication de ces aubes en fonderie. Notamment les procédés classiques de fabrication des noyaux céramiques par injection à la presse permettent difficilement d'obtenir des noyaux d'épaisseur inférieure à 0,5 mm sur une large section.

[0007] Le procédé de fabrication de noyaux céramiques minces pour fonderie répondant à ces besoins sans encourir les inconvénients des procédés connus antérieurs conformément à l'invention est caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

(a) préparation d'une solution comprenant en proportions massiques 30% d'un matériau céramique composé en proportions massiques de 70% de silice et 30% de zircon et 70% d'un matériau liant composé de 50% à 70% de produit solvant, de 15% à 20% d'un produit liant, d'un plastifiant ayant 5% à 10% d'un premier produit et 10% à 15% d'un second produit et de 1% d'un produit dispersant ;

(b) coulage en bande sur un support d'une bande d'épaisseur constante à partir de la solution obtenue à l'étape (a) ;

(c) séchage de la bande obtenue à l'étape (b) ;

(d) mise en forme dans un moule ;

(e) préchauffage de la bande dans le moule à 100°C pendant 30 minutes ;

(f) pressage de la bande dans le moule sous une pression de 40MPa pendant 3 minutes ;

(g) cuisson de la pièce obtenue à l'étape (f) dans une préforme en céramique dans les conditions de température et durée déterminées pour le matériau céramique ;

(h) imprégnation du noyau obtenu à l'étape (g) par une résine ou un polymère organique.

[0008] De manière avantageuse, un ou plusieurs noyaux minces ainsi obtenus sont assemblés soit entre eux, soit sur un noyau central épais.

[0009] L'ensemble-noyau obtenu peut alors être utilisé en fonderie à la cire perdue suivantles opérations courantes connues en soi d'injection de cire, de mise en grappe, de trempé et de coulée des pièces métalliques à obtenir telles que des aubes de turbine.

[0010] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention, on référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 montre un schéma de réalisation d'une opération de coulage on bande ;

- la figure 2 montre un exemple d'application d'un noyau mince conforme à l'invention pour une aube de turbine.

[0011] A la première étape (a) du procédé de fabrication de noyaux céramiques minces pour fonderie de précision conforme à l'invention, une solution est préparée en mélangeant on proportions massiques :

- d'une part, 30% d'un matériau céramique composé en proportions massiques de 70% de silice et de 30% de zircon,

- d'autre part, 70% d'un matériau liant composé on proportions massiques de 50% à 70% de produit solvant qui, dans un exemple de réalisation, peut être constitué d'un mélange azéotropique de méthyléthylcétone et d'éthanol, de 15% à 20% de produit liant qui dans cet exemple est constitué de polyvinylbutyral, d'un plastifiant constitué dans cet exemple de 5% à 10% de dibutylphtalate et de 10% à 15% de polyéthylèneglycol et enfin de 1% de produit dispersant constitué dans cet exemple d'ester phosphorique.

[0012] De manière optionnelle mais afin d'obtenir une désaération satisfaisante, la préparation est mise en rotation à faible vitesse, de l'ordre de 1 à 2 tours par minute pendant au moins 48 heures.

[0013] A l'étape suivante (b) du procédé et comme schématiquement représenté sur la figure 1, la solution obtenue est étalée sur un support 1 formant le banc de coulage. Un sabot 2 muni d'un conteau 3 permet d'obtenir une bande 4 d'épaisseur constante.

[0014] Après un séchage, à l'étape suivante (c), assurant une évaporation du solvant, on obtient une bande céramique souple dont la plasticité permet de la placer dans un moule à l'étape suivante (d).

[0015] Puis, à l'étape suivante (e), la bande est préchauffée dans le moule à 100°C pendant 30 minutes. Le moule de forme utilisé est de préférence métallique.

[0016] La bande est alors pressée, à l'étape suivante(f). Une pression de 40MPa est appliquée pendant 3 minutes, la bande restant dans le moule. La pièce obtenue peut alors, à l'étape (g) suivante, être placée dans une préforme en céramique et subir un cycle standard de cuisson comportant, dans l'exemple de réalisation dont les compositions ont été indiquées précédemment, un maintien à 1250°C pendant 4 heures.

[0017] A l'étape suivante (h), le noyau mince obtenu est alors imprégné d'une résine ou d'un polymère organique. Le noyau obtenu présente ainsi une résistance mécanique suffisante pour permettre son utilisation dans son application en fonderie où il sera soumis à des efforts de pression notamment lors de l'injection de cire dans le procédé connu en soi de fonderie à la cire perdue. La figure 2 montre ainsi un noyau mince 5 utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine 6.

[0018] Le noyau mince obtenu et afin d'assurer les géométries de pièce de fonderie recherchées peut alors être assemblé avec d'autres noyaux minces ou bien sur un noyau central épais obtenu par exemple suivant un procédé classique de fabrication de noyaux de fonderie. Pour obtenir cet assemblage, diverses techniques peuvent être utilisées. Notamment, le noyau mince peut être assemblé par collage, en utilisant, par exemple, une colle céramique à base de silice colloïdale et d'une charge minérale de type mullite dans des proportions massiques de 30 pour 70 par exemple. Une liaison mécanique par système de tenon-mortaise peut également permettre d'effectuer l'assemblage. Ou encore, la liaison peut être assurée par un tube de quartz traversant les noyaux et le tube est maintenu dans sa cavité par de la colle céramique.

[0019] Le multi- noyau obtenu après assemblage peut alors être utilisé comme un noyau standard de fonderie et subir les opérations du cycle de fonderie : injection de cire, mise en grappe, trempé, coulée de la pièce à obtenir, refroidissement, élimination du noyau.

[0020] Un des avantages de l'utilisation de noyaux minces conformes à l'invention est de faciliter les opérations de mises au point du refroidissement des pièces à cavités obtenues telles que des aubes de turbine. En effet, les modifications sont facilitées car les noyaux obtenus sont usinables.

[0021] En réalisant des épaisseurs aussi faibles que 0,3 mm par exemple, il est possible de concentrer la circulation du fluide de refroidissement au plus près des parois à refroidir.

[0022] L'utilisation de noyaux céramiques minces conformes à l'invention permet également divers avantages d'application et on peut notamment :

- créer des promoteurs de turbulence sous forme de pontets ou nervures après avoir réalisé le noyau,

- développer des ponts thermiques, des cloisons,

- obtenir un refroidissement modulable par zone,

- positionner l'émission d'air froid à un endroit déterminé sur le profil d'une aube par exemple,

- refroidir le sommet d'aube dans le cas d'une aube mobile, l'air venant impacter du pied vers le sommet d'aube directement,

- ménager une sortie directe du noyau mince dans le sommet d'aube ou dans le bord de fuite d'une aube pour évacuer le débit d'air de refroidissement.

[0023] En outre, l'application du procédé conforme à l'invention a donné de bons résultats en production où peu de rebuts sont observés.

Revendications

1. Procédé de fabrication de noyaux céramiques minces pour fonderie de précision caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes successives :

(a) préparation d'une solution comprenant en proportions massiques 30% d'un matériau céramique composé en proportions massiques de 70% de silice et 30% de zircon et 70% d'un matériau liant composé en proportions massiques de 50% à 70% de produit solvant, de 15% à 20% d'un produit liant, d'un plastifiant ayant 5% à 10% d'un premier produit et 10% à 15% d'un second produit et de 1% d'un produit dispersant ;

(b) coulage en bande sur un support d'une bande d'épaisseur constante à partir de la solution obtenue à l'étape (a) ;

(c) séchage de la bande obtenue à l'étape (b) ;

(d) mise en forme dans un moule ;

(e) préchauffage de la bande dans le moule à 100°C pendant 30 minutes ;

(f) pressage de la bande dans le moule sous une pression de 40MPa pendant 3 minutes ;

(g) cuisson de la pièce obtenue à l'étape (f) dans une préforme en céramique dans les conditions de température et durée déterminées pour le matériau céramique ;

(h) imprégnation du noyau obtenu à l'étape (g) par une résine ou un polymère organique.

2. Procédé de fabrication de noyaux céramiques minces selon la revendication 1 dans lequel après préparation de la solution à l'étape (a), une opération complémentaire est effectuée :

(a1) mise en rotation de la solution obtenue à faible vitesse, de 1 à 2 tours par minute pendant au moins 48 heures de manière à obtenir une désaération de la solution.

3. Procédé de fabrication de noyaux céramiques minces selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel à l'étape (g), la cuisson est effectuée à 1250°C pendant 4 heures.

4. Procédé de fabrication de noyaux céramiques caractérisé en ce qu'au moins un noyau céramique mince obtenu par un procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3 est assemblé avec au moins un autre noyau céramique mince et/ou sur un noyau central épais obtenu par un procédé classique de fabrication de noyau.

5. Procédé de fabrication de noyaux céramiques selon la revendication 4 dans lequel ledit assemblage est obtenu par collage.

6. Procédé de fabrication de noyaux céramiques selon la revendication 5 dans lequel ledit collage est effectué au moyen d'une colle céramique à base de silice colloïdale et d'une charge minérale à base de mullite dans des proportions massiques de 30 pour 70.

7. Procédé de fabrication de noyaux céramiques selon la revendication 4 dans lequel ledit assemblage est obtenu par une liaison mécanique du type tenon-mortaise.

8. Procédé de fabrication de noyaux céramiques selon la revendication 4 dans lequel ledit assemblage est obtenu au moyen d'un tube de quartz traversant les noyaux et maintenu par de la colle céramique.

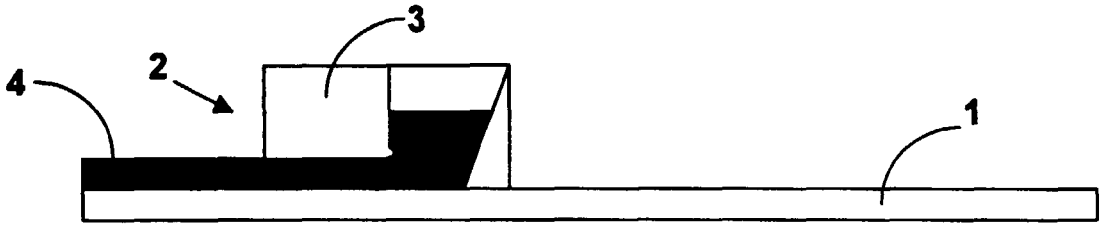


Fig : 1

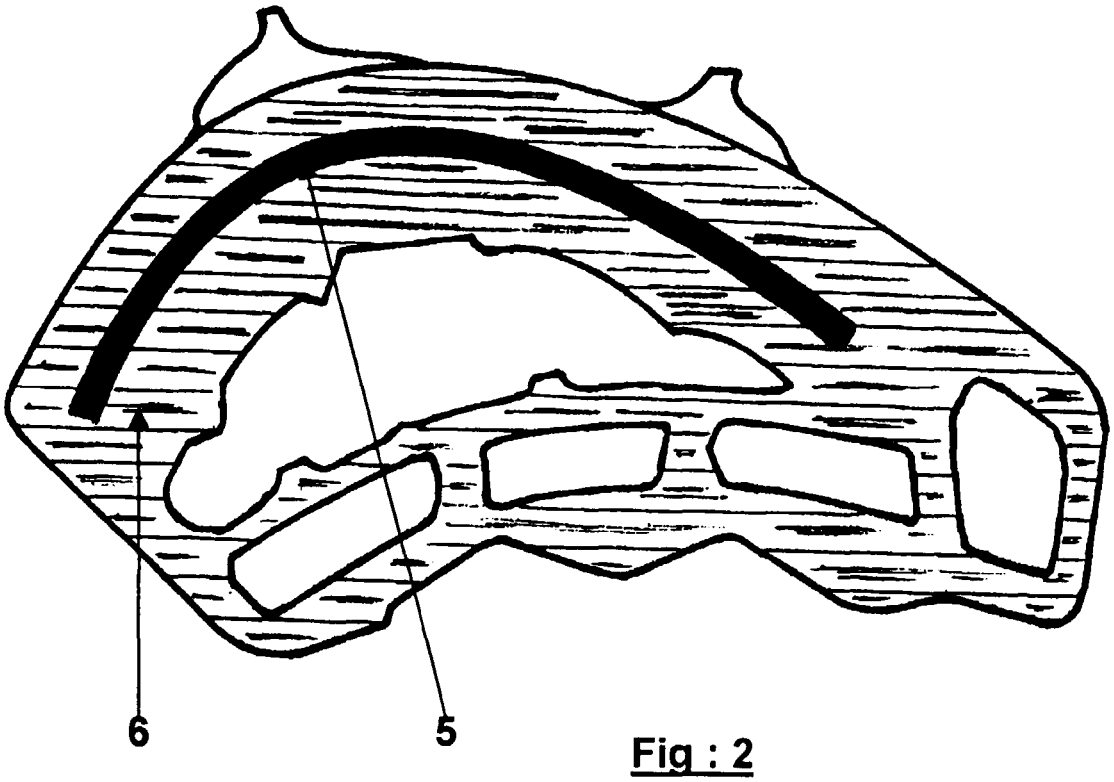


Fig : 2

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 2794

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	GB 2 241 921 A (TOSHIBA CERAMICS CO) 18 septembre 1991 (1991-09-18) * page 3, ligne 1 - ligne 24 * * page 5, ligne 3 - page 7, ligne 1 * * figures *	1	B22C9/10
A	US 5 711 833 A (SOLOMON TRAVIS KYLE ET AL) 27 janvier 1998 (1998-01-27) * figures * * colonne 2, ligne 14 - ligne 26 * * colonne 2, ligne 42 - colonne 3, ligne 11 *	1	
A	EP 0 648 560 A (SNECMA) 19 avril 1995 (1995-04-19) * colonne 1, ligne 1 - colonne 2, ligne 12 * * revendication 1 *	1	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)

B22C
B28B

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	26 avril 2000	Riba Vilanova, M

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 99 40 2794

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

26-04-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2241921 A	18-09-1991	JP 2065709 C	24-06-1996
		JP 3268862 A	29-11-1991
		JP 7090358 B	04-10-1995
		KR 9700377 B	09-01-1997
US 5711833 A	27-01-1998	WO 9704958 A	13-02-1997
EP 0648560 A	19-04-1995	FR 2711082 A	21-04-1995
		DE 69414974 D	14-01-1999
		DE 69414974 T	02-06-1999
		JP 7232236 A	05-09-1995
		US 5697418 A	16-12-1997
		ZA 9407978 A	15-06-1995

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82