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

(11) EP 1 013 360 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
21.01.2004 Bulletin 2004/04

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

(21) Numéro de dépôt: **99402794.4**

(22) Date de dépôt: **10.11.1999**

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

Verfahren zur Herstellung dünner keramischer Kerne für die Giesserei

Method for producing thin ceramic foundry cores

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

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

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

(73) Titulaire: **SNECMA MOTEURS**
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)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 648 560
GB-A- 2 241 921
US-A- 5 711 833

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 013 360 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

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, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 montre un schéma de réalisation d'une opération de coulage en 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 en 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 en 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.

Claims

1. Method for the manufacture of thin ceramic cores for precision casting, **characterized in that** it comprises the following successive steps:

   (a) preparation of a solution comprising, in proportions by mass, 30% of a ceramic material composed, in proportions by mass, of 70% silica and 30% zircon, and 70% of a binding material composed, in proportions by mass, of 50% to 70% of solvent product, of 15% to 20% of a binding product, of a plasticizer having 5% to 10% of a first product and 10% to 15% of a second product, and of 1% of a dispersing product;

(b) casting in a band on a support of a band of constant thickness from the solution obtained in step (a);

(c) drying of the band obtained in step (b);

(d) shaping in a mould;

(e) preheating of the band in the mould to 100°C for 30 minutes;

(f) pressing of the band in the mould under a pressure of 40 MPa for 3 minutes;

(g) baking of the component obtained in step (f) in a ceramic preform under the temperature and duration conditions determined for the ceramic material;

(h) impregnation of the core obtained in step (g) by an organic resin or polymer.

2. Method for the manufacture of thin ceramic cores according to Claim 1, in which, after the preparation of the solution in step (a), an additional operation is carried out: (a1) setting of the solution obtained in rotation at a low speed of 1 to 2 revolutions per minute for at least 48 hours, so as to obtain deaeration of the solution.

3. Method for the manufacture of thin ceramic cores according to either of Claims 1 and 2, in which, in step (g), baking is carried out at 1250°C for 4 hours.

4. Method for the manufacture of ceramic cores, **characterized in that** at least one thin ceramic core obtained by a method according to any one of Claims 1 to 3 is assembled together with at least one other thin ceramic core and/or on a thick central core obtained by a conventional method for the manufacture of a core.

5. Method for the manufacture of ceramic cores according to Claim 4, in which the said assembly is obtained by adhesive bonding.

6. Method for the manufacture of ceramic cores according to Claim 5, in which the said adhesive bonding is carried out by means of a ceramic adhesive based on colloidal silica and on a mineral filler based on mullite, in proportions by mass of 30 to 70.

7. Method for the manufacture of ceramic cores according to Claim 4, in which the said assembly is obtained by means of a mechanical connection of the mortise-and-tenon type.

8. Method for the manufacture of ceramic cores according to Claim 4, in which the said assembly is obtained by means of a quartz tube passing through the cores and retained by means of ceramic adhesive.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von dünnen keramischen Kernen für den Präzisionsguß,
dadurch gekennzeichnet,
daß es die folgenden aufeinanderfolgenden Verfahrensschritte aufweist:

(a) Zubereiten einer Lösung, die in Massenverhältnissen 30% eines in Massenverhältnissen 70% Siliziumoxid und 30% Zirkon enthaltenden keramischen Werkstoffs und 70% eines Bindematerials aufweist, das in Massenverhältnissen aus 50% bis 70% eines Lösungsmittels, 50% bis 70% eines Bindemittels, einem Weichmacher, der 5% bis 10% eines ersten Produkts und 10% bis 15% eines zweiten Produkts aufweist, und 1% eines Dispergierungsmittels besteht;
(b) Bandgießen eines Bandes mit konstanter Dicke auf einem Träger aus der in dem Verfahrensschritt (a) erhaltenen Lösung;
(c) Trocknen des in dem Verfahrensschritt (b) erhaltenen Bandes;
(d) in Form bringen in einer Gießform;
(e) Erwärmen des Bandes in der Gießform bei 100°C während 30 Minuten;
(f) Pressen des Bandes in der Gießform unter einem Druck von 400 MPa während 3 Minuten;
(g) Brennen des in dem Verfahrensschritt (f) erhaltenen Teils in einer Vorform aus Keramik unter den für den keramischen Werkstoff festgelegten Temperatur- und Zeitbedingungen;
(h) imprägnieren des in dem Verfahrensschritt (g) erhaltenen Kerns mit einem Harz oder einem organischen Polymer.

2. Verfahren zur Herstellung von dünnen keramischen Kernen nach Anspruch 1, bei dem nach der Zubereitung der Lösung in dem Verfahrensschritt (a) ein zusätzlicher Arbeitsgang ausgeführt wird:

(a1) Man versetzt die erhaltene Lösung mit einer geringen Geschwindigkeit von 1 bis 2 Umdrehungen pro Minute wenigstens 48 Stunden lang in Rotation, um eine Entlüftung der Lösung zu erreichen.

3. Verfahren zur Herstellung von dünnen keramischen Kernen nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem das Brennen in dem Verfahrensschritt (g) 4 Stunden lang bei 1250°C durchgeführt wird.

4. Verfahren zur Herstellung von keramischen Kernen **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens ein durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 erhaltener dünner keramischer Kern mit wenigstens einem anderen dünnen keramischen Kern zusammengefügt und/oder an einem dicken zentralen Kern angebracht wird, der nach einem klassischen Verfahren zur Kernherstellung gewonnen wurde.

5. Verfahren zur Herstellung von keramischen Kernen nach Anspruch 4, bei dem das Zusammenfügen durch Kleben erfolgt.

6. Verfahren zur Herstellung von keramischen Kernen nach Anspruch 5, bei dem das Kleben mit Hilfe eines keramischen Klebstoffs auf der Basis von kolloidalem Siliziumoxid und einem mineralischen Füllstoff auf der Basis von Mullit in den Massenverhältnissen von 30 zu 70 durchgeführt wird.

7. Verfahren zur Herstellung von keramischen Kernen nach Anspruch 4, bei dem das Zusammenfügen durch eine mechanische Zapfen-Loch-Verbindung erfolgt.

8. Verfahren zur Herstellung von keramischen Kernen nach Anspruch 5, bei dem das Zusammenfügen mit Hilfe eines Quarzrohrs vorgenommen wird, das die Kerne durchdringt und durch keramischen Klebstoff gehalten wird.

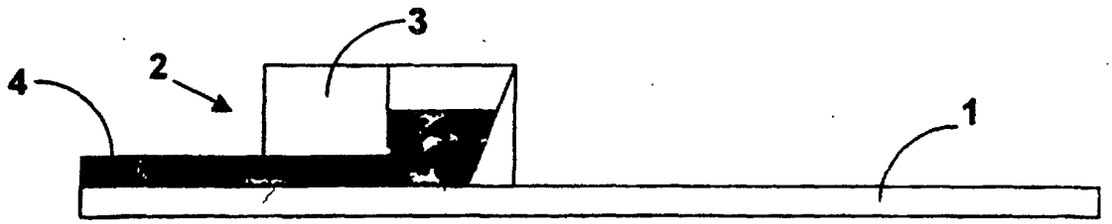


Fig : 1

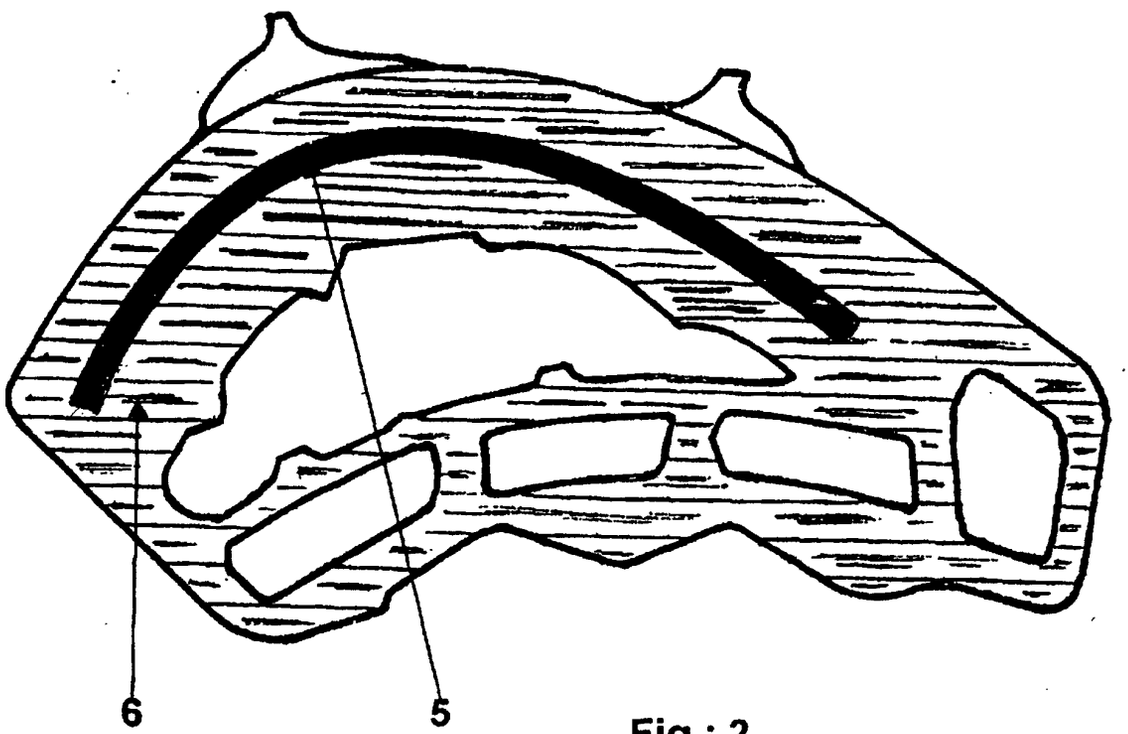


Fig : 2