



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt : **95400050.1**

⑤① Int. Cl.⁶ : **B22C 7/02, B22C 9/04**

㉔ Date de dépôt : **11.01.95**

③① Priorité : **12.01.94 FR 9400242**

④③ Date de publication de la demande :
19.07.95 Bulletin 95/29

⑧④ Etats contractants désignés :
DE FR GB

⑦① Demandeur : **SOCIETE NATIONALE D'ETUDE
ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS
D'AVIATION, "S.N.E.C.M.A."
2, Boulevard du Général Martial Valin
F-75015 Paris (FR)**

⑦② Inventeur : **Campion, Isabelle Marie Monique
2, cours Albert 1er
F-95600 Eaubonne (FR)
Inventeur : Marty, Christian
10, square du Pont de Sèvres
F-92100 Boulogne (FR)**

⑤④ **Procédé de fabrication d'un moule carapace en matériau céramique pour fonderie à modèle perdu.**

⑤⑦ Pour obtenir un moule carapace céramique pour fonderie, on réalise les opérations suivantes :

(a) réalisation d'un modèle en deux parties (2,4) en un matériau éliminable,

(b) assemblage par collage des deux parties du modèle en ménageant une cavité interne (12),

(c) remplissage de la cavité interne par un matériau céramique,

(d) réalisation simultanée ou subséquente du moule carapace en matériau céramique (10) englobant le modèle rempli.

Après élimination du modèle, on obtient un moule de fonderie à noyau interne réalisé in-situ.

Application à la fabrication de pièces par fonderie à modèle perdu.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un moule carapace en matériau céramique destiné à la fabrication de pièces par fonderie utilisant une technique dite à modèle perdu.

En fonderie de précision, notamment dans les applications aéronautiques et par exemple, dans la fabrication d'aubes pour turboréacteurs où les pièces sont soumises à des critères stricts de qualité, il est bien connu d'utiliser des procédés du type à modèle perdu, encore appelés à la cire perdue lorsque les modèles sont réalisés en cire, des matériaux de type résine pouvant également être utilisés. Dans ces applications qui concernent des pièces creuses, comme c'est notamment le cas pour des aubes creuses à refroidissement interne, le procédé courant de fonderie à la cire perdue fait appel à des noyaux en matériau céramique, tenus dans le moule lors de la coulée du métal. La surface extérieure du noyau forme la surface intérieure d'une cavité interne du produit fini obtenu de cette façon. Diverses techniques ont été mises au point et utilisées pour la fabrication de ces noyaux céramiques se présentant sous forme d'éléments distincts, le cycle de fabrication se poursuivant ensuite par les opérations suivantes :

- injection du modèle cire autour du noyau,
- réalisation du moule carapace en matériau céramique,
- élimination du modèle cire,
- finition du moule,
- préchauffage et coulée de l'alliage,
- refroidissement de l'alliage,
- élimination du noyau et du moule.

Malgré les progrès réalisés, la préparation des noyaux avec les contraintes liées aux applications notées ci-dessus reste un procédé de mise en oeuvre délicate. Outre la nécessité d'utiliser des outillages spécifiques et d'un temps passé qui reste élevé, conduisant à un coût élevé de fabrication, les mises au point sont souvent longues et délicates et laissent subsister des taux de rebuts en fabrication relativement importants.

Dans le but d'éviter les nombreux inconvénients des procédés connus et antérieurement utilisés pour la préparation et l'utilisation des noyaux de fonderie en matériau céramique, l'invention prévoit de modifier le procédé de fabrication d'un moule carapace en matériau céramique par fonderie à modèle perdu, de manière à comporter les étapes suivantes :

- (a) - réalisation d'un modèle en deux parties en un matériau pouvant être éliminé par fusion, sublimation ou dégradation thermique ;
- (b) - assemblage des deux parties du modèle par collage de manière à obtenir un modèle présentant une partie creuse interne ou cavité ;
- (c) - remplissage de la cavité interne du modèle par un matériau à base d'une composition céramique.

De manière avantageuse, une étape complémen-

taire de contrôle du remplissage de la cavité par radiographie est adjointe. Notamment pour des applications particulières visées par l'invention telles que des aubes à cavité pour turbomachines, il est avantageux de monter une pluralité de modèles en grappe, en procédant soit au montage de modèles remplis suivi de la réalisation du modèle carapace par trempage ou immersion dans une barbotine à prise rapide, soit au montage de modèles creux suivi de la réalisation simultanée du moule carapace et du remplissage de la cavité interne des modèles creux par immersion dans une barbotine à prise rapide.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui va suivre d'exemples de modes de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique en coupe par un plan transversal d'un modèle en deux parties d'un exemple de pièce à réaliser par fonderie à modèle perdu en utilisant un procédé de fabrication d'un moule en matériau céramique conforme à l'invention ;
- la figure 2 représente, selon une vue analogue à la figure 1, ledit modèle à un stade assemblé ;
- la figure 3 représente une vue schématique montrant la mise en oeuvre d'une étape dudit procédé conforme à l'invention ;
- la figure 4 représente, selon une vue schématique partielle en perspective, un exemple de grappe suivant une variante de réalisation selon le procédé conforme à l'invention.

En vue de la fabrication de pièces par fonderie dite à modèle perdu, la figure 1 montre un exemple de modèle 1, réplique de la pièce à obtenir. Ledit modèle 1 est réalisé en cire ou en un matériau de type résine ou tout matériau connu en soi pour cet usage et susceptible d'être éliminé par fusion, sublimation ou dégradation thermique. Le modèle 1 comporte deux parties, correspondant dans l'exemple représenté à la réalisation d'une aube à cavité pour turbomachine, notamment une aube refroidie de moteur aéronautique, une partie 2 d'extrados portant sur sa partie interne une cloison 3 transversale, une partie 4 d'intrados portant sur sa partie interne une cloison oblique 5, chaque partie portant en outre respectivement une moitié de cloison 6 et 7. La géométrie du modèle, nombre et position des cloisons est déterminée pour chaque application particulière en fonction du nombre et de la forme des cavités d'aube à obtenir. Comme indiqué, les cloisons sont intégrées à une partie ou l'autre du modèle ou peuvent être réalisées par moitiés sur les deux parties.

La figure 1 représente le résultat de la première étape (a) du procédé de fabrication d'un moule carapace en matériau céramique pour fonderie à modèle perdu, conforme à l'invention, consistant en la réalisation d'un modèle en deux parties.

La deuxième étape (b) dudit procédé consiste à effectuer l'assemblage par collage des deux parties du modèle. La figure 2 montre ainsi le résultat de l'assemblage des deux parties 2 et 4, les zones collées étant représentées en 8a, 8b, 8c, 8d et 8e et correspondant respectivement à la zone de bord d'attaque, de bord de fuite de l'aube et de raccordement des cloisons 3, 5 et 6-7.

La troisième étape (c) dudit procédé consiste à remplir la cavité interne du modèle creux 1 obtenu à l'issue de la deuxième étape (b) par un matériau à base d'une composition céramique. Dans ce but, ledit modèle creux 1 est immergé dans une barbotine à base de matériau céramique à prise chimique rapide dont la composition est connue en soi. Le récipient 9 contenant la barbotine 10 est placé à l'intérieur d'une enceinte 11 mise sous vide, tel que schématisé sur la figure 3. Les modèles creux 1 sont disposés de manière que la barbotine 10 pénètre dans les cavités 12 débouchantes. Les modèles 1 sont portés par un support 13. Le remplissage sous vide permet notamment d'éviter la création d'inclusions par la présence de bulles d'air dans la structure obtenue dans la cavité du modèle 1.

À l'étape (d) suivante, un contrôle de la qualité du remplissage obtenu est effectué par contrôle radiographique sur chaque modèle 1. L'étape (e) suivante consiste à réaliser le moule carapace en matériau céramique englobant le modèle rempli 1 par un processus classique de trempages dans une barbotine céramique et séchages successifs.

Dans les applications particulièrement visées par l'invention telles que la fabrication d'aubes refroidies de turbomachine, l'étape (e) est précédée par une étape (e1) au cours de laquelle une pluralité de modèles remplis 1 sont montés en grappe, suivant des techniques courantes de fonderie à modèle perdu.

Les trempages en barbotine de l'étape (e) peuvent être remplacés, suivant une variante de réalisation, par l'immersion des modèles creux 1 dans une barbotine céramique à prise chimique rapide, de composition connue en soi.

Suivant un autre mode de réalisation permettant d'obtenir un gain de temps pour certaines applications particulières, l'étape (b) d'assemblage des modèles 1 est suivie par les étapes suivantes :

(b1) - montage en grappe d'une pluralité de modèles creux 1;

(c1) - réalisation du moule carapace en matériau céramique et remplissage simultané de la cavité interne des modèles 1 par immersion de la grappe dans une barbotine céramique à prise chimique rapide, de composition connue en soi.

Comme représenté sur le schéma de la figure 3, l'immersion est réalisée dans une enceinte 11 sous vide afin d'assurer un remplissage correct des cavités internes des modèles. Un contrôle par procédé de tomographie est effectué pour la vérification des résultats.

tats.

Comme représenté sur la figure 4, entre les modèles 1 réunis en grappe, avant l'immersion, des formes 14 en cire ou autre matériau utilisé pour la réalisation du modèle perdu sont insérées. Cette disposition permet après l'immersion d'obtenir des écarts entre les moules céramiques 15 correspondant à chaque pièce et d'éviter la formation d'une carapace entièrement monobloc. Les formes 14 peuvent être intégrées à la grappe au moment de sa confection. Suivant une variante de réalisation, une séparation entre les moules 15 peut être obtenue en disposant les modèles 1 constituant la grappe dans un coffrage adéquat, ce coffrage pouvant être démontable ou destructible après la sortie des moules du bain d'immersion.

Les opérations qui viennent d'être décrites, remarquables selon l'invention sont complétées pour la réalisation des moules céramiques et leur utilisation par les étapes classiques suivantes :

- élimination du modèle perdu,
- finition du moule,
- préchauffage du moule et coulée de l'alliage métallique,
- refroidissement des pièces de fonderie,
- élimination de toutes les parties céramiques tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des pièces par les procédés courants adaptés à chaque application particulière, par décochage, sablage ou dissolution et nettoyage.

Dans les applications en solidification orientée ou monocristalline notamment, les écarts entre les moules obtenus de la manière décrite ci-dessus en référence à la figure 4 sont indispensables pour permettre les transferts thermiques recherchés lors de la coulée du métal.

Aux avantages précédemment notés, on ajoutera que l'utilisation du même matériau céramique pour la réalisation du remplissage de la cavité du modèle et pour former le moule carapace externe évite l'apparition de problèmes dimensionnels dus à des écarts de dilatation et l'utilisation de cales de réglage pour y remédier.

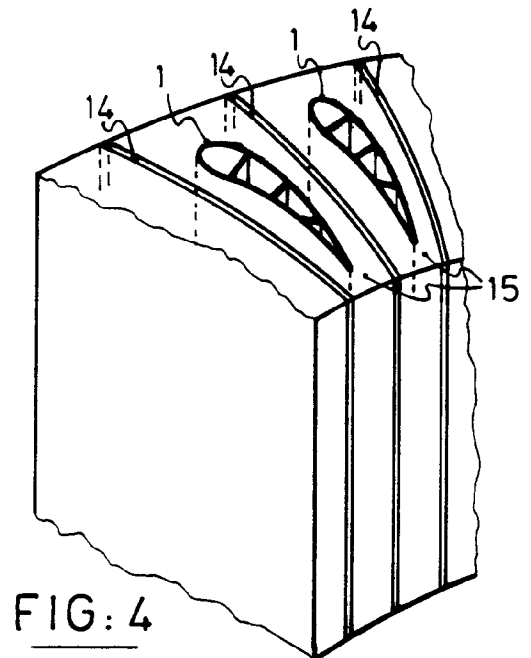
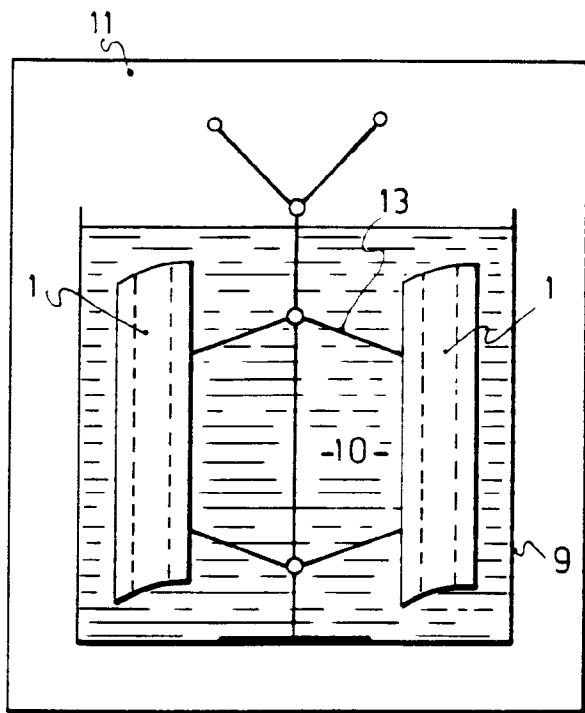
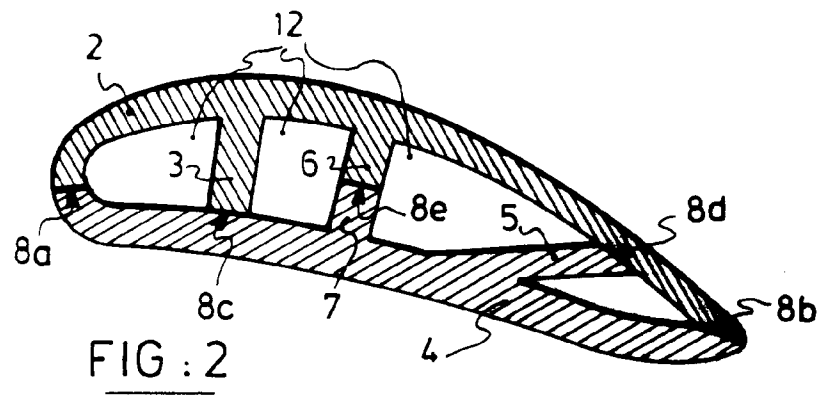
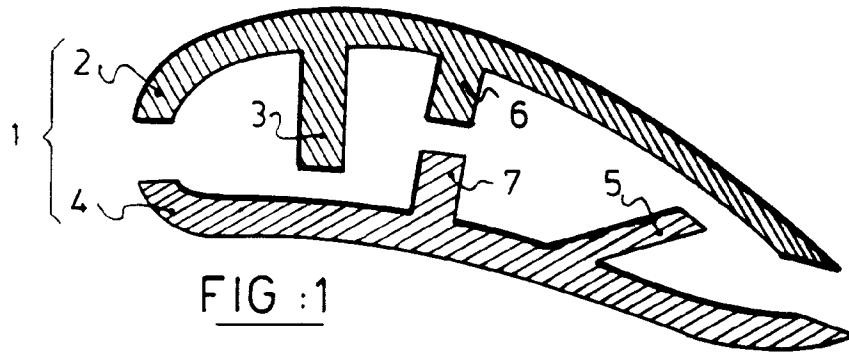
Outre la simplification du procédé, le gain de temps et la réduction des coûts qui en résultent, on relève que la fabrication in-situ d'une partie interne de moule conforme à l'invention, correspondant à l'utilisation antérieure de noyaux, évite les difficultés de mise en oeuvre et autres inconvénients de ces noyaux : problèmes de casse à différents stades de fabrication et d'utilisation, notamment lors de l'injection de cire ou matériau constituant le modèle, problèmes liés aux déplacements et nécessitant un repositionnement, taux de rebuts de fabrication.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un moule carapace en matériau céramique pour fonderie dite à modèle perdu comportant les étapes suivantes :
 (a) - réalisation d'un modèle (1) en deux parties (2,4) en un matériau pouvant être éliminé par fusion, sublimation ou dégradation thermique ;
 (b) - assemblage des deux parties (2,4) du modèle (1) par collage de manière à obtenir un modèle (1) présentant une partie creuse interne ou cavité (12) ;
 (c) - remplissage de la cavité interne (12) du modèle (1) par un matériau à base d'une composition céramique.
2. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon la revendication 1 dans lequel à l'étape (c), le remplissage de la cavité interne (12) du modèle (1) est effectué sous vide et par une pâte céramique à prise chimique et l'étape (c) est suivie par les étapes suivantes :
 (d) - contrôle du remplissage de la cavité (12) par radiographie ;
 (e) - réalisation du moule carapace en matériau céramique englobant le modèle rempli.
3. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon la revendication 2 dans lequel l'étape (d) est suivie par les étapes suivantes :
 (e1) - montage en grappe d'une pluralité de modèles remplis (1),
 (e2) - réalisation du moule carapace en matériau céramique par trempages dans une barbotine céramique et séchages successifs.
4. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon la revendication 2 dans lequel l'étape (d) est suivie par les étapes suivantes :
 (e1) - montage en grappe d'une pluralité de modèles remplis (1),
 (e2) - réalisation du moule carapace en matériau céramique par immersion dans une barbotine céramique à prise chimique rapide.
5. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon la revendication 1 dans lequel l'étape (b) est suivie par les étapes suivantes :
 (b1) - montage en grappe d'une pluralité de modèles creux (1),
 (c1) - réalisation du moule carapace (15) en matériau céramique et remplissage de la cavité interne (12) des modèles (1) par immersion dans une barbotine céramique à prise

chimique rapide.

6. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon la revendication 5 dans lequel, à l'étape (c1), ladite immersion est réalisée dans une enceinte sous vide.
7. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon l'une des revendications 5 ou 6 dans lequel à l'étape (b1), des formes (14) en cire ou matériau constituant le modèle sont insérées entre les modèles (1) et intégrées à la grappe.
8. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon l'une des revendications 5 ou 6 dans lequel à l'étape (b1), les modèles (1) sont séparés au moyen d'un coffrage, qui est retiré à la suite de l'étape (c1) par démontage ou par destruction.
9. Procédé de fabrication d'un moule pour fonderie à modèle perdu selon l'une quelconque des revendications 5 à 8 dans lequel une étape complémentaire est adjointe comportant un contrôle par tomographie du moule.





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 40 0050

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.6)
A	WO-A-85 05583 (COSWORTH RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED) * page 6, ligne 32 - page 7, ligne 7 * ---	1	B22C7/02 B22C9/04
A	DONALD R. DREGER 'FULL-MOLD CASTING GOES MASS PRODUCTION', MACHINE DESIGN VOL.54 (1982) NOV., NO.27, CLEVELAND, OHIO, USA, PAGE 47-51 * page 49, colonne de droite, dernier alinéa * ---	1-4,8	
A	R. F. SMART 'Investment casting for the future', FOUNDRY TRADE JOURNAL 161(1987) 12 MARS, NO. 3344, REDHILL, SURREY, GR. BRITAIN, PAGE 184, 187, 189, 190 * page 184; figure * ---	3-8	
A	DE-A-33 00 968 (SCHMIDT-PFEIL) * abrégé; revendication 8 * ---	1	
A	GB-A-440 296 (ERIK GUSTAF AKERLUND) * page 2, ligne 129 - page 3, ligne 10; figures * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 105 (M-23) 26 Juillet 1980 & JP-A-55 064 946 (CHIBA NOBUYUKI) 16 Mai 1980 * abrégé * ---	4	B22C
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 675 (M-1526) 13 Décembre 1993 & JP-A-05 228 611 (MIYAZAKI TOMOAKI) 7 Septembre 1993 * abrégé * --- -/--	2	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12 Avril 1995	Examineur Hodiamont, S
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 (03.92) (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 40 0050

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.6)
A	RICHARD SOUTHGATE 'PRECISION CASTING SUPPLEMENT', FOUNDRY TRADE JOURNAL VOL.154 (1983) MAR., NO. 3258, BRIGHTON, GREAT BRITAIN. PAGE 315-318, 321, 322 * page 322, colonne 1, dernier alinéa - colonne 2, alinéa 1 * -----	2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12 Avril 1995	Examineur Hodiamont, S
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 (03.92) (P04062)