

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 663 249 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

10.03.1999 Bulletin 1999/10

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

(21) Numéro de dépôt: **95400050.1**

(22) Date de dépôt: **11.01.1995**

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

Verfahren zur Herstellung keramischer Giessmasken zum Giessen mit verlorenem Modell

Method for the production of ceramic shell moulds for casting with a lost mould

(84) Etats contractants désignés:

DE FR GB

(30) Priorité: **12.01.1994 FR 9400242**

(43) Date de publication de la demande:

19.07.1995 Bulletin 1995/29

(73) Titulaire:

**SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE
CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION,
"S.N.E.C.M.A."
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Campion, Isabelle Marie Monique**
F-95600 Eaubonne (FR)
- **Marty, Christian**
F-92100 Boulogne (FR)

(56) Documents cités:

WO-A-85/05583

DE-A- 3 300 968

GB-A- 440 296

- **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 ***
- **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 ***
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 105 (M-23) 26 Juillet 1980 & JP-A-55 064 946 (CHIBA NOBUYUKI) 16 Mai 1980**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 675 (M-1526) 13 Décembre 1993 & JP-A-05 228 611 (MIYAZAKI TOMOAKI) 7 Septembre 1993**
- **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 ***

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 0 663 249 B1

Description

[0001] 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. 5

[0002] 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.

[0003] 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. 40

[0004] 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 ; 55

(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; et, en outre une étape de réalisation du moule carapace englobant le modèle puis une élimination du modèle perdu.

[0005] De manière avantageuse, une étape complémentaire 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 moule 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.

[0006] 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.

[0007] 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 par-

tie 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] A 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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; et en outre, une étape de réalisation du moule carapace englobant le modèle puis une élimination du modèle perdu.

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.

Claims

1. A process for producing a ceramic shell mould for lost pattern casting comprising the following steps:

(a) making a pattern (1) in two parts (2, 4) of a material which can be eliminated by melting or sublimation or heat degradation;

(b) Sticking the two parts (2, 4) of the pattern (1) together to produce a pattern (1) having a

hollow internal part or cavity (12);

(c) filling the internal cavity (12) of the pattern (1) with a ceramic composition based material; and also a step of making the shell mould enveloping the pattern, then eliminating the lost pattern.

2. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 1 wherein in step (c) the filling of the internal cavity (12) of the pattern (1) is performed in vacuo and with a chemically setting ceramic slurry and step (c) is followed by the following steps:

(d) checking the filling of the cavity (12) by radiography, and

(e) making the ceramic shell mould enveloping the filled pattern.

3. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 2 wherein step (d) is followed by the following steps:

(e1) cluster or stack assembly of a number of filled patterns (1), and

(e2) making the ceramic shell mould by dipping into a ceramic slip and consecutive dryings.

4. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 2 wherein step (d) is followed by the following steps:

(e1) cluster or stack assembly of a number of filled patterns (1), and

(e2) making the ceramic shell mould by immersion in a chemically quick-setting ceramic slip.

5. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 1 wherein step (b) is followed by the following steps:

(b1) cluster or stack assembly of a number of empty patterns (1), and

(c1) making the ceramic shell mould (15) and filling the internal cavity (12) of the patterns (1) by immersion in a chemically quick-setting ceramic slip.

6. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 5 wherein in step (c1) the immersion is carried out in a vacuum enclosure.

7. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 5 or claim 6 wherein in step (b1) formers (14) of wax or of the material of which the pattern is made are introduced between the patterns (1) and incorporated into the cluster or stack.

8. A process for producing a lost pattern casting mould according to claim 5 or claim 6 wherein in step (b1) the patterns (1) are separated by means of shuttering which is removed after step (c1) by demounting or destruction.

9. A process for producing a lost pattern casting mould according to any of claims 5 to 8 wherein a further step comprising tomographic checking of the mould is added.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform aus einem Keramikwerkstoff zum Gießen mit verlorenem Modell mit den folgenden Verfahrensschritten:

(a) - Herstellen eines Modells (1) aus zwei Teilen (2, 4) aus einem Material, das durch Ausschmelzen, durch Sublimation oder durch thermischen Abbau beseitigt werden kann,

(b) - Zusammensetzen der beiden Teile (2, 4) des Modells (1) durch Kleben, so daß man ein Modell (1) mit einem inneren hohen Teil oder Hohlraum erhält,

(c) - Füllen des inneren Hohlraums (12) des Modells (1) mit einem Material auf der Basis einer Keramikverbindung,

sowie mit einem weiteren Verfahrensschritt zur Herstellung der Maskenform, die das Modell umschließt, sodann Beseitigen des verlorenen Modells.

2. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach Anspruch 1, bei dem das Füllen des inneren Hohlraums (12) des Modells (1) in dem Verfahrensschritt (c) im Vakuum und mit einer chemisch abbindenden Keramikmasse durchgeführt wird, und bei dem sich an den Verfahrensschritt (c) die folgenden Verfahrensschritte anschließen:

(d) - Überprüfen des Füllens des Hohlraums (12) mittels Durchleuchtens,

(e) - Herstellen der das gefüllte Modell umschließenden Maskenform aus einem Keramikwerkstoff.

3. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach Anspruch 2, bei dem sich an den Verfahrensschritt (d) die fol-

genden Verfahrensschritte anschließen:

- (e1) - Zusammensetzen mehrerer gefüllter Modelle (1) zu einer Gießtraube,
- (e2) - Herstellen der Maskenform aus Keramikwerkstoff durch Eintauchen in einen Keramikschlamm und anschließendes Trocknen.

5

4. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach Anspruch 2, bei dem sich an den Verfahrensschritt (d) die folgenden Verfahrensschritte anschließen:

10

- (e1) - Zusammensetzen mehrerer gefüllter Modelle (1) zu einer Gießtraube,
- (e2) - Herstellen der Maskenform aus Keramikwerkstoff durch Eintauchen in einen chemisch schnell abbindenden Keramikschlamm.

15

5. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach Anspruch 1, bei dem sich an den Verfahrensschritt (b) die folgenden Verfahrensschritte anschließen:

20

- (b1) - Zusammensetzen mehrerer gefüllter Modelle (1) zu einer Gießtraube,
- (c2) - Herstellen der Maskenform (15) aus Keramikwerkstoff und Füllen des inneren Hohlraums (12) der Modelle (1) durch Eintauchen in einen chemisch schnell abbindenden Keramikschlamm.

25

30

6. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach Anspruch 5, bei dem das Eintauchen in dem Verfahrensschritt (c1) in einer Vakuumkammer durchgeführt wird.

35

7. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach Anspruch 5 oder 6, bei dem in dem Verfahrensschritt (b1) zwischen die Modelle (1) Formen (14) aus Wachs oder aus dem Werkstoff, aus dem das Modell besteht, eingesetzt und mit der Gießtraube integriert werden.

40

45

8. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem die Modelle (1) in dem Verfahrensschritt (b1) mit Hilfe einer Verschalung voneinander getrennt werden, die im Anschluß an den Verfahrensschritt (c1) durch Zerlegen oder Zerstören herausgenommen wird.

50

9. Verfahren zur Herstellung einer Maskenform zum Gießen mit verlorenem Modell nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem ein zusätzlicher Verfahrensschritt angefügt wird, der eine tomographische Prüfung der Form beinhaltet.

55

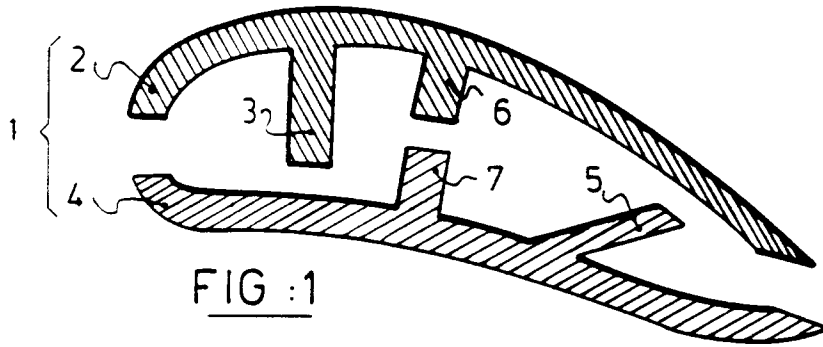


FIG :1

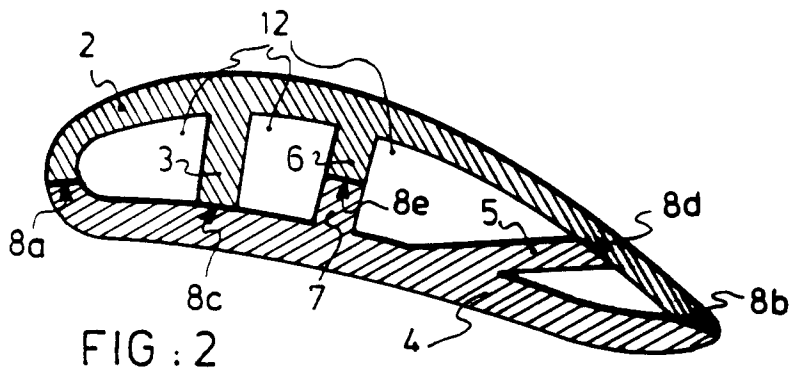


FIG : 2

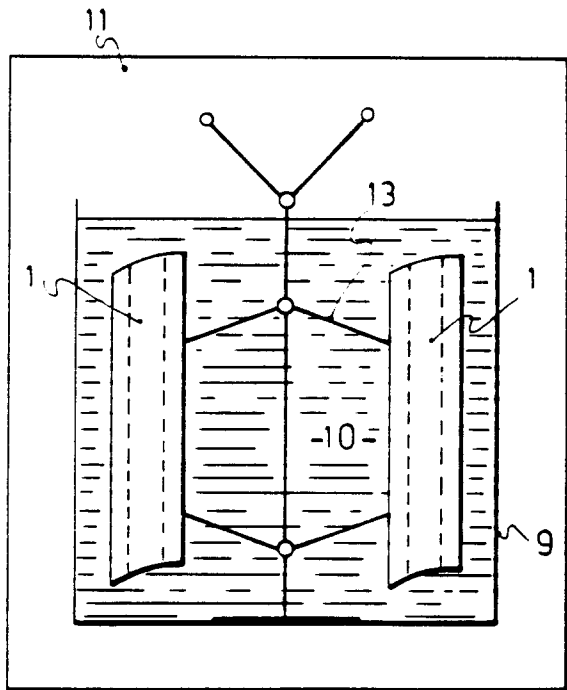


FIG: 3

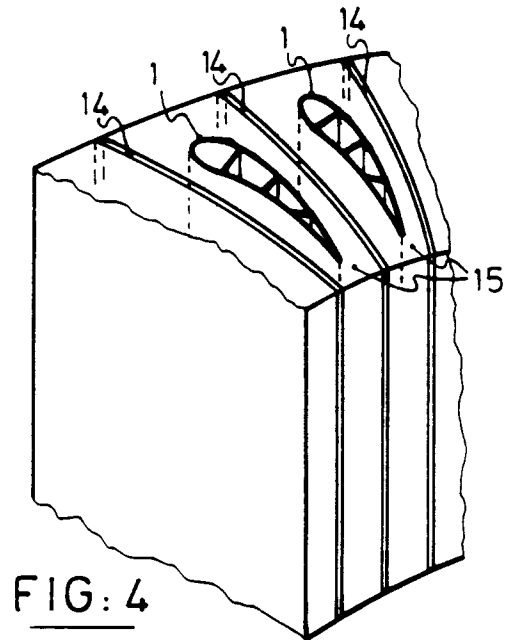


FIG: 4