



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
21.02.2007 Bulletin 2007/08

(51) Int Cl.:
B22C 9/10 (2006.01) B22C 21/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06118134.3**

(22) Date de dépôt: **28.07.2006**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **29.07.2005 FR 0508154**

(71) Demandeur: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **GUERCHE, Didier**
78700, CONFLANS SAINTE HONORINE (FR)
• **HANNY, Jean-Claude**
75018, PARIS (FR)
• **PRIGENT, Serge**
926000, ASNIERES SUR SEINE (FR)

(74) Mandataire: **David, Daniel et al**
Cabinet Bloch & Associés
2, square de l'Avenue du Bois
75116 Paris (FR)

(54) **Noyau pour aube de turbomachine**

(57) La présente invention porte sur un noyau céramique utilisé dans la fabrication par fonderie à la cire perdue d'une aube de turbomachine avec cavités de refroidissement et baignoire, comprenant au moins noyau principal, avec un élément (10B) conformé pour constituer la baignoire et un élément (10SB) conformé de manière à constituer au moins une cavité sous baignoire,

les deux éléments ménageant entre eux un espace (13) conformé pour constituer au moins en partie la paroi de fond de la baignoire. Le noyau est caractérisé par le fait qu'il comprend un noyau secondaire sous baignoire, relié au noyau principal par au moins une tige céramique solidaire dudit élément formant la baignoire. En particulier les éléments (10B et 10SB) sont reliés entre eux par des tiges (TG) en matériau céramique.

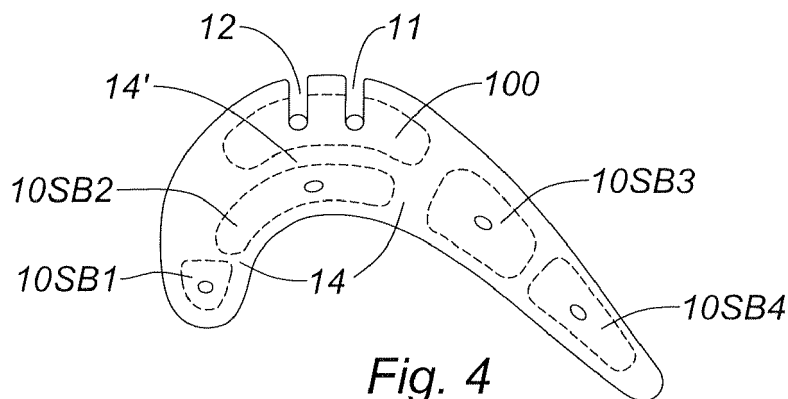


Fig. 4

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des aubages de turbomachine, celui en particulier des aubages obtenus par coulée d'un alliage en fusion dans un moule selon la technique de fonderie à la cire perdue.

[0002] La recherche de performances accrues des moteurs implique notamment un refroidissement plus efficace des aubes de turbine situées immédiatement en aval de la chambre de combustion. Cette exigence nécessite la formation à l'intérieur de ces aubes de cavités internes de circulation du fluide de refroidissement plus élaborées. Ces aubes présentent la particularité d'avoir plusieurs parois métalliques et requièrent donc la fabrication de noyaux céramiques de plus en plus complexes.

[0003] La technique de fabrication de ce type d'aubage comprend donc une première étape de formation du noyau. Le noyau est composé d'une matière céramique à structure généralement poreuse et est réalisé à partir d'un mélange constitué d'une charge réfractaire sous forme de particules et d'une fraction organique plus ou moins complexe formant un liant. Des exemples de compositions sont donnés dans les brevets EP 328 452, FR 2 371 257 ou FR 2 785 836. Comme cela est connu, on met en forme le noyau de fonderie 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 un moyen tel que la sublimation ou la dégradation thermique, suivant les matériaux utilisés. Une structure poreuse en résulte. Le noyau est ensuite consolidé par un traitement thermique dans un four. Une étape de finition est éventuellement nécessaire pour éliminer et ébavurer les traces de plans de joint et obtenir la géométrie du noyau. On utilise dans ce but des outils abrasifs. Il peut être encore nécessaire de renforcer le noyau afin qu'il ne soit pas endommagé dans les cycles ultérieurs d'utilisation. On imprègne dans ce cas le noyau avec une résine organique.

[0004] On moule ensuite à partir du noyau, un modèle en cire ou autre matériau équivalent constituant la réplique de l'aubage à couler. Dans l'étape suivante de formation du moule de coulée de l'alliage, le modèle est trempé dans des barbotines pour constituer une carapace en matériau céramique. La cire est ensuite éliminée pour laisser la place à un espace dans le moule carapace, dans lequel l'alliage est coulé. Après coulée et refroidissement du métal, le moule carapace est brisé et le noyau éliminé pour libérer la pièce.

[0005] En raison de la complexité des cavités de refroidissement à former avec leurs cloisons de séparation, et de leur agencement, on réalise le noyau en plusieurs parties que l'on assemble et colle. Les noyaux élémentaires sont généralement liés entre eux au niveau du pied et du sommet. Il s'agit en effet de maîtriser l'épaisseur des parois et des cloisons formées au moment de la coulée. L'assemblage doit permettre au noyau de supporter les contraintes subies lors des étapes d'injection de la

cire, de décirage puis de la coulée.

[0006] Les techniques actuelles connues du présent déposant ne permettent cependant pas d'obtenir la baignoire en sommet d'aube directement de fonderie.

[0007] On rappelle que la baignoire est la cavité en sommet d'aube ouverte radialement vers l'extérieur. On en voit un exemple sur la figure 1 qui représente une aube creuse 1. On distingue le pied 2 de l'aube par lequel elle est montée sur un rotor de turbine, la plate-forme 3 et la pale 4. La pale est creuse et comprend en son sommet opposé à la plate-forme, une cavité que l'on désigne par le terme de baignoire 5. Cette baignoire 5 est délimitée latéralement par la paroi de la pale et le fond est formé d'une paroi 6 de fond de baignoire, perpendiculaire à l'axe radial de la pale. Cette paroi de fond que l'on voit en coupe sur la figure 2 est percée d'orifices 61 qui communiquent avec les cavités internes de la pale pour évacuer une partie du fluide de refroidissement de cette dernière. Ce fluide est lui même évacué dans la veine de gaz chaud par le jeu existant entre le sommet et la surface annulaire du stator.

[0008] Généralement, on réalise l'aube creuse avec ses cavités par fonderie selon la méthode présentée ci-dessus mais sans paroi de fond de baignoire. La paroi est rapportée sous la forme d'une plaquette sur l'aube venant de fonderie, et fixée par brasage. Cette opération est longue et coûteuse.

[0009] Le brevet EP 1 543 896 montre la réalisation d'une aube avec baignoire au moyen d'un noyau de fonderie comportant un noyau principal avec un élément conformé pour constituer la baignoire et un élément conformé de manière à constituer une pluralité de cavités sous baignoire.

[0010] On réalise ainsi cette paroi de fond de manière industrielle avec l'opération de fonderie sans avoir à passer par l'opération de brasage.

[0011] L'invention vise à améliorer ce type de montage de noyau pour des structures complexes.

[0012] On parvient à réaliser cet objectif conformément à l'invention avec un noyau céramique utilisé dans la fabrication par fonderie à la cire perdue d'une aube de turbomachine avec cavités internes de refroidissement et baignoire, formé par l'assemblage de noyaux comprenant au moins un noyau principal, avec un élément conformé pour constituer la baignoire et un élément conformé pour constituer au moins une cavité sous baignoire, les deux éléments ménageant entre eux un espace conformé pour constituer au moins en partie la paroi de fond de la baignoire caractérisé par le fait que le noyau comprend un noyau secondaire sous baignoire relié au noyau principal par au moins une tige céramique solidaire dudit élément conformé pour constituer la baignoire. De préférence les deux éléments, de baignoire et sous baignoire, sont reliés entre eux également par au moins une tige céramique.

[0013] En fixant le noyau secondaire à l'élément conformé pour constituer la baignoire, on permet ainsi un positionnement relatif précis des éléments de noyaux as-

semblés qui soit reproductible de manière industrielle. Ces tiges délimitent en outre, de préférence, des orifices d'évacuation du fluide de refroidissement à travers la baignoire.

[0014] Plus particulièrement, le noyau secondaire ménagé en partie avec les parties sous baignoires du noyau principal l'espace pour la paroi de fond de baignoire.

[0015] L'invention porte également sur le procédé de fabrication d'un noyau ainsi caractérisé, ce procédé pouvant être mis en oeuvre selon plusieurs variantes.

[0016] Selon un premier mode de fabrication d'un noyau avec noyau secondaire, le procédé comprend les étapes suivantes : fabrication dudit noyau principal, formation d'au moins une encoche dans l'élément conformé pour constituer la baignoire, mise en place du noyau secondaire avec la tige, colmatage de l'encoche. Plus particulièrement l'encoche peut être formée sur le noyau avant cuisson de celui-ci.

[0017] Selon une variante, il comprend les étapes suivantes : fabrication dudit noyau principal, perçage d'au moins un trou dans l'élément conformé pour constituer la baignoire, mise en place du noyau secondaire avec la tige. Plus particulièrement, le perçage est effectué dans le noyau avant cuisson de celui-ci.

[0018] Selon une autre variante, le noyau secondaire étant percé d'un logement pour la tige, le noyau secondaire est mis en position sans la tige puis la tige mise en place dans son logement.

[0019] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui suit de deux modes de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 représente en perspective une aube creuse, mobile, de turbine dont on voit la baignoire ;

La figure 2 est une vue en coupe selon II-II à travers la baignoire de la pale de figure 1 ;

La figure 3 représente de façon schématique et vu partiellement le long de sa hauteur dans sa plus grande largeur, un noyau principal conforme à l'invention ;

La figure 4 est une vue du noyau de la figure 7 selon la coupe AA ;

La figure 5 représente de façon schématique, vu partiellement le long de sa hauteur un noyau secondaire conformé de façon à coopérer avec le noyau principal de la figure 3 pour constituer un noyau conforme à l'invention ;

La figure 6 représente le noyau secondaire de la figure 5, vu en perspective ;

La figure 7 représente les noyaux des figures 3 et 5 après assemblage ;

La figure 8 représente de façon schématique une vue partielle le long de sa hauteur et dans le sens de sa plus grande largeur, un noyau principal selon une variante de réalisation ;

La figure 9 est une vue du noyau de la figure 10 selon la coupe BB ;

La figure 10 représente l'assemblage du noyau principal de la variante de la figure 8 avec un noyau secondaire ;

La figure 11 montre une variante de forme du noyau secondaire selon l'invention ;

La figure 12 représente de façon schématique, vu partiellement le long de sa hauteur, un noyau secondaire conformé de façon à coopérer avec le noyau principal de la figure 8 pour constituer un noyau selon l'invention.

[0020] En se reportant à la figure 3, on voit, selon l'axe principal XX de l'aube, la partie d'un noyau principal correspondant à la portion supérieure de la pale, le sommet étant à droite sur la figure. Le reste du noyau vers la gauche correspondant à la portion de l'aube avec le pied et la plate-forme n'est pas visible. Ce noyau principal est par exemple le noyau côté intrados d'un noyau multiple. Un noyau multiple permet la réalisation d'aubes creuses à cavités multiples séparées par des cloisons et dans lesquelles circule un fluide refroidissement. Pour ce dernier, il s'agit de l'air prélevé au compresseur, notamment, dans un moteur à turbine à gaz. La figure 4 montre un exemple de profil général de ce noyau principal.

[0021] Ce noyau principal 10 est, ici, lui-même constitué d'une pluralité d'éléments séparés les uns des autres par des espaces constituant les parois des cavités de refroidissement après coulée du métal. Sur la figure schématique 3, on distingue un bord antérieur 10A du côté du bord d'attaque de la pale, un bord arrière du côté du bord de fuite de la pale et une face de sommet 10S. Il comprend les éléments 10SB1, 10SB2, 10SB3 et 10SB4 le long de son axe.

[0022] Ces éléments sont séparés par des espaces 14 définis. Un élément 10B transversal s'étend sur toute la largeur du noyau 10 et est séparé des autres éléments 10SB par un espace transversal 13. L'espace 13 est perpendiculaire aux espaces 14 et sa largeur correspond à celle d'une paroi de la pale après coulée de l'alliage. L'élément 10B, entre l'espace 13 et le sommet 10S, est conformé de manière à ménager la cavité de la pale que l'on a désignée baignoire, dans la description de la figure 1 représentant la pale. L'espace 13 bordant l'élément 10B est donc destiné à contenir le métal formant, au moins en partie, la paroi 6 de fond de baignoire 5 que l'on voit sur la figure 2.

[0023] La partie 10SB à gauche de l'espace 13 sur la figure est conformée de manière à ménager des cavités sous baignoire sur l'aube issue de la coulée. Dans le mode de réalisation représenté, on a quatre éléments 10SB1, 10SB2, 10SB3, 10SB4, chacun donnant lieu à la formation d'une cavité sous baignoire. Ces éléments sont reliés chacun à l'élément transversal 10B de baignoire par une tige en matériau céramique TG1, TG2, TG3, TG4. Ces tiges supportent l'élément 10B et maintiennent l'espace 13 ouvert.

[0024] Dans l'élément 10B on a formé deux encoches parallèles à l'axe XX, 11 et 12. Ces encoches 11 et 12

sont visibles sur la figure 4. Elles peuvent être obtenues par usinage du noyau avant ou après sa cuisson ou bien dès l'étape d'injection du noyau en conformant le moule de façon appropriée.

[0025] On observe sur la figure 4 que le noyau principal est formé au sommet par l'élément 10B qui masque les éléments 10SB1 à 10SB4 qui sont disposés du côté intrados de la pale et qui sont représentés en pointillés. Un espace est ménagé entre les éléments 10SB du noyau principal et le côté extrados de l'aube.

[0026] Un noyau secondaire 100 est montré sur la figure 5. Il est conformé de manière à venir occuper en partie l'espace que l'on voit sur la figure 4 en ménageant des espaces 14' avec les éléments 10SB du noyau principal. Ces espaces 14 et 14' forment des cloisons intérieures à la pale après coulée du métal.

[0027] Sur la figure 5, on voit deux tiges 110 et 120. Ces tiges sont conformées de manière à pouvoir venir se loger dans les encoches 11 et 12 respectivement. La figure 6 montre le noyau secondaire 100 en perspective, avec les deux tiges fichées dans la face supérieure. Les tiges 110, 120 ainsi que les tiges TG sont en matériau céramique de type oxyde, nitrure, carbure ou une combinaison de ces matériaux par exemple. Il peut s'agir plus particulièrement d'alumine, de quartz ou de mullite. Les tiges peuvent avoir été mises en place au moment de l'injection du noyau de manière à former une seule pièce. Il est possible aussi d'usiner les logements dans le noyau 100 après sa formation. Le nombre de tiges dépend des contraintes géométriques notamment ou bien de tenue mécanique de l'ensemble ; il y en a au moins une.

[0028] La figure 7 montre les noyaux principal et secondaire assemblés formant un multiple 1000. On a placé ici le noyau secondaire du côté extrados par rapport au noyau principal. Le noyau délimite une partie de l'espace 13 par sa face 100B (figure 5) et l'espace 14' (figure 4) avec les éléments sous baignoire 10SB du noyau principal 10.

[0029] Les tiges 110 et 120 sont engagées dans les encoches 11 et 12 de l'élément 10B du noyau principal 10. Après mise en place des tiges, on colmate les encoches au moyen d'une colle céramique comprenant une charge minérale et un liant minéral. Il s'agit par exemple d'un mélange de zircon et de silice colloïdale ou bien d'alumine et de silicate d'éthyle ou encore de silice et de silicate d'éthyle. On laisse sécher. Le noyau secondaire est donc retenu seulement par son attache à l'élément 103.

[0030] Le noyau ainsi préparé subit ensuite les opérations successives conventionnelles conduisant à la fabrication de l'aube : moulage du modèle, constitution de la carapace et coulée de l'alliage. On observe que ce noyau conduit à la formation d'une paroi de fond de baignoire correspondant à l'espace 13.

[0031] Selon la variante représentée sur les figures 8 et 10, on remplace les encoches par des trous formant des logements 21 et 22. A part les logements 21 et 22, le noyau principal 20 présente les mêmes caractéristi-

ques que le noyau principal de la figure 3. Il présente un espace 23 de fond de baignoire, une partie 20B formant la cavité de baignoire, des éléments 20SB1, 20SB2, 20SB3, 20SB4 parallèles à l'axe XX, les bords 20A, 20S, 20F.

[0032] La figure 9 qui est une vue en coupe en travers de l'élément de baignoire 20B perpendiculaire à l'axe XX du noyau assemblé montre les deux trous ménagés dans la partie 20B. On voit aussi les espaces 24 et 24' entre les différents éléments de noyau pour constituer les cloisons après coulée du métal. La figure 10 montre le noyau 2000 assemblé avec un noyau secondaire 200 que l'on voit seul sur la figure 12. Ce dernier est ancré dans l'élément 20B de baignoire du noyau principal 20 au moyen des tiges 210 et 220 en matériau céramique.

[0033] Comme dans le cas précédent, le noyau 200 est pourvu des deux tiges 210 et 220. On assemble le noyau 2000 en guidant les tiges dans les trous 21 et 22 respectivement puis en les maintenant par collage le cas échéant.

[0034] Lorsque la géométrie est complexe, par exemple avec un noyau secondaire 300 tel que représenté sur la figure 11, et ne permet pas un montage du noyau 200 pré-assemblé avec les deux tiges, on procède différemment.

[0035] Dans ce cas le noyau secondaire 300 est percé de deux trous 310 et 320. On présente le noyau secondaire parallèlement aux éléments 20SB du noyau principal de telle manière que les trous 310 et 320 viennent en face des trous 21 et 22. On glisse ensuite les tiges dans les trous 21 et 310 d'une part et dans les trous 22 et 320 d'autre part.

[0036] Le noyau est prêt pour les opérations ultérieures de fabrication de l'aube.

[0037] On a représenté l'assemblage des noyaux de façon simplifiée, pour faire ressortir le principe de l'invention ; celui-ci est bien sûr applicable aux noyaux multiples constitués d'une pluralité de noyaux élémentaires ou autre.

Revendications

1. Noyau céramique utilisé dans la fabrication par fonderie à la cire perdue d'une aube de turbomachine avec cavités de refroidissement et baignoire, comprenant au moins un noyau principal (10 ; 20) avec un élément (10B ; 20B) conformé pour constituer la baignoire et un élément (10SB ; 20SB) conformé de manière à constituer au moins une cavité sous baignoire, lesdits deux éléments ménageant entre eux un espace (13 ; 23) conformé pour constituer au moins en partie la paroi de fond de la baignoire **caractérisé par le fait qu'il** comprend un noyau secondaire (100, 200) sous baignoire, relié au noyau principal par au moins une tige céramique (110, 120 ; 210, 220) solidaire dudit élément (10B ; 20B) formant la baignoire.

2. Noyau selon la revendication précédente dont lesdits deux éléments (10B et 10SB) sont reliés entre eux par au moins une tige céramique (TG1 à TG4).
3. Noyau selon la revendication 1 ou 2 dont le noyau principal comprend au moins deux noyaux élémentaires principaux sous baignoires (10SB1, 10SB2, 10SB3, 10SB4) reliés chacun à l'élément (10B) du noyau principal formant la baignoire. 5
10
4. Noyau selon la revendication 2 ou 3 dont le noyau secondaire (100) ménage en partie avec le noyau principal (10 ; 20) la paroi (13 ; 23) de fond de baignoire. 15
5. Noyau selon l'une des revendications 2 et suivantes dont la tige céramique (TG, 110, 120 ; 210, 220) définit sur la paroi de fond de baignoire de l'aube un orifice d'évacuation du fluide de refroidissement. 20
6. Procédé de fabrication d'un noyau selon l'une des revendications 1 et suivantes comprenant les étapes suivantes : fabrication d'un noyau principal (10) avec un élément conformé pour constituer une baignoire et un élément conformé de manière à constituer au moins une cavité sous baignoire, formation d'au moins une encoche (11, 12) dans l'élément (10B) conformé pour constituer la baignoire, mise en place d'un noyau secondaire pourvu d'une tige, la tige étant disposée dans l'encoche, colmatage de l'encoche. 25
30
7. Procédé selon la revendication précédente dont l'encoche est formée sur le noyau avant ou après cuisson de celui-ci. 35
8. Procédé de fabrication d'un noyau selon l'une des revendications 1 à 5 comprenant les étapes suivantes : fabrication d'un noyau principal (20) avec un élément conformé pour constituer une baignoire et un élément conformé de manière à constituer au moins une cavité sous baignoire, perçage d'au moins un trou (21, 22) dans l'élément (20B) conformé pour constituer la baignoire, mise en place d'un noyau secondaire au moyen d'une tige dans le perçage. 40
45
9. Procédé selon la revendication précédente selon lequel le perçage est effectué dans le noyau (20) avant ou après cuisson de celui-ci. 50
10. Procédé selon la revendication 8 selon lequel le noyau secondaire étant percé d'un logement pour la tige, le noyau secondaire est mis en position sans la tige puis la tige mise en place dans son logement. 55
11. Utilisation d'un noyau selon l'une des revendications 1 à 5 pour la fabrication d'une aube creuse de turbomachine.

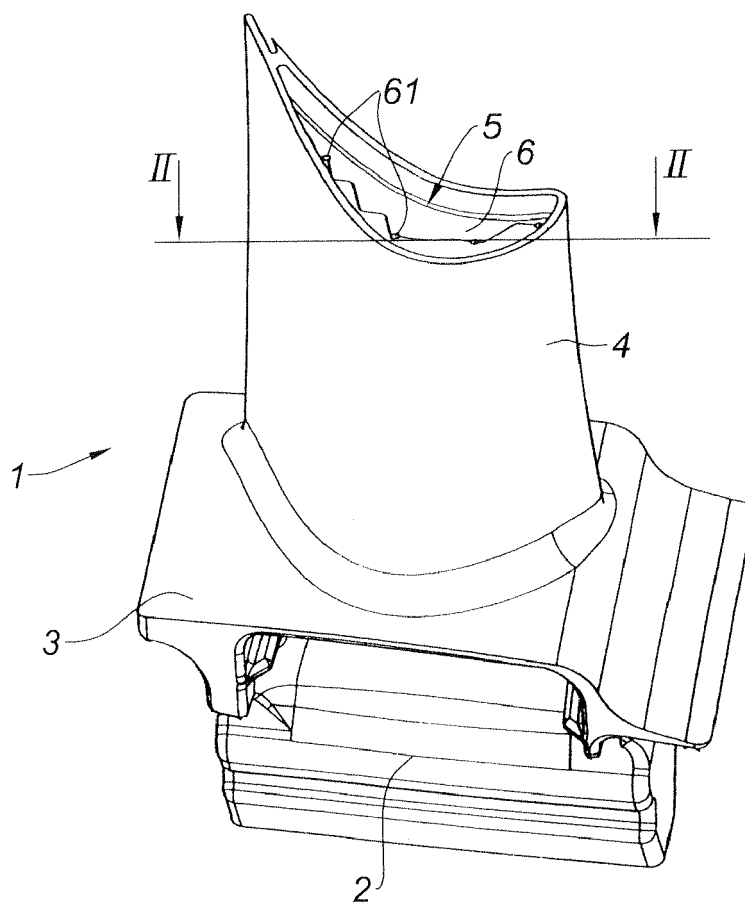


Fig. 1

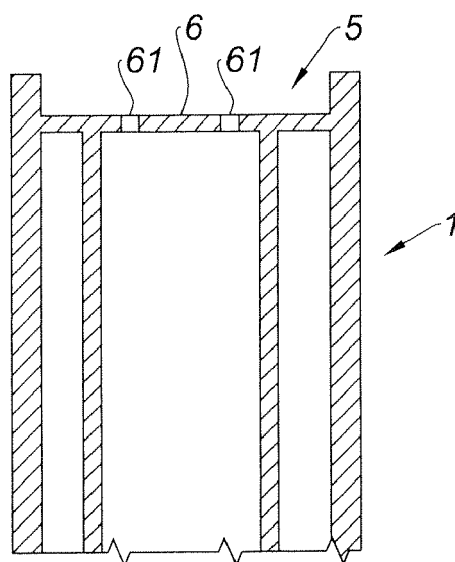
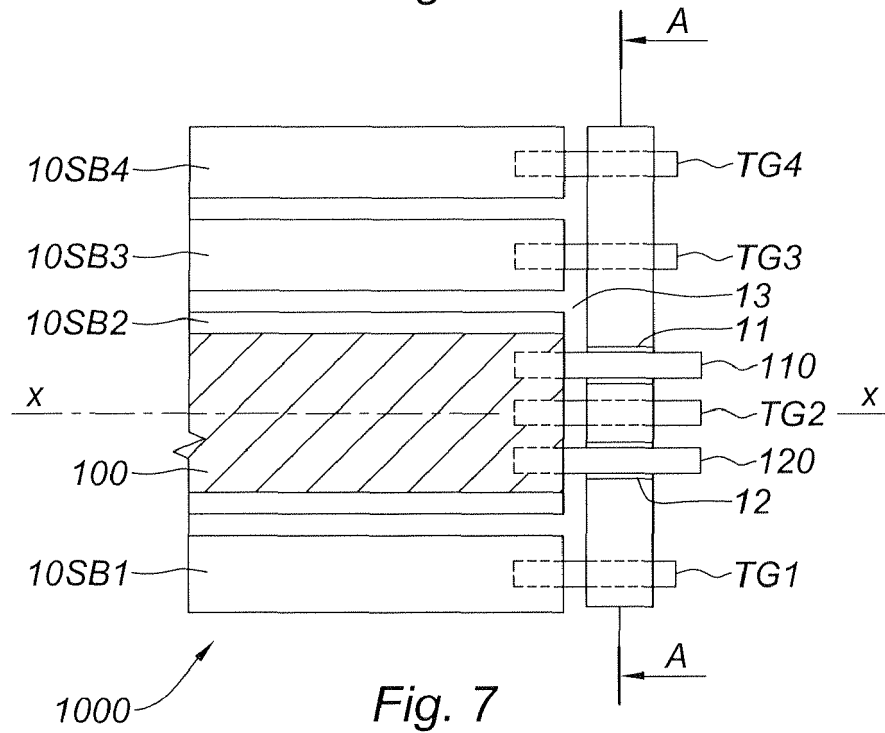
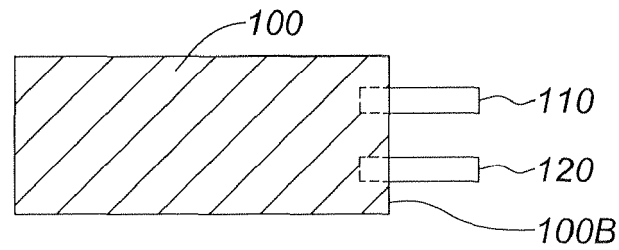
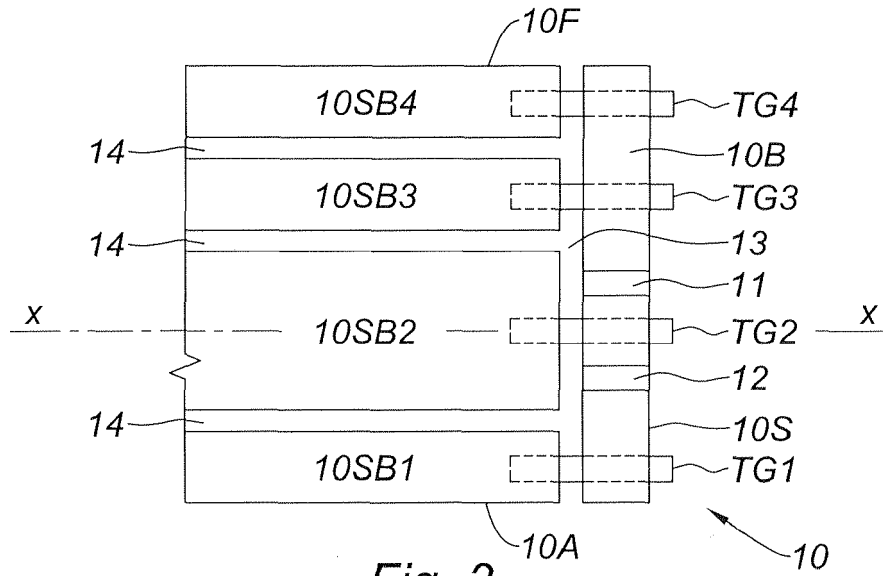
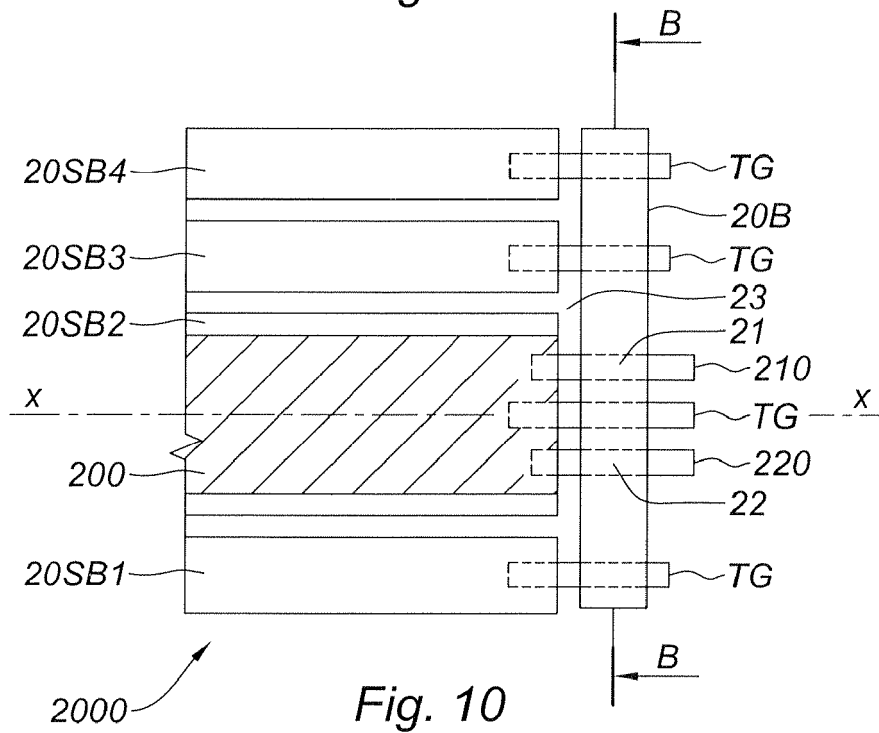
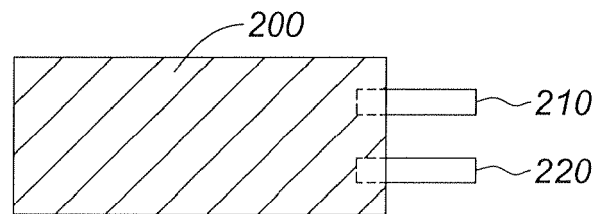
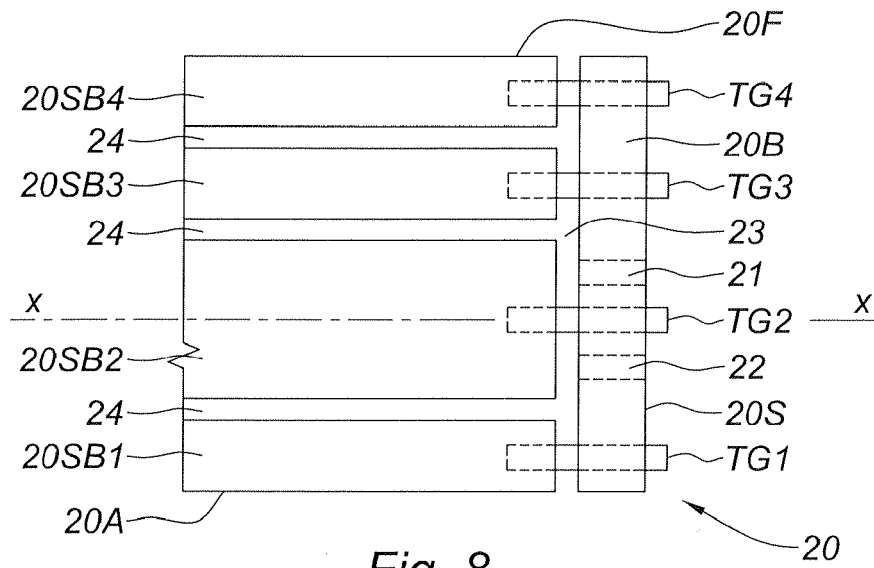
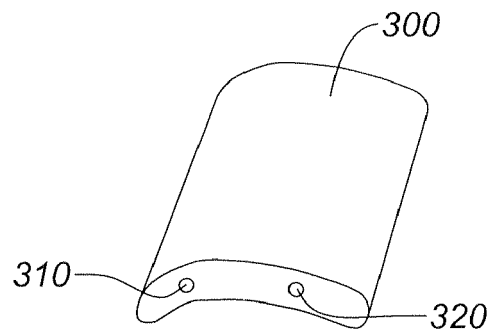
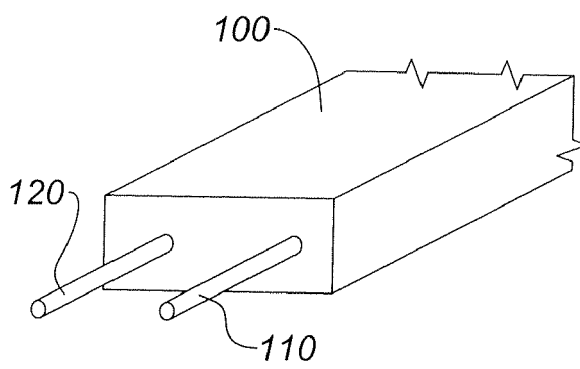
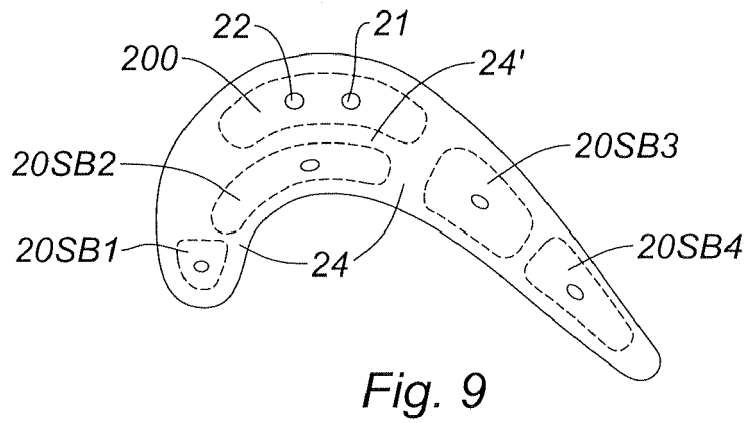
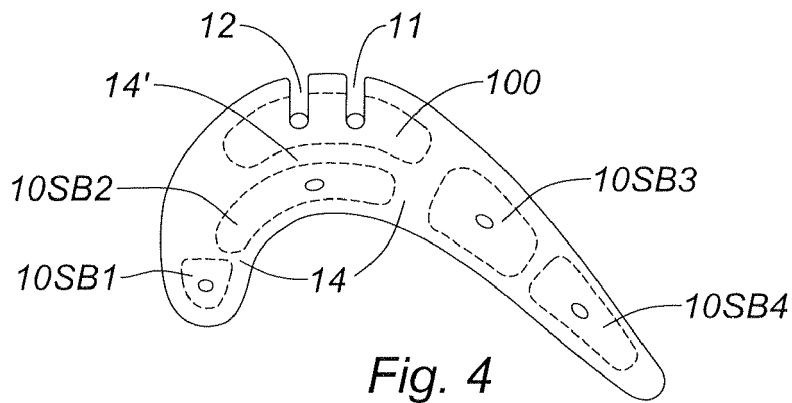


Fig. 2









DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	EP 1 543 896 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 22 juin 2005 (2005-06-22) * alinéas [0008] - [0010], [0021], [0024]; figure 2 * -----	1-11	INV. B22C9/10 B22C21/14
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B22C F01D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 20 novembre 2006	Examineur Scheid, Michael
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	

6

EPO FORM 1503 03/82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 06 11 8134

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 membres 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.

20-11-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1543896	A	22-06-2005	CA 2486052 A1	19-06-2005
			CN 1628922 A	22-06-2005
			JP 2005177863 A	07-07-2005
			MX PA04012692 A	09-03-2006
			RU 2280530 C1	27-07-2006
			US 2005133193 A1	23-06-2005

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 328452 A [0003]
- FR 2371257 [0003]
- FR 2785836 [0003]
- EP 1543896 A [0009]