



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 629 906 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.03.2006 Bulletin 2006/09

(51) Int Cl.:
B21K 3/04 (2006.01) **B23P 15/04** (2006.01)
B21J 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05107652.9**

(22) Date de dépôt: **19.08.2005**

(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

- **LORIEUX, Alain, Georges, Henri, René**
95110, SANNOIS (FR)
- **JOFFROY, Philippe, René, Georges**
95270, VIARMES (FR)
- **DESPREAUX, Jean-Louis, Paul, Victor**
75018, PARIS (FR)

(30) Priorité: **23.08.2004 FR 0451885**

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard et al**
Société BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

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

(72) Inventeurs:
• **DERON, Christine**
78170, LA CELLE SAINT CLOUD (FR)

(54) **Procédé de fabrication de pièces constitutives d'une aube creuse par foréage sur presse**

(57) Un procédé de fabrication d'une aube creuse (1) pour turbomachine est décrit dans lequel l'aube (1) est réalisée à partir d'une préforme (14) issue de pièces primaires externes (26,28). Une pièce primaire (26,28) comprenant une partie pied (16,20) est formée par forgeage d'une barre (30) dans laquelle une zone (32) de fort volume a été refoulée.

Afin de limiter les coûts et de pouvoir utiliser des presses mécaniques même pour des pièces primaires

(26,28) de grandes dimensions et faible épaisseur, le forgeage de finition est réalisé en deux frappes complémentaires au moins, en passant par une ébauche intermédiaire (52). Les matrices (60) pour le forgeage de la pièce primaire (26,28) sont définies de façon à permettre ainsi de doubler au moins les capacités de forgeage d'une presse.

EP 1 629 906 A1

Description**DOMAINE TECHNIQUE**

5 **[0001]** La présente invention se rapporte de façon générale au domaine des procédés de fabrication d'aubes pour turbomachine, telles que des aubes creuses de soufflante, ou encore de tout autre type d'aubes de rotor ou de stator pour turbomachine ou propulseur.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 **[0002]** Habituellement, une aube creuse de soufflante pour turbomachine comprend un pied d'épaisseur relativement importante servant à la fixation de cette aube dans un disque de rotor, ce pied étant prolongé radialement vers l'extérieur par une partie aérodynamique fine, appelée pale de l'aube.

15 **[0003]** De l'art antérieur (voir par exemple US-A-5 636 440), on connaît un procédé de fabrication d'une telle aube creuse, basé principalement sur l'utilisation de la technique de soudage par diffusion, associée à celle de formage superplastique. Dans ce procédé de l'art antérieur, deux ou trois pièces constitutives de l'aube sont d'abord définies, puis fabriquées séparément avant d'être superposées et assemblées entre elles à l'aide de la technique de soudage par diffusion, dans le but d'obtenir une préforme de l'aube désirée.

20 **[0004]** Par la suite, il est procédé à une mise au profil aérodynamique de la préforme préalablement fabriquée, puis à un gonflage par pression gazeuse et à un formage superplastique de cette préforme, afin d'aboutir à une aube présentant sensiblement sa forme définitive qui subit un usinage final.

25 **[0005]** Comme cela a été évoqué ci-dessus, la fabrication de la préforme d'aube requiert une étape de réalisation d'au moins deux pièces externes. La fabrication des pièces externes s'effectue typiquement par usinage d'éléments d'approvisionnement. Chacune des deux pièces externes usinées présente deux portions radialement opposées d'épaisseurs très différentes : la partie pied, épaisse, sert à la fixation de l'aube dans le disque de rotor, et la partie pale, aérodynamique et fine, s'étend à partir de la partie pied vers le bout radialement externe.

30 **[0006]** Différentes techniques ont été utilisées pour la fabrication de ces pièces externes. Par exemple, le document US-A-5 711 068 décrit un procédé consistant à produire des pièces de matériau métallique de forme générale parallélépipédique de longueur supérieure à la longueur de la préforme de la partie pied à la partie pale et d'épaisseur proche de celle de cette partie pied. Chaque parallélépipède est ensuite coupé dans un sens oblique pour former deux panneaux séparés d'épaisseur s'évasant longitudinalement. Complexe à mettre en oeuvre, ce procédé trouve vite des limites en ce qui concerne l'épaisseur maximale que l'on peut obtenir, et des éléments supplémentaires sont classiquement ajoutés pour former le pied de l'aube.

35 **[0007]** Le document US-A-5 636 440 décrit une technique de forgeage d'une barre métallique dans laquelle un refoulement a permis la mise en place de matière dans une zone de fort volume, destinée à fabriquer le pied. La barre forgée en pièce primaire est ensuite usinée. Néanmoins, ce mode de réalisation est limité par la puissance des moyens de production existants, notamment pour des pièces primaires externes destinées à la fabrication d'aubes de grandes dimensions.

40 **[0008]** Au vu des variations d'épaisseur, la fabrication des pièces externes destinées à constituer au moins partiellement la préforme d'aube entraîne donc une utilisation de matière avec pertes, qui peuvent générer des coûts importants, et de techniques d'usinage délicates, de sorte que ce procédé de fabrication de l'aube creuse n'est pas totalement optimisé.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

45 **[0009]** L'invention a pour but de proposer un procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine, remédiant au moins partiellement aux inconvénients mentionnés ci-dessus.

50 **[0010]** Plus précisément, sous l'un de ses aspects, l'invention concerne un procédé de fabrication d'une aube creuse dont l'étape de réalisation des pièces externes de la préforme d'aube permet la fabrication d'aube de grandes dimensions minimisant les pertes de matière et utilisant des usinages plus ou moins conventionnels et éprouvés, ce qui permet entre autres de ne pas augmenter les coûts de fabrication de façon significative par rapport à ceux rencontrés dans l'art antérieur.

55 **[0011]** En particulier, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication des pièces primaires utilisant le forgeage en matrice. Selon l'invention, ce forgeage est effectué en au moins deux étapes complémentaires successives en ce qui concerne le forgeage de finition, c'est-à-dire le forgeage qui aboutit à la réalisation de la pièce primaire elle-même.

[0012] La pièce primaire fabriquée par le procédé selon l'invention peut avoir une forme générale de plaque de rapport épaisseur sur largeur inférieur à 0,03, voire 0,025. De préférence, le forgeage est effectué à partir d'une barre, avec fabrication intermédiaire d'une ébauche dont la section est optimisée pour la puissance de la presse. Avantagusement,

chaque étape de forgeage est réalisée par une presse mécanique.

[0013] Selon l'invention, la fabrication des pièces primaires est intégrée à un procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine, comprenant pied et pale, et réalisée de préférence par soudage par diffusion et formage superplastique.

[0014] L'invention concerne sous un autre aspect un jeu de matrices adapté au forgeage en matrice en plusieurs frappes d'une pièce primaire, comprenant au moins une première matrice dont seule une partie a une forme complémentaire de la pièce primaire, l'autre partie correspondant à l'ébauche de départ, et une deuxième matrice correspondant à la pièce primaire elle-même. La zone de raccordement entre les deux parties de la première matrice est paramétrée de façon à obtenir une pièce primaire optimale, ne nécessitant pas d'usinage intense et/ou n'entraînant pas de perte de matière excessive.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0015] Les caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre et en référence aux dessins annexés, donnés à titre illustratif et nullement limitatifs, sur lesquels :

la figure 1 représente une aube creuse classique de turbomachine,
la figure 2 représente une préforme d'aube, telle qu'obtenue après soudage par diffusion ou telle que modélisée pour définir les pièces primaires,
les figures 3A-3D montrent un procédé de forgeage en matrice d'une pièce primaire,
les figures 4 représentent une pièce primaire qui peut être forgée par un procédé selon l'invention,
les figures 5 représentent une ébauche pour forger une pièce primaire par un procédé selon l'invention à partir par exemple d'une barre,
la figure 6A montre le produit issu d'une étape intermédiaire du forgeage de finition selon l'invention, les figures 6B et 6C représentant la matrice correspondante,
les figures 7A et 7B montrent des profils alternatifs de matrice selon l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0016] La figure 1 représente une aube creuse 1, du type aube de rotor de soufflante à grande corde, pour turbomachine (non représentée). De géométrie complexe, une telle aube, réalisée par exemple en titane ou un de ses alliages tel TA6V, comporte un pied 2 prolongé par une pale 4 dans une direction radiale. La pale 4, destinée à être placée dans la veine de circulation d'un flux d'air d'une turbomachine, est munie de deux surfaces extérieures, respectivement appelées surface d'extrados 6 et surface d'intrados 8, raccordées par un bord d'attaque 10 et un bord de fuite 12.

[0017] Pour fabriquer un tel profil complexe, on utilise, pour une aube creuse, de préférence le procédé de « soudage par diffusion et formage superplastique » (SPF/DB, de la dénomination anglo-saxonne « Super Plastic Forming / Diffusion Bonding »).

[0018] Quel que soit le procédé utilisé, la première étape consiste à modéliser le profil de l'aube 1 pour obtenir une préforme que l'on peut fabriquer par soudage de pièces primaires : les parois intrados 8 et extrados 6, ou leur représentation graphique, sont plaquées sur un même plan. Cette opération peut s'effectuer par simulation, en utilisant des moyens de CAO (conception assistée par ordinateur), par exemple comportant un dégonflage suivi d'un dévissage et d'un « décambrage », qui permet d'obtenir une préforme 14 telle qu'illustrée sur la figure 2.

[0019] Cette préforme 14, de longueur L et largeur moyenne 1, comporte une partie pied 16 qui est prolongée dans une direction radiale par une partie pale 18. Comme on peut le voir sur cette figure 2, la partie pied 16 dispose d'une portion interne 20 d'une épaisseur moyenne 2H élevée, qui est ultérieurement destinée à assurer la fixation de l'aube dans un disque de rotor de la turbomachine.

[0020] La partie pale 18 de la préforme 14 dispose d'une extrémité radialement interne 22 d'une épaisseur 2e et d'une extrémité radialement externe 24 d'une épaisseur 2e', plus faible généralement que l'épaisseur 2e. Cependant, la partie pale 18 de la préforme 14 est d'épaisseur sensiblement homogène sur sa longueur L.

[0021] Afin de fabriquer la préforme 14 (qui, pour une aube creuse 1, doit pouvoir être « gonflée » donc ne peut être constituée d'un seul bloc), des pièces primaires qui seront solidarisées sont définies. Il est possible de définir les pièces primaires de différentes façons à partir du bloc 14, la plus immédiate étant une section longitudinale selon l'axe AA, pour former au moins deux pièces primaires externes 26, 28.

[0022] Les pièces primaires 26, 28 ainsi définies ont un profil complexe, avec notamment une partie pied d'épaisseur H et une longue partie pale dont l'épaisseur varie de e à e'.

[0023] Selon l'invention, il est proposé pour réaliser une telle pièce primaire d'utiliser la technique de forgeage en matrice et usinage.

[0024] Le document US-A-5 636 440 présente une telle technique, schématisée dans les figures 3 : une barre 30 de

dimensions adéquates pour réaliser les pièces primaires 26 subit des opérations de refoulage (figure 3B) permettant la mise en place de matière dans des zones de fort volume 32 destinées par exemple à former la partie pied 16 de la pièce primaire 26. Ensuite, un forgeage de la barre refoulée 30b permet d'obtenir la pièce primaire elle-même.

[0025] Classiquement, le forgeage de la barre refoulée 30b a lieu en deux étapes en raison des forces mises en jeu et de la puissance nécessaire correspondante : la presse forme d'abord une ébauche 34 à partir d'une première matrice (forgeage de l'ébauche, ou « première frappe », figure 3C), ce qui permet de répartir la matière de façon à limiter l'effort de forgeage final. Le « forgeage de finition » (figure 3D) avec une deuxième matrice permet d'obtenir une pièce primaire 26 pratiquement plane sur chaque surface et que l'on peut ensuite usiner pour la mise en forme de l'aube, par exemple par SPF/DB. Les matrices correspondent à la forme des pièces obtenues, c'est-à-dire sont de forme complémentaire à l'ébauche 34 ou à la pièce primaire 26.

[0026] Malgré la mise en oeuvre de deux étapes de forgeage, l'homme du métier se trouve confronté à une impossibilité matérielle d'augmenter les dimensions des pièces fabriquées sans les épaissir fortement : la puissance nécessaire pour forger une plaque croît de façon quasi-exponentielle avec la largeur de la plaque à épaisseur constante, c'est-à-dire qu'à taille de plaque constante, plus l'épaisseur diminue, plus la presse doit exercer de force, et ce dans un rapport exponentiel.

[0027] Or, au vu notamment des soufflantes à large diamètre développées pour les gros porteurs, la technique de forgeage en matrice trouve ses limites car les dimensions des pièces primaires peuvent être par exemple doublées. Comme l'épaisseur reste faible, en particulier inférieure au centimètre, le rapport épaisseur sur largeur des pièces primaires devient trop important : l'effort de forgeage nécessite alors une puissance incompatible avec une rentabilité économique. De fait, les presses mécaniques qui seraient requises ne se trouvent parfois même pas sur le marché.

[0028] Par exemple en effet, la pale 4 peut atteindre de l'ordre de 1 m à 1,2 m en longueur L pour une largeur 1 de l'ordre de 500 mm à 700 mm, par exemple 600 mm. Il apparaît rapidement que le rapport épaisseur sur largeur $e/1$ de la partie pale 14 de la pièce primaire 26 peut descendre jusqu'à vers $e/1 = 0,02$ si on souhaite limiter les coûts en matière première et en usinage final pour une aube 1 de profil classique ; même une puissance de l'ordre de 15 000 t ne permet pas d'atteindre un tel résultat. Or les presses mécaniques de puissance 16 000 t sont déjà des exceptions et seuls très peu d'exemplaires sont actuellement disponibles dans le monde. Il n'apparaît pas envisageable matériellement ou économiquement de concevoir une presse mécanique de puissance très supérieure et capable de produire les pièces susmentionnées.

[0029] Les presses hydrauliques peuvent certes apporter la puissance requise ; cependant, elles s'avèrent lentes (de l'ordre de 10 s pour assurer le forgeage en matrice), ce qui implique un refroidissement du matériau à forger, et nécessiterait d'utiliser des matrices chaudes. Le coût ici encore devient rédhibitoire.

[0030] L'invention propose un procédé dans lequel la pièce primaire externe est forgée en plusieurs opérations de finition par forgeage en matrices distinctes. Ainsi, la pièce primaire peut-elle correspondre à la modélisation réalisée de prime abord, par exemple par CAO, et les masses initiales de matière mises en jeu sont réduites, tout comme les opérations d'usinage. De plus, les procédés de forgeage éprouvés industriellement, et notamment les presses déjà mises en oeuvre, peuvent être utilisés, ce qui limite les coûts.

[0031] Les opérations de finition sont réalisées par des forgeages en matrice complémentaires, c'est-à-dire que chaque partie de la pièce primaire est soumise à la pression de forgeage une fois pour la finition, mais que plusieurs étapes sont nécessaires pour forger les différentes parties. Cependant, bien que fabriquée en plusieurs étapes, la pièce primaire issue du procédé selon l'invention ne nécessite pas d'usinage supplémentaire important pour la finition de sa surface par rapport à une pièce primaire réalisée en une frappe.

[0032] Tel que représenté sur la figure 4A montrant une pièce primaire 40 telle que fabriquée par un procédé selon l'invention, on définit ainsi arbitrairement plusieurs portions de la pièce primaire 40. Dans la figure 4A, une première portion 42 et une deuxième portion 44 correspondent à une moitié de la pièce primaire 40 dans le sens de la longueur L. La matrice de forgeage exercera selon l'invention une action sur l'une des portions 42, 44 à la fois. Avantagusement, au vu des dimensions mises en oeuvre pour les aubes de soufflante de grande dimension, la pièce primaire 40 comprend une deuxième protubérance 46 à son autre extrémité par rapport à la partie pied 48. Cette protubérance 46 permet de limiter l'expansion longitudinale lors de la phase de forgeage ; elle est de préférence de volume inférieur à la partie pied 48 et peut être facilement éliminée lors de l'usinage final. A l'exception de ces deux parties, la pièce primaire 40 est sensiblement sous forme de plaque plane, pour au moins 80 %, voire 90 %, de sa surface.

[0033] Tel que schématisé sur la figure 4B, la pièce primaire 40' peut présenter une forme complexe en surface, par exemple en sabre, et la protubérance 46' peut être localisée dans la première portion 42'. Les portions 42', 44' ne sont pas nécessairement définies perpendiculairement à la longueur L.

[0034] Selon l'invention et tel que vu sur les figures 3, on peut partir d'une barre d'un alliage de titane comme TiAlv dont les dimensions sont appropriées pour réaliser l'ébauche de la pièce primaire 40, par exemple une barre 30 de diamètre 100 mm et de longueur 1200 mm.

[0035] Avantagusement, tout au long du procédé, les barres ou leurs dérivés comme les ébauches sont chauffés à une température comprise entre 880°C et 950°C, et l'outillage de mise en forme est chauffé à une température comprise

entre 200°C et 300°C.

[0036] Une ou plusieurs opérations de refoulement classique permettent la mise en place de matière supplémentaire dans des zones à fort volume. Dans le cas présent, avantageusement, les opérations de refoulement peuvent donc créer deux zones à fort volume, pour la protubérance 46 et la partie pied 48.

[0037] Ensuite, on procède à une étape de forgeage en matrice de l'ébauche 50 schématisée en figures 5A et 5B. Afin de limiter l'effort de forgeage pour sa production, l'ébauche 50 est formée avec des sections transversales de forme trapézoïdale ou hexagonale comme représenté : en effet, les forces de frottement sont alors minimales et les dimensions L_e , le obtenues par rapport à l'épaisseur moyenne sont optimales. Une autre possibilité concerne des sections ovoïdes. La matrice utilisée à cette étape possède, tel qu'il l'est connu, une forme complémentaire de la forme de l'ébauche 50, et est fabriquée selon un procédé classique.

[0038] Les dimensions de la matrice, c'est-à-dire de l'ébauche 50, sont paramétrées de façon à utiliser la puissance maximale de la presse que l'on envisage d'utiliser : longueur L_e , largeur l_e et épaisseurs e , E sont le plus proche possible des dimensions de la pièce primaire 40, tout en n'excédant pas les capacités de la presse.

[0039] L'ébauche 50 est ensuite forgée une première fois, au moyen d'une première matrice définie de manière à produire en première frappe une pièce intermédiaire 52 (ou ébauche intermédiaire) représentée sur la figure 6A comprenant une première portion correspondant à la première portion 42 de la pièce primaire 40, avec par exemple la partie pied 48, et une deuxième portion 54 correspondant à l'ébauche qui n'est pas modifiée et est destinée à être la deuxième portion 44 de la pièce primaire 40. La première matrice 60 schématisée en figure 6B comprend ainsi une première partie 62 de forme complémentaire à la première portion 42 de la pièce primaire 40, et une deuxième partie 64 complémentaire de la partie non modifiée de l'ébauche 54, c'est-à-dire similaire à la matrice utilisée pour le forgeage d'ébauche 50. Les dimensions de la première partie 62 peuvent être définies de sorte que la surface forgée (première portion 42 de la pièce primaire) corresponde à la puissance maximale de la presse utilisée.

[0040] Une seconde frappe consiste à forger la portion laissée en ébauche 54, afin d'obtenir à la fin de ce forgeage de finition une pièce primaire 40 telle que prédéfinie, et dont le rapport épaisseur/largeur est tel que la matière mise en oeuvre et les usinages finaux pour l'aube sont réduits. La matrice utilisée pour cette étape correspond à la pièce finale 40.

[0041] En général, deux étapes pour le forgeage de finition sont suffisantes pour les aubes de grande dimension. Toutefois, il est possible de répéter ces étapes n fois si nécessaire en raison des dimensions de la pièce à forger, avec $n - 1$ ébauches intermédiaires.

[0042] Les matrices de finition 60, exceptée la dernière qui correspond à la pièce primaire, comprennent ainsi une première partie 62 dont la forme est complémentaire de la pièce primaire 40 (c'est-à-dire plane à l'exception de la partie pied 48 et de la protubérance de renfort 46) et sur laquelle la pression va s'exercer, et une deuxième partie 64 correspondant à l'ébauche 50, de forme par exemple ovoïde ou trapézoïdale, qui ne transmettra pas les efforts de la presse au métal de la pièce forgée.

[0043] Entre la première partie 62 et la deuxième partie 64 de la matrice 60 se trouve une zone de raccordement 66 dont le profil est déterminé de façon à permettre lors de la frappe suivante un raccord « lisse » ou sans bavure entre les différentes portions 42, 44 de la pièce primaire 40, afin ainsi de minimiser les coûts d'usinage.

[0044] En particulier, la zone de raccordement 66 est schématisée sur les figures 6B et 6C : de façon surprenante, les calculs et les expériences ont montré que la zone de raccordement 66 entre une section d'ébauche 64 trapézoïdale ou hexagonale et une partie finie en forme de plaque plane 42 est linéaire tant en épaisseur qu'en largeur, ou forme un gradient.

[0045] Ainsi par exemple, pour une pièce primaire sous forme de plaque 42 de largeur l et d'épaisseur e , la section trapézoïdale vérifie $l_e = \alpha l$, et $E = e(2 - \alpha)/\alpha$, avec le largeur de l'ébauche et E épaisseur de l'ébauche à l'endroit le plus épais, α étant un coefficient de forme habituellement compris entre 0,5 et 0,9.

[0046] Dans la zone de raccordement 66 qui est de longueur d , à tout endroit situé à une distance d_p de la partie ébauche 64, on a une largeur de raccordement l_p et une épaisseur comprise entre e et E_p . Afin de conserver la section d'ébauche et d'obtenir un raccordement progressif, on a :

$$\blacksquare l_p = l_e + 2\Delta l$$

$$\blacksquare \Delta l = d_p (l - l_e) / 2d, \text{ avec } d = 0, 15 (l + l_e), 0,15 \text{ étant un coefficient de forme arbitraire}$$

$$\blacksquare \tan \theta = (E - e) / l_e$$

$$\blacksquare (E - E_p)^2 = E_p (4 \cdot \Delta l \cdot \tan \theta), E \text{ et } 4\Delta l \cdot \tan \theta \text{ étant constantes}$$

[0047] On peut par exemple choisir les valeurs données dans le tableau ci-dessous :

EP 1 629 906 A1

e = 5 mm ; $\alpha = 0,7$; l = 250 mm ; $\theta = 1,4^\circ$; $l_e = \alpha.l = 175$ mm ; d = 0,15 (l + l_e) = 63,75 mm						
dp	10	20	30	40	50	60
Ep	7,2	6,5	6,3	5,6	5,3	5
Δl	6,25	12,5	18,75	25	31,25	37,5

[0048] Bien que représenté dans le cas où la première et la deuxième portions 42, 44 de la pièce primaire 40 en représentent chacune une moitié dans le sens longitudinal, d'autres configurations sont possibles. Ainsi par exemple, des configurations de matrices présentées sur les figures 7 sont envisageables. De même, on peut envisager trois matrices pour trois frappes de finition.

[0049] Une fois réalisées, les pièces primaires externes 26, 28 sont assemblées en une préforme 14 et solidarisées, éventuellement, suivant la taille de l'aube, les contraintes qui lui seront appliquées, ... avec une pièce primaire de maintien sensiblement sous forme de tôle insérée entre elles et destinée à raidir la structure creuse. Avantageusement, les pièces sont assemblées par soudage par diffusion. Ensuite, la préforme 14, éventuellement mise au profil aérodynamique, est usinée pour obtenir une aube 1. De façon préférée, cette étape est réalisée par un gonflage par pression gazeuse et un formage superplastique, selon les conditions connues dans la technique SPF/DB.

[0050] Grâce au procédé selon l'invention, il est donc possible de fabriquer une aube et une préforme d'aube de grandes dimensions avec des matériels d'usinage paramétrés pour les aubes de plus petites dimensions. Plus généralement, le procédé selon l'invention permet d'utiliser une presse existante pour fabriquer une plaque de dimensions supérieures, par exemple le double, de celles autorisées par la puissance nominative de la presse.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une aube (1) creuse pour turbomachine comprenant un pied (2) et une pale (4), ledit procédé comprenant :

- une étape de réalisation de deux pièces primaires externes au moins (26, 28), une première pièce primaire au moins comprenant une première portion (42) et une deuxième portion (44), étape comprenant un forgeage de finition en matrice (60) de la première pièce primaire (40) par une presse effectué en au moins deux étapes successives et complémentaires pour la première portion (42) puis la deuxième portion (44) de la pièce primaire ; et

- une étape de soudage par diffusion des deux pièces primaires externes (26, 28) pour réaliser une préforme d'aube (14), la préforme d'aube disposant d'une partie pale (18) et d'une partie pied (16).

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les deux pièces primaires externes comprennent une première portion et une deuxième portion et subissent un forgeage de finition en deux étapes successives et complémentaires pour les première puis deuxième portions.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel la presse est mécanique.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel le forgeage de finition est effectué à partir d'une ébauche (50) de la pièce primaire.

5. Procédé selon la revendication 4 comprenant le forgeage en matrice de l'ébauche (50) à partir d'une barre (30) avant le forgeage de finition.

6. Procédé selon la revendication 5 dans lequel la même presse est utilisée pour le forgeage de l'ébauche et chaque étape du forgeage de finition.

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6 dans lequel l'ébauche (50) est de section trapézoïdale, hexagonale ou ovoïde.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 dans lequel au moins 90 % de la pièce primaire (26) subissant un forgeage de finition en deux étapes successives et complémentaires a sensiblement une forme de plaque plane dont le rapport épaisseur sur largeur e/l inférieur à 0,025, le forgeage s'effectuant dans la direction de l'épaisseur.

EP 1 629 906 A1

9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 8 dans lequel l'étape d'assemblage par soudage par diffusion des deux pièces externes (26, 28) est suivie d'un gonflage par pression gazeuse et formage superplastique de ladite préforme (14).

5 10. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 9 comprenant la réalisation d'une troisième pièce primaire de maintien, la préforme (14) étant constituée des deux pièces primaires externes (26, 28) encadrant la pièce primaire de maintien.

10 11. Jeu de matrices de forgeage d'une pièce primaire (40) comprenant une première portion (42) et une deuxième portion (44), à partir d'une ébauche (50) comprenant :

- une première matrice (60) comprenant une première partie (62) correspondant à la première portion (42) de la pièce primaire, une deuxième partie (64) correspondant à l'ébauche (54), et une zone de raccordement (66) entre la première et la deuxième partie de la matrice ;
- 15 - une deuxième matrice correspondant à la pièce primaire (40).

12. Jeu de matrices selon la revendication 11 dans lequel la zone de raccordement (66) entre la première partie (62) et la deuxième partie (64) de la première matrice (60) définit un gradient.

20 13. Jeu de matrices selon l'une des revendications 11 à 12 comprenant une troisième matrice correspondant à l'ébauche (50).

25

30

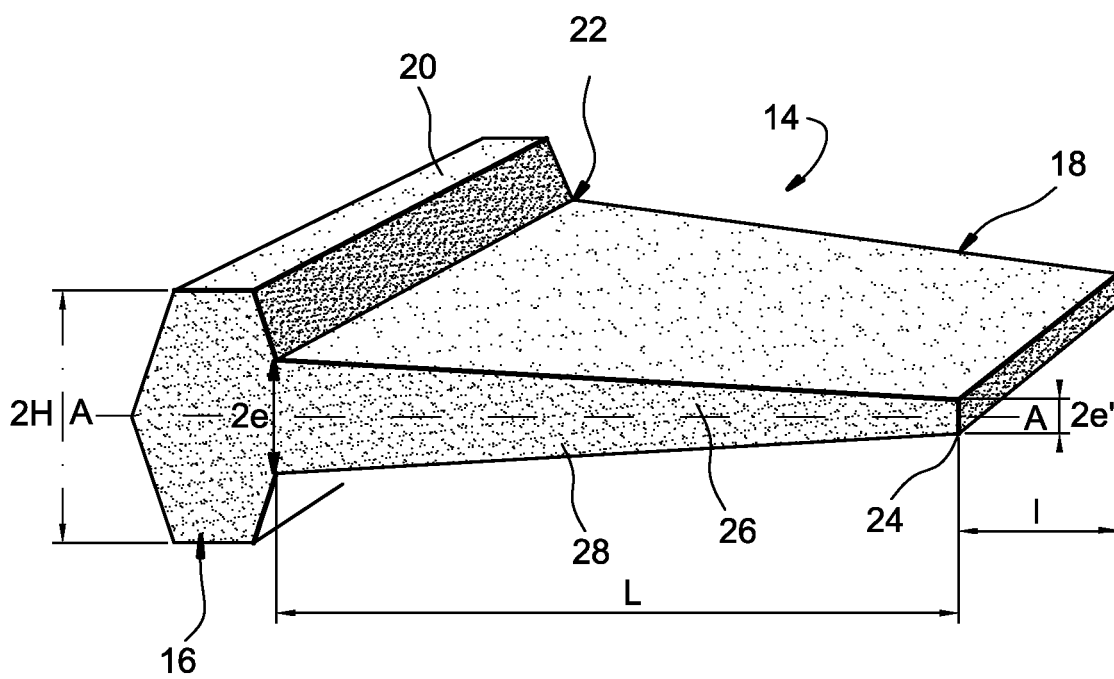
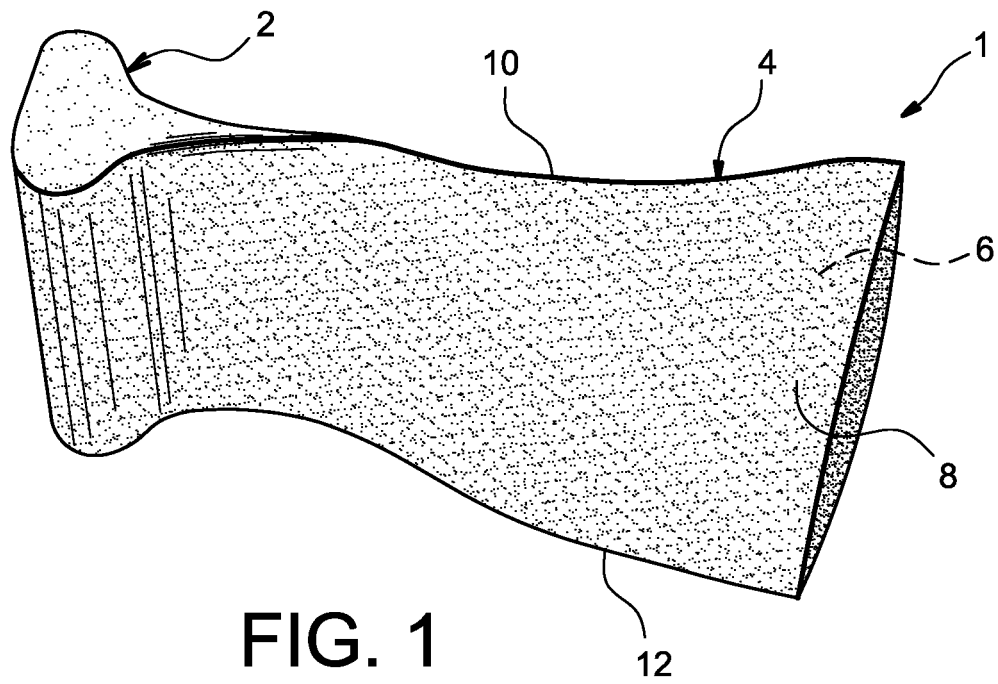
35

40

45

50

55



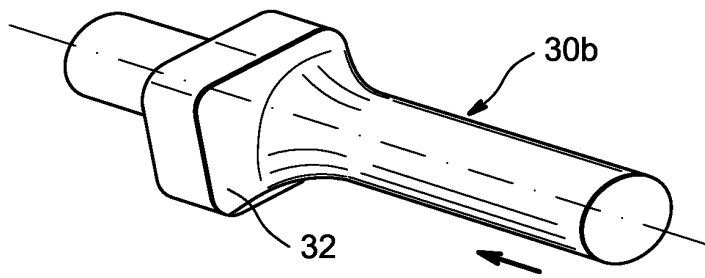
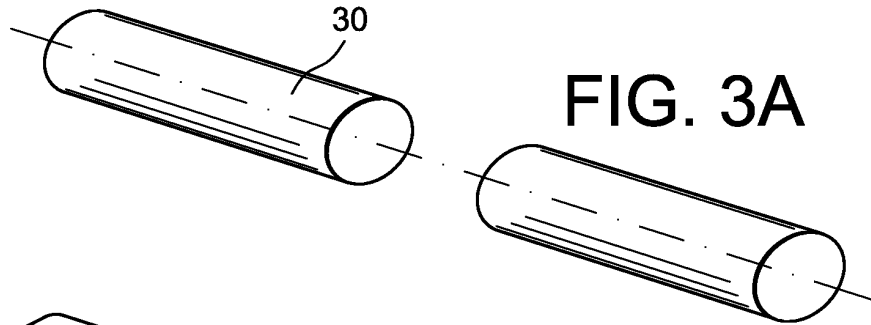


FIG. 3B

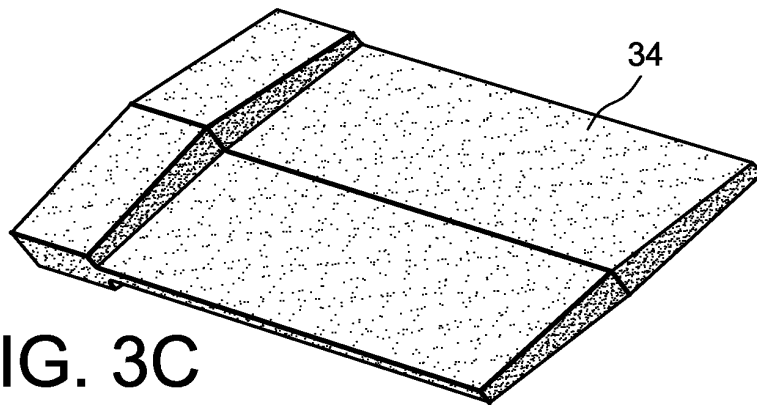


FIG. 3C

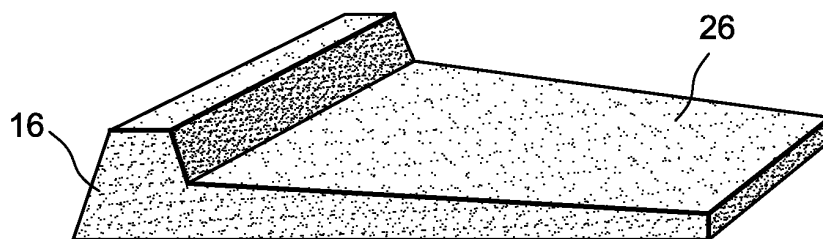


FIG. 3D

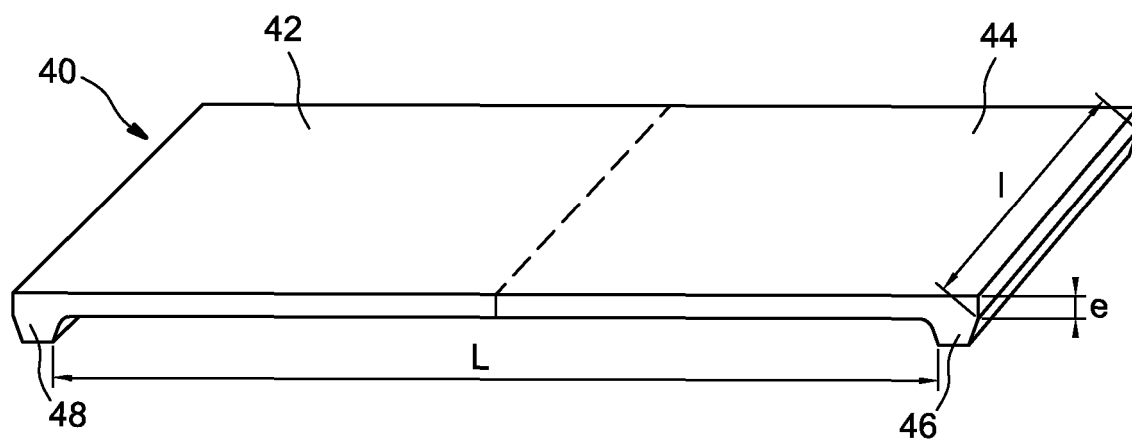


FIG. 4A

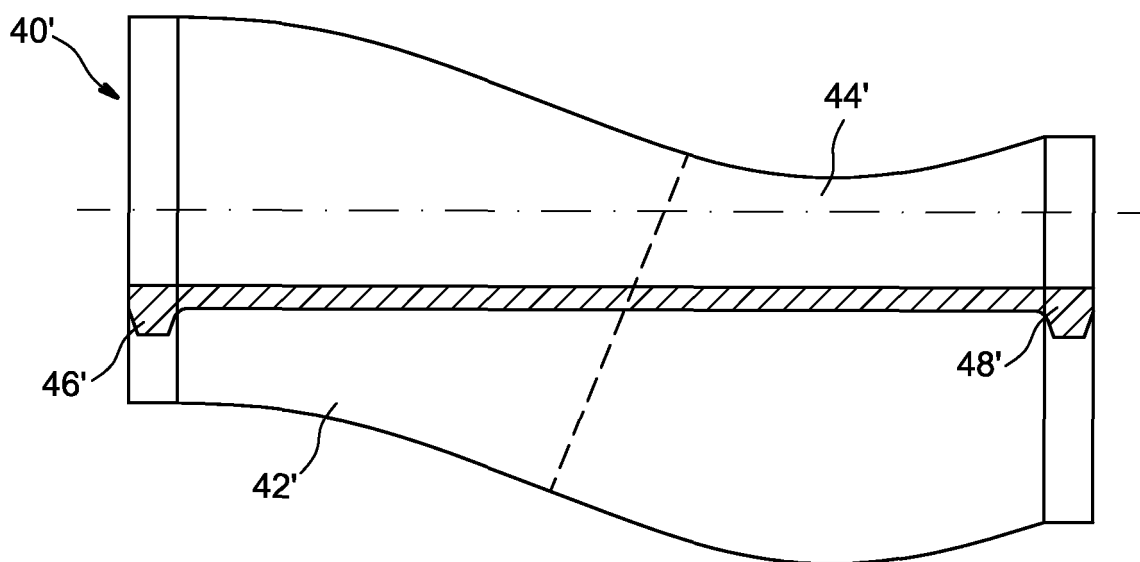


FIG. 4B

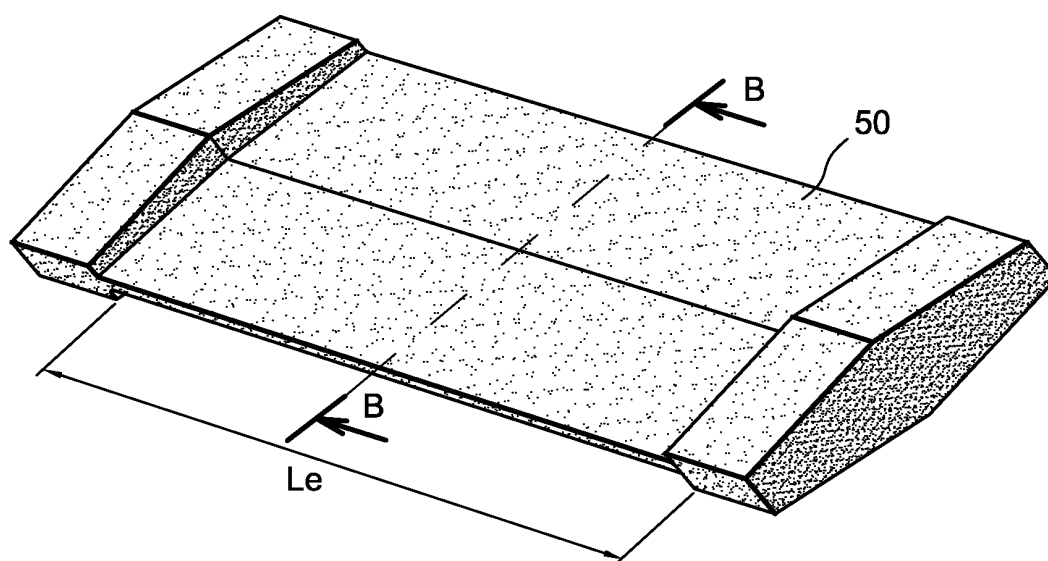


FIG. 5A

FIG. 5B

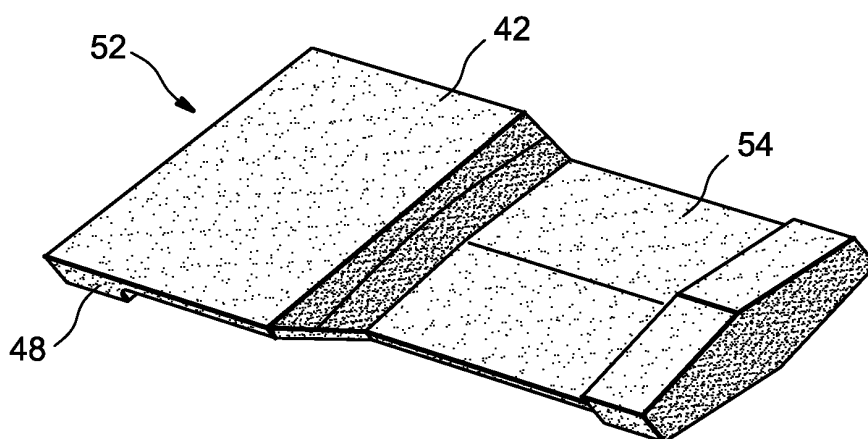
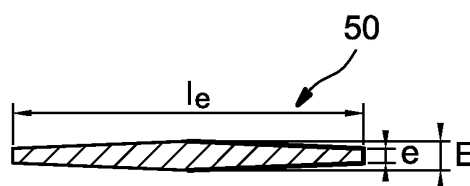


FIG. 6A

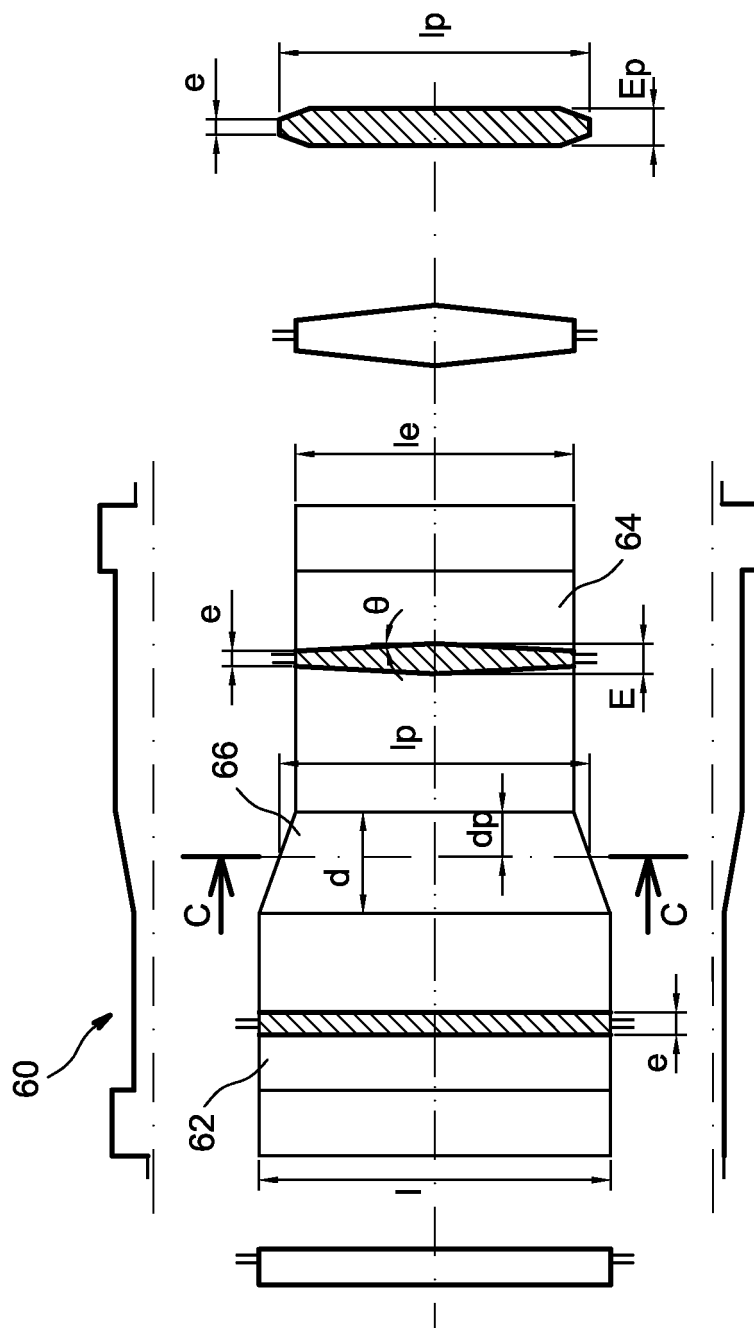


FIG. 6C

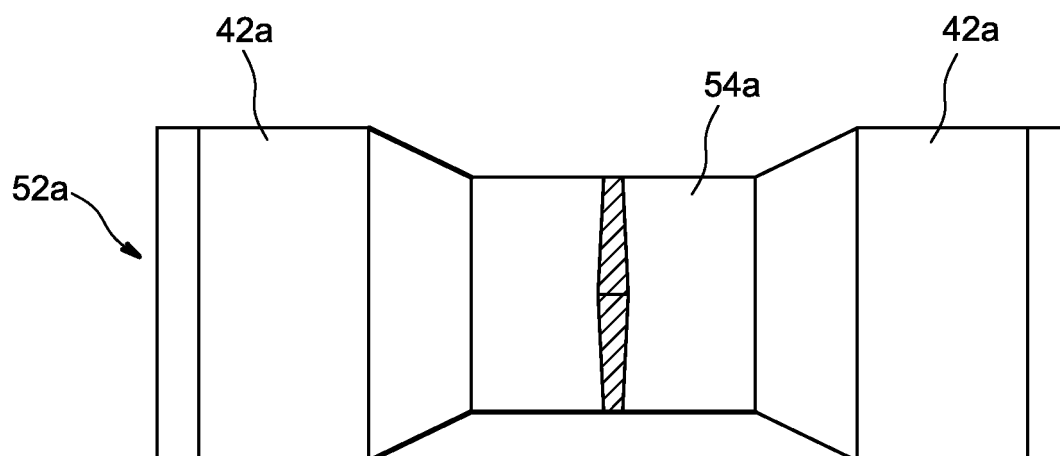


FIG. 7A

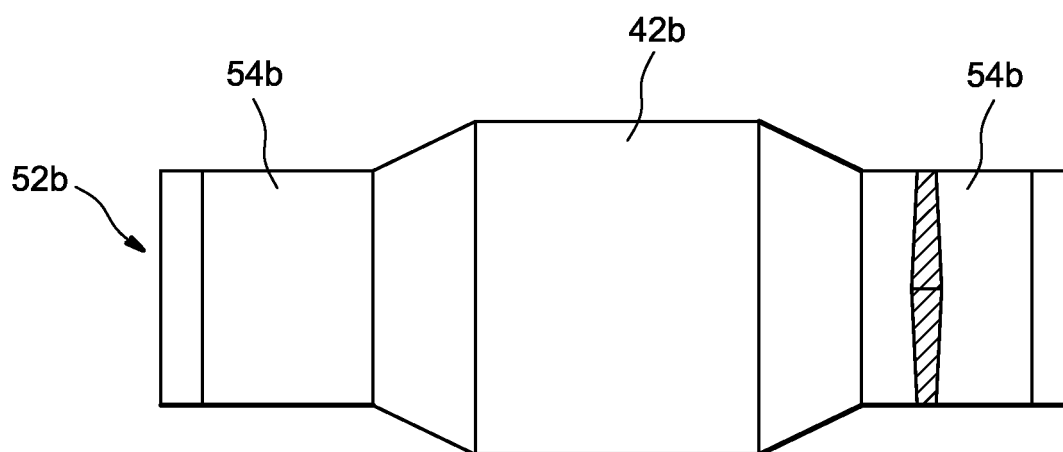


FIG. 7B



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
D,Y	US 5 636 440 A (BICHON ET AL) 10 juin 1997 (1997-06-10) * colonne 4, ligne 10 - ligne 57; revendication 1; figures *	1-10	B21K3/04 B23P15/04 B21J5/00
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 069 (M-0932), 8 février 1990 (1990-02-08) & JP 01 289531 A (NIPPON STEEL CORP), 21 novembre 1989 (1989-11-21) * abrégé *	1-10	
X		11,12	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 271 (M-0983), 12 juin 1990 (1990-06-12) & JP 02 080149 A (AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL), 20 mars 1990 (1990-03-20) * abrégé; figures *	11-13	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 013 (M-918), 11 janvier 1990 (1990-01-11) & JP 01 258839 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 16 octobre 1989 (1989-10-16) * abrégé; figures *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B21K B23P B21J B21D
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		21 novembre 2005	Barrow, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

2

EPO FORM 1503 03.92 (P04C02)

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

EP 05 10 7652

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.

21-11-2005

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5636440 A	10-06-1997	AT 187370 T	15-12-1999
		CA 2157643 A1	08-03-1996
		DE 69513754 D1	13-01-2000
		DE 69513754 T2	29-06-2000
		EP 0700738 A1	13-03-1996
		ES 2139860 T3	16-02-2000
		FR 2724127 A1	08-03-1996
		IL 115123 A	30-11-1999
		JP 3305927 B2	24-07-2002
		JP 8189303 A	23-07-1996
JP 01289531 A	21-11-1989	AUCUN	
JP 02080149 A	20-03-1990	JP 1617207 C	12-09-1991
		JP 3000136 B	07-01-1991
JP 01258839 A	16-10-1989	AUCUN	

EPO FORM P0480

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