



⑫

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : **92400435.1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **B21D 26/02**

㉔ Date de dépôt : **19.02.92**

③① Priorité : **20.02.91 FR 9102007**

④③ Date de publication de la demande :  
**26.08.92 Bulletin 92/35**

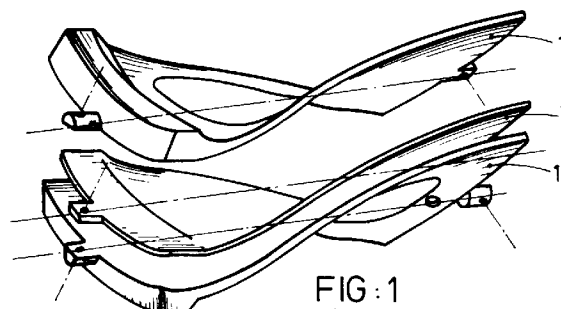
⑧④ Etats contractants désignés :  
**DE FR GB IT**

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 : **Collot, André Claude Félix  
16 Rue des Noyers  
F-91540 Mennecy (FR)**  
Inventeur : **Sohier, Bernard Philippe Cornil  
3 Allée de Port Cros  
F-77176 Savigny le Temple (FR)**  
Inventeur : **Varela, Danilo  
32 Rue des Fontenelles  
F-92310 Sevres (FR)**

⑤④ **Procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine.**

- ⑤⑦ Une aube creuse pour turbomachine telle qu'une aube de rotor de soufflante à grande corde est fabriquée selon le procédé comportant les étapes suivantes :
- fabrication des pièces primaires comprenant deux tôles extérieures (1) et au moins une tôle centrale (7),
  - cambrage/vrillage des dites pièces (1,7),
  - mise en place de barrières de diffusion sur la tôle centrale (7),
  - assemblage et mise en place sur outillage (14),
  - soudage-diffusion puis gonflage sous pression de gaz et formage superplastique des zones sélectionnées,
  - finition.



La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine.

Les avantages découlant de l'utilisation d'aubes à grande corde pour les turbomachines sont apparus notamment dans le cas des aubes de rotor de soufflante des turboréacteurs à double flux. Ces aubes doivent répondre à des conditions sévères d'utilisation et posséder notamment des caractéristiques mécaniques suffisantes associées à des propriétés antivibratoires et de résistance aux impacts de corps étrangers. L'objectif de vitesses suffisantes en bout d'aube a en outre amené à rechercher une réduction des masses. Ce but est notamment atteint par l'utilisation d'aubes creuses.

FR-A-1 577 388 donne un exemple de réalisation d'une aube composée de deux éléments de paroi entre lesquels est disposée une structure en nids d'abeille, ces éléments de paroi étant constitués notamment en alliage de titane et étant formés au profil et à la forme désirés par pressage à chaud.

On connaît également par FR-A-2 286 688 et FR-A-2 304 438 un procédé de réalisation d'une structure métallique à partir de plusieurs pièces comportant une opération de formage par superplasticité, à haute température, en appliquant la pression d'un fluide inerte dans un outillage adapté, associée à un soudage par diffusion.

Le but de l'invention est d'appliquer à la réalisation de pièces possédant une structure à au moins trois tôles et ayant si besoin une distribution contrôlée des masses par rapport à un champ centrifuge dans le cas de pièces tournantes, une méthode alternative de procédé de fabrication permettant notamment d'obtenir des aubes de soufflante à grande corde.

Un procédé de fabrication répondant à ces conditions comporte les étapes suivantes :

- a)- fabrication des pièces primaires comprenant deux tôles extérieures et au moins une tôle centrale,
- b)- formage à chaud consistant en cambrage et vrillage des pièces obtenues à l'étape précédente (a) au profil prévu ;
- c)- mise en place sur la tôle centrale des barrières de diffusion ;
- d)- Assemblage et mise en place sur outillage ;
- e)- soudage-diffusion aux endroits choisis lors de l'étape (c) ;
- f)- gonflage sous pression de gaz et formage superplastique des zones sélectionnées ;
- g)- finition.

Suivant les applications, une tôle centrale unique ou deux tôles centrales peuvent être utilisées.

Avantageusement, les tôles extérieures peuvent être obtenues par formage à chaud à partir de pièces à épaisseur dégressive ou par formage/refoulement en utilisant des procédés connus en soi de forgeage à matrice chaude ou de forgeage isotherme. La ou les tôle(s) centrale(s) peut être usinée chimiquement, soit

au stade de pièce primaire à l'étape (a) du procédé, soit après l'étape (b) avant mise en place des barrières de diffusion.

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

- la figure 1 représente une vue schématique en perspective des pièces constitutives de l'aube, selon le procédé de fabrication conforme à l'invention,
- la figure 2 montre une tôle centrale à épaisseur variable,
- les figures 3A et 3B représentent schématiquement des détails de réalisation de la tôle représentée sur la figure 2,
- la figure 4 représente selon une vue en perspective une tôle centrale revêtue des barrières de diffusion,
- la figure 5 représente un schéma de l'assemblage final des pièces selon une vue en perspective,
- la figure 6 représente l'opération de soudage-diffusion des pièces,
- la figure 7 représente l'opération de gonflage et formage superplastique des renforts internes de la pièce,
- les figures 8 et 9 montrent des variantes de réalisation d'aubes représentées schématiquement en coupe.

Dans un procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine selon un déroulé des opérations conforme à l'invention et schématiquement représenté sur les figures 1 à 7, la figure 1 montre un exemple de deux tôles extérieures 1 équipées de tétons 2, et d'une tôle centrale 7 constituant les pièces primaires de l'aube. Le mode de fabrication de ces pièces primaires fait appel à des techniques connues en soi.

La figure 1 montre lesdites pièces 1 et 7 après une opération de cambrage/vrillage selon une technique connue de formage à chaud utilisant un outillage non représenté sur les dessins.

En variante, avant cambrage/vrillage, une opération d'usinage chimique peut être effectuée sur la tôle centrale 7 en vue d'obtenir sur l'aube une répartition déterminée des masses par contrôle des épaisseurs.

Selon les applications, il peut être avantageux d'effectuer l'usinage chimique de la tôle centrale 7 selon les schémas des figures 2, 3A et 3B après l'opération de cambrage/vrillage. Dans ce cas, un usinage chimique est effectué pour obtenir une tôle à épaisseurs variables. Les figures 3A et 3B représentent ladite tôle 7 après usinage chimique en montrant des coupes selon une direction perpendiculaire aux bords de l'aube à obtenir ou selon une direction parallèle à ces bords. On peut notamment obtenir sur la tôle centrale 7 trois zones d'épaisseur 7a, 7b et 7c, comme

indiqué sur les figures 2 et 3A et/ou des zones d'épaisseur variable dans la direction perpendiculaire, suivant la figure 3B.

Ces opérations sont réalisées suivant les techniques connues d'usinage chimique, notamment en utilisant des masquages, découpes au laser...

Ladite tôle centrale 7 est ensuite revêtue de barrières de diffusion délimitant des zones 12 de soudage, comme représenté sur la figure 4. Les zones d'application des barrières de diffusion sont délimitées à l'aide d'un masque qui peut être soit un outillage rigide ou souple, soit un dépôt adhérent à la surface d'un matériau adéquat connu en soi, qui sera découpé ou pelé, constituant une barrière de diffusion au cours du soudage et démasquage.

On procède ensuite à un assemblage final des éléments constitutifs de l'aube 11 à obtenir : tôles extérieures 1 et tôle centrale 7. Les tétons 2 d'assemblage sont utilisés, comme représenté sur la figure 5. Cette opération d'assemblage comporte également la préparation de l'ensemble 11 pour les opérations suivantes.

La figure 6 schématise la mise en place de l'ébauche d'aube 11 sur un outillage 14 qui comporte des arrivées 15 de gaz de mise sous pression et des dispositifs adéquats d'étanchéité. Dans l'exemple représenté, l'étanchéité entre intérieur et extérieur de l'outillage est réalisée par un joint séparé 16 et l'étanchéité entre l'intérieur de l'aube et l'intérieur de l'outillage est assurée au moyen d'une soudure périphérique de la pièce, comme indiqué en 13 sur la figure 5. En fonction de l'outillage utilisé, les étanchéités, d'une part, de l'outillage par rapport à l'extérieur et, d'autre part, de l'intérieur de l'aube par rapport à l'intérieur de l'outillage peuvent être assurées à l'aide d'un joint directement produit par fluage et soudage-diffusion du contour extérieur de la pièce. Dans ce cas, l'empreinte du joint sera éliminée lors de la finition par usinage. L'opération de soudage-diffusion est réalisée au four. Dans un exemple d'application à des pièces en alliages de titane, l'opération est réalisée à une température de 930°C et un gaz neutre, tel que l'argon, est utilisé pour obtenir la mise en pression des pièces tel que schématisée par les flèches 17. Dans un exemple de réalisation, la pression appliquée est de 4MPa. Les soudures 18 entre la tôle centrale 7 et les tôles extérieures 1 sont disposées de manière alternative d'un côté et de l'autre, comme représenté sur la figure 6.

L'aube 11 est ensuite maintenue en place sur l'outillage unique 14 pour réaliser l'opération de gonflage et formage superplastique sous pression d'argon en utilisant le collecteur de gaz qui a été précédemment mis en place et les arrivées de gaz ménagées lors de l'opération précédente d'usinage chimique de la tôle centrale 7 et lors de la mise en place de l'aube 11 sur l'outillage 14. L'aube 11 au cours de cette opération prend ainsi sa forme interne

définitive telle que représentée sur la figure 7.

Il reste ensuite à obtenir une forme définitive de l'aube 11 par une finition, notamment par usinage avec découpe de la périphérie et enlèvement des attaches et finition des bords d'attaque et bord de fuite de l'aube 11 et finition du pied d'aube, ces techniques étant connues en soi. On notera que les bords d'attaque et de fuite de l'aube peuvent, avant finition, avoir une configuration proche de la forme définitive.

Le procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine qui vient d'être décrit peut être appliqué sans sortir du concept de l'invention à des aubes comportant des variantes de réalisation. Notamment, au lieu d'une tôle centrale 7 unique, plusieurs tôles centrales peuvent être utilisées. L'une au moins de ces tôles centrales a une surface continue comme la tôle 7 entrant dans la réalisation qui a été décrite précédemment en référence aux figures 1 à 7. On peut en outre utiliser une ou plusieurs tôles intermédiaires supplémentaires présentant par exemple une partie évidée au centre de manière à renforcer notamment les bords de l'aube obtenue.

Selon un autre mode de réalisation, deux tôles centrales peuvent être utilisées de manière à obtenir une structure d'aube telle que représentés schématiquement en coupe sur la figure 8 où les tôles extérieures 1 sont associées à deux tôles centrales 19 et 20. Suivant les applications, d'autres structures peuvent être recherchées telles que représentées sur la figure 9. Dans tous les cas des liaisons par soudage-diffusion sont établies entre les différentes tôles et une opération de gonflage sous pression de gaz et formage superplastique est également appliquée, conformément à l'invention, après que l'ensemble ait été soumis à une opération de cambrage/vrillage.

On note également que la solution proposée permet éventuellement d'utiliser un matériau différent pour les tôles centrales et pour les tôles extérieures dont le matériau peut, notamment, ne pas avoir les mêmes propriétés de superplasticité que celui des tôles centrales.

## Revendications

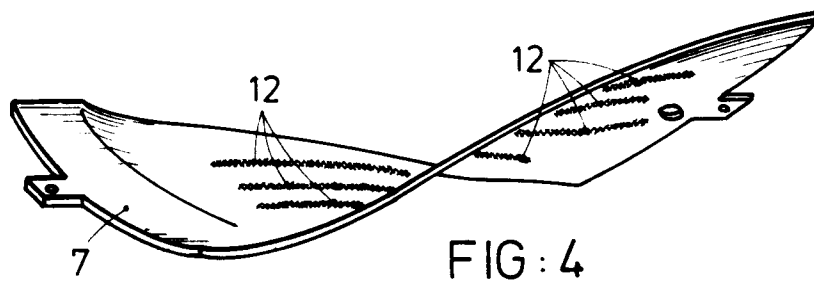
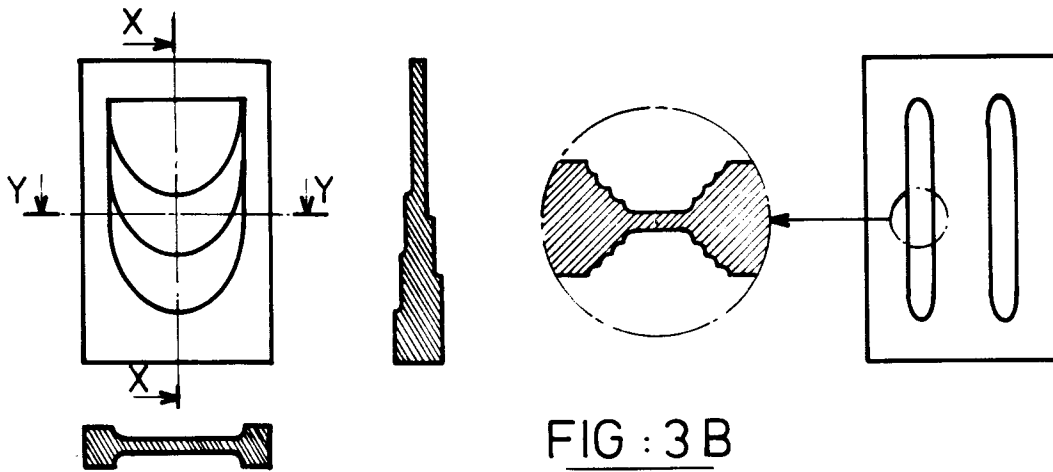
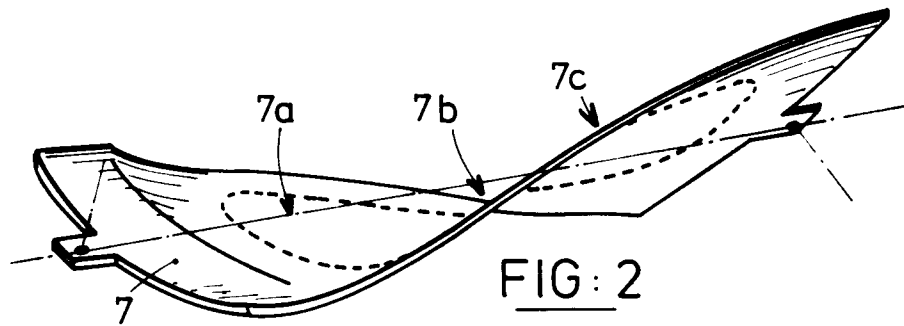
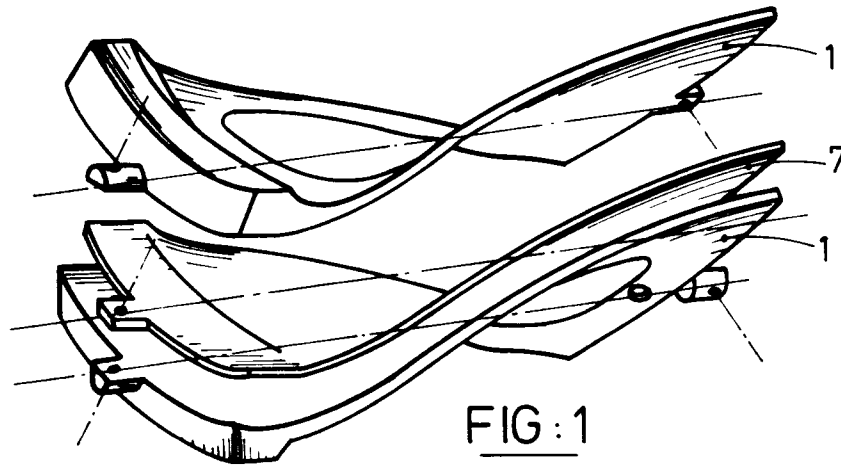
1. Procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine, notamment une aube de rotor de soufflante à grande corde comportant les étapes suivantes :
  - (a) -fabrication des pièces primaires comprenant deux tôles extérieures (1) et au moins une tôle centrale (7),
  - (b) -formage à chaud consistant en cambrage et vrillage des pièces (1,7) obtenues à l'étape précédente (a) au profil prévu,
  - (c) -mise en place sur la tôle centrale (7) des barrières de diffusion,
  - (d) -assemblage et mise en place sur outillage

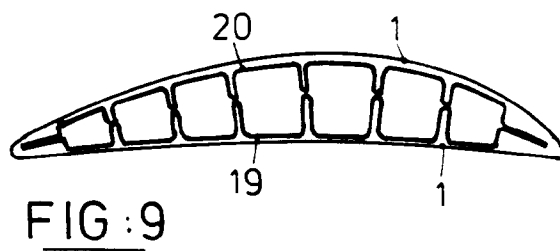
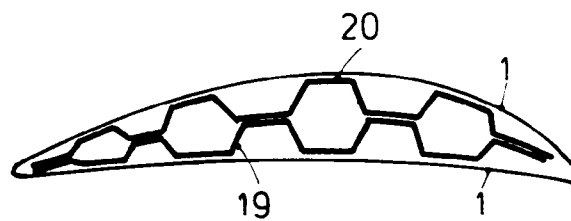
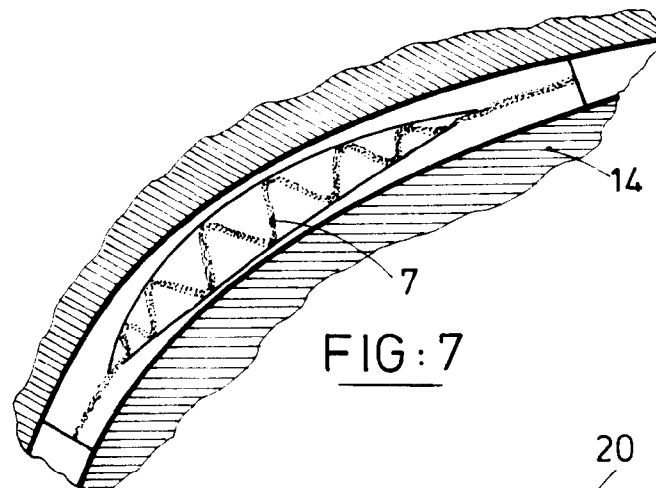
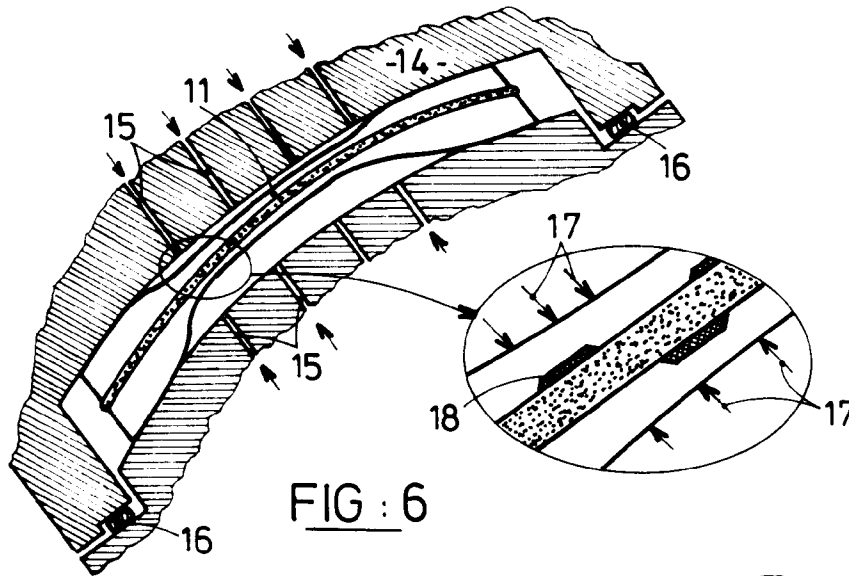
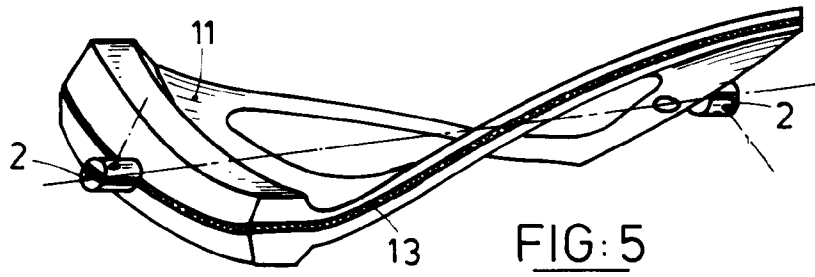
- (14),  
 (e) -soudage-diffusion aux endroits (12) choisis lors de l'étape (c),  
 (f) -gonflage sous pression de gaz et formage superplastique des zones sélectionnées, 5  
 (g) - finition
2. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 1 dans lequel l'étape (a) de fabrication des pièces primaires comporte une étape (a1) consistant en une opération d'usinage chimique sur la tôle centrale (7). 10
3. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel après l'étape (b) de cambrage/vrillage, dans une étape complémentaire (b1), la tôle centrale (7) cambrée et vrillée est soumise à une opération d'usinage chimique de manière à obtenir une tôle à épaisseurs variables. 15 20
4. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel les pièces primaires comprennent deux tôles extérieures (1) et plusieurs tôles centrales (7). 25
5. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 4 dans lequel les tôles centrales (7) comprennent au moins une tôle centrale (7) à surface continue et au moins une tôle à partie centrale évidée. 30
6. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 4 dans lequel les tôles centrales sont au nombre de deux (18,19), les deux dites tôles (18,19) étant liées aux tôles extérieures (1) par soudage diffusion et étant soumises à une opération de gonflage sous pression de gaz et formage superplastique. 35 40

45

50

55







Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 0435

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.5)
X	US-A-4 882 823 (ONTARIO TECHNOLOGIES)	1	B21D26/02
A	* le document en entier *	2, 3	
	---		
A	EP-A-0 245 548 (ONTARIO TECHNOLOGIES) * colonne 4, ligne 54 - colonne 5, ligne 10; figure 4 *	4, 5	
	---		
A	SHEET METAL INDUSTRIES, vol. 66, no. 10, Octobre 1989, REDHILL GB pages 507 - 511; R. PEARCE: 'Advanced Sheet Metal Technologie for the Aerospace Industry' * figures 15,16 *	4, 6	
	---		
A	FR-A-2 647 373 (DASSAULT) * revendications; figures 3-5 *	3	
	-----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12 MAI 1992	Examineur RIS M.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>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</p> <p>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</p> <p>.....  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)