(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 929 149**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **08 01598**

(51) Int Cl[8] : ***B 23 P 15/02*** *(2006.01), F 01 D 5/18, 9/02, B 23 P 17/00, C 23 F 1/18, 1/44*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 25.03.08.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 02.10.09 Bulletin 09/40.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *SNECMA Société anonyme* — FR.

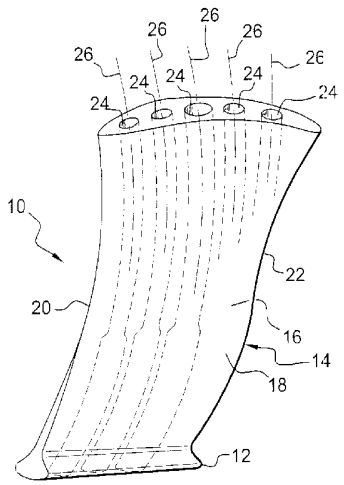
(72) **Inventeur(s) :**

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** ERNEST GUTMANN YVES PLASSERAUD SAS.

(54) PROCEDE DE FABRICATION D'UNE AUBE CREUSE.

(57) Procédé de fabrication d'une aube creuse (10) pour turbomachine consistant à percer des canaux (24) dans une ébauche de l'aube, à placer des inserts dans les canaux (24), à soumettre l'ébauche à un forgeage et à éliminer les inserts par dissolution chimique, caractérisé en ce que l'aube (10) est en alliage d'aluminium et les inserts en alliage de cuivre.



FR 2 929 149 - A1

PROCEDE DE FABRICATION D'UNE AUBE CREUSE

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

Dans une turbomachine, les aubes fixes ou bien mobiles sont destinées à être placées dans une veine de circulation d'un flux d'air. Afin de réduire la masse de la turbomachine, il a déjà été proposé d'utiliser des aubes en matériaux composites. Cependant, ces matériaux sont très coûteux et les aubes sont techniquement difficiles à réaliser. Une autre solution consiste à alléger l'aube en y formant des cavités internes. Pour cela, des canaux sont formés dans une ébauche de l'aube puis remplis par des inserts d'une matière différente de celle de l'aube. Une étape de forgeage, consistant à appliquer une force mécanique à l'ébauche munie des inserts, permet de déformer l'ébauche pour lui donner la forme finale d'une aube de turbomachine. Les inserts sont enfin éliminés par dissolution chimique, les aubes ainsi obtenues étant à la fois légères et résistantes aux contraintes mécaniques.

Le choix de l'insert est particulièrement critique puisque celui-ci doit impérativement satisfaire à une double exigence concernant ses propriétés mécaniques et ses propriétés chimiques. En effet, lors de l'opération de forgeage, l'ébauche étant chauffée pour permettre sa déformation mécanique, la température de fusion des inserts doit être plus grande que la température de forgeage. De plus, le comportement rhéologique des inserts doit être suffisamment proche de celui de l'ébauche, à la température et aux vitesses de déformation considérées, pour obtenir la forme et la répartition des cavités internes souhaitées au sein de l'aube et éviter soit l'écrasement trop important des inserts soit la formation de fissures internes dans l'aube. En effet, si l'insert est trop mou lors de l'opération de forgeage, les cavités remplies des inserts vont s'écraser, et a contrario si l'insert est trop dur, des criques peuvent se former au sein de l'aube à l'interface insert / aube, ce qui fragilise l'aube et limite sa durée de

vie.

Cette technique est utilisable pour la fabrication d'aubes creuses en alliage de titane, avec des inserts en acier. Toutefois, ces alliages de titane sont coûteux et leur utilisation ne se justifie que lorsque les aubes sont soumises à des contraintes mécaniques importantes et/ou des températures élevées.

L'invention a pour objet un procédé permettant de fabriquer des aubes creuses qui soient légères et peu coûteuses.

Elle propose à cet effet, un procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine consistant à former des canaux dans une ébauche de l'aube, à placer des inserts dans les canaux, à soumettre l'ébauche à un forgeage et à éliminer les inserts par dissolution chimique, caractérisé en ce que l'aube est en alliage d'aluminium et les inserts en alliage de cuivre.

L'utilisation d'aluminium en combinaison avec du cuivre permet, lors du forgeage de l'ébauche d'aube et des inserts, d'obtenir la déformation souhaitée puisque le cuivre a un comportement rhéologique similaire à celui de l'aluminium aux températures requises pour le forgeage de l'aluminium.

Les inserts en cuivre déformés par l'opération de forgeage sont ensuite dissous par trempage dans une solution d'acide nitrique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'aube comprend, après dissolution chimique, au moins un canal formé dans son épaisseur et s'étendant sensiblement sur toute sa longueur suivant le profil extérieur de l'aube.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'aube est recouverte, avant élimination des inserts, d'un film de protection résistant à la dissolution chimique, les inserts restants libres de tout film de protection.

Si la solution utilisée pour la dissolution chimique n'est prévue que pour éliminer les inserts en cuivre, il est préférable d'en protéger l'aube en alliage d'aluminium. On peut utiliser pour cela une cire, un vernis ou un matériau adhésif résistant à l'agent chimique de dissolution des inserts.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'ébauche d'aube est réalisée par forgeage à plat d'aluminium, puis les canaux sont formés dans l'ébauche par perçage de celle-ci.

L'invention concerne également une turbomachine, telle qu'un turbopropulseur ou turboréacteur d'avion, caractérisée en ce qu'elle comprend des aubes creuses réalisées par exécution du procédé décrit ci-dessus.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une aube creuse réalisée par forgeage selon l'invention et présentant un pluralité de canaux ;
- la figure 2 est une vue schématique en coupe transversale d'une variante de l'aube creuse présentant un unique canal.

On se réfère tout d'abord à la figure 1 qui représente une aube creuse 10 de turbomachine obtenue par le procédé selon l'invention. Une telle aube 10 comporte un pied 12 raccordé à une pale 14, dont les surfaces extérieures appelées extrados 16 et intrados 18 sont reliées par un bord d'attaque 20 et un bord de fuite 22. Le pied 12 est destiné à être engagé dans une rainure correspondante d'un disque (non représenté) de rotor de la turbomachine tandis que la pale 14 est destinée à être placée dans la veine d'écoulement d'un flux d'air froid de la turbomachine.

Le procédé selon l'invention permet de réaliser une aube 10 telle que représentée en figure 1, qui est légère et résistante. Pour cela, le procédé propose d'utiliser une aube 10 en alliage d'aluminium et de réaliser les parties creuses 24 en utilisant des inserts en alliage de cuivre.

Le procédé consiste à réaliser par perçage des canaux dans une ébauche d'aube en aluminium.

Pour des raisons de coût, l'ébauche d'aube est préférentiellement

réalisée par forgeage à plat d'un bloc d'aluminium. Cependant, d'autres techniques, telles que l'usinage, peuvent être utilisées pour réaliser l'ébauche.

Des inserts en cuivre de forme sensiblement identique à celle des canaux sont ensuite introduits dans les canaux. L'ébauche en aluminium pourvue des inserts est ensuite chauffée à une température d'environ 400°C et déformée par des techniques de forgeage connues de l'homme du métier, afin d'obtenir la forme d'aube 10 souhaitée.

Durant la déformation à chaud, les comportements rhéologiques sensiblement similaires du cuivre et de l'aluminium assurent l'obtention de la forme et de la répartition souhaitées des inserts au sein de l'aube 10 sans anomalies aux interfaces aluminium / cuivre. Après forgeage, les inserts s'étendent le long de lignes courbes 26 correspondant au profil de l'aube 10.

Les canaux et les inserts ont initialement une forme cylindrique droite à section circulaire, qui devient incurvée à section elliptique après forgeage.

Les inserts en cuivre sont ensuite dissous par trempage dans une solution à base d'acide nitrique. Une telle solution présente l'avantage de dissoudre préférentiellement l'élément cuivre par rapport à l'alliage d'aluminium et donc uniquement les inserts. La dissolution des inserts peut aussi être obtenue en dirigeant des jets d'acide nitrique en direction de chacun des emplacements des inserts.

Afin de garantir une protection optimale de l'aube 10, un film de protection est déposé sur l'aube de manière à la recouvrir, à l'exception des emplacements correspondant aux inserts en cuivre afin de permettre leur dissolution.

Le film de protection peut être de la cire ou un vernis ou bien un film adhésif, par exemple.

L'aube ainsi obtenue peut comprendre une pluralité de cavités ou de canaux s'étendant chacun sensiblement le long d'une ligne centrale courbe

26, suivant le profil de l'aube 10 de manière à ce que les cavités et canaux ne débouchent ni sur les surfaces d'extrados 16 et d'intrados 18, ni sur les bords d'attaque 20 et de fuite 22. Les canaux peuvent être débouchants à la fois à l'extrémité radialement externe de la pale et au niveau du pied d'aube ou bien être débouchants seulement au niveau du pied d'aube ou à l'extrémité radialement externe de la pale. Les épaisseurs de matière entourant les cavités sont variables et résultent d'un compromis entre l'allègement de l'aube et sa résistance mécanique, et sont, par exemple, de l'ordre de deux millimètres.

Les cavités ou canaux 24 peuvent présenter une section transverse non constante le long de la ligne centrale courbe afin d'avantageusement adapter leur diamètre à l'épaisseur locale de l'aube 10, de manière à obtenir une réduction optimale de la masse de l'aube 10. De même, il est possible que les sections des canaux 24 varient dans une direction transversale de manière à avoir des sections plus importantes au centre de l'aube 10 où l'épaisseur est la plus grande et des sections moins importantes vers le bord de fuite 22 et le bord d'attaque 20.

Il est également possible de réaliser un unique canal 28, ce qui permet d'obtenir un gain de masse encore plus important (figure 2).

Avantageusement, l'utilisation d'aubes creuses 10 selon l'invention permet de diminuer d'environ 20 % la masse d'un étage d'aubes fixes de turbomachine.

Dans un exemple particulier de réalisation de l'invention, les aubes 10 sont en alliage d'aluminium et de zinc et les inserts présentent une teneur en cuivre supérieure à 99,90 %, la solution chimique de dissolution présentant un rapport du volume d'une solution d'acide nitrique à 68 % sur le volume d'eau compris entre 25 et 80%. La température de la solution de dissolution est comprise entre 20 et 60°C.

Le procédé selon l'invention peut être utilisé aussi bien pour des aubes mobiles que pour des aubes fixes dans les différentes sections d'une turbomachine, en particulier celles ou passent des gaz froids ou à

température peu élevée.

Ainsi, dans le cas d'un turboréacteur à double flux, les aubes fixes de guidage du flux d'air secondaire circulant autour du moteur peuvent être réalisées en aluminium creux en utilisant le procédé selon l'invention.

5

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une aube creuse (10) pour turbomachine consistant à former des canaux (24) dans une ébauche de l'aube, à placer des inserts dans les canaux (24), à soumettre l'ébauche à un forgeage et à éliminer les inserts par dissolution chimique, caractérisé en ce que l'aube (10) est en alliage d'aluminium et les inserts en alliage de cuivre.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la dissolution chimique est réalisée par trempage dans une solution d'acide nitrique.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce l'aube (10) comprend, après dissolution chimique, un ou plusieurs canaux (24) formés dans son épaisseur et s'étendant sur toute sa longueur suivant le profil extérieur de l'aube (10).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'aube (14) est recouverte, avant élimination des inserts, d'un film résistant à la dissolution chimique, les inserts restants libres de tout film de protection.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ébauche d'aube est réalisée par forgeage à plat d'aluminium, puis des canaux (24) sont formés dans l'ébauche par perçage de celle-ci.
6. Turbomachine, telle qu'un turbopropulseur ou turboréacteur d'avion, caractérisée en ce qu'elle comprend des aubes creuses (10) réalisées par exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 5.

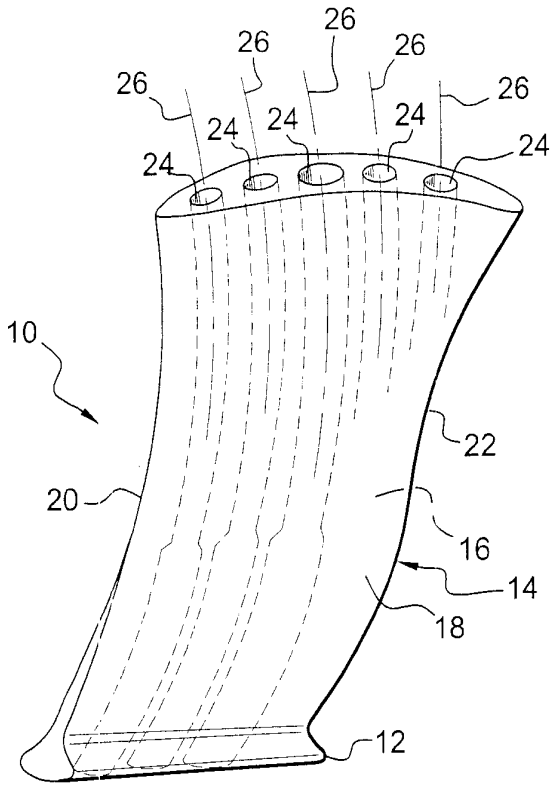


Fig. 1

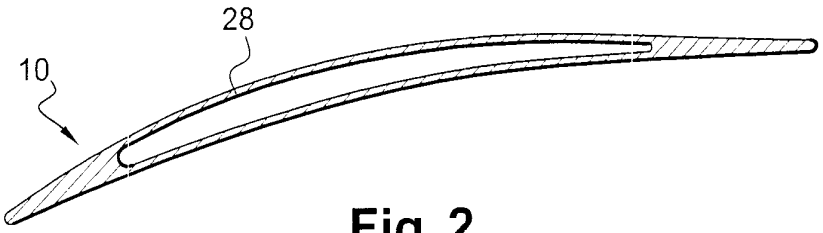


Fig. 2

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

2929149

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 705594
FR 0801598

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 481 754 A (SNECMA MOTEURS [FR]) 1 décembre 2004 (2004-12-01)	6	B23P15/02 F01D5/18
A	* alinéas [0025], [0026], [0049], [0058]; figures 1,2 * * le document en entier *	1-5	B23P17/00 C23F1/18 C23F1/44 C23F4/04

X	GB 954 789 A (HANS JOACHIM FUCHS) 8 avril 1964 (1964-04-08)	6	
A	* page 1, ligne 49 - ligne 75; figures * * le document en entier *	1-5	

A	US 2 312 094 A (HARMON EDWARD H) 23 février 1943 (1943-02-23) * page 3, ligne 28 - ligne 70; figures 8-11 * * le document en entier *	1-6	

A	US 4 148 129 A (YOUNG MORRIS S) 10 avril 1979 (1979-04-10) * colonne 3, ligne 4 - ligne 15; figures 3,4 * * le document en entier *	1-6	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

B23P
B21H
B21K
F01D
B21C
B21D
B21J
B64C

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
25 juin 2008	Sérgio de Jesus, E

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

.....

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0801598 FA 705594

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 25-06-2008
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1481754 A	01-12-2004	CA 2467839 A1	27-11-2004
		FR 2855441 A1	03-12-2004
		JP 2004353670 A	16-12-2004
		US 2005002786 A1	06-01-2005
GB 954789 A	08-04-1964	BE 631897 A	
		CH 401644 A	31-10-1965
		DE 1262107 B	29-02-1968
		ES 296055 A1	16-08-1964
		FR 1354033 A	28-02-1964
		NL 291799 A	
US 2312094 A	23-02-1943	AUCUN	
US 4148129 A	10-04-1979	CH 620043 A5	31-10-1980
		DE 2733511 A1	03-05-1978
		FR 2369663 A1	26-05-1978
		GB 1580719 A	03-12-1980

EPO FORM P0465