

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 824 981 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

25.02.1998 Bulletin 1998/09

(51) Int Cl.⁶: **B21D 53/78, B21D 11/14**

(21) Numéro de dépôt: **97401954.9**

(22) Date de dépôt: **20.08.1997**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(30) Priorité: **22.08.1996 FR 9610352**

(71) Demandeurs:

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

- **Etablissements Robert Creuzet
47200 Marmande (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Bichon, Mathieu Philippe Albert
95120 Ermont (FR)**
- **Lorieux, Alain Georges Henri
95110 Sannois (FR)**
- **Costeplane, Bernard Armand René
47250 Bouglon (FR)**

(54) **Procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine et équipement de vrillage évolutif à chaud utilisé**

(57) Un procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine comporte une opération de vrillage évolutif à chaud d'un élément d'aube (1) par torsion à chaud dudit élément (1) en alliage de titane, du type TA6V, à une température supérieure à 700°C sous l'action de plusieurs barrettes (5) animées d'un mouvement de rotation autour de l'axe de vrillage et agissant sur des carcans, préalablement fixés sur l'élément (1), répartis suivant la loi de vrillage prédéterminée, la répartition et le nombre de carcans étant déterminés de manière à obtenir entre chaque carcan une évolution linéaire du vrillage. Un équipement spécifique est utilisé pour réaliser l'opération.

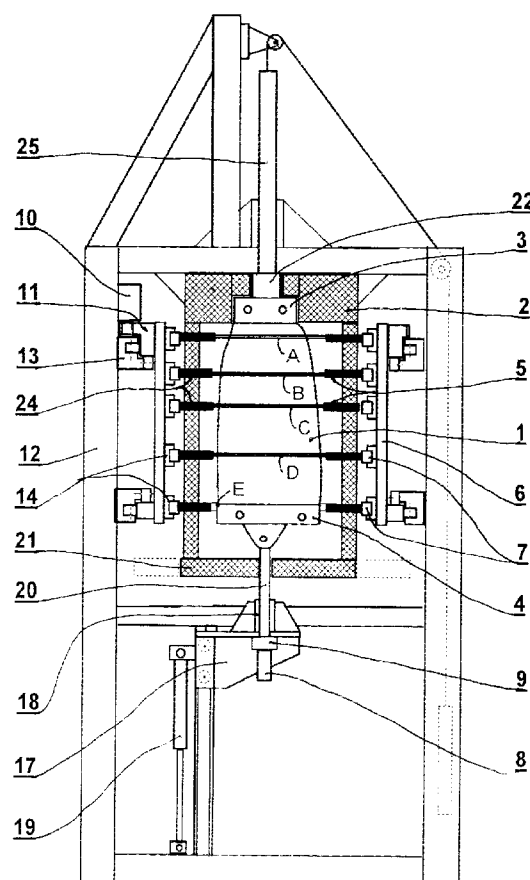


FIG. 3

EP 0 824 981 A1

Description

La présente invention concerne un équipement de vrillage évolutif à chaud utilisé dans un procédé de fabrication d'une aube creuse de 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.

EP-A-0 700 738 décrit un procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine, notamment une aube de rotor de soufflante à grande corde. Il est connu dans ce cas selon une première étape

(a) de réaliser sur un système de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur / CFAO une simulation numérique, à partir de la définition géométrique d'une aube à obtenir, consistant à calculer pour les pièces constitutives de l'aube, de part et d'autre de la fibre centrale, les longueurs des fibres en fonction de leur position par rapport à l'axe de la pièce les pièces étant mises à plat. On réalise également à ce stade une simulation numérique d'une opération de mise en forme de pièces par vrillage à comparer au résultat final. Le procédé de fabrication connu selon EP-A0700 738 prévoit le déroulé opératoire général selon les étapes suivantes :

- (b) forgeage sur presse des pièces primaires constituant l'aube par matriçage ;
- (c) usinage des pièces primaires ;
- (d) dépôt de barrières de diffusion suivant un motif pré-défini ;
- (e) assemblage des pièces primaires suivi du soudage-diffusion en pression isostatique ;
- (f) gonflage sous pression de gaz et formage superplastique ;
- (g) usinage final.

Un des buts de l'invention est de permettre de réaliser au cours du déroulé opératoire ci-dessus une opération supplémentaire de mise en forme des pièces par vrillage sans risque de provoquer des ondulations de type flambage suivant la fibre centrale. Ces ondulations sont générées par des contraintes de compression induites lors de l'allongement des fibres latérales par suite des différences de longueur entre la pièce à plat de départ et la pièce obtenue vrillée.

Le procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine comportant une opération conforme à l'invention de mise en forme de pièce en utilisant un équipement de vrillage évolutif à chaud conforme à l'inven-

tion permet d'éviter les inconvénients des procédés connus antérieurs et d'obtenir des aubes présentant des caractéristiques géométriques et mécaniques améliorées et optimisées dans les conditions d'utilisation, en garantissant une qualité répétitive tout en facilitant les conditions de fabrication au moindre coût.

Le procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine conforme à l'invention comporte une opération de vrillage évolutif à chaud, d'un élément destiné à la fabrication de l'aube par la torsion à chaud dudit élément en alliage de titane du type TA6V, à une température supérieure à 700°C par l'action de plusieurs barrettes animées d'un mouvement de rotation autour de l'axe de vrillage et agissant sur des carcans, préalablement fixés sur l'élément, répartis suivant la loi de vrillage prédéterminée, dont la répartition et le nombre de carcans sont déterminés de manière à obtenir entre chaque carcan une évolution linéaire du vrillage.

Il est connu d'obtenir une torsion de pièce et notamment d'une aube de turbomachine en utilisant des moyens faisant appel à au moins un mors en rotation avec ou sans précontrainte et à chaud ou à froid et notamment par une mise en forme par fluage à 950°, dans le cas d'une aube en alliage de titane de typ TA6V, sur une empreinte sous l'action de masses fixées aux extrémités de la pièce créant un couple de torsion.

Ces moyens connus se révèlent toutefois inadaptés aux vrillages très évolutifs rencontrés dans le procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine à fort taux de compression en zone de bas de pale conforme à l'invention.

L'équipement de vrillage évolutif à chaud destiné à la fabrication d'une aube creuse de turbomachine à fort taux de compression en zone de bas de pale se caractérise par une charpente métallique sur laquelle est fixé verticalement un four cylindrique muni de fentes permettant le passage de barrettes, d'un cadre circulaire enveloppant ledit four, de couronnes libres en rotation autour du cadre sur lesquelles sont fixées les barrettes agissant sur des carcans bridés sur l'élément à vriller.

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 en perspective de l'ensemble soudé de l'aube creuse après vrillage à chaud ;
- la figure 2 représente un exemple de courbe d'évolution du vrillage en fonction de la hauteur de l'aube et la position des carcans ;
- la figure 3 représente selon une vue schématique en coupe d'un équipement de vrillage évolutif à chaud ;
- La figure 4 représente selon une vue schématique une coupe horizontale de l'équipement de vrillage évolutif à chaud ;
- la figure 5 montre un détail de l'équipement de vrilla-

ge représenté sur les figures 3 et 4.

On appellera élément destiné à la fabrication d'une aube creuse de soufflante de turbomachine telle que 1, représentée sur la figure 1 à un stade intermédiaire de fabrication, dans l'application préférentielle qui est faite de l'invention, soit une peau primaire forgée destinée à constituer la surface d'intrados ou d'extrados de l'aube, soit une tôle centrale destinée à former les raidisseurs reliant les peaux d'intrados et d'extrados de l'aube, soit un ensemble soudé comportant les peaux externes et au moins une tôle centrale de l'aube, soit un ensemble soudé comportant une peau d'intrados et une peau d'extrados. Dans la description qui va suivre, l'exemple non limitatif retenu concerne un ensemble soudé 1 dans une étape de fabrication d'une aube creuse de soufflante à grande corde pour turbomachine, cet exemple correspondant à des conditions économiques avantageuses d'application de l'invention.

Le procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine 1 comporte conformément à l'invention, une opération remarquable de vrillage évolutif à chaud de l'ensemble soudé 1 en alliage de titane, du type TA6V consistant en une torsion à chaud de l'ensemble soudé à une température comprise entre 700 et 940°, par l'action de plusieurs barrettes, solidaires de couronnes entraînées par un cadre circulaire animé d'un mouvement de rotation autour de l'axe de l'élément, lesdites barrettes agissant sur des carcans bridés sur l'élément.

En fonction du résultat final de forme d'aube à obtenir suivant les applications particulières, l'opération de vrillage évolutif à chaud peut être précédée par une opération de cambrage comportant la mise en forme des sections de l'aube.

Selon les mêmes critères d'application particulière et de résultats finaux de forme d'aube à obtenir l'opération de vrillage évolutif à chaud peut être suivie par une opération de gonflage sous pression de gaz et formage superplastique assurant les profils recherchés de l'aube.

En variante, après l'opération de vrillage évolutif à chaud une opération complémentaire de mise en forme par vrillage et calibrage peut être nécessaire.

L'équipement de vrillage évolutif à chaud représenté sur les figures 3 et 4 est utilisé pour la réalisation de l'opération de vrillage de l'élément d'aube creuse 1 de turbomachine dans le procédé de fabrication conforme à l'invention et qui vient d'être décrite.

Cet équipement de vrillage évolutif à chaud est constitué de trois parties distinctes: une partie supérieure principalement destinée au blocage d'une des extrémités de la pièce 1 par deux mors 3, afin d'assurer une immobilisation en rotation et un maintien en position verticale, une partie centrale équipée d'un four électrique 2, d'un cadre circulaire 6 mobile en rotation autour de l'axe pièce agissant sur des couronnes 7 libres en rotation autour du cadre, réparties verticalement suivant la hauteur de l'élément à vriller et une partie inférieure dont

la fonction principale est de bloquer l'autre extrémité de l'élément 1, d'assurer au cours du vrillage une distance constante entre ces deux extrémités par un effort de traction fourni au moyen d'un vérin 8 limité dans sa course par une butée à billes 9 et le transfert de la pièce 1 du poste de chargement vers l'intérieur du four 2.

Ladite partie centrale composée d'un four électrique circulaire 2 capable d'une gamme de température comprise entre 700 et 940°C, comportent des fentes 24 destinées au passage de barrettes 5 solidaires des couronnes 7 dont le but est d'agir sur des carcans 23 montés sur la pièce et visibles sur la figure 5. Des écrans métalliques garnis de matière fibreuse assurent l'étanchéité du four au droit des fentes. Un cadre circulaire 6 de construction tubulaire mécanosoudé est entraîné en rotation par un moteur électrique 10 à vitesse variable au moyen d'une couronne dentée 11 fixée à l'extrémité supérieure du cadre 6. Le cadre 6 est relié à la structure métallique 12 de l'équipement par des liaisons à rouleaux 13, et comporte autant de couronnes 7 que nécessaire en fonction de la loi d'évolution du vrillage, lesdites couronnes 7 libres en rotation autour du cadre y sont reliées au moyen de liaisons à rouleaux 14. Le cadre 6 et les couronnes 7 sont aussi équipés de butées d'entraînement 15-16, positionnées de manière à appliquer la valeur de vrillage nécessaire sur chaque carcan 23. La partie supérieure du four intègre les mors de serrage 3 d'une des extrémité de la pièce 1 et permet aussi le passage de la tige de guidage 25 reliant les mors à la structure métallique 12.

La partie supérieure est principalement destinée au serrage d'une des extrémités de la pièce 1 à vriller. La tige 25 refroidie à l'eau assure le guidage et la liaison des mors de serrage 3 adaptés à la forme de la pièce 1 avec la structure 12 de l'équipement. Un système de blocage par coins 22 représenté plus en détails sur la figure 5 permet de positionner et d'immobiliser la pièce 1 à une position fixe tout en permettant une translation verticale de la pièce 1 du four 2 vers le poste de chargement/déchargement situé sous le four.

Un système de contre poids permet l'équilibrage de cet ensemble dans le but de ne pas contraindre l'élément au déchargement.

La partie inférieure destinée au transfert du poste de chargement/déchargement vers le four 2 assure aussi la fonction de bridage de l'autre extrémité de l'élément 1 au moyen de deux mors 4, libre en rotation, prolongés d'une tige 20 guidée verticalement par un manchon 18 solidaire d'un chariot 17 à translation verticale assurée par le vérin 19. De plus le chariot 17 est équipé d'un système de butée à billes 9 et d'un vérin 8 afin d'appliquer un effort de traction à l'élément 1 de manière à conserver une distance constante entre les mors de bridage 3 et 4 haut et bas. Le vérin 8 permet aussi d'absorber les effets de la dilatation de la pièce 1 pendant le chauffage.

Les carcans 23 constitués de pièces mécaniques mécanosoudées sont bridés sur la pièce à des positions

définies par la loi d'évolution du vrillage. Une table de préparation permet de les positionner parfaitement sur l'élément. Dans un exemple de réalisation la figure 2 montre les positions déterminées A, B, C, D, E des carcans 23 en fonction de la courbe d'évolution du vrillage et ces positions sont reportées sur la figure 3.

On va maintenant décrire le déroulé d'une opération de vrillage évolutif à chaud d'un ensemble soudé 1 d'aube de turbomachine, conformément à l'invention.

Le four électrique 2 est maintenu à une température supérieure à 700° pour une application sur un alliage de titane du type TA6V, les mors 3 et 4 sont en position basse prêts à recevoir un ensemble soudé comportant des carcans 23 répartis sur la hauteur de l'ensemble soudé en fonction de la loi d'évolution du vrillage, comme indiqué ci-dessus. Dès que le bridage de l'ensemble est terminé, le chariot 17 le transfère dans le four 2 jusqu'à une position de fin de course prédéfinie, alors les mors 3 sont immobilisés par un système de coins 22 représenté sur la figure 5. A ce stade, les portes du four 21 étant fermées l'ensemble soudé 1 est maintenu dans le four 2 jusqu'à ce qu'il ait atteint la température de vrillage. Dès que la température de vrillage est atteinte le moteur 10 entraîne le cadre circulaire 6 qui au moyen des butées 15 et 16 réparties suivant l'angle de vrillage à fournir entraîne tour à tour les couronnes 7 dont les barrettes 5 en agissant sur les carcans 23 impriment à l'ensemble soudé 1 la loi de vrillage désirée, alors le cadre 6 est entraîné en sens inverse en ramenant dans sa course les couronnes 7 en position de début de cycle. A ce stade les portes du four s'ouvrent et le chariot 17 transfère l'ensemble 1 soudé au poste de chargement/déchargement.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une aube creuse de turbomachine, notamment une aube de rotor de soufflante à grande corde, comportant les étapes suivantes :

- (a) à partir de la définition d'une aube à obtenir, étude en utilisant les moyens de Conception et Fabrication Assistés par Ordinateur / CFAO et réalisation d'une simulation numérique de la mise à plat des pièces constitutives de l'aube ;
- (b) forgeage sur presse des pièces primaires par matriçage ;
- (c) usinage des pièces primaires ;
- (d) dépôt de barrières de diffusion suivant un motif prédéfini ;
- (e) assemblage des pièces primaires suivi du soudage-diffusion en pression isostatique ;
- (f) gonflage sous pression de gaz et formage superplastique ;
- (g) usinage final ,

comporte en outre une opération de vrillage évolutif à chaud d'un élément (1) destiné à la fabrication de l'aube, par une torsion à chaud dudit élément (1) en alliage de titane, du type TA6V, à une température supérieure à 700° sous l'action de plusieurs barrettes (5) animées d'un mouvement de rotation autour de l'axe de vrillage et agissant sur des carcans (23), préalablement fixés sur l'élément (1), répartis suivant la loi de vrillage prédéterminée, la répartition et le nombre de carcans (23) étant déterminés de manière à obtenir entre chaque carcan (23) une évolution linéaire du vrillage.

2. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 1 dans laquelle ladite opération de vrillage est effectuée sur chaque pièce primaire forgée.
3. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 1 dans laquelle ladite opération de vrillage est effectuée sur un ensemble plat composé des pièces constitutives de l'aube non soudées.
4. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 1 dans laquelle ladite opération de vrillage est effectuée sur un ensemble plat (1) obtenu après assemblage des pièces primaires suivi du soudage diffusion.
5. Procédé de fabrication d'une aube creuse selon la revendication 1 à 4 dans laquelle ladite opération de vrillage est précédée par une opération de cambrage dans la zone de raccordement du pied et la zone de bas de pale de l'aube.
6. Equipement de vrillage évolutif à chaud destiné à la fabrication d'une aube creuse de turbomachine suivant le procédé des revendications 1 à 5 comprenant une structure métallique (12) sur laquelle est fixé verticalement un four électrique cylindrique (2) comprenant des fentes (24) permettant le passage de barrettes (5) , d'un cadre circulaire (6) enveloppant ledit four (2), des couronnes (7) libres en rotation autour du cadre (6) sur lesquelles sont placées des barrettes (5) agissant sur des carcans (23) bridés sur l'élément à vriller (1), des mors (3,4) situés à chaque extrémité de l'élément (1) assurent le positionnement de la pièce (1) dans le four (2) et une traction permanent dans la direction de l'axe de l'élément (1) en cours de vrillage.
7. Equipement de vrillage évolutif à chaud destiné à la fabrication d'une aube creuse de turbomachine selon la revendication 6 dans laquelle un système de coins (22) positionne et immobilise en rotation les mors de serrage (3) de la partie supérieure tout en assurant le dégagement au cours des transferts.

8. Equipement de vrillage évolutif à chaud destiné à la fabrication d'une aube creuse de turbomachine selon la revendication 6 dans laquelle les barrettes (5) sont réglables en pénétration dans le four.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

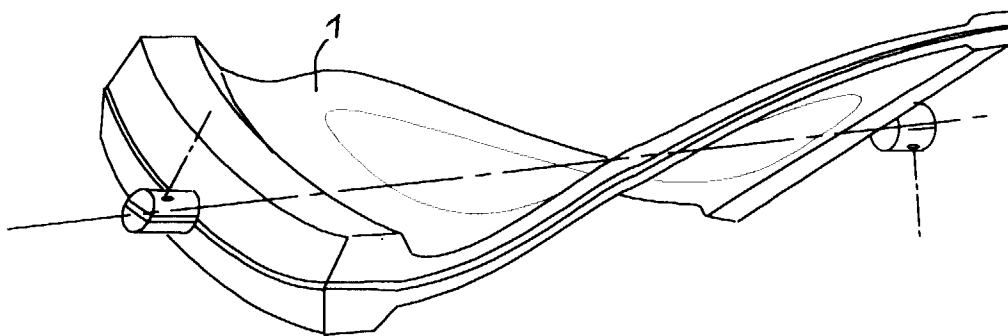


FIG. 1

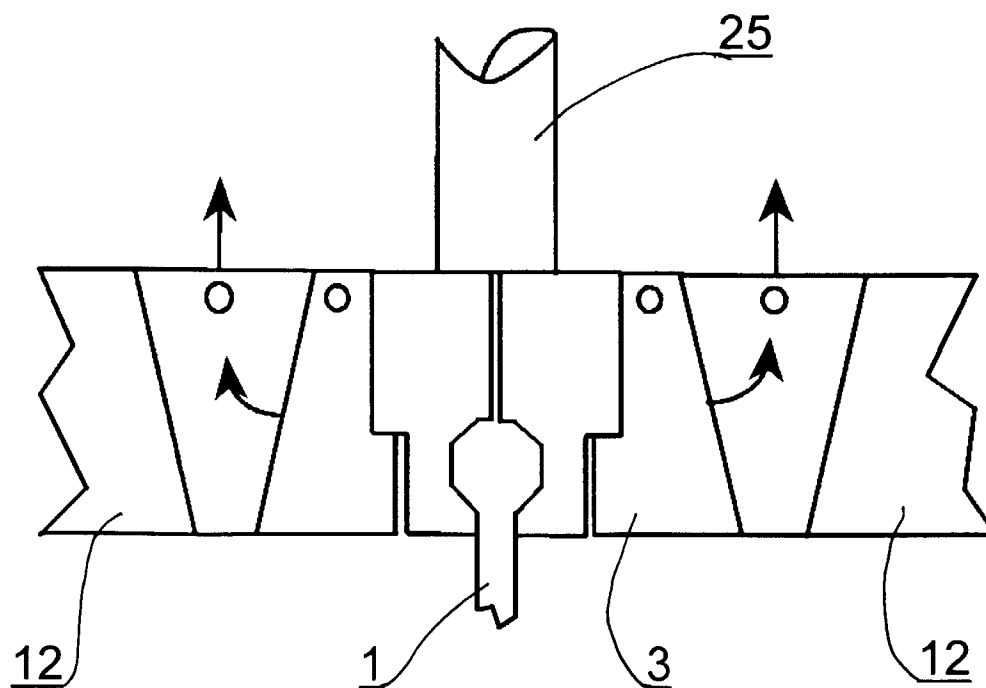


FIG. 5

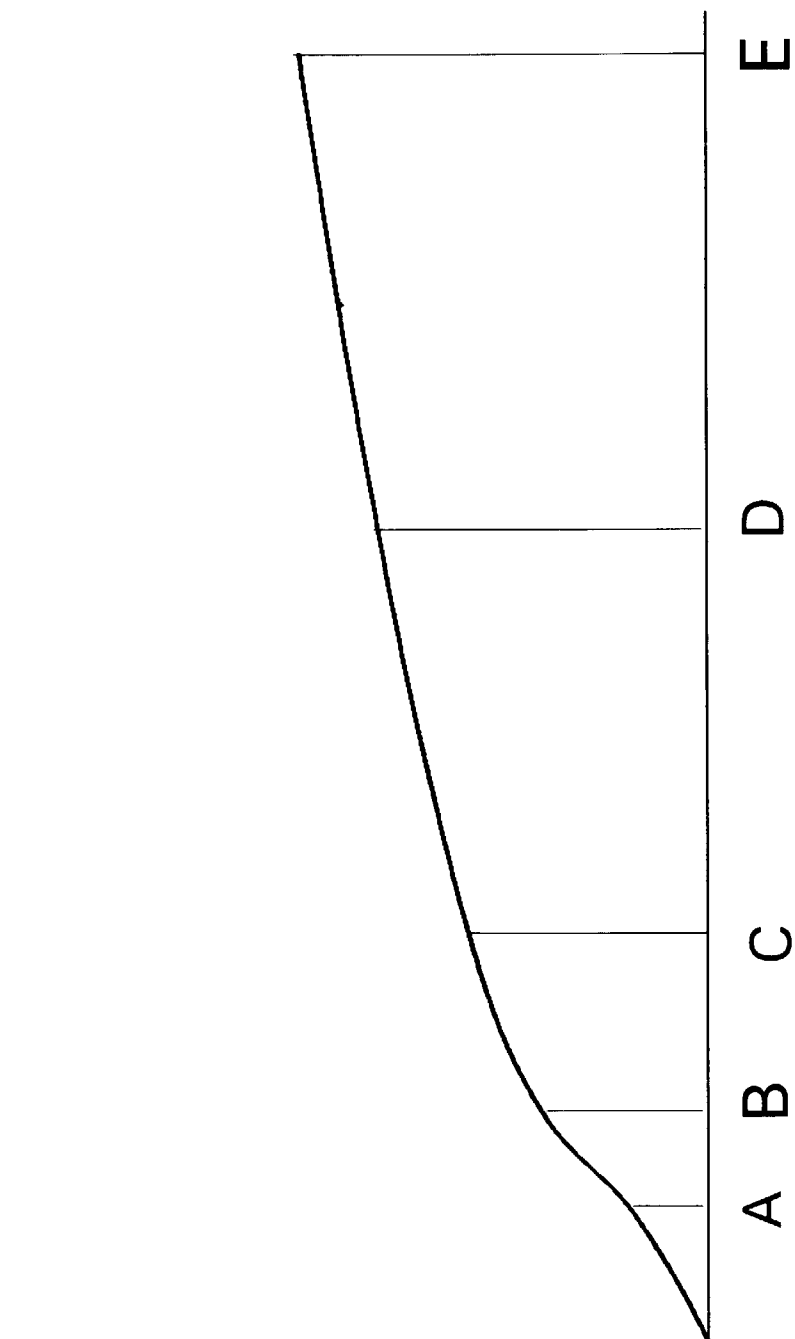


FIG 2

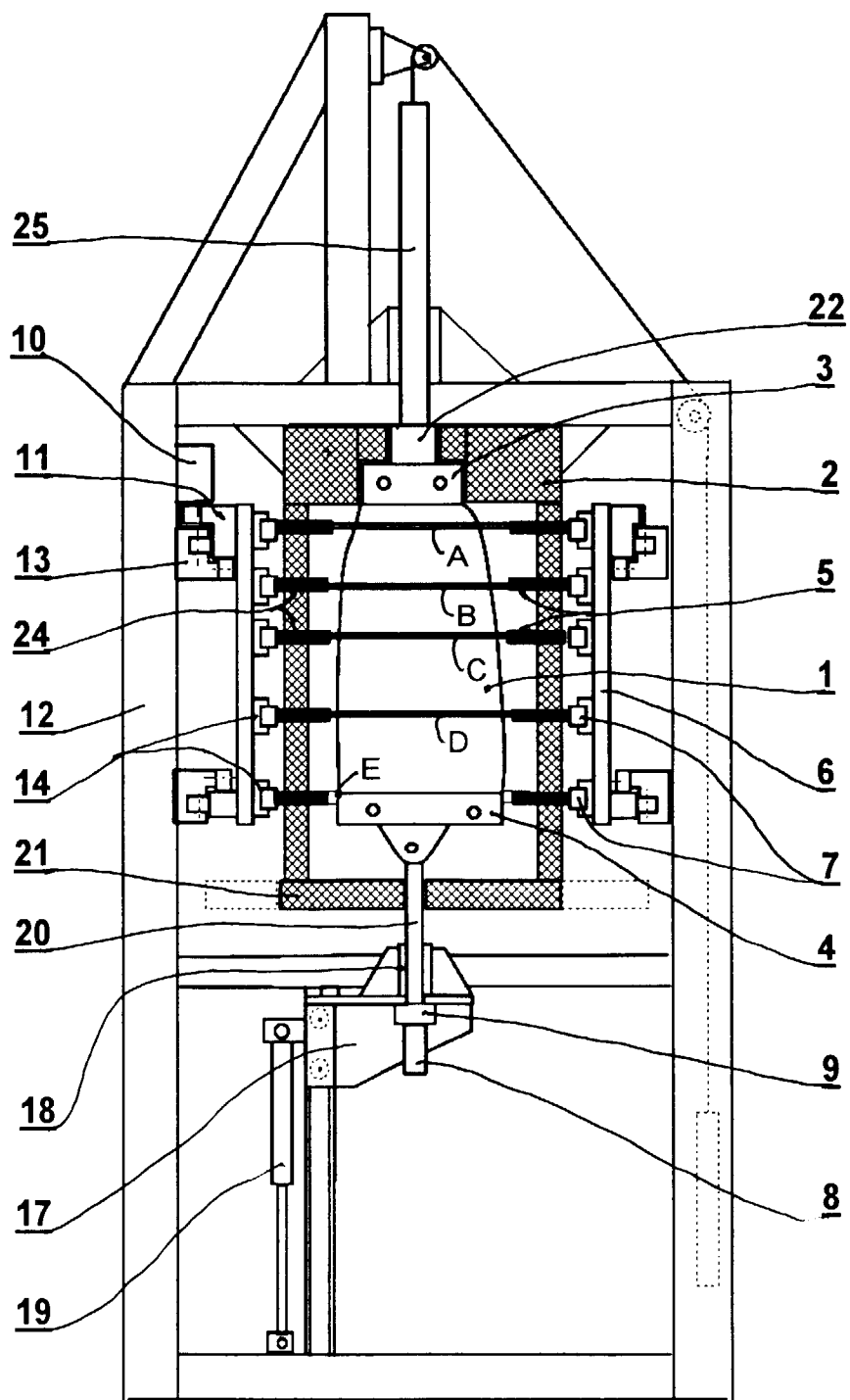


FIG. 3

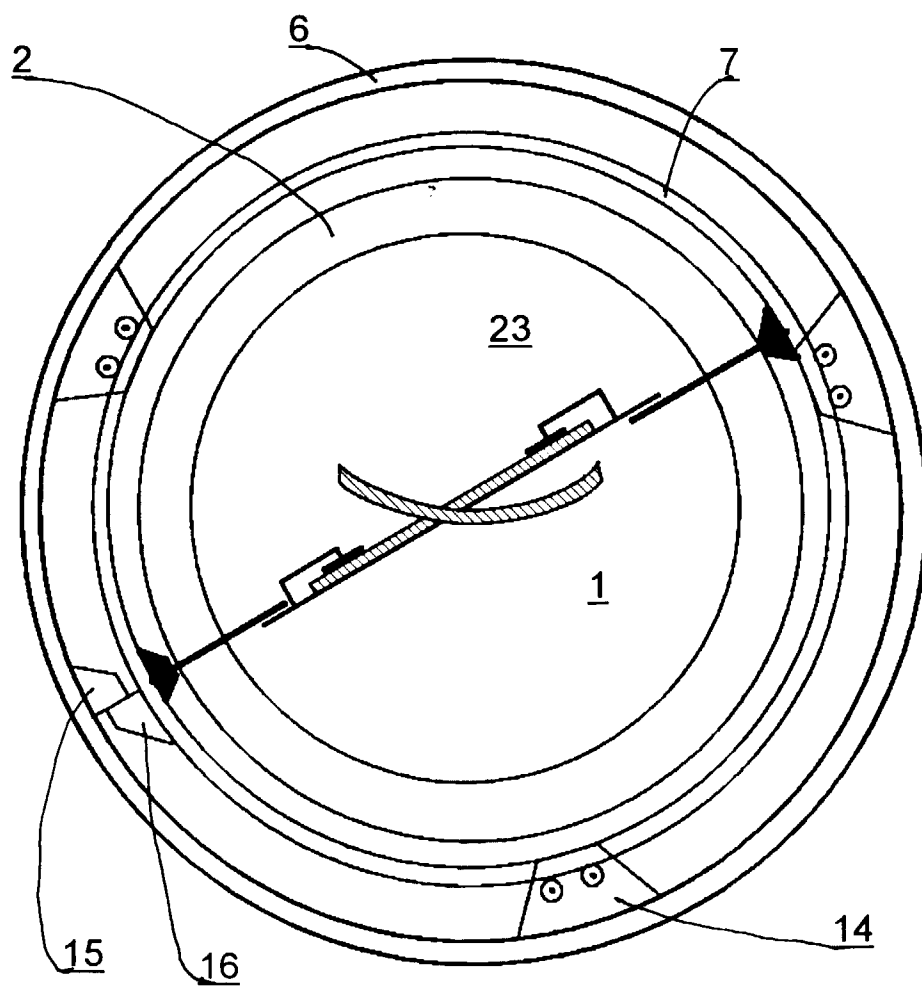


FIG.4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 97 40 1954

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.6)
X,D	EP 0 700 738 A (SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION)	1	B21D53/78
A	* revendications 1,10-14; figures 1-19 *	2-5	B21D11/14

A	GB 2 080 156 A (UFIMSKY AVIATIONNY INSTITUT IMENI ORDZHONIKIDZE)	1-4,6,7	
	* page 3, ligne 5 - ligne 92; figures 5,6 *		

A	FR 1 578 991 A (ROBIN S.A.)	1-4,6	
	* le document en entier *		

A	GB 2 073 631 A (ROLLS-ROYCE LIMITED)	1-6,8	
	* le document en entier *		

A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 249 (M-338) [1686] , 15 novembre 1984 & JP 59 125230 A (SHIYOWA ARUMINIUMU K.K.), 19 juillet 1984, * abrégé *	1-4	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			B21D B23P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 18 novembre 1997	Examineur Cuny, J-M
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 : cite dans la demande L : cite 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			

EPO FORM 1503 03.82 (F04L32)