



(11) **EP 1 207 014 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
11.01.2012 Bulletin 2012/02

(51) Int Cl.:
B24B 39/00 ^(2006.01) **B24B 1/04** ^(2006.01)
C21D 7/06 ^(2006.01) **B24C 1/10** ^(2006.01)
B24C 5/08 ^(2006.01) **F01D 5/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **01402918.5**

(22) Date de dépôt: **14.11.2001**

(54) **Procédé et installation de grenaillage par ultrasons des alvéoles annulaires d'attache des aubes sur un rotor**

Verfahren und Vorrichtung zum Ultraschallkugelstrahlen der Rotormontierschlitze für
Turbinenschaufeln

Method and apparatus for ultrasonic peening of the blade root slots on a rotor

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IE IT NL

(30) Priorité: **16.11.2000 FR 0014769**

(43) Date de publication de la demande:
22.05.2002 Bulletin 2002/21

(73) Titulaire: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Berthelet, Benoît Jean Henri**
94700 Maisons Alfort (FR)
• **Chareyre, Francis Lucien Guy**
95130 Franconville (FR)
• **Fradin, Willy Lionel**
86220 Vaux sur Vienne (FR)

- **Hoffmann, Hakim**
86530 Naintre (FR)
- **Kerneis, Stéphane Michel**
78140 Velizy (FR)
- **Ntsama-Etoundi, Marie-Christine Marcelle**
94220 Charenton Le Pont (FR)
- **Simon, Guillaume François Roger**
78180 Montigny Le Bretonneux (FR)

(74) Mandataire: **David, Daniel et al**
Gevers France
23bis, rue de Turin
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 1 101 568 FR-A- 2 689 431
FR-A- 2 714 629 US-A- 4 426 867

EP 1 207 014 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de traitement de surface et de mise en précontrainte de compression par grenaillage de la paroi d'au moins une alvéole annulaire sensiblement en forme de queue d'aronde, formée à la périphérie d'une jante de rotor, ladite alvéole annulaire débouchant à l'extérieur par une embouchure latérale annulaire et présentant au moins deux extrémités d'alvéole qui débouchent dans respectivement au moins une ouverture d'introduction d'aubes.

[0002] En particulier, il est nécessaire de mettre en précontrainte de compression la paroi d'une alvéole annulaire d'attache marteaux des aubes sur un rotor de turbomachine pouvant contenir des pieds d'aubes dont les lignes de contact entre l'alvéole annulaire et chaque pied d'aube sont fortement sollicités. En effet, en fonctionnement, les aubes de turbine ou de soufflantes bloquées dans une alvéole annulaire par différents moyens, sont soumises à des forces centrifuges considérables entraînant une usure par frottement importante au niveau de ces lignes de contact. Cette usure par frottement réduit la durée de vie des pièces en exploitation et entraîne régulièrement leur changement.

[0003] Pour augmenter la résistance en fatigue du rotor de turbine et durcir la surface des alvéoles annulaires au voisinage des lignes de contact, il est connu de grenailler les alvéoles annulaires au moyen de billes éjectées par une buse à air comprimé introduite dans chaque alvéole. Les billes provoquent une mise en compression permanente de la surface traitée sur une faible épaisseur afin de s'opposer à l'apparition et à la progression des fissures à la surface de la pièce.

[0004] Ces buses ne peuvent projeter que des micro-billes dont le diamètre est inférieur à 1mm, et typiquement compris entre 0,3mm et 0,5mm. En outre, la répartition des billes, tant en position qu'en vitesse, se fait selon une gaussienne.

[0005] Ce procédé est nécessairement long, car la surface totale de la cavité n'est traitée que par une succession de traitements locaux qui peuvent, en outre, introduire des déformations locales intempestives et l'incrustation de résidus de billes.

[0006] De plus, le grenaillage effectué est faible pour ne pas générer une rugosité trop élevée au voisinage de la zone traitée, ce qui entraîne un durcissement de la surface limité. En effet, le diamètre des billes projetées étant petit, plus le grenaillage est fort, plus la dégradation de l'état de surface est importante.

[0007] Enfin, le procédé mettant en oeuvre de nombreux paramètres est peu contrôlable et difficilement reproductible.

[0008] Le brevet FR 2689431 décrit un procédé de traitement de surface et de mise en précontrainte de compression par grenaillage par ultrasons de la paroi formée à la périphérie d'une pièce. Des billes sont mises en mouvement par une sonotrode dans une enceinte formée par la sonotrode, la paroi et des éléments d'obturation placés

contre la paroi.

[0009] Le but de l'invention est de proposer un procédé de grenaillage d'alvéoles annulaires de rotor de turbine, qui permette de créer des précontraintes reproductibles sur toutes les alvéoles, dans un temps plus court, tout en permettant un grenaillage plus fort, c'est-à-dire une épaisseur de mise en compression de la surface plus importante sans toutefois introduire de déformation et en limitant la dégradation de la surface traitée. L'invention atteint son but par le fait que le procédé de grenaillage est réalisé selon les caractéristiques de la revendication 1.

[0010] Le procédé permet d'obtenir une répartition homogène des positions des billes constituant un brouillard de billes. Les billes du brouillard de billes se déplaçant dans des directions aléatoires, elles viennent frapper les parois des cavités sous des angles variés, ce qui améliore l'état de surface par rapport aux billes projetées par une buse dans une direction privilégiée.

[0011] Le procédé n'exige qu'une faible quantité de billes. On peut donc utiliser des billes de haute qualité en terme de dureté et de géométrie, par exemple des billes de paliers à roulement en acier ou en céramique, ce qui permet de mieux préserver l'état de surface.

[0012] Le volume dans lequel le brouillard de billes est réparti étant inférieur au volume obtenu lorsque la surface vibrante reste en dehors de l'embouchure, le procédé nécessite un temps de traitement de grenaillage plus court.

[0013] On effectue avantageusement au moins trois grenaillages successifs de la paroi, en inversant le sens de rotation de la jante de rotor à chaque approche d'une des extrémités de l'alvéole.

[0014] L'intégralité de la paroi de l'alvéole annulaire n'est pas soumise en même temps aux impacts de billes, ce qui entraîne des risques de déformation de la cavité, en particulier, de l'alvéole contenant le pied d'aube, étant donné l'importance du diamètre de la jante par rapport à son épaisseur. Le fait de traiter la paroi par trois traitements successifs permet de compenser considérablement les déformations de la jante.

[0015] Bien entendu, il est aussi possible de procéder aux trois grenaillages successifs en conservant le même sens de rotation de la jante de rotor et en arrêtant le grenaillage lorsque les joues d'obturation et la surface vibrante arrivent au voisinage d'une première extrémité d'embouchure, puis en réactivant le brouillard de billes lorsque les joues d'obturation et la surface vibrante se trouvent hors de l'ouverture d'introduction à nouveau introduites dans l'embouchure.

[0016] On place avantageusement, un déflecteur dans l'enceinte.

[0017] Le déflecteur peut être de géométrie sensiblement triangulaire avec des côtés parallèles aux portions de parois divergentes de manière à diminuer l'effet du grenaillage de la zone située entre ledit déflecteur et le fond de la cavité.

[0018] Avantageusement, après avoir grenaillé une

première alvéole, on fait tourner la partie de rotor autour de son axe de rotation, de manière à amener les moyens d'obturation dans l'ouverture d'introduction d'aubes, on déplace sensiblement verticalement la sonotrode et le fourreau vers la position basse, on déplace sensiblement horizontalement l'ensemble acoustique comprenant le fourreau et la sonotrode vers l'ouverture d'introduction d'une seconde alvéole annulaire qui est amenée en regard de la sonotrode, et on positionne à nouveau la sonotrode supportant la dose de billes et le fourreau dans leur position haute de grenailage pour grenailier ladite seconde alvéole annulaire.

[0019] A la fin du traitement, on déplace avantageusement sensiblement verticalement la sonotrode vers une position basse dans le fourreau, position dans laquelle la dose de billes est apte à être chassée de la surface vibrante vers un réservoir au travers de lumières formées dans le fourreau après le grenailage des alvéoles annulaires formées sur la jante de rotor.

[0020] Ainsi, la dose de billes est facilement récupérée en vue d'être, soit réutilisée pour un traitement suivant, soit être remplacée.

[0021] Avantageusement, on utilise une dose de billes dont le diamètre est supérieur à 0,8mm.

[0022] Les billes utilisées dans le procédé selon l'invention ont un diamètre plus grand que le diamètre des billes susceptibles d'être projetées par une buse, de sorte que le grenailage peut être plus fort tout en ayant une dégradation de la surface moins importante.

[0023] L'invention concerne également une installation pour mettre en oeuvre le procédé.

[0024] Selon l'invention, cette installation comporte les caractéristiques de la revendication 6.

[0025] L'installation peut comporter une pluralité d'ensembles acoustiques comprenant chacun une sonotrode et un fourreau, disposés autour de la jante de rotor, lesdits ensembles acoustiques étant aptes à se déplacer selon une direction axiale de la jante de rotor.

[0026] L'installation comporte avantageusement un quatrième jeu inférieur au diamètre des billes ménagé entre une extrémité du fourreau et l'embouchure, qui lorsque la surface vibrante n'obture pas l'embouchure permet de garantir l'étanchéité de l'enceinte.

[0027] Les différents éléments de l'installation sont agencés de sorte qu'aucune bille ne peut bloquer lesdits éléments susceptibles de se déplacer. En outre, la sonotrode et le fourreau comprenant les moyens d'obturation, ont une géométrie adaptée à la forme de la cavité à traiter. En particulier, la surface vibrante est de forme complémentaire à l'embouchure et les moyens d'obturation sont formés de manière à bien assurer l'étanchéité de l'enceinte.

[0028] Avantageusement, les deuxièmes moyens de déplacement sont susceptibles de déplacer ensemble les moyens d'obturation et la sonotrode.

[0029] Les premiers moyens de déplacement et les deuxièmes moyens de déplacement sont avantageusement aptes à être commandés simultanément.

[0030] Au départ du traitement, le fourreau et la sonotrode sont placés dans une position intermédiaire dans laquelle l'espace engendré par les moyens d'obturation dudit fourreau et la surface vibrante de ladite sonotrode constitue un réservoir pour la dose de billes. Puis, ledit fourreau et ladite sonotrode supportant la dose de billes sont déplacés conjointement à l'aide d'un même déplacement. Enfin, la sonotrode et/ou les moyens d'obturation sont susceptibles d'être déplacés individuellement, selon la géométrie de la cavité à traiter jusqu'à ce que respectivement la surface vibrante obture l'embouchure de la cavité et que les moyens d'obturation obturent les ouvertures de la cavité.

[0031] Avantageusement, l'installation comporte des moyens de support pour supporter la jante de rotor à traiter et des moyens d'entraînement desdits moyens de support pour faire tourner régulièrement l'alvéole annulaire.

[0032] L'installation comprend avantageusement des moyens pour chasser la dose de billes de la surface vibrante vers un réservoir.

[0033] Ces moyens simples, permettent de chasser la dose de bille au cours d'un traitement si nécessaire, ou à la fin de celui-ci, soit pour rafraîchir les billes, soit pour les remplacer.

[0034] Avantageusement, l'installation comporte des moyens pour déplacer sensiblement horizontalement la sonotrode et le fourreau.

[0035] Une pluralité d'alvéoles annulaires, disposées indifféremment sur une jante de rotor et ayant les mêmes sections, peut ainsi être traitée avec une même installation que l'on déplace de manière à positionner la sonotrode et le fourreau en regard de l'alvéole considérée.

[0036] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue frontale d'une jante de rotor,
- la figure 2 est une vue frontale d'une aube de soufflante disposée dans une cavité annulaire formée à la périphérie de la jante de rotor,
- la figure 3 est une vue de l'installation, le fourreau et la sonotrode étant placés en position intermédiaire,
- la figure 4 est une coupe de l'installation selon un plan médian perpendiculaire à l'axe de rotation de la jante de rotor, le fourreau et la sonotrode étant placés en position haute de grenailage,
- la figure 5 est une coupe de la figure 4 selon la ligne V-V,
- la figure 6 est une coupe du fourreau contenant la sonotrode, dans leur position intermédiaire, et
- la figure 7 est une coupe du fourreau contenant la sonotrode dans sa position basse.

[0037] La figure 1 montre une jante de rotor 1 comportant trois alvéoles annulaires 2, formées à la périphérie

de la jante de rotor 1 et réparties sur différents diamètres de ladite jante de rotor 1. Ces alvéoles annulaires 2 sont sensiblement en forme de queue d'aronde et présentent une embouchure 2A de forme sensiblement annulaire.

[0038] Afin de permettre le montage des pieds 4, sensiblement en forme de queue d'aronde, des aubes de soufflante 6 dans l'alvéole 2, ladite l'alvéole 2 présente une ouverture d'introduction 5 d'aube visible sur la figure 3.

[0039] Chaque pied d'aube 4 est monté successivement par coulissement dans l'ouverture d'introduction 5. Un ou plusieurs dispositif de fixation d'aubes (non représenté) permet de bloquer les aubes 6.

[0040] La figure 2 montre que l'appui entre les parois de la l'alvéole 2 et le pied d'aube 4 se traduit par deux lignes de contact 2B.

[0041] Le but de l'invention est de proposer un procédé et une installation pour mettre en précontrainte de compression la paroi 2C de chaque alvéole 2 et en particulier les zones des deux lignes de contact 2B, de manière à augmenter la résistance à l'usure de ces lignes de contact 2B provoquée par le frottement entre le pied d'aube 4 et la paroi de l'alvéole 2 et ainsi augmenter la résistance à la fatigue de la jante de rotor 1.

[0042] La figure 3 montre un exemple d'installation utilisée pour la mise en oeuvre du procédé et dans laquelle un seul ensemble acoustique est utilisé, ledit ensemble acoustique positionné en-dessous de la jante de rotor 1 étant susceptible de se déplacer verticalement et horizontalement.

[0043] La jante de rotor 1 est maintenue par un mandrin 7 qui peut entraîner ladite jante de rotor 1 en rotation autour de son axe de rotation 1A, disposé à l'horizontale.

[0044] Une sonotrode 8, dont la surface vibrante 8A est placée dans une position intermédiaire dans un fourreau 16, est montée mobile sous la jante de rotor 1. Une dose de billes est placée au-dessus de la surface vibrante 8a. L'ensemble acoustique comprenant la sonotrode 8 et le fourreau 16 est déplacé horizontalement jusqu'à ce que la surface vibrante 8A de la sonotrode 8 soit en regard de l'alvéole 2 à traiter.

[0045] On fait tourner la jante de rotor 1 autour de son axe 1A de manière à placer ouverture d'introduction 5 en regard de la surface vibrante 8A.

[0046] Puis, la sonotrode 8 et le fourreau 16 sont déplacés verticalement vers leur position haute de grenailage et on fait tourner la jante de rotor pour amener la surface vibrante 8A au voisinage d'une première extrémité d'alvéole, 5A par exemple, afin que des joues d'obturation 14A et 14B formées sur le fourreau 16 se placent dans l'alvéole 2 de manière à former une enceinte mobile fermée 12.

[0047] Comme indiqué sur la figure 4, ladite enceinte mobile 12 est délimitée par la portion de paroi 2'C, la surface vibrante 8A qui obture la portion d'embouchure 2A, les joues d'obturation 14A et 14B et le fourreau 16.

[0048] L'écartement L1 entre les deux joues d'obturation 14A et 14B est sensiblement égal à l'étendue circon-

férentielle L2 de l'ouverture d'introduction 5.

[0049] Des billes 10 d'un diamètre compris entre 0,8mm et 5mm, préférentiellement égal à 1mm, sont projetées par la surface vibrante 8A, orientée vers le haut, de la sonotrode 8 dans l'enceinte 12.

[0050] La figure 5 montre que la surface vibrante 8A est excitée par un générateur de vibrations 18, par exemple à quartz, afin de créer un brouillard de billes 10 dans l'enceinte 12. Un déflecteur 15 qui est porté par les joues d'obturation 14A et 14B peut être placé dans le brouillard de billes 10 afin d'atténuer l'effet du grenailage du fond de l'alvéole et augmenter le grenailage des flancs internes de l'embouchure 21. Ledit déflecteur 15 est triangulaire avec des côtés sensiblement parallèles aux portions de paroi 2'C et au fond de l'alvéole.

[0051] Le jeu e1 ménagé entre la sonotrode 8 et le fourreau 16 est inférieur au diamètre des billes 10, de sorte qu'aucune bille 10 ne peut passer entre la surface vibrante 8A et ledit fourreau 16.

[0052] Les joues d'obturation 14A et 14B en forme en queue d'aronde ont des sections axiales sensiblement complémentaires à celles de l'alvéole 2, de sorte qu'en position haute de grenailage, le jeu e2 ménagé entre chaque joue d'obturation 14A, 14B, et la portion de paroi 2'C à grenailier est inférieur au diamètre des billes 10. Ainsi, aucune bille 10 ne peut s'échapper hors de l'enceinte 12.

[0053] De même, lorsque la surface vibrante 8A obture l'embouchure 2A en position haute de grenailage, un troisième jeu e3, ménagé entre la surface vibrante 8A de la sonotrode 8 et l'embouchure 2A, est inférieur au diamètre des billes 10 de sorte qu'aucune bille 10 ne peut sortir hors de l'enceinte 12. Si la surface vibrante 8A n'obture pas l'embouchure, un quatrième jeu e4 compris entre une extrémité 16A du fourreau 16 et l'embouchure 2A permet d'assurer l'étanchéité de l'enceinte 12.

[0054] Une première glissière 20 permet d'effectuer les déplacements verticaux de la sonotrode 8 en faisant coulisser ladite sonotrode 8 dans le fourreau 16. Une deuxième glissière 22, portée par un bâti 24, permet quant à elle de déplacer verticalement à la fois la sonotrode 8 et le fourreau 16. Des moyens de commande (non représentés) permettent de commander ladite première glissière 20 et ladite seconde glissière 22. Des moyens (non représentés), par exemple des rails, permettent de déplacer l'ensemble acoustique comprenant la sonotrode 8 et le fourreau 16 horizontalement, de manière à la positionner en regard d'une alvéole à traiter.

[0055] La première glissière 20 peut être portée soit par la deuxième glissière 22, comme indiqué sur la figure 5, soit par le bâti 24, auquel cas la commande des deux glissières 20 et 22 doit être synchronisée pour monter ensemble la sonotrode 8 et le fourreau 16 vers la position haute de grenailage.

[0056] Avant de débiter l'opération de traitement d'une alvéole axiale 2, la sonotrode 8 est placée dans une position intermédiaire dans le fourreau 16, position dans laquelle l'espace délimité par le fourreau 16 et la

surface vibrante 8A, constitue un récipient 26 qui permet de contenir la dose de billes 10 qui est déposée sur la surface vibrante 8A, comme représenté sur la figure 6.

[0057] Après avoir fixé la jante de rotor 1 par des moyens de maintien comprenant le mandrin 7, on déplace la sonotrode 8 et le fourreau 16 au voisinage d'une première alvéole 2 à traiter et on amène l'ouverture d'introduction 5 de ladite première alvéole 2 en regard de la sonotrode 8, en faisant tourner la jante de rotor 1 autour de son axe de rotation 1A à l'aide de moyens d'entraînement (non représentés). Les moyens d'entraînement comportent par exemple un moteur.

[0058] On déplace la sonotrode 8 et le fourreau 16 vers leur position haute de grenaillage en déplaçant simultanément, à l'aide de la glissière 22, les joues d'obturation 14A et 14B et la surface vibrante 8A dans l'ouverture d'introduction 5, puis on fait tourner la jante de rotor 1 jusqu'à ce que les deux joues 14A et 14B soient dans l'extrémité 5A par exemple. Dès lors, on procède au grenaillage de la portion de paroi 2'C de la première alvéole 2 en actionnant le générateur de vibrations 18 qui génère un brouillard de billes 10 dans l'enceinte mobile étanche 12 et on fait tourner régulièrement la jante de rotor 1 autour de son axe de rotation 1A de manière à grenailler l'intégralité de la paroi 2C.

[0059] Lorsque la première joue 14A arrive au voisinage de l'extrémité 5B d'embouchure 2A, on inverse le sens de rotation de la jante de rotor 1 et on poursuit le grenaillage de la portion de paroi 2'C jusqu'à l'autre extrémité 5A d'embouchure 2A. On réitère encore une fois le processus jusqu'à atteindre à nouveau l'extrémité 5B. Il est bien entendu que le procédé peut comporter plus de trois passages de grenaillage tel que précités.

[0060] Dès que le grenaillage de la première alvéole 2 est terminé, on fait tourner la jante de rotor 1, afin que les joues d'obturation 14A, 14B se placent dans une ouverture 5 d'introduction d'aubes, on dégage la sonotrode 8 et les joues d'obturation 14A et 14B hors de l'ouverture d'introduction 5, puis on déplace horizontalement l'ensemble acoustique comprenant la sonotrode 8 et le fourreau en regard d'une deuxième alvéole 2, on recommence le traitement selon le procédé précité et ainsi de suite jusqu'à ce que le traitement de l'ensemble des alvéoles axiales 2 formées sur la jante de rotor 1 soit terminé.

[0061] A la fin du traitement, la sonotrode 8 est retirée vers sa position basse, représentée figure 7, dans laquelle on procède au dégagement de la dose de billes 10. Les billes 10 sont par exemple soufflées de la surface 8A à l'aide d'une soufflette 28 au travers de lumières 30 formées dans le fourreau 16 et récupérées dans un réservoir 32. Lesdites billes 10 peuvent ensuite être rafraîchies ou bien remplacées en vue d'un traitement ultérieur.

Revendications

1. Procédé de traitement de surface et de mise en pré-contrainte de compression par grenaillage de la paroi (2C) d'au moins une alvéole annulaire (2) sensiblement en forme de queue d'aronde, formée à la périphérie d'une jante de rotor (1), ladite alvéole annulaire (2) débouchant à l'extérieur par une embouchure latérale annulaire (2A) et présentant au moins deux extrémités (5A, 5B) d'alvéole qui débouchent dans respectivement au moins une ouverture d'introduction (5) d'aubes, **caractérisé par le fait qu'il comporte les étapes suivantes :**

a) on place une dose de billes (10) d'un diamètre déterminé sur une surface vibrante (8A) d'une sonotrode (8) préalablement disposée dans une position intermédiaire dans un fourreau (16) entourant ladite surface vibrante (8A), ledit fourreau (16) comportant des moyens d'obturation (14A, 14B) opposés susceptibles de coulisser dans l'alvéole (2),

b) on place l'ouverture d'introduction (5) en regard de ladite sonotrode (8),

c) on déplace sensiblement verticalement et ensemble ladite sonotrode (8) et ledit fourreau (16) vers ladite ouverture d'introduction (5) d'aubes pour les placer dans une position de grenaillage dans laquelle les moyens d'obturation (14A, 14B) sont en regard des extrémités (5A, 5B) d'alvéole débouchant dans ladite ouverture (5),

d) on fait tourner la jante de rotor (1) autour de son axe de rotation (1A) disposé à l'horizontale de manière à amener les moyens d'obturation (14A, 14B) dans une première extrémité (5A) d'alvéole de manière à former une enceinte (12) mobile fermée contenant les billes (10),

e) on déplace sensiblement verticalement la sonotrode (8), afin que la surface vibrante (8a) soit au niveau de l'embouchure latérale de l'alvéole (2), et

f) on procède au grenaillage par ultrasons de l'intégralité de la paroi (2C) en générant un brouillard de billes (10) dans l'enceinte mobile (12) au moyen de la sonotrode (8) excitée par des moyens de production d'oscillations ultrasonores (18) et en faisant tourner régulièrement la jante de rotor (1) autour de son axe de rotation (1A) jusqu'à atteindre la deuxième extrémité d'alvéole.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** l'on effectue au moins trois grenaillages successifs de la paroi (2C), en inversant le sens de rotation de la jante de rotor (1) à chaque approche d'une des extrémités d'alvéole.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé par le fait que** l'on place un déflecteur (15) dans l'enceinte (12).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé par le fait que** après avoir grenailé une première alvéole, on fait tourner la partie de rotor (1) autour de son axe de rotation, de manière à amener les moyens d'obturation dans l'ouverture d'introduction (5) d'aubes, on déplace sensiblement verticalement la sonotrode (8) et le fourreau (16) vers la position basse, on déplace sensiblement horizontalement l'ensemble acoustique comprenant le fourreau (16) et la sonotrode (8) vers l'ouverture d'introduction (5) d'une seconde alvéole annulaire (2) qui est amenée en regard de la sonotrode (8), et on positionne à nouveau la sonotrode (8) supportant la dose de billes (10) et le fourreau (16) dans leur position haute de grenailage pour grenailier ladite seconde alvéole annulaire (2).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé par le fait que** l'on utilise une dose de billes (10) dont le diamètre est supérieur à 0,8mm.
6. Installation pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte une sonotrode (8) susceptible de projeter des billes (10) d'un diamètre déterminé dans une enceinte mobile (12) délimitée par une portion de paroi (2'C) de l'alvéole annulaire (2), la surface vibrante (8A) de ladite sonotrode (8) disposée au voisinage de ladite embouchure (2A), et un fourreau (16) entourant la sonotrode (8) et ayant des moyens d'obturation (14A, 14B) susceptibles de former une enceinte mobile (12) étanche avec ladite portion de paroi (2'C) et ladite surface vibrante (8A), des moyens de production d'oscillations ultrasonores (18) susceptibles d'exciter ladite sonotrode (8), des premiers moyens (20) pour déplacer sensiblement verticalement ladite sonotrode (8), et des deuxièmes moyens (22) pour déplacer sensiblement verticalement lesdits moyens d'obturation (14A, 14B), un premier jeu (e1) inférieur au diamètre des billes (10) étant ménagé entre ladite sonotrode (8) et ledit fourreau (16), un deuxième jeu (e2) inférieur au diamètre des billes (10) étant ménagé entre lesdits moyens d'obturation (14A, 14B) disposés dans ladite alvéole annulaire (2) et l'alvéole annulaire (2), et un troisième jeu (e3) inférieur au diamètre des billes (10) étant ménagé entre ladite surface vibrante (8A) disposée dans ladite embouchure (2A) et l'embouchure (2A).
7. Installation selon la revendication 6, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte un quatrième jeu (e4) inférieur au diamètre des billes (10) ménagé entre une extrémité (16A) du fourreau (16) et l'embouchure (2A).
8. Installation selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, **caractérisée par le fait que** les deuxièmes moyens de déplacement (22) sont susceptibles de déplacer ensemble les moyens d'obturation (14A, 14B) et la sonotrode (8).
9. Installation selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisée par le fait que** les premiers moyens de déplacement (20) et les deuxièmes moyens de déplacement (22) sont aptes à être commandés simultanément.
10. Installation selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte des moyens de support pour supporter la jante de rotor (1) à traiter et des moyens d'entraînement desdits moyens de support pour faire tourner régulièrement l'alvéole annulaire (2).
11. Installation selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, **caractérisée par le fait qu'elle** comprend des moyens (28) pour chasser la dose de billes (10) de la surface vibrante (8A) vers un réservoir (32).
12. Installation selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte des moyens pour déplacer sensiblement horizontalement la sonotrode (8) et le fourreau (16).

Claims

1. A method of surface treating and compressively prestressing by peening a wall (2C) of at least one annular recess (2) approximately in the shape of a dovetail, formed in the periphery of a rotor rim (1), said annular recess opening to the outside via an annular lateral mouth (2A) and having at least two recess ends (5A, 5B) opening into, respectively, at least one blade introduction opening (5), said method comprising the steps of:
 - a) providing a sonotrode arranged within a sleeve (16), said sonotrode (8) having a vibratory surface (8A) and ultrasonic means (18) for vibrating said vibratory surface, and said sleeve having opposed closing-off means (14A, 14B) capable of sliding in the recess (2); placing a plurality of beads (10) of a predetermined diameter on said vibratory surface (8A) of said sonotrode with said sonotrode arranged in an inter-

- mediate position in which said sleeve surrounds said vibratory surface;
- b) placing said introduction opening (5) facing said sonotrode (8);
- c) moving said sonotrode (8) together with said sleeve (16) substantially vertically toward said blade introduction opening (5) to place them in a peening position in which said closing-off means (14A, 14B) face said recess ends (5A, 5B) that open into said opening (5);
- d) turning said rotor rim (1) about an axis of rotation (1A) arranged horizontally in such a way as to bring said closing-off means (14A, 14B) into a first recess end (5A) so as to form a closed moving chamber (12) containing said beads (10);
- e) moving said sonotrode (8) substantially vertically so that said vibratory surface (8A) is level with said lateral mouth of said recess (2), and
- f) operating said ultrasonic means to vibrate said vibratory surface of said sonotrode (8) whereby said beads are mobilized in said moving chamber, and, by uniformly turning said rotor rim (1) about said axis of rotation (1A) until said second recess is reached, ultrasonically peening the entirety of said wall of said recess.
2. A method according to claim 1, wherein said peening step is conducted at least three successive times on said wall (2C) by reversing the direction of rotation of said rotor rim (1) each time one of said recess ends is neared.
 3. A method according to claim 1 or 2, including the step of placing a deflector (15) in said moving chamber (12).
 4. A method according to any claims 1 to 3, further including the steps of:
 - rotating said rotor part (1) about said axis of rotation so as to bring said closing-off means into said blade introduction (5) opening after peening said first recess;
 - moving said sonotrode (8) and said sleeve (16) substantially vertically toward a lowered position; moving said sleeve (16) and said sonotrode (8) together substantially horizontally toward an introduction opening (5) of a second annular recess (2);
 - bringing said opening up to face said sonotrode (8);
 - and positioning said sonotrode (8), supporting said beads (10), and said sleeve (16) in said raised peening position to peen said second annular recess (2).
 5. A method according to any claims 1 to 4, wherein said predetermined diameter of said beads (10) exceeds 0.8 mm.
 6. An apparatus for use in carrying out the method according to any claims 1 to 5, comprising a sonotrode (8) mounted in a sleeve (16) equipped with closing-off means (14A, 14B), said sonotrode being capable of projecting beads (10) of a predetermined diameter into a moving chamber (12) delimited by a wall portion of said annular recess, said vibratory surface of said sonotrode, arranged near said mouth of said recess, and said closing-off means; means (18) for producing ultrasonic oscillations capable of exciting said sonotrode (8); first means (20) for moving said sonotrode (8) substantially vertically; and second means (22) for moving said closing-off means substantially vertically (14A, 14B); a first clearance (e1), smaller than said diameter of said beads (10), being formed between said sonotrode (8) and said sleeve (16); a second clearance (e2), smaller than said diameter of said beads (10), being formed between said closing-off means (14A, 14B) arranged in said annular recess (2) and said annular recess (2), and a third clearance (e3), smaller than said diameter of said beads (10), being formed between said mouth (2A) of said recess and said vibratory surface (8A) arranged in said mouth.
 7. An apparatus according to claim 6, wherein a fourth clearance (e4), smaller than said diameter of said beads (10), is formed between an end of said (16A) sleeve (16) and said mouth (2A).
 8. An apparatus according to claim 6 or 7, wherein said second means (22) for moving said closing-off means are capable of moving said closing-off means (14A, 14B) and said sonotrode (8) at the same time.
 9. An apparatus according to any claims 6 to 8, wherein said first means (20) for moving said sonotrode and said second means for moving said closing-off means (22) can be operated simultaneously.
 10. An apparatus according to any claims 6 to 9, which further comprises support means for supporting said rotor rim (1) that is to be treated, and means for driving said support means to cause said annular recess (2) to rotate uniformly.
 11. An apparatus according to any claims 6 to 10, which further comprises means (28) for driving said plurality of beads (10) from said vibratory surface (8A) toward a reservoir (32).
 12. An apparatus according to any claims 6 to 11, which further comprises means for moving said sonotrode

(8) and said sleeve (16) substantially horizontally.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbehandlung und zum Druckvorspannen durch Strahlen der Wandung (2C) zumindest einer ringförmigen Kammer (2) in etwa in Form eines Schwalbenschwanzes, die an der Peripherie einer Rotorfelge (1) ausgeführt ist, wobei die besagte ringförmigen Kammer (2) durch einen seitlichen ringförmigen Ansatz (2A) nach außen mündet und zumindest zwei Kammerenden (5A, 5B) aufweist, die jeweils zumindest in eine Öffnung zum Einführen (5) der Schaufeln münden, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass es die folgenden Schritte umfasst:

a) man platziert eine Menge an Kugeln (10) in einem bestimmten Durchmesser auf eine vibrierende Oberfläche (8A) einer Sonotrode (8), die vorab in einer Zwischenstellung in einer Pinole (16) angeordnet wurde, die die besagte vibrierende Oberfläche (8A) umgibt und die gegenüber liegende Vorrichtungen zum Verstopfen (14A, 14B) umfasst, die dazu geeignet sind, sich in der Kammer (2) verschieben zu lassen,

b) man platziert die Einführöffnung (5) gegenüber der besagten Sonotrode (8),

c) man verschiebt die besagte Sonotrode (8) und die besagte Pinole (16) gemeinsam in etwa senkrecht zur besagten Öffnung zum Einführen (5) der Schaufeln, um sie in eine Strahlstellung zu bringen, in der sich die Verstopfungsvorrichtungen (14A, 14B) gegenüber den Kammerenden (5A, 5B) befinden, die in die besagte Öffnung (5) münden.

d) man verdreht die Rotorfelge (1) um ihre Rotationsachse (1A), die waagrecht ausgerichtet ist, sodass die Verstopfungsvorrichtungen (14A, 14B) in ein erstes Kammerende (5A) geführt werden, sodass eine geschlossene bewegliche Einfriedung (12) gebildet wird, die die Kugeln (10) enthält,

e) man verschiebt die Sonotrode (8) in etwa senkrecht, damit die vibrierende Oberfläche (8a) auf Höhe des seitlichen Ansatzes der Kammer (2) steht, und

f) man führt das Ultraschall-Kugelstrahlen der gesamten Wandung (2C) durch, indem man anhand der Sonotrode (8), die durch Vorrichtungen zum Erzeugen von Ultraschallschwingungen (18) angeregt wird, einen Kugelnebel (10) in der beweglichen Einfriedung (12) erzeugt und man die Rotorfelge (1) regelmäßig um ihre Rotationsachse (1A) dreht, bis das zweite Kammerende erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass man zumindest drei aufeinander folgende Strahlungen der Wandung (2C) durchführt, indem man die Drehrichtung der Rotorfelge (1) bei jeder Annäherung eines Kammerendes umkehrt.

3. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass man einen Abweiser (15) in der Einfriedung (12) platziert.

4. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass man den Rotorabschnitt (1) nach dem Bestrahlen einer ersten Kammer um seine Drehachse dreht, sodass die Verstopfungsvorrichtungen in die Öffnung zum Einführen (5) der Schaufeln geführt wird, man die Einheit Sonotrode (8) und Pinole (16) in etwa senkrecht in die untere Stellung verschiebt, man die Akustikeinheit umfassend die Pinole (16) und die Sonotrode (8) in etwa waagrecht zur Einführöffnung (5) einer zweiten Ringkammer (2) verschiebt, die gegenüber die Sonotrode (8) geführt wird, und man die Sonotrode (8), die die Menge an Kugeln (10) enthält, und die Pinole (16) erneut in ihre obere Strahlstellung verschiebt, um die besagte zweite ringförmige Kammer (2) zu strahlen.

5. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass man eine Menge an Kugeln (10) verwendet, deren Durchmesser größer als 0,8 mm ist.

6. Installation zur Umsetzung des Verfahrens nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass sie folgendes umfasst eine Sonotrode (8), die in der Lage ist, Kugeln (10) in einem bestimmten Durchmesser in eine bewegliche Einfriedung (12) zu schleudern, die durch einen Wandungsabschnitt (2'C) der ringförmigen Kammer (2), die vibrierende Oberfläche (8A) der besagten Sonotrode (8), die neben dem besagten Ansatz (2A) angeordnet ist, und eine Pinole (16) eingegrenzt wird, die die Sonotrode (8) umgibt, und die Verstopfungsvorrichtungen (14A, 14B) aufweist, die in der Lage sind, eine bewegliche Einfriedung (12) zu bilden, die mit dem besagten Wandungsabschnitt (2'C) und der besagten vibrierenden Oberfläche (8A) abgedichtet ist.

Vorrichtungen zur Erzeugung von Ultraschallschwingungen (18), die in der Lage sind, die besagte Sonotrode (8) anzuregen,

erste Vorrichtungen (20) zum leichten senkrechten Verschieben der besagten Sonotrode (8), und zweite Vorrichtungen (22) zum leichten senkrechten Verschieben der besagten Verstopfungsvorrichtungen (14A, 14B),

ein erstes Spiel (e1), kleiner als der Durchmesser der Kugeln (10), das zwischen der besagten Sono-

trode (8) und der besagten Pinole (16) eingerichtet ist, und

ein zweites Spiel (e2), kleiner als der Durchmesser der Kugeln (10), das zwischen den besagten Verstopfungsvorrichtungen (14A, 14B), die in der besagten ringförmigen Kammer (2) angeordnet sind, und der ringförmigen Kammer (2) eingerichtet ist, und

ein drittes Spiel (e3), kleiner als der Durchmesser der Kugeln (10), zwischen der besagten vibrierenden Oberfläche (8A), die im besagten Ansatz (2A) angeordnet ist, und dem Ansatz (2A) eingerichtet ist.

7. Installation nach Anspruch 6, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass sie ein viertes Spiel (e4), kleiner als der Durchmesser der Kugeln (10), umfasst, das zwischen einem Ende (16A) der Pinole (16) und dem Ansatz (2A) eingerichtet ist. 5
8. Installation nach irgendeinem der Ansprüche 6 und 7, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass die zweiten Verschiebevorrichtungen (22) in der Lage sind, die Verstopfungsvorrichtungen (14A, 14B) und die Sonotrode (8) gemeinsam zu verschieben. 10
9. Installation nach irgendeinem der Ansprüche 6 bis 8, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass die ersten Verschiebevorrichtungen (20) und die zweiten Verschiebevorrichtungen (22) in der Lage sind, gleichzeitig angesteuert zu werden. 15
10. Installation nach irgendeinem der Ansprüche 6 bis 9, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass sie Haltevorrichtungen zum Festhalten der zu behandelnden Rotorfelge (1) umfasst, sowie Vorrichtungen für den Antrieb der besagten Haltevorrichtungen zum regelmäßigen Drehen der ringförmigen Kammer (2). 20
11. Installation nach irgendeinem der Ansprüche 6 bis 10, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass sie Vorrichtungen (28) zum Auswerfen der Menge an Kugeln (10) von der vibrierenden Oberfläche (8A) in einen Behälter (32) umfasst. 25
12. Installation nach irgendeinem der Ansprüche 6 bis 11, durch die Tatsache **gekennzeichnet**, dass sie Vorrichtungen zum leichten waagrechten Verschieben der besagten Sonotrode (8) und der Pinole (16) umfasst. 30

55

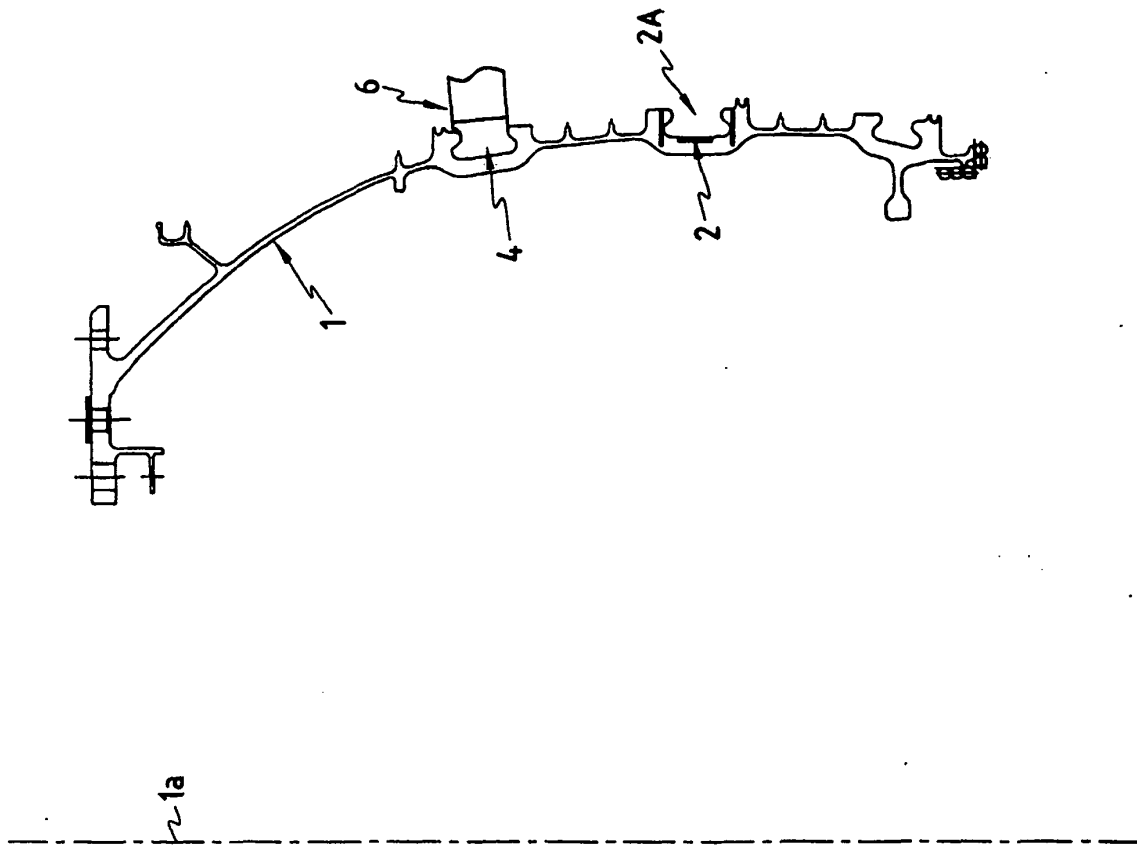
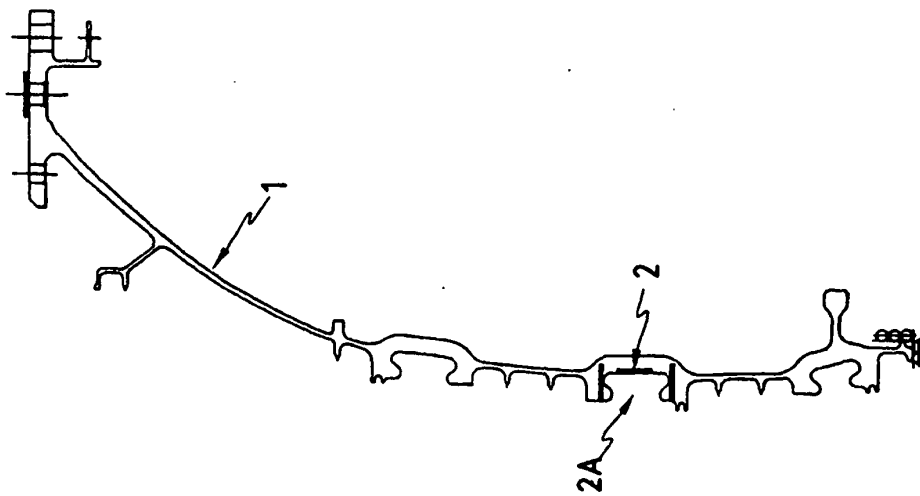
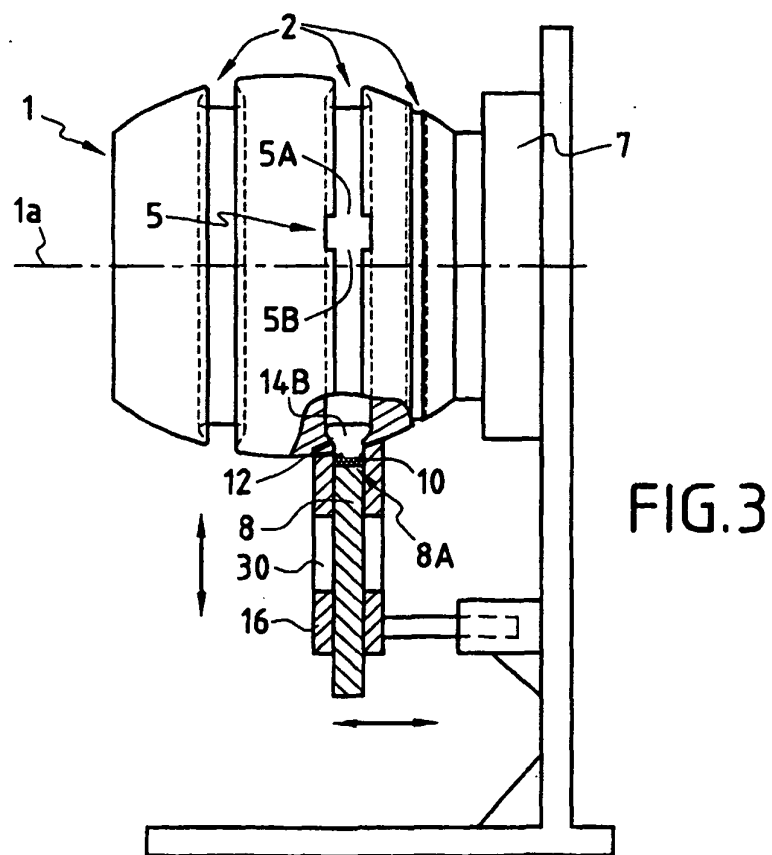
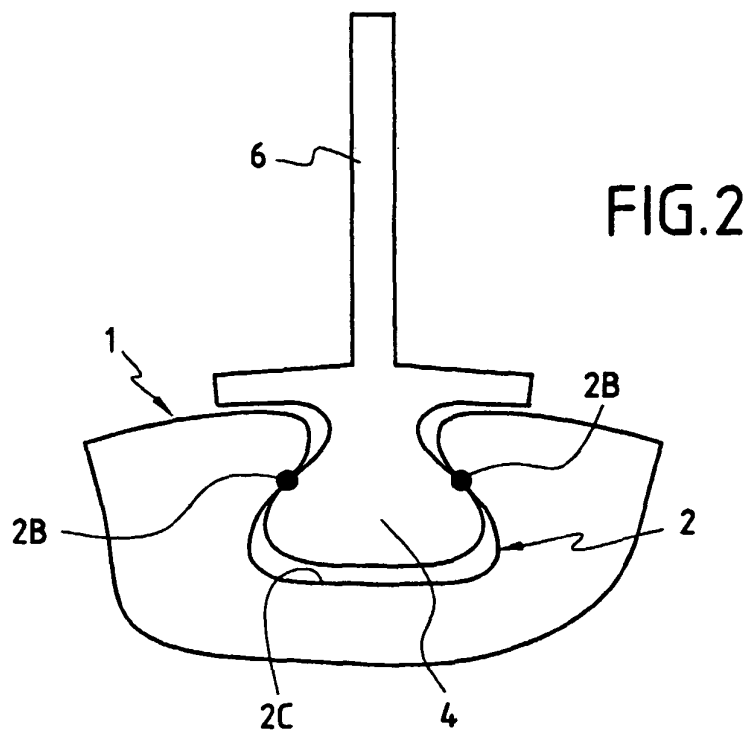
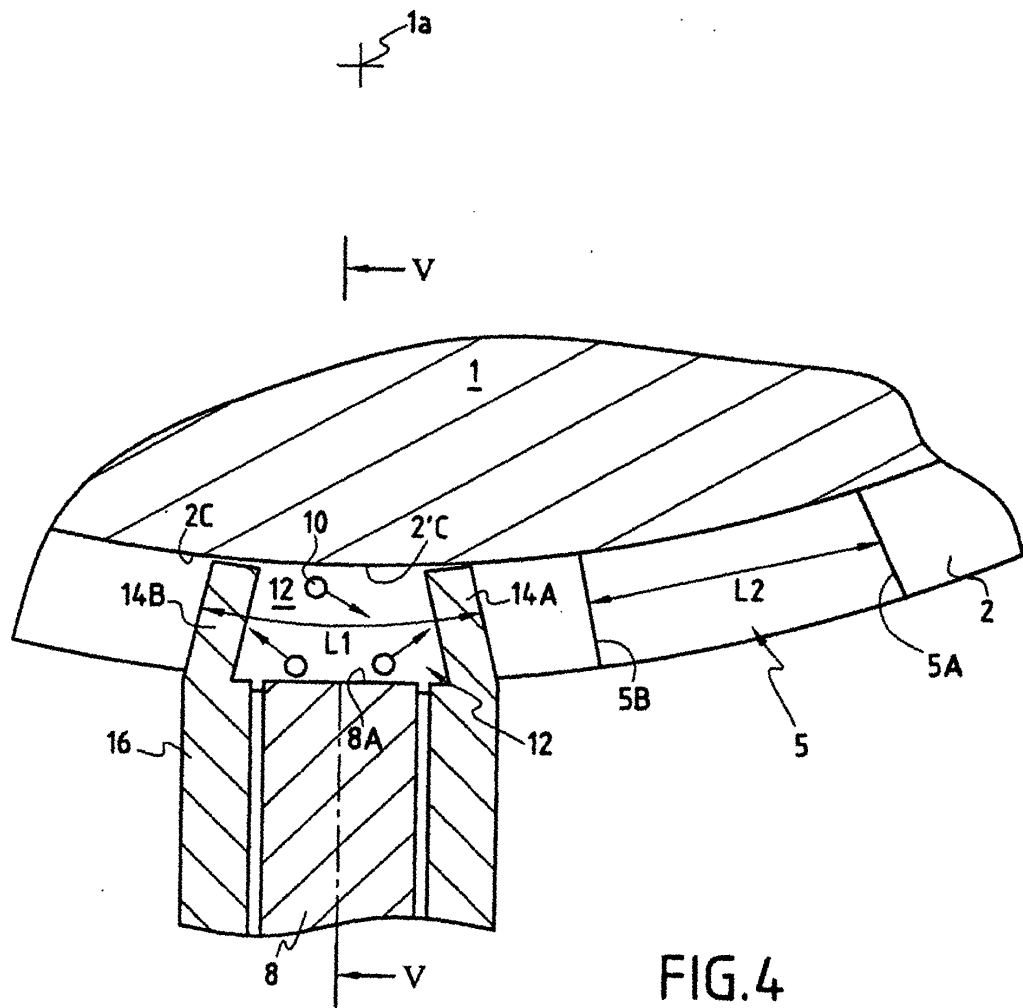


FIG. 1







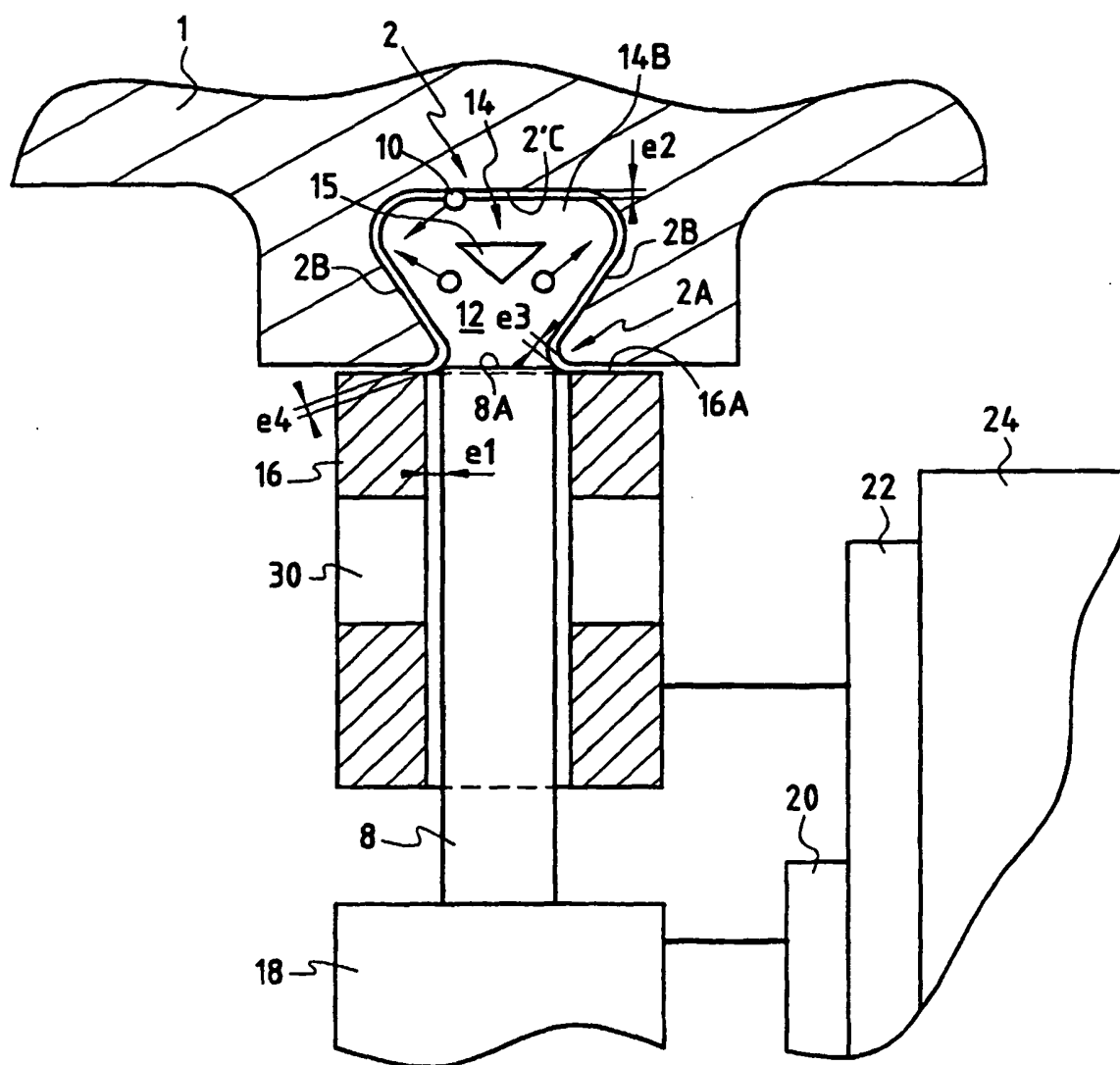
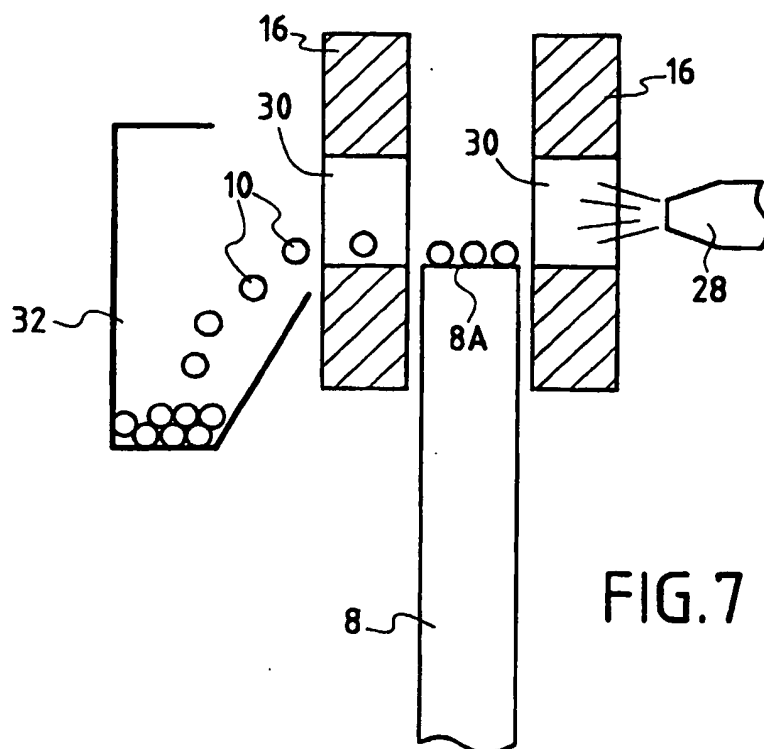
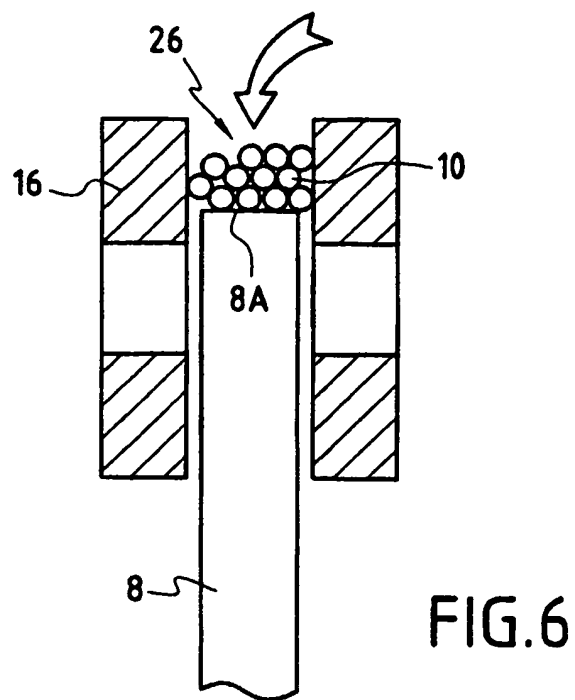


FIG.5



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

- FR 2689431 [0008]