Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2363313 C 2005/11/08

(11)(21) 2 363 313

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(22) Date de dépôt/Filing Date: 2001/11/13

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2002/05/16

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2005/11/08

(30) Priorité/Priority: 2000/11/16 (0014768) FR

(51) Cl.Int.[7]/Int.Cl.[7] B24C 1/10, F01D 5/30

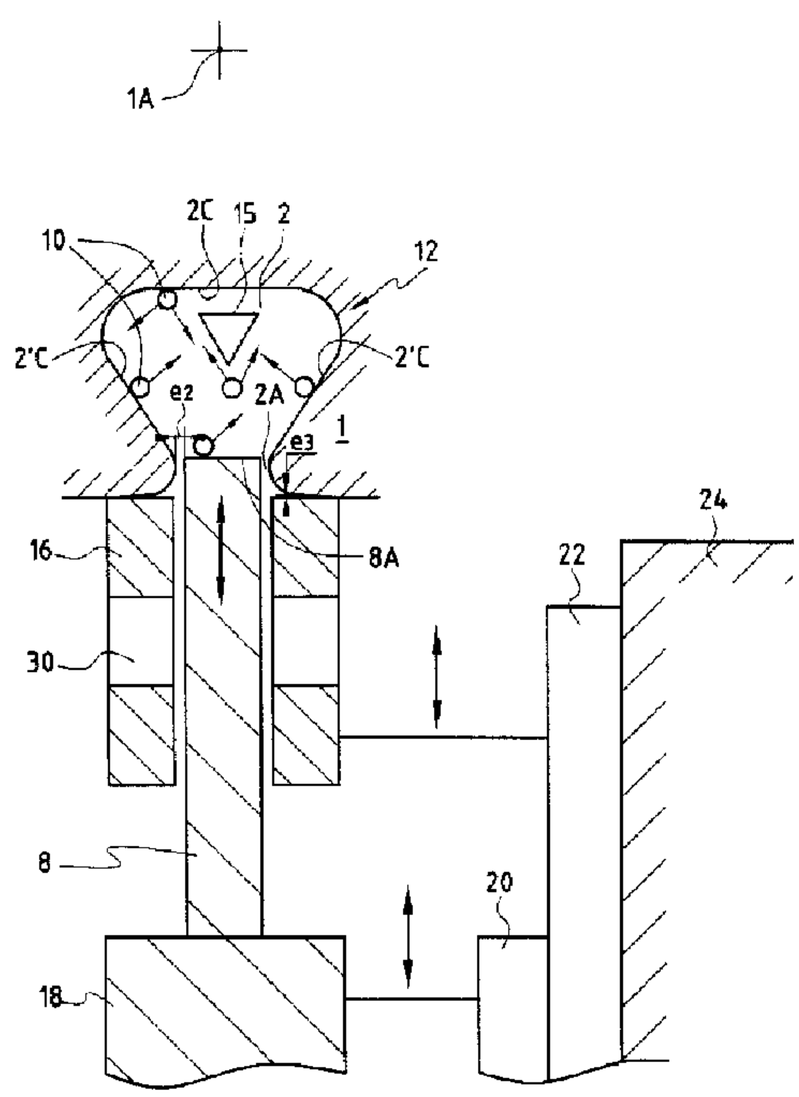
(72) Inventeurs/Inventors:
BERTHELET, BENOIT JEAN HENRI, FR;
CHAREYRE, FRANCIS LUCIEN GUY, FR;
FRADIN, WILLY LIONEL, FR;
HOFFMANN, HAKIM, FR;
KERNEIS, STEPHANE MICHEL, FR;
NTSAMA-ETOUNDI, MARIE-CHRISTINE MARCELLE, FR;
SIMON, GUILLAUME FRANCOIS ROGER, FR

(73) Propriétaires/Owners:
SNECMA MOTEURS, FR;
SNECMA SERVICES, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE GRENAILLAGE PAR ULTRASONS DES ALVEOLES "AXIALES" D'ATTACHE DES AUBES SUR UN ROTOR

(54) Title: ULTRASONIC SHOT-PEENING PROCESS AND SYSTEM FOR ROTOR BLADE ATTACHMENT CENTRE SOCKETS




(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne une installation et un procédé de traitement de surface et de mise en précontrainte de compression par grenaillage de la paroi (2C) d'au moins une cavité oblongue (2) formée dans une pièce (1), ladite cavité (2) débouchant à l'extérieur par une embouchure latéralé (2A), et ayant deux extrémités susceptibles de présenter des ouvertures (3). Le grenaillage de la paroi (2C) de la cavité (2) est réalisé par ultrasons en générant un brouillard de billes (10) dans une enceinte (12) délimitée par la paroi (2C) de la cavité (2), une surface vibrante (8A) obturant ladite embouchure (2A) de la cavité (2) et des moyens d'obturation (14) obturant lesdites ouvertures (3), au moyen d'une sonotrode (8) excitée par des moyens de production d'oscillations ultrasonores (18). Procédé et installation particulièrement destinés à traiter un disque de turbine (1), comportant une pluralité d'alvéoles axiales (2) formées à la périphérie dudit disque (1) et présentant des portions de parois (2'C) qui divergent à partir de chaque embouchure (2A).

# Procédé et dispositif de grenaillage par ultrasons des alvéoles "axiales" d'attache des aubes sur un rotor.

## ABREGE

L'invention concerne une installation et un procédé de traitement de surface et de mise en précontrainte de compression par grenaillage de la paroi (2C) d'au moins une cavité oblongue (2) formée dans une pièce (1), ladite cavité (2) débouchant à l'extérieur par une embouchure latérale (2A), et ayant deux extrémités susceptibles de présenter des ouvertures (3). Le grenaillage de la paroi (2C) de la cavité (2) est réalisé par ultrasons en générant un brouillard de billes (10) dans une enceinte (12) délimitée par la paroi (2C) de la cavité (2), une surface vibrante (8A) obturant ladite embouchure (2A) de la cavité (2) et des moyens d'obturation (14) obturant lesdites ouvertures (3), au moyen d'une sonotrode (8) excitée par des moyens de production d'oscillations ultrasonores (18). Procédé et installation particulièrement destinés à traiter un disque de turbine (1), comportant une pluralité d'alvéoles axiales (2) formées à la périphérie dudit disque (1) et présentant des portions de parois (2'C) qui divergent à partir de chaque embouchure (2A).

**Figure 5**

# PROCEDE ET DISPOSITIF DE GRENAILLAGE PAR ULTRASONS DES ALVEOLES " AXIALES "D'ATTACHE DES AUBES SUR UN ROTOR

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 cavité oblongue formée dans une pièce, ladite cavité débouchant à l'extérieur par une embouchure latérale et ayant deux extrémités susceptibles de présenter des ouvertures frontales.

En particulier, il est nécessaire de mettre en précontrainte de compression la paroi d'une alvéole axiale de rotor de turbomachine pouvant contenir un pied d'aube dont les lignes de contact entre l'alvéole axiale et le pied d'aube sont fortement sollicités. En effet, en fonctionnement, les aubes de turbine ou de soufflantes, bloquées dans les alvéoles axiales 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.

Pour augmenter la résistance en fatigue du rotor de turbine et durcir la surface des alvéoles axiales au voisinage des lignes de contact, il est connu de grenailler les alvéoles axiales 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 s'opposant à l'apparition et à la progression des fissures à la surface de la pièce.

Ces buses ne peuvent projeter que des microbilles dont le diamètre est inférieur à 1mm, et typiquement compris entre 0,3mm et 0,5mm.

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 momentanément des déformations locales intempestives et l'incrustation de résidus de billes. En outre, dans ce procédé, la répartition des billes, tant en position qu'en vitesse, se fait selon la loi de Gauss.

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 sera importante.

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

Le but de l'invention est de proposer un procédé de grenaillage de cavités oblongues, en particulier des alvéoles axiales de rotor de turbine, qui permette de créer des précontraintes reproductibles sur toutes les cavités, 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 blessures et en limitant la dégradation ou les incrustations de la surface traitée.

L'invention atteint son but par le fait que le procédé de grenaillage est réalisé par ultrasons et comporte les étapes suivantes :

a) on place une dose de billes d'un diamètre déterminé sur une surface vibrante d'une sonotrode préalablement disposée dans une position intermédiaire dans un fourreau entourant ladite surface vibrante et comportant des moyens d'obturation susceptibles d'obturer les ouvertures frontales,

b) on place l'embouchure latérale de la cavité en regard de ladite sonotrode,

c) on déplace sensiblement verticalement et ensemble, ladite sonotrode supportant la dose de billes et ledit fourreau vers une position haute de grenaillage dans laquelle les moyens d'obturation obturent les ouvertures frontales de la cavité et dans laquelle la sonotrode, disposée en regard de l'embouchure latérale, délimite, avec le fourreau, les moyens d'obturation et la cavité, une enceinte étanche aux billes, et

d) on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi de la cavité, en générant un brouillard de billes dans ladite enceinte, au moyen de la sonotrode excitée par des moyens de production d'oscillations ultrasonores.

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.

En outre, l'intégralité de la surface est soumise en même temps aux impacts de billes, ce qui diminue considérablement les risques de déformation de la cavité, en particulier, de l'alvéole contenant le pied d'aube.

Pour générer le brouillard de billes, il suffit qu'une bille au moins se mette en contact avec la surface vibrante lorsque la sonotrode est excitée. Aussi la sonotrode peut être disposée obliquement par rapport à la verticale.

Avantageusement, après avoir déplacé ensemble la sonotrode et le fourreau, on déplace sensiblement verticalement la sonotrode par rapport au fourreau, afin que la surface vibrante obture l'embouchure.

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.

Dans ce cas, après avoir grenaillé la paroi d'une cavité, on déplace la sonotrode vers sa position intermédiaire dans le fourreau, on remplace la cavité traitée par une autre cavité à traiter, on déplace la sonotrode vers sa position de grenaillage et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi de l'autre cavité à traiter.

Si la surface vibrante n'est pas introduite dans l'embouchure, après avoir grenaillé la paroi d'une cavité, on remplace la cavité traitée par une autre cavité à traiter, et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi de l'autre cavité à traiter.

Lorsque la pièce comportant au moins une cavité à traiter n'est pas circulaire, ou bien lorsqu'il s'agit de traiter en continu une succession de pièces ayant une seule cavité, la géométrie de la pièce n'est pas toujours adaptée au dispositif et il est nécessaire de déplacer à la fois la surface vibrante et les moyens d'obturation pour dégager l'espace disponible entre les étapes d'amenée respectives de chaque pièce et/ou cavité.

Dans le cas ou le fourreau doit s'effacer pour passer d'une cavité à une autre en raison de la géométrie de la pièce, après avoir grenaillé la paroi d'une cavité, on déplace ensemble la sonotrode et le fourreau vers une position basse, on remplace la cavité traitée par une autre cavité à traiter, on déplace ensemble la sonotrode et le fourreau vers la position haute de grenaillage, et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi de l'autre cavité à traiter.

Selon une variante de réalisation, après avoir grenaillé la paroi d'une cavité, on déplace la sonotrode vers sa position intermédiaire dans le fourreau, on déplace ensemble la sonotrode et le fourreau vers une position basse, on remplace la cavité traitée par une autre cavité à traiter, on déplace

ensemble la sonotrode et le fourreau vers la position haute de grenaillage, on déplace sensiblement verticalement la sonotrode par rapport au fourreau afin que la surface vibrante obture l'embouchure et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi de l'autre cavité à traiter.

Lorsqu'on utilise le procédé pour traiter une pièce circulaire, une jante de rotor par exemple comportant une pluralité de cavités axiales formées à la périphérie de ladite jante de rotor et présentant des portions de parois qui divergent à partir de chaque embouchure, l'on fait tourner pas à pas la jante de rotor autour de son axe de rotation disposée à l'horizontale de manière à amener successivement chaque cavité axiale en regard de la sonotrode après le traitement d'une cavité.

De préférence, on place un déflecteur dans la cavité afin de favoriser le grenaillage des flancs internes de l'embouchure latérale.

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.

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 grenaillage des cavités de la pièce.

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

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

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 grenaillage peut être plus fort tout en ayant une dégradation de la surface moins importante.

L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre de procédé.

Selon l'invention, cette installation comporte :

une sonotrode disposée dans un fourreau équipé de moyens d'obturation susceptibles d'obturer les couvertures frontales d'une cavité, ladite sonotrode étant susceptible de projeter des billes d'un diamètre

déterminé dans un enceinte délimitée par la paroi de la cavité, la surface vibrante de ladite sonotrode, le fourreau et les moyens d'obturation (14)

des moyens de production d'oscillations ultrasonores susceptibles d'exciter ladite sonotrode,

des premiers moyens pour déplacer sensiblement verticalement ladite sonotrode, et des deuxièmes moyens pour déplacer sensiblement verticalement ledit fourreau,

un premier jeu inférieur au diamètre des billes étant ménagé entre ladite sonotrode et ledit fourreau.

De préférence, un deuxième jeu inférieur au diamètre des billes est ménagé entre ladite surface vibrante disposée dans l'embouchure de la cavité et ladite embouchure.

L'installation comporte avantageusement un troisième 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.

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.

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'espace laissé par l'embouchure et les moyens d'obturation sont formés de manière à bien obturer les ouvertures de ladite cavité.

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

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

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.

Avantageusement, l'installation comporte des moyens de support pour supporter au moins une pièce à traiter et des moyens d'entraînement desdits moyens de support pour amener pas à pas une cavité au-dessus de la sonotrode.

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

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.

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 en perspective d'une jante de rotor,
- la figure 2 est une vue frontale d'une aube de soufflante disposée dans une cavité axiale formée à la périphérie de la jante de rotor,
- la figure 3 est une coupe axiale de l'installation, le fourreau et la sonotrode étant placés en position haute de grenaillage,
- la figure 4 est une vue en perspective du fourreau contenant la sonotrode placée en position haute de grenaillage dans ledit fourreau,
- la figure 5 est une coupe de la figure 3 selon la ligne V-V,
- la figure 6 est une coupe du fourreau contenant la sonotrode, dans sa position intermédiaire, et
- la figure 7 est une coupe du fourreau contenant la sonotrode, dans sa position basse.

La figure 1 montre une jante de rotor 1 comportant une pluralité d'alvéoles 2 sensiblement axiales, formées à la périphérie de la jante de rotor 1 et régulièrement espacées autour de l'axe de rotation 1A de la jante de rotor. Ces alvéoles 2 présentent une ouverture frontale 3 à chaque extrémité. Ces alvéoles 2 sont en forme de queue d'aronde et présentent une embouchure 2A ouverte radialement vers l'extérieur et de forme sensiblement rectiligne afin de permettre le montage des pieds d'aube 4

sensiblement en forme de queue d'aronde des aubes de soufflante 6. Les alvéoles 2 peuvent être rectilignes ou curvilignes.

Chaque pied d'aube 4 est monté axialement par coulissement dans une alvéole 2. Entre le pied d'aube 4 et le fond de la l'alvéole 2 peut être engagée une cale (non représentée) qui maintient le pied d'aube 4 en appui contre les parois de la l'alvéole 2 correspondante.

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.

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 en fatigue de la jante de rotor 1.

Les figures 3 et 5 montrent un exemple d'installation utilisée pour la mise en oeuvre du procédé dans laquelle un seul ensemble acoustique est utilisé, ledit ensemble acoustique étant susceptible de se déplacer verticalement. L'ensemble acoustique comporte essentiellement une sonotrode 8 disposée dans un fourreau 16 équipé de joues d'obturation 14. L'installation est positionnée en dessous de la jante de rotor 1. La sonotrode 8, ainsi que le fourreau 16 sont placés dans une position haute de grenaillage, comme représentés sur la figure 3. Dans cette position haute de grenaillage, la sonotrode 8 obture de préférence l'embouchure 2A et les joues d'obturation 14 formées sur le fourreau 16 obturent les deux ouvertures 3.

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 délimitée par la paroi 2C, la surface vibrante 8A et les joues d'obturation 14. 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.

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 le fourreau 16.

En référence aux figures 3 à 5, la surface vibrante 8A, est sensiblement rectangulaire et a une longueur L1 sensiblement égale à la

longueur L2 de l'alvéole 2 mesurée axialement. La sonotrode 8 est en position haute de grenaillage dans le fourreau 16 qui borde la surface vibrante 8A. Les joues d'obturation 14 sont de forme simple, par exemple rectangulaire, afin de masquer intégralement les ouvertures 3. La largeur de la surface vibrante 8A est sensiblement égale à la largeur de l'embouchure 2A.

La figure 5 montre que l'alvéole 2 est de forme concave avec des portions de paroi 2'C qui divergent à partir de l'embouchure 2A. Dans l'alvéole 2 on a introduit un déflecteur 15 porté par les joues d'obturation 14. Ledit déflecteur 15 est triangulaire avec des côtés sensiblement parallèles aux portions de paroi 2'C et au fond de l'alvéole. Il permet notamment d'atténuer l'effet du grenaillage du fond de l'alvéole et d'augmenter le grenaillage des parois 2'C.

Le jeu e2 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 au cours du grenaillage, un troisième jeu e3 compris entre une extrémité 16A du fourreau 16 et l'embouchure 2A permet d'assurer l'étanchéité de l'enceinte 12.

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 sensiblement 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.

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 grenaillage.

Avant de débuter 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.

Après avoir fixé la jante de rotor 1 par des moyens de maintien (non représentés), on amène une 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 pas à pas.

On déplace la sonotrode 8 et le fourreau 16 vers leur position haute de grenaillage, puis, on procède au grenaillage de la première alvéole 2 en actionnant le générateur de vibrations 18. Dès que le grenaillage de la première alvéole 2 est terminé, la sonotrode 8 est dégagée de l'embouchure 2A vers sa position intermédiaire, puis on amène une deuxième alvéole 2 en regard de la sonotrode 8, en faisant tourner la jante de rotor 1 d'un angle égal à celui séparant deux alvéoles axiales consécutives 2 autour de son axe de rotation 1A, 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.

A la fin du traitement, ou à la demande, 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.

Il est à noter que la sonotrode 8 peut être déplacée selon une direction oblique sans sortir du cadre de l'invention. Ce qui compte c'est qu'il y ait au moins une bille 10 dans le récipient 26 au contact de la surface 8A lors de la mise en route de la sonotrode 8 afin d'amorcer la formation du brouillard de billes.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de surface et de mise en précontrainte de compression par grenaillage de la paroi (2C) d'au moins une cavité oblongue (2) formée dans une pièce (1), ladite cavité (2) débouchant à l'extérieur par une embouchure latérale (2A), et ayant deux extrémités susceptibles de présenter des ouvertures frontales (3),

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) et comportant des moyens d'obturation (14) susceptibles d'obturer les ouvertures frontales (3) de ladite cavité (2),

b) on place l'embouchure latérale (2A) de la cavité (2) en regard de ladite sonotrode (8),

c) on déplace sensiblement verticalement et ensemble, ladite sonotrode (8) supportant la dose de billes (10) et ledit fourreau vers une position haute de grenaillage dans laquelle les moyens d'obturation (14) obturent les ouvertures frontales (3) de la cavité (2) et dans laquelle la sonotrode, disposée en regard de l'embouchure latérale (2A), délimite, avec le fourreau (16), les moyens d'obturation (14) et la cavité, une enceinte (12) étanche aux billes (10), et

d) on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi (2C) de la cavité (2), en générant un brouillard de billes (10) dans ladite enceinte (12), au moyen de la sonotrode (8) excitée par des moyens de production d'oscillations ultrasonores (18).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, après avoir déplacé ensemble la sonotrode (8) et le fourreau (16), on déplace sensiblement verticalement la sonotrode (8) par rapport au fourreau (16), afin que la surface vibrante (8A) obture l'embouchure (2A).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que, après avoir grenaillé la paroi (2C) d'une cavité (2), on déplace la sonotrode (8) vers sa position intermédiaire dans le fourreau (16), on remplace la cavité traitée par une autre cavité (2) à traiter, on déplace la sonotrode (8) vers sa position de grenaillage et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi (2C) de l'autre cavité à traiter.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, après avoir grenaillé la paroi (2C) d'une cavité (2), on remplace la cavité (2) traitée par une autre cavité (2) à traiter, et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi (2c) de l'autre cavité (2) à traiter.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, après avoir grenaillé la paroi (2C) d'une cavité (2), on déplace ensemble la sonotrode (8) et le fourreau (16) vers une position basse, on remplace la cavité traitée par une autre cavité à traiter, on déplace ensemble la sonotrode (8) et le fourreau (16) vers la position haute de grenaillage, et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi (2C) de l'autre cavité à traiter.

6. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que, après avoir grenaillé la paroi (2C) d'une cavité (2), on déplace la sonotrode (8) vers sa position intermédiaire dans le fourreau (16), on déplace ensemble la sonotrode (8) et le fourreau (16) vers une position basse, on remplace la cavité traitée par une autre cavité à traiter, on déplace ensemble la sonotrode (8) et le fourreau (16) vers la position haute de grenaillage, on déplace sensiblement verticalement la sonotrode par rapport au fourreau (16) afin que la surface vibrante (8A) obture l'embouchure (21) et on procède au grenaillage par ultrasons de la paroi (2C) de l'autre cavité à traiter.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, destiné à traiter une pièce circulaire, une jante de rotor (1) par exemple comportant une pluralité de cavités axiales (2) formées à la périphérie de ladite jante de rotor (1) et présentant des portions de parois (2'C) qui divergent à partir de chaque embouchure, caractérisé par le fait que l'on fait tourner pas à pas la jante de rotor (1) autour de son axe de rotation (1A) disposée à l'horizontale de manière à amener successivement chaque cavité axiale (2) en regard de la sonotrode (8) après le traitement d'une cavité.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que l'on place un déflecteur (15) dans la cavité afin de favoriser le grenaillage des flancs internes de l'embouchure latérale (2A).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que l'on utilise une dose de billes (10) dont le diamètre est supérieur à 0,8 mm.

10. Installation pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée par le fait qu'elle comporte :

une sonotrode (8) disposée dans un fourreau (16) équipé de moyens d'obturation (14) susceptibles d'obturer les couvertures frontales (3) d'une cavité (2), ladite sonotrode (8) étant susceptible de projeter des billes (10) d'un diamètre déterminé dans un enceinte (12) délimitée par la paroi (2C) de la cavité (2), la surface vibrante (8A) de ladite sonotrode (8), le fourreau (16) et les moyens d'obturation (14)

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 ledit fourreau (16),

un premier jeu (e1) inférieur au diamètre des billes (10) étant ménagé entre ladite sonotrode (8) et ledit fourreau (16).

11. Installation selon la revendication 10, caractérisée par le fait que un deuxième jeu (e2) inférieur au diamètre des billes (10) est ménagé entre la surface vibrante (8A) disposée dans l'embouchure de la cavité (2) et ladite embouchure (2A).

12. Installation selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée par le fait que un troisième jeu (e3) inférieur au diamètre des billes (10) est ménagé entre une extrémité (16A) du fourreau (16) et la pièce.

13. Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée par le fait que les deuxièmes moyens de déplacement (22) sont susceptibles de déplacer ensemble les moyens d'obturation (14) et la sonotrode (8).

14. Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisée par le fait que les premiers moyens de déplacement (20) et les deuxièmes moyens de déplacement (22) sont aptes à être commandés simultanément.

15. Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisée par le fait qu'elle comporte des moyens de support pour supporter au moins une pièce (1) à traiter et des moyens d'entraînement desdits moyens de support pour amener pas à pas une cavité (2) au-dessus de la sonotrode (8).

16. Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, 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).

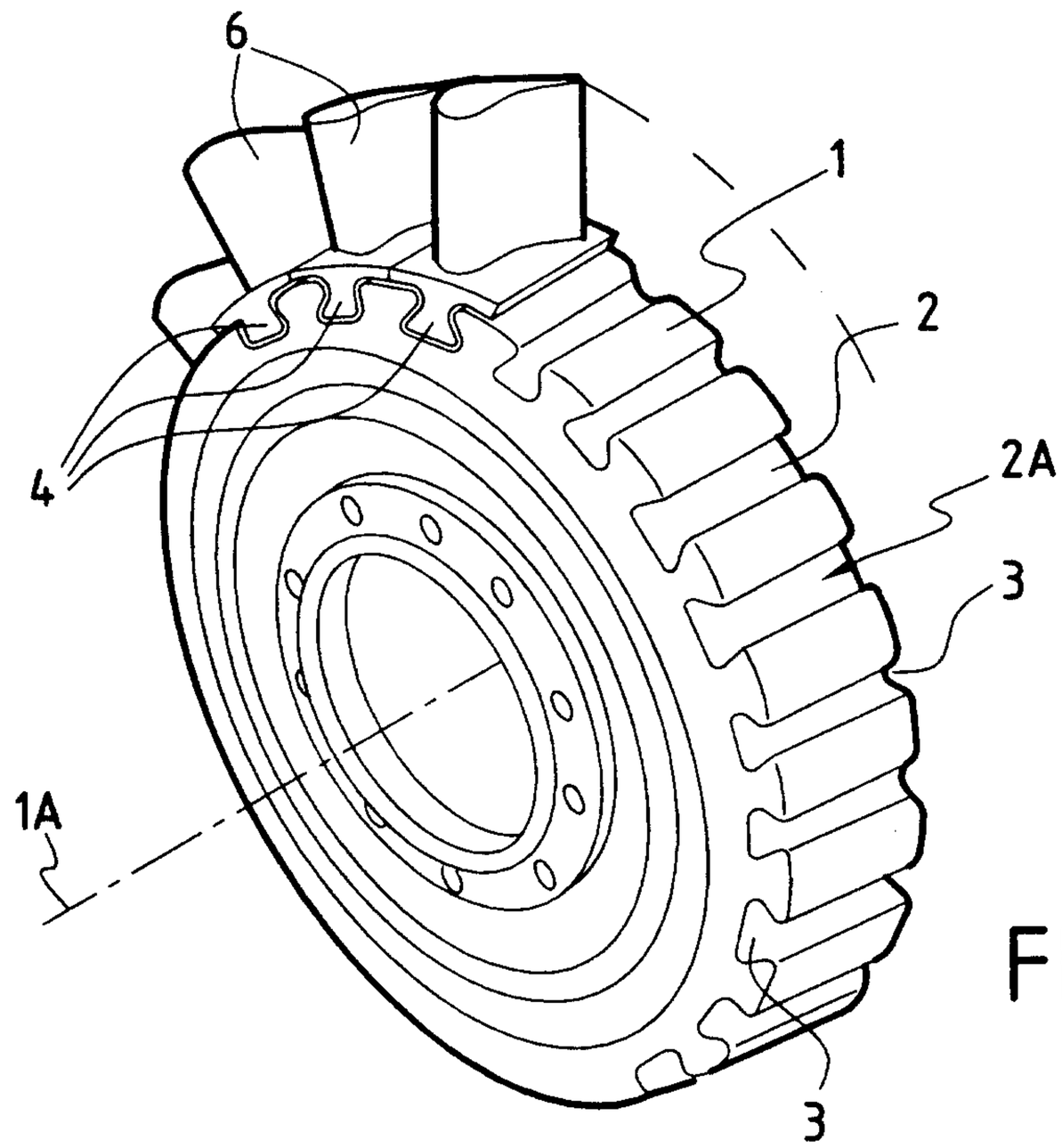



FIG.1

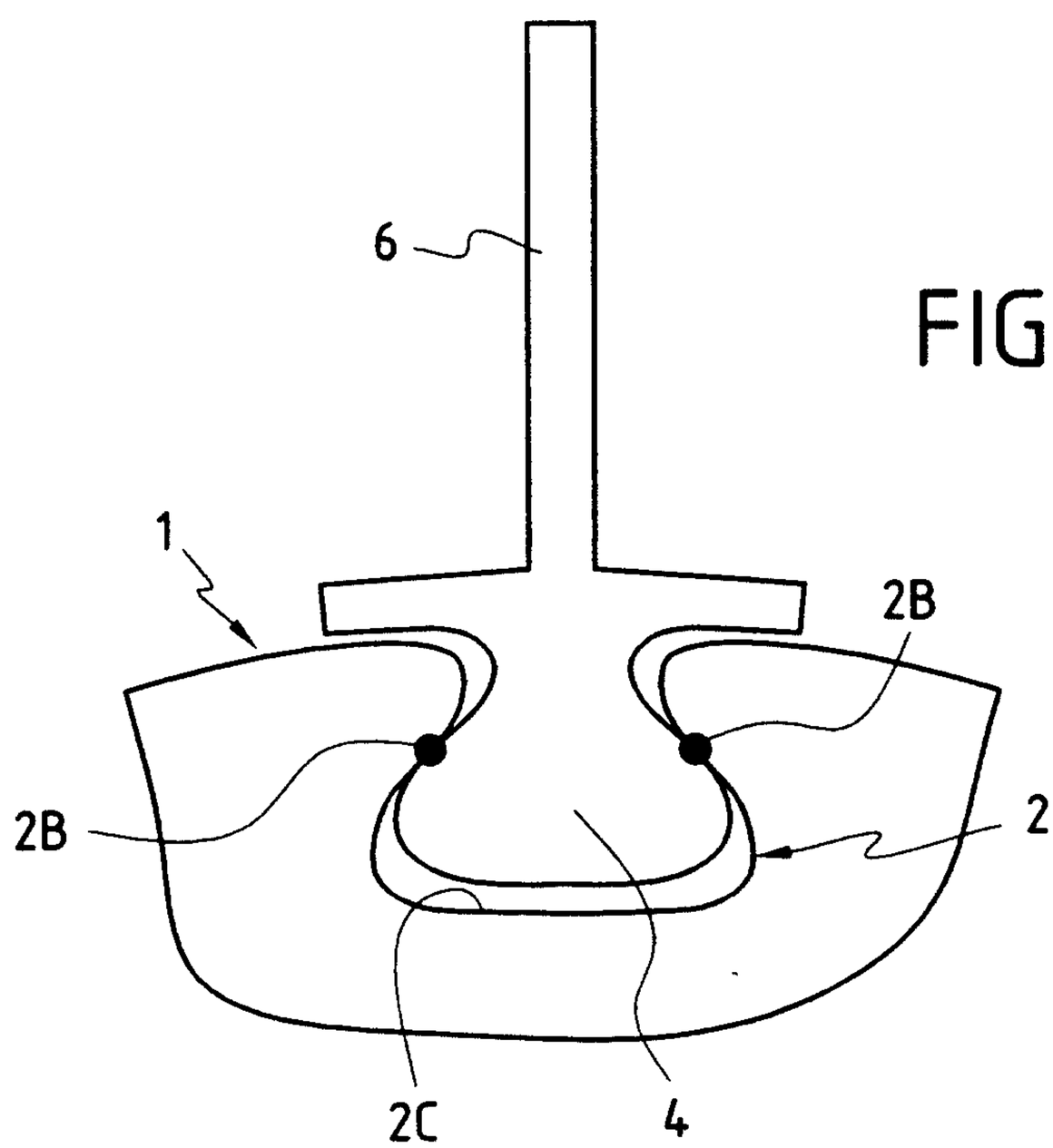



FIG.2

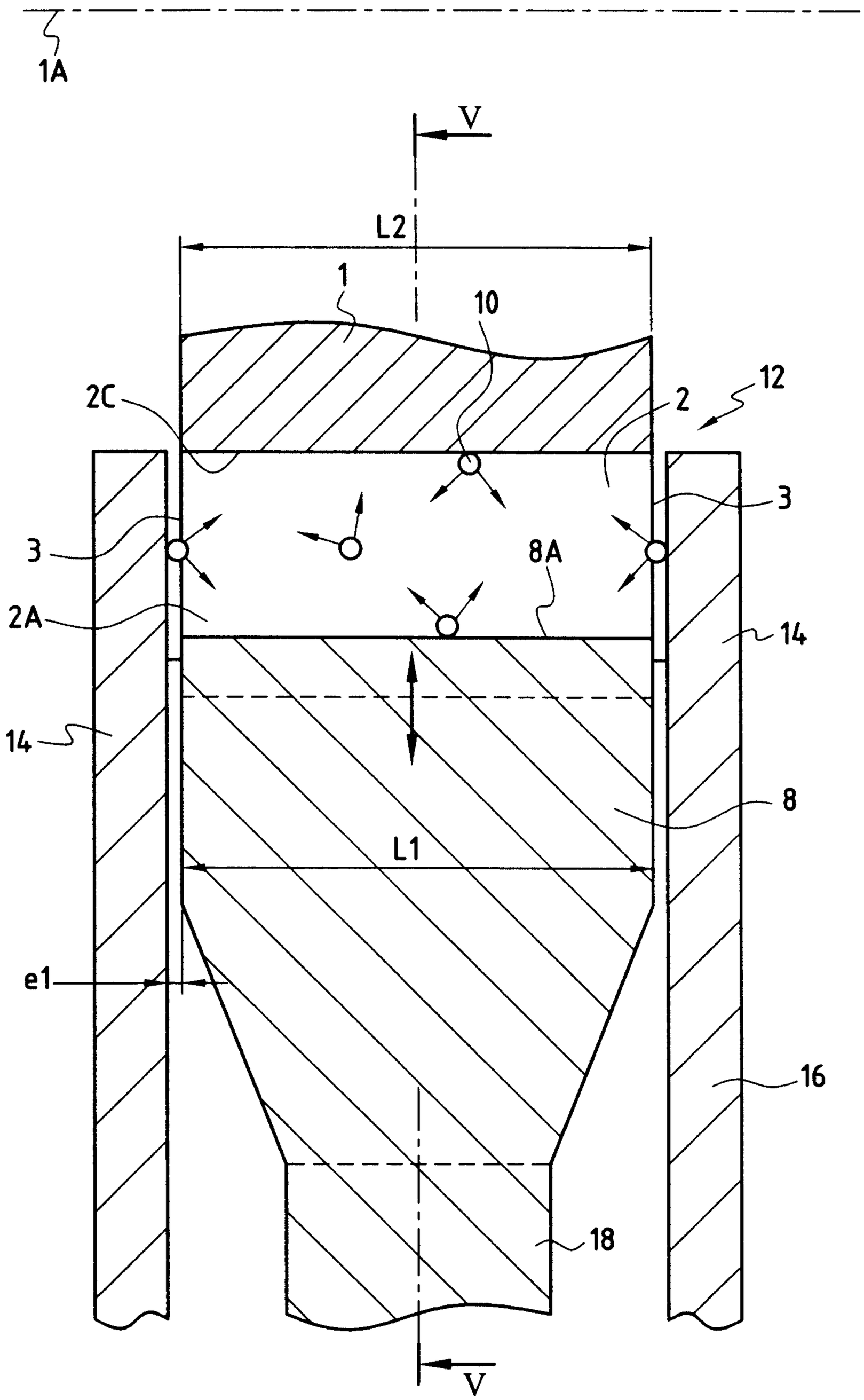



FIG.3

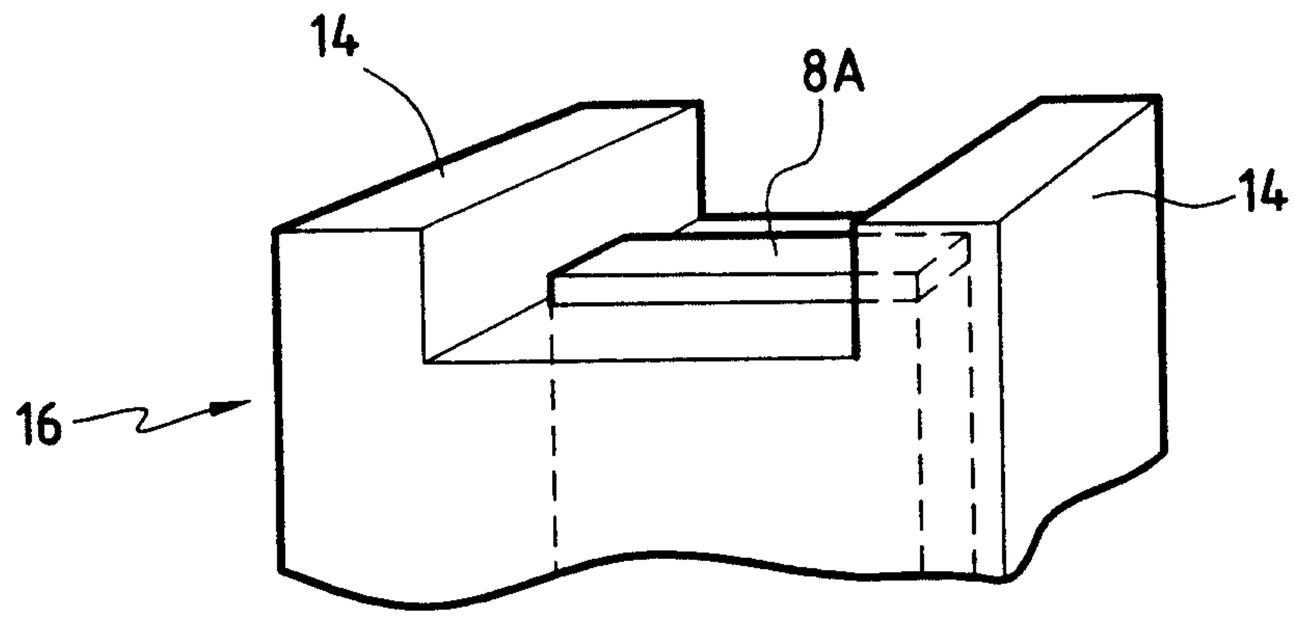



FIG.4

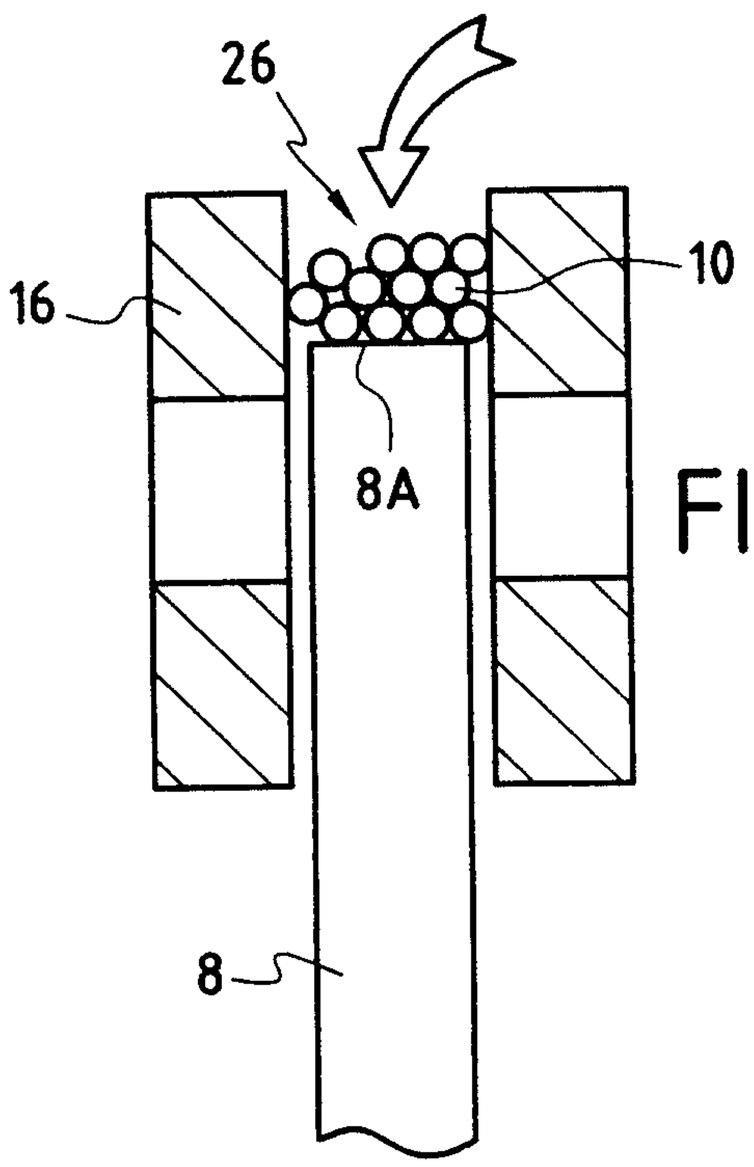



FIG.6

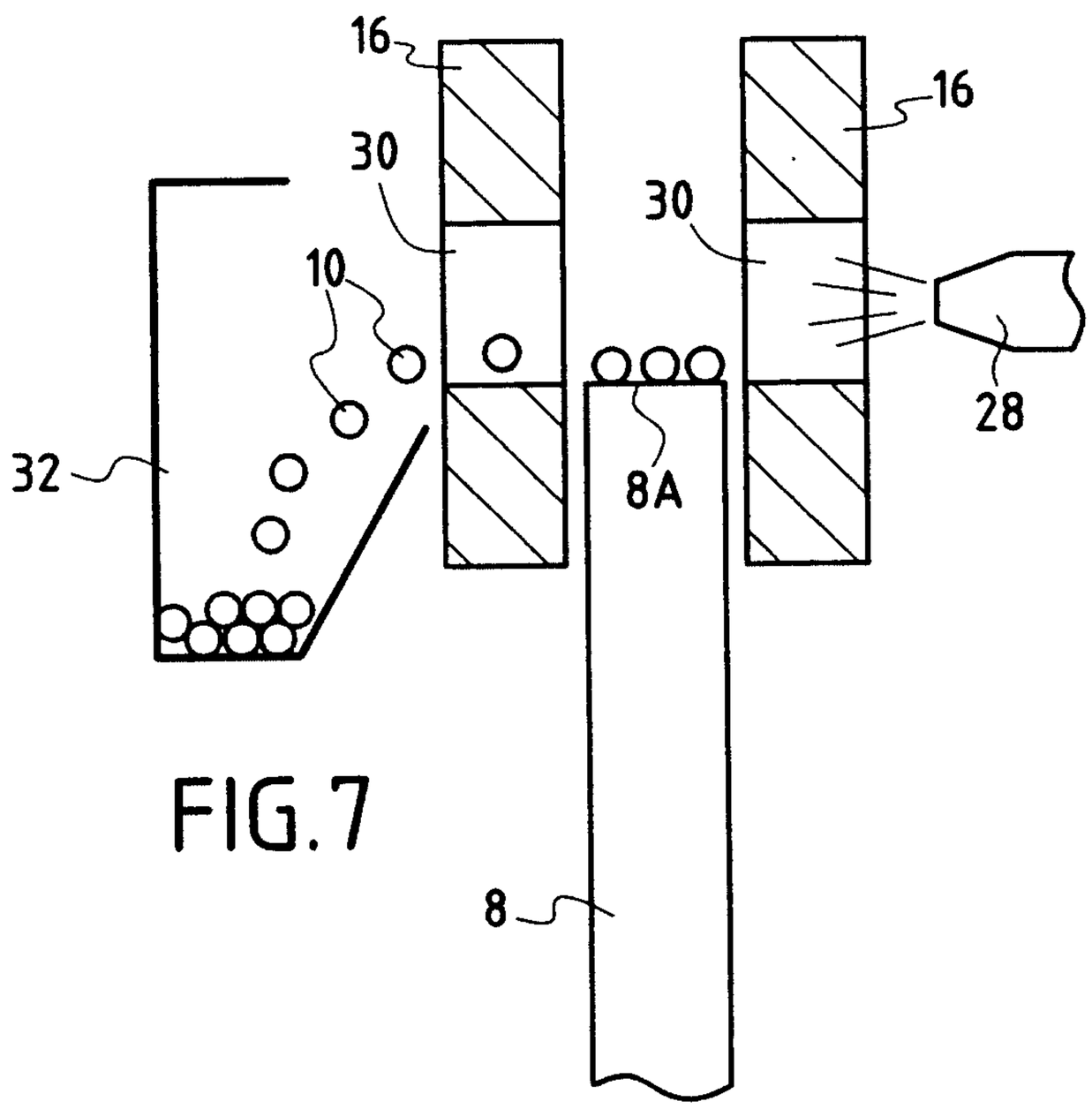



FIG.7

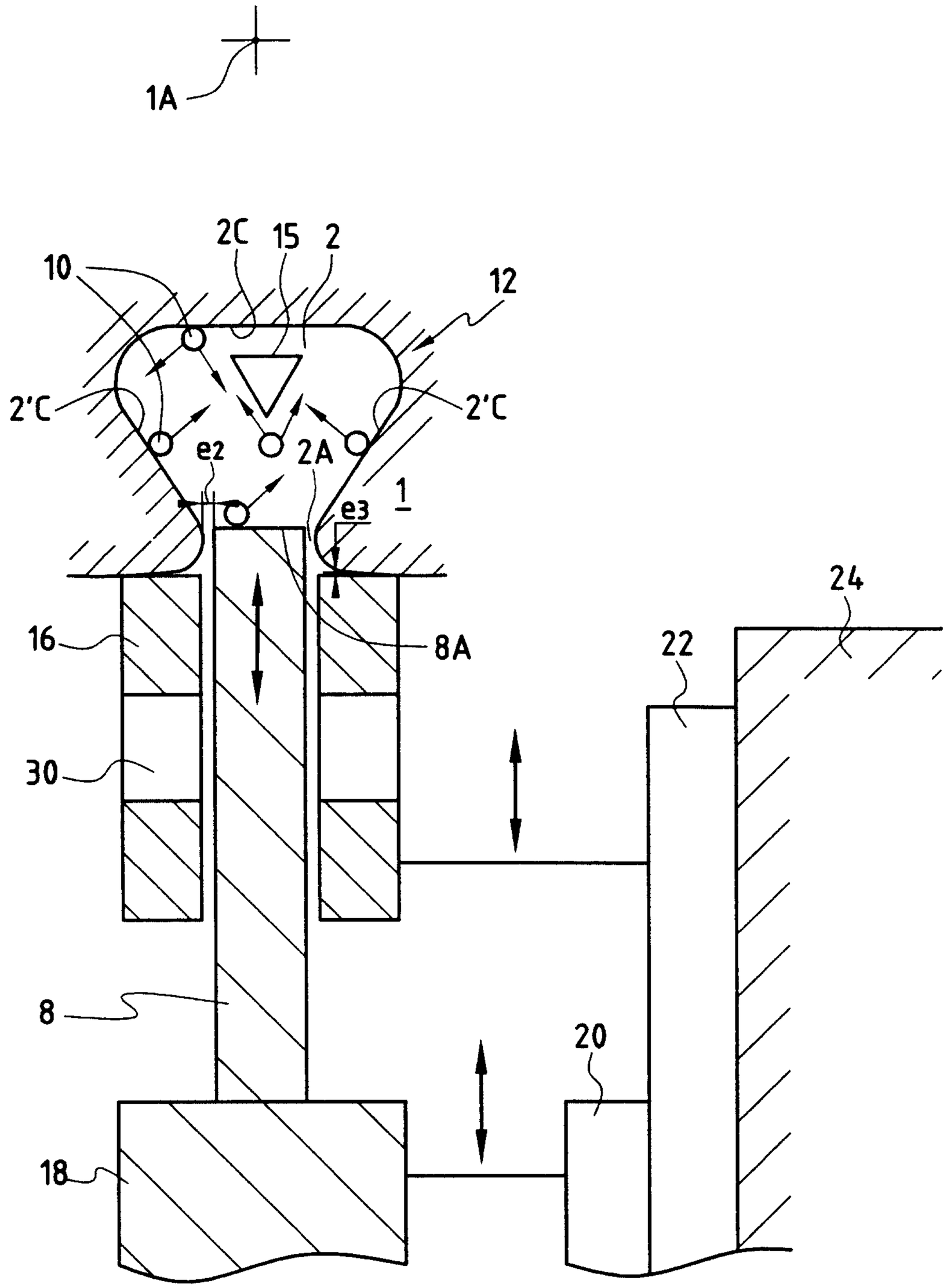
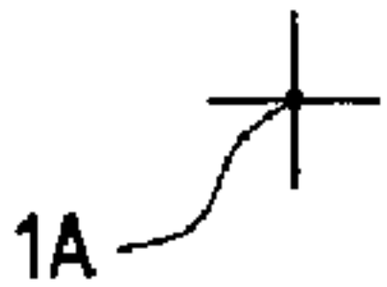
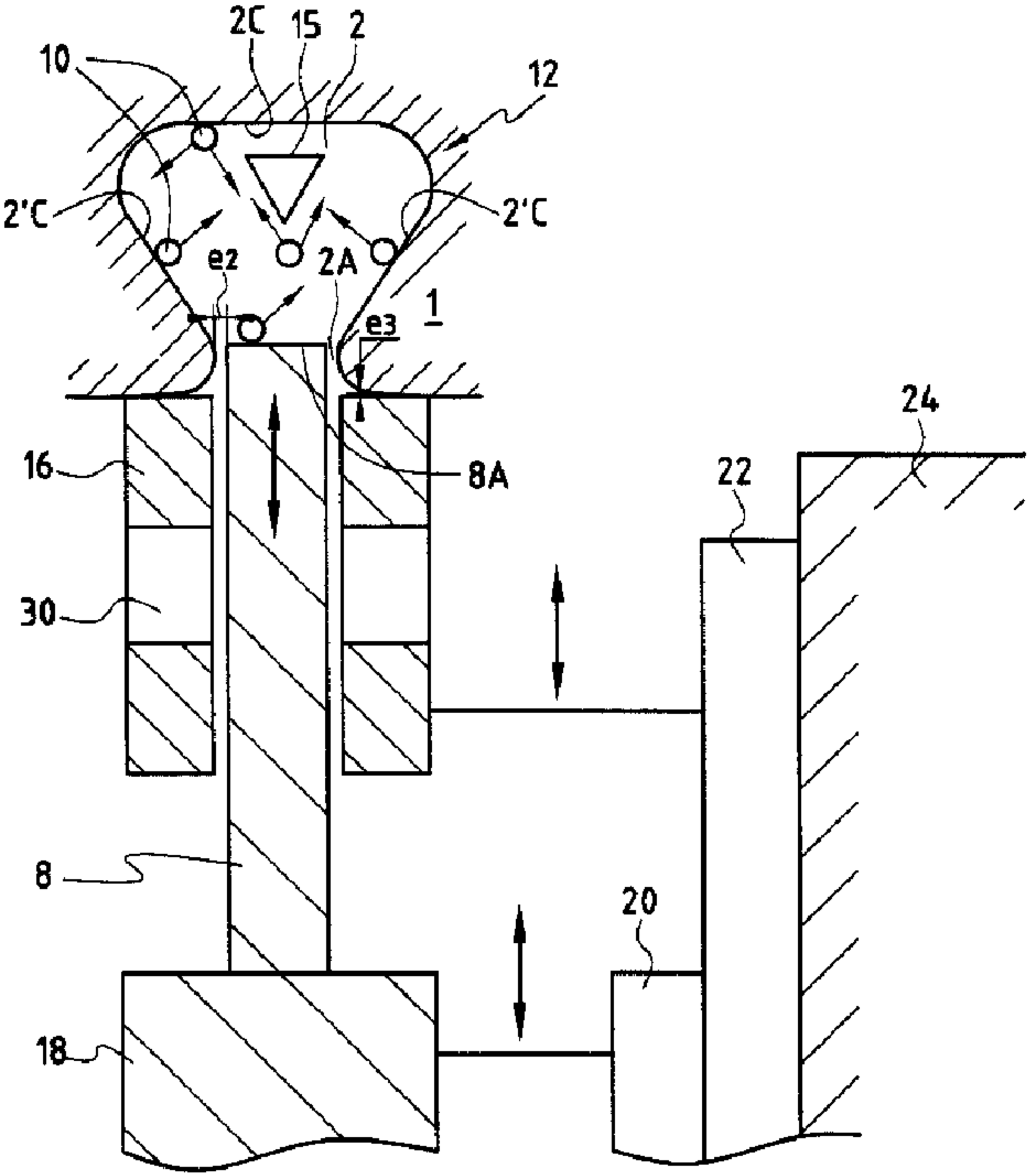



FIG.5


1A


2C
15
2
10
12
2'C
2'C
e2
2A
1
e3
16
8A
24
22
30
8
20
18