

(19)



(11)

EP 3 830 314 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

18.01.2023 Bulletin 2023/03

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

C23F 1/00 (2006.01) **C23F 3/04** (2006.01)
C23F 3/06 (2006.01) **F01D 5/00** (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19766296.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

C23F 1/00; C23F 3/04; C23F 3/06; F05D 2230/10

(22) Date de dépôt: **31.07.2019**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2019/051881

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2020/025902 (06.02.2020 Gazette 2020/06)

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR L'AMÉLIORATION DE L'ETAT DE SURFACE D'UNE PIÈCE DE TURBOMACHINE**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR VERBESSERUNG DES OBERFLÄCHENZUSTANDES
EINER TURBOMASCHINENKOMPONENTE

METHOD AND DEVICE FOR IMPROVING THE SURFACE CONDITION OF A TURBOMACHINE
COMPONENT

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Inventeurs:

- **PIETTE, Romaric Jean-Marie**
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR)
- **BERTRAND, Françoise**
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR)

(30) Priorité: **31.07.2018 FR 1857121**

(74) Mandataire: **Regimbeau**

20, rue de Chazelles
75847 Paris Cedex 17 (FR)

(43) Date de publication de la demande:

09.06.2021 Bulletin 2021/23

(73) Titulaire: **SAFRAN AIRCRAFT ENGINES**
75015 Paris (FR)

(56) Documents cités:

EP-A1- 2 377 423 EP-A1- 2 511 398
US-A1- 2013 161 297 US-A1- 2015 013 126

EP 3 830 314 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

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION ET ETAT DE LA TECHNIQUE

[0001] La présente invention concerne le traitement de surface de pièces de turbomachine, de préférence métalliques, afin d'en améliorer l'état de surface.

[0002] L'invention trouve une application avantageuse pour le traitement de surface d'aubes de turbomachine après leur usinage.

[0003] Les pièces exposées à l'écoulement d'air dans une turbomachine sont soumises à de sévères exigences de performances aérodynamiques. L'un des paramètres déterminants pour l'optimisation des cycles de fonctionnement de la turbomachine est l'état de surface des pièces qui sont directement exposées au flux d'air. Les éléments tournants de la turbomachine, notamment les aubes des compresseurs et des turbines, doivent faire l'objet d'une attention particulière.

[0004] A l'issue des opérations d'usinage standard des aubes de turbomachine, on obtient des surfaces d'aube présentant une rugosité Ra inférieure à 1,6 micromètres. Il est rappelé que la rugosité Ra désigne l'écart moyen entre des pics et creux microscopiques successifs d'une surface. Une rugosité Ra de 1,6 micromètres est toutefois considérée encore trop élevée pour certaines applications.

[0005] Pour diminuer encore la rugosité des surfaces d'aube, il est connu de mettre en oeuvre un polissage manuel ou automatisé à la bande abrasive ou à la pâte abrasive, ou un polissage électrolytique. Ces opérations permettent notamment de diminuer la rugosité de la surface des aubes, ou encore de les ébavurer, c'est-à-dire de supprimer un excès local de matière qui crée une irrégularité de surface.

[0006] Il est également connu de réaliser un ébavurage de la surface usinée d'une pièce par tribofinition, en plongeant la pièce dans une matrice comprenant une substance abrasive, et en mettant la pièce en mouvement dans ladite matrice. Le mouvement de la pièce génère des frottements entre la substance abrasive et la surface de la pièce. Parmi les machines connues pour l'automatisation d'un tel traitement de tribofinition, certaines comprennent un bac rempli de produit abrasif et animé d'un mouvement oscillatoire ou vibratoire. D'autres dispositifs connus prévoient des moyens de mise en rotation des pièces à traiter, au sein d'une matrice fixe comprenant la substance abrasive.

[0007] Les procédés connus présentent toutefois l'inconvénient de pouvoir très difficilement être adaptés pour traiter seulement une partie d'une pièce. Pour le cas des aubes de turbomachine, certaines applications ne nécessitent qu'un traitement localisé des aubes au niveau du bord d'attaque et/ou du bord de fuite, qui sont les zones les plus critiques pour la performance aérodynamique de l'aube. Quand bien même seul un traitement localisé d'une pièce serait nécessaire, les machines de

polissage ou de tribofinition connues ne permettent pas de diminuer la durée de traitement et de cibler exclusivement certaines parties de la surface d'une pièce.

[0008] De plus, pour une machine prévoyant l'immersion des pièces à traiter dans une matrice de produit abrasif, ladite matrice doit comprendre une grande quantité de produit abrasif, et éventuellement un médium solide pour communiquer à la matrice le mouvement de la machine. Une telle machine consomme ainsi plus de produit abrasif qu'il n'est nécessaire pour traiter les pièces, et nécessite du matériel supplémentaire pour former le médium solide.

[0009] Enfin, certaines zones des pièces sont inaccessibles lors d'un traitement par tribofinition.

[0010] Le document EP 2 377 423 A1 mentionne un appareil et un procédé pour appliquer un fluide sur une zone cible d'un composant, le fluide étant appliqué par applicateur de fluide guidé le long d'un trajet prédéterminé par rapport au composant, la température du fluide étant contrôlée, l'applicateur présentant une tête d'application configurée pour être mise en contact physique avec le composant.

PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION

[0011] Il existe donc un besoin pour un procédé de traitement de surface de pièces, notamment des pièces métalliques après usinage, qui soit automatisé pour garantir la fiabilité et la répétabilité des résultats, tout en permettant d'effectuer seulement un traitement localisé des pièces, pour cibler des surfaces critiques éventuellement inaccessibles avec les méthodes connues.

[0012] On cherche également un procédé de traitement de surface de rapidité accrue par rapport aux méthodes connues.

[0013] Il existe un besoin additionnel pour un procédé qui soit peu consommateur de produit abrasif.

[0014] La présente invention répond à ces besoins par la fourniture d'un procédé de traitement de surface d'une pièce de turbomachine, la pièce comprenant une surface à traiter, le procédé comprenant les étapes suivantes : chargement d'un premier distributeur avec une solution d'attaque chimique et d'un deuxième distributeur avec une solution de rinçage, chaque distributeur comprenant une zone de contact avec la surface à traiter, la solution d'attaque chimique étant amenée à la zone de contact du premier distributeur, la solution de rinçage étant amenée à la zone de contact du deuxième distributeur, positionnement du premier distributeur et du deuxième distributeur en regard de la surface à traiter, déplacement conjoint et simultané du premier distributeur et du deuxième distributeur le long de la surface à traiter, de sorte que la surface à traiter reçoive successivement la solution d'attaque chimique puis la solution de rinçage. Dans le procédé de l'invention, la surface à traiter est d'abord attaquée chimiquement pour en réduire la rugosité, puis rincée. Le rinçage immédiatement successif à l'attaque chimique permet de récupérer les résidus détachés de

la surface, ainsi que l'excès de solution d'attaque. Le procédé de l'invention présente l'avantage de permettre un traitement localisé, visant une zone précise d'une pièce à traiter. Il suffit de commander le déplacement des deux distributeurs de manière à traiter cette zone précise.

[0015] De plus, le procédé de traitement peut être très rapide lorsque la surface à traiter est peu vaste.

[0016] Enfin, le procédé ne consomme que les quantités de solution d'attaque chimique et de solution de rinçage nécessaires pour le chargement des deux distributeurs, et ne nécessite pas un médium solide supplémentaire en complément de la solution d'attaque chimique.

[0017] D'autres caractéristiques optionnelles et non limitatives d'un procédé de l'invention sont les suivantes, prises seules ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

- le premier distributeur et le deuxième distributeur sont positionnés et déplacés par rapport à la surface à traiter de sorte que le deuxième distributeur soit positionné dans le sillage du premier distributeur pour appliquer la solution de rinçage dans les zones de la surface à traiter venant de recevoir la solution d'attaque chimique ;
- le premier distributeur et le deuxième distributeur comprennent chacun un rouleau, un pinceau ou une brosse, et l'étape de positionnement comprend la mise en contact du premier distributeur et du deuxième distributeur avec la surface à traiter de la pièce ;
- le premier distributeur et le deuxième distributeur sont continûment chargés respectivement en solution d'attaque chimique et en solution de rinçage de manière à rester imprégnés durant l'application ;
- la solution d'attaque chimique est une solution à pH acide inférieur à 5, ou à pH basique supérieur à 9 ;
- l'étape d'application est d'une durée comprise entre 1 et 10 secondes par millimètre carré de surface à traiter.

[0018] L'invention vise, selon un deuxième aspect, un dispositif pour un procédé tel que défini précédemment de traitement de surface d'une pièce de turbomachine, ladite pièce comprenant une surface à traiter et le dispositif comprenant :

un premier distributeur configuré pour distribuer une solution d'attaque chimique,
un deuxième distributeur configuré pour distribuer une solution de rinçage, chaque distributeur comprenant une zone de contact configurée pour être en contact avec la surface à traiter,
un support configuré pour maintenir le premier distributeur en position par rapport au deuxième distributeur et permettre leur déplacement conjoint,
des moyens de déplacement configurés pour permettre un déplacement conjoint et simultané du premier distributeur et du deuxième distributeur le long de la surface à traiter de sorte

que la surface à traiter reçoive d'abord la solution d'attaque chimique puis la solution de rinçage, des moyens d'amenée de solution d'attaque chimique au niveau du premier distributeur, des moyens d'amenée de solution de rinçage au niveau du deuxième distributeur, et un boîtier étanche dans lequel sont positionnés les premier et deuxième distributeurs et configuré pour assurer l'étanchéité entre la surface à traiter et le reste des zones de la pièce situées hors de la surface à traiter.

[0019] D'autres caractéristiques optionnelles et non limitatives dudit dispositif sont les suivantes, prises seules ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

des moyens de commande d'un débit de la solution d'attaque chimique et d'un débit de la solution de rinçage ;

- le premier distributeur et le deuxième distributeur comprennent chacun un rouleau, et le dispositif comprend en outre un bac de récupération configuré pour récupérer un excès de solution d'attaque chimique et un excès de solution de rinçage en sortie du rouleau d'attaque chimique et du rouleau de rinçage.

PRESENTATION GENERALE DES FIGURES

[0020] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

La **Figure 1a** représente schématiquement un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé de l'invention, vu de dessus, au cours du traitement d'une surface à traiter d'une pièce ;

La **Figure 1b** représente schématiquement le même dispositif après le traitement de la surface à traiter ; La **Figure 2** représente schématiquement le dispositif des Figures 1a et 1b, dans une vue en perspective ;

La **Figure 3** représente les étapes d'un procédé de traitement de surface selon un mode de réalisation de l'invention ;

La **Figure 4** est un graphique dont l'axe des ordonnées représente la hauteur de la surface d'une pièce, à l'échelle microscopique, repérée par rapport à une ligne centrale de la pièce, et dont l'axe des abscisses représente la distance le long d'une ligne passant par une zone traitée de la pièce et une zone non traitée de la pièce ;

La **Figure 5a** est une vue au microscope de la surface d'une pièce avant un traitement de surface selon l'invention ;

La **Figure 5b** est une vue au microscope de la même surface après un traitement de surface selon l'inven-

tion.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0021] Dans toute la suite, sont décrits un procédé de traitement de surface par attaque chimique conforme à l'invention, appliqué à une aube métallique de turbomachine, et un dispositif configuré pour mettre en oeuvre ledit procédé.

[0022] Toutefois, l'homme du métier comprendra que le procédé de l'invention s'applique avec les mêmes avantages pour tout type de pièce de turbomachine pouvant faire l'objet d'un traitement de surface par attaque chimique, notamment afin de réduire la rugosité d'une telle pièce, ou de l'ébavurer.

[0023] Par ailleurs, on décrit ci-après le cas où le premier distributeur dispensant une solution d'attaque chimique est un rouleau d'attaque chimique, et le deuxième distributeur dispensant la solution de rinçage est un rouleau de rinçage. Cependant, on comprendra que les deux dits distributeurs peuvent avoir toute structure permettant le contact avec une surface à traiter d'une pièce, et l'application d'une solution d'attaque chimique ou de rinçage. Un premier distributeur ou un deuxième distributeur peuvent notamment prendre la forme d'un pinceau ou d'une brosse.

[0024] Sur les figures, des éléments similaires correspondent à des références numériques identiques.

Dispositif de traitement de surface d'une pièce

[0025] On a représenté de manière schématique sur les **Figures 1a et 1b** une machine automatique de traitement de surface conforme à l'invention. Sur la vue de la Figure 1a, une surface 1 d'une aube de turbomachine est en cours de traitement par passage d'un rouleau d'attaque chimique 2 et d'un rouleau de rinçage 3. Lors du traitement, les deux rouleaux 2 et 3 sont entraînés le long de la surface 1, par un moyen de déplacement 4, selon une direction de déplacement X, dans le sens de la droite vers la gauche (du rouleau de rinçage 3 vers le rouleau d'attaque chimique 2). Ainsi, la zone traitée de la surface 1 se trouve à droite des rouleaux 2 et 3 sur les figures, et la zone qui reste à traiter se trouve à gauche des rouleaux 2 et 3. Sur la vue de la Figure 1b, la surface 1 a déjà été traitée.

[0026] De manière avantageuse, la surface 1 à traiter de l'aube de turbomachine avoisine le bord de fuite ou le bord d'attaque de l'aube. De façon générale, le procédé qui sera décrit ci-après est d'application avantageuse pour réduire la rugosité des surfaces les plus exposées au flux primaire ou secondaire d'air dans la turbomachine.

[0027] Dans cet exemple, les rouleaux 2 et 3 sont de forme tubulaire cylindrique, et présentent tous deux une symétrie de révolution selon des axes parallèles à un même axe Z. Les rouleaux 2 et 3 sont avantageusement agencés au sein d'un boîtier étanche 7 et positionnés

côte à côte au sein dudit boîtier. L'étanchéité du boîtier 7 permet de limiter la zone de la pièce qui reçoit la solution d'attaque chimique et la solution de rinçage à la zone à traiter, notamment si la zone à traiter est de petite surface par rapport à la surface totale de la pièce. De plus, le boîtier étanche 7 contient d'éventuelles projections de solution d'attaque chimique qui pourraient autrement atteindre des opérateurs. Lorsque le boîtier 7 est positionné contre une surface d'une pièce, une partie externe 20 du rouleau 2 et une partie externe 30 du rouleau 3 viennent buter contre ladite surface.

[0028] De préférence, les rouleaux 2 et 3 sont agencés pour pouvoir être partiellement accolés simultanément contre une telle surface sur sensiblement toute leur longueur, pour venir en contact avec ladite surface. Par « partie externe » des rouleaux, on entend la partie la plus éloignée radialement des axes de révolution des rouleaux. La partie externe 20 de rouleau s'étend ainsi autour d'une partie interne 21 du rouleau 2, et la partie externe 30 de rouleau s'étend autour d'une partie interne 31 du rouleau 3. Les rouleaux 2 et 3 peuvent avantageusement être constitués de plusieurs lamelles superposées radialement. Dans cet exemple, les rouleaux 2 et 3 s'étendent parallèlement l'un à l'autre, le long de leurs axes de révolution, et sont légèrement écartés.

[0029] Dans cet exemple, les bords des rouleaux 2 et 3 (correspondant, sur les Figures 1a et 1b, à la partie haute et la partie basse desdits rouleaux) sont alignés selon une direction d'alignement X. Dans le présent exemple, la direction d'alignement X est orthogonale aux axes de révolution des rouleaux ; en alternative, la direction d'alignement pourrait faire un angle par rapport à la direction X des figures.

[0030] Le matériau des lamelles du rouleau 2 d'attaque chimique est choisi de manière à pouvoir être imbibé d'une solution d'attaque chimique. On entend par « solution d'attaque chimique » une solution présentant un caractère abrasif, capable de lisser la surface d'une pièce, notamment d'une pièce métallique, lors d'un frottement avec ladite surface. Une telle solution est apte, lorsque le rouleau 2 vient frotter contre la surface 1, à attaquer localement les couches superficielles afin d'aplanir la surface. De manière préférentielle, la solution d'attaque chimique est acide (de pH inférieur à 5) ou basique (de pH supérieur à 9).

[0031] La solution peut comprendre le dosage suivant pour un litre : 500 millilitres d'alcool éthylique à 95%, 500 millilitres d'acide chlorhydrique à 35%, 20 grammes de chlorure de cuivre, notamment si la pièce à traiter est en base nickel.

[0032] Autrement, la solution peut comprendre le dosage suivant pour un litre : 700 millilitres d'eau désionisée, 150 millilitres d'acide fluorhydrique à 40%, 150 millilitres d'acide nitrique à 60%, notamment si la pièce à traiter est en base titane.

[0033] De manière générale, la solution d'attaque chimique comprend de préférence de l'acide nitrique et/ou de l'acide picrique et/ou de l'acide chlorhydrique.

[0034] Les lamelles du rouleau 2, notamment celles de la partie externe 20 du rouleau, sont de préférence en matériau spongieux. Ce type de matériau présente l'avantage de ne pas être attaqué et usé par une substance abrasive. Les lamelles peuvent être en matière plastique, par exemple du polypropylène. En alternative, les lamelles du rouleau 2 peuvent être en coton.

[0035] Le matériau des lamelles du rouleau 3 de rinçage est choisi pour pouvoir être imbibé d'un liquide de rinçage. Le rouleau 3 peut par exemple être une brosse rotative en microfibre. Le matériau du rouleau 3 peut présenter un caractère spongieux.

[0036] Le dispositif comporte en outre un moyen de déplacement 4 configuré pour entraîner les rouleaux 2 et 3 en rotation autour de leurs axes de révolution respectifs. Le moyen de déplacement 4 est également configuré pour entraîner les rouleaux 2 et 3 en translation. En alternative, le dispositif peut comporter des moyens distincts du moyen de déplacement 4 pour entraîner les rouleaux 2 et 3 en translation. Des moyens d'entraînement mécanique des rouleaux sont bien connus de l'homme du métier et ne seront pas détaillés ici.

[0037] Le dispositif comporte en outre un support, non représenté sur les figures, pour maintenir le rouleau 2 en position par rapport au rouleau 3 et permettre le déplacement conjoint des deux rouleaux.

[0038] Le dispositif comporte également, de façon avantageuse, un bac de récupération 6 avantageusement situé dans le boîtier étanche 7. Le bac 6 est agencé à proximité des rouleaux 2 et 3 de sorte à récupérer les résidus d'attaque chimique générés par le passage du rouleau 2, et les éventuels excès de solution d'attaque chimique et/ou de solution de rinçage. Dans le présent exemple, le bac de récupération 6 est agencé contre une face du boîtier étanche 7 perpendiculaire à la face de contact des parties 20 et 30 avec une pièce, et recouvre toute ladite face. Un espace est ménagé entre les faces planes alignées des deux rouleaux 2 et 3 et une face du boîtier étanche 7, dans lequel est agencé le bac 6. Le bac 6 est ainsi positionné en sortie des rouleaux 2 et 3.

[0039] Les dimensions des rouleaux 2 et 3 (et éventuellement du boîtier étanche 7) peuvent être choisies en fonction des pièces qu'il est prévu de traiter. Pour un traitement localisé de surfaces d'aubes de turbomachine, les rouleaux 2 et 3 ont avantageusement une longueur comprise entre 5 et 500 millimètres, préférentiellement entre 10 et 100 millimètres. Les rouleaux sont alors adaptés pour traiter des surfaces de dimension comprise entre 1 mm² et 100 mm², de préférence entre 5 mm² et 15 mm². De manière préférée, les rouleaux 2 et 3 sont de même forme et de mêmes dimensions. Ils sont de dimensions inférieures à une dimension de la pièce à traiter.

[0040] On a représenté en **Figure 2** une vue en perspective schématique de dessus de la machine comprenant le boîtier étanche 7 et les rouleaux 2 et 3, après traitement de la pièce 1. Pour plus de clarté, le moyen de déplacement 4 n'est pas représenté sur la Figure 2 ;

on a toutefois représenté ici des moyens 5 de commande d'un système 22 d'amenée de solution d'attaque chimique, d'un système 32 d'amenée de liquide de rinçage, et d'un système 62 d'évacuation des déchets accumulés dans le bac de récupération 6 - les éléments 5, 22, 32 et 62 n'étant pas représentés sur les Figures 1a et 1b pour davantage de lisibilité.

[0041] Le système 22 peut comprendre un réservoir de solution d'attaque chimique, un tuyau dont une extrémité débouche dans le réservoir et dont l'autre extrémité débouche au voisinage du rouleau 2 d'attaque chimique, et une pompe pour amener la solution d'attaque chimique du réservoir vers le rouleau 2. Le système 32 peut comprendre un réservoir de solution de rinçage, un tuyau dont une extrémité débouche dans le réservoir et dont l'autre extrémité débouche au voisinage du rouleau 3 de rinçage, et une pompe pour amener la solution de rinçage du réservoir vers le rouleau 2. Les moyens de commande 5 peuvent avantageusement comprendre une unité de traitement configurée pour recevoir des instructions électroniques, et configurée pour commander des valves associées aux pompes des systèmes 22 et 32.

[0042] De manière avantageuse, le système 32 comprend également un deuxième embranchement pour alimenter en liquide de rinçage le rouleau 2. Cette dernière configuration présente l'avantage de faciliter le nettoyage simultané des deux rouleaux 2 et 3 après un cycle de traitement. En outre, cette configuration permet d'injecter un débit bien choisi de liquide de rinçage au niveau du rouleau 2 pendant le traitement, de sorte à dégraisser le rouleau 2. Un encrassement trop important du rouleau 2 causé par la solution d'attaque chimique a pour effet d'endommager les couches superficielles du rouleau 2.

[0043] Le système 62 d'évacuation des déchets peut être relié au bac 6 de récupération par l'intermédiaire d'un tuyau dont une extrémité débouche au sein du bac 6. Le système 62 peut être muni d'une pompe à air pour permettre l'aspiration du contenu du bac 6, afin de vider le bac 6.

Procédé de traitement de surface par attaque chimique

[0044] On a représenté en **Figure 3** les étapes d'un procédé 10 de traitement de surface d'une pièce de turbomachine selon un mode de réalisation de l'invention.

[0045] La pièce comprend une (ou plusieurs) surface(s) à traiter. De manière préférentielle, il s'agit d'une surface d'une pièce métallique, par exemple en acier, en nickel ou en titane. Ladite surface peut avoir préalablement été usinée, par exemple fraisée et/ou rectifiée. En effet, ces opérations usuelles sont susceptibles de produire des excès localisés de matière métallique (par exemple des bavures) à la surface des pièces. Dans le cas d'aubes de turbomachine, il convient de lisser la surface des aubes et d'éliminer les bavures de sorte à optimiser le rendement aérodynamique du jeu d'aubes. On peut aussi chercher à réaliser un polissage des surfaces à traiter.

[0046] Le procédé comprend une première étape 100 de chargement des rouleaux 2 et 3. Dans cet exemple, le chargement est réalisé par imprégnation partielle ou totale du rouleau 2 d'attaque chimique avec une solution d'attaque chimique telle que définie ci-avant, et (de manière simultanée ou différée) d'imprégnation partielle ou totale du rouleau 3 de rinçage avec de la solution de rinçage. On peut prévoir que seules les parties radialement externes des rouleaux 2 et 3 soient imprégnées, ou en alternative, que l'ensemble des rouleaux soient imprégnés.

[0047] Ensuite, au cours d'une étape 200, les rouleaux 2 et 3 sont positionnés en regard la pièce à traiter. Les parties externes des rouleaux 2 et 3 sont positionnées contre la surface la sans que la rotation des rouleaux ne soit gênée. On peut avantageusement positionner les rouleaux 2 et 3 directement au voisinage de la surface à traiter.

[0048] De manière avantageuse, les faces latérales des rouleaux 2 et 3 sont alignées, comme sur les Figures la et 1b. Il existe alors deux plans d'alignement des rouleaux, chacun de ces plans comprenant une face latérale du rouleau 2 et une face latérale du rouleau 3.

[0049] Ensuite, au cours d'une étape 300, les rouleaux 2 et 3 se déplacent pour appliquer successivement la solution d'attaque chimique et la solution de rinçage sur la surface à traiter. Dans le présent exemple, l'étape 300 comprend un mouvement simultané de rotation et de translation des rouleaux 2 et 3. Par exemple, on peut prévoir une première sous-étape 301 de mise en rotation simultanée des rouleaux 2 et 3 autour de leurs axes de révolution respectifs, suivie d'une deuxième sous-étape 302 d'entraînement en translation des deux rouleaux (en cours de rotation) selon une direction de déplacement X. Les mouvements de translation et de rotation sont communiqués aux rouleaux 2 et 3 par le moyen de déplacement 4 tel que décrit ci-avant.

[0050] La direction de déplacement X des rouleaux est choisie de sorte que les rouleaux 2 et 3, imprégnés respectivement de solution d'attaque chimique et de solution de rinçage, passent par la surface à traiter au cours de leur mouvement. Pour un traitement efficace de la surface, le rouleau 2 traverse d'abord la surface, puis le rouleau 3, situé derrière le rouleau 2, traverse la surface immédiatement après le rouleau 2 de sorte à rincer la surface. Un avantage de cette configuration est qu'un excès éventuel de solution d'attaque chimique, ainsi que la matière retirée de la surface à traiter par l'attaque chimique, sont tout de suite éliminés de la surface de la pièce, et avantageusement amenés vers le bac 6 de récupération. Avantageusement, le rouleau 3 se situe dans le sillage du rouleau 2, pour assurer que la solution de rinçage soit appliquée dans des zones de la surface à traiter qui viennent de recevoir la solution d'attaque chimique. La trajectoire des rouleaux 2 et 3 au cours de leur déplacement peut être commandée par le moyen de déplacement 4, selon des instructions reçues d'une unité de traitement. Les instructions peuvent avoir préalable-

ment été sélectionnées par un utilisateur.

[0051] De façon avantageuse, les rouleaux sont continûment alimentés respectivement en solution d'attaque chimique et en solution de rinçage, de manière à rester imprégnés durant le mouvement simultané de rotation et de translation.

[0052] L'étape 300 a de préférence une durée qui dépend de la surface de la pièce à traiter. Par exemple, l'étape 300 peut avoir une durée de 1 à 10 secondes par millimètre carré de surface à traiter. L'étape 300 peut avoir une durée comprise entre 10 et 300 secondes, de préférence entre 20 et 60 secondes (à l'issue de cette durée, les rouleaux 2 et 3 peuvent être repositionnés au voisinage d'une autre surface à traiter au cours d'une nouvelle étape 200, et remis en mouvement au cours d'une nouvelle étape 300). Une telle durée est notamment avantageuse dans le contexte d'un ébavurage ou d'un polissage d'une arête ou d'une petite surface d'une pièce. De façon générale, la durée du traitement peut être sélectionnée en fonction de la taille de la zone à traiter. A l'inverse, avec les traitements connus de l'art antérieur tels que la tribofinition, la durée du traitement ne peut pas être réduite, même s'il n'est pas nécessaire de traiter toute la pièce.

[0053] En alternative du déplacement des rouleaux 2 et 3 en translation, les rouleaux 2 et 3 peuvent être entraînés en rotation sans être entraînés en translation au cours de l'étape 300, et la pièce peut être mise en contact avec les rouleaux 2 et 3 au niveau de la surface à traiter et translatée selon une direction transversale aux rouleaux.

[0054] Enfin, dans le cas où la machine d'attaque chimique mettant en oeuvre le procédé 10 comprend un bac 6 de récupération, on peut prévoir à une étape 400 un vidage du bac 6.

[0055] On a représenté en **Figure 4** un profil de hauteur d'une surface d'éprouvette représentative d'une d'aube de turbomachine, ébavurée à l'aide du procédé 10. La hauteur de la surface à l'échelle microscopique est indiquée sur l'axe des ordonnées, la hauteur 0 correspondant à une moyenne de la hauteur de la surface de la pièce. L'éprouvette est en base nickel, en matériau Inconel 718. Pour cet essai, la durée de l'attaque chimique est voisine de 35 secondes.

[0056] On a délimité deux zones distinctes d'éprouvette le long d'une direction correspondant à la direction de déplacement des rouleaux 2 et 3 au cours de l'étape 300. Les deux zones d'éprouvette ont été séparées entre elles par une bande d'adhésif simple face, collée à la surface de l'éprouvette transversalement à la direction de déplacement des rouleaux. Au cours de la mise en oeuvre du procédé 10, les rouleaux passent au-dessus d'une seule des deux zones (partie C de droite sur la Figure 4), et s'arrêtent au niveau de la bande d'adhésif (partie B). Ainsi, l'autre zone (partie A) ne reçoit pas de solution d'attaque chimique. La partie A joue donc le rôle de témoin.

[0057] On observe que le traitement d'attaque chimique permet de diminuer de façon importante la rugosité

de la surface de l'éprouvette base nickel, et d'en améliorer l'état de surface. En effet, la portion de courbe correspondant à la partie C (zone traitée) présente une rugosité Ra de 0,20 micromètres, tandis que la portion de courbe correspondant à la partie A (zone non traitée) présente une rugosité Ra de 0,64 micromètres. Par ailleurs, l'amplitude entre le point de hauteur maximale et le point de hauteur minimale le long de la direction de mesure est bien moindre pour la partie C (environ 1,5 micromètres) par rapport à la partie A (environ 4,5 micromètres).

[0058] Les **Figures 5a et 5b** sont des vues de dessus au microscope d'une surface de l'éprouvette base nickel, ladite surface correspondant à la partie C de la Figure 4 (zone traitée à l'aide du procédé 10). La Figure 5a correspond à la surface avant traitement, et la Figure 5b correspond à la surface après traitement.

[0059] On observe que, suite au passage des rouleaux 2 et 3 (Figure 5b), les variations de hauteur sont beaucoup moins marquées qu'avant le passage des rouleaux. L'état de surface de l'éprouvette est beaucoup plus satisfaisant.

[0060] Le procédé de l'invention fournit donc une solution efficace pour améliorer l'état de surface d'une pièce, notamment métallique, et d'en diminuer la rugosité, sans nécessiter une grande quantité de produit abrasif et/ou de médium solide, de manière rapide.

[0061] Bien que l'on ait décrit un procédé et un dispositif de traitement comprenant seulement deux distributeurs, on notera que la machine peut être adaptée pour faire figurer plusieurs séries de distributeurs. Cela peut notamment permettre de traiter plusieurs surfaces de pièces en même temps. On peut prévoir de disposer plusieurs paires comprenant un distributeur pour l'attaque chimique et un distributeur pour le rinçage, en série, pour effectuer plusieurs passages consécutifs sur une même surface à traiter.

Revendications

1. Procédé de traitement de surface d'une pièce (1) de turbomachine, la pièce comprenant une surface (1a) à traiter, le procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- chargement (100) d'un premier distributeur (2) avec une solution d'attaque chimique et d'un deuxième distributeur (3) avec une solution de rinçage, chaque distributeur comprenant une zone de contact avec la surface à traiter, la solution d'attaque chimique étant amenée à la zone de contact du premier distributeur, la solution de rinçage étant amenée à la zone de contact du deuxième distributeur,
- positionnement (200) du premier distributeur (2) et du deuxième distributeur (3) en regard de

la surface à traiter,

- déplacement conjoint et simultané du premier distributeur et du deuxième distributeur le long de la surface à traiter, de sorte que la surface à traiter reçoive successivement la solution d'attaque chimique puis la solution de rinçage.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le premier distributeur (2) et le deuxième distributeur (3) sont positionnés et déplacés par rapport à la surface à traiter de sorte que le deuxième distributeur (3) soit positionné dans le sillage du premier distributeur (2) pour appliquer la solution de rinçage dans les zones de la surface à traiter venant de recevoir la solution d'attaque chimique.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le premier distributeur (2) et le deuxième distributeur (3) comprennent chacun un rouleau, un pinceau ou une brosse, et dans lequel l'étape de positionnement comprend la mise en contact du premier distributeur et du deuxième distributeur avec la surface à traiter de la pièce.

4. Procédé de traitement selon la revendication 3, dans lequel le premier distributeur (2) et le deuxième distributeur sont continûment chargés respectivement en solution d'attaque chimique et en solution de rinçage de manière à rester imprégnés durant l'application (300).

5. Procédé de traitement selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la solution d'attaque chimique est une solution à pH acide inférieur à 5, ou à pH basique supérieur à 9.

6. Procédé de traitement selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape de déplacement est d'une durée comprise entre 1 et 10 secondes par millimètre carré de surface à traiter.

7. Dispositif pour le traitement de surface d'une pièce de turbomachine, adapté pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 6, ladite pièce comprenant une surface à traiter (1a) et le dispositif comprenant :

- un premier distributeur (2) configuré pour distribuer une solution d'attaque chimique, et un deuxième distributeur (3) configuré pour distribuer une solution de rinçage, chaque distributeur comprenant une zone de contact configurée pour être en contact avec la surface à traiter,
- un support configuré pour maintenir le premier distributeur en position par rapport au deuxième distributeur et permettre leur déplacement conjoint,
- des moyens de déplacement (4) configurés

- pour permettre un déplacement conjoint et simultané du premier distributeur (2) et du deuxième distributeur (3) le long de la surface à traiter de sorte que la surface à traiter reçoive d'abord la solution d'attaque chimique puis la solution de rinçage,
- des moyens (22) d'amenée de solution d'attaque chimique au niveau du premier distributeur (2),
- des moyens (32) d'amenée de solution de rinçage au niveau du deuxième distributeur (3), et
- un boîtier étanche (7) dans lequel sont positionnés les premier (2) et deuxième (3) distributeurs et configuré pour assurer l'étanchéité entre la surface à traiter (1a) et des zones de la pièce situées hors de la surface à traiter.
8. Dispositif de traitement de surface selon la revendication 7, comprenant en outre des moyens de commande (5) d'un débit de la solution d'attaque chimique et d'un débit de la solution de rinçage.
9. Dispositif de traitement selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel le premier distributeur et le deuxième distributeur comprennent chacun un rouleau, et le dispositif comprend en outre un bac de récupération (6) configuré pour récupérer un excès de solution d'attaque chimique et un excès de solution de rinçage en sortie desdits rouleaux.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Teils (1) einer Turbomaschine, wobei das Teil eine zu behandelnde Oberfläche (1a) aufweist, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es die folgenden Schritte umfasst:
- Beladen (100) eines ersten Spenders (2) mit einer Ätzlösung und eines zweiten Spenders (3) mit einer Spüllösung, wobei jeder Spender eine Kontaktzone mit der zu behandelnden Oberfläche aufweist, wobei die Ätzlösung der Kontaktzone des ersten Spenders zugeführt wird und die Spüllösung der Kontaktzone des zweiten Spenders zugeführt wird,
 - Positionierung (200) des ersten Spenders (2) und des zweiten Spenders (3) gegenüber der zu behandelnden Oberfläche,
 - gemeinsame und gleichzeitige Bewegung des ersten Spenders und des zweiten Spenders entlang der zu behandelnden Oberfläche, so dass die zu behandelnde Oberfläche nacheinander die Ätzlösung und dann die Spüllösung erhält.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der erste Spender (2) und der zweite Spender (3) so positioniert und relativ zu der zu behandelnden Oberfläche bewegt werden, dass der zweite Spender (3) im Kielwasser des ersten Spenders (2) positioniert wird, um die Spüllösung auf die Bereiche der zu behandelnden Oberfläche aufzutragen, die gerade die Ätzlösung erhalten haben.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der erste Spender (2) und der zweite Spender (3) jeweils eine Rolle, einen Pinsel oder eine Bürste umfassen, und wobei der Schritt des Positionierens das In-Kontakt-Bringen des ersten Spenders und des zweiten Spenders mit der zu behandelnden Oberfläche des Teils umfasst.
4. Behandlungsverfahren nach Anspruch 3, bei dem der erste Spender (2) und der zweite Spender kontinuierlich mit Ätzlösung bzw. Spüllösung befüllt werden, so dass sie während des Auftragens (300) imprägniert bleiben.
5. Verfahren zur Behandlung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Ätzlösung eine Lösung mit einem sauren pH-Wert von weniger als 5 oder einem basischen pH-Wert von mehr als 9 ist.
6. Behandlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Bewegungsschritt zwischen 1 und 10 Sekunden pro Quadratmillimeter der zu behandelnden Oberfläche dauert.
7. Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Teils einer Turbomaschine, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 geeignet ist, wobei das Teil eine zu behandelnde Oberfläche (1a) umfasst und die Vorrichtung Folgendes umfasst:
- einen ersten Spender (2), der so konfiguriert ist, dass er eine Ätzlösung abgibt, und einen zweiten Spender (3), der so konfiguriert ist, dass er eine Spüllösung abgibt, wobei jeder Spender einen Kontaktbereich umfasst, der so konfiguriert ist, dass er mit der zu behandelnden Oberfläche in Kontakt steht,
 - eine Halterung, die so konfiguriert ist, dass sie den ersten Spender in Bezug auf den zweiten Spender in Position hält und ihre gemeinsame Bewegung ermöglicht,
 - Bewegungsmittel (4), die so konfiguriert sind, dass sie eine gemeinsame und gleichzeitige Bewegung des ersten Spenders (2) und des zweiten Spenders (3) entlang der zu behandelnden Oberfläche ermöglichen, so dass die zu behandelnde Oberfläche zuerst die Ätzlösung und dann die Spüllösung erhält,
 - Mittel (22) zum Zuführen der Ätzlösung an den ersten Spender (2),

- Mittel (32) zum Zuführen der Spüllösung zum zweiten Spender (3), und
 - ein wasserdichtes Gehäuse (7), in dem der erste (2) und der zweite (3) Spender positioniert sind und das so konfiguriert ist, dass es eine Abdichtung zwischen der zu behandelnden Oberfläche (1a) und Bereichen des Werkstücks, die außerhalb der zu behandelnden Oberfläche liegen, herstellt.
8. Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung nach Anspruch 7, die außerdem Mittel (5) zur Steuerung einer Durchflussmenge der Ätzlösung und einer Durchflussmenge der Spüllösung umfasst.
9. Vorrichtung zur Behandlung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei der erste Spender und der zweite Spender jeweils eine Walze umfassen und die Vorrichtung außerdem einen Auffangbehälter (6) umfasst, der so konfiguriert ist, dass er einen Überschuss an Ätzlösung und einen Überschuss an Spüllösung am Ausgang der Walzen auffängt.

Claims

1. A method of treating a surface of a turbomachine part (1), the part comprising a surface (1a) to be treated, the method being **characterized in that** it comprises the following steps:
- loading (100) a first distributor (2) with a chemical etching solution and a second distributor (3) with a rinsing solution, each distributor comprising a zone of contact with the surface to be treated, the chemical etching solution being brought to the zone of contact of the first distributor, the rinsing solution being brought to the zone of contact of the second distributor
 - positioning (200) of the first distributor (2) and the second distributor (3) facing the surface to be treated
 - moving together and simultaneously the first distributor and the second distributor along the surface to be treated, so that the surface to be treated receives the etching solution and then the rinsing solution in succession.
2. The method of claim 1, wherein the first dispenser (2) and the second dispenser (3) are positioned and moved relative to the surface to be treated so that the second dispenser (3) is positioned in the wake of the first dispenser (2) to apply the rinse solution to the areas of the surface to be treated that have just received the chemical etching solution.
3. The method of any of claims 1 or 2, wherein the first

dispenser (2) and the second dispenser (3) each comprise a roller or a brush, and wherein the positioning step comprises contacting the first dispenser and the second dispenser with the surface to be treated of the part.

4. The method of treating according to claim 3, wherein the first dispenser (2) and the second dispenser are continuously charged with etching solution and rinsing solution, respectively, so as to remain impregnated during application (300).
5. The method of treatment according to any of claims 1 to 4, wherein the etching solution is a solution with an acidic pH of less than 5, or a basic pH of greater than 9.
6. The treatment method of any one of claims 1 to 5, wherein the displacement step has a duration of between 1 and 10 seconds per square millimeter of surface to be treated.
7. Device for the surface treatment of a turbomachine part, adapted to implement a process according to one of claims 1 to 6, said part comprising a surface to be treated (1a) and the device comprising:
- a first dispenser (2) configured to dispense an etching solution, and a second dispenser (3) configured to dispense a rinsing solution, each dispenser comprising a contact area configured to be in contact with the surface to be treated,
 - a support configured to hold the first dispenser in position relative to the second dispenser and allow them to move together,
 - displacement means (4) configured to allow joint and simultaneous displacement of the first dispenser (2) and the second dispenser (3) along the surface to be treated so that the surface to be treated receives first the chemical etching solution and then the rinsing solution
 - means (22) for supplying etching solution to the first distributor (2)
 - means (32) for supplying rinsing solution to the second distributor (3), and
 - a sealed housing (7) in which the first (2) and second (3) dispensers are positioned and configured to provide a seal between the surface to be treated (1a) and areas of the part located outside the surface to be treated.
8. The surface treatment device of claim 7, further comprising means for controlling (5) a flow rate of the etching solution and a flow rate of the rinsing solution.
9. The treating device according to any of claims 7 or 8, wherein the first dispenser and the second dispenser each comprise a roller, and the device further

comprises a recovery tank (6) configured to recover an excess of etching solution and an excess of rinsing solution from said rollers.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1a

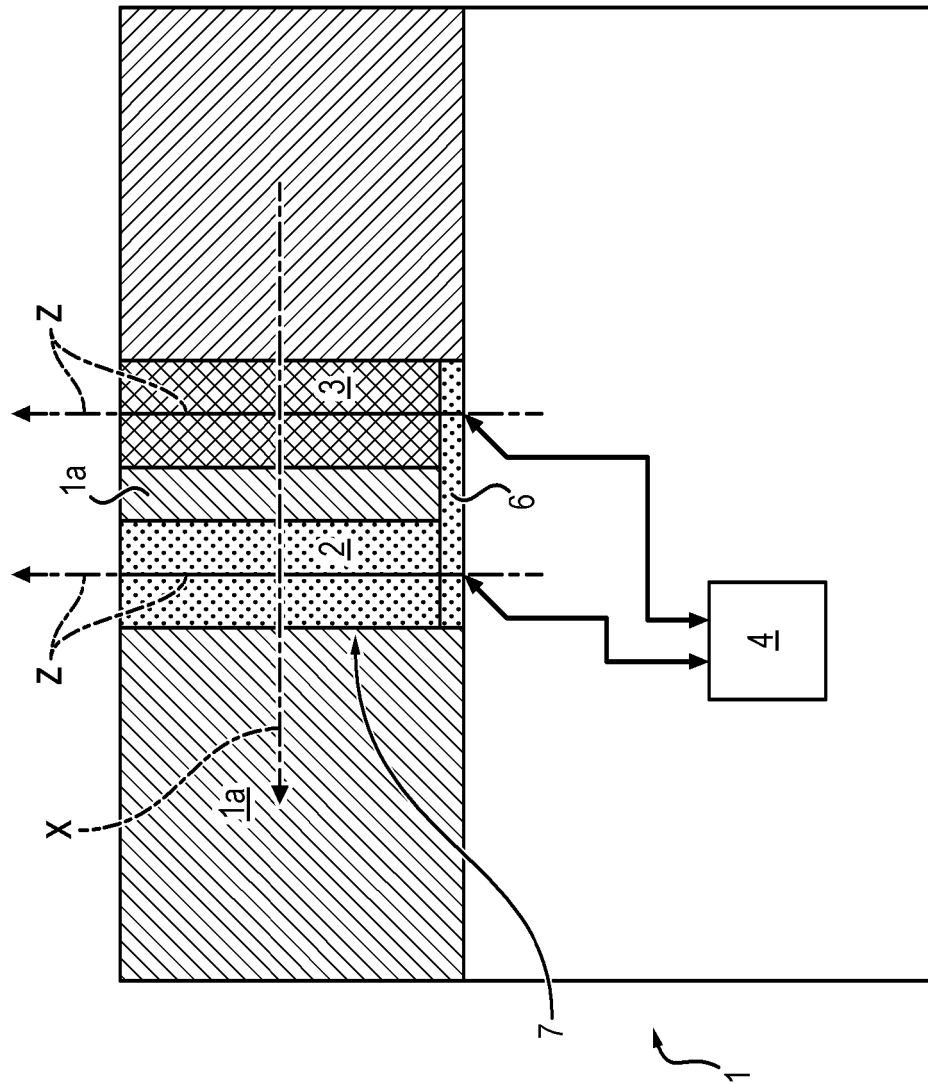


FIG. 1b

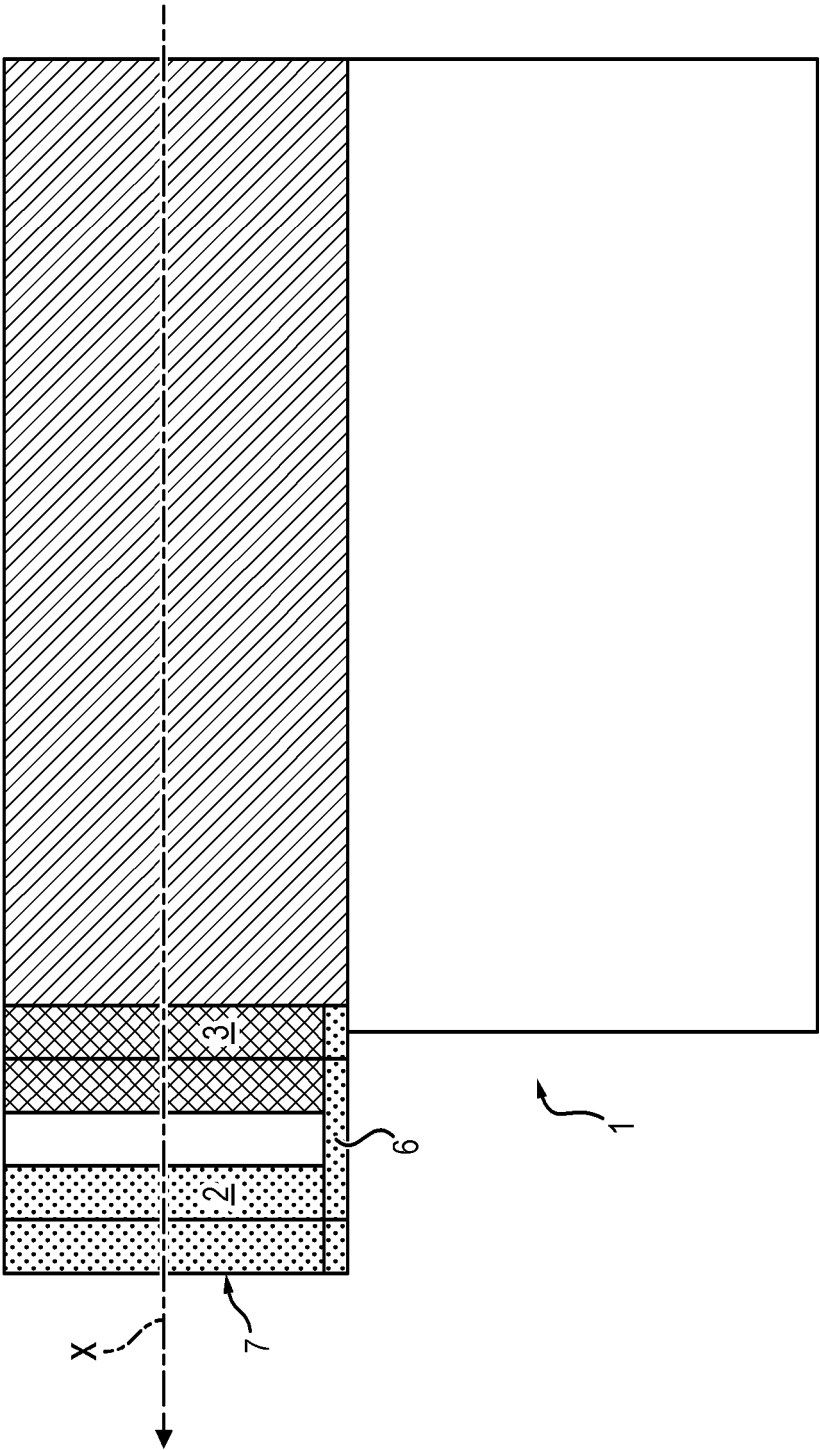


FIG. 2

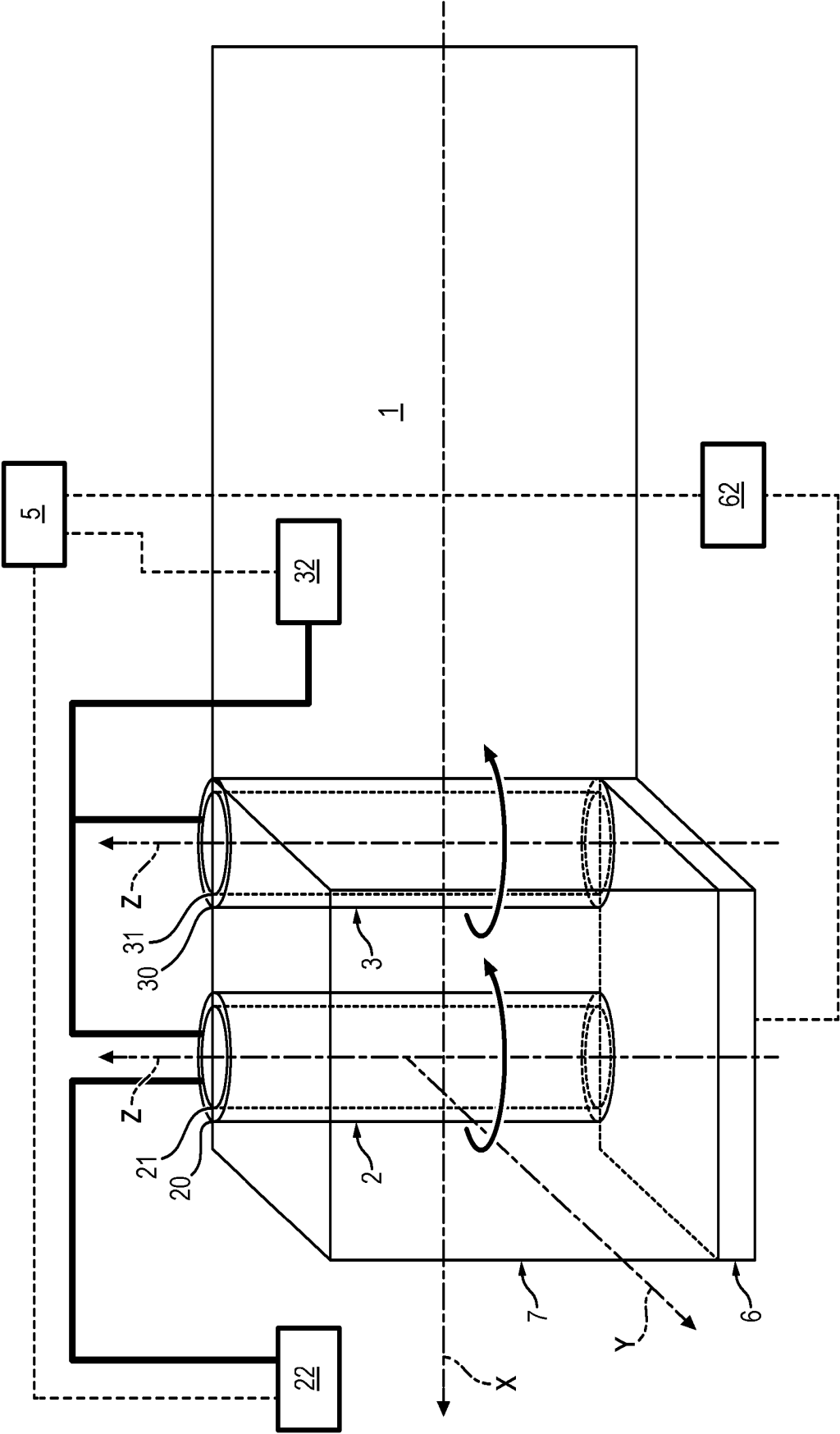


FIG. 3

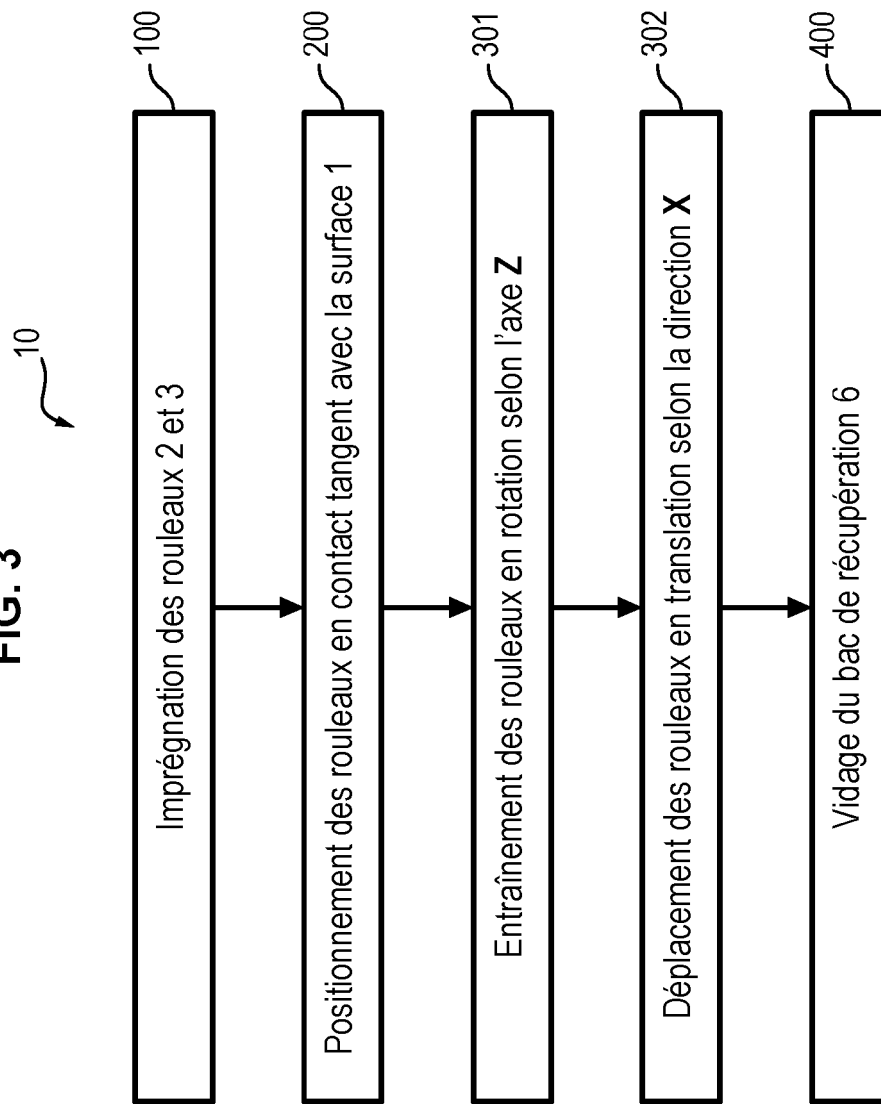


FIG. 4

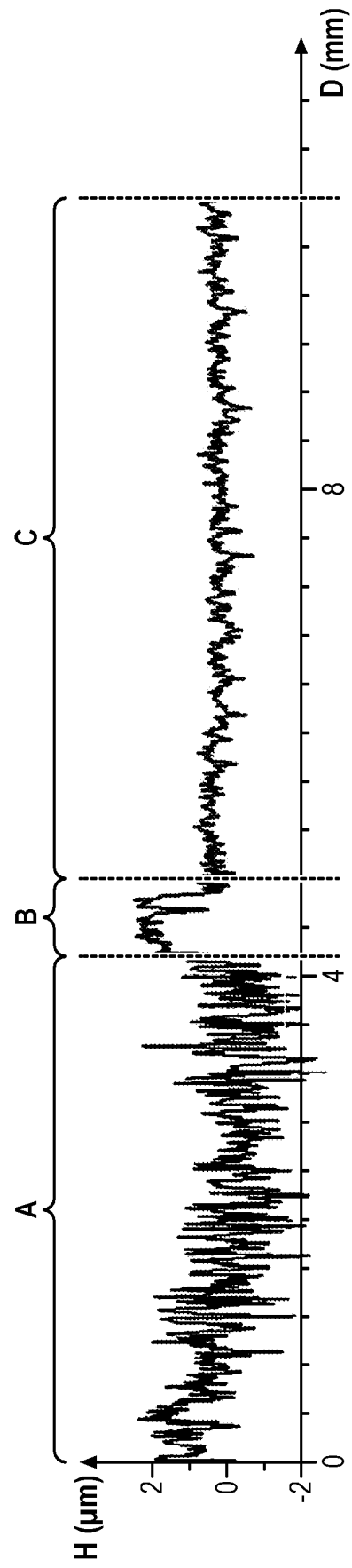


FIG. 5a

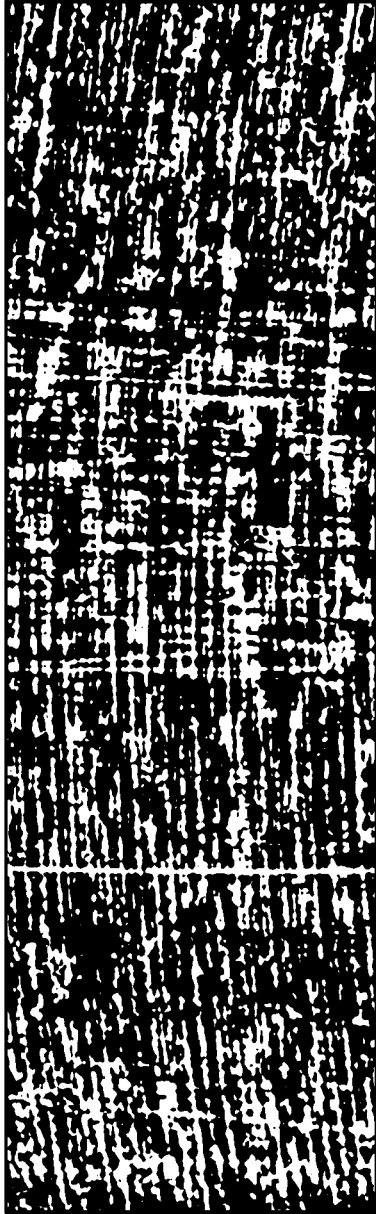
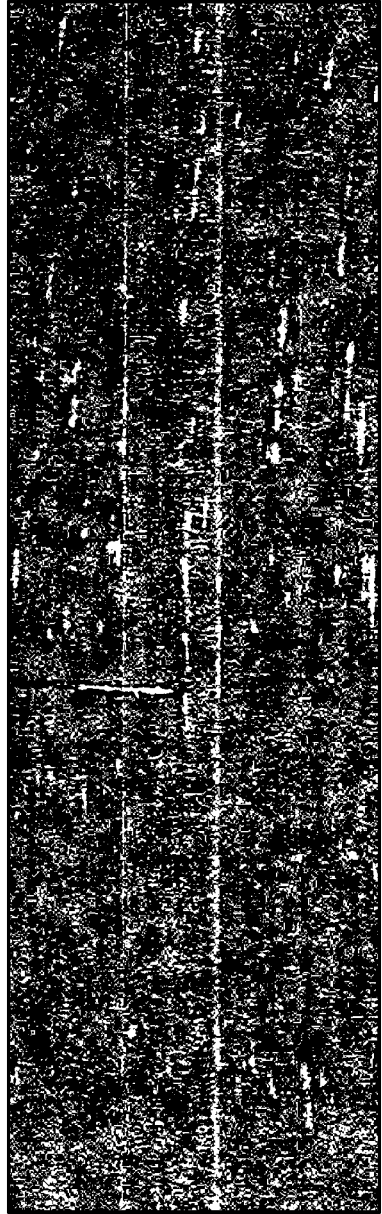


FIG. 5b



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

- EP 2377423 A1 [0010]