

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2020/025902 A1**

(43) Date de la publication internationale  
06 février 2020 (06.02.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

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

(72) Inventeurs : **PIETTE, Romaric, Jean-Marie** ; c/o SA-  
FRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550  
MOISSY-CRAMAYEL (FR). **BERTRAND, Françoise** ;  
c/o SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud - Réau,  
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2019/051881

(74) Mandataire : **REGIMBEAU** ; 20, rue de Chazelles, 75847  
PARIS CEDEX 17 (FR).

(22) Date de dépôt international :

31 juillet 2019 (31.07.2019)

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO,

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1857121 31 juillet 2018 (31.07.2018) FR

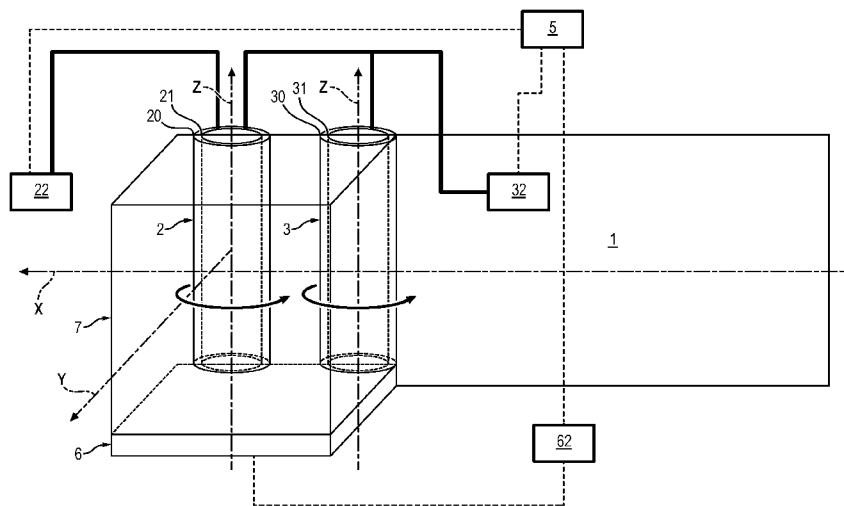
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,  
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,  
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,  
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,  
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(71) Déposant : **SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR/FR]** ;  
2 boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR IMPROVING THE SURFACE CONDITION OF A TURBOMACHINE COMPONENT

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR L'AMÉLIORATION DE L'ÉTAT DE SURFACE D'UNE PIÈCE DE TURBOMACHINE

FIG. 2



(57) Abstract: The invention concerns a method for the surface treatment of a component (1), for example a turbomachine component, the component comprising a surface to be treated, the method comprising the following steps: loading a first dispenser (2) with a chemical etching solution and a second dispenser (3) with a rinsing solution, positioning the first dispenser and the second dispenser opposite the surface to be treated, moving the first dispenser and the second dispenser along the surface to be treated, such that the surface to be treated successively receives the chemical etching solution followed by the rinsing solution.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de traitement de surface d'une pièce (1), par exemple une pièce de turbomachine, la pièce comprenant une surface à traiter, le procédé comprenant les étapes suivantes : chargement d'un premier distributeur (2) avec une solution d'attaque chimique et d'un deuxième distributeur (3) avec une solution de rinçage, positionnement du premier distributeur et du deuxième distributeur en regard de la surface à traiter, déplacement 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.

[Suite sur la page suivante]



WO 2020/025902 A1

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR L'AMÉLIORATION DE L'ÉTAT DE SURFACE  
D'UNE PIÈCE DE TURBOMACHINE

**DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION ET ÉTAT DE LA  
TECHNIQUE**

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

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

10

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.

15

A l'issue des opérations d'usinage standard des aubes de turbomachine, on obtient des surfaces d'aube présentant une rugosité Ra inférieure à 20 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.

25

Pour diminuer encore la rugosité des surfaces d'aube, il est connu de mettre en œuvre 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.

30

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

5 connus prévoient des moyens de mise en rotation des pièces à traiter, au sein d'une matrice fixe comprenant la substance abrasive.

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

10 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

15 durée de traitement et de cibler exclusivement certaines parties de la surface d'une pièce.

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

20 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.

Enfin, certaines zones des pièces sont inaccessibles lors d'un traitement

25 par tribofinition.

### **PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION**

Il existe donc un besoin pour un procédé de traitement de surface de pièces, notamment des pièces métalliques après usinage, qui soit

30 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.

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

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

5

La présente invention répond à ces besoins par la fourniture d'un procédé de traitement de surface d'une pièce, par exemple une pièce de turbomachine, la pièce comprenant une surface à traiter, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- 10 chargement d'un premier distributeur avec une solution d'attaque chimique et d'un deuxième distributeur avec une solution de rinçage, positionnement du premier distributeur et du deuxième distributeur en regard de la surface à traiter, déplacement du premier distributeur et du deuxième distributeur le long
- 15 de la surface à traiter, de sorte que la surface à traiter reçoive successivement la solution d'attaque chimique puis la solution de rinçage.

20 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

25 de commander le déplacement des deux distributeurs de manière à traiter cette zone précise.

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

Enfin, le procédé ne consomme que les quantités de solution d'attaque

30 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.

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 :

- 5 - 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 ringage dans les zones de la surface à traiter venant de recevoir la solution d'attaque chimique ;
- 10 - 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 ringage de manière à rester imprégnés durant l'application ;
- 15 - 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.

20

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

- 25 un premier distributeur configuré pour distribuer une solution d'attaque chimique,
- un deuxième distributeur configuré pour distribuer une solution de ringage,
- un support configuré pour maintenir le premier distributeur en position
- 30 par rapport au deuxième distributeur et permettre leur déplacement conjoint,
- des moyens de déplacement configurés pour permettre un déplacement 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, 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.

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

- le dispositif comprend en outre 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 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**

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 œuvre 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 ;

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

#### **DESCRIPTION DETAILLÉE**

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 œuvre ledit procédé.

Toutefois, l'homme du métier comprendra que le procédé de l'invention s'applique avec les mêmes avantages pour tout type de pièce 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. 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.

30 Sur les figures, des éléments similaires correspondent à des références numériques identiques.

Dispositif de traitement de surface d'une pièce

On a représenté de manière schématique sur les **Figures 1a et 1b** une machine automatique de traitement de surface conforme à l'invention.

- 5 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
- 10 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.
- 15 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.
- 20 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
- 25 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
- 30 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.

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  
5 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  
10 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.

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  
15 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.

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  
20 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  
25 surface. De manière préférentielle, la solution d'attaque chimique est acide (de pH inférieur à 5) ou basique (de pH supérieur à 9).

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  
30 est en base nickel.

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.

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.

5

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.

10

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

15

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.

20

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.

25

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 ringage. Dans le présent exemple, le bac de récupération 6 est agencé contre une face du boîtier étanche 7 perpendiculaire à la face de contact

30

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.

- 5 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
- 10 millimètres. Les rouleaux sont alors adaptés pour traiter des surfaces de dimension comprise entre 1 mm<sup>2</sup> et 100 mm<sup>2</sup>, de préférence entre 5 mm<sup>2</sup> et 15 mm<sup>2</sup>. 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.
- 15 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
- 20 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.
- 25 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
- 30 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.

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.

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

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.

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.

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  
5 seules les parties radialement externes des rouleaux 2 et 3 soient imprégnées, ou en alternative, que l'ensemble des rouleaux soient imprégnés.

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  
10 positionnées contre la surface 1a 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.

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

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  
20 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)  
25 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.

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  
30 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

5 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

10 déplacement peut être commandée par le moyen de déplacement 4, selon des instructions reçues d'une unité de traitement. Les instructions peuvent avoir préalablement été sélectionnées par un utilisateur.

De façon avantageuse, les rouleaux sont continûment alimentés respectivement en solution d'attaque chimique et en solution de rinçage,

15 de manière à rester imprégnés durant le mouvement simultané de rotation et de translation.

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

20 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

25 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

30 de traiter toute la pièce.

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 translaturée selon une direction transversale aux rouleaux.

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

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  
10 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.

On a délimité deux zones distinctes d'éprouvette le long d'une direction  
15 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 œuvre du procédé 10, les rouleaux  
20 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.

On observe que le traitement d'attaque chimique permet de diminuer de  
25 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  
30 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).

5 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.

10 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.

15 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.

20 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.

25

30

5

**REVENDICATIONS**

10 1. Procédé de traitement de surface d'une pièce (1), par exemple une pièce de turbomachine, la pièce comprenant une surface (1a) à traiter,

le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

15 - chargement (100) d'un premier distributeur (2) avec une solution d'attaque chimique et d'un deuxième distributeur (3) avec une solution de rinçage,

- positionnement (200) du premier distributeur (2) et du deuxième distributeur (3) en regard de la surface à traiter,

20 - déplacement 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.

25 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.

30

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 selon un procédé de l'une des revendications 1 à 6, notamment pour le traitement de surface d'une pièce de turbomachine, ladite pièce comprenant une surface à traiter (1a) et le dispositif comprenant :

- un premier distributeur (2) configuré pour distribuer une solution d'attaque chimique,
- un deuxième distributeur (3) configuré pour distribuer une solution de rinçage,
- 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 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, 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.

5

8. Dispositif de traitement de surface selon la revendication 7, comprenant en outre :

- des moyens (22) d'amenée de solution d'attaque chimique au niveau du premier distributeur (2),

10 - des moyens (32) d'amenée de solution de rinçage au niveau du deuxième distributeur (3),

- des moyens de commande (5) d'un débit de la solution d'attaque chimique et d'un débit de la solution de rinçage.

15 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 du  
20 rouleau d'attaque chimique (2) et du rouleau de rinçage (2).

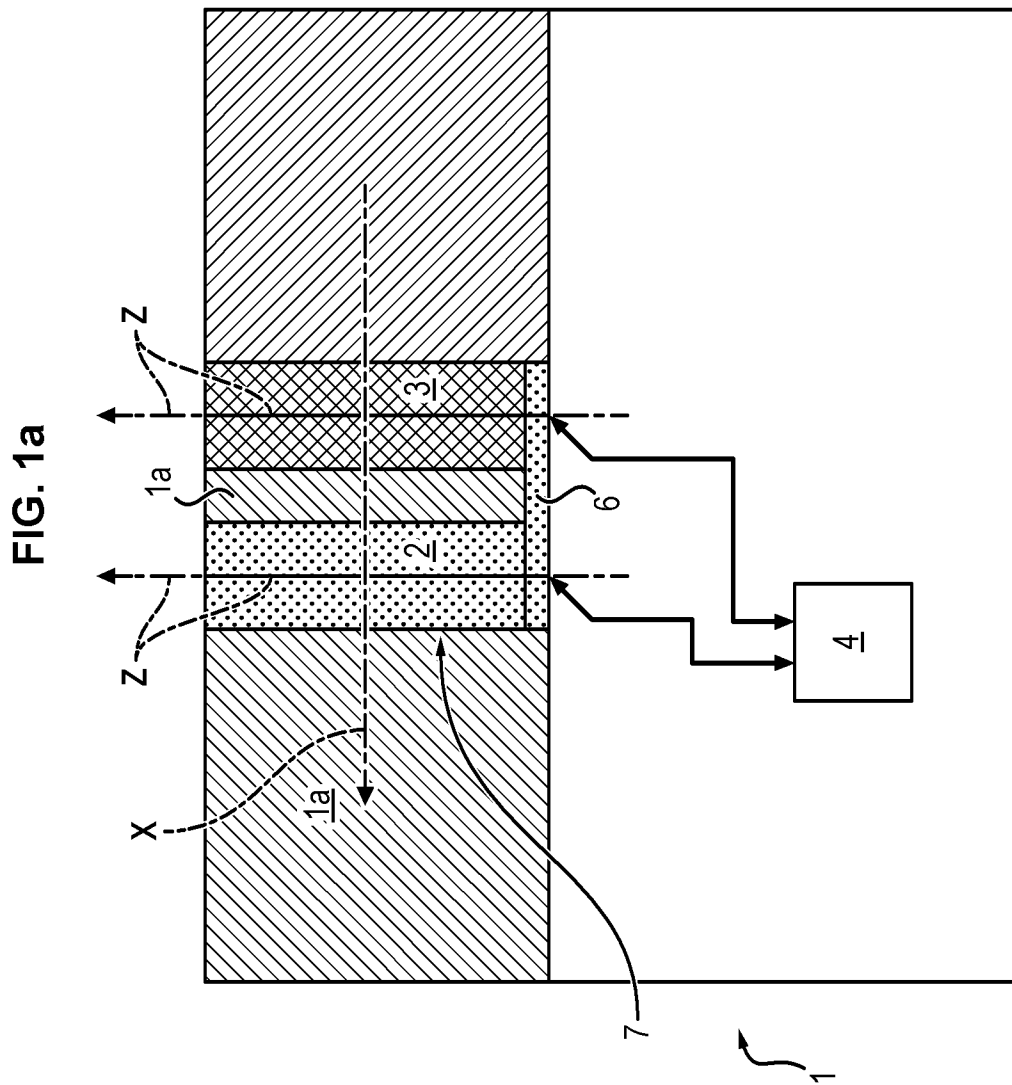
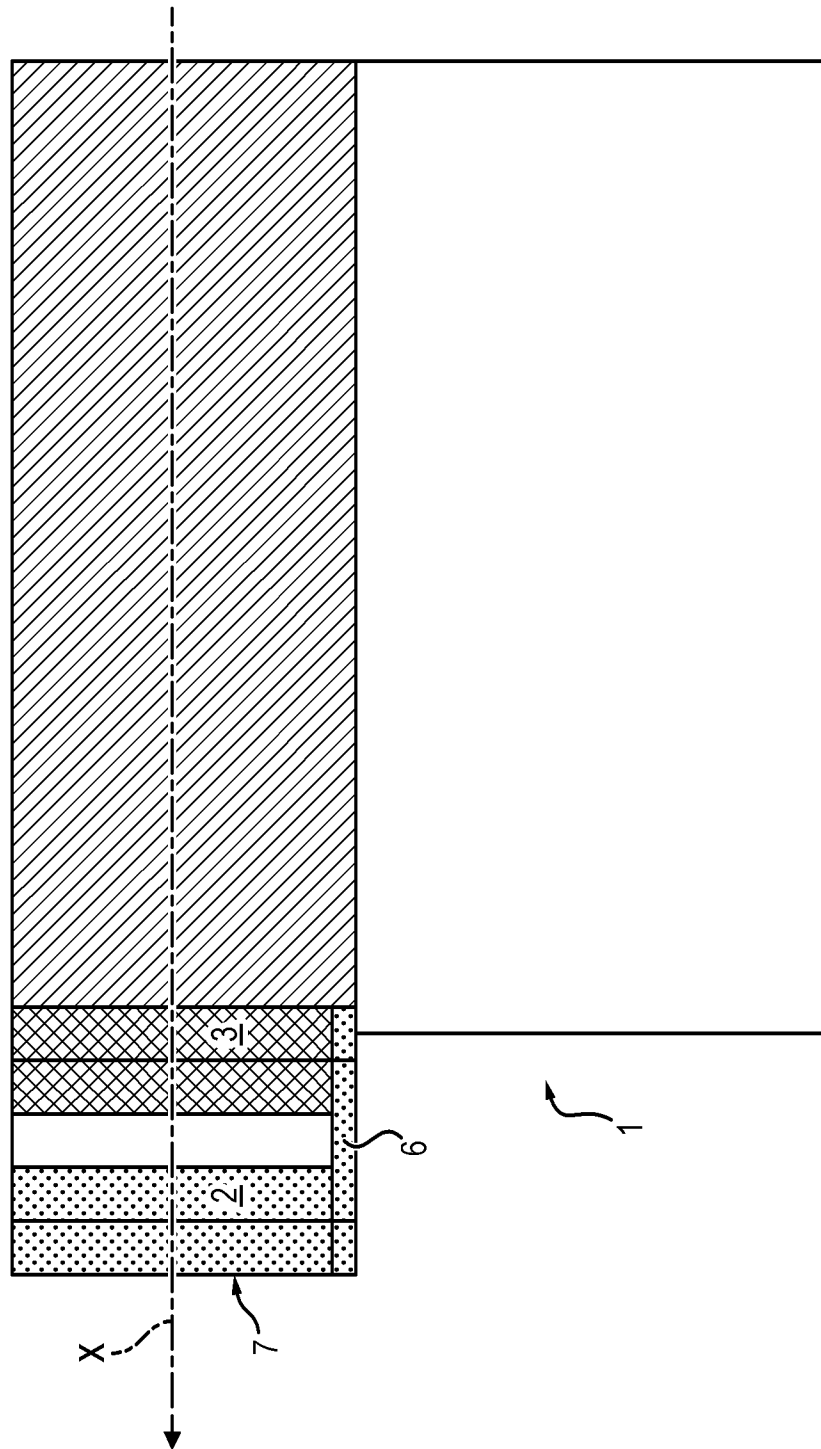


FIG. 1b





4/6

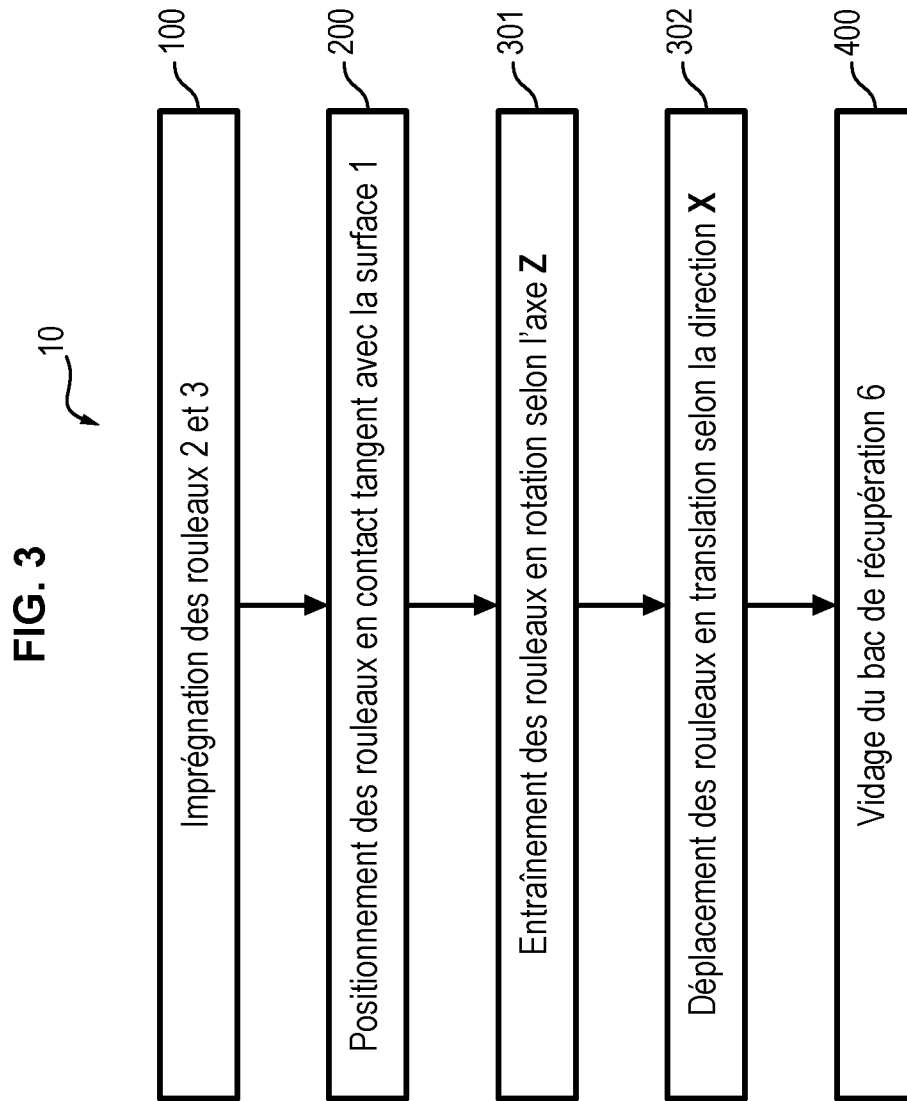


FIG. 4

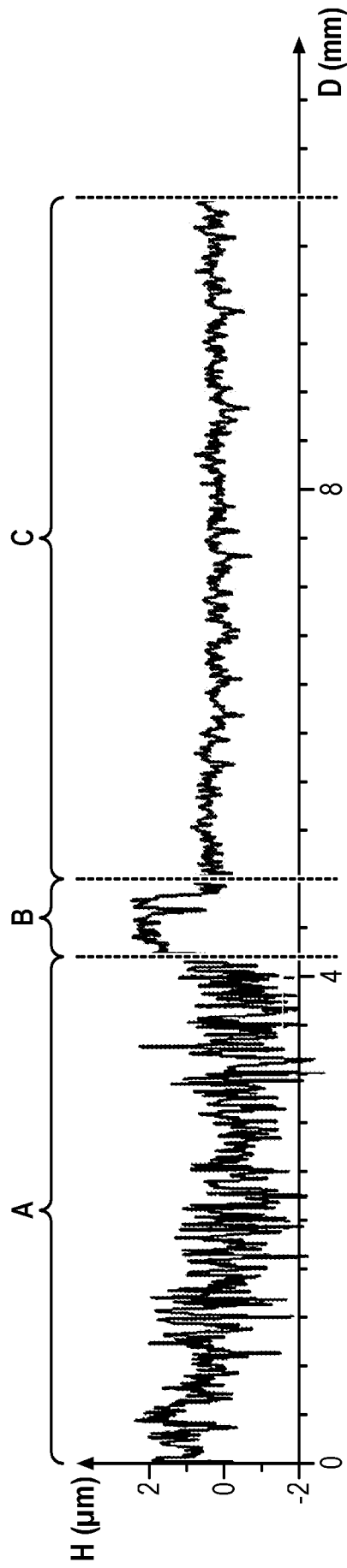
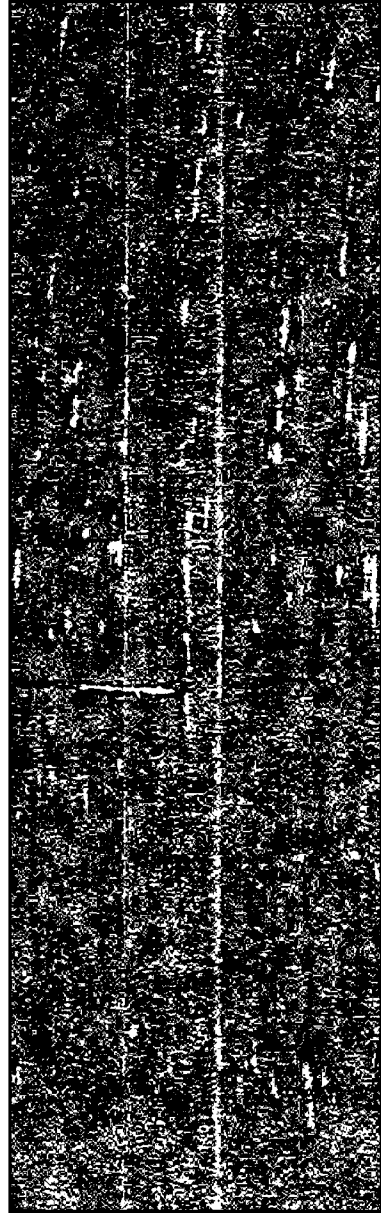


FIG. 5a



FIG. 5b



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2019/051881**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>C23F 1/00</i> (2006.01)i; <i>C23F 3/04</i> (2006.01)i; <i>C23F 3/06</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/00</i> (2006.01)i; <i>F01D 25/00</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23F; F01D; C23G		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2377423 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 19 October 2011 (2011-10-19) page 2, paragraph 7 - page 3, paragraph 38 page 4, paragraph 40 - page 6, paragraph 49 page 8, paragraph 56-59p figures 2,3,17,8,22,23	1-6
A	EP 2511398 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 17 October 2012 (2012-10-17) page 3, paragraph 17 - page 5, paragraph 80 page 6, paragraph 85 - page 8, paragraph 99 page 10, paragraphs 110,111 page 12, paragraph 126 - page 13, paragraph 141 figures 1-12	1-9
A	US 2013161297 A1 (CZERNER STEFAN [DE]) 27 June 2013 (2013-06-27) figures 4-7 page 3, paragraph 64 - page 5, paragraph 91	1-9
A	US 2015013126 A1 (CZERNER STEFAN [DE]) 15 January 2015 (2015-01-15) figures 4-7 page 3, paragraph 64 - page 8, paragraph 96	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>29 October 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>13 November 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Joffreau, P</b> Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/FR2019/051881**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2377423	A1	19 October 2011	EP	2377423	A1	19 October 2011
				GB	2479559	A	19 October 2011
				US	2011253170	A1	20 October 2011
<hr/>							
EP	2511398	A1	17 October 2012	EP	2511398	A1	17 October 2012
				GB	2489665	A	10 October 2012
				SG	184677	A1	30 October 2012
				SG	10201605135Y	A	30 August 2016
				US	2012241008	A1	27 September 2012
<hr/>							
US	2013161297	A1	27 June 2013	BR	112014015479	A2	13 June 2017
				CN	104010763	A	27 August 2014
				DE	102011089699	A1	27 June 2013
				EP	2794180	A1	29 October 2014
				HK	1203062	A1	16 October 2015
				JP	2015500946	A	08 January 2015
				SG	11201402532V	A	26 September 2014
				US	2013161297	A1	27 June 2013
				WO	2013091811	A1	27 June 2013
<hr/>							
US	2015013126	A1	15 January 2015	DE	102011089701	A1	27 June 2013
				EP	2794181	A1	29 October 2014
				US	2015013126	A1	15 January 2015
				WO	2013091812	A1	27 June 2013
<hr/>							

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/051881

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C23F1/00 C23F3/04 C23F3/06 F01D5/00 F01D25/00 ADD.			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB			
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C23F F01D C23G			
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche			
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data			
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées	
A	EP 2 377 423 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 19 octobre 2011 (2011-10-19) page 2, alinéa 7 - page 3, alinéa 38 page 4, alinéa 40 - page 6, alinéa 49 page 8, alinéa 56-59p figures 2,3,17,8,22,23	1-6	
A	EP 2 511 398 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 17 octobre 2012 (2012-10-17) page 3, alinéa 17 - page 5, alinéa 80 page 6, alinéa 85 - page 8, alinéa 99 page 10, alinéas 110,111 page 12, alinéa 126 - page 13, alinéa 141 figures 1-12	1-9	
	----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe	
* Catégories spéciales de documents cités:			
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  29 octobre 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  13/11/2019	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Joffreau, P	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2013/161297 A1 (CZERNER STEFAN [DE]) 27 juin 2013 (2013-06-27) figures 4-7 page 3, alinéa 64 - page 5, alinéa 91 -----	1-9
A	US 2015/013126 A1 (CZERNER STEFAN [DE]) 15 janvier 2015 (2015-01-15) figures 4-7 page 3, alinéa 64 - page 8, alinéa 96 -----	1-9

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/051881

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2377423	A1	19-10-2011	EP 2377423 A1	19-10-2011
			GB 2479559 A	19-10-2011
			US 2011253170 A1	20-10-2011
-----				
EP 2511398	A1	17-10-2012	EP 2511398 A1	17-10-2012
			GB 2489665 A	10-10-2012
			SG 184677 A1	30-10-2012
			SG 10201605135Y A	30-08-2016
			US 2012241008 A1	27-09-2012
-----				
US 2013161297	A1	27-06-2013	BR 112014015479 A2	13-06-2017
			CN 104010763 A	27-08-2014
			DE 102011089699 A1	27-06-2013
			EP 2794180 A1	29-10-2014
			HK 1203062 A1	16-10-2015
			JP 2015500946 A	08-01-2015
			SG 11201402532V A	26-09-2014
			US 2013161297 A1	27-06-2013
			WO 2013091811 A1	27-06-2013
-----				
US 2015013126	A1	15-01-2015	DE 102011089701 A1	27-06-2013
			EP 2794181 A1	29-10-2014
			US 2015013126 A1	15-01-2015
			WO 2013091812 A1	27-06-2013
-----				