

⑤④ Système d'ajustage et de précontrainte de la surface d'une pièce.

②② Date de dépôt : 22.11.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES*
Société par actions simplifiée (SAS) — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.05.24 Bulletin 24/21.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 04.10.24 Bulletin 24/40.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : KNITTEL Stéphane,
AMIRTHALINGAM Suthan et GANI Léa.

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES* Société
par actions simplifiée (SAS).

⑦④ Mandataire(s) : Casalunga.



Description

Titre de l'invention : Système d'ajustage et de précontrainte de la surface d'une pièce

Domaine technique

- [0001] L'invention a pour domaine technique les outils d'ajustage, et mise en compression ou de compactage.

Techniques antérieures

- [0002] La projection de médias par pulvérisation est utilisée pour de nombreuses applications telles que le décapage, nettoyage/décapage des surface polluées (oxydées ou produits de corrosion), la mise en compression de surfaces sollicités mécaniquement en fatigue permettant de retarder l'initiation et la propagation de fissure, le compactage de peintures inorganiques à pigments aluminium de manière à leur conférer un caractère d'anode sacrificielle permettant la protection des surfaces en acier contre des phénomènes de corrosion atmosphérique.
- [0003] Le grenaillage par projection permet de réaliser une mise en compression par projection de médias métalliques (billes d'acier) ou céramiques (billes de verre, oxydes, etc), à la surface d'une pièce à traiter. La mise en compression résulte de la conversion de l'énergie cinétique des médias projetés en déformation plastique lors de l'impact contre la surface à traiter.
- [0004] Le grenaillage par projection de médias, et plus encore le sablage ou la projection d'abrasif peuvent laisser des résidus de médias incrustés en surface de la pièce traitée, à l'interface entre la surface et un revêtement ou à la surface des revêtements traités. Ces résidus peuvent avoir des effets délétères sur :
- [0005] - Les propriétés mécaniques du subjectile dans le cas de l'incrustations de médias abrasifs durs (par exemple, corindon) pouvant générer un abatement en fatigue et de la limite d'endurance,
- [0006] - Le comportement en corrosion dans le cas d'incrustation de médias sujets à l'oxydation (par exemple, billes d'acier incrustées sur des substrats en titane),
- [0007] - Le relargage de particules dures (par exemple, corindon) pouvant remettre en cause l'intégrité fonctionnelle de certaines parties d'un sous-ensemble situés en aval de la pièce traitée, et
- [0008] - Avoir un impact néfaste sur l'adhérence de revêtements lorsqu'elles sont piégées à l'interface subjectile / revêtement.
- [0009] Ces différents phénomènes d'incrustation nécessitent généralement de réaliser des opérations de décontamination chimiques ou mécaniques, ou encore de disposer de stratégies permettant de piéger les médias incrustés dans le but d'éviter leur relargage

(par exemple, application de peinture en deux couches pour emprisonner les médias en surface de la première couche).

- [0010] Parfois lorsque le grenaillage par projection de média est réalisé sur des zones difficiles d'accès ou dans le cas de retouches, il peut être nécessaire de regrener une zone. Le regrener d'une zone de faible surface nécessite de protéger le reste de la pièce, où le grenaillage ne doit pas être réalisé à nouveau, afin d'éviter un surgrenaillage des zones adjacentes à la zone retouchée qui pourrait ainsi créer des défauts de surface (bourrelet, replis de matière, etc.). Cette étape de masquage est souvent une opération longue, fastidieuse et délicate à réaliser. Cette opération peut également être à l'origine de l'apparition de nouveaux défauts lors des opérations de manutention ou lorsque le masquage est délicat.
- [0011] Il existe également un besoin pour un dispositif et un procédé de grenaillage minimisant les risques d'incrustation de médias.
- [0012] Une réponse à ces besoins peut être trouvée dans le roto-grenaillage.
- [0013] Le rotogrenaillage est un procédé de mise en compression locale, qui s'utilise généralement sur une surface préalablement ajustée, à l'aide d'un outil abrasif souple ou non. L'outil de roto-grenaillage est composé d'une tige sur laquelle est fixée une bande imprégnée de résine avec une ou plusieurs rangées de billes (par exemple de 1 à 4 rangées comprenant chacune de 4 à 16 billes) en carbure de tungstène. La bande est mise en rotation à l'aide d'un dispositif portatif de manière à ce que les billes en carbure impactent la surface à traiter et y introduisent des contraintes résiduelles de compression. L'incrustation de média est également un risque avec le rotogrenaillage. Ce risque est toutefois bien plus limité que dans le cas d'un grenaillage par projection de média ou dans le cas d'un sablage ou ajustage par projection d'abrasif.
- [0014] La mise en œuvre de ce procédé pour la mise en compression locale d'une zone retouchée nécessite d'abord une préparation de la surface par ajustage avec un abrasif souple puis un nettoyage de la surface ajustée. Si la préparation de la surface n'est pas suffisamment bien réalisée, la vérification de l'efficacité de l'opération via l'examen visuel n'est pas possible. Il est alors nécessaire de répéter l'opération d'ajustage. Si le nettoyage n'est pas réalisé, des salissures ou des pollutions peuvent être incrustées dans la matière lors du grenaillage ou de la mise en compression.
- [0015] De plus, le roto-grenaillage est un procédé manuel qui n'est actuellement pas bien adapté pour traiter la totalité d'une pièce, tant d'un point de vue économique que d'un point de vue de la durée de traitement.
- [0016] Il existe donc un problème quant à la mise en compression sans laisser d'incrustation de média dans la surface traitée.
- [0017] Il existe également un problème quant à la nécessité de réaliser une décontamination après grenaillage ou compactage de sorte à garantir l'intégrité de la pièce traitée.

[0018] Il existe enfin un problème quant à la durée de traitement ou au cout du rotogre-naillage de pièces dans leur intégralité.

Exposé de l'invention

- [0019] L'invention a pour objet un système d'ajustage et de précontrainte comprenant au moins deux outils rotatifs et un support configuré pour maintenir une pièce à traiter, le système comprenant des moyens de mise en rotation des outils rotatifs ainsi qu'un moyen de commande, chaque outil rotatif comprenant au moins deux ailettes disposées de part et d'autre d'une tige, chaque ailette comprenant des billes et/ou des surfaces abrasives sur au moins une face, les outils rotatifs étant disposés de sorte que les billes et/ou surfaces abrasives sur leurs ailettes entrent en contact avec la surface de la pièce à traiter lors de leur rotation afin d'ajuster la surface et de générer une mise en compression, le moyen de commande étant configuré de manière à commander une mise en rotation coordonnée des outils rotatifs.
- [0020] Un outil rotatif peut comprendre au moins une ailette pourvue de surfaces abrasives et au moins une ailette pourvue de billes.
- [0021] Un outil rotatif peut comprendre au moins une ailette pourvue à la fois de surfaces abrasives et de billes.
- [0022] Une ailette peut être munie d'une couche d'encapsulation afin d'empêcher les billes ou des particules des surfaces abrasives de se détacher
- [0023] Au moins un outil rotatif peut être disposé de sorte que la direction de sa tige soit perpendiculaire à la direction de la tige d'au moins un autre outil rotatif.
- [0024] La pièce à traiter disposée dans le support peut s'étendre depuis le support selon un axe longitudinal, au moins deux outils rotatifs étant alors disposés de sorte que la direction de leur tige soit parallèle à l'axe longitudinal de la pièce à traiter
- [0025] La pièce à traiter étant creuse, au moins un outil rotatif peut être disposé de sorte à réaliser une mise à compression de par l'intérieur de la pièce à traiter.
- [0026] Au moins un outil rotatif peut être disposé de sorte à réaliser une mise en compression de par l'extérieur de la pièce à traiter de façon simultanée et sur la même surface que la mise en compression de par l'intérieur de la pièce à traiter.
- [0027] Un outil rotatif peut comprendre des ailettes affalables sur la tige, de sorte à réduire le diamètre de l'outil afin de pouvoir être introduit dans des espaces restreints avant de déployer les ailettes. Par ailettes affalables, on entend des ailettes qui peuvent être repliées de sorte à se situer près de la tige dans une position affalée ou repliée. L'outil présente alors un diamètre externe réduit, autorisant un accès à des zones d'une pièce difficile d'accès avec un outil non affalable. Une fois en position, les ailettes affalables peuvent alors être déployées. L'outil présente à ce moment un diamètre externe sensiblement similaire à celui d'un outil non affalable.

- [0028] Au moins un outil rotatif peut être muni d'un dispositif de convoyage afin de le déplacer par rapport à la pièce à traiter.
- [0029] Le support peut être animé d'un mouvement de rotation.
- [0030] Le support et les outils rotatifs peuvent être animés de mouvements de rotation en sens opposé.
- [0031] Un outil rotatif peut comprendre des ailettes disposées successivement sur son axe dans la direction axiale.
- [0032] Un autre objet de l'invention est une cabine comprenant le système d'ajustage et de précontrainte tel que décrit ci-dessus, munie en outre de moyens d'insonorisation et de moyens de d'aspiration et de filtration de l'air à l'intérieur de la cabine.
- [0033] Alternativement, l'invention a pour objet un système d'ajustage et de précontrainte comprenant un outil rotatif et un support configuré pour maintenir une pièce à traiter, le système comprenant un moyen de mise en rotation de l'outil rotatif ainsi qu'un moyen de commande, l'outil rotatif comprenant au moins deux ailettes disposées de part et d'autre d'une tige, chaque ailette comprenant des billes et/ou des surfaces abrasives sur au moins une face, l'outil rotatif étant disposé de sorte que les billes et/ou surfaces abrasives sur leurs ailettes entrent en contact avec la surface de la pièce à traiter lors de leur rotation afin d'ajuster la surface et de générer une mise en compression, la pièce à traiter étant creuse, le au moins un outil rotatif est disposé de sorte à réaliser une mise à compression de par l'intérieur de la pièce à traiter.
- [0034] L'invention a également pour objet un procédé d'ajustage et de précontrainte dans lequel la surface d'une pièce subit une étape d'ajustage et une étape de mise en compression locale par l'intermédiaire d'un système d'ajustage et de précontrainte comprenant au moins deux outils rotatifs et un support configuré pour maintenir une pièce à traiter, le système comprenant des moyens de mise en rotation des outils rotatifs ainsi qu'un moyen de commande, chaque outil rotatif comprenant au moins deux ailettes disposées de part et d'autre d'une tige, chaque ailette comprenant des billes et/ou des surfaces abrasives sur au moins une face, les outils rotatifs étant disposés de sorte que les billes et/ou surfaces abrasives sur leurs ailettes entrent en contact avec la surface de la pièce à traiter lors de leur rotation afin d'ajuster la surface et de générer une mise en compression, dans lequel les outils rotatifs sont mis en rotation de manière coordonnée.

Brève description des dessins

- [0035] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- [0036] - la figure [Fig.1] illustre un outil rotatif d'un système d'ajustage et de précontrainte

selon l'invention,

- [0037] - la figure [Fig.2] illustre une variante de l'outil rotatif comprenant plusieurs ailettes en succession,
- [0038] - la figure [Fig.3] illustre une phase d'ajustage avec un outil rotatif,
- [0039] - la figure [Fig.4] illustre un mode de réalisation d'un système d'ajustage et de pré-contrainte selon l'invention,
- [0040] - la figure [Fig.5] illustre un mode de réalisation alternatif d'un système d'ajustage et de précontrainte selon l'invention,
- [0041] - la figure [Fig.6] illustre un autre mode de réalisation d'un système d'ajustage et de précontrainte selon l'invention, et
- [0042] - la figure [Fig.7] illustre un dispositif de convoyage compris dans un système d'ajustage et de précontrainte selon l'invention.

Description détaillée

- [0043] La figure [Fig.1] illustre un outil rotatif 1 comprenant une tige 2, sur laquelle est fixée une bande 3. La bande 3 est disposée, de sorte à former des ailettes de part et d'autre de la tige 2.
- [0044] La bande 3 est imprégnée de résine, pour lui conférer une certaine rigidité tout en maintenant une souplesse suffisante pour se déformer lors du contact avec la surface à traiter. On comprendra que d'une façon générale, les ailettes d'un outil rotatif 1 sont souples de manière à se déformer au contact de la pièce à traiter. La bande 3 est définie comme comprenant une première face et une deuxième face opposée à la première face.
- [0045] Une première partie de la bande 3 s'étendant d'un premier côté de la tige 2 comprend, sur sa première face, au moins deux billes 4, notamment en carbure de tungstène ou en céramique et deux zones abrasives 5a,5b recouvertes de grains abrasifs de différentes tailles.
- [0046] Une deuxième partie de la bande 3 s'étendant d'un deuxième côté de la tige 2 comprend, sur sa deuxième face, au moins deux billes 4, notamment en carbure de tungstène et deux zones abrasives 5a,5b recouvertes de grains abrasifs de différentes tailles.
- [0047] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure [Fig.1], les billes 4 sont disposées de sorte à être plus éloignées de la tige 2 que les zones abrasives 5a,5b, des deux côtés de la tige 2. Ce mode de réalisation n'est pas exclusif, et d'autres modes de réalisation seront présentés plus loin dans la présente description.
- [0048] De même, des deux côtés de la tige 2, les zones abrasives 5b recouvertes de grains abrasifs d'une première taille sont disposées de sorte à être plus éloignées de la tige 2 que les zones abrasives 5a recouvertes de grains abrasifs d'une deuxième taille su-

périeure à la première taille.

- [0049] La disposition des billes 4 et des zones abrasives 5a,5b est choisie avantageusement de manière à ce que, lors de l'utilisation, les grains d'abrasif les plus grossiers entrent en contact avec la matière en premier, suivis des grains les plus fins qui précèdent à leur tour les billes 4. Cette disposition permet de réaliser de manière concomitante l'enlèvement du défaut présent sur la surface à ajuster, tout en générant un état de surface adéquat, avant l'impact des billes 4 de tungstène permettant une mise en compression de la surface. Dans un tel mode de rotation, l'outil tourne dans un seul sens, de sorte que les faces de la bande 3 recouvertes de grains et de billes 4 entrent en contact avec la surface.
- [0050] On comprendra aisément que d'autres configurations de billes et/ou de zones abrasives peuvent être employées sur un outil rotatif sans sortir de la portée de la présente invention. Dans d'autres modes de réalisation, non illustrés, un outil rotatif 1 peut comprendre uniquement des ailettes munies de zones abrasives ou uniquement des ailettes munies de billes en carbure de tungstène. Alternativement, un même outil 1 peut comprendre des ailettes munies uniquement de zones abrasives et des ailettes munies uniquement de billes en carbure de tungstène.
- [0051] De même, tout ou partie des billes 4 et des zones abrasives 5a,5b peuvent être encapsulées de sorte à ne pas pouvoir se détacher et s'incruster dans la surface à traiter. Plus généralement, l'encapsulation peut être réalisée en appliquant un revêtement, notamment un vernis ou une résine.
- [0052] Dans un mode de réalisation particulier d'un outil rotatif, plusieurs ailettes peuvent être disposées l'une après l'autre sur un même axe. La figure [Fig.2] illustre un tel mode de réalisation. On comprendra que les ailettes successives présentent un écartement pouvant être modifié selon la destination de l'outil. On peut écarter les ailettes pour réaliser une mise en compression de plusieurs surfaces distinctes ou rapprocher les ailettes pour obtenir un recouvrement maximisé de la surface traitée. Ce dernier mode de réalisation est particulièrement avantageux dans le cas de surfaces à traiter étendues pour le traitement desquelles une seule ailette de grande largeur pourrait présenter des problèmes de résistance mécanique (en torsion, déformation ou déchirement).
- [0053] La figure [Fig.3] illustre une phase d'ajustage au cours de laquelle des grains abrasifs entrent en contact avec la surface de la pièce 6 à traiter lors de la rotation de l'outil rotatif 1.
- [0054] Les figures [Fig.1] et [Fig.2] illustrent un outil rotatif 1 dont les ailettes sont perpendiculaires à l'axe de rotation.
- [0055] La figure [Fig.4] illustre un mode de réalisation d'un système d'ajustage et de pré-contrainte selon l'invention. Le système comprend au moins deux outils rotatifs 1 et au

moins un support pour maintenir en position une pièce 6 à traiter. Le système d'ajustage et de précontrainte comprend également un moyen de mise en rotation de chaque outil rotatif 1 et un moyen de commande. Un moyen de mise en rotation du support pour maintenir en position une pièce 6 à traiter peut également être prévu. Les moyens de mise en rotation et le moyen de commande ne sont pas illustrés sur la figure [Fig.4]. Chaque moyen de mise en rotation comprend par exemple un moteur électrique et un mécanisme de transmission (par exemple une pince, ou un réducteur couplé à une pince) pour transmettre la rotation du moteur à l'outil ou au support. Le moyen de commande est par exemple un module électronique comprenant au moins un processeur et une mémoire, et connecté aux actionneurs (par exemple aux moteurs) du système, de manière à pouvoir les commander.

[0056] Par l'intermédiaire du moyen de commande et des moyens de mise en rotation, le système d'ajustage et de précontrainte est apte à mettre en rotation chaque outil rotatif ainsi qu'éventuellement le support. Le moyen de commande est apte à commander les moyens de mise en rotation de façon coordonnée les uns avec les autres, notamment de façon simultanée, ou de façon séquentielle selon un ordonnancement prédéterminé (la séquence de traitement correspondante étant stockée dans la mémoire du module de commande). Les paramètres de commande et éventuellement l'ordre d'activation sont mémorisés dans le moyen de commande. Avantageusement, les outils rotatifs 1 et le support sont animés de mouvements de rotation dans des directions opposées.

[0057] Avantageusement, les outils rotatifs 1, dont le nombre est par exemple compris entre deux et dix, voire entre deux et six, sont disposés autour de la pièce 6 à traiter de sorte que leurs axes de rotation soient parallèles entre eux et parallèles à l'axe de rotation de la pièce 6 à traiter. De plus, les outils peuvent être disposés à une même distance de la pièce 6 et avec un même espacement entre eux.

[0058] Une telle configuration permet d'appliquer une mise en compression simultanément en plusieurs zones, et selon la taille et la géométrie de la pièce à traiter, selon plusieurs directions. Cela est notamment le cas lorsque les outils rotatifs sont disposés au moins partiellement autour de la pièce à traiter. Cette combinaison de directions d'application permet de renforcer l'effet obtenu. De plus, une telle configuration à plusieurs outils rotatifs 1 peut être nécessaire pour traiter toute la surface de la pièce 6 à traiter, notamment pour les pièces les plus grandes. Une telle configuration est particulièrement adaptée au traitement des pièces à géométrie simple, telles que des pièces à section constante, notamment de type circulaire, elliptique, ovoïde ou tout autre section convexe et sans point anguleux. Cette configuration permet, pour ce type de pièce, un traitement particulièrement rapide de la pièce, du fait du nombre d'outils rotatifs, potentiellement élevé, agissant simultanément et continuellement sur la pièce

[0059] En variante, chaque outil rotatif peut être associé à un dispositif de convoyage de

sorte à être déplacé entre plusieurs parties de la surface de la pièce 6 à traiter. Un nombre réduit d'outils rotatifs 1 peut alors réaliser la mise en compression d'une pièce par rapport au traitement par des outils à position fixe. De plus, un tel mode de réalisation permet de traiter des pièces ne présentant pas de profil en surface de révolution (par exemple des profils à section carrée ou prismatique). En effet, les outils rotatifs 1 peuvent être déplacés autour de la pièce 6 à traiter tout en maintenant une distance constante à la pièce. Un tel mode de réalisation permet de ne pas mettre la pièce 6 à traiter en rotation.

- [0060] Il est à noter que le mode de réalisation illustré par la [Fig.4] et sa variante impliquent une réalisation assez complexe du système d'ajustage et de précontrainte d'un point de vue mécanique, notamment du fait des opérations de rotation et/ou de convoyage des outils autour de la pièce à traiter. En contrepartie, ce mode de réalisation et sa variante (ainsi que les autres modes de réalisation présentés) confèrent un gain de temps notable aux opérations d'ajustage et de mise en précontrainte.
- [0061] De plus, comme dans les autres modes de réalisation, le pilotage coordonné de l'ensemble des outils rotatifs par le moyen de commande permet un meilleur contrôle du traitement de la pièce 6 à traiter. Un tel pilotage coordonné permet notamment d'éviter qu'une même zone ne soit traitée deux fois, ce qui aurait pour effet d'augmenter de façon inappropriée la contrainte locale (la séquence de traitement préétablie, stockée en mémoire, peut d'ailleurs être une séquence avec un seul passage d'outil de roto-grenaillage pour chaque zone de la pièce à traiter). Par ailleurs, les temps de traitement sont alors mieux contrôlés.
- [0062] Dans un mode de réalisation alternatif, illustré par la figure [Fig.5], le système d'ajustage et de précontrainte comprend des outils rotatifs 1 disposés de sorte que l'axe de rotation d'au moins l'un d'entre eux soit normal à l'axe de rotation des autres outils rotatifs 1. Une telle configuration permet d'améliorer le recouvrement des outils rotatifs 1.
- [0063] Dans un troisième mode de réalisation, illustré par la figure [Fig.6], le système d'ajustage et de précontrainte comprend au moins un outil rotatif disposé de sorte à réaliser une mise en compression à l'intérieur d'une pièce 6 à traiter. Selon la taille de pièce 6 à traiter, au moins un autre outil rotatif peut être disposé à l'intérieur de la pièce 6 à traiter, tel qu'illustré par la figure [Fig.6].
- [0064] Chaque outil peut être déplacé en profondeur indépendamment dans la pièce 6 à traiter, selon la direction de son axe de rotation. Chaque outil peut également être associé à un dispositif de convoyage de sorte à être déplacé dans un plan normal à son axe de rotation et à appliquer une mise en compression sur plusieurs parties de la surface interne d'une pièce 6 à traiter. Une pièce 6 ainsi traitée peut être par exemple, un arbre creux pour une turbine. On rappelle qu'un tel arbre est généralement peint du

côté interne, et qu'un compactage de cette peinture est alors souhaitable.

- [0065] Le moyen de commande du système d'ajustage et de précontrainte est conçu de sorte à pouvoir commander les moyens de déplacement en profondeur ainsi que, lorsque cela est applicable, le dispositif de convoyage de chaque outil rotatif 1. Tout comme dans les autres modes de réalisation, le moyen de commande permet de réaliser un pilotage coordonné des moyens de mise en rotation, des moyens de déplacement en profondeur et des dispositifs de convoyage.
- [0066] Un tel pilotage coordonné permet d'ajuster la vitesse de rotation et la position de chaque outil, en fonction de leur position relative à la pièce 6 à traiter et en fonction de leur nature. Un tel pilotage coordonné apporte beaucoup de souplesse, et permet d'optimiser le traitement à réaliser tout en conservant un temps de traitement réduit.
- [0067] Un tel mode de réalisation est particulièrement avantageux pour les pièces, ne présentant pas une section circulaire (par exemple, une section elliptique) pour lesquelles une rotation de la pièce à traiter ne permet pas à un outil rotatif 1 d'atteindre toute la surface intérieure de la pièce à traiter. Le système de convoyage illustré n'est pas limitatif et d'autres formes de déplacement d'un outil rotatif peuvent être envisagées.
- [0068] Dans une variante, deux outils rotatifs 1 sont disposés de part et d'autre de la surface de la pièce 6 à traiter de sorte à appliquer une mise en compression simultanément par l'intérieur et par l'extérieur de la pièce 6 à traiter. Ici encore, la combinaison de plusieurs directions de mise en compression permet d'amplifier l'effet obtenu.
- [0069] En variante, le système d'ajustage et de précontrainte selon le troisième mode de réalisation comprend un outil rotatif avec des ailettes affalables dans ou à proximité de l'axe de sorte à en réduire l'encombrement. Une fois les ailettes affalables repliées, un tel outil peut alors être inséré dans une lumière ménagée dans une paroi latérale d'une pièce creuse. Après insertion, les ailettes sont dépliées et mises en rotation pour réaliser une mise en compression d'une surface de la pièce 6 à traiter par l'intérieur. Ici encore, un deuxième outil rotatif peut être positionné en regard de la surface traitée par l'outil rotatif à ailettes affalables.
- [0070] Dans le mode de réalisation de la [Fig.6] et de la [Fig.7] et pour leurs variantes décrites ci-dessus, le système d'ajustage et de précontrainte comprend au moins deux outils rotatifs. Néanmoins, la technologie décrite ici concerne aussi un système d'ajustage ou de précontrainte par l'intérieur d'une pièce creuse, ce système comprenant un seul outil rotatif. Ainsi, la présente technologie concerne aussi un système d'ajustage ou de précontrainte comprenant au moins un outil rotatif et un support configuré pour maintenir une pièce à traiter, le système comprenant des moyens de mise en rotation de l'outil rotatif, l'outil rotatif comprenant au moins deux ailettes disposées de part et d'autre d'une tige, chaque ailette comprenant des billes et/

ou des surfaces abrasives sur au moins une face, la pièce à traiter étant creuse, l'outil rotatif étant disposé de sorte à réaliser une mise à compression ou un ajustage de par l'intérieur de la pièce à traiter.

[0071] Un tel outil à ailettes affalables peut être réalisé par une combinaison de cames supportant les ailettes et d'un moyen d'actionnement disposé dans l'axe de l'outil rotatif.

[0072] Dans les différents modes de réalisation, le système d'ajustage et de précontrainte peut être intégré au sein d'une pièce ou cabine insonorisée de manière à limiter les nuisances sonores liées au traitement des surfaces. La cabine ou la pièce est dotée de plus d'un système d'aspiration et de filtres permettant l'évacuation de l'air, des pollutions émises dans la cabine sans rejet nocifs pour l'environnement.

Revendications

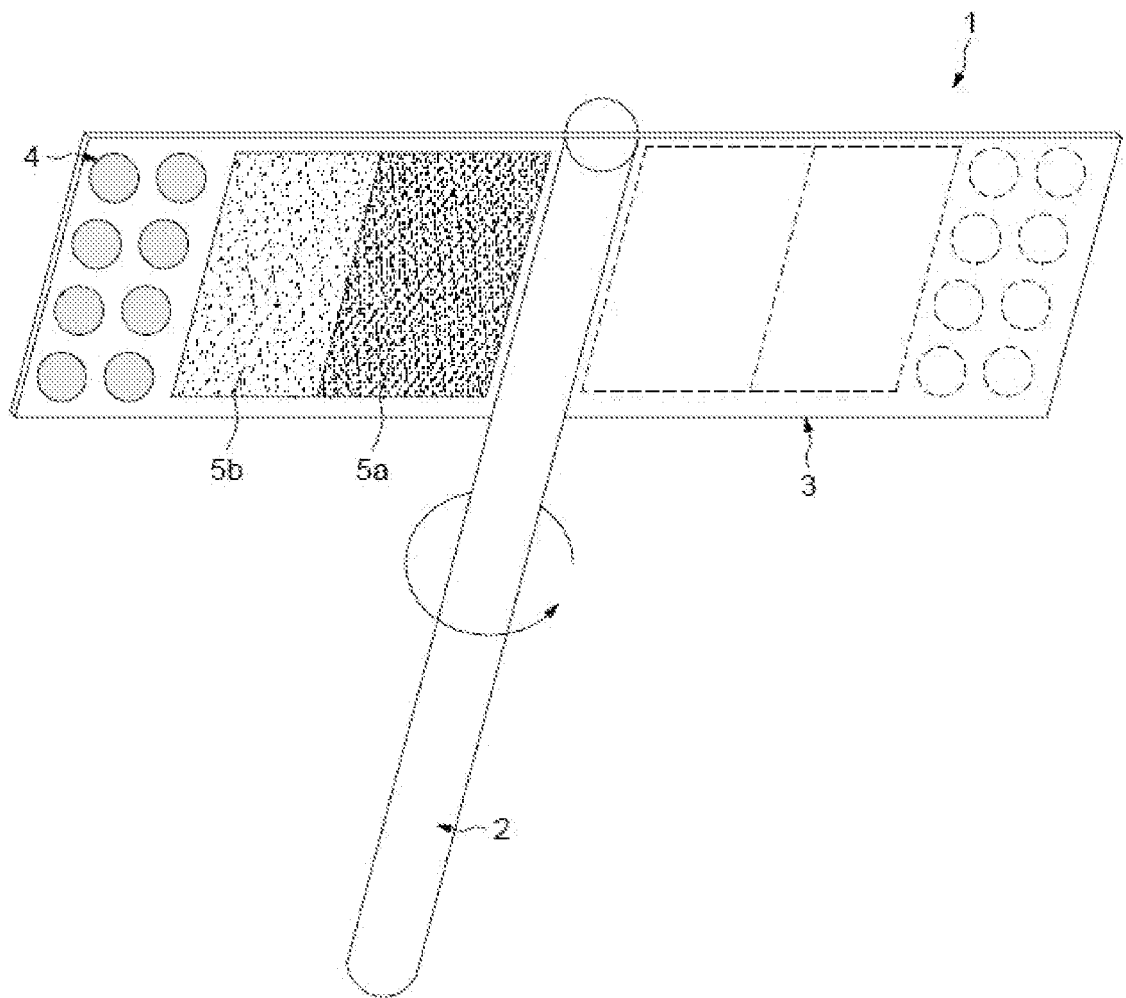
- [Revendication 1] Système d'ajustage et de précontrainte comprenant au moins deux outils rotatifs (1) et un support configuré pour maintenir une pièce à traiter (6), le système comprenant des moyens de mise en rotation des outils rotatifs ainsi qu'un moyen de commande, chaque outil rotatif (1) comprenant au moins deux ailettes disposées de part et d'autre d'une tige (2), chaque ailette comprenant des billes (4) et/ou des surfaces abrasives sur au moins une face, les outils rotatifs (1) étant disposés de sorte que les billes (4) et/ou surfaces abrasives (5a,5b) sur leurs ailettes entrent en contact avec la surface de la pièce à traiter (6) lors de leur rotation afin d'ajuster la surface et de générer une mise en compression, le moyen de commande étant configuré de manière à commander une mise en rotation coordonnée des outils rotatifs.
- [Revendication 2] Système d'ajustage et de précontrainte selon la revendication 1, dans lequel un outil rotatif comprend au moins une ailette pourvue de surfaces abrasives et au moins une ailette pourvue de billes.
- [Revendication 3] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel un outil rotatif comprend au moins une ailette pourvue à la fois de surfaces abrasives et de billes.
- [Revendication 4] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel une ailette est munie d'une couche d'encapsulation afin d'empêcher les billes (4) ou des particules des surfaces abrasives (5a,5b) de se détacher.
- [Revendication 5] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel au moins un outil rotatif (1) est disposé de sorte que la direction de sa tige (2) soit perpendiculaire à la direction de la tige (2) d'au moins un autre outil rotatif (1).
- [Revendication 6] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la pièce (6) à traiter disposée dans le support s'étend depuis le support selon un axe longitudinal, au moins deux outils rotatifs (1) étant alors disposés de sorte que la direction de leur tige (2) soit parallèle à l'axe longitudinal de la pièce (6) à traiter.
- [Revendication 7] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la pièce à traiter (6) étant creuse, au moins un outil rotatif (1) est disposé de sorte à réaliser une mise à compression de par l'intérieur de la pièce à traiter (6).
- [Revendication 8] Système d'ajustage et de précontrainte selon la revendication 7, dans

lequel au moins un outil rotatif (1) est disposé de sorte à réaliser une mise en compression de par l'extérieur de la pièce à traiter (6) de façon simultanée et sur la même surface que la mise en compression de par l'intérieur de la pièce à traiter (6).

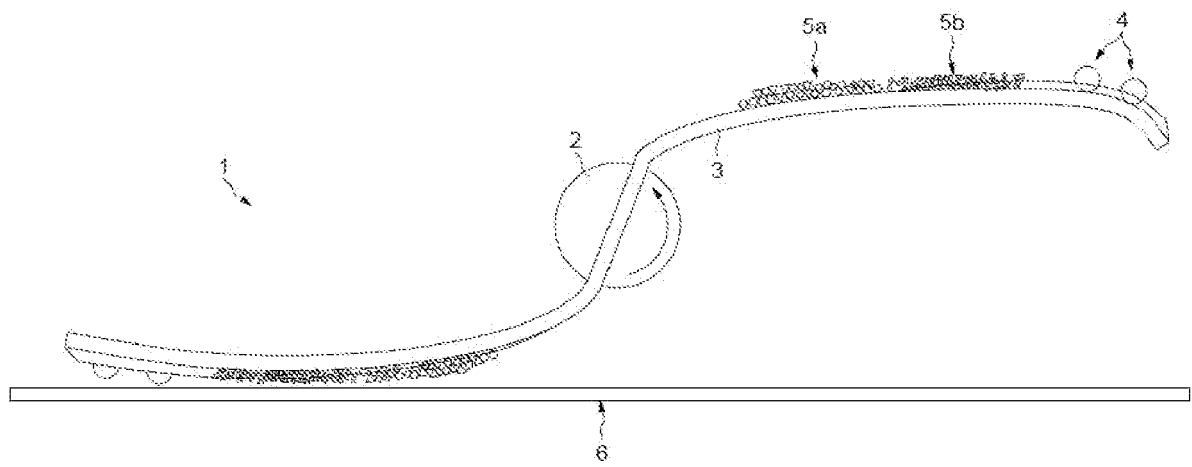
- [Revendication 9] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans lequel un outil rotatif (1) comprend des ailettes affalables sur la tige (2), de sorte à réduire le diamètre de l'outil afin de pouvoir être introduit dans des espaces restreints avant de déployer les ailettes.
- [Revendication 10] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel au moins un des outils rotatifs (1) est muni d'un dispositif de convoyage afin de le déplacer par rapport à la pièce à traiter (6).
- [Revendication 11] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel le support est animé d'un mouvement de rotation.
- [Revendication 12] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel le support et les outils de rotation (1) sont animés de mouvements de rotation en sens opposé.
- [Revendication 13] Système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel un outil de rotation (1) comprend des ailettes disposées successivement sur son axe dans la direction axiale.
- [Revendication 14] Cabine comprenant le système d'ajustage et de précontrainte selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, munie en outre de moyens d'insonorisation et de moyens de d'aspiration et de filtration de l'air à l'intérieur de la cabine.
- [Revendication 15] Procédé d'ajustage et de précontrainte dans lequel la surface d'une pièce subit une étape d'ajustage et une étape de mise en compression locale par l'intermédiaire d'un système d'ajustage et de précontrainte comprenant au moins deux outils rotatifs (1) et un support configuré pour maintenir une pièce à traiter (6), le système comprenant des moyens de mise en rotation des outils rotatifs ainsi qu'un moyen de commande, chaque outil rotatif (1) comprenant au moins deux ailettes disposées de part et d'autre d'une tige (2), chaque ailette comprenant des billes (4) et/ou des surfaces abrasives sur au moins une face, les outils rotatifs (1) étant disposés de sorte que les billes (4) et/ou surfaces abrasives (5a,5b) sur leurs ailettes entrent en contact avec la surface de la pièce à traiter (6) lors de leur rotation afin d'ajuster la surface et de

générer une mise en compression, dans lequel les outils rotatifs (1) sont mis en rotation de manière coordonnée.

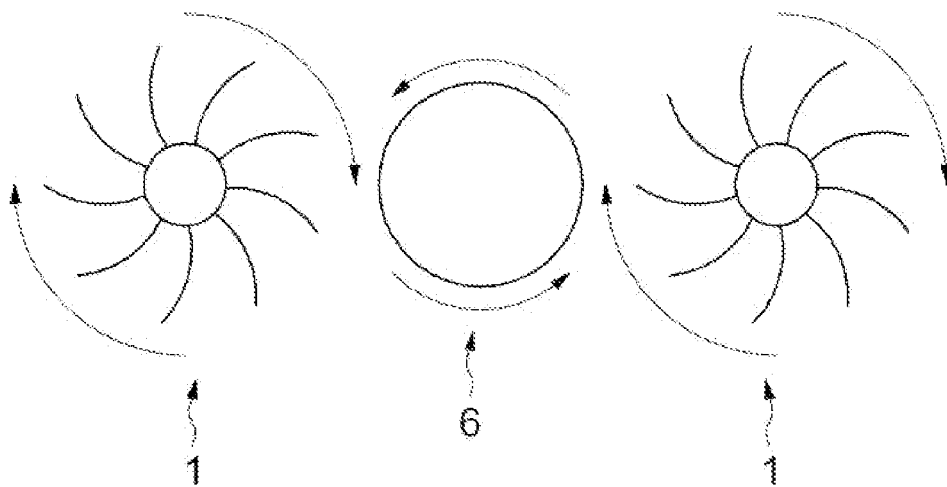
[Fig. 1]



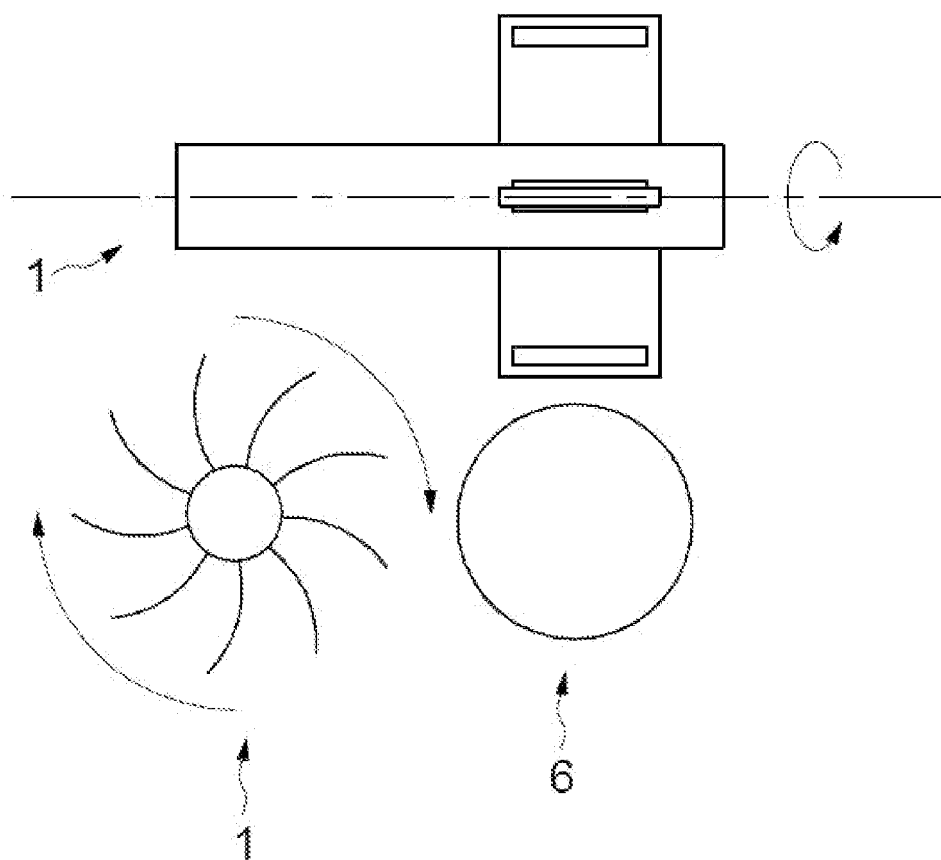
[Fig. 3]



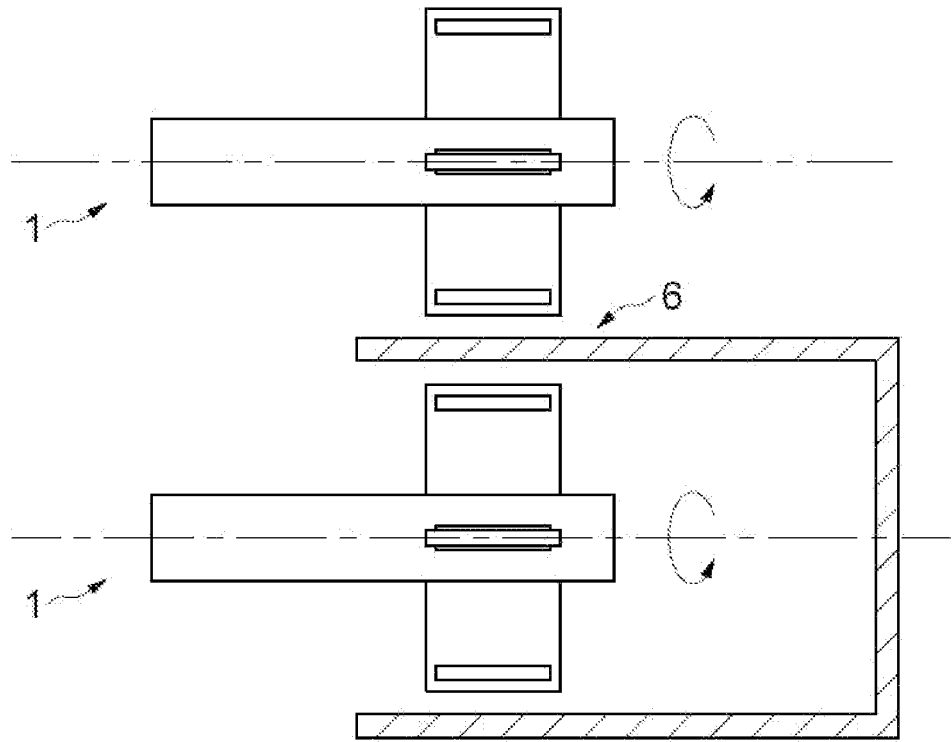
[Fig. 4]



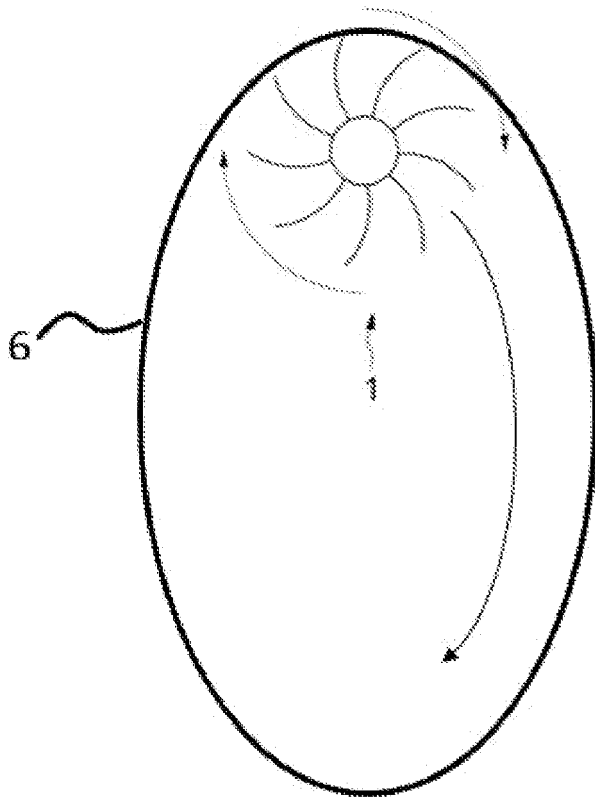
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

US 3 857 750 A (WINTER P ET AL)
31 décembre 1974 (1974-12-31)

FR 2 551 996 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE
[FR]) 22 mars 1985 (1985-03-22)

US 5 727 995 A (HARKINS BRIAN GODFREY [US]
ET AL) 17 mars 1998 (1998-03-17)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT