

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :

3 101 663

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

19 11073

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 01 D 5/28 (2019.12), B 33 Y 80/00

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.10.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 09.04.21 Bulletin 21/14.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS  
— FR.

⑦2 Inventeur(s) : CHARPENTIER Pascal, Jean-Marc et  
GUERIT Romain, Jean-François.

⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES SAS.

⑦4 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

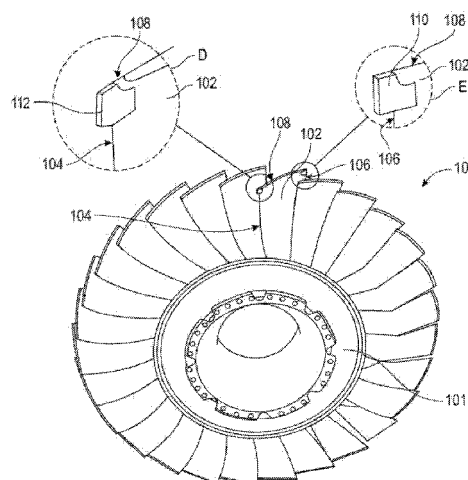
⑤4 PROCÉDÉ DE RECHARGEMENT D'UNE PALE DE TURBOMACHINE D'AÉRONEF.

⑤7 L'invention concerne un procédé de rechargement  
d'une pale (102) de turbomachine d'aéronef, ladite pale  
comportant un intrados et un extrados reliés ensemble par  
un bord d'attaque (106) et un bord de fuite (104), ladite pale  
comportant en outre une extrémité libre appelée sommet  
(108), le procédé comprenant un rechargement de ce som-  
met et comprenant les étapes consistant en :

une fixation d'un premier taquet (110)  
sur ledit bord d'attaque, au niveau dudit sommet, et d'un se-  
cond taquet (112) sur ledit bord de fuite, au niveau dudit  
sommet,  
un dépôt d'un cordon de rechargement  
sur ledit sommet, depuis ledit premier taquet jusqu'audit se-  
cond taquet, et  
un retrait desdits premier et second  
taquets,

ledit procédé étant caractérisé en ce que ladite fixation  
desdits premier et second taquets est réalisée uniquement  
par pincement desdits premier et second taquets sur lesdits  
bords d'attaque et de fuite.

Figure pour l'abrégi : Figure 10



FR 3 101 663 - A1



## **Description**

### **Titre de l'invention : PROCÉDÉ DE RECHARGEMENT D'UNE PALE DE TURBOMACHINE D'AÉRONEF**

#### **Domaine technique**

[0001] L'invention concerne le domaine des turbomachines d'aéronef, et en particulier la réparation des sommets des pales de disques aubagés monoblocs (connus sous l'acronyme DAM) d'un moteur du type GE 90-115K. Plus précisément, l'invention a pour objet de permettre la mise en œuvre du rechargement des pales dans le cadre d'un nouveau développement sur la base d'une technologie de reconditionnement par fabrication additive (LMD, acronyme de l'expression anglaise « Laser Metal Deposition »).

#### **Technique antérieure**

[0002] De façon connue, pour la réparation des sommets de pales de disques aubagés monoblocs, un rechargement desdits sommet est réalisé par un procédé de fabrication additive par dépôt et fusion de poudre, également connu sous le nom de procédé LMD-p (acronyme de l'expression anglaise « Laser Metal Deposition – powder »).

[0003] Il s'agit d'un rechargement linéaire, opéré du bord d'attaque d'une pale au bord de fuite de ladite pale. Un rechargement linéaire inclut nécessairement un début et une fin de cordon.

[0004] Problématique à résoudre : Les zones de début et de fin de cordon sont réputées sensibles d'un point de vue santé métallurgique, et peuvent comporter des défauts du type manque de liaison, ou effondrement, qui ne sont pas acceptables d'un point de vue technique et qualitatif.

[0005] La cause principale des défauts, provient d'une part de la géométrie de chaque extrémité de la pale, lié au rayon du bord d'attaque, et d'autre part, est liée à l'épaisseur de chaque extrémité de la pale (bord d'attaque ou bord de fuite).

[0006] Pour éviter de retrouver ces zones sensibles dans une pièce à l'état fini, des taquets sont utilisés.

[0007] Ces taquets sont des pièces martyres, c'est-à-dire sacrificielles, apposées sur une pale, usuellement par un procédé de soudage, notamment par pointage.

[0008] L'accroche d'un taquet sur la pale doit être suffisante, par exemple par soudure pénétrée, pour assurer sa tenue pendant de rechargement, tout en évitant des risques de collage, mais doit également être limitée au minimum afin de ne pas affecter métallurgiquement et dimensionnellement la pièce finale. On nomme Zone Affectée Thermiquement, une zone de la pièce à l'état fini qui est affectée métallurgiquement ; et Zone de Déformation de la pale, une zone de la pièce à l'état fini qui est affectée di-

mensionnellement.

- [0009] Les taquets, également appelés taquets de pointage, utilisés jusqu'à présent sont inspirés des géométries de taquets standards.
- [0010] La figure 1 représente un disque aubagé monobloc 10 composé d'une pluralité de pales 12 sur lesquelles sont agencés des taquets 14a, 14b selon l'art antérieur. Le taquet 14b est disposé sur le bord d'attaque 11 de la pale 12, tandis que le taquet 14a est disposé sur le bord de fuite 13 de la pale 12. Les excroissances 16b, 16a qui entourent le bord d'attaque et bord de fuite en intrados et extrados permettent de réaliser le pointage du taquet 14a, 14b sur la pale 12. En particulier, l'excroissance 16b entoure le bord d'attaque en intrados et extrados, tandis que l'excroissance 16a entoure le bord de fuite en intrados et extrados de la pale 12. L'intrados des pales 12 du disque aubagé monobloc 10 est représenté sur la figure 1 et dans l'encadré en pointillés B, tandis que l'extrados d'une pale 12 est représenté dans l'encadré en pointillés C.
- [0011] Cependant, l'équilibre entre la pénétration du pointage pour assurer un bon maintien des taquets et la légèreté du pointage pour éviter des zones abattues, c'est-à-dire des Zones Affectées Thermiquement, sur une pale n'a pas encore été trouvé.
- [0012] En effet, lors des premiers rechargements, les taquets se sont systématiquement effondrés, ce qui a généré des indications radiographiques non acceptables.
- [0013] Par exemple, la figure 2 représente une pale 12 d'un disque aubagé monobloc effondré lors d'un rechargement réalisé par un procédé LMD-p. Sur cette figure, les lignes A montrent l'effondrement du bord de fuite de la pale 12.
- [0014] Plusieurs essais ont été réalisés afin d'éviter l'effondrement des pales des disques aubagés monoblocs lors d'un rechargement réalisé par un procédé LMD-p. Les essais ont tous été réalisés sur trois pales. Des radiographies ont été réalisées après chaque pointage, afin de mettre en évidence des éventuelles soufflures ou indications linéaires.
- [0015] Les taquets représentés sur les figures 3a, 3b, 5a, 5b, 7a, 7b, 9a et 9b illustrent des géométries standard de taquets qui sont fixés par pointage sur des pales.
- [0016] Il a été proposé de raccourcir les excroissances des taquets, afin d'éviter l'effondrement de celles-ci. Les figures 3a et 3b représentent une pale 12, sur laquelle est fixé par pointage un taquet 24 avec une excroissance 26 raccourcie par rapport aux excroissances de la figure 1.
- [0017] Toutefois, comme représenté sur la figure 4 qui représente une radiographie de la pale 12 des figures 3a et 3b, avec des tels taquets 24, des soufflures, ainsi qu'une indication linéaire, sont observés sur les radiographies.
- [0018] Afin de supprimer le manque de liaison, il a été proposé d'augmenter la puissance sur le début et la fin du cordon pour la première passe (du bord d'attaque vers le bord de fuite sur une longueur de 15 mm). Toutefois, ceci a entraîné une pénétration plus importante au niveau du bord d'attaque et du bord de fuite de la pale 12.

- [0019] Il a également été proposé d'alléger le taquet, tout en gardant la même géométrie. Les figures 5a et 5b représentent une pale 12, sur laquelle est fixé par pointage un taquet 34 allégé par rapport aux taquets de la figure 1.
- [0020] Toutefois, comme représenté sur la figure 6 qui représente une radiographie de la pale 12 des figures 5a et 5b, avec des tels taquets 34, des soufflures, ainsi qu'une trop forte pénétration, sont observés sur les radiographies.
- [0021] Il a également été proposé de modifier la hauteur du taquet, afin de dégager le sommet de pale au maximum, et de garder un contact sur le bord d'attaque de la pale. Les figures 7a et 7b représentent une pale 12, sur laquelle est fixé par pointage un taquet 44 dont la hauteur est modifiée sur le sommet 44 de la pale 12 par rapport aux taquets de la figure 1. Sur la figure 7a, la dimension d1 est sensiblement égale à 3,0 mm et la dimension d2 est sensiblement égale à 0,5 mm.
- [0022] Toutefois, comme représenté sur la figure 8 qui représente une radiographie de la pale 12 des figures 7a et 7b, avec des tels taquets 44, des indications linéaires, des problèmes de liaison, ainsi que des soufflures avec des effondrements sur le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale dus au changement de puissance pour éviter le manque de liaison linéaire, sont observés sur les radiographies.
- [0023] Il a également été proposé de dégager le sommet de la pale pour éviter les manques de liaisons. Les figures 9a et 9b représentent une pale 12, sur laquelle est fixé par pointage un taquet 54 dont la hauteur est modifiée pour dégager le sommet de la pale 12 par rapport aux taquets de la figure 1.
- [0024] Toutefois, avec des tels taquets 54, des soufflures, des indications linéaires et une trop forte pénétration sont systématiquement observés sur des radiographies. Ces inconvénients sont dus au pointage des taquets 54 sur la pale 12.
- [0025] L'invention a pour objectif de proposer une solution permettant de remédier à au moins certains de ces inconvénients.
- [0026] En particulier, la présente invention propose de revoir le mode de fixation des taquets sur les pales de turbomachine, et notamment sur les pales d'un disque aubagé monobloc.

### **Résumé de l'invention**

- [0027] À cet effet, l'invention concerne un procédé de rechargement d'une pale de turbomachine d'aéronef, ladite pale comportant un intrados et un extrados reliés ensemble par un bord d'attaque et un bord de fuite, ladite pale comportant en outre une extrémité libre appelée sommet, le procédé comprenant un rechargement de ce sommet et comprenant les étapes consistant en :
- [0028] – une fixation d'un premier taquet sur ledit bord d'attaque, au niveau dudit sommet, et d'un second taquet sur ledit bord de fuite, au niveau dudit sommet,

- un dépôt d'un cordon de rechargement sur ledit sommet, depuis ledit premier taquet jusqu'audit second taquet, et
  - un retrait desdits premier et second taquets,
- [0029] ledit procédé étant caractérisé en ce que ladite fixation desdits premier et second taquets est réalisée uniquement par pincement desdits premier et second taquets sur lesdits bords d'attaque et de fuite.
- [0030] Ainsi, la présente invention propose avantageusement de supprimer le pointage des taquets.
- [0031] Selon l'invention, les taquets sont maintenus par effet mécanique, et plus précisément par pincement, sur la pale. Ce mode d'accroche permet avantageusement d'éviter la génération de Zones Affectées Thermiquement sur les pales, tout en assurant un maintien suffisant. L'invention permet donc de supprimer le pointage des taquets.
- [0032] L'utilisation d'une même puissance pour le dépôt du cordon de rechargement permet d'éviter un effondrement du bord de fuite ou du bord d'attaque de la pale, et une pénétration trop importante, qui sont dus au changement de puissance entre le début et la fin de cordon.
- [0033] Selon l'invention, la pale de turbomachine peut être une pale d'un disque aubagé monobloc.
- [0034] Selon l'invention, l'étape de dépôt dudit cordon de rechargement peut être réalisée par fabrication additive par dépôt et fusion de poudre.
- [0035] Selon l'invention, les premier et second taquets peuvent être réalisés dans le même matériau que le matériau du cordon de rechargement.
- [0036] En particulier, les premier et second taquets et le cordon de rechargement peuvent être réalisés en titane chargé de 6% d'aluminium et de 4% de vanadium (TA6V).
- [0037] Avantageusement, l'utilisation d'un tel matériau permet une résistance élevée des taquets, tout en ayant une ductilité élevée de ces derniers.
- [0038] Selon l'invention, le procédé peut également comprendre, préalablement à l'étape de fixation des premier et second taquets, une étape consistant en une préchauffe, au moyen d'un laser, du premier taquet.
- [0039] Selon l'invention, les premier et second taquets peuvent avoir une raideur prédéterminée (ajustée à chaque pale), pour exercer un effort de manière à maintenir le pincement des premier et second taquets sur les bords d'attaque et de fuite.
- [0040] Avantageusement, la zone de chaque taquet qui assure le maintien sur la pale a une raideur suffisante pour assurer un effet ressort qui maintien par pincement ledit taquet sur la pale.
- [0041] Selon l'invention, les premier et second taquets peuvent chacun présenter un dégagement s'étendant depuis le sommet, respectivement le long du bord d'attaque et du bord de fuite.

- [0042] Avantageusement, la partie de chaque taquet qui pince la pale n'est pas en contact avec la zone fondue de rechargement, notamment grâce au dégagement, ce qui permet d'éviter de retrouver des infondus dans la zone de rechargement.
- [0043] Selon l'invention, les premier et second taquets peuvent être fixés sur les bords d'attaque et de fuite avec un jeu inférieur ou égal à 0,05 mm.
- [0044] Ainsi, la géométrie des premier et second taquets épouse la forme de la pale, afin d'éviter un jeu entre lesdits taquets et la pale supérieur à 0,05 mm.
- [0045] Selon l'invention, la longueur des premier et second taquets le long de l'intrados et/ou de l'extrados peut être supérieure ou égale à 0,5 mm.
- [0046] Avantageusement, les premier et deuxième taquets ont ainsi une longueur suffisante dans la continuité de la pale, c'est-à-dire au niveau des bords d'attaque et de fuite, afin d'assurer un début et une fin de cordon corrects.
- [0047] La hauteur des premier et second taquets est suffisante pour que les taquets aient une bonne orientation le long du bord d'attaque et du bord de fuite. Par exemple, la hauteur des premier et second taquets respectivement le long du bord d'attaque et du bord de fuite peut être supérieure ou égale à 1 mm, plus précisément supérieure ou égale à 8 mm, encore plus précisément supérieure ou égale à 10 mm.
- [0048] La différence de hauteur entre les premier et second taquets peut être supérieure ou égale à 0,1 mm.
- [0049] Selon l'invention, les premier et deuxième taquets peuvent chacun comprendre des première et deuxième portions agencées en regard l'une de l'autre, la première portion étant agencée sur l'intrados et la deuxième portion étant agencée sur l'extrados. Dans ce cas, le procédé peut également comprendre, avant l'étape de fixation des premier et second taquets, une étape consistant en un serrage des première et deuxième portions de chaque taquet.
- [0050] Avantageusement, chaque taquet est ainsi ajusté sur une pale en resserrant les première et deuxième portions de chaque taquet, ce qui permet d'optimiser l'effet de pincée des taquets sur la pale.
- [0051] En particulier, lors du montage des taquets sur la pale, un opérateur peut ajuster le serrage des première et deuxième portions des taquets avec un outil, tel qu'une pince.

### **Brève description des dessins**

- [0052] La présente invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description d'un exemple non limitatif qui suit, en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- [0053] [fig.1] la figure 1, déjà décrite, représente schématiquement un disque aubagé monobloc, avec des taquets selon l'art antérieur,

- [0054] [fig.2] la figure 2, déjà décrite, représente une radiographie d'une pale du disque aubagé monobloc de la figure 1,
- [0055] [fig.3a-3b] les figures 3a et 3b, déjà décrites, représentent très schématiquement respectivement une vue de côté et une vue de dessus d'une pale d'un disque aubagé monobloc, avec un taquet selon un premier essai de l'art antérieur,
- [0056] [fig.4] la figure 4, déjà décrite, représente une radiographie d'une pale du disque aubagé monobloc des figures 3a et 3b,
- [0057] [fig.5a-5b] les figures 5a et 5b, déjà décrites, représentent très schématiquement respectivement une vue de côté et une vue de dessus d'une pale d'un disque aubagé monobloc, avec un taquet selon un deuxième essai de l'art antérieur,
- [0058] [fig.6] la figure 6, déjà décrite, représente une radiographie d'une pale du disque aubagé monobloc des figures 5a et 5b,
- [0059] [fig.7a-7b] les figures 7a et 7b, déjà décrites, représentent très schématiquement respectivement une vue de côté et une vue de dessus d'une pale d'un disque aubagé monobloc, avec un taquet selon un troisième essai de l'art antérieur,
- [0060] [fig.8] la figure 8, déjà décrite, représente une radiographie d'une pale du disque aubagé monobloc des figures 7a et 7b,
- [0061] [fig.9a-9b] les figures 9a et 9b, déjà décrites, représentent très schématiquement respectivement une vue de côté et une vue de dessus d'une pale d'un disque aubagé monobloc, avec un taquet selon un quatrième essai de l'art antérieur,
- [0062] [fig.10] la figure 10 représente schématiquement un disque aubagé monobloc, avec des taquets selon l'invention,
- [0063] [fig.11a-11b] les figures 11a et 11b représentent schématiquement des vues en perspective d'un taquet d'un bord de fuite selon l'invention,
- [0064] [fig.12] la figure 12 représente schématiquement une vue de dessous du taquet des figures 11a et 11b,
- [0065] [fig.13a-13b] les figures 13a et 13b représentent schématiquement des vues en perspective d'un taquet d'un bord d'attaque selon l'invention, et
- [0066] [fig.14] la figure 14 représente schématiquement une vue de côté du taquet des figures 13a et 13b.
- [0067] Les éléments ayant les mêmes fonctions dans les différentes mises en œuvre ont les mêmes références dans les figures.

### **Description des modes de réalisation**

- [0068] La figure 10 représente un disque aubagé monobloc 100 d'une turbomachine d'aéronef, comportant des pales 102. Un disque aubagé monobloc est un élément monobloc de turboréacteur, en partie compresseur ou turbine, constitué d'aubes et d'un disque d'aubes 101. Un disque aubagé monobloc est généralement réalisé par usinage

d'un bloc homogène de métal. Chaque aube comporte un pied d'aube (non représenté) et une pale 102.

- [0069] Une pale 102 comporte un intrados et un extrados reliés ensemble par un bord d'attaque 106 et un bord de fuite 104. Une pale 102 comporte en outre une extrémité libre appelée sommet 108.
- [0070] L'invention concerne un procédé de rechargement d'une pale 102. Le procédé comprend un rechargement du sommet 108 de la pale 102, et comprend également une fixation d'un premier taquet 110 sur le bord d'attaque 106, au niveau du sommet 108, et une fixation d'un second taquet 112 sur le bord de fuite 104, au niveau du sommet 108. En particulier, la fixation des taquets 110, 112 est réalisée uniquement par pincement des taquets 110, 112 sur les bords d'attaque et de fuite 106, 104.
- [0071] Ensuite, le procédé comprend un dépôt d'un cordon de rechargement sur le sommet 108, depuis le premier taquet 110 jusqu'au second taquet 112. Le dépôt du cordon de rechargement peut être réalisé par fabrication additive par dépôt et fusion de poudre.
- [0072] Puis, le procédé comprend un retrait des taquets 110, 112.
- [0073] Le procédé peut comprendre, préalablement à la fixation des taquets 110, 112, une préchauffe, notamment au moyen d'un laser, du taquet 110. La préchauffe du taquet 110 permet de mettre en température le taquet pour éviter l'effet du taquet chaud et de la pale froide.
- [0074] Sur la figure 10, l'encadré en pointillés E montre le premier taquet 110 pincé sur le bord d'attaque 106, au niveau du sommet 108 ; et l'encadré D montre le second taquet 112 pincé sur le bord de fuite 104, au niveau du sommet 108. Sur cette figure et dans l'encadré D, l'intrados de chaque pale 102 du disque aubagé monobloc 100 est représenté, tandis que dans l'encadré E, l'extrados d'une pale 102 est représenté.
- [0075] Les taquets 110, 112 peuvent être réalisés dans le même matériau que le matériau du cordon de rechargement. Par exemple, les taquets 110, 112 et le cordon de rechargement peuvent être réalisés en titane chargé de 6% d'aluminium et de 4% de vanadium (Ti-6Al-4V). Ainsi, les taquets 110, 112 sont réalisés dans le même métal que le métal d'apport.
- [0076] Chaque taquet 110, 112 a une raideur prédéterminée, qui est ajustée lors de la mise en place du taquet, pour exercer un effort de manière à maintenir le pincement de ce taquet sur le bord d'attaque ou de fuite 106, 104.
- [0077] La zone du taquet 110, 112 assurant le maintien a ainsi une raideur suffisante afin d'assurer l'effet ressort qui maintien par pincement ce taquet sur la pale 102.
- [0078] Les taquets 110, 112 sont fixés sur le bord d'attaque et de fuite 106, 104 avec un jeu inférieur ou égal à 5/100<sup>ème</sup>. Autrement dit, les taquets 110, 112 sont configurés de sorte à éviter que le jeu entre le taquet et la pale 102 sur laquelle il est fixé soit supérieur à 5/100<sup>ème</sup>.

- [0079] Les figures 13a, 13b et 14 représentent un taquet 110 destiné à être fixé sur un bord d'attaque 106 d'une pale 102 ; et les figures 11a, 11b et 12 représentent un taquet 112 destiné à être fixé sur un bord de fuite 104 d'une pale 102.
- [0080] Chaque taquet 110, 112 comporte une première portion 114 et une deuxième portion 116 agencées en regard l'une de l'autre. Les portions 114, 116 sont sensiblement planes et parallèles entre elles.
- [0081] La première portion 114 est configurée pour être agencée sur l'intrados de la pale 102, tandis que la deuxième portion 116 est configurée pour être agencée sur l'extrados de la pale 102. Ainsi, chaque portion 114, 116 est agencée sur une face opposée de la pale 102. Les première et deuxième portions 114, 116 sont conformées pour pincer le bord d'attaque 106 ou le bord de fuite 104 de la pale 102.
- [0082] Chaque taquet 110, 112 comporte une troisième portion 118a, 118b reliant ensemble les première et deuxième portions 114, 116. La troisième portion comprend une première partie 118a de forme polygonale, par exemple sensiblement parallélépipédique, reliée à une deuxième partie 118b de forme polygonale, par exemple sensiblement parallélépipédique. Les parties 118a, 118b sont sensiblement orthogonales entre elles.
- [0083] La troisième portion 118b comporte une rainure 120, s'étendant sensiblement parallèlement au bord d'attaque ou de fuite 106, 104, entre les première et deuxième portions 114, 116. La rainure 120 est configurée pour que le bord d'attaque ou de fuite 106, 104 soit agencé dans cette dernière. Autrement dit, le bord d'attaque ou de fuite 106, 104 est agencé dans la rainure 120, le long de cette dernière.
- [0084] La rainure 120 s'étend le long du bord d'attaque ou de fuite 106, 104, et dans la continuité du sommet 108.
- [0085] La rainure 120 forme une butée du bord d'attaque 106 ou du bord de fuite 104 de la pale 102. En effet, lorsque le taquet 110, 112 est fixé sur la pale 102, les première et deuxième portions 114, 116 sont positionnées respectivement sur l'intrados et l'extrados de la pale 102, tandis que la rainure 120 est positionnée dans la continuité de la pale 102, le long du bord d'attaque 106 ou de fuite 104.
- [0086] La longueur L1-0, L1-1 des taquets 110, 112 le long de l'intrados et de l'extrados, c'est-à-dire la longueur des première et deuxième portions 114, 116 le long de l'intrados et de l'extrados, peut être supérieure ou égale à 0,5 mm, notamment supérieure ou égale à 5 mm. Par exemple, la longueur L1-1 de la figure 11b peut être égale à 7,0 mm et la longueur L1-0 de la figure 13b peut être égale à 6,7 mm.
- [0087] La longueur L2-0, L2-2 de la troisième portion 118b peut être supérieure ou égale à 0,5 mm, notamment supérieure ou égale à 5 mm. Par exemple, la longueur L2-2 de la figure 11b peut être égale à 6,35 mm et la longueur L2-0 de la figure 13b peut être égale à 6,3 mm.

- [0088] Une telle longueur dans la continuité de la pale 102, à partir du bord d'attaque 106 ou du bord de fuite 104, permet d'assurer le bon début et la bonne fin de cordon.
- [0089] Ainsi, la longueur L1-0, L1-1 des première et deuxième portions 114, 116 le long de l'intrados et de l'extrados peut être sensiblement égale à la longueur L2-0, L2-2 de la troisième portion 118b.
- [0090] La hauteur H1, H2 des taquets 110, 112, et donc de la troisième portion 118a, le long du bord d'attaque ou de fuite 106, 104, peut être supérieure ou égale à 1 mm, notamment supérieure ou égale à 8 mm. Par exemple, la hauteur H2 du taquet 112 de la figure 11a peut être égale à 10 mm, et la hauteur H1 du taquet 110 de la figure 13a peut être égale à 11 mm. En particulier, hauteur des taquets 110, 112 doit être suffisante pour que ces derniers aient une bonne orientation respectivement le long du bord d'attaque 106 et du bord de fuite 104. La différence de hauteur entre les taquets 110, 112 peut être supérieure ou égale à 0,1 mm.
- [0091] L'épaisseur E des taquets 110, 112, et donc de la distance entre la paroi externe de la première portion 114 et la paroi externe de la deuxième portion 116, peut être supérieure ou égale à 0,2 mm. L'épaisseur E du taquet 110 peut être différente de l'épaisseur E du taquet 112. Par exemple, sur la figure 11b, l'épaisseur E du taquet 110 destiné à être fixé sur le bord d'attaque 106 est égale à 1,5 mm. Sur la figure 13, l'épaisseur E du taquet 112 destiné à être fixé sur le bord de fuite 104 est égale à 1,15 mm.
- [0092] La distance entre la paroi interne de la première portion 114 et la paroi interne de la deuxième portion 116 est sensiblement égale à l'épaisseur de la pale 102, c'est-à-dire à la dimension de la pale 102 entre l'intrados et l'extrados.
- [0093] Chaque taquet 110, 112 comporte un dégagement 124 s'étendant depuis le sommet 108, et le long du bord d'attaque ou de fuite 106, 104. Ainsi, la partie du taquet 110, 112 qui vient serrer la pale 102 n'est pas en contact avec la zone fondue du rechargement. Ceci permet d'éviter de retrouver des infondus dans le rechargement.
- [0094] La hauteur Hd du dégagement 124 peut être supérieure ou égale à 2 mm, notamment sensiblement égale à 4 mm.
- [0095] Le deuxième taquet 112, et plus précisément la troisième portion 118 du deuxième taquet 112, peut comprendre un deuxième dégagement 126, s'étendant depuis une extrémité de la troisième portion 118a opposée au sommet 108, le long du bord de fuite 104.
- [0096] Le procédé peut également comprendre, avant la fixation des taquets 110, 112, un serrage des première et deuxième portions 114, 116 de chaque taquet. Ainsi, chaque taquet 110, 112 est ajusté à chaque pale 102 en resserrant les première et deuxième portions pour optimiser l'effet pincée.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé de rechargement d'une pale (102) de turbomachine d'aéronef, ladite pale (102) comportant un intrados et un extrados reliés ensemble par un bord d'attaque (106) et un bord de fuite (104), ladite pale (102) comportant en outre une extrémité libre appelée sommet (108), le procédé comprenant un rechargement de ce sommet (108) et comprenant les étapes consistant en :
- une fixation d'un premier taquet (110) sur ledit bord d'attaque (106), au niveau dudit sommet (108), et d'un second taquet (112) sur ledit bord de fuite (104), au niveau dudit sommet (108),
  - un dépôt d'un cordon de rechargement sur ledit sommet (108), depuis ledit premier taquet (110) jusqu'audit second taquet (112), et
  - un retrait desdits premier et second taquets (110, 112),
- ledit procédé étant caractérisé en ce que ladite fixation desdits premier et second taquets (110, 112) est réalisée uniquement par pincement desdits premier et second taquets (110, 112) sur lesdits bords d'attaque et de fuite (104, 106).
- [Revendication 2] Procédé de rechargement selon la revendication précédente, dans lequel l'étape de dépôt dudit cordon de rechargement est réalisée par fabrication additive par dépôt et fusion de poudre.
- [Revendication 3] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits premier et second taquets (110, 112) sont réalisés dans le même matériau que le matériau dudit cordon de rechargement.
- [Revendication 4] Procédé de rechargement selon la revendication précédente, dans lequel lesdits premier et second taquets (110, 112) et ledit cordon de rechargement sont réalisés en titane chargé de 6% d'aluminium et de 4% de vanadium.
- [Revendication 5] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, comprenant également, préalablement à l'étape de fixation desdits premier et second taquets (110, 112), une étape consistant en une préchauffe, au moyen d'un laser, dudit premier taquet (110).
- [Revendication 6] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits premier et second taquets (110, 112) ont une raideur

prédéterminée pour exercer un effort de manière à maintenir le pincement desdits premier et second taquets (110, 112) sur lesdits bords d'attaque et de fuite (106, 104).

- [Revendication 7] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits premier et second taquets (110, 112) présentent chacun un dégagement (124) s'étendant depuis ledit sommet (108), respectivement le long dudit bord d'attaque (106) et dudit bord de fuite (104).
- [Revendication 8] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits premier et second taquets (110, 112) sont fixés sur lesdits bords d'attaque et de fuite (106, 104) avec un jeu inférieur ou égal à 0,05 mm.
- [Revendication 9] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la longueur desdits premier et second taquets (110, 112) le long dudit intrados et/ou dudit extrados est supérieure ou égale à 0,5 mm.
- [Revendication 10] Procédé de rechargement selon l'une des revendications précédentes, lesdits premier et deuxième taquets (110, 112) comprenant chacun des première et deuxième portions (114, 116) agencées en regard l'une de l'autre, ladite première portion (114) étant agencée sur ledit intrados et ladite deuxième portion (116) étant agencée sur ledit extrados, le procédé comprenant également, après l'étape de fixation desdits premier et second taquets (110, 112), une étape consistant en un serrage desdites première et deuxième portions (114, 116) de chaque taquet (110, 112).

[Fig. 1]

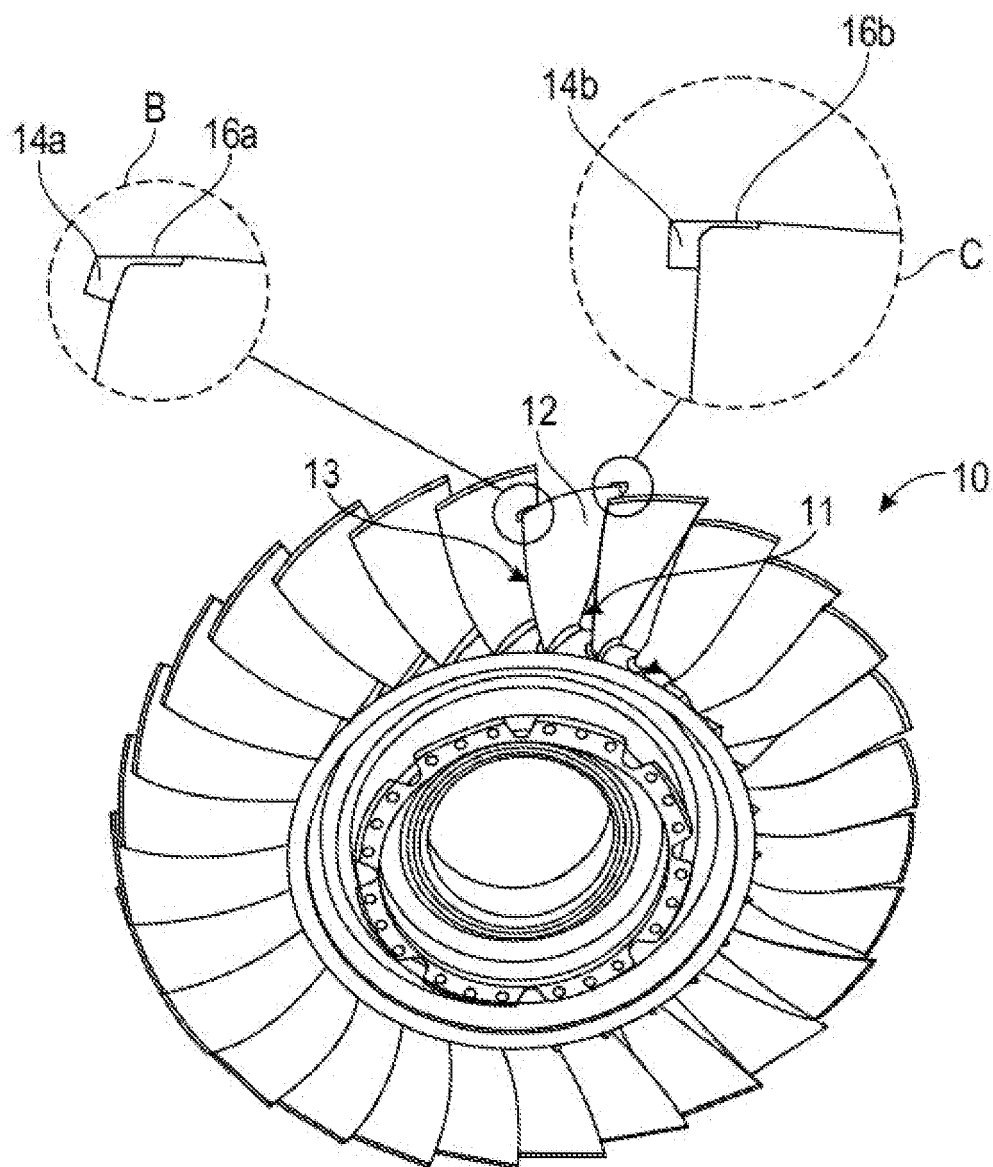
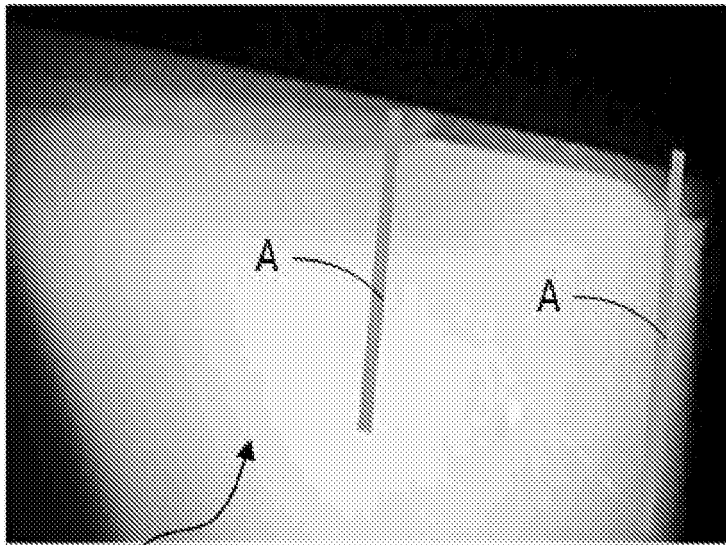


FIG. 1

[Fig. 2]



12

FIG. 2

[Fig. 3a-3b]

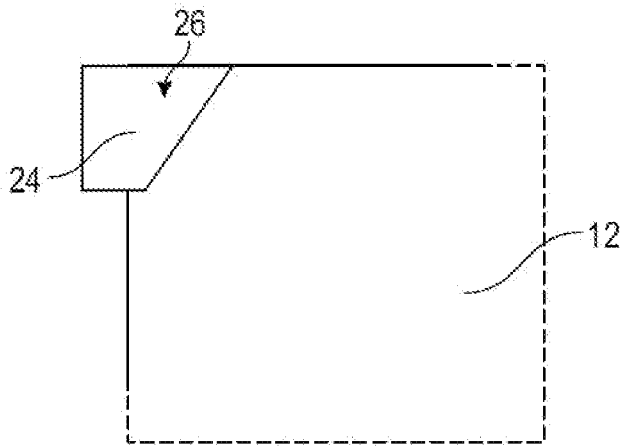


FIG. 3a

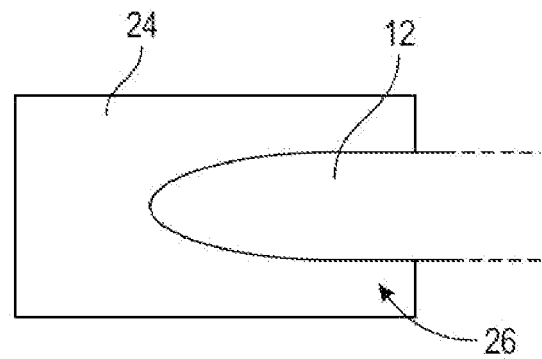


FIG. 3b

[Fig. 4]

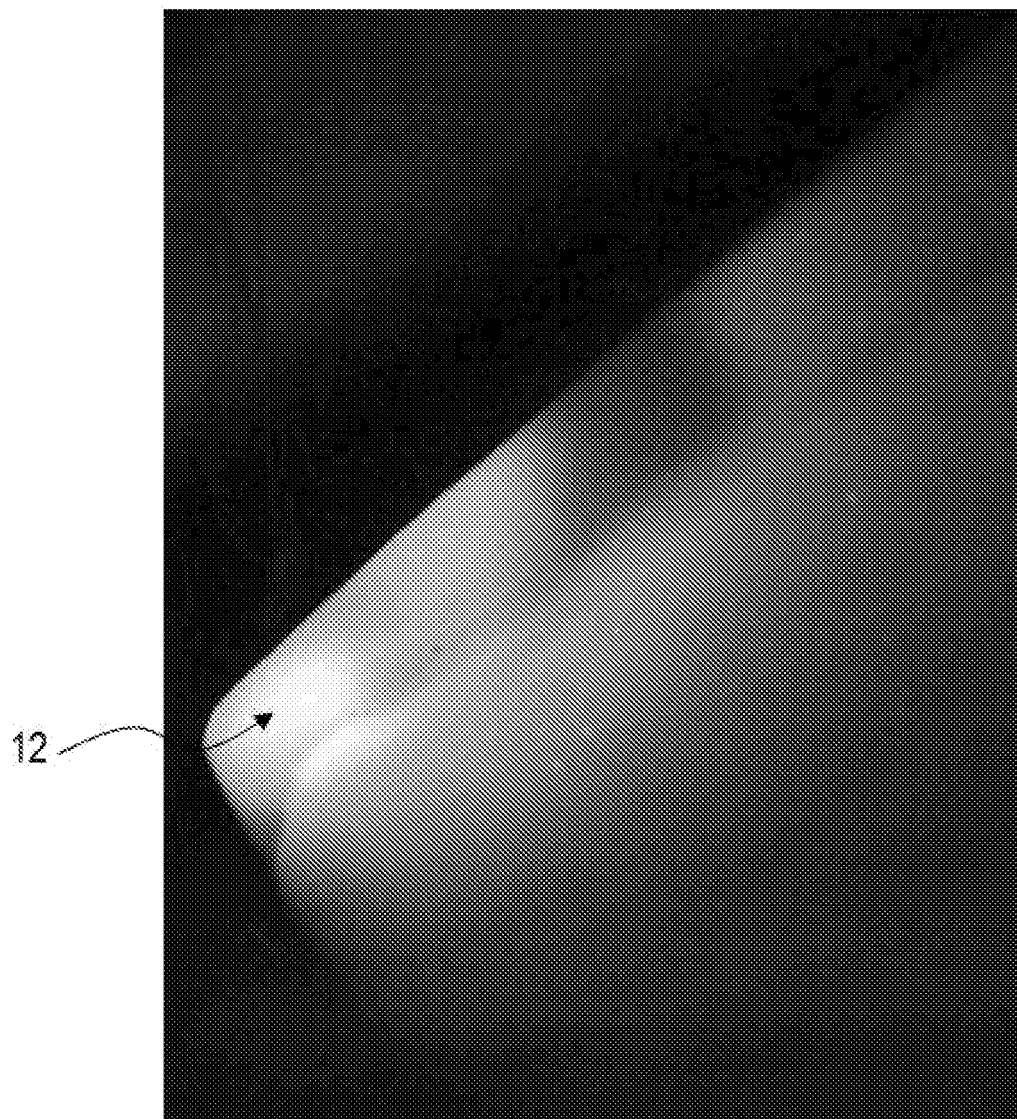


FIG. 4

[Fig. 5a-5b]

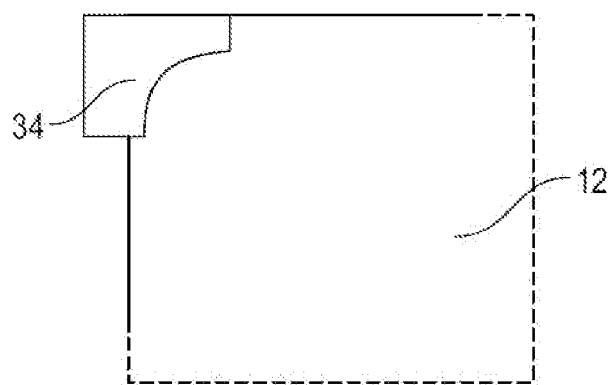


FIG. 5a

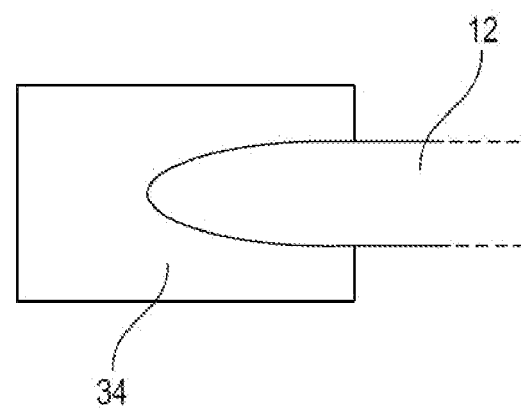


FIG. 5b

[Fig. 6]

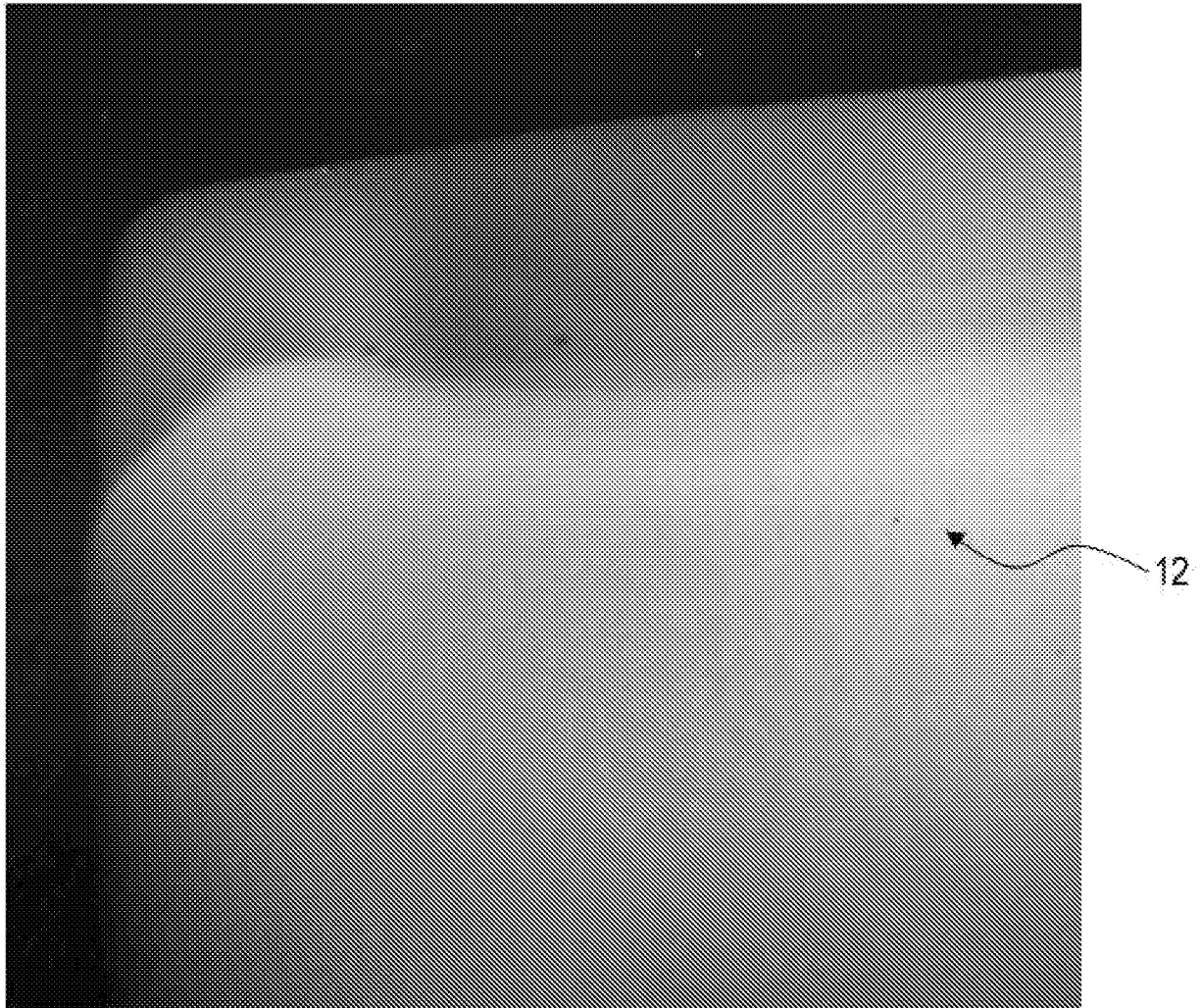


FIG. 6

[Fig. 7a-7b]

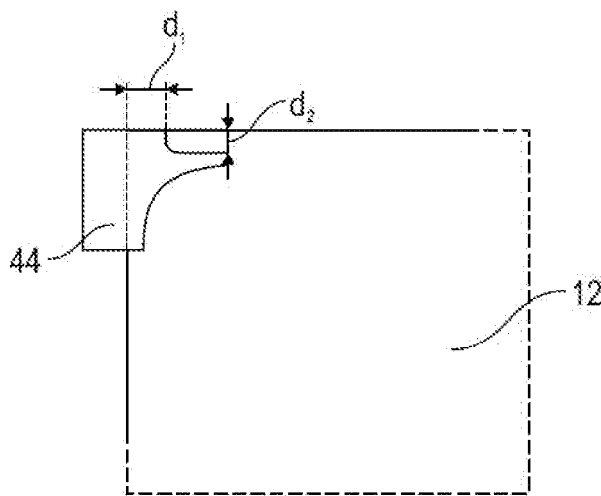


FIG. 7a

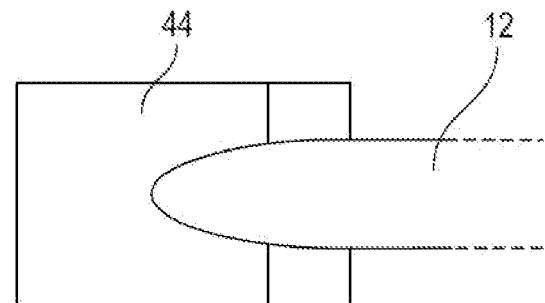


FIG. 7b

[Fig. 8]

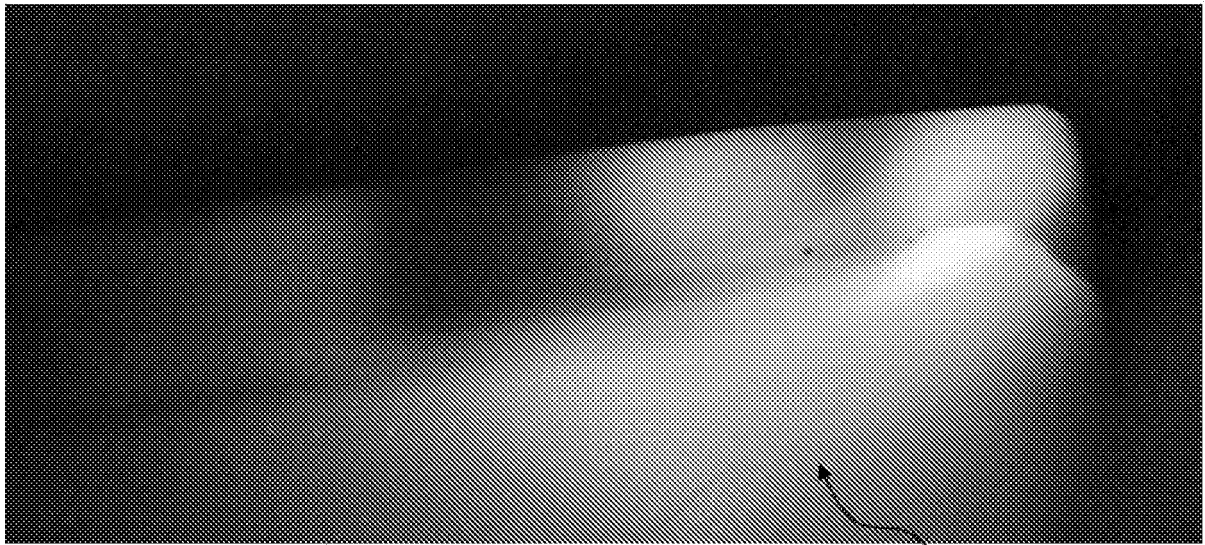


FIG. 8

12

[Fig. 9a-9b]

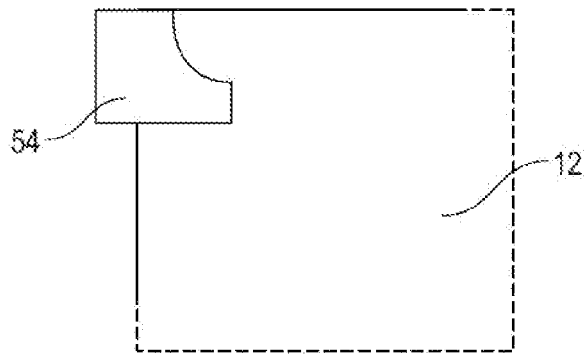


FIG. 9a

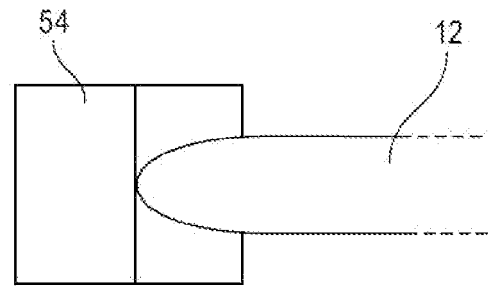


FIG. 9b

[Fig. 10]

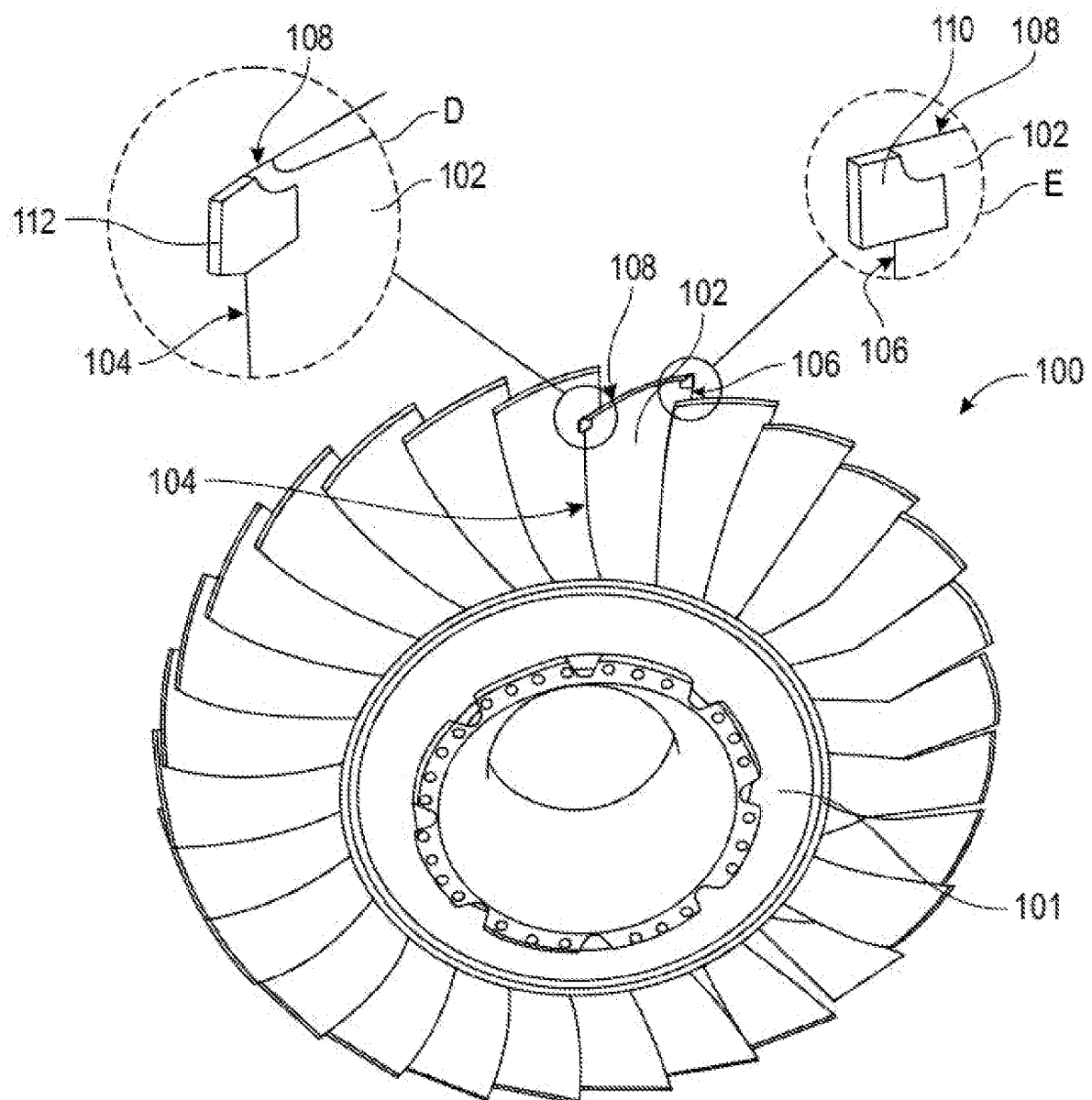
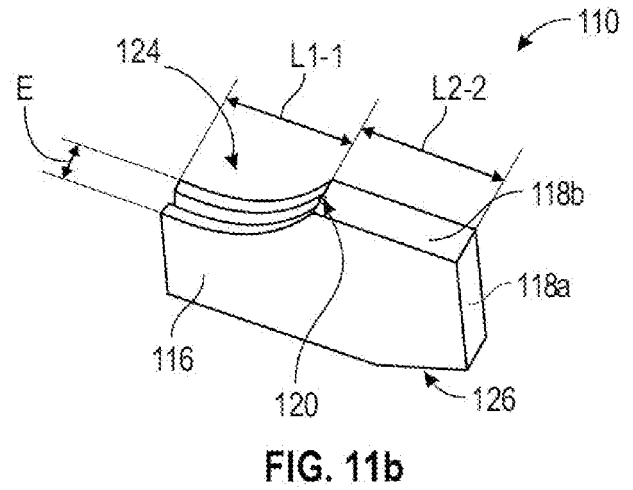
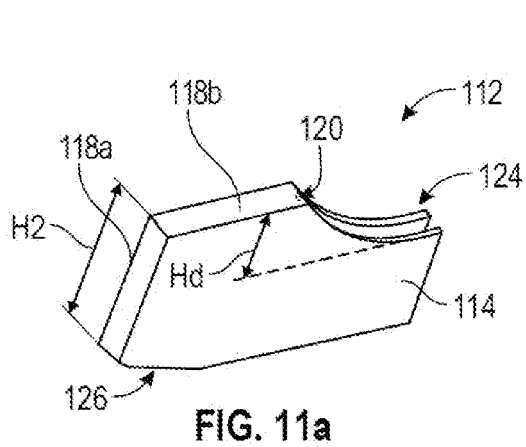
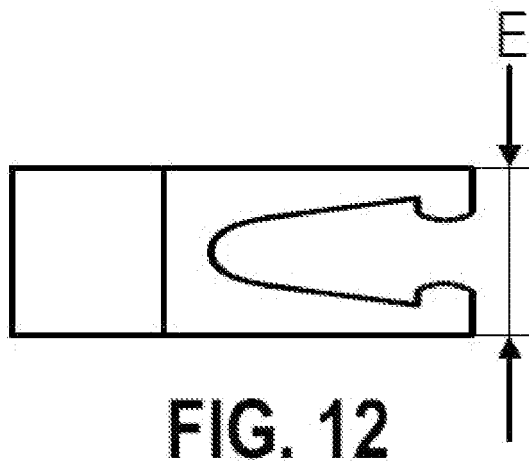


FIG. 10

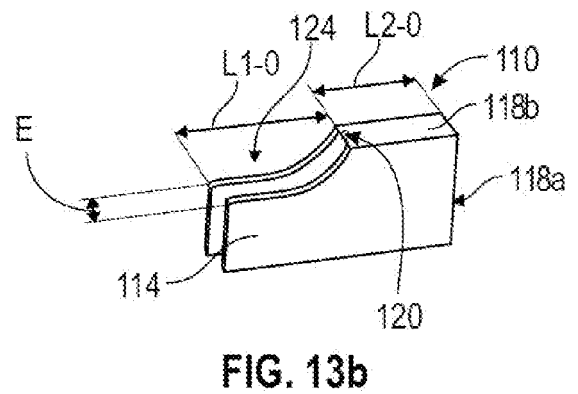
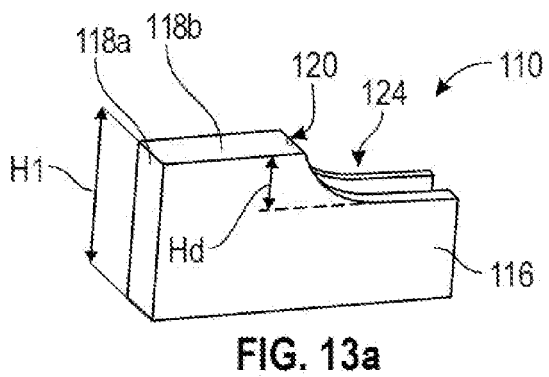
[Fig. 11a-11b]



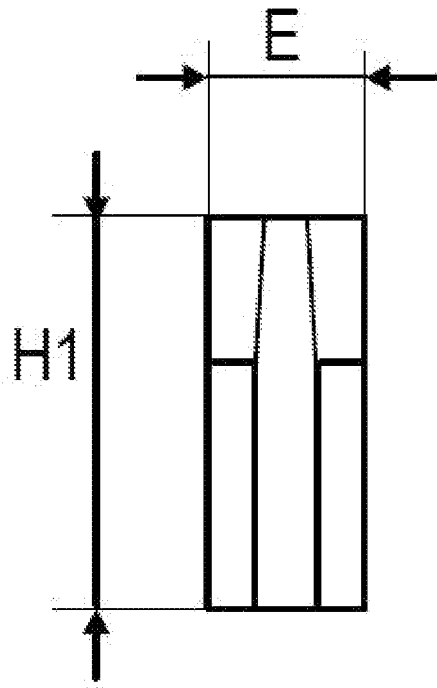
[Fig. 12]



[Fig. 13a-13b]



[Fig. 14]

**FIG. 14**

## RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 873367  
FR 1911073

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                 | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                              |                                  |                                                 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | DE 42 37 052 A1 (MTU MUENCHEN GMBH [DE])<br>5 mai 1994 (1994-05-05)                                                                                                             | 1,2,5,9                          | F01D5/28<br>B33Y80/00                           |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | * colonne 1, ligne 54 - colonne 2, ligne 11 *<br>* colonne 3, ligne 39 - ligne 58 *<br>* figures 5-7 *<br>* revendication 1 *                                                   | 3,4,6-8,<br>10                   |                                                 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -----<br>DE 10 2009 043136 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 31 mars 2011 (2011-03-31)<br>* alinéas [0010], [0011], [0024], [0024], [0036], [0040], [0041] *<br>* figures 2,6,7 * | 3,4,6-8                          |                                                 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -----<br>DE 195 47 903 C1 (MTU MUENCHEN GMBH [DE])<br>20 mars 1997 (1997-03-20)<br>* colonne 6, lignes 34-60 *<br>* figures 1-3 *                                               | 10                               |                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -----<br>DE 10 2004 042878 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 9 mars 2006 (2006-03-09)<br>* alinéas [0014], [0015], [0018] *<br>* figures 1-3 *                                    | 1-10                             |                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -----<br>EP 1 153 699 A2 (GEN ELECTRIC [US])<br>14 novembre 2001 (2001-11-14)<br>* alinéas [0048] - [0050] *<br>* figures 1-3 *                                                 | 1-10                             | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -----<br>US 2015/314403 A1 (BRUCK GERALD J [US] ET AL) 5 novembre 2015 (2015-11-05)<br>* alinéas [0014], [0016] *<br>* figures 1-3 *                                            | 1-10                             | B23P<br>F01D<br>B23K                            |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                 | Examineur                        |                                                 |
| 28 mai 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                 | Sérgio de Jesus, E               |                                                 |
| <p style="text-align: center;">CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul</p> <p>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</p> <p>A : arrière-plan technologique</p> <p>O : divulgation non-écrite</p> <p>P : document intercalaire</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.</p> <p>D : cité dans la demande</p> <p>L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                 |                                  |                                                 |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1911073 FA 873367**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **28-05-2020**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| DE 4237052 A1                                   | 05-05-1994             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| DE 102009043136 A1                              | 31-03-2011             | DE 102009043136 A1                      | 31-03-2011             |
|                                                 |                        | EP 2507009 A1                           | 10-10-2012             |
|                                                 |                        | WO 2011035773 A1                        | 31-03-2011             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| DE 19547903 C1                                  | 20-03-1997             | DE 19547903 C1                          | 20-03-1997             |
|                                                 |                        | FR 2742688 A1                           | 27-06-1997             |
|                                                 |                        | GB 2308321 A                            | 25-06-1997             |
|                                                 |                        | US 5701669 A                            | 30-12-1997             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| DE 102004042878 A1                              | 09-03-2006             | DE 102004042878 A1                      | 09-03-2006             |
|                                                 |                        | EP 1812199 A1                           | 01-08-2007             |
|                                                 |                        | JP 4659038 B2                           | 30-03-2011             |
|                                                 |                        | JP 2008511783 A                         | 17-04-2008             |
|                                                 |                        | US 2008201947 A1                        | 28-08-2008             |
|                                                 |                        | WO 2006026955 A1                        | 16-03-2006             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| EP 1153699 A2                                   | 14-11-2001             | EP 1153699 A2                           | 14-11-2001             |
|                                                 |                        | JP 4878688 B2                           | 15-02-2012             |
|                                                 |                        | JP 2001317490 A                         | 16-11-2001             |
|                                                 |                        | US 6568077 B1                           | 27-05-2003             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| US 2015314403 A1                                | 05-11-2015             | DE 112015002100 T5                      | 09-03-2017             |
|                                                 |                        | US 2015314403 A1                        | 05-11-2015             |
|                                                 |                        | WO 2015167782 A1                        | 05-11-2015             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |