

(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 2024/252073 A1

(43) Date de la publication internationale
12 décembre 2024 (12.12.2024)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

C23G 1/08 (2006.01) F01D 5/14 (2006.01)
C25F 1/06 (2006.01) F01D 5/28 (2006.01)

NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2023/050809

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) :

ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (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, ME, 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).

(22) Date de dépôt international :

07 juin 2023 (07.06.2023)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

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

(72) Inventeurs : GRUNENWALD, Anthony ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).
MIOSSEC, Pauline ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

Publiée:

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

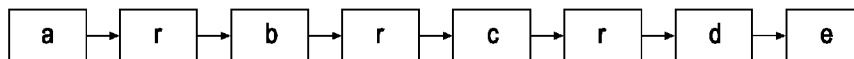
(74) Mandataire : BARBE, Laurent et al. ; GEVERS & ORES, Immeuble Palatin 2, 3 cours du Triangle, CS 80165, 92939 PARIS LA DEFENSE CEDEX (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,

(54) Title: METHOD FOR TREATING THE SURFACE OF A PROTECTIVE SHIELD FOR A LEADING EDGE OF A BLADE

(54) Titre : PROCÉDE DE TRAITEMENT DE SURFACE D'UN BOUCLIER DE PROTECTION POUR UN BORD D'ATTAQUE D'UNE AUBE

FIG. 4



(57) Abstract: The invention relates to a method for treating the surface of a steel protective shield (14) for a leading edge (12a) of a blade (11) for an aircraft turbine engine (1), characterized in that it comprises the following chronological steps: (c) stripping the protective shield (14) in an electrolyte bath (18); (e) depositing an adhesion layer on the protective shield (14).

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de traitement de surface d'un bouclier de protection (14) en acier pour un bord d'attaque (12a) d'une aube (11) pour une turbomachine (1) d'aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes chronologiques suivantes : (c) décaper le bouclier de protection (14) dans un bain d'électrolytes (18), (e) déposer une couche d'adhésion sur le bouclier de protection (14).



WO 2024/252073 A1

DESCRIPTION

TITRE : PROCEDE DE TRAITEMENT DE SURFACE D'UN BOUCLIER DE PROTECTION POUR UN BORD D'ATTAQUE D'UNE AUBE

5

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne le domaine des procédés de traitement de surface des boucliers de protection en acier pour le bord d'attaque d' aubes pour les turbomachines d'aéronef.

10

Arrière-plan technique

Une turbomachine d'aéronef comprend de manière générale d'amont en aval une soufflante, un compresseur basse pression, un compresseur haute pression, une chambre de combustion, une turbine haute pression, 15 une turbine basse pression et une tuyère d'échappement des gaz. Le rotor du compresseur haute pression est relié au rotor de la turbine haute pression par un arbre haute pression et le rotor du compresseur basse pression est relié au rotor de la turbine basse pression par un arbre basse pression.

20

La soufflante, les compresseurs ou encore les turbines sont équipés d'aubes régulièrement réparties sur un moyeu. Une aube comprend typiquement une pale reliée éventuellement à un pied de fixation pour relier l'aube au moyeu. La pale présente une forme aérodynamique comprenant une face intrados et une face extrados, les faces étant reliées par un bord 25 d'attaque et par un bord de fuite. Afin d'alléger le poids des aubes, notamment les aubes de soufflante, il a été proposé des pales en matériau composite. Le matériau composite est par exemple un composite à matrice organique (CMO) comprenant typiquement une matrice polymérique choisi parmi les résines époxy par exemple et des fibres de renfort noyées dans 30 la matrice.

Lors du vol de l'aéronef, les aubes, et notamment le bord d'attaque des aubes, peuvent être soumises à des chocs et à de l'usure qui dégradent fortement le matériau composite des aubes. Pour protéger les aubes, il a donc été proposé d'agencer un bouclier de protection sur le bord d'attaque
5 des aubes. Le bouclier de protection comprend une ailette intrados et une ailette extrados reliées par un nez central. Le nez s'étend le long du bord d'attaque tandis que l'ailette intrados s'étend sur la face intrados de la pale et l'ailette extrados s'étend sur la face extrados de la pale. Le bouclier de protection est typiquement agencé sur le bord d'attaque par collage. Le
10 bouclier de protection est réalisé en alliage de titane qui présente de bonnes propriétés aux chocs et à l'usure. Néanmoins, l'emploi de l'alliage de titane ne procure pas entière satisfaction.

Dans ce cadre, il a été proposé de remplacer le bouclier de protection en alliage de titane par un bouclier de protection en acier notamment en acier
15 inoxydable. L'acier présente l'avantage d'être moins coûteux et de présenter de meilleures propriétés de conductivité que l'alliage de titane. Ceci est tout particulièrement avantageux dans la mise en œuvre de systèmes de dégivrage qui nécessitent des matériaux conducteurs. Par ailleurs, un bouclier de protection en acier présente l'avantage d'être plus
20 facile à former qu'un bouclier de protection en alliage de titane.

Toutefois, un tel bouclier de protection en acier comprend une couche passive en surface qui tend à diminuer les performances au collage du bouclier de protection sur le bord d'attaque des aubes.

Il existe donc un besoin de fournir un bouclier de protection pour un bord
25 d'attaque d'une aube pour une turbomachine d'aéronef, dont les propriétés de collage sont améliorés, tout en préservant les propriétés mécaniques de ce bouclier de protection.

Résumé de l'invention

30 A cet effet, l'invention propose un procédé de traitement de surface d'un bouclier de protection pour un bord d'attaque d'une aube pour une

turbomachine d'aéronef qui est remarquable en ce qu'il comprend les étapes chronologiques suivantes :

(c) décaper le bouclier de protection dans un bain d'électrolytes,

(e) déposer une couche d'adhésion sur le bouclier de protection.

- 5 Par « couche d'adhésion », il est entendu dans la présente invention toute couche de nature à favoriser l'adhésion entre le bouclier de protection et le bord d'attaque de l'aube.

La couche d'adhésion est par exemple une couche de colle.

- 10 Selon l'invention, le décapage est réalisé dans un bain d'électrolytes. En d'autres termes, le décapage selon l'invention est un décapage électrochimique. Grâce à un tel décapage, les propriétés de collage de le bouclier de protection sont améliorées.

- En effet, le décapage électrochimique peut être réalisé sur une longue durée, notamment supérieure à trois minutes, ce qui permet d'assurer un décapage
15 homogène de toute le bouclier de protection même lorsque celle-ci est de grandes dimensions. Ceci assure un traitement de surface compatible avec le cahier des charges donné.

- Aussi, il a été constaté qu'un tel décapage électrochimique permet la formation de nano-pores dans les grains austénitiques de l'acier et la
20 formation d'une surface micro poreuse par une attaque préférentielle de la ferrite aux joint de grains austénitiques de l'acier qui sont favorables au collage. En effet, la combinaison d'une telle surface et de ces nano-pores permet d'augmenter la surface spécifique favorisant la performance au collage du bouclier de protection. Par conséquent, il a été démontré que,
25 grâce à un décapage électrochimique, les performances au collage du bouclier de protection sont améliorées. Aussi, il a été mis en évidence que malgré cette attaque de la ferrite, les concentrations de contraintes dans le bouclier de protection sont limitées, préservant ainsi les propriétés mécaniques du bouclier de protection telles que la résistance en fatigue.

L'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- le bain d'électrolytes comprend de l'acide nitrique,
- 5 - la concentration volumique d'acide nitrique est comprise entre 10% et 50%,
 - le bain d'électrolytes est parcouru par un courant électrique d'une densité comprise entre 0.1 A/dm² et 10 A/dm²,
 - l'étape (c) est réalisée pendant une durée supérieure à 3 min, préférentiellement une durée comprise entre 5 min et 20 min,
- 10 - la concentration volumique d'acide nitrique est de 25% et la densité du courant électrique est de 0.5 A/dm² et la durée de l'étape (c) est de 15min,
 - la température du bain d'électrolytes est comprise entre 20°C et 100°C, préférentiellement entre 30°C et 70°C,
 - il comprend, avant l'étape (c), l'étape suivante (a) : dégraisser le bouclier
- 15 de protection,
 - il comprend, entre les étapes (c) et (e), l'étape suivante (d) : sécher le bouclier de protection,
 - le bouclier de protection est en acier inoxydable, avantageusement de type austénitique tel que l'alliage AISI321,
- 20 - l'étape de décapage est configurée pour attaquer la ferrite aux joints de grains austénitiques et les grains austénitiques pour créer des nano-pores dans les grains austénitiques,
 - à l'issue de l'étape de décapage, le bouclier de protection présente une rugosité Rz inférieure à 4 µm,
- 25 -- le bouclier de protection présente une forme allongée en forme de dièdre et comprend une première ailette latérale et une seconde ailette latérale reliée à la première ailette latérale par un nez central.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une aube pour
30 une turbomachine d'aéronef, comprenant les étapes suivantes :

- fournir une pale présentant un bord d'attaque et un bord de fuite reliés par une face intrados et une face extrados,
 - fournir un bouclier de protection en acier,
 - effectuer un traitement de surface du bouclier de protection selon l'une
- 5 quelconque des caractéristiques ci-dessus,
- coller le bouclier de protection sur la pale, en particulier le bord d'attaque.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui suit
10 d'un mode de réalisation non limitatif de l'invention en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une représentation schématique en coupe axiale d'une demi-turbomachine d'aéronef ;

15 la figure 2 est une représentation schématique en perspective d'une aube équipant la turbomachine de la figure 1 ;

la figure 3 est une vue en coupe transversale d'un bouclier de protection fixé au bord d'attaque de l'aube de la figure 2 ;

la figure 4 est un schéma synoptique illustrant un procédé selon un mode de réalisation de l'invention ;

20 la figure 5 est un schéma d'une unité électrolytique mise en œuvre dans l'étape (c) du procédé selon l'invention ;

la figure 6a est une image à microscopie électronique à balayage (x 1000) d'un bouclier de protection traité par le procédé de l'invention ;

25 la figure 6b est une autre image à microscopie électronique à balayage (x 1000) d'un bouclier de protection traité par le procédé de l'invention ;

la figure 6c est une image à microscopie optique d'une pièce soumise à un décapage électrochimique selon des premières conditions ;

la figure 6d est une image à microscopie optique d'une pièce soumise à un décapage électrochimique selon des secondes conditions.

30

Description détaillée de l'invention

Une turbomachine 1 d'aéronef est par exemple représentée sur la figure 1.

La turbomachine 1 s'étend selon un axe longitudinal A. Elle comprend d'amont en aval dans le sens d'écoulement des gaz F le long de l'axe longitudinal A, une soufflante 2, au moins un compresseur tel qu'un compresseur basse pression 3 et un compresseur haute pression 4, une

5

chambre de combustion 5, au moins une turbine 6 telle qu'une turbine haute pression et une turbine basse pression, et une tuyère (non représentée).

Le rotor de la turbine basse pression est relié à la soufflante 2 et au rotor du compresseur basse pression 3 par un arbre basse pression 7. Le rotor de la

10

turbine haute pression est quant à lui relié au rotor du compresseur haute pression 4 par un arbre haute pression 8 agencé coaxialement autour de l'arbre basse pression 7.

La turbomachine 1 comprend en outre optionnellement une nacelle solidaire d'un carter de soufflante 9 entourant la soufflante 2.

15

La turbomachine 1 comprend par ailleurs un redresseur 10. Le redresseur 10 permet de redresser le flux à la sortie d'un rotor situé en amont afin de fournir une poussée maximale à la sortie de la turbomachine 1. Sur l'exemple particulier de la figure 1, le redresseur 10 est situé en aval de la soufflante 2.

Le redresseur 10 est par exemple agencé entre le compresseur basse

20

pression 3 et le compresseur haute pression 4 et à l'intérieur du carter de soufflante 9. La soufflante 2 permet l'aspiration d'un flux d'air se divisant en un flux primaire F1 et un flux secondaire F2. Le flux primaire F1 traverse une veine primaire de la turbomachine 1 tandis que le flux secondaire F2 est dirigé vers

25

une veine secondaire entourant la veine primaire. Le flux primaire F1 est comprimé au sein du compresseur basse pression 3 puis du compresseur haute pression 4. L'air comprimé est ensuite mélangé à un carburant et brûlé au sein de la chambre de combustion 5. Les gaz formés par la combustion traversent la turbine haute pression et la turbine

30

basse pression. Les gaz s'échappent enfin au travers de la tuyère dont la section permet l'accélération de ces gaz pour générer de la propulsion. Le

flux secondaire F2 traverse le redresseur 10 qui accélère la vitesse de circulation du flux secondaire F2 pour générer de la propulsion.

La soufflante 2, et le redresseur 10 sont équipés d'un ensemble d'aubes 11.

Les aubes 11 sont mobiles ou fixes en rotation autour de l'axe longitudinal

5 A. Les aubes 11 de la soufflante 2 sont mobiles en rotation autour de l'axe longitudinal A tandis que les aubes du redresseur 10, également appelées OGV (pour « Outlet Guided Vanes » en langue anglaise) sont fixes en rotation autour de l'axe longitudinal A. Les aubes 11 s'étendent radialement par rapport à l'axe longitudinal A. Comme mieux visible sur la figure 2,
10 chaque aube 11 comprend une pale 12 et un bouclier de protection 14 selon l'invention.

La pale 12 s'étend selon un axe d'allongement X. L'axe d'allongement X de la pale 12 s'étend radialement par rapport à l'axe longitudinal A de la turbomachine 1 après montage de l'aube 11 sur la turbomachine 1. La pale

15 12 présente un profil aérodynamique. La pale 12 comprend ainsi une face extradados 12e et une face intrados 12i reliées par un bord d'attaque 12a et un bord de fuite 12b. La pale 12 s'étend ainsi selon un axe transversal Y entre le bord d'attaque 12a et le bord de fuite 12b. L'axe transversal Y est perpendiculaire à l'axe d'allongement X. La pale 12 s'étend par ailleurs
20 longitudinalement selon l'axe d'allongement X entre une première extrémité et une seconde extrémité opposée à la première extrémité.

La pale 12 est en matériau composite. Le matériau composite est par exemple un composite à matrice organique (CMO). Le matériau composite comprend une matrice polymérique et un renfort fibreux noyé dans la
25 matrice. La matrice est par exemple une matrice polymérique thermoplastique ou thermodurcissable. Le matériau thermodurcissable est par exemple un polymère époxy. Le renfort fibreux comprend des fibres qui sont par exemple des fibres de carbone ou des fibres de verre. Les fibres sont organisées par exemple sous la forme d'une préforme fibreuse.

L'aube 11 comprend en outre un pied 13. Le pied 13 est notamment relié à la seconde extrémité de la pale 12. Il est destiné à être fixé à un moyeu (non représenté) centré sur l'axe longitudinal A de la turbomachine 1.

5 Le bouclier de protection 14 est agencé sur la pale 12. Le bouclier de protection 14 s'étend avantageusement sur le bord d'attaque 12a et encore plus avantageusement tout le long du bord d'attaque 12a. Le bouclier de protection 14 présente une forme allongée en forme de dièdre. Il est destiné à protéger le bord d'attaque 12a des chocs extérieurs et de l'usure. Comme mieux visible sur la figure 3, le bouclier de protection 14 présente une section
10 transversale en forme de V ou de U. Le bouclier de protection 14 comprend une première ailette latérale 14a et une seconde ailette latérale 14b reliée à la première ailette latérale 14a par un nez central 14j. Les première et seconde ailettes latérales 14a, 14b définissent entre elles une cavité dans laquelle le bord d'attaque 12a est agencé. La première ailette latérale 14a
15 présente une première extrémité longitudinale libre et la seconde ailette latérale 14b présente une seconde extrémité longitudinale libre qui sont opposées à la portion centrale 14j. Les extrémités longitudinales s'étendent respectivement sur la face intrados 12i et la face extrados 12e de la pale 12. Chaque ailette latérale 14a, 14b présente un premier bord et un second bord
20 opposé au premier bord selon l'axe d'allongement X. Les bords s'étendent transversalement par rapport aux extrémités longitudinales. Avantageusement, l'épaisseur du bouclier de protection 14 est variable. Par exemple, l'épaisseur du nez central 14j est supérieure aux épaisseurs des première et seconde ailettes latérales 14a, 14b. Avantageusement, l'épaisseur des première et seconde ailettes latérales 14a, 14b est
25 décroissante en direction du bord de fuite 12b de la pale 12. Les première et seconde ailettes latérales 14a, 14b sont effilées en direction du bord de fuite 12b de la pale 12.

30 Le bouclier de protection 14 est en acier. L'acier est avantageusement un acier inoxydable. L'acier inoxydable est avantageusement de type austénitique tel que l'alliage AISI321. Le bouclier de protection 14 comprend

une couche d'adhésion (non représentée) pour optimiser sa fixation sur le bord d'attaque 12a. La couche d'adhésion est par exemple un primaire de collage, tel qu'une résine époxy.

Le bouclier de protection 14 est donc fixé au bord d'attaque 12a par collage.

- 5 Une couche de colle 15 est agencée entre le bouclier de protection 14 et la pale 12.

Afin d'assurer les performances au collage du bouclier de protection 14, le bouclier de protection 14 est soumis à un traitement de surface.

- 10 Selon l'invention et en référence à la figure 4, le traitement de surface comprend les étapes chronologiques suivantes :

- (a) optionnellement, dégraisser le bouclier de protection 14,
- (r) optionnellement, rincer le bouclier de protection 14,
- (b) optionnellement, pré décaper le bouclier de protection 14,
- (r) optionnellement, rincer le bouclier de protection 14,
- 15 (c) décaper le bouclier de protection dans un bain d'électrolytes 18,
- (r) optionnellement, rincer le bouclier de protection 14 ,
- (d) optionnellement, sécher le bouclier de protection 14, et
- (e) déposer la couche d'adhésion sur le bouclier de protection 14.

- 20 Dans la suite de la description, lorsque cela s'applique, les bains sont complétés par de l'eau jusqu'à 100% de leur volume.

Avantageusement, dans l'étape (c), le bouclier de protection 14 est immergé dans le bain d'électrolytes 18. Le bain d'électrolytes 18 est un bain aqueux.

Le bain d'électrolytes 18 comprend de l'acide nitrique. Préférentiellement, le bain d'électrolytes 18 comprend l'acide nitrique comme seul acide.

- 25 Préférentiellement, le bain d'électrolytes 18 est exempt d'acide fluorhydrique. Avantageusement, l'acide nitrique est par exemple en solution aqueuse à une concentration massique de 68% dans la solution et présente une densité de 1.41. La concentration volumique de l'acide nitrique dans le bain d'électrolytes 18 ou de la solution dans le bain d'électrolytes 18 est comprise
- 30 entre 10% et 50%. Avantageusement, la température du bain d'électrolytes 18 est comprise entre 20°C et 100°C, préférentiellement entre 30°C et 70°C.

Avantageusement, le bain d'électrolytes 18 est parcouru par un courant électrique d'une densité comprise entre 0.1 A/dm² et 10 A/dm². Avantageusement, le bouclier de protection 14 est décapé électrochimiquement dans l'étape (c) pendant une durée supérieure à 3 min, 5 préférentiellement une durée comprise entre 5 min et 20 min.

Le décapage électrochimique permet d'améliorer les performances au collage du bouclier de protection 14 et ses propriétés mécaniques. En effet, les figures 6a et 6b sont des images au microscope électronique à balayage selon un grossissement de 1000. Les images montrent que l'étape de 10 décapage électrochimique résulte en la formation de nano pores 142 dans les gains austénitiques 140. Les nano pores 142 favorisent le collage du bouclier de protection 14 au bord d'attaque 12a. Aussi, on observe une attaque préférentielle de la ferrite aux joints de grains austénitiques 140 formant une surface micro poreuse 141 également favorable au collage du 15 bouclier de protection 14.

Préférentiellement, l'étape de décapage est configurée pour attaquer la ferrite aux joints de grains austénitiques et les grains austénitiques 140 pour créer des nano-pores 142 dans les grains austénitiques 140.

Par ailleurs, la durée de l'étape (c) de décapage électrochimique est 20 particulièrement avantageuse puisqu'elle permet une immersion du bouclier de protection 14 durant un temps suffisant pour obtenir un décapage homogène sur tout le bouclier de protection 14 malgré ses grandes dimensions.

De manière particulièrement préférée, la concentration volumique d'acide 25 nitrique (par exemple à 68%) dans le bain d'électrolytes 18 est de 25%, la densité du courant électrique est de 0.5 A/dm² et la durée de l'étape (c) est de 15min.

Ces conditions préférées de l'étape (c) de décapage électrochimique 30 permettent de limiter les concentrations de contraintes et d'atteindre des concentrations de contraintes similaires à celles générées par les imperfections de surface du bouclier de protection 14 telles que des sillons

d'usinage, des fissures. Ceci permet d'améliorer la résistance en fatigue du bouclier de protection 14.

Préférentiellement, à l'issue de l'étape de décapage, le bouclier de protection 14 présente une rugosité Rz inférieure à 4 μm .

5 Les étapes (r) de rinçage sont avantageusement réalisées à l'eau déminéralisée.

Selon un premier exemple de réalisation, l'étape (d) de séchage est réalisée à l'air comprimé.

10 Selon un autre exemple de réalisation, l'étape (d) de séchage est réalisée en étuve.

Selon un premier exemple de réalisation, l'étape (e) de dépôt de la couche d'adhésion comprend une première sous-étape de dépôt du primaire de collage puis une sous-étape de polymérisation du primaire de collage. La sous-étape de polymérisation est réalisée par exemple à une température
15 comprise entre 100°C et 200°C.

Le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre dans une installation (non représentée) de traitement de surface de le bouclier de protection 14.

L'installation comprend une unité électrolytique 16 comprenant une cuve électrolytique 17 représentée par exemple sur la figure 5 et mise en œuvre
20 dans l'étape (c). La cuve électrolytique 17 comprend le bain d'électrolytes 18. L'unité électrolytique 16 comprend en outre au moins une cathode 19 agencée dans le bain d'électrolytes 18 et une anode formée par le bouclier de protection 14, également agencée dans le bain d'électrolytes 18. Avantageusement, au moins deux cathodes 19 sont agencées dans le bain
25 d'électrolytes 18. L'unité électrolytique 16 comprend en outre un générateur 19 relié à la cathode et au bouclier de protection 14. Le générateur 19 est avantageusement un générateur de courant électrique continu.

Optionnellement, l'installation comprend en outre une unité de séchage mise en œuvre dans l'étape (d). Selon un premier exemple, l'unité de séchage
30 comprend un dispositif de projection d'air comprimé ou selon un second exemple une étuve.

L'installation comprend en outre une unité de dépôt de la couche d'adhésion mise en œuvre dans l'étape (e). L'unité de dépôt de la couche d'adhésion comprend par exemple un dispositif d'application du primaire de collage tel qu'un pinceau ou un pistolet.

- 5 Un procédé de fabrication de l'aube 11 va maintenant être décrit. Le procédé comprend les étapes suivantes :
- fournir la pale 12,
 - fournir le bouclier de protection 14 en acier,
 - effectuer le traitement de surface du bouclier de protection 14 tel que décrit
- 10 ci-dessus,
- coller le bouclier de protection 14 sur le bord d'attaque 12a.

EXEMPLE

Exemple 1 : analyse microscope

- 15 Des éprouvettes P1, P2 en acier inoxydable austénitique AISI321 ont été soumises à un décapage électrochimique selon l'invention dans un bain dans les conditions présentées dans le tableau 1.

L'acide nitrique est initialement en solution aqueuse selon une concentration massique de 68% et présente une densité de 1.41.

- 20 Les figures 6c et 6d sont des images à microscopie optique selon un grossissement x100 respectivement des éprouvettes P1 et P2. Le microscope optique est le microscope ZEISS.

On constate que la profondeur D de l'attaque intra granulaire de l'acier est de 4 μm sur l'éprouvette P1 et est seulement de 2 μm sur l'éprouvette P2.

- 25 On conclut donc que les conditions de décapage électrochimique de l'éprouvette P2 permettent de diminuer la profondeur de l'attaque inter granulaire diminuant ainsi les concentrations de contraintes dans l'acier. La résistance à la fatigue de le bouclier de protection est donc améliorée dans ces conditions.

30

[Tableau 1] conditions de l'étape de décapage électrochimique

Eprouvettes	Concentration volumique d'acide nitrique dans le bain	Densité du courant électrique	Durée de décapage électrochimique	Température
P1	50%	0.5 A/dm ²	15 min	50°C
P2	25%	0.5 A/dm ²	15 min	50°C

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de surface d'un bouclier de protection (14) en
acier pour un bord d'attaque (12a) d'une aube (11) pour une turbomachine
5 (1) d'aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes chronologiques
suivantes :
(c) décaper le bouclier de protection (14) dans un bain d'électrolytes (18),
(e) déposer une couche d'adhésion sur le bouclier de protection (14).
- 10 2. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le bain d'électrolytes (18) comprend de l'acide
nitrique.
- 15 3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la
concentration volumique d'acide nitrique est comprise entre 10% et 50%.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le bain d'électrolytes (18) est parcouru par un courant
électrique d'une densité comprise entre 0.1 A/dm² et 10 A/dm².
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que l'étape (c) est réalisée pendant une durée supérieure
à 3 min, préférentiellement une durée comprise entre 5 min et 20 min.
6. Procédé selon les revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la
concentration volumique d'acide nitrique est de 25% et que la densité du
courant électrique est de 0.5 A/dm² et que la durée de l'étape (c) est de
15min.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la température du bain d'électrolytes (18) est comprise entre 20°C et 100°C, préférentiellement entre 30°C et 70°C.

5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en qu'il comprend, avant l'étape (c), l'étape suivante :
(a) dégraisser le bouclier de protection (14).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
10 caractérisé en ce qu'il comprend, entre les étapes (c) et (e), l'étape suivante :
(d) sécher le bouclier de protection (14).

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
15 caractérisé en ce que le bouclier de protection (14) est en acier inoxydable, avantageusement de type austénitique tel que l'alliage AISI321.

20

25

30

FIG. 1

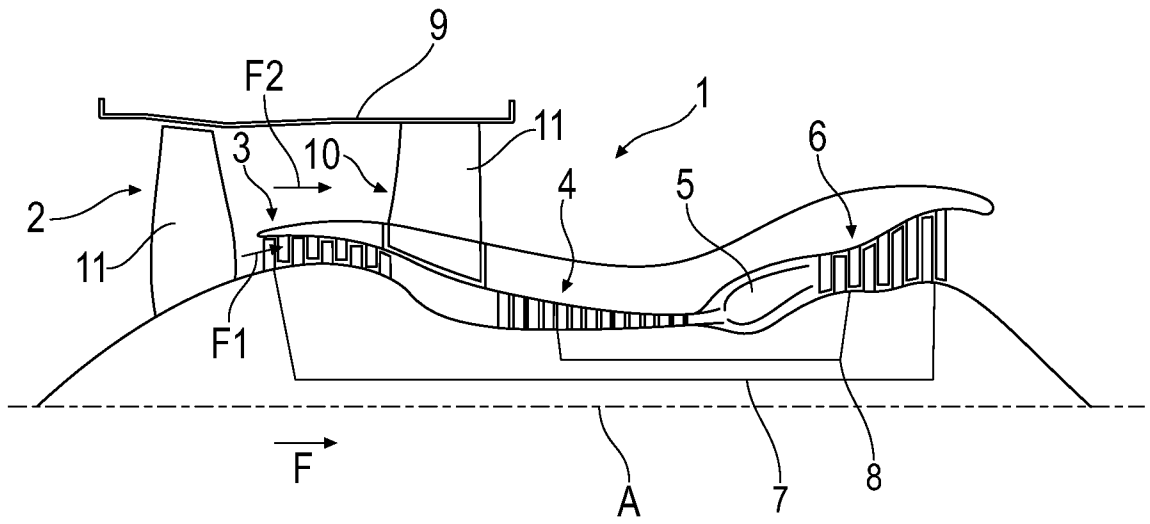


FIG. 2

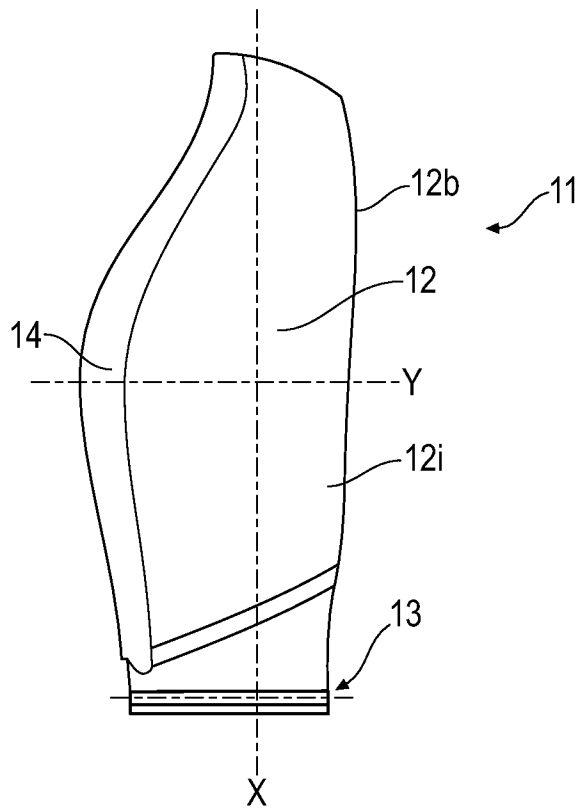


FIG. 3

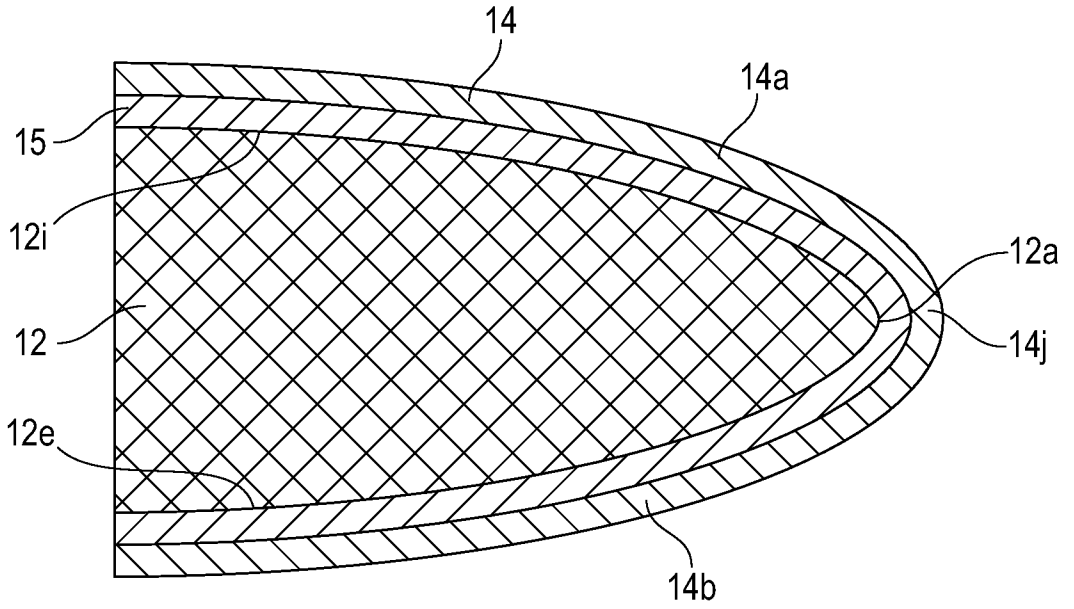


FIG. 4

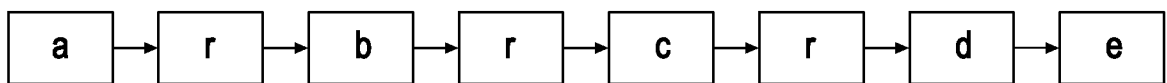


FIG. 5

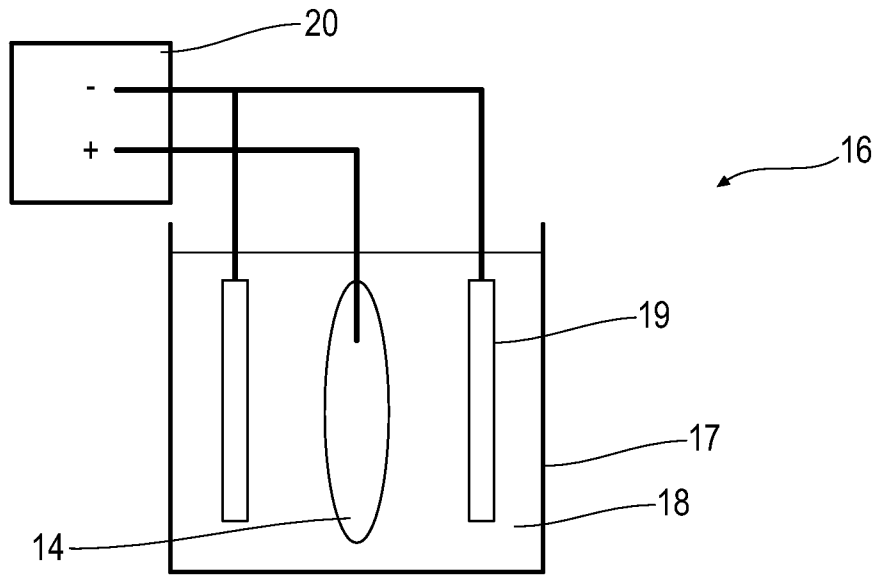


FIG. 6a

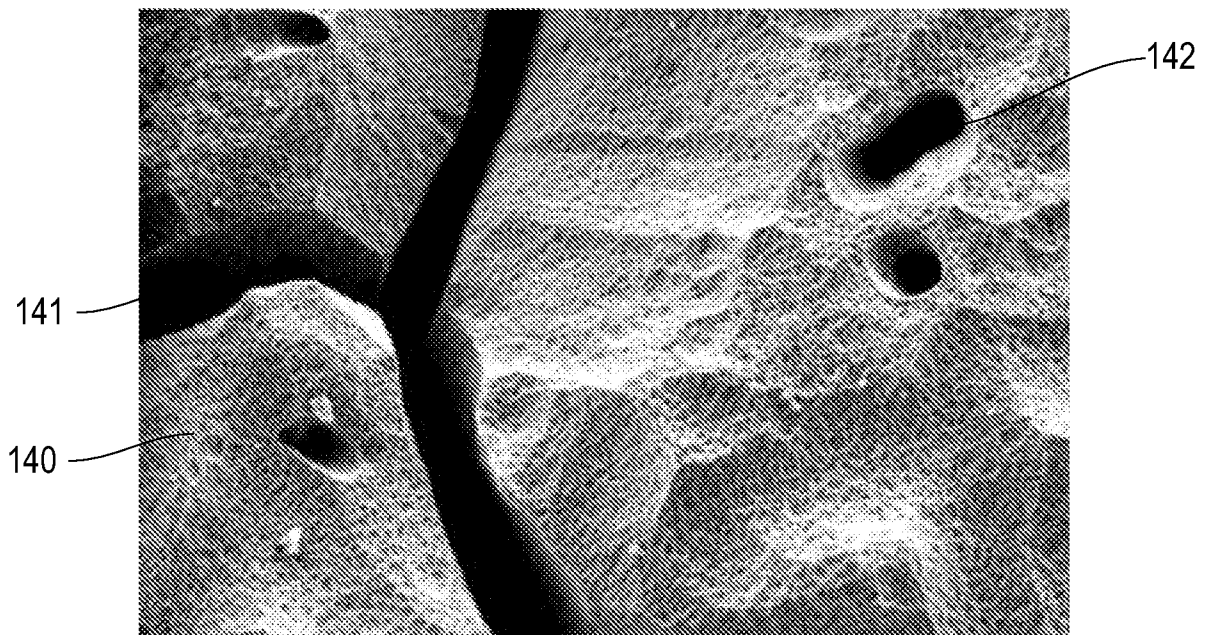


FIG. 6b

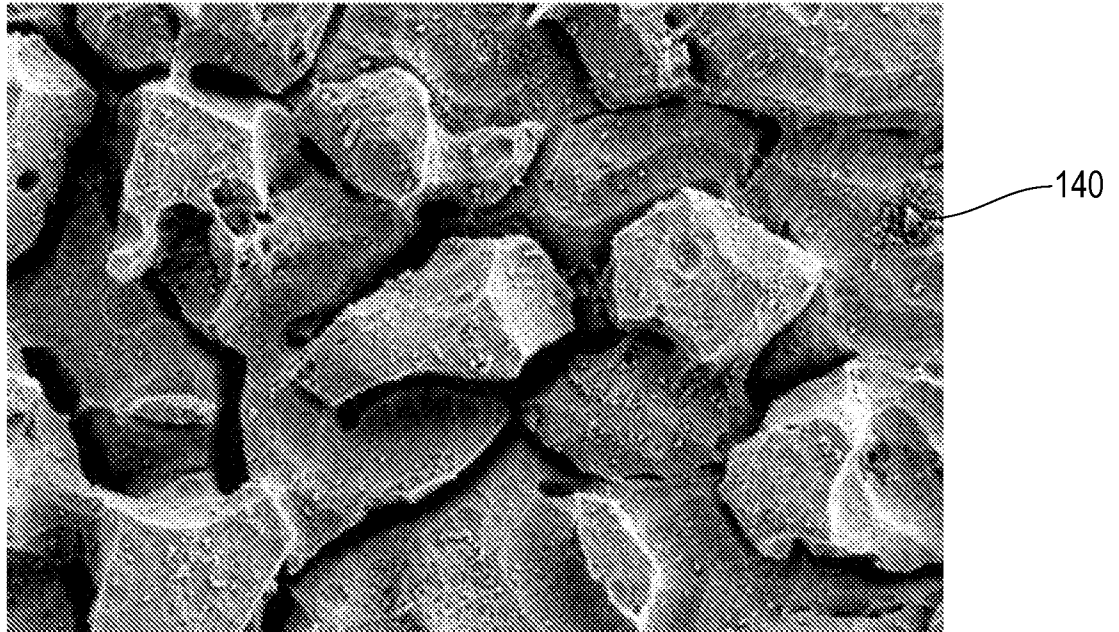


FIG. 6c

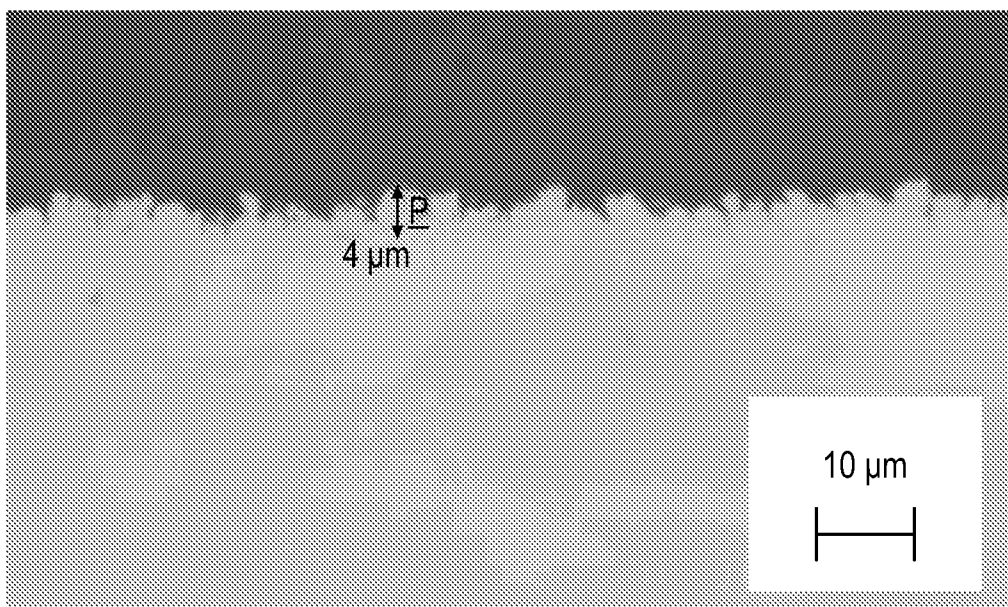
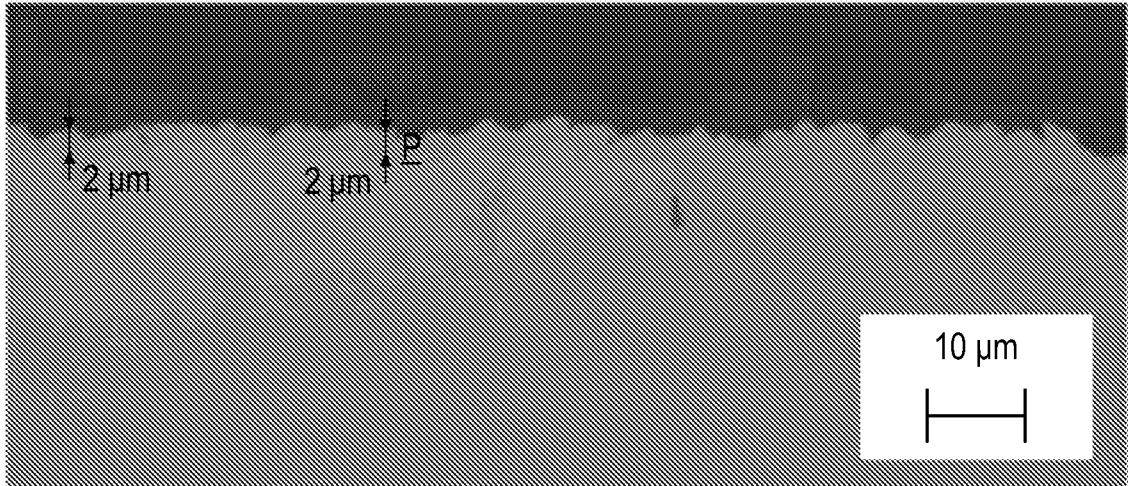


FIG. 6d



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2023/050809

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>C23G 1/08</i> (2006.01)i; <i>C25F 1/06</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/14</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/28</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23G; F01D; C25F		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 3105292 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 25 June 2021 (2021-06-25) page 1, paragraph 1-4 page 2, paragraph 7 - page 4, paragraph 20 page 8, paragraph 37 - page 10, line 49 figure 2	1-10
A	FR 3127020 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 17 March 2023 (2023-03-17) page 1, paragraph 7 page 2, paragraph 13 - page 4, paragraph 17 page 6, paragraph 63 page 7, paragraphs 66,67 page 10, paragraph 82-84 figures 3a,3b	1-10
A	FR 3017884 A1 (SNECMA [FR]; MESSIER BUGATTI DOWTY [FR]) 28 August 2015 (2015-08-28) page 1, lines 14-32 page 2, line 2 - page 3, line 29 page 6, line 8 - page 8, line 13 figures 1-4	1-10
<input checked="" 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 08 December 2023		Date of mailing of the international search report 04 January 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Joffreau, P Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2023/050809

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6398876 B1 (STARCEVIC JOVAN [AT] ET AL) 04 June 2002 (2002-06-04) the whole document	1-10
A	WO 0015880 A1 (HENKEL KGAA [DE]; ACCIAI SPECIALI TERNI SPA [IT] ET AL.) 23 March 2000 (2000-03-23) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2023/050809

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	3105292	A1	25 June 2021	CN	114901921	A	12 August 2022
				EP	4077883	A1	26 October 2022
				FR	3105292	A1	25 June 2021
				US	2023003133	A1	05 January 2023
				WO	2021123594	A1	24 June 2021
FR	3127020	A1	17 March 2023	NONE			
FR	3017884	A1	28 August 2015	CA	2940563	A1	03 September 2015
				CN	106460220	A	22 February 2017
				EP	3110989	A1	04 January 2017
				FR	3017884	A1	28 August 2015
				JP	6553073	B2	31 July 2019
				JP	2017509792	A	06 April 2017
				US	2017016134	A1	19 January 2017
				WO	2015128575	A1	03 September 2015
				US	6398876	B1	04 June 2002
AT	E247182	T1	15 August 2003				
BR	9905932	A	12 September 2000				
CN	1261630	A	02 August 2000				
EP	1013800	A2	28 June 2000				
KR	20000048256	A	25 July 2000				
US	6398876	B1	04 June 2002				
ZA	997788	B	30 June 2000				
WO	0015880	A1	23 March 2000	AT	E219170	T1	15 June 2002
				AU	5744599	A	03 April 2000
				BR	9913573	A	22 May 2001
				CA	2343778	A1	23 March 2000
				DE	69901846	T2	16 January 2003
				EP	1115917	A1	18 July 2001
				ES	2181472	T3	16 February 2003
				IT	MI981998	A1	11 March 2000
				JP	2002525429	A	13 August 2002
				KR	20010089247	A	29 September 2001
				MX	PA01002518	A	10 March 2003
				US	6565735	B1	20 May 2003
				WO	0015880	A1	23 March 2000
ZA	200101948	B	10 June 2002				

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2023/050809

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C23G1/08 C25F1/06 F01D5/14 F01D5/28 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) C23G F01D C25F				
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	FR 3 105 292 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 25 juin 2021 (2021-06-25) page 1, alinéa 1-4 page 2, alinéa 7 - page 4, alinéa 20 page 8, alinéa 37 - page 10, ligne 49 figure 2 -----	1-10		
A	FR 3 127 020 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 17 mars 2023 (2023-03-17) page 1, alinéa 7 page 2, alinéa 13 - page 4, alinéa 17 page 6, alinéa 63 page 7, alinéas 66,67 page 10, alinéa 82-84 figures 3a, 3b -----	1-10		
	-/--			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<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
<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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale			
8 décembre 2023	04/01/2024			
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	FR 3 017 884 A1 (SNECMA [FR]; MESSIER BUGATTI DOWTY [FR]) 28 août 2015 (2015-08-28) page 1, lignes 14-32 page 2, ligne 2 - page 3, ligne 29 page 6, ligne 8 - page 8, ligne 13 figures 1-4 -----	1-10
A	US 6 398 876 B1 (STARCEVIC JOVAN [AT] ET AL) 4 juin 2002 (2002-06-04) le document en entier -----	1-10
A	WO 00/15880 A1 (HENKEL KGAA [DE]; ACCIAI SPECIALI TERNI SPA [IT] ET AL.) 23 mars 2000 (2000-03-23) le document en entier -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2023/050809

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 3105292	A1	25-06-2021	CN	114901921 A	12-08-2022
			EP	4077883 A1	26-10-2022
			FR	3105292 A1	25-06-2021
			US	2023003133 A1	05-01-2023
			WO	2021123594 A1	24-06-2021

FR 3127020	A1	17-03-2023	AUCUN		

FR 3017884	A1	28-08-2015	CA	2940563 A1	03-09-2015
			CN	106460220 A	22-02-2017
			EP	3110989 A1	04-01-2017
			FR	3017884 A1	28-08-2015
			JP	6553073 B2	31-07-2019
			JP	2017509792 A	06-04-2017
			US	2017016134 A1	19-01-2017
			WO	2015128575 A1	03-09-2015

US 6398876	B1	04-06-2002	AT	406486 B	25-05-2000
			AT	E247182 T1	15-08-2003
			BR	9905932 A	12-09-2000
			CN	1261630 A	02-08-2000
			EP	1013800 A2	28-06-2000
			KR	20000048256 A	25-07-2000
			US	6398876 B1	04-06-2002
			ZA	997788 B	30-06-2000

WO 0015880	A1	23-03-2000	AT	E219170 T1	15-06-2002
			AU	5744599 A	03-04-2000
			BR	9913573 A	22-05-2001
			CA	2343778 A1	23-03-2000
			DE	69901846 T2	16-01-2003
			EP	1115917 A1	18-07-2001
			ES	2181472 T3	16-02-2003
			IT	MI981998 A1	11-03-2000
			JP	2002525429 A	13-08-2002
			KR	20010089247 A	29-09-2001
			MX	PA01002518 A	10-03-2003
			US	6565735 B1	20-05-2003
			WO	0015880 A1	23-03-2000
			ZA	200101948 B	10-06-2002