



(51) Classification internationale des brevets :
B23P 15/04 (2006.01) **F04D 29/32** (2006.01)
B64C 11/20 (2006.01) **F01D 5/14** (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/051878

(22) Date de dépôt international :
9 août 2012 (09.08.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1157278 10 août 2011 (10.08.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **SNEC-
MA** [FR/FR]; 2 boulevard du Général Martial Valin, F-
75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DUDON,
Laurent, Paul** [FR/FR]; c/o Snecma PI (AJI), Rond-Point
René Ravaud-Réau, F-77550 Moissy-cramayel Cedex
(FR). **ARANTES, Antonio, Crémildo** [FR/FR]; c/o Snec-
ma PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, F-77550
Moissy-Cramayel Cedex (FR).

(74) Mandataires : **BESNARD, Christophe** et al.; Cabinet
BEAU DE LOMENIE, 158 rue de l'Université, F-75340
Paris Cedex 07 (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, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

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

Publiée :

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

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING A PROTECTIVE REINFORCEMENT OF THE LEADING EDGE OF A VANE

(54) Titre : PROCEDE DE REALISATION D'UN RENFORT DE PROTECTION DU BORD D'ATTAQUE D'UNE PALE.

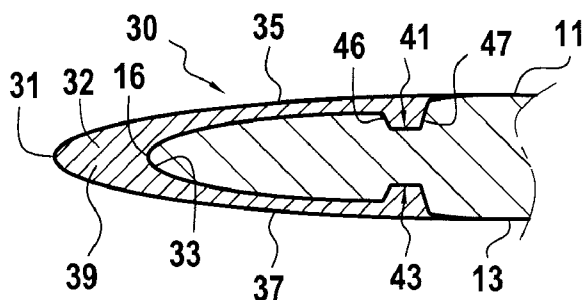


FIG.2

(57) Abstract : The invention relates to a method for producing a protective reinforcement (30) of the leading edge (16) of a vane (12), in which the reinforcement (30) is produced by depositing a metallic coating by thermal spraying under compression on the leading edge (16). The invention also relates to a vane (12), in particular of a blade of a turbomachine, helicopter or propeller, the leading edge (16) of which is protected by such a reinforcement (10).

(57) Abrégé : Procédé de réalisation d'un renfort de protection (30) du bord d'attaque (16) d'une pale (12), dans lequel le renfort (30) est réalisé en déposant un revêtement métallique par projection thermique en compression sur le bord d'attaque (16). Pale (12), en particulier d'aube de turbomachine, d'hélicoptère ou d'hélice, dont le bord d'attaque (16) est protégé par un tel renfort (10).



PROCEDE DE REALISATION D'UN RENFORT DE PROTECTION DU BORD D'ATTAQUE D'UNE PALE

DOMAINE DE L'INVENTION

5 L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un renfort de protection du bord d'attaque d'une pale, ainsi qu'une pale protégée par un tel renfort. Il peut s'agir, par exemple, d'une pale d'aube de turbomachine, d'une pale d'hélicoptère ou d'une pale d'hélice.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

10 Dans le domaine de l'aéronautique et plus particulièrement celui des turboréacteurs d'avion, diminuer la masse des éléments constitutifs du turboréacteur est une préoccupation constante. Cette préoccupation a conduit au développement d'aubes de soufflante ou de redresseur dont les pales sont réalisées en matériau composite à matrice organique, de telles
15 pales composites étant plus légères que les pales métalliques.

Toutefois, le bord d'attaque de ces pales composites est trop sensible à l'érosion et aux chocs éventuels (oiseaux, graviers, glace, sable, etc.) pour être utilisé sans protection. C'est pourquoi il est connu de protéger ce bord d'attaque à l'aide :

- 20
- d'un profilé métallique de renfort, collé sur le bord,
 - d'une peinture anti-érosion, appliquée sur le bord,
 - d'un film métallique ou plastique anti-érosion, collé sur le bord, ou
 - d'une combinaison des protections précitées.

25 Quelle que soit la protection retenue, l'adhérence de celle-ci sur le bord d'attaque est un aspect essentiel : il est nécessaire que la protection adhère suffisamment au bord d'attaque pour encaisser les chocs sans se détacher et sans bouger par rapport à celui-ci, et pour répondre aux exigences de durée de vie en fonctionnement normal.

30 Bien que satisfaisantes, ces protections connues sont jugées trop complexes et/ou trop onéreuses à réaliser. En outre, elles ne permettent pas de réparer (i.e. remettre aux exigences de la réparation une pale usée ou

abîmée en service) ou de récupérer (i.e. remettre aux exigences du neuf une pale affichant un défaut lors de la fabrication) une pale.

Il existe donc un besoin pour un renfort de protection qui soit dépourvu, au moins en partie, des inconvénients précités.

5

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un renfort pour la protection du bord d'attaque d'une pale, dans lequel le renfort est un revêtement métallique déposé par projection thermique sur le bord d'attaque. Le renfort est ainsi formé par le revêtement métallique déposé.

10

Par revêtement métallique, on entend désigner un revêtement en métal, en alliage métallique ou en cermet. Avantageusement, il s'agit d'un métal ou d'un alliage suffisamment ductile pour que le revêtement présente de bonnes propriétés d'amortissement des chocs, afin de protéger efficacement le bord d'attaque.

15

Avantageusement, le revêtement métallique est déposé par projection thermique en compression. La technique de projection thermique en compression est une technique connue consistant à utiliser un procédé de projection thermique grande vitesse (e.g. un procédé « cold spray », HVOF, HVAF, des procédés hybrides, etc.) en réglant les paramètres de projection, en particulier la vitesse de projection des particules métalliques, de manière appropriée pour que le revêtement déposé soit « en compression ». Un revêtement en compression déposé sur une éprouvette plane et déformable, exerce sur l'éprouvette des efforts tels que celle-ci a tendance à devenir convexe côté revêtement.

20

25

Grace à la projection thermique en compression il est possible, d'une part, de déposer sur la pale un revêtement métallique (donc un renfort) d'épaisseur importante, typiquement, de l'ordre de plusieurs millimètres et, plus particulièrement, entre 0,5 et 20 mm. De plus, le revêtement déposé étant en compression, il enserre le bord d'attaque de la pale, ce qui améliore encore l'adhérence du renfort sur le bord.

30

Dans certains modes de mise en œuvre, avant l'étape de projection thermique, on ménage au moins une rainure longitudinale dans la pale, de part et d'autre du bord d'attaque (soit au total au moins deux rainures), le revêtement métallique étant déposé dans ces rainures. Lesdites rainures sont
5 dites « longitudinales » car elles s'étendent dans le sens de la longueur de la pale, comme le bord d'attaque. Lorsque la pale n'est pas droite mais torsadée, lesdites rainures suivent le bord d'attaque curviligne de la pale, en étant elles-mêmes curvilignes.

De telles rainures permettent un encastrement du renfort dans la pale.
10 Cet encastrement améliore encore le maintien du renfort sur le bord d'attaque, en particulier le maintien mécanique en cisaillement. En d'autres termes, ces rainures empêchent le glissement relatif entre le renfort et la pale.

Dans d'autres modes de mise en œuvre, les rainures sont fabriquées par usinage, après fabrication de l'aube. Cette opération d'usinage présente
15 l'avantage d'être simple à mettre en œuvre, mais peut entraîner une diminution de la résistance mécanique de la pale.

Dans certains modes de mise en œuvre, les rainures sont fabriquées par moulage lors de la fabrication de l'aube. Comparativement à l'usinage, cette
20 solution présente l'avantage d'entraîner une moindre diminution de la résistance mécanique de la pale.

Dans certains modes de mise en œuvre, les rainures ont un profil évasé pour faciliter le dépôt du revêtement métallique au fond de ces rainures.

Dans certains modes de mise en œuvre, ledit revêtement métallique est
25 en Ni, Al ou Ti, en alliage de base Ni, Co, Al ou Ti, ou en cermet. Par exemple, il peut s'agir :

- d'un alliage de base Ni, de type NiAl, NiCrAl, NiCrAlY et, notamment, un alliage de base Ni comprenant 5 à 20% en poids d'Al, e.g. Ni5Al, NiCr-6Al;
- d'un alliage d'aluminium comprenant au plus 12% en poids de Si ;
- 30 - d'un alliage métallique (dit "résistant") de base Ni ou Co fortement chargé en éléments métalliques additionnels, e.g. CoMoCrSi, CoNiCrAlY ;

- d'un cermet fortement chargé (de préférence, au-delà de 12% en poids) en un élément métallique de type Co, Ni, Cu, Al ou en un alliage de ces éléments, e.g. WC12Co, WC17Co ;
- d'un alliage de Ti faiblement allié comme le TA6V.

5 De tels métaux ou alliages présentent des propriétés mécaniques, notamment une ductilité, avantageuses pour l'application souhaitée.

L'invention a également pour objet une pale ayant un bord d'attaque, ce bord d'attaque étant protégé par un renfort formé par un revêtement métallique déposé par projection thermique en compression sur le bord
10 d'attaque. Le renfort peut également comprendre une sous-couche d'accrochage ou un clinquant interposé entre le bord d'attaque et le revêtement métallique, comme décrit plus loin.

Dans certains modes de réalisation, cette pale étant en matériau composite à matrice organique. Il peut s'agir, par exemple, d'une pale
15 composite obtenue par drapage d'un matériau tissé. Toujours à titre d'exemple, le matériau composite utilisé peut être composé par un assemblage de fibres de carbone/plastique tissées et d'une matrice résineuse (e.g. une matrice de résine époxy, bismaléimide ou cyanate-ester), l'ensemble étant formé par moulage au moyen d'un procédé d'injection de
20 résine sous vide de type RTM (pour « Resin Transfer Molding »).

Dans certains modes de réalisation, la pale présente deux rainures longitudinales, de part et d'autre du bord d'attaque, comblées par le revêtement métallique. Le revêtement métallique (donc le renfort) recouvre donc ces rainures.

25 Dans certains modes de réalisation, ledit revêtement métallique est en Ni, Al ou Ti, ou en alliage de base Ni, Al ou Ti.

Dans certains modes de réalisation, l'épaisseur du renfort est comprise entre 0,5 et 20 mm.

Les caractéristiques et avantages de l'invention précités, ainsi que
30 d'autres, apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit,

d'exemple(s) de réalisation de l'invention. Cette description détaillée fait référence aux dessins annexés.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Les dessins annexés sont schématiques et ne sont pas à l'échelle, ils visent avant tout à illustrer les principes de l'invention.

Sur ces dessins, d'une figure (FIG) à l'autre, des éléments (ou parties d'élément) analogues sont repérés par les mêmes signes de référence.

La FIG 1 est une vue latérale d'une aube dont le bord d'attaque est recouvert d'un renfort de protection.

La FIG 2 est une vue partielle de la pale de la FIG 1, en coupe selon le plan de coupe transversal A-A.

La FIG 3 est une vue analogue à celle de la FIG 2, d'un autre exemple de pale.

La FIG 4 est une vue analogue à celle de la FIG 2, d'un autre exemple de pale.

La FIG 5 est une vue analogue à celle de la FIG 2, d'un autre exemple de pale.

La FIG 6 est une vue analogue à celle de la FIG 2, d'un autre exemple de pale.

La FIG 7 est une vue analogue à celle de la FIG 2, d'un autre exemple de pale.

DESCRIPTION DETAILLEE D'EXEMPLES DE REALISATION

Les FIGS 1 et 2 représentent une pale 12 d'aube 10 de turbomachine. Il s'agit d'une aube mobile de soufflante de turboréacteur d'avion.

La pale 12 est la partie de l'aube 10 destinée à être située dans le flux d'air traversant le turboréacteur. L'amont et l'aval sont définis par rapport au sens d'écoulement normal de ce flux.

La pale 12 définit la surface aérodynamique de l'aube et s'étend selon une première direction axiale 14 (en référence à l'axe de rotation de l'aube 10) entre un bord d'attaque 16 et un bord de fuite 18, et selon une deuxième direction radiale 20 (correspondant à la direction longitudinale de la pale 12)

entre un pied 22 et un sommet 24. L'aube 10 est fixée par son pied 22 à un disque porteur rotatif, commun à plusieurs aubes.

Les faces d'extrados 13 et d'intrados 11 sont les faces latérales de la pale 12 qui relie le bord d'attaque 16 au bord de fuite 18.

5 Le bord d'attaque 16 est recouvert par un renfort de protection 30. Ce renfort 30 épouse la forme du bord d'attaque 16 qu'il prolonge pour former le bord d'attaque 31 du renfort.

10 Le renfort de protection 30 présente une section sensiblement en forme de U et est positionné à cheval sur le bord d'attaque 16. Ce renfort présente une base 39 qui est la zone de plus grande épaisseur (comprise par exemple entre 10 et 20 mm) du renfort et qui définit le bord d'attaque 31 du renfort. Cette base 39 est prolongée par deux flancs latéraux 35 et 37 situés respectivement du côté d'intrados et d'extrados de l'aube 10. Les flancs 35, 37 présentent, en section transversale (voir FIG 2), un profil qui d'abord
15 s'amincit en direction du bord de fuite 18, puis s'épaissit au niveau des portions d'extrémités des flancs.

Le renfort de protection 30 est réalisé en déposant un revêtement métallique 32 par projection thermique en compression sur le bord d'attaque 16.

20 Une sous-couche 50 d'accrochage (voir FIG 6) peut être déposée sur le bord d'attaque 16, préalablement au dépôt du revêtement métallique 32. Cette sous-couche 50 d'accrochage peut être constituée, par exemple, d'un alliage Ni, Al, Cu, Co, peu chargé en autres éléments (<15% en poids). Cette sous-couche d'accrochage est projetée, par exemple, par projection plasma
25 ou par projection à la flamme. Une fois la sous-couche 50 d'accrochage déposée, la projection thermique du revêtement 32 sur cette sous-couche 50 est réalisée.

La projection thermique de la sous-couche 50 d'accrochage peut être effectuée suivant des paramètres basse vitesse : la projection à la flamme est
30 intrinsèquement basse vitesse, tandis qu'en projection plasma, le volume de gaz Ar+H₂ est choisi inférieur ou égal à 40 litres/minute. Par ailleurs, un ou

plusieurs des paramètres suivants peuvent être retenus pour la projection thermique de la sous-couche:

- épaisseurs de sous-couche entre 0,05 et 0,25 mm ;
- pièce maintenue aussi froide que possible (e.g. température du bord d'attaque, à 0,5 mm de profondeur de la surface, inférieure au point de transition vitreuse du plastique, d'au moins 10°C) ;
- faible débit massique de poudre (e.g. <40g/mn);
- fort soufflage de refroidissement (ou même soufflage cryogénique)
- vitesse de déplacement du pistolet de projection rapide (e.g. 60 à 120 m/minute).

A titre d'exemple, le revêtement métallique 32 est en un matériau choisi parmi: un alliage de base nickel, un cermet et un alliage métallique résistant de base nickel ou cobalt. Le revêtement métallique 32 est obtenu en projetant ledit matériau à l'aide d'un appareil de projection HVOF, HVOF ou Cold Spray paramétré de manière à produire un revêtement en compression.

Un test de projection HVOF, HVOF ou Cold Spray sur une éprouvette "Almen" peut être réalisé pour sélectionner les meilleurs matériaux pour le revêtement métallique 32. Les matériaux retenus sont, de préférence, ceux répondant aux trois critères suivants:

- le revêtement déposé met l'éprouvette "Almen" en compression;
- le dépôt du revêtement peut être monté jusqu'à une épaisseur supérieure à 1mm sans qu'on observe de décollement;
- un thermocouple placé au dos de l'éprouvette montre que sa température ne dépasse pas 150°C lors du dépôt.

En outre, le niveau de compression du revêtement peut être contrôlé à l'aide d'une éprouvette dite "Almen" (test selon la norme NFL 06-832C) pour une épaisseur de revêtement fixée, typiquement 0,5 mm. La valeur de la flèche Almen est de préférence supérieure à F5N.

La projection thermique en compression du revêtement métallique 32 peut être effectuée comme suit.

Par exemple, pour une projection cold spray:

- vitesse de projection supérieure à 1 Mach,
- températures de gaz comprises entre 200 et 1000°C,
- débits massiques de poudre compris entre 10 et 80 g/minute,
- pression de chambre supérieure à 40 bars.

5 Par exemple, pour une projection HVOF:

- gaz : Kérosène/Oxygène ou Hydrogène/Oxygène,
- débits massiques de poudre entre 10 et 80 g/minute,
- appareillage HP HVOF avec des pressions de chambre supérieures à 8 bars,

- 10 - refroidissement cryogénique (azote ou CO2 liquide ou CO2 en "pellet" (boulette)), directement sur le revêtement,
- soufflages complémentaires maintenant la pièce en dessous de 150°C.

Par exemple, pour une projection HVOF:

- gaz : Kérosène/Oxygène ou Hydrogène/Oxygène
- 15 - débits massiques de poudre entre 10 et 80g/minute,
- appareillage HP HVOF avec des pressions de chambre supérieures à 8 bars,
- refroidissement cryogénique (Azote ou CO2 liquide ou CO2 en "pellet"), directement sur le revêtement.

20 Avant projection thermique du revêtement 32 ou de la sous-couche 50, il peut être préférable de préparer la surface du bord d'attaque 16 de la pale 12. C'est par exemple le cas lorsque la pale 12 est composée de fibres de carbone tricotées et d'un liant plastique injecté (le plus souvent de la résine époxy). En effet, lors du tricotage, les fibres de carbone s'imbriquent en

25 laissant un minimum d'espace. A la surface, cette imbrication est rompue et le liant plastique injecté bouche la rugosité résiduelle. Ce faisant le bord d'attaque 16 affiche une proportion plastique/fibres plus importante en surface qu'à cœur. L'adhérence du revêtement 32 ou de la sous-couche étant généralement meilleures sur les fibres que sur le plastique, la préparation

30 peut consister à écrouter mécaniquement la surface du bord d'attaque 16 afin

d'enlever l'excès de plastique. Le plus souvent, cet écroutage ne dépasse pas 0,1 à 0,2 mm (si le moulage de la pale 12 a été correctement effectué).

Dans certains cas, l'écroutage n'est toutefois pas possible, par exemple parce qu'il risque de diminuer la résistance mécanique de la pièce/zone considérée (cas des pièces/zones très chargées mécaniquement) et/ou parce que la pièce/zone considérée est trop petite pour subir une perte de matière. Dans ces cas, la sous-couche 50 d'accrochage peut-être remplacée par un clinquant 60 (voir FIG 7) de faible épaisseur, e.g. 0,02 à 0,4 mm. Le clinquant 60 est fixé sur le bord d'attaque 16, par exemple, par collage. Le collage du clinquant peut s'effectuer lors du moulage de la pièce ou après le moulage de la pièce. Le clinquant 60 peut-être ajouré de micro-perçages pour améliorer le collage. Une fois le clinquant 60 collé, la projection thermique du revêtement 32 sur le clinquant 60 est réalisée.

La sous-couche 50 ou le clinquant 60 peuvent être métalliques, de manière à se trouver dans une configuration de projection sur substrat métallique, pour la projection du revêtement 32.

Comme représenté sur la FIG 2, la pale 12 peut présenter une rainure longitudinale 41, 43 de part et d'autre du bord d'attaque 16 (i.e. une première rainure d'un côté du bord d'attaque et une deuxième rainure de l'autre côté). Ces deux rainures longitudinales 41, 43 se situent respectivement du côté d'intrados 11 et d'extrados 13. Le revêtement métallique est déposé dans ces rainures 41, 43, de sorte que ces rainures sont recouvertes par le renfort 30.

Les flancs 35, 37 présentent leur épaisseur maximum au niveau des rainures 41, 43, et leur épaisseur minimum en amont des rainures. Ces rainures 41, 43, permettent un encastrement du renfort 30 dans la pale 12.

Plusieurs profils peuvent être envisagés pour les rainures 41, 43. Les FIGS 2 à 5 représentent différents exemples de profils possibles. Du côté aval (i.e. du côté du bord de fuite 18), les rainures 41, 43 sont délimitées par un décrochement 47 dans les faces latérales de la pale 12, ce décrochement 47 formant butée pour le renfort 30 lors d'un choc et évitant ainsi le glissement

du renfort 30 sur la pale 12. Du côté amont (i.e. du côté du bord d'attaque 16), les rainures 41, 43 sont délimitées par un décrochement dans les faces latérales de la pale 12, comme dans les exemples des FIGS 2 et 3 ou, au contraire, être délimitées par une pente douce 48, comme dans l'exemple de la FIG 4. L'exemple de la FIG 5 diffère de celui de la FIG 4 en ce qu'une série de cannelures longitudinales 48 sont formées sur la pente douce 48 en amont des rainures 41, 43.

Dans tous ces exemples, les rainures 41, 43 présentent un profil évasé de sorte que le revêtement métallique peut être déposé facilement au fond de ces rainures, même lorsque l'angle de la projection thermique n'est pas de 90° (ce qui correspond à une projection orthogonale à la surface). Typiquement, les profils de rainure représentés permettent de réaliser une projection selon un angle compris entre 45 et 90°.

Les modes ou exemples de réalisation décrits dans le présent exposé sont donnés à titre illustratif et non limitatif, une personne du métier pouvant facilement, au vu de cet exposé, modifier ces modes ou exemples de réalisation, ou en envisager d'autres, tout en restant dans la portée de l'invention.

De plus, les différentes caractéristiques de ces modes ou exemples de réalisation peuvent être utilisées seules ou être combinées entre elles. Lorsqu'elles sont combinées, ces caractéristiques peuvent l'être comme décrit ci-dessus ou différemment, l'invention ne se limitant pas aux combinaisons spécifiques décrites dans le présent exposé. En particulier, sauf précision contraire, une caractéristique décrite en relation avec un mode ou exemple de réalisation peut être appliquée de manière analogue à un autre mode ou exemple de réalisation.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un renfort de protection (30) du bord d'attaque (16) d'une pale (12), caractérisé en ce que le renfort (30) est
5 réalisé en déposant un revêtement métallique (32) par projection thermique en compression sur le bord d'attaque (16).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, avant l'étape de projection thermique en compression, on ménage au moins une rainure (41,
10 43) longitudinale dans la pale (12), de part et d'autre du bord d'attaque (16), le revêtement métallique étant déposé dans ces rainures (41, 43).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ledit revêtement métallique est en Ni, Al ou Ti, ou en alliage de base Ni, Co, Al ou Ti, ou en
15 cermet.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'épaisseur du renfort (30) est comprise entre 0,5 et 20 mm.

20 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on dépose une sous-couche (50) d'accrochage le bord d'attaque (16), préalablement au dépôt du revêtement métallique (32).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans
25 lequel on fixe un clinquant (60) sur le bord d'attaque (16), préalablement au dépôt du revêtement métallique (32).

7. Pale ayant un bord d'attaque, ce bord d'attaque (16) étant protégé par un renfort (30) formé par un revêtement métallique déposé par
30 projection thermique en compression sur le bord d'attaque (16).

8. Pale selon la revendication 7, cette pale (12) étant en matériau composite à matrice organique.

5 9. Pale selon la revendication 8, cette pale (12) étant une pale d'aube de turbomachine, une pale d'hélicoptère ou d'hélice.

10 10. Pale selon la revendication 8 ou 9, présentant au moins une rainure longitudinale (41, 43), de part et d'autre du bord d'attaque (16), ces rainures étant comblées par le revêtement métallique.

11. Pale selon l'une quelconque des revendications 7 à 8, dans lequel ledit revêtement métallique (32) est en Ni, Al ou Ti, ou en alliage de base Ni, Co, Al ou Ti, ou en cermet.

15 12. Pale selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel l'épaisseur du renfort (30) est comprise entre 0,5 et 20 mm.

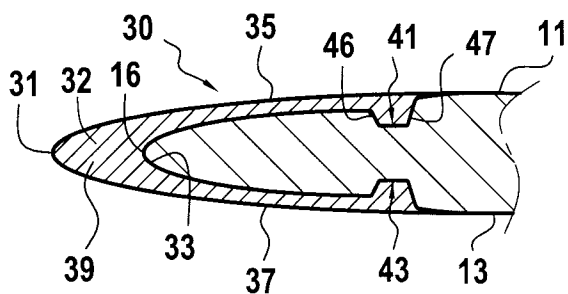
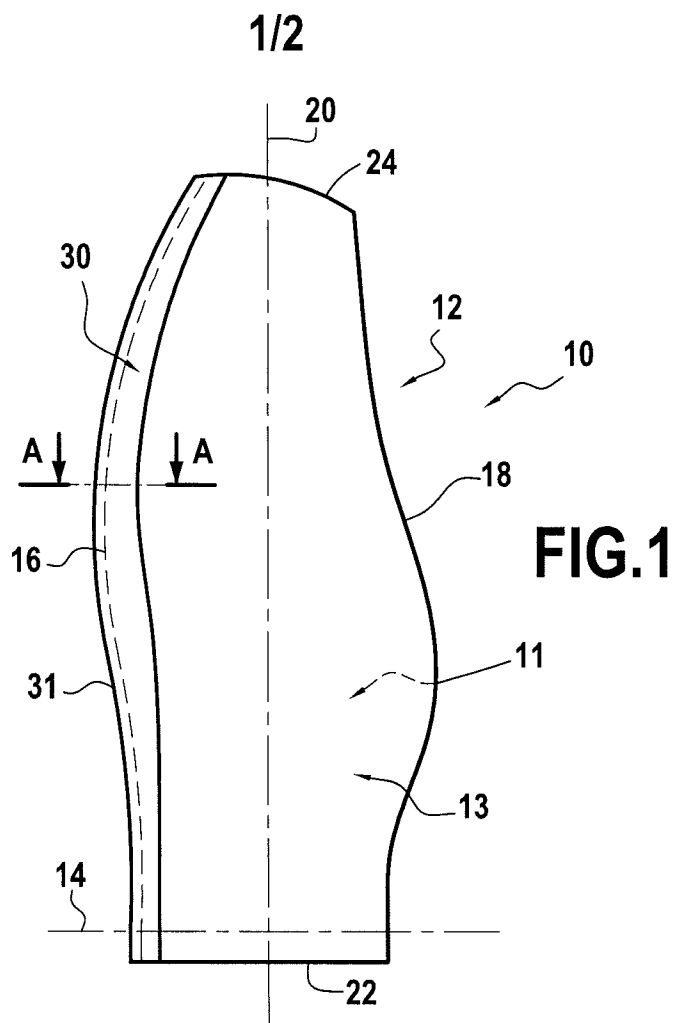


FIG.2

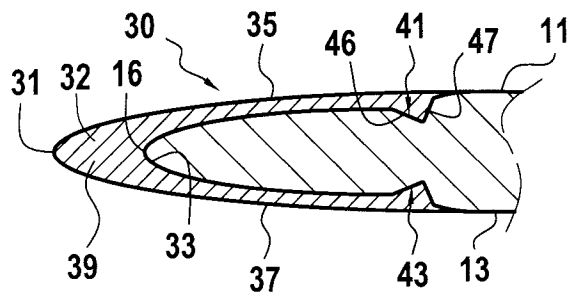


FIG.3

2/2

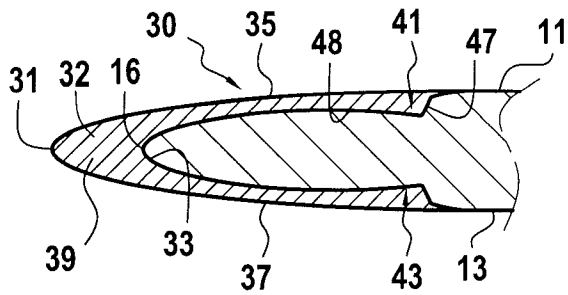


FIG. 4

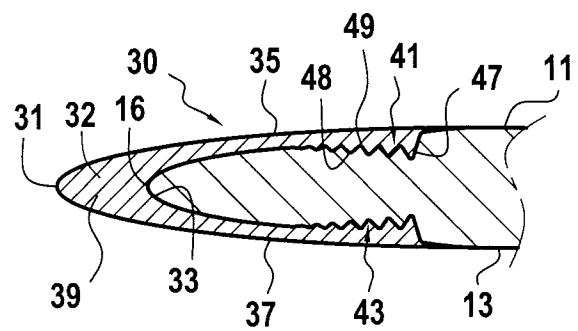


FIG. 5

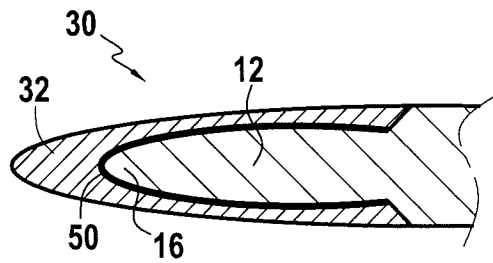


FIG. 6

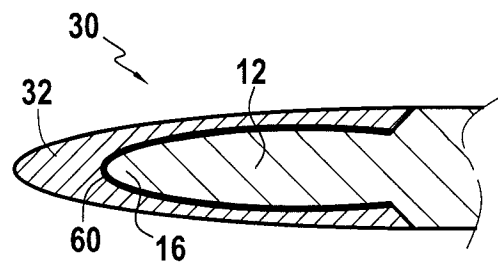


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/051878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B23P15/04

ADD. B64C11/20 F01D5/28 F04D29/32 F01D5/14

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)

B23P F01D F04D B64C

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.
X	EP 1 577 422 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 21 September 2005 (2005-09-21) paragraphs [0001], [0002], [0006], [0007], [0010], [0013], [0022], [0024], [0026], [0033], [0034], [0037]; figures 1-3 -----	1,3-7,9, 11,12
X	EP 2 327 812 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 1 June 2011 (2011-06-01) paragraphs [0001] - [0004], [0006] - [0008], [0011], [0012], [0019], [0020]; figures 1,2 ----- -/-	1,3,4, 7-9,11, 12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

9 November 2012

Date of mailing of the international search report

16/11/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sérgio de Jesus, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/051878

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/197152 A1 (JACKSON MELVIN ROBERT [US] ET AL) 26 December 2002 (2002-12-26) paragraphs [0013], [0026], [0027], [0033] - [0034], [0036], [0041]; figures 3,5 -----	1-4,7, 9-12
X	JP 62 165506 A (TOSHIBA CORP) 22 July 1987 (1987-07-22) abstract; figures -----	1,3,7,9, 11
A	US 7 841 834 B1 (RYZNIC JOHN E [US]) 30 November 2010 (2010-11-30) column 4, line 14 - line 17; figures 4-15 -----	1-12
A	FR 2 318 312 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 11 February 1977 (1977-02-11) page 1, line 1 - line 5 page 3, line 26 - line 30 page 4, line 3 - page 17 page 4, line 34 - line 2 page 6, line 26 - page 8, line 18 figures 1-9 -----	1-12
A	EP 1 217 089 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26 June 2002 (2002-06-26) the whole document -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/051878

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1577422	A1	21-09-2005	CN 1676884 A 05-10-2005
		EP 1577422 A1 21-09-2005	
		JP 2005273015 A 06-10-2005	
		US 2005207896 A1 22-09-2005	
EP 2327812	A1	01-06-2011	CA 2720543 A1 30-05-2011
		EP 2327812 A1 01-06-2011	
		JP 2011117446 A 16-06-2011	
		US 2011129351 A1 02-06-2011	
US 2002197152	A1	26-12-2002	NONE
JP 62165506	A	22-07-1987	NONE
US 7841834	B1	30-11-2010	NONE
FR 2318312	A1	11-02-1977	CA 1040539 A1 17-10-1978
		DE 2631856 A1 10-02-1977	
		FR 2318312 A1 11-02-1977	
		GB 1556181 A 21-11-1979	
		IT 1062505 B 20-10-1984	
		JP 1313408 C 28-04-1986	
		JP 52021512 A 18-02-1977	
		JP 60037284 B 26-08-1985	
		US 4006999 A 08-02-1977	
EP 1217089	A2	26-06-2002	DE 60109257 D1 14-04-2005
		DE 60109257 T2 28-07-2005	
		EP 1217089 A2 26-06-2002	
		JP 2002275658 A 25-09-2002	
		SG 114515 A1 28-09-2005	
		US 2003039764 A1 27-02-2003	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051878

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B23P15/04 ADD. B64C11/20 F01D5/28 F04D29/32 F01D5/14		
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) B23P F01D F04D B64C		
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
X	EP 1 577 422 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 21 septembre 2005 (2005-09-21) alinéas [0001], [0002], [0006], [0007], [0010], [0013], [0022], [0024], [0026], [0033], [0034], [0037]; figures 1-3	1,3-7,9, 11,12
X	----- EP 2 327 812 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 1 juin 2011 (2011-06-01) alinéas [0001] - [0004], [0006] - [0008], [0011], [0012], [0019], [0020]; figures 1,2	1,3,4, 7-9,11, 12
X	----- US 2002/197152 A1 (JACKSON MELVIN ROBERT [US] ET AL) 26 décembre 2002 (2002-12-26) alinéas [0013], [0026], [0027], [0033] - [0034], [0036], [0041]; figures 3,5 ----- -/-	1-4,7, 9-12
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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	
9 novembre 2012	16/11/2012	
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 Sérgio de Jesus, E

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051878

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JP 62 165506 A (TOSHIBA CORP) 22 juillet 1987 (1987-07-22) abrégé; figures -----	1,3,7,9, 11
A	US 7 841 834 B1 (RYZNIC JOHN E [US]) 30 novembre 2010 (2010-11-30) colonne 4, ligne 14 - ligne 17; figures 4-15 -----	1-12
A	FR 2 318 312 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 11 février 1977 (1977-02-11) page 1, ligne 1 - ligne 5 page 3, ligne 26 - ligne 30 page 4, ligne 3 - page 17 page 4, ligne 34 - ligne 2 page 6, ligne 26 - page 8, ligne 18 figures 1-9 -----	1-12
A	EP 1 217 089 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26 juin 2002 (2002-06-26) le document en entier -----	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051878

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1577422	A1	21-09-2005	CN 1676884 A	05-10-2005
			EP 1577422 A1	21-09-2005
			JP 2005273015 A	06-10-2005
			US 2005207896 A1	22-09-2005
EP 2327812	A1	01-06-2011	CA 2720543 A1	30-05-2011
			EP 2327812 A1	01-06-2011
			JP 2011117446 A	16-06-2011
			US 2011129351 A1	02-06-2011
US 2002197152	A1	26-12-2002	AUCUN	
JP 62165506	A	22-07-1987	AUCUN	
US 7841834	B1	30-11-2010	AUCUN	
FR 2318312	A1	11-02-1977	CA 1040539 A1	17-10-1978
			DE 2631856 A1	10-02-1977
			FR 2318312 A1	11-02-1977
			GB 1556181 A	21-11-1979
			IT 1062505 B	20-10-1984
			JP 1313408 C	28-04-1986
			JP 52021512 A	18-02-1977
			JP 60037284 B	26-08-1985
			US 4006999 A	08-02-1977
EP 1217089	A2	26-06-2002	DE 60109257 D1	14-04-2005
			DE 60109257 T2	28-07-2005
			EP 1217089 A2	26-06-2002
			JP 2002275658 A	25-09-2002
			SG 114515 A1	28-09-2005
			US 2003039764 A1	27-02-2003