

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 976 204

②1 N° d'enregistrement national : 11 55124

⑤1 Int Cl⁸ : B 23 P 15/04 (2012.01)

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.06.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 14.12.12 Bulletin 12/50.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MAGNAUDEIX DOMINIQUE, FRANCHET JEAN-MICHEL PATRICK, MAURICE, KLEIN GILLES CHARLES, CASIMIR et LECONTE GILBERT, MICHEL, MARIN.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

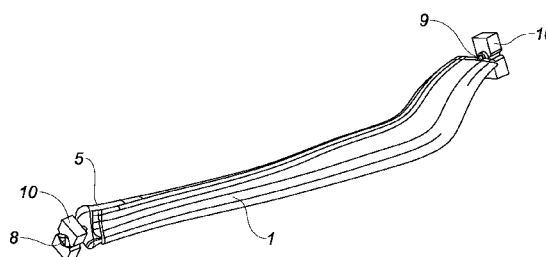
⑦4 Mandataire(s) : GEVERS FRANCE Société par actions simplifiée.

⑤4 PROCÉDE D'USINAGE FINAL D'UN INSERT MÉTALLIQUE POUR LA PROTECTION D'UN BORD D'ATTAQUE EN MATÉRIAU COMPOSITE.

⑤7 Procédé de réalisation d'un insert métallique (1) pour la protection d'un bord d'attaque ou de fuite d'une aube de compresseur d'une turbomachine réalisée en matériau composite, comportant les étapes de :

- mise en forme initiale par matricage de tôles pour les rapprocher de la forme de l'extrados et de l'intrados dudit insert,
- réalisation d'un noyau (5) ayant la forme de la cavité interne de l'insert métallique à réaliser,
- positionnement desdites tôles autour dudit noyau, solidarisation des tôles et du noyau (5) et fermeture de l'ensemble par soudage,
- mise sous vide de la cavité interne audit ensemble,
- assemblage de l'ensemble par compression isostatique à chaud,
- réalisation du profil externe de l'insert par un usinage final.

caractérisé en ce que ledit usinage final est réalisé avant une désolidarisation du noyau (5) d'avec l'insert (1).



FR 2 976 204 - A1



Le domaine de la présente invention est celui de la fabrication de pièces métalliques et plus particulièrement celui de la fabrication de bords d'attaque ou de bords de fuite en titane pour l'aéronautique, comme par exemple des bords d'attaque pour des aubes de soufflante, ou fan, de turbomachines, à large corde, qui sont réalisées en matériau composite.

5 Les aubes de fan des turboréacteurs sont maintenant, pour des raisons de poids et de coûts, réalisées majoritairement en matériau composite. Ces pièces qui sont soumises à d'importantes contraintes mécaniques, dues à leur vitesse de rotation et à la charge aérodynamique qu'elles supportent, doivent en outre résister aux éventuels impacts de particules ou de corps étrangers qui pénétreraient dans la veine d'air. Pour cela elles sont protégées au niveau de leur bord d'attaque et/ou de leur bord de fuite, par une pièce métallique qui recouvre leurs extrémités et qui est collée sur le matériau composite de la pale.

15 La gamme actuelle de fabrication des bords d'attaque en titane pour des aubes fan en composite est lourde et complexe à mettre en œuvre, ce qui implique des coûts importants. Elle est en effet principalement basée sur des opérations de formage à chaud, ce qui nécessite des outillages qui résistent aux températures pratiquées. Elle nécessite en outre la réalisation d'usinages importants tant au stade des pièces intermédiaires qu'au stade final de la réalisation. Pour des raisons de poids et de tenue mécanique ces bords d'attaque ou de fuite sont généralement réalisés en titane et sont d'une épaisseur relativement faible. Compte tenu de cette faible épaisseur, l'emploi d'un procédé de fabrication comprenant l'assemblage de tôles par un procédé de formage superplastique et soudage par diffusion (SPFDB pour Super Plastic Forming and Diffusion Bonding), a naturellement été proposé. Un tel procédé est décrit dans la demande de brevet EP 1574270 de la demanderesse.

25 Mais ce procédé a pour inconvénient qu'il ne permet que difficilement de maîtriser la forme intérieure de la cavité et en particulier il limite les possibilités pour un raccordement optimal des tôles au niveau de l'extrémité de la cavité. Il est, en effet, important pour la tenue mécanique du bord d'attaque, de réaliser une jonction entre les deux tôles qui présente une tangente commune, transversale à l'axe longitudinal de la cavité et, si possible, qui présente un grand rayon de courbure, choses que ne permet pas le procédé SPFDB.

30 La demanderesse a alors imaginé un procédé basé sur le matriçage de tôles et leur soudage par diffusion, qui est détaillé dans la demande de brevet FR 1051992, déposée en mars 2010. Il comprend notamment des étapes de mise en forme initiale des tôles par matriçage, de réalisation d'un noyau ayant la forme de la cavité interne de l'insert métallique à réaliser, de positionnement desdites tôles autour dudit noyau, de mise sous vide et fermeture de l'ensemble par soudage, d'assemblage de l'ensemble par compression isostatique à chaud, et de découpe de l'ensemble pour extraction du noyau et séparation de l'insert. Il se termine par une réalisation du profil externe de l'insert par un usinage final.

Dans l'art antérieur l'usinage s'effectue sur l'insert seul en prenant pour références spatiales de la pièce des surfaces ou des excroissances réalisées lors du soudage-diffusion. Ces surfaces ou excroissances qui forment un référentiel d'usinage ont donc subi toutes les opérations de forgeage qu'a subi l'insert métallique. Même si des précautions sont prises pour ne pas les endommager, elles se déforment tout de même lors de ces opérations et leur positionnement est, en conséquence, sujet à des pertes de précision.

De plus les deux faces de l'insert vont en s'affinant en se rapprochant de leurs extrémités libres, au niveau où elles rejoignent le matériau composite ; elles se terminent par des épaisseurs très fines, pouvant atteindre de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres. L'usinage des ces parois fines nécessite des bridages particuliers pour éviter des phénomènes de vibrations sous la coupe de l'outil et une dégradation de leur état de surface.

La présente invention a donc pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de fabrication de bords d'attaque ou de bords de fuite qui, lors de l'usinage final, d'une part réduit les incertitudes du positionnement de la pièce et, d'autre part facilite le bridage des extrémités libres de l'insert.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un insert métallique pour la protection d'un bord d'attaque ou de fuite d'une aube de turbomachine réalisée en matériau composite, comportant les étapes de :

- mise en forme initiale par matriçage de tôles pour les rapprocher de la forme de l'extrados et de l'intrados dudit insert,
- réalisation d'un noyau ayant la forme de la cavité interne de l'insert métallique à réaliser, une de ses faces reproduisant la forme interne de l'extrados de l'insert et l'autre face reproduisant la forme interne de l'intrados de l'insert, les deux faces se rejoignant en une pointe reproduisant la forme interne du bord d'attaque ou de fuite,
- positionnement desdites tôles autour dudit noyau, solidarisation des tôles et du noyau et fermeture de l'ensemble par soudage,
- mise sous vide de la cavité interne audit ensemble,
- assemblage de l'ensemble par compression isostatique à chaud, et soudage diffusion,
- réalisation du profil externe de l'insert par un usinage final.

Il est caractérisé en ce que ledit usinage final est réalisé avant une désolidarisation du noyau d'avec l'insert.

Le fait de conserver l'insert solidarisé avec le noyau pendant l'usinage final permet de se servir du noyau, qui n'a pas subi les opérations de forgeage, comme référentiel pour le positionnement de l'insert sur la machine-outil d'usinage.

Avantageusement le noyau comporte au moins une face formant référentiel pour le positionnement dudit ensemble sur la ou les machines-outils servant à l'usinage final de l'insert.

Dans un mode particulier de réalisation ladite face est portée par un tenon s'étendant à une des extrémités longitudinales du noyau, en dehors du volume délimité par l'insert après l'usinage final.

5 De façon plus particulière le noyau comporte un tenon à chacune de ses extrémités longitudinales.

Préférentiellement le positionnement dudit ensemble sur la machine d'usinage final est assuré par la coopération de moyens de bridage solidaires de ladite machine, avec ledit tenon, au moins une tôle restant intercalée entre la face dudit tenon et ledit moyen de bridage.

10 De façon alternative le procédé décrit ci-dessus comporte, antérieurement à l'étape d'usinage final, une étape de découpe d'au moins une tôle pour donner accès à la face dudit tenon.

L'invention porte également sur un noyau ayant la forme de la cavité interne d'un insert métallique destiné à la protection d'un bord d'attaque ou de fuite d'une aube de compresseur d'une turbomachine réalisée en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un tenon s'étendant à une de ses extrémités longitudinales en dehors du volume délimité par l'insert en fin de réalisation, apte à former un référentiel pour son positionnement sur une machine-outil.

Avantageusement le noyau comporte à une de ses extrémités longitudinales un tenon cylindrique à section polygonale.

20 De façon encore plus avantageuse le noyau comporte à son autre extrémité longitudinale un tenon cylindrique à section circulaire.

L'invention porte enfin sur une aube de compresseur de turbomachine comportant un insert réalisé par un procédé tel que décrit ci-dessus

25 L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés.

Sur ces dessins :

- 30 - la figure 1 est une vue en perspective d'un insert métallique destiné à la réalisation d'un bord d'attaque d'aube fan et réalisé à l'aide d'un procédé selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique, en coupe, de l'insert de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue schématique d'une étape de formage de tôles ;
- la figure 4 est une vue schématique d'une étape de pré-assemblage des tôles ;
- la figure 5 est une vue schématique d'une étape d'assemblage des tôles ;
- 35 - la figure 6 est une vue schématique en coupe d'un bord d'attaque postérieurement aux opérations de soudage-diffusion et prêt à subir les opérations d'usinage final selon l'invention ;
- la figure 7 est une vue en perspective du bord d'attaque de la figure 6, équipé de ses moyens de bridage pour l'usinage final ;

- la figure 8 est une vue en perspective du bord d'attaque de la figure 7, après les opérations d'usinage final ;

- la figure 9 est une vue en perspective du référentiel de position, côté pied de pale, du bord d'attaque avant usinage final ;

5 - la figure 10 est une vue en perspective du référentiel de position, côté bout de pale, du bord d'attaque avant usinage final ;

- la figure 11 est une vue en perspective du référentiel de position, côté pied de pale, du bord d'attaque avant usinage final, selon une variante du procédé selon l'invention;

10 - la figure 12 est une vue en perspective du référentiel de position, côté bout de pale, du bord d'attaque avant usinage final, selon la même variante du procédé selon l'invention.

Dans l'ensemble de la description les références longitudinales ou latérales se rapportent, respectivement, à la plus grande dimension de la pale, c'est-à-dire à la direction reliant le pied à la tête de l'aube, et à la direction qui lui est perpendiculaire.

En se référant à la figure 1, on voit un insert métallique 1, préférentiellement en titane, destiné à
15 être installé sur un corps d'aube de fan réalisé en matériau composite, pour y former son bord d'attaque. Ce bord d'attaque 1 comprend deux faces, une face extradados 1e et une face intrados 1i, en relation avec l'incidence qu'a l'aube dans le flux d'air à comprimer ; il s'étend entre un pied de pale 2 du côté du point d'accrochage de l'aube et un bout de pale 3 du côté de sa tête. La figure 2 montre le même bord d'attaque 1, en coupe, après finition du profil par un usinage
20 approprié. On constate la finesse des extrémités latérales des faces extradados et intrados, d'où vient la difficulté d'usiner cette partie sans un soutien approprié.

En se référant maintenant aux figures 3 à 6, on voit la succession des opérations de fabrication d'un insert de bord d'attaque, jusque, y non compris, l'opération d'usinage final.

La figure 3 montre, en deux étapes, une opération de formage à chaud d'une tôle 1e en titane
25 afin de lui donner une forme interne qui corresponde approximativement à la forme externe d'un noyau réfractaire, ledit noyau ayant la forme précise à donner à la cavité interne du bord d'attaque 1. Deux tôles sont ainsi formées successivement, dont l'une a vocation à devenir l'extrados 1e du bord d'attaque et l'autre son intrados 1i.

La figure 4 montre un noyau 5, en matériau réfractaire (ou en un alliage métallique, tel que de
30 l'IN100, qui présente un coefficient de dilatation très différent de celui du titane du bord d'attaque), entouré par deux tôles 1e et 1i préformées, comme indiqué précédemment, pour s'adapter au noyau 5 sur une grande partie de leur longueur. On remarque que les deux tôles ne sont pas conformées pour se rejoindre, après assemblage, en se faisant face selon un angle plat au niveau de la pointe du bord d'attaque, mais qu'elles se terminent par des parties qui sont
35 sensiblement parallèles et alignées selon le plan médian du noyau. En conséquence les deux tôles n'enveloppent pas précisément le noyau sur lequel elles vont être assemblées au niveau

de la pointe du bord d'attaque. Un espace résiduel 4 est laissé qui sera résorbé au cours des étapes ultérieures.

Dans cette configuration les tôles sont pré-assemblées par pointage (non visible sur la figure) et soudage TIG (soudage à l'arc avec une électrode non fusible en tungstène, sous atmosphère inerte), afin de les lier l'une à l'autre et les maintenir en place sur le noyau 5.

La figure 5 montre le résultat d'une étape d'assemblage des deux tôles 1e et 1i, autour du noyau réfractaire 5, au moyen d'un soudage par faisceau d'électron (FE). Celui-ci est effectué le long d'un cordon 6, parallèlement aux bords latéraux des tôles, comme indiqué sur la figure 5, mais aussi aux extrémités longitudinales de la pièce (non représentées sur la figure). Il assure ainsi la fermeture de la cavité qui contient le noyau et permet la mise sous vide de cette cavité.

La figure 6 montre le bord d'attaque 1 réalisé après un assemblage des tôles par un procédé de compression isostatique à chaud (ou HIP pour high isostatic pressure). Le procédé HIP génère une déformation des tôles 1e et 1i qui viennent se plaquer contre le noyau 5 dont elles épousent parfaitement la forme. A l'issue de cette étape, les espaces résiduels 4 ont été supprimés. La figure 6 montre également deux lignes de détournement 7 le long desquelles est pratiqué l'enlèvement de la matière excédentaire sur les côtés latéraux du bord d'attaque 1. Le détournement se prolonge également sur les extrémités longitudinales de ce bord d'attaque, en respectant des excroissances du noyau 5 comme cela sera expliqué plus loin.

La figure 7 montre un assemblage de deux tôles renfermant un noyau 5 avant les opérations de détournement et d'usinage final d'un bord d'attaque 1. A chacune de ses deux extrémités longitudinales s'étend respectivement un tourillon de pied 8 et un tourillon de bout d'aube 9. Ces tourillons sont réalisés lors de l'assemblage des deux tôles 1e et 1i, grâce à des extensions de celles-ci qui viennent recouvrir des tenons prévus à cet effet sur le noyau 5 et qui s'assemblent l'une à l'autre lors du soudage-diffusion. Ces tourillons ont pour objet de former un référentiel à la pièce de bord d'attaque 1 pour son positionnement sur la machine-outil qui effectue son usinage final. Tels que représentés sur la figure 7 ces tourillons sont enserrés dans des moyens de bridage 10 de ladite machine-outil, cette dernière n'étant pas représentée.

Sur la figure 8 on voit le bord d'attaque 1 de la figure 7, après les opérations de détournement et d'usinage final. Les parties des tôles qui dépassaient latéralement de la forme à obtenir ont été supprimées par le détournement et la surface du bord d'attaque a été usinée pour obtenir le profil et l'épaisseur recherchés en tout point. A l'intérieur du bord d'attaque 1 le noyau 5 est toujours en place, ce qui a permis l'usinage des tôles, même sur les bords latéraux de l'insert où l'on vise des épaisseurs très fines. Aux extrémités longitudinales du bord d'attaque le noyau reste recouvert du métal des tôles 1e et 1i, ces extrémités ayant vocation à être éliminées, une fois que le profil recherché pour la partie principale du bord d'attaque est atteint. L'opération d'usinage final comprend à cet effet une opération de sectionnement de ces extrémités longitudinales avec les tourillons 8 et 9, pour obtenir le bord d'attaque 1 souhaité.

Les figures 9 et 10 représentent les extrémités longitudinales d'un bord d'attaque 1, respectivement au niveau de son pied de pale 2 et de son bout de pale 3. On voit sur la figure 9 le tourillon de pied de pale 8 formé par le soudage des extensions des deux tôles 1e et 1i, qui viennent recouvrir un tenon de forme cylindrique à base carrée, ou polygonale, s'étendant en
5 extrémité du noyau 5. Ces extensions sont, elles aussi, assemblées par soudure lors de l'assemblage des tôles, afin de permettre la fermeture de l'enceinte interne entourant le noyau et sa mise sous vide préalablement au soudage-diffusion des tôles. L'épaisseur des tôles étant relativement faible, le tourillon de pied de pale 8 prend lui aussi une forme cylindrique à base carrée, avec des faces et des arêtes suffisamment marquées pour qu'elles puissent servir de
10 référence au positionnement spatial du bord d'attaque 1 lors de son usinage final sur une machine-outil adaptée. Du fait que ces tôles s'adaptent à la forme du tenon et que leur épaisseur n'a pas été modifiée au cours des étapes de forgeage, leurs faces et arêtes n'ont pas été altérées au cours de ces étapes et peuvent donc servir valablement de référence pour le positionnement de l'ensemble constitué par le noyau 5 et les tôles 1e et 1i.

15 De même la figure 10 montre le tourillon de bout de pale 9, qui a, ici, une forme cylindrique de révolution, sans que cette forme soit impérative, et qui servira de référence pour le positionnement spatial du bord d'attaque sur la machine-outil de l'usinage final. Alors que la forme cylindrique à base polygonale donnée au tourillon de pied de pale 8 permet une tenue ferme de l'ensemble formé par les tôles et le noyau et son maintien précis lors de l'usinage final,
20 la forme de révolution donnée au tourillon de bout de pale 9 permet une rotation relative du bout de pale 3 par rapport au pied de pale 2 et à son tourillon 8 et évite l'apparition de contrainte en torsion dans cet ensemble pendant l'usinage final.

Sur les pièces représentées sur les figures 9 et 10 l'opération de détourage, qui élimine les extrémités latérales des deux tôles, a été effectuée en contournant les tourillons 8 et 9. Dans
25 une variante de l'invention, illustrée par les figures 11 et 12, le détourage élimine les parties des tôles 1e et 1i qui recouvrent les tenons, respectivement de pied de pale 18 et de bout de pale 19, du noyau 5. Ceux-ci apparaissent alors à l'air libre et servent directement à former le référentiel de positionnement du bord d'attaque 1 sur la machine-outil d'usinage final.

30 On va maintenant décrire l'apport de l'invention lors de la fabrication d'un insert de bord d'attaque en titane pour une aube de fan d'une turbomachine.

La fabrication d'un insert de bord d'attaque, ou de bord de fuite, débute par une opération classique de matriçage qui amène les tôles 1e et 1i dans une forme proche de celle souhaitée
35 pour le bord d'attaque, ou le bord de fuite. Le formage obtenu par ce matriçage n'est utilisé que comme moyen d'approcher la forme voulue, avec pour objectif de simplifier la tâche de formage à chaud ultérieure par compression HIP.

Les deux tôles sont assemblées autour du noyau 5 par une opération de pointage et de soudage TIG, le long des bords latéraux des tôles 1e et 1i pour maintenir ensemble les tôles et le noyau.

5 L'ensemble constitué par les tôles et par le noyau est ensuite placé dans une enceinte de mise sous vide pour la réalisation d'un soudage par faisceau d'électrons. Un cordon de soudure 6 ininterrompu est réalisé à la fois le long des bords latéraux des tôles mais aussi sur leur bords longitudinaux, ce qui permet d'entourer complètement le noyau 5, avec ses tenons 18 et 19, et de refermer l'ensemble. Le vide est ainsi maintenu entre les tôles et le noyau 5, et en particulier dans les espaces résiduels 4 laissés entre les tôles 1e, 1i et les bords du noyau 5.

10 L'ensemble constitué par le noyau 5 et les deux tôles 1e et 1i subit ensuite une opération de compression isostatique à chaud, conduite à une température d'environ 940°C, dans le cas considéré d'un insert en alliage de titane TA6V. A cette température le métal est relativement mou et peut fluer sous l'action de la pression, d'environ 1000 bars, qui lui est appliquée. Lors de ce cycle de conformage sous haute pression et haute température, la pièce titane vient fluer sur
15 le noyau 5, et épouse sa géométrie en supprimant les espaces résiduels 4. En particulier les deux tôles se rejoignent au niveau de la pointe du noyau selon un angle plat et leurs extensions aux extrémités longitudinales viennent recouvrir les tenons 18 et 19 du noyau 5 en reproduisant leur forme. Sous l'effet de la température, de la pression et du temps,, les deux tôles se soudent par diffusion. La combinaison des deux phénomènes conduit à former une cavité interne au
20 bord d'attaque 1 qui a exactement la forme du noyau 5 et qui présente, à sa pointe, un rayon de courbure de la taille désirée.

Le jeu entre les tôles en titane et le noyau, après refroidissement, est très faible (de l'ordre de 15µm). Cela garantit la rigidité de l'ensemble noyau + tôle, qui est nécessaire pour réaliser son usinage sans recourir à des outillages spécifiques. Par ailleurs le noyau est réalisé dans un
25 matériau choisi de façon à ce qu'il n'y ait pas adhérence des tôles sur lui. Ce matériau est généralement un matériau réfractaire, avec lequel il n'y a pas diffusion du titane, ou un matériau métallique ayant un coefficient de dilatation différent de celui utilisé pour les tôles. Ces différences de dilatation évitent, dans ce cas, le collage des tôles 1e et 1i sur le noyau 5 lors de l'opération de compression HIP.

30 En fin de traitement, avant usinage final pour donner la forme extérieure recherchée au bord d'attaque 1, on obtient donc un ensemble composé de la pièce externe en titane dans laquelle le noyau est totalement emprisonné.

La suite du procédé comporte une étape d'enlèvement de la matière excédentaire le long des bords latéraux des deux bords d'attaque, par une opération de découpe selon les lignes de
35 détournage 7. Le détournage contourne les tourillons de pied 8 et de bout de pale 9 dans le cas nominal de l'invention, et découpe les extensions des tôles correspondantes pour faire apparaître les tenons 18 et 19 dans la variante de l'invention.

Alors que la solution pratiquée pour l'usinage final dans l'art antérieur, consistait à usiner la pièce métallique sur un outillage spécifique de maintien après séparation du noyau 5 et de l'insert 1, en utilisant comme référentiels des tourillons positionnés sur l'insert, le procédé selon l'invention consiste à réaliser l'usinage final du profil externe avec l'insert toujours freiné sur le noyau. Le noyau 5 assure ainsi la rigidité de la pièce au cours de l'usinage, et l'utilisation de montages spécifiques et coûteux, pour l'usinage n'est plus nécessaire. L'usinage peut alors être réalisé sur un ensemble (pièce + noyau) massif, qui est facile à brider, à partir d'un référentiel stable qui est issu du noyau 5 et non plus de la pièce 1 à usiner qui, elle, avait subi auparavant toutes les opérations de forgeage. Par ailleurs, la mise en compression de la pièce sur le noyau permet d'usiner la surface totale sans vibrations, et ce, même au niveau des extrémités latérales du bord d'attaque 1 où l'on recherche une très faible épaisseur.

L'opération de réalisation du bord d'attaque, ou du bord de fuite, s'achève par le sectionnement des extrémités longitudinales qui retiennent encore le noyau 5 et la séparation de ce noyau de l'insert métallique fini 1.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un insert métallique (1) pour la protection d'un bord d'attaque ou de fuite d'une aube de turbomachine réalisée en matériau composite, comportant
5 les étapes de :

- mise en forme initiale par matriçage de tôles (1e, 1i) pour les rapprocher de la forme de l'extrados (1e) et de l'intrados (1i) dudit insert,
- réalisation d'un noyau (5) ayant la forme de la cavité interne de l'insert métallique à réaliser, une de ses faces reproduisant la forme interne de l'extrados de l'insert et l'autre face
10 reproduisant la forme interne de l'intrados de l'insert, les deux faces se rejoignant en une pointe reproduisant la forme interne du bord d'attaque ou de fuite,
- positionnement desdites tôles autour dudit noyau, solidarisation des tôles (1e, 1i) et du noyau (5) et fermeture de l'ensemble par soudage,
- mise sous vide de la cavité interne audit ensemble,
- 15 - assemblage de l'ensemble par compression isostatique à chaud,
- réalisation du profil externe de l'insert par un usinage final.

caractérisé en ce que ledit usinage final est réalisé avant une désolidarisation du noyau (5) d'avec l'insert (1).

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel le noyau (5) comporte au moins
20 une face formant référentiel pour le positionnement dudit ensemble sur la ou les machines-outils servant à l'usinage final de l'insert.

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel ladite face est portée par un tenon (18, 19) s'étendant à une des extrémités longitudinales du noyau, en dehors du volume délimité par l'insert après l'usinage final.

25 4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel le noyau (5) comporte un tenon à chacune de ses extrémités longitudinales.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4 dans lequel le positionnement dudit ensemble sur la machine d'usinage final est assuré par la coopération de moyens de bridage (10) solidaires de ladite machine, avec ledit tenon (18,19), au moins une tôle (1e, 1i)
30 restant intercalée entre la face dudit tenon et ledit moyen de bridage.

6. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4 comportant, antérieurement à l'étape d'usinage final, une étape de découpe d'au moins une tôle (1e, 1i) pour donner accès à la face dudit tenon (18,19).

7. Noyau ayant la forme de la cavité interne d'un insert métallique destiné à la
35 protection d'un bord d'attaque ou de fuite d'une aube de turbomachine réalisée en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un tenon (18, 19) s'étendant à une de ses extrémités longitudinales en dehors du volume délimité par l'insert en fin de réalisation, apte à former un référentiel pour son positionnement sur une machine-outil.

8. Noyau selon la revendication 7 comportant à une de ses extrémités longitudinales un tenon (18) cylindrique à section polygonale.

9. Noyau selon la revendication 8 comportant à son autre extrémité longitudinale un tenon cylindrique à section circulaire.

5 10. Aube de turbomachine comportant un insert réalisé par un procédé selon l'une des revendications 1 à 6.

1 / 5

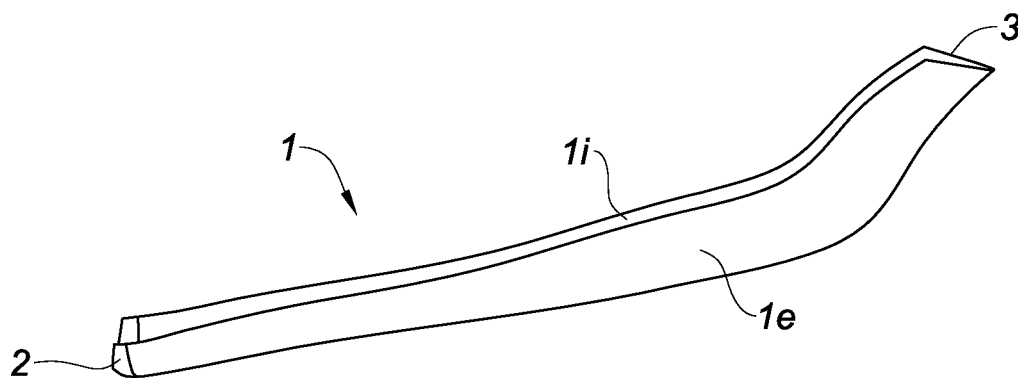


Fig. 1

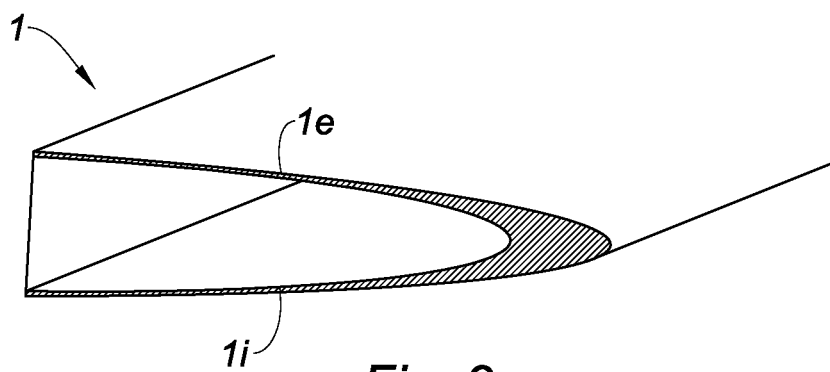


Fig. 2

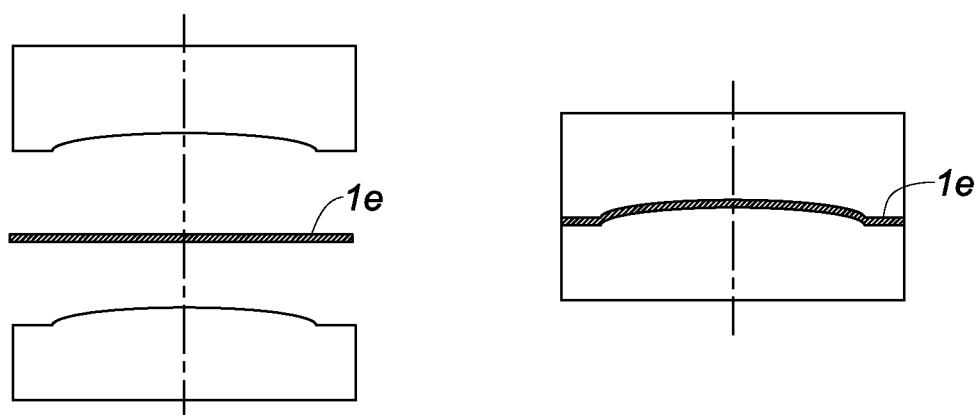


Fig. 3

2 / 5

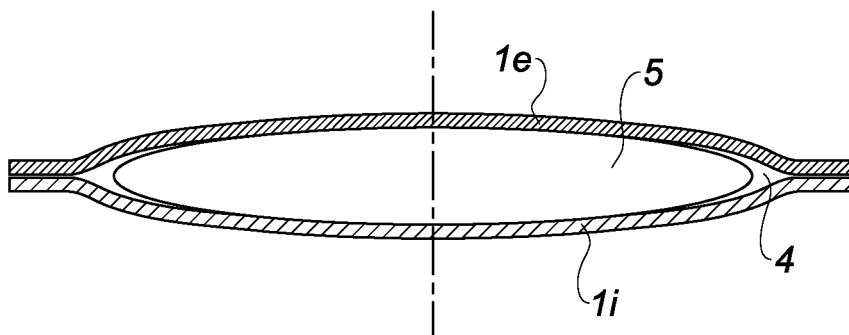


Fig. 4

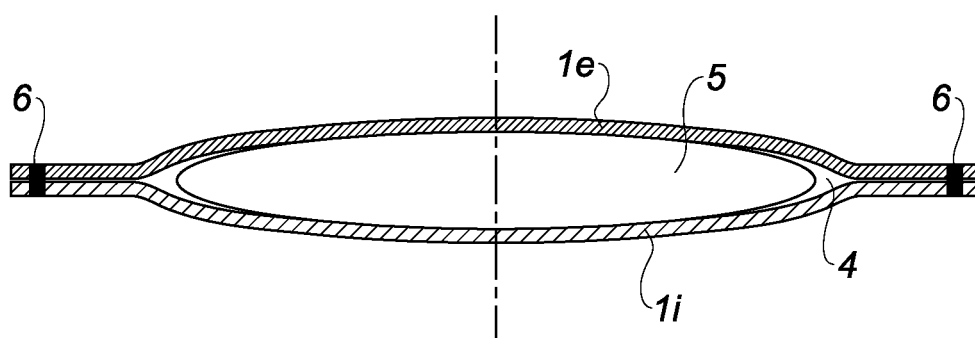


Fig. 5

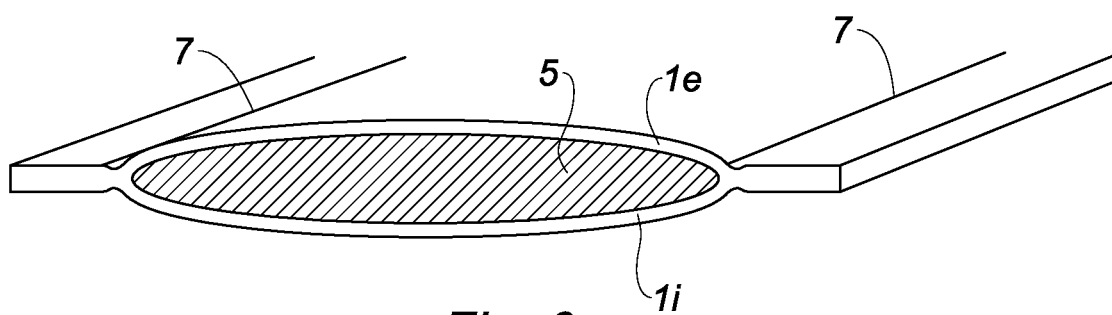


Fig. 6

3 / 5

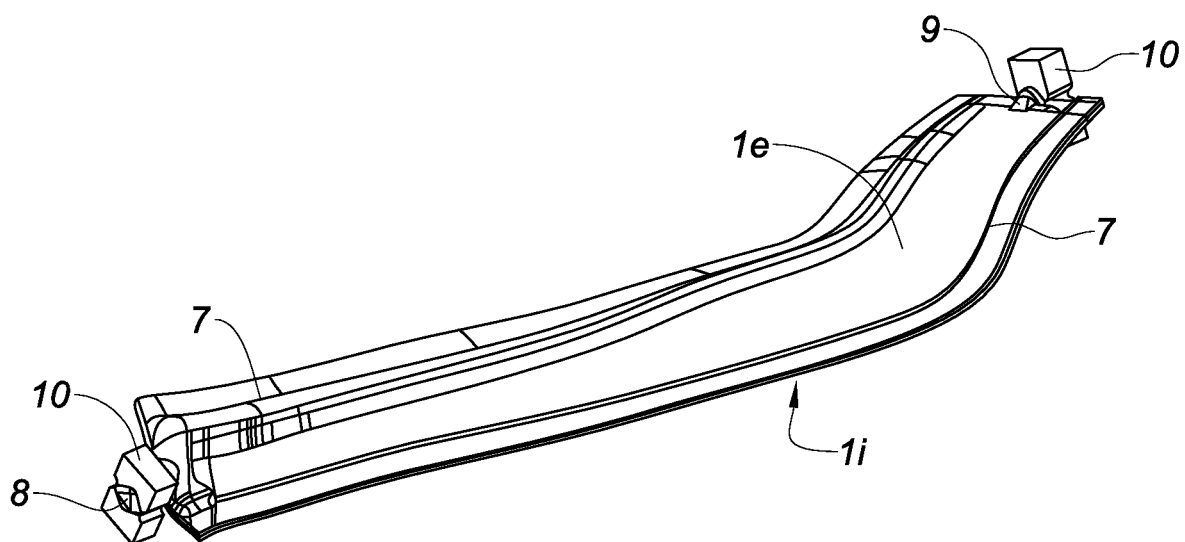


Fig. 7

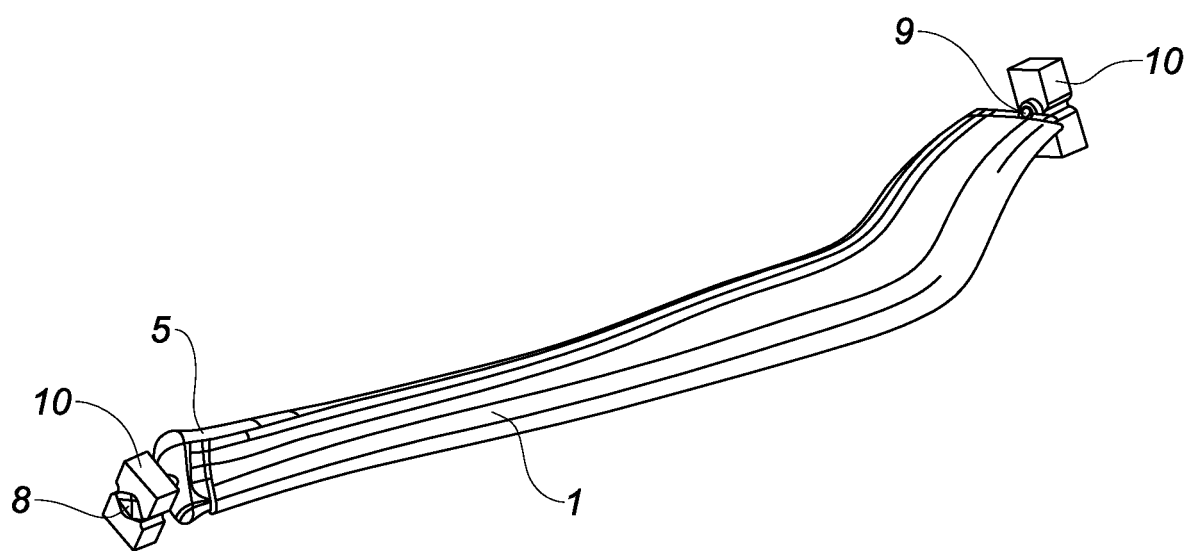
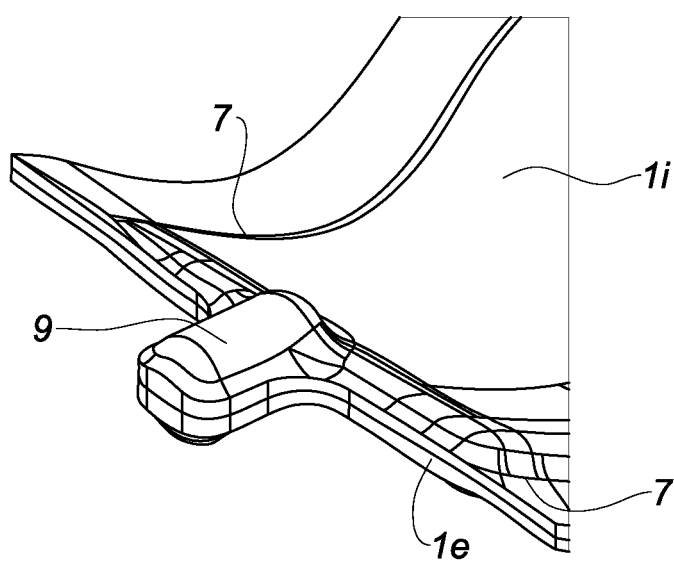
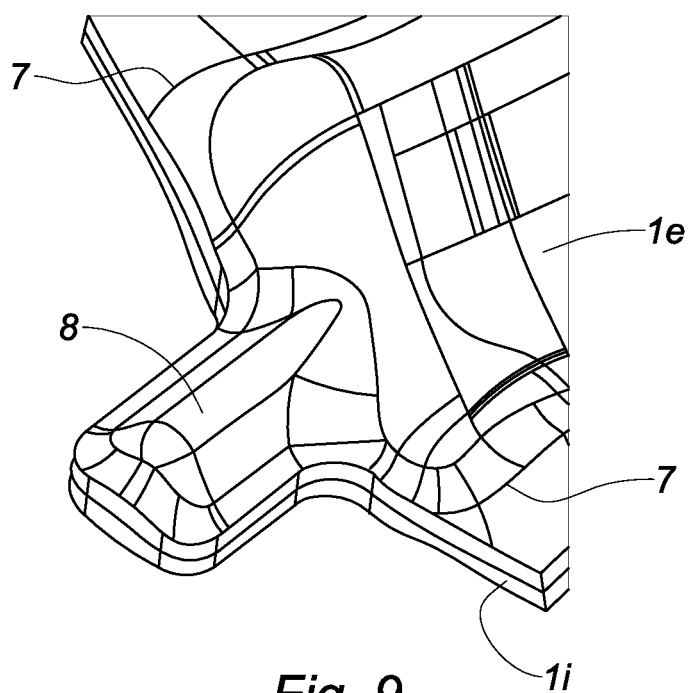


Fig. 8

4 / 5



5 / 5

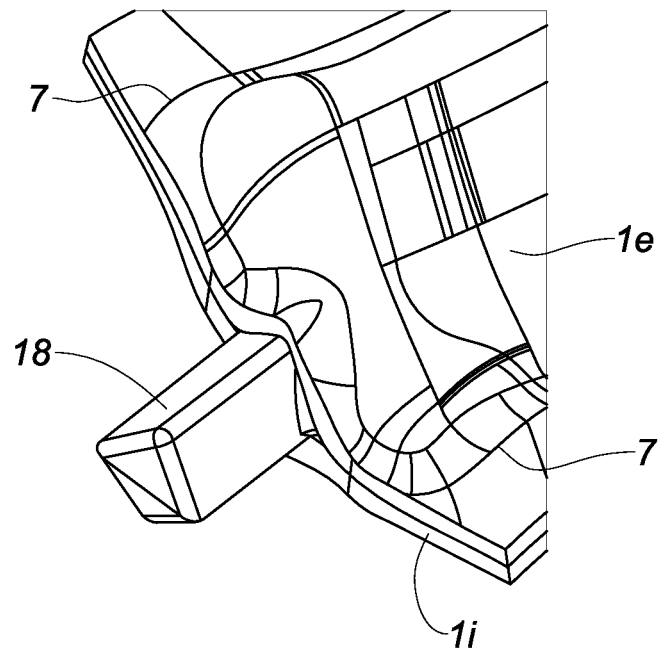


Fig. 11

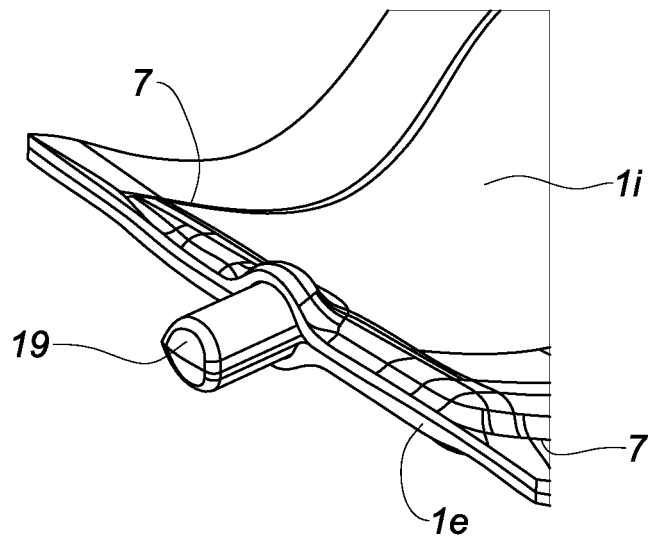


Fig. 12



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 753483
FR 1155124

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2009/039282 A1 (BARNES GROUP INC [US]; VAN DYKE KEVIN [US]; STREETER GIGI [US]; DREHER) 26 mars 2009 (2009-03-26)	7,10	B23P15/04
Y	* alinéas [0003], [0004], [0006],	1	
A	[0036], [0038], [0048], [0060]; figures *	2-6,8,9	
	* le document en entier *		
X	US 2009/165299 A1 (CAMMER JERALD C [US]) 2 juillet 2009 (2009-07-02)	10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B23P B21D B23K F01D F04D B64C B22F
Y	* alinéa [0018]; figure 6 *	1	
A		2-9	
A,D	EP 1 574 270 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 14 septembre 2005 (2005-09-14) * le document en entier *	1-10	
A	FR 2 319 008 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18 février 1977 (1977-02-18) * page 1, ligne 1 - ligne 6 * * page 2, ligne 26 - ligne 37 * * page 3, ligne 13 - page 4, ligne 34 * * figures 1-4 *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 janvier 2012		Sérgio de Jesus, E	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1155124 FA 753483**

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 20-01-2012

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 au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2009039282	A1	26-03-2009	AU 2008302241	A1 26-03-2009
			CA 2699952	A1 26-03-2009
			CN 101827682	A 08-09-2010
			EP 2274131	A1 19-01-2011
			JP 2010538839	A 16-12-2010
			RU 2010115350	A 27-10-2011
			WO 2009039282	A1 26-03-2009

US 2009165299	A1	02-07-2009	CN 101952065	A 19-01-2011
			EP 2229248	A2 22-09-2010
			US 2009165299	A1 02-07-2009
			US 2011010937	A1 20-01-2011
			WO 2009108253	A2 03-09-2009

EP 1574270	A1	14-09-2005	CN 1644304	A 27-07-2005
			EP 1574270	A1 14-09-2005
			FR 2867096	A1 09-09-2005
			JP 2005256838	A 22-09-2005
			US 2005278950	A1 22-12-2005

FR 2319008	A1	18-02-1977	FR 2319008	A1 18-02-1977
			GB 1550942	A 22-08-1979
			JP 52015460	A 05-02-1977
			US 4010530	A 08-03-1977
