

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

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

3 028 882

②1 N° d'enregistrement national : **14 61247**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 01 D 11/12 (2015.01)**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 PROCÉDE DE REALISATION D'UN REVETEMENT ABRADABLE MULTICOUCHES AVEC STRUCTURE TUBULAIRE INTEGREE, ET REVETEMENT ABRADABLE OBTENU PAR UN TEL PROCÉDE.

②2 Date de dépôt : 20.11.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.05.16 Bulletin 16/21.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 28.05.21 Bulletin 21/21.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦2 Inventeur(s) : LE BIEZ PHILIPPE, CHARLES, ALAIN, MONTFORT PIERRE MARIE, PAIXAO ADRIEN et SELEZNEFF SERGE, GEORGES, VLADIMIR.

⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

FR 3 028 882 - B1



Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un revêtement abradable destiné à être utilisé sur un carter de soufflante de turbomachine.

Les parties mobiles d'une turbomachine, en particulier les aubes de soufflante destinées à créer une partie du flux gazeux entrant dans une turbomachine, doivent être mises en contact intime avec le carter de la soufflante notamment pour éviter des phénomènes indésirables, comme par exemple un décollement de couche limite. Des revêtements abradables destinés à être usés par contact par le sommet de ces aubes mobiles sont ainsi généralement disposés sur la face interne d'un carter de soufflante afin de pallier cet inconvénient et d'assurer un meilleur rendement de la turbomachine.

Les revêtements abradables utilisés traditionnellement sont constitués d'une couche de matériau abradable qui est déposée sur des pistes d'abradable situées sur le carter de soufflante en regard du sommet des aubes mobiles. La couche de matériau abradable est déposée sur une piste d'abradable puis calandré à une épaisseur prédéterminée et finalement solidifiée, par exemple par polymérisation à chaud.

On connaît aussi du document EP 1413771 un revêtement abradable comportant une plaque réalisée en matériau nids d'abeilles et un revêtement disposé sur la face de la plaque tournée en direction opposée aux aubes et muni de trous débouchant dans des cellules de la plaque formant notamment des cellules ouvertes.

Par ailleurs, le carter de soufflante, au vu de sa localisation, peut être soumis à des impacts d'objets à grande vitesse, comme des morceaux de glace. Les impacts d'objets créent une onde de compression qui provoque des efforts de cisaillement se propageant à l'interface entre le carter et le revêtement abradable sur des longueurs importantes. Dans le cas des revêtements précités, ces impacts peuvent engendrer des dommages importants comme des décollements de grandes surfaces de revêtement abradable et mettre ainsi le carter à nu. Ces décollements réduisent l'efficacité globale de la turbomachine, et nécessitent un entretien important et régulier qui consiste souvent à remplacer la totalité

de la piste d'abradable qui a été endommagée. Les opérations d'entretien sont généralement lourdes et coûteuses, le volume de matériau à remplacer pouvant être important, en particulier sur les nouveaux types de turbomachines dans lesquels des carters de soufflante « à grand jeu »
5 nécessitent un revêtement abradable qui peut avoir une épaisseur jusqu'à quatre fois plus importante que dans les modèles précédents.

Il existe donc un besoin de disposer d'un procédé de réalisation d'un revêtement abradable qui minimise les inconvénients précités.

10 Objet et résumé de l'invention

La présente invention a pour but de fournir un procédé de réalisation d'un revêtement abradable qui permette de réduire les dégâts causés par des impacts d'objets à grande vitesse sur un carter de soufflante de turbomachine, et ainsi réduire la fréquence et le coût des réparations du revêtement abradable.
15

Ce but est atteint grâce à un procédé de réalisation d'un revêtement abradable pour carter de soufflante de turbomachine, comprenant les étapes suivantes :

20 le dépôt d'au moins une première couche de matériau abradable sur une piste d'abradable d'un carter de soufflante,

l'insertion d'au moins une structure à cellules tubulaires dans la première couche de matériau abradable de sorte que le matériau abradable de la première couche remplisse au moins partiellement
25 l'ensemble des cellules tubulaires de ladite structure à cellules tubulaires,

le dépôt d'au moins une deuxième couche de matériau abradable de sorte à immerger complètement la structure à cellules tubulaires dans le matériau abradable des première et deuxième couches, et

30 la solidification des première et deuxième couches de matériau abradable.

La surface supérieure de la structure à cellules tubulaires délimite une interface à l'intérieur du matériau abradable qui permet de limiter le décollement du revêtement à une couche superficielle de
35 matériau abradable lors d'un impact. La deuxième couche de matériau abradable peut ainsi avoir un rôle sacrificiel et protéger la première

couche de matériau abradable sous-jacente. Dans ce cas, le carter n'est pas à nu et la réparation de la partie d'abradable décollée suite à un impact peut se faire localement sans nécessiter de remplacer toute la piste d'abradable concernée. En outre, le volume de matériau abradable à réparer est réduit grâce à cette disposition.

De préférence, le procédé comprend aussi une étape de réalisation de rainures et/ou de motifs répartis sur la surface de la structure débouchant au niveau d'une surface de la structure à cellules tubulaires opposée à la piste d'abradable.

Dans ce cas, les rainures et motifs réalisés dans la structure (par exemple par usinage) permettent d'amortir encore plus efficacement les efforts de cisaillement créés lors d'un impact dans la deuxième couche de matériau abradable, et limitent ainsi la surface de matériau abradable qui serait susceptible de se décoller.

La structure à cellules tubulaires peut avoir une épaisseur sensiblement égale à celle de la première couche de matériau abradable.

Avec cette configuration, l'interface entre la première couche de matériau abradable et la deuxième couche de matériau abradable se confond avec la surface de la structure à cellules tubulaires qui est opposée à la piste d'abradable. Ainsi, si un décollement a lieu suite à un impact, il sera préférentiellement localisé à cette interface, évitant plus efficacement d'abîmer la structure à cellules tubulaires sous-jacente et réduisant l'ampleur des réparations nécessaires.

De préférence également, la structure à cellules tubulaires comporte des cellules tubulaires en forme de nids d'abeilles.

Les structures à cellules tubulaires de type nids d'abeilles, connues en soi, ont l'avantage d'être facilement disponibles et peu coûteuses.

De préférence encore, la structure à cellules tubulaires est constituée de plusieurs panneaux distincts possédant chacun des tailles de cellules tubulaires différentes.

Ainsi, on dispose d'un revêtement abradable qui aura des propriétés différentes selon son positionnement sur le carter. Par exemple, en amont ou en aval de la veine d'écoulement, la taille des cellules peut être différente selon la propension de la zone à être impactée par des

objets de tailles plus ou moins importantes, ou selon la géométrie des aubes de soufflante.

5 Préférentiellement, la structure à cellules tubulaires a une épaisseur comprise entre 10% et 50% d'une épaisseur finale du revêtement abrasable.

10 Dans ce cas, la couche superficielle de matériau abrasable est suffisamment épaisse pour assurer une bonne abrasabilité au contact des aubes tout en évitant que ce soit la première couche de matériau abrasable dans laquelle est insérée la structure tubulaire qui soit usée par les aubes de soufflante.

Le matériau abrasable de la première couche est de préférence identique à celui de la deuxième couche.

15 L'invention a également pour objet un revêtement abrasable pour carter de soufflante de turbomachine qui comporte au moins une structure à cellules tubulaires complètement immergée dans un matériau abrasable.

De préférence, la structure à cellules tubulaires complètement immergée dans un matériau abrasable comporte des rainures et/ou des motifs débouchant au niveau d'une surface de ladite structure.

20 L'invention a encore pour objet un carter de turbomachine comportant un revêtement abrasable tel que défini précédemment ou réalisé par un procédé tel que décrit précédemment, et une turbomachine comportant un tel carter.

25 Brève description des dessins

30 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue très schématique d'une turbomachine ;
- la figure 2 est une vue en coupe axiale agrandie montrant un profil de carter de soufflante pour une turbomachine telle que celle de la figure 1 ;
- 35 – les figures 3A, 3B et 3C sont des vues schématiques décrivant différentes étapes de réalisation d'un revêtement abrasable pour

un carter de soufflante de turbomachine selon un mode de réalisation de l'invention ;

5 - les figures 4A et 4B sont des vues en coupe schématiques d'une même partie d'un revêtement abrasable selon une variante de réalisation de l'invention ; et

- la figure 5 est une vue schématique d'une partie d'un revêtement abrasable selon une autre variante de réalisation de l'invention.

10 Description détaillée de l'invention

L'invention sera décrite ci-après dans le cadre de son application à la réalisation d'un revêtement abrasable pour carter de soufflante de turbomachine.

15 Une telle turbomachine, comme montré très schématiquement par la figure 1 comprend, de l'amont vers l'aval dans le sens de l'écoulement du flux gazeux, une soufflante 1 disposée en entrée du moteur, un compresseur 2, une chambre de combustion 3, une turbine haute-pression 4 et une turbine basse pression 5. Les turbines HP et BP
20 sont couplées respectivement au compresseur et à la soufflante par des arbres coaxiaux respectifs.

La turbomachine est logée à l'intérieur d'un carter comprenant plusieurs parties correspondant à différents éléments du moteur. Ainsi, la soufflante 1 est entourée par un carter de soufflante 10.

25 La figure 2 montre un profil de carter de soufflante 10. La surface interne 11 du carter définit la veine d'entrée d'air. Elle est munie d'un revêtement abrasable 12 selon l'invention déposé sur une piste d'abrasable 14 du carter au droit de la trajectoire des sommets d'aubes de la soufflante, une aube 6 étant partiellement montrée de façon très
30 schématique.

La figure 3A illustre une première étape d'un procédé selon l'invention, et montre un carter 10 de soufflante possédant une surface interne 11 et une piste d'abrasable 14 destinée à accueillir un revêtement abrasable.

35 Selon l'invention, une première couche de matériau abrasable 16 est déposée sur la piste d'abrasable 14 du carter 10. On peut procéder

ensuite au calandrage de cette couche à une hauteur prédéterminée e qui est inférieure à la hauteur finale L (figure 3C) souhaitée pour le revêtement abrasable 12.

5 Le matériau abrasable de cette première couche peut comprendre, par exemple, une résine époxy ou une résine de silicone dont la solidification nécessitera une polymérisation à chaud.

10 Une fois la première couche de matériau abrasable 16 déposée et calandree sur la piste d'abrasable 14, on insère une structure à cellules tubulaires 18 dans la première couche de matériau abrasable 16 comme montré sur la figure 3B. Le matériau abrasable de la première couche 16 remplit au moins partiellement l'ensemble des cellules tubulaires de la structure à cellules tubulaires 18. Il est possible d'effectuer, comme précédemment, une étape de calandrage supplémentaire pour obtenir une homogénéité de matériau abrasable dans l'ensemble des cellules de la

15 structure à cellules tubulaires 18.

La structure à cellules tubulaires 18 montrée à titre d'exemple sur les figures 3B et 3C est du type à nids d'abeille et possède une surface interne 19 opposée à la piste d'abrasable 14 du carter 10. Plus précisément, sur l'exemple de la figure 3B, l'épaisseur de la structure à

20 cellules tubulaires est égale à l'épaisseur e de la première couche de matériau abrasable 16 déposée sur la piste d'abrasable 14.

De façon connue en soi, les structures à cellules tubulaires 18 de type nids d'abeilles peuvent être composées d'une base de fibres aramides coupées et d'un liant en polymère aramide, ou bien encore en

25 polypropylène, en aluminium ou tout autre base métallique.

Selon une particularité de l'invention, la structure à cellules tubulaires 18 peut avoir une épaisseur comprise entre 10% et 50% de l'épaisseur finale L du revêtement abrasable.

30 Une fois la structure à cellules tubulaires 18 insérée dans la première couche 16 et un éventuel calandrage effectué, une deuxième couche 20 de matériau abrasable est déposée de sorte que la structure à cellules tubulaires 18 soit complètement immergée dans le matériau abrasable des première 16 et deuxième 20 couches, comme visible sur la figure 3C. En d'autres termes, la structure à cellules tubulaires 18 est

35 entièrement noyée dans le matériau abrasable des première et deuxième couches, toutes les cellules étant non débouchant. Un calandrage peut

ensuite être réalisé pour obtenir une épaisseur finale prédéterminée L du revêtement abrasable 12.

On notera qu'il est avantageux d'utiliser le même matériau abrasable pour réaliser les première et deuxième couches de matériau abrasable 16, 20.

Après avoir déposé les deux couches 16, 20 de matériau abrasable dans lesquelles est noyée la structure à cellules tubulaires 18, l'étape suivante consiste à solidifier les matériaux abrasables déposés, par exemple en effectuant une polymérisation à chaud dans le cas de résines époxy ou silicone.

Alternativement, il est aussi envisageable de solidifier la première couche 16 de matériau abrasable une fois la structure à cellules tubulaires en place, puis de solidifier la deuxième couche 20 de matériau abrasable une fois qu'elle a été déposée et éventuellement calandree à l'épaisseur finale L du revêtement abrasable.

Sur les figures 4A et 4B, le revêtement abrasable 12' selon une variante de réalisation de l'invention comporte deux couches de matériau abrasable 16', 20' dans lesquelles est immergée complètement une structure à cellules tubulaires 18' du type nids d'abeilles. Comme décrit précédemment, l'épaisseur e de la structure tubulaire 18' est sensiblement égale à l'épaisseur de la première couche de matériau abrasable, et comprise entre 10% et 50% de l'épaisseur finale L du revêtement abrasable.

Dans ce mode de réalisation, la structure tubulaire 18' a été préalablement usinée pour réaliser des rainures et/ou des motifs 22a, 22b, 22c, 22d, débouchant au niveau de la surface interne 19' opposée à la piste d'abrasable 14. Ces rainures ou motifs sont sensiblement perpendiculaires à la surface interne 19' de la structure à cellules tubulaires 18' comme montré sur la figure 4B. Comme illustré sur les figures 4A et 4B, les rainures et les motifs 22a, 22b, 22c, 22d peuvent être de formes géométriques et de profondeurs variées. Il est cependant possible d'effectuer des rainures ou des motifs 22a, 22b, 22c, 22d qui sont identiques et espacés régulièrement sur la circonférence du revêtement abrasable 12 le long de la périphérie du carter 10.

Le revêtement abrasable 12'' selon encore un autre mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 5 comprend deux

structures à cellules tubulaires distinctes 18''a et 18''b qui sont ajustées l'une contre l'autre et qui possèdent des tailles de cellule \underline{a} , \underline{b} différentes. Pour réaliser un tel revêtement, on insère les deux panneaux 18''a, 18''b dans une première couche de matériau abradable, puis on immerge
5 complètement les deux panneaux dans du matériau abradable en déposant une deuxième couche de matériau abradable.

La structure à cellules tubulaires 18''a est par exemple positionnée sur une partie amont de la piste d'abradable 14 du carter et la structure à cellules tubulaires 18''b est positionnée sur une partie aval de
10 la piste d'abradable 14 du carter.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un revêtement abrasable
 (12,12',12'') pour carter (10) de soufflante de turbomachine, comprenant
 5 les étapes suivantes :

le dépôt d'au moins une première couche (16,16') de matériau
 abrasable sur une piste d'abrasable (14) d'un carter de soufflante,

l'insertion d'au moins une structure à cellules tubulaires
 (18,18',18''a,18''b) dans la première couche de matériau abrasable de
 10 sorte que le matériau abrasable de la première couche remplisse au moins
 partiellement l'ensemble des cellules tubulaires de ladite structure à
 cellules tubulaires,

le dépôt d'au moins une deuxième couche (20,20') de matériau
 abrasable de sorte à immerger complètement la structure à cellules
 15 tubulaires dans le matériau abrasable des première et deuxième couches
 (16 et 20,16' et 20'), toutes les cellules de la structure à cellules tubulaires
 étant non débouchant, et

la solidification des première et deuxième couches (16 et 20,16'
 et 20') de matériau abrasable.

20

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une
 étape préalable de réalisation de rainures et/ou de motifs répartis sur la
 surface de la structure (22a,22b,22c,22d) débouchant au niveau d'une
 surface (19,19') de la structure à cellules tubulaires opposée à la piste
 25 d'abrasable.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2,
 caractérisé en ce que la structure à cellules tubulaires a une épaisseur (e)
 sensiblement égale à celle de la première couche de matériau abrasable
 30 (16,16').

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,
 caractérisé en ce que la structure à cellules tubulaires comporte des
 cellules tubulaires en forme de nids d'abeilles.

35

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la structure à cellules tubulaires est constituée de plusieurs panneaux distincts (18''a,18''b) possédant chacun des tailles de cellules tubulaires (a,b) différentes.

5

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la structure à cellules tubulaires a une épaisseur (e) comprise entre 10% et 50% d'une épaisseur finale du revêtement abrasable (L).

10

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le matériau abrasable de la première couche est identique à celui de la deuxième couche.

15

8. Revêtement abrasable (12,12',12'') pour carter (10) de soufflante de turbomachine, caractérisé en ce qu'il comporte une première couche (16,16') de matériau abrasable, une deuxième couche de matériau abrasable (20,20'), et au moins une structure à cellules tubulaires (18,18',18''a,18''b) complètement immergée dans le matériau abrasable des première et deuxième couches (16 et 16',20 et 20'), toutes les cellules de la structure à cellules tubulaires étant non débouchant, la structure à cellules tubulaires comportant des rainures et/ou des motifs (22a,22b,22c,22d) débouchant au niveau d'une surface (19,19') de ladite structure destinée à être opposée à une piste d'abrasable d'un carter de soufflante de turbomachine.

20

25

9. Carter de turbomachine comportant un revêtement abrasable selon la revendication 8.

30

10. Turbomachine comportant un carter selon la revendication 9.

1/3

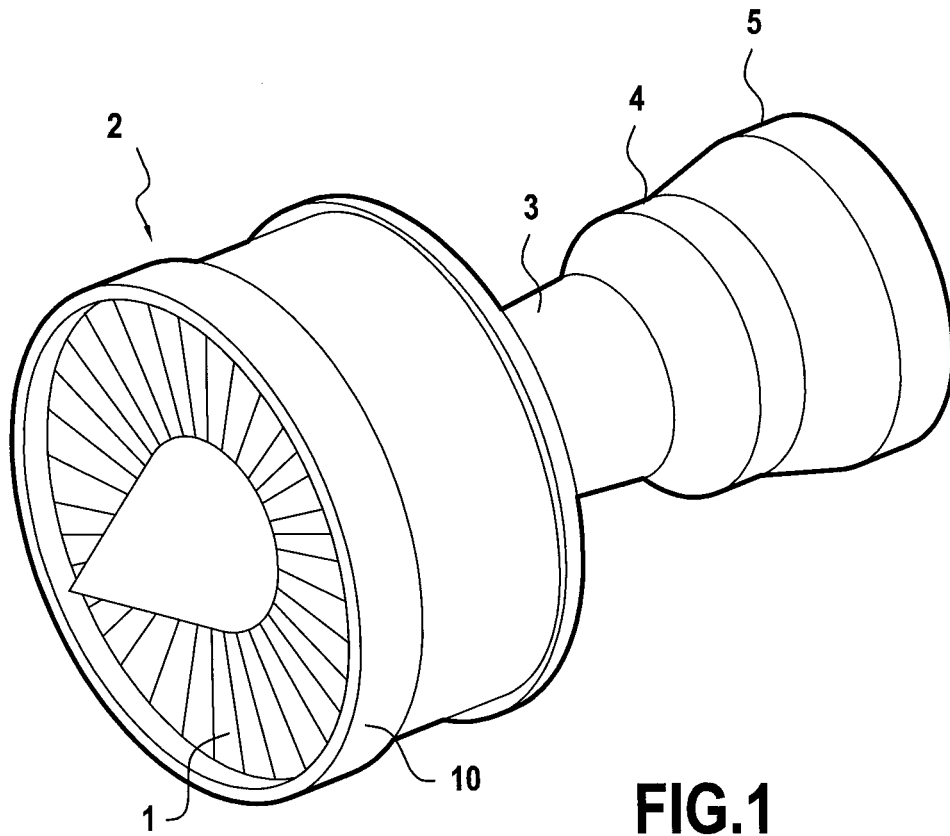


FIG. 1

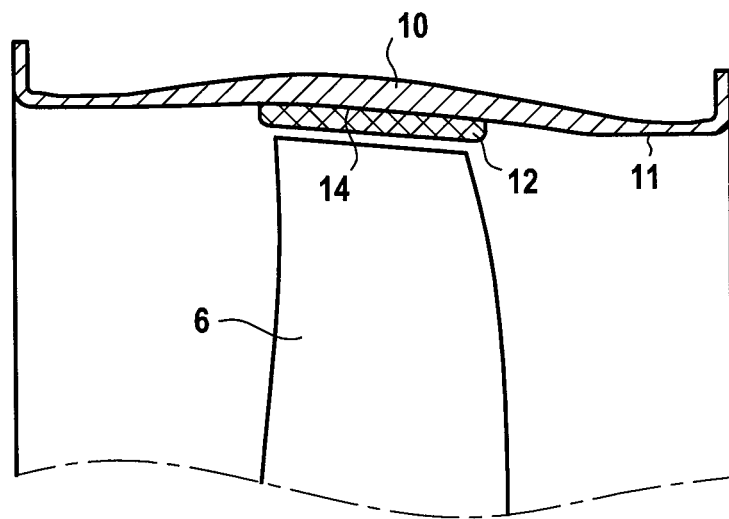


FIG. 2

FIG.3A

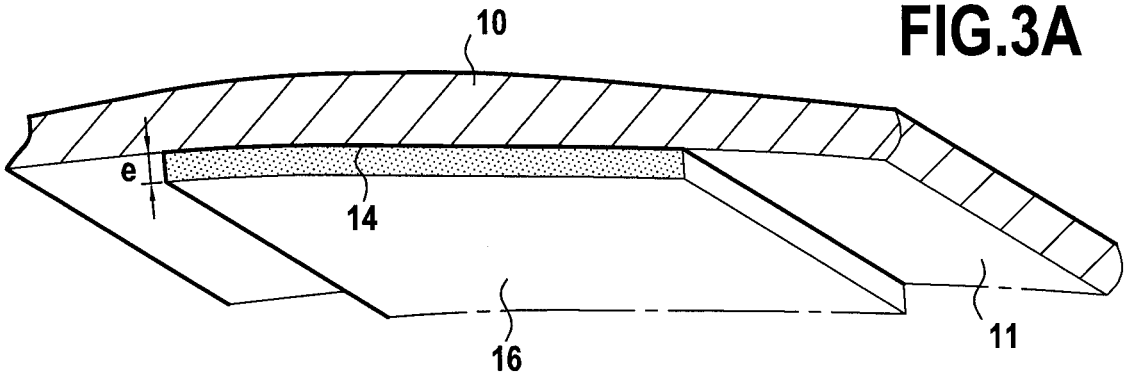


FIG.3B

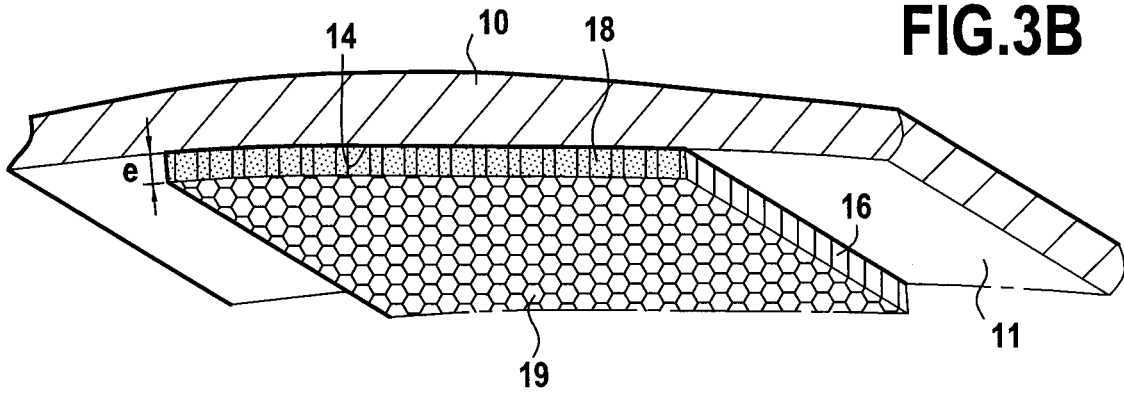
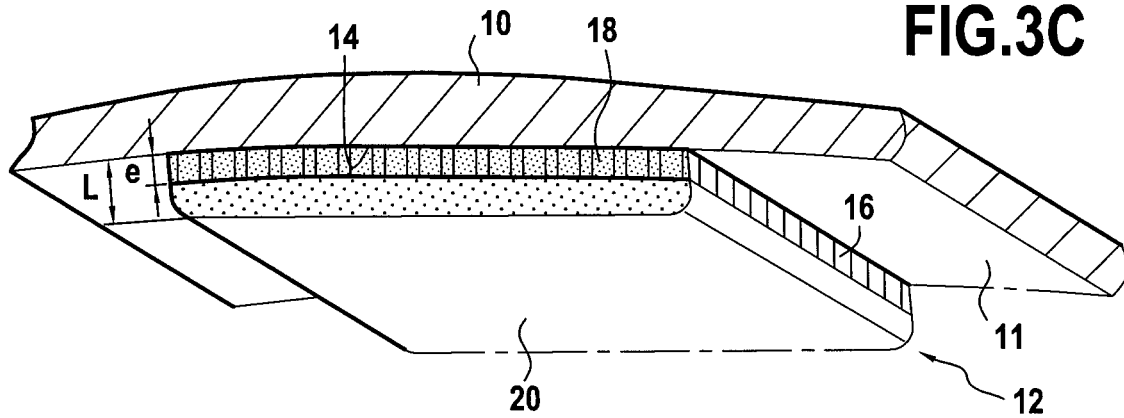
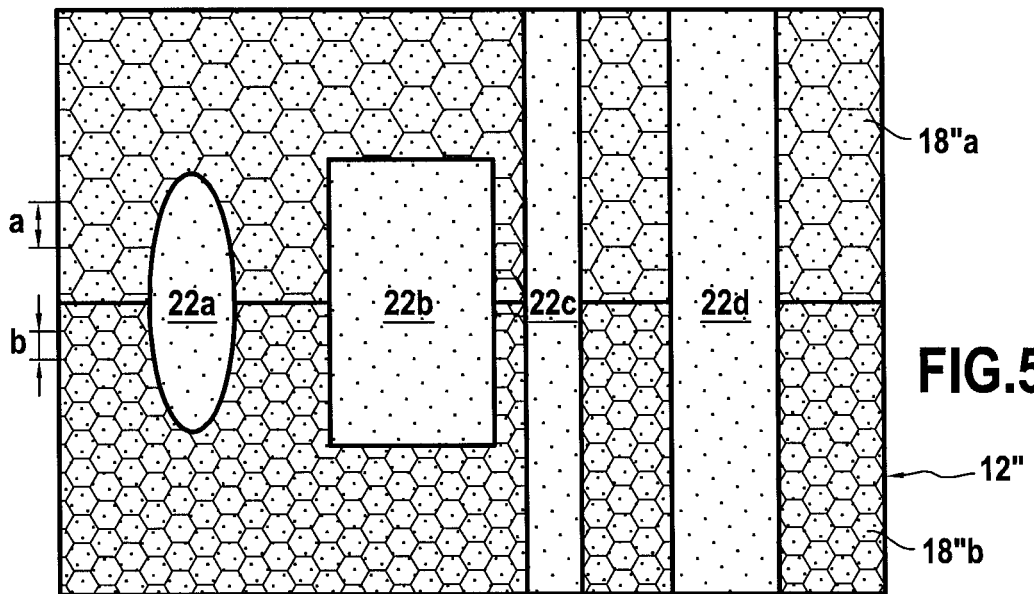
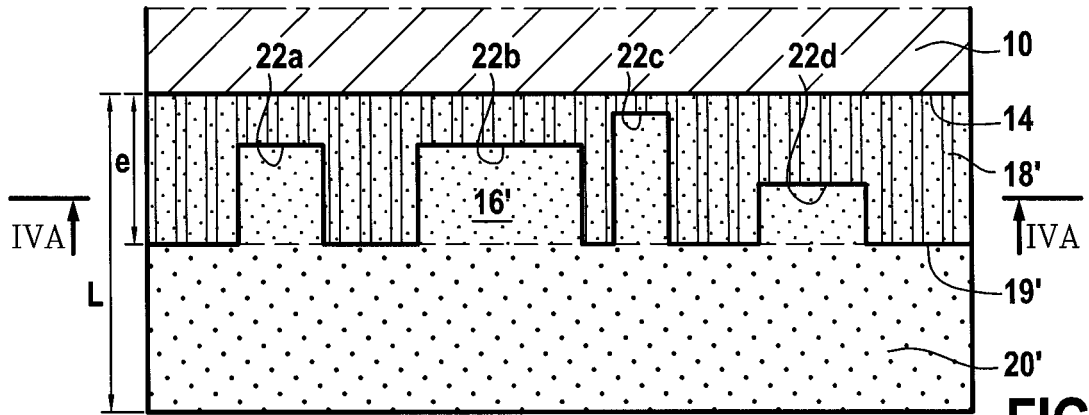
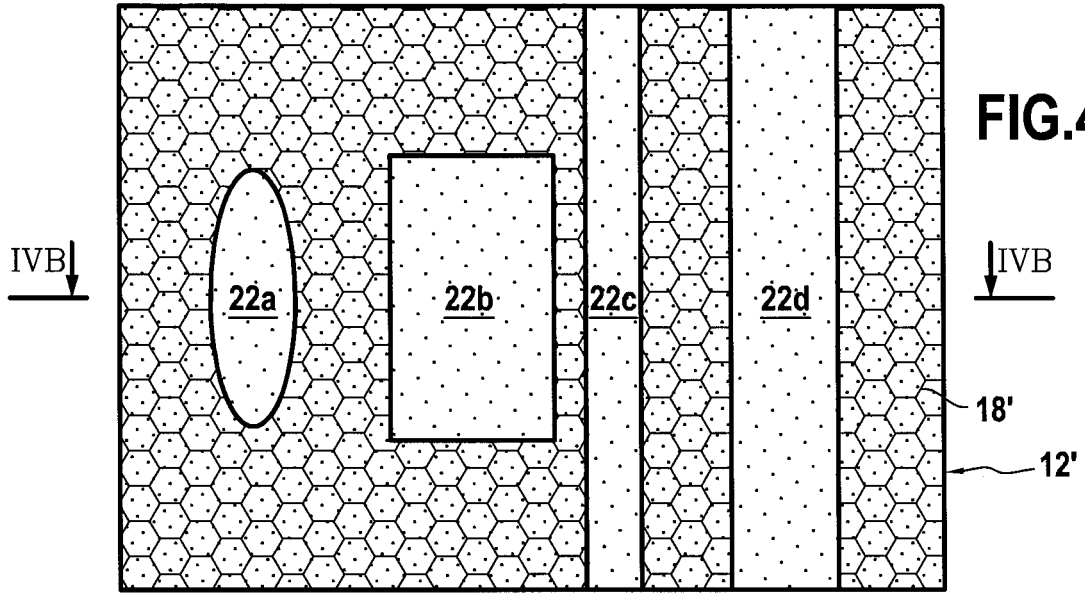


FIG.3C





RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

US 2014/150262 A1 (LE BORGNE BENEDICTE MARIE [FR] ET AL) 5 juin 2014 (2014-06-05)

DE 10 2009 034025 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 27 janvier 2011 (2011-01-27)

US 5 080 934 A (NAIK SUBHASH K [US] ET AL) 14 janvier 1992 (1992-01-14)

US 4 687 691 A (KAY BRUCE F [US]) 18 août 1987 (1987-08-18)

US 2 744 042 A (PACE HENRY A) 1 mai 1956 (1956-05-01)

EP 0 192 162 A2 (CHROMALLOY AMERICAN CORP [US]) 27 août 1986 (1986-08-27)

US 4 349 313 A (MUNROE ALAN D ET AL) 14 septembre 1982 (1982-09-14)

EP 0 359 099 A2 (IMI TECH CORP [US]) 21 mars 1990 (1990-03-21)

JP S61 149506 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 8 juillet 1986 (1986-07-08)

DE 10 2005 041830 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 8 mars 2007 (2007-03-08)

US 4 409 054 A (RYAN EDWARD J [US]) 11 octobre 1983 (1983-10-11)

US 4 329 308 A (LANGER HERBERT ET AL) 11 mai 1982 (1982-05-11)

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

NEANT

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

NEANT