

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
10 avril 2014 (10.04.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/053754 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B22F 3/15 (2006.01) *B22F 7/08* (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01) *F01D 25/00* (2006.01)

(74) Mandataires : **BERBINAU, Pierre** et al.; Cabinet Beau de Lomenie, 158 rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052316

(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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(22) Date de dépôt international :
30 septembre 2013 (30.09.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1259511 5 octobre 2012 (05.10.2012) FR

(71) Déposant : **SNECMA** [FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur : **FERRER, Laurent**; c/o Snecma PI (Aji), Rond-Point René Ravaud-Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR).

(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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR INCORPORATING ABRADABLE MATERIAL INTO A HOUSING BY ISOSTATIC PRESSING

(54) Titre : PROCÉDE POUR L'INTEGRATION DE MATERIAU ABRADABLE DANS UN LOGEMENT PAR COMPRES-SION ISOSTATIQUE

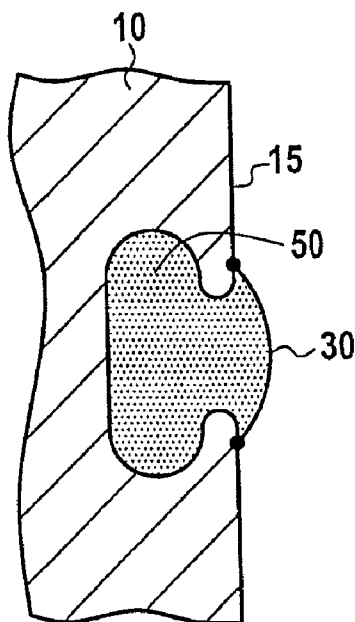


FIG.1C

(57) Abstract : A method for producing a part (10) having a housing (20) that comprises an opening (25) that opens onto a free surface (15) of said part (10). The method comprises the following steps: (a) Closing the opening (25) with a sheath (30), the sheath having a discharge port (31) and a filling port (32), (b) Filling the housing (20) with an abrasible material (50) consisting of particles by using the filling port (32), and creating a vacuum in the housing (20) by using the vacuum port (31), (c) Sealingly closing the ports (31, 32), (d) Deforming the sheath (30) in such a way as to compress the abrasible material (50) in the housing (20) and heating the abrasible material (50) to a temperature higher than 150°C until the abrasible material (50) sinters, (e) Subsequently lowering the temperature and the pressure.

(57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une pièce (10) présentant un logement (20) qui comprend une ouverture (25) débouchant sur une surface libre (15) de cette pièce (10). Le procédé comprend les étapes suivantes : (a) On ferme l'ouverture (25) avec une gaine (30), la gaine présentant un orifice de vide (31) et un orifice de remplissage (32), (b) On remplit le logement (20) avec un matériau abrasible (50) constitué de particules en utilisant l'orifice de remplissage (32), et on fait le vide dans le logement (20) à l'aide de l'orifice de vide (31), (c) On ferme de façon étanche les orifices (31, 32), (d) On déforme la gaine

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/053754 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, **Publiée :**

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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

(30) de façon à effectuer une compression du matériau abradable (50) dans le logement (20) et on chauffe le matériau abradable (50) à une température supérieure à 150°C jusqu'à ce qu'il se produise un frittage du matériau abradable (50), (e) On abaisse ensuite la température et la pression.

PROCEDE POUR L'INTEGRATION DE MATERIAU ABRADABLE
DANS UN LOGEMENT PAR COMPRESSION ISOSTATIQUE

DOMAINE DE L'INVENTION

5 La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce présentant un logement qui comprend une ouverture débouchant sur une surface libre de cette pièce, ce logement étant destiné à recevoir un matériau abrasable.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

10 De nombreuses machines comportent des parties en mouvement par rapport à des parties fixes. On cherche à minimiser les fuites de gaz ou d'air qui existent entre les parties fixes et les parties mobiles d'une telle machine, car elles conduisent à une perte de performance.

 Par exemple on connaît des machines comportant une pièce (rotor)
15 animée d'un mouvement de rotation par rapport à un axe et dont une partie frotte contre une pièce fixe (stator). C'est le cas d'une turbomachine où les aubes mobiles frottent dans leur mouvement de rotation contre la face intérieure du carter qui est fixe.

 Dans une turbomachine, il est important minimiser les fuites de gaz
20 qui existent entre les parties fixes et les parties tournantes de la turbomachine, fuites qui diminuent le débit du flux d'air comprimé à travers la turbomachine et qui fait perdre une partie du travail mécanique utile. Par voie de conséquence, cela a un impact direct sur l'efficacité de la turbomachine, sa consommation de carburant et la poussée qu'elle
25 produit. Ces fuites sont une conséquence de la nécessité de tenir compte des tolérances géométriques de ces parties fixes et tournantes ainsi que de la dilatation thermique et du fluage de ces parties en service.

 Pour minimiser ces fuites, la solution actuellement utilisée consiste à rapprocher au maximum l'aube du carter en installant un matériau tendre
30 dans un logement sur le carter, au droit des aubes. Ce matériau est

abradable, ce qui signifie qu'il a pour propriété d'être facilement creusé par l'extrémité de l'aube en cas de contact. Dans certains cas, ce matériau présente des propriétés usantes, qui peuvent parfois permettre un polissage de l'extrémité de l'aube. Ainsi, l'aube n'est pratiquement pas endommagée lorsqu'elle frotte contre ce matériau abradable, et on maintient l'espace entre l'extrémité de l'aube et la surface interne du carter à un minimum.

Dans la description qui suit les termes "intérieur" et "extérieur" indiquent la région à l'intérieur et à l'extérieur du logement de la pièce, respectivement.

Actuellement, on fabrique des portions de matériau abradable par frittage, puis on assemble et on ajuste ces portions à l'intérieur du logement, et on colle ces portions dans le logement de façon à former une couche qui remplit ce logement.

Ce procédé de fabrication est long et coûteux. De plus, les contraintes engendrées pendant la fabrication des portions de matériau abradable et de leur collage contribuent au décollement de ces portions de la surface du logement de la pièce, et/ou à la fissuration et à la détérioration prématurées de ces portions en service.

La présente invention vise à remédier à ces inconvénients.

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention vise à proposer un procédé qui permette une bonne adhérence du matériau abradable sur la paroi du logement, et une bonne cohésion mécanique du matériau abradable de telle sorte qu'il ne se produise pas de décollement à l'interface entre le bloc en matériau abradable et la paroi du logement et qu'il ne se produise pas de fissuration ou d'endommagement prématuré au sein du bloc en matériau abradable.

Ce but est atteint grâce au fait que le procédé comprend les étapes suivantes :

- (a) On ferme l'ouverture avec une gaine, la gaine présentant un orifice de vide et un orifice de remplissage,
- (b) On fait le vide dans le logement à l'aide de l'orifice de vide, et on remplit le logement avec un matériau abradable constitué de particules en utilisant l'orifice de remplissage,
- (c) On ferme de façon étanche l'orifice de vide et l'orifice de remplissage,
- (d) On déforme la gaine de façon à effectuer une compression du matériau abradable dans le logement et on chauffe le matériau abradable à une température supérieure à 150°C jusqu'à ce qu'il se produise un frittage entre les particules du matériau abradable,
- (e) On abaisse ensuite la température et la pression jusqu'à la température ambiante et la pression ambiante respectivement, et on retire la gaine.

Grâce à ces dispositions, il se produit un meilleur compactage et une meilleure cohésion des particules constituant le matériau abradable.

Dans certains modes de mise en œuvre, à l'étape (d), on effectue les étapes suivantes :

- (k1) On chauffe le matériau abradable jusqu'à ce que chacun de ses points soit à une température T1 supérieure à 150°C tout en exerçant une compression isostatique de la gaine de telle sorte qu'il s'exerce sur la gaine une pression P,
- (k2) On maintient la pression P et la température T1 jusqu'à ce qu'il se produise un frittage de toutes les particules du matériau abradable.

Dans certains modes de mise en œuvre, à l'étape (d), on effectue les étapes suivantes :

- (m1) On chauffe le matériau abradable jusqu'à ce que chacun de ses points soit à une température T2 comprise entre 150°C et 500°C,
- (m2) On maintient le matériau abradable à ladite température T2 et on place autour de la gaine une enceinte rigide remplie d'un fluide

incompressible, puis on comprime ce fluide de telle sorte que ce fluide exerce sur la gaine une pression P ,

(m3) On maintient ladite pression P et on chauffe ledit matériau abradable à une température $T3$ supérieure à la température $T1$ jusqu'à
5 ce qu'il se produise un frittage de toutes les particules du matériau abradable.

L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

- 10 La description détaillée se réfère aux dessins annexés sur lesquels :
- la figure 1A représente une pièce avant l'étape (a) du procédé selon l'invention,
 - la figure 1B représente une pièce après l'étape (a) du procédé selon l'invention,
 - 15 – la figure 1C représente une pièce après les étapes (b) et (c) et avant l'étape (d) du procédé selon l'invention,
 - la figure 1D représente une pièce après l'étape (d) du procédé selon l'invention,
 - la figure 1E représente une pièce après les étapes (e) et (f) du
20 procédé selon l'invention,
 - la figure 2 représente une pièce après les étapes (b) et (c) d'une variante du procédé selon l'invention
 - la figure 3 représente une pièce avant l'étape (d) du procédé selon un second mode de réalisation de l'invention.

25 DESCRIPTION DETAILLEE D'EXEMPLES DE REALISATION

Des exemples de réalisation sont décrits en détail ci-après, en référence aux dessins annexés. Ces exemples illustrent les caractéristiques et les avantages de l'invention. Il est toutefois rappelé que l'invention ne se limite pas à ces exemples.

On fournit un matériau abradable 50 qui est constitué d'un ensemble de particules. Par particule on entend un élément qui peut avoir une forme de grain, sensiblement sphérique, ou une forme plus allongée en une dimension (fibres) ou deux dimensions (plaquettes). Ces particules sont en
5 totalité ou en majorité en un matériau fritté, c'est-à-dire un matériau qui est apte à diffuser d'une particule à une particule adjacente lorsque les particules sont maintenues en contact les unes avec les autres à température élevée pendant un certain temps, de telle sorte que des liens se créent entre les particules. Le matériau est alors fritté.

10 Lors du frittage, il ne se produit pas de fusion du matériau constituant les particules.

Dans un matériau fritté, il peut donc subsister des porosités.

Si le matériau est compacté et est porté à des températures encore plus élevées, il se produit une disparition progressive des porosités.
15 L'opération de compactage permet en outre de déformer les particules.

Le matériau abradable 50 peut en outre comporter des particules (organiques, minérales, métalliques, intermétalliques ...) qui se transformeront pour former des bulles de gaz ou qui présenteront une mauvaise adhérence par diffusion. Ainsi, ces particules facilitent le
20 décrochage de morceaux d'abradable au passage des éléments mobiles afin de mieux diminuer le jeu entre ces éléments et la surface de l'abradable sur laquelle les éléments viennent frotter.

On fournit une pièce 10 qui présente un ou plusieurs logements 20. Ce ou ces logements 20 sont des cavités formées dans la pièce 10, et qui
25 débouchent sur une surface libre 15 de la pièce 10. Ces logements 20 sont par exemple des rainures, ou des dépressions.

Un logement 20 présente ainsi au moins une ouverture 15 au niveau d'une surface externe de la pièce. Cette ouverture 15 est continue. Elle peut également être discontinue, c'est-à-dire constituée de plusieurs sous-
30 ouvertures.

Cette pièce 10 est sous sa forme finale ou quasi-finale.

Par forme finale, on entend une pièce déjà mise en forme et usinée au plus près des cotes finales.

Par forme quasi-finale, on entend une pièce déjà mise en forme,
5 avant son usinage au plus près des cotes finales.

Dans le présent exemple, cette pièce 10 est un carter de turbomachine, et les éléments mobiles sont des aubes. Cependant l'invention s'applique à n'importe quelle pièce 10 présentant au moins un logement 20 tel que décrit ci-dessus.

10 Une telle pièce (carter) 10 est représentée en coupe sur la figure 1A. La surface libre 15 sur laquelle débouche l'ouverture 25 du logement 20 est la face radialement interne du carter 10 qui est une virole centrée sur un axe.

Le logement 20 est une rainure en forme de queue d'aronde qui
15 s'étend dans une direction perpendiculaire au plan de coupe.

Le logement 20 peut aussi avoir une forme quelconque.

La section maximale du logement 20 dans un plan parallèle à la surface libre 15 peut se situer à une distance non-nulle de la surface libre 15. Par exemple, le fond du logement 20 (sa partie la plus éloignée de la
20 surface libre 15) présente une section maximale. Ainsi, le logement 20 présente au moins une portion convergente en se rapprochant de l'ouverture 25. De la sorte, le matériau abradable 25 qui remplit le logement 20 (voir ci-dessous), une fois formant un bloc d'un seul tenant, est maintenu mécaniquement dans le logement 20.

25 On ferme l'ouverture 25 avec une gaine 30 (étape (a) du procédé). La figure 1B illustre cette étape.

Cette gaine 30 est en un matériau suffisamment souple ou ductile et avec une épaisseur suffisamment faible pour se déformer sous l'effet de la pression P qui sera appliquée à une étape ultérieure à une certaine
30 température et pendant une certaine durée (voir ci-dessous). La gaine 30

ferme l'ouverture 25 de façon étanche à l'exception d'un orifice de vide 31 et d'un orifice de remplissage 32.

Par exemple, on fixe de façon étanche les bords de la gaine 30 sur la surface libre 15 sur toute la périphérie de l'ouverture 25.

5 Cette fixation est, par exemple, effectuée par soudage.

Ainsi, la gaine présente un orifice de vide 31 et un orifice de remplissage 32. L'un et/ou l'autre de ces orifices peut être continu, ou discontinu c'est-à-dire composé de plusieurs sous-orifices disjoints.

On remplit le logement 20 avec le matériau abrasable 50 en utilisant
10 l'orifice de remplissage 32, et on fait le vide dans le logement 20 à l'aide de l'orifice de vide 31 (étape (b) du procédé). Par exemple on remplit d'abord le logement 20, puis on y fait le vide. Alternativement, on remplit le logement 20 et on y fait le vide simultanément.

Le fait que le matériau abrasable 50 soit sous forme d'un ensemble
15 de particules disjointes permet ce remplissage.

Le remplissage peut être effectué simultanément à la création du vide le logement 20, ce qui réduit le temps total du procédé.

Une fois le logement 20 entièrement rempli de matériau abrasable 50, on ferme de façon étanche l'orifice de vide 31 et l'orifice de
20 remplissage 32, de telle sorte que le logement 20 est fermé de façon étanche (étape (c) du procédé). La figure 1C illustre cette étape.

Le volume défini par la paroi du logement 20 et la gaine 30, appelé volume initial, est strictement supérieur au volume du logement 20, le volume du logement 20 étant défini par la paroi du logement 20 et un
25 plan qui se situe dans le prolongement de la surface libre 15 sur laquelle débouche l'ouverture 25.

On applique ensuite une pression P supérieure à la pression atmosphérique sur la face extérieure de la gaine 30. Ainsi la gaine 30 se déforme sous l'effet d'une contrainte unidirectionnelle et normale à sa
30 surface, et la gaine 30 soumet le matériau abrasable 50 à une

déformation dans le logement 20 (le matériau abradable 50 étant contraint par la paroi du logement 20), tout en chauffant le matériau abradable 50 à une température supérieure à 150°C jusqu'à ce qu'il se produise un frittage entre les particules du matériau abradable 50 (étape 5 (d) du procédé). La figure 1D illustre cette étape.

Après l'étape (d), le matériau abradable 50 est fritté et occupe un volume (appelé volume final) qui est inférieur au volume initial, du fait de la compaction et du frittage qui s'est opéré entre les particules du matériau abradable 50.

10 On abaisse ensuite la température et la pression jusqu'à la température ambiante et la pression ambiante respectivement, et on retire la gaine 30 (étape (e) du procédé).

Le volume final peut être supérieur au volume du logement 20. En conséquence, le matériau abradable 50 peut former un renflement au-delà 15 de la surface libre 15. Ainsi, l'espace entre une aube dont l'extrémité est proche de la surface libre 15 et la surface 55 du matériau abradable 50 au niveau de l'ouverture 25 est minimisé. La surface 55 est la surface libre du matériau abradable qui donne sur l'extérieur de la pièce 10 (dans le cas où la pièce 10 est un carter, la surface 55 donne sur l'espace interne du 20 carter).

Après l'étape (e), on peut usiner la surface 55 du matériau abradable 50 au niveau de l'ouverture 25 de telle sorte que la surface 55 après usinage se situe sensiblement dans le prolongement de la surface libre 15 de la pièce 10.

25 La figure 1E illustre cette étape (étape (f) du procédé).

Ainsi, une aube (représentée en pointillé sur la figure 1E) est positionnée de telle sorte que son extrémité vient frotter contre la surface 55, et la fuite de gaz au niveau de l'extrémité de l'aube est minimisée.

Par exemple, la surface 55 après usinage se situe dans le 30 prolongement de la surface libre 15.

En variante, on remplit le logement 20 avec une pluralité de couches de matériaux abradables 50, chaque couche étant de nature différente d'une couche adjacente.

Par deux couches de nature différente, on entend une couche
5 constituée d'un matériau différent d'une autre couche, ou une couche constituée d'un mélange de plusieurs matériaux et une autre couche constituée du mélange des mêmes matériaux mais en proportions différentes. Les couches ne présentent donc pas les mêmes propriétés.

Cette situation est illustrée en figure 2 dans le cas de deux couches.
10 On remplit tout d'abord une partie du logement 20 avec un premier matériau abradable 51 qui forme une première couche, puis on remplit le reste du logement 20 avec un second matériau abradable 52 qui forme une seconde couche.

Selon un premier mode de réalisation, à l'étape (d), on effectue les
15 étapes suivantes :

- (k1) On chauffe le matériau abradable 50 jusqu'à ce que chacun de ses points soit à une température T_1 supérieure à 150°C tout en exerçant une compression isostatique de la gaine 30 de telle sorte qu'il s'exerce sur la gaine 30 une pression P ,
20 (k2) On maintient la pression P et la température T_1 jusqu'à ce qu'il se produise un frittage et une compaction de toutes les particules du matériau abradable 50.

Ces étapes (k1) et (k2) constituent une compression isostatique à chaud.

25 La durée de l'étape (k2) peut être faible, inférieure à 5 minutes, voire nulle car le frittage de toutes les particules du matériau abradable 50 peut s'être produit durant la montée en température pendant l'étape (k1).

Par exemple, pour exercer une compression isostatique sur le matériau abradable 50, on place l'ensemble constitué de la pièce 10, de la
30 gaine 30 et du matériau abradable 50 dans une enceinte remplie de gaz.

Ce procédé présente l'avantage que la pièce 10 ne se déforme pratiquement pas pendant le procédé selon l'invention.

La température T1 peut être supérieure à la température à laquelle un maximum des porosités du matériau abradable 50 est résorbé.

5 Il subsiste donc moins de porosités au sein du matériau abradable 50. En conséquence la résilience du matériau abradable 50 est améliorée.

De plus, les contraintes résiduelles au sein du matériau abradable 50 sont moindres et la solidité du matériau abradable 50 est améliorée.

10 En outre, dans le logement 20, l'adhérence des particules de matériau abradable 50 avec la surface de la paroi du logement 20 est améliorée. On observe donc moins de décollement ultérieur du matériau abradable 50.

Le remplissage du logement 20 par les particules de matériau abradable 50 est également plus efficace, ce qui autorise un logement 20
15 de forme complexe avec des renforcements et des protubérances. L'adhérence en utilisation entre la paroi du logement 20 et le matériau abradable est en outre améliorée.

Par exemple la température T1 est supérieure à 500°C.

20 Dans le cas d'une pièce 10 comprenant une première partie continue solide en un premier matériau, et une seconde partie en un second matériau distinct, cette seconde partie étant initialement sous forme de poudre et étant destiné à être solidarisée avec cette première partie par compression isostatique à chaud, on peut réaliser simultanément la compression isostatique à chaud de cette seconde partie et la compression
25 isostatique à chaud du matériau abradable 50.

Le logement 20 est alors situé dans la première partie de la pièce 10.

En réalisant ces deux compressions isostatiques simultanément, on réduit le temps de fabrication.

30 Par exemple, la pièce 10 est un carter, la première partie est en acier, la seconde partie est initialement une poudre d'alliage de titane, qui

forme à l'issu de la compression isostatique une partie solide continue en alliage de titane.

Selon un second mode de réalisation de l'invention, à l'étape (d), on effectue les étapes suivantes :

- 5 (m1) On chauffe le matériau abradable 50 jusqu'à ce que chacun de ses points soit à une température T_2 comprise entre 150°C et 500°C ,
(m2) On maintient ledit matériau abradable 50 à ladite température T_2 et on place autour de ladite gaine 30 une enceinte rigide 60 remplie d'un fluide incompressible 65, puis on comprime ce fluide 65 de telle sorte que
10 ce fluide 65 exerce sur la gaine 30 une pression P ,
(m3) On maintient ladite pression P et on chauffe ledit matériau abradable (50) à une température T_3 supérieure à la température T_2 jusqu'à ce qu'il se produise un frittage et une compaction de toutes les particules dudit matériau abradable (50).

- 15 Les étapes (m1) et (m2) constituent un hydroformage à tiède.

La durée de l'étape (m3) peut être faible, inférieure à 5 minutes, voire nulle car le frittage de toutes les particules du matériau abradable 50 peut s'être produit durant la montée en température pendant l'étape (m1) ou pendant les étapes (m1) et (m2).

- 20 L'enceinte rigide est plus rigide que la gaine 30 afin que la gaine 30 se déforme pendant le procédé.

La pièce 10 peut être placée dans un moule 70 rigide qui ne recouvre pas l'enceinte 60, de telle sorte que la déformation de la pièce 10 pendant les étapes (m2) et (m3) est minimisée.

- 25 Le moule 70 est plus rigide que la pièce 10.

Ce procédé est illustré sur la figure 3.

- Dans ce second mode de réalisation, le frittage du matériau abradable 50 (étape (m3)) est plus efficace (meilleure compaction des particules et moins de porosités résiduelles, et meilleure cohésion des
30 particules) et plus rapide par rapport aux procédés de l'art antérieur grâce

au chauffage préalable et à la compression du matériau abradable 50 (étapes (m1) et (m2)).

En outre, dans le logement 20, l'adhérence des particules de matériau abradable 50 avec la surface de la paroi du logement 20 est améliorée. On observe donc moins de décollement ultérieur du matériau abradable 50.

La température T3 peut être supérieure à la température à laquelle un maximum des porosités du matériau abradable 50 est résorbé.

Il subsiste donc moins de porosités au sein du matériau abradable 50. En conséquence la résilience du matériau abradable 50 est améliorée.

De plus, les contraintes résiduelles au sein du matériau abradable 50 sont moindres et la solidité du matériau abradable 50 est améliorée.

Le remplissage du logement 20 par les particules de matériau abradable 50 est également plus efficace, ce qui autorise un logement 20 de forme complexe avec des renforcements et des protubérances.

Par exemple la température T3 est supérieure à 500°C.

Dans le cas d'une pièce 10 comprenant une première partie continue solide en un premier matériau, et une seconde partie en un second matériau distinct, cette seconde partie étant initialement au moins partiellement sous forme de poudre et étant destiné à être solidarisée avec cette première partie par hydroformage à tiède suivi de frittage, on peut réaliser simultanément l'hydroformage à tiède suivi de frittage de cette seconde partie et l'hydroformage à tiède suivi de frittage du matériau abradable 50.

En réalisant ces deux hydroformages à tiède simultanément, on réduit le temps de fabrication.

Par exemple, la pièce 10 est un carter, la première partie est en acier, la seconde partie est initialement une poudre d'alliage de titane, qui forme à l'issue de l'hydroformage à tiède suivi de frittage une partie solide continue en alliage de titane.

Par exemple, la pièce 10 est un carter, la première partie est constituée d'un ou de plusieurs matériaux, et la seconde partie est une couche composite constituée de fibres de titane dans une matrice sous forme de poudre.

- 5 A l'issue de l'hydroformage à tiède suivi de frittage la seconde partie formera une partie solide continue renforcée par des fibres de titane.

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
10 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
15 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.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce (10) présentant un logement (20) qui comprend une ouverture (25) débouchant sur une surface libre (15) de ladite pièce (10), ledit logement (20) étant destiné à recevoir un matériau abradable (50), le procédé comprenant les étapes suivantes :
 - (a) On ferme ladite ouverture (25) avec une gaine (30), ladite gaine présentant un orifice de vide (31) et un orifice de remplissage (32),
 - (b) On remplit ledit logement (20) avec un matériau abradable (50) constitué de particules en utilisant ledit orifice de remplissage (32), et on fait le vide dans ledit logement (20) à l'aide dudit orifice de vide (31),
 - (c) On ferme de façon étanche ledit orifice de vide (31) et ledit orifice de remplissage (32),
 - (d) On déforme ladite gaine (30) de façon à effectuer une compression dudit matériau abradable (50) dans ledit logement (20) et on chauffe ledit matériau abradable (50) à une température supérieure à 150°C jusqu'à ce qu'il se produise un frittage entre les particules dudit matériau abradable (50),
 - (e) On abaisse ensuite la température et la pression jusqu'à la température ambiante et la pression ambiante respectivement, et on retire ladite gaine (30).
2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel, après l'étape (e), on effectue l'étape (f) :
 - (f) On usine la surface (55) dudit matériau abradable (50) au niveau de ladite ouverture (25) de telle sorte que ladite surface (55) après usinage se situe sensiblement dans le prolongement de ladite surface libre (15) de la pièce (10).

3. Procédé de fabrication selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, à l'étape (b), on remplit ledit logement 20 avec une pluralité de couches de matériaux abrasables (50), chaque couche étant de nature différente d'une couche adjacente.

5

4. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, à l'étape (d), on effectue les étapes suivantes :

(k1) On chauffe le matériau abrasable (50) jusqu'à ce que chacun de ses points soit à une température T1 supérieure à 150°C tout en exerçant une compression isostatique de ladite gaine (30) de telle sorte qu'il s'exerce sur ladite gaine (30) une pression P,

(k2) On maintient ladite pression P et ladite température T1 jusqu'à ce qu'il se produise un frittage de toutes les particules dudit matériau abrasable (50).

5. Procédé de fabrication selon la revendication 4, dans lequel ladite température T1 est supérieure à la température à laquelle un maximum des porosités dudit matériau abrasable (50) est résorbé.

20

6. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, à l'étape (d), on effectue les étapes suivantes :

(m1) On chauffe le matériau abrasable (50) jusqu'à ce que chacun de ses points soit à une température T2 comprise entre 150°C et 500°C,

(m2) On maintient ladite pièce (10) à ladite température T2 et on place autour de ladite gaine (30) une enceinte rigide (60) remplie d'un fluide incompressible (65), puis on comprime ce fluide (65) de telle sorte que ce fluide (65) exerce sur ladite gaine (30) une pression P,

(m3) On maintient ladite pression P et on chauffe ledit matériau abradable (50) à une température T3 supérieure à la température T2 jusqu'à ce qu'il se produise un frittage de toutes les particules dudit matériau abradable (50).

5

7. Procédé de fabrication selon la revendication 6, dans lequel ladite température T3 est supérieure à la température à laquelle un maximum des porosités dudit matériau abradable (50) est résorbé.

10

1/2

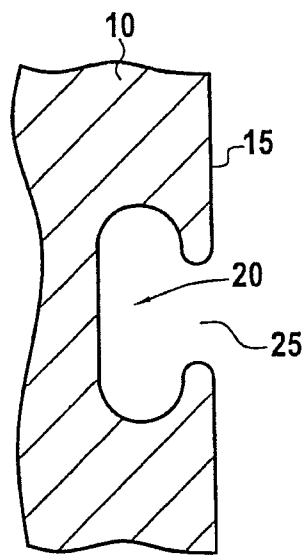


FIG. 1A

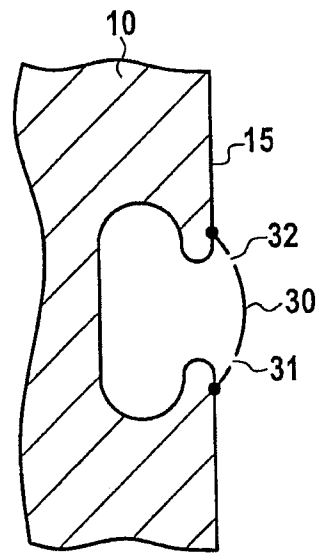


FIG. 1B

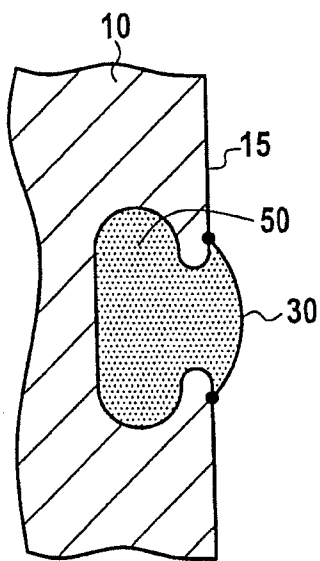


FIG. 1C

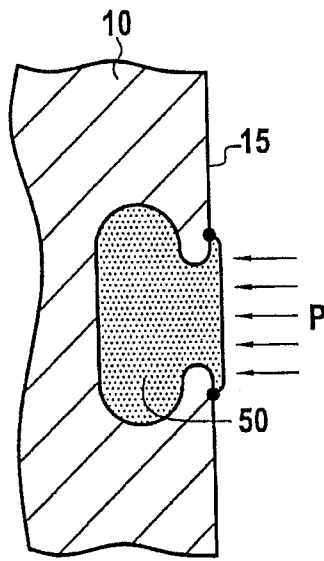


FIG. 1D

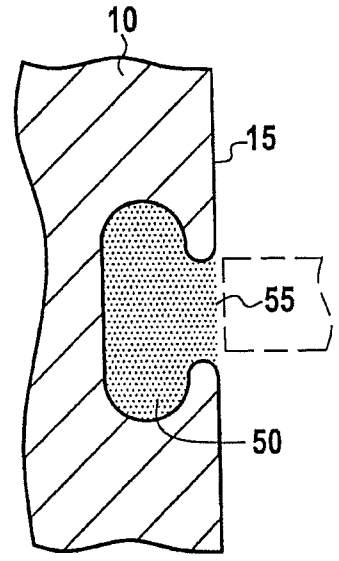


FIG. 1E

2/2

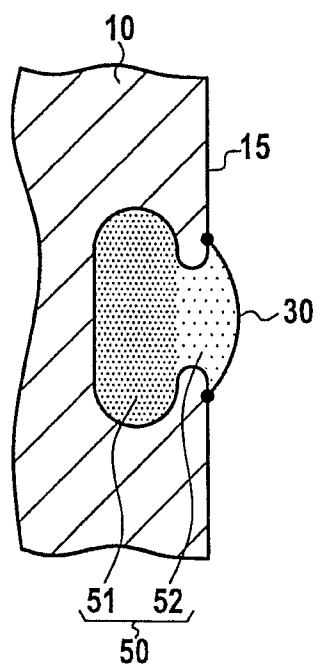


FIG.2

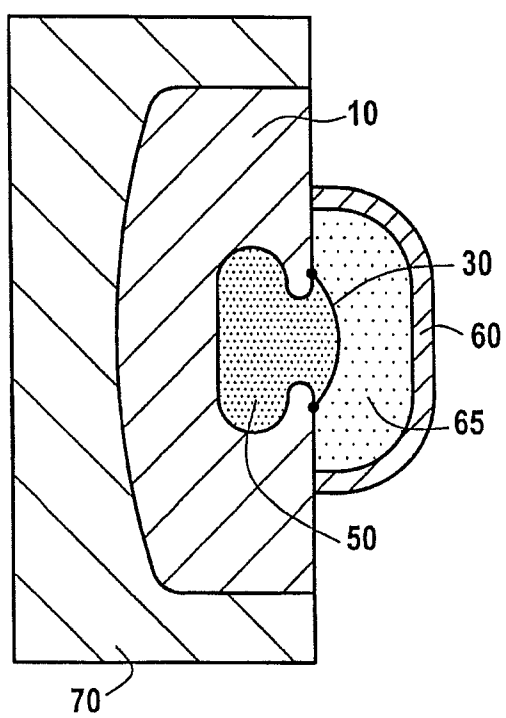


FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2013/052316

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B22F3/15 B22F5/00 B22F7/08 F01D25/00
ADD.

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)
B22F F01D

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	US 2012/032404 A1 (SEIB DAVID C [US] ET AL) 9 February 2012 (2012-02-09) paragraphs [0001], [0015] - [0026] figures 1-3	1-7
A	US 2009/297331 A1 (CAUCHETEUX MATHIEU [FR] ET AL) 3 December 2009 (2009-12-03) the whole document figure 4	1-7



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

10 January 2014

Date of mailing of the international search report

17/01/2014

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

Forestier, Gilles

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/052316

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012032404 A1	09-02-2012	EP 2601428 A2	12-06-2013
		JP 2013534298 A	02-09-2013
		US 2012032404 A1	09-02-2012
		WO 2012018426 A2	09-02-2012

US 2009297331 A1	03-12-2009	EP 2112326 A1	28-10-2009
		FR 2930590 A1	30-10-2009
		JP 2009264382 A	12-11-2009
		US 2009297331 A1	03-12-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052316

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B22F3/15 B22F5/00 B22F7/08 F01D25/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B22F F01D		
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	US 2012/032404 A1 (SEIB DAVID C [US] ET AL) 9 février 2012 (2012-02-09) alinéas [0001], [0015] - [0026] figures 1-3	1-7
A	US 2009/297331 A1 (CAUCHETEUX MATHIEU [FR] ET AL) 3 décembre 2009 (2009-12-03) le document en entier figure 4	1-7
☐ 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 10 janvier 2014		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 17/01/2014
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 Forestier, Gilles

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052316

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012032404 A1	09-02-2012	EP 2601428 A2	12-06-2013
		JP 2013534298 A	02-09-2013
		US 2012032404 A1	09-02-2012
		WO 2012018426 A2	09-02-2012

US 2009297331 A1	03-12-2009	EP 2112326 A1	28-10-2009
		FR 2930590 A1	30-10-2009
		JP 2009264382 A	12-11-2009
		US 2009297331 A1	03-12-2009
