

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 038 702

21 N° d'enregistrement national : 15 56373

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 27 D 3/12 (2017.01), B 22 F 3/10

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.07.15.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 13.01.17 Bulletin 17/02.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

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

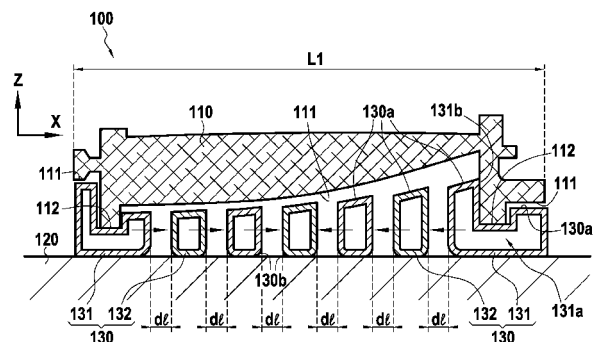
72 Inventeur(s) : FRIBOURG GUILLAUME.

73 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 OUTILLAGE DESTINE A SUPPORTER UNE PREFORME EN POWDRE PENDANT UN TRAITEMENT THERMIQUE.

57 L'invention concerne un outillage (100) destiné à supporter pendant un traitement thermique une préforme (110) de pièce tridimensionnelle obtenue après la mise en forme d'une poudre métallique ou céramique, la préforme présentant au moins une surface d'appui (112) sur laquelle elle peut reposer et au moins une surface suspendue (111) vis-à-vis de la surface d'appui, l'outillage comprenant un plateau (120), et une pluralité de blocs (130) disposés sur le plateau et ayant au moins une surface (130a) destinée à supporter la préforme, les blocs étant aptes à se déplacer les uns par rapport aux autres en glissant sur le plateau entre une première position dans laquelle les blocs sont espacés les uns des autres et définissent ensemble un premier volume, et une deuxième position dans laquelle les blocs définissent ensemble un deuxième volume inférieur au premier volume. L'invention concerne aussi un procédé de traitement thermique d'une préforme en poudre mettant en oeuvre un tel outillage.



FR 3 038 702 - A1



### Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général des traitements thermiques de préformes de pièces obtenues par mise en forme de poudres. L'invention s'applique plus particulièrement, mais non  
5 exclusivement, au frittage de préformes de pièces tridimensionnelles obtenues par mise en forme de poudre métallique ou céramique.

Il est aujourd'hui courant d'avoir recours à des procédés de fabrication de pièces tridimensionnelles en métal (ou alliage métallique) ou en céramique mettant en œuvre une étape de mise en forme d'une  
10 poudre afin d'obtenir une préforme (par exemple en utilisant une technique de moulage par injection de poudre (PIM ou MIM) à l'aide d'un liant, par exemple un liant organique, ou de moulage par compaction de poudre), suivie d'une étape de frittage de la préforme.

Durant l'étape de frittage de la préforme (ou d'un traitement  
15 thermique à température élevée), plusieurs phénomènes thermomécaniques se produisent :

- la dilatation thermique du matériau, dépendant du coefficient de dilatation thermique du matériau constituant la préforme,
- le retrait dû à la densification de la poudre lors du frittage (pouvant  
20 représenter une contraction de 15% environ de la préforme dans toutes les directions), qui dépend de la densité initiale de poudre et des paramètres du frittage (par exemple : la température, la pression, la durée, la densité finale souhaitée de la pièce), et
- le fluage de la pièce sous son propre poids, lorsque la pièce présente  
25 une partie suspendue (ou, en d'autres termes, en porte-à-faux).

Dans le cas de géométries complexes, les pièces peuvent présenter d'importantes surfaces en porte-à-faux qui s'affaissent durant l'étape de frittage de la préforme si celles-ci ne sont pas assez rigides, ce qu'il faut éviter.

30 On connaît du document FR 2944721 un procédé de fabrication d'une pièce métallique par moulage par injection de poudre métallique dans lequel :

- on réalise un support mécanique à partir d'un mélange de poudre et de liant conformé de façon à supporter l'ébauche le long d'une surface de  
35 contact,

- on dispose l'ébauche sur le support mécanique le long de la surface de contact, et
- on procède au frittage simultané de l'ensemble formé par l'ébauche sur son support mécanique. Le procédé décrit dans ce document permet d'éviter le fluage d'une pièce présentant une surface suspendue. Cependant, le support mécanique décrit dans ce document n'est utilisable qu'une seule fois puisqu'il est fritté en même temps que la pièce afin de l'accompagner et de la soutenir durant toute l'étape de frittage. L'utilisation d'un tel support augmente notamment la quantité de poudre nécessaire, les couts et le temps de fabrication de chaque pièce.

#### Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un outillage destiné à supporter pendant un traitement thermique une préforme de pièce tridimensionnelle obtenue après la mise en forme d'une poudre métallique ou céramique, la préforme présentant au moins une surface d'appui sur laquelle elle peut reposer et au moins une surface suspendue vis-à-vis de la surface d'appui, l'outillage comprenant un plateau, et une pluralité de blocs disposés sur le plateau et ayant au moins une surface destinée à supporter la préforme, les blocs étant aptes à se déplacer les uns par rapport aux autres en glissant sur le plateau entre une première position dans laquelle les blocs sont espacés les uns des autres et définissent ensemble un premier volume, et une deuxième position dans laquelle les blocs définissent ensemble un deuxième volume inférieur au premier volume.

L'outillage selon l'invention est d'abord remarquable en ce qu'il est réutilisable et peut être utilisé pour fabriquer successivement plusieurs pièces tridimensionnelles ayant la même forme.

En outre, les blocs disposent chacun d'une surface destinée à être en contact avec la préforme qui fait généralement un angle compris entre 0° et 90° avec le plateau support. Cette surface permet notamment pour les pièces disposant d'une surface suspendue (ou autrement dit, en porte-à-faux), de supporter la préforme lors du traitement thermique et d'éviter ainsi son fluage sous son propre poids.

Les blocs sont également aptes à se déplacer les uns par rapport aux autres en glissant sur le plateau de frittage qui les supporte,

afin d'accompagner le retrait de la préforme lors du traitement thermique (le retrait de la pièce est généralement homogène et isotrope). En effet, les blocs peuvent se déplacer entre deux positions :

- 5 - une première position dans laquelle les blocs sont espacés les uns des autres, et définissent un premier volume suffisamment grand pour supporter la préforme avant qu'elle ne subisse le traitement thermique, et
- une deuxième position dans laquelle les blocs sont rapprochés de façon à définir un deuxième volume inférieur au premier, ce deuxième volume étant suffisamment petit pour supporter la pièce qui a subi un éventuel
- 10 retrait lors du traitement thermique, tout en évitant qu'elle ne subisse des contraintes au contact de l'outillage à cause de son retrait. Les blocs sont ainsi dimensionnés de sorte que la pièce ne soit jamais sous contraintes à cause de son retrait d'une part, et qu'elle soit maintenue au cours du traitement thermique pour éviter son fluage d'autre part.

15 Le déplacement des blocs sur le plateau peut être réalisé par la préforme elle-même lorsqu'elle se rétracte au cours du traitement thermique. Aucun dispositif supplémentaire n'est donc nécessaire pour assurer le déplacement des blocs entre les deux positions présentées précédemment, l'outillage fonctionne de façon passive.

20 De préférence, les blocs sont au moins partiellement creux, ce qui permet de réduire leur masse et d'assurer un meilleur glissement sur le plateau qui les supporte.

De préférence également, chaque bloc comprend un congé pratiqué sur au moins une des arrêtes dudit bloc en contact avec le

25 plateau. Cette disposition permet de réduire les surfaces de contact entre les blocs et le plateau, pour assurer encore un meilleur glissement.

De préférence encore, les blocs comprennent un matériau céramique choisi parmi les matériaux suivants : Zircone, Alumine, Ytrine, Dioxyde de Silicium, Nitrure de Silicium ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), un mélange de

30 céramiques, ou un alliage métallique choisi parmi les alliages suivants : un alliage à base de Molybdène, un alliage à base de Cobalt, un alliage à base de Nickel, un alliage à base de Fer, un alliage à base de Titane, un alliage à base d'Aluminium. Le matériau formant les blocs sera préférentiellement choisi pour être compatible avec la température du

35 traitement thermique qui sera utilisée. En d'autres termes, le matériau est préférentiellement choisi pour rester géométriquement stable (ou

indéformable) à la température du traitement thermique (il pourra cependant subir des déformations élastiques telles que des dilatations thermiques réversibles).

Avantageusement, l'outillage comprend en outre une couche de  
5 poudre d'Oxyde d'Yttrium ou d'Alumine sur la surface supérieure du plateau. De préférence, la poudre est composée de grains sensiblement sphériques pour que son écoulement soit le plus fluide possible, et l'épaisseur de cette couche est comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$ . Cette  
10 couche ne réagit pas avec le plateau support et les blocs de l'outillage, et permet d'assurer un glissement plus facile des blocs sur la surface supérieure du plateau qui les supporte.

Avantageusement également, l'outillage comprend en outre une  
barrière anti-diffusion à base d'Oxyde d'Yttrium ou d'Oxyde d'Aluminium sur les surfaces des blocs destinées à supporter la préforme. Cette couche  
15 évite que la préforme ne réagisse avec les blocs, ce qui permet d'une part de permettre aux blocs de l'outillage de bouger sur le plateau, et d'autre part de retirer facilement la pièce de l'outillage une fois le traitement thermique terminé.

Avantageusement encore, une surface supérieure du plateau est  
20 polie pour minimiser les frottements entre les blocs et le plateau et faciliter ainsi le glissement de ces derniers. De la même manière, la surface des blocs en contact avec le plateau peut également être polie ou subir un traitement de surface afin d'optimiser le glissement des blocs sur le plateau.

L'invention vise aussi un procédé de traitement thermique d'une  
25 préforme de pièce tridimensionnelle obtenue après la mise en forme d'une poudre métallique ou céramique, la préforme présentant au moins une surface d'appui sur laquelle elle peut reposer et au moins une surface suspendue vis-à-vis de la surface d'appui, le procédé comprenant le  
30 placement de la préforme sur un outillage tel que celui présenté ci-dessus en positionnant la préforme au-dessus des blocs, et le traitement thermique de la préforme.

De préférence, les blocs de l'outillage sont réalisés à partir de la  
même poudre que celle constituant la préforme, les blocs étant frittés  
35 préalablement à l'étape de placement de la préforme sur l'outillage. En

variante, les blocs peuvent être obtenus par usinage dans la masse, par moulage, ou toute autre technique adéquate.

Avant le placement de la préforme sur l'outillage les blocs sont espacés préférentiellement d'une distance inférieure ou égale à 10 mm, plus préférentiellement d'une distance inférieure ou égale à 5 mm. Ces valeurs permettent d'éviter qu'une trop grande surface suspendue subsiste lors de l'étape de traitement thermique et d'assurer que la pièce ne subira pas de fluage.

L'invention vise également un procédé tel que celui présenté ci-dessus dans lequel le traitement thermique de la préforme est un frittage de la préforme.

Enfin, l'invention vise encore le procédé de fabrication décrit précédemment dans lequel la pièce à fabriquer est une pièce pour l'aéronautique. Par « pièce pour l'aéronautique » on entend une pièce pouvant être utilisée dans un turboréacteur destiné à propulser un aéronef, par exemple : une aube de turbomachine aéronautique, un système d'injection de chambre à combustion aéronautique, un composant de système d'injection aéronautique, une bride, un système de bridage, un support d'équipements moteur un capot.

20

#### Brève description des dessins

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 :

25

- la figures 1A et 1B sont des vues en coupe d'un outillage selon un premier mode de réalisation de l'invention, respectivement dans une première position avant une étape de frittage, et dans une deuxième position après une étape de frittage, et

30

- les figures 2A à 2D, et 3A à 3D, illustrent respectivement un outillage selon un deuxième et selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

#### Description détaillée de l'invention

35

L'invention va maintenant être décrite dans son application au frittage de pièces tridimensionnelles comprenant au moins une surface

suspendue (autrement dit, en porte-à-faux ou non soutenue) vis-à-vis d'une surface d'appui. L'invention peut cependant s'appliquer à d'autres procédés de traitement thermique à haute température dès lors qu'ils peuvent occasionner des déformations thermomécaniques de la pièce.

5 Les figures 1A et 1B illustrent un premier mode de réalisation d'un outillage 100 selon l'invention dans une configuration sensiblement unidimensionnelle. La disposition de l'outillage 100 représentée sur la figure 1A est celle à adopter avant que l'étape de frittage ne commence, alors que celle de la figure 1B est obtenue une fois le frittage effectué.

10 La figure 1A montre un outillage 100 selon l'invention destiné à supporter une préforme 110 d'aube. L'aube 110' une fois frittée (figure 1B) peut par exemple consister en une aube de redresseur pour turbomachine aéronautique. Dans cet exemple, la préforme d'aube 110 comprend plusieurs surfaces suspendues 111 vis-à-vis de deux surfaces  
15 d'appui 112 et présente une longueur totale L1 selon sa direction longitudinale (selon un axe X horizontal), la longueur L1 de la préforme 110 étant bien supérieure à sa largeur.

La préforme d'aube 110 a été préalablement réalisée par une technique, connue en soi, de mise en forme de poudre. On citera à titre  
20 d'exemple le procédé de moulage par injection de poudre, qui consiste à préparer une composition comprenant une poudre (par exemple, en métal, en alliage métallique ou en céramique) et un liant (par exemple une résine thermoplastique) que l'on injecte dans un moule ayant la forme de la pièce à fabriquer et qui est régulé en température. On laisse ensuite  
25 refroidir le moule afin de solidifier la composition, et on démoule afin d'obtenir la préforme 110 de la pièce à fabriquer. La préforme 110 obtenue pourra éventuellement être éliminée de son liant (cette étape s'appelle aussi déliantage) avant de subir une étape de frittage.

Conformément à l'invention, l'outillage 100 comprend un  
30 plateau 120 horizontal qui supporte une rangée de blocs 130 répartis longitudinalement selon l'axe X, la rangée comprenant deux blocs externes 131 et cinq blocs centraux 132.

Les blocs 130 sont de préférence indéformables. Par  
« indéformables » on entend que les propriétés structurelles des blocs  
35 sont conservées pendant l'étape de frittage de la pièce, et qu'ils ne subissent pas de transformations irréversibles (ils peuvent cependant subir

des déformations élastiques dues à la température). Plus particulièrement, les blocs sont configurés pour résister aux conditions de l'étape de frittage (température et pression notamment). En pratique, on peut choisir pour les blocs 130 un matériau dont la température de fusion est supérieure à  
5 une température utilisée lors du traitement thermique (par exemple, la température du palier de frittage).

Le plateau 120 pourra par exemple être réalisé en un matériau choisi parmi les matériaux suivants : une céramique (à base d'oxyde de Zirconium, d'oxyde d'Aluminium, d'Oxyde d'Yttrium, de dioxyde de  
10 Silicium, de nitrure de Silicium, ou d'un mélange de ces céramiques), ou un alliage (à base de Molybdène, de Cobalt, de Nickel, de Titane, d'Aluminium).

La préforme 110 est disposée au-dessus des blocs 130 et repose sur ses surfaces d'appui 112 en contact avec les blocs externes 131 au  
15 niveau d'une gorge 131a pratiquée dans ces derniers. Chacun des blocs 130 dispose d'au moins une surface 130a destinée à supporter la préforme au cours de son frittage.

Les blocs 130 peuvent avoir des tailles et des formes différentes d'un bloc à l'autre, qui sont adaptées notamment en fonction de la  
20 géométrie de l'aube 110' (figure 1B) et du retrait que sa préforme 110 sera susceptible de subir pendant le frittage (que l'on peut anticiper en faisant un essai par exemple). Les blocs 130, qui sont dans une première position avant le frittage, définissent ensemble un premier volume.

Les blocs 130 peuvent être réalisés à partir de la même poudre  
25 que celle utilisée pour réaliser la préforme 110, à condition d'avoir été frittés au préalable (afin de conserver leur géométrie durant l'étape de frittage). En outre, ils peuvent ainsi être réalisés en métal (par exemple en Titane), en alliage métallique ou en céramique (par exemple en Zircone, en Alumine ou en Dioxyde de Silicium), tant qu'ils conservent leur rigidité  
30 et leur forme au moins jusqu'à la température à laquelle la pièce sera frittée.

Dans cet exemple, les blocs 130 sont espacés d'une certaine distance  $d_l$  destinée à compenser d'une part le retrait de la préforme lors de son frittage, et d'autre part la dilatation thermique de la préforme  
35 110. Il est à noter que le phénomène thermomécanique prédominant est le retrait de la préforme dû au frittage, qui peut représenter une

contraction homogène et isotrope des dimensions de la préforme de l'ordre de 15%. Quant au phénomène de dilatation thermique, il peut être pris en compte notamment quand les blocs 130 et la préforme 110 comprennent des matériaux de natures différentes, et plus précisément, qui ne se dilatent pas de la même manière sous l'effet de la chaleur. Dans ce cas, il faudra ménager un espacement d légèrement supérieur pour tenir compte de cette dilatation différentielle.

Pour glisser avec le moins de frottements possibles, les blocs 130 disposent d'au moins un congé 130b, de préférence sur les arrêtes de chaque bloc en contact avec le plateau 120 qui sont sensiblement perpendiculaires à la direction principale de retrait de la préforme 110 (ici, il s'agit de la direction longitudinale), ou, en d'autres termes, perpendiculaires à une direction de déplacement des blocs 130 (schématisée par des flèches). Il est aussi envisageable d'utiliser des blocs 130 qui ne possèdent pas de paroi horizontale en contact avec le plateau 120, et reposent sur le plateau uniquement par le biais de leurs parois verticales.

En outre, toujours pour réduire ces frottements, une couche de poudre à base d'Oxyde d'Yttrium ou d'Alumine pourra être déposée sur la surface supérieure du plateau 120 entre les blocs 130 et le plateau 120. Cette couche de poudre comprend de préférence des grains sensiblement sphériques, et présente une épaisseur comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$ . De manière générale, on pourra choisir pour cette couche tout matériau qui ne réagit pas avec le plateau ou les blocs, et facilite le glissement des blocs sur le plateau.

En complément, les blocs 130 peuvent aussi être creux (comme c'est le cas dans l'exemple des figures 1A et 1B) ou partiellement creux afin d'être plus légers et de se déplacer en glissant avec plus de facilité sur le plateau 120, qui peut par ailleurs avoir subi un traitement de surface (par exemple par polissage) afin de réduire encore les frottements entre le plateau 120 et les blocs 130.

Enfin, l'adhérence entre les blocs 130 et la préforme 110 est minimisée pour que les blocs 130 puissent glisser sur le plateau et que la préforme 110 puisse être extraite sans dommages une fois le frittage terminé. Pour ce faire, une barrière anti-diffusion constituée par exemple par une couche à base d'Oxyde d'Yttrium (par exemple sous forme de

poudre) peut être déposée sur les surfaces 130a des blocs qui sont destinées à supporter la préforme 110, ainsi que sur les parois des gorges 131a des blocs externes 131.

5 Le frittage de la préforme 110 est effectué dans un four régulé en température et en pression, les paramètres pour effectuer un tel frittage dépendent du matériau utilisé et des propriétés souhaitées de la pièce finale. De tels paramètres sont connus de l'homme de l'art et ne seront pas détaillés ici.

10 La figure 1B montre l'outillage 100 après l'étape de frittage. Pendant le frittage, la préforme 110 s'est rétractée jusqu'à atteindre une longueur  $L_2$ , inférieure à sa longueur  $L_1$  initiale. On notera  $\Delta L$  la différence entre ces deux longueurs ( $L_1-L_2$ ), qui correspond par ailleurs à la distance totale de retrait dans la direction longitudinale. On considère ici la longueur de retrait dans la direction longitudinale comme étant la plus  
15 significative au vu de l'aspect de la préforme 110 qui s'étend majoritairement selon la direction longitudinale. Cependant, la préforme 110 se rétracte avec la même proportion dans la direction transversale et dans la direction verticale (axe Z). Le retrait dans la direction verticale est par ailleurs anticipé en laissant un espace vertical (visible sur la figure 1A)  
20 entre les surfaces 130a et la préforme 110. Par exemple, l'espace vertical pourra être compris entre 0,1 mm et 5 mm selon la géométrie de la pièce.

On voit que le retrait de la préforme 110 a entraîné le rapprochement des blocs externes 131, et finalement de tous les blocs 130, qui se trouvent dans une deuxième position suite au frittage. En effet, en se rétractant, la préforme 110 vient buter sur les surfaces  
25 verticales 131b au niveau des gorges 131a des blocs externes 131, et leur impose un déplacement suivant sa direction de rétractation. Les blocs centraux 132 sont quant à eux poussés par les blocs externes 131, qui se poussent ensuite de proche en proche. De la sorte, l'aube 110' frittée a  
30 été maintenue et accompagnée par tous les blocs 130 durant toute l'étape de frittage, et n'a pas subi de phénomène de fluage parce que les surfaces 130a des blocs 130 sont désormais sensiblement en contact avec l'aube 110'. Les blocs 130 définissent désormais ensemble un deuxième volume, inférieur au premier volume, ayant une forme complémentaire de celle de  
35 l'aube 110'.

Si l'on note  $\Sigma d_l$  la somme de tous les espaces séparant tous les blocs 130 avant le frittage, il faut que l'inégalité  $\Sigma d_l \geq \Delta L$  soit respectée pour éviter que la préforme 110 ne soit contrainte à l'issue du frittage et ne se détériore. Si  $\Sigma d_l \approx \Delta L$ , les blocs 130 seront adjacents à l'issue du frittage mais il est souhaitable de laisser une marge supplémentaire en raison notamment de l'éventuelle dilatation thermique différentielle à haute température.

On notera que l'espacement  $d_l$  entre les blocs 130 peut varier entre différents blocs, en veillant toujours à ce que la somme  $\Sigma d_l$  de ces espacements respecte l'inégalité précédente. On peut par ailleurs choisir une valeur de  $d_l$  inférieure ou égale à 10 mm, voire inférieure ou égale à 5 mm, de façon à ne pas laisser de surfaces suspendues trop importantes.

De manière plus générale, l'espacement  $d_l$  admissible entre les blocs dépend de la tenue au fluage de la préforme, notamment de son épaisseur et de la taille de sa surface suspendue. Par exemple, si la préforme est fine et que le matériau utilisé est très sensible au fluage, on veillera à ce que l'espacement entre les blocs soit compris entre 1 mm et 2 mm.

Les outillages 200 et 300 qui vont être présentés ci-après sont réalisés de manière analogue à l'outillage 100 décrit précédemment. Certaines de leurs caractéristiques ne seront pas reprises car aisément transposables ou identiques à celles de l'outillage 100 décrit plus haut.

Les figures 2A à 2D illustrent un deuxième mode de réalisation d'un outillage 200 selon l'invention dans une configuration bidimensionnelle et dans une géométrie de type rectangulaire.

Les figures 2A et 2B montrent respectivement une vue de dessus et une vue en coupe longitudinale selon le plan IIB de l'outillage 200 avant l'étape de frittage. L'outillage 200 est destiné à supporter une préforme 210 de forme rectangulaire et présentant une surface suspendue 211 qui s'étend longitudinalement selon un axe X et transversalement selon un axe Y. Conformément à l'invention, l'outillage 200 comporte un plateau 220 surmonté d'un ensemble de blocs 230 composé ici de deux rangées de blocs externes 231 qui supportent la préforme au niveau des surfaces d'appui 212 de cette dernière, ces surfaces 212 étant en contact avec des marches 231a positionnées sur les blocs 231 (les marches 231a ont la même fonction que les gorges 131a de l'outillage 100).

Dans cette géométrie, le maintien de la préforme selon les directions longitudinale et transversale est nécessaire pour éviter son fluage, ce qui explique l'utilisation de l'ensemble de blocs 230 composé de deux rangées. Il est bien entendu envisageable de rajouter d'autres rangées de blocs, qui comporteront par exemple des blocs centraux, de manière analogue à l'outillage 100 présenté précédemment.

Avant le frittage, les blocs 231 sont séparés d'un espace  $d_l$  tel que celui défini précédemment, à la différence près qu'il y a des espaces  $d_l$  selon l'axe X et selon l'axe Y. Un certain espace selon un axe vertical Z pourra être ménagé entre les surfaces 230a des blocs destinées à supporter la préforme 210 et la surface suspendue 211 de la préforme 210, pour compenser son retrait vertical.

Les blocs 231 peuvent présenter les mêmes caractéristiques que ceux de l'outillage 100, notamment disposer de congés 230b sur certaines de leurs arêtes en contact avec le plateau 220 perpendiculaires aux directions de retrait de la préforme 210.

Les figures 2C et 2D montrent respectivement une vue de dessus et une vue en coupe longitudinale selon le plan IID de l'outillage 200 après l'étape de frittage. A l'issue de cette étape, on obtient la pièce 210' frittée. La préforme 210 s'est notamment rétractée selon les directions X et Y, les blocs 231 ayant accompagné son retrait afin d'éviter son fluage (le déplacement des blocs est schématisé par des flèches sur les figures 2A et 2B).

Les figures 3A à 3D illustrent un troisième mode de réalisation d'un outillage 300 selon l'invention dans une configuration bidimensionnelle et dans une géométrie de type cylindrique (ou encore, de révolution).

Les figures 3A et 3B montrent respectivement une vue de dessus et une vue en coupe longitudinale selon le plan IIIB de l'outillage 300 avant l'étape de frittage. L'outillage 300 est destiné à supporter une préforme 310 en forme de couronne et présentant une surface en porte-à-faux 311 sur son pourtour. Conformément à l'invention, l'outillage 300 comporte un plateau 320 surmonté d'un ensemble de blocs 330 composé ici de blocs externes 331 prenant la forme de quartiers qui supportent la préforme au niveau d'une surface d'appui 312 de cette dernière, la surface

d'appui 312 étant logée dans des gorges 331a pratiquées dans les blocs 331.

Dans cet exemple, la surface en porte-à-faux 311 de la préforme 310 est légèrement inclinée et située à l'extérieur (par rapport  
5 au centre de la couronne) de la surface d'appui 312. Ainsi, les surfaces 330a des blocs 331 destinées à supporter la préforme sont inclinées de la même manière que la surface 311.

Les blocs 331 peuvent présenter les mêmes caractéristiques que l'outillage 100, notamment disposer de congés (non représentés sur les  
10 figures 3A et 3B) sur certaines de leurs arêtes en contact avec le plateau 320 pour faciliter leur glissement.

Avant le frittage, les blocs 331 sont séparés d'un espace  $d_l$  tel que défini sur la figure 3A, qui sera adapté en fonction du retrait de la  
15 préforme 310. Comme précédemment, un espace est conservé entre les surfaces 330a et 311 pour compenser le retrait selon l'axe vertical de la préforme 310.

Les figures 3C et 3D montrent respectivement une vue de dessus et une vue en coupe longitudinale selon le plan IIID de l'outillage  
20 300 après l'étape de frittage. A l'issue de cette étape, on obtient la pièce 310' frittée. La préforme 310 s'est rétractée en tirant les blocs 331 vers le centre de la couronne, ces derniers ayant accompagné la préforme 310 pendant sa rétractation afin d'éviter son fluage.

Un outillage selon l'invention est particulièrement adapté à la fabrication d'une aube de turbomachine aéronautique comme cela a été  
25 décrit précédemment. A titre d'exemples non limitatifs, un tel outillage pourra aussi être utilisé pour la fabrication d'un système d'injection de chambre à combustion aéronautique, d'un composant de système d'injection aéronautique, d'une bride, d'un système de bridage, d'un support d'équipements moteur ou d'un capot. De manière générale,  
30 l'invention peut s'appliquer à la fabrication de pièces pour l'aéronautique, c'est-à-dire pouvant être utilisées dans un turboréacteur destiné à propulser un aéronef.

On notera que l'invention ne se limite pas seulement aux modes de réalisation décrits précédemment, d'autres exemples de réalisation de  
35 l'invention étant bien entendu envisageables, au vue du présent exposé, tout en restant dans l'esprit de l'invention.

## REVENDEICATIONS

1. Outillage (100 ; 200 ; 300) destiné à supporter pendant un traitement thermique une préforme (110 ; 120 ; 130) de pièce tridimensionnelle (110' ; 210' ; 310') obtenue après la mise en forme d'une poudre métallique ou céramique, la préforme présentant au moins une surface d'appui (112 ; 212 ; 312) sur laquelle elle peut reposer et au moins une surface suspendue (111 ; 211 ; 311) vis-à-vis de la surface d'appui, l'outillage comprenant :
- 10 un plateau (120 ; 220 ; 320), et  
une pluralité de blocs (130 ; 230 ; 330) disposés sur le plateau et ayant au moins une surface (130a ; 230a ; 330a) destinée à supporter la préforme, les blocs étant aptes à se déplacer les uns par rapport aux autres en glissant sur le plateau entre une première position dans laquelle les blocs sont espacés les uns des autres et définissent ensemble un premier volume, et une deuxième position dans laquelle les blocs définissent ensemble un deuxième volume inférieur au premier volume.
- 15
2. Outillage selon la revendication 1, dans lequel les blocs (130) sont au moins partiellement creux.
- 20
3. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel chaque bloc (130 ; 230) comprend un congé (130b ; 230b) pratiqué sur au moins une des arrêtes dudit bloc en contact avec le plateau (120).
- 25
4. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les blocs (130 ; 230 ; 330) comprennent un matériau céramique choisi parmi les matériaux suivants : Zircone, Alumine, Yttrine, Dioxyde de Silicium, Nitrure de Silicium ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), un mélange de céramiques, ou un alliage métallique choisi parmi les alliages suivants : un alliage à base de Molybdène, un alliage à base de Cobalt, un alliage à base de Nickel, un alliage à base de Fer, un alliage à base de Titane, un alliage à base d'Aluminium.
- 30
- 35

5. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant en outre une couche de poudre d'Oxyde d'Yttrium ou d'Alumine sur la surface supérieure du plateau (120 ; 220 ; 320).

5                   6. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre une barrière anti-diffusion à base d'Oxyde d'Yttrium sur les surfaces (130a ; 230a ; 330a) des blocs destinées à supporter la préforme.

10                   7. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel une surface supérieure du plateau (120 ; 220 ; 320) est polie.

15                   8. Procédé de traitement thermique d'une préforme (110 ; 120 ; 130) de pièce tridimensionnelle (110' ; 210' ; 310') obtenue après la mise en forme d'une poudre métallique ou céramique, la préforme présentant au moins une surface d'appui (112 ; 212 ; 312) sur laquelle elle peut reposer et au moins une surface suspendue (111 ; 211 ; 311) vis-à-vis de la surface d'appui, le procédé comprenant :

20                   - le placement de la préforme sur un outillage (100 ; 200 ; 300) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 en positionnant la préforme au-dessus des blocs (130 ; 230 ; 330), et  
                      - le traitement thermique de la préforme.

25                   9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel les blocs (130 ; 230 ; 330) de l'outillage (100 ; 200 ; 300) sont réalisés à partir de la même poudre que celle constituant la préforme, les blocs étant frittés préalablement à l'étape de placement de la préforme sur l'outillage.

30                   10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, dans lequel avant le placement de la préforme sur l'outillage les blocs (130 ; 230 ; 330) sont espacés d'une distance ( $d_l$ ) inférieure ou égale à 10 mm.

35                   11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel le traitement thermique de la préforme est un frittage de la préforme.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans lequel la pièce à fabriquer est une pièce pour l'aéronautique.



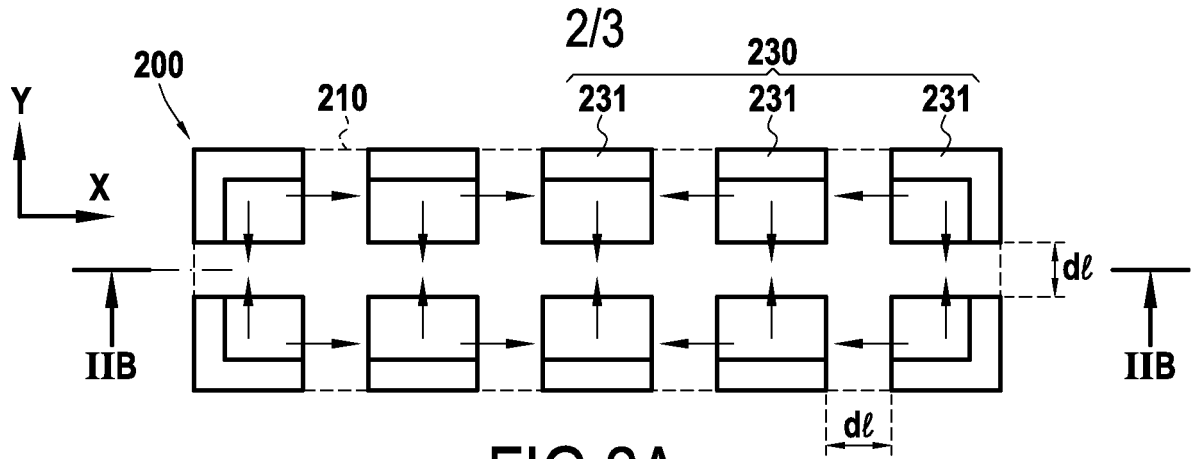


FIG. 2A

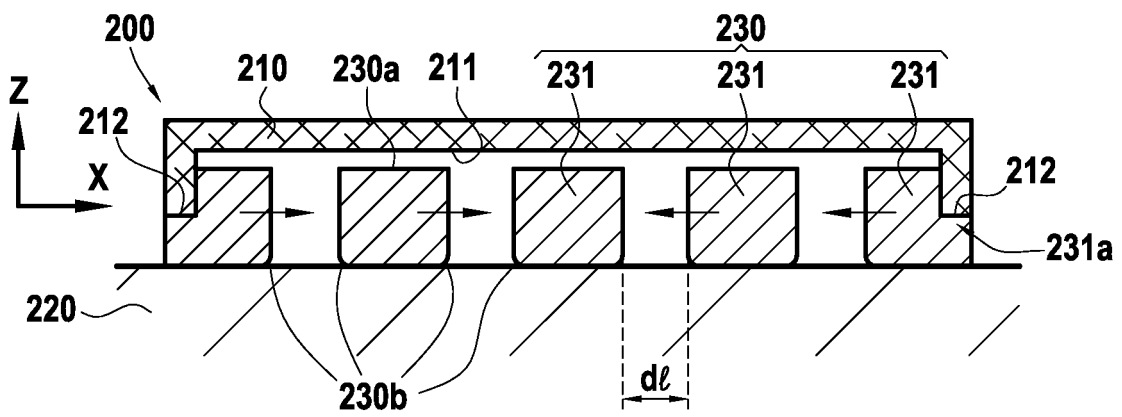


FIG. 2B

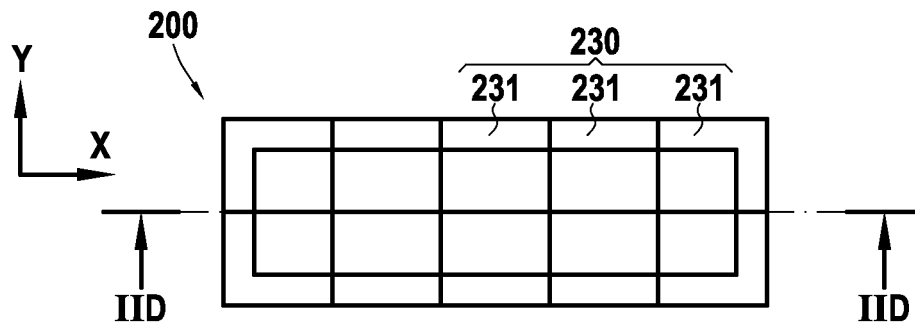


FIG. 2C

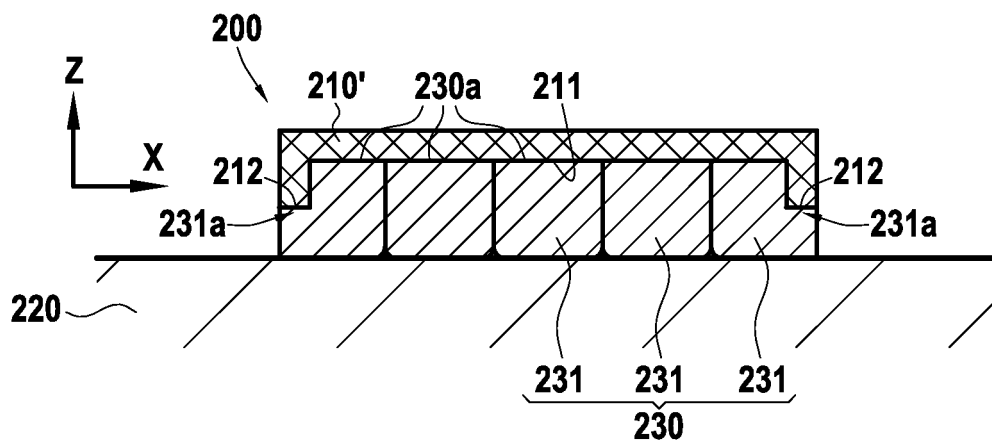


FIG. 2D

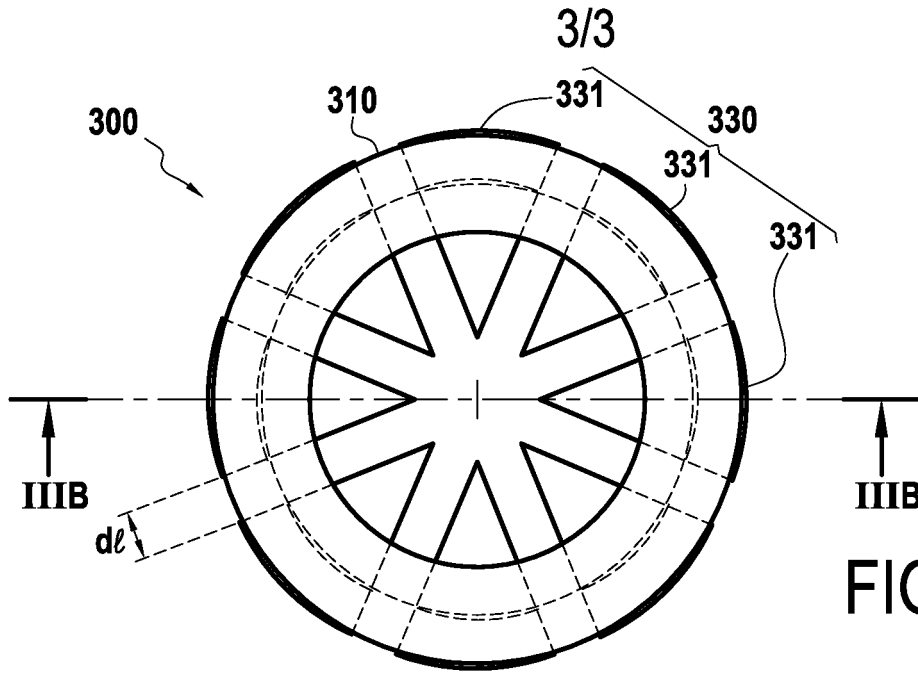


FIG. 3A

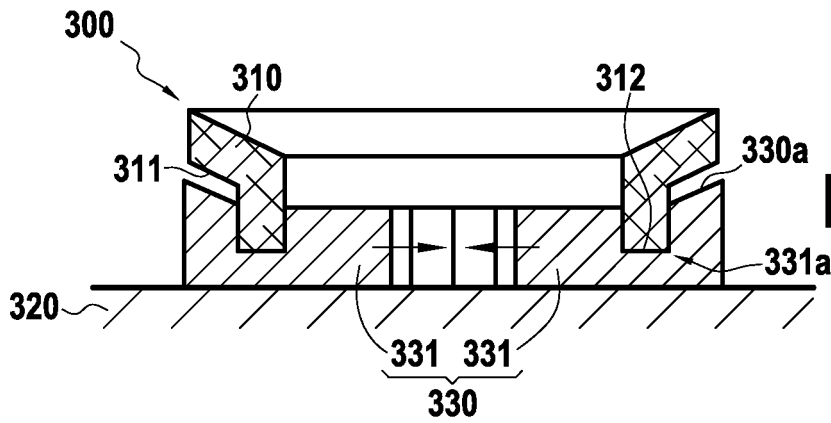


FIG. 3B

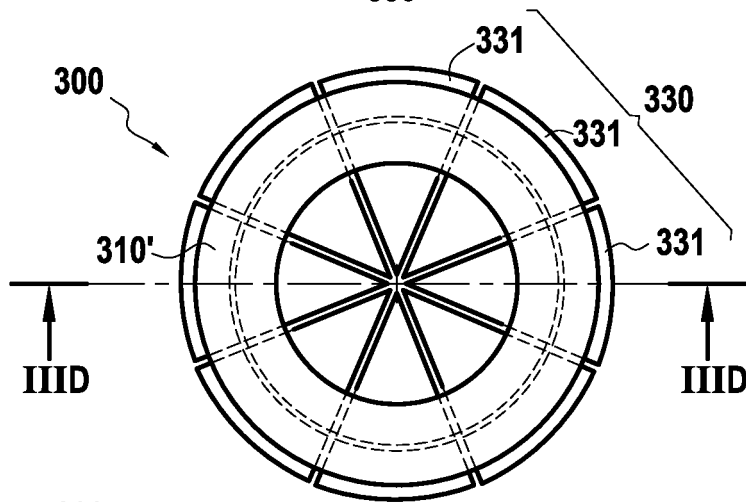


FIG. 3C

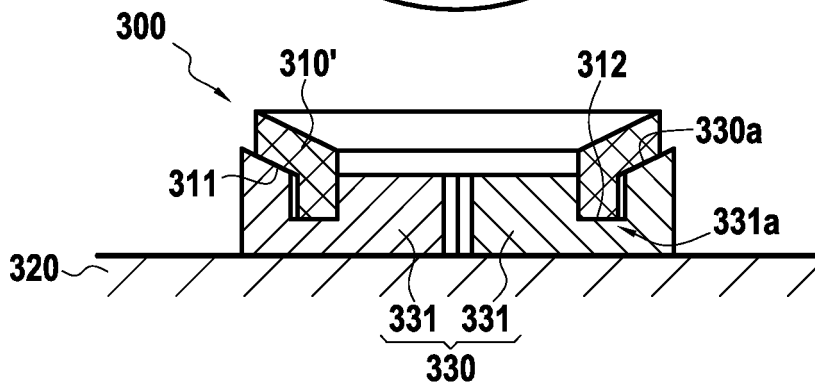


FIG. 3D



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 815094  
FR 1556373

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		
A	US 2010/210444 A1 (RHOADS RANDY L [US]) 19 août 2010 (2010-08-19) * le document en entier *	1-12	F27D3/12 B22F3/10  DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  F27D B22F C03B C04B F27B
A	US 3 904 352 A (THURNAUER HANS ET AL) 9 septembre 1975 (1975-09-09) * le document en entier *	1-12	
A	WO 2015/068100 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 14 mai 2015 (2015-05-14) * le document en entier *	1-12	
A	JP H08 41505 A (OLYMPUS OPTICAL CO) 13 février 1996 (1996-02-13) * abrégé; figure 1 *	1,9	
A	US 2004/159985 A1 (ALTOONIAN MARK A [US] ET AL) 19 août 2004 (2004-08-19) * le document en entier *	1-12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 mai 2016		Gavriliu, Alexandru	
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	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1556373 FA 815094**

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 **06-05-2016**

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
US 2010210444 A1	19-08-2010	CN 102325738 A	18-01-2012
		JP 5502906 B2	28-05-2014
		JP 2012518589 A	16-08-2012
		KR 20110127705 A	25-11-2011
		TW 201043591 A	16-12-2010
		US 2010210444 A1	19-08-2010
		US 2012133088 A1	31-05-2012
		WO 2010096370 A2	26-08-2010
-----			
US 3904352 A	09-09-1975	AUCUN	
-----			
WO 2015068100 A1	14-05-2015	FR 3012757 A1	08-05-2015
		WO 2015068100 A1	14-05-2015
-----			
JP H0841505 A	13-02-1996	AUCUN	
-----			
US 2004159985 A1	19-08-2004	DE 102004007804 A1	14-10-2004
		FR 2851182 A1	20-08-2004
		GB 2398539 A	25-08-2004
		JP 2004262751 A	24-09-2004
		US 2004159985 A1	19-08-2004
-----			