



(51) Classification internationale des brevets :
B22F 3/105 (2006.01) *C04B 35/64* (2006.01)
B29C 67/00 (2006.01) *F28F 13/18* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/053702

(22) Date de dépôt international :
22 décembre 2015 (22.12.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1463202 23 décembre 2014 (23.12.2014) FR

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

(72) Inventeurs : FRIBOURG, Guillaume; c/o Snecma PI
(AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-cra-
mayel Cedex (FR). LAVIGNOTTE, Stéphane; c/o Snec-
ma PI (AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 Mois-
sy-cramayel Cedex (FR). PICHOT, François; c/o Snecma
PI (AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-
cramayel Cedex (FR).

(74) Mandataires : DESORMIERE, Pierre-Louis et al.; Cabi-
net Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 Pa-
ris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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.

(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, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TOOL FOR MANUFACTURING PARTS BY SELECTIVE MELTING OR SELECTIVE SINTERING ON A POW-
DER BED, AND MANUFACTURING METHOD IMPLEMENTING SUCH A TOOL

(54) Titre : OUTILLAGE POUR LA FABRICATION DE PIÈCES PAR FUSION SELECTIVE OU FRITTAGE SELECTIF SUR
LIT DE POUDRE, ET PROCÉDE DE FABRICATION METTANT EN ŒUVRE UN TEL OUTILLAGE.

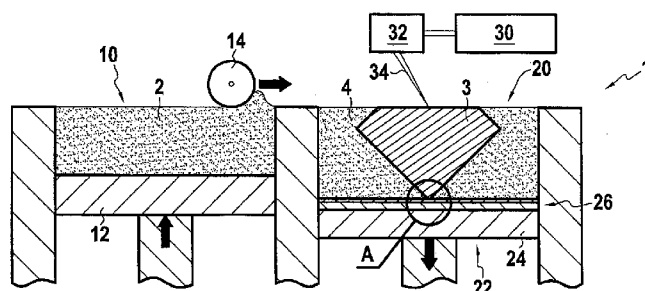


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a tool (1) for manufacturing three-dimensional metal, metal alloy or ceramic parts, using a method of selective melting or selective sintering on a powder bed, comprising: a manufacturing table (22) on which a part is intended to be manufactured, a means (14) for spreading a layer of powder on the manufacturing table (22) intended to deposit a layer of powder on the manufacturing table, and a heating means (30) intended for melting or sintering at least one portion of a layer of metal, metal alloy or ceramic powder deposited on the manufacturing table. The manufacturing table (22) comprises: a base (24) comprising a refractory material, and a coating (26) at least partially covering the base, the coating consisting of at least one layer (26a) of a material having a thermal expansion coefficient with a value between the value of the thermal expansion coefficient of the refractory material of the base and five times the value of said thermal expansion coefficient, the part being intended to be manufactured on said coating. The invention also concerns a method implementing such a tool.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Publiée :

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

L'invention concerne un outillage (1) pour la fabrication de pièces tridimensionnelles en métal, en alliage métallique ou en céramique par un procédé de fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, comprenant : un plateau de fabrication (22) sur lequel est destinée à être fabriquée une pièce, un moyen d'étalement (14) d'une couche de poudre sur le plateau de fabrication (22) destiné à déposer une couche de poudre sur le plateau de fabrication, et un moyen de chauffage (30) destiné à faire fondre ou à fritter au moins une partie d'une couche de poudre en métal, en alliage métallique ou en céramique déposée sur le plateau de fabrication. Le plateau de fabrication (22) comprend : une base (24) comprenant un matériau réfractaire, et un revêtement (26) recouvrant au moins partiellement la base, le revêtement étant constitué d'au moins une couche (26a) d'un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique présentant une valeur comprise entre la valeur du coefficient de dilatation thermique du matériau réfractaire de la base et cinq fois la valeur dudit coefficient de dilatation thermique, la pièce étant destinée à être fabriquée sur ledit revêtement. L'invention concerne aussi un procédé mettant en œuvre un tel outillage.

Titre de l'invention

Outillage pour la fabrication de pièces par fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, et procédé de fabrication mettant en œuvre un tel outillage.

5

Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général de la fabrication de pièces métalliques, en alliages métalliques ou en céramique par fabrication additive.

10

Il est aujourd'hui courant d'avoir recours à des techniques de fabrication additive pour réaliser facilement et rapidement des pièces complexes.

15

Lorsqu'il s'agit de la fabrication de pièces métalliques, en alliages métalliques ou en céramique, le procédé de fusion sélective (on parle de frittage sélectif lorsqu'il s'agit notamment de céramiques) sur lit de poudre permet d'obtenir des pièces complexes qui sont difficilement réalisables ou non réalisables avec les procédés conventionnels tels que la fonderie, la forge ou l'usinage. Le domaine aéronautique se prête particulièrement bien à l'utilisation de ce procédé.

20

En outre, ce procédé présente l'avantage d'être rapide et ne pas nécessiter d'outillage spécifique contrairement à la plupart des procédés conventionnels, ce qui réduit considérablement les coûts et les cycles de fabrication des pièces.

25

Un tel procédé comprend généralement une étape durant laquelle est déposée sur un plateau de fabrication (par exemple métallique) une première couche de poudre d'un métal, d'un alliage métallique ou de céramique d'épaisseur contrôlée, puis une étape consistant à chauffer avec un moyen de chauffage (par exemple un laser ou un faisceau d'électrons) une zone prédéfinie de la couche de poudre, et de procéder en répétant ces étapes pour chaque couche supplémentaire, jusqu'à l'obtention, tranche par tranche, de la pièce finale.

30

35

Cependant, dans les procédés connus de fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, les pièces présentent une microstructure anisotrope, les grains étant dirigés notamment dans le sens du gradient thermique maximum, qui se trouve être dans la direction normale au plateau de fabrication sur lequel les pièces sont réalisées. La stratégie de

construction des pièces doit ainsi être mise au point en tenant compte de cette anisotropie afin que les grains soient orientés dans les directions privilégiées de sollicitations de la pièce, ce qui pose une importante contrainte de fabrication.

5 Par ailleurs, une pièce fabriquée par fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre présente des contraintes résiduelles fortes susceptibles d'induire des phénomènes de déformation voire des fissurations dans la pièce et à l'interface entre la pièce et le plateau de fabrication.

10 Il existe donc un besoin de disposer d'un outillage et d'un procédé de fabrication de pièces en métal, en alliage métallique ou en céramique par fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre qui permettent d'obtenir des pièces présentant des propriétés plus isotropes et de réduire les contraintes internes dans la pièce, afin de limiter sa
15 déformation et son risque de fissuration.

Objet et résumé de l'invention

L'anisotropie et les contraintes internes observées sur les pièces fabriquées par des procédés traditionnels de fusion sélective ou frittage
20 sélectif sur lit de poudre sont principalement dues à une dissipation trop rapide et dans une direction privilégiée de la chaleur au moment de la fusion ou du frittage de la poudre.

Les Inventeurs ont étudié la dissipation de la chaleur et ont noté qu'elle s'opère de plusieurs manières : par convection au niveau du gaz
25 constituant l'atmosphère de l'enceinte de fabrication, par rayonnement, et par conduction thermique au niveau de la poudre environnante et du plateau de fabrication supportant la pièce en cours de réalisation.

Il a été observé que le front de solidification de la zone fondue ou frittée progresse dans la direction opposée au flux de chaleur dirigé
30 perpendiculairement au plateau de fabrication, ce qui entraîne une croissance des grains dans la même direction. Lors de la solidification de la couche N, l'orientation cristalline de la couche N-1 est conservée par épitaxie. Il en résulte des grains allongés dans le sens de ce gradient thermique. C'est ce phénomène qui est ainsi responsable majoritairement
35 de l'anisotropie finale de la pièce. Et parmi les facteurs précités c'est le

plateau de fabrication, traditionnellement métallique ou en alliage métallique, qui est source de la plus forte dissipation thermique.

Par conséquent, il serait envisageable de réduire ces phénomènes en utilisant un plateau de fabrication comportant un
5 matériau présentant une conduction thermique plus basse que les métaux ou les alliages métalliques traditionnellement utilisés, par exemple en céramique, ou plus généralement en un matériau réfractaire.

Cependant, les Inventeurs ont remarqué que les plateaux de fabrication en matériau réfractaire présentent des problèmes d'adhésion
10 avec les pièces, qui sont en métal ou en alliage métallique, principalement parce que les métaux et les alliages métalliques adhèrent difficilement avec la céramique d'une part, et se dilatent plus que les matériaux les plus réfractaires lorsqu'ils sont chauffés d'autre part. Or, il faut qu'existe une
15 zone dite de « dilution » dans laquelle le plateau de fabrication et les premières couches de poudre peuvent fusionner afin que la pièce adhère correctement sur le plateau.

La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un outillage pour la fabrication de pièces tridimensionnelles en métal, en alliage métallique ou en céramique par un
20 procédé de fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, comprenant :

un plateau de fabrication sur lequel est destinée à être fabriquée une pièce,

un moyen d'étalement d'une couche de poudre sur le plateau de
25 fabrication destiné à déposer une couche de poudre sur le plateau de fabrication, et

un moyen de chauffage destiné à faire fondre ou à fritter au moins une partie d'une couche de poudre en métal, en alliage métallique ou en céramique déposée sur le plateau de fabrication,
30 caractérisé en ce que le plateau de fabrication comprend :

une base comprenant un matériau réfractaire, et

un revêtement recouvrant au moins partiellement la base, le revêtement étant constitué d'au moins une couche d'un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique présentant une valeur comprise entre la
35 valeur du coefficient de dilatation thermique du matériau réfractaire de la

base et cinq fois la valeur dudit coefficient de dilatation thermique, la pièce étant destinée à être fabriquée sur ledit revêtement.

Par matériau réfractaire on entend un matériau minimisant les échanges thermiques, par exemple un matériau ayant une effusivité thermique suffisamment faible et de préférence inférieure ou égale à 5 $4 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1/2}$. Des exemples de matériaux réfractaires peuvent se trouver parmi les céramiques, mais aussi parmi les alliages comme par exemple le TA6V.

Le coefficient de dilatation thermique considéré est défini dans 10 tout l'intervalle de température auquel est soumis le plateau de fabrication, généralement entre la température ambiante et la température de fusion la plus basse des matériaux présents dans le revêtement (par exemple entre 20°C et 900°C).

On notera que la pièce est destinée à être fabriquée 15 directement sur le revêtement, même lorsque ce dernier ne recouvre la base que partiellement. En d'autres termes, la pièce n'est destinée à être en contact qu'avec le revêtement du plateau de fabrication. Ainsi, le plateau permet d'une part, de limiter la conduction thermique responsable de l'anisotropie dans la direction normale au plateau de fabrication parce 20 qu'il comprend une base en matériau réfractaire, et, d'autre part, d'assurer une adhésion de la pièce avec le plateau de fabrication grâce à un revêtement ayant au moins une couche de matériau présentant une valeur de coefficient de dilatation thermique supérieure et suffisamment proche de celle du coefficient de dilatation thermique de la base. En 25 d'autres termes, ce revêtement permet de faire l'interface entre la pièce et la base sur laquelle il peut adhérer, tout en assurant l'adhésion de la pièce sur le plateau de fabrication en permettant une zone de dilution.

De préférence, le revêtement comprend une pluralité de couches, chaque couche de la pluralité de couches présente au-dessus 30 d'une couche sous-jacente ayant un coefficient de dilatation thermique supérieur au coefficient de dilatation thermique de ladite couche sous-jacente.

Avec une telle disposition, on peut adapter progressivement les propriétés du revêtement pour qu'elles se rapprochent de celles de la base 35 au niveau de la première couche de matériau en garantissant une adhésion avec celle-ci, et qu'elles se rapprochent aussi de celles de la

poudre au niveau de ses couches supérieures pour assurer la fixation de la pièce.

De préférence encore, une couche du revêtement présente une épaisseur comprise entre 0,1 mm et 5 mm.

- 5 Comme les couches formant le revêtement peuvent être plus conductrices thermiquement que la base, en limitant leur épaisseur on limite ainsi les pertes thermiques dues au revêtement.

De préférence également, le revêtement a une épaisseur inférieure ou égale à 15 mm.

- 10 De même, en limitant l'épaisseur totale du revêtement, on limite les pertes thermiques dues au plateau de fabrication.

La base peut être constituée d'un matériau parmi les suivants : Zircon, SiO_2 , alliage TA6V.

- 15 Une couche du revêtement peut être constituée d'un matériau parmi les suivants : un alliage à base de Fer, un alliage à base de Cobalt, un alliage à base de Nickel, un alliage à base de Titane, un alliage à base de Molybdène, un alliage à base d'Aluminium, du Carbure de Silicium, du Carbure de Tungstène.

- 20 L'invention vise aussi un procédé de fabrication de pièces tridimensionnelles en métal, en alliage métallique ou en céramique par fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, le procédé comprenant successivement les étapes suivantes :

le dépôt d'au moins une couche de poudre d'un métal, d'un alliage métallique ou d'une céramique destiné à constituer la pièce, et

- 25 la fusion ou le frittage d'au moins une partie de la couche de poudre par un moyen de chauffage. Conformément à l'invention, les étapes précédentes sont réalisées sur un plateau de fabrication comprenant :

une base comprenant un matériau réfractaire, et

- 30 un revêtement recouvrant au moins partiellement la base, le revêtement étant constitué d'au moins une couche d'un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique présentant une valeur comprise entre la valeur du coefficient de dilatation thermique du matériau réfractaire de la base et cinq fois la valeur dudit coefficient de dilatation thermique.

- 35 De préférence, le revêtement comprend une pluralité de couches, chaque couche de la pluralité de couches présente au-dessus

d'une couche sous-jacente ayant un coefficient de dilatation thermique supérieur au coefficient de dilatation thermique de ladite couche sous-jacente.

De préférence également, la couche du revêtement destinée à être en contact avec la pièce à fabriquer est constituée du même matériau que la poudre. Ainsi, comme cette couche est réalisée dans un matériau identique à celui de la poudre, l'adhésion de la pièce au plateau de fabrication est maximale puisque la dernière couche du revêtement et la partie de la première couche de poudre destinée à former la première tranche de la pièce peuvent fusionner de façon optimale dans une zone de dilution.

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 un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue schématique d'un outillage selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 1A est une vue agrandie de l'outillage de la figure 1 au niveau du plateau de fabrication, et
- la figure 2 est un ordinogramme illustrant les étapes d'un procédé selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

Un exemple d'outillage 1 pour la fabrication de pièces en métal ou en alliage métallique par fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre selon un mode de réalisation de l'invention est illustré sur les figures 1 et 1A.

De façon connue en soi, l'outillage 1 comprend un réservoir de poudre 10 et une partie 20 creuse dans laquelle est fabriquée la pièce 3. Le réservoir 1 et la partie 20 sont situés au même niveau.

Le réservoir de poudre 10 contient la poudre 2 métallique ou d'un alliage métallique qui servira à fabriquer la pièce 3, tandis que la partie 20 est apte à contenir la pièce 3 à fabriquer ainsi que la poudre non fusionnée 4.

On peut par exemple utiliser pour fabriquer la pièce une poudre d'un métal, d'un alliage métallique ou d'une céramique. Par exemple un alliage à base de Fer (par exemple en Acier XC48, Inox®), un alliage à base de Cobalt (par exemple : MAR-M-509®), un alliage à base de Nickel (par exemple : Inconel®625, Hastelloy C276®, Hastelloy-X®, Hastelloy-W®), un alliage à base de Titane (par exemple : TA6V, Ti6-2-4-2, Ti17, T40), un alliage à base de Molybdène, un alliage à base d'Aluminium (par exemple d'un des grades suivants : 1050, 6061, 7075, 5053, 2024, 2618, 2219), du Carbure de Silicium, du Carbure de Tungstène, etc.

La taille des grains de la poudre peut varier par exemple de 5 µm à 150 µm.

Au fond du réservoir 10 se trouve un plateau mobile 12 qui peut se déplacer verticalement afin de pousser la poudre vers le haut du réservoir.

De même, au fond de la partie 20 se trouve un plateau de fabrication 22 apte à se déplacer verticalement, et notamment à descendre au fur et à mesure de la fabrication de la pièce.

Conformément à l'invention, le plateau de fabrication 22 comprend une base 24 (figure 1A).

La base 24 peut être en céramique et constituée par exemple de Zircone, de Silice (SiO₂), etc. En variante, la base 24 peut être constituée d'un alliage suffisamment réfractaire, par exemple du type TA6V.

Cette base 24 est recouverte d'un revêtement 26, composé par exemple de deux couches 26a, 26b. La pièce 3 est destinée à être fabriquée directement sur le revêtement 26 du plateau de fabrication 22, même lorsque le revêtement 26 recouvre partiellement la base 24. Ainsi, la pièce 3 n'est en contact qu'avec le revêtement 26 lors de sa fabrication.

De préférence, la première couche 26a présente une valeur de coefficient de dilatation thermique supérieure ou égale à la valeur du coefficient de dilatation thermique du matériau réfractaire de la base 24, et inférieure ou égale à cinq fois la valeur de ce coefficient. La dernière couche 26b possède un coefficient de dilatation thermique supérieur à celui de la première couche 26a. Avantageusement, le coefficient de dilatation thermique des matériaux des couches formant le revêtement est inférieur à celui du matériau constituant la poudre.

On peut aussi utiliser pour la dernière couche 26b, destinée à être en contact avec la pièce 3, le même matériau que celui de la poudre.

Les couches 26a, 26b ont une épaisseur comprise entre 0,1 et 5 mm.

5 Le dépôt de ces couches 26a, 26b peut être effectué par différents procédés connus de l'homme de l'art tels que : dépôt plasma ou laser, dépôt physique par phase vapeur (*PVD*), dépôt chimique par phase vapeur (*CVD*), fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, soudure de plaques préfabriquées, injection de poudres métalliques
10 (*Powder Injection Metal*), extrusion, etc.

A l'issue de ces dépôts, il est possible d'effectuer des traitements thermiques de diffusion sur les couches 26a, 26b formant le revêtement 26 de sorte qu'une diffusion s'opère entre ces couches, que les propriétés du revêtement suivent ainsi un gradient vertical et qu'il n'y
15 ait pas de discontinuité importante entre les couches, notamment du coefficient de dilatation thermique. En d'autres termes, ces traitements thermiques permettent de limiter la dilatation thermique différentielle entre les couches du revêtement.

Par exemple, pour des couches comprenant un alliage à base
20 de Nickel ou en acier, on pourra effectuer un traitement thermique de diffusion à une température comprise entre 1000°C et 1250°C pendant 1 heure à 10 heures, et de préférence sous vide ou atmosphère protectrice (sous Argon).

Dans le cas où le revêtement 26 est constitué de plus de deux
25 couches, l'épaisseur totale e du revêtement 26 ne doit pas dépasser 15 mm pour limiter les pertes thermiques dans le revêtement.

Avant que le procédé ne débute, le plateau de fabrication 22 est en position haute et le plateau mobile 12 est en position basse.

La première étape du procédé (E1) consiste à déposer une
30 première couche de poudre sur le plateau de fabrication 22, et en particulier sur le revêtement 26. Pour ce faire, le plateau mobile 12 est monté sur une longueur contrôlée afin de pousser une quantité suffisante de poudre hors du réservoir 10, simultanément le plateau de fabrication 22 va s'abaisser sur une longueur contrôlée (celle choisie pour une couche
35 de poudre, par exemple entre 10 μm et 200 μm) puis un moyen d'étalement 14 va répartir la poudre extraite du réservoir sur le plateau de

fabrication 22, et notamment sur le revêtement 26, en se déplaçant horizontalement depuis le réservoir 10 vers le plateau de fabrication 22. Le surplus de poudre peut être évacué du côté opposé au réservoir, par exemple dans un réservoir supplémentaire de récupération.

5 Le moyen d'étalement 14, qui peut par exemple être un rouleau ou un racleur, permet ainsi de déposer et de répartir uniformément la couche de poudre sur le plateau de fabrication 22, et notamment sur le revêtement 26.

10 Une fois la première couche déposée, un moyen de chauffage 30 va permettre de faire fondre ou de fritter sélectivement une partie de la poudre correspondant à une première tranche de la pièce (étape E2).

15 Cette première couche peut fusionner avec la dernière couche 26b du revêtement dans une zone de dilution 28 illustrée sur la figure 1A, ce qui assurera le maintien en position de la pièce durant tout le procédé de fabrication.

20 Le moyen de chauffage 30 peut par exemple consister en un laser à CO₂, un laser Nd-YAG, ou un générateur de faisceau d'électrons, associé à des moyens 32 permettant de diriger le faisceau 34 issu du moyen de chauffage sur une surface précise de la couche de poudre. Les moyens de chauffage qui peuvent être utilisés dans un procédé de fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre sont connus de l'homme de l'art et ne seront pas détaillés ici.

25 Dans le cas où le moyen de chauffage 30 est un laser, l'outillage 1 est généralement placé dans une atmosphère de gaz neutre. En variante, si le moyen de chauffage 30 est un générateur de faisceau d'électrons, l'outillage 1 est placé dans une enceinte sous vide secondaire.

30 Quand la poudre fondue ou frittée a refroidi, et s'est solidifiée le cas échéant (étape E3), on peut répéter les opérations précédentes pour chaque tranche successive de la pièce en déposant une couche de poudre sur la précédente, jusqu'à ce qu'elle soit terminée.

 Une fois la fabrication terminée, la pièce 3 est extraite du plateau de fabrication 22 duquel elle est solidaire, et peut subir des traitements de finition classiques (étape E4), tels que de l'usinage, du polissage, etc.

35 Dans le présent exposé, l'expression « compris entre ... et ... » doit être comprise comme incluant les bornes.

Premier exemple

On réalise une pièce en alliage de type Inconel® 718 à partir d'une poudre de cet alliage.

- 5 Le plateau de fabrication comporte une base en Zircon, et une couche de matériau en alliage métallique.

La couche, d'une épaisseur de 3 mm, est constituée d'un alliage de type Inconel®718 et est déposée par dépôt plasma ou par fusion sélective sur lit de poudre sur le plateau en céramique.

- 10 Pour finaliser le dépôt du revêtement, on impose au plateau de fabrication une température de 1230°C pendant 1 heure.

- Le Tableau 1 regroupe les principaux composants des alliages utilisés dans ce premier exemple, et les ordres de grandeur des valeurs des coefficients de dilatation thermiques (CDT) des matériaux constituant le plateau.
- 15

Tableau 1

	Inconel®718	Zircon
Composition massique	Ni (50,0-55,0%) Cr (17,0-21,0%)	-
CDT à 800°C (10^{-6} K^{-1})	5	3

Deuxième exemple

- 20 On réalise une pièce en alliage à base de Titane du type TA6V à partir d'une poudre de cet alliage.

Le plateau de fabrication comporte une base en SiO_2 , et deux couches de matériau en alliage métallique.

- La première couche constituée d'un alliage de type Invar® est déposée par dépôt plasma sur le plateau en céramique et présente une épaisseur de 2 mm.
- 25

La deuxième couche constituée d'un alliage de type TA6V, identique à celui de la poudre, est déposée par dépôt plasma sur la première couche et présente une épaisseur de 5 mm.

- 30 Pour finaliser le dépôt du revêtement, on impose au plateau de fabrication une température de 1180°C pendant 1 heure afin de laisser diffuser les couches dans le revêtement.

Le Tableau 2 regroupe les principaux composants des alliages utilisés dans ce deuxième exemple, et les ordres de grandeur des valeurs des coefficients de dilatation thermiques (CDT) des matériaux constituant le plateau.

5

Tableau 2

	TA6V	Invar®	SiO ₂
Composition massique	Ti (base) Al (6%) Va (4%)	Fe (64%) Ni (36%)	Si (47%) O (53%)
CDT à 200°C (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	9	2	0,4

REVENDEICATIONS

1. Outillage (1) pour la fabrication de pièces tridimensionnelles en métal, en alliage métallique ou en céramique par un procédé de fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, comprenant :
- 5 un plateau de fabrication (22) sur lequel est destinée à être fabriquée une pièce,
- un moyen d'étalement (14) d'une couche de poudre sur le plateau de fabrication (22) destiné à déposer une couche de poudre sur le
- 10 plateau de fabrication, et
- un moyen de chauffage (30) destiné à faire fondre ou à fritter au moins une partie d'une couche de poudre en métal, en alliage métallique ou en céramique déposée sur le plateau de fabrication,
- caractérisé en ce que le plateau de fabrication (22) comprend :
- 15 une base (24) comprenant un matériau réfractaire, et
- un revêtement (26) recouvrant au moins partiellement la base, le revêtement étant constitué d'au moins une couche (26a) d'un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique présentant une valeur comprise entre la valeur du coefficient de dilatation thermique du
- 20 matériau réfractaire de la base et cinq fois la valeur dudit coefficient de dilatation thermique, la pièce étant destinée à être fabriquée sur ledit revêtement.
2. Outillage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le revêtement (26) comprend une pluralité de couches (26a, 26b), chaque
- 25 couche de la pluralité de couches présente au-dessus d'une couche sous-jacente ayant un coefficient de dilatation thermique supérieur au coefficient de dilatation thermique de ladite couche sous-jacente.
3. Outillage selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une couche (26a, 26b) du revêtement (26) présente une épaisseur comprise entre 0,1 mm et 5 mm.
- 30
4. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le revêtement (26) a une épaisseur (e) inférieure ou
- 35 égale à 15 mm.

5. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la base (24) est constituée d'un matériau parmi les suivants : Zircone, SiO_2 , alliage TA6V.

5

6. Outillage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'une couche du revêtement (26a, 26b) est constituée d'un matériau parmi les suivants : un alliage à base de Fer, un alliage à base de Cobalt, un alliage à base de Nickel, un alliage à base de Titane, un alliage à base de Molybdène, un alliage à base d'Aluminium, du Carbure de Silicium, du Carbure de Tungstène.

10

7. Procédé de fabrication de pièces tridimensionnelles en métal, en alliage métallique ou en céramique par fusion sélective ou frittage sélectif sur lit de poudre, le procédé comprenant successivement les étapes suivantes :

15

le dépôt d'au moins une couche de poudre d'un métal, d'un alliage métallique ou d'une céramique destiné à constituer la pièce, et

la fusion ou le frittage d'au moins une partie de la couche de poudre par un moyen de chauffage (30), caractérisé en ce que les étapes précédentes sont réalisées sur un plateau de fabrication comprenant :

20

une base (24) comprenant un matériau réfractaire, et un revêtement (26) recouvrant au moins partiellement la base, le revêtement étant constitué d'au moins une couche (26a) d'un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique présentant une valeur comprise entre la valeur du coefficient de dilatation thermique du matériau réfractaire de la base et cinq fois la valeur dudit coefficient de dilatation thermique.

30

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le revêtement (26) comprend une pluralité de couches (26a, 26b), chaque couche de la pluralité de couches présente au-dessus d'une couche sous-jacente ayant un coefficient de dilatation thermique supérieur au coefficient de dilatation thermique de ladite couche sous-jacente.

35

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que la couche (26b) du revêtement (26) destinée à être en contact avec la pièce à fabriquer est constituée du même matériau que la poudre.

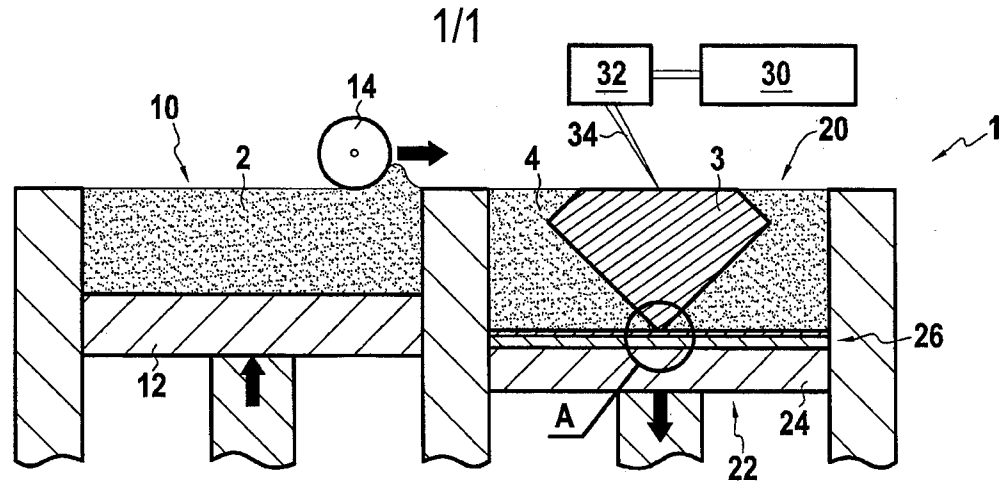


FIG.1

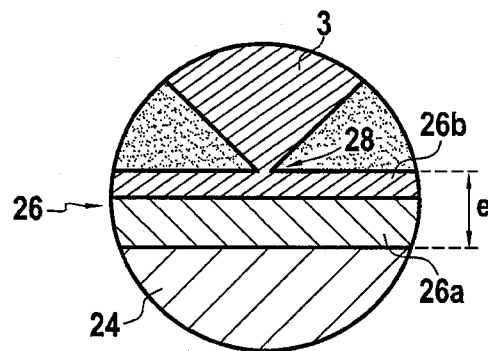


FIG.1A

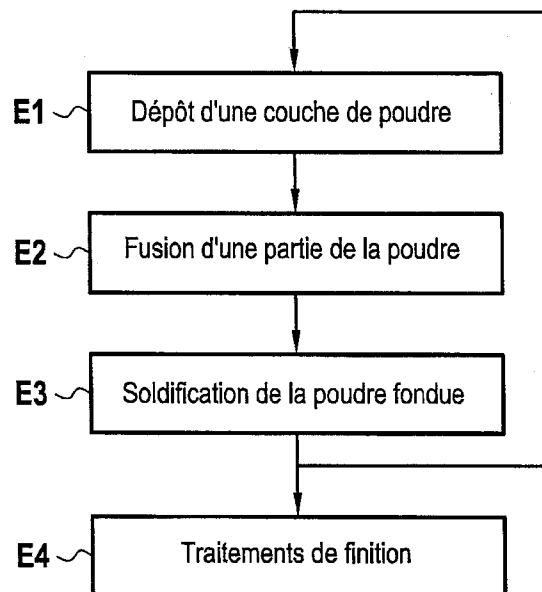


FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/053702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B22F3/105 B29C67/00 C04B35/64 F28F13/18
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 B29C C04B F28F

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 2012/237745 A1 (DIERKES STEPHAN [DE] ET AL) 20 September 2012 (2012-09-20) paragraphs [0180], [0230], [0232], [0241] figure 1 example 1 -----	1-9
A	WO 2014/172496 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 23 October 2014 (2014-10-23) the whole document -----	1-9
A	US 2010/018953 A1 (SHAPOVALOV VLADIMIR [US] ET AL) 28 January 2010 (2010-01-28) paragraphs [0003], [0008], [0025] - [0031], [0040] figures 4-6 example 3 -----	1-9



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

24 March 2016

Date of mailing of the international search report

04/04/2016

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/FR2015/053702

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012237745 A1	20-09-2012	AU 2010283737 A1	15-03-2012
		CA 2770568 A1	17-02-2011
		CN 102574204 A	11-07-2012
		EP 2292357 A1	09-03-2011
		EP 2464477 A1	20-06-2012
		JP 2013501701 A	17-01-2013
		US 2012237745 A1	20-09-2012
		WO 2011018463 A1	17-02-2011

WO 2014172496 A1	23-10-2014	CN 105142827 A	09-12-2015
		EP 2986406 A1	24-02-2016
		WO 2014172496 A1	23-10-2014

US 2010018953 A1	28-01-2010	EP 2300182 A1	30-03-2011
		US 2010018953 A1	28-01-2010
		WO 2010011564 A1	28-01-2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053702

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B22F3/105 B29C67/00 C04B35/64 F28F13/18 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 B29C C04B F28F		
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 2012/237745 A1 (DIERKES STEPHAN [DE] ET AL) 20 septembre 2012 (2012-09-20) alinéas [0180], [0230], [0232], [0241] figure 1 exemple 1 -----	1-9
A	WO 2014/172496 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 23 octobre 2014 (2014-10-23) le document en entier -----	1-9
A	US 2010/018953 A1 (SHAPOVALOV VLADIMIR [US] ET AL) 28 janvier 2010 (2010-01-28) alinéas [0003], [0008], [0025] - [0031], [0040] figures 4-6 exemple 3 -----	1-9
☐ 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 24 mars 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/04/2016
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/FR2015/053702

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012237745 A1	20-09-2012	AU 2010283737 A1	15-03-2012
		CA 2770568 A1	17-02-2011
		CN 102574204 A	11-07-2012
		EP 2292357 A1	09-03-2011
		EP 2464477 A1	20-06-2012
		JP 2013501701 A	17-01-2013
		US 2012237745 A1	20-09-2012
		WO 2011018463 A1	17-02-2011

WO 2014172496 A1	23-10-2014	CN 105142827 A	09-12-2015
		EP 2986406 A1	24-02-2016
		WO 2014172496 A1	23-10-2014

US 2010018953 A1	28-01-2010	EP 2300182 A1	30-03-2011
		US 2010018953 A1	28-01-2010
		WO 2010011564 A1	28-01-2010
