

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 82400294.3

51 Int. Cl.³: **B 22 F 3/14**

22 Date de dépôt: 19.02.82

30 Priorité: 27.02.81 FR 8103904

43 Date de publication de la demande:
15.09.82 Bulletin 82/37

84 Etats contractants désignés:
DE FR GB SE

71 Demandeur: **SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION, "S.N.E.C.M.A."**
2 Boulevard Victor
F-75015 Paris(FR)

71 Demandeur: **ASSOCIATION POUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT DES METHODES ET PROCESSUS INDUSTRIELS (ARMINES)**
60, Boulevard Saint-Michel
F-75272 Paris Cédex 06(FR)

72 Inventeur: **Trottier, Jean-Pierre**
11, rue Edouard Branly
F-92220 Bagneux(FR)

72 Inventeur: **Jeandin, Michel**
157, rue de Bercy
F-75012 Paris(FR)

74 Mandataire: **Moinat, François et al,**
S.N.E.C.M.A. Service des Brevets Boîte Postale 81
F-91003 Evry Cedex(FR)

54 **Procédé de fabrication de pièces métalliques par moulage et frittage d'une poudre d'alliage métallique.**

57 Procédé de fabrication de pièces métalliques par moulage et frittage d'une poudre d'alliage métallique, du genre comprenant deux phases, à savoir une phase de conformation au cours de laquelle une charge de poudre est chauffée dans un moule de forme pour réaliser une préforme (20) rigide et poreuse et une phase de compactage et de frittage au cours de laquelle la préforme est chauffée sous une pression isostatique.

Ledit procédé est caractérisé en ce que la phase de conformation est conduite de telle sorte que la préforme (20) est à pores ouverts et en ce que la pression isostatique est appliquée par l'intermédiaire d'une enveloppe (30) déformable étanche.

Ledit procédé s'applique avantageusement à la réalisation de pièces de forme compliquée en superalliage ou en alliage de titane.

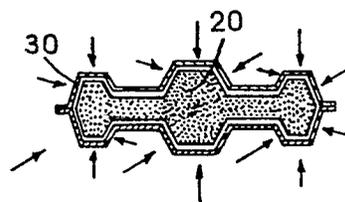


FIG. 4

PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES METALLIQUES
PAR MOULAGE ET FRITTAGE D'UNE POUDRE D'ALLIAGE METALLIQUE

L'invention concerne un procédé de fabrication de pièces
5 métalliques de forme par moulage et frittage d'une poudre
d'alliage métallique. L'expression "de forme" signifie que
les pièces obtenues par le procédé sont aux formes et aux
cotes désirées et n'ont pas à subir ensuite un traitement
de mise en forme par déformation mécanique. L'expression
10 "poudre d'alliage métallique" signifie que la poudre mise
en oeuvre est une poudre de grains d'alliage dont la com-
position n'est pas substantiellement modifiée par l'exé-
cution du procédé.

15 Le procédé de l'invention s'applique notamment à la réali-
sation de pièces en superalliages à base de cobalt et/ou
de nickel ou encore en alliages à base de titane. Il est
du genre comprenant :

20 - une phase de conformation qui inclut les opérations sui-
vantes : introduction d'une charge de poudre d'alliage
métallique dans un moule de forme, chauffage du moule
dans des conditions de température et de durée permet-
tant d'obtenir un élément solide mais poreux (que l'on
25 dénommera "préforme"),

- une phase de compactage et de frittage au cours de la-
quelle la préforme est soumise à un traitement thermique
sous pression isostatique dans des conditions de tempé-
30 rature, de durée et de pression permettant d'obtenir une
pièce compacte, c'est-à-dire substantiellement sans po-
rosités.

Des procédés de ce genre sont déjà connus. Ils peuvent en
35 principe se substituer avantageusement, pour l'obtention

de pièces métalliques de forme complexe en superalliages ou en alliages de titane, aux procédés mettant en oeuvre l'usinage dans la masse ou le forgeage isotherme en phase superplastique car ils n'en présentent pas les inconvénients tels que pertes importantes de matière, ou encore nombre et durée des opérations, coût et complexité des outillages, etc...

Un exemple d'application d'un procédé du genre précité est décrit sommairement dans la publication de Louis J. FIEDLER intitulée "Advancements in superalloy powder production and consolidation" et parue dans "Agard Conference Proceedings n° 200, April 1976", pages 4B-1 à 4B-9. Cet exemple concerne la réalisation de pièces en superalliage de nickel. La phase de conformation est réalisée dans un moule rigide de forme, chauffé à 1246°C de telle sorte que la préforme réalisée est poreuse mais que ses pores sont fermés ; autrement dit les pores ne communiquent pas entre eux et ne débouchent pas vers l'extérieur. Lors de la phase de compactage et de frittage, la préforme est soumise directement à une pression isostatique. Ce procédé présente en fait deux inconvénients, dûs tous deux à ce que les pores doivent être fermés, faute de quoi la pression isostatique ne pourrait pas être appliquée directement à la préforme.

D'une part, pour obtenir l'assurance que les pores sont fermés, la température de chauffage durant la phase de conformation doit atteindre une valeur telle qu'une phase liquide apparaisse dans les zones de contact des grains. Mais si cette température devient trop élevée, la proportion d'alliage fondu et resolidifié devient trop importante, la résistance à la déformation par compression de la préforme devient trop élevée et le pressage isostatique est inefficace. La fourchette des températures convenables

est donc très étroite et difficile à respecter.

D'autre part, la densification durant cette phase de conformation atteint une valeur importante et provoque un re-
5 trait dont la valeur est très proche du retrait total dû
aux deux phases. Autrement dit, c'est au cours de la phase
de conformation que se produit la majeure partie du re-
trait. Dans certaines parties de la préforme et notamment
dans les parties concaves, ladite préforme n'épouse plus
10 les formes du moule. Des criques de retrait peuvent aussi
apparaître. Il n'est donc pas possible d'obtenir des piè-
ces saines devant avoir à la fois une forme complexe et
des cotes précises.

15 L'objet de l'invention est d'éviter ces inconvénients. Le
procédé de l'invention, qui comprend comme le procédé de
l'art antérieur que l'on vient de décrire la phase de con-
formation et la phase de compactage et de frittage qui ont
été définies au début de la présente description, est ca-
20 ractérisé en ce que les conditions de température et de
durée de la phase de conformation sont telles que la pré-
forme est non seulement poreuse, mais que ses pores
demeurent ouverts et en ce que, pour l'exécution de la
phase de compactage et de frittage, la préforme est au
25 préalable logée dans une enveloppe métallique étanche et
déformable sur laquelle est appliquée la pression isos-
tatique.

Ainsi, il suffit pour l'exécution de la phase de confor-
30 mation que les conditions de température et de durée
soient telles que les grains de poudre d'alliage soient
liés entre eux par leurs points de contact initiaux, par
exemple par diffusion intersolide. Il n'y a ni fusion, ni
par conséquent, resolidification. La fourchette des tempé-
35 ratures admissibles est beaucoup plus large que dans le

procédé de l'art antérieur précité. En effet, en ajustant la durée de chauffage, on peut régler la température entre une limite inférieure au-dessus de laquelle commence la diffusion et une limite supérieure au-dessus de laquelle
5 commence la fusion. Les conditions de conformation sont donc beaucoup moins critiques. En outre, le retrait durant cette phase de conformation est beaucoup plus faible et la majeure partie du retrait total est réalisée pendant la phase de compactage et de frittage. La préforme épouse
10 fidèlement les parois du moule et il n'y a pas de risque d'apparition de criques tandis que le retrait durant la deuxième phase est pratiquement isotrope. Il suffit que l'enveloppe soit assez déformable pour s'appliquer contre toutes les parties de la préforme.

15

Il est à remarquer que l'on a déjà proposé de réaliser des ébauches en superalliages (et non pas des pièces de forme aux cotes) par métallurgie des poudres en mettant en oeuvre, après la consolidation, une phase de compactage et de
20 frittage sous pression isostatique par l'intermédiaire d'une enveloppe. On en trouvera des exemples dans la publication de Dennis J. Evans intitulée "Manufacture of low cost P/M Astroloy Turbine Disks" parue également dans "Agard Conference Proceedings n° 200, April 1976" pages
25 4A-1 à 4A-6. Mais,

- d'une part, ces exemples s'appliquent comme on l'a dit à la réalisation d'ébauches destinées au forgeage et la phase de consolidation n'est pas une phase de confor-
30 mation,

- d'autre part, c'est le moule de consolidation qui est utilisé comme enveloppe durant la phase de compactage sous pression isostatique.

35

Le compactage déforme le moule (que celui-ci soit métallique ou céramique) et l'on doit donc utiliser un moule par ébauche. Le moule doit en outre répondre à des exigences contradictoires puisqu'il doit être suffisamment
5 rigide pour supporter sans déformation la phase de conformation et suffisamment déformable pour s'appliquer contre la préforme au cours de la phase de compactage et de frittage. C'est pourquoi ledit procédé de l'art antérieur ne permet de réaliser que des ébauches. Le procédé de l'in-
10 vention permet au contraire de réaliser des pièces de forme complexe et de réutiliser, si on le désire, le moule de conformation.

On remarque que le procédé de l'invention exclut la présence d'un liant (tel que le stéarate de zinc) du fait de
15 l'utilisation d'une enveloppe étanche lors du pressage isostatique.

Le procédé de l'invention trouve notamment application
20 pour la réalisation de pièces à partir de poudres de titane pour lesquelles un traitement thermique est nécessaire. En effet, dans ce cas particulier, il est possible d'effectuer un traitement des poudres à haute température, par rapport à la température de compactage,
25 au moment de la réalisation de la préforme, par exemple sous vide en moule céramique. Ce traitement à haute température peut être effectué en même temps ou après la phase de collage des poudres. Ceci est rendu possible du fait que les domaines des températures de collage et de
30 traitement thermique sont voisins.

On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre du procédé de l'invention en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une coupe d'un moule de conformation contenant une charge de poudre d'alliage,
- 5 - la figure 2 est une coupe de la préforme correspondante obtenue,
- la figure 3 est une coupe de ladite préforme logée dans l'enveloppe déformable, avant exécution de la phase de compactage et de frittage,
- 10 - la figure 4 est une coupe de la pièce réalisée encore logée dans l'enveloppe,
- la figure 5 est une coupe de la pièce réalisée extraite de l'enveloppe.
- 15

Etant donné que les paramètres de mise en oeuvre ne sont pas critiques, notamment en ce qui concerne la phase de 20 conformation, cet exemple est valable quelle que soit la composition désirée. Il s'applique notamment à la réalisation de pièces en superalliages à base de nickel et/ou de cobalt et de pièces en alliages à base de titane.

25 La figure 1 montre le moule de conformation 10 en céramique dans lequel est ménagée l'empreinte de moulage 11 dans laquelle débouche l'entonnoir de remplissage 12 par lequel est introduite la charge de poudre d'alliage 20. L'homogénéité du remplissage est réalisée par exemple par 30 vibration du moule. La quantité de poudre d'alliage à introduire est mesurée par pesée et est telle que, lorsque le remplissage est terminé, la charge de poudre affleure la limite supérieure 13 de l'empreinte. Ainsi qu'on l'a déjà indiqué, le moule 10 peut être non démontable et non 35 récupérable ou, comme dans la figure 1, démontable et récupérable. Il est ici constitué par une partie inférieure

de moule 14 et par une partie supérieure de moule 15 séparées par un plan de joint 16.

Le moule 10 rempli est alors placé dans un four non représenté 5 pour y subir le chauffage destiné à agglomérer les grains de poudre pour obtenir la préforme. Selon les alliages, la température de chauffage est, à titre indicatif, de 1100 à 1250°C, la durée de chauffage étant par exemple 1 heure.

10 La figure 2 montre la préforme 20 réalisée et démoulée. La figure 3 montre la préforme 20 logée dans l'enveloppe 30 destinée à appliquer la pression isostatique durant le traitement de compactage. L'enveloppe 30 est une enveloppe mince en matériau métallique étanche et facilement déformable dans 15 les conditions de traitement, par exemple en feuillard d'acier extra-doux. Dans la figure 3, cette enveloppe est constituée par deux parties d'enveloppe 31 et 32 chacune en forme d'assiette. Elles sont munies de rebords circulaires 33 et 34 permettant un assemblage étanche par soudage. On voit égale- 20 ment deux queusots 35 qui sont éventuellement présents pour assurer après soudage le pompage de l'air et l'introduction d'une atmosphère inerte (par exemple de l'azote) ne risquant pas de former avec l'alliage utilisé un composé altérant sensiblement les propriétés mécaniques de la pièce obtenue. Si le 25 compactage est fait sous vide, un seul queusot 35, destiné à l'aspiration, est présent. Mais la solution la plus élégante consiste à placer l'enveloppe et la préforme dans une enceinte mise sous vide. Les queusots 35 ne sont plus nécessaires puisque l'air s'échappe entre les deux bords 33 et 34. Le soudage 30 des bords est assuré dans l'enceinte au moyen d'un faisceau d'électrons.

La figure 4 montre l'enveloppe 30 et la préforme 20 logées dans l'autoclave (non représenté) utilisé pour le compactage 35 et le frittage. La pression isostatique qui applique

l'enveloppe contenant la préforme est symbolisée par des flèches.

Enfin la figure 5 montre la pièce 40 obtenue après ablation de 5 l'enveloppe 30, cette ablation étant par exemple réalisée par attaque chimique sélective.

Du fait que le moule 10 est utilisé seulement pendant la phase de conformation et que l'enveloppe 30 est utilisée seulement 10 pendant la phase de compactage et de frittage, leur réalisation et le choix des matériaux qui les constituent ne posent pas de problèmes particuliers. Ainsi qu'on l'a déjà indiqué, le moule 10 peut être réalisé en céramique, qu'il soit monolithique ou démontable. Quant à l'enveloppe 30, elle peut être 15 dans la plupart des cas réalisée en feuillard d'acier extradoux.

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Procédé de préparation d'une pièce métallique, du genre comprenant les opérations suivantes :

- 5 - introduction d'une charge métallique de composition convenable dans un moule de forme (10),
- chauffage du moule dans des conditions de température et de durée permettant d'obtenir une préforme poreuse (20) à pores ouverts,
10 - démoulage de la préforme,
- chauffage de la préforme sous pression isostatique afin de réaliser une pièce de forme (40) par compaction et frittage,
caractérisé en ce que, afin de permettre l'application de
15 ladite pression isostatique à la préforme, celle-ci est introduite après démoulage dans un boîtier étanche (32) réalisé en feuillard métallique soudé dont le matériau et l'épaisseur sont tels que ledit boîtier se déforme sous l'action de la pression isostatique et vient s'appliquer
20 étroitement contre la préforme pour transmettre à celle-ci ladite pression isostatique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moule de conformation (10) est démontable de telle sorte que
25 la préforme (20) puisse être démoulée sans détruire ce moule.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans le cas de poudres de titane, un traitement thermique à haute température est effectué au moment de la réalisation de
30 la préforme, en même temps ou après la phase de collage des poudres.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'enveloppe métallique (30) contient une atmosphère.
35

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le vide est fait dans l'enveloppe métallique (30).

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'enveloppe métallique (30) est fermée par un joint de soudage réalisé sous vide.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le joint de soudage est réalisé par bombardement électronique.

10

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la poudre d'alliage (20) est une poudre de superalliage à base de nickel et/ou de cobalt ou une poudre d'alliage de titane.

15

9. Pièce métallique, caractérisée en ce qu'elle est réalisée par un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

20

25

30

35

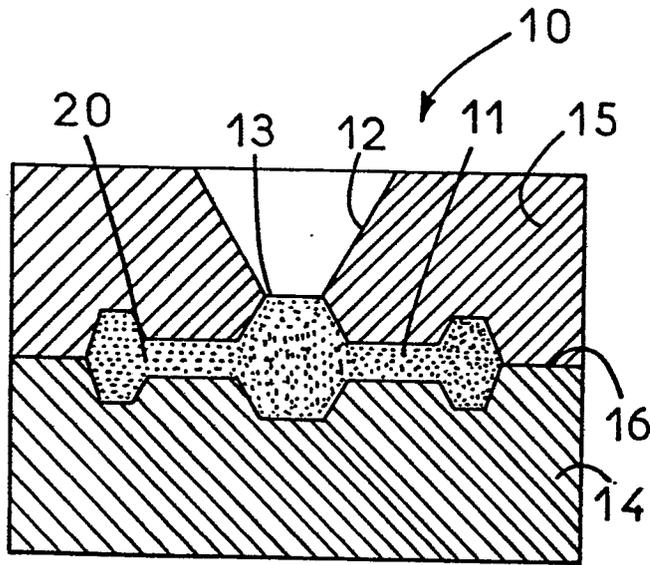


FIG. 1

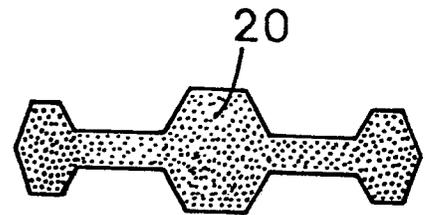


FIG. 2

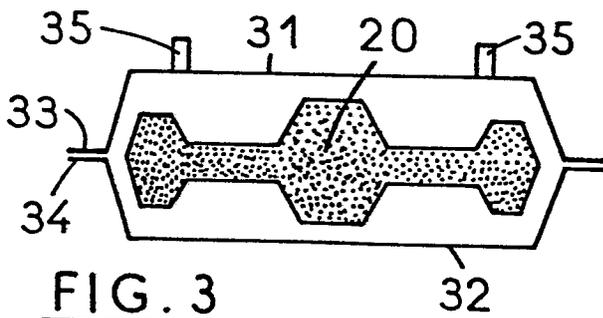


FIG. 3

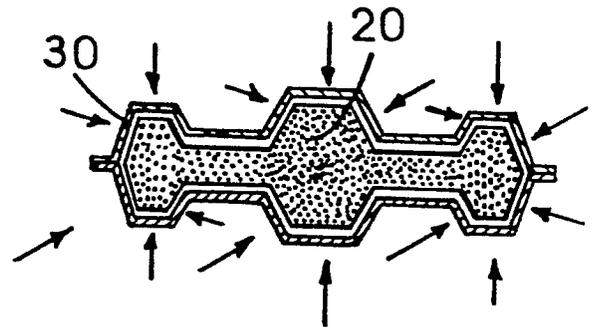


FIG. 4

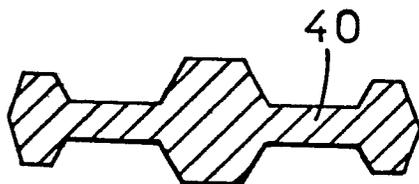


FIG. 5



| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | Revendication concernée | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3) |
| X | <u>FR - A - 2 424 783</u> (ASEA) * revendication 1; exemple 1, pages 7-9 * --- | 1-4,8,9 | B 22 F 3/14 |
| X | <u>FR - A - 2 432 358</u> (HOWMET TURBINE COMPONENTS) * revendication 1; exemple 1, page 10 * --- | 1,5,8,9 | |
| Y | <u>FR - A - 2 258 921</u> (KRUPP) * revendications 1,8,9 * --- | 1,5 | |
| Y | <u>GB - A - 1 434 930</u> (PROGRESSIVE RESEARCH SERVICES) * revendications 1,2,6,27,28; page 2, lignes 19-38; page 4, lignes 59-62 * --- | 1,4,5 | |
| Y | <u>CH - A - 316 476</u> (ICI) * revendication; sous-revendication 2 * ----- | 1,6 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) |
| Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications | | | B 22 F |
| Lieu de la recherche La Haye | | Date d'achèvement de la recherche 07.06.1982 | Examineur SCHRUERS |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | | |