



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: **90403305.7**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **B30B 11/00, B22F 3/12**

(22) Date de dépôt: **22.11.90**

(30) Priorité: **24.11.89 FR 8915479**

(43) Date de publication de la demande:  
**29.05.91 Bulletin 91/22**

(84) Etats contractants désignés:  
**BE CH DE GB IT LI SE**

(71) Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
 ATOMIQUE**  
**31-33, rue de la Fédération**  
**F-75015 Paris(FR)**

(72) Inventeur: **Boncoeur, Marcel**  
**22, rue Marsoulan**  
**F-75012 Paris(FR)**  
 Inventeur: **Valin, Frédéric**  
**23, rue Mozart**  
**F-91470 Limours(FR)**

(74) Mandataire: **Mongrédien, André et al**  
**c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu**  
**F-75008 Paris(FR)**

(54) **Procédé de fabrication de pièces présentant une cavité par pressage.**

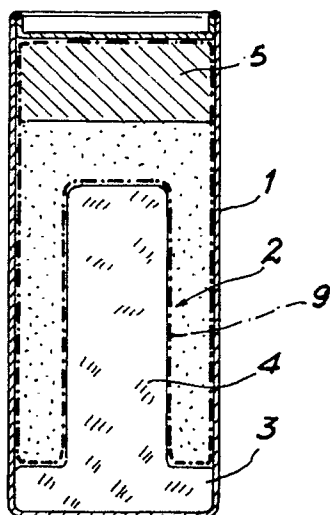
(57) Procédé de fabrication de pièces notamment en céramique présentant une cavité par pressage de gaines fermées (1).

Le noyau (2) utilisé pour délimiter la cavité et éviter des usinages ultérieurs est au départ plus volumineux que la cavité souhaitée et présente une ductilité suffisante pour l'extruder partiellement au

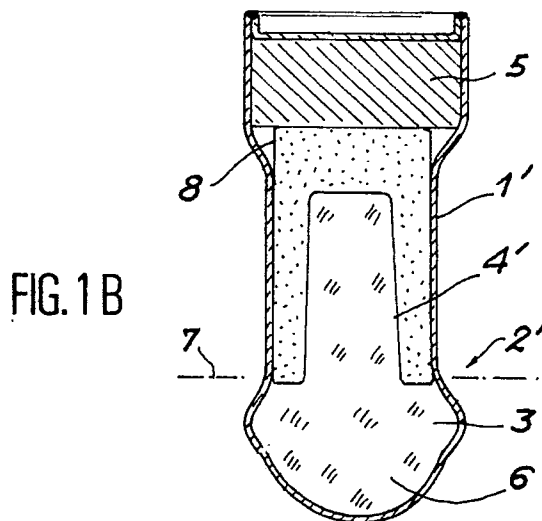
cours du pressage. On évite ainsi les contraintes mécaniques souvent excessives qui peuvent faire éclater la pièce densifiée quand la gaine (1) est retirée.

Application notamment pour le pressage isostatique à chaud de matériaux fragiles.

**EP 0 429 367 A1**



**FIG. 1 A**



**FIG. 1 B**

## PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES PRESENTANT UNE CAVITE PAR PRESSAGE

L'invention se rapporte à un procédé de fabrication de pièces présentant une cavité par pressage.

Un procédé courant (appelé pressage isostatique à chaud) de fabrication de pièces en matériau non moulable consiste à presser une gaine fermée et déformable remplie de poudre de ce matériau par une pression hydrostatique. La pression provoque, en liaison avec un chauffage qui l'accompagne, un frittage de la poudre par tassage ou densification. La gaine est ensuite fendue et rejetée, et la pièce peut être mise aux cotes par un usinage de finition. Le pressage isostatique sans chauffage existe également.

Dans le cas de pièces présentant une cavité et dont un exemple typique est le creuset, on choisit quelquefois de presser une pièce pleine, c'est-à-dire dont la gaine suit le contour extérieur mais pas le contour de la cavité, qui est formée par usinage après le pressage. Cette solution est en principe assez peu satisfaisante car les matériaux utilisés s'usinent souvent fort mal à cause de leur fragilité et de leur dureté. Il est difficile d'obtenir un état de surface satisfaisant, aussi bien par outil coupant que par outil abrasif et la consommation d'outils de coupe est très élevée. Il arrive même fréquemment que les contraintes mécaniques d'usinage brisent les pièces.

Une autre solution consiste à disposer dans la gaine, avant de la remplir, un noyau indéformable qui délimite la cavité. Les noyaux utilisés en fonderie ont un rôle analogue, mais les problèmes posés par le pressage sont différents car d'importantes contraintes mécaniques se développent dans la gaine, le noyau ainsi que dans la pièce dès que la poudre prend consistance.

Certaines de ces contraintes sont dues aux différences des dilatations thermiques entre la pièce et la gaine d'une part, le noyau d'autre part ; il est possible, au moins dans certains cas, d'éviter cette difficulté en choisissant des matériaux présentant des coefficients de dilatation voisins. La gaine et le noyau sont alors favorablement recouverts d'un revêtement anti-adhérent qui facilite le démoulage. Il est également possible de réduire les contraintes dans la pièce par un choix judicieux des cycles de température et de pression. On évite alors les fissures et les ruptures avant le dégainage.

Il existe toutefois un phénomène qu'il est impossible de compenser : il s'agit de la contraction du noyau au cours de la densification et de sa dilatation à la remise à la pression atmosphérique et notamment après le dégainage. Les contraintes produites tendent à dilater la pièce, surtout quand

on a retiré la gaine qui permettait d'appliquer une sollicitation contraire de compression. Si le matériau de la pièce est suffisamment ductile, la pièce se déforme mais sa rupture par éclatement est inévitable dans le cas d'un matériau fragile.

On a cherché, en réalisant l'invention, à surmonter ce problème et par là même à rendre possible le pressage de poudre de matériaux fragiles dans des gaines pour obtenir directement des pièces présentant une cavité.

Le procédé est caractérisé en ce que le noyau est au départ de volume supérieur au volume de la cavité et subit une extrusion partielle hors de la cavité pendant le pressage. En d'autres termes, le noyau subit lui aussi des déformations plastiques et doit être construit dans un matériau plus ductile que celui de la pièce.

Selon le cas, le noyau et la gaine peuvent être d'un seul tenant ou séparés ; par ailleurs, la gaine ou le noyau peuvent ou non être recouverts d'une couche anti-adhérente qui facilite le démoulage. En effet, le procédé peut parfaitement s'appliquer à des pièces où le noyau ou la gaine font partie intégrante du produit fini.

Les pièces peuvent être notamment en céramique. On peut citer les oxydes ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ), les borures ( $\text{TiB}_2$ ), les nitrures ( $\text{TiN}$ ,  $\text{TaN}$ ), les carbures ( $\text{TaC}$ ,  $\text{NbC}$ ), les siliciures ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC}$ ), les mélanges de telles céramiques pour faire des composés granulaires, les composites à matrice en céramique et à renfort en fibres. L'invention peut également s'appliquer notamment à des composites à matrice métallique et à renfort en céramique ou métallique ainsi qu'à des métaux et alliages peu ductiles tels que le tungstène, la fonte, l'alliage de nickel et d'aluminium en particulier.

Les noyaux peuvent être constitués par exemple en titane, en niobium ou en tantale lorsque de hautes températures doivent être atteintes. On peut utiliser également du verre de silice pur ou du silicium enrichi en oxyde de bore. Un tel corps est vendu sous la marque VYCOR par Corning Corp. D'autres matériaux tels que les métaux à bas point de fusion et des verres peuvent être utilisés lorsque le pressage s'effectue à des températures plus basses.

La cavité peut prendre des formes diverses. Il peut s'agir d'une cavité cylindrique, ou conique en dépouille lorsque le démoulage est nécessaire. On peut toutefois envisager des cavités presque sans communication avec l'extérieur, même s'il faut ensuite enlever la matière du noyau, qui est alors éliminée par une attaque chimique.

Le matériau de la pièce à densifier est fréquemment de la poudre mais peut également être

un corps précompacté à froid ou préfritté.

Les figures suivantes illustrent, de manière non limitative, quelques exemples de mise en oeuvre de l'invention :

- les figures 1A et 1B illustrent un premier exemple ;
- la figure 2 est un diagramme montrant le cycle de température et de pression utilisé pour ce premier exemple ; et
- les figures 3A à 3D illustrent un second exemple.

Sur les figures 1A et 1B, on a représenté respectivement la forme d'une gaine en titane et de son contenu avant et après le pressage. A l'état initial de la figure 1A, la gaine 1 a une forme de cylindre de 104 mm de hauteur et de 39,6 mm de diamètre. Elle contient un noyau 2 en titane composé d'une base cylindrique 3 de 39,6 mm de diamètre et de 9 mm de hauteur posée sur le fond de la gaine 1 et surmontée d'un tronc de cône 4 de 35 mm de hauteur et s'amincissant progressivement vers le sommet de la gaine 1 pour passer de 22 à 20 mm de diamètre. L'intérieur de la gaine 1 est également occupé, à l'opposé du fond, par une cale de graphite 5 de 39,6 mm de diamètre et de 20 mm de hauteur. Le reste de la gaine est rempli de poudre de carbure de tantale TaC destinée à former la pièce à cavité. La face interne de la gaine 1 et la surface du noyau 2 sont recouvertes de produit anti-adhérent 9 en feuille.

Après un cycle, représenté sur la figure 2 où l'on a indiqué, en fonction du temps en heures, les courbes T et P de température et de pression avec une échelle commune en bars et en degrés Celsius, on a obtenu la forme représentée figure 1B : la gaine s'est déformée et notamment contractée radialement autour de la pièce à obtenir (elle est désormais référencée 1') et le noyau (2') a également changé de forme : il subsiste un cône 4' de plus petit volume que le cône 4 primitif, la matière de celui-ci ayant subi un déplacement d'ensemble vers le bas qui apparaît sous la forme d'un renflement 6 en forme sensiblement de demi-sphère de 13 mm de hauteur en dessous de la base 3. Le cône 4' a environ 25 mm de hauteur et un diamètre variant entre 18 et 16,7 mm.

Un creuset peut être obtenu par un tronçonnage légèrement au-dessus de la base 3 suivant la ligne 7, par un démoulage du cône 4', par un démoulage de la gaine 1, après l'avoir fendue et tout en retirant la cale 5, et par un usinage au tour de la pièce dans sa partie contiguë à la cale 5, qui présente un renflement annulaire, comme indiqué par les lignes 8.

Des cales telles que la cale 5 sont souvent rencontrées dans ce domaine technique, mais elles ne sont pas toujours utiles et leur absence est donc parfaitement compatible avec une réalisation

correcte de l'invention.

On remarquera que l'invention autorise l'apparition de deux phénomènes favorables : tout d'abord, un noyau déformable garantit que la pression est identique dans tous les points à l'intérieur de la gaine, ce qui permet une densification plus uniforme de la pièce et n'est pas vrai quand on emploie un noyau indéformable, près duquel la pression est plus importante que près de la gaine. Ensuite, le renflement du noyau vers le bas limite le pincement de la gaine à la jonction du fond et de la paroi cylindrique, et donc le risque de la voir rompue en dessus de la base 3.

Un autre exemple de réalisation est représenté sur les figures 3A à 3D. La gaine 10 est ici sensiblement plus épaisse, et d'un seul tenant avec un noyau cylindrique 11. Sa forme extérieure est encore cylindrique. L'ensemble est en titane et l'intérieur est rempli de carbure de tantale précompacté. A la place d'une gaine épaisse, on pourra avoir une gaine mince avec une couche intérieure de préfritté de titane.

On a représenté par souci d'exactitude le cordon 12 obtenu en écrasant de manière hermétique le col de remplissage de la gaine 10.

L'état initial du système est représenté sur la figure 3A. La figure 3B représente quant à elle l'état final après pressage isostatique à chaud, et on observe, comme dans l'exemple précédent, un renflement 13 au fond de la gaine 10, et qui provient de l'extrusion partielle du noyau 11 pour former un noyau cylindrique 11' plus petit. La gaine, désormais référencée 10', est contractée radialement autour du carbure de tantale tout en conservant sensiblement une forme cylindrique à cet endroit.

La figure 3C montre qu'un cylindre composite 14 peut être obtenu par un dressage des deux faces extrêmes de l'ensemble, qui fait disparaître en particulier le cordon 12 et le renflement 13 pour ne laisser subsister qu'une enveloppe de titane d'épaisseur sensiblement uniforme autour du carbure de tantale. Enfin, la figure 3D montre qu'un creuset composite 15 peut être obtenu en poursuivant le dressage du fond du cylindre composite 14 jusqu'à parvenir au carbure de tantale, puis en faisant disparaître le noyau 11' par un usinage approprié, mécanique ou chimique. Le carbure de tantale est entouré d'une couche de titane sur ses faces extérieures seulement.

On signalera enfin que le procédé peut également s'appliquer à des matériaux ductiles pour lesquels les procédés de l'art antérieur sont envisageables en principe. Une telle application du procédé selon l'invention est notamment utile lorsque les contraintes auxquelles seraient sujets les matériaux ductiles par des procédés antérieurs sont proches de la limite de rupture.

## Revendications

1. Procédé de fabrication de pièces présentant une cavité par pressage de matériau à densifier préalablement versé dans une gaine fermée (1) et contenant un noyau (2) destiné à délimiter la cavité, caractérisé en ce que le noyau (2) est plus volumineux que la cavité avant le pressage et subit une extrusion partielle hors de la cavité pendant le pressage.
2. Procédé de fabrication de pièces par pressage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la gaine (10) et le noyau (11) sont d'un seul tenant.
3. Procédé de fabrication de pièces par pressage selon la revendication 1, caractérisé en ce que certaines au moins des interfaces entre la pièce, la gaine et le noyau sont recouvertes d'un revêtement anti-adhérent (9).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

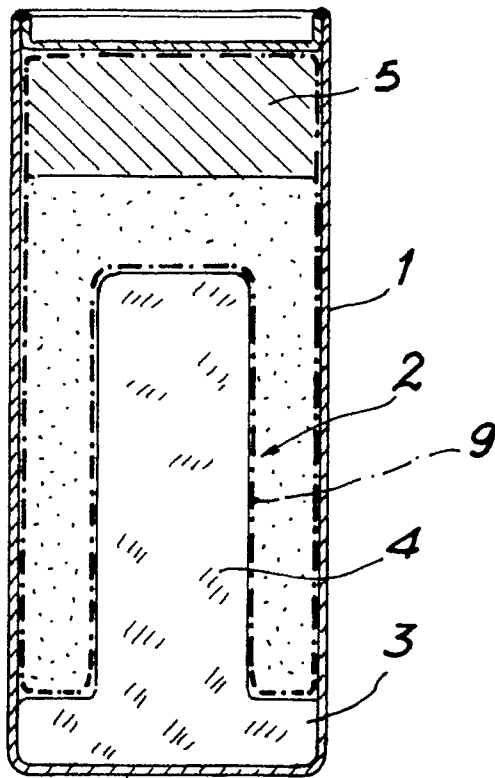


FIG. 1 A

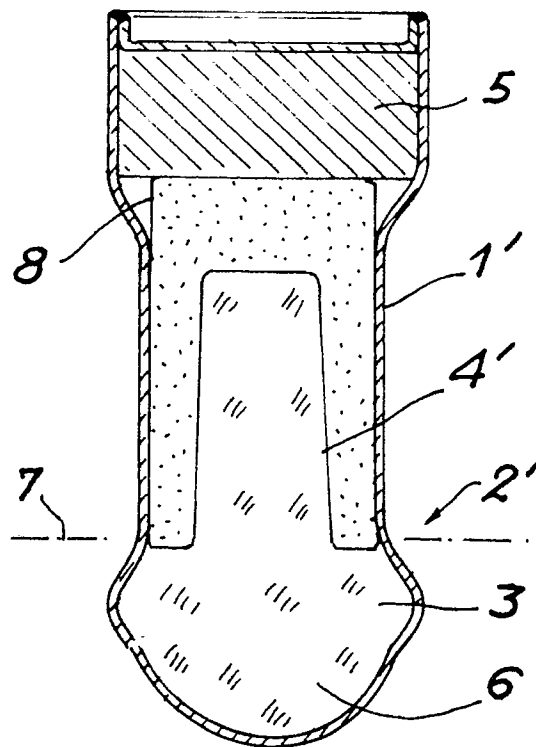


FIG. 1 B

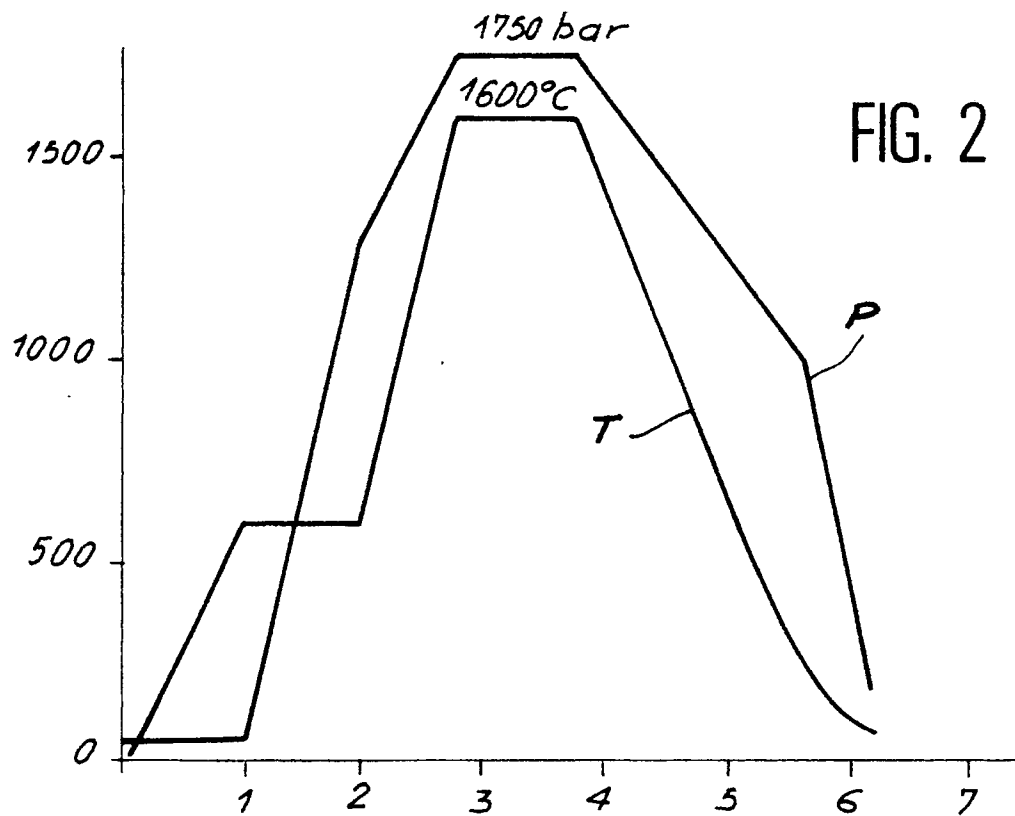


FIG. 3 A

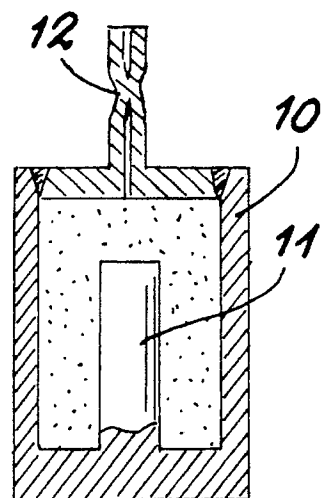


FIG. 3 B

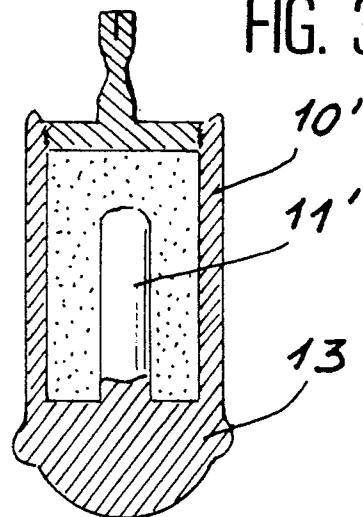


FIG. 3 C

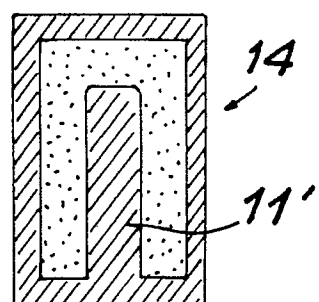
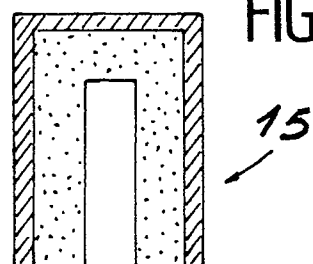


FIG. 3 D





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

**EP 90 40 3305**

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.5)
A	BE-A-8 876 15 (NATIONAL FORGE EUROPE) * En entier * - - -	1	B 30 B 11/00 B 22 F 3/12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 11, no. 327 (M-635)[2774], 24 octobre 1987; & JP-A-62 110 899 (TOKAI CARBON CO.) 21-05-1987 - - -	1	
A	DE-C-3 343 210 (DEUTSCHE FORSCHUNGS- UND VER- SUCHSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT) * En entier * - - -	1	
A	EP-A-0 002 918 (FORD MOTOR) * En entier * - - - - -	3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B 30 B B 28 B B 22 F
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche  La Haye		Date d'achèvement de la recherche  25 février 91	Examineur  BOLLEN J.A.G.
<div>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</div> <div>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 T : théorie ou principe à la base de l'invention</div> <div>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</div>			