



⑫

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑬ Numéro de dépôt: 90400084.1

⑮ Int. Cl. 5: B22D 13/00, B22D 19/14

⑭ Date de dépôt: 12.01.90

⑯ Priorité: 16.01.89 FR 8900447

⑰ Demandeur: LES BRONZES D'INDUSTRIE  
26 rue de la République  
F-57360 Amnéville(FR)

⑰ Date de publication de la demande:  
25.07.90 Bulletin 90/30

⑰ Inventeur: Lajoye, Luc  
11, rue Franchet D'Esperey  
F-57158 Montigny Les Metz(FR)  
Inventeur: Lajoye, Laurent  
15, Quai Félix Maréchal  
F-57000 Metz(FR)

⑰ Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

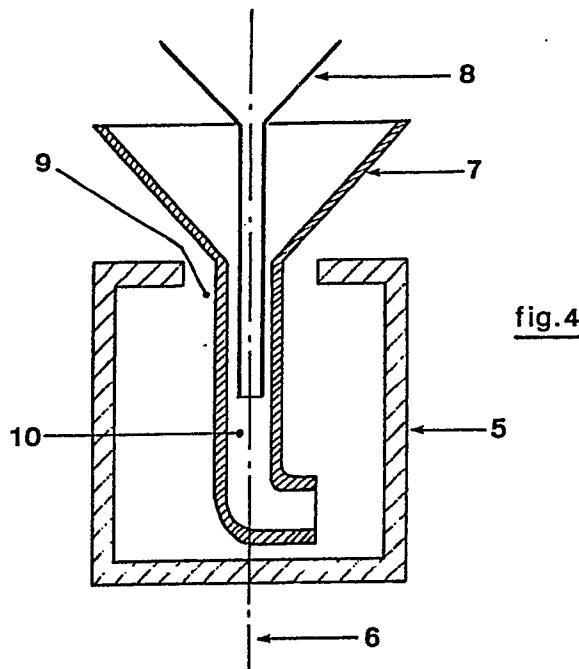
⑰ Mandataire: Sueur, Yvette et al  
Cabinet Yvette Sueur 35, rue de la Frette  
F-95240 Cormeilles-en-Parisis(FR)

### ⑯ Dispositif pour la fabrication de matériaux composites par centrifugation.

⑯ La présente invention concerne un dispositif pour la préparation de matériaux métalliques ou organiques composites par centrifugation, un procédé de moulage mettant en oeuvre ledit dispositif, les matériaux composites obtenus et les pièces constituées par ces matériaux.

Le dispositif selon l'invention comprend un moule (5) présentant un axe de révolution (6) et est muni de moyens lui permettant une rotation autour de son axe, d'un dispositif d'alimentation (7) en matériau de matrice liquide et d'un dispositif d'alimentation (8) en élément de renforcement. Il est caractérisé en ce que le dispositif (8) débouche dans la zone d'écoulement (10) du dispositif (7).

Le dispositif de l'invention permet de renforcer à volonté localement une ou plusieurs caractéristiques d'une pièce présentant une symétrie axiale de révolution.



EP 0 379 400 A1

## Dispositif pour la fabrication de matériaux composites par centrifugation

La présente invention concerne un dispositif pour la préparation de matériaux métalliques ou organiques composites par centrifugation, un procédé de moulage mettant en oeuvre ledit dispositif, les matériaux composites obtenus et les pièces constituées par ces matériaux.

La fabrication de pièces métalliques de révolution par centrifugation est bien connue. Le procédé consiste à introduire le matériau métallique en fusion dans un moule soumis à une rotation. On a également appliqué ce procédé à un mélange constitué par un alliage métallique à l'état liquide et un agent de renforcement, par exemple du graphite, une céramique, etc... et l'on a obtenu des pièces en alliage métallique renforcé.

Toutefois, ce procédé présente au moins deux inconvénients. D'une part, la répartition de l'agent de renforcement dans la pièce fabriquée est mal maîtrisée. Elle dépend essentiellement de la différence de densité entre le matériau de matrice et l'agent de renforcement. Selon l'importance de cette différence, la répartition de l'agent de renforcement sera plus ou moins homogène.

D'autre part, certains produits susceptibles de constituer de bons agents de renforcement ne peuvent former un mélange stable avec la matrice métallique liquide durant une durée suffisamment longue : l'agent de renforcement se sépare du matériau de matrice métallique avant que celui-ci n'ait pu être projeté dans le moule. Tel est le cas pour les mélanges alliages cuivreux - poudre de graphite. La mouillabilité du graphite dans les alliages cuivreux liquides est très faible, même lorsque les particules de graphite sont enrobées de nickel ou de cuivre. Si l'on mélange la poudre de graphite à un alliage cuivreux liquide, la poudre se sépare après un temps très court, inférieur à 2 secondes. Il n'est par conséquent pas possible, en projetant un tel mélange dans un moule en rotation, d'orienter la répartition de l'agent de renforcement dans la pièce métallique.

Les présents inventeurs ont alors mis au point un dispositif pour la préparation de matériaux composites par centrifugation, qui ne présente pas les inconvénients évoqués ci-dessus.

La présente invention a pour objet un dispositif pour la préparation par moulage de matériaux composites, métalliques ou organiques.

En outre, elle a pour objet un procédé de fabrication de matériaux composites par moulage, mis en oeuvre à l'aide du dispositif.

Elle a également pour objet les matériaux composites obtenus.

Enfin, un autre objet de la présente invention est constitué par les pièces réalisées en matériau

composite.

Selon l'invention, le dispositif de préparation par moulage de matériaux composites comportant une matrice métallique ou organique et au moins un élément de renforcement, comprend un moule (5) présentant un axe de révolution (6) et est muni de moyens lui permettant une rotation autour de son axe, d'un dispositif d'alimentation (7) en matériau de matrice liquide et d'un dispositif d'alimentation (8) en élément de renforcement. Il est caractérisé en ce que le dispositif (8) débouche dans la zone d'écoulement (10) du dispositif (7). Un dispositif d'alimentation peut être une goulotte, un canal de coulée, un tuyau d'alimentation, un entonnoir, une goulotte ou un autre moyen équivalent.

Dans le dispositif selon l'invention, l'axe de rotation du moule peut être oblique. Le dispositif d'alimentation n'est pas nécessairement parallèle à l'axe de rotation du moule ou coaxiale. Il est toutefois impératif que le dispositif d'alimentation en élément de renforcement débouche dans une zone proche de l'extrémité de la zone d'écoulement du dispositif d'alimentation en matériau de matrice, créant ainsi une zone de mélange à proximité immédiate de l'entrée du moule.

L'axe de rotation (6) du moule peut être horizontal ou proche de l'horizontale. Le dispositif (8) débouche alors dans la zone d'écoulement (10) du dispositif (7) de préférence à la verticale.

Dans un autre mode de réalisation préféré, l'axe de rotation (6) du moule est vertical ou proche de la verticale. Le dispositif (8) présente alors, de préférence, une zone d'écoulement tubulaire dont l'extrémité débouche dans la zone d'écoulement (10) du dispositif (7), les flux d'écoulement dans les zones d'écoulement des deux dispositifs d'alimentation étant sensiblement parallèles. Dans ce cas, l'extrémité de la zone d'écoulement (10) peut être recourbée vers la paroi verticale du moule.

Le procédé de préparation de matériaux composites comportant une matrice métallique ou organique et des éléments de renforcement selon l'invention consiste à couler, dans un moule en rotation, à l'aide du dispositif selon l'invention, le matériau de matrice à l'état liquide et au moins un agent de renforcement. Lors de la mise en oeuvre d'un tel procédé, le matériau de matrice métallique ou organique et le (les) agent(s) de renforcement sont amenés séparément à l'entrée du moule, mais l'incorporation de l'élément de renforcement au matériau de matrice est effectuée immédiatement avant que ce matériau de matrice soit projeté dans le moule.

En procédant de cette manière, il est possible

d'incorporer à une matrice des agents de renforcement qui se présentent sous forme de particules ou de fibres courtes dont la mouillabilité est très faible dans le matériau de matrice. La zone dans laquelle le mélange est effectué est très limitée, mais les turbulences créées dans cette zone par l'arrivée d'un flux d'éléments de renforcement dans le flux d'écoulement du matériau de matrice permettent de former un excellent mélange entre le matériau de matrice et les éléments de renforcement. En outre, cette zone se situe juste avant la projection du matériau dans le moule. Par conséquent, la durée qui s'écoule entre l'instant où l'élément de renforcement est mélangé au matériau de matrice et le durcissement du matériau dans le moule est suffisamment courte pour que l'élément de renforcement ne puisse pas se dissocier du matériau de matrice.

En adaptant les différents paramètres de la coulée, on peut obtenir soit des pièces de matériau présentant des zones de révolution renforcées, soit des pièces de matériau renforcées uniformément. Ces dernières ne peuvent pas être obtenues à l'aide des dispositifs de moulage par centrifugation classiques lorsque l'élément de renforcement ne présente pas une mouillabilité suffisante ou que sa densité est sensiblement différente de celle de la matrice.

Par exemple, on peut choisir la durée de coulée du matériau de matrice et la durée de coulée de l'élément de renforcement.

Dans une variante du procédé de la présente invention, l'addition de l'agent de renforcement peut être retardée par rapport au début de la coulée du matériau de matrice dans le cas où l'on ne veut renforcer que l'intérieur de la pièce. On peut ainsi éviter de piéger une partie des éléments de renforcement sur l'extérieur des pièces, piégeage qui a tendance à se produire du fait de la solidification quasi-instantanée de la zone de peau extérieure.

En retardant suffisamment la coulée de l'élément de renforcement par rapport au début de la coulée du matériau de matrice, on obtiendra une zone de révolution renforcée plus proche de l'alésage.

Par ailleurs, il est préférable que la coulée de l'élément de renforcement se termine avant, ou à la limite en même temps que la coulée du matériau de matrice, pour éviter la présence d'éléments de renforcement libres dans l'alésage de la pièce de matériau composite obtenue.

En outre, le choix des températures permet d'influencer la teneur en élément de renforcement des zones à renforcer. Ainsi, une température plus faible du moule, c'est-à-dire une vitesse de refroidissement plus importante, donne une solidification plus rapide à proximité de la paroi du moule,

réduisant ainsi les risques d'une séparation entre les éléments de renforcement et le matériau de matrice dans le cas d'éléments de renforcement présentant une faible mouillabilité dans le matériau de matrice.

Par ailleurs, la température du matériau de matrice joue un rôle d'une part, au niveau de la vitesse de solidification et, d'autre part, dans la facilité ou non d'incorporation des éléments de renforcement dans cette matrice.

La température des éléments de renforcement peut également jouer un rôle dans la facilité d'incorporation de ces éléments de renforcement dans la matrice.

Un autre facteur influençant la répartition de l'élément de renforcement est la différence entre la densité du matériau de matrice et celle de l'élément de renforcement. Plus la densité de l'élément de renforcement sera élevée par rapport à celle du matériau de matrice, plus cet élément aura tendance à se situer à la périphérie de la pièce. Dans le cas contraire, l'élément de renforcement se trouve avec une concentration plus élevée autour de l'alésage.

En outre, une vitesse de rotation plus élevée du moule accentue l'effet dû aux autres facteurs.

Le type et l'épaisseur de potage jouent un rôle important au niveau de la vitesse de solidification de la pièce. Ainsi, un potage isolant et épais provoquera une solidification lente de la pièce, facilitant alors le renforcement de sa périphérie (ceci est utilisé dans le cas d'éléments de renforcement dont la densité est supérieure à celle de la matrice).

Un des avantages essentiels du dispositif de l'invention réside dans le fait qu'il permet de renforcer à volonté localement une ou plusieurs caractéristiques d'une pièce du matériau de matrice présentant une symétrie axiale de révolution. Il suffit pour cela de choisir le ou les éléments de renforcement appropriés à la caractéristique souhaitée et les conditions de mise en œuvre du procédé aptes à permettre le renforcement de la zone souhaitée.

Le dispositif selon l'invention permet aussi de renforcer deux zones d'une même pièce à l'aide d'éléments de renforcement différents. Le mode de mise en œuvre dépend dans ce cas de la différence qui existe entre la densité de chacun des éléments de renforcement. Si leur densité est très proche, on injecte d'abord, l'élément de renforcement pour la zone externe de la pièce. Si l'élément de renforcement de la zone externe a une densité nettement supérieure à celle de la zone interne, les deux éléments de renforcement peuvent être mélangés avant leur incorporation au matériau de matrice à l'état liquide. Lors de la coulée par centrifugation, la décantation des éléments de renforce-

ment provoquera la répartition souhaitée au sein de la pièce. Il convient dans ce cas de choisir les températures de telle sorte que la solidification soit suffisamment lente pour permettre aux éléments les plus lourds de venir se placer à l'extérieur.

Le dispositif selon l'invention peut être utilisé pour quasiment tous les alliages métalliques, parmi lesquels on peut citer les alliages à base de cuivre (par exemple le bronze, le cupro-aluminium, le laiton) et les alliages d'aluminium.

Il peut également être utilisé pour des matériaux organiques tels que par exemple des pièces en PVC, en résine époxy, en polyester ou en méthacrylate, chargées de particules de carbure de silicium, afin de donner à la périphérie des propriétés de haute résistance à l'usure.

Les éléments de renforcement peuvent se présenter sous forme de particules ou de fibres courtes. On peut utiliser par exemple des particules de graphite, de carbure de silicium, de carbure de chrome. Pour améliorer la mouillabilité des particules ou des fibres courtes de graphite lorsqu'elles sont destinées à renforcer les alliages cuivreux et les alliages d'aluminium, il est avantageux de les enrober d'une couche de nickel ou de cuivre par exemple, dont l'épaisseur peut varier entre 1 et 50  $\mu\text{m}$ .

La présente invention sera décrite plus en détails par référence aux dessins annexés et aux exemples donnés ci-dessous à titre illustratif et non limitatif.

Dans les dessins, les figures 1, 2 et 3 représentent chacune une vue en coupe axiale d'une pièce de révolution en matériau composite.

Les figures 4 et 5 représentent chacune un schéma d'un dispositif selon l'invention.

Dans les figures 1 à 3, (1) représente l'axe de révolution de la pièce, (2) représente la pièce, (3) la partie renforcée, (4) représente l'alésage de la pièce.

La figure 4 représente un moule (5) tournant autour d'un axe vertical (6). Le matériau de matrice est introduit dans le moule par l'intermédiaire d'une goulotte (7) qui pénètre dans le moule en (9). Les éléments de renforcement sont introduits par l'intermédiaire d'une goulotte (8). Cette goulotte (8) débouche dans la zone (10) de la partie terminale de la goulotte (7) de telle sorte que le mélange du matériau de matrice et de l'élément de renforcement puisse se faire immédiatement avant l'introduction dans le moule.

Lorsque le mélange à l'état liquide est introduit dans le moule (5) animé d'un mouvement de rotation autour de l'axe (6), il tombe sur le fond du moule et les forces centrifuges dues à la rotation du moule le répartissent sur les parois verticales du moule. Pour faciliter la mise en place du matériau sur les parois du moule, il peut être préférable

d'utiliser une goulotte (7) dont la partie extrême est située à l'intérieur du moule (et non pas à l'entrée du moule) et recourbée pour que le flux de matériau soit dirigé vers la paroi du moule.

5 Lorsque les éléments de renforcement sont incorporés au matériau de matrice dans la zone (10), les turbulences qui se forment dans cette zone (10) sont suffisantes pour former un excellent mélange entre le matériau de matrice et les éléments de renforcement.

10 La figure 5 représente une variante du dispositif selon l'invention. Dans cette figure, les éléments équivalents à ceux de la figure 4 portent les mêmes références. Dans cette variante, le moule tourne autour d'un axe horizontal. Lors de l'introduction du matériau de matrice (ou du mélange matériau de matrice + élément de renforcement), celui-ci tombe sur la paroi du moule sur laquelle il est réparti par les forces centrifuges.

15 Il va de soi que l'invention n'est pas limitée à l'un ou l'autre de ces modes de réalisation.

20 Le procédé de l'invention est avantageusement mis en oeuvre pour la fabrication de pièces métalliques ou organiques présentant une symétrie axiale de révolution comportant des zones de révolution dans lesquelles certaines propriétés sont renforcées. Ces pièces à symétrie axiale de révolution peuvent être des pièces utilisables en tant que telles (paliers, bagues, etc...). Ces pièces peuvent également constituer un matériau dans lequel seront découpées des pièces qui ne seront pas "de révolution". On peut ainsi envisager la fabrication de baguettes, de rails comportant une zone renforcée.

25 30 35 40 45 50 55 Une application particulièrement intéressante est la fabrication de paliers localement autolubrifiants. La matrice métallique de tels paliers est un alliage de cuivre ou un alliage d'aluminium. L'élément de renforcement utilisé est du graphite sous forme de particules ayant une dimension moyenne de 5 à 500  $\mu\text{m}$ , éventuellement revêtues d'une couche de nickel ou de cuivre d'une épaisseur de l'ordre de 1 à 10  $\mu\text{m}$ . La fabrication d'un palier autolubrifiant peut être effectuée à l'aide d'un dispositif tel que représenté aux figures 4 ou 5. Le volume de poudre de graphite, revêtue ou non, est fonction de l'épaisseur et de la concentration en graphite de la zone autolubrifiante souhaitée dans le palier. La coulée de la poudre de graphite s'effectue par la goulotte 8, la coulée du matériau de matrice par la goulotte 7. Afin d'éviter de piéger des particules de graphite sur l'extérieur des pièces de par la solidification quasi-instantanée de la zone de peau extérieure, l'arrivée de la poudre dans la zone de mélange poudre/alliage (10) se fait un petit instant après le début de la coulée du matériau de matrice. Il est souhaitable que la coulée de poudre se termine avant ou, au plus tard, en

même temps que la coulée du matériau de matrice, pour éviter la présence de poudre libre dans l'alésage. En raison de la différence de densité entre le matériau de matrice et la poudre, celle-ci décante immédiatement à l'intérieur de la pièce, cette décantation étant très amplifiée par l'accélération centrifuge au sein de la pièce centrifugée ( $\gamma = 20$  à  $200$  g). Afin d'éviter que la poudre ne soit rejetée par l'alésage hors de la pièce (surtout dans le cas de la matrice à base cuivre), il faut arroser très fortement le moule afin de faire progresser très rapidement le front de solidification vers l'intérieur de la pièce, ce qui lui permet de rattraper les particules et de les emprisonner dans le matériau de matrice solidifié.

Les pièces ainsi réalisées présentent, comme le montre le schéma de la figure 1, une forte proportion de graphite dans l'alésage, le rendant ainsi autolubrifiant.

Des essais ont été effectués dans les mêmes conditions que ci-dessus mais avec des dispositifs de l'art antérieur, pour fabriquer des pièces de révolution comportant une matrice de cuivre ou d'alliage de cuivre renforcée par des particules de graphite. Le matériau de matrice et l'élément de renforcement ont été mélangés, puis introduits dans le moule en rotation par l'intermédiaire d'une goulotte unique. On a ainsi obtenu une pièce moulée comportant sur sa surface, des particules libres de poudre de graphite. Le mélange matériau de matrice + élément de renforcement s'est par conséquent dissocié lors de sa projection dans le moule.

Lorsqu'il s'agit de pièces à matrice en bronze (type UE 12 par exemple) la présence de porosités au sein de la zone graphitée joue le rôle de poche de lubrification et de poussière provenant de la période de rodage. En effet, lors de cette période, des particules de graphite et de bronze peuvent s'arracher de la pièce et viennent alors se loger dans ces porosités, ce qui évite toute usure par abrasion de la pièce antagoniste. Cependant, cette présence de porosités peut être réduite en ajoutant, dans la poudre de graphite revêtue, de la poudre d'aluminium, de phosphore, de phosphure de cuivre, de zinc ou de calcium. Le pourcentage très faible, sera fonction du nombre de porosités que le type d'utilisation du palier autorisera. L'addition de cette poudre à la poudre de graphite revêtue se fera de façon très soignée afin d'éviter toute hétérogénéité de composition.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des pièces de révolution dont la longueur peut varier de 2 à 7000 mm et le diamètre extérieur de 30 à 7000 mm.

Le procédé selon l'invention peut également être mis en oeuvre pour la mise en forme de pièces à matrice organique renforcée. On peut

ainsi réaliser des pièces dont la périphérie peut être renforcée, par exemple par des particules de carbure de silicium (SiC) pour la rendre particulièrement résistante à l'abrasion, ou bien aussi par des particules de graphite afin de rendre l'extérieur autolubrifiant.

D'autres types de couples matières organiques / éléments renforçants peuvent être ainsi réalisés dès lors qu'il est possible d'effectuer, dans la zone de mélange (10), le mélange matrice / éléments renforçants.

## Revendications

15

1. Dispositif de préparation par moulage de matériaux composites comportant une matrice métallique ou organique et au moins un élément de renforcement, comprenant un moule (5) présentant un axe de révolution (6) et muni de moyens lui permettant une rotation autour de son axe, d'un dispositif d'alimentation (7) en matériau de matrice liquide et d'un dispositif d'alimentation (8) en élément de renforcement, caractérisé en ce que le dispositif (8) débouche dans la zone découlement (10) du dispositif (7).

20

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'extrémité de la zone d'écoulement (10) du dispositif (7) libérant le matériau est située à l'intérieur du moule (5), et recourbée vers la paroi du moule.

25

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les dispositifs d'alimentation sont choisis parmi les tuyaux d'alimentation, les canaux de coulée, les entonnoirs et les goulottes.

30

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'axe de rotation (6) du moule est sensiblement horizontal, que la zone d'écoulement (10) du dispositif (7) est sensiblement horizontale et que la zone d'écoulement du dispositif (8) est perpendiculaire à la zone (10).

35

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'axe de rotation du moule est sensiblement vertical, et que les zones d'écoulement des dispositifs (7) et (8) sont sensiblement verticales et coaxiales.

40

6. Procédé de préparation de matériaux composites comportant une matrice métallique ou organique et au moins un élément de renforcement, consistant à couler, dans un moule en rotation, le matériau de matrice à l'état liquide et un ou plusieurs éléments de renforcement, caractérisé en ce qu'il est mis en oeuvre à l'aide du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

45

7. Matériaux obtenus par le procédé selon la revendication 6.

50

8. Pièces constituées par un matériau selon la

revendication 7.

9. Pièces selon la revendication 8, caractérisées en ce qu'elles présentent une symétrie de révolution.

10. Palier auto-lubrifiant, obtenu par le procédé de la revendication 6. 5

10

15

20

25

30

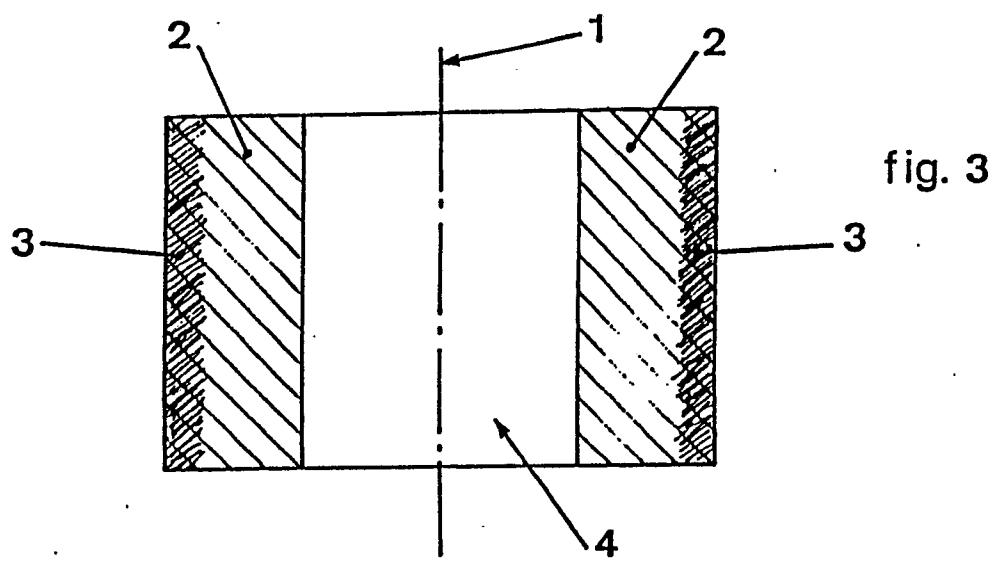
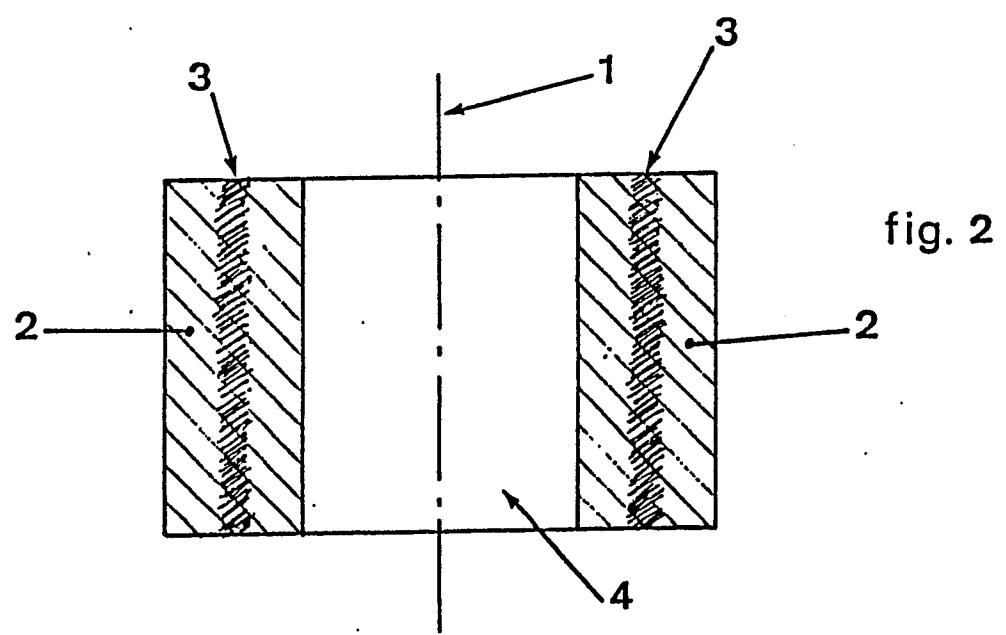
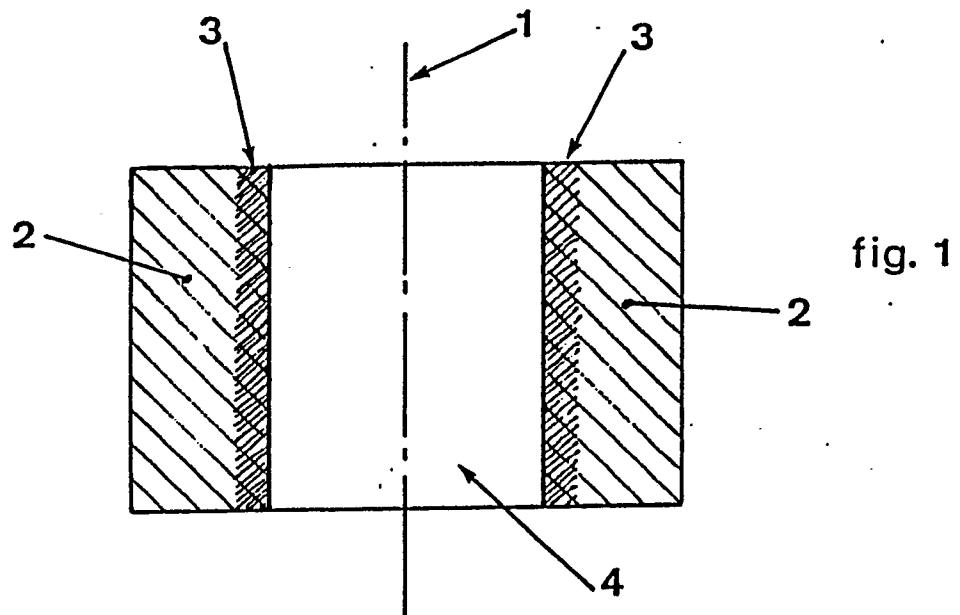
35

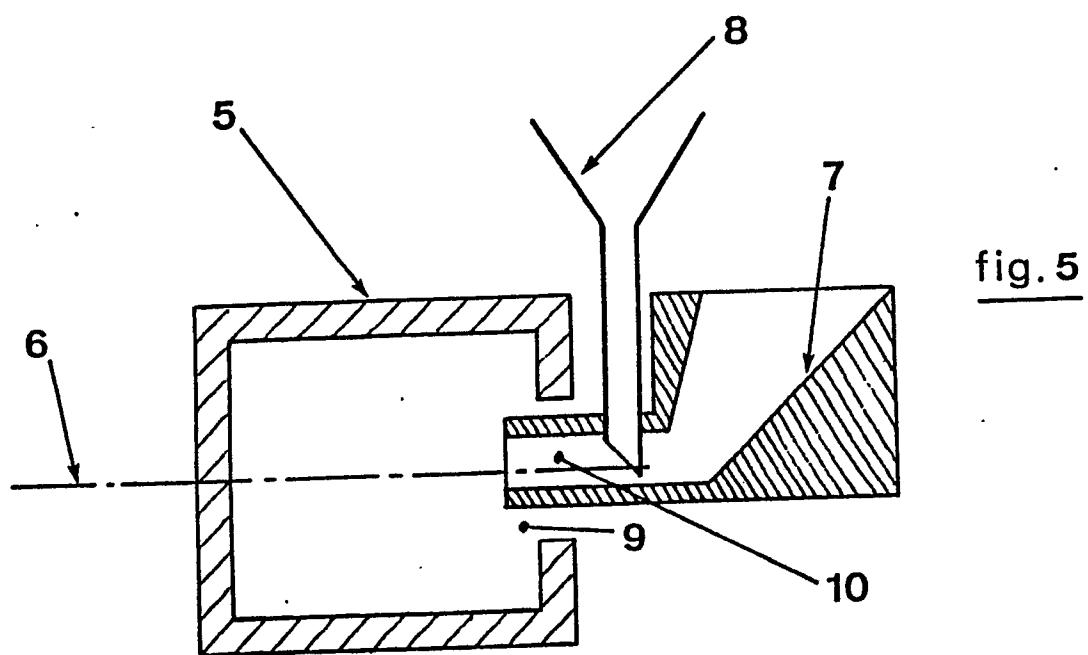
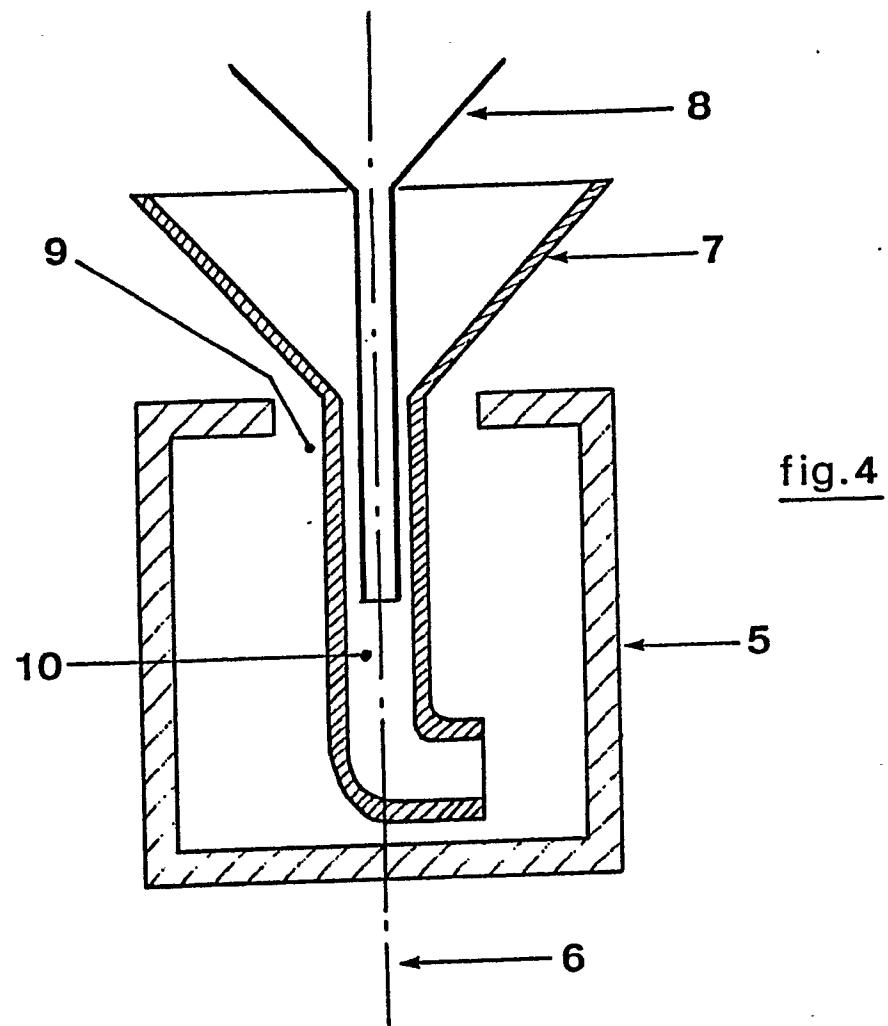
40

45

50

55







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)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 7, no. 79 (M-204)[1224], 31 mars 1983; & JP-A-58 006 768 (KUBOTA TEKKO K.K.) 14-01-1983 * Résumé * ---	1,3-4,6 -10	B 22 D 13/00 B 22 D 19/14
Y	IDEML ---	2	
X	US-A-2 152 717 (H. WEHMEIER, W. RUFF) * En entier * ---	1-4,6- 10	
P, X	EP-A-0 335 012 (SPRAYTEC GESELLSCHAFT FÜR OBERFLÄCHENTECHNIK) * Colonne 3, lignes 41-54; colonne 4, lignes 21-35 * ---	1,3-10	
X	GB-A-1 157 054 (US PIPE AND FOUNDRY CO.) * Page 3, lignes 34-102 * ----	1,6-10	
Y	DE-A-2 819 120 (H. HAHN) * Figure 5; page 16, lignes 19-23 * -----	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B 22 D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	11-04-1990	DOUGLAS K.P.R.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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 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		