(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 616 363**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **87 08749**

(51) Int Cl⁴ : B 22 D 21/04, 19/02.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 11 juin 1987.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 50 du 16 décembre 1988.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *CEGEDUR SOCIETE DE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM PECHINEY.* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Jean Charbonnier ; François Goliard.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Marcel Vanlaer, Péchiney.

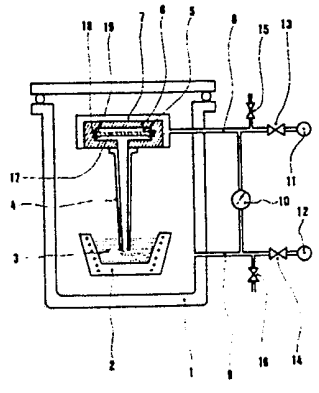
(54) Procédé et dispositif de moulage en sable de pièces composites à matrice en alliage léger et insert fibreux.

(57) L'invention est relative à un procédé et à un dispositif du moulage en sable de pièces composites à matrice en alliage léger et insert fibreux.

Le procédé consiste dans un moule en sable renfermant une préforme fibreuse, isolée des parois de l'empreinte du moule et alimenté au moyen d'un tube plongeant dans un bain métallique liquide contenu dans un four, à créer une dépression dans le moule et au-dessus du bain puis à augmenter la pression au-dessus du bain de manière à obtenir une différence de pression P positive par rapport au moule et à aspirer ainsi le métal dans le moule, ensuite à augmenter simultanément la pression au-dessus de la pression atmosphérique dans le moule et au-dessus du bain tout en maintenant la même différence P jusqu'à solidification de la pièce.

Le dispositif comprend un moule 6 en sable renfermant une préforme 17 fibreuse placée de manière à avoir toutes ses faces à l'écart du moule, ledit moule étant enfermé dans une chambre 7 étanche et relié à un four d'alimentation par un tube 4 plongeant dans le bain métallique, l'ensemble étant placé dans une enceinte 1 étanche, la chambre et l'enceinte étant chacune en relation avec un réseau de canalisations 8 et 9 permettant de les mettre en communication avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression 11 et 12.

L'invention trouve son application dans le moulage en sable de pièces composites ayant une bonne cohésion entre la matrice et l'insert.



FR 2 616 363 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

PROCEDE ET DISPOSITIF DE MOULAGE EN SABLE DE PIECES COMPOSITES A MATRICE EN ALLIAGE LEGER ET INSERT FIBREUX

L'invention est relative à un procédé et à un dispositif de moulage en sable de pièces composites à matrice en alliage léger et insert fibreux.

L'utilisation d'alliages à base de métaux légers tels que l'aluminium ou le magnésium, par exemple, pour la réalisation de pièces destinées à équiper des moyens de transport terrestres ou aériens est de plus en plus répandue parce qu'elle permet notamment de réduire la consommation d'énergie nécessaire à leur propulsion.

Cependant, ces alliages présentent certains défauts tels que :

- une mauvaise tenue à température élevée,
- une résistance faible à la fatigue,
- une médiocre résistance à l'usure par frottement,
- un petit module d'élasticité.

C'est pourquoi l'homme de l'art a cherché à améliorer fortement les propriétés de ces pièces en renforçant ces alliages au moyen de fibres ou de particules céramiques de manière à former des pièces composites à matrice métallique.

Ces pièces peuvent être obtenue à partir de plusieurs procédés dont trois d'entre eux passent par la voie du moulage en phase liquide. Ce sont:

- le moulage-forgeage ou squeeze casting,
- le compocasting,
- l'infiltration sous pression gazeuse.

Le premier de ces procédés permet de réaliser des pièces fortement renforcées et d'atteindre des caractéristiques élevées mais la forme et la taille des pièces sont limitées.

Le deuxième est destiné à la fabrication de composites à renfort de particules ou de fibres courtes dispersées dans toute la masse de la pièce.

Le troisième est le seul qui permette de faire des pièces de forme compliquée, de grandes dimensions, renforcées localement mais les pressions applicables sont limitées.

La demanderesse s'est intéressée plus particulièrement à la fabrication de pièces composites renforcées par des fibres longues dans un moule traditionnel en sable et en appliquant le principe de l'infiltration gazeuse.

Elle s'est heurtée à deux types de problèmes :

- le premier est d'éviter le déplacement de l'insert à l'intérieur du moule sous l'effet de la poussée exercée par le métal liquide lors de la coulée. Ceci peut être obtenu en réalisant une préforme rigide qui est fixée en certains points de la paroi de l'empreinte du moule comme les noyaux classiques destinés à réaliser les creux à l'intérieur des pièces;

- le second problème est celui de la pression à exercer sur le métal liquide pour le forcer à pénétrer dans les mèches des fibres, cette pression devant être d'autant plus grande que le diamètre des fibres est petit, que le taux de renforcement est élevé et que la tension interfaciale métal-fibres est forte. La solution envisagée consiste alors à couler les pièces sous basse pression en augmentant la pression d'injection.

Mais ces solutions présentent néanmoins deux inconvénients graves :

- d'une part, l'imprégnation des fibres ne peut pas être totale car le métal commence par enrober complètement la préforme avant de pénétrer en son sein et de ce fait de l'air est emprisonné à l'intérieur de la préforme de sorte que l'infiltration du métal cesse quand la pression de cet air est égale à celle qui est exercée sur le métal liquide;

- d'autre part, la pression exercée ne peut être trop élevée car le moule et les noyaux réalisés en sable étant poreux, risquent d'être imprégnés par le métal, même en présence de certains revêtements, ce qui conduit à un mauvais état de surface des pièces ainsi obtenues.

Pour surmonter ces difficultés, la demanderesse a été amenée à inventer un procédé et un dispositif permettant d'appliquer une forte pression sur la préforme tout en limitant la pression exercée par le métal sur le moule.

Ce procédé dans lequel on utilise un moule en sable renfermant une préforme fibreuse isolée des parois de l'empreinte du moule et alimenté au moyen d'un tube plongeant dans un bain métallique liquide contenu dans un four

est caractérisé en ce que l'on crée une dépression dans le moule et au-dessus du bain, puis on augmente la pression au-dessus du bain de manière à obtenir une différence de pression $\triangle P$ positive par rapport au moule et à refouler ainsi le métal dans le moule, ensuite on augmente simultanément la pression au-dessus de la pression atmosphérique à la fois dans le moule et au-dessus du bain tout en maintenant la même différence $\triangle P$ jusqu'à la solidification de la pièce.

L'invention consiste donc d'abord à amener la pression qui règne dans le moule et au-dessus du bain à une valeur inférieure à la pression atmosphérique. En raison de la perméabilité du sable, il suffit de mettre l'extérieur du moule sous dépression pour obtenir ce résultat à l'intérieur de l'empreinte et par suite au sein de la préforme naturellement perméable aux gaz. De préférence, on cherche à atteindre une pression résiduelle au plus égale à $3x10^3$ Pa.

Puis, cette pression résiduelle est augmentée au-dessus du bain en faisant une entrée d'air par exemple dans le four de sorte que sous la différence de la pression $\triangle P$ positive ainsi créée au-dessus du bain par rapport au moule, le métal monte dans le tube et pénètre dans l'empreinte du moule. La préforme n'ayant aucun contact avec les parois de l'empreinte se trouve ainsi complètement entourée par le métal liquide qui vient faire écran à tout passage de gaz.
De préférence, la valeur de $\triangle P$ est comprise entre $5x10^3$ Pa et $1,5x10^5$ Pa. Ensuite, la pression est augmentée simultanément au-dessus du bain et autour du moule tout en maintenant la différence $\triangle P$. De préférence, cette augmentation se fait jusqu'à une valeur comprise entre 3 et 20 fois la pression atmosphérique. Dans ces conditions, le gaz pénètre à travers les parois perméables du moule et la pression d'infiltration exercée par le métal sur le moule conserve sa valeur $\triangle P$. Par contre, du fait que l'intérieur de la préforme est toujours sous dépression et n'a pas de communication avec l'extérieur, la pression d'infiltration de cette dernière a une valeur P beaucoup plus grande que $\triangle P$. On obtient ainsi les résultats recherchés à savoir:

- une pénétration à coeur de la préforme par le métal d'où une meilleure cohésion entre l'insert et la matrice;

- une faible pression d'infiltration du moule ce qui permet d'éviter l'abreuvage du moule et des noyaux et d'obtenir un meilleur état de surface des pièces;
- une solidification de la pièce sous pression isostatique d'où une homogénéité de structure plus grande.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus.
Ce dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend :
- un moule en sable renfermant dans son enpreinte une préforme fibreuse dont toutes les faces sont situées à l'écart des parois de l'empreinte, ledit moule étant placé dans une chambre étanche reliée à une canalisation en communication avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression,
- un four chauffé électriquement, placé au-dessous du moule et contenant un bain du métal à mouler;
- une tuyauterie solidaire du moule et communiquant avec l'empreinte par une de ses extrémités et plongeant dans le bain par l'autre extrémité,

cet ensemble étant contenu dans une enceinte étanche munie d'une canalisation en communication avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression, les deux canalisations étant reliées entre elles par l'intermédiaire d'un manomètre différentiel.

Ainsi, le dispositif comprend un moule en sable réalisé à partir des matériaux usuels tels que la silice, l'alumine, le zircon, l'olivine etc. à l'état divisé et liés entre eux au moyen soit d'une résine organique, soit d'un liant minéral du type silicate de soude, silice colloïdale, silicate d'éthyle ou phosphate par exemple.

Dans l'empreinte de ce moule est placée une masse de fibres céramiques longues de préférence et du type graphite, carbure de silicium, alumine, etc..., à laquelle on a donné une forme convenable au renforcement de la pièce. Cette préforme est disposée à l'intérieur de l'empreinte et maintenue à l'écart des parois du moule par tout moyen convenable. De cette façon, il est possible de faire un enrobage complet de ses parois par le métal lors de la coulée de la pièce et d'assurer son étanchéité vis à vis du moule, condition indispensable pour réaliser le procédé décrit ci-dessus.

Ce moule est enfermé dans une chambre étanche munie d'une canalisation en communication par exemple avec une pompe à vide ou un compresseur.
De cette chambre débouche également une tuyauterie solidaire du moule qui relie l'empreinte au bain de métal à mouler et permet l'alimentation de l'empreinte.
Le moule peut être équipé de moyens de chauffage destinés à réaliser un préchauffage avant l'introduction du métal; cela permet de ralentir la solidification de la pièce et ainsi de faciliter l'imprégnation de la préforme et l'obtention de parois minces.

Le dispositif selon l'invention comprend également un four chauffé électriquement contenant le métal à mouler et placé au dessous du moule. Ce four peut être placé également dans une chambre analogue à celle du moule. Toutefois, il est également possible de l'enfermer tel quel dans une enceinte étanche avec le moule entouré de sa chambre.
De cette enceinte débouchent deux canalisations qui sont mises en communication avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression par l'intermédiaire de vannes de réglage : la première canalisation est celle de la chambre du moule, la seconde est en relation avec l'atmosphère du four.
Ces deux canalisations sont reliées entre elles par l'intermédiaire d'un manomètre différentiel.

En fonctionnement, ayant mis en place la préforme dans l'empreinte, fermé le moule et chauffé et rempli le four de métal, on ferme l'enceinte au moyen d'un couvercle puis met les deux canalisations en communication avec des moyens de mise sous dépression. Le manomètre reste au O. La canalisation de l'enceinte est alors isolée des moyens de mise sous dépression et ouverte vers l'atmosphère pendant le temps nécessaire pour que le manomètre indique une pression égale à $\triangle P$. Durant ce temps, le métal est refoulé du four vers le moule. La mise à l'atmosphère étant fermée et la canalisation de la chambre étant isolée des moyens de mise sous dépression, les deux canalisations sont mises en communication avec les moyens de mise sous pression et à l'aide des vannes de réglage, on maintient le manomètre à la valeur $\triangle P$.

Après solidification de la pièce dans le moule, les deux canalisations sont isolées des moyens de mise sous pression et mises à l'atmosphère.

L'enceinte et le moule sont alors ouverts successivement et on extrait la pièce.

Un moyen particulier pour réaliser l'étanchéité entre la préforme et le moule par l'intermédiaire du métal consiste à munir l'empreinte de logements équipés sur leurs faces de tôles métalliques juxtaposées entre elles et qui s'allongent à l'intérieur de l'empreinte. Les extrémités de la préforme sont alors placées au contact de ces tôles. Ainsi, au moment où le métal remplit le moule, il vient sceller les tôles entre elles et les logements deviennent étanches aux gaz; la préforme n'a ainsi aucun contact avec les parois du moule par l'intermédiaire desquelles pourraient pénétrer les gaz lors de la mise sous pression.

L'invention peut être illustrée à l'aide des dessins ci-joints qui représentent:

. figure 1, les courbes d'évolution des pressions en fonction du temps au cours d'une opération de moulage

. figure 2, une coupe verticale d'un dispositif de moulage

Plus précisément :

. La figure 1 montre en traits pleins la courbe A de la pression absolue en Pa appliquée à l'empreinte et en tirets la courbe B de la pression absolue en Pa appliquée au-dessus du bain au cours des quatre phases du procédé : I mise sous dépression du four et du moule - II aspiration du métal dans le moule - III infiltration de l'insert par le métal IV solidification de la pièce.
Au cours de la dernière phase, la pression exercée sur la préforme, qui est pratiquement équivalente au maximum de la courbe B, est beaucoup plus élevée que celle exercée sur les parois du moule qui est égale à $\triangle$ P.

. La figure 2 représente l'enceinte 1 étanche dans laquelle est placée le four 2 contenant le bain métallique 3 dans lequel plonge le tube 4 relié à l'empreinte 5 du moule 6 enfermé dans la chambre étanche 7. De la chambre 7 débouche la canalisation 8 et de l'enceinte 1 la canalisation 9 qui sont reliées entre elles par l'intermédiaire du manomètre différentiel 10 et communiquent chacune séparément avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression 11 et 12 par l'intermédiaire de vannes d'isolement 13 et 14 et de mise à l'atmosphère 15 et 16.

A l'intérieur de l'empreinte est disposée la préforme 17 fibreuse dont les extrémités sont placées dans des logements constitués par des tôles métalliques 18 qui s'allongent suivant 19 à l'intérieur de l'empreinte.

L'invention trouve son application dans l'obtention par moulage en sable de pièces présentant une bonne cohésion entre l'insert et la matrice.

REVENDICATIONS

1. Procédé de moulage en sable de pièces composites à matrice en alliage léger et insert fibreux dans un moule renfermant une préforme isolée des parois de l'empreinte dudit moule et alimenté au moyen d'un tube plongeant dans un bain métallique liquide contenu dans un four caractérisé en ce que l'on crée une dépression dans le moule et au-dessus du bain, puis on augmente la pression au-dessus du bain de manière à obtenir une différence de pression $\triangle P$ positive par rapport au moule et à refouler ainsi le métal dans le moule, ensuite on augmente simultanément la pression au-dessus de la pression atmosphérique à la fois dans le moule et au-dessus du bain tout en maintenant la même différence $\triangle P$ jusqu'à solidification de la pièce.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que lorsqu'on crée la dépression, la pression résiduelle dans le moule ou au-dessus du bain est au plus égale à $3x10^3$ Pa.

3. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la valeur de $\triangle P$ est comprise entre $5x10^3$ Pa et $1,5x10^5$ Pa.

4. Procédé selon la revendication 1 caractérié en ce que l'on augmente la pression jusqu'à une valeur comprise entre 3 et 20 fois la pression atmosphérique.

5. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé seon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend :

- un moule (6) en sable renfermant dans son empreinte (5) une préforme (17) fibreuse dont toutes les faces sont situées à l'écart des parois de l'empreinte, ledit moule étant placé dans une chambre (7) étanche reliée à une canalisation (8) en communication avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression (11)
- un four (2) chauffé électriquement, placé au-dessous du moule et contenant un bain (3) du métal à mouler
- une tuyauterie (4) solidaire du moule, communiquant avec l'empreinte par une de ses extrémités et plongeant dans le bain par l'autre extrémité

cet ensemble étant contenu dans une enceinte (1) étanche munie d'une canalisation (9) en communication avec des moyens de mise sous pression ou sous dépression (12), les deux canalisations étant reliées entre elles par l'intermédiaire d'un manomètre différentiel (10).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'empreinte est munie de logements équipés sur leurs faces de tôles (18) métalliques juxtaposées entre elles, s'allongeant suivant (19) à l'intérieur de l'empreinte et au contact desquelles sont placées les extrémités de la préforme.

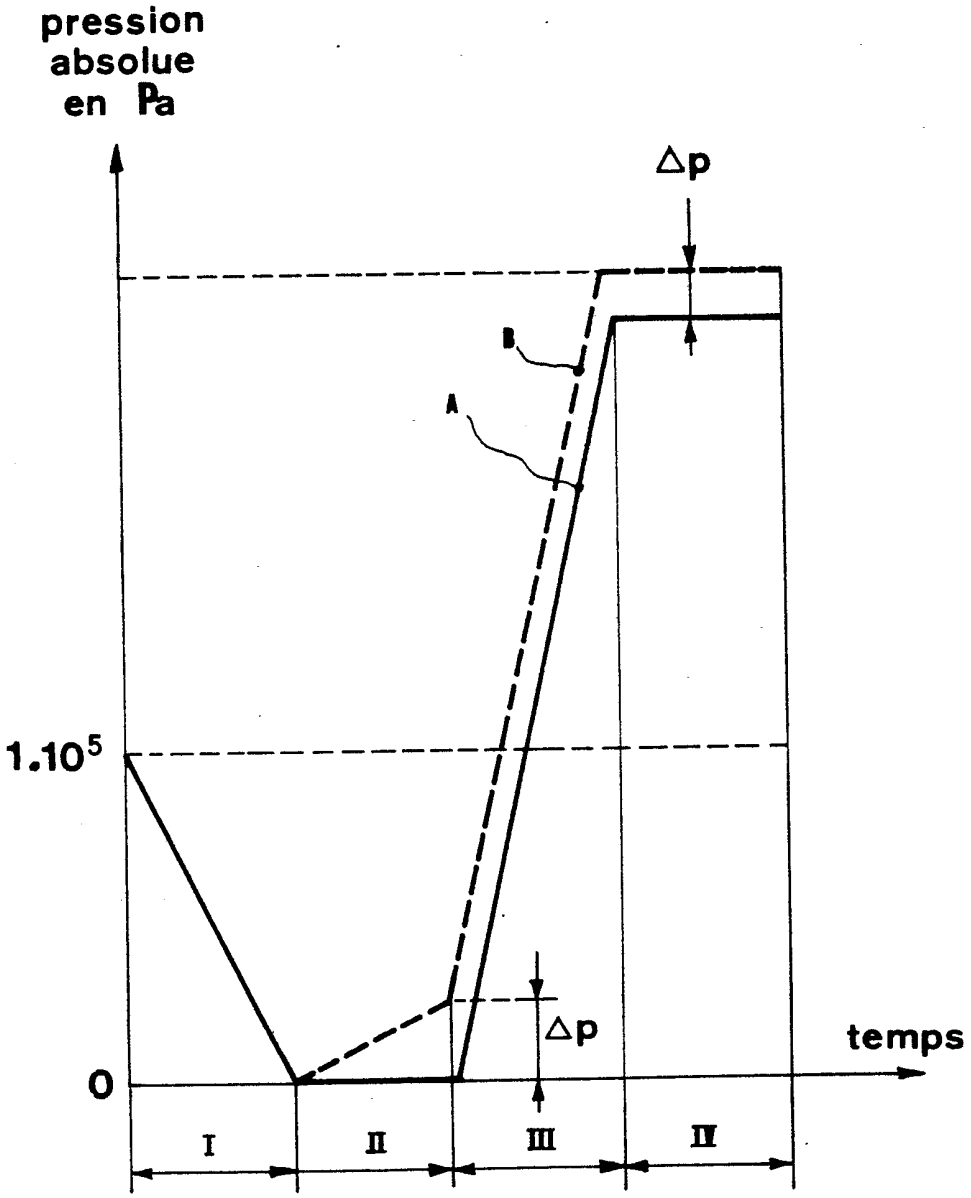


FIG.1

2-2

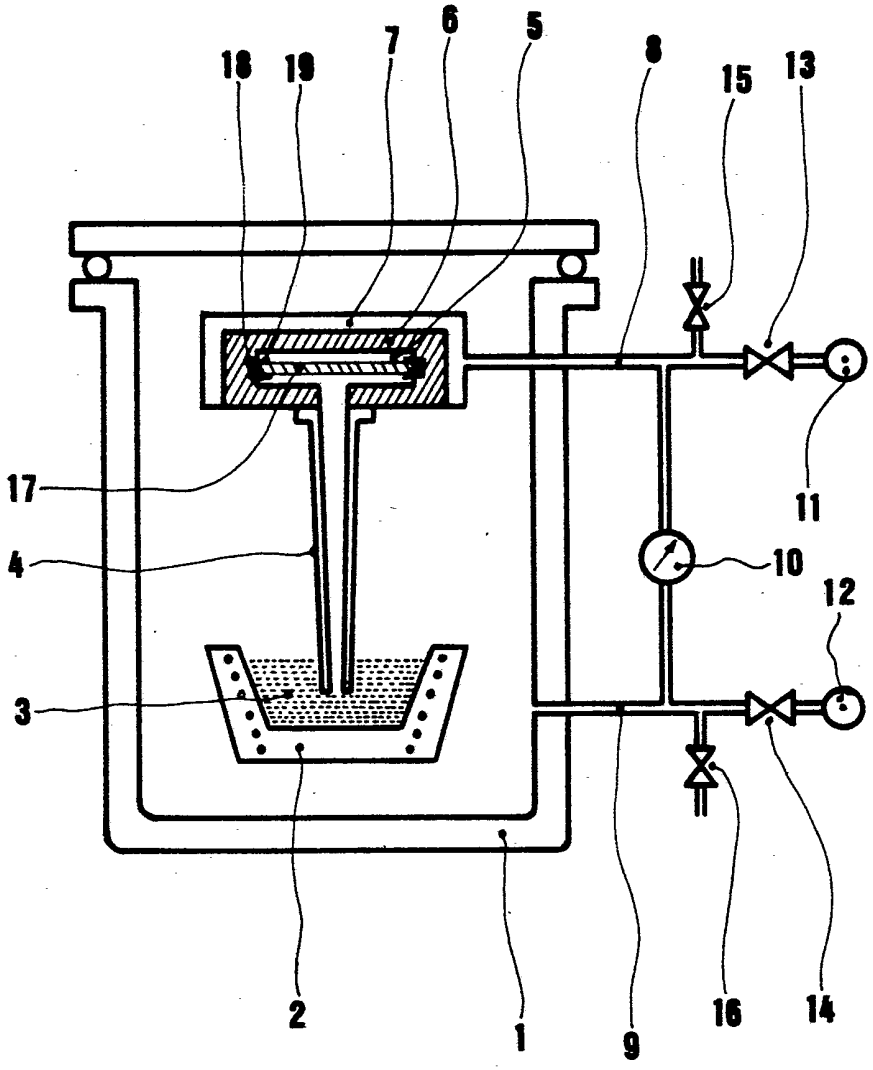


FIG. 2