(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication : **0 461 052 B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet : **27.07.94 Bulletin 94/30**

(51) Int. Cl.^{5} : **B22C 9/08,** B22C 9/04, B22D 27/13

(21) Numéro de dépôt : **91420178.5**

(22) Date de dépôt : **05.06.91**

(54) **Procédé de moulage à mousse perdue et sous basse pression de pièces en alliage d'aluminium.**

(30) Priorité : **07.06.90 FR 9007736**

(43) Date de publication de la demande : **11.12.91 Bulletin 91/50**

(45) Mention de la délivrance du brevet : **27.07.94 Bulletin 94/30**

(84) Etats contractants désignés : **AT BE CH DE DK ES GB GR IT LI LU NL SE**

(56) Documents cités :
EP-A- 0 274 964
FR-A- 887 120

(73) Titulaire : **ALUMINIUM PECHINEY**
Immeuble Balzac
10, place des Vosges
La Défense 5
F-92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeur : **Garat, Michel**
Les Reynauds
F-38960 St.Etienne De Crossey (FR)

(74) Mandataire : **Mougeot, Jean-Claude et al**
PECHINEY
28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cedex 03 (FR)

EP 0 461 052 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention est relative à un procédé de moulage à mousse perdue et sous basse pression de pièces métalliques en alliage d'aluminium et constitue un perfectionnement du procédé tel que décrit dans le brevet français No.2606688 déposé le 17 Novembre 1986.

Il est connu de l'homme de l'art, par exemple par l'enseignement de l'USP n° 3 157 924, d'utiliser pour le moulage des métaux des modèles en mousse de matière organique telle que le polystyrène que l'on plonge dans un moule constitué par du sable sec ne contenant aucun agent de liaison. Industriellement, ces modèles sont généralement revêtus d'un film de matériau réfractaire destiné à améliorer la qualité des pièces moulées. Dans un tel procédé, le métal à mouler, qui a été préalablement fondu, est amené au contact du modèle par l'intermédiaire d'un orifice d'alimentation et de canaux traversant le sable, et se substitue progressivement audit modèle en le brûlant et en le transformant principalement en vapeurs qui s'échappent entre les grains de sable, d'où la désignation de procédé de moulage à mousse perdue.

Par rapport au moulage classique en moule non permanent, cette technique évite la fabrication préalable, par compactage et agglomération de matériaux réfractaires pulvérulents, de moules rigides associés de façon plus ou moins compliquée à des noyaux et permet une récupération facile des pièces moulées ainsi qu'un recyclage aisé des matériaux de moulage.

Elle est donc plus simple et plus économique que la technique classique. Par ailleurs, elle offre aux concepteurs de pièces moulées une plus grande liberté en ce qui concerne la forme desdites pièces. C'est pourquoi cette technique s'avère de plus en plus séduisante du point de vue industriel. Cependant, elle est handicapée par plusieurs inconvénients dont deux d'entre eux résultent de mécanismes métallurgiques classiques, à savoir :

- la relative lenteur de la solidification qui favorise la formation dans les pièces moulées obtenues de piqûres de gazage provenant de l'hydrogène dissous dans l'alliage d'aluminium liquide
- la relative faiblesse des gradients thermiques qui favorise la formation de microretassures malgré la présence de masselottes.

C'est dans le but d'éviter de tels inconvénients que la demanderesse a proposé dans le brevet français No.2606688 une invention consistant à appliquer sur le moule après remplissage et avant que la fraction solidifiée du métal ne dépasse 40% en poids une pression gazeuse isostatique de valeur maximale comprise entre 0,5 et 1,5 MPa.

Ainsi le procédé selon cette demande comprend les étapes classiques du moulage à mousse perdue, à savoir :

- mettre en oeuvre un modèle de la pièce à mouler formé d'une mousse en matière organique revêtue d'un film de matériau réfractaire;
- immerger ledit modèle dans un moule formé de sable sec sans liant;
- remplir le moule avec le métal à l'état fondu pour brûler ledit modèle, ce remplissage s'effectuant par l'intermédiaire d'un orifice d'alimentation mettant en relation le modèle avec l'extérieur du moule;
- évacuer les vapeurs et résidus liquides émis par ledit modèle pendant sa combustion;
- permettre au métal fondu de se solidifier pour obtenir la pièce;

procédé que la demanderesse a amélioré en ce sens que lorsque le moule est rempli complètement, c'est-à-dire quand le métal s'est substitué entièrement au modèle et que la majeure partie des vapeurs a été évacuée, elle applique une pression gazeuse sur le moule; cette opération pouvant être réalisée en plaçant le moule dans une enceinte apte à tenir à la pression et reliée à une source de gaz sous pression.

Cette opération peut être faite immédiatement après le remplissage alors que le métal est encore entièrement liquide, mais elle peut encore avoir lieu plus tard pour autant que la fraction de dendrites solides formée au cours de la solidification dans le moule ne dépasse pas 40%, valeur au-delà de laquelle la pression n'a plus qu'un effet négligeable.

De préférence, la valeur de la pression appliquée dans cette demande est au maximum comprise entre 0,5 et 1,5 MPa.

Dans ces conditions, on constate que la santé des pièces obtenues est améliorée et on explique ce phénomène par les mécanismes suivants :

- compaction des piqûres de gazage dont le volume est pratiquement réduit dans le rapport des pressions absolues régnant au cours de la solidification. Ainsi, par exemple, quand on applique une pression absolue de 1,1 MPa alors qu'antérieurement cette pression était celle de l'atmosphère, à savoir 0,1 MPa, cette réduction a lieu dans un rapport voisin de 11;
- meilleure alimentation du moule du fait que la pression, s'exerçant sur les masselottes encore liquides, force ledit liquide à travers le réseau de dendrites qui se forme au début de la solidification d'où une quasi suppression des microretassures.

Cependant, il a été observé dans certains cas que l'application d'une pression relative supérieure à 0,5 MPa conduisait à l'apparition de défauts particuliers appelés "retassure spongieuse" qu'on explique de la manière suivante : si l'alliage moulé présente un intervalle de solidification relativement grand, il se développe au sein de la pièce une zone pâteuse; de plus, si la distance entre la masselotte et l'endroit où se produit la retassure est grande par rapport à l'épaisseur de la pièce, la zone pâteuse crée une perte de charge importante sur l'alimentation en métal du moule de sorte que la masselotte même sous l'effet de la pression extérieure n'arrive pas à jouer son rôle, c'est-à-dire à alimenter suffisamment vite les retassures qui se forment.

Comme l'intervalle de solidification est relativement grand, la "peau" de la pièce (partie située à l'interface métal-sable) est fragile beaucoup plus longtemps et la pression extérieure exercée par l'application du gaz sur le sable enfonce alors cette peau vers l'intérieur de la pièce en laissant s'infiltrer une fraction de gaz entre les dendrites vers les retassures et en créant ainsi une retassure dite "spongieuse" qui est aussi nuisible que la retassure classique à l'obtention de bonnes propriétés mécaniques.

Dès lors, quand on veut mouler des pièces en un alliage d'aluminium présentant un intervalle de solidification relativement grand, et quand la géométrie desdites pièces conduit à avoir une distance relativement grande entre la masselotte et la zone de retassure dite zone critique par rapport à leur épaisseur, on est amené à cherché à éviter ces phénomènes en supprimant l'application d'une pression par exemple.
Cependant, il serait dommage de se priver de cette technique de moulage sous pression qui par ailleurs conduit à une amélioration considérable de la qualité des pièces moulées.

C'est pourquoi la demanderesse a essayé de résoudre ce problème et a trouvé que l'application d'une pression relative inférieure à 0,5 MPa permettait de supprimer la retassure spongieuse tout en conduisant à une bonne compaction des piqûres.

L'invention consiste, comme dans le brevet français No.2606688, en un procédé de moulage à mousse perdue de pièces métalliques notamment en alliage d'aluminium dans lequel on plonge un modèle du produit à obtenir fait d'une mousse en matière organique dans un moule constitué par un bain de sable sec ne contenant aucun agent de liaison puis après avoir rempli le moule avec le métal fondu et avant que la fraction solidifiée de métal ne dépasse 40% en poids on applique une pression gazeuse isostatique sur le moule, mais cette invention est caractérisée en ce qu'on l'utilise essentiellement au moulage de pièces en alliage d'aluminium ayant un intervalle de solidification supérieur à 30°C et dont la géométrie est telle que le rapport R de la longueur qui sépare la masselotte de la ou des zone(s) critique(s) sur la moitié de l'épaisseur moyenne de la pièce sur cette longueur est supérieure à 10 et que la pression relative appliquée est comprise entre 0,1 et 0,5 MPa.

Ainsi, l'invention consiste en une application du procédé de base à des pièces en alliages d'aluminium ayant un intervalle de solidification relativement grand et possédant une géométrie particulière telle que le rapport R soit supérieur à 10 c'est-à-dire où la distance L entre la région dans laquelle la solidification se produit au dernier moment et la masselotte est relativement grande par rapport à l'épaisseur moyenne e de la pièce sur cette distance.

Ce rapport est en fait celui de L sur le module M de la partie de la pièce située entre la masselotte et la zone critique, paramètre utilisé en moulage et qui correspond en moyenne à la moitié de l'épaisseur soit e/2 d'où $(L/M) = (L/(e/2)) = 2\,L/e$.

Ce rapport permet de fixer la valeur de la pression maximum qu'on peut appliquer sans risque de retassure spongieuse : ainsi plus le rapport est élevé, plus faible devra être la valeur de la pression. On a trouvé que pour une pression de 0,5 MPa, valeur minimum utilisée dans le brevet français No.2606688, R était voisin de 10. Donc quand R est plus élevé, il faut utiliser une pression inférieure à 0,5 MPa et qui peut aller jusqu'à 0,1 MPa, valeur en-dessous de laquelle la pression n'a plus qu'un effet négligeable et peut donc être supprimée.

L'invention est applicable de préférence aux alliages à grand intervalle de solidification tels que par exemple les Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Zn-Mg, Al-Si-Cu-Mg, ainsi qu'aux alliages Al-Si-Mg hypoeutectiques dont la teneur en silicium est de préférence inférieure ou égale à 9% en poids.

L'invention peut être illustrée à l'aide des figures jointes qui représentent :

- fig. 1, une micrographie d'une pièce en alliage AS5U3G (composition en poids Silicium 5%, Cuivre 3%, Magnésium 1%, solde aluminium) dans laquelle R est égal à 15 et où la pression appliquée au cours du moulage a été de 1,1 MPa.
- fig. 2, une micrographie de la même pièce mais où la pression appliquée a été seulement de 0,30 MPa.

On constate la présence sur la figure 1 de zones noires correspondant à l'infiltration des dendrites par le gaz et à la formation de retassure spongieuse alors que sur la figure 2 ces zones sont pratiquement inexistantes.

L'invention sera mieux comprise à l'aide des exemples d'application suivants :

On a fabriqué des culasses de moteurs à combustion interne à partir d'un même alliage d'aluminium (AS5U3G). Ces culasses possédaient deux types de géométrie représentées par les figures 3 et 4 et se compo-

saient respectivement d'une toile 1 ou 4, d'un pontet 2 ou 5 correspondant à la zone critique et d'une masselotte 3 ou 6.

Sur chacun de ces types, on a mesuré les dimensions de la zone critique : l'épaisseur e′ et la largeur l′; les dimensions de la toile : l'épaisseur e, la largeur L et déterminé le rapport L/e et la valeur de R = L/M.

Les culasses de chaque type ont été partagées en 2 lots et chaque lot a été soumis lors du moulage soit à une pression relative de 0,3 MPa, soit à une pression relative de 1,1 MPa.

Après démoulage, on a vérifié la santé des culasses en ce qui concerne la retassure spongieuse.

Les résultats figurent dans le tableau 1.

On constate que pour une valeur de R=7,6, et quelle que soit la pression appliquée, il n'apparaît aucune retassure spongieuse.

Pour les culasses de la figure 3, on pourra donc appliquer le procédé classique.

Par contre, pour les culasses de la figure 4 où le rapport L/M est égal à 15,4, la retassure spongieuse apparaît sous 1,1 MPa mais pas sous 0,3 MPa.

Ces culasses devront donc être moulées suivant le procédé de l'invention pour qu'elles soient utilisables.

L'invention trouve son application notamment dans la fabrication de culasses de moteurs d'automobiles et de toutes pièces nécessitant de hautes caractéristiques mécaniques.

TABLEAU 1

Culasse	Dimensions zone critique en cm		Dimensions toile en cm			L/e	R=L/M	Pression en MPa	Retassure spongieuse
	épaisseur e'	largeur L'	épaisseur e	largeur L	Module M				
Figure 3	1	2	1.3	5	0.65	3.8	7.6	0.3	Aucune
								1.1	Aucune
Figure 4	1	1	0.9	7	0.45	7.7	15.4	0.3	Aucune
								1.1	Importante

Revendications

1. Procédé de moulage à mousse perdue de pièces métalliques notamment en alliage d'aluminium dans lequel on plonge un modèle du produit à obtenir fait d'une mousse en matière organique dans un moule constitué par un bain de sable sec ne contenant aucun agent de liaison, puis après avoir rempli le moule avec le métal fondu et avant que la fraction solidifiée de métal ne dépasse 40% en poids on applique une pression gazeuse isostatique sur le moule, caractérisé en ce qu'on l'utilise essentiellement au moulage de pièces en alliage d'aluminium ayant un intervalle de solidification supérieur à 30°C et dont la géo-

métrie est telle que le rapport R de la longueur qui sépare la masselotte de la ou les zone(s) critique sur la moitié de l'épaisseur moyenne de la pièce sur cette longueur est supérieur à 10 et que la pression relative appliquée est comprise entre 0,1 et 0,5 MPa.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la pression appliquée est d'autant plus faible que le rapport R est élevé.

3. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'alliage d'aluminium appartient au groupe constitué par les Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Zn-Mg, Al-Si-Mg et Al-Si-Cu-Mg.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gießen mit verlorenem Schaum von Metallteilen, insbesondere aus Aluminiumlegierung, bei dem man ein aus einem Schaum aus organischem Stoff hergestelltes Modell des zu erhaltenden Erzeugnisses in eine Form aus einem Bad von trockenem, kein Bindemittel enthaltendem Sand eintaucht und dann, nachdem man die Form mit dem geschmolzenen Metall gefüllt hat und bevor der erstarrte Metallanteil 40 Gew.-% übersteigt, einen isostatischen Gasdruck auf die Form einwirken läßt, dadurch gekennzeichnet,
daß man es wesentlich auf das Gießen von Teilen aus Aluminiumlegierung anwendet, die einen Erstarrungsbereich über 30 °C hat und deren Geometrie derart ist, daß das Verhältnis R der Länge, die den Einguß von der oder den kritischen Zone(n) trennt, zur Hälfte der mittleren Dicke des Teils auf dieser Länge über 10 ist und daß der einwirkende Relativdruck im Bereich von 0,1 bis 0,5 MPa liegt.

2. Verfahren nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der einwirkende Druck umso niedriger ist, je höher das Verhältnis R ist.

3. Verfahren nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aluminiumlegierung zur Gruppe gehört, die aus den Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Zn-Mg, Al-Si-Mg und Al-Si-Cu-Mg gebildet wird.

Claims

1. Process for the lost foam casting of metallic articles, in particular of aluminium alloy, in which a pattern of the product to be obtained, made from a foam of organic substance, is immersed in a mould formed by a bath of dry sand containing no binder then, after having filled the mould with the molten metal and before the solidified fraction of metal exceeds 40% by weight, an isostatic gas pressure is applied to the mould, characterised in that it is used essentially for the casting of articles of aluminium alloy having a solidification range higher than 30°C and of which the geometry is such that the ratio R of the length separating the feeder from the critical zone or zones over half the mean thickness of the article over this length is greater than 10 and the relative pressure applied is between 0.1 and 0.5 MPa.

2. Process according to claim 1, characterised in that, the higher the ratio R, the lower the pressure applied.

3. Process according to claim 1, characterised in that the aluminium alloy belongs to the group consisting of Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Zn-Mg, Al-Si-Mg and Al-Si-Cu-Mg alloys.

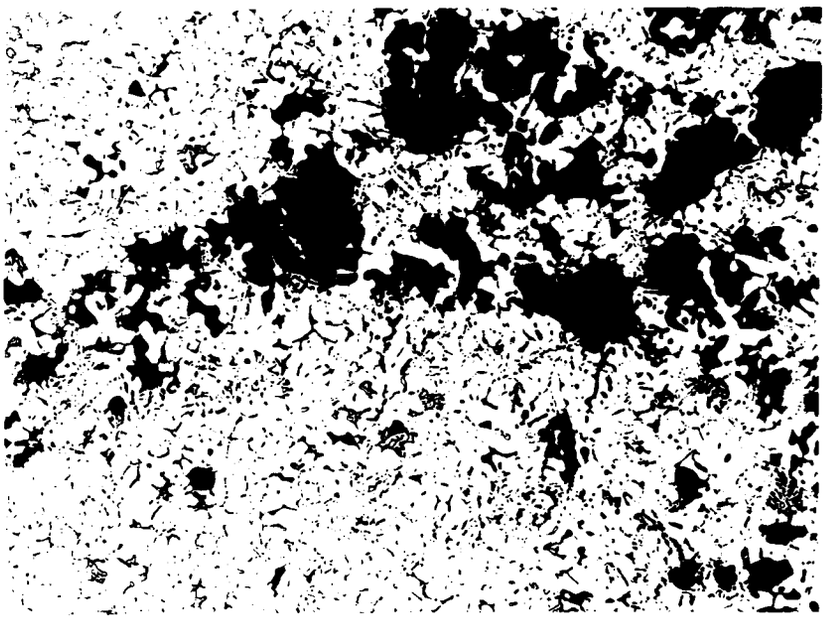

FIG.1

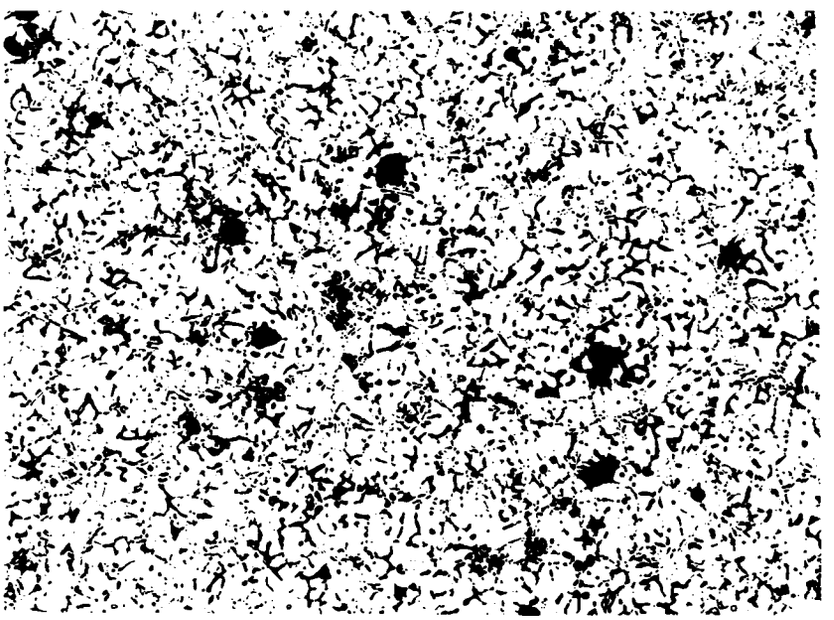

FIG.2

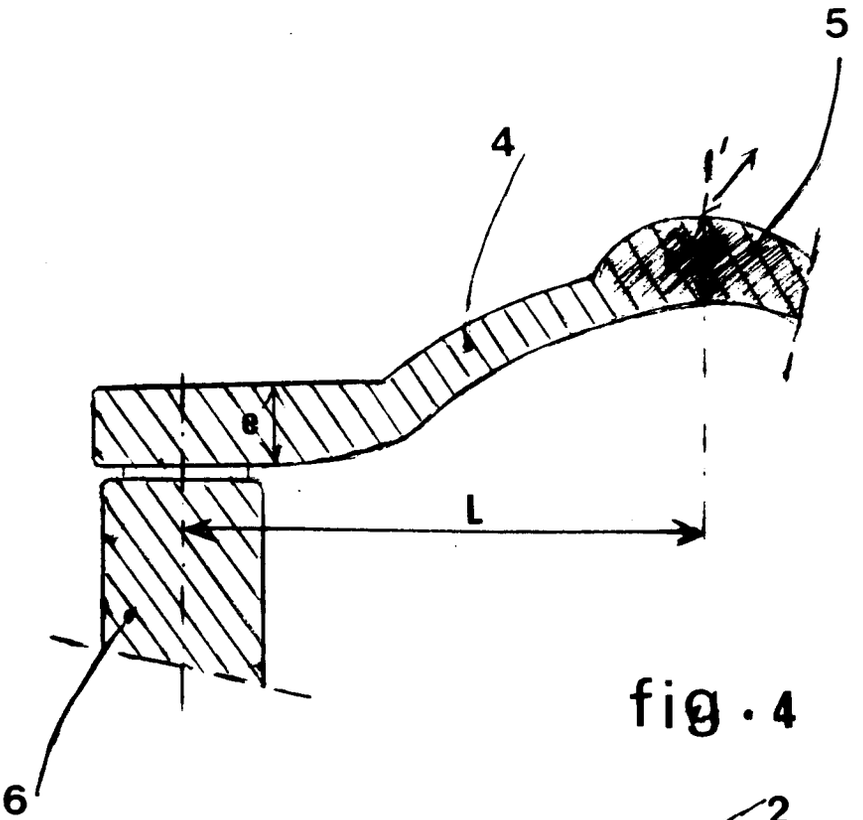

fig . 4

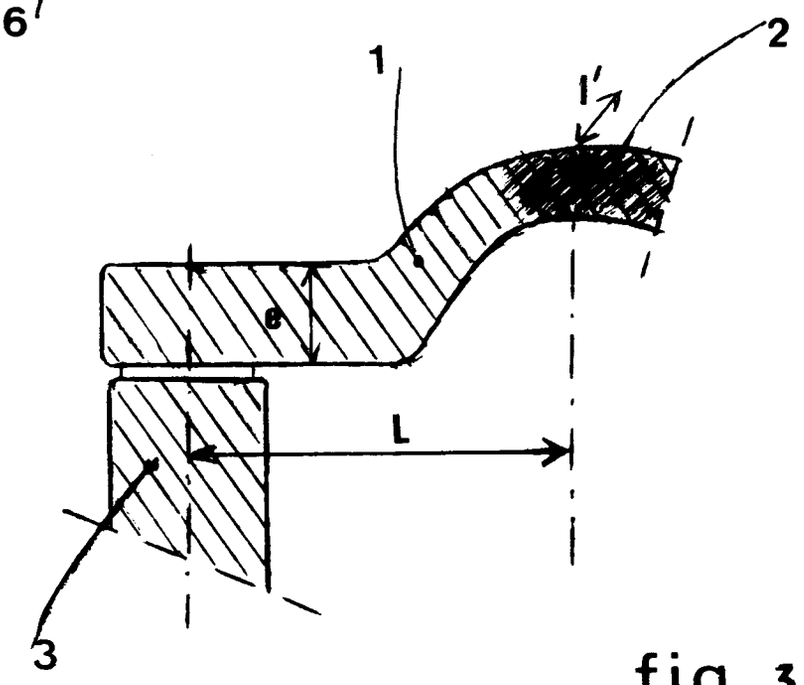

fig .3