



⑪ Numéro de publication: **0 426 581 A1**

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt: **90420466.6**

⑤① Int. Cl.⁵: **B22D 27/13, B22C 9/04**

㉔ Date de dépôt: **29.10.90**

③① Priorité: **31.10.89 FR 8914730**

④③ Date de publication de la demande:
08.05.91 Bulletin 91/19

⑥④ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES GB GR IT LI LU NL SE

⑦① Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY**
Immeuble Balzac 10, place des Vosges La
Défense 5
F-92400 Courbevoie(FR)

⑦② Inventeur: **Garat, Michel**
Clos Bérard Bât.B, 4 rue Brunetière
F-38500 Voiron(FR)

⑦④ Mandataire: **Vanlaer, Marcel et al**
PECHINEY 28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cédex 3(FR)

⑤④ **Perfectionnement au procédé de moulage à mousse perdue et sous pression contrôlée de pièces métalliques.**

⑤⑦ Dans le procédé de moulage à mousse perdue et sous pression contrôlée de pièces métalliques, on fait croître initialement la pression à une vitesse comprise entre 0,003 et 0,3 MPa/sec pendant une première période d'au plus 5 secondes à partir du début de la montée en pression puis à une vitesse supérieure à celle de la première période pendant une deuxième période et ce jusqu'à ce que la pression maximum soit atteinte.

Le procédé permet d'obtenir des pièces de forme correspondant au modèle et sans porosités.

EP 0 426 581 A1

PERFECTIONNEMENT AU PROCÉDE DE MOULAGE A MOUSSE PERDUE ET SOUS PRESSION CONTRÔLÉE DE PIÈCES MÉTALLIQUES

La présente invention est relative à un perfectionnement au procédé de moulage à mousse perdue sous pression contrôlée de pièces métalliques, notamment en aluminium et en ses alliages, tel que décrit dans le brevet principal n° 2606688 publié le 20 mai 1988.

Il est connu de l'homme de l'art, principalement par l'enseignement de l'USP n° 3 157 924, d'utiliser pour le moulage des modèles en mousse polystyrène plongés dans un moule constitué par du sable sec ne contenant aucun agent de liaison. Dans un tel procédé, le métal à mouler, qui a été préalablement fondu, est amené par l'intermédiaire de canaux traversant le sable au contact du modèle et se substitue progressivement à ce dernier en le brûlant et en le transformant en vapeurs qui s'échappent entre les grains de sable.

Cette technique s'est avérée séduisante à l'échelle industrielle, parce qu'elle 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 par l'intermédiaire de canaux, et qu'elle permet une récupération facile des pièces moulées ainsi qu'un recyclage aisé des matériaux de moulage.

Cependant, cette technique est handicapée par deux facteurs:

- la relative lenteur de la solidification qui favorise la formation de pigures de gazage
- la relative faiblesse des gradients thermiques qui peut causer une microretassure si le tracé de la pièce en rend le masselottage difficile.

C'est dans le but d'éviter de tels inconvénients que la demanderesse a mis au point un procédé de moulage à mousse perdue, objet de la demande de brevet publiée en France sous le N° 2606688.

Cette demande enseigne qu'après avoir rempli le moule avec le métal fondu, c'est-à-dire quand le modèle a été détruit complètement par le métal, que les vapeurs émises par la mousse ont été évacuées, et de préférence avant que la solidification du métal ne s'amorce, on exerce sur l'ensemble du moule et du métal une pression gazeuse isostatique.

Cette pression est appliquée suivant des valeurs croissantes dans le temps afin d'éviter le phénomène d'abreuvage et de manière que la valeur maximum soit atteinte en moins de 15 secondes.

Dans cette demande, la valeur maximum de la pression a été fixée entre 0,5 et 1,5 MPa. Mais par la suite, cette fourchette a été étendue jusqu'à 10

MPa dans le certificat d'addition français n° 89-11943 déposé le 7 Septembre 1989, afin de pouvoir, entre autres améliorations, augmenter la tenue à la fatigue des pièces fabriquées.

Entre temps, la demanderesse a aussi constaté, qu'outre le phénomène d'abreuvage conduisant à une déformation de la pièce, il se produisait lors de la combustion de la mousse par le métal, une liquéfaction préalable de cette mousse suivie d'une gazéification qui générerait une pression telle que du gaz pénétrait dans le métal et y formait des soufflures tout en provoquant l'apparition d'inclusions de carbone provenant d'une combustion incomplète des résidus de mousse.

Pour parer à cette nouvelle difficulté, elle a préconisé un perfectionnement, objet de la demande de certificat d'addition déposée le 7 Mars 1989 sous le N° 89-03706 et qui consiste à accroître la pression avec une vitesse telle qu'en fonction de la granulométrie du sable, de la profondeur d'immersion du modèle, elle génère rapidement et temporairement par perte de charge à travers le sable une surpression du métal fondu par rapport au sable au niveau de leur interface, cette surpression atteignant une valeur comprise entre deux limites et décroissant ensuite à mesure que ladite pression augmente puis à maintenir ladite pression constante jusqu'à solidification complète.

De préférence, la vitesse de croissance de la pression est comprise entre 0,003 et 0,3 MPa/sec et est d'autant plus petit que l'épaisseur de la pièce est grande, ladite surpression maximale étant atteinte en moins de deux secondes.

C'est dans le cadre de la demande de brevet de base et de ses perfectionnements que la demanderesse a cherché à améliorer encore son procédé. En effet, il est connu que la pression maximum doit être appliquée avant que le métal coulé ait atteint un certain degré de solidification sinon l'effet de ladite pression est très atténué. Or, on a vu également que pour éviter le phénomène d'abreuvage et de pénétration dans la pièce de gaz issus de la vaporisation de la mousse, il fallait se maintenir initialement dans une fourchette donnée de surpression. Cela suppose que pour éviter une surpression trop élevée, la pression doit être augmentée pendant les premières secondes d'application de façon modérée. Mais par ailleurs, si l'on maintient cet accroissement à la même valeur, durant toute l'application de la pression, on constate que le plus souvent l'ensemble du métal est pratiquement solidifié avant que la pression maximum soit atteinte et on limite ainsi l'efficacité du procédé.

C'est pourquoi la demanderesse a eu l'idée de procéder à une montée en pression en deux étapes.

D'où le procédé caractérisé en ce que l'on fait croître initialement la pression à une vitesse comprise entre 0,003 et 0,3 MPa/sec pendant une première période d'au plus cinq secondes à partir du début de la montée en pression puis à une vitesse supérieure à celle de la première période, pendant une deuxième période et ce jusqu'à ce que la pression maximum soit atteinte.

Ainsi, il est possible de se maintenir dans les conditions propres à éviter l'abreuvage et les inclusions de carbone et à atteindre la pression maximum avant que le métal ne soit complètement solidifié.

De préférence, la première période est au plus de deux secondes car cette valeur suffit le plus souvent à éviter les inconvénients précités. L'accroissement de vitesse de montée en pression peut être obtenu de deux manières différentes:

- soit on procède en deux étapes au cours de chacune desquelles une vitesse faible et constante d'abord puis plus grande et constante ensuite est appliquée. La courbe de pression en fonction du temps est alors représentée par deux portions de droite avec un point commun situé au temps $t \leq 5$ secondes.

Cela peut être obtenu en plaçant sur le circuit de gaz une vanne ou deux vannes présentant deux sections d'ouverture différente.

- soit à un procédé au cours duquel la vitesse croît continument. La courbe de pression est alors représentée par une courbe continument croissante sur laquelle au temps ≤ 5 secondes, la valeur de v est inférieure à 0,3 MPa/sec. Cela peut être obtenu à l'aide d'une vanne dont la section de passage augmente progressivement. Un exemple non limitatif de ce procédé consiste à adapter une loi d'ouverture donnant une croissance de la vitesse linéaire avec le temps de forme $\frac{dp}{dt} = kt$ ce qui conduit à une loi de pression parabolique $p = 1/2 kt^2$.

L'invention peut être illustrée à l'aide des exemples d'application suivants:

EXAMPLE 1

On a réalisé un col lecteur pour moteur à combustion interne en un alliage d'aluminium du type A-S₇U₃G contenant en poids 6,9% de silicium, 3,1% de cuivre, 0,3% de magnésium, solde aluminium et impuretés habituelles. Ce collecteur présentait des brides épaisses et des toiles minces d'épaisseur 3 mm pour lesquelles le temps permettant d'atteindre un taux de solidification de 30%

était de l'ordre de 4 secondes; par ailleurs, le parcours du métal étant long cela entraînait une faible vitesse d'alimentation en fin de remplissage et nécessitait une surchauffe du métal.

Le métal a été coulé dans un moule contenant le modèle en polystyrène noyé dans du sable et une pression maximum de 1,5 MPa a été appliquée conformément à l'invention suivant le processus:

- pendant les deux premières secondes, une croissance de 0,25 MPa/sec de façon à atteindre une pression de 0,5 MPa.

- pendant les deux secondes suivantes, une croissance de 0,5 MPa/sec de façon à atteindre la pression de 1,5 MPa.

Ce processus a été réalisé à l'aide de deux vannes de section différente placées sur le circuit d'alimentation en gaz.

On a ainsi évité le problème de l'abreuvage et l'inclusion de carbone dans la pièce tout en se plaçant dans des conditions telles que la pression maximum soit atteinte avant que le taux de solidification n'atteigne 30%.

Suivant l'art antérieur, l'application d'une pression croissant dans le temps aurait conduit pour atteindre 1,5 MPa en 4 secondes à une croissance de 0,375 MPa/sec, valeur supérieure à la limite imposée dans la demande 89-03706 et qui était de 0,30 MPa/sec.

EXAMPLE 2

On a réalisé un bras de suspension en un alliage d'aluminium du type A-S₇G0,3 contenant en poids 7,5% de silicium, 0,25% de magnésium, solde aluminium et ses impuretés habituelles. Ce bras présentait une épaisseur normale de 6 à 8 mm et le temps nécessaire pour atteindre un taux de solidification de 30% était de l'ordre de 20 secondes.

Le métal a été coulé dans le moule et une pression maximum de 8 MPa a été appliquée conformément à l'invention suivant le processus consistant à obtenir au moyen d'une vanne pilotée, une montée en pression parabolique répondant à la² avec P exprimé en MPa et t en secondes ce qui est réalisé grâce à une vitesse de montée en pression $\frac{dp}{dt} = 4 \times 10^{-2}t$

Ce processus a permis:

- pendant les deux premières secondes d'avoir une vitesse croissante n'excédant pas 0,08 MPa/sec donc largement inférieure à la limite de 0,30 MPa/sec imposée dans la demande 89-03706 afin d'éviter l'abreuvage et cependant supérieure dès l'instant $t = 0,075$ sec à la limite inférieure de 0,003 MPa/sec assurant une bonne évacuation des résidus gazeux et liquide provenant du modèle.

- au terme de 20 secondes disponibles d'obtenir la pression de 8 MPa requise pour que le phénomène de compaction s'exerce pleinement.

On a évité ainsi le problème de l'abreuvement et l'inclusion de carbone dans la pièce tout en se plaçant dans les conditions telles que la pression maximum soit atteinte avant que le taux de solidification atteigne 30%.

Suivant l'art antérieur, l'application d'une pression croissant dans le temps aurait conduit pour atteindre 8 MPa en 20 secondes à une croissance de 0,4 MPa/sec, valeur supérieure à la limite requise pour éviter le phénomène d'abreuvement.

Revendications

1/ Perfectionnement au procédé de moulage à mousse perdue et sous pression contrôlée de pièces métalliques, notamment en aluminium et en ses alliages, dans lequel on plonge un modèle en mousse organique de la pièce à mouler dans un moule dont les parois sont délimitées par un bain de sable sec ne contenant aucun agent de liaison, on remplit ledit moule avec le métal à l'état liquide qui se substitue progressivement à la mousse en la brûlant puis on applique sur le moule et le métal de préférence avant que la solidification du métal ne s'amorce une pression gazeuse quasi-isostatique croissant dans le temps jusqu'à atteindre une valeur constante comprise entre 0,5 et 10 MPa, la phase de montée en pression générant une surpression dans ce métal fondu par rapport au sable dont le maximum se situe dans les cinq premières secondes de la montée, caractérisé en ce que l'on fait croître initialement la pression à une vitesse comprise entre 0,003 et 0,3 MPa/sec pendant une première période d'au plus 5 secondes à partir du début de la montée en pression puis à une vitesse supérieure à celle de la première période pendant une deuxième période et ce jusqu'à ce que la pression maximum soit atteinte.

2/ Perfectionnement selon la revendication 1 caractérisé en ce que la première période est au plus de deux secondes.

3/ Perfectionnement selon la revendication 1 caractérisé en ce que la vitesse est constante au cours de chacune des deux périodes.

4/ Perfectionnement selon la revendication 1 caractérisé en ce que la vitesse croît continuellement au cours des deux périodes.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 90 42 0466

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	EP-A-0 274 964 (ALUMINIUM PECHINEY) - - -		B 22 D 27/13 B 22 C 9/04
A	FR-A-2 254 387 (DSO METALURGIA I RUDODOBIV) - - -		
A	DE-A-2 358 719 (DSO METALURGIA I RUDODOBIV) - - -		
A	US-A-3 420 291 (G.D. CHANDLEY et al.) - - - - -		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B 22 D
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 04 février 91	Examineur MAILLIARD A.M.
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	