

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

**0 386 384
A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **89420215.9**

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

(22) Date de dépôt: **13.06.89**

(30) Priorité: **07.03.89 FR 8903706**

(43) Date de publication de la demande:
12.09.90 Bulletin 90/37

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

(71) Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY**
23, rue Balzac
F-75008 Paris Cédex 08(FR)

(72) Inventeur: **Garat, Michel**
Clos Bérard Bâtiment 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) **Procédé de moulage à mousse perdue et sous pression de pièces métalliques.**

(57) L'invention est relative à un procédé de moulage à mousse perdue et sous pression de pièces métalliques. Ce procédé consiste à appliquer la pression gazeuse isostatique croissante sur le moule après remplissage suivant une vitesse de croissance telle que ladite pression 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 la pièce. Cette invention trouve son application dans l'obtention de pièces, notamment en alliages d'aluminium, présentant outre une compacité améliorée, une surface exempte de soufflures et d'inclusions de carbone.

EP 0 386 384 A1

PROCEDE DE MOULAGE A MOUSSE PERDUE ET SOUS PRESSION DE PIECES METALLIQUES

La présente invention est relative à un procédé de moulage à mousse perdue et sous pression de pièces métalliques notamment en aluminium et en ses alliages.

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.

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 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.

C'est dans le but d'éviter de tels inconvénients que la demanderesse a proposé dans la demande de brevet français publiée sous le n° 2 606 688 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 ladite invention comprenait 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.

Mais la demanderesse l'avait amélioré en ce sens que lorsque le moule avait été rempli complètement, c'est-à-dire quand le métal s'était substitué entièrement au modèle et que la majeure partie des vapeurs avait été évacuée, elle appliquait 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 pouvait être faite immédiatement après le remplissage alors que le métal était encore entièrement liquide, mais elle pouvait encore avoir lieu plus tard pour autant que la fraction solidifiée de métal dans le moule ne dépassât pas 40%, valeur au-delà de laquelle la pression aurait eu un effet négligeable.

De préférence, la valeur de la pression appliquée était au maximum comprise entre 0,5 et 1,5 MPa: une valeur inférieure à 0,5 MPa étant d'un effet insuffisant et une valeur supérieure à 1,5 MPa entraînant des coûts d'exploitation élevés.

On constatait alors qu'on augmentait considérablement la compacité des pièces en éliminant ou tout au moins en réduisant les piqûres de gazage et les microretassures et améliorait ainsi leurs caractéristiques mécaniques. Toutefois, cela provoquait l'apparition d'un nouvel inconvénient appelé "l'abreuvement".

En effet, quand on établit une pression sur un moule de moulage à mousse perdue sans plus de précautions, ladite pression s'exerce d'une part directement sur l'orifice d'alimentation en métal où elle est transmise pratiquement instantanément à toute la masse de métal liquide, d'autre part à la surface du sable où elle est transmise avec une intensité progressivement atténuée par l'effet de perte de charge à travers les grains de sable. Il s'établit donc un déséquilibre de pression entraînant une surpression ΔP du métal

par rapport au sable au niveau de leur interface c'est-à-dire à l'endroit où le modèle était en contact avec le sable. Ce déséquilibre est temporaire et se produit peu après l'application de la pression pour se résorber ensuite.

Si cette surpression est trop grande, elle provoque une pénétration du métal entre les grains de sable et entraîne une déformation de la surface de la pièce. C'est en cela que consiste le phénomène dit d'abreuvage". Pour y parer, il fallait donc chercher à diminuer le plus possible cette surpression et la demanderesse y était parvenue dans la demande principale en procédant à l'application d'une pression qui croît progressivement dans le temps de la valeur 0 jusqu'à la valeur maximum souhaitée après quoi on maintenait cette pression jusqu'à solidification complète du métal. En effet, plus la pression est faible au début de son application, plus le déséquilibre est faible. On est ainsi amené à définir une vitesse d'accroissement de la pression suffisamment faible pour avoir une surpression réduite.

Mais outre ce phénomène d'abreuvage et les inconvénients résultant des mécanismes métallurgiques classiques évoqués ci-dessus auxquels une solution avait été apportée, la demanderesse s'est aperçue de deux autres inconvénients résultant ceux-là de mécanismes absolument spécifiques au procédé à mousse perdue et qui sont:

- la formation de soufflures due à des résidus gazéifiés de la mousse
- la formation d'inclusions de carbone associées à des oxydes et consécutive au contact de l'alliage d'aluminium liquide avec des résidus carbonés de la mousse.

D'où des recherches complémentaires qui ont abouti aux conclusions suivantes.

Comme on l'a vu plus haut, la pratique industrielle du moulage à modèle perdu consiste à revêtir les modèles d'un film de matériau réfractaire généralement formé de particules de céramique agglomérées par un liant. Ce film agit comme suit: au moment de la coulée du métal liquide, la mousse fabriquée le plus souvent à partir de polystyrène est éliminée à la fois sous la forme gazeuse et liquide. La couche réfractaire est chargée de réguler l'élimination de la forme gazeuse par sa perméabilité et d'absorber la forme liquide. D'une façon générale, la perméabilité doit être adaptée à la pièce afin d'assurer le maintien d'un matelas de gaz entre métal liquide et mousse et le pouvoir absorbant doit être maximum pour éliminer les résidus liquides.

Ainsi à la fin du remplissage du moule, la couche réfractaire se trouve saturée en résidus, l'excès par rapport à la saturation s'étant échappé dans le sable. On a donc dans le moule le métal ayant une température de 600 à 800 °C en contact avec cette couche saturée en matière organique d'où peut résulter une gazéification du liquide qui génère alors une pression telle que du gaz pénètre dans le métal et y forme des soufflures tout en provoquant l'apparition d'inclusions de carbone provenant d'une combustion incomplète des résidus de mousse.

Pour éviter cet inconvénient, il faut donc créer une surpression suffisante dans le métal liquide par rapport à l'espace situé dans le sable derrière le film afin de provoquer l'évacuation des résidus gazeux et liquides vers le sable et d'empêcher ainsi leur entrée dans le métal.

Mais, cela va à l'encontre de la solution adoptée pour éviter l'abreuvage qui consistait à réduire le plus possible la vitesse d'accroissement de la pression pour diminuer le plus possible cette surpression.

La demanderesse a ainsi trouvé qu'il était impératif pour éviter l'abreuvage et la pénétration des résidus dans le métal de se situer dans une fourchette de surpression d'où le perfectionnement selon l'invention qui consiste à utiliser une vitesse d'accroissement de la pression. telle qu'en fonction de la granulométrie du sable et 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 valeur de cette vitesse se situe entre 0,003 et 0,3 MPa par seconde et est d'autant plus petite que l'épaisseur de la pièce est grande, des valeurs de vitesse extérieures à cette fourchette faisant prédominer l'un ou l'autre des deux inconvénients.

Cette vitesse doit évidemment tenir compte de la perte de charge à travers le moule c'est-à-dire de la granulométrie du sable et aussi de la profondeur d'immersion du modèle dans le sable.

C'est pourquoi, on la choisit en fonction de ces paramètres et de manière à obtenir des valeurs de surpression comprises entre 0,001 et 0,030 MPa et de préférence entre 0,002 et 0,010 MPa.

Cette surpression est nécessaire seulement pendant une période critique qui suit immédiatement le remplissage de pièce et où le film est encore saturé de produits non totalement vaporisés. De préférence, cette surpression est atteinte en moins de 2 secondes après application de la pression, moment où le phénomène d'abreuvage est le plus important.

L'invention peut être illustrée à l'aide des exemples d'application suivants qui portent sur le moulage de collecteur et de culasse de moteur à combustion interne dans des conditions qui tiennent compte de la

EP 0 386 384 A1

granulométrie du sable et de la profondeur d'immersion du modèle afin de se situer dans les fourchettes de surpression revendiquées.

Ces conditions et les paramètres des moules utilisés figurent dans le tableau 1 suivant:

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

TABLEAU 1

N°	1	2	3
Application de la pression	Dès la fin du remplissage	Dès la fin du remplissage	Quand le taux de solidification atteint 35%
Type de la pièce	Collecteur	Culasse	Culasse
Granulométrie du sable en AFS *	48	48	100
Durée de solidification en sec	60	240	240
Épaisseur de la pièce en mm	4	8	8
Durée de la montée en pression entre 0 et 0,8 MPa en sec	12	46	80
Vitesse d'accroissement de la pression en MPa/sec	0,066	0,017	0,01
ΔP maximale en MPa	0,0097	0,0046	0,0030
Profondeur d'immersion du modèle en mm	250	450	450
Temps pour atteindre la surpression maximale en sec	0,9	0,6	0,4

* AFS norme de granulométrie américaine internationalement reconnue

Les pièces ainsi moulées présentaient très peu de soufflures et aucune incrustation de carbone, ce qui montre l'efficacité du perfectionnement selon l'invention.

5

Revendications

1. Procédé de moulage à mousse perdue et sous pression de pièces métalliques comprenant les étapes suivantes:

- 10 - mettre en oeuvre un modèle de la pièce à mouler formé d'une mousse en matière organique revêtue d'un film de 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;
- évacuer les vapeurs et résidus liquides émis par le modèle;
- 15 - permettre au métal fondu de se solidifier pour obtenir ladite pièce;
- appliquer sur le moule avant que la fraction solidifiée de métal dépasse 40% en poids, une pression isostatique de valeur maximale comprise entre 0,5 et 1,5 MPa caractérisé en ce que ladite pression s'accroît 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
- 20 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.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la vitesse de croissance de la pression est comprise entre 0,003 et 0,3 MPa/sec et d'autant plus petite que l'épaisseur de la pièce est grande.

- 25 3. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la surpression a une valeur comprise entre 0,001 et 0,030 MPa.

4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel la surpression a une valeur comprise entre 0,002 et 0,010 MPa.

- 30 5. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la surpression maximale est atteinte en moins de 2 secondes.

35

40

45

50

55



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 89 42 0215

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, D	FR-A-2 606 688 (ALUMINIUM PECHINEY) * Page 1, linge 35 - page 3, linge 7 *		B 22 D 27/13 B 22 C 9/04
A	FR-A- 887 120 (SILUMIN GmbH)		
A	EP-A-0 152 754 (PONT-A-MOUSSON)		
A	GB-A-2 159 445 (COSWORTH RESEARCH)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B 22 C B 22 D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 31-05-1990	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	