



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Numéro de publication: **0 421 039 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **89420446.0**

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

(22) Date de dépôt: **16.11.89**

(30) Priorité: **07.09.89 FR 8911943**

F-75008 Paris Cédex 08(FR)

(43) Date de publication de la demande:
10.04.91 Bulletin 91/15

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

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

(71) Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY**
23, rue Balzac

(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 après avoir rempli le moule avec le métal à l'état liquide et avant que la fraction solidifiée de métal ne dépasse 40% en poids à appliquer une pression gazeuse isostatique sur l'ensemble moule-métal dont la valeur est comprise entre 1,5 et 10 MPa.

L'invention trouve son application dans l'obtention de pièces notamment en alliages d'aluminium présentant des caractéristiques mécaniques améliorées et en particulier une meilleure tenue à la fatigue.



FIG.1

EP 0 421 039 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 que 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 de 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 piqûres 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 avait mis au point un procédé de moulage à mousse perdue, objet de la demande de brevet publiée en France sous le n° 2606 688 .

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 ces conditions, les pièces moulées obtenues présentent une compacité accrue qui se traduit par une amélioration des caractéristiques mécaniques notamment au niveau de la résistance.

Toutefois, la demanderesse a estimé dans cette demande, qu'il était préférable d'utiliser une pression maximum comprise entre 0,5 et 1,5 MPa et qu'il était superflu d'aller au delà de cette dernière limite.

En fait, elle s'est aperçue après des recherches plus poussées, que si on augmentait davantage la pression, on améliorerait non seulement les caractéristiques mécaniques telles que la résistance à la rupture R_m , la limite élastique LE et l'allongement A , mais également la tenue à la fatigue F .

D'où la présente invention qui consiste en un procédé de moulage à mousse perdue et sous pression 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 le moule avec le métal à l'état liquide qui se substitue à la mousse et se solidifie progressivement et on applique une pression gazeuse isostatique croissante simultanément sur le moule et le métal au plus tôt à la fin du remplissage caractérisé en ce que la pression exercée s'élève jusqu'à une valeur comprise entre 1,5 et 10 MPa.

Ainsi, l'invention consiste à mettre en oeuvre des pressions comprises entre 1,5 et 10 MPa et de préférence entre 5 et 10 MPa.

Comme dans la demande de brevet français 2 606 688, la mise sous pression peut être réalisée à l'aide d'un caisson étanche dans lequel on place le moule, le dit caisson étant équipé d'une ou de plusieurs tubulures réparties convenablement sur sa paroi et reliées à une source de gaz sous pression.

Dans la gamme de pression choisie, la demanderesse a constaté que les phénomènes qui se produisaient au cours de la mise sous pression étaient tout à fait différents de ceux de l'art antérieur.

En effet, entre 0,5 et 1,5 MPa, la pression sert principalement à accélérer l'écoulement du métal liquide entre les dendrites du métal en cours de solidification et l'effet s'arrête quand le réseau solide a atteint un certain développement. C'est ainsi en particulier que ces basses pressions permettent à la masselotte d'agir avec efficacité pour éviter le phénomène de retassure dû à la contraction du métal en cours de solidification.

Par contre, sous des pressions supérieures à 1,5 MPa et notamment au-delà de 5 MPa, à l'effet d'écoulement du métal liquide, qui demeure prépondérant en début de solidification, se substitue progressivement un effet de déformation à chaud du réseau de métal déjà solidifié, phénomène qui devient dominant puis exclusif lorsque le taux de solidification atteint des valeurs voisines de 50 à 70 % suivant le type d'alliage coulé. L'emploi de pressions élevées réalise ainsi une sorte de forgeage isostatique

s'appliquant à la totalité de la surface de la pièce moulée.

La figure 1 ci-jointe est une micrographie d'un alliage A-S7G03 moulé suivant l'invention sous une pression de 7 Mpa, puis traité thermiquement. Cette micrographie révèle la déformation plastique imposée au réseau dendritique et qui a pour effet de combler les porosités, et illustre bien l'effet de forgeage auquel est soumis le métal dans ce procédé.

Dans ces conditions on constate que les caractéristiques mécaniques des pièces sont notablement améliorées et en particulier la tenue à la fatigue. Des pressions supérieures à 10 MPa n'apportent que des améliorations très peu sensibles.

Cette nouvelle gamme de pression est appliquée de préférence avant que la quantité de métal solidifié n'atteigne 40% en poids de manière à pouvoir agir sur l'écoulement liquide.

De préférence également, on cherche à ce que la pression maximum appliquée soit atteinte avant que la quantité de métal solidifié ne dépasse 90% afin de pouvoir bénéficier à plein de l'effet de déformation.

Comme dans la demande de brevet français 2 606 688, il est préférable que l'application de la pression se fasse par accroissement progressif notamment au début de la solidification afin d'éviter l' "abreuvement", phénomène qui résulte d'un déséquilibre transitoire entre la pression exercée directement sur le métal et la pression exercée sur le métal par l'intermédiaire du bain de sable. En effet, le bain provoque une perte de charge relativement importante dans la transmission de la pression et il en résulte, au niveau du métal en contact avec le sable, une tendance de cette pression à chasser le métal à travers les grains de sable et à provoquer une déformation de la pièce moulée.

L'invention peut être illustrée à l'aide de l'exemple d'application suivant :

Des corps creux cylindriques de diamètre extérieur 45 mm, d'épaisseur de paroi 4 mm, comportant des nervures adjacentes et des bossages de 20 x 20 x 80 mm ont été moulés suivant le procédé antérieur et celui de l'invention, c'est-à-dire qu'on a appliqué à l'intérieur de l'enceinte contenant le moule et juste avant que la solidification s'amorce, une pression de gaz isostatique correspondant respectivement à la pression atmosphérique, à 1 MPa, à 5 MPa et à 10 MPa.

Ces corps ont été réalisés à partir de deux types d'alliages à hautes caractéristiques mécaniques :

- l'A-S7G03 de composition en poids % FeO,20 ; Si6,5-7,5 ; CuO,10 ; ZnO,10 ; MgO,25-0,40 ; MnO,10 ; NiO,05 ; PbO,05 ; SnO,05 ; TiO,05-0,20 ; solde Al;
- l'A-U5GT de composition : FeO,35 ; SiO,20 ; Cu4,20-5,00 ; ZnO,10 ; MgO,15-0,35 ; MnO,10 ; NiO,05 ; PbO,05 ; SnO,05 ; TiO,05-0,30; solde Al;

Les essais mécaniques effectués sur lesdits corps après des traitements thermiques normalisés Y23 pour l'A-S7G03 et Y24 pour l'A-U5GT ont permis de mesurer les caractéristiques suivantes en fonction des pressions appliquées.

- dans l'A-S7G03, l'indice de qualité Q en MPa qui correspond à la formule $Q = R + 150 \log A$ où R est la résistance en MPa et A l'allongement en % et ce à la fois sur les zones épaisses et minces des pièces.

- dans l'A-U5GT, les limites élastiques LE en MPa, la résistance R en MPa et l'allongement A en % et ce également à la fois sur les zones épaisses et minces.

En outre, pour chacun des alliages et chacune des pressions appliquées, on a mesuré la tenue à la fatigue F en MPA à partir d'essais en flexion rotative sur éprouvette usinée à 10^7 cycles suivant la méthode staircase. F est valable à la fois pour les zones épaisses et minces, car elle ne dépend pas de la vitesse de solidification mais de la porosité et par suite de la pression appliquée.

Les résultats figurent dans le tableau suivant.

45

50

55

TABLEAU

5		A-S7GO3			A-U5GT						
		zone épaisse	zone mince	F	Zone épaisse			Zone mince			F
					Q	Q	LE	R	A	LE	
10	Solidification sous P atmosphérique	240	325	40	235	340	8	260	355	7	90
	Solidification sous 1 MPa	335	420	65	240	365	8	260	405	11	120
	Solidification sous 5 MPa	410	460	85	250	400	12	260	410	15	130
	Solidification sous 10 MPa	440	490	100	260	420	15	260	420	18	140
15	On constate une amélioration de toutes les caractéristiques mesurées et notamment une tenue à la fatigue accrue.										

20

Revendications

1. Procédé de moulage à mousse perdue et sous pression 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 le moule avec le métal à l'état liquide qui se substitue à la mousse et se solidifie progressivement et on applique une pression gazeuse isostatique croissante simultanément sur le moule et le métal au plus tôt à la fin du remplissage caractérisé en ce que la pression exercée s'élève jusqu'à une valeur comprise entre 1,5 et 10 MPa.
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la pression exercée s'élève jusqu'à une valeur comprise entre 5 et 10 MPa.
3. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'on applique la pression au plus tard quand la quantité de métal solidifié atteint 40% en poids.
4. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la pression maximum est atteinte avant que la quantité de métal solidifié dépasse 90% en poids.

40

45

50

55

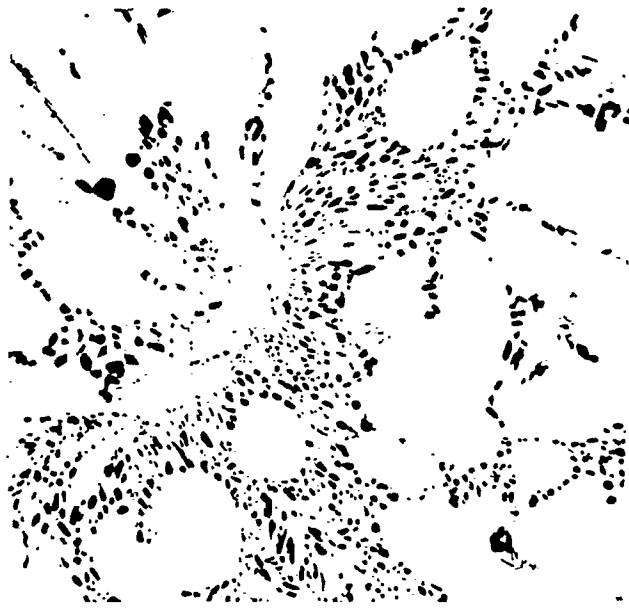


FIG.1



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 89 42 0446

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)
Y	EP-A-0 274 964 (ALUMINIUM PECHINEY) * Page 1, lignes 1-47; revendications 1-5 * - - -	1-3	B 22 D 27/13 B 22 C 9/04
Y	FR-A-2 254 387 (DSO METALURGIA RUDODOBIV) * Page 2, ligne 36 - page 4, ligne 8; figure unique * - - -	1-3	
A	FR-A-8 871 20 (SILUMIN-GESELLSCHAFT) * Brevet entier * - - -	1	
A	DE-A-2 358 719 (DSO METALLURGIA RUDODOBIV) * Figures 1,2; revendications 1,2 * - - -	1,2	
A	US-A-3 420 291 (G.G. CHANDLEY et al.) * Brevet entier * - - - - -	1,2	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		04 janvier 91	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			