

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :

2 935 276

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

08 55823

51 Int Cl<sup>8</sup> : B 22 C 9/04 (2006.01), B 22 D 15/00

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.08.08.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 05.03.10 Bulletin 10/09.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES  
SA Société anonyme — FR.

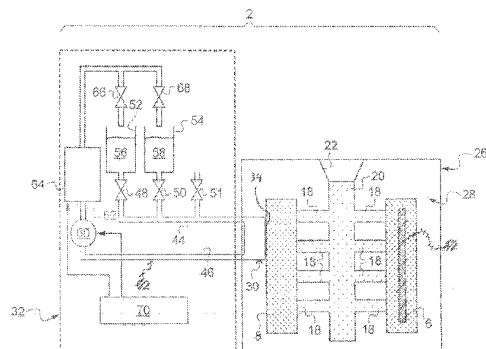
72 Inventeur(s) : FECOURT MARIE, DUFLOUX  
MARIO et JACQUES FREDDY.

73 Titulaire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES  
SA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : PSA PEUGEOT CITROEN.

54 PROCÉDE DE MOULAGE A MODELE PERDU ET MOULE POUR CE PROCÉDE.

57 Ce procédé de moulage à modèle perdu comprend la coulée (102) dans un moule d'un métal en fusion qui sublime ou liquéfie le modèle perdu de manière à ce que le volume occupé par le modèle perdu soit progressivement remplacé par le métal en fusion, le moule comprenant au moins un bloc réfrigérant en contact thermique avec le modèle perdu, et après le début de la coulée, l'ajustement (100, 104, 110, 112) des propriétés thermiques du bloc réfrigérant en fonction du stade atteint dans le procédé de moulage pour modifier la vitesse de refroidissement du métal coulé.



FR 2 935 276 - A1



## PROCEDE DE MOULAGE A MODELE PERDU ET MOULE POUR CE PROCEDE

5 [0001] L'invention concerne un procédé de moulage à modèle perdu ainsi qu'un moule pour ce procédé, permettant de favoriser certaines propriétés de la pièce moulée.

[0002] Dans l'industrie métallurgique, il est courant d'évoquer la « santé métallurgique » d'une pièce, caractérisant la plus ou moins grande présence de  
10 défauts ou plus généralement de différentes propriétés qui affectent les caractéristiques de la pièce, notamment ces caractéristiques mécaniques.

[0003] Ainsi, pour les alliages d'aluminium, une des façons d'évaluer la santé métallurgique d'une pièce est d'examiner la taille des grains. On rappelle que lorsqu'on examine un métal au microscope, la surface du métal apparaît comme  
15 composée de polyèdres cristallins juxtaposés. Chacun de ces polyèdres est communément appelé « grain » du métal. Ces grains correspondent, à leur origine, c'est-à-dire chacun à un ou plusieurs noyaux ou germes d'où s'est opérée la cristallisation du métal lors de sa solidification. C'est grain sont également connu sous le terme de « cristallite ».

20 [0004] Le déposant connaît des procédés de moulage à modèle perdu comprenant la coulée dans un moule d'un métal en fusion qui sublime ou liquéfie le modèle perdu de manière à ce que le volume occupé par le modèle perdu soit progressivement remplacé par le métal en fusion, le moule comprenant au moins un bloc réfrigérant en contact thermique avec le modèle perdu.

25 [0005] Un tel moule équipé d'un bloc réfrigérant est par exemple décrit dans la demande de brevet française publiée sous le N° FR 2 685 229.

[0006] Ces blocs réfrigérants permettent d'accélérer le refroidissement du métal et donc de favoriser l'apparition de grains de métal de petite taille.

[0007] La mesure de la grosseur des grains s'effectue par l'analyse d'images au  
30 microscope optique ou à l'aide d'un microscope électronique à balayage. La plus grande largeur des grains est typiquement comprise entre 1 et 100 µm. La taille des

grains et leur forme ont des conséquences sur les caractéristiques mécaniques du métal en phase solide. Par exemple, des gros grains c'est-à-dire des grains dont la taille est proche de 100  $\mu\text{m}$  correspondent à des métaux fragiles et cassants. A l'inverse, des grains de petite taille, c'est-à-dire dont la plus grande largeur est inférieure à 50  $\mu\text{m}$  et de préférence inférieure à 10  $\mu\text{m}$ , correspondent à des métaux plus solides.

[0008] La vitesse de refroidissement du métal a donc un impact direct sur les caractéristiques mécaniques de la pièce moulée et sur sa tenue fonctionnelle.

[0009] Toutefois, les procédés connus ne permettent pas une commande précise de la vitesse de refroidissement et donc une maîtrise précise de la taille des grains.

[0010] L'invention vise à remédier à cet inconvénient en proposant un procédé de moulage à modèle perdu dans lequel un contrôle plus précis de la taille des grains est rendu possible. Plus généralement, la présente invention vise à permettre de modifier certaines caractéristiques d'une pièce moulée d'une manière fine et précise.

[0011] Elle a donc pour objet un procédé de moulage à modèle perdu comprenant, après le début de la coulée, l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant en fonction du stade atteint dans le procédé de moulage pour modifier la vitesse de refroidissement du métal coulé.

[0012] L'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant permet d'adapter la vitesse de refroidissement du métal à chaque stade du procédé de moulage. Ainsi, il devient possible de contrôler de façon plus précise notamment la taille des grains du métal solidifié et donc de mieux maîtriser les caractéristiques mécaniques de la pièce moulée.

[0013] Les modes de réalisation de ce procédé peuvent comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les propriétés thermiques du bloc réfrigérant sont des caractéristiques physiques de ce bloc réfrigérant qui, lorsqu'elles sont modifiées, entraînent nécessairement une modification de l'intensité du flux de chaleur traversant une face avant du

bloc réfrigérant tournée vers le modèle perdu et thermiquement accouplée au modèle perdu ;

- l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est obtenu en modifiant la conductivité thermique ou la capacité thermique massique d'un fluide caloporteur présent dans une cavité du bloc réfrigérant ;
- l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est obtenu en modifiant la température, la pression ou la vitesse de circulation d'un fluide caloporteur dans une cavité de ce bloc réfrigérant ;
- l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est fonction du temps écoulé depuis le début de la coulée du métal en fusion dans le moule ;
- l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est fonction d'au moins une grandeur physique mesurée représentative de la température du métal coulé ;
- l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant consiste en outre :
  - à modifier les propriétés thermiques du bloc réfrigérant pour limiter l'intensité du flux de chaleur traversant une face du bloc réfrigérant tournée vers le modèle perdu et thermiquement accouplée au modèle perdu lorsque le métal en fusion est introduit dans le modèle perdu, puis
  - à modifier les propriétés thermiques du bloc réfrigérant pour augmenter l'intensité du flux de chaleur traversant cette face lors de la solidification du métal.

[0014] Ces modes de réalisation du procédé présentent en outre les avantages suivants :

- modifier la conductivité thermique ou la capacité thermique massique d'un fluide caloporteur présent dans le bloc réfrigérant, permet de modifier simplement les propriétés thermiques du bloc réfrigérant ;
- modifier la température, la pression ou la vitesse de circulation d'un fluide caloporteur dans le bloc réfrigérant, permet également de modifier simplement les propriétés thermiques de ce bloc réfrigérant,
- diminuer l'intensité du flux de chaleur à travers la face avant du bloc réfrigérant lorsque le métal en fusion est introduit dans le modèle perdu, permet de faciliter le remplissage de l'empreinte laissée vacante par ce modèle perdu, et

- accroître l'intensité du flux de chaleur à travers la face avant du bloc réfrigérant pendant la solidification du métal, permet d'accélérer le refroidissement de ce métal et donc de diminuer la taille des grains de ce métal.

[0015] L'invention a également pour objet un moule pour le procédé de moulage ci-dessus. Ce moule contient :

- un modèle perdu propre à se sublimer ou à se liquéfier lorsque le métal en fusion est coulé dans le moule de manière à ce que le volume occupé par le modèle perdu soit progressivement remplacé par le métal en fusion, et
  - au moins un bloc réfrigérant en contact thermique avec le modèle perdu,
- 10 • un appareil propre à ajuster, après le début de la coulée du métal en fusion, les propriétés thermiques du bloc réfrigérant en fonction du stade atteint dans le procédé de moulage pour modifier la vitesse de refroidissement du métal coulé.

[0016] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un moule pour un procédé de moulage à modèle perdu,
  - la figure 2 est une illustration schématique d'une face arrière d'un bloc réfrigérant utilisé dans le moule de la figure 1,
- 20 • la figure 3 est une illustration schématique et en perspective d'une face avant du bloc réfrigérant de la figure 2, et
- la figure 4 est un organigramme d'un procédé de moulage à modèle perdu utilisant le moule de la figure 1.

[0017] Dans ces figures, les mêmes références sont utilisées pour désigner les mêmes éléments.

[0018] Dans la suite de cette description, les caractéristiques et fonctions bien connues de l'homme du métier ne sont pas décrites en détails.

[0019] La figure 1 représente un moule 2 pour un procédé de moulage à modèle perdu.

- [0020] A titre d'illustration, ce moule 2 est conçu pour la réalisation de pièce moulée pour les véhicules automobiles. Par exemple, la pièce moulée est une culasse. Le métal utilisé pour couler cette pièce est, par exemple, un alliage d'aluminium tel que AlSi7Cu3Mg.
- 5 [0021] Le moule 2 comprend un modèle perdu composé ici de deux parties 6 et 8. Le modèle perdu est le reflet de la pièce moulée à obtenir. Ce modèle perdu est réalisé dans une matière sublimable lorsqu'elle est en contact avec le métal en fusion. Par exemple, cette matière sublimable est un polymère alvéolaire pyrolysable. Ici, cette matière est du polystyrène.
- 10 [0022] Chaque partie 6, 8 est solidaire de plusieurs attaques 18 de coulée par l'intermédiaire desquelles le métal en fusion va être introduit à l'intérieur de ces parties 6 et 8 du modèle perdu. L'extrémité de chaque attaque 18 de coulée, opposée au modèle perdu, est raccordée à une descente 20 de coulée. Une extrémité de la descente 20 est raccordée à un godet 22 de coulée réalisé en
- 15 matériau réfractaire. La descente 20 et chaque attaque 18 est initialement formés d'un matériau sublimable lorsqu'il entre en contact avec le métal en fusion. Par exemple, ce matériau sublimable est du polystyrène.
- [0023] L'ensemble formé par le modèle perdu, les attaques 18 de coulée et la descente 20 de coulée est incorporé à l'intérieur d'une cuve 26 contenant du sable
- 20 vibré 28.
- [0024] Le modèle perdu, les attaques 18 de coulée et la descente 20 de coulée sont enrobés d'une couche (non représentée) propre à isoler le métal en fusion du sable 28 lorsque celui-ci est introduit à l'intérieur du moule 2. Cette couche est, par exemple, réalisée en matériau réfractaire dont la température de fusion est très
- 25 supérieure à la température du métal en fusion. Typiquement, cette couche présente une épaisseur comprise entre 1mm et plusieurs millimètres.
- [0025] Le moule 2 comprend un ou plusieurs blocs réfrigérants pour contrôler la vitesse de refroidissement du métal coulé dans ce moule. Pour simplifier la figure 1, seul un bloc réfrigérant 30 a été représenté. Ce bloc réfrigérant 30 est raccordé à un
- 30 appareil 32 apte à ajuster au moins une propriété thermique du bloc réfrigérant en fonction du stade atteint dans le procédé de moulage.

[0026] Le bloc réfrigérant 30 est apte à refroidir localement le métal coulé dans le modèle perdu. Pour cela, il présente une face avant 34 tournée vers le modèle perdu et thermiquement accouplée à une portion de ce modèle perdu. Cette face avant est traversée par un flux de chaleur. Le flux de chaleur est la quantité de  
5 chaleur qui traverse cette face avant par unité de temps. Par exemple, le flux de chaleur est exprimé en J/s. L'intensité de ce flux de chaleur est fonction des propriétés thermiques du bloc 30. Ainsi, on désigne ici par l'expression « propriété thermique du bloc 30 » toute caractéristique physique du bloc 30 propre à modifier l'intensité de ce flux de chaleur.

10 [0027] Par exemple, le bloc réfrigérant 30 est un parallélogramme dont la face avant 34 est directement en contact avec la couche en matériau réfractaire enveloppant le modèle perdu. Le bloc 30 est par exemple réalisé dans un matériau bon conducteur thermique, c'est-à-dire dont la conductivité thermique à 20°C est strictement supérieure à 10 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> et de préférence supérieure à 200 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.  
15 1. Par exemple, ici, le bloc 30 est réalisé en acier inoxydable.

[0028] Le bloc 30 est solidaire de la cuve 26. Par exemple, il est venu de matière avec une paroi de la cuve et forme donc avec cette paroi qu'un seul bloc.

[0029] Le bloc 30 comprend également une cavité 36 (Figure 2) destinée à recevoir un liquide caloporteur, et des orifices 38 et 40 (Figure 2) destinés à raccorder des  
20 extrémités respectives de la cavité 36 à des conduits d'alimentation en liquide caloporteur.

[0030] Typiquement, la cavité 36 forme un serpentin qui serpente dans un plan parallèle à la face avant 34. Dans la figure 2, une flèche représente le sens de circulation d'un fluide caloporteur dans la cavité 36.

25 [0031] Dans ce contexte, les propriétés thermiques du bloc 30 sont, par exemple la conductivité thermique et la capacité thermique massique du liquide caloporteur présent dans la cavité 36, ainsi que la température, la vitesse de circulation ou la pression du liquide caloporteur présent dans la cavité 36.

[0032] On rappelle que la capacité thermique massique est la quantité d'énergie à  
30 apporter par échange thermique à une unité de masse d'une matière pour relever

sa température d'1 °C. Ici, les capacités thermiques massiques sont données pour une température de 25 °C et sous la pression atmosphérique.

[0033] L'appareil 32 comprend des conduits 44 et 46 fluidiquement raccordés, respectivement, aux orifices 38 et 40. Le conduit 44 est un conduit d'amenée de  
5 fluide caloporteur à l'intérieur de la cavité 36. Le conduit 46 est, au contraire, un conduit d'évacuation du liquide caloporteur de la cavité 36.

[0034] L'extrémité du conduit 44 opposée à l'orifice 38 est raccordée à des vannes commandables 48, 50 et 51 permettant de raccorder fluidiquement et sélectivement le conduit 44 à un premier et à un second réservoirs 52, 54 de fluides caloporteurs  
10 et à une prise d'air. Plus précisément, la vanne 48 raccorde le conduit 44 au réservoir 52 lorsqu'elle est ouverte et la vanne 50 raccorde le conduit 44 au réservoir 54 lorsqu'elle est ouverte.

[0035] Le réservoir 52 est rempli d'un liquide caloporteur thermiquement isolant. A l'inverse, le réservoir 58 est rempli d'un liquide caloporteur apte à capter et à  
15 transporter d'importantes quantités de chaleur.

[0036] Par exemple, le liquide 56 a une conductivité thermique à 20°C, strictement inférieure à 10 W.m-1.K-1 et de préférence strictement inférieure à 1 W.m-1.K-1. De préférence, le liquide 56 présente également une faible capacité thermique massique c'est-à-dire une capacité thermique massique inférieure à 900 J.Kg-1.K-1.  
20 Par exemple, le liquide 56 est de la silice ou des morceaux de silice solides mélangés dans un liquide.

[0037] A l'inverse, le liquide 58 présente une capacité massique élevée, c'est-à-dire supérieure à 1 000 J.Kg-1.K-1 et, de préférence, supérieure à 1500 J.Kg-1.K-1. Par exemple, le liquide 58 est de l'eau.

[0038] L'extrémité du conduit 46 opposée à l'orifice 40 est fluidiquement raccordée à une pompe commandable 60. La position de cette pompe 60 est donnée  
25 uniquement à titre d'illustration. D'autres positions appropriées de cette pompe peuvent être déterminées par l'homme du métier. La sortie de cette pompe 60 est raccordée par l'intermédiaire d'un conduit 62 à une entrée d'un radiateur 64. Le  
30 radiateur 64 est apte à refroidir le liquide caloporteur qui circule actuellement dans



le conduit 62. Une sortie du radiateur 64 est fluidiquement raccordée à deux vannes commandables 66 et 68 permettant de réinjecter sélectivement le fluide caloporteur soit dans le réservoir 52 soit dans le réservoir 54.

[0039] L'appareil 32 comporte également une unité de commande 70 propre à  
5 commander les différents équipements de l'appareil 32 et notamment la pompe 60 et les vannes 48, 50, 51, 66 et 68. Plus précisément, l'unité 70 est apte à commander les vannes 48, 50, 51, 66 et 68 pour remplacer le flux de liquide 56 qui circule actuellement dans les conduits 44 et 46 par le liquide 58 et vice versa.

[0040] La figure 3 représente plus en détail la face avant 34 du bloc réfrigérant 30.  
10 Cette face avant comporte plusieurs rainures 80 permettant au sable 28 de s'insérer entre cette face 34 et le modèle perdu sur lequel elle est en appui.

[0041] La mise en œuvre du moule 2 pour la réalisation d'un moulage à modèle perdu est maintenant décrite plus en détail en regard de la figure 4. Les différents stades du procédé de moulage sont ici représentés par des étapes.

15 [0042] Initialement, lors d'une étape 90, le modèle perdu est réalisé. Plus précisément, lors de cette étape 90, les deux parties 6 et 8 de ce modèle perdu sont réalisées.

[0043] Une fois les parties 6 et 8 réalisées, lors d'une étape 92, ces parties, les  
20 attaques 18 de coulée et la descente 20 de coulée sont assemblées les unes aux autres pour obtenir l'assemblage décrit en regard de la figure 1. Cet assemblage est appelé « grappe ». Ensuite, lors d'une étape 94, cette grappe est enduite de matériau réfractaire pour obtenir la couche permettant d'éviter que le métal en fusion se mélange avec le sable 28.

[0044] Lors d'une étape 96, la grappe recouverte de la couche en matériau  
25 réfractaire est mise en place à l'intérieur de la cuve 26. Plus précisément, lors de cette mise en place, le bloc réfrigérant 34 est utilisé comme une butée permettant un positionnement précis de la grappe.

[0045] Puis lors d'une étape 98, le sable 28 est ajouté dans la cuve 26 et vibré pour  
30 remplir tous les interstices du modèle perdu. Les vibrations permettent notamment au sable 28 de s'insérer dans les rainures 80 du bloc réfrigérant 30, ce qui permet

de remplir des interstices ou des creux du modèle perdu dont les orifices débouchent en vis-à-vis de la face 34.

[0046] Ensuite, lors d'une étape 100, avant que la coulée de métal en fusion dans le moule 2 ne débute, l'unité 70 commande le remplissage de la cavité 36 à l'aide du  
5 liquide 56. Par exemple, les vannes 48 et 66 sont ouvertes et la pompe 60 est actionnée pour aspirer le liquide 56 jusque dans la cavité 36.

[0047] Ensuite, lors d'une étape 102, le métal en fusion est coulé à l'intérieur du moule 2. Plus précisément, le métal en fusion est déversé dans le godet 22 puis s'écoule à l'intérieur de la descente 20 de coulée. Lorsque le métal en fusion entre  
10 en contact avec le polystyrène, le polystyrène se transforme en gaz et le gaz s'évacue par l'intermédiaire des mêmes canaux que ceux qui ont permis l'arrivée du métal en fusion. Progressivement, le métal en fusion remplit l'ensemble de la descente 20 et s'écoule dans les attaques 18 de coulée. Une fois que l'ensemble du polystyrène présent dans les attaques 18 et dans la descente 20 a été sublimé, le  
15 métal en fusion continue à s'écouler à l'intérieur du modèle perdu. Ainsi, progressivement, lors de l'étape 102, le métal en fusion remplace le polystyrène des parties 6 et 8 du modèle perdu.

[0048] En parallèle, lors d'une étape 104, l'appareil 32 maintient en permanence du liquide 56 dans la cavité 36 de manière à diminuer le flux de chaleur traversant la  
20 face 34. Par exemple, la pompe 46 est arrêtée pour maintenir la cavité 36 remplie sans faire circuler le liquide 56 à l'intérieur de la cavité 36.

[0049] Le fait de décroître le flux de chaleur au travers de la face 34 limite le refroidissement du métal en fusion dans l'empreinte dans laquelle est logée la partie  
8 du modèle perdu. Ainsi, le remplissage par le métal en fusion de cette empreinte  
25 est facilité.

[0050] Après un intervalle de temps T1 prédéterminé, lors d'une étape 106, la coulée du métal en fusion est arrêtée. Par exemple, l'intervalle T1 est déterminé expérimentalement et correspond au temps nécessaires pour que les empreintes  
dans lesquelles étaient logées les parties 6 et 8 du modèle perdu soient  
30 complètement remplies par le métal en fusion.

[0051] En parallèle de l'étape 106, lors d'une étape 108 déclenchée à la fin de l'intervalle T1, l'unité 70 commande l'évacuation du liquide 56 de la cavité 36. Par exemple, la vanne 48 est fermée, la vanne 51 est ouverte, la vanne 66 reste ouverte et la pompe 60 est actionnée jusqu'à ce que le liquide 56 ait complètement évacué  
5 la cavité 36.

[0052] Ensuite, une fois que le liquide 56 a complètement été évacué de la cavité 36, lors d'une étape 110, l'unité 70 commande le remplissage de la cavité 36 par le liquide 58. Par exemple, les vannes 50 et 68 sont ouvertes, la vanne 44 est fermée et la pompe 60 est actionnée. Ainsi, le liquide 58 est aspiré jusqu'à remplir  
10 complètement la cavité 36. De plus, tant que le métal 60 n'a pas commencé à se solidifier, la pompe 60 est maintenue en action de sorte que le liquide 58 circule en permanence dans la cavité 36. Ceci augmente l'intensité du flux de chaleur à travers la face 34 ce qui permet de refroidir plus efficacement le métal lors de sa solidification. L'apparition de grains de métal de petite taille est donc favorisée. La  
15 circulation du liquide 58 dans la cavité 36 est maintenue à une vitesse constante V1 pendant un intervalle de temps prédéterminé T2. Par exemple, l'intervalle T2 est déterminé expérimentalement pour correspondre au temps nécessaire pour que le métal en fusion soit complètement solidifié tout en présentant une température la plus proche possible de sa température de fusion. La vitesse V1 n'est pas la vitesse  
20 maximale de circulation du fluide dans la cavité 36 et ne correspond donc pas au refroidissement le plus rapide possible du métal en fusion. En effet, ici, on ne cherche pas à atteindre la plus petite taille possible de grains de métal.

[0053] A la fin de l'intervalle T2, lors d'une étape 112, l'unité 70 accélère la vitesse de circulation du liquide 58 dans la cavité 36 pour atteindre une vitesse V2  
25 strictement supérieure à la vitesse V1. Par exemple, à cet effet, l'unité 70 commande la pompe 60. Cette accélération de la vitesse de circulation du liquide 58 dans la cavité 36 augmente encore plus l'intensité du flux de chaleur à travers la face 34. Le refroidissement du métal s'accélère donc. Par exemple, l'unité 70 maintient la circulation du liquide 58 avec cette vitesse accélérée pendant un  
30 intervalle de temps prédéterminé T3. Par exemple, l'intervalle T3 est déterminé expérimentalement pour correspondre au temps nécessaire pour que la

température de la pièce moulée atteint une température de démoulage. Cette étape 112 permet d'accélérer le refroidissement de la pièce moulée.

[0054] Enfin, lors d'une étape 114, lorsque la pièce moulée a atteint la température de démoulage, le sable ainsi que la couche en matériau réfractaire sont éliminés.

5 Ainsi, à l'issue de l'étape 114, une pièce coulée en métal ayant une forme identique à celle du modèle perdu est obtenue.

[0055] De nombreux autres modes de réalisation sont possibles. Par exemple, il n'est pas nécessaire que le bloc réfrigérant soit en contact direct avec le modèle perdu. Le bloc réfrigérant peut être isolé mécaniquement du modèle perdu par une  
10 couche de sable.

[0056] Le moule 2 peut comporter plus d'un bloc réfrigérant.

[0057] Les matériaux utilisés pour créer le liquide 56 ou 58 peuvent être des matériaux endothermiques tels que par exemple un matériau contenant de l'oxyde de fer. De tels matériaux permettent d'absorber très efficacement la chaleur. L'un  
15 des liquides 56 ou 58 peut également comporter un matériau bon conducteur thermique tels que de la grenaille de fer.

[0058] Les propriétés thermiques du bloc réfrigérant 30 peuvent être modifiées en continu ou par palier.

[0059] La modification des propriétés thermiques du bloc réfrigérant 30 peut être  
20 réalisée, non plus en fonction d'une durée écoulée depuis le début de la coulée mais en fonction de données mesurées en temps réel à l'aide de capteurs. De préférence, au moins l'un de ces capteurs mesure une grandeur physique représentative de la température du métal présent dans le moule 2. Par exemple, un de ces capteurs mesure la température du liquide caloporteur.

25 [0060] Au lieu d'un liquide caloporteur, un gaz caloporteur peut également être utilisé tel que de l'air.

[0061] Le radiateur 64 peut être omis.

[0062] En fin, ce qui a été décrit ci-dessus dans le cas d'un modèle perdu réalisé en matériau sublimable s'applique aussi à un modèle perdu réalisé en matériau liquéfiable lorsqu'il entre en contact avec le métal en fusion. Par exemple, ce matériau est de la cire.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de moulage à modèle perdu comprenant la coulée (102) dans un moule d'un métal en fusion qui sublime ou liquéfie le modèle perdu de manière à ce  
5 que le volume occupé par le modèle perdu soit progressivement remplacé par le métal en fusion, le moule comprenant au moins un bloc réfrigérant en contact thermique avec le modèle perdu, caractérisé en ce que, après le début de la coulée, le procédé comprend l'ajustement (100, 104, 110, 112) des propriétés thermiques du bloc réfrigérant en fonction du stade atteint dans le procédé de  
10 moulage pour modifier la vitesse de refroidissement du métal coulé.
  
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les propriétés thermiques du bloc réfrigérant sont des caractéristiques physiques de ce bloc réfrigérant qui, lorsqu'elles sont modifiées, entraînent nécessairement une modification de  
15 l'intensité du flux de chaleur traversant une face (34) du bloc réfrigérant tournée vers le modèle perdu et thermiquement accouplée au modèle perdu.
  
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est obtenu en  
20 modifiant (110) la conductivité thermique ou la capacité thermique massique d'un fluide caloporteur présent dans une cavité du bloc réfrigérant.
  
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est obtenu en  
25 modifiant (112) la température, la pression ou la vitesse de circulation d'un fluide caloporteur dans une cavité de ce bloc réfrigérant.
  
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est fonction du temps  
30 écoulé depuis le début de la coulée du métal en fusion dans le moule.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant est fonction d'au moins une grandeur physique mesurée représentative de la température du métal coulé.

5

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement des propriétés thermiques du bloc réfrigérant consiste en outre à modifier (100, 104) les propriétés thermiques du bloc réfrigérant pour limiter l'intensité du flux de chaleur traversant une face du bloc réfrigérant tournée vers le modèle perdu et thermiquement accouplée au modèle perdu, lorsque le métal en fusion est introduit dans le modèle perdu, puis à modifier les propriétés thermiques du bloc réfrigérant pour augmenter (110, 112) l'intensité du flux de chaleur traversant cette face lors de la solidification du métal.

10

8. Moule pour un procédé de moulage à modèle perdu contenant un modèle perdu (6, 8) propre à se sublimer ou à se liquéfier lorsqu'un métal en fusion est coulé dans le moule de manière à ce que le volume occupé par le modèle perdu soit progressivement remplacé par le métal en fusion, et au moins un bloc réfrigérant (30) en contact thermique avec le modèle perdu, caractérisé en ce que le moule comprend un appareil (32) apte à ajuster, après le début de la coulée du métal en fusion, les propriétés thermiques du bloc réfrigérant (30) en fonction du stade atteint dans le procédé de moulage pour modifier la vitesse de refroidissement du métal coulé.

15

20

Fig. 1

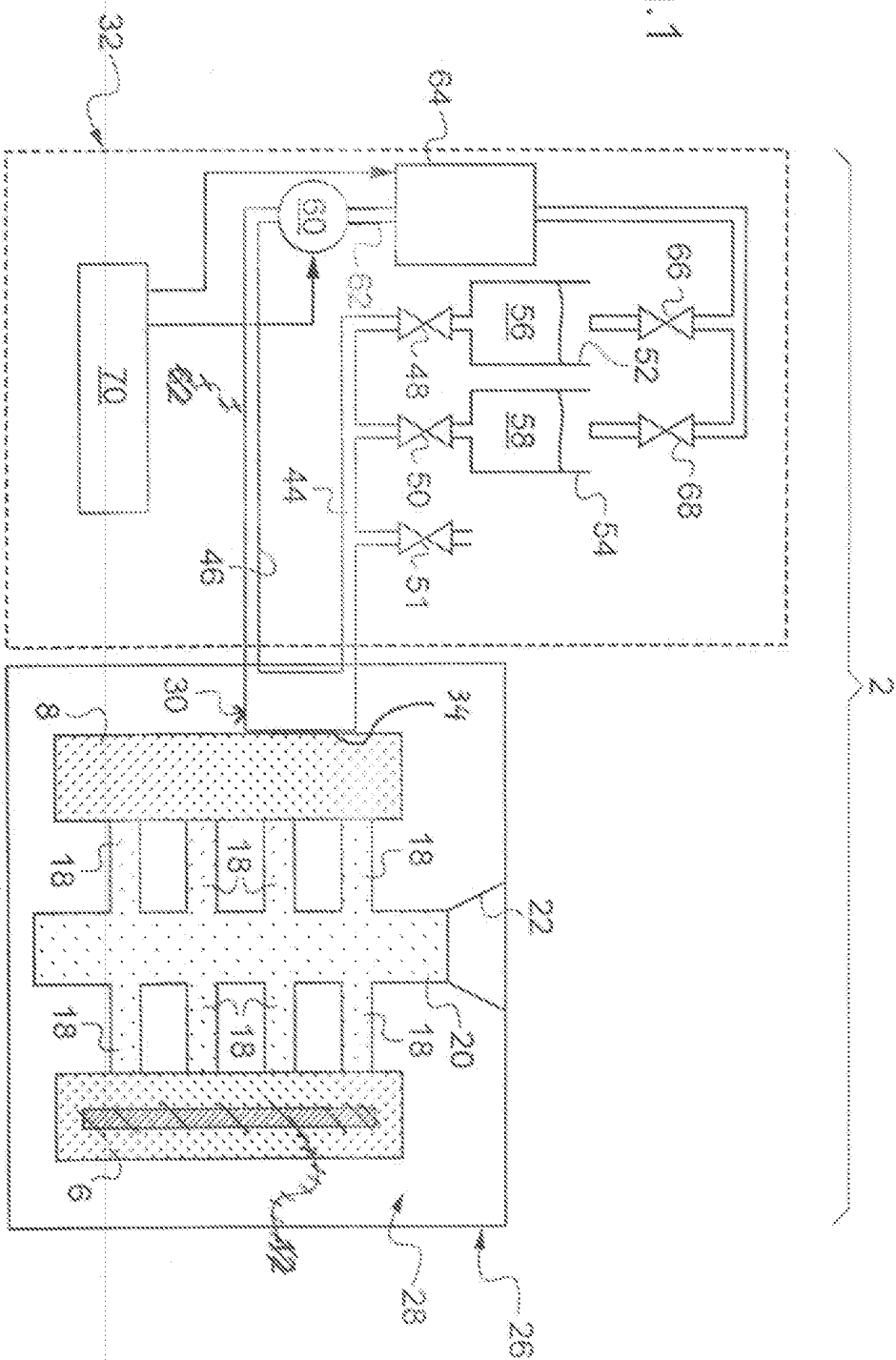




Fig.2

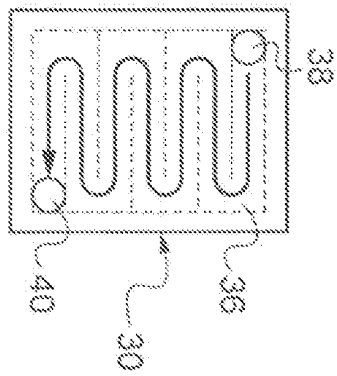


Fig.3

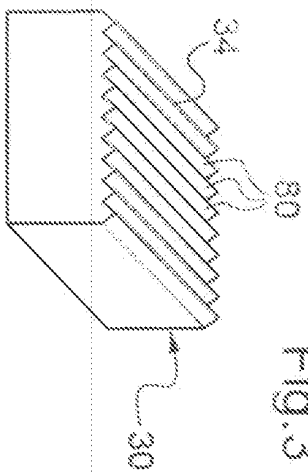
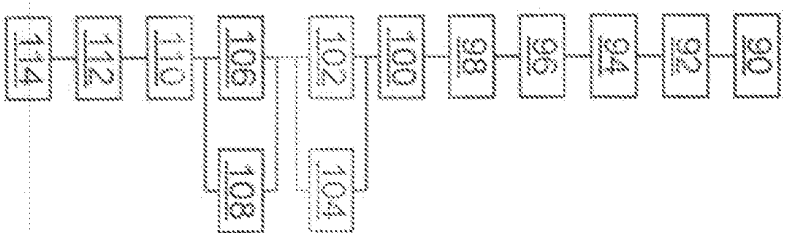


Fig.4





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 711302  
FR 0855823

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2007/277952 A1 (LE VERT EDWARD J [US] ET AL) 6 décembre 2007 (2007-12-06) * alinéa [0046] - alinéa [0049]; figures 17-19 *	1,4,5,8	B22C9/04 B22D15/00
D,Y	FR 2 685 229 A (PEUGEOT [FR]; CITROEN SA [FR]) 25 juin 1993 (1993-06-25) * le document en entier *	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  B22C B22D
Y	GB 663 479 A (H A HOWARD LTD; HAROLD ARTHUR HOWARD) 19 décembre 1951 (1951-12-19) * le document en entier *	1-8	
Y	DE 10 2005 032324 A1 (GWK GES WAERME KAELTETECHNIK M [DE]) 11 janvier 2007 (2007-01-11) * le document en entier *	1-8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 février 2009		Scheid, Michael	
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b> 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0855823 FA 711302**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **18-02-2009**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007277952	A1	06-12-2007	AUCUN	
-----				
FR 2685229	A	25-06-1993	AUCUN	
-----				
GB 663479	A	19-12-1951	AUCUN	
-----				
DE 102005032324	A1	11-01-2007	AUCUN	
-----				