



(11) **EP 2 357 049 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
17.08.2011 Bulletin 2011/33

(51) Int Cl.:
B22C 7/02 (2006.01) **B22C 9/04** (2006.01)
B22C 13/08 (2006.01) **B22D 15/00** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10196190.2**

(22) Date de dépôt: **21.12.2010**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME

(30) Priorité: **19.01.2010 FR 1050326**

(71) Demandeur: **Peugeot Citroën Automobiles SA
78140 Vélizy-Villacoublay (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Marceau, Jean-Jacques
78000, VERSAILLES (FR)**
• **Callais, Thierry
60600, BREUIL LE VERT (FR)**

(54) **Procédé de moulage à modèle perdu et installation pour la mise en oeuvre de ce procédé**

(57) L'invention concerne un procédé de moulage en modèle perdu dans lequel on place dans un container, un ou plusieurs modèles (1) en une matière sublimable, on noie le ou les modèles dans du sable en laissant subsister un orifice de coulée et on verse du métal liquide dans cet orifice, caractérisé en ce que le ou lesdits modèles (1) sont mis en place au préalable dans une en-

ceinte (2) présentant au moins un élément propre à refroidir une ou plusieurs faces du modèle (1), l'ensemble enceinte/modèle(s) (2, 1) étant positionné dans le container sans contact avec ce dernier.
Application à la fabrication de culasse.

EP 2 357 049 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de moulage en moule perdu ainsi que l'installation pour la mise en oeuvre de ce procédé.

[0002] Un procédé de moulage en moule perdu (procédé PMP) consiste à placer dans un container, un ou plusieurs modèles en une matière sublimable, puis à noyer l'ensemble dans du sable en laissant subsister un orifice de coulée dans lequel on verse du métal liquide. Le modèle se sublime et le métal vient le remplacer.

[0003] Un tel procédé de moulage peut notamment être utilisé pour le moulage des culasses. Ainsi, un modèle fusible composé d'éléments en une matière sublimable tel que le polystyrène expansé (grappe de modèles) est enduit d'une fine couche réfractaire. A ce stade du processus, la grappe appelée "grappe enduite" est placée dans un container de moulage appelée cuve qui est ensuite rempli de sable.

[0004] Lors de la coulée, l'alliage détruit le polystyrène expansé et prend progressivement sa place dans l'empreinte constituée de la fine couche d'enduit et du sable. L'alliage de la grappe se solidifie et se refroidit alors naturellement lentement dans le sable aux propriétés très isolantes. La grappe de pièce obtenue peut ensuite être extraite de la cuve (décochage).

[0005] On a proposé dans FR 2 685 229, un procédé de moulage en modèle perdu qui permet d'améliorer localement les propriétés métallurgiques de la pièce obtenue et en particulier d'obtenir une pièce ayant, une ou plusieurs zones dont le coefficient d'allongement est relativement élevé, en plaçant dans le container un élément réfrigérant propre à refroidir une ou plusieurs faces du modèle.

[0006] Une application de ce principe avec des refroidisseurs solides fixés à l'intérieur de la cuve de moulage permet de positionner la grappe enduite de façon classique dans la cuve, les faces à refroidir venant au contact des refroidisseurs. La grappe est maintenue suspendue dans la cuve de moulage durant de son remplissage de sable très sec et fluide. La mise en vibration de la cuve permet au sable d'occuper tous les interstices et cavités du modèle de polystyrène, comme s'il s'agissait d'un liquide. L'extraction de la grappe solidifiée est décochée de façon classique.

[0007] Cependant, avec un tel procédé PMP, le refroidissement est limité à 1 face par pièce avec des propriétés mécaniques améliorées du matériau limitées aux faces refroidies.

[0008] Par ailleurs, les refroidisseurs constituent des masses d'inertie qui s'opposent aux vibrations de la cuve en entraînant des sollicitations mécaniques importantes de leurs fixations pouvant entraîner des fissures de fatigue. Ces fixations ainsi que les cuves nécessitent alors une surveillance et une maintenance coûteuse.

[0009] De plus, la vibration imposée aux refroidisseurs entraîne une friction entre ceux-ci et la grappe enduite provoquant l'abrasion de l'enduit et le risque d'une infil-

tration de sable à l'interface ce qui peut provoquer des défauts au niveau de la pièce, un encrassement des refroidisseurs et, une usure rapide des refroidisseurs.

[0010] Par ailleurs, les cuves sont spécifiques et un changement de cuve est nécessaire pour couler sans refroidisseur. De plus, la mise en conditions des cuves, préalablement à la coulée suivante, est difficile du fait notamment du nettoyage et de mise en température des refroidisseurs. Un démontage des refroidisseurs pourrait alors être nécessaire ce qui à l'heure actuelle prend un certain temps.

[0011] Le manque de précisions dimensionnelles de l'ensemble cuve et refroidisseurs, de grandes dimensions, peut être défavorable à une bonne précision dimensionnelle. La grappe enduite étant très flexible, elle est déformée par sa mise en contact avec les refroidisseurs qui se comportent comme des conformateurs. L'ensemble refroidisseur doit donc être stable et précis pour espérer obtenir des pièces avec une bonne précision.

[0012] La présente invention a donc pour but de pallier ces inconvénients en proposant un procédé de moulage en moule perdu dans lequel les vibrations de la cuve ne sont plus subies par les refroidisseurs ce qui permet notamment d'améliorer la durée de vie des matériels.

[0013] A cet effet, l'invention concerne un procédé de moulage en modèle perdu dans lequel on place dans un container, un ou plusieurs modèles en une matière sublimable, on noie le ou les modèles dans du sable en laissant subsister un orifice de coulée et on verse du métal liquide dans cet orifice, caractérisé en ce que le ou lesdits modèles sont introduits au préalable dans une enceinte présentant au moins un élément propre à refroidir une ou plusieurs faces du modèle, l'ensemble enceinte/modèle(s) étant introduit dans le container sans contact avec ce dernier.

[0014] Ainsi, de manière très avantageuse, l'élément permettant le refroidissement n'est plus fixé au container tel qu'une cuve mais sert de support au modèle ou grappe et lorsque des vibrations sont appliquées pour permettre une bonne répartition du sable introduit dans la cuve, l'ensemble enceinte/modèles ne subit pas les vibrations ce qui permet de pallier les inconvénients cités précédemment.

[0015] Selon une première variante du procédé, le modèle ou grappe est mis en place dans l'enceinte à un poste d'assemblage puis est transféré par des moyens appropriés pour être introduit et positionné dans la cuve sans contact avec celle-ci.

[0016] Selon une deuxième variante du procédé, le refroidisseur peut être pré-positionné en contact avec la cuve pour permettre un déplacement de l'ensemble, avant remplissage. Dans ce cas de figure, le refroidisseur reçoit la grappe puis est repris et maintenu séparé de la cuve par un mécanisme approprié lors de l'opération de remplissage du sable par vibration.

[0017] La présente invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre d'un procédé de mou-

lage par modèle perdu du type comprenant un container monté sur un bâti vibrant, caractérisé en ce qu'elle comporte une enceinte propre à recevoir un ou des modèles et présentant au moins un élément propre à refroidir une ou plusieurs faces du modèle, ladite enceinte comportant en outre des moyens de fixation à des moyens permettant la mise en place de l'ensemble enceinte/modèle dans le container sans contact avec celui-ci.

[0018] Cette enceinte de refroidissement ou refroidisseur peut être un ensemble monobloc ou peut être constitué de plusieurs éléments assemblés tels que quatre parois. Il peut notamment comporter des éléments mobiles pour autoriser la mise en place du modèle ou grappe enduit tout en permettant le refroidissement de formes en creux par rapport aux principales faces refroidies.

[0019] Le refroidisseur ou ses éléments peuvent être constitués de différents matériaux de propriétés mécaniques, conductivité thermiques et chaleur massique différentes tels qu'acier, fonte, aluminium, cuivre, matériaux frittés, céramiques.... Le refroidisseur peut être ainsi constitué de différentes nuances de fonte ou d'acier adaptées à leurs fonctions propres, à savoir parties servant d'élément de refroidissement et autres parties.

[0020] Le refroidisseur présente au moins deux points de fixation permettant son accrochage à des moyens permettant sa mise en place dans la cuve. Ces moyens peuvent être constitués de moyens de suspension et de transport tels qu'une potence permettant de le suspendre et de le mettre en place dans la cuve, de le maintenir suspendu dedans et de l'extraire de la cuve lors de l'opération de décochage et servant également à diverses manutentions.

[0021] Selon une forme de réalisation, l'enceinte ou refroidisseur présente quatre parois principales. Deux de ces parois à l'opposé l'une de l'autre et appelées parois principales sont aptes à absorber des calories, par exemple constituées d'un matériau absorbant de calories constituant ainsi deux éléments de refroidissement appropriés pour venir au contact avec la grappe introduite dans l'enceinte tandis que les deux autres parois les reliant comportent les moyens de fixation à une structure de suspension du refroidisseur. Des éléments refroidisseurs additionnels peuvent permettre de refroidir d'autres parties des pièces.

[0022] Le refroidisseur se présente de préférence sous la forme d'une enceinte ouverte dans sa partie supérieure. De préférence, ses parois principales de contact avec la grappe enduite forment un angle de dépouille pour permettre la mise en place de la grappe enduite et l'extraction de la grappe solidifiée.

[0023] La grappe est composée d'au moins deux pièces et d'un système de remplissage (descendant). Les faces à mettre en contact avec le refroidisseur sont positionnées à l'opposé du descendant, avec un angle correspondant à la dépouille du refroidisseur.

[0024] Durant le remplissage de la cuve par le sable (emballage), l'ensemble refroidisseur et grappe enduite est positionné et maintenu dans la cuve par les moyens

de suspension et de transport indépendant de celle-ci et du bâti vibrant (table vibrante). Ce principe évite donc la transmission directe des vibrations au refroidisseur et à la grappe enduite.

5 **[0025]** Après coulée, le refroidisseur absorbe la chaleur de l'alliage durant les phases de remplissage, de solidification et de refroidissement de la grappe, jusqu'à ce que cette dernière soit suffisamment solide pour permettre le décochage.

10 **[0026]** Après solidification, le refroidisseur et la grappe sont extraits ensemble de la cuve qui est simultanément vidée de son sable (décochage).

[0027] Pour permettre au refroidisseur de suivre les mouvements de la cuve en fin de compactage du sable, un système flexible peut être utilisé au niveau des points d'accrochage du refroidisseur.

15 **[0028]** Le refroidisseur peut fonctionner soit en absorbant simplement la chaleur de l'alliage coulé soit être lui-même refroidi par un fluide (eau, air, azote gazeux ou liquide.....). Ce refroidissement peut être effectué soit au moyen d'un circuit interne au refroidisseur, soit au moyen d'un fluide réfrigérant agissant au niveau des parois externes du refroidisseur. Ce refroidissement peut intervenir avant, pendant ou après le positionnement du refroidisseur dans la cuve.

20 **[0029]** Après décochage, avant séparation de la grappe du refroidisseur, l'ensemble peut être directement refroidi par un fluide (eau, air....), par trempage ou aspersion.

30 **[0030]** Un tel procédé de moulage est particulièrement bien adapté pour le moulage des culasses en alliages d'aluminium, mais il peut être utilisé pour d'autres pièces (ex. blocs moteur, carter chapeau de vilebrequin....) et la coulée d'autres alliages nécessitant ou supportant une solidification et/ou un refroidissement rapide.

35 **[0031]** Un refroidisseur suspendu selon l'invention peut être utilisé avec tous systèmes de remplissage de la cuve utilisant ou non le principe de vibration (Ex.: fluidisation...), avec tout système ou mécanisme en mesure de le maintenir suspendu dans la cuve (Robot, bras mécanisé, potence, autre composant du chantier de moulage (ex. suspendu sous la cuve...), avec tous principes de coulée (gravité, basse pression...) quelque soit le matériau de remplissage (Silice, Zircon,), avec ou sans induction, avec une induction partielle de la grappe de modèles en polystyrène et quelque soit l'enduit utilisé.

40 **[0032]** L'application d'une pellicule de protection sur le refroidisseur (ex.: poteyage) ou d'un revêtement sont envisageables. Ils peuvent-être permanents, semi permanents ou renouvelés à chaque cycle.

45 **[0033]** On décrira maintenant l'invention plus en détails en référence au dessin dans lequel :

[0034] Les figures 1 à 6 représentent différentes étapes du procédé selon l'invention.

50 **[0035]** Comme on peut le voir à la figure 1, la grappe 1 en matière sublimable tel que du polystyrène expansé enduit est composée d'au moins deux pièces et d'un système de remplissage 1 a (descendant) et est introduite

dans une enceinte 2 formant le refroidisseur.

[0036] Ce refroidisseur 2 se présente sous la forme d'une enceinte ouverte dans sa partie supérieure et dans sa partie inférieure et est pourvu de deux parois principales 3 à l'opposé l'une de l'autre constituées d'un matériau absorbant les calories tel que fonte, acier, alliages d'aluminium ou cuivreux.... et constituant les éléments de refroidissement de l'enceinte 2. Ces parois principales 3 de contact avec la grappe enduite 1 forment un angle de dépouille pour permettre la mise en place de la grappe enduite 1 et l'extraction de la grappe solidifiée. Les faces de la grappe 1 à mettre en contact avec le refroidisseur 2 sont positionnées à l'opposé du descendant 1a, avec un angle correspondant à la dépouille du refroidisseur 2.

[0037] Ces deux parois principales 3 sont reliées l'une à l'autre par deux parois latérales 4 comportant respectivement des moyens de fixation 2a de l'enceinte 2 à un système de suspension tel qu'un bras 5 par exemple permettant de soulever l'ensemble refroidisseur/grappe 2, 1 pour l'amener vers une cuve 6 où l'ensemble est introduit sans contact direct avec ladite cuve 6, suspendu dans ladite cuve 6.

[0038] Une fois l'ensemble 2,1 introduit et maintenu suspendu dans la cuve 6, on remplit ladite cuve 6 avec du sable 7 durant l'étape d'emballage, tout en soumettant la cuve 6 à des vibrations par l'intermédiaire d'une table vibrante (non représentée) sur laquelle repose la cuve 6 de manière à bien répartir le sable.

[0039] L'ensemble refroidisseur/grappe 2,1 étant maintenu suspendu dans la cuve 6, par un système de suspension indépendant de ladite cuve 6, on évite ainsi une transmission directe des vibrations au refroidisseur 2 et à la grappe enduite 1. On effectue ensuite la coulée de l'alliage 7 et le refroidisseur 2 par l'intermédiaire de ses parois principales 3 absorbe la chaleur de l'alliage durant les phases de remplissage, de solidification et de refroidissement de la grappe 1 jusqu'à ce que cette dernière soit suffisamment solide pour permettre le décochage.

[0040] Ainsi, après solidification, le refroidisseur 2 et la grappe 1 sont extraits ensemble de la cuve 6 qui est simultanément vidée de son sable (décochage). La grappe 1 formée est ensuite séparée du refroidisseur 2 et traitée suivant le processus classique.

[0041] Le refroidisseur 2 est alors mis en condition pour un nouveau cycle de moulage au cours d'un processus secondaire dont les principales opérations sont:

- nettoyage
- mise à la température requise pour un nouveau cycle.
- contrôle dimensionnel unitaire ou fréquentiel.

[0042] Une installation et un procédé de moulage par modèle perdu selon l'invention permettent d'accélérer la solidification en améliorant le refroidissement. La solidi-

fication accélérée réduit le DAS (Dendritic Arm Spacing), les porosités gazeuses, les micro-retassures et le risque d'apparition d'aiguilles de fer. Les propriétés mécaniques du matériau moulé sont donc améliorées notamment avec une meilleure élasticité (allongement A%).

[0043] Par ailleurs, puisque les refroidisseurs ne sont pas directement soumis aux vibrations de la cuve, on élimine une sollicitation mécanique des fixations et donc on limite les interventions de maintenance.

[0044] En outre, les effets des vibrations sont très réduits quant à la friction entre refroidisseurs et grappes enduites, à l'abrasion de l'enduit, aux infiltrations de sable et à l'usure des refroidisseurs qui peuvent en être la conséquence

[0045] Par ailleurs, les cuves actuellement utilisées peuvent être conservées sans modification pour les installations selon l'invention.

[0046] Par ailleurs, les refroidisseurs peuvent facilement être mis en conditions préalablement à la coulée suivante (nettoyage et mise en température, contrôle) dans un flux indépendant de celui des cuves. Un contrôle dimensionnel unitaire ou fréquentiel est facilité. Les refroidisseurs étant compacts leur précision dimensionnelle est meilleure ce qui est favorable à l'obtention de la précision dimensionnelle des pièces produites. La compacité du refroidisseur et une bonne précision dimensionnelle permettent d'envisager des refroidissements localisés sur d'autres faces de la pièce (ex. face admission d'une culasse).

[0047] Ainsi, le refroidisseur compact, en jouant le rôle de support de la grappe, peut permettre de décocher à température plus élevée (la solidité de la grappe est moins importante que dans les autres solutions) et, donc, de réduire l'encours de grappes de pièces, le nombre de cuves et la surface occupée par la zone de refroidissement du chantier de moulage.

[0048] L'invention n'est bien entendu pas limitée à l'exemple décrit mais englobe les variantes entrant dans le champ de protection de l'invention.

Revendications

1. Procédé de moulage en modèle perdu dans lequel on place dans un container (6), un ou plusieurs modèles (1) en une matière sublimable, on noie le ou les modèles dans du sable (7) en laissant subsister un orifice de coulée et on verse du métal liquide dans cet orifice, **caractérisé en ce que** le ou lesdits modèles (1) sont mis en place au préalable dans une enceinte (2) présentant au moins un élément propre à refroidir une ou plusieurs faces du modèle (1), l'ensemble enceinte/modèle(s) (2, 1) étant positionné dans le container (6) sans contact avec ce dernier.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle ou grappe (1) est mis en place dans l'enceinte (2) à un poste d'assemblage puis est

transféré par des moyens appropriés pour être introduit et positionné dans la cuve sans contact avec celle-ci.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'enceinte (2) est pré-positionnée en contact avec le container (6) et lorsqu'il reçoit la grappe (1), est repris et maintenu séparé du container (6) par un mécanisme approprié. 5
4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le l'ensemble enceinte/modèle (2, 1) est maintenu en suspension dans le container (6) sans contact avec celui-ci. 10
5. installation pour la mise en oeuvre d'un procédé de moulage par modèle perdu du type comprenant un container (6) monté sur un bâti vibrant, **caractérisée en ce qu'elle** comporte une enceinte (2) propre à recevoir un ou des modèles (1) et présentant au moins un élément propre à refroidir une ou plusieurs faces du modèle (1), ladite enceinte (2) comportant en outre des moyens de fixation à des moyens permettant la mise en place de l'ensemble enceinte/modèle (2, 1) dans le container (6) sans contact avec celui-ci. 15 20 25
6. Installation selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** cette enceinte de refroidissement ou refroidisseur (2) est un ensemble monobloc. 30
7. Installation selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** cette enceinte (2) est constitué de plusieurs éléments assemblés 35
8. Installation selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisée en ce que** le refroidisseur (2) ou ses éléments sont constitués de différents matériaux de propriétés mécaniques, conductivités thermiques et chaleur massique différentes tels qu'acier, fonte, aluminium, cuivre, matériaux frittés, céramiques. 40
9. Installation selon l'une des revendications 5 à 8, **caractérisée en ce que** le refroidisseur (2) présente au moins deux points de fixation permettant son accrochage à des moyens permettant sa mise en place dans la cuve. 45
10. Installation selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** ces moyens sont constitués de moyens de suspension et de transport (5) tels qu'une potence, un bras articulé, permettant de suspendre et de mettre en place le refroidisseur (2) dans le container (6), de le maintenir suspendu dedans et de l'extraire hors du container (6) lors de l'opération de décochage. 50 55
11. Installation selon l'une des revendications 5 à 10,

caractérisée en ce que le refroidisseur (2) est une enceinte ouverte dans sa partie supérieure et dans sa partie inférieure présentant quatre parois dont deux principales (3) de contact avec la grappe (1) enduite constituent les faces de refroidissement (3) et forment un angle de dépouille pour permettre la mise en place de la grappe (1) enduite et l'extraction de la grappe (1) solidifiée, la grappe (1) étant composée d'au moins deux pièces et d'un système de remplissage (1a) et dont les faces à mettre en contact avec le refroidisseur (2) sont positionnées à l'opposé du descendant, avec un angle correspondant à la dépouille du refroidisseur (2).

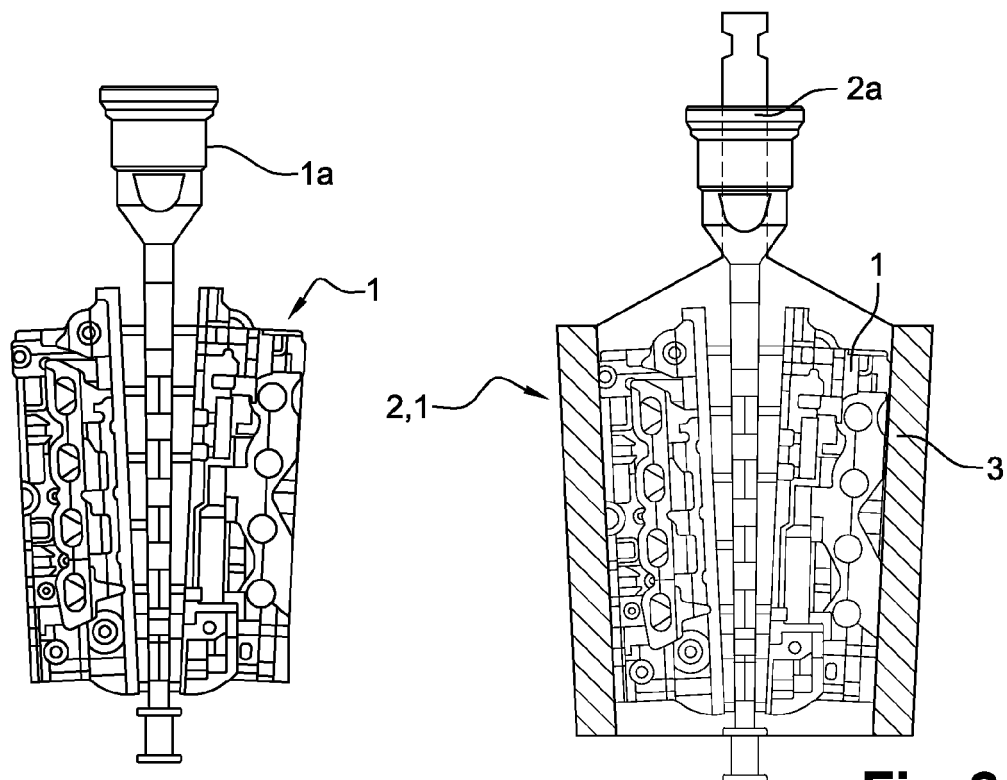


Fig. 2a

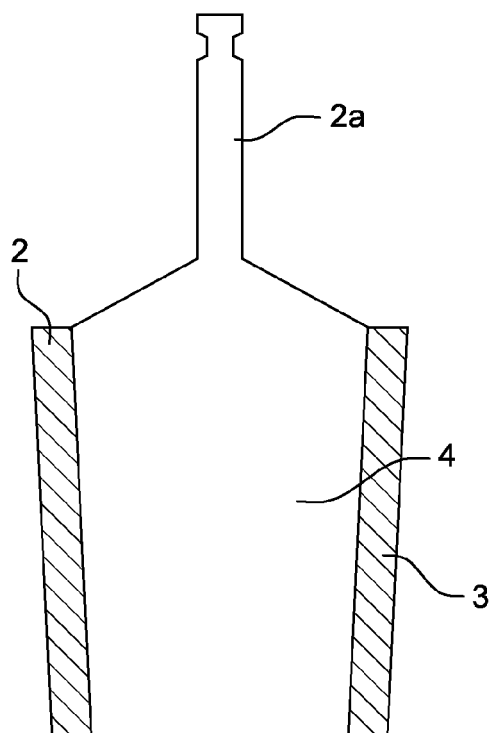


Fig. 1

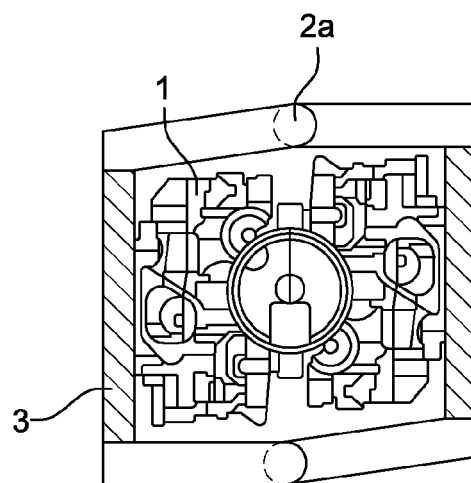


Fig. 2b

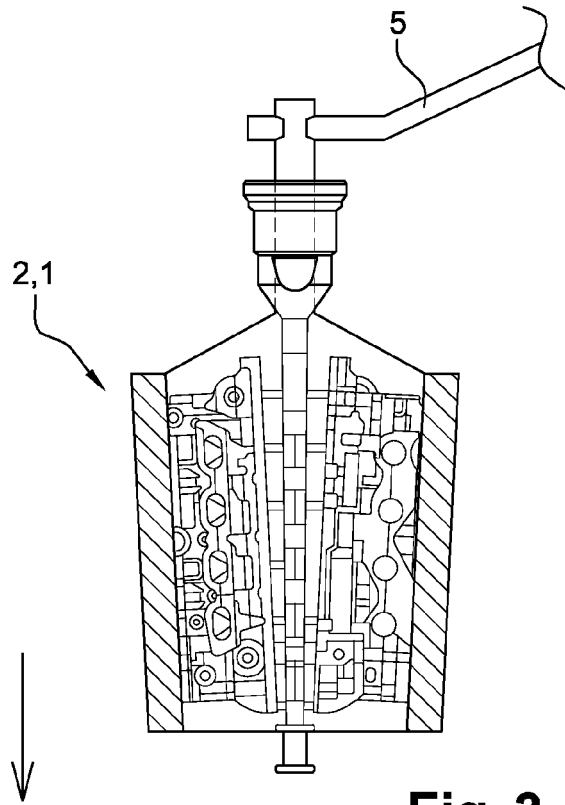


Fig. 3

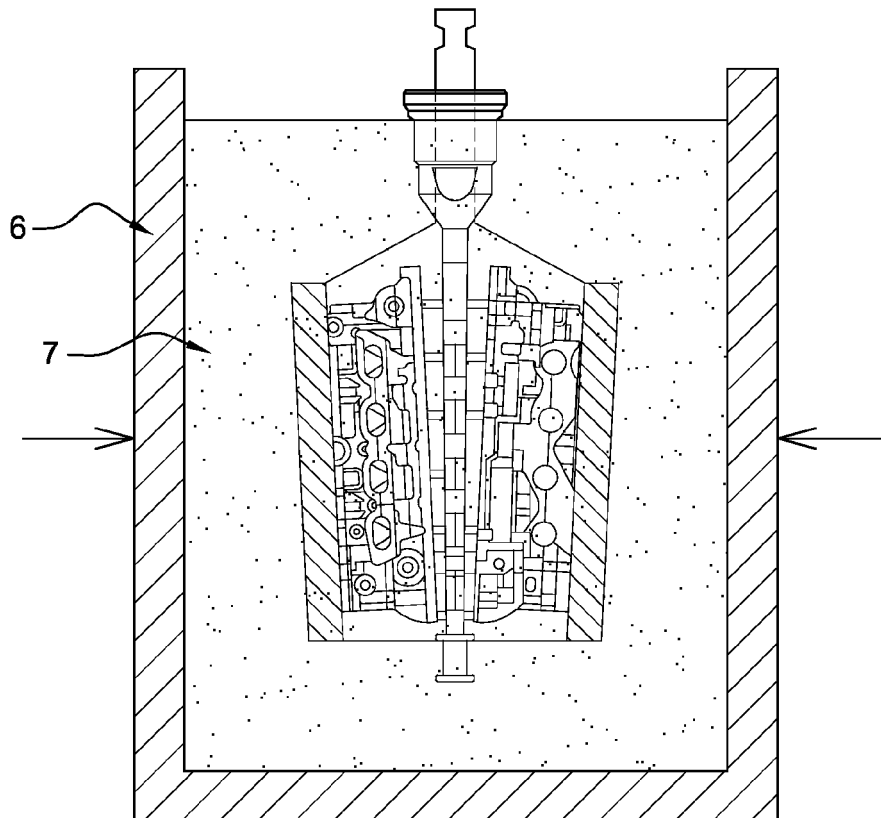


Fig. 4

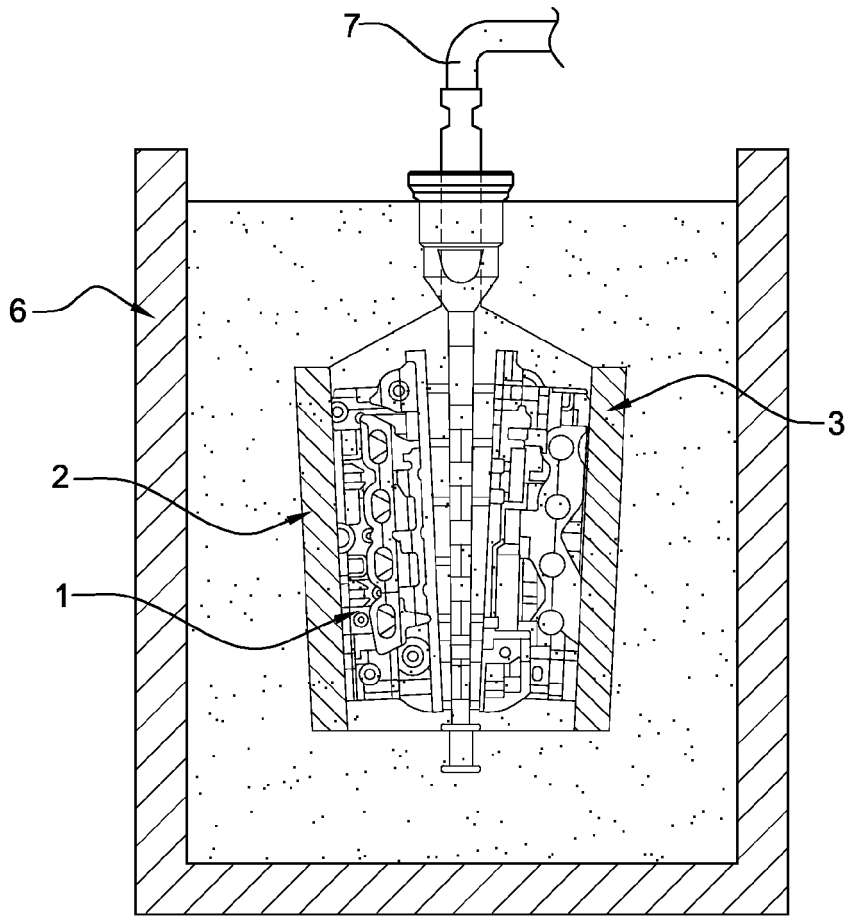


Fig. 5

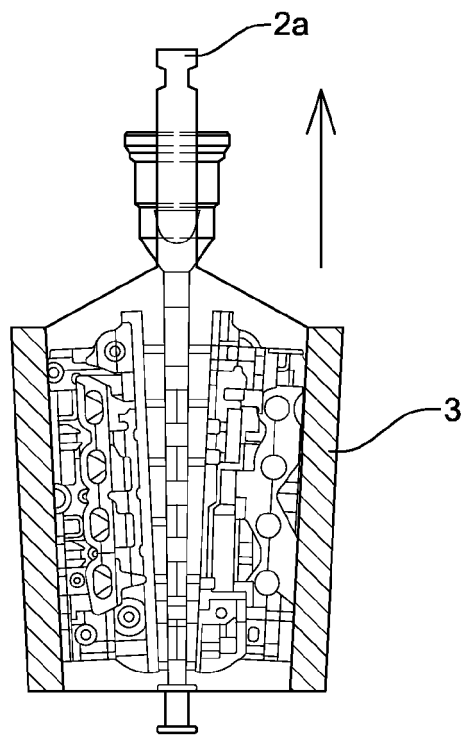


Fig. 6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 19 6190

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	FR 2 685 229 A1 (PEUGEOT [FR]; CITROEN SA [FR]) 25 juin 1993 (1993-06-25) * le document en entier * -----	1,5	INV. B22C7/02 B22C9/04 B22C13/08 B22D15/00
A	EP 0 301 928 A1 (RENAULT [FR]) 1 février 1989 (1989-02-01) * le document en entier * -----	1,5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B22D B22C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 17 mai 2011	Examineur Scheid, Michael
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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 intermédiaire			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 19 6190

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

17-05-2011

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2685229 A1	25-06-1993	AUCUN	
EP 0301928 A1	01-02-1989	FR 2618703 A1	03-02-1989

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2685229 [0005]