

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/120882 A1

(43) Date de la publication internationale
18 juin 2020 (18.06.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

B22C 1/18 (2006.01) B22C 1/16 (2006.01)
B22C 9/04 (2006.01) B22C 1/00 (2006.01)

européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2019/052940

(22) Date de dépôt international :

05 décembre 2019 (05.12.2019)

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1872711 11 décembre 2018 (11.12.2018) FR

(71) Déposant : SAFRAN [FR/FR] ; 2 Boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : ZHANG, Wen ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). AGUILAR ORTIZ, Julio-Alejandro ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). SALLOT, Pierre, Jean ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). SHARMA, Juhí ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : INTES, Didier et al. ; Cabinet Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 PARIS CEDEX 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),

(54) Title: IMPROVED CASTING SLURRY FOR THE PRODUCTION OF SHELL MOLDS

(54) Titre : BARBOTINE DE FONDERIE AMÉLIORÉE POUR LA FABRICATION DE MOULES CARAPACES

(57) Abstract: The invention relates to a casting slurry for the production of shell molds for molding a part comprising a metal alloy, the slurry comprising powder particles and a binder, wherein the binder comprises colloidal yttria and the powder particles comprise zirconia stabilized by calcium oxide.

(57) Abrégé : Barbotine de fonderie pour la fabrication de moules carapaces pour le moulage de pièce comprenant un alliage métallique, la barbotine comprenant des particules de poudre et un liant, le liant comprenant de l'yttrine colloïdale, et les particules de poudre comprenant de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium.

WO 2020/120882 A1

Description

Titre de l'invention : Barbotine de fonderie améliorée pour la fabrication de moules carapaces

5 Domaine Technique

[0001] Le présent exposé concerne le domaine de la fonderie, notamment les procédés de fonderie du type à cire perdue, et plus particulièrement les barbotines utilisées dans de tels procédés, notamment pour la fabrication de moules carapaces de fonderie.

10 Technique antérieure

[0002] Des procédés de fonderie dits à cire perdue ou à modèle perdu sont connus, en eux-mêmes, depuis l'Antiquité. Un tel procédé est par exemple décrit dans le document FR3031921. Ils sont particulièrement adaptés pour la production de pièces métalliques avec des formes complexes. Ainsi, la fonderie à modèle perdu est notamment utilisée pour la production de pales de
15 turbomachines ou de secteurs de roue aubagée. Dans la fonderie à modèle perdu, la première étape est normalement la fabrication d'un moule carapace, qui comprend généralement la réalisation d'un modèle en matériau à température de fusion comparativement peu élevée, comme par exemple une cire ou résine,
20 autour duquel est ensuite réalisée une carapace en matériau réfractaire. Après destruction du modèle, le plus souvent par évacuation du matériau du modèle de l'intérieur du moule carapace, ce qui donne son nom à ces procédés, un métal en fusion est coulé dans ce moule, afin de remplir la cavité formée par le modèle dans le moule après son évacuation. Une fois que le métal se refroidit et solidifie,
25 le moule peut être ouvert ou détruit afin de récupérer une pièce métallique conforme à la forme du modèle.

[0003] Pour réaliser le moule carapace, le modèle en cire est généralement trempé dans une barbotine de fonderie, puis enduit de sables et séché. Ces opérations peuvent être répétées afin de former plusieurs couches et d'obtenir
30 l'épaisseur et la tenue mécanique souhaitées pour le moule carapace. Cependant, la première couche de barbotine utilisée, appelée barbotine de contact, joue un rôle primordial sur la qualité des pièces métalliques moulées. En

effet, cette barbotine de contact permet de former la surface interne du moule carapace, venant directement en contact avec le métal de la pièce métallique à mouler.

5 [0004] Dans le domaine de l'aéronautique, la fabrication de pièces telles que des aubes de turbine utilise notamment ces procédés de fonderie à cire perdue. En particulier, des alliages intermétalliques à base d'aluminure de titane (TiAl), de par leur faible densité, sont fréquemment utilisés pour la fabrication de ces aubes. Ce type d'alliage présente la particularité de réagir facilement avec les constituants du moule carapace, le contact de ce moule carapace avec le métal 10 de la pièce pouvant détériorer l'état de surface de cette pièce. Pour limiter cet effet, il est connu d'utiliser une barbotine de contact incluant une poudre d'yttrine et un liant comportant de l'yttrine colloïdale. Cette barbotine présente néanmoins l'inconvénient d'être instable. En effet, la barbotine de contact présentant cette composition tend à gélifier rapidement, au bout de quelques heures, par exemple 15 au bout de trois ou quatre heures. Cet inconvénient limite l'application industrielle de ce type de barbotine. De plus, ce type de barbotine présente un coût élevé.

[0005] Alternativement, certains additifs ont pu être utilisés, mais aucun de ces additifs n'a apporté satisfaction dans la mesure où l'amélioration d'un paramètre de la barbotine était compensée par la dégradation inacceptable d'un autre 20 paramètre.

[0006] Il existe donc un besoin pour un nouveau type de barbotine de contact, présentant une stabilité accrue dans le temps.

Exposé de l'invention

25 [0007] Le présent exposé concerne une barbotine de fonderie pour la fabrication de moules carapaces pour le moulage de pièce comprenant un alliage métallique, la barbotine comprenant des particules de poudre et un liant, le liant comprenant de l'yttrine colloïdale, et les particules de poudre comprenant de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium.

30 [0008] Une barbotine de fonderie est une barbotine apte à être utilisée pour la formation d'un moule carapace dans lequel sera coulé du métal en fusion. En particulier, par différence avec une suspension quelconque, une telle barbotine comprend un liant, c'est-à-dire un composé assurant une cohésion entre les

particules de poudre et conférant au moule carapace sa tenue mécanique en cru et après frittage. Le liant peut être inorganique. De manière classique, les particules de poudre peuvent être des particules de sables (aussi connu sous le nom de « farine »), notamment des particules réfractaires, ayant généralement un diamètre compris entre 1 micromètre et 100 micromètres.

[0009] La barbotine de fonderie utilisée dans le présent exposé comprend un liant comprenant de l'yttrine colloïdale, et des particules de poudre comprenant de la zircone. De manière surprenante, il a été constaté par les inventeurs que la présence de CSZ (de l'anglais « calcia stabilized zirconia », c'est-à-dire de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium) dans les particules de poudre permettait de stabiliser significativement une barbotine comprenant de l'yttrine, et de conserver une fluidité suffisante, c'est-à-dire une viscosité faible. Inversement, la viscosité d'une barbotine de l'état de la technique (par exemple un liant comprenant de l'yttrine colloïdale et des particules de poudre comprenant de l'yttrine) ne présentant pas la composition du présent exposé, c'est-à-dire un liant comprenant de l'yttrine colloïdale et des particules de poudre comprenant de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium (CSZ), a tendance à augmenter avec le temps, entraînant la gélification de la barbotine.

[0010] Dans la barbotine du présent exposé, l'utilisation de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium permet de modifier l'interaction entre le liant et les particules de poudre pour stabiliser la barbotine, tout en conservant une faible réactivité avec les métaux à mouler, comme par exemple les alliages d'aluminure de titane (TiAl), voire une réactivité plus faible qu'une barbotine incluant une poudre d'yttrine et un liant comportant de l'yttrine colloïdale. La barbotine ainsi obtenue présente donc une durée de vie accrue et peut être réutilisée. Les bains utilisés peuvent également être plus grands, sans entraîner de perte.

[0011] Dans certains modes de réalisation, la barbotine est une barbotine de contact configurée pour venir au contact du métal de la pièce à mouler.

[0012] On appelle barbotine de contact la première barbotine utilisée, qui vient directement au contact du métal de la pièce au moment du moulage, par opposition aux barbotines suivantes, appelées barbotines de renfort et recouvrant les couches précédentes de moule carapace en formation. Une

barbotine de contact est configurée pour épouser la forme de la pièce et ne pas l'altérer. Une barbotine de contact est souvent conservée pendant des durées plus longues qu'une barbotine de renfort qui est consommée plus rapidement, d'où un besoin accru en stabilité pour une barbotine de contact. La barbotine selon le présent exposé est donc particulièrement adaptée pour une utilisation en tant que barbotine de contact, de par sa stabilité dans le temps et sa non-réactivité avec certains métaux tels que les TiAl.

5

10

15

20

25

30

[0013] Dans certains modes de réalisation, la teneur massique en oxyde de calcium dans la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium est comprise entre 1 et 30 %, de préférence entre 3 et 20 %, de préférence encore entre 5 et 10%.

[0014] Dans certains modes de réalisation, un ratio massique de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium dans la barbotine est compris entre 65 et 75 %, de préférence entre 68% et 72%, de préférence encore égal à 70%.

[0015] Dans certains modes de réalisation, un ratio massique du liant dans la barbotine est compris entre 20 et 40 %, de préférence entre 25 et 35 %, de préférence encore égal à 29,8%.

[0016] Dans certains modes de réalisation, un ratio massique d'additifs dans la barbotine est inférieur à 10 %, de préférence entre 0,1 et 5 %, de préférence encore égal à entre 0,5 et 2 %.

[0017] Dans certains modes de réalisation, la viscosité de la barbotine est comprise entre 0,1 et 2 Pa.s.

[0018] Plus précisément, la viscosité de la barbotine est maintenue à une valeur comprise entre 0,1 et 2 Pa.s pour une durée au moins égale à 24 heures. Ces valeurs permettent notamment de faciliter l'accessibilité de la barbotine à certaines zones étroites du modèle.

[0019] Dans certains modes de réalisation, la barbotine de fonderie est configurée pour la fabrication de moules carapaces pour le moulage de pièce comportant un alliage métallique à base d'aluminure de titane.

[0020] La barbotine selon le présent exposé est particulièrement adaptée pour une utilisation en tant que barbotine de contact, de par sa stabilité dans le temps

et sa non-réactivité avec les alliages métalliques à base d'aluminure de titane (TiAl).

5 [0021] Le présent exposé concerne également une utilisation d'une barbotine de fonderie selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents pour la fabrication d'un moule carapace.

[0022] Le présent exposé concerne également un procédé de fabrication d'un moule carapace pour le moulage de pièce, le procédé comprenant des étapes de :

- 10 - fourniture d'un modèle d'une pièce à fabriquer ;
- trempage du modèle dans une barbotine de contact selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents ;
- sablage du modèle trempé dans un sable de contact comportant de l'yttrine ;
- séchage de la couche obtenue par les étapes précédentes ;
- 15 - trempage du modèle dans une barbotine de renfort, sablage du modèle trempé dans un sable de renfort, et séchage de la couche obtenue, jusqu'à obtenir une épaisseur de moule carapace souhaitée ;
- enlèvement du modèle de pièce.

20 [0023] Dans certains modes de réalisation, la barbotine de renfort comporte un liant et des particules de poudre, le liant étant choisi parmi : le silicate d'éthyle, le silicate de soude ou les colloïdes parmi lesquels, notamment, la silice colloïdale, l'alumine colloïdale, l'yttrine colloïdale ou la zircone colloïdale.

[0024] Dans certains modes de réalisation, les particules de poudre comprennent au moins un composé parmi l'alumine, la mullite, la zircone, les composites mullite-zircone.

25 [0025] Le présent exposé concerne également un moule carapace obtenu par un procédé selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents.

30 [0026] Le moule carapace obtenu par le procédé selon le présent exposé permet de limiter la couche de réaction riche en oxygène qui se forme à la surface d'une pièce métallique, par exemple une aube d'un moteur aéronautique, moulée dans ce moule carapace. La couche de réaction est définie ici comme étant l'épaisseur pour laquelle la concentration en oxygène est supérieure à au moins deux fois la

concentration mesurée dans l'alliage de base. En particulier, pour un contact isotherme à 1600°C pour une durée de 5 min, cette couche de réaction reste inférieure à 15 µm pour la pièce ainsi obtenue.

5 Brève description des dessins

[0027] L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée faite ci-après de différents modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description fait référence aux pages de figures annexées, sur lesquelles :

10 [0028] [Fig. 1] La figure 1 représente schématiquement les étapes d'un procédé de fabrication d'un moule carapace pour procédés de fonderie ;

[0029] [Fig. 2] La figure 2 est un graphique illustrant l'évolution de la viscosité d'une barbotine témoin, et de la barbotine du présent exposé, en fonction d'une contrainte de cisaillement.

15

Description des modes de réalisation

[0030] Le procédé de fabrication de pièces aéronautiques, notamment une aube de turbine ou une grappe d'aubes de turbine, est un procédé par fonderie. Les différentes étapes de ce procédé sont décrites par exemple dans le document
20 FR3031921.

[0031] Une première étape de ce procédé consiste à fabriquer un modèle de grappe en cire appelé encore 'grappe non permanente'. Dans une deuxième étape, on fabrique le moule carapace à partir de la grappe en cire. A la fin de cette opération, on élimine du moule la cire constituant le modèle de grappe.
25 Cette élimination de la cire est réalisée en portant le moule carapace dans un four autoclave (ou autre) à une température supérieure à la température de fusion de la cire. Dans une troisième étape, on forme la grappe métallique d'aubes dans le moule carapace en coulant du métal en fusion dans celui-ci. Dans une quatrième étape, après le refroidissement et la solidification du métal
30 dans le moule carapace, la grappe est décochée du moule carapace. Enfin, dans

une cinquième étape chacune des aubes est séparée du reste de la grappe et finie par des procédés de parachèvement par exemple des procédés d'usinage.

5 [0032] L'invention concerne notamment la fabrication du moule carapace dans lequel la coulée du métal sera effectuée, et plus spécifiquement la barbotine de contact utilisée pour la fabrication de ce moule. Les différentes étapes de ce procédé sont illustrées sur la figure 1.

10 [0033] La première étape (étape S1) comprend la fourniture d'un modèle en cire, ou autre matériau équivalent facilement éliminable par la suite, de la pièce. Dans une deuxième étape, le modèle en cire est trempé dans une première barbotine, la barbotine de contact (étape S2), comprenant des particules de poudre et un liant. Un sablage, autrement dit un dépôt de particules de sable appelé stucco de contact, est ensuite effectué, suivi d'un séchage de la couche obtenue (étape S3). Cette étape de sablage permet de renforcer la couche et de faciliter l'accrochage de la couche suivante.

15 [0034] La couche ainsi obtenue est ensuite trempée dans une deuxième barbotine, appelée barbotine de renfort (étape S4). Un dépôt de particules de sable appelé stucco de renfort, est alors effectué, suivi d'un séchage de la couche obtenue (étape S5). Les étapes S4 et S5 sont répétées N fois, jusqu'à obtenir une épaisseur de moule carapace déterminée. Enfin, lorsque l'épaisseur souhaitée est atteinte, une étape de décirage, consistant à enlever le modèle en cire du modèle, puis de traitement thermique, est effectuée (étape S6). Après élimination du modèle en cire, on obtient un moule carapace céramique dont la cavité reproduit en négatif tous les détails de la pièce à mouler. Le traitement thermique comprend la cuisson du moule obtenu, la température de cuisson
20 étant de préférence comprise entre 1000 et 1200 °C.

[0035] Les barbotines utilisées sont composées de particules de matériaux céramiques, notamment de l'alumine, de la mullite, de la zircone ou autre, avec un liant colloïdal minéral et des adjuvants le cas échéant, tels que des agents mouillants ou des anti-moussants.

30 [0036] Dans le cadre de la fabrication de pièce aéronautique à base d'aluminure de titane (TiAl), la barbotine de contact utilisée à l'étape S2 comporte de l'yttrine. Le stucco de contact utilisé à l'étape S3 peut également comporter de l'yttrine. La

barbotine de renfort et le stucco de renfort utilisés aux étapes S4 et S5 peuvent comporter de la mullite, de l'alumine, de la silico-alumineuse, de la silice, du zircon, de la zircone ou de l'yttrine, par exemple.

5 [0037] L'invention concerne plus particulièrement la barbotine de contact utilisée à l'étape S2, et notamment la présence d'yttrine colloïdale et de zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium (CSZ) dans les particules de poudre que comporte celle-ci.

10 [0038] Afin d'apprécier l'influence de la présence de CSZ dans une barbotine de contact, les inventeurs ont d'abord étudié une barbotine témoin, notée barbotine A, destinée à être utilisée comme barbotine de contact pour la fabrication d'un moule carapace. La barbotine A peut avoir la composition suivante, exprimée en pourcentages massiques :

- liant (yttrine colloïdale) : 24 ,5% ;
- particules de poudre (poudre d'yttrine) : 75% ;
- 15 - agent mouillant, anti-moussant et autres additifs : 0.5%.

Cette répartition massique est ici donnée à titre d'exemple, étant entendu qu'une variation de la répartition massique pouvant aller jusqu'à 10% est possible. La barbotine A ne comporte pas de CSZ.

20 [0039] Par ailleurs, les inventeurs ont étudié une barbotine B dont les inventeurs ont déterminé qu'elle présentait une réactivité avec le TiAl similaire à celle de la barbotine A, et dont les particules de poudre comprennent de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium (CSZ), le CaO agissant comme un agent stabilisant. La CSZ peut être par exemple obtenue par frittage réactif. Le taux de CaO en pourcentage massique présent dans la poudre est compris entre 1 et 25 20%. La barbotine B ainsi obtenue présente les pourcentages massiques suivants :

- liant (yttrine colloïdale) : 29,8 % ;
- particules de poudre (CSZ) : 70 %, dont 5 % de CaO ;
- agent mouillant, anti-moussant et autres additifs : 0,2 %.

30 [0040] De la même façon, cette répartition massique est ici donnée à titre d'exemple, étant entendu qu'une variation de la répartition massique est possible dans les plages précédemment citées.

[0041] La barbotine B comprend également des impuretés inévitables. Parmi les impuretés inévitables, on peut citer par exemple le dioxyde de silicium (SiO_2), le dioxyde de titane (TiO_2), de l'oxyde de fer (Fe_2O_3) ou de l'alumine (Al_2O_3). On définit comme impuretés inévitables les éléments qui ne sont pas ajoutés de manière intentionnelle dans la composition et qui sont apportés avec d'autres éléments.

[0042] Les courbes illustrées sur la figure 2 permettent d'illustrer l'influence de la composition utilisée pour la barbotine de contact selon le présent exposé sur la stabilité de celle-ci. Cette figure présente l'évolution de la viscosité dynamique η en Pa.s de la barbotine, en fonction d'un cisaillement appliqué à cette barbotine. Ces mesures sont effectuées à l'aide d'un rhéomètre rotatif ayant des géométries cylindriques coaxiales, permettant d'appliquer à la barbotine un cisaillement compris entre 0,1 et 100 s^{-1} . Plus précisément, la viscosité dynamique η peut être calculée de manière non normalisée à partir de la contrainte de cisaillement τ et d'un taux de cisaillement $\dot{\gamma}$, selon la relation $\eta = \tau/\dot{\gamma}$. La courbe (a) représente la viscosité de la barbotine A au bout de 0,5 h, la courbe (b) représente la viscosité de la barbotine A au bout de 2 h, la courbe (c) représente la viscosité de la barbotine A au bout de 3,5 h, et la courbe (d) représente la viscosité de la barbotine B de l'invention au bout de 24 h. Les durées mentionnées ci-dessus sont déterminées à partir d'un instant t_0 correspondant à la fin de la fabrication de la barbotine.

[0043] Les courbes (a) et (b) illustrant la viscosité de la barbotine A au bout de 0,5 h et au bout de 2h sont sensiblement confondues. Pour un faible cisaillement, de l'ordre de 0,1 s^{-1} , la viscosité de la barbotine A est environ égal à 4 Pa.s au bout de 2 h. Cette viscosité augmente ensuite très rapidement avec le temps, et atteint une valeur supérieure à 25 Pa.s au bout de 3,5 h. En d'autres termes, la barbotine devient rapidement très visqueuse, et tend à se gélifier.

[0044] A l'inverse, la courbe (d) illustrant la viscosité de la barbotine B de l'invention montre que la viscosité de la barbotine B reste inférieure à 1 Pa.s au bout de 24 h, quel que soit le cisaillement appliqué à celle-ci. La barbotine B présente donc une stabilité accrue par rapport à la barbotine A, et reste fluide en conservant une viscosité faible même 24 h après la préparation de cette barbotine. Par ailleurs, la composition de la barbotine B permet de conserver une

réactivité faible avec les alliages TiAl, équivalente voire inférieure à celle de la barbotine A.

[0045] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

[0046] Il est également évident que toutes les caractéristiques décrites en référence à un procédé sont transposables, seules ou en combinaison, à un dispositif, et inversement, toutes les caractéristiques décrites en référence à un dispositif sont transposables, seules ou en combinaison, à un procédé.

Revendications

[Revendication 1] Barbotine de fonderie pour la fabrication de moules carapaces pour le moulage de pièce comprenant un alliage métallique, la barbotine
5 comprenant des particules de poudre et un liant, caractérisée en ce que le liant comprend de l'yttrine colloïdale, et en ce que les particules de poudre comprennent de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium, un ratio
massique de la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium dans la barbotine étant compris entre 65 et 75 %, de préférence entre 68% et 72%, de
10 préférence encore égal à 70%.

[Revendication 2] Barbotine selon la revendication 1, la barbotine étant une barbotine de contact configurée pour venir au contact du métal de la pièce à mouler.

[Revendication 3] Barbotine selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la teneur
15 massique en oxyde de calcium dans la zircone stabilisée par de l'oxyde de calcium est comprise entre 1 et 20 %.

[Revendication 4] Barbotine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la viscosité de la barbotine est comprise entre 0,1 et 2 Pa.s.

[Revendication 5] Barbotine de fonderie selon l'une quelconque des
20 revendications 1 à 4, configurée pour la fabrication de moules carapaces pour le moulage de pièce comportant un alliage métallique à base d'aluminure de titane.

[Revendication 6] Utilisation d'une barbotine de fonderie selon l'une quelconque
25 des revendications précédentes pour la fabrication d'un moule carapace.

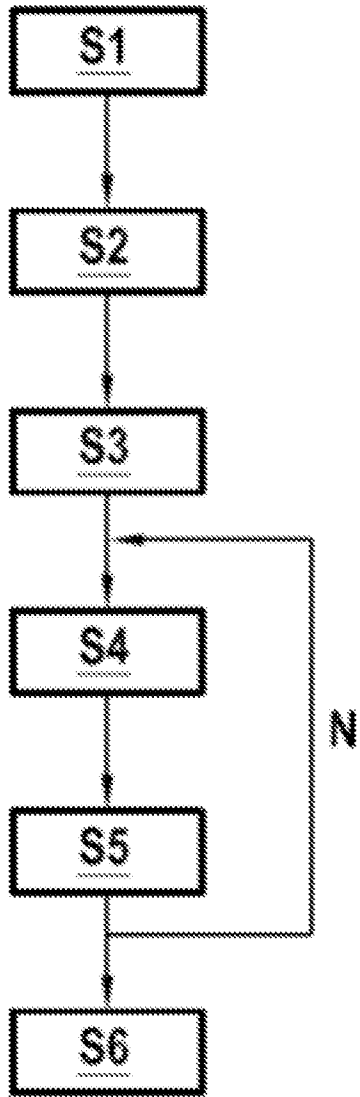
[Revendication 7] Procédé de fabrication d'un moule carapace pour le moulage de pièce, le procédé comprenant des étapes de :

- Fourniture d'un modèle d'une pièce à fabriquer ;
- trempage du modèle dans une barbotine de contact selon l'une quelconque
30 des revendications 1 à 5 ;
- sablage du modèle trempé dans un sable de contact comportant de l'yttrine ;

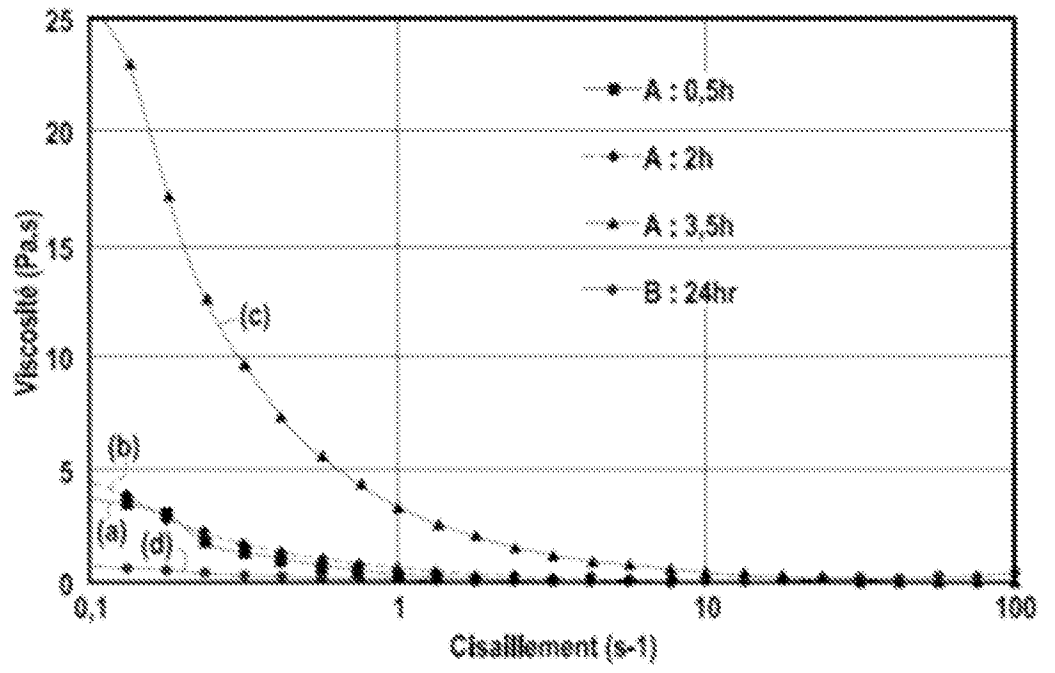
- séchage de la couche obtenue par les étapes précédentes ;
 - trempage du modèle dans une barbotine de renfort, sablage du modèle trempé dans un sable de renfort, et séchage de la couche obtenue, jusqu'à obtenir une épaisseur de moule carapace souhaitée ;
- 5 - enlèvement du modèle de pièce.

[Revendication 8] Moule carapace obtenu par un procédé selon la revendication 7.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/052940

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--|---|--|
| B22C 1/18 (2006.01)i; B22C 9/04 (2006.01)i; B22C 1/16 (2006.01)i; B22C 1/00 (2006.01)i | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22C | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | WO 2005025778 A1 (UNIV DO MINHO [PT]; UNIV DO PORTO [PT] ET AL.) 24 March 2005 (2005-03-24) page 5, line 3 - line 5 page 7, line 19 - line 25 page 13, line 9 - page 24, line 10; table 2 | 1-8 |
| A | EP 0204674 A2 (REMET CORP [US]) 10 December 1986 (1986-12-10) abstract page 7, line 25 - page 8, line 30 page 13, line 1 - line 9; table 1 page 16, line 22 - page 18, line 8; tables 3, 4 page 22, line 8 - line 10 page 22, line 26 - line 29 | 1-8 |
| A | FRUEH C ET AL. "ATTEMPTS TO DEVELOP A CERAMIC MOULD FOR TITANIUM CASTING - A REVIEW" <i>INTERNATIONAL JOURNAL OF CAST METALS RESE, CAST METALS DEVELOPMENT, BIRMINGHAM, GB</i> , Vol. 9, 01 January 1996 (1996-01-01), pages 233-240 ISSN: 1364-0461, XP009039702 page 234, left-hand column, line 8 - line 57 | 1-8 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 15 May 2020 | | Date of mailing of the international search report 27 May 2020 |
| Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016 | | Authorized officer Pipoli, Tiziana Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/052940

| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|---|---|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | AIHUI LIU ET AL. "Wettability of Ti6Al4V on calcia-stabilized zirconia" <i>MATERIALS LETTERS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL</i> , Vol. 73, 02 January 2012 (2012-01-02), pages 40-42, [retrieved on 2012-01-08] DOI: 10.1016/J.MATLET.2012.01.002 ISSN: 0167-577X, XP028461096 abstract page 40, right-hand column, line 1 - page 42, right-hand column, line 13 | 1-8 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/052940

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | | | Publication date (day/month/year) |
|--|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|
| WO | 2005025778 | A1 | 24 March 2005 | EP | 1670604 | A1 | 21 June 2006 |
| | | | | PT | 103018 | A | 31 March 2005 |
| | | | | US | 2007267165 | A1 | 22 November 2007 |
| | | | | WO | 2005025778 | A1 | 24 March 2005 |
| ----- | | | | | | | |
| EP | 0204674 | A2 | 10 December 1986 | DE | 3683086 | D1 | 06 February 1992 |
| | | | | EP | 0204674 | A2 | 10 December 1986 |
| | | | | JP | H0510291 | B2 | 09 February 1993 |
| | | | | JP | S62143864 | A | 27 June 1987 |
| | | | | US | 4740246 | A | 26 April 1988 |
| | | | | US | 4787439 | A | 29 November 1988 |
| ----- | | | | | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2019/052940

| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B22C1/18 B22C9/04 B22C1/16 B22C1/00 ADD. | | | | |
|--|---|-------------------------------|--|--|
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB | | | | |
| B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B22C | | | | |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche | | | | |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data | | | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | | | |
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées | | |
| A | WO 2005/025778 A1 (UNIV DO MINHO [PT]; UNIV DO PORTO [PT] ET AL.) 24 mars 2005 (2005-03-24) page 5, ligne 3 - ligne 5 page 7, ligne 19 - ligne 25 page 13, ligne 9 - page 24, ligne 10; tableau 2 | 1-8 | | |
| A | ----- EP 0 204 674 A2 (REMET CORP [US]) 10 décembre 1986 (1986-12-10) abrégé page 7, ligne 25 - page 8, ligne 30 page 13, ligne 1 - ligne 9; tableau 1 page 16, ligne 22 - page 18, ligne 8; tableaux 3, 4 page 22, ligne 8 - ligne 10 page 22, ligne 26 - ligne 29 ----- -/-- | 1-8 | | |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table> | | | <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents | <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe |
| <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents | <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe | | | |
| * Catégories spéciales de documents cités: | | | | |
| "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée | "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets | | | |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <p style="text-align: center;">15 mai 2020</p> | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center;">27/05/2020</p> | | | |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Fonctionnaire autorisé <p style="text-align: center;">Pipoli, Tiziana</p> | | | |

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
|---|---|-------------------------------|
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| A | <p>FRUEH C ET AL: "ATTEMPTS TO DEVELOP A CERAMIC MOULD FOR TITANIUM CASTING - A REVIEW", INTERNATIONAL JOURNAL OF CAST METALS RESE, CAST METALS DEVELOPMENT, BIRMINGHAM, GB, vol. 9, 1 janvier 1996 (1996-01-01), pages 233-240, XP009039702, ISSN: 1364-0461 page 234, colonne de gauche, ligne 8 - ligne 57</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1-8 |
| A | <p>AIHUI LIU ET AL: "Wettability of Ti6Al4V on calcia-stabilized zirconia", MATERIALS LETTERS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 73, 2 janvier 2012 (2012-01-02), pages 40-42, XP028461096, ISSN: 0167-577X, DOI: 10.1016/J.MATLET.2012.01.002 [extrait le 2012-01-08] abrégé page 40, colonne de droite, ligne 1 - page 42, colonne de droite, ligne 13</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1-8 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/052940

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | | | Date de publication |
|---|----|------------------------|---|------------|----|------------------------|
| WO 2005025778 | A1 | 24-03-2005 | EP | 1670604 | A1 | 21-06-2006 |
| | | | PT | 103018 | A | 31-03-2005 |
| | | | US | 2007267165 | A1 | 22-11-2007 |
| | | | WO | 2005025778 | A1 | 24-03-2005 |
| ----- | | | | | | |
| EP 0204674 | A2 | 10-12-1986 | DE | 3683086 | D1 | 06-02-1992 |
| | | | EP | 0204674 | A2 | 10-12-1986 |
| | | | JP | H0510291 | B2 | 09-02-1993 |
| | | | JP | S62143864 | A | 27-06-1987 |
| | | | US | 4740246 | A | 26-04-1988 |
| | | | US | 4787439 | A | 29-11-1988 |
| ----- | | | | | | |