

(19)



(11)

EP 3 496 880 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
02.03.2022 Bulletin 2022/09

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B22C 9/10 (2006.01) B22C 21/14 (2006.01)
B29C 33/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17754768.4**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B22C 21/14; B22C 9/108

(22) Date de dépôt: **03.08.2017**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2017/052185

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2018/029422 (15.02.2018 Gazette 2018/07)

(54) **PROCEDE DE POSITIONNEMENT D'UN NOYAU DANS UN MOULE**

VERFAHREN ZUR POSITIONIERUNG EINES KERNES IN EINER FORM

METHOD FOR POSITIONING A CORE IN A MOULD

(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

• **DALON, Thibault**
77550 Moissy-Cramayel (FR)

(30) Priorité: **09.08.2016 FR 1657663**

(43) Date de publication de la demande:
19.06.2019 Bulletin 2019/25

(74) Mandataire: **Ernest Gutmann - Yves Plasseraud S.A.S.**
c/o Plasseraud IP
66, rue de la Chaussée d'Antin
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines**
75015 Paris (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-2013/135236 DE-A1-102007 050 316
JP-A- 2007 333 462

(72) Inventeurs:

• **ARGOUD, Vincent, Michel**
77550 Moissy-Cramayel (FR)

EP 3 496 880 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de détermination de la position d'un noyau dans un moule d'injection, en particulier un moule d'injection de cire. Ce procédé est destiné à la fabrication de pièces pour turbomachines, telles que des aubes de turbine.

[0002] Classiquement, la technique de fonderie à cire perdue consiste en premier lieu à réaliser un modèle en cire, ou en tout autre matériau facilement éliminable par la suite, de la pièce à réaliser ; ce modèle comprend une pièce interne formant un noyau en céramique qui figure les cavités que l'on souhaite voir apparaître à l'intérieur de l'aubage. Le modèle en cire est ensuite trempé plusieurs fois dans des barbotines constituées d'une suspension de particules céramiques pour confectionner, par des opérations dite de stucage et de séchage, un moule carapace.

[0003] On procède ensuite au décirage du moule carapace, qui est une opération par laquelle on élimine de la carapace la cire ou le matériau constituant le modèle d'origine. Après cette élimination, on obtient un moule céramique dont la cavité reproduit toutes les formes de l'aube et qui renferme encore le noyau céramique destiné à générer les cavités internes de celle-ci. Le moule subit ensuite un traitement thermique à haute température ou « cuisson » qui lui confère les propriétés mécaniques nécessaires.

[0004] Le moule carapace est alors prêt pour la fabrication de la pièce métallique par coulée. Après contrôle de l'intégrité interne et externe du moule carapace, l'étape suivante consiste à couler un métal en fusion, qui vient occuper les vides entre la paroi intérieure du moule carapace et le noyau, puis à le solidifier. Dans le domaine de la fonderie à cire perdue, on distingue actuellement plusieurs techniques de solidification, donc plusieurs techniques de coulée, selon la nature de l'alliage et les propriétés attendues de la pièce résultant de la coulée. Il peut s'agir de solidification dirigée à structure colonnaire (DS), de solidification dirigée à structure monocristalline (SX) ou de solidification équiaxe (EX).

[0005] Après la coulée de l'alliage, on casse la carapace par une opération de décochage. Au cours d'une autre étape, on élimine chimiquement le noyau céramique qui est resté enfermé dans l'aube obtenue. L'aube métallique obtenue subit ensuite des opérations de parachèvement qui permettent d'obtenir la pièce finie.

[0006] Des exemples de réalisation d'aubes de turbine par la technique de fonderie à la cire perdue sont donnés dans les demandes de brevets FR2875425 et FR2874186 de la demanderesse.

[0007] Pour former le modèle en cire de l'aube on utilise un outillage, ou moule d'injection cire, dans lequel on place le noyau puis on injecte la cire liquide par un canal prévu à cet effet.

[0008] Il convient de placer ce noyau de façon extrêmement précise dans le moule d'injection car tout décalage dans son positionnement se traduira par des non

conformités de l'épaisseur des parois de l'aube. Le métal de l'aube étant soumis à des températures très importantes, ces défauts se traduiraient par des durées de vie de l'aube fortement réduites. Il convient donc de garantir avec une grande précision la place qu'occupe le noyau dans le moule. Pour cela, les moules actuellement utilisés comportent des moyens de support du noyau de façon statique, ces moyens de support pouvant comprendre des tiges dont les extrémités forment des points d'appui pour soutenir le noyau dans le moule.

[0009] Si ce type de positionnement du noyau s'avère efficace, il peut néanmoins poser un certain nombre de difficultés. En effet, les noyaux sont réalisés dans un moule dont l'empreinte correspond à celle du noyau. Or, un défaut de fabrication, même minime, du moule de fabrication du noyau, une estimation insuffisamment précise des coefficients de retrait et de répétabilité de l'étape de cuisson qui suivent l'opération de moulage, peuvent conduire à des différences d'épaisseurs de paroi sur la pièce finale, qui bien que ne conduisant pas à une non-conformité, ne sont toutefois pas souhaitables. Une solution évidente serait bien évidemment de fabriquer un nouveau moule d'injection du noyau qui respecterait les tolérances de fabrication pour le noyau. Toutefois, cette solution n'est pas souhaitable puisque l'étape de réalisation d'un moule de fabrication des noyaux est très coûteuse, aussi bien du point de vue financier que du point de vue du temps nécessaire à sa réalisation.

[0010] Le document WO2013/135236A1 concerne un procédé de positionnement et de fixation de pièces moulées dans des moules.

[0011] L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, efficace et économique aux problèmes de l'art antérieur décrit précédemment.

[0012] A cet effet, elle propose un procédé de détermination de la position des noyaux dans un moule d'injection, comprenant les étapes consistant à :

- a) Prélever k noyaux notés $R_1 \dots R_i \dots R_k$ dans une population de noyaux tous réalisés à partir d'un même modèle tridimensionnel théorique de noyau,
- b) établir un modèle tridimensionnel de chacun des noyaux,
- c) recalcr dans l'espace chacun des modèles tridimensionnels par rapport à une pluralité de points d'appui $T_1 \dots T_q \dots T_l$ du noyau dans le moule de manière à obtenir un modèle tridimensionnel spatial recalé V1 pour chaque noyau,
- d) sélectionner le noyau noté R_{rep} dont le modèle tridimensionnel spatial recalé V1 présente le moins d'écart avec le modèle tridimensionnel spatial théorique,
- e) effectuer un recalage du modèle tridimensionnel du noyau R_{rep} avec le modèle tridimensionnel spatial théorique en prenant en compte au moins une face fonctionnelle du modèle théorique du noyau de manière à obtenir un modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} .

f) repositionner les points d'appui T_q de manière à pouvoir supporter le noyau R_{rep} dans la position correspondant au modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} .

[0013] Selon l'invention, un défaut de géométrie des noyaux est compensé par un repositionnement d'un noyau représentatif par rapport aux faces fonctionnelles du modèle théorique. Tous les noyaux sont ensuite positionnés dans un moule d'injection de la même manière qu'est positionné le noyau représentatif dans un moule. Le procédé est ainsi particulièrement intéressant lorsque le (ou les) défaut de géométrie des noyaux correspond à une dérive d'une dimension par rapport à une valeur nominale. Le prélèvement des k noyaux est réalisé de manière aléatoire.

[0014] Le terme « face fonctionnelle » du noyau désigne une face du noyau destinée à former, avant montage de la pièce, une face de la géométrie finale de la pièce. Une telle face fonctionnelle est une face externe du noyau qui permet la mise en forme des faces interne ou externe de la pièce métallique et qui a un impact sur l'aérodynamique et la thermique de la pièce en fonctionnement. Dans le cas d'une aube de turbine, une face fonctionnelle peut faire référence à une face externe du noyau formant une face interne d'une paroi du noyau, telle qu'une paroi d'intrados ou d'extrados par exemple. La cavité interne de l'aube peut être une cavité de refroidissement de l'aube.

[0015] Le terme « modèle tridimensionnel » en référence à un noyau s'interprète comme un ensemble de données numériques permettant une reconstruction numérique tridimensionnelle du noyau, par exemple par un maillage géométrique.

[0016] Le terme « spatial » fait référence à modèle tridimensionnel positionné dans l'espace.

[0017] Le terme « recalé » fait référence à un modèle tridimensionnel spatial qui a été positionné ou repositionné dans l'espace.

[0018] Selon une autre caractéristique, chaque modèle tridimensionnel peut être obtenu à partir d'un relevé tridimensionnel de la surface externe du noyau, par exemple obtenu à partir d'une mesure sans contact qui peut être réalisée par triangulation optique. Dans une telle configuration, un projecteur central éclaire une pièce avec un réseau de franges qui sont observées par deux caméras CCD. On en déduit un maillage polygonal de la surface externe de chacun des noyaux.

[0019] Dans une réalisation particulière de l'invention, l'étape d) peut comprendre les étapes suivantes :

- sélectionner n points notés $P_1 \dots P_j \dots P_n$ sur au moins une des faces fonctionnelles du modèle théorique du noyau,
- sélectionner le noyau R_{rep} dont les n points du modèle tridimensionnel spatial recalé V1 présente le moins d'écart avec les mêmes n points du modèle théorique spatial.

[0020] Dans cette variante de réalisation, la détermination du noyau représentatif est ainsi effectuée par mesure des écarts sur une face fonctionnelle après recalage sur les points d'appui. Il est en effet intéressant de faire les mesures des écarts par rapport à au moins une face fonctionnelle puisqu'il s'agit d'une face ayant un impact direct sur une face correspondante de la pièce finale.

[0021] Egalement, l'étape d) peut comprendre les étapes suivantes, pour chaque noyau R_j :

i. déterminer l'écart $E_{i,j}^1$ entre chaque point P_j du modèle théorique et le modèle V1,

ii. calculer la moyenne $M_j(E_{i,j}^1) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_{i,j}^1$

iii. calculer $\Delta_{i,j}^1 = E_{i,j}^1 - M_j(E_{i,j}^1)$

iv. calculer pour chaque noyau R_j , $S_i^1 = \sum_{j=1}^n \Delta_{i,j}^{1,2}$

v. considérer le noyau R_j auquel est attribué la valeur S_i^1 la plus faible comme étant le noyau représentatif R_{rep} de la population de noyau.

[0022] De préférence, le procédé comprend une étape de vérification, intercalée entre les étapes e) et f), consistant à vérifier que le modèle spatial recalé V2 du noyau R_{rep} est mieux positionné que le modèle spatial recalé V1 du noyau R_{rep} .

[0023] Si le recalage V2 s'avère moins bon que le recalage V1, alors il convient de recommencer le recalage V2 sur un nombre de faces fonctionnelles inférieur au nombre de faces fonctionnelles utilisé précédemment.

[0024] L'étape de vérification comprend les étapes suivantes :

i. déterminer l'écart $E_{rep,j}^2$ entre chaque point P_j du modèle tridimensionnel spatial théorique et le modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} par rapport aux faces fonctionnelles,

ii. calculer $S_{rep}^2 = \sum_{j=1}^n E_{i,j}^2$,

iii. comparer S_{rep}^2 à S_{rep}^1 de manière à vérifier que S_{rep}^2 est inférieur à S_{rep}^1 .

[0025] L'écart $E_{i,j}^1$ et/ou l'écart $E_{rep,j}^2$ peuvent être déterminés selon la normale au modèle tridimensionnel spatial théorique au point P_j .

[0026] Le repositionnement des points d'appui de l'étape f) peut être effectué de la manière suivante, pour chacun des points T_q d'appui :

- projeter un point T_q suivant la normale au modèle tridimensionnel spatial théorique passant par le point de contact du point d'appui T_q avec le modèle tridi-

mensionnel spatial théorique, sur le modèle tridimensionnel spatial recalé V2, de manière à obtenir

un point T'_q ,

- modifier les points d'appui dans le moule de manière à être amenés au niveau des points T'_q .

[0027] Dans une réalisation pratique de l'invention, k est supérieur ou égal à cinq et/ou l est supérieur ou égal à six et/ou n est supérieur ou égal trois. En pratique, n est fonction de la courbure et de la tolérance de la face fonctionnelle considérée. Plus la courbure est faible, moins n est grand. Ainsi, le nombre n minimal est trois, ce qui correspond au nombre de points minimal pour positionner un plan de manière isostatique dans l'espace.

[0028] Dans le cadre de la fabrication d'une pièce de turbomachine, le moule d'injection est un moule d'injection de cire. Le noyau peut être un noyau d'aube de turbine par exemple.

[0029] L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif, en référence à la figure 1 représentant les étapes principales du procédé selon l'invention.

[0030] Dans une première étape a) du procédé, on sélectionne k noyaux notés $R_1 \dots R_j \dots R_k$ dans une population de noyaux, tous réalisés à partir d'un même modèle tridimensionnel théorique de noyau. Le terme « population » fait ici référence à un ensemble de noyaux dont le nombre peut être déterminé ou indéterminé.

[0031] Dans une seconde étape b) du procédé, un relevé tridimensionnel de la surface externe de chacun des noyaux est obtenu à partir d'une mesure sans contact qui peut être une mesure optique, par exemple par triangulation optique comme évoqué précédemment. Bien entendu, d'autres méthodes de mesures pourraient être utilisées sans sortir de l'objet de l'invention. Par exemple, une autre méthode peut consister à utiliser un dispositif à palpeur ou machine à mesurer tridimensionnelle (dites MMT) plus précis mais beaucoup plus lent. Le relevé tridimensionnel permet d'établir un modèle tridimensionnel de chacun des noyaux, c'est-à-dire un modèle numérique comprenant un ensemble de coordonnées de points de la surface d'un noyau, permettant un positionnement relatif des points.

[0032] Dans une troisième étape c), le procédé comprend une étape de positionnement dans l'espace de chacun des modèles tridimensionnels par rapport à l points d'appui $T_1 \dots T_q \dots T_l$ du noyau dans le moule de manière à obtenir un modèle tridimensionnel spatial V_1 pour chaque noyau. Ce positionnement consiste ainsi en un recalage spatial par rapport aux l points d'appui.

[0033] En pratique, ce recalage peut être réalisé en effectuant une minimisation de l'écart entre le modèle tridimensionnel spatial théorique et le modèle tridimen-

sionnel spatial recalé V1 de chacun des noyaux, au niveau des points T_q . La minimisation peut être effectuée selon la méthode des moindres carrés.

[0034] Le procédé consiste ensuite, dans une quatrième étape, à sélectionner le noyau noté R_{rep} dont le modèle tridimensionnel spatial recalé V1 présente le moins d'écart avec les écarts moyens calculés entre les modèles réels et le modèle tridimensionnel spatial théorique. Cette étape est réalisée sur n points P_j notés $P_1 \dots P_j \dots P_n$ appartenant à au moins une des faces fonctionnelles du modèle théorique du noyau théorique. De préférence, les n points sont répartis sur un nombre maximum de faces fonctionnelles. De préférence, les n points sont répartis sur les faces fonctionnelles choisies et on sélectionne un nombre de points par face en fonction de la courbure et de la tolérance appliquée à la face considérée.

[0035] Cette étape de sélection du noyau représentatif du groupe de k noyaux est effectuée en réalisant les étapes suivantes :

i. déterminer l'écart $E_{i,j}^1$ entre chaque point P_j du modèle théorique et le modèle V1, suivant la normale au modèle théorique passant par le point P_j ,

ii. calculer la moyenne $M_j(E_{i,j}^1) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_{i,j}^1$

iii. calculer $\Delta_{i,j}^1 = E_{i,j}^1 - M_j(E_{i,j}^1)$

iv. calculer pour chaque noyau R_i , $S_i^1 = \sum_{j=1}^n \Delta_{i,j}^{1,2}$

v. considérer le noyau R_j auquel est attribué la valeur S_i^1 la plus faible comme étant le noyau représentatif R_{rep} de la population de noyau.

[0036] Afin de pouvoir déterminer la nouvelle position souhaitée du noyau représentatif R_{rep} dans le moule, il convient ensuite de réaliser, dans une cinquième étape, un second recalage du modèle tridimensionnel en prenant en compte au moins une face fonctionnelle du modèle théorique du noyau de manière à obtenir un modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep}

[0037] A la différence du recalage V1 effectué pour chacun des noyaux, le recalage du noyau représentatif R_{rep} est effectué uniquement sur au moins une des faces fonctionnelles et ne prend pas en compte les points d'appui T_q . Il s'agit ici de permettre un repositionnement du noyau représentatif R_{rep} de manière à minimiser les écarts de forme entre la pièce obtenue à partir du noyau représentatif et une pièce théorique issue du noyau théorique, la contrainte des points d'appui T_q étant éliminée.

[0038] Avant de passer à la sixième étape, c'est-à-dire l'étape f), une étape préalable de vérification du recalage du modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} est effectuée. Cette étape de vérification comprend les étapes suivantes :

- i. déterminer l'écart $E_{rep,j}^2$ entre chaque point P_j du modèle tridimensionnel spatial théorique et le modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} par rapport aux faces fonctionnelles, cet écart étant mesuré suivant la normale passant par le point P_j du modèle tridimensionnel spatial théorique,
- ii. calculer $S_{rep}^2 = \sum_{j=1}^n E_{i,j}^2$,
- iii. comparer S_{rep}^2 à S_{rep}^1 de manière à vérifier que S_{rep}^2 est inférieur à S_{rep}^1 .

[0039] Lorsque S_{rep}^2 est supérieur à S_{rep}^1 , plusieurs situations se présentent. Si le recalage du modèle tridimensionnel du noyau R_{rep} a été effectué sur une seule face fonctionnelle, alors il convient d'établir que le modèle tridimensionnel spatial recalé V1 du noyau R_{rep} est préférable puisque cela démontre que le recalage des noyaux sur les faces fonctionnelles ne permet pas d'avoir un meilleur positionnement du noyau. Si le recalage du modèle tridimensionnel est effectué sur une pluralité de faces fonctionnelles, c'est-à-dire F faces fonctionnelles, $F \geq 2$, alors on effectue le recalage de l'étape e) sur F-1 faces fonctionnelles puis on détermine si le nouveau recalage V2 du modèle tridimensionnel spatial R_{rep} est meilleur que le recalage V1 du noyau R_{rep} en comparant S_{rep}^2 à S_{rep}^1 .

[0040] Dans une approche complémentaire, il serait possible d'effectuer un classement des faces fonctionnelles en au moins deux groupes, un premier groupe de faces fonctionnelles principales et un second groupe de faces fonctionnelles secondaires. Les faces fonctionnelles principales sont des faces pour lesquelles les tolérances de fabrication sont plus faibles que pour les faces fonctionnelles secondaires de sorte que le recalage effectué à l'étape e) peut être effectué préférentiellement sur les faces fonctionnelles principales. Ainsi, si le recalage de l'étape e) doit être de nouveau effectué, il est alors préférable de supprimer la contrainte du recalage par rapport à une face fonctionnelle secondaire. Enfin, il conviendra de vérifier que les écarts au niveau des faces fonctionnelles secondaires, entre le modèle tridimensionnel spatial théorique et le nouveau modèle tridimensionnel V2 n'excède pas les tolérances admissibles de fabrication.

[0041] La sixième étape f) consiste à repositionner les points d'appui T_q de manière à pouvoir supporter le noyau R_{rep} dans la position correspondant au modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} .

[0042] Ce repositionnement est effectué en effectuant les étapes consistant à :

- projeter un point T_q , suivant la normale au modèle tridimensionnel spatial théorique passant par le point de contact du point d'appui T_q avec le modèle tridimensionnel spatial théorique, sur le modèle tridimensionnel spatial recalé V2, de manière à obtenir un point T'_q ,
- modifier les points d'appui dans le moule de manière à être amenés au niveau des points T'_q .

[0043] En pratique, pour effectuer la seconde sous-étape ci-dessus, on procède à une détermination de la distance entre chaque couple de points T_q et T'_q , ce qui donne l distances. Ces distances correspondent aux corrections de positionnement à appliquer aux extrémités des tiges de support du noyau.

Revendications

1. Procédé de détermination de la position des noyaux dans un moule d'injection, comprenant les étapes consistant à :
 - a) Prélever k noyaux notés $R_1 \dots R_i \dots R_k$ dans une population de noyaux tous réalisés à partir d'un même modèle tridimensionnel théorique de noyau,
 - b) établir un modèle tridimensionnel de chacun des noyaux,
 - c) recaler dans l'espace chacun des modèles tridimensionnels par rapport à l points d'appui $T_1 \dots T_q \dots T_l$ du noyau dans le moule de manière à obtenir un modèle tridimensionnel spatial recalé V1 pour chaque noyau,
 - d) sélectionner le noyau noté R_{rep} dont le modèle tridimensionnel spatial recalé V1 présente le moins d'écart avec le modèle tridimensionnel spatial théorique,
 - e) effectuer un recalage du modèle tridimensionnel du noyau R_{rep} avec le modèle tridimensionnel spatial théorique en prenant en compte au moins une face fonctionnelle du modèle théorique du noyau de manière à obtenir un modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} ,
 - f) repositionner les points d'appui T_q de manière à pouvoir supporter le noyau R_{rep} dans la position spatiale correspondant au modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} .
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel chaque modèle tridimensionnel est obtenu à partir d'un relevé tridimensionnel de la surface externe du noyau, par exemple obtenu à partir d'une mesure sans contact.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape d) comprend les étapes suivantes :

- sélectionner n points notés $P_1 \dots P_j \dots P_n$ sur au moins une des faces fonctionnelles du modèle théorique du noyau,
 - sélectionner le noyau R_{rep} dont les n points du modèle tridimensionnel spatial recalé V1 présente le moins d'écart avec les mêmes n points du modèle théorique spatial.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape d) comprend les étapes suivantes, pour chaque noyau R_j :

i. déterminer l'écart $E_{i,j}^1$ entre chaque point P_j du modèle théorique et le modèle V1,
 ii. calculer la moyenne

$$M_j(E_{i,j}^1) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_{i,j}^1$$

iii. calculer $\Delta_{i,j}^1 = E_{i,j}^1 - M_j(E_{i,j}^1)$

iv. calculer pour chaque noyau R_i ,

$$S_i^1 = \sum_{j=1}^n \Delta_{i,j}^1{}^2$$

v. considérer le noyau R_j auquel est attribué la valeur S_i^1 la plus faible comme étant le noyau représentatif R_{rep} de la population de noyau.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant une étape de vérification, intercalée entre les étapes e) et f), consistant à vérifier que le modèle spatial recalé V2 du noyau R_{rep} est mieux positionné que le modèle spatial recalé V1 du noyau R_{rep} .

6. Procédé selon la revendication 5 et la revendication 4, dans lequel l'étape de vérification comprend les étapes suivantes :

i. déterminer l'écart $E_{rep,j}^2$ entre chaque point P_j du modèle tridimensionnel spatial théorique et le modèle tridimensionnel spatial recalé V2 du noyau R_{rep} par rapport aux faces fonctionnelles,

ii. calculer $S_{rep}^2 = \sum_{j=1}^n E_{i,j}^2{}^2$,

iii. comparer S_{rep}^2 à S_{rep}^1 de manière à vérifier que S_{rep}^2 est inférieur à S_{rep}^1 .

7. Procédé selon la revendication 4 ou la revendication 6, dans lequel l'écart $E_{i,j}^1$ et/ou l'écart $E_{rep,j}^2$ sont déterminés selon la normale au modèle tridimen-

sionnel spatial théorique au point P_j .

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape f) comprend les étapes suivantes pour chacun des points T_q d'appui:

- projeter un point T_q suivant la normale au modèle tridimensionnel spatial théorique passant par le point de contact du point d'appui T_q avec le modèle tridimensionnel spatial théorique, sur le modèle tridimensionnel spatial recalé V2, de

manière à obtenir un point T'_q ,

- modifier les points d'appui dans le moule de manière à être amenés au niveau des points T'_q .

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel k est supérieur ou égal à cinq et/ou l est supérieur ou égal à six.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9 et la revendication 3, dans lequel n est supérieur ou égal trois.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moule d'injection est un moule d'injection de cire.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der Position von Kernen in einer Spritzgussform, umfassend die folgenden Schritte:

a) Entnehmen von k mit $R_1 \dots R_j \dots R_k$ bezeichneten Kernen aus einer Population von Kernen, die alle aus demselben theoretischen dreidimensionalen Kernmodell hergestellt wurden,
 b) Erstellen eines dreidimensionalen Modells von jedem der Kerne,

c) räumliches Abgleichen jedes der dreidimensionalen Modelle in Bezug auf l Auflagepunkte $T_1 \dots T_q \dots T_l$ des Kerns in der Form, so dass ein abgeglichenes räumliches, dreidimensionales Modell V1 für jeden Kern erhalten wird,

d) Auswählen des mit R_{rep} bezeichneten Kerns, dessen abgeglichenes räumliches, dreidimensionales Modell V1 die geringste Abweichung von dem theoretischen räumlichen, dreidimensionalen Modell aufweist,

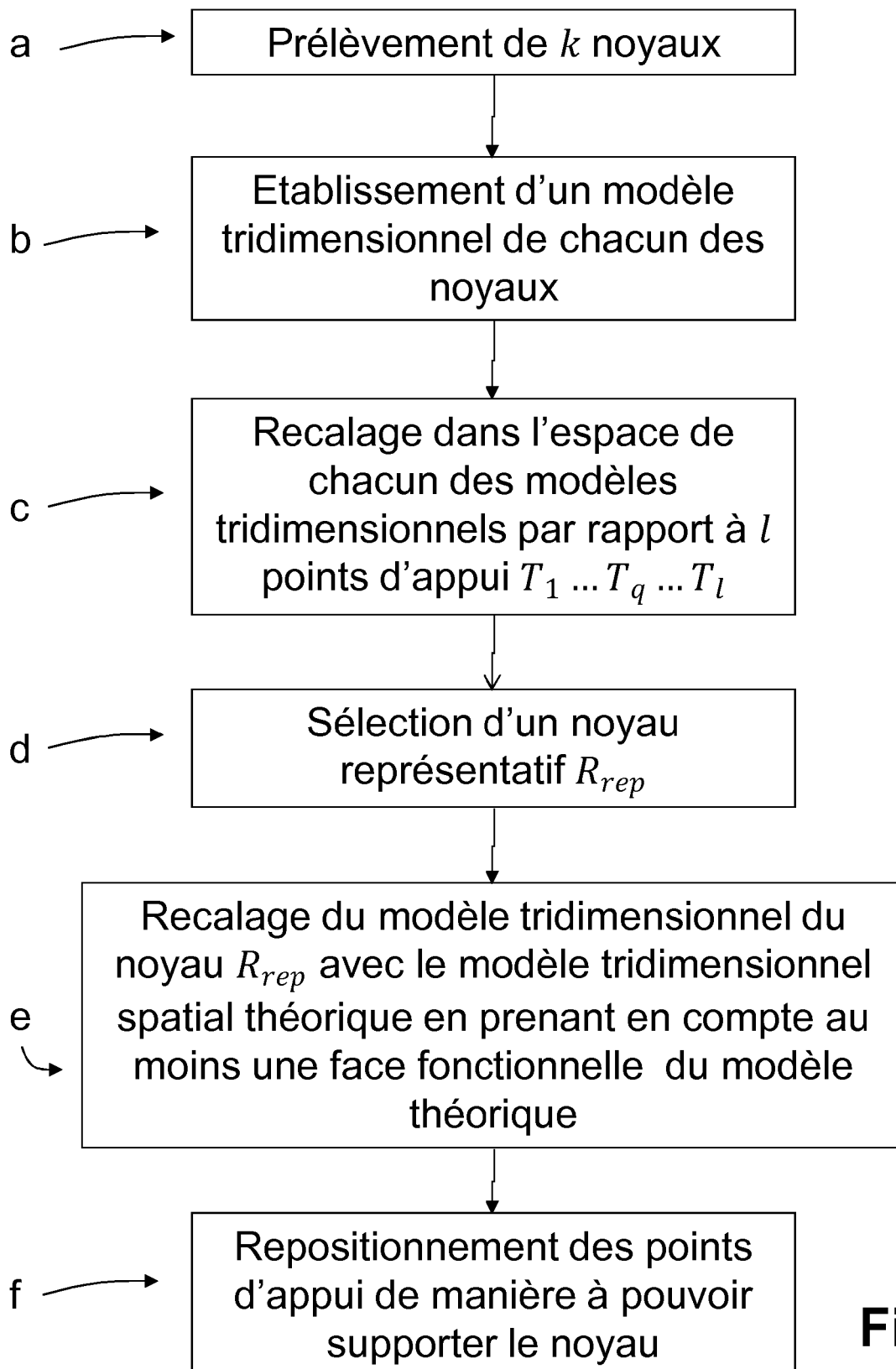
e) Durchführen eines Abgleichs des dreidimensionalen Modells des Kerns R_{rep} mit dem theoretischen räumlichen, dreidimensionalen Modell unter Berücksichtigung zumindest einer Funktionsfläche des theoretischen Kernmo-

- dells, um ein abgeglichenes räumliches, dreidimensionales Modell V2 des Kerns R_{rep} zu erhalten,
- f) Neupositionieren der Auflagepunkte T_q , so dass der Kern R_{rep} in der räumlichen Position abgestützt werden kann, die dem abgeglichenen räumlichen, dreidimensionalen Modell V2 des Kerns R_{rep} entspricht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jedes dreidimensionale Modell aus einer dreidimensionalen Vermessung der Außenfläche des Kerns erhalten wird, die beispielsweise aus einer berührungslosen Messung erhalten wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei Schritt d) die folgenden Schritte umfasst:
 - Auswählen von n mit $P_1 \dots P_j \dots P_n$ bezeichneten Punkten auf zumindest einer der Funktionsflächen des theoretischen Kernmodells,
 - Auswählen des Kerns R_{rep} , bei dem die n Punkte des abgeglichenen räumlichen, dreidimensionalen Modells V1 die geringste Abweichung von den gleichen n Punkten des theoretischen räumlichen Modells aufweisen.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei Schritt d) für jeden Kern R_i die folgenden Schritte umfasst:
 - i. Ermitteln der Abweichung $E_{i,j}^1$ zwischen jedem Punkt P_j des theoretischen Modells und dem Modell V1,
 - ii. Berechnen des Mittelwerts $M_j(E_{i,j}^1) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_{i,j}^1$
 - iii. Berechnen von $\Delta_{i,j}^1 = E_{i,j}^1 - M_j(E_{i,j}^1)$
 - iv. für jeden Kern R_i Berechnen von $S_i^1 = \sum_{j=1}^n \Delta_{i,j}^{1,2}$
 - v. Betrachten des Kerns R_i , dem der niedrigste Wert S_i^1 zugewiesen wurde, als den repräsentativen Kern R_{rep} der Kernpopulation.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend einen zwischen den Schritten e) und f) eingeschobenen Verifizierungsschritt, bei dem verifiziert wird, dass das abgeglichene räumliche Modell V2 des Kerns R_{rep} besser positioniert ist als das abgeglichene räumliche Modell V1 des Kerns R_{rep} .
 6. Verfahren nach Anspruch 5 und Anspruch 4, wobei der Verifizierungsschritt die folgenden Schritte umfasst:
 - i. Ermitteln der Abweichung $E_{rep,j}^2$ zwischen jedem Punkt P_j des theoretischen räumlichen, dreidimensionalen Modells und dem abgeglichenen räumlichen, dreidimensionalen Modell V2 des Kerns R_{rep} in Bezug auf die Funktionsflächen,
 - ii. Berechnen von $S_{rep}^2 = \sum_{j=1}^n E_{i,j}^{2,2}$
 - iii. Vergleichen von S_{rep}^2 mit S_{rep}^1 , um zu verifizieren, dass S_{rep}^2 kleiner ist als S_{rep}^1 .
 7. Verfahren nach Anspruch 4 oder Anspruch 6, wobei die Abweichung $E_{i,j}^1$ und/oder die Abweichung $E_{rep,j}^2$ gemäß der Normalen zum theoretischen räumlichen, dreidimensionalen Modell am Punkt P_j ermittelt werden.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei Schritt f) für jeden der Auflagepunkte T_q die folgenden Schritte umfasst:
 - Projizieren eines Punktes T_q entlang der Normalen zum theoretischen räumlichen, dreidimensionalen Modell, die durch den Berührungspunkt des Auflagepunktes T_q mit dem theoretischen räumlichen, dreidimensionalen Modell verläuft, auf das abgeglichene räumliche, dreidimensionale Modell V2, um einen Punkt T'_q zu erhalten,
 - Ändern der Auflagepunkte in der Form, so dass sie in den Bereich der Punkte T'_q gebracht werden.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei k größer oder gleich fünf ist und/oder l größer oder gleich sechs ist.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und Anspruch 3, wobei n größer oder gleich drei ist.
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spritzgussform eine Wachsspritzgussform ist.

Claims

1. A method for determining the position of the cores in an injection mould, comprising the steps of:

- a) Collecting k cores noted $R_1 \dots R_i \dots R_k$ in a population of cores all produced from the same theoretical three-dimensional core model,
- b) making a three-dimensional model of each of the cores,
- c) relocating each of the three-dimensional models in space relative to l support points $T_1 \dots T_q \dots T_l$ of the core in the mould to obtain a relocated three-dimensional spatial model of each core V1,
- d) selecting the core noted R_{rep} the three-dimensional spatial model V1 of which has the least difference with the theoretical three-dimensional spatial model,
- e) relocating the three-dimensional model of the core R_{rep} with the theoretical three-dimensional spatial model by taking into account at least one functional face of the theoretical model of the core in order to obtain a relocated three-dimensional spatial model V2 of the core R_{rep}
- f) repositioning the support points T_q so that it can support the core R_{rep} in the spatial position corresponding to the relocated three-dimensional spatial model V2 of the core R_{rep} .
2. A method according to claim 1, wherein each three-dimensional model is obtained from a three-dimensional survey of the outer surface of the core, for example obtained from a contactless measurement.
3. A method according to claim 1 or 2, wherein step d) comprises the following steps:
- selecting n points noted $P_1 \dots P_j \dots P_n$ on at least one of the functional faces of the theoretical model of the core,
 - selecting the core R_{rep} the n points of the relocated three-dimensional spatial model V1 of which have the least difference with the same points n of the spatial theoretical model.
4. A method according to claim 3, wherein step d) comprises the following steps for each core R_i :
- i. determining the difference $E_{i,j}^1$ between each point P_j of the theoretical model and the model V1,
 - ii. calculating the average $M_j(E_{i,j}^1) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_{i,j}^1$
 - iii. calculating $\Delta_{i,j}^1 = E_{i,j}^1 - M_j(E_{i,j}^1)$
 - iv. calculating for each core R_i , $S_i^1 = \sum_{j=1}^n \Delta_{i,j}^{1,2}$
 - v. considering the core R_j which the lowest value
- is assigned S_i^1 to as the representative core R_{rep} of the core population.
5. A method according to one of the preceding claims, comprising a checking step, between steps e) and f), consisting in verifying that the relocated spatial model V2 of the core R_{rep} is better positioned than the relocated spatial model V1 of the core R_{rep} .
6. A method according to claim 5 and claim 4, wherein the checking step includes the following steps:
- i. determining the difference $E_{rep,j}^2$ between each point P_j of the theoretical three-dimensional spatial model and the relocated three-dimensional spatial model V2 of the core R_{rep} relative to the functional faces,
 - ii. calculating $S_{rep}^2 = \sum_{j=1}^n E_{i,j}^2$,
 - iii. comparing S_{rep}^2 with S_{rep}^1 in order to verify that S_{rep}^2 is less than S_{rep}^1 .
7. A method according to claim 4 or claim 6, wherein the difference $E_{i,j}^1$ and/or the difference $E_{rep,j}^2$ are determined according to the normal to the theoretical three-dimensional spatial model at the point P_j .
8. A method according to one of claims 1 to 7, wherein step f) comprises the following steps for each of the support points T_q :
- projecting a point T_q as normal to the theoretical three-dimensional spatial model passing through the contact point of the support point T_q with the theoretical three-dimensional spatial model, on the relocated three-dimensional spatial model V2, in order to obtain a point T'_q ,
 - modifying the support points in the mould so that they are brought to the level of the points T'_q .
9. A method according to one of claims 1 to 8, wherein k is greater than or equal to five and/or l is greater than or equal to six.
10. A method according to one of claims 1 to 9 and claim 3, wherein n is greater than or equal to three.
11. A method according to one of the above claims, wherein the injection mould is a wax injection mould.

**Fig. 1**

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 2875425 [0006]
- FR 2874186 [0006]
- WO 2013135236 A1 [0010]