

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :

3 135 908

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

②1 N° d'enregistrement national :

22 05150

⑤1 Int Cl⁸ : **B 22 C 1/02** (2022.01), **B 22 C 9/10**, **C 01 D 9/00**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30.05.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.12.23 Bulletin 23/48.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *SAFRAN Société anonyme — FR et
SAFRAN SEATS Société par actions simplifiée à asso-
cié unique — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : HAIFI Sofia et TRAN Nicolas.

⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN Société anonyme, SAFRAN
SEATS Société par actions simplifiée à associé unique.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 Noyau soluble pour la fabrication de pièces creuses.

⑤7 Noyau soluble pour la fabrication de pièces creuses.
L'invention concerne un procédé de fabrication d'un
noyau soluble comprenant les étapes suivantes :
le mélange (E1) de trois poudres à une température
comprise entre 315°C et 325°C, le mélange comprenant :
une poudre de nitrate de sodium (NaNO₃) pour une teneur
massique de 13,3%; une poudre de silicate de zirconium
(SiO₄Zr) pour une teneur massique de 33,3 %; et une
poudre de nitrate de potassium (KNO₃) pour une teneur
massique de 53,4 %, les teneurs massiques étant données
par rapport au poids total de la composition ; le coulage par
gravité (E2) du mélange obtenu dans un moule à la géomé-
trie souhaitée pour le noyau soluble, le moule étant chauffé
à une température comprise entre 100°C et 200°C ; le refroi-
dissement (E3) du noyau dans le moule pendant une durée
de 1 à 3 minutes ; puis le démoulage (E4) du noyau.

FR 3 135 908 - A1



Description

Titre de l'invention : Noyau soluble pour la fabrication de pièces creuses

Domaine technique

[0001] L'invention concerne les procédés de fabrication de pièces creuses, par exemple les procédés d'injection, de thermocompression ou de fabrication additive.

Technique antérieure

[0002] Les procédés de fabrication permettant d'obtenir directement des pièces à la forme souhaitée sont particulièrement avantageux d'un point de vue industriel. En effet, ils permettent généralement une meilleure cadence de production. De telles pièces sont obtenues grâce à des moules ayant la forme de la pièce souhaitée.

[0003] Néanmoins, toutes les pièces ne sont pas compatibles de tels procédés. Si les procédés de moulage ont été largement développés et sont utilisables pour une très grande variété de matériaux différents, la géométrie des pièces souhaitée est encore bien souvent limitative.

[0004] Par exemple, dès lors que la géométrie finale comprend des cavités il n'est pas possible d'obtenir directement la pièce par moulage.

[0005] Des solutions existent néanmoins pour la préparation de pièces présentant des cavités, comme par exemple la disposition dans le moule de noyaux, qui sont retirés ou éliminés une fois la pièce obtenue.

[0006] Toutefois, le retrait du noyau une fois la pièce finie complexifie le procédé de moulage ou nécessite de faire appel à un outillage particulier. Egaleme nt, pour le retrait du noyau, il est nécessaire de ménager des ouvertures de tailles importantes entre la cavité et l'extérieur de la pièce et certaines géométries de pièces ne sont pas accessibles via cette technologie.

[0007] Dans le cas d'un noyau soluble, le noyau peut être dissous une fois la pièce souhaitée obtenue. Des noyaux ont ainsi été proposés et la géométrie des pièces accessibles est alors limitée par les contraintes dans la fabrication du noyau.

[0008] Pour la fabrication des noyaux, les solutions proposées dans l'art antérieur ont toutes des défauts, par exemple, sur la taille minimale des noyaux qui peuvent être obtenus ou la complexité du procédé de fabrication du noyau. Egaleme nt, les procédés de dissolution du noyau peuvent être complexes ou faire appel à des composés toxiques.

[0009] Il demeure un besoin d'amélioration dans les procédés de fabrication des pièces creuses par des procédés de moulage.

Exposé de l'invention

[0010] L'invention vise précisément à répondre à ce besoin.

- [0011] Pour cela, l'invention concerne selon un premier de ses aspects un procédé de fabrication d'un noyau soluble comprenant les étapes suivantes :
- [0012] – le mélange de trois poudres à une température comprise entre 315°C et 325°C, le mélange comprenant :
- une poudre de nitrate de sodium (NaNO_3) pour une teneur massique de 13,3% ;
 - une poudre de silicate de zirconium (SiO_4Zr) pour une teneur massique de 33,3 % ; et
 - une poudre de nitrate de potassium (KNO_3) pour une teneur massique de 53,4 %, les teneurs massiques étant données par rapport au poids total de la composition ;
- [0013] – le coulage par gravité du mélange obtenu dans un moule à la géométrie souhaitée pour le noyau soluble, le moule étant chauffé à une température comprise entre 100°C et 200°C ;
- le refroidissement du noyau soluble dans le moule pendant une durée de 1 à 3 minutes ; puis
 - le démoulage du noyau soluble.
- [0014] Ce procédé de fabrication est particulièrement avantageux car il permet la fabrication d'un noyau soluble au moyen d'un procédé simple et la dissolution du noyau obtenu est aisée par comparaison aux noyaux de l'art antérieur. Ce procédé permet en outre l'obtention de noyaux solubles dont les dimensions peuvent être soit très réduites, par exemple inférieure ou égale à 2 mm, soit très grandes, par exemple supérieure ou égale à des dizaines de centimètres. Enfin, le noyau est obtenu directement aux dimensions souhaitées, sans nécessiter d'usinage ultérieur.
- [0015] De tels avantages sont permis par le choix d'un procédé de coulage par gravité pour l'obtention du noyau qui est particulièrement simple à mettre en place et qui ne nécessite pas de pression d'injection ou de compactage. Il ne requiert pas non plus d'équipements complexes pour sa réalisation.
- [0016] Egalement, la composition des poudres permet d'obtenir un noyau obtenu qui peut être dissout dans de l'eau. Il en résulte un procédé de dissolution très simple, qui offre une très grande diversité d'applications, puisqu'il peut être utilisé dans des procédés de moulage de n'importe quel type de pièces, pourvu que ces dernières ne soient pas dégradées par l'eau.
- [0017] Enfin, le choix d'un noyau qui peut être dissout par l'eau permet d'avoir des pièces dont les ouvertures d'extraction, qui permettent l'élimination du noyau, sont plus petites que pour des solutions de l'art antérieur, notamment inférieures à 5 millimètres voire inférieures à 4 millimètres.
- [0018] Dans un mode de réalisation, la durée du mélange peut être supérieure ou égale à

trois heures.

[0019] Un mélange de cette durée permet d'assurer que le mélange est homogène ce qui permet d'assurer une homogénéité optimale du noyau.

[0020] De préférence, le mélange est réalisé dans un mélangeur, voir un mélangeur chauffant.

[0021] Dans un mode de réalisation, l'étape de mélange peut comprendre les sous-étapes suivantes :

- [0022] – introduire les trois poudres dans le mélangeur ;
- mélanger les trois poudres jusqu'à obtenir un mélange liquide pendant une durée supérieure ou égale à trois heures ;
- laisser la matière reposer pendant une durée supérieure ou égale à huit heures.

[0023] De préférence, et en particulier si la matière est laissée à reposer plus longtemps que huit heures, le procédé peut comprendre une étape d'homogénéisation avant le coulage par gravité. Cette homogénéisation permet d'obtenir un noyau soluble plus homogène.

[0024] Dans un mode de réalisation, l'étape d'homogénéisation est elle-même suivie d'une courte étape de repos avant le coulage. Cette courte étape de repos doit permettre la libération des bulles contenue dans le mélange, et évite ainsi que le coulage ne comprenne ces-dites bulles qui ne sont pas souhaitées dans le noyau final.

[0025] Pendant l'étape de coulage, le moule est chauffé à une température comprise entre 100°C et 200°C. Ces températures sont particulièrement préférées car un moule trop chaud peut causer une casse lors du démoulage, car la matière n'a pas le temps de figer totalement, tandis qu'un moule trop froid peut causer des enfoncements et/ou des manques matières, car la matière se figeant trop rapidement au contact du moule.

[0026] Dans un mode de réalisation, le coulage par gravité peut être réalisé dans un moule à une température comprise entre 180°C et 190°C. Un mélange réalisé à une telle température permet d'éviter les deux désavantages mentionnés.

[0027] Selon un autre de ses aspects, l'invention concerne également un noyau soluble pour la fabrication de pièces creuses comprenant :

- [0028] – du nitrate de sodium (NaNO_3) pour une teneur massique de 13,3% ;
- du silicate de zirconium (SiO_4Zr) pour une teneur massique de 33,3 % ; et
- du nitrate de potassium (KNO_3) pour une teneur massique de 53,4 %, les teneurs massiques étant données par rapport au poids total de la composition.

[0029] Un tel noyau est avantageusement obtenu par le procédé décrit plus haut et permet d'obtenir les avantages techniques décrits plus haut.

[0030] Selon un autre de ses aspects, l'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce creuse comprenant au moins :

- [0031] – une étape de disposition d'un précurseur de la pièce creuse ;
- une étape de disposition d'un noyau soluble dans le précurseur de la pièce

creuse, le noyau soluble étant obtenu par un procédé ci-dessus, le noyau soluble ayant la géométrie souhaitée pour la cavité de la pièce creuse, et le noyau soluble étant disposé dans le précurseur à l'endroit souhaité pour la cavité ;

- une étape de transformation du précurseur de la pièce creuse pour former la pièce creuse comprenant le noyau soluble ; et
- une étape d'élimination du noyau soluble.

[0032] Un tel procédé est par exemple préféré lorsque le précurseur de la pièce creuse est un tissu pré-imprégné, permettant l'obtention d'une pièce finale en matériau composite.

[0033] Dans ce mode de réalisation, il n'est pas nécessaire d'utiliser un moule, pourvu que les tissus pré-imprégnés soient disposés dans une configuration correspondant à la géométrie de la pièce finale.

[0034] Dans un autre mode de réalisation, le procédé peut avantageusement permettre d'obtenir la pièce creuse souhaitée dans un moule.

[0035] Dans un mode de réalisation, l'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce creuse comprenant au moins :

- [0036] – une première étape de remplissage d'un moule avec un précurseur de la pièce creuse, une partie du moule restant vacante à l'issue de la première étape de remplissage ;
- une étape de disposition d'un noyau soluble obtenu par un procédé ci-dessus dans le moule rempli, le noyau ayant la géométrie souhaitée pour la cavité de la pièce creuse ;
 - une deuxième étape de remplissage du moule, après disposition du noyau soluble, avec un précurseur de la pièce creuse de sorte que le moule soit suffisamment rempli du précurseur pour permettre l'obtention de la pièce ;
 - une étape de transformation du précurseur de la pièce creuse pour former la pièce creuse comprenant le noyau soluble ;
 - une étape de démoulage de la pièce creuse comprenant le noyau soluble ; et
 - une étape d'élimination du noyau soluble.

[0037] Un tel procédé permet d'obtenir une pièce creuse par un procédé simplifié comparativement aux procédés de l'art antérieur. En effet, l'utilisation d'un noyau soluble tel que décrit auparavant assure que l'étape d'élimination puisse être réalisée par exposition du noyau à de l'eau. Il s'ensuit un procédé simplifié et moins coûteux que les procédés de l'art antérieur qui nécessitent pour certains des solutions complexes pour dissoudre le noyau.

[0038] Au sens de l'invention, une pièce creuse est une pièce présentant une cavité. Bien entendu, pour que le noyau soluble puisse être éliminé, il est nécessaire que cette cavité soit accessible, c'est-à-dire qu'il existe un chemin permettant de parvenir de l'extérieur

de la pièce à l'intérieur de la cavité.

- [0039] Dans un mode de réalisation, l'étape d'élimination du noyau soluble peut être réalisée au moyen d'eau dont la température est comprise entre 40°C et 90°C. Dans un mode de réalisation préféré, l'étape d'élimination du noyau soluble est réalisée avec de l'eau dont la température est comprise entre 80°C et 90°C. Ces températures plus élevées permettent une élimination plus rapide du noyau sans risque de laisser des résidus non dissouts.
- [0040] Dans un mode de réalisation, l'étape d'élimination du noyau soluble est réalisée au moyen d'eau pressurisée, par exemple à une pression supérieure ou égale à 40 bars.
- [0041] L'utilisation d'eau chaude sous pression permet d'assurer une élimination du noyau en un passage, sans résidus sur la pièce. La composition du noyau permet donc une élimination simplifiée du noyau, qui ne nécessite aucun système complexe. Le procédé de fabrication de la pièce s'en trouve simplifié.
- [0042] Dans un mode de réalisation, le procédé de fabrication d'une pièce décrit plus haut peut être choisi parmi un procédé de moulage d'une pièce creuse ou un procédé de fabrication additive d'une pièce creuse.
- [0043] Dans le cas d'un procédé de moulage d'une pièce creuse en matériau composite, le précurseur de la pièce creuse peut être une préforme fibreuse, imprégnée ou non par une matrice, et l'étape de transformation du précurseur de la pièce creuse en matériau constitutif de la pièce creuse peut être une étape de cuisson.
- [0044] Dans ce mode de réalisation, le procédé peut en outre comprendre avant l'étape de transformation du précurseur de la pièce creuse, une étape d'injection de matrice dans le moule comprenant le noyau soluble et la préforme fibreuse.
- [0045] Dans certains modes de réalisation, le matériau constitutif de la pièce peut être un matériau composite à matrice composite, thermoplastique ou thermodurcissable.
- [0046] Dans un mode de réalisation, le procédé est un procédé de fabrication additive d'une pièce creuse, le précurseur de la pièce creuse peut alors être une poudre et l'étape de transformation du précurseur de la pièce creuse peut être une étape de frittage.
- [0047] Dans encore d'autres modes de réalisation, le procédé de fabrication peut être un procédé d'injection ou de thermocompression.
- [0048] Dans un mode de réalisation alternatif, le noyau soluble peut être utilisé dans un procédé de fabrication additive.

Brève description des dessins

- [0049] [Fig.1] La [Fig.1] est un ordinogramme représentant très schématiquement un procédé de préparation d'un noyau soluble selon l'invention.
- [0050] [Fig.2] La [Fig.2] est un ordinogramme représentant très schématiquement un procédé de préparation d'une pièce creuse par un procédé utilisant un noyau soluble.

Description des modes de réalisation

- [0051] L'invention est à présent décrite au moyen de figures qui illustrent certains modes de réalisation particuliers qui ne doivent pas être interprétés de manière limitative.
- [0052] La [Fig.1] représente un procédé de fabrication d'un noyau soluble selon un procédé tel qu'il est décrit ci-dessus.
- [0053] La première étape E1 comprend le mélange d'une poudre de nitrate de sodium, d'une poudre de nitrate de potassium et d'une poudre de silicate de zirconium à une température comprise entre 315°C et 325°C.
- [0054] Sans vouloir être liés par la théorie, les inventeurs pensent que la forte teneur (supérieure à 60%) en nitrates permet la dissolution aisée du noyau obtenu dans de l'eau.
- [0055] Par exemple, le mélange de ces trois poudres peut être réalisé dans un mélangeur.
- [0056] Le chauffage des poudres a lieu dans le mélangeur.
- [0057] De préférence, les poudres ne sont pas chauffées avant leur introduction dans le mélangeur.
- [0058] Une fois le mélange réalisé, l'étape E1 peut se poursuivre jusqu'à ce que le mélange liquide obtenu soit homogène, c'est-à-dire ne comprenne plus de grumeaux, le mélange étant maintenu à une température comprise entre 315 °C et 325°C pendant toute la durée du mélange.
- [0059] Dans un mode de réalisation, une fois un mélange homogène obtenu, l'étape de mélange E1 peut comprendre en outre une sous-étape de repos du mélange d'une durée supérieure ou égale à 8 heures.
- [0060] Eventuellement, l'étape de mélange E1 peut comprendre après la sous-étape de repos, une sous-étape d'homogénéisation de sorte à disposer d'un mélange homogène à la fin de l'étape de mélange E1.
- [0061] L'étape E2 correspond au coulage par gravité du mélange homogène obtenu à l'issue de l'étape E1 dans un moule à la géométrie souhaitée pour le noyau, le moule étant chauffé à une température comprise entre 100°C et 200°C. La température élevée du moule permet de conserver la fluidité du mélange de poudres pendant toute la durée du coulage par gravité. Cela contribue à permettre de diminuer les dimensions du noyau, car la fluidité du mélange de poudres est plus grande dans le moule chaud, ce qui assure que même les parties les plus fines du moule soient bien remplies par le mélange de poudres.
- [0062] Il est alors possible d'obtenir des noyaux solubles présentant des dimensions diminuées par rapport aux dimensions accessibles via les procédés de fabrication d'un noyau de l'art antérieur. Dans un mode de réalisation, les parties les plus fines du noyau peuvent avoir une dimension inférieure ou égale à 2 mm.

- [0063] Par exemple, dans un mode de réalisation, l'étape E2 peut être précédée d'une étape de préchauffage du moule pour le coulage par gravité à une température comprise entre 100°C et 200°C. Le moule est maintenu à une température comprise entre 100°C et 200°C pendant toute la durée du coulage par gravité.
- [0064] Une fois le coulage par gravité E2 terminé, l'étape E3 de refroidissement du noyau dans le moule commence. Cette étape E3 peut comprendre un refroidissement obtenu simplement en plaçant le moule du coulage par gravité comprenant le noyau à température ambiante. Cette étape dure entre 1 et 3 minutes.
- [0065] L'étape de refroidissement E3 est suivie d'une étape E4 de démoulage du noyau. Le démoulage E4 du noyau peut être opéré en ôtant le moule ayant servi pour le coulage par gravité.
- [0066] Le noyau soluble est ainsi obtenu après l'étape E4, et possède directement la forme souhaitée.
- [0067] Dans un mode de réalisation, l'étape de démoulage E4 peut inclure une sous-étape de retrait de la carotte de coulée, c'est-à-dire la protubérance éventuellement formée par l'ouverture d'alimentation du moule et qui n'est pas souhaitée dans la pièce finale.
- [0068] Par exemple, ce retrait peut se faire à l'aide d'une pince, d'un disque abrasif, d'une scie, ou tout autre moyen généralement choisi en fonction des dimensions de la carotte de coulée.
- [0069] Il est à présent décrit, en relation avec la [Fig.2], un procédé de préparation d'une pièce creuse au moyen d'un noyau soluble tel qu'obtenu par le procédé qui vient d'être décrit.
- [0070] Un tel procédé comprend une première étape E21 de remplissage d'un moule avec un précurseur de la pièce creuse, une partie du moule restant vacante à l'issue de la première étape de remplissage.
- [0071] Par exemple, le moule peut avoir directement un relief interne reproduisant la géométrie externe souhaitée pour la pièce creuse.
- [0072] Comme indiqué, une partie du moule reste vacante à l'issue de l'étape E21. En effet, un procédé de moulage ne permet pas l'obtention d'une pièce creuse et c'est pourquoi seule une première partie du moule est remplie puis un noyau soluble est introduit.
- [0073] L'étape de disposition d'un noyau soluble correspond à l'étape E22, réalisée après l'étape E21. Cette disposition permet d'introduire le noyau dans la pièce qui a commencée à être moulée par l'étape E21 à l'endroit où l'on souhaite former la cavité.
- [0074] Une fois le noyau soluble disposé, il est réalisé une étape E23 de remplissage du moule comprenant le noyau avec un précurseur de la pièce creuse de sorte que le moule de sorte que le moule soit suffisamment rempli du précurseur pour permettre l'obtention de la pièce. L'étape E23 permet de terminer le remplissage du moule, et ainsi de former le précurseur de la pièce autour du noyau soluble.

- [0075] Bien que le procédé de fabrication d'une pièce creuse ait été décrit avec une étape comprenant la disposition d'un noyau, il est bien entendu que plusieurs noyaux peuvent être disposés, et cela pas nécessairement au même moment du procédé.
- [0076] De manière optionnelle, l'étape E23 peut être suivie d'une étape de fermeture du moule, par exemple en apposant un contre-moule dont la surface correspond à la géométrie souhaitée pour la pièce.
- [0077] Le procédé de fabrication d'une pièce creuse est décrit avec un précurseur de la pièce creuse. Un tel précurseur doit s'entendre comme une espèce qui permet d'obtenir la pièce souhaitée après une étape de transformation.
- [0078] Par exemple, le précurseur peut être une préforme fibreuse dans le cas d'une pièce souhaitée en matériau composite. Le précurseur peut également être une poudre dans le cas d'une pièce fabriquée par fabrication additive, par exemple une poudre céramique. Dans d'autres modes de réalisation, le précurseur de la pièce peut être un tissu pré-imprégné pour former une pièce en matériau composite.
- [0079] L'étape E24 représente une étape de transformation du précurseur de la pièce creuse en matériau constitutif de la pièce creuse pour former la pièce creuse comprenant le noyau soluble.
- [0080] Les conditions particulières de l'étape E24 sont choisies en fonction du précurseur. Par exemple, dans le cas d'une préforme fibreuse en matériau composite l'étape de transformation peut comprendre l'imprégnation de la préforme par une matrice puis une étape de cuisson.
- [0081] L'étape E25 représente une étape de démoulage de la pièce creuse. Le démoulage de la pièce peut être opéré après que le précurseur ait été transformé, c'est-à-dire une fois que la pièce est terminée.
- [0082] L'étape de démoulage peut être faite par tous les moyens habituels et connus des procédés de moulage. Par exemple, le moule peut être détruit ou non au cours de cette étape.
- [0083] Enfin, le procédé représenté en [Fig.2] comprend une étape E26 d'élimination du noyau. Comme décrit plus haut, cette étape d'élimination du noyau est grandement facilitée par l'utilisation d'un noyau soluble tel qu'il a été décrit. En effet, le noyau soluble peut être dissout dans de l'eau chaude et/ou sous pression. Par exemple, le noyau peut être dissout dans de l'eau à une température supérieure ou égale à 40°C et à une pression supérieure ou égale à 40 bars.
- [0084] Il en résulte un noyau soluble qui, en plus d'être produit de manière simplifiée, peut être éliminé très facilement.
- [0085] Dans un mode de réalisation alternatif relatif à la préparation d'un matériau composite obtenu par des tissus pré-imprégnés, les étapes E21 et E22 peuvent être respectivement une étape de dépôt de tissus pré-imprégnés, et une étape de dépôt du

noyau autour dans ou autour desdits tissus pré-imprégnés.

- [0086] L'étape E23 n'est, dans ce mode de réalisation pas nécessaire, et l'étape E24 de transformation du précurseur peut être une étape de cuisson de la matrice pré-imprégnée, éventuellement réalisée sous pression. L'étape E25 n'est pas nécessaire non plus dans ce mode de réalisation, car ce procédé permet de s'affranchir de l'utilisation d'un moule.
- [0087] L'étape E26, est une étape d'élimination du noyau réalisée dans les mêmes conditions que celles décrites ci-dessus.
- [0088] Ce mode de réalisation permet également d'obtenir une pièce creuse de manière simplifiée, grâce à l'utilisation d'un noyau soluble très facilement éliminable.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'un noyau soluble comprenant les étapes suivantes :
- le mélange (E1) de trois poudres à une température comprise entre 315°C et 325°C, le mélange comprenant :
 - une poudre de nitrate de sodium (NaNO_3) pour une teneur massique de 13,3% ;
 - une poudre de silicate de zirconium (SiO_4Zr) pour une teneur massique de 33,3 % ; et
 - une poudre de nitrate de potassium (KNO_3) pour une teneur massique de 53,4 %, les teneurs massiques étant données par rapport au poids total de la composition ;
 - le coulage par gravité (E2) du mélange obtenu dans un moule à la géométrie souhaitée pour le noyau soluble, le moule étant chauffé à une température comprise entre 100°C et 200°C ;
 - le refroidissement (E3) du noyau dans le moule pendant une durée de 1 à 3 minutes ; puis
 - le démoulage (E4) du noyau.
- [Revendication 2] Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel le coulage par gravité (E2) est réalisé dans un moule à une température comprise entre 180°C et 190°C.
- [Revendication 3] Procédé de fabrication d'une pièce creuse comprenant au moins :
- une étape (E21) de disposition d'un précurseur de la pièce creuse;
 - une étape (E22) de disposition d'un noyau soluble dans le précurseur de la pièce creuse, le noyau soluble étant obtenu par un procédé ci-dessus, le noyau soluble ayant la géométrie souhaitée pour la cavité de la pièce creuse, et le noyau soluble étant disposé dans le précurseur à l'endroit souhaité pour la cavité ;
 - une étape de transformation (E24) du précurseur de la pièce creuse pour former la pièce creuse comprenant le noyau soluble ;
 - une étape d'élimination (E26) du noyau soluble.

- [Revendication 4] Procédé de fabrication selon la revendication 3 comprenant les étapes suivantes :
- une première étape (E21) de remplissage d'un moule avec un précurseur de la pièce creuse, une partie du moule restant vacante à l'issue de la première étape de remplissage ;
 - une étape (E22) de disposition d'un noyau soluble obtenu selon un procédé des revendications 1 à 3 dans le moule rempli, le noyau ayant la géométrie souhaitée pour la cavité de la pièce creuse ;
 - une deuxième étape (E23) de remplissage du moule, après disposition du noyau soluble, avec un précurseur de la pièce creuse de sorte que le moule soit suffisamment rempli du précurseur pour permettre l'obtention de la pièce ;
 - une étape de transformation (E24) du précurseur de la pièce creuse pour former la pièce creuse comprenant le noyau soluble ;
 - une étape de démoulage (E25) de la pièce creuse comprenant le noyau soluble ; et
 - une étape d'élimination (E26) du noyau soluble.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel l'étape d'élimination (E26) du noyau soluble est réalisée par exposition du noyau soluble à de l'eau à une température supérieure ou égale à 40°C.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel l'étape d'élimination (E26) du noyau soluble est réalisée par exposition du noyau soluble à de l'eau à une pression supérieure ou égale à 40 bars.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, le procédé de fabrication étant un procédé de fabrication additive d'une pièce creuse, le précurseur de la pièce creuse étant une poudre et l'étape de transformation (E24) du précurseur de la pièce creuse étant une étape de frittage.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel le procédé de fabrication est un procédé de moulage d'une pièce en matériau composite, le précurseur de la pièce étant une préforme fibreuse, et l'étape de transformation (E24) du précurseur de la pièce

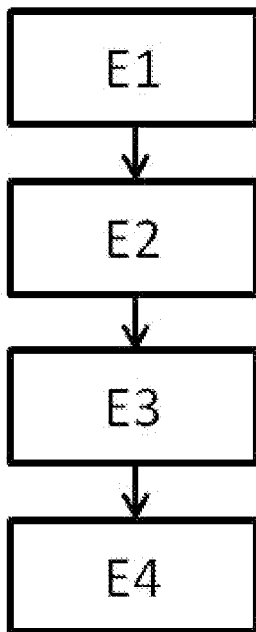
creuse étant une étape de cuisson.

[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, lequel comprend en outre, avant l'étape de transformation (E24) du précurseur de la pièce creuse, une étape d'injection de matrice dans le moule comprenant le noyau soluble et la préforme fibreuse.

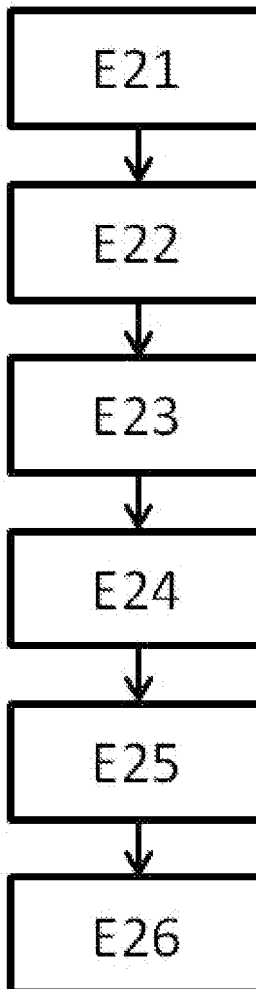
[Revendication 10] Noyau soluble pour la fabrication de pièces creuses comprenant :

- du nitrate de sodium (NaNO_3) pour une teneur massique de 13,3% ;
- du silicate de zirconium (SiO_4Zr) pour une teneur massique de 33,3 % ; et
- du nitrate de potassium (KNO_3) pour une teneur massique de 53,4 %, les teneurs massiques étant données par rapport au poids total de la composition.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 907698
FR 2205150

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 10 2019 116702 A1 (ASK CHEMICALS GMBH [DE]) 24 décembre 2020 (2020-12-24) * revendications 1-24 * <div style="text-align: center;">-----</div>	1-10	B22C1/02 B22C9/10 C01D9/00
A	EP 2 916 976 B1 (PEAK DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 8 mars 2017 (2017-03-08) * alinéas [0062] - [0068]; revendications 1-18 * <div style="text-align: center;">-----</div>	1-10	
A	US 9 737 927 B2 (KOCH DIETHER [DE]; MÜLLER JENS [DE] ET AL.) 22 août 2017 (2017-08-22) * colonne 14 - colonne 18 * <div style="text-align: center;">-----</div>	1-10	
A	KR 2020 0106192 A (REINSICHT GMBH [DE]) 11 septembre 2020 (2020-09-11) * revendications 1-13 * <div style="text-align: center;">-----</div>	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 janvier 2023		Raicher, Gerald	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul</p> <p>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</p> <p>A : arrière-plan technologique</p> <p>O : divulgation non-écrite</p> <p>P : document intercalaire</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.</p> <p>D : cité dans la demande</p> <p>L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p> </div> </div>			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205150 FA 907698

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-01-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102019116702 A1		24-12-2020	BR 112021025517 A2	31-05-2022
			CN 114080283 A	22-02-2022
			DE 102019116702 A1	24-12-2020
			EP 3986634 A1	27-04-2022
			JP 2022539004 A	07-09-2022
			KR 20220029667 A	08-03-2022
			US 2022355365 A1	10-11-2022
			WO 2020253917 A1	24-12-2020

EP 2916976 B1		08-03-2017	CN 105658352 A	08-06-2016
			DE 102014221237 A1	23-04-2015
			EP 2916976 A1	16-09-2015
			ES 2628255 T3	02-08-2017
			JP 6141539 B2	07-06-2017
			JP 2016533275 A	27-10-2016
			PL 2916976 T3	31-08-2017
			US 2016250680 A1	01-09-2016
			WO 2015055838 A1	23-04-2015

US 9737927 B2		22-08-2017	AU 2008217190 A1	28-08-2008
			BR PI0807534 A2	10-06-2014
			CA 2678292 A1	28-08-2008
			CN 101663112 A	03-03-2010
			DE 102007008149 A1	21-08-2008
			DE 202008018001 U1	14-04-2011
			EP 2117749 A1	18-11-2009
			EP 2329900 A2	08-06-2011
			JP 5401325 B2	29-01-2014
			JP 2010519042 A	03-06-2010
			KR 20090113877 A	02-11-2009
			PL 2117749 T3	22-11-2021
			PL 2329900 T3	20-12-2021
			RU 2009134089 A	27-03-2011
			UA 100853 C2	11-02-2013
			US 2010173767 A1	08-07-2010
			WO 2008101668 A1	28-08-2008
			ZA 200905640 B	28-04-2010

KR 20200106192 A		11-09-2020	BR 112020014235 A2	08-12-2020
			CN 112166000 A	01-01-2021
			DE 102018200607 A1	18-07-2019
			EP 3740331 A2	25-11-2020
			JP 2021510635 A	30-04-2021
			KR 20200106192 A	11-09-2020
			RU 2762467 C1	21-12-2021
			US 2020338629 A1	29-10-2020

EPO FORM P0465

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

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205150 FA 907698**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-01-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<div>WO2019137871A218-07-2019</div>			