

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.06.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.01.24 Bulletin 24/01.

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 AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : DOUIN Antoine, ZLATIC Thomas,
THURISSET Lucas Etienne Valery et BAUDRIBOS
Alexandre.

73 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée.

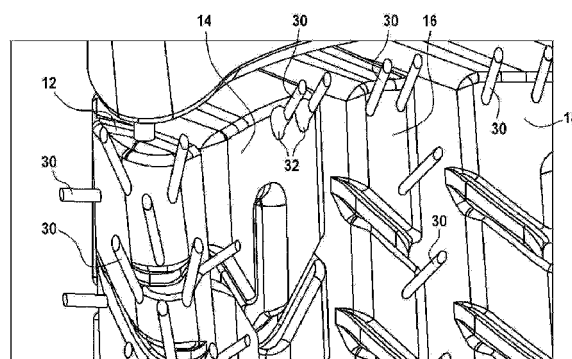
74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 Noyau céramique pour aube de turbine creuse à perçages externes.

57 Noyau céramique pour aube de turbine creuse à per-
çages externes

Noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube
de turbine creuse selon la technique de la fonderie à la cire
perdue, l'aube comportant au moins une cavité et une paroi
externe pourvue de perforations externes débouchant au
moins dans cette cavité, noyau (10) comportant une plurali-
té de picots (30) correspondant à ces perforations externes
et destinés avec le noyau à être recouverts de cire perdue
puis de métal en fusion afin d'obtenir une aube de turbine
creuse brute de fonderie intégrant directement ces perfora-
tions externes sans usinage dédié.

Figure pour l'abrégi : Fig. 2.



Description

Titre de l'invention : Noyau céramique pour aube de turbine creuse à perçages externes

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général des aubages de turbine de turbomachines, et plus particulièrement aux aubes de turbine munies de circuits de refroidissement intégrés réalisées par la technique de la fonderie à la cire perdue.

Technique antérieure

[0002] De façon connue en soi, une turbomachine comporte une chambre de combustion dans laquelle de l'air et du carburant sont mélangés avant d'y être brûlés. Les gaz issus de cette combustion s'écoulent vers l'aval de la chambre de combustion et alimentent ensuite une turbine haute pression et une turbine basse pression. Chaque turbine comporte une ou plusieurs rangées d'aubes fixes (appelées distributeurs) alternant avec une ou plusieurs rangées d'aubes mobiles (appelées roues mobiles), espacées de façon circonférentielle tout autour du rotor de la turbine. Ces aubes de turbine sont soumises aux températures très élevées des gaz de combustion, lesquelles atteignent des valeurs largement supérieures à celles que peuvent supporter sans dommages ces aubes qui sont en contact direct avec ces gaz, ce qui a pour conséquence de limiter leur durée de vie.

[0003] Afin de résoudre ce problème, il est connu de munir ces aubes de circuits de refroidissement internes présentant des niveaux d'efficacité thermique élevés et visant à réduire la température de ces dernières en créant, à l'intérieur de l'aube, une circulation organisée de cet air au moyen de cavités internes et, dans la paroi de l'aube, des perforations destinées à générer un film protecteur pour cette aube.

[0004] La fabrication d'aubes en fonderie est un processus complexe qui nécessite l'emploi d'un noyau en céramique qui permettra la réalisation de ces cavités internes lors de la coulée de la cire puis du métal en fusion. La demande WO2016/151234 au nom de la demanderesse montre un noyau en céramique permettant de réaliser en un seul élément toutes les cavités internes d'une aube et ainsi d'assurer un refroidissement interne particulièrement efficace sans augmentation significative du débit d'air de refroidissement et donc sans pénaliser les performances moteur. Toutefois, et comme décrit dans la demande FR2961552, également au nom de la demanderesse, les perforations traversant la paroi externe de l'aube sont à ce jour classiquement réalisées par perçage laser ou EDM (électroérosion par enfonçage).

[0005] Or, ces procédés de perçage entraînent beaucoup de non-conformités tels que les impacts de perçage, les retouches récurrentes toujours nécessaires dues par exemple au

préformage des trous et aux trous non débouchants, aux brûlures en entrée de trous, ainsi qu'une altération de la matière dans le profil de ces trous.

Exposé de l'invention

- [0006] La présente invention vise donc à pallier les inconvénients liés à ces non-conformités en proposant un noyau céramique pour une aube de turbine creuse qui intègre des tiges permettant de réaliser les trous de refroidissement directement sur le noyau céramique supprimant ainsi toutes les opérations de perçages actuelles.
- [0007] A cet effet, il est prévu un noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine creuse selon la technique de la fonderie à la cire perdue utilisant un métal en fusion, l'aube comportant au moins une cavité et une paroi externe pourvue de perforations externes débouchant dans ladite au moins une cavité, noyau caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de picots correspondant à ces perforations externes et destinés avec le noyau à être recouverts de cire perdue puis de métal en fusion afin d'obtenir une aube de turbine creuse brute de fonderie intégrant directement ces perforations externes sans usinage dédié.
- [0008] En ajoutant ces picots au noyau, les trous sont directement réalisés avec les cavités lors de la coulée de la cire puis du métal en fusion permettant une parfaite maîtrise de leurs positions respectives comme des dimensions de ces trous.
- [0009] De préférence, les picots sont constitués de tiges en céramique ou de tubes en quartz.
- [0010] Avantagusement, noyau et picots sont en un même matériau céramique et réalisés ensemble en fabrication additive.
- [0011] De préférence, un perturbateur est ajouté au picot à une extrémité opposée à son extrémité libre, assurant la jonction du picot et d'une partie du noyau.
- [0012] Avantagusement, un déficit local de matière tel un évasement ou un congé est prévu à la jonction du picot et d'une partie du noyau.
- [0013] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une aube de turbine creuse selon la technique de la fonderie à la cire perdue utilisant un métal en fusion, comprenant les étapes suivantes :
- . fabrication d'un noyau en céramique,
 - . placement du noyau dans un moule en matériau réfractaire épousant la forme externe de l'aube de turbine creuse à fabriquer,
 - . coulée de la cire perdue dans le moule en matériau réfractaire,
 - . une fois la cire solidifiée, ouverture du moule et retrait de la pièce en cire perdue incorporant le noyau en céramique,
 - . placement de la pièce en cire perdue incorporant le noyau en céramique dans une carapace en céramique épousant la forme externe de la pièce en cire perdue,
 - . retrait de la cire perdue de la carapace en céramique,

. coulée du métal en fusion dans l'espace laissé libre par le retrait de la cire perdue,
 . ouverture ou destruction de la carapace en céramique,
 . retrait du noyau en céramique par dissolution chimique, et
 . obtention de l'aube de turbine creuse brute de fonderie,
 caractérisé en ce que le noyau en céramique comporte une pluralité de picots correspondant à des perforations externes de l'aube de turbine creuse, de sorte qu'une fois le noyau en céramique dissous l'aube de turbine creuse brute de fonderie obtenue intègre directement ces perforations externes sans usinage dédié.

[0014] De préférence, des extrémités libres des picots sont insérées dans des emplacements correspondant du moule en matériau réfractaire, de sorte à émerger de la pièce en cire perdue une fois ce moule ouvert.

[0015] L'invention concerne enfin une aube de turbine creuse brute de fonderie obtenue par le procédé de fabrication précité.

Brève description des dessins

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif et sur lesquels :

[0017] [Fig.1] la [Fig.1] illustre un noyau céramique de l'état de l'art,

[0018] [Fig.2] la [Fig.2] montre un détail d'un noyau céramique conforme à l'invention, et

[0019] [Fig.3] la [Fig.3] détaille les différentes étapes du procédé de fabrication d'une aube de turbine creuse à partir du noyau céramique de la [Fig.2].

Description des modes de réalisation

[0020] Le principe de l'invention repose sur l'ajout de picots au noyau céramique permettant de réaliser directement les perforations dites externes traversant la paroi externe de l'aube lors de la coulée de la cire perdue puis du métal.

[0021] La [Fig.1] illustre un exemple d'un noyau céramique complexe 10 destiné à la réalisation d'une aube de turbine creuse de turbomachine vue côté extradors de cette aube. Le noyau céramique comporte plusieurs parties ou colonnes formant dans l'exemple illustré un seul élément. La première colonne 12, qui est destinée à se retrouver du côté de l'arrivée des gaz de combustion, correspond à la cavité de bord d'attaque qui se créera après fonderie, alors que les autres colonnes 14, 16, 18 correspondent aux cavités suivantes qui reçoivent le flux d'air de refroidissement depuis les pieds de colonne 20, 22 qui se rejoignent pour former le pied du noyau 24. Les première et deuxième colonnes 12 et 14 sont reliées l'une à l'autre par une série de ponts 26, auxquels correspondront, après fonderie, des orifices d'alimentation en air pour le refroidissement de la cavité de bord d'attaque.

[0022] Conformément à l'invention et comme le montre la [Fig.2], le noyau céramique 10

comporte en outre une pluralité de picots 30 de dimensions déterminées, constitués avantageusement de tiges d'alumine ou de tubes de quartz, positionnés sur la partie de noyau (les différentes colonnes) destinée à former l'ensemble des cavités à des emplacements déterminés pour correspondre aux perforations traversant la paroi externe de l'aube. La [Fig.2] illustre certains de ces picots sur la colonne 12 au niveau du bord d'attaque et sur les colonnes 14, 16 et 18 au niveau de la paroi extrados. Bien entendu, de tels picots sont aussi présents sur la paroi intrados (non représentée) et sur d'autres éventuelles cavités formant ainsi un noyau céramique hérissé de picots et de ce fait qualifié de « noyau hérisson ».

- [0023] Comme le montre les picots de la colonne 14, certains picots peuvent présenter une géométrie particulière plus complexe avec à leur base (l'extrémité opposée à son extrémité libre) avec un surplus local de matière de façon à former un perturbateur 32 permettant une amélioration de la tenue mécanique et donc de la durée de vie de la pièce finie. Toutefois, la maîtrise de la forme en interne permet au contraire, si nécessaire, de réaliser un évasement ou un congé à l'extrémité du perçage, c'est dire d'envisager un déficit local de matière qui n'est pas réalisable avec les procédés de perçage actuels.
- [0024] Le procédé de fabrication d'une aube de turbine creuse selon la technique de la fonderie à la cire perdue au moyen d'un tel noyau hérisson (représenté par une simple barre hérissée de picots pour des raisons de simplification) est illustré à la [Fig.3] qui en montre les différentes étapes.
- [0025] La première d'entre elles (dessin a de la [Fig.3]) consiste à la fabrication du noyau hérisson 40 comportant la pluralité de picots correspondant aux perforations externes de l'aube de turbine creuse à fabriquer. De façon avantageuse, noyau et pivots peuvent aussi être réalisés ensemble par fabrication additive dans un même matériau céramique. Ou, comme mentionné précédemment, seul le noyau est en céramique, les picots insérés dans ce noyau étant constitués de tiges d'alumine ou de tubes de quartz.
- [0026] Ce noyau hérisson 40 est alors placé dans un moule en matériau réfractaire 42 épousant la forme externe de l'aube de turbine creuse à fabriquer (dessin b). Pour permettre un parfait positionnement des picots sur le noyau, les extrémités libres des picots sont insérées dans des emplacements correspondant du moule en matériau réfractaire 42, de sorte à émerger de la pièce en cire perdue une fois ce moule ouvert (voir plus avant le dessin d).
- [0027] La cire perdue 44 est ensuite coulée dans le moule en matériau réfractaire 42 (dessin c) recouvrant le noyau hérisson et, une fois la cire perdue solidifiée, il est procédé à l'ouverture du moule 42 et retrait de la pièce en cire perdue 44 incorporant alors le noyau en céramique 40 et dont les extrémités des picots émergent (dessin d).

- [0028] L'étape suivante (dessin e) consiste alors à placer cette pièce en cire perdue incorporant le noyau en céramique dans une carapace en céramique 46 épousant la forme externe de la pièce en cire perdue 44 avant de procéder, dans une nouvelle étape (dessin f), au retrait de la cire perdue de la carapace en céramique, ce retrait étant en général effectué par fusion de la cire perdue en plaçant l'ensemble dans un four (décirage non représenté), libérant un espace libre 48 entre le noyau en céramique 40 et la carapace en céramique 46.
- [0029] La coulée du métal en fusion 50 peut alors être effectuée dans l'espace 48 laissé libre par le retrait de la cire perdue (dessin g), préalable à l'ouverture ou la destruction de la carapace en céramique 46 (dessin h) de laquelle le noyau en céramique est alors retiré par dissolution chimique (dessin i) pour obtenir enfin l'aube de turbine creuse, brute de fonderie, avec ses perforations externes directement intégrées sans usinage dédié de ces trous. Un ébavurage ou un polissage ultérieur est toutefois toujours requis pour obtenir l'état de surface recherché pour la pièce finale à partir de ce brut de fonderie.
- [0030] Si le procédé ainsi présenté trouve application de façon préférentielle dans les turbo-machines aéronautiques, il est bien entendu qu'il peut s'appliquer à toutes pièces creuses possédant des cavités complexes et des perçages externes.

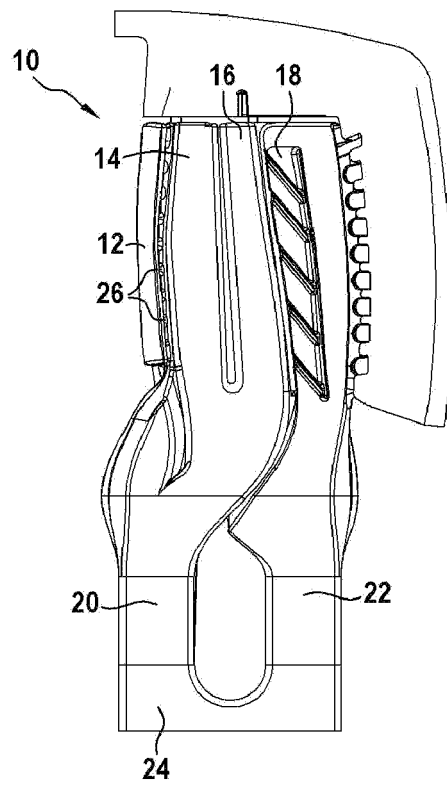
Revendications

- [Revendication 1] Noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine creuse selon la technique de la fonderie à la cire perdue, l'aube comportant au moins une cavité et une paroi externe pourvue de perforations externes débouchant dans ladite au moins une cavité, noyau (10) caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de picots (30) correspondant à ces perforations externes et destinés avec le noyau à être recouverts de cire perdue puis de métal en fusion afin d'obtenir une aube de turbine creuse brute de fonderie intégrant directement ces perforations externes sans usinage dédié.
- [Revendication 2] Noyau céramique selon la revendication 1, dans lequel les picots sont constitués de tiges en alumine ou de tubes en quartz.
- [Revendication 3] Noyau céramique selon la revendication 1, dans lequel noyau et picots sont en un même matériau céramique et réalisés ensemble en fabrication additive.
- [Revendication 4] Noyau céramique selon la revendication 1, dans lequel un perturbateur (32) est ajouté au picot à une extrémité opposée à son extrémité libre, assurant la jonction du picot et d'une partie du noyau.
- [Revendication 5] Noyau céramique selon la revendication 1, dans lequel un déficit local de matière tel un évasement ou un congé est prévu à la jonction du picot et d'une partie du noyau.
- [Revendication 6] Procédé de fabrication d'une aube de turbine creuse selon la technique de la fonderie à la cire perdue utilisant un métal en fusion, comprenant les étapes suivantes :
- . fabrication d'un noyau en céramique (10),
 - . placement du noyau dans un moule en matériau réfractaire (42) épousant la forme externe de l'aube de turbine creuse à fabriquer,
 - . coulée de la cire perdue (44) dans le moule en matériau réfractaire,
 - . une fois la cire solidifiée, ouverture du moule et retrait de la pièce en cire perdue incorporant le noyau en céramique,
 - . placement de la pièce en cire perdue incorporant le noyau en céramique dans une carapace en céramique (46) épousant la forme externe de la pièce en cire perdue,
 - . retrait de la cire perdue de la carapace en céramique,
 - . coulée du métal en fusion dans l'espace laissé libre (48) par le retrait de la cire perdue,
 - . ouverture ou destruction de la carapace en céramique,

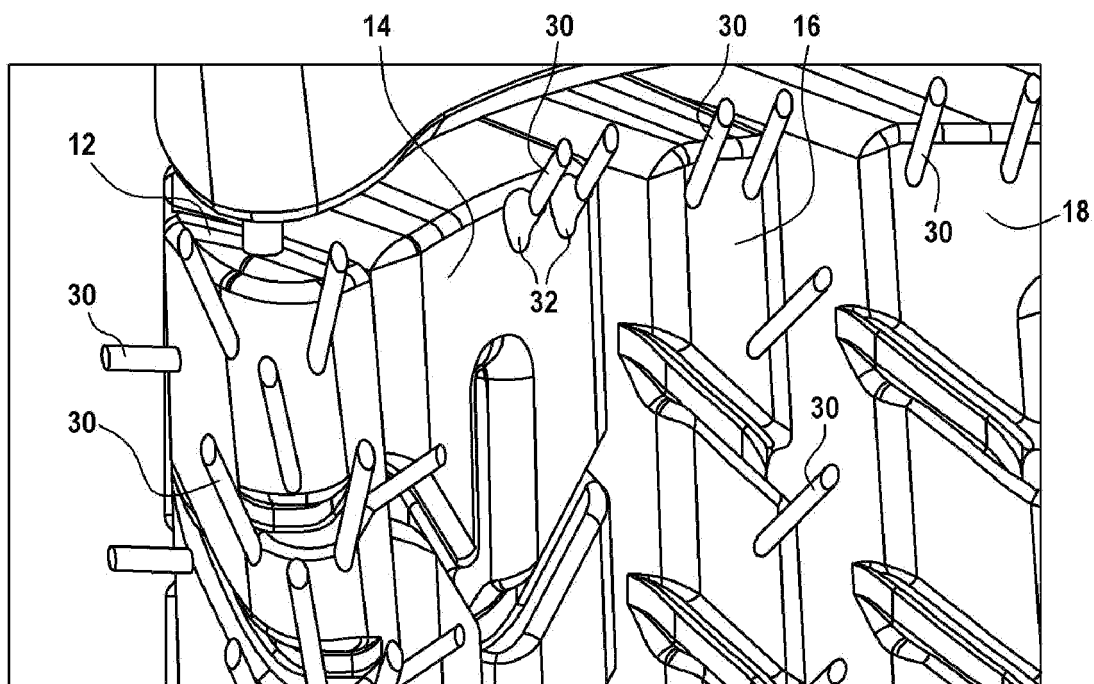
. retrait du noyau en céramique par dissolution chimique, et
 . obtention de l'aube de turbine creuse brute de fonderie,
 caractérisé en ce que le noyau en céramique comporte une pluralité de
 picots (30) correspondant à des perforations externes de l'aube de
 turbine creuse, de sorte qu'une fois le noyau en céramique (10) dissous,
 l'aube de turbine creuse brute de fonderie obtenue intègre directement
 ces perforations externes sans usinage dédié.

- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel des extrémités libres des
 picots sont insérées dans des emplacements correspondant du moule en
 matériau réfractaire, de sorte à émerger de la pièce en cire perdue une
 fois ce moule ouvert.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 6, dans lequel les picots sont constitués
 de tiges en alumine ou de tubes en quartz.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 6, dans lequel un perturbateur (32) est
 ajouté au picot à une extrémité opposée à son extrémité libre, assurant la
 jonction du picot et d'une partie du noyau.
- [Revendication 10] Aube de turbine creuse brute de fonderie fabriquée selon le procédé des
 revendications 6 à 9.

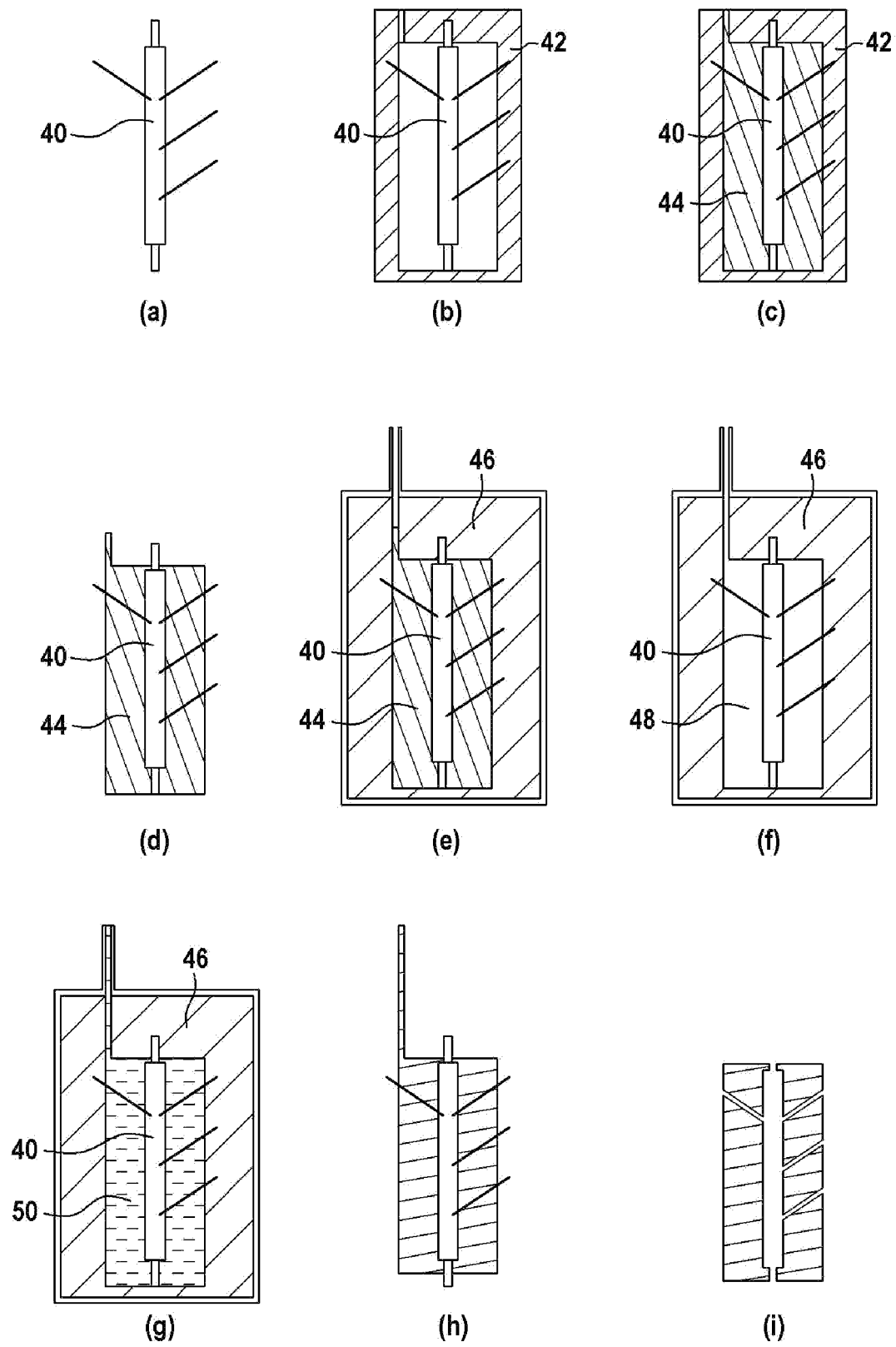
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 908798
FR 2206516

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2021/187594 A1 (OSTINO LEANDRE [FR] ET AL) 24 juin 2021 (2021-06-24) * alinéa [0029] - alinéa [0034]; figures 1-3 *	1-10	B22C9/10 B22C9/04 F01D5/18
X	US 4 811 778 A (ALLEN DAVID J [GB] ET AL) 14 mars 1989 (1989-03-14) * le document en entier *	1-10	
X	US 10 022 790 B2 (SIEMENS ENERGY INC [US]; SIEMENS AG [DE]; MIKRO SYSTEMS INC [US]) 17 juillet 2018 (2018-07-17) * alinéa [Detailed description of the invention]; figures 5-14 *	1-10	
X	US 9 057 277 B2 (MIKRO SYSTEMS INC [US]) 16 juin 2015 (2015-06-16) * colonne 3 - colonne 7; figures 1-39 *	1-10	
X	EP 3 808 473 A1 (RAYTHEON TECH CORP [US]) 21 avril 2021 (2021-04-21) * alinéa [0024] - alinéa [0033]; figures 1-9 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B22C
X	WO 2014/113184 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 24 juillet 2014 (2014-07-24) * alinéa [0009] - alinéa [0010] * * alinéa [0038] - alinéa [0039] * * figures 1-17 *	1, 3, 6, 7, 10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 janvier 2023		Desvignes, Rémi	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2206516 FA 908798**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **18-01-2023**
 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
US 2021187594 A1		24-06-2021	CN 111163877 A	15-05-2020
			EP 3697552 A1	26-08-2020
			FR 3072415 A1	19-04-2019
			US 2021187594 A1	24-06-2021
			WO 2019077237 A1	25-04-2019

US 4811778 A		14-03-1989	AU 601587 B2	13-09-1990
			DE 3813287 A1	15-12-1988
			FR 2616091 A1	09-12-1988
			GB 2205261 A	07-12-1988
			JP 2680830 B2	19-11-1997
			JP S63303649 A	12-12-1988
			US 4811778 A	14-03-1989

US 10022790 B2		17-07-2018	CN 106457363 A	22-02-2017
			EP 3157694 A1	26-04-2017
			JP 6452736 B2	16-01-2019
			JP 2017526532 A	14-09-2017
			US 2017087630 A1	30-03-2017
			US 2018318919 A1	08-11-2018
			WO 2015195110 A1	23-12-2015

US 9057277 B2		16-06-2015	DE 102012111875 A1	06-06-2013
			FR 2983420 A1	07-06-2013
			GB 2500449 A	25-09-2013
			US 2013139990 A1	06-06-2013
			US 2014342176 A1	20-11-2014

EP 3808473 A1		21-04-2021	EP 3808473 A1	21-04-2021
			EP 4088836 A1	16-11-2022
			US 2021114085 A1	22-04-2021

WO 2014113184 A1		24-07-2014	AUCUN	
