

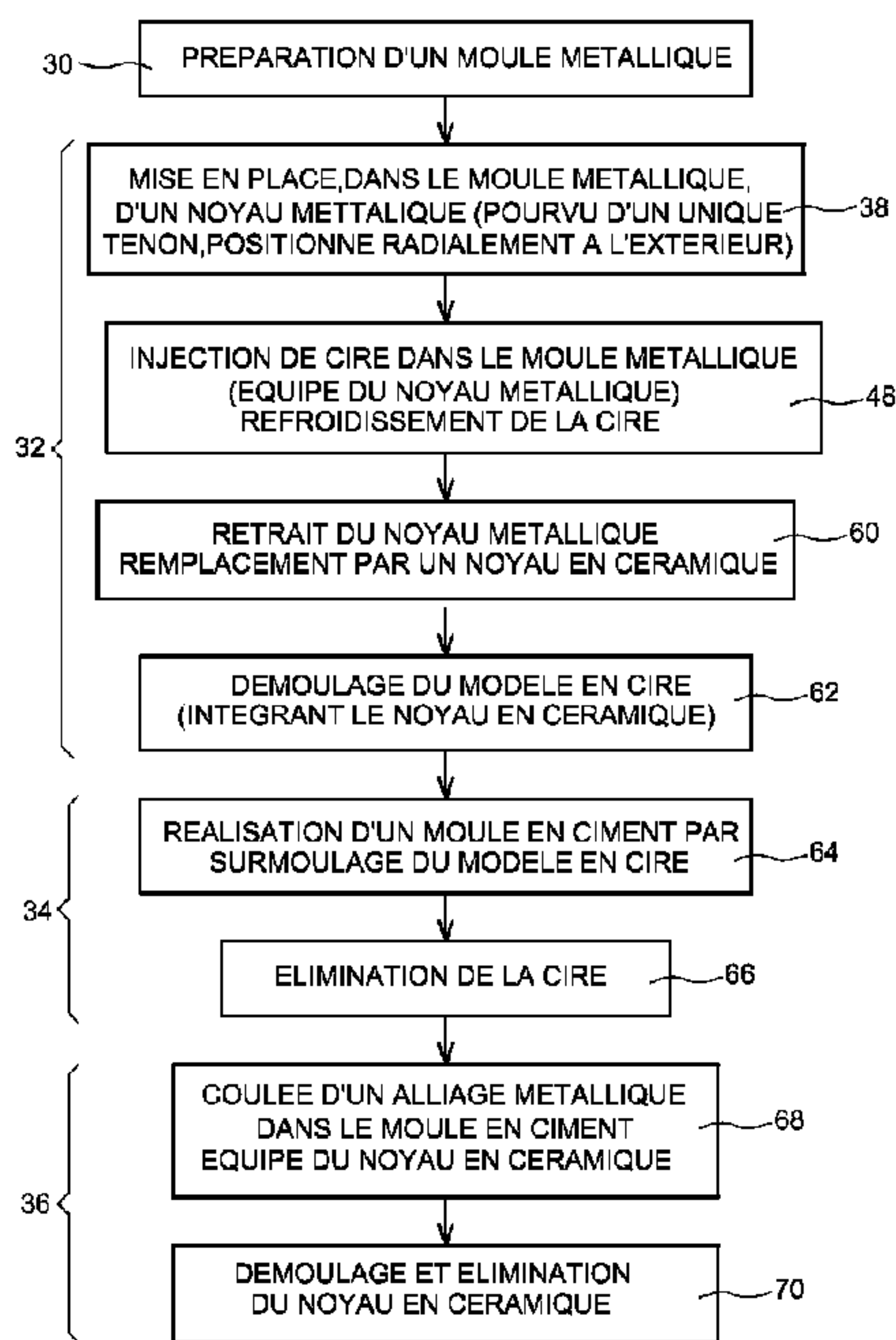


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/09/30
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/04/07
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2017/04/25
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2012/03/28
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2010/064573
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/039315
 (30) Priorité/Priority: 2009/10/01 (FR09 56850)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B22C 7/02* (2006.01),
B22C 9/04 (2006.01), *B22C 9/10* (2006.01),
F01D 9/04 (2006.01)
 (72) Inventeurs/Inventors:
BARIAUD, CHRISTIAN, FR;
COLLIN, YANNICK, FR;
HERZER, ERIC, FR;
MATHIEU, DAVID, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCÉDE AMELIORE DE FABRICATION D'UN ENSEMBLE ANNULAIRE AUBAGE DE TURBOMACHINE A LA CIRE PERDUE, MOULE METALLIQUE ET MODELE EN CIRE POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UN TEL PROCÉDE

(54) Title: IMPROVED LOST-WAX CASTING METHOD FOR MANUFACTURING AN ANNULAR BLADED TURBINE ENGINE ASSEMBLY, METAL MOLD, AND WAX PATTERN FOR IMPLEMENTING SUCH A METHOD



(57) Abrégé/Abstract:

Procédé de fabrication d'un modèle en cire (50) d'ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine (10), comprenant successivement la mise en place, dans un moule, d'un noyau (40) destiné à former l'empreinte d'une cavité d'une aube (18) dudit ensemble, l'injection d'une cire dans ledit moule, et le démoulage du modèle en cire (50) équipé dudit noyau (40), caractérisé en ce que ledit noyau (40) est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne (46) soit logée dans la portion (58) du moule définissant l'aube (18) comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne (52) de cette portion du moule.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/039315 A1(43) Date de la publication internationale
7 avril 2011 (07.04.2011)(51) Classification internationale des brevets :
B22C 7/02 (2006.01) B22C 9/10 (2006.01)
B22C 9/04 (2006.01) F01D 9/04 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/064573(22) Date de dépôt international :
30 septembre 2010 (30.09.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
09 56850 1 octobre 2009 (01.10.2009) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
SNECMA [FR/FR]; 2, boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
BARIAUD, Christian [FR/FR]; 19 avenue des Lacs,

F-91400 Orsay (FR). COLLIN, Yannick [FR/FR]; 19 avenue André Malraux, F-92300 Levallois (FR). HERZER, Eric [FR/FR]; 22 rue Victor Hugo, Bâtiment H, F-78800 Houilles (FR). MATHIEU, David [FR/FR]; 27 rue Pasteur, F-77500 Chelles (FR).

(74) Mandataire : ILGART, Jean-Christophe; Brevalex, 95, rue d'Amsterdam, F-75378 Paris Cedex 8 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : IMPROVED LOST-WAX CASTING METHOD FOR MANUFACTURING AN ANNULAR BLADED TURBINE ENGINE ASSEMBLY, METAL MOLD, AND WAX PATTERN FOR IMPLEMENTING SUCH A METHOD

(54) Titre : PROCÉDE AMELIORE DE FABRICATION D'UN ENSEMBLE ANNULAIRE AUBAGE DE TURBOMACHINE A LA CIRE PERDUE, MOULE METALLIQUE ET MODELE EN CIRE POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UN TEL PROCÉDE

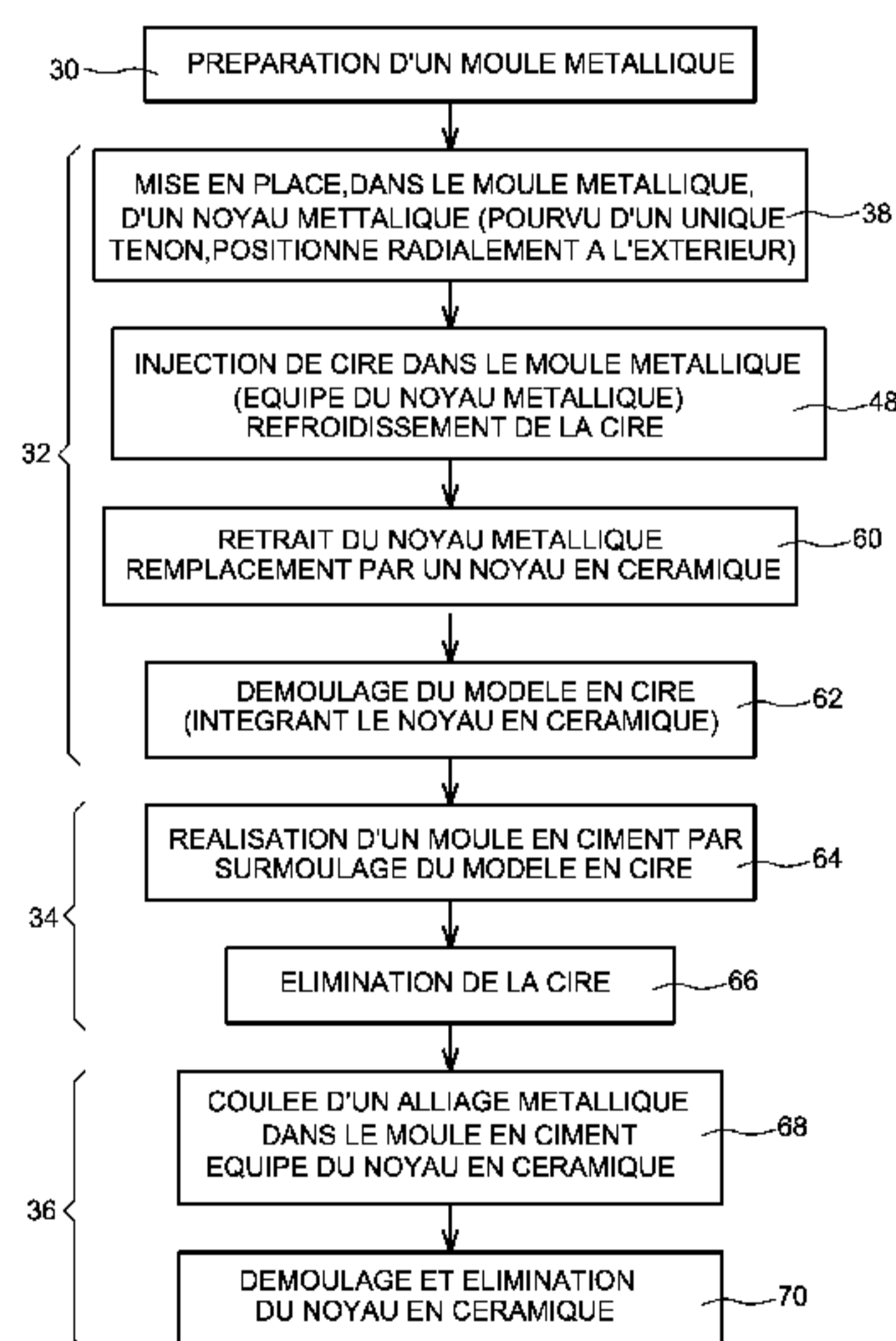


FIG. 4

30 PREPARING A METAL MOLD
38 PLACING A METAL CORE INSIDE THE METAL MOLD (PROVIDED WITH A SINGLE TANG POSITIONED RADIALLY OUTWARD)
48 INJECTING WAX INTO THE METAL MOLD (PROVIDED WITH THE METAL CORE) COOLING THE WAX
60 REMOVING THE METAL CORE REPLACING WITH A CERAMIC CORE
62 REMOVING THE WAX PATTERN FROM THE MOLD (HAVING THE CERAMIC CORE THEREIN)
64 PRODUCING A CEMENT MOLD BY OVERMOLDING THE WAX PATTERN
66 REMOVING THE WAX
68 CASTING A METAL ALLOY INTO THE CEMENT MOLD PROVIDED WITH THE CERAMIC CORE
70 STRIPPING AND REMOVING THE CERAMIC CORE FROM THE MOLD

(57) Abstract : The invention relates to a method for manufacturing a wax pattern (50) for a bladed turbine engine stator assembly (10), including consecutively: placing a core (40) inside a mold, said core intended for forming the impression of a cavity for a blade (18) of said assembly; injecting wax into said mold; and removing the wax pattern (50) provided with said core (40) from the mold, characterized in that said core (40) is made of metal and is positioned such that the radially inner end thereof (46) is housed in the portion (58) of the mold defining the blade (18) comprising said cavity, remote from the radially inner end (52) of said mold portion.

(57) Abrégé : Procédé de fabrication d'un modèle en cire (50) d'ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine (10), comprenant successivement la mise en place, dans un moule, d'un noyau (40) destiné à former l'empreinte d'une cavité d'une aube (18) dudit ensemble, l'injection d'une cire dans ledit moule, et le démoulage du modèle en cire (50) équipé dudit noyau (40), caractérisé en ce que ledit noyau (40) est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne (46) soit logée dans la portion (58) du moule définissant l'aube (18) comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne (52) de cette portion du moule.

WO 2011/039315 A1



GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), 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, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

**PROCEDE AMELIORE DE FABRICATION D'UN ENSEMBLE ANNULAIRE
AUBAGE DE TURBOMACHINE A LA CIRE PERDUE, MOULE
METALLIQUE ET MODELE EN CIRE POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UN
TEL PROCEDE**

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne la fabrication d'un ensemble annulaire aubagé de stator pour une turbomachine, telle qu'une turbomachine d'aéronef.

La figure 1 représente un tel ensemble aubagé 10, parfois appelé distributeur ou redresseur selon sa fonction au sein de la turbomachine. Cet ensemble aubagé 10 comprend typiquement deux structures annulaires coaxiales ou viroles, respectivement interne 12 et externe 14, qui sont reliées l'une à l'autre par une pluralité d'aubes 16.

L'invention concerne plus particulièrement la fabrication d'un ensemble aubagé comprenant au moins une aube 18 intégrant une cavité, de forme générale allongée selon la direction radiale, destinée par exemple à la mesure de paramètres physiques, tels que la pression et la température de l'air circulant le long de l'aube, éventuellement via des orifices 20 de cette aube.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les ensembles aubagés de stator des turbomachines sont en général réalisés par un procédé de fonderie du type « à la cire perdue », dans lequel

un modèle en cire ayant la forme de l'ensemble aubagé à fabriquer est préalablement réalisé, pour permettre ensuite la fabrication d'un moule en ciment par surmoulage de ce modèle en cire. Après élimination de la cire, un alliage métallique est coulé dans le moule en ciment obtenu précédemment pour former, après refroidissement et démoulage, l'ensemble aubagé souhaité.

La réalisation préalable du modèle en cire s'effectue au moyen d'un moule métallique ayant sensiblement la forme de l'ensemble aubagé à fabriquer.

Dans le cas d'un ensemble aubagé dont au moins une aube comprend une cavité, un noyau de forme allongée, tel qu'illustré sur la figure 2, est inséré dans la portion du moule métallique qui définit l'aube précitée pour former l'empreinte de la cavité. Ce noyau 22 est réalisé en céramique de sorte qu'il présente une tenue thermique suffisante pour supporter les hautes températures inhérentes à la coulée de l'alliage métallique précité, et pour permettre l'élimination ultérieure de ce noyau par un procédé chimique conventionnel.

De la cire est ensuite injectée sous pression dans le moule métallique équipé du noyau de manière à former, en se refroidissant, un modèle de l'ensemble aubagé à fabriquer, dans lequel le noyau est enrobé par la cire et occupe l'espace correspondant à la cavité précitée.

Pendant l'injection de la cire, le noyau est monté sur le moule métallique de manière à être maintenu fermement en position, pour limiter au mieux

le risque d'une déformation du noyau sous la pression de la cire, ce qui dégraderait la précision de la forme du modèle en cire, et par conséquent de l'ensemble aubagé obtenu à l'issue du procédé de fabrication. Le
5 maintien du noyau est en général assuré par deux tenons 24 et 26 (figure 2) formés respectivement aux deux extrémités du noyau et faisant saillie hors du moule métallique pour permettre leur préhension par des moyens de support appropriés.

10 La réalisation du moule en ciment s'effectue ensuite par surmoulage du modèle en cire obtenu précédemment et équipé du noyau, d'une manière telle que le ciment englobe les deux tenons de ce noyau qui font saillie hors du modèle en cire. Après
15 solidification de ce ciment puis élimination de la cire, on obtient ainsi un moule en ciment équipé du noyau, qui est désormais maintenu par le moule en ciment lui-même.

20 Ensuite, après la coulée de l'alliage métallique dans le moule en ciment obtenu précédemment et après le refroidissement de cet alliage métallique, le noyau est éliminé, en général par une méthode chimique, et la pièce métallique obtenue est démoulée pour former un ensemble annulaire aubagé.

25 L'élimination du noyau laisse dans la virole interne de cet ensemble aubagé un orifice 28 formé par le passage de l'un des tenons du noyau, comme le montre la figure 3. La présence d'un orifice à cet endroit n'étant pas souhaitable, il est en général
30 procédé au rebouchage de cet orifice par brasage ou analogue.

Cependant, cette opération de rebouchage accroît le coût de fabrication des ensembles annulaires aubagés.

De plus, la présence de parties brasées dans les viroles internes de ces ensembles induit dans ces viroles des irrégularités de forme et de structure de nature à réduire la tenue mécanique et donc la durée de vie de ces viroles.

En outre, il arrive que le noyau se déforme sous la pression de la cire au moment de l'injection de cette dernière, ce qui occasionne des mises au rebut coûteuses.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, économique et efficace à ces problèmes.

Elle propose à cet effet un procédé de fabrication d'un modèle en cire d'ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine, destiné à la réalisation d'un moule de cet ensemble aubagé, le modèle comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne et radialement externe, viroles reliées entre elles par une pluralité d'aubes dont l'une au moins comporte une cavité interne, ledit procédé comprenant successivement, à l'aide d'un moule métallique ayant sensiblement une forme à conférer audit modèle d'ensemble annulaire aubagé :

- la mise en place d'un noyau, destiné à former l'empreinte de ladite cavité, dans une portion dudit

moule métallique qui définit l'aube comportant la cavité, le noyau précité ayant une forme générale allongée présentant une extrémité radialement externe montée sur le moule métallique ;

5 - l'injection d'une cire dans le moule métallique équipé du noyau précité ;

- après refroidissement de la cire, le démoulage du modèle en cire ainsi obtenu, équipé du noyau.

Selon l'invention, le noyau précité est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne soit logée dans la portion du moule définissant l'aube comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne de cette portion du moule.

15 L'utilisation d'un noyau métallique, plus rigide qu'un noyau en céramique du type utilisé habituellement, rend possible un montage de ce noyau sur le moule métallique uniquement par son extrémité radialement externe, tout en minimisant les risques de déformation de ce noyau pendant l'injection de la cire. Un tel montage du noyau sur le moule métallique est particulièrement avantageux lorsque le modèle en cire fabriqué au moyen de ce procédé est utilisé dans un procédé de fabrication d'un ensemble annulaire aubagé, comme cela apparaîtra plus clairement dans ce qui suit.

L'amélioration de la rigidité du noyau rend possible un accroissement de la pression d'injection de la cire, ainsi qu'une diminution du taux de modèles en cire défectueux du fait d'une déformation du noyau.

30 L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un ensemble annulaire aubagé de stator

de turbomachine comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne et radialement externe, reliées entre elles par une pluralité d'aubes dont l'une au moins comporte une cavité interne, ledit
5 procédé comprenant successivement :

- la fabrication d'un modèle en cire de l'ensemble annulaire aubagé, par un procédé du type décrit ci-dessus ;

10 - la réalisation d'un moule en un matériau réfractaire par surmoulage du modèle en cire précité puis élimination de la cire ;

- la coulée d'un alliage métallique en fusion dans le moule en matériau réfractaire équipé du noyau précité pour former ledit ensemble annulaire aubagé ;

15 - après refroidissement de l'alliage métallique, le démoulage de l'ensemble annulaire aubagé et l'élimination du noyau.

20 Ce procédé de fabrication d'un ensemble annulaire aubagé utilise ainsi le procédé de fabrication de modèle en cire décrit ci-dessus, dans lequel le noyau est monté sur le moule métallique uniquement par son extrémité radialement externe.

25 Au terme des étapes de surmoulage du modèle en cire et d'élimination de la cire, l'extrémité radialement externe du noyau est englobée dans le matériau réfractaire solidifié et permet donc la liaison du noyau au moule réalisé dans ce matériau, tandis que l'extrémité radialement interne du noyau s'étend à l'intérieur de ce moule, à distance de
30 l'extrémité radialement interne de la portion de ce moule définissant l'aube comportant la cavité précitée,

et donc à distance de la virole radialement interne du moule.

De ce fait, l'extrémité radialement interne du noyau ne forme pas d'orifice dans la virole interne de l'ensemble annulaire aubagé obtenu par ce procédé. Il n'est donc plus nécessaire de prévoir une opération de rebouchage d'orifice au niveau de cette virole interne, ce qui permet une réduction du coût de fabrication des ensembles annulaires aubagés de stator des turbomachines, et une amélioration de la durée de vie de ces ensembles.

Préférentiellement, avant la réalisation du moule en matériau réfractaire, le procédé de fabrication d'un ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine comprend en outre l'extraction dudit noyau en métal hors dudit modèle en cire puis la mise en place dans l'empreinte formée dans la cire par ledit noyau en métal, d'un noyau de même forme réalisé en céramique.

Le noyau réalisé en céramique présente une meilleure tenue thermique et est donc mieux adapté à l'étape ultérieure de coulée de l'alliage métallique en fusion. De plus, le noyau en céramique peut être éliminé, en fin de procédé, par une méthode chimique conventionnelle.

De préférence, le noyau en métal présente une section effilée en direction de son extrémité radialement interne.

La forme effilée du noyau en métal permet de faciliter son extraction hors du modèle en cire en limitant les risques d'endommager ce modèle. La

rigidité de ce noyau en métal permet en outre de limiter les risques de cassure du noyau lors de son extraction.

5 Dans le cas où le noyau en métal est remplacé par un noyau en céramique comme décrit ci-dessus, ce dernier a la même forme que celle du noyau en métal et le caractère effilé de cette forme facilite l'insertion de ce noyau en céramique dans l'empreinte préalablement formée par le noyau en métal.

10 Toutefois, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre sans exécuter l'étape précitée d'échange de noyaux, notamment lorsque le métal constituant le noyau métallique a un point de fusion suffisamment élevé par rapport au point de fusion de
15 l'alliage métallique coulé dans le moule en matériau réfractaire, pour permettre au noyau métallique de supporter la coulée de cet alliage sans risque de fusion du noyau.

L'invention concerne également un moule
20 métallique destiné à la fabrication, par un procédé du type décrit ci-dessus, d'un modèle en cire d'ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne et radialement externe, viroles reliées entre
25 elles par une pluralité d'aubes dont l'une au moins comporte une cavité interne, le moule comprenant, dans une portion qui définit ladite aube comportant la cavité, un noyau de forme générale allongée présentant une extrémité radialement externe montée sur le moule
30 métallique pour former l'empreinte de ladite cavité, caractérisé en ce que le noyau est réalisé en métal et

est positionné de sorte que son extrémité radialement interne soit logée dans ladite portion du moule définissant l'aube comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne de ladite portion du moule.

L'invention concerne encore un modèle en cire destiné à la fabrication, par un procédé du type décrit ci-dessus, d'un ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne et radialement externe, viroles reliées entre elles par une pluralité d'aubes dont l'une au moins comporte une cavité interne, le modèle comprenant, dans une portion qui définit ladite aube comportant la cavité, un noyau de forme générale allongée présentant une extrémité radialement externe en saillie du modèle, pour former l'empreinte de ladite cavité, caractérisé en ce que le noyau est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne soit logée dans ladite portion du modèle définissant l'aube comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne de ladite portion du modèle.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise, et d'autres détails, avantages et caractéristiques de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, est une vue en perspective d'un ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine d'un type connu ;
- la figure 2, déjà décrite, est une vue en perspective d'un noyau de type connu, destiné à la fabrication de l'ensemble aubagé de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue schématique partielle de la virole interne de l'ensemble annulaire aubagé de la figure 1, avant rebouchage de son orifice formé par le noyau de la figure 2 ;
- la figure 4 est un organigramme illustrant les principales étapes d'un procédé selon l'invention pour fabriquer un ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine ;
- la figure 5 est une vue schématique en perspective d'un noyau destiné à la mise en œuvre du procédé de la figure 4 ;
- la figure 6 est une vue schématique partielle en perspective, d'un modèle en cire d'ensemble annulaire aubagé, dans lequel est installé le noyau de la figure 5 ;
- la figure 7 est une vue semblable à la figure 6, avec un plan de coupe transversal.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PREFERES

L'organigramme de la figure 4 illustre un procédé conforme à l'invention pour la fabrication d'un ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine de même type que l'ensemble aubagé représenté sur la figure 1, et comprenant donc deux viroles coaxiales, respectivement interne 12 et externe 14, reliées entre

elles par une pluralité d'aubes 16, dont au moins une aube 18 intègre une cavité.

Ce procédé comporte quatre phases principales successives, désignées par les références
5 respectives 30, 32, 34 et 36 sur l'organigramme de la figure 4.

La première phase 30 consiste en la préparation, d'une manière conventionnelle, d'un moule métallique de l'ensemble aubagé à fabriquer, la
10 deuxième phase 32 consiste en la fabrication d'un modèle en cire de l'ensemble aubagé au moyen de ce moule métallique, la troisième phase 34 en la réalisation d'un moule en ciment, ou plus généralement en tout matériau réfractaire approprié, par surmoulage
15 du modèle en cire, et la quatrième phase 36 en la fabrication de l'ensemble aubagé au moyen du moule en ciment précité.

Plus précisément, la deuxième phase 32 comprend une étape 38 de mise en place, dans le moule
20 métallique, d'un noyau qui diffère du noyau conventionnel de la figure 2 en ce qu'il est réalisé en un métal, par exemple en un acier, et en ce qu'il est dépourvu de tenon à son extrémité destinée à être positionnée radialement vers l'intérieur dans le moule.

La figure 5 illustre un noyau 40 de ce type, et montre en particulier son extrémité 42, qui est destinée à être positionnée radialement vers l'extérieur dans le moule et qui est pourvue d'un tenon 44 analogue au tenon 24 du noyau de la figure 2
25 de type conventionnel, et son extrémité 46, qui est destinée à être positionnée radialement vers
30

l'intérieur dans le moule et qui est dépourvue de tenon. Ce noyau 40 présente une section transversale effilée en direction de son extrémité 46 précitée, comme cela apparaît sur la figure 5, ce qui est rendu possible notamment par l'absence de tenon à cette extrémité.

Dans l'étape 38 précitée (figure 4), le noyau 40 est installé dans la portion du moule métallique définissant l'aube de l'ensemble aubagé qui intègre une cavité, de telle sorte que le tenon 44 de l'extrémité 42 de ce noyau fasse saillie à l'extérieur du moule en passant par un orifice de la paroi de ce moule définissant la virole radialement externe de l'ensemble aubagé, et de sorte que l'autre extrémité 46 de ce noyau s'étende à l'intérieur du moule, à distance, radialement vers l'extérieur, de la paroi de ce moule définissant la virole radialement interne de l'ensemble aubagé.

L'étape suivante 48 de la deuxième phase 32 du procédé consiste en l'injection sous pression d'une cire dans le moule métallique équipé du noyau métallique 40 décrit ci-dessus, d'une manière conventionnelle, jusqu'à ce que le moule soit rempli de cire, le noyau étant alors englobé dans la cire à l'exception de son tenon en saillie hors du moule métallique. La rigidité du noyau métallique permet à ce dernier de ne pas se déformer pendant l'injection de la cire malgré la pression exercée sur le noyau par celle-ci.

Après refroidissement, la cire durcie forme un modèle 50 de l'ensemble annulaire aubagé à

fabriquer, comme l'illustrent les figures 6 et 7. Ce modèle 50 a sensiblement la forme de l'ensemble annulaire aubagé, et comprend donc deux viroles coaxiales, respectivement interne 52 et externe 54, et
5 une pluralité d'aubes 56 reliant ces deux viroles et comprenant une aube 58 destinée à définir l'aube de l'ensemble aubagé qui intègre une cavité, cette aube 58 du modèle en cire étant celle qui intègre le noyau 40. La figure 7 illustre en particulier la position de
10 l'extrémité radialement interne 46 du noyau 40, qui se trouve à distance, radialement vers l'extérieur, de la virole radialement interne 52 qui forme l'extrémité radialement interne de l'aube 58.

Dans le mode préféré de mise en œuvre du
15 procédé selon l'invention, la deuxième phase 32 de ce procédé se poursuit par une étape 60 consistant à retirer le noyau métallique 40 du modèle en cire, et à le remplacer par un noyau de même forme réalisé en céramique, et ayant de ce fait une meilleure tenue
20 thermique. Le retrait du noyau métallique 40 est réalisé par un déplacement de ce noyau en translation sensiblement rectiligne radialement vers l'extérieur du modèle. La forme effilée, radialement vers l'intérieur, du noyau métallique 40, permet de réduire au mieux les
25 risques d'endommagement de la cire lors de cette extraction. Le remplacement du noyau métallique 40 par le noyau en céramique est destiné à permettre au noyau de mieux supporter la coulée ultérieure d'un alliage métallique en fusion, et à faciliter l'élimination de
30 ce noyau par une méthode chimique conventionnelle à la

fin du procédé de fabrication, comme cela apparaîtra plus clairement dans ce qui suit.

La deuxième phase 32 du procédé s'achève par une étape 62 de démoulage du modèle en cire 50
5 intégrant le noyau en céramique.

Le procédé se poursuit alors par la troisième phase 34, qui comprend une étape 64 de réalisation d'un moule en ciment, ou analogue, par surmoulage du modèle en cire 50 obtenu précédemment.
10 Plus précisément, ce modèle en cire 50 est enduit de ciment de telle manière que le ciment englobe le tenon du noyau en céramique intégré à ce modèle.

La troisième phase 34 se termine par une étape 66 d'élimination de la cire, d'une manière
15 conventionnelle comprenant par exemple le chauffage de cette cire, de manière à obtenir un moule en ciment équipé du noyau en céramique précité, dont le tenon est noyé dans le moule de manière à assurer un maintien rigide de ce noyau.

La quatrième phase 36 du procédé comporte
20 une étape 68 de coulée d'un alliage métallique en fusion dans le moule en ciment obtenu précédemment. Le noyau équipant le moule permet de former la cavité de l'aube 18 correspondante de l'ensemble annulaire
25 aubagé. L'étape 70 suivante consiste, après refroidissement de l'alliage métallique dans le moule, en un démoulage de l'ensemble aubagé ainsi obtenu et en une élimination du noyau en céramique, par une méthode conventionnelle, de préférence du type chimique.

30 Du fait que l'extrémité radialement interne du noyau n'a pas fait saillie hors de l'ensemble aubagé

au cours du procédé décrit ci-dessus, la virole interne de cet ensemble ne comporte pas d'orifice formé par le noyau, après l'élimination de ce dernier. Le procédé selon l'invention permet ainsi d'économiser une étape
5 finale de rebouchage de la virole interne des ensembles annulaires aubagés, et permet d'améliorer la régularité de forme et de structure de cette virole.

Le procédé selon l'invention peut, en variante, être mis en œuvre sans exécuter l'étape 60 de
10 retrait du noyau métallique et de remplacement de ce noyau par un noyau en céramique. Dans ce cas, l'ensemble du procédé est réalisé au moyen du même noyau métallique. Le noyau métallique présente alors un point de fusion suffisamment élevé par rapport à celui
15 de l'alliage métallique coulé afin de supporter les hautes températures inhérentes à la coulée de l'alliage métallique en fusion au cours de l'étape 68.

D'une manière générale, le procédé selon l'invention peut être utilisé pour la fabrication
20 d'ensembles annulaires aubagés d'un seul tenant tels que l'ensemble décrit ci-dessus, ou pour la fabrication d'ensembles formés d'une pluralité de secteurs montés bout-à-bout circonférentiellement, auquel cas chacun des secteurs comprenant une aube pourvue d'une cavité
25 interne peut être réalisé au moyen de ce procédé.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un modèle en cire (50) d'ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine (10), destiné à la réalisation d'un moule de cet ensemble aubagé, le modèle (50) comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne (52) et radialement externe (54), viroles reliées entre elles par une pluralité d'aubes (56) dont l'une (58) au moins comporte une cavité interne, ledit procédé comprenant successivement, à l'aide d'un moule métallique ayant sensiblement une forme à conférer audit modèle (50) d'ensemble annulaire aubagé :

- la mise en place (38) d'un noyau (40), destiné à former l'empreinte de ladite cavité, dans une portion dudit moule métallique qui définit l'aube (58) comportant ladite cavité, ledit noyau (40) ayant une forme générale allongée présentant une extrémité radialement externe (42) montée sur ledit moule métallique ;

- l'injection (48) d'une cire dans ledit moule métallique équipé dudit noyau (40) ;

- après refroidissement de ladite cire, le démoulage (62) du modèle en cire (50) ainsi obtenu, équipé dudit noyau (40) ;

caractérisé en ce que ledit noyau (40) est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne (46) soit logée dans ladite portion du moule définissant l'aube (58) comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne de cette portion du moule.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit noyau en métal (40) présente une section transversale effilée en direction de son extrémité radialement interne (46).

3. Procédé de fabrication d'un ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine (10) comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne (12) et radialement externe (14), reliées entre elles par une pluralité d'aubes (16) dont l'une au moins (18) comporte une cavité interne, ledit procédé comprenant successivement :

- une étape (32) de fabrication d'un modèle en cire (50) dudit ensemble annulaire aubagé (10), par un procédé selon la revendication 1 ou 2 ;

- une étape (34) de réalisation d'un moule en un matériau réfractaire par surmoulage (64) dudit modèle en cire (50) puis élimination (66) de la cire ;

- une étape (68) de coulée d'un alliage métallique en fusion dans ledit moule en matériau réfractaire équipé dudit noyau (40) pour former ledit ensemble annulaire aubagé (10) ;

- après refroidissement dudit alliage métallique, une étape (70) de démoulage dudit ensemble annulaire aubagé (10) et d'élimination dudit noyau (40).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'avant l'étape (34) de réalisation du moule en matériau réfractaire, le procédé comprend en outre une étape (60) d'extraction dudit noyau en

métal (40) hors dudit modèle en cire (50) puis de mise en place dans l'empreinte formée dans la cire par ledit noyau en métal (40), d'un noyau de même forme réalisé en céramique.

5

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit matériau réfractaire est un ciment.

10

6. Moule métallique destiné à la fabrication, par un procédé selon la revendication 1 ou 2, d'un modèle en cire (50) d'ensemble annulaire aubagé de stator de turbomachine comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne (52) et radialement externe (54), viroles reliées entre elles par une pluralité d'aubes (56) dont l'une au moins (58) comporte une cavité interne, le moule comprenant, dans une portion qui définit ladite aube (58) comportant ladite cavité, un noyau (40) de forme générale allongée présentant une extrémité radialement externe (42) montée sur ledit moule métallique pour former l'empreinte de ladite cavité, caractérisé en ce que ledit noyau (40) est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne (46) soit logée dans ladite portion du moule définissant ladite aube (58) comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne de ladite portion du moule.

30

7. Modèle en cire (50) destiné à la fabrication, par un procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, d'un ensemble annulaire aubagé de

stator de turbomachine (10) comprenant deux viroles coaxiales, respectivement radialement interne (12) et radialement externe (14), viroles reliées entre elles par une pluralité d'aubes (16) dont l'une au moins (18) comporte une cavité interne, le modèle (50) comprenant, dans une portion (58) qui définit ladite aube (18) comportant ladite cavité, un noyau (40) de forme générale allongée présentant une extrémité radialement externe (42) en saillie dudit modèle (50), pour former l'empreinte de ladite cavité, caractérisé en ce que ledit noyau (40) est réalisé en métal et est positionné de sorte que son extrémité radialement interne (46) soit logée dans ladite portion (58) du modèle (50) définissant ladite aube (18) comportant ladite cavité, à distance de l'extrémité radialement interne (52) de ladite portion (58) du modèle (50).

1 / 5

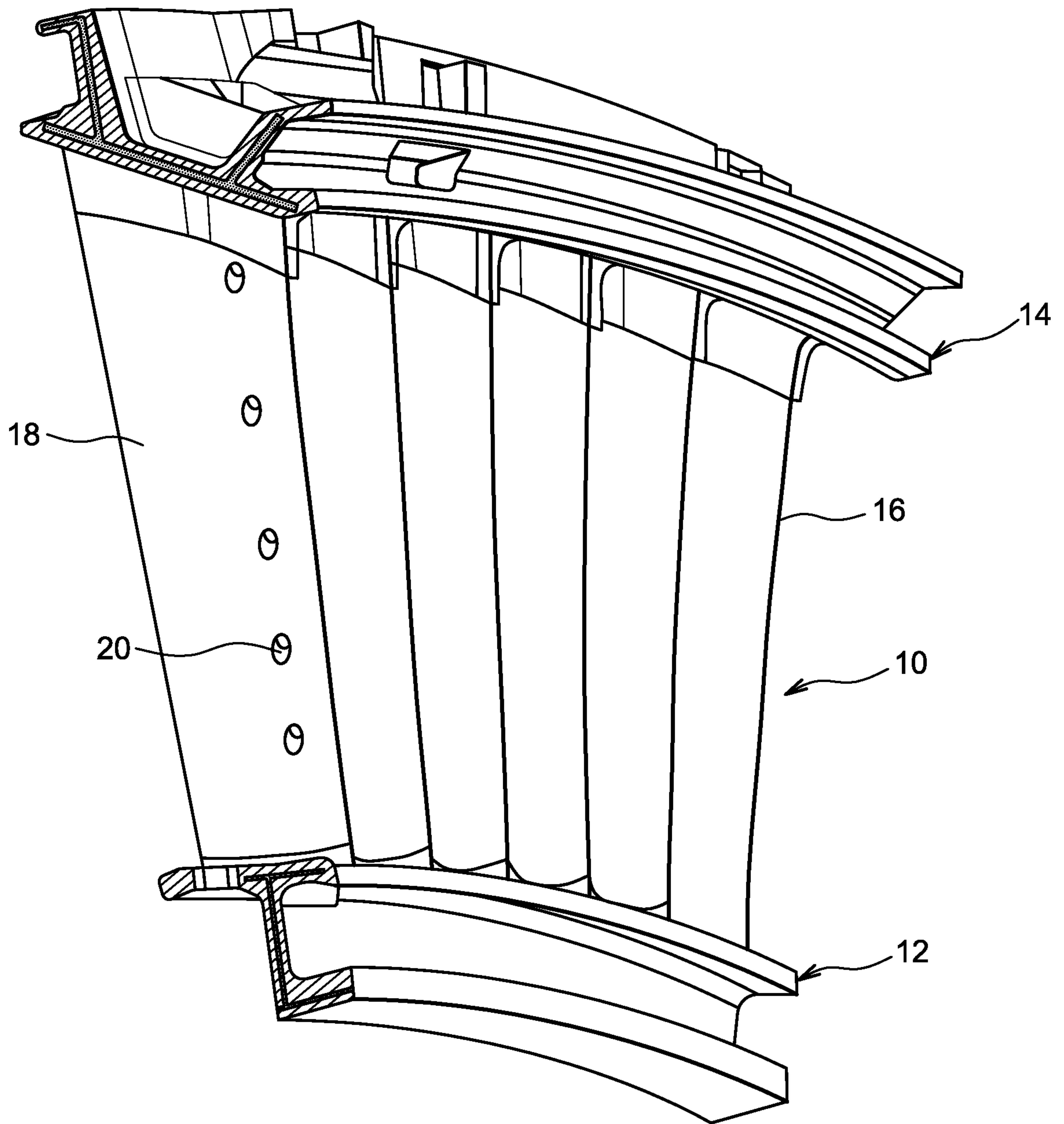


FIG. 1

2 / 5

FIG. 2

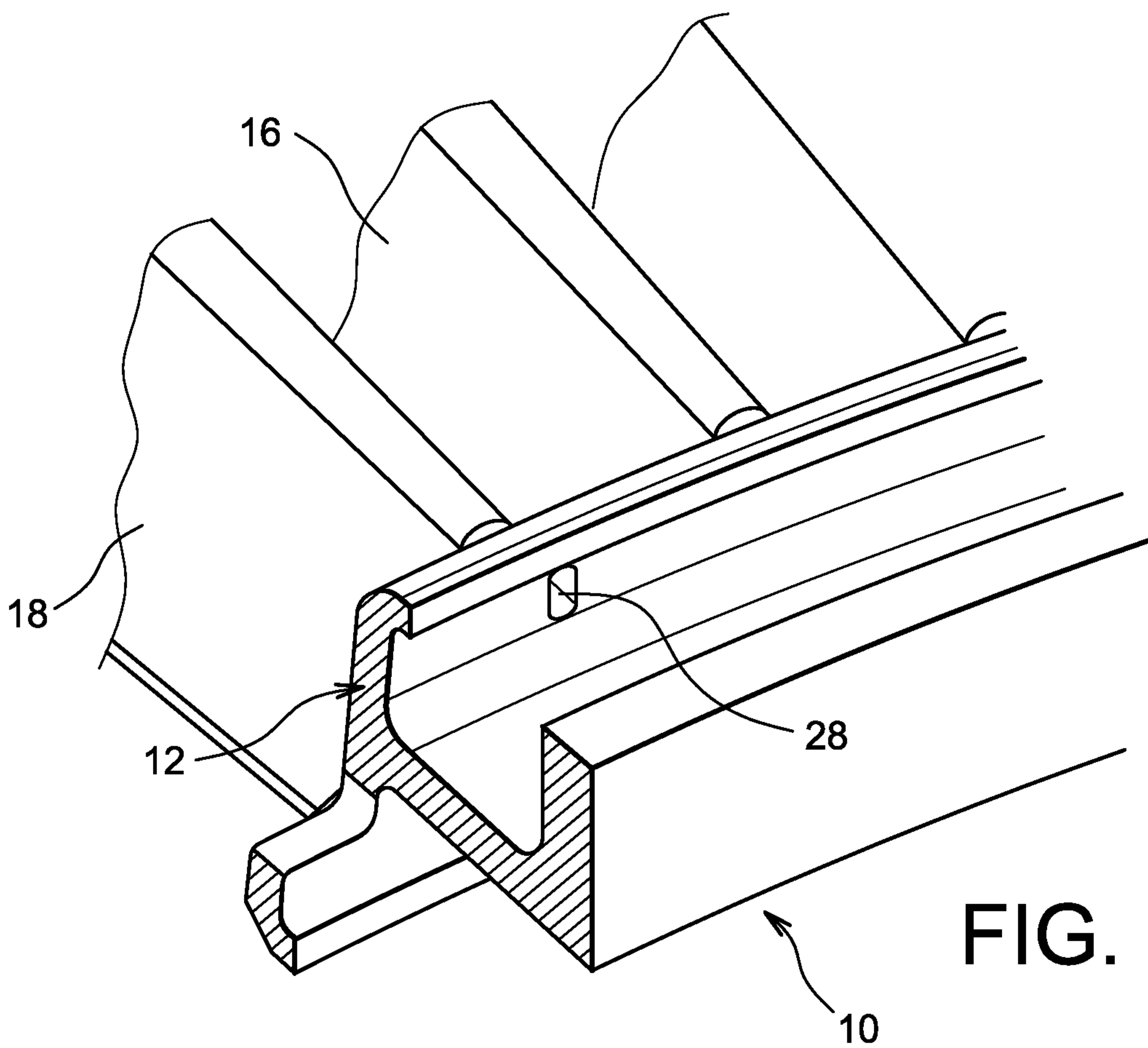
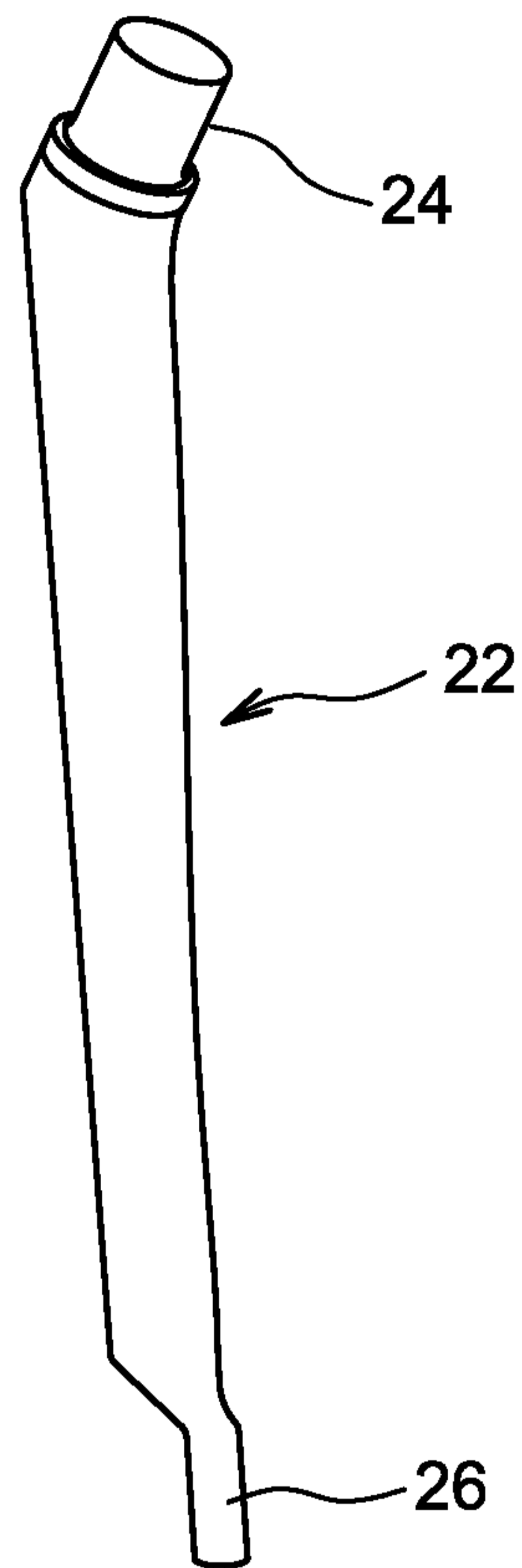


FIG. 3

3 / 5

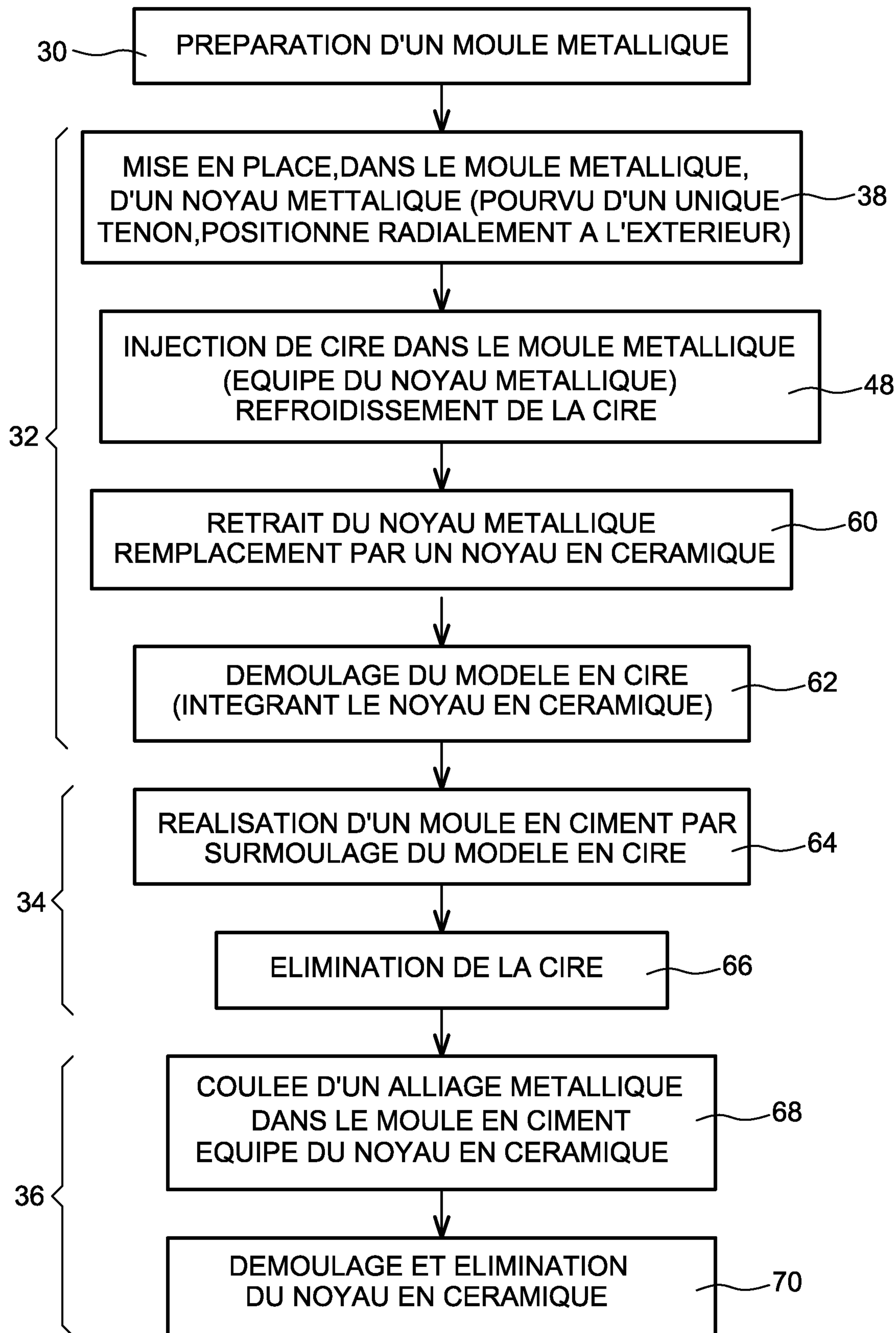


FIG. 4

4 / 5

FIG. 5

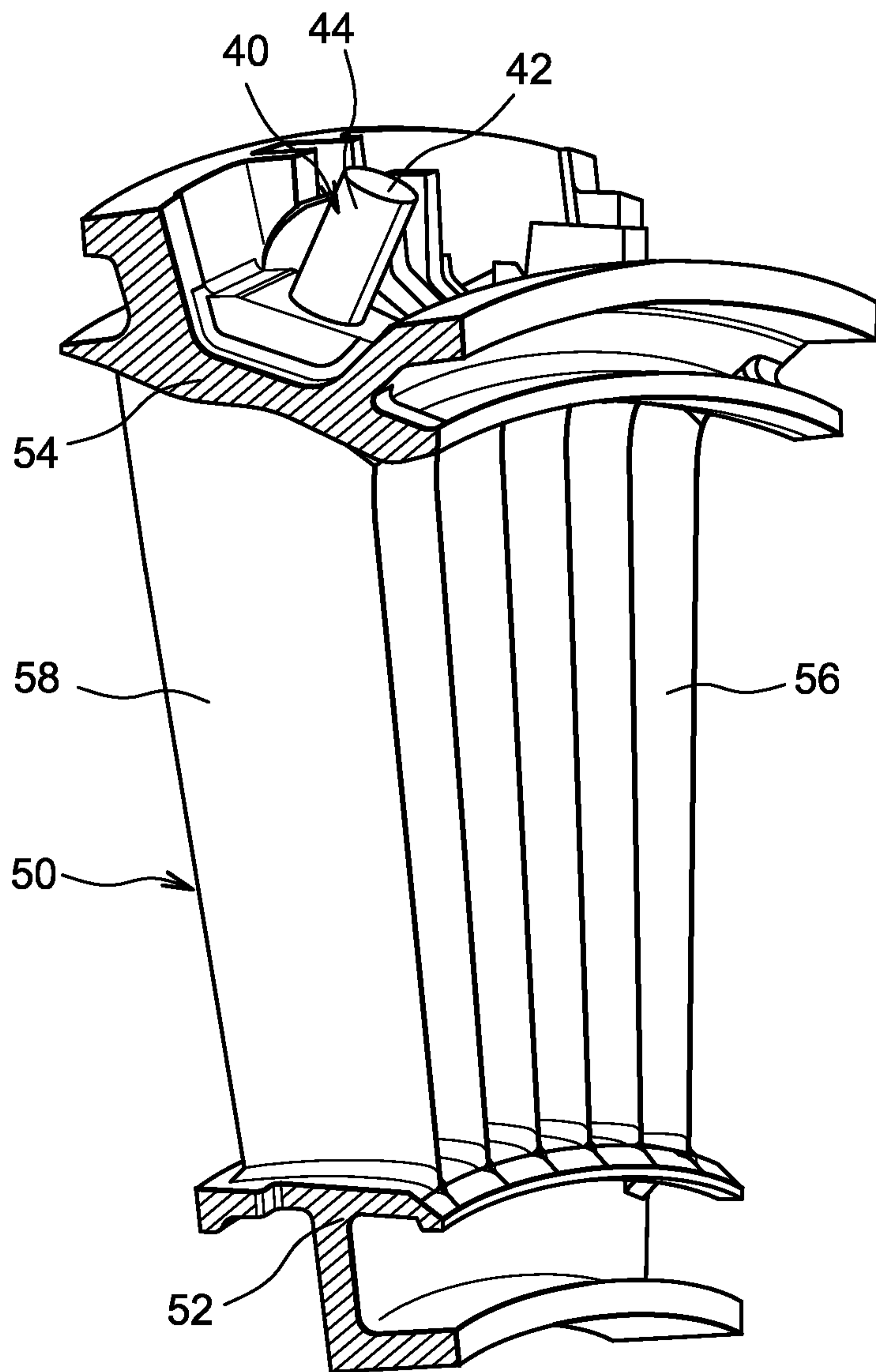
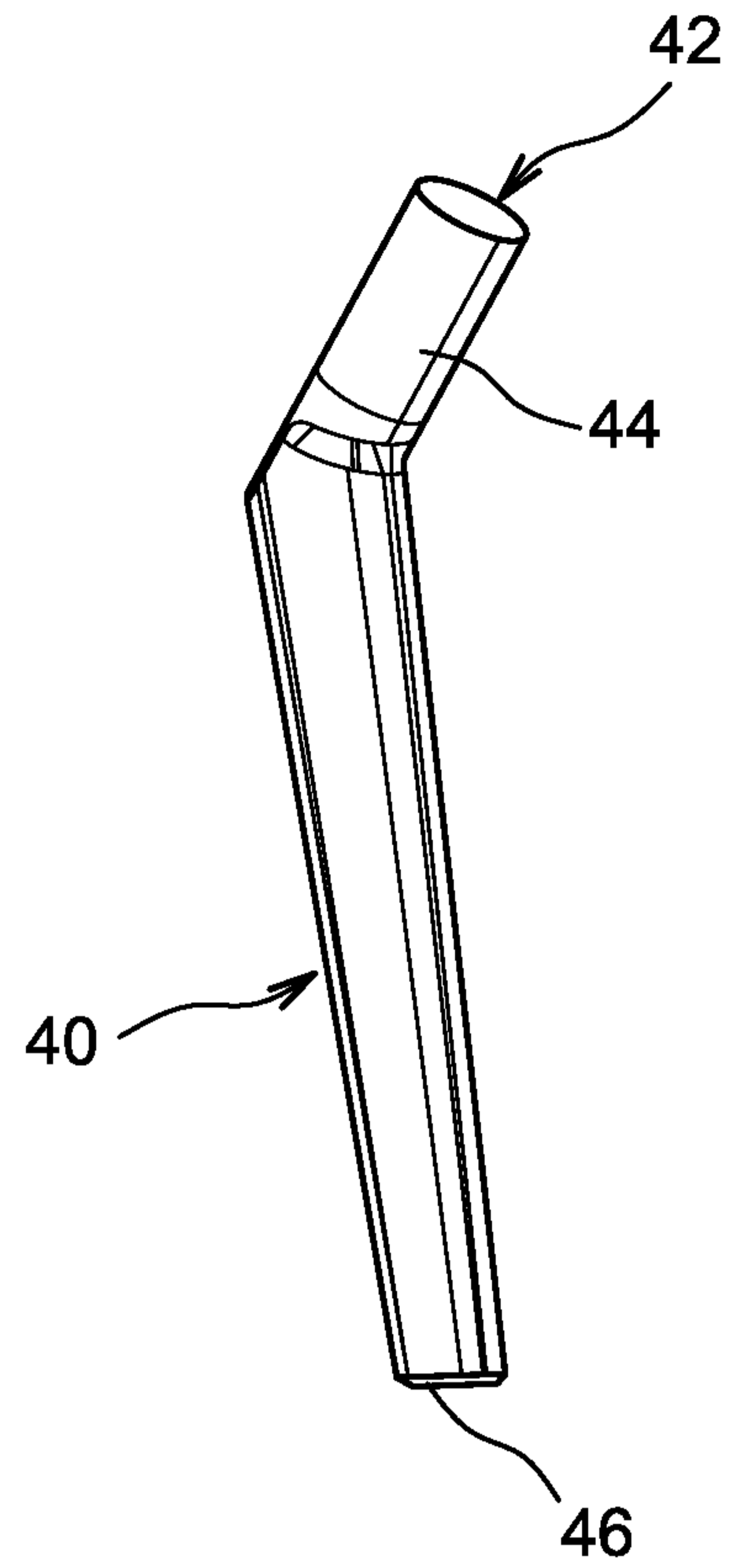


FIG. 6

5 / 5

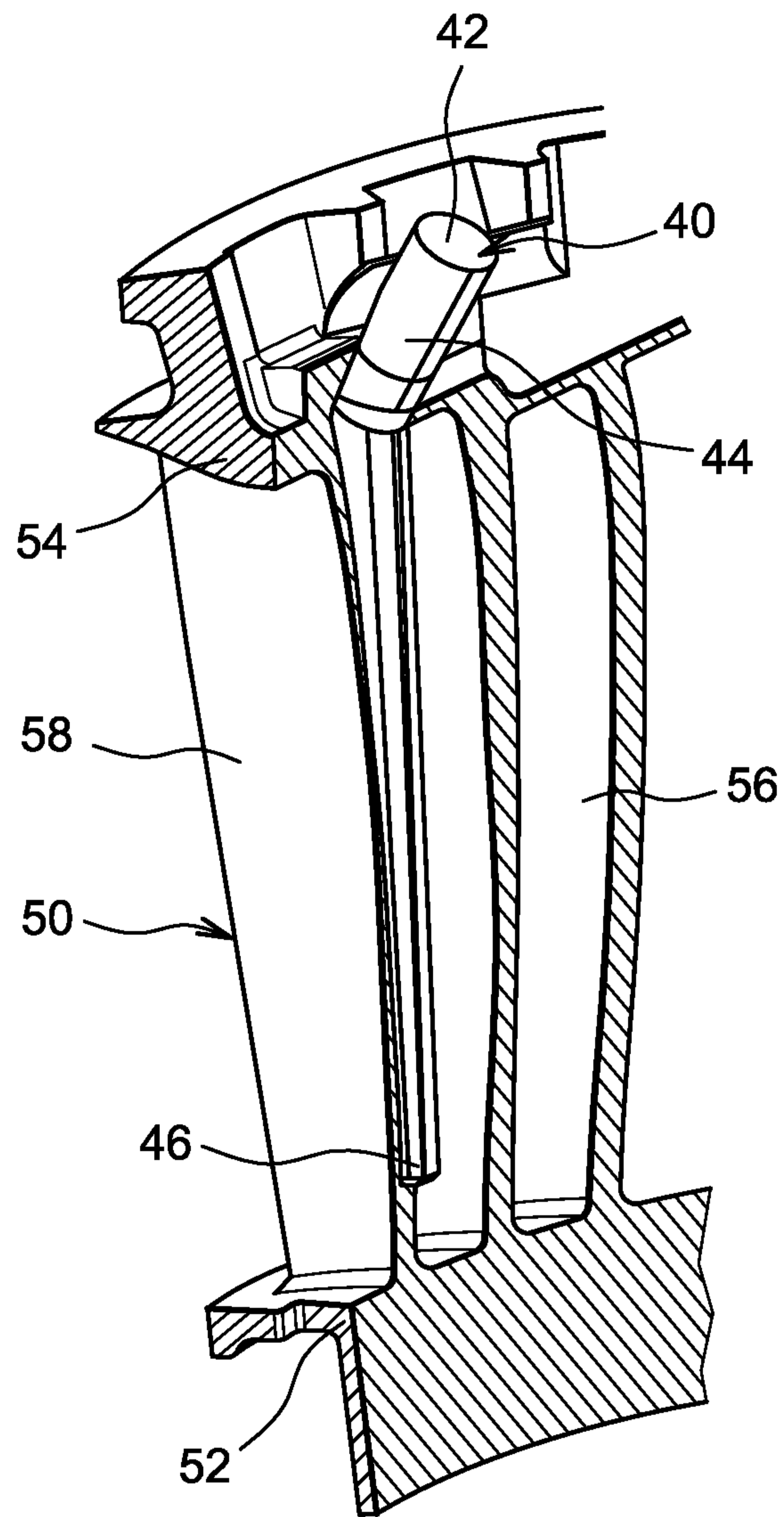


FIG. 7

