



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 806 989 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.03.2019 Bulletin 2019/11

(21) Numéro de dépôt: **13704187.7**

(22) Date de dépôt: **22.01.2013**

(51) Int Cl.:
B22C 9/04 (2006.01) **B22C 9/22 (2006.01)**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/050134

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/110889 (01.08.2013 Gazette 2013/31)

(54) **CARAPACE POUR LA FABRICATION PAR MOULAGE À CIRE PERDUE D'ÉLÉMENTS AUBAGÉS
DE TURBOMACHINE D'AÉRONEF, COMPRENANT DES ÉCRANS FORMANT ACCUMULATEURS
DE CHALEUR**

MASKENFORM ZUR HERSTELLUNG VON BESCHAUFELTEN ELEMENTEN EINER
FLUGZEUGTURBOMASCHINE MITTELS WACHSAUSSCHMELZGUSS UND MIT SCHIRMEN ZUR
FORMUNG VON WÄRMESPEICHERN

SHELL MOULD FOR MANUFACTURING AIRCRAFT TURBOMACHINE BLADED ELEMENTS USING
THE LOST WAX MOULDING TECHNIQUE AND COMPRISING SCREENS THAT FORM HEAT
ACCUMULATORS

(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**

(30) Priorité: **24.01.2012 FR 1250677**

(43) Date de publication de la demande:
03.12.2014 Bulletin 2014/49

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

(72) Inventeurs:
• **GUERCHE, Didier
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**
• **DALON, Thibault
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Brevalex
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A2- 0 059 549 **FR-A1- 2 874 340**
GB-A- 2 259 660 **US-A- 5 275 227**
US-A1- 2004 079 510

EP 2 806 989 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**DOMAINE TECHNIQUE**

[0001] L'invention se rapporte au domaine de la fabrication en grappe d'éléments aubagés de turbomachine d'aéronef, par la technique de moulage à cire perdue. Chaque élément aubagé peut être un secteur comprenant une pluralité de pales, tel qu'un secteur de distributeur basse pression, ou bien être une aube individuelle, telle qu'une aube de roue mobile de compresseur ou de turbine.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement la conception de la carapace en forme de grappe, dans laquelle le métal est destiné à être coulé pour l'obtention des éléments aubagés de turbomachine.

[0003] L'invention concerne tous les types de turbomachines d'aéronef, en particulier les turboréacteurs et les turbopropulseurs.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

[0004] De l'art antérieur, il est effectivement connu d'utiliser la technique de moulage à cire perdue pour fabriquer simultanément plusieurs éléments aubagés de turbomachine d'aéronef, tels que des secteurs de distributeur, ou bien des aubes individuelles.

[0005] Pour rappel, le moulage de précision à la cire perdue consiste à réaliser en cire, par injection dans des outillages, un modèle de chacun des éléments aubagés désirés. L'assemblage de ces modèles sur des bras de coulée également en cire, eux-mêmes raccordés à un distributeur de métal en cire, permet de constituer une grappe qui est ensuite plongée dans différentes substances afin de former autour de celle-ci une carapace de céramique d'épaisseur sensiblement uniforme.

[0006] Le procédé est poursuivi en faisant fondre la cire, qui laisse alors son empreinte exacte dans la céramique, dans laquelle le métal en fusion est versé, généralement via un godet de coulée assemblé sur le distributeur de métal. Après refroidissement du métal, la carapace est détruite et les pièces en métal sont séparées et parachevées.

[0007] Cette technique offre l'avantage d'une précision dimensionnelle, permettant de réduire voire de supprimer certains usinages. De plus, elle offre un très bon aspect de surface.

[0008] Plus précisément, les éléments aubagés de carapace sont agencés à la périphérie de la carapace, et disposent chacun d'une partie pale dont la zone de bord de fuite est orientée vers l'extérieur de la carapace. Cette zone de bord de fuite sert bien évidemment à délimiter l'empreinte du bord de fuite de chaque pale destinée à être obtenue par l'intermédiaire de l'élément aubagé concerné.

[0009] Cette solution se révèle satisfaisante pour l'obtention de bords de fuite d'épaisseur standard, par exemple de l'ordre de 0,7mm. Il est cependant intéressant de

réduire l'épaisseur des bords de fuites des pales afin d'améliorer les performances des turbomachines d'aéronef. A titre d'exemple, des performances accrues sont obtenues en prévoyant une épaisseur d'environ 0,5 mm sur les bords de fuite des pales de secteur de distributeur, de même qu'avec une épaisseur d'environ 0,45 mm sur les bords de fuite des aubes mobiles individuelles.

[0010] Néanmoins, la technologie actuelle reste perfectible dans le cadre de l'obtention de telles épaisseurs, dites épaisseurs fines ou très fines. En effet, avec des épaisseurs aussi faibles, il peut se poser des problèmes de non-venue de matière dans les empreintes définissant ces bords de fuites.

15 EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0011] L'invention a donc pour but de remédier au moins partiellement aux inconvénients mentionnés ci-dessus, relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

[0012] Pour ce faire, l'invention a pour objet une carapace pour la fabrication par moulage à cire perdue d'une pluralité d'éléments aubagés de turbomachine d'aéronef, ladite carapace en forme de grappe comprenant :

- 25 - une pluralité d'éléments aubagés de carapace chacun destiné à l'obtention de l'un desdits éléments aubagés de turbomachine, chaque élément aubagé comprenant une partie pale située entre une première partie d'extrémité délimitant l'empreinte d'une plateforme ainsi qu'une seconde partie d'extrémité délimitant l'empreinte d'une autre plateforme, ladite partie pale comprenant une zone de bord de fuite ainsi qu'une zone de bord d'attaque lui étant opposée ;
- 30 - un distributeur de métal présentant un axe central autour duquel sont répartis lesdits éléments aubagés de carapace ; et
- 35 - un espace intérieur de carapace centré sur ledit axe central, et délimité par lesdits éléments aubagés de carapace.

[0013] Selon l'invention, ladite carapace est équipée d'un ou d'une pluralité d'écrans formant accumulateurs de chaleur agencés dans l'espace intérieur de carapace, en regard des zones de bord de fuite orientées vers l'intérieur dudit espace intérieur de carapace.

[0014] L'invention est remarquable en ce qu'elle se révèle tout à fait appropriée pour l'obtention de bords de fuite fins ou très fins, au sens mentionné ci-dessus.

[0015] En effet, pendant la coulée dans la carapace qui a généralement été préchauffée, l'écran / les écrans forment un réservoir de chaleur permettant le maintien à haute température des zones de bord de fuite situées en regard, et dont la position a donc été volontairement inversée par rapport à l'art antérieur afin qu'elles soient orientées vers l'intérieur de la carapace. La déperdition thermique est donc largement atténuée, ce qui permet l'obtention d'une meilleure fluidité du métal coulé, et qui

se traduit par une plus grande faculté à pénétrer dans ces zones de faibles épaisseurs des empreintes. Il en découle une précision de moulage améliorée, et une meilleure santé métallurgique du métal coulé, avec en particulier une diminution de la retassure.

[0016] De plus, en y logeant l'écran / les écrans, l'espace intérieur de la carapace devient avantageusement fonctionnalisé, alors qu'il restait habituellement largement évidé dans les solutions de l'art antérieur. A cet égard, il est noté que la présence des écrans n'impacte pas l'encombrement global de la carapace.

[0017] De préférence, chaque écran s'étend en regard de la partie pale, entre les première et seconde parties d'extrémité délimitant les empreintes de plateforme. En d'autres termes, il est fait en sorte que chaque écran se trouve seulement en regard de la partie pale, c'est-à-dire qu'il ne s'étend pas suffisamment selon la direction de l'axe central du distributeur pour être en regard des première et seconde parties d'extrémité.

[0018] Chaque écran formant accumulateur de chaleur est préférentiellement réalisé d'une seule pièce avec ladite carapace. Chaque écran est alors obtenu d'une manière identique à celle des autres organes de la carapace, c'est-à-dire à partir d'un écran en cire qui est ensuite éliminé ou non, puis rempli ou non de métal. De manière préférentielle, ces écrans obtenus d'un seul tenant avec la carapace ne sont pas remplis de métal lors de la coulée.

[0019] Selon une première possibilité, il est prévu un écran associé à chaque élément aubagé de carapace, avec chaque écran étant de préférence de forme sensiblement plane.

[0020] Selon une seconde possibilité, il est prévu un unique écran associé à tous lesdits éléments aubagés de carapace, avec ledit écran unique étant de préférence de forme révolutionnaire, centré sur ledit axe central du distributeur de métal.

[0021] Qu'il y ait un ou plusieurs écrans, leur forme peut être adaptée pour se retrouver au plus près des zones de bord de fuite des éléments aubagés de carapace, de manière à procurer la plus grande efficacité possible.

[0022] A cet égard, de préférence, chaque zone de bord de fuite est écartée de son écran associé d'une distance comprise entre 1 et 40 mm, cette distance étant préférentiellement sensiblement constante le long de chaque bord de fuite de la zone.

[0023] De préférence, la carapace comprend un support central s'étendant à partir du distributeur de métal selon la direction de l'axe central de ce dernier, chaque écran étant agencé autour dudit support central sur lequel il est rapporté. Ce support central peut également être utilisé afin de porter des armatures de support des éléments aubagés de carapace.

[0024] De préférence, ladite carapace est réalisée en céramique, d'une manière connue de l'homme du métier.

[0025] De préférence, la partie pale de chaque élément aubagé de carapace délimite une ou plusieurs pales.

Comme déjà évoqué, il peut s'agir d'un élément aubagé dédié à l'obtention d'une pluralité de pales, tel qu'un secteur de distributeur basse pression, ou bien d'un élément aubagé dédié à l'obtention d'une aube individuelle, telle qu'une aube de roue mobile de compresseur ou de turbine.

[0026] Le nombre de ces éléments aubagés répartis circonférentiellement autour de l'axe central du distributeur peut varier, par exemple de 3 à 10 pour les secteurs comprenant chacun plusieurs pales, et par exemple de 10 à 50 pour les aubes individuelles.

[0027] De préférence, la carapace en forme de grappe comprend également :

un revêtement d'isolation thermique réalisé à l'aide d'une pluralité de bandes d'isolation thermique recouvrant au moins une partie de la surface extérieure de la carapace. De plus, ledit revêtement est réalisé à l'aide de bandes d'isolation thermique entourant chacune un élément aubagé de carapace sur au moins une portion radiale de celui-ci, et à l'aide d'au moins une bande d'isolation thermique entourant ladite carapace.

[0028] L'invention se révèle ainsi tout à fait appropriée pour l'obtention de bords de fuite fins ou très fins, au sens mentionné ci-dessus. En effet, pendant et après la coulée du métal dans la carapace, le revêtement d'isolation thermique permet d'atténuer la déperdition thermique et maintenir ainsi la carapace et le métal coulé à haute température pendant un temps allongé. Il en découle une meilleure fluidité du métal coulé, qui se traduit par une plus grande faculté à pénétrer dans les zones de faibles épaisseurs des empreintes, et en particulier les bords de fuite.

[0029] La précision de moulage est améliorée, de même que la santé métallurgique du métal coulé, avec en particulier une diminution de la retassure.

[0030] De plus, en utilisant une pluralité de bandes pour former le revêtement d'isolation thermique, l'invention constitue une solution avantageuse et simple permettant de faire varier la résistance thermique en fonction des zones de la carapace, et ce de manière à obtenir un remplissage satisfaisant ainsi qu'une bonne santé métallurgique du métal coulé.

[0031] De préférence, ledit revêtement est réalisé à l'aide de bandes d'isolation thermique entourant chacune un élément aubagé de carapace sur au moins une portion radiale de celui-ci, et à l'aide d'au moins une bande d'isolation thermique entourant ladite carapace.

[0032] De préférence, ledit revêtement est réalisé de telle sorte que pour chaque élément aubagé de carapace, il présente un gradient de résistance thermique selon la direction radiale dudit élément aubagé de carapace. Ce gradient radial peut par ailleurs varier le long du contour de l'élément aubagé. En particulier, le gradient radial diffère entre la surface de l'élément aubagé orientée vers l'extérieur de la carapace et son autre surface orientée vers l'intérieur, en regard de l'axe central du distributeur.

[0033] De préférence, lesdites bandes sont réalisées en laine de roche, et présentent par exemple toutes une

même résistance thermique. Les épaisseurs sont donc de préférence identiques, seules les largeurs pouvant alors varier. A titre d'exemple indicatif, les épaisseurs retenues pour les différentes couches peuvent être identiques, mais avec des densités simple ou double, en fonction des besoins.

[0034] De préférence, chaque élément aubagé de carapace comprend une partie pale située entre une première partie d'extrémité délimitant l'empreinte d'une plateforme ainsi qu'une seconde partie d'extrémité délimitant l'empreinte d'une autre plateforme, et la seconde extrémité de chaque bras de coulée est raccordée à ladite première partie d'extrémité de l'un des éléments aubagés de carapace, dont la seconde partie d'extrémité est décalée de la première partie d'extrémité selon la direction de l'axe central du distributeur de métal, de préférence dans un même sens de décalage que celui de la seconde extrémité du bras de coulée par rapport à sa première extrémité. De plus, chaque partie pale comprend une zone de bord de fuite ainsi qu'une zone de bord d'attaque lui étant opposée.

[0035] Dans le premier cas où chaque élément aubagé de carapace est dédié à l'obtention d'un secteur de distributeur, ledit revêtement d'isolation thermique est particulièrement efficace lorsqu'il comprend les bandes d'isolation thermique suivantes :

- une première bande associée à chaque élément aubagé de carapace, chaque première bande entourant son élément associé sur toute la longueur de ce dernier, selon la direction radiale de cet élément ;
- une seconde bande associée à chaque élément aubagé de carapace, recouvrant partiellement la première bande, chaque seconde bande entourant son élément associé sur une portion radiale de ce dernier, comprenant la première partie d'extrémité et la partie pale, mais excluant la seconde partie d'extrémité ;
- une troisième bande entourant la périphérie de la carapace de manière à recouvrir les bras de coulée, les premières parties d'extrémité des éléments aubagés de carapace, ainsi qu'une portion radiale supérieure de leurs parties pales ;
- une quatrième bande recouvrant partiellement la troisième bande et entourant la périphérie de la carapace de manière à recouvrir uniquement les bras de coulée ; et
- une cinquième bande entourant la périphérie de la carapace de manière à recouvrir les éléments aubagés de carapace, mais pas les bras de coulée.

[0036] Dans le second cas où chaque élément aubagé de carapace est dédié à l'obtention d'une aube individuelle, et comprend un réservoir de métal raccordé à la seconde partie d'extrémité de manière à s'étendre en regard et à distance de la zone de bord d'attaque de l'élément aubagé, le revêtement d'isolation thermique

est particulièrement efficace lorsqu'il comprend les bandes d'isolation thermique suivantes :

- une première bande associée à chaque élément aubagé de carapace, chaque première bande entourant son élément associé sur une portion radiale de celui-ci, comprenant seulement une portion de la partie pale (2b) s'étendant à partir de la seconde partie d'extrémité ;
- une seconde bande placée dans un espace annulaire centré sur l'axe du distributeur et défini entre les réservoirs et les zones de bords de fuite, ladite seconde bande centrée sur l'axe central de distributeur étant agencée de manière à recouvrir les premières bandes et entourer extérieurement une portion radiale de chaque élément aubagé, comprenant seulement une portion de la partie pale s'étendant à partir de la seconde partie d'extrémité ;
- une troisième bande entourant la périphérie de la carapace de manière à recouvrir une portion radiale de chaque élément aubagé de carapace, comprenant la première partie d'extrémité et une portion de la partie pale, mais excluant la seconde partie d'extrémité, la seconde et la troisième bandes présentant des extrémités en regard définissant entre elles une fenêtre annulaire au niveau de laquelle la carapace est dépourvue de bande ;
- une quatrième et une cinquième couches superposées, entourant chacune la périphérie de la carapace de manière à recouvrir uniquement les bras de coulée ;
- une sixième bande entourant la périphérie de la carapace ainsi que la troisième couche de manière à recouvrir une portion radiale de chaque élément aubagé de carapace, comprenant la première partie d'extrémité et une portion de la partie pale, mais excluant la seconde partie d'extrémité, ladite sixième bande s'étendant jusqu'à ladite fenêtre annulaire ;
- une septième bande entourant la périphérie de la carapace de manière à recouvrir les surfaces des réservoirs orientées radialement vers l'extérieur ainsi que les extrémités radiales des secondes parties d'extrémité ;
- une huitième bande entourant la périphérie de la carapace et recouvrant partiellement ladite septième bande de manière à recouvrir les surfaces des réservoirs orientées radialement vers l'extérieur ; et
- une neuvième bande disposée sensiblement orthogonalement à l'axe central sur lequel elle est centrée, et à partir duquel elle s'étend radialement jusqu'à recouvrir l'extrémité circonférentielle de ladite huitième bande.

[0037] Bien entendu, les deux aspects de l'invention mentionnés ci-dessus, à savoir les écrans accumulateurs de chaleur d'une part et le revêtement d'isolation thermique d'autre part, sont combinables.

[0038] L'invention a également pour objet un procédé

de fabrication par moulage à cire perdue d'une pluralité d'éléments aubagés de turbomachine d'aéronef, mis en oeuvre à l'aide d'une carapace telle que décrite ci-dessus.

[0039] De préférence, le métal est coulé dans la carapace avec l'axe central du distributeur de métal orienté verticalement.

[0040] Lorsque le procédé est mis en oeuvre avec l'écran / les écrans réalisés d'une seule pièce avec la carapace, l'accumulation de chaleur s'effectue bien entendu au moment où le reste de la carapace est préchauffée, avant la coulée du métal.

[0041] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront dans la description détaillée non limitative ci-dessous.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0042] Cette description sera faite au regard des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 représente une vue en perspective d'un élément aubagé de turbomachine destiné à être obtenu par la mise en oeuvre du procédé selon la présente invention, ledit élément aubagé se présentant sous la forme d'un secteur de distributeur basse pression ;
- les figures 2 à 4 représentent des vues en perspective d'un modèle en cire servant à la réalisation d'une carapace pour la mise en oeuvre du procédé de fabrication par moulage à cire perdue selon l'invention, aux fins d'obtention de l'élément de la figure 1 ;
- la figure 4a représente une vue schématisant la distance d'écartement entre les écrans en cire et les bords de fuite des pales de la réplique en cire ;
- la figure 5 représente une vue en perspective de la carapace obtenue à l'aide du modèle en cire représenté sur les figures 2 à 4 ;
- la figure 5a représente une vue schématisant la distance d'écartement entre les écrans accumulateur de chaleur et les zones de bord de fuite des éléments aubagés de carapace ;
- la figure 6 représente une vue schématisant la carapace équipée d'une pluralité de bandes d'isolation thermique, formant un revêtement sur au moins une partie de la surface extérieure de la carapace ;
- la figure 7 représente une vue en perspective d'un autre élément aubagé de turbomachine destiné à être obtenu par la mise en oeuvre du procédé selon la présente invention, ledit élément aubagé se présentant sous la forme d'une aube mobile individuelle ;
- les figures 8 et 9 représentent des vues en perspective d'un modèle en cire servant à la réalisation d'une carapace pour la mise en oeuvre du procédé de fabrication par moulage à cire perdue selon l'invention, aux fins d'obtention de l'élément de la figure 7 ;
- la figure 10 représente une vue schématisant la dis-

tance d'écartement entre l'écran en cire et les bords de fuite des pales de la réplique en cire ;

- la figure 11 représente une vue en perspective de la carapace obtenue à l'aide du modèle en cire représenté sur les figures 8 et 9 ;
- la figure 11a représente une vue schématisant la distance d'écartement entre l'écran accumulateur de chaleur et les zones de bord de fuite des éléments aubagés de carapace ; et
- la figure 12 représente une vue schématisant la carapace équipée d'une pluralité de bandes d'isolation thermique, formant un revêtement sur au moins une partie de la surface extérieure de cette carapace.

15 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

[0043] En référence à la figure 1, il est représenté un secteur de distributeur basse pression 1 de turbine pour turbomachine d'aéronef. Ce secteur comprend une pluralité de pales 2 agencées entre une première extrémité 4 et une seconde extrémité 6. Les deux extrémités 4, 6 forment respectivement un secteur angulaire de couronne extérieure et un secteur angulaire de couronne intérieure, et comprennent chacune une plateforme 8 délimitant une veine principale 10 de circulation des gaz. En plus de la plateforme 8 à laquelle est attachée une fonction aérodynamique, chaque extrémité comporte également une structure classique permettant le montage de cet élément aubagé sur le module de turbomachine.

[0044] L'invention vise à fabriquer le secteur de distributeur 1 par un procédé de moulage à cire perdue, dont un mode de réalisation préféré va à présent être décrit en référence aux figures 2 à 6.

[0045] Tout d'abord, il est réalisé un modèle en cire, également dénommé réplique, autour duquel une carapace de céramique est destinée à être formée ultérieurement.

[0046] Sur les figures 2 à 4, le modèle 100 est représenté dans une position retournée par rapport à la position dans laquelle la carapace est ensuite remplie de métal. Cette position retournée facilite l'opération d'assemblage des différents éléments constitutifs du modèle en cire, qui vont à présent être décrits.

[0047] Le modèle 100 comporte tout d'abord une portion pour la distribution de métal, référencée 12a. Elle prend une forme pleine révolutionnaire, cylindrique ou conique, d'axe central 14a qui coïncide avec l'axe central de l'ensemble du modèle en cire 100. Cet axe 14a est orienté verticalement, et donc considéré comme représentant la direction de la hauteur. Cette portion de distribution 12a est fixée directement à un outillage spécifique 16, au-dessus duquel elle se trouve.

[0048] La portion 12a se termine vers le haut par une extrémité 18a de diamètre plus élevé, à partir de laquelle s'étendent radialement une pluralité de portions 20a pour la formation de plusieurs bras de coulée. Les portions 20a sont ici au nombre de trois, réparties à 120° autour

de l'axe 14a. Chaque portion 20a comporte donc une première extrémité 21a raccordée à l'extrémité élargie 18a de la portion de distribution 12a, et s'étend de façon droite ou légèrement courbe jusqu'à une seconde extrémité 22a. Les première et seconde extrémités 21a, 22a sont décalées l'une de l'autre selon la direction de l'axe 14a, la première étant située plus bas que la seconde. L'angle d'inclinaison moyen entre chaque portion formant bras 20a et l'horizontale est compris entre 5 et 45°.

[0049] Pour chaque portion formant bras 20a, un renfort de maintien en cire/céramique 23a peut être prévu entre la portion de distribution 12a et la seconde extrémité 22a de la portion 20a.

[0050] De plus, à partir de chaque seconde extrémité 22a, il est fixé une réplique en cire la du secteur de distributeur de turbomachine représenté sur la figure 1. Cette réplique comprend donc une pluralité de pales adjacentes 2a, agencées entre une première extrémité 4a et une seconde extrémité 6a auxquelles les pales sont raccordées. Les deux extrémités 4a, 6a forment respectivement un secteur angulaire de couronne extérieure et un secteur angulaire de couronne intérieure, et comprennent chacune une plateforme 8a. En plus de la plateforme 8a, chaque extrémité comporte également une structure classique correspondant à la structure montrée sur la figure 1, dédiée au montage du secteur de distributeur 1 sur le module de turbomachine.

[0051] La direction selon laquelle se succèdent les pales 2a et les extrémités 4a, 6a correspond à la direction radiale du secteur aubagé en cire la, cette direction radiale étant de préférence sensiblement parallèle à la direction de l'axe 14a, c'est-à-dire parallèle à la direction de la hauteur de la réplique 100.

[0052] Les secteurs aubagés en cire la s'étendent donc vers le haut, en étant disposés autour de l'axe 14a, et également autour d'un support central en cire 24a s'étendant selon ce même axe à partir de l'extrémité 18a de la portion de distribution 12a. Le support 24a prend préférentiellement la forme d'une tige d'axe 14a, qui s'étend jusqu'à proximité des extrémités 6a des secteurs aubagés en cire la.

[0053] D'ailleurs, comme cela est visible sur la figure 2, pour chaque secteur aubagé en cire la, un renfort de maintien en cire/céramique 25a peut être prévu entre l'extrémité haute de la tige centrale de support 24a, et la seconde extrémité 6a du secteur la. De la même manière, des renforts de maintien en cire/céramique 27a relient entre elles les extrémités adjacentes 6a des différents secteurs la.

[0054] Les secteurs en cire la forment la paroi périphérique de la réplique en cire 100. Ils sont espacés circonférentiellement les uns des autres, et définissent vers l'intérieur un espace intérieur 28a centré sur l'axe 14a, dans lequel se trouve donc la tige centrale de support 24a.

[0055] Dans cet espace intérieur 28a, il est prévu une pluralité d'écrans en cire, dont les futurs éléments de carapace destinés à être obtenus autour de ces écrans

29a sont prévus pour former des écrans accumulateurs de chaleur.

[0056] Chaque écran 29a est associé à un unique secteur aubagé en cire la, en regard duquel il se trouve. Plus précisément, chaque écran prend une forme sensiblement plane, carrée ou rectangulaire, de faible épaisseur, par exemple de quelques millimètres seulement. L'écran 29a, sensiblement parallèle à la direction verticale, se situe en regard des bords de fuite des pales en cire 2a. Ces bords de fuite 30a sont donc orientés vers l'intérieur de la carapace en direction de l'axe 14a, par opposition aux bords d'attaque 31a orientés radialement vers l'extérieur, pour constituer la périphérie de la réplique 100.

[0057] Chaque écran 29a est rapporté sur la tige centrale de support 24a à l'aide d'armatures 32a également en forme de tiges de plus faible diamètre. Comme cela est visible sur la figure 4, chaque écran 29a s'étend en regard des pales 2a, entre les première et seconde extrémités 4a, 6a. En d'autres termes, il est fait en sorte que selon la direction radiale de la réplique 100, chaque écran 29a se trouve seulement en regard des pales 2a, c'est-à-dire qu'il ne s'étend pas suffisamment selon la direction de l'axe central 14a pour être en regard des première et seconde extrémités 4a, 6a.

[0058] Sur la figure 4a, il est schématisé le fait que chaque écran 29a se trouve très rapproché des bords de fuite 30a, puisque la distance d'écartement A entre les deux éléments est comprise entre 2 et 50 mm, et encore plus préférentiellement de l'ordre de 10 à 35 mm, cette distance étant sensiblement constante le long des bords de fuite 30a.

[0059] Une fois la réplique en cire 100 réalisée, il est fabriqué autour de celle-ci une carapace de céramique 200 d'une manière connue de l'homme du métier, par trempage dans des substances et bains successifs.

[0060] La carapace 200 qui est obtenue est représentée sur la figure 5. Elle présente également une forme générale de grappe, et comporte bien entendu des éléments similaires à ceux de la réplique en cire 100. Ces éléments de carapace vont à présent être décrits, avec la carapace représentée dans une position retournée par rapport à la position dans laquelle elle est ensuite remplie de métal.

[0061] Il s'agit d'abord du distributeur de métal, référencé 12b, et présentant donc une forme révolutionnaire creuse, cylindrique ou conique, d'axe central 14a qui coïncide avec l'axe central de la carapace 200. Cet axe 14b est orienté verticalement, et donc considéré comme représentant la direction de la hauteur. Ce distributeur 12b est fixé directement à un godet de coulée 35 de forme conique au-dessus duquel il se trouve.

[0062] Le distributeur 12b se termine vers le haut par une extrémité creuse 18b de diamètre plus élevé, à partir de laquelle s'étendent radialement une pluralité de bras de coulée de métal 20b. Les bras 20b sont ici au nombre de trois, répartis à 120° autour de l'axe 14a. Chaque bras 20b comporte donc une première extrémité 21b raccordée à l'extrémité élargie 28a du distributeur 12b, et

s'étend de façon droite ou légèrement courbe jusqu'à une seconde extrémité 22b. Les première et seconde extrémités 21b, 22b sont décalées l'une de l'autre selon la direction de l'axe 14b, la première étant située plus basse que la seconde. L'angle d'inclinaison moyen entre chaque bras 20b et l'horizontale est compris entre 5 et 45°.

[0063] Chaque bras 20a est donc prévu pour être creux et former un conduit d'aménée de métal après élimination de la cire 20a. Ici aussi, un renfort de maintien 23b peut être prévu entre la portion de distribution 12b et la seconde extrémité 22b de chaque bras 20b.

[0064] A partir de chaque seconde extrémité 22b, se trouve un élément aubagé de carapace 1b. Ces éléments 1b sont dits aubagés car après élimination de la réplique en cire 1a, ils forment chacun intérieurement une empreinte correspondant à l'un des secteurs de distributeur 1.

[0065] L'élément aubagé 1b, également dit secteur de distributeur de carapace, comprend ainsi une partie de pale 2b délimitant des empreintes de pales adjacentes, cette partie 2b étant agencée entre une première partie d'extrémité 4b et une seconde partie d'extrémité 6b. Les deux parties d'extrémité 4b, 6b délimitent respectivement une empreinte de secteur angulaire de couronne extérieure et une empreinte de secteur angulaire de couronne intérieure, en comprenant chacune une empreinte de plateforme 8b. En plus de la plateforme 8b, chaque partie d'extrémité comporte également une empreinte de structure classique dédiée au montage du secteur de distributeur 1 sur le module de turbomachine.

[0066] La direction selon laquelle se succèdent la partie pale 2b et les parties d'extrémité 4b, 6b correspond à la direction radiale de l'élément aubagé de carapace 1b, cette direction radiale étant de préférence sensiblement parallèle à la direction de l'axe 14b, c'est-à-dire parallèle à la direction de la hauteur de la carapace 200. Afin de pouvoir bénéficier ultérieurement d'une coulée performante par simple gravité, dans la direction de l'axe 14b, le sens de décalage de la première extrémité de bras 21b par rapport à la seconde extrémité de bras 22b est identique au sens de décalage de première partie d'extrémité 4b par rapport à la seconde partie d'extrémité 6b de l'élément aubagé 1b.

[0067] Les éléments aubagés 1b s'étendent donc vers le haut, en étant disposés autour de l'axe 14b, et également autour d'un support central 24b s'étendant selon ce même axe à partir de l'extrémité 18b du distributeur 12b. Le support 24b prend préférentiellement la forme d'un cylindre creux d'axe 14b, qui s'étend jusqu'à proximité des extrémités 6b des éléments aubagés 1b.

[0068] De plus, comme cela est visible sur la figure 5, pour chaque élément aubagé 1b, un renfort de maintien 25b est prévu entre l'extrémité haute du cylindre de support central 24b, et la seconde extrémité 6b de l'élément 1b. De la même manière, des renforts de maintien 27b relient entre elles les parties d'extrémité adjacentes 6b des différents éléments 1b.

[0069] Les éléments aubagés de carapace 1b forment la paroi périphérique de la carapace 200. Ils sont espacés circonférentiellement les uns des autres, et définissent vers l'intérieur un espace intérieur 28b centré sur l'axe 14b, dans lequel se trouve donc le cylindre central de support 24b.

[0070] Dans cet espace intérieur 28b, il est prévu une pluralité d'écrans formant accumulateurs de chaleur.

[0071] Chaque écran 29b est associé à un unique élément aubagé de carapace 1b, en regard duquel il se trouve. Plus précisément, chaque écran prend une forme sensiblement creuse et plane, carrée ou rectangulaire, de faible épaisseur, par exemple de quelques millimètres seulement. L'écran 29b, sensiblement parallèle à la direction verticale, se situe en regard d'une zone de bord de fuite de la partie pale 2b. Ces zones de bord de fuite 30b sont donc orientées vers l'intérieur de la carapace en direction de l'axe 14b, par opposition aux zones de bord d'attaque 31b orientées radialement vers l'extérieur, pour constituer la périphérie de la carapace 200.

[0072] Chaque écran 29b est rapporté sur le cylindre central de support 24b à l'aide d'armatures 32b également en forme de tiges creuses de plus faible diamètre. Comme cela est visible sur la figure 5b, chaque écran 29b s'étend en regard de la partie pale 2b, entre les première et seconde parties d'extrémité 4b, 6b. En d'autres termes, il est fait en sorte que selon la direction radiale de la carapace 200, chaque écran 29b se trouve seulement en regard de la partie pale 2b, c'est-à-dire qu'il ne s'étend pas suffisamment selon la direction de l'axe central 14b pour être en regard des première et seconde parties d'extrémité 4b, 6b.

[0073] Sur la figure 5a, il est schématisé le fait que chaque écran 29b se trouve très rapproché des zones de bord de fuite 30b, puisque la distance d'écartement B entre les deux éléments est aussi comprise entre 1 et 40 mm, et encore plus préférentiellement de l'ordre de 10 à 20 mm, cette distance étant sensiblement identique et constante le long de chaque bord de fuite de la zone 30b. Le nombre de bords de fuite définis par la zone 30b est bien entendu identique au nombre de pales que l'élément aubagé 1b défini, par exemple entre 6 et 10.

[0074] Tous les éléments de carapace mentionnés ci-dessus sont réalisés d'une seule pièce de céramique, au cours d'une même étape. L'épaisseur de la carapace de céramique est faible, par exemple de l'ordre de quelques millimètres seulement. Il est noté que comme pour la réplique en cire 100, dans la carapace 200, les nombres de bras 20b, d'éléments aubagés 1b et d'écrans 29b sont identiques. Néanmoins, un même écran pourrait être associé à plusieurs éléments aubagés de carapace, sans sortir du cadre de l'invention.

[0075] Après l'obtention de la carapace et l'élimination de la réplique en cire 100 enfermée dans celle-ci, la carapace est préchauffée à haute température dans un four dédié, par exemple à 1150°C, afin de favoriser la fluidité du métal dans la carapace pendant la coulée. Il est noté que le godet de coulée 35 est préférentiellement solida-

risé à la réplique en cire 100 avant la formation de la carapace 200, de sorte qu'une partie de celle-ci vienne, durant sa formation, épouser le godet 35.

[0076] Une étape d'application d'un revêtement d'isolation thermique 48, qui va à présent être décrite, est de préférence réalisée avant le préchauffage.

[0077] Elle consiste à revêtir la surface extérieure de la carapace d'une pluralité de bandes d'isolation thermique, qui sont ici en laine de roche et qui peuvent présenter toute une même épaisseur ainsi qu'une même résistance thermique, seule la disposition et la largeur des bandes étant alors spécifiques à chaque bande. Alternativement, une même épaisseur peut être retenue pour ces bandes, avec des densités différentes, par exemple simple ou double.

[0078] Il s'agit tout d'abord d'une pluralité de premières bandes 50a, chacune associée à un élément aubagé de carapace 1b. Chaque première bande 50a entoure son élément associée 1b sur toute la longueur de ce dernier, selon la direction radiale de cet élément, c'est-à-dire que cette bande entoure sur 360° la partie pale 2b ainsi que les deux parties d'extrémité 4b, 6b de l'élément 1b concerné. Les bras 20b ne sont pas recouverts par cette première bande, de même que la portion de la partie d'extrémité 6b orientée vers le bas selon la direction de l'axe 14b reste découverte. Cette portion n'est ailleurs recouverte par aucune des bandes qui constituent le revêtement d'isolation thermique 48. Ces bandes 50a sont en laine de roche, de préférence de simple densité.

[0079] Des secondes bandes 50b, aussi en laine de roche de préférence de simple densité, et également chacune associée à un élément aubagé de carapace 1b, recouvrent partiellement les premières bandes 50a. En effet, chaque seconde bande 50b entoure son élément associée 1b sur une portion radiale de ce dernier, comprenant la première partie d'extrémité 4b et la partie pale 2b, mais excluant la seconde partie d'extrémité 6b. Cette seconde bande 50b s'arrête ainsi au niveau de la jonction entre la partie pale 2b et la seconde partie d'extrémité 6b concernée. Ici aussi, chaque seconde bande s'étend sur 360° autour de la direction radiale de l'élément aubagé de carapace 1b, mais donc seulement sur une portion radiale de celui-ci.

[0080] Il est ensuite prévu une troisième bande 50c entourant la périphérie de la carapace 200 de manière à recouvrir les bras de coulée 20b, les premières parties d'extrémité 4b des éléments aubagés de carapace 1b, ainsi qu'une portion radiale supérieure de leurs parties pales 2b. Il peut ici s'agir d'une portion s'étendant sur sensiblement la moitié de la longueur radiale totale de la partie pale 2b, voire sur 40 à 50% de cette longueur.

[0081] Cette troisième bande 50c, de préférence de simple densité et s'étendant sur 360° autour de l'axe 14b, se trouve ainsi agencée à la périphérie de la carapace 200. Parmi les éléments mentionnés ci-dessus qu'elle recouvre, seules les portions situées radialement vers l'extérieur de cette carapace sont directement recouvertes par la troisième bande 50c, en particulier les zones

de bords d'attaque 31b des parties pales 2b.

[0082] Une quatrième bande 50d, de préférence de double densité, recouvre partiellement la troisième bande 50c en entourant la périphérie de la carapace 200, de manière à recouvrir uniquement les bras de coulée 20b. Cette quatrième bande 50d, qui s'étend sur 360° autour de l'axe 14b, ne recouvre donc pas la partie inférieure de la carapace. En particulier, les éléments 1b ne sont pas recouverts par cette quatrième bande.

[0083] Une cinquième et dernière bande 50e, de préférence de double densité, est ensuite appliquée sur 360° autour de l'axe 14b pour recouvrir une partie des autres bandes 50a-50c et entourer la périphérie de la carapace 200, de manière à recouvrir seulement les éléments aubagés de carapace 1b sur toute leur longueur radiale, mais sans recouvrir les bras de coulée 20b.

[0084] Il est noté que pour les bandes 50c, 50d destinées à recouvrir les bras 20b, lorsque des renforts 23b sont prévus entre ces bras et le distributeur 12b, ces mêmes bandes sont de préférence directement en appui tout le long de ces bras, en présentant des fentes permettant le passage des renforts supérieurs 23b.

[0085] De la même manière, les premières et secondes bandes 50a, 50b peuvent être en appui contre la surface des écrans 29b située radialement vers l'intérieur de la carapace, et non pas directement au contact des zones de bords de fuite 30b des éléments aubagés 1b. Il en résulte une plus grande facilité de mise en place de ces bandes.

[0086] Il est noté que la fixation des bandes peut être réalisée de toute manière réputée appropriée par l'homme du métier, comme à l'aide de fils de fer.

[0087] La disposition particulière des bandes 50a-50e qui vient d'être décrite permet l'obtention d'une bonne santé métallurgique du métal coulé dans la carapace, notamment grâce à la présence d'un gradient de résistance thermique du revêtement 48 le long de chaque élément aubagé 1b, selon la direction radiale de ce dernier. Ce gradient s'étend d'ailleurs sur toute la carapace, selon la direction de l'axe 14b.

[0088] Plus précisément, l'agencement de ces bandes permet au métal, après coulée dans la carapace, de solidifier de la manière suivante. Tout d'abord, le métal solidifie en premier lieu dans la seconde partie d'extrémité 6b, sous l'extrémité inférieure de la bande 50b. Le fait que les bandes 50b et 50c soient décalées vers le haut par rapport à la bande 50a permet ensuite au métal de solidifier dans la zone de la partie pale 2b située entre l'extrémité inférieure de la bande 50c, et la seconde partie d'extrémité 6b. La disposition des bandes 50d et 50e permet enfin au métal de solidifier dans la première partie d'extrémité 4b.

[0089] Le métal du distributeur solidifie donc progressivement de bas en haut, en procurant une santé métallurgique saine.

[0090] A la sortie du préchauffage de la carapace équipée d'un tel revêtement 48, du métal sortant d'un four de fusion est donc coulé dans les empreintes via le godet

35 représenté sur la figure 5, avec la carapace en position retournée par rapport à celle montrée sur cette figure, c'est-à-dire avec le godet 35 ouvert vers le haut et toujours l'axe 14b orienté verticalement. Dans cette position, la première extrémité 21b des bras 20b est alors située au-dessus de la seconde extrémité 22b.

[0091] Le métal en fusion emprunte donc successivement le godet 35, le distributeur 12b, les bras de coulée 20b, puis les éléments aubagés de carapace 1b, en s'écoulant simplement par gravité. Il est noté qu'antérieurement à la coulée, le support central 24b a son extrémité obturée afin de ne pas être rempli de métal, et de sorte que le métal coulé passe nécessairement par les bras 20b avant d'entrer dans les éléments aubagés 1b. De ce fait, les écrans 29b sont également dépourvus de métal, et peuvent ou non conserver la cire 29a située intérieurement. Les renforts 23b, les armatures 32b et les renforts de maintien 27b sont préférentiellement pleins, en céramique.

[0092] Les écrans ont pour rôle d'emmagasiner de la chaleur lors du préchauffage de la carapace 200, et de restituer cette chaleur aux zones de bord de fuite 30b en regard durant la coulée, de manière à assurer un bon remplissage grâce à une bonne fluidité du métal propice à la pénétration de ce métal dans les empreintes de faibles épaisseurs.

[0093] Après le refroidissement du métal, la carapace est détruite, puis les secteurs de distributeurs 1 sont séparés de la grappe pour d'éventuels usinages et opérations de finition et de contrôle.

[0094] En référence à la figure 7, il est représenté une aube mobile individuelle 1 de turbine pour turbomachine d'aéronef. A la différence du secteur 1 représenté sur la figure 1, cette aube ne présente qu'une seule pale 2, ici agencée entre une première extrémité 4 et une seconde extrémité 6.

[0095] L'invention vise également à fabriquer l'aube 1 par un procédé de moulage à cire perdue, dont un mode de réalisation préféré a été représenté sur les figures 8 à 12.

[0096] Sur ces figures, les éléments portant les mêmes références numériques que des éléments des figures 1 à 6 correspondent à des éléments identiques ou similaires.

[0097] Par conséquent, il est observé une grande similitude entre les deux procédés, seules quelques différences mineures étant notables, résultant essentiellement de la différence de forme entre une aube individuelle et un secteur de distributeur.

[0098] Ainsi, sur la réplique en cire 100 représentée sur la figure 8 et partiellement sur la figure 9, il est possible d'apercevoir que si le nombre de portions de bras 20a reste identique au nombre d'aubes individuelles en cire 1a, le nombre de renforts de maintien en cire/céramique 23a est quant à lui inférieur. Par exemple, seulement quatre renforts 23a sont prévus, ces renforts pouvant d'ailleurs être directement rapportés sur le godet lorsque ce dernier est déjà assemblé à la réplique en cire 100.

[0099] De même, le nombre de renforts de maintien en cire/céramique 25a peut être réduit, par exemple à quatre. Ces renforts 25a sont raccordés sur l'extrémité haute de la tige centrale de support 24a, et sur les renforts de maintien en cire/céramique 27a reliant entre elles les aubes 1a. A cet égard, chaque aube individuelle en cire la présente une masselotte en cire 7a au niveau de son talon, c'est-à-dire raccordée à son extrémité 6a. Chaque masselotte 7a s'étend vers le bas, en regard et à distance

5 du bord d'attaque 31a de l'aube 1a, de préférence sur une faible distance. Ce sont alors ces masselottes 7a qui sont reliées par les renforts de maintien 27a, à la périphérie de la réplique en cire 100.

[0100] Lors de la coulée, le métal pénètre dans les réservoirs 7b de la carapace formée autour de ces masselottes 7a. Ces réservoirs permettent d'éviter les retassures au niveau du talon de l'aube mobile. Une autre fonction de ces réservoirs consiste en ce que pendant cette coulée et le refroidissement, les dépôts métallurgiques non désirés se concentrent dans ces réservoirs, et n'impactent donc pas la santé métallurgique des aubes de turbomachine obtenues.

[0101] Dans cette configuration, il est prévu un unique écran en cire 29a associé à toutes les aubes 1a. Cet écran 29a est de forme révolutionnaire centrée sur l'axe 14a, par exemple cylindrique ou conique, toujours avec de mêmes caractéristiques d'espacement vis-à-vis des aubes, comme cela a été schématisé sur la figure 10.

[0102] L'écran 29a présente également un agencement et des dimensions selon la direction de l'axe 14b qui sont identiques ou similaires à ceux des écrans 29a du mode de réalisation précédent. Il est rapporté sur la tige centrale de support 24a à l'aide d'armatures 32a en forme de nervures de faible épaisseur.

[0103] En outre, ces légères modifications structurelles se répercutent nécessairement sur la constitution de la carapace 200 montrée sur la figure 11. Ainsi, tous les éléments de la réplique 100 mentionnés ci-dessus donnent lieu à des éléments de carapace identifiés avec le même radical numérique, suivi de la lettre « b ». A cet égard, il est noté que l'écran unique accumulateur de chaleur 29b présente de mêmes caractéristiques d'espacement vis-à-vis des zones de bord de fuite 30b, comme cela a été schématisé sur la figure 11a.

[0104] Les opérations ultérieures de préchauffage, de coulée et de refroidissement du métal s'effectuent d'une manière identique ou analogue à celle décrite pour le mode de réalisation précédent, seule l'application du revêtement d'isolation thermique 48 étant distincte de celle décrite en référence à la figure 6.

[0105] En effet, en référence à la figure 12, le revêtement d'isolation thermique 48 comprend tout d'abord des premières bandes 52a chacune associée à un élément aubagé de carapace 1b, chaque première bande entourant son élément associé 1b sur une portion radiale de celui-ci, comprenant seulement une portion inférieure de la partie pale 2b qui s'étend à partir de la seconde partie d'extrémité 6b. Il peut ici s'agir d'une portion s'étendant

sur 10 à 30% de la longueur radiale totale de la partie pale 2b.

[0106] Il est ensuite prévu une seconde bande 52b placée dans un espace annulaire 54 centré sur l'axe 14b, et défini entre les réservoirs 7b et les zones de bords d'attaque 31b. La seconde bande 52b est centrée sur l'axe 14b et agencée de manière à recouvrir les premières bandes 52a et entourer extérieurement une portion radiale de chaque élément aubagé 1b, comprenant une portion inférieure de la partie pale 2b s'étendant à partir de la seconde partie d'extrémité 6b. Il s'agit de préférence d'une portion de longueur identique ou similaire à celle recouverte par les premières bandes 52a, voire s'étendant légèrement au-delà des bandes 52a, vers le haut. Les bandes 52a et 52b sont de préférence de simple densité.

[0107] Une troisième bande 52c, de préférence de simple densité, entoure la périphérie de la carapace 200, de manière à recouvrir une portion radiale de chaque élément aubagé de carapace 1b, comprenant la première partie d'extrémité 4b et une portion de la partie pale 2b, mais excluant la seconde partie d'extrémité 6b. A cet égard, il est noté que la seconde et la troisième bandes 52b, 52c présentant des extrémités en regard définissant entre elles une fenêtre annulaire 56 centrée sur l'axe 14b, au niveau de laquelle la carapace 200 est dépourvue de bande. Cette fenêtre 56, qui subsiste une fois l'ensemble des bandes installées, peut présenter une hauteur de l'ordre de 20 à 60mm.

[0108] Ensuite, une quatrième et une cinquième bandes 52d, 52e, chacune de double densité, sont superposées pour entourer chacune la périphérie de la carapace 200, de manière à recouvrir uniquement les bras de coulée 20b. Ces deux bandes s'étendent elles aussi sur 360° autour de l'axe 14b.

[0109] D'autre part, il est prévu une sixième bande 52f de double densité entourant la périphérie de la carapace 200 ainsi que la troisième bande 52c, de manière à recouvrir une portion radiale de chaque élément aubagé de carapace 1b, comprenant la première partie d'extrémité 4b et une portion de la partie pale 2b, mais excluant la seconde partie d'extrémité 6b. Cette sixième bande 52f s'étend jusqu'à la fenêtre annulaire 56, sans l'obturer.

[0110] Une septième bande 52g de simple densité s'étendant sur 360° autour de l'axe 14b entoure quant à elle la périphérie de la carapace 200 de manière à recouvrir les surfaces des réservoirs 7b orientées radialement vers l'extérieur, ainsi que les extrémités radiales des secondes parties d'extrémité 6b.

[0111] De manière analogue, une huitième bande 52h de double densité entoure sur 360° la périphérie de la carapace 200 et recouvre partiellement cette septième bande 52g, de manière à recouvrir les surfaces des réservoirs 7b orientées radialement vers l'extérieur, mais sans recouvrir les extrémités radiales des secondes parties d'extrémité 6b.

[0112] Enfin, une neuvième bande 52i est disposée sensiblement orthogonalement à l'axe central 14b sur

lequel elle est centrée, et à partir duquel elle s'étend radialement jusqu'à recouvrir l'extrémité circonférentielle de ladite huitième bande 52h. Cette dernière bande 52i permet donc au revêtement 48 de fermer l'extrémité inférieure de la carapace 200.

[0113] Il est noté que pour les bandes 52d et 52e destinées à recouvrir les bras 20b, lorsque des renforts 23b sont prévus entre ces bras et le distributeur 12b, ces mêmes bandes sont de préférence directement en appui tout le long de ces bras, en présentant des fentes permettant le passage des renforts supérieurs 23b.

[0114] Ici aussi, la fixation des bandes peut être réalisée de toute manière réputée appropriée par l'homme du métier, comme à l'aide de fils de fer.

[0115] La disposition particulière des bandes 52a-52i qui vient d'être décrite permet l'obtention d'une bonne santé métallurgique du métal coulé dans la carapace, notamment grâce à la présence d'un gradient de résistance thermique du revêtement 48 le long de chaque élément aubagé 1b, selon la direction radiale de ce dernier. Ce gradient s'étend d'ailleurs sur toute la carapace, selon la direction de l'axe 14b.

[0116] Plus précisément, l'agencement de ces bandes permet au métal, après coulée dans la carapace, de solidifier de la manière suivante. Tout d'abord, le métal commence à solidifier dans la zone située au niveau de la fenêtre 56, dépourvue de laine de roche. La disposition des couches 52a, 52b et 52c, 52f permet au métal de solidifier ensuite symétriquement dans la partie pale 2b de part et d'autre de la fenêtre, puis toujours de manière symétrique, dans la seconde partie d'extrémité 6b et la portion supérieure de la partie pale 2b. Enfin, la solidification du métal se termine dans la première partie d'extrémité 4b.

[0117] Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme du métier à l'invention qui vient d'être décrite, uniquement à titre d'exemples non limitatifs.

Revendications

1. Carapace (200) pour la fabrication par moulage à cire perdue d'une pluralité d'éléments aubagés (1) de turbomachine d'aéronef, ladite carapace en forme de grappe comprenant :

- une pluralité d'éléments aubagés de carapace (1b) chacun destiné à l'obtention de l'un desdits éléments aubagés de turbomachine (1), chaque élément aubagé de carapace (1b) comprenant une partie pale (2b) située entre une première partie d'extrémité (4b) délimitant l'emprise d'une plateforme (8b) ainsi qu'une seconde partie d'extrémité (6b) délimitant l'emprise d'une autre plateforme (8b), ladite partie pale comprenant une zone de bord de fuite (30b) ainsi qu'une zone de bord d'attaque (31b) lui étant opposée ;

- un distributeur de métal (12b) présentant un axe central (14b) autour duquel sont répartis lesdits éléments aubagés de carapace (1b) ; et
- un espace intérieur de carapace (28b) centré sur ledit axe central (14b), et délimité par lesdits éléments aubagés de carapace (1b),

5

caractérisée en ce que ladite carapace est équipée d'un ou d'une pluralité d'écrans (29b) formant accumulateurs de chaleur agencés dans l'espace intérieur de carapace (28b), en regard des zones de bord de fuite (30b) orientées vers l'intérieur dudit espace intérieur de carapace (28b).

2. Carapace selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** chaque écran (29b) formant accumulateur de chaleur est réalisé d'une seule pièce avec ladite carapace (200).

10

3. Carapace selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisée en ce qu'il** est prévu un écran (29b) associé à chaque élément aubagé de carapace (1b), avec chaque écran étant de préférence de forme sensiblement plane.

20

4. Carapace selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisée en ce qu'il** est prévu un unique écran (29b) associé à tous lesdits éléments aubagés de carapace (1b), avec ledit écran unique étant de préférence de forme révolutionnaire, centré sur ledit axe central (14b) du distributeur de métal (12b).

25

5. Carapace selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** chaque zone de bord de fuite (30b) est écartée de son écran associé (29b) d'une distance (B) comprise entre 1 et 40 mm.

30

6. Carapace selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'elle** comprend un support central (24b) s'étendant à partir du distributeur de métal (12b) selon la direction de l'axe central (14b) de ce dernier, chaque écran (29b) étant agencé autour dudit support central (24b) sur lequel il est rapporté.

40

7. Carapace selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'elle** est réalisée en céramique.

50

8. Carapace selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la partie pale (2b) de chaque élément aubagé de carapace (1b) délimite une ou plusieurs pales.

55

9. Carapace (200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** ladite carapace en forme de grappe comprend

également :

un revêtement d'isolation thermique (48) réalisé à l'aide d'une pluralité de bandes d'isolation thermique (50a-50e ; 52a-52i) recouvrant au moins une partie de la surface extérieure de la carapace.

10. Procédé de fabrication par moulage à cire perdue d'une pluralité d'éléments aubagés (1) de turbomachine d'aéronef, **caractérisé en ce qu'il** est mis en oeuvre à l'aide d'une carapace (200) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le métal est coulé dans la carapace (200) avec l'axe central (14b) du distributeur de métal (12b) orienté verticalement.

Patentansprüche

1. Gussmaske (200) für die Herstellung einer Vielzahl von Schaufelelementen (1) für Luftfahrzeug-Turbo-triebwerke, wobei die genannte Gussmaske in der Form einer Wachstraße umfasst:

- eine Vielzahl von Masken-Schaufelelementen (1b), die jeweils dazu vorgesehen sind, eines dieser Turbotriebwerk-Schaufelelemente (1) zu erhalten, wobei jedes Masken-Schaufelelement (1b) einen Schaufelblatt-Teil (2b) aufweist, der sich zwischen einem ersten Endteil (4b), der den Abdruck einer Plattform (8b) umgrenzt, sowie einem zweiten Endteil (6b), der den Abdruck einer weiteren Plattform (8b) umgrenzt, befindet, wobei der genannte Schaufelblatt-Teil einen Hinterkanten-Bereich (30b) sowie einen zu diesem entgegengesetzt liegenden Vorderkanten-Bereich (31b) aufweist;

- einen Metall-Verteiler (12b), der eine zentrale Achse (14b) aufweist, um die herum die genannten Masken-Schaufelelemente (1b) verteilt angeordnet sind; und

- einen Masken-Innenraum (28b), der auf dieser zentralen Achse (14b) zentriert ist und von den genannten Masken-Schaufelelementen (1b) umgrenzt ist,

dadurch gekennzeichnet,
dass diese Gussmaske mit einem oder einer Mehrzahl von Wärmespeicher bildenden Schirmen (29b) ausgerüstet ist, die in dem Masken-Innenraum (28b) angeordnet sind, und zwar gegenüber den Hinterkanten-Bereichen (30b), die dem Inneren dieses Masken-Innenraums (28b) zugewendet sind.

2. Gussmaske nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,
dass jeder Wärmespeicher bildende Schirm (29b) in einem Stück mit der Gussmaske (200) ausgeführt ist.

5

3. Gussmaske nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,
dass jedem Masken-Schaufelelement (1b) ein Schirm (29b) zugeordnet ist, wobei jeder Schirm vorzugsweise im Wesentlichen flach geformt ist.

10

4. Gussmaske nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,
dass ein einziger Schirm (29b) allen genannten Masken-Schaufelelementen (1b) zugeordnet ist, wobei dieser Schirm vorzugsweise umlaufend auf der zentralen Achse (14b) des Metall-Verteilers (12b) zentriert geformt ist.

20

5. Gussmaske nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass jeder Hinterkanten-Bereich (30b) in einem Abstand (8) von 1 bis 40 mm zu seinem ihm zugeordneten Schirm (29b) angeordnet ist.

25

6. Gussmaske nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass sie eine zentrale Stütze (24b) aufweist, die sich von dem Metall-Verteiler (12b) aus in der Richtung der zentralen Achse (14b) dieses Letzteren erstreckt, wobei jeder Schirm (29b) um diese zentrale Stütze (24b) herum angeordnet ist, an der er angebracht ist.

35

7. Gussmaske nach einem der vorherigen Ansprüche,

40

dadurch gekennzeichnet,
dass sie aus Keramik hergestellt ist.

8. Gussmaske nach einem der vorherigen Ansprüche,

45

dadurch gekennzeichnet,
dass der Schaufelblatt-Teil (2b) jedes Masken-Schaufelelements (1b) ein oder mehrere Schaufelblätter umgrenzt.

50

9. Gussmaske (200) nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass diese Gussmaske in Traubenform außerdem umfasst:

55

- eine Wärmeisolations-Umkleidung (48),

die mittels einer Vielzahl von Wärmeisolations-Bändern (50a - 50e; 52a - 52i) hergestellt wird, die wenigstens einen Teil der Außenfläche der Gussmaske bedecken.

10. Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von Schaufelelementen (1) für Luftfahrzeug-Turbotriebwerke durch Wachsaußschmelzformen,

dadurch gekennzeichnet,
dass es mittels einer Gussmaske (200) nach einem der vorherigen Ansprüche ausgeführt wird.

15 11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,
dass das Metall in die Gussmaske (200) gegossen wird, wobei die zentrale Achse (14b) des Metall-Verteilers (12b) senkrecht ausgerichtet ist.

Claims

1. Shell mould (200) for manufacturing a plurality aircraft turbomachine bladed elements (1) using the lost-wax moulding technique, said shell mould in the shape of a cluster comprising:

- a plurality of shell mould bladed elements (1b) each intended for the obtaining of one of said turbomachine bladed elements (1), each shell mould bladed element (1b) comprising a blade portion (2b) located between a first end part (4b) delimiting the impression of a platform (8b) as well as a second end part (6b) delimiting the impression of another platform (8b), said blade portion comprising a trailing edge zone (30b) as well as a leading edge zone (31b) that is opposite to it;
- a metal feeder (12b) having a central axis (14b) around which said shell mould bladed elements (1b) are distributed; and
- a shell mould interior space (28b) centred on said central axis (14b), and delimited by said shell mould bladed elements (1b),

characterised in that said shell mould is provided with one or a plurality of screens (29b) that form heat accumulators arranged in the shell mould interior space (28b), across from inwardly-directed trailing edge zones (30b) of said shell mould interior space (28b).

2. Shell mould according to claim 1, **characterised in that** each screen (29b) that forms a heat accumulator is made from a single piece with said shell mould

(200).

3. Shell mould according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** a screen (29b) is provided associated to each shell mould bladed elements (1b), with each screen being more preferably of a substantially planar shape. 5
4. Shell mould according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** a single screen (29b) is provided associated to all said shell mould bladed elements (1b), with said single screen being more preferably of revolutionary shape, centred on said central axis (14b) of the metal feeder (12b). 10
5. Shell mould as claimed in any preceding claim, **characterised in that** each trailing edge zone (30b) is separated from its associated screen (29b) by a distance (B) between 1 and 40 mm. 15
6. Shell mould as claimed in any preceding claim, **characterised in that** it comprises a central support (24b) extending from the metal feeder (12b) according to the direction of the central axis (14b) of the latter, with each screen (29b) being arranged around said central support (24b) whereon it is added. 20
7. Shell mould as claimed in any preceding claim, **characterised in that** it is made of ceramic. 25
8. Shell mould as claimed in any preceding claim, **characterised in that** the blade portion (2b) of each shell mould bladed element (1b) delimits one or several blades. 30
9. Shell mould (200) according to any preceding claim, **characterised in that** the shell mould in the shape of a cluster further comprises:
 - a thermal insulation coating (48) carried out using a plurality of thermal insulation strips (50a-50e; 52a-52i) covering at least a portion of the outside surface of the shell mould. 35
10. Method for manufacturing a plurality of aircraft turbomachine bladed elements (1) using the lost-wax moulding technique, **characterised in that** it is implemented using a shell mould (200) as claimed in any preceding claim. 40
11. Method according to claim 10, **characterised in that** the metal is cast in the shell mould (200) with the central axis (14b) of the vertically-directed metal feeder (12b). 45

50

55

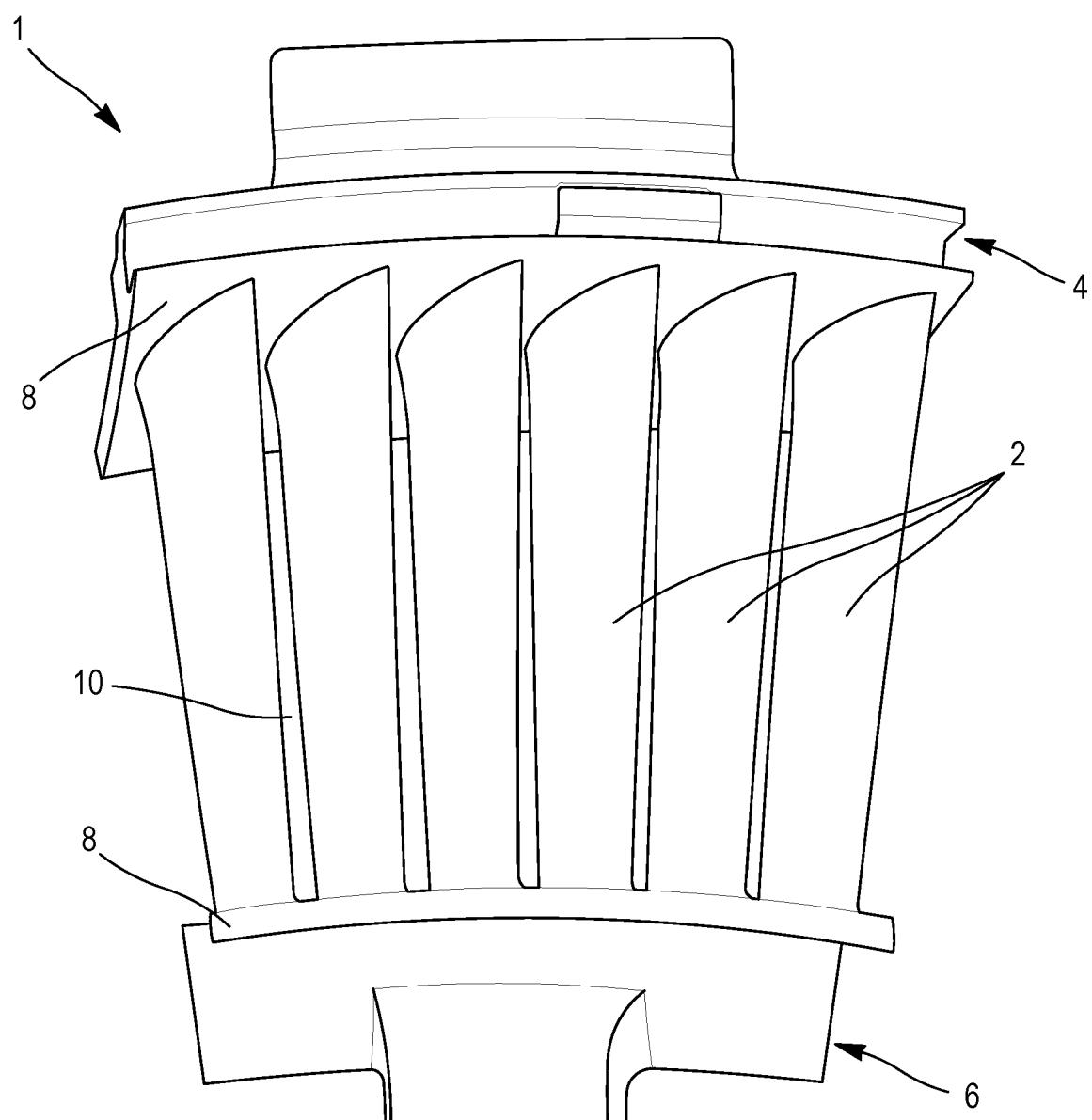


FIG. 1

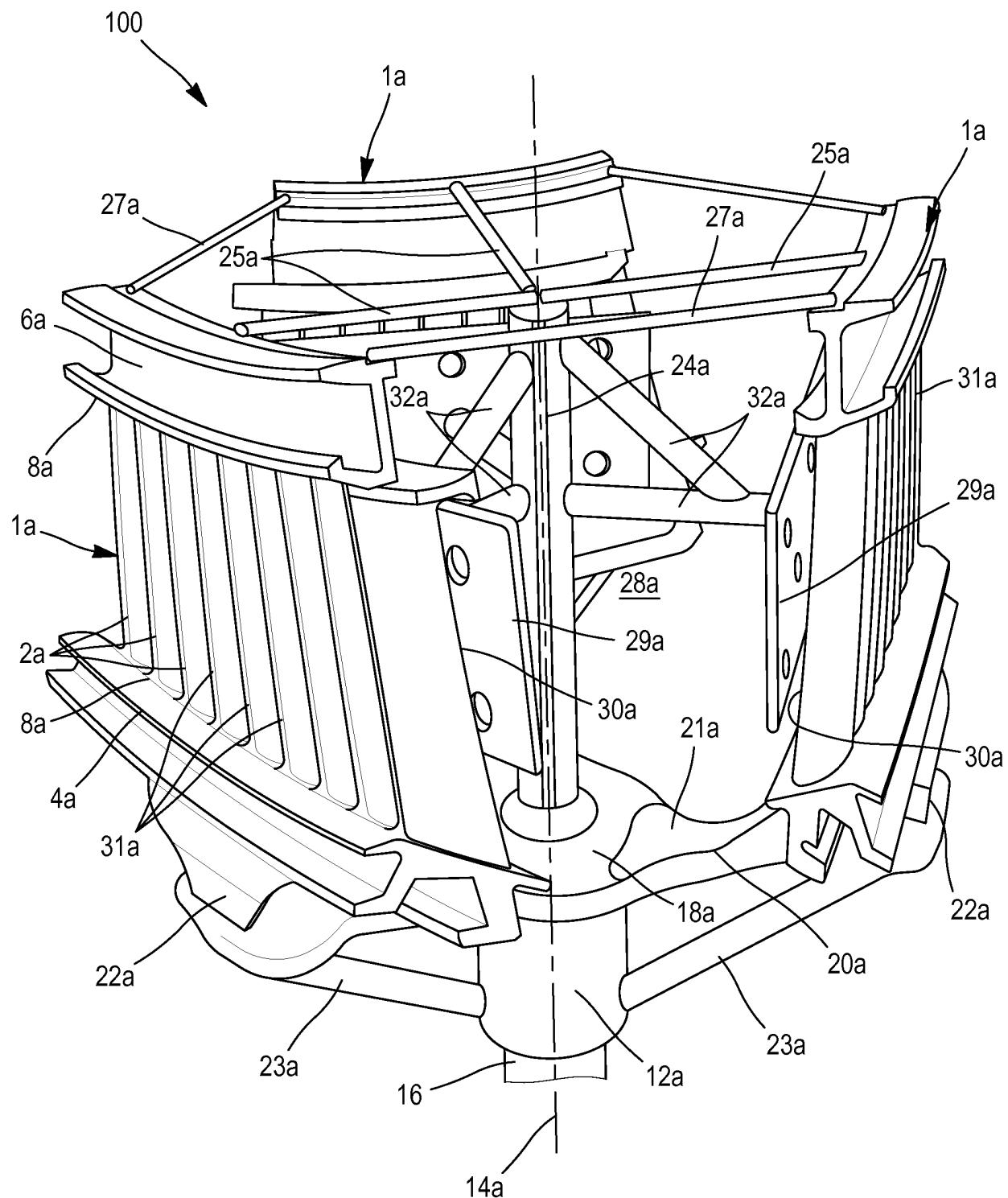


FIG. 2

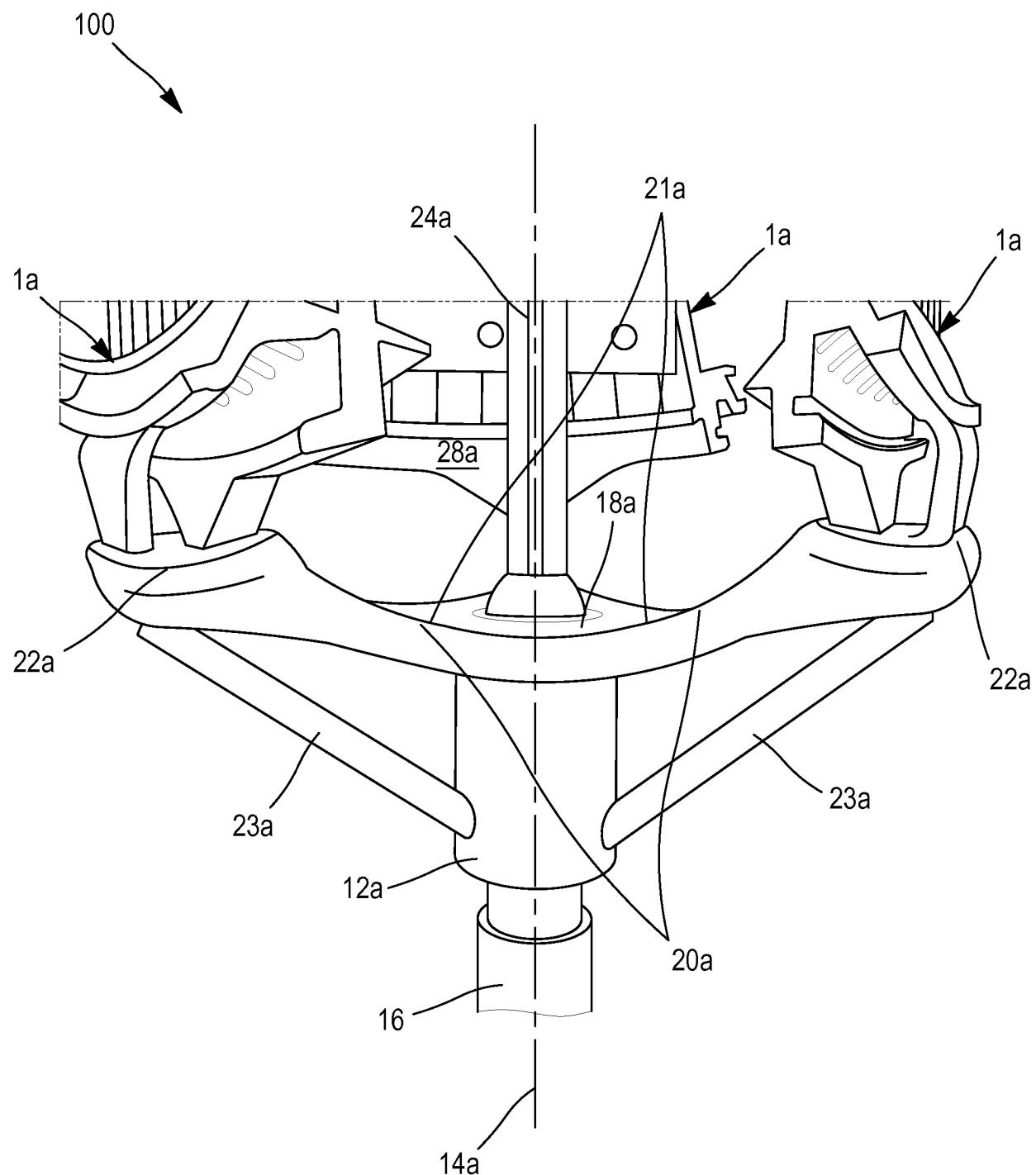


FIG. 3

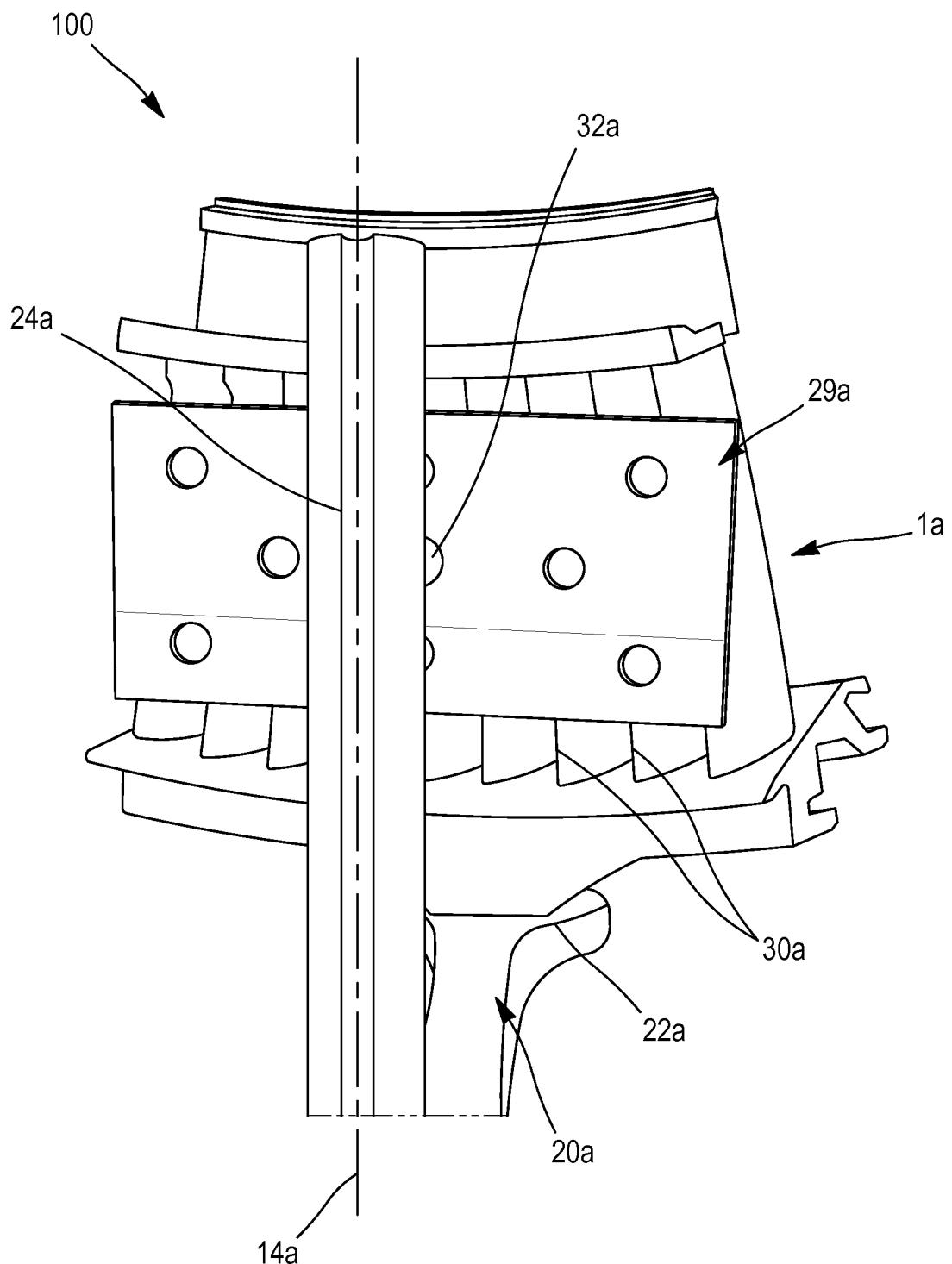


FIG. 4

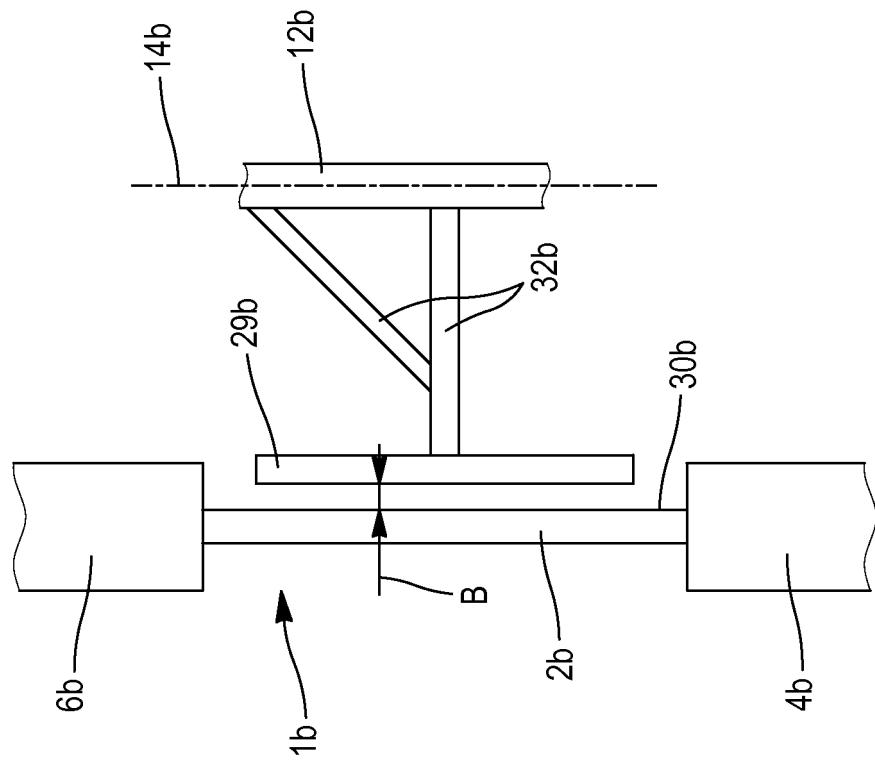


FIG. 5a

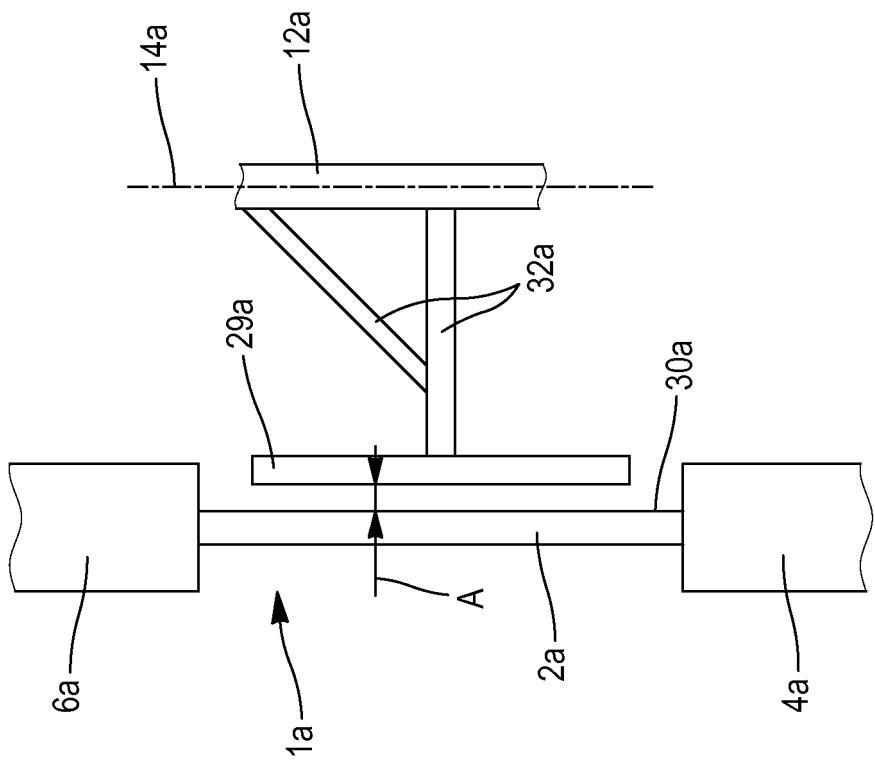


FIG. 4a

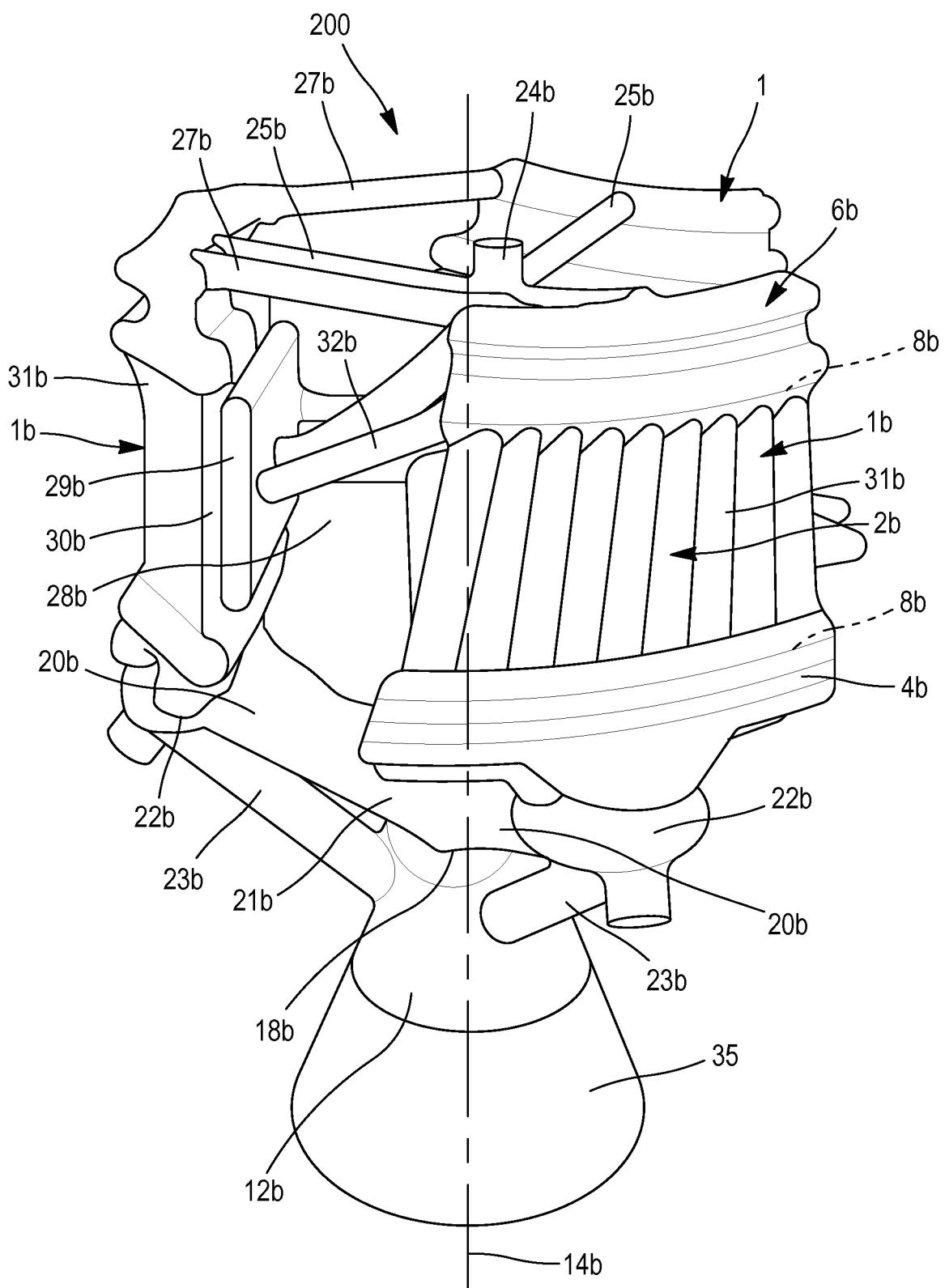


FIG. 5

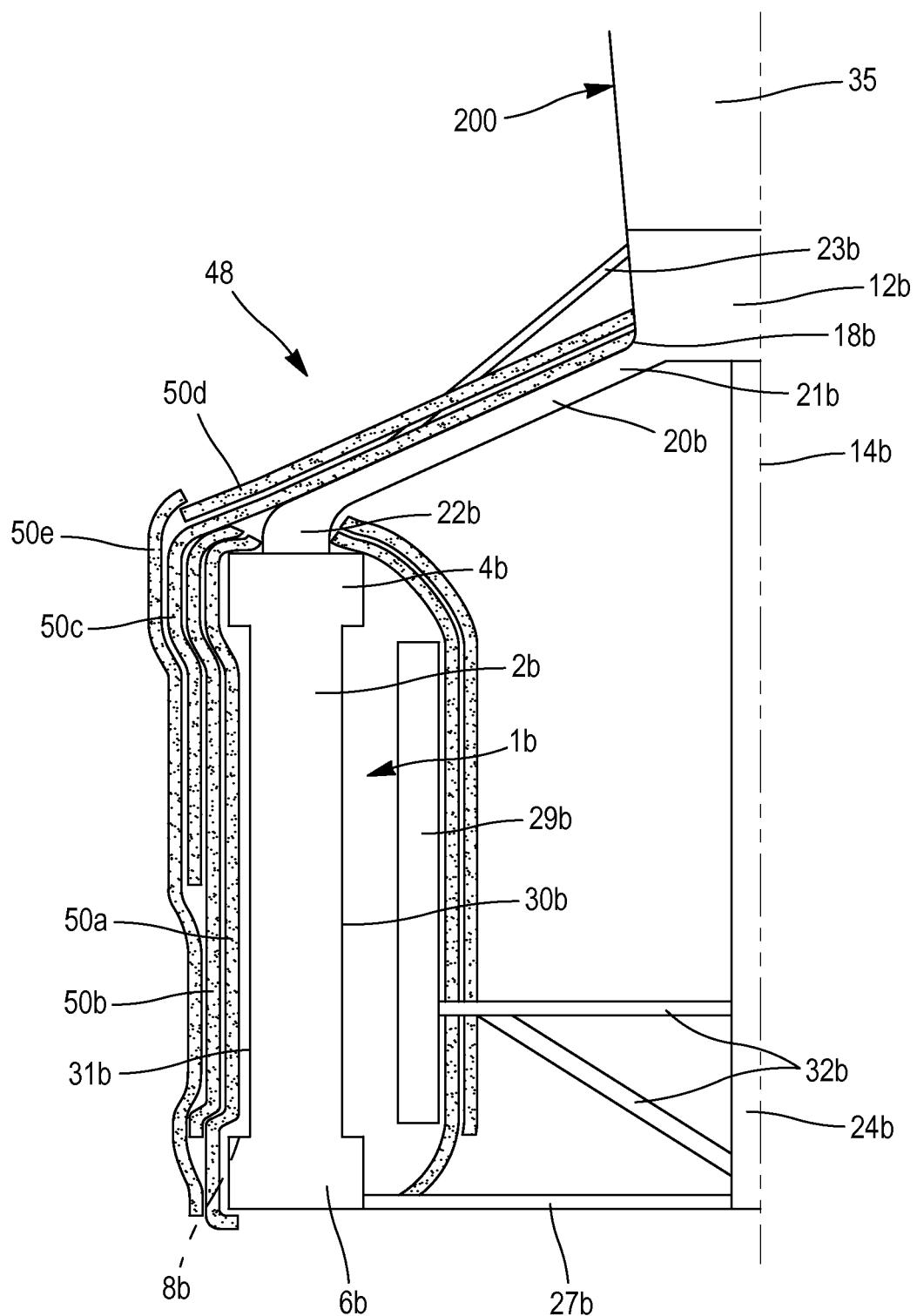


FIG. 6

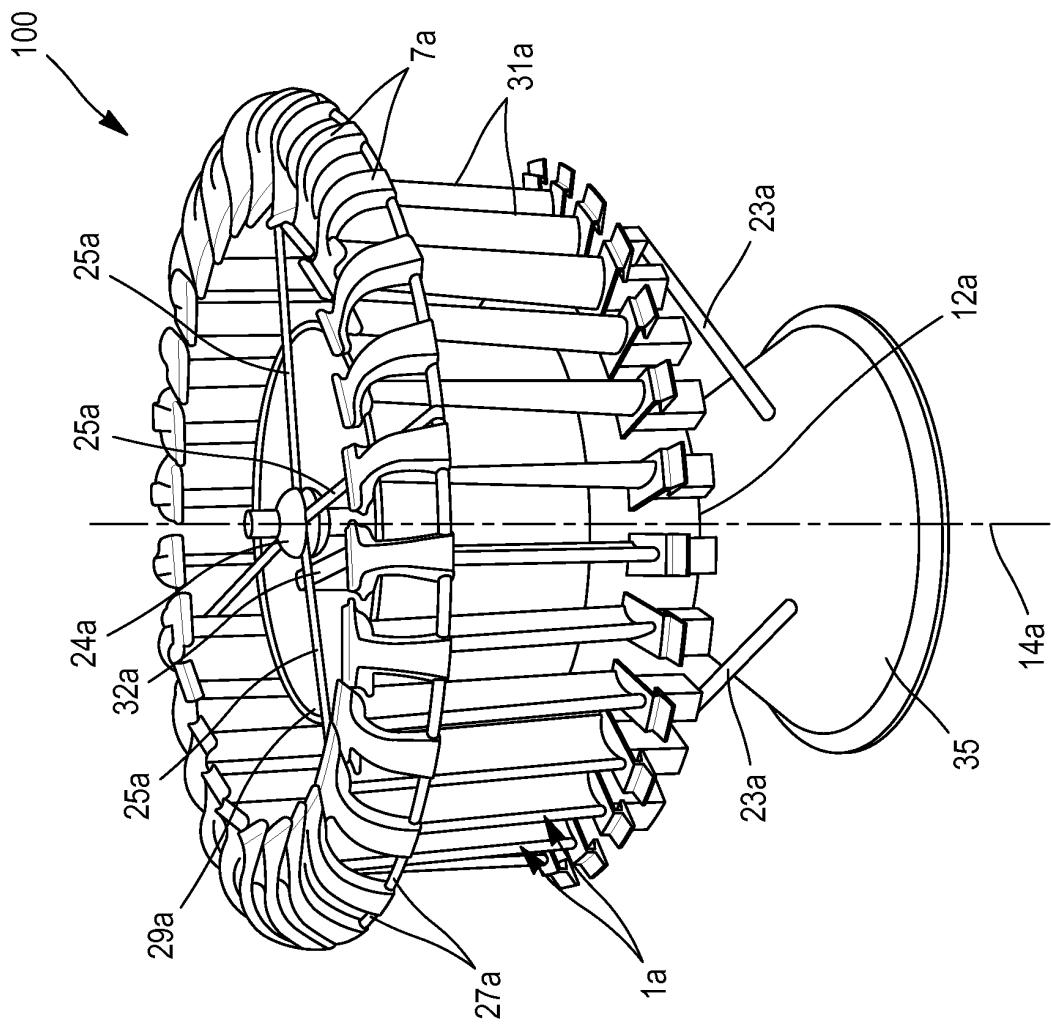


FIG. 8

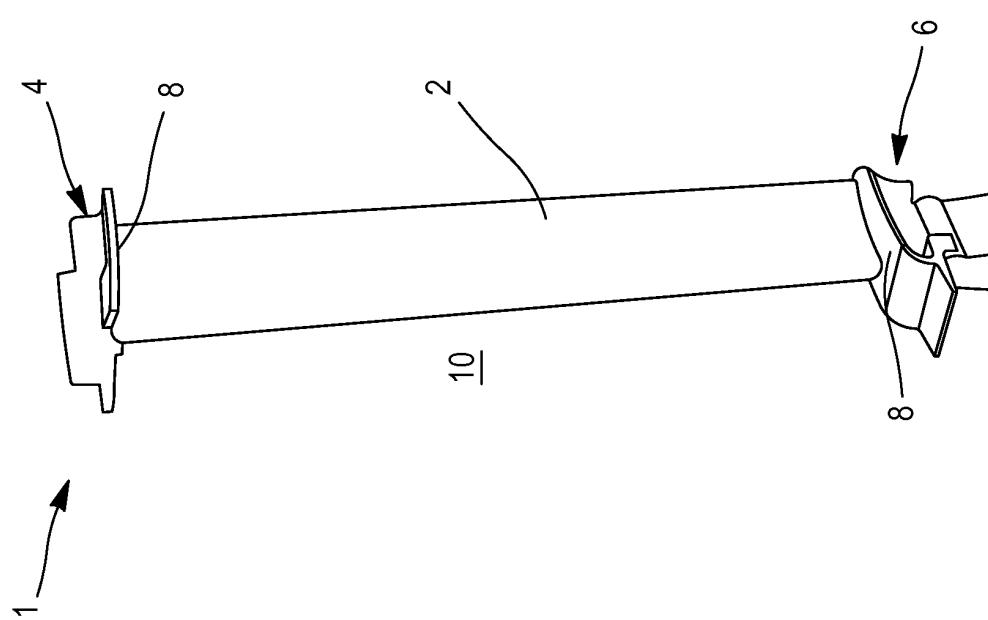


FIG. 7

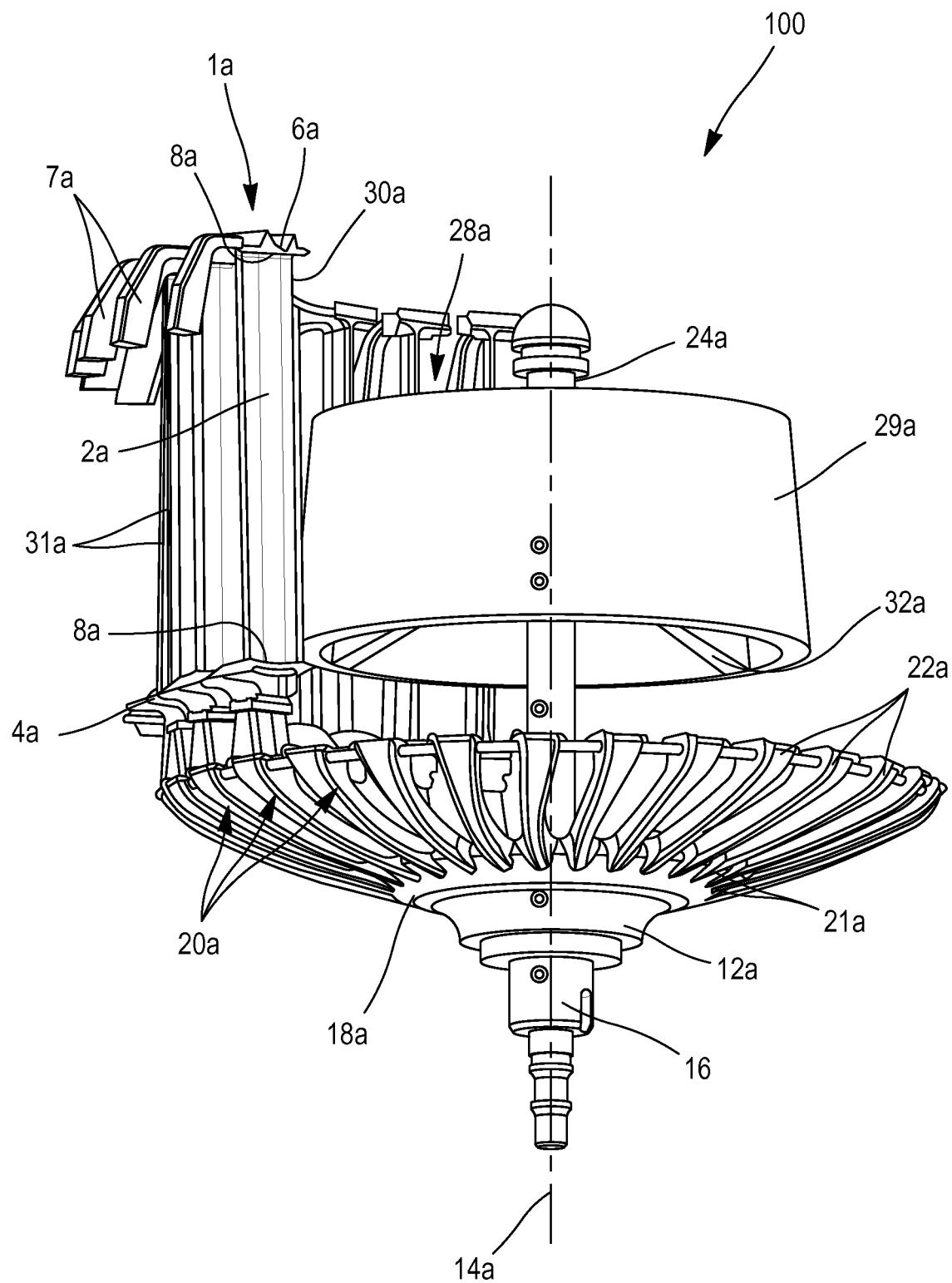


FIG. 9

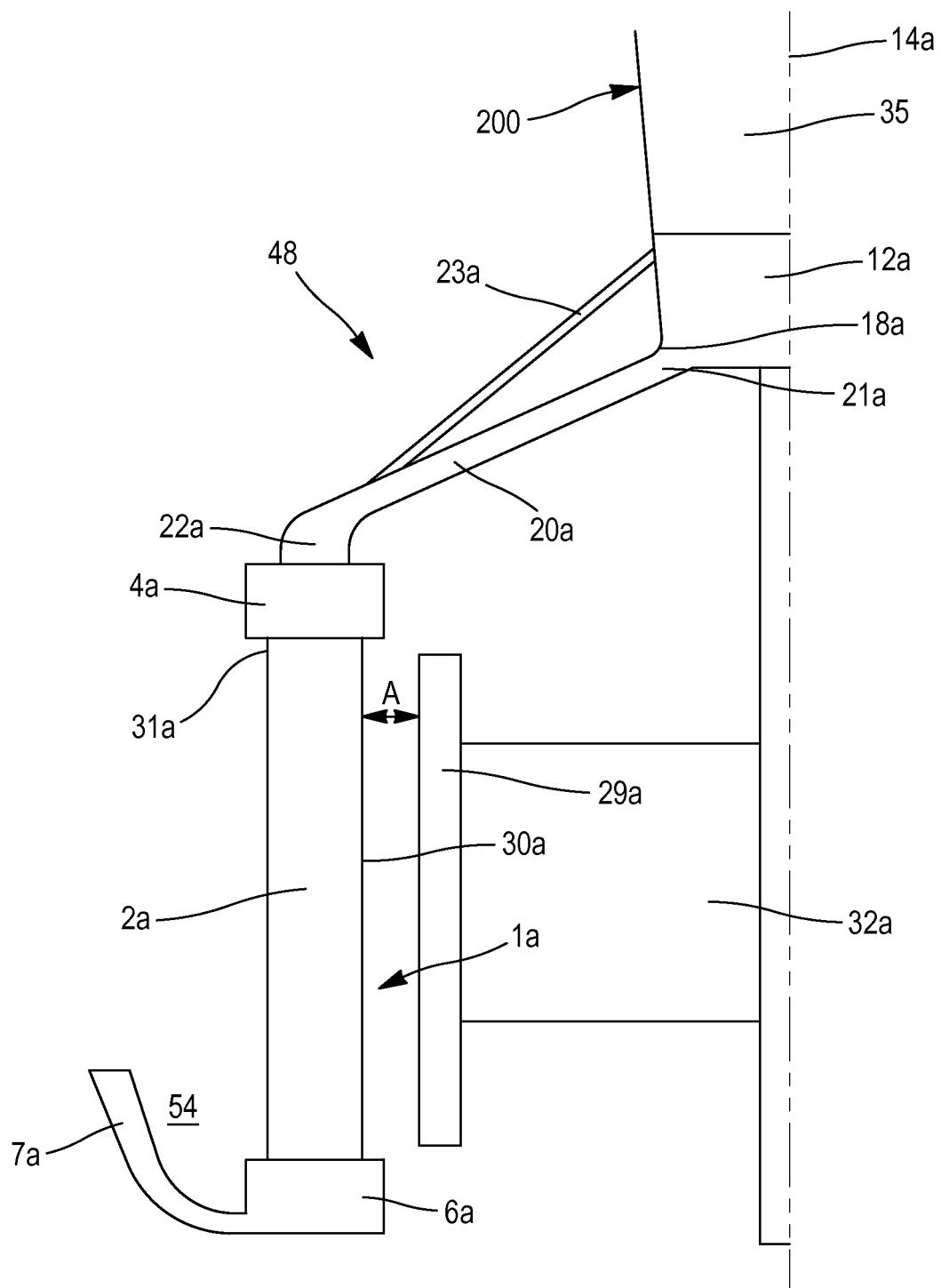


FIG. 10

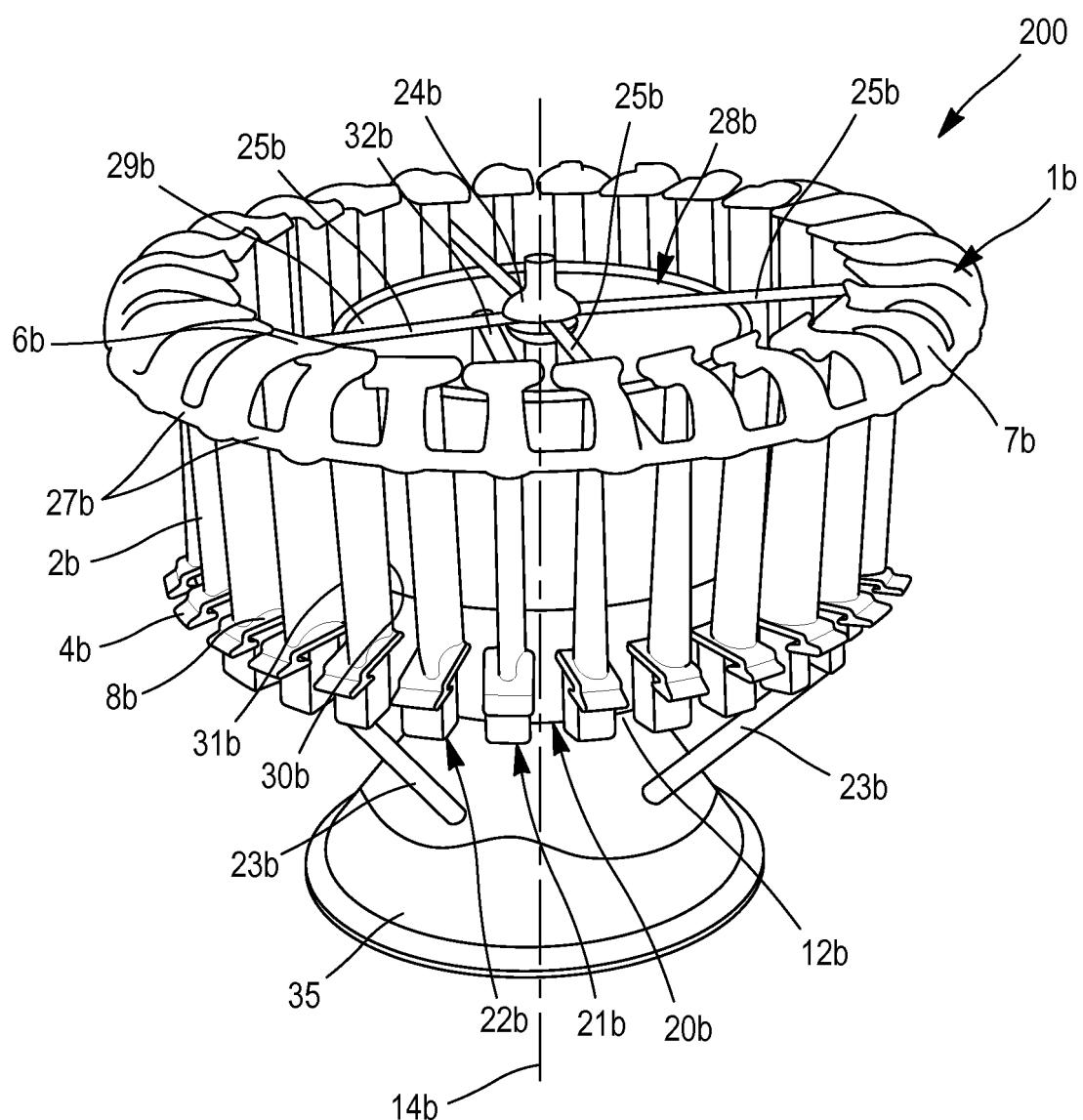


FIG. 11

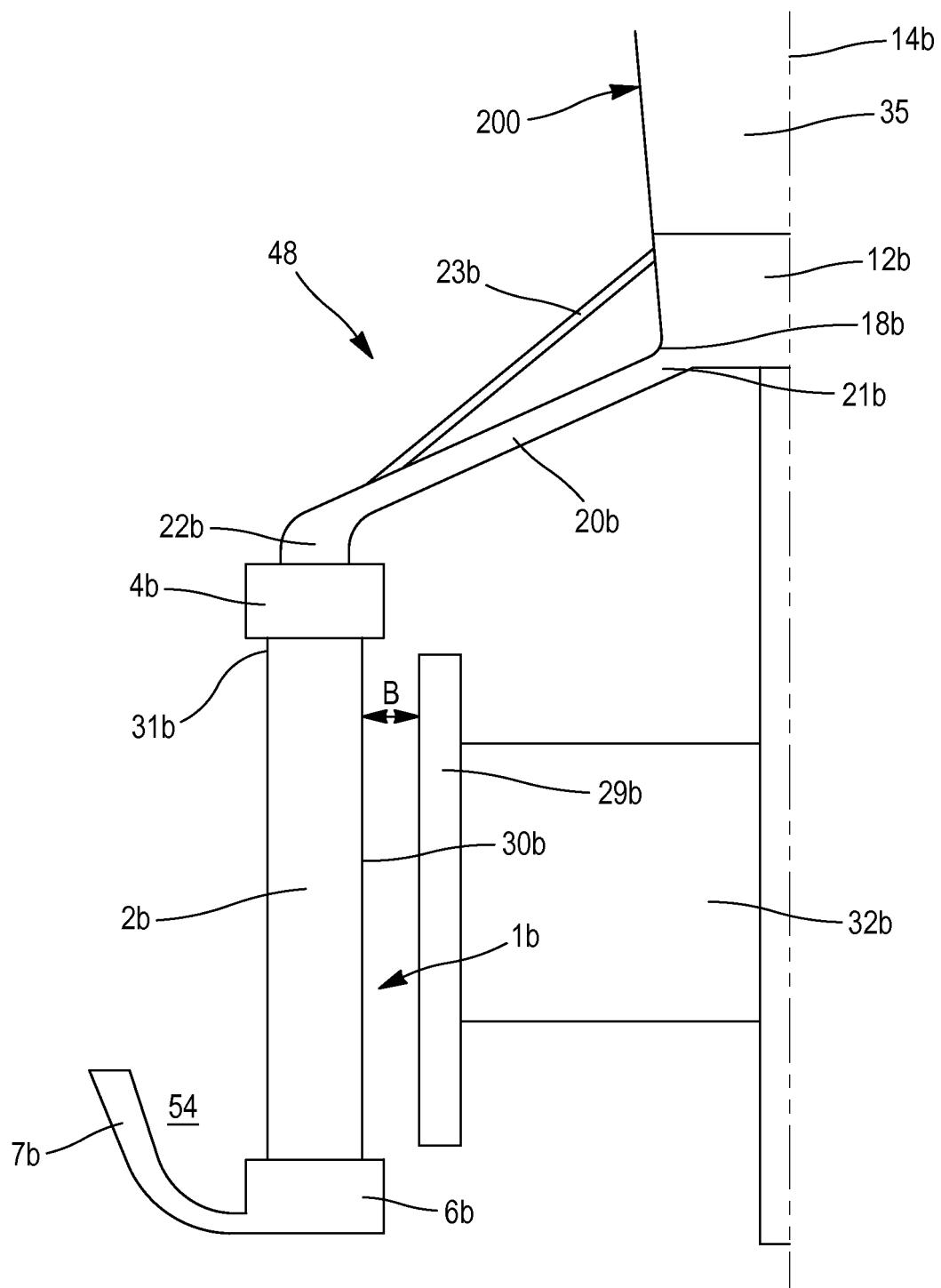


FIG. 11a

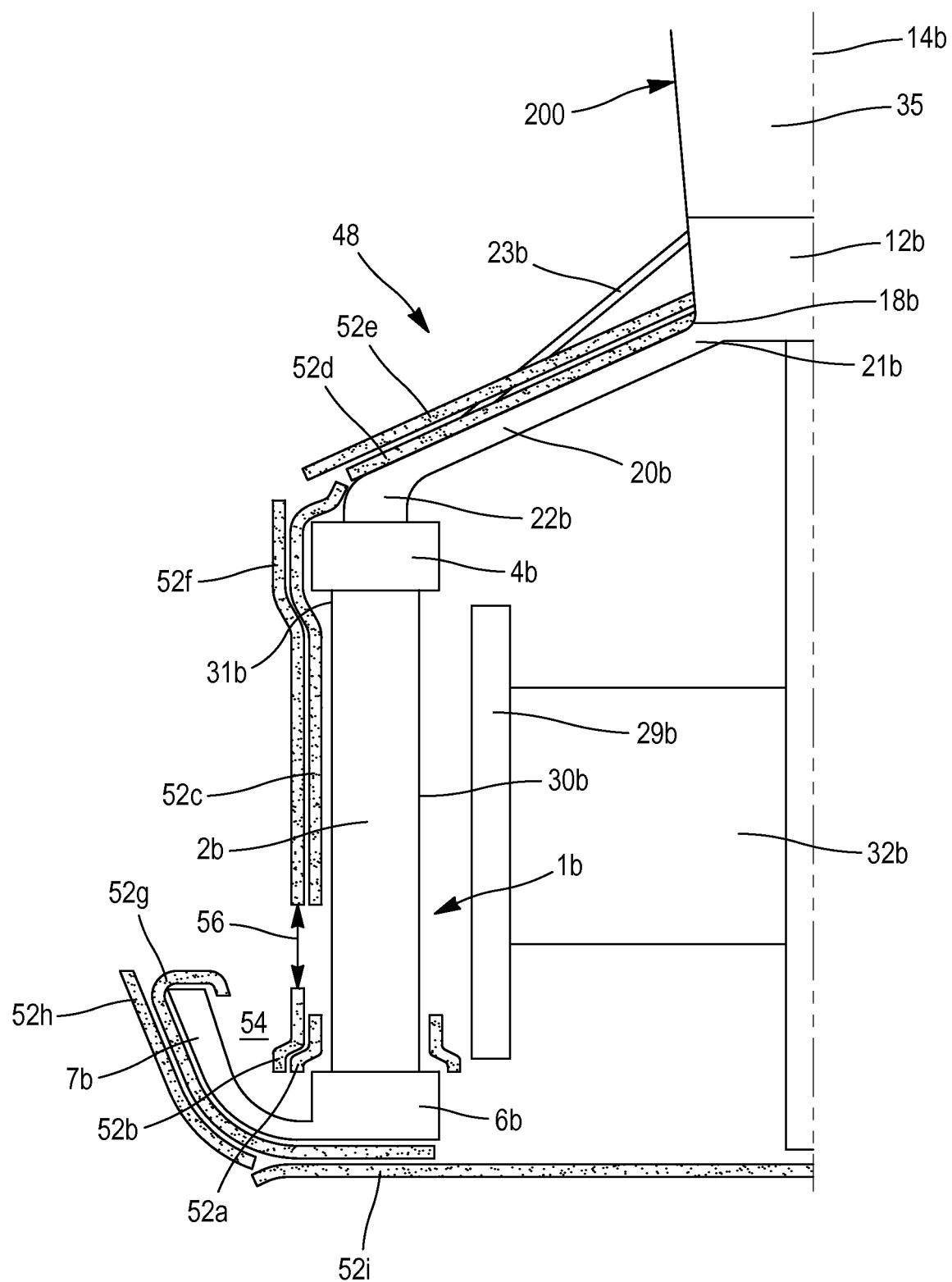


FIG. 12