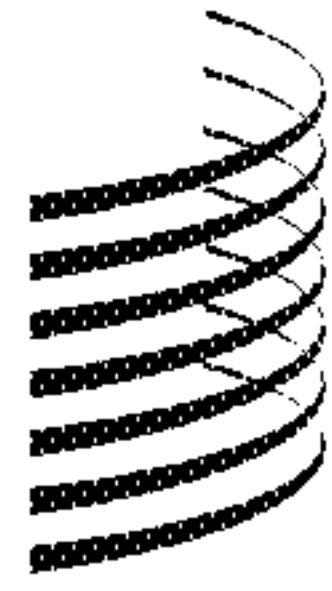


(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
14 janvier 2016 (14.01.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/005674 A1(51) Classification internationale des brevets :
B22C 9/04 (2006.01) **B22C 9/08** (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051769(22) Date de dépôt international :
29 juin 2015 (29.06.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
14 56522 7 juillet 2014 (07.07.2014) FR(71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général
Martial Valin, 75015 Paris (FR).(72) Inventeurs : MARQUES, François; c/o SNECMA PI
(AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-Cra-
mayel Cedex (FR). DOCQUOIS, Wilfrid; c/o SNECMA
PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-
Cramayel Cedex (FR). EBERSCHVEILLER, Eric; c/o
SNECMA PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550
Moissy-Cramayel Cedex (FR).(74) Mandataire : GUERRE, Fabien; Brevalet, 95, rue d'Am-
sterdam, 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

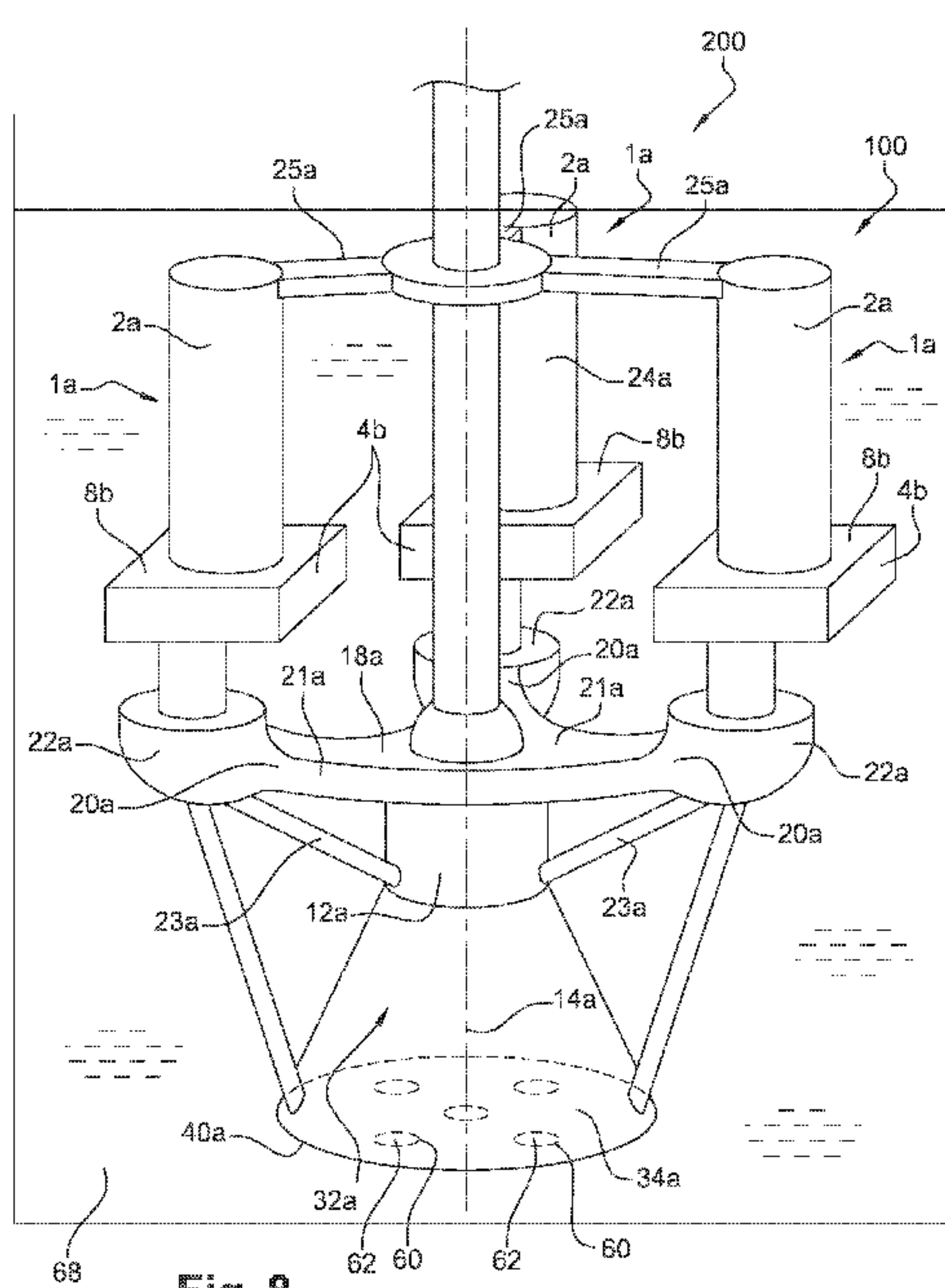
(54) Title : IMPROVED METHOD FOR MANUFACTURING A SHELL MOLD FOR PRODUCTION BY LOST-WAX CAS-
TING OF BLADED ELEMENTS OF AN AIRCRAFT TURBINE ENGINE(54) Titre : PROCÉDÉ AMÉLIORÉ DE FABRICATION D'UNE CARAPACE, POUR LA RÉALISATION PAR MOULAGE À
CIRE PERDUE D'ÉLÉMENTS AUBAGÉS DE TURBOMACHINE D'AÉRONEF

Fig. 8

(57) Abstract : The invention relates to a method for manufacturing a shell
mold for the production by lost-wax casting of bladed elements (1) of an air-
craft turbine engine, including the following steps: a) creating an assembly
(200) including a wax pattern (100) as well as a device for forming a cup for
pouring metal (32b) and having an end surface (40a); b) depositing a hot
wax coating layer on at least one portion of the end surface (40a); c) forming
the shell mold around the assembly (200). In addition, the method includes,
between steps b) and c), the implementation of a step of structuring the coa-
ting layer intended for reinforcing the adhesion between said layer (46) and
the shell mold, and including the production of recesses (62) and projections
(60) on the still-malleable coating layer.(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'une carapace
pour la réalisation par moulage à cire perdue d'éléments aubagés (1) de tur-
bomachine d'aéronef, comprenant les étapes suivantes : a) réalisation d'un
ensemble (200) comprenant un modèle en cire (100) ainsi qu'un dispositif
destiné à former un godet de coulée de métal (32b) et présentant une surface
d'extrémité (40a); b) dépôt d'une couche d'enrobage en cire chaude sur au
moins une partie de la surface d'extrémité (40a); c) formation de la carapace
autour de l'ensemble (200). De plus, le procédé comprend, entre les étapes b)
et c), la mise en œuvre d'une étape de structuration de la couche d'enrobage
visant à renforcer l'adhérence entre cette couche (46) et la carapace, et com-
prenant la réalisation de creux (62) et de saillies (60) sur la couche d'enro-
bage encore malléable.

PROCEDE AMELIORE DE FABRICATION D'UNE CARAPACE, POUR LA REALISATION PAR MOULAGE A CIRE PERDUE D'ELEMENTS AUBAGES DE TURBOMACHINE D'AERONEF

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

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.

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

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

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

De l'art antérieur, il est connu d'utiliser la technique de moulage à cire perdue pour fabriquer simultanément plusieurs éléments aubagés de turbomachine d'aéronef, tels que des aubes mobiles. Une telle technique est par exemple décrite dans le document FR 2 985 924.

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.

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, 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.

5 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.

En pratique, la carapace est réalisée non seulement autour du modèle en cire, mais également autour du godet de coulée assemblé à ce modèle. Le godet présente
10 habituellement une surface d'extrémité située sur un couvercle, cette surface étant orientée vers le bas durant le passage à travers le tunnel de séchage visant à solidifier la carapace. Au cours de ce séchage, l'ensemble en mouvement dans le tunnel subit des vibrations. A cause de ces vibrations et de la masse importante de la partie de la carapace recouvrant le couvercle du godet, il est souvent observé des chutes de blocs de carapace.
15 Ces blocs se retrouvent alors au sol et nécessitent d'être évacués, par exemple à l'aide de tapis roulants coûteux. Alternativement, pour l'évacuation de ces blocs en dehors de l'installation, il peut être mis en œuvre des interventions fréquentes de nettoyage. Cependant, ces interventions sont également coûteuses, et susceptibles de présenter des risques en matière de santé, de sécurité et d'environnement (risques SSE).

20 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

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

Pour ce faire, l'invention a tout d'abord pour objet un procédé de fabrication d'une carapace pour la réalisation par moulage à cire perdue d'une pluralité
25 d'éléments aubagés de turbomachine d'aéronef, ladite carapace en forme de grappe comprenant une pluralité d'éléments aubagés de carapace chacun destiné à l'obtention de l'un desdits éléments aubagés de turbomachine, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

a) réalisation d'un ensemble autour duquel la carapace est destinée à être formée, l'ensemble comprenant un modèle en cire ainsi qu'un dispositif destiné à former ultérieurement un godet de coulée de métal, ledit dispositif présentant une surface d'extrémité ;

5 b) dépôt d'une couche d'enrobage en cire chaude autour d'au moins une partie dudit ensemble, de manière à ce que ladite couche d'enrobage recouvre au moins une partie de la surface d'extrémité du dispositif destiné à former ultérieurement le godet de coulée de métal ; puis

c) formation de la carapace autour dudit ensemble.

10 Selon l'invention, le procédé comprend de plus, entre les étapes b) et c), la mise en œuvre d'une étape de structuration de la couche d'enrobage recouvrant ladite surface d'extrémité, cette étape de structuration visant à renforcer l'adhérence entre cette couche et la carapace à former, et comprenant la réalisation de creux et de saillies sur la couche d'enrobage encore malléable.

15 Ainsi, l'invention prévoit astucieusement de réaliser une structuration de la couche d'enrobage après son dépôt, afin de créer un relief propice à une meilleure adhérence de la carapace destinée à être formée autour de cette couche d'enrobage.

 Les risques de chute de blocs de carapace sont ainsi considérablement réduits. De ce fait, il n'est plus nécessaire de mettre en œuvre des moyens coûteux
20 d'évacuation des blocs tombés au sol, comme des tapis roulants tels que proposés dans l'art antérieur. Il en découle avantageusement une réduction des coûts de l'installation dédiée à la mise en œuvre du procédé de fabrication de la carapace.

 L'invention présente par ailleurs au moins l'une des caractéristiques optionnelles suivantes, prises isolément ou en combinaison.

25 L'étape de structuration de la couche d'enrobage est mise en œuvre par insertion d'une pluralité d'éléments d'impression dans ladite couche d'enrobage encore malléable, provoquant la formation desdites saillies autour des éléments d'impression, puis par retrait de ces derniers laissant apparaître les creux, chacun entouré par l'une desdites saillies.

Les éléments d'impression sont des plots, de préférence avec une tête de surface extérieure présentant une forme générale de calotte sphérique, par exemple une forme générale de demi-sphère.

Le rapport entre le diamètre maximal extérieur de chaque plot, et le
5 diamètre extérieur de la surface d'extrémité du dispositif, est inférieur à 20.

Le nombre de plots est compris entre 3 et 20.

L'étape de structuration de la couche d'enrobage est mise en œuvre par application d'une pression d'un support portant la pluralité d'éléments d'impression, contre ladite couche d'enrobage encore malléable. Ladite application de pression est
10 réalisée par déplacement dudit ensemble, contre le support restant fixe. Alternativement, c'est le support qui pourrait être mis en mouvement pour venir contacter la couche d'enrobage, sans sortir du cadre de l'invention.

L'étape de formation de la carapace autour dudit ensemble comprend au moins une opération de séchage réalisée au moins en partie avec ladite surface d'extrémité
15 orientée vers le bas, et de préférence avec ladite carapace, entourant l'ensemble, déplacée au sein d'un poste de séchage.

L'étape de formation de la carapace est réalisée par trempage.

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, ce
20 procédé comprenant la réalisation d'une carapace par un procédé tel que décrit ci-dessus, suivie par une coulée de métal dans la carapace.

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

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

25 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 œuvre du procédé selon la présente invention, ledit élément aubagé se présentant sous la forme d'une aube mobile de turbine haute pression ;

- la figure 2 représente une vue en perspective d'un modèle en cire servant à la fabrication d'une carapace pour la réalisation, par moulage à cire perdue, d'aubes du type de celle montrée sur la figure 1 ;

- les figures 3 à 10 représentent schématiquement différentes étapes du procédé de fabrication de la carapace ; et

- la figure 11 représentent une vue schématique d'une telle carapace obtenue par mise en œuvre du procédé de fabrication schématisé sur les figures précédentes.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

En référence à la figure 1, il est représenté un exemple d'une aube mobile 1 de turbine haute pression pour turbomachine d'aéronef. De façon conventionnelle, cette aube 1 comprend une pale 2 s'étendant à partir d'une extrémité 4 formant un pied d'aube, et comprenant une plateforme 8 destinée à délimiter une veine principale de circulation des gaz.

L'invention vise à fabriquer l'aube mobile 1 à partir d'une carapace destinée à être réalisée par un procédé spécifique à l'invention, dont un mode de réalisation préféré va à présent être décrit en référence aux figures 2 à 10. Néanmoins, il est noté que l'invention peut également s'appliquer à la fabrication d'aubes mobiles de compresseur, ou encore à la fabrication d'aubes de stator de compresseur ou de turbine, réalisées isolément ou par secteurs comprenant plusieurs aubes.

Pour la fabrication de la carapace, il est tout d'abord réalisé un modèle en cire, également dénommé réplique, et autour duquel une carapace de céramique est destinée à être formée ultérieurement.

Sur la figure 2, le modèle en cire 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.

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.

5 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
10 s'étend de façon droite ou légèrement courbe jusqu'à une seconde extrémité 22a.

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.

De plus, à partir de chaque seconde extrémité 22a, il est fixé une réplique
15 en cire 1a de l'aube de turbine représentée sur la figure 1. Cette réplique 1a comprend donc une pale 2a, s'étendant à partir d'une extrémité 4a formant un pied d'aube, et comprenant une plateforme 8a. Sur la figure 2, les répliques d'aubes 1a ont été représentées uniquement de façon schématique.

Il est noté que si les répliques 1a ont été représentées avec le pied d'aube
20 4a agencé en bas par rapport à la pale 2a dans la position de la figure 3, ce pied 4a pourrait alternativement être agencé en haut, de manière à ce qu'une fois la carapace retournée pour effectuer la coulée du métal, celui-ci atteigne le pied uniquement après avoir traversé la partie pale.

Les aubes en cire 1a s'étendent vers le haut, en étant disposées autour
25 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 têtes de pale 2a.

Comme cela est visible sur la figure 2, pour chaque aube en cire 1a, un
30 renfort de maintien en cire/céramique 25a peut être prévu entre l'extrémité haute de la

tige centrale de support 24a, et la tête de pale. De la même manière, des renforts de maintien en cire/céramique (non représentés) peuvent relier entre elles les têtes de pale adjacentes des différentes aubes 1a.

Les aubes en cire 1a forment la paroi périphérique de la réplique en cire 100. Elles sont espacées circonférentiellement les unes des autres, et définissent un espace intérieur centré sur l'axe 14a, dans lequel se trouve donc la tige centrale de support 24a.

Comme cela a été schématisé sur la figure 3, une fois la réplique en cire 100 réalisée, il est assemblé sur celle-ci un dispositif 32a destiné à former ultérieurement un godet de coulée de métal dans la carapace. Le dispositif 32a comprend un élément 34a de forme conique centré sur l'axe 14a et s'évasant vers le bas à partir d'une section de petite taille solidarisée à l'extrémité basse de la portion de distribution 12a. L'élément conique 34a est de préférence réalisé creux, et fermé à son extrémité basse par un couvercle 36a, dont la surface extérieure 40a forme une surface d'extrémité du dispositif 32a. Alternativement, le dispositif 32a pourrait être réalisé plein, dans une cire destinée à être éliminée ultérieurement lors de l'élimination du modèle en cire 100.

Eventuellement, des éléments de renfort 42a peuvent ensuite être réalisés entre le dispositif 32a et les bras 20a.

Le modèle en cire 100 et le dispositif 32a forment conjointement un ensemble 200 autour duquel la carapace est destinée à être formée. Néanmoins, avant l'étape de formation de la carapace, il est prévu une étape de dépôt d'une couche d'enrobage en cire chaude, tel que cela a été schématisé sur la figure 4. Cette étape de dépôt est également dénommée « dip seal ». Elle vise à tremper partiellement l'ensemble 200 dans un bac 44 de cire chaude liquide 46, de manière à permettre une bonne adhérence de la carapace formée ultérieurement. A titre indicatif, le trempage est ici effectué de manière à immerger la totalité du dispositif 32a dans la cire chaude 46, et éventuellement une partie basse du modèle en cire 100. Aussi, après cette étape de trempage, une couche d'enrobage en cire chaude 46 recouvre la totalité de la surface d'extrémité 40a définie par le couvercle 36a du dispositif 32a, comme cela a été schématisé sur la figure 5. Une couche d'enrobage en cire chaude 46 recouvre également la surface extérieure de l'élément conique 34a.

L'une des particularités de l'invention consiste à structurer au moins la couche 46 recouvrant la surface d'extrémité 40a, lorsque cette couche est encore malléable, c'est-à-dire avant qu'elle ait été totalement refroidie.

Pour ce faire, il est prévu un outillage tel que montré sur les figures 5, 5a, 5b et 6. Il s'agit d'un support 50 portant une pluralité d'éléments d'impression 52 en forme de plots, avec une tête de surface extérieure 54 semi-sphérique. Le nombre de ces plots 52, leur taille et leur disposition sont retenus en fonction des besoins rencontrés. A titre d'exemple indicatif, le nombre de plots 52 faisant saillie du support 50 peut être compris entre 3 et 20, tandis que le rapport entre leur diamètre extérieur D1 et le diamètre extérieur D2 du couvercle est préférentiellement inférieur à 20.

Pour effectuer l'étape de structuration de la couche d'enrobage 46, l'ensemble 200 est déplacé contre le support 52 restant fixe sur un poste dédié 58, schématisé sur la figure 6. Le déplacement de l'ensemble 200 contre le support 50 portant les plots 52 s'effectue de préférence verticalement vers le bas, avec la surface d'extrémité 40a orientée horizontalement. La pression appliquée a pour conséquence que les plots 52 s'insèrent dans la couche 46, en créant autour d'eux un refoulement de cire. Ce refoulement, en forme de bourrelet entourant chaque plot 52, génère une saillie 60. Après retrait des plots 52, ces derniers laissent place à des creux 62 montrés sur la figure 7, chaque creux étant entouré d'une saillie 60.

La profondeur des creux 62 est inférieure à l'épaisseur de la couche d'enrobage 46, de manière à ce que de la cire se trouve dans le fond de chaque creux. La structuration opérée permet, d'une manière astucieuse et peu coûteuse, de renforcer l'adhérence entre la couche 46 recouvrant la surface d'extrémité 40a du couvercle 36a, et la carapace destinée à être formée ultérieurement. Cette structuration s'ajoute à la présence optionnelle d'une structuration initiale de la surface d'extrémité 40a du couvercle 36a, par exemple à l'aide d'un gaufrage 64 tel que visible sur la figure 7. Il doit cependant être précisé que ce gaufrage 64 est recouvert par la couche d'enrobage 46, qui a tendance à atténuer les reliefs du gaufrage, et donc à en diminuer le pouvoir d'adhérence. La structuration propre à l'invention, générée postérieurement au dépôt de la couche

d'enrobage 46, permet de renforcer efficacement le pouvoir d'adhérence de cette couche à la carapace formée ultérieurement.

A cet égard, en référence aux figures 8 et 9, il est ensuite mis en œuvre l'étape de formation de la carapace en céramique, par trempage de l'ensemble 200 dans des bains successifs 68, dont l'un est schématisé sur la figure 8. Cette étape est connue en tant que telle et ne sera donc pas davantage décrite, mis à part le fait qu'au cours de sa réalisation, la carapace 300 en formation se dépose dans les creux 62 et autour des bourrelets 60 de la couche d'enrobage 46. Ces éléments agissent comme des points d'ancrage de la carapace, favorisant ainsi son adhérence au couvercle 36a.

Durant la formation de la carapace 300, il est réalisé au moins une opération de séchage visant à la durcir. Cette opération, schématisée sur la figure 10, consiste à faire défiler une ou plusieurs carapaces 300 dans au sein d'un poste de séchage également dit tunnel de séchage 70, avec les carapaces 300 suspendues au-dessus du sol 72. Lors de cette mise en mouvement, la surface d'extrémité 40a du couvercle est orientée horizontalement, vers le bas, mais les risques de décrochage de blocs de carapace est fortement réduit par la structuration 60, 62 préalablement réalisée sur la couche d'enrobage 46 recouvrant la surface d'extrémité 40a.

Après le séchage, la carapace 300 qui est obtenue est représentée schématiquement sur la figure 11. Elle présente également une forme générale de grappe, et comporte bien entendu des éléments similaires à ceux de la réplique en cire 100 et du dispositif 32a précités. 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.

Il s'agit d'abord du godet 32b, puis du distributeur de métal, référencée 12b. Ce dernier présente donc une forme révolutionnaire creuse, cylindrique ou conique, d'axe central 14b qui coïncide avec l'axe central de la carapace 300. Cet axe 14b est orienté verticalement, et donc considéré comme représentant la direction de la hauteur.

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 14b. Chaque bras 20b comporte donc une première extrémité 21b raccordée à l'extrémité élargie du distributeur 12b, et s'étend de façon droite ou légèrement courbe jusqu'à une seconde extrémité 22b.

Chaque bras 20b est donc prévu pour être creux et former un conduit d'amenée 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.

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'une des aubes 1.

L'élément aubagé 1b, également dit aube de carapace, comprend ainsi une partie de pale 2b délimitant des empreintes de pales adjacentes, cette partie 2b s'étendant à partir d'une extrémité 4b formant un pied d'aube, et comprenant une plateforme 8b. Sur la figure 11, les aubes de carapace 1b ont été représentées uniquement de façon schématique.

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.

De plus, pour chaque élément aubagé 1b, un renfort de maintien 25b peut être prévu entre l'extrémité haute de la tige centrale de support 24b, et la tête de pale. De la même manière, des renforts de maintien en cire/céramique (non représentés) peuvent relier entre elles les têtes de pale adjacentes des différentes aubes de carapace 1b. Enfin, des éléments de renforts 42b sont agencés entre le godet 32b et les bras de coulée 20b.

Après l'obtention de la carapace 300 et l'élimination de la réplique en cire 100 enfermée dans celle-ci, ainsi que le retrait du couvercle fermant initialement le godet,

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.

A la sortie du préchauffage de la carapace, du métal sortant d'un four de fusion est coulé dans les empreintes via le godet 32b représenté, avec la carapace en position retournée par rapport à celle montrée sur la figure 11, c'est-à-dire avec le godet 32b ouvert vers le haut et toujours l'axe 14b orienté verticalement.

Le métal en fusion emprunte donc successivement le godet 32b, 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 de préférence 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. Les renforts 23b, 25b, 42b sont préférentiellement pleins, en céramique, donc non traversés par le métal en fusion lors de la coulée dans la carapace 300.

Après le refroidissement du métal, la carapace est détruite, puis les aubes mobiles 1 sont séparées de la grappe pour d'éventuels usinages et opérations de finition et de contrôle.

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. Procédé de fabrication d'une carapace (300) pour la réalisation 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), ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

a) réalisation d'un ensemble (200) autour duquel la carapace est destinée à être formée, l'ensemble comprenant un modèle en cire (100) ainsi qu'un dispositif (32a) destiné à former ultérieurement un godet de coulée de métal (32b), ledit dispositif présentant une surface d'extrémité (40a) ;

b) dépôt d'une couche d'enrobage (46) en cire chaude autour d'au moins une partie dudit ensemble (200), de manière à ce que ladite couche d'enrobage (46) recouvre au moins une partie de la surface d'extrémité (40a) du dispositif destiné à former ultérieurement le godet de coulée de métal ; puis

c) formation de la carapace (300) autour dudit ensemble (200) ;

caractérisé en ce que le procédé comprend de plus, entre les étapes b) et c), la mise en œuvre d'une étape de structuration de la couche d'enrobage (46) recouvrant ladite surface d'extrémité (40a), cette étape de structuration visant à renforcer l'adhérence entre cette couche (46) et la carapace à former, et comprenant la réalisation de creux (62) et de saillies (60) sur la couche d'enrobage encore malléable.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de structuration de la couche d'enrobage (46) est mise en œuvre par insertion d'une pluralité d'éléments d'impression (52) dans ladite couche d'enrobage encore malléable, provoquant la formation desdites saillies (60) autour des éléments d'impression, puis par retrait de ces derniers laissant apparaître les creux (62), chacun entouré par l'une desdites saillies (60).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les éléments d'impression sont des plots (52), de préférence avec une tête de surface extérieure (54) présentant une forme générale de calotte sphérique.

5 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le rapport entre le diamètre maximal extérieur (D1) de chaque plot (52), et le diamètre extérieur (D2) de la surface d'extrémité (40a) du dispositif (32a), est inférieur à 20.

10 5. Procédé selon la revendication 3 ou la revendication 4, caractérisé en ce que le nombre de plots (52) est compris entre 3 et 20.

15 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que l'étape de structuration de la couche d'enrobage (46) est mise en œuvre par application d'une pression d'un support (50) portant la pluralité d'éléments d'impression (52), contre ladite couche d'enrobage (46) encore malléable.

20 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite application de pression est réalisée par déplacement dudit ensemble (200), contre le support (50) restant fixe.

25 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de formation de la carapace (300) autour dudit ensemble (200) comprend au moins une opération de séchage réalisée au moins en partie avec ladite surface d'extrémité (40a) orientée vers le bas, et de préférence avec ladite carapace, entourant l'ensemble, déplacée au sein d'un poste de séchage (70).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de formation de la carapace (300) est réalisée par trempage.

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 comprend la réalisation d'une carapace (300) par un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, suivie par une coulée de métal dans la carapace.

1/6

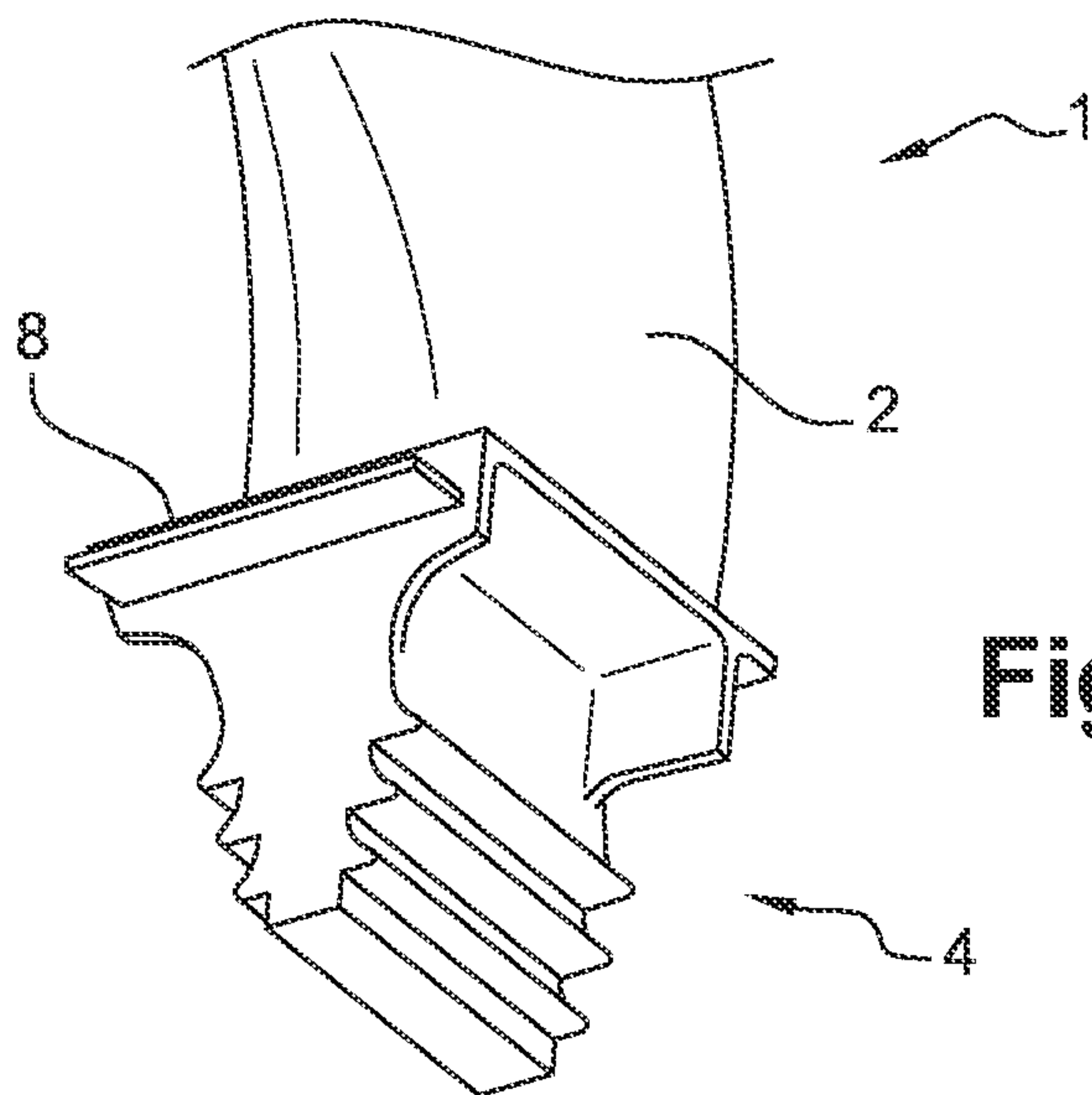


Fig. 1

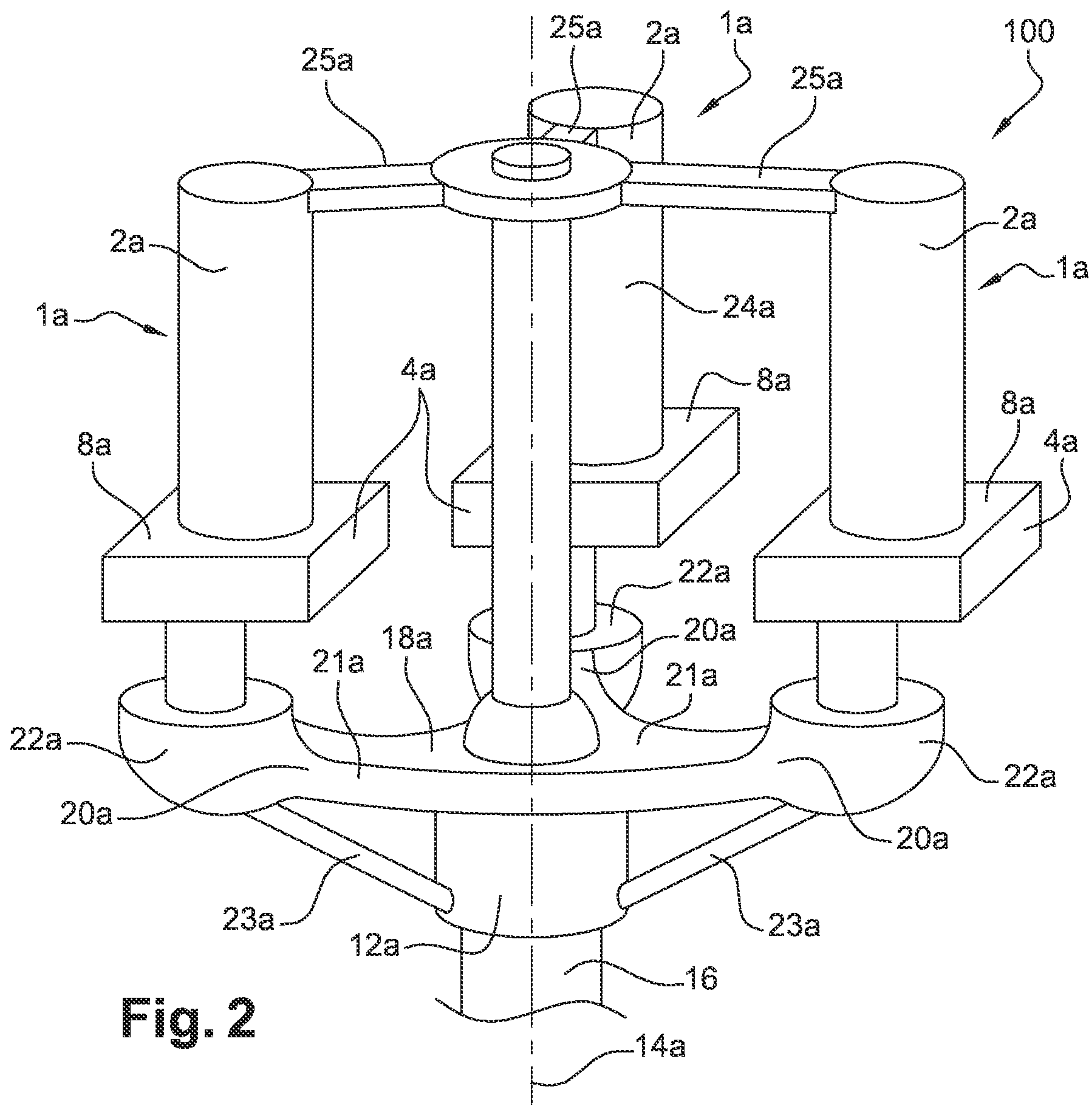
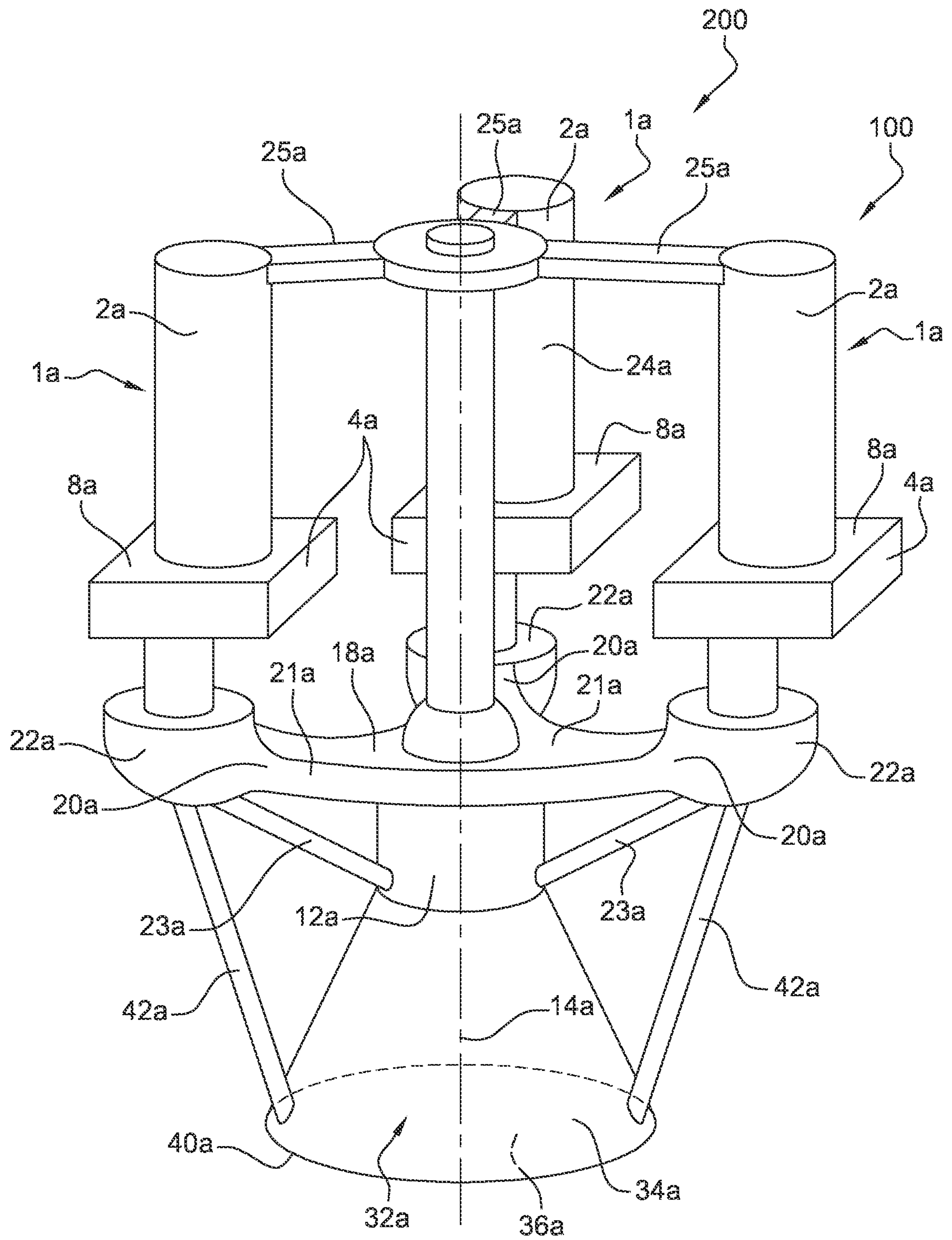
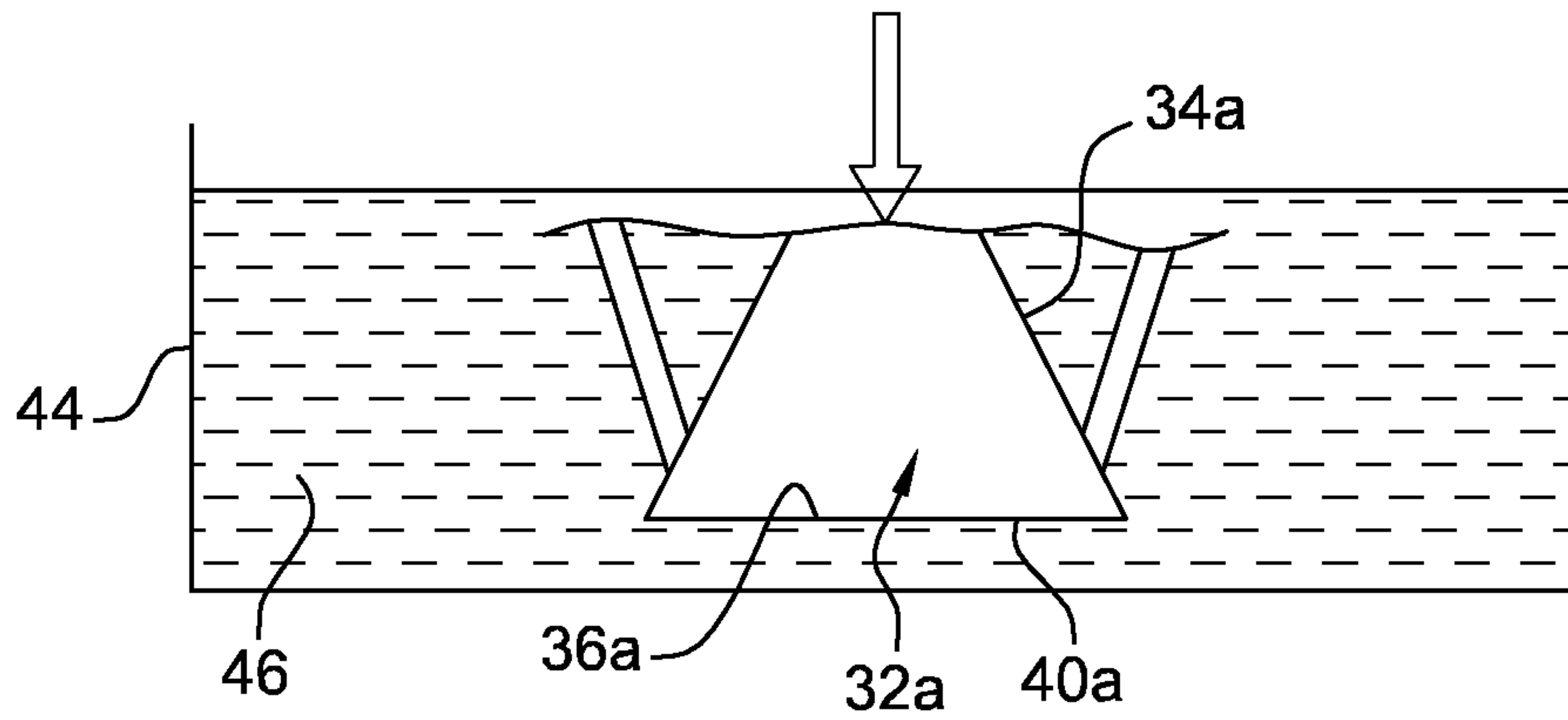
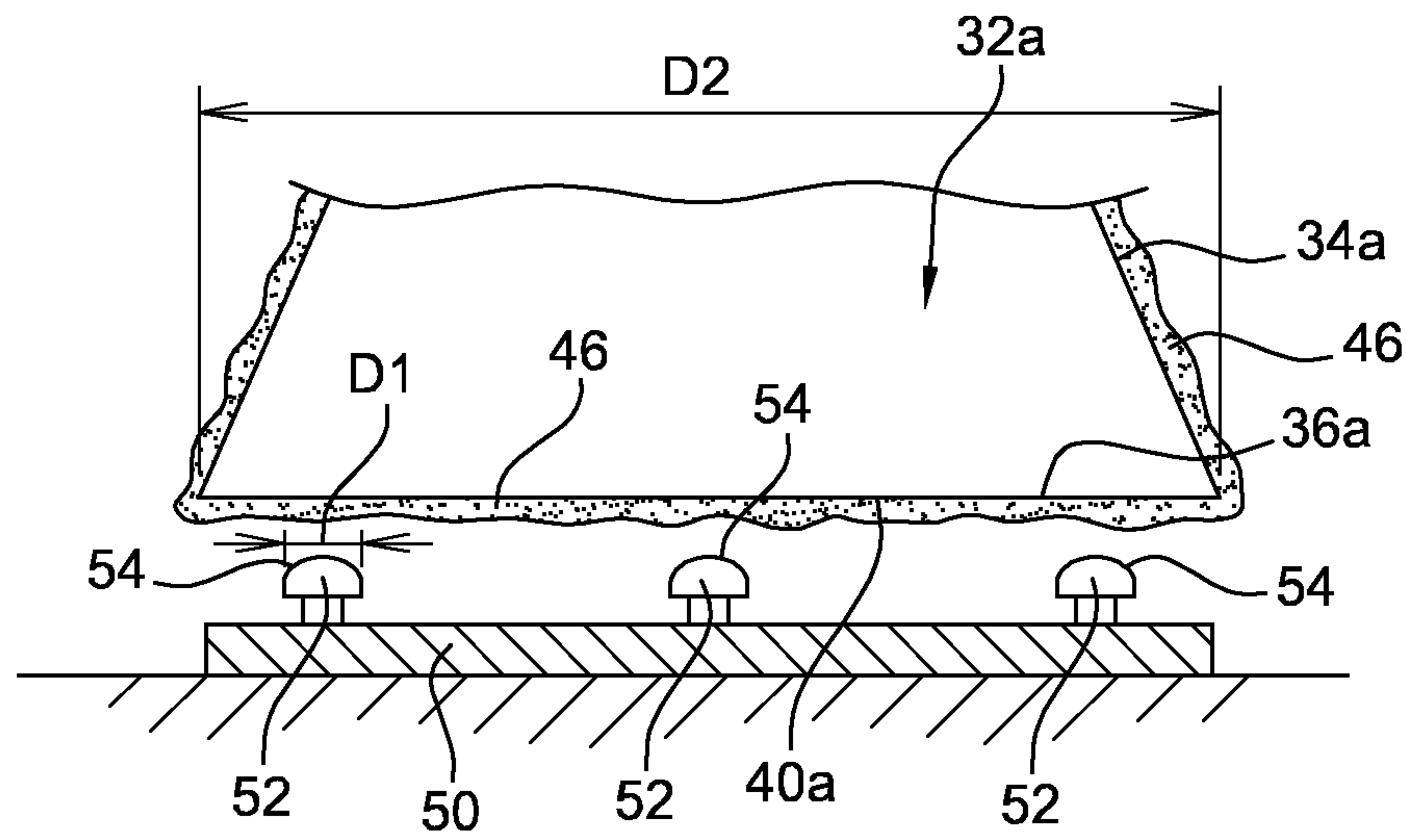
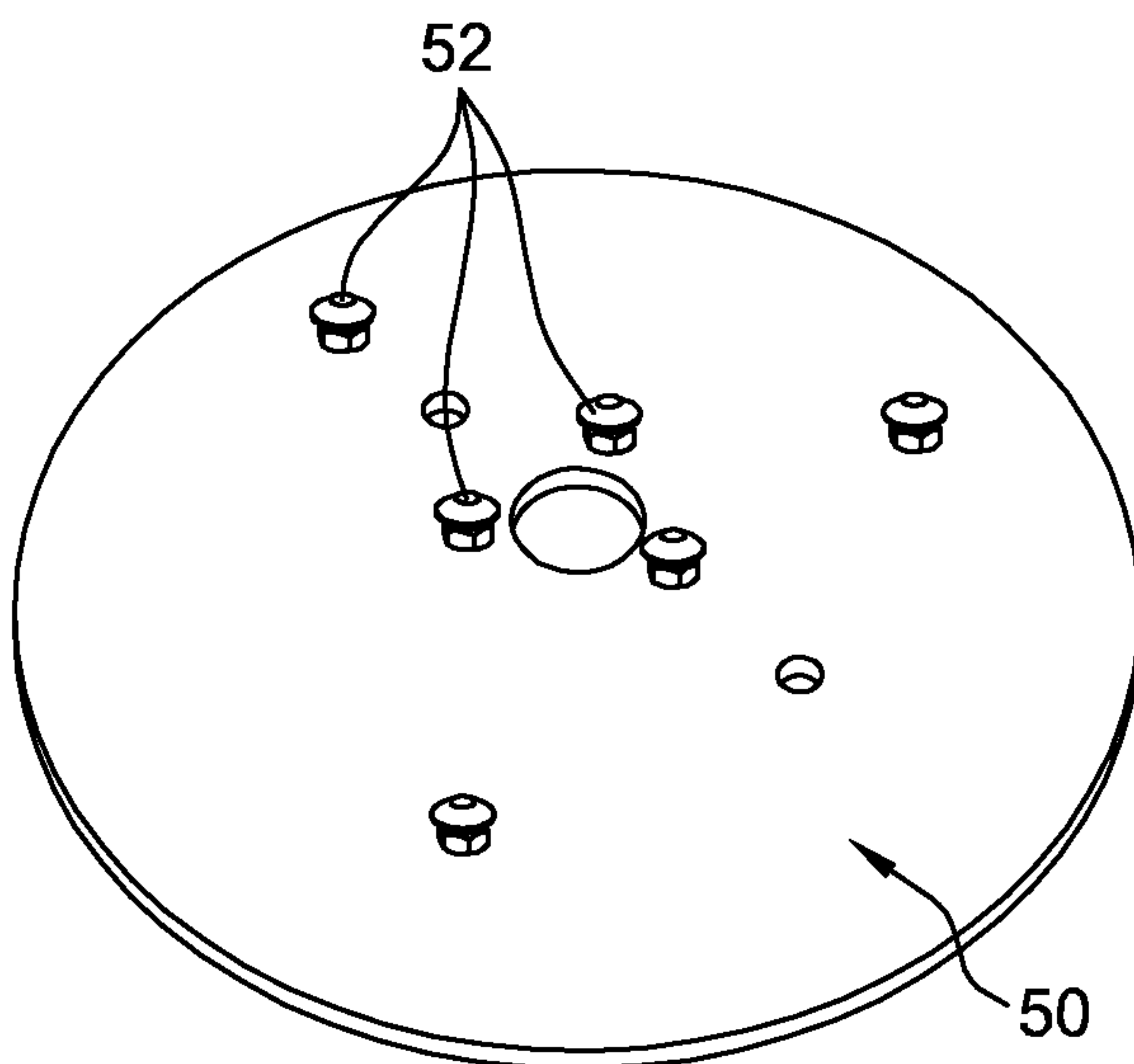
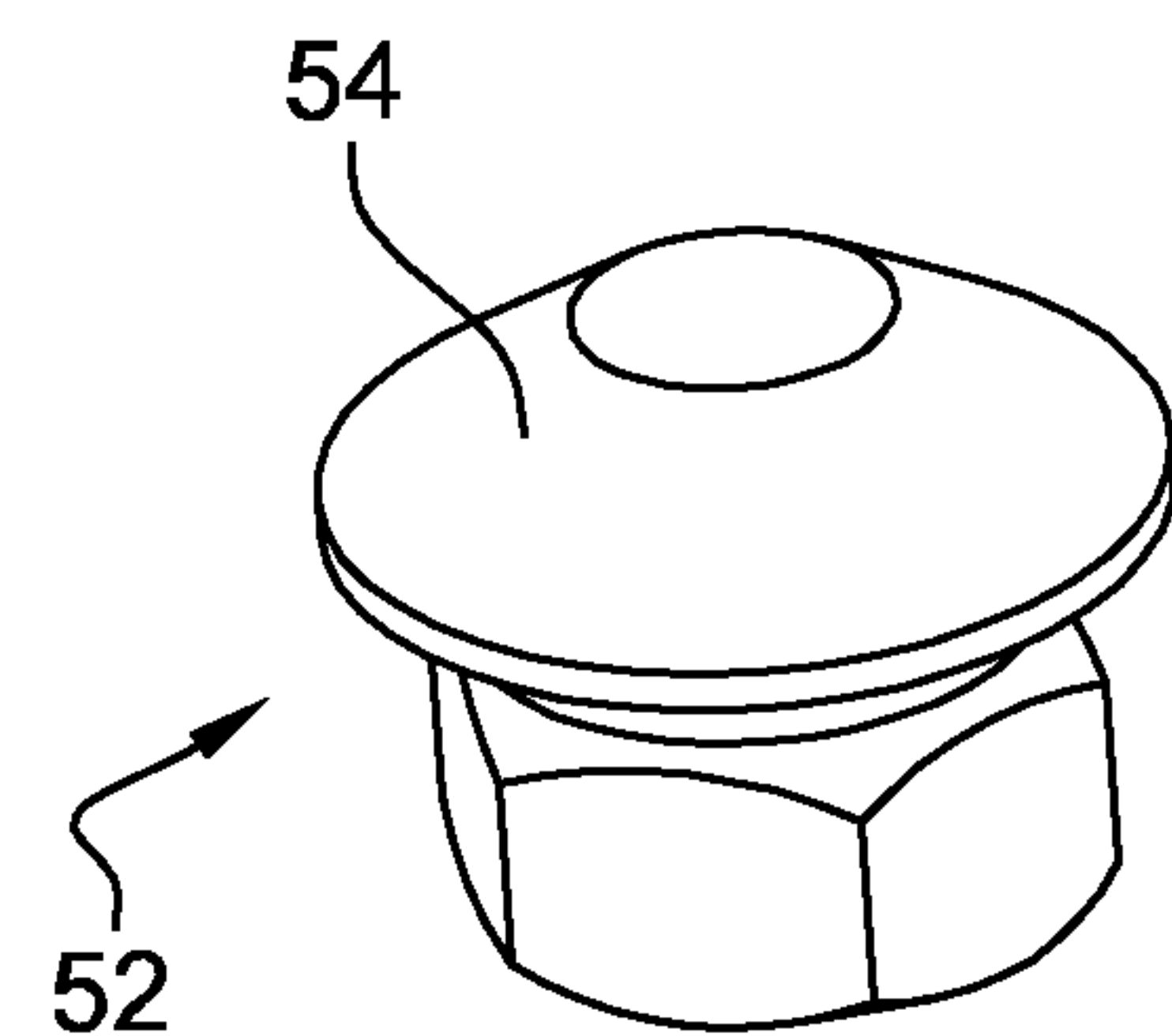


Fig. 2

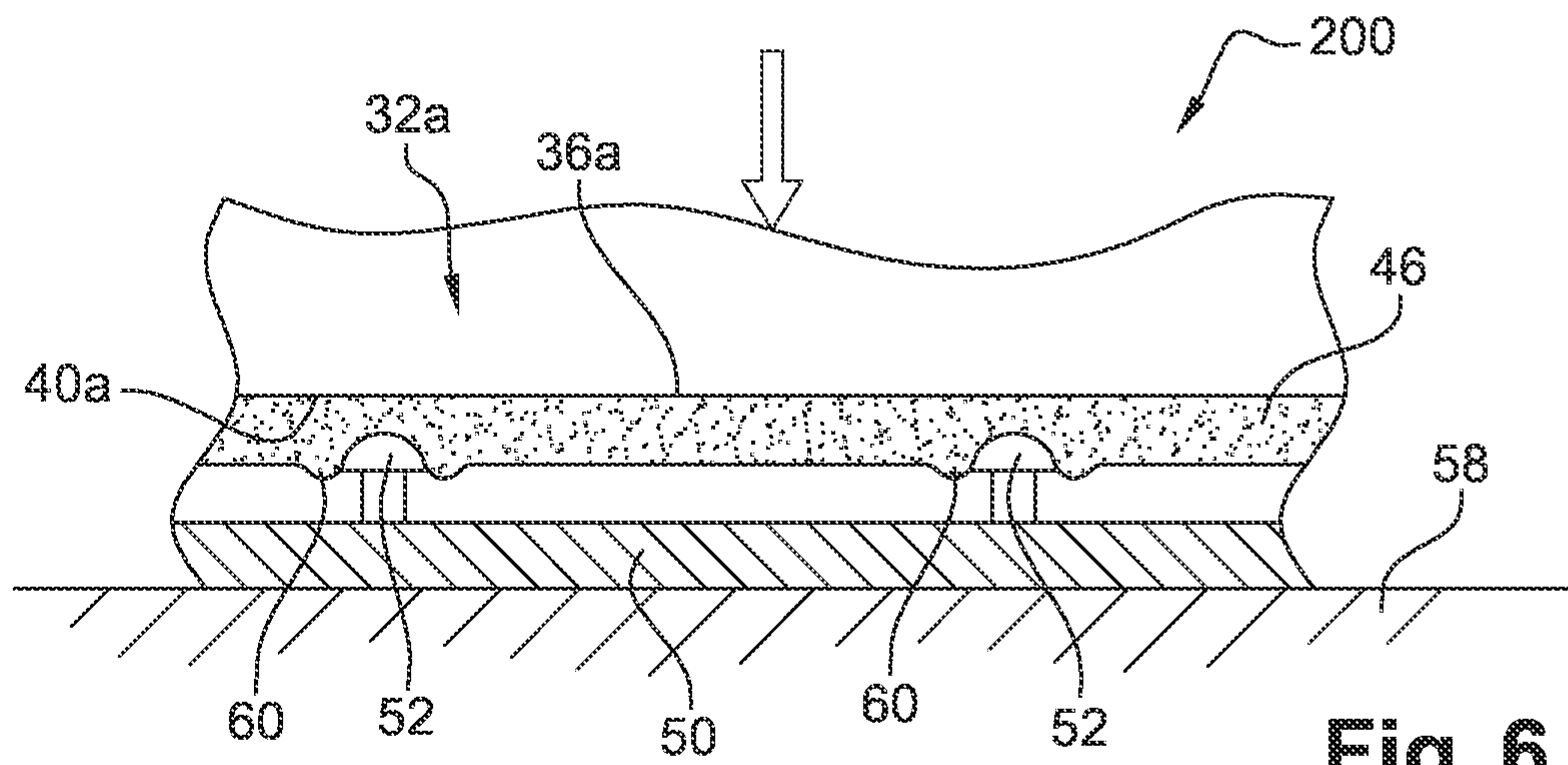
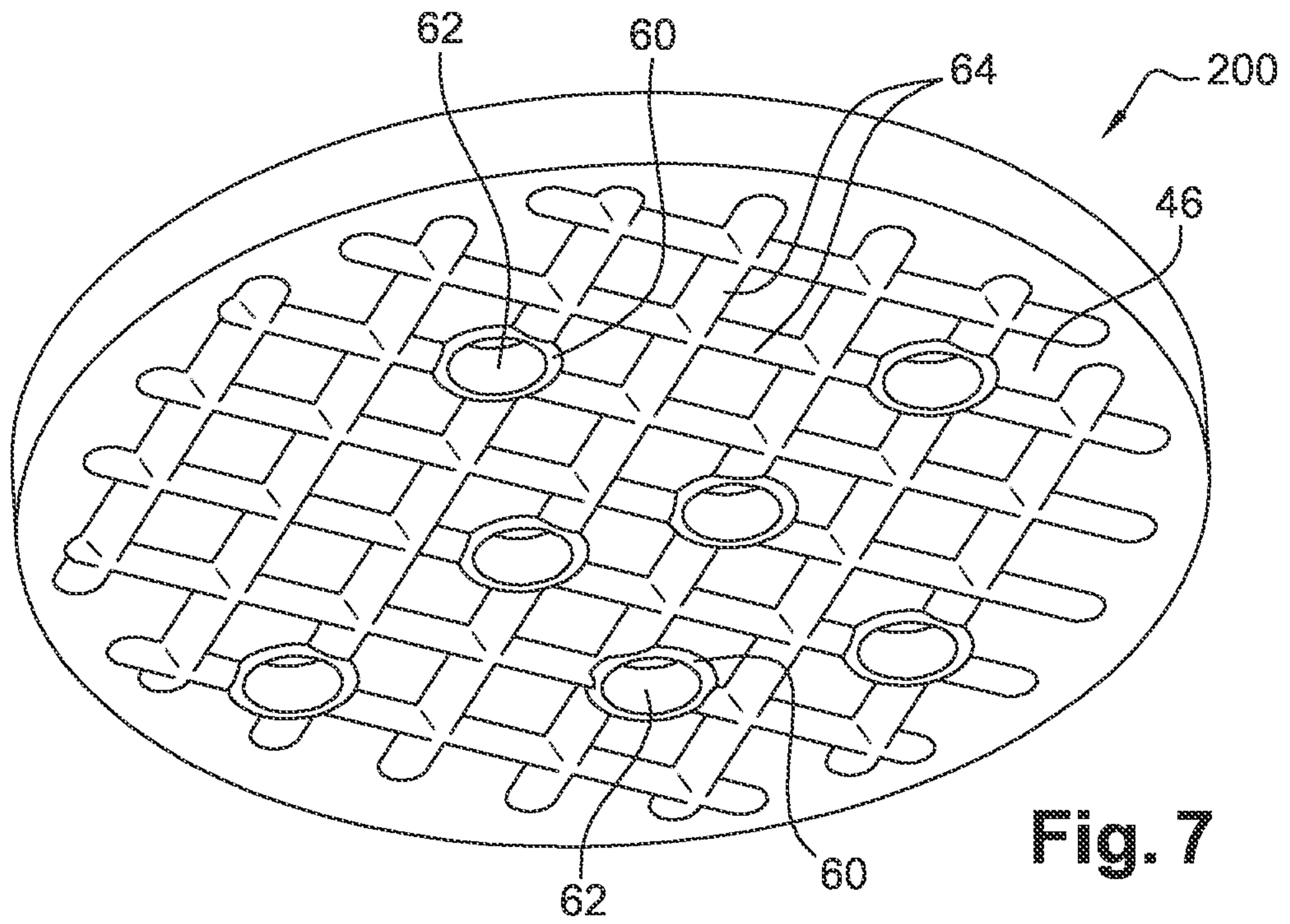
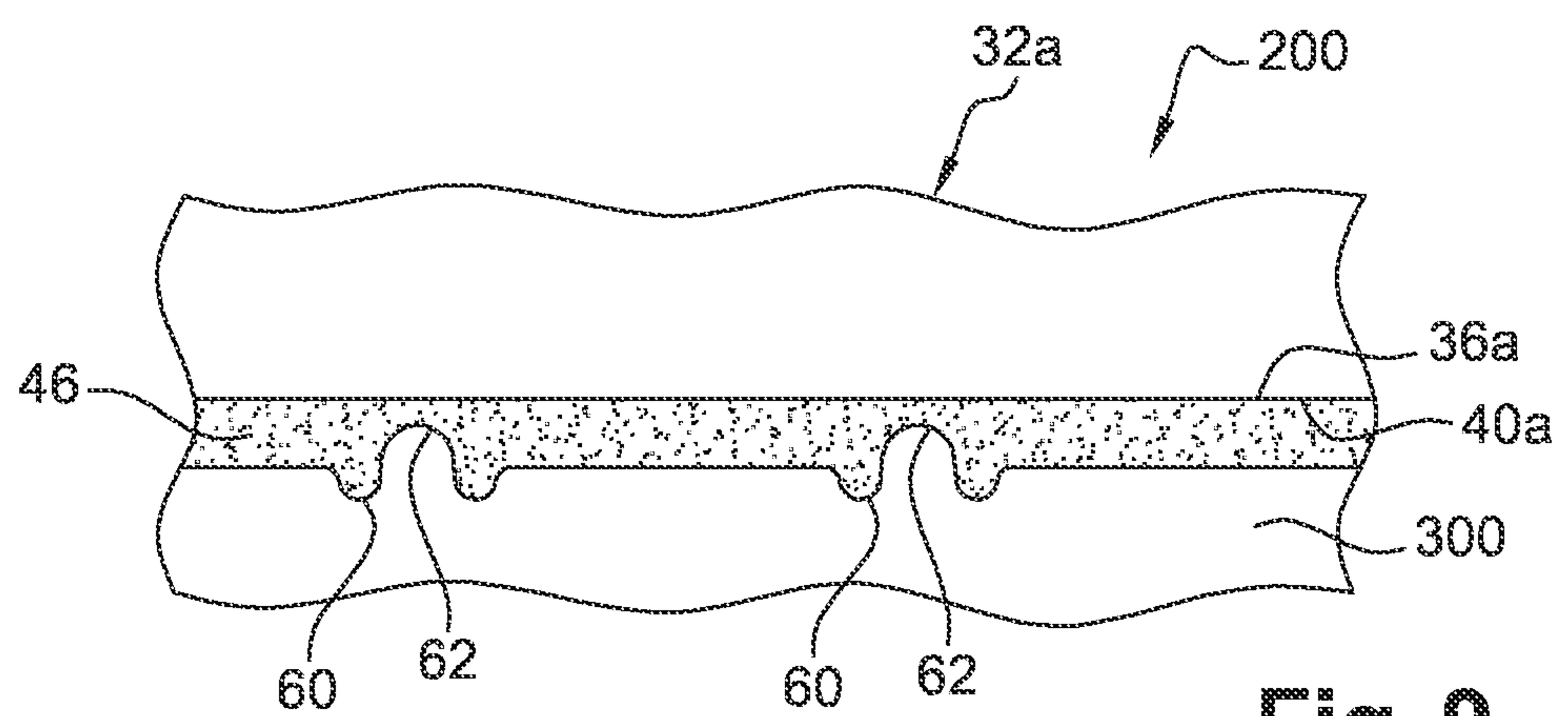
2 / 6

**Fig. 3**

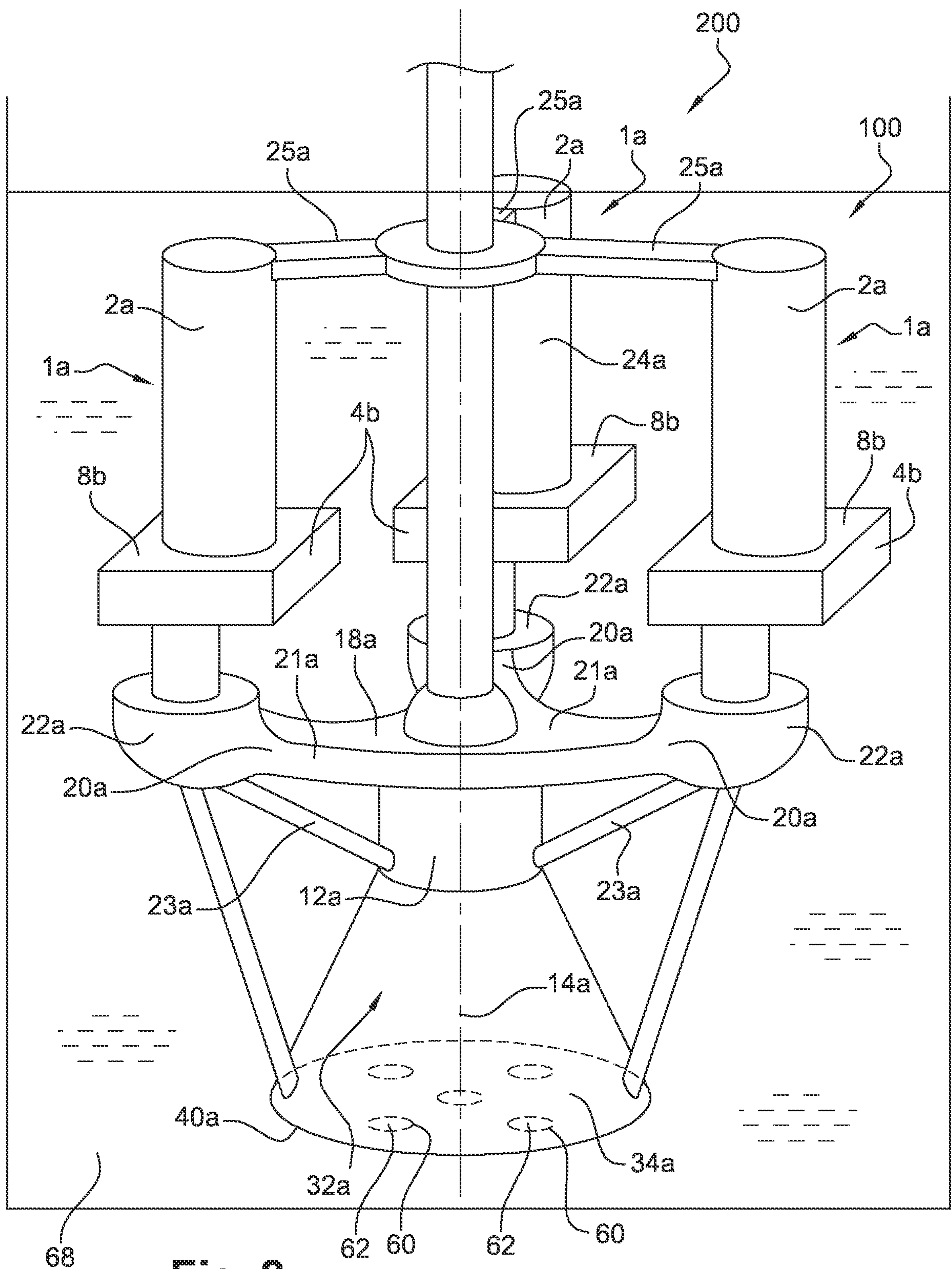
3 / 6

**Fig. 4****Fig. 5****Fig. 5a****Fig. 5b**

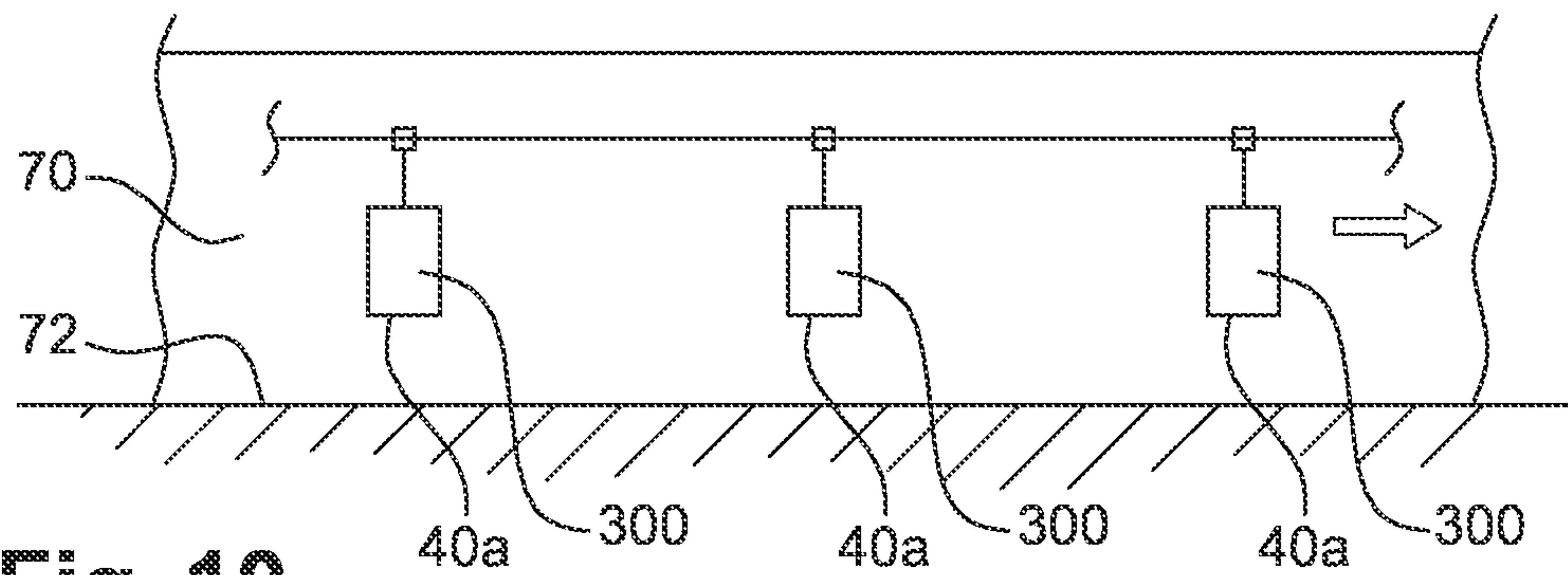
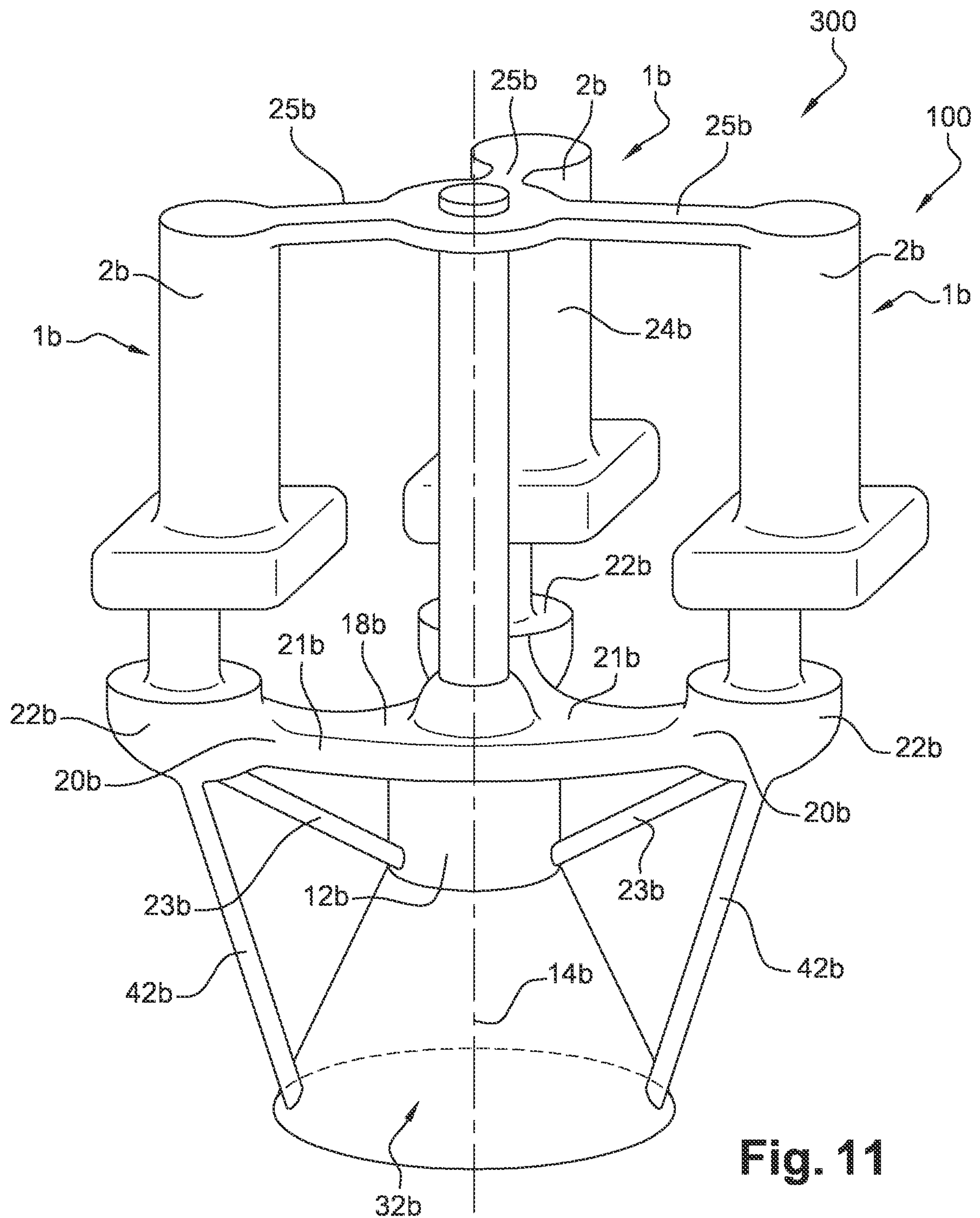
4 / 6

**Fig. 6****Fig. 7****Fig. 9**

5 / 6

**Fig. 8**

6 / 6

**Fig. 10****Fig. 11**

