



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2016/03/22
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/09/29
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/09/22
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2016/050628
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/151234
(30) Priorité/Priority: 2015/03/23 (FR1552383)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B22C 9/10* (2006.01),
B22C 9/04 (2006.01), *B22C 9/24* (2006.01),
F01D 5/18 (2006.01)
(71) Demandeurs/Applicants:
SAFRAN, FR;
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
PAQUIN, SYLVAIN, FR;
DUJOL, CHARLOTTE MARIE, FR;
ENEAU, PATRICE, FR;
JOUBERT, HUGUES DENIS, FR;
ROLLINGER, ADRIEN BERNARD VINCENT, FR
(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : NOYAU CERAMIQUE POUR AUBE DE TURBINE MULTI-CAVITES
(54) Title: CERAMIC CORE FOR A MULTI-CAVITY TURBINE BLADE

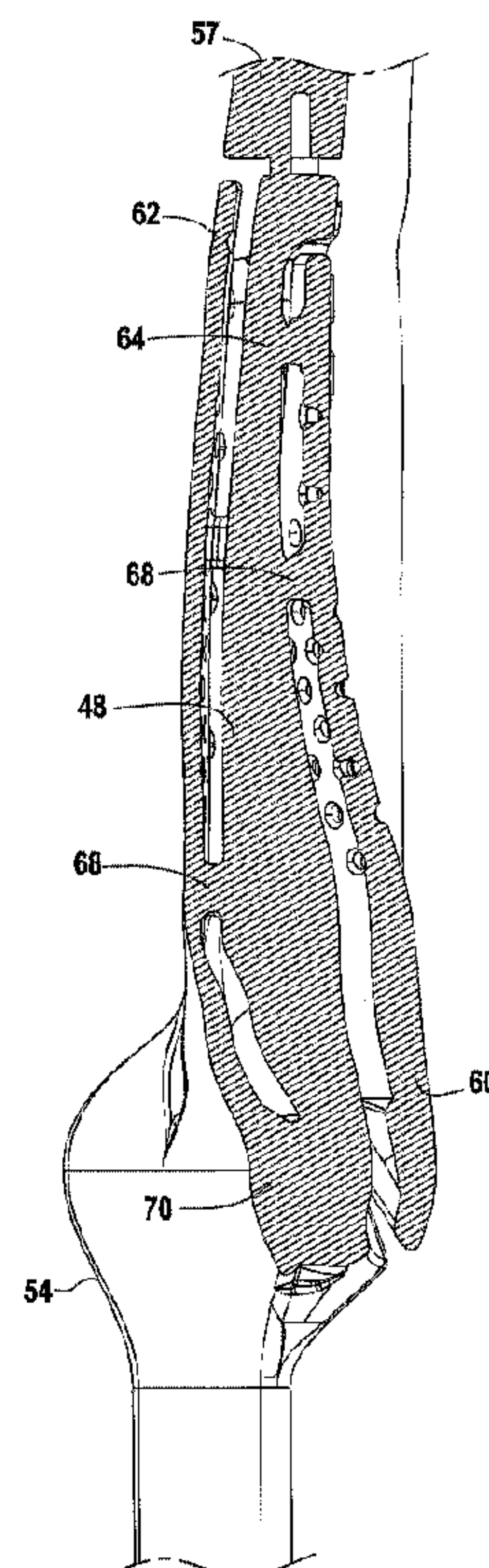


FIG.3

(57) Abrégé/Abstract:

Noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine creuse de turbomachine selon la technique de la fonderie à la cire perdue et conformé pour constituer les cavités de cette aube en un seul élément, comportant, pour alimenter conjointement l'intérieur de ces cavités en air de refroidissement, des parties de noyaux (60, 62) destinées à former des première et seconde cavités latérales reliées à une partie de noyau (48) destinée à former au moins une cavité centrale, d'une part en pied de noyau (54) par au moins deux jonctions céramiques (70) et d'autre part à différentes hauteurs de ce noyau par une pluralité d'autres jonctions céramiques (64, 66, 68) dont le positionnement définit l'épaisseur de cloisons internes de l'aube tout en assurant un complément d'air de refroidissement vers des zones critiques prédéterminées des première et seconde cavités latérales.



(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
29 septembre 2016 (29.09.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/151234 A1(51) Classification internationale des brevets :
F01D 5/18 (2006.01) *B22C 9/10* (2006.01)
B22C 9/04 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050628(22) Date de dépôt international :
22 mars 2016 (22.03.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1552383 23 mars 2015 (23.03.2015) FR(71) Déposants : SAFRAN [FR/FR]; 2 boulevard du Général
Martial Valin, 75015 Paris (FR). SNECMA [FR/FR]; 2
boulevard du Général Martial Valin, 75015 Paris (FR).(72) Inventeurs : PAQUIN, Sylvain; 20 rue des Galiotes,
95220 Herblay (FR). DUJOL, Charlotte, Marie; c/o
SNECMA PI (AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550Moissy-Cramayel Cedex (FR). ENEAU, Patrice; c/o
SNECMA PI (AJI), Rond-point René Ravaud-Réau, 77550
Moissy-Cramayel Cedex (FR). JOUBERT, Hugues, De-
nis; 295 rue Saint Jacques, 75005 Paris (FR). ROLLIN-
GER, Adrien, Bernard, Vincent; 3 villa Helena, 41-45
quai de la Marne, 94340 Joinville-le-Pont (FR).(74) Mandataires : DAVID, Alain et al.; Cabinet BEAU DE
LOMENIE, 158 rue de l'Université, 75340 Paris Cedex 07
(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.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : CERAMIC CORE FOR A MULTI-CAVITY TURBINE BLADE

(54) Titre : NOYAU CERAMIQUE POUR AUBE DE TURBINE MULTI-CAVITES

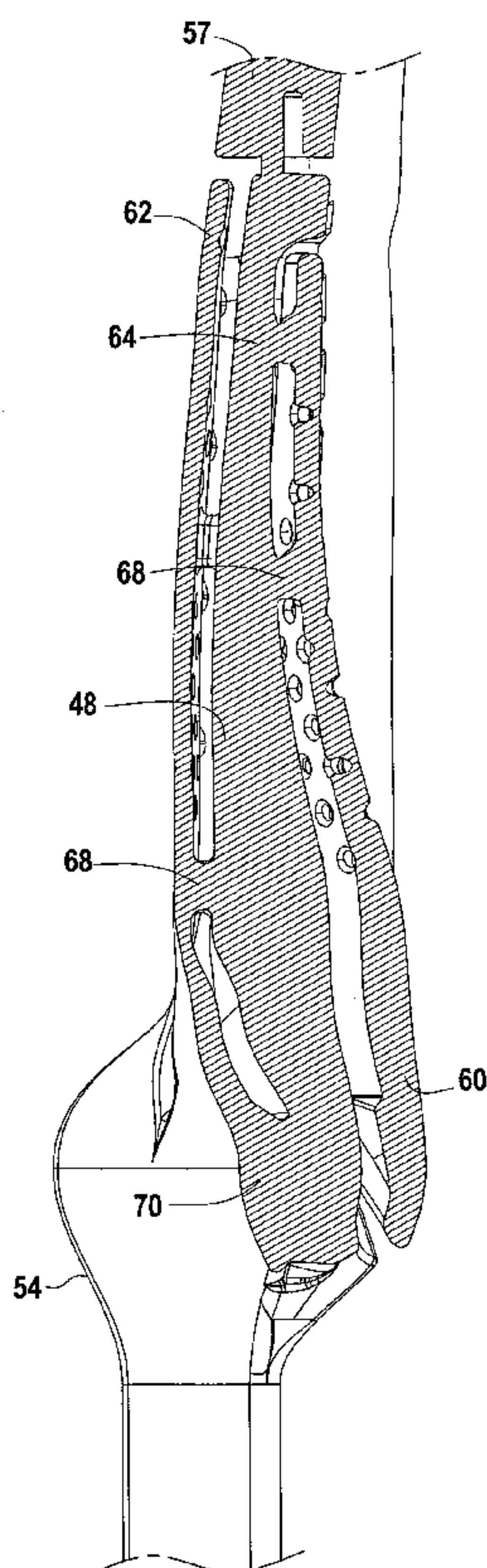


FIG.3

(57) Abstract : Ceramic core used for the production of a hollow turbine blade of a turbomachine by the lost-wax casting method and shaped to constitute the cavities of said blade in a single component, comprising, in order to jointly supply the interior of said cavities with cooling air, core portions (60, 62) intended to form the first and second lateral cavities connected to a core portion (48) intended to form at least one central cavity, both at the foot of the core (54) by at least two ceramic junctions (70) as well as at different heights of said core by a plurality of other ceramic junctions (64, 66, 68) the positioning of which defines the thickness of internal partitions of the blade while ensuring a complement of cooling air to the predetermined critical zones of the first and second lateral cavities.

(57) Abrégé : Noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine creuse de turbomachine selon la technique de la fonderie à la cire perdue et conformé pour constituer les cavités de cette aube en un seul élément, comportant, pour alimenter conjointement l'intérieur de ces cavités en air de refroidissement, des parties de noyaux (60, 62) destinées à former des première et seconde cavités latérales reliées à une partie de noyau (48) destinée à former au moins une cavité centrale, d'une part en pied de noyau (54) par au moins deux jonctions céramiques (70) et d'autre part à différentes hauteurs de ce noyau par une pluralité d'autres jonctions céramiques (64, 66, 68) dont le positionnement définit l'épaisseur de cloisons internes de l'aube tout en assurant un complément d'air de refroidissement vers des zones critiques prédéterminées des première et seconde cavités latérales.

WO 2016/151234 A1



(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), eurasién (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))

NOYAU CERAMIQUE POUR AUBE DE TURBINE MULTI-CAVITES

Domaine de l'invention

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

Art antérieur

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

Afin de résoudre ce problème, il est connu de munir ces aubes de circuits de refroidissement internes présentant des niveaux d'efficacité thermique élevés et visant à réduire la température de ces dernières en créant, à l'intérieur de l'aube, une circulation organisée de cet air (cavités simples à alimentation directe ou trombones par exemple) et, dans la paroi de l'aube, des perforations destinées à générer un film protecteur pour cette aube.

Cette technologie présente toutefois plusieurs inconvénients. Tout d'abord, les circuits à cavités trombone qui présentent l'avantage de maximiser le travail de l'air au travers du circuit, entraînent un échauffement important de cet air qui se traduit par une baisse de l'efficacité thermique des perçages situés en fin de trombone. De la même façon, des configurations avec cavités bord d'attaque et bord de fuite à alimentation directe ne permettent pas d'apporter une réponse efficace

aux niveaux de températures élevés habituellement observés en sommet d'aube. Enfin, les différentes cavités ne sont séparées de la veine que par une paroi d'épaisseur variable en fonction des zones de la pale. Compte tenu des contraintes sur le débit alloué au refroidissement des aubages et
5 de la tendance actuelle d'augmentation des températures d'air de veine, il n'est pas possible de refroidir efficacement l'aube avec un circuit de ce type sans augmenter significativement le débit d'air et pénaliser les performances moteur.

La figure 5 illustre une aube 10 de turbine haute pression de
10 moteur à turbine à gaz comportant une surface aérodynamique ou pale 12 qui s'étend en direction radiale entre un pied 14 et un sommet d'aube 16. Le pied de l'aube est conformé de telle sorte qu'il permet le montage de l'aube sur un disque de rotor. Le sommet de l'aube présente une partie dite en forme de baignoire 18 constituée d'un fond transversal à la pale et
15 d'une paroi formant son bord dans le prolongement de la paroi de la pale 12. Comme le montre la vue en coupe de la figure 6, la pale 12 comprend dans l'exemple illustré à simple titre de principe une pluralité de cavités 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32. Des première et deuxième cavités centrales 20, 22 s'étendent du pied jusqu'au sommet de la pale et deux autres cavités
20 24, 26 sont disposées de part et d'autre de ces cavités centrales, le long de la paroi de l'extrados entre ces cavités centrales et la paroi extrados de l'aube et le long de la paroi de l'intrados entre ces cavités centrales et la paroi intrados de l'aube. Enfin, une cavité 28 est située dans la partie de l'aube près du bord d'attaque et deux cavités 30, 32 se succèdent en ligne
25 dans la partie de l'aube près du bord de fuite.

La forme et le nombre des cavités ainsi que la position des perçages externes 34, 36 et la géométrie des fentes bord de fuite 38 sont donnés à titre illustratif, tous ces éléments étant en effet généralement optimisés pour maximiser l'efficacité thermique dans les zones les plus
30 sensibles à la chaleur des gaz de combustion dans lesquelles ces aubes sont plongées. Les cavités internes sont en outre souvent munies de perturbateurs (non illustrés) afin d'augmenter les échanges thermiques.

Comme décrit dans la demande FR2961552 au nom de la demanderesse, les aubes de turbines haute pression sont classiquement
35 réalisées en fonderie à cire perdue, la géométrie des circuits y étant réalisée, selon sa complexité, par le positionnement dans le moule d'un ou

plusieurs noyaux en céramique dont la surface extérieure forme la surface interne de l'aube finie.

Notamment, les circuits de refroidissement comportant plusieurs cavités, comme ceux des figures 5 et 6, nécessitent l'assemblage de plusieurs noyaux séparés en céramique (destinés à réaliser les cavités centrales froide isolées des gaz chauds et les cavités externes fines ayant des alimentations en air distinctes) pour assurer les épaisseurs de paroi métal avant de pouvoir être coulés. C'est donc une opération complexe dont l'assemblage, qui se fait manuellement par le pied et la tête des noyaux céramique, empêche la réalisation en fonderie de la baignoire en tête d'aube, ce qui oblige à une opération de finition supplémentaire coûteuse pouvant entraîner une limitation de la tenue mécanique de l'aube dans cette zone (apport de la baignoire ou bouchage par brasage par exemple).

Objet et résumé de l'invention

La présente invention vise donc à pallier les inconvénients liés à l'assemblage manuel de plusieurs noyaux séparés en proposant un circuit de refroidissement pour une aube de turbine qui peut être réalisé en un seul noyau afin de supprimer ces opérations d'assemblage et de finition de baignoire des circuits de l'art antérieur tout en assurant la distance inter-cavités correspondant à l'épaisseur de cloison métallique après coulée du métal fondu, de façon plus fiable que lors des assemblages manuels actuels.

A cet effet, il est prévu un noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine creuse de turbomachine selon la technique de la fonderie à la cire perdue, l'aube comportant au moins une cavité centrale, une première cavité latérale disposée entre ladite au moins une cavité centrale et une paroi extradados de l'aube et une seconde cavité latérale disposée entre ladite au moins une cavité centrale et une paroi intrados de l'aube. Le noyau est conformé pour constituer lesdites cavités en un seul élément et comporte, pour alimenter conjointement l'intérieur desdites cavités en air de refroidissement, des parties de noyaux destinées à former lesdites première et seconde cavités latérales reliées à une partie de noyau destinée à former ladite au moins une cavité centrale, d'une part en pied de noyau par au moins deux jonctions céramiques et

d'autre part à différentes hauteurs dudit noyau par une pluralité d'autres jonctions céramiques dont le positionnement définit l'épaisseur des cloisons internes de l'aube tout en assurant un complément d'air de refroidissement vers des zones critiques prédéterminées desdites première
5 et seconde cavités latérales.

En outre, une partie de noyau destinée à former une baignoire et reliée à ladite partie de noyau destinée à former ladite au moins une cavité centrale par des jonctions céramiques dont le positionnement définit l'épaisseur de ladite baignoire tout en assurant une évacuation d'air
10 de refroidissement en tête d'aube.

Par ces jonctions par le corps de l'aube, le besoin d'artifices d'assemblage en tête d'aube est supprimé, ce qui permet d'obtenir une baignoire de fonderie ayant les mêmes propriétés mécaniques que le corps de l'aube. En outre, l'alimentation principale des cavités latérales par
15 leur pied permet de mieux maîtriser le flux d'air et le refroidissement global des parois externes sur la pale finie et, sur le noyau, les alimentations des différentes cavités peuvent être jointes dès l'injection, ce qui améliore encore la tenue mécanique des noyaux.

Selon le mode de réalisation envisagé, lesdites zones critiques
20 prédéterminées sont choisies parmi les zones les plus contraintes thermo-mécaniquement desdites première et seconde cavités latérales et lesdites jonctions céramiques ont une section dimensionnée pour assurer la tenue mécanique desdites cloisons internes lors de la coulée du métal fondu.

L'invention concerne également le procédé de fabrication d'une
25 aube de turbine creuse de turbomachine réalisée selon la technique de la fonderie à la cire perdue au moyen d'un noyau à un seul élément comme explicité précédemment et toute turbine de turbomachine munie d'une pluralité d'aubes refroidies fabriquée à partir d'un tel procédé.

30 Brève description des dessins

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

35 - la figure 1 est une vue intrados d'un noyau pour aube de turbine selon l'invention,

- la figure 2 est une vue extradors d'un noyau pour aube de turbine selon l'invention,

- la figure 3 est une vue du noyau des figures 1 et 2 coupée sur la hauteur de l'aube pour en montrer ses zones de jonction,

5 - les figures 4A, 4B et 4C sont des vues en coupe à différentes hauteurs de l'aube,

- la figure 5 est une vue en perspective d'une aube de turbine de l'art antérieur, et

- la figure 6 est une vue en coupe de l'aube de la figure 5.

10

Description détaillée d'un mode de réalisation

Les figures 1 et 2 représentent un noyau céramique 40 destiné à la réalisation d'une aube de turbine de turbomachine respectivement vue côté extradors et vue côté intrados de cette aube. Le noyau
15 céramique, dans l'exemple illustré, comporte sept parties ou colonnes formant un seul élément. La première colonne 42, qui est destinée à se retrouver du côté de l'arrivée des gaz de combustion, correspond à la cavité de bord d'attaque 28 qui se créera après fonderie, alors que la deuxième colonne 44 correspond à la cavité centrale 20 qui lui est
20 adjacente. Cette dernière reçoit un flux d'air de refroidissement par une canalisation (non représentée) résultant, après fonderie, de la présence d'un premier pied de colonne 46 du noyau 40. Les trois autres colonnes 48, 50, 52 faisant un aller-retour correspondent aux cavités suivantes 22, 30, 32 qui reçoivent un second flux d'air de refroidissement amené par
25 une autre canalisation issue de la présence d'un second pied de colonne 54 relié au premier pied de colonne 46 pour former le pied du noyau. Les première et deuxième colonnes 42 et 44 sont reliées l'une à l'autre par une série de ponts 56, auxquels correspondront, après fonderie, des orifices d'alimentation en air (voir la référence 80 sur la figure 4A) pour le
30 refroidissement de la cavité de bord d'attaque 28. Au moins deux ponts supérieurs 57, à la liaison avec les colonnes et une tête 59 du noyau 40 permettent d'obtenir l'épaisseur de cloison voulue en fond de baignoire lors de la coulée et sont également dimensionnées pour former des orifices d'évacuation d'air. Concernant la quatrième colonne 50, des
35 pontets 58 verticalement inclinés créent des régions amincies de noyau permettent de créer des régions rigidifiées d'aube.

La taille des différents ponts est déterminée pour éviter leur rupture lors de la manipulation du noyau 40, ce qui le rendrait inutilisable. Les ponts sont, dans l'exemple considérés, répartis en étant espacés sensiblement régulièrement sur la hauteur du noyau 40 en particulier à la
5 première colonne 42 du noyau.

Conformément à l'invention, le noyau 40 comporte en outre des sixième et septième colonnes latérales 60 et 62 séparées l'une et l'autre des deuxième et troisième colonnes 44, 48 par un espacement déterminé laissant ainsi la place pour la création d'une paroi inter-cavités pleine lors
10 de la coulée du métal fondu. Pour des raisons de maintien de ces colonnes et de rigidité de l'ensemble du noyau, l'extrémité inférieure de la sixième colonne 60 est reliée au premier pied de colonne 46 et l'extrémité inférieure de la septième colonne 62 est reliée au second pied de colonne 54 et de multiples jonctions céramiques de faible section (voir par
15 exemple les références 64, 66, 68 de la figure 3), dimensionnées toutefois pour assurer la tenue mécanique des cloisons internes formées lors de la coulée du métal fondu dans le moule de coulée, sont disposées sur la partie fonctionnelle de l'aube entre ces deux colonnes latérales et les deuxième et troisième colonnes centrales.

La présence des deux liaisons en pied de colonne (toutefois seule la jonction céramique 70 en pied de la septième colonne 62 est illustrée) aura pour conséquence, après la fonderie, que les cavités latérales 24, 26 seront reliées directement à la canalisation d'alimentation en air de refroidissement des cavités centrales 20 et 22, ce qui améliore
25 encore la tenue mécanique du noyau et, sur la pale finie, l'alimentation par le pied du noyau permet de mieux maîtriser le flux d'air interne de refroidissement et le refroidissement global des parois externes.

Les figures 4A, 4B et 4C montrent les orifices 72, 74 76, 78 laissées par les jonctions entre les deux cavités centrales 20, 22 et les
30 cavités latérales 24, 26 à différentes hauteurs de l'aube (ou du noyau). Sur la figure 4A, on peut noter les deux orifices 72, 74 assurant un passage d'air entre la cavité centrale 22 et les cavités latérales 24, 26 respectivement, l'orifice 80 au niveau de la cavité de bord d'attaque 28 résultant d'un pont 56. Sur la figure 4B, l'orifice 76 assure un passage d'air
35 entre la cavité centrale 20 et la cavité latérale 24 et sur la figure 4C,

l'orifice 78 assure un passage d'air entre la cavité centrale 20 et la cavité latérale 26.

Le procédé de fabrication à cire perdue de l'aube une fois le noyau en un seul élément réalisé est classique et consiste tout d'abord à
5 former un moule d'injection dans lequel est placé le noyau avant injection de la cire. Le modèle en cire ainsi créé est ensuite trempé dans des barbotines constituées de suspension de céramique pour confectionner un moule de coulée (appelé aussi moule carapace). Enfin, on élimine la cire et on cuit le moule carapace dans lequel le métal fondu peut alors être
10 coulé.

Du fait des jonctions céramiques liant les colonnes centrales et latérales du noyau, leur écartement relatif est maîtrisé sur toute la hauteur de l'aube. Ces jonctions sont positionnées de façon en outre à entraîner, sur l'aube finie, un apport d'air frais supplémentaire depuis les cavités
15 centrales vers les zones les plus contraintes thermo-mécaniquement des cavités latérales, ce qui améliore également l'efficacité thermique locale et la durée de vie de l'aube. Ces jonctions sont notamment dimensionnées et disposées de façon à assurer :

- Leur tenue mécanique lors de la coulée,
- 20 - Le positionnement relatif des cavités centrales et latérales, c'est-à-dire l'épaisseur des cloisons internes de l'aube,
- Un complément d'air de refroidissement suffisant dans les zones critiques, en particulier en correspondance de la proximité du bord d'attaque.

25

REVENDEICATIONS

1. Noyau céramique utilisé pour la fabrication d'une aube de turbine creuse de turbomachine selon la technique de la fonderie à la cire perdue, l'aube comportant au moins une cavité centrale (20, 22), une
5 première cavité latérale (24) disposée entre ladite au moins une cavité centrale et une paroi extradados de l'aube et une seconde cavité latérale (26) disposée entre ladite au moins une cavité centrale et une paroi intrados de l'aube, le noyau étant caractérisé en ce qu'il est conformé pour
10 constituer lesdites cavités en un seul élément et comporte, pour alimenter conjointement l'intérieur desdites cavités en air de refroidissement, des parties de noyaux (60, 62) destinées à former lesdites première et seconde cavités latérales reliées à une partie de noyau (44, 48) destinée à former ladite au moins une cavité centrale, d'une part en pied de noyau
15 (46, 54) par au moins deux jonctions céramiques (70) et d'autre part à différentes hauteurs dudit noyau par une pluralité d'autres jonctions céramiques (64, 66, 68) dont le positionnement définit l'épaisseur de cloisons internes de l'aube tout en assurant un complément d'air de refroidissement vers des zones critiques prédéterminées desdites première
20 et seconde cavités latérales.

2. Noyau céramique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une partie de noyau (59) destinée à former une baignoire (18) et reliée à ladite partie de noyau destinée à former ladite
25 au moins une cavité centrale par des jonctions céramiques (57) dont le positionnement définit l'épaisseur de ladite baignoire tout en assurant une évacuation d'air de refroidissement en tête d'aube.

3. Noyau céramique selon la revendication 1 ou la revendication
30 2, caractérisé en ce que lesdites zones critiques prédéterminées sont choisies parmi les zones les plus contraintes thermo-mécaniquement desdites première et seconde cavités latérales.

4. Noyau céramique selon la revendication 1 ou la revendication
35 2, caractérisé en ce que lesdites jonctions céramiques ont une section

dimensionnée pour assurer la tenue mécanique desdites cloisons internes lors de la coulée du métal fondu.

5 5. Utilisation d'un noyau céramique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 pour la fabrication d'une aube de turbine creuse de turbomachine selon la technique de la fonderie à la cire perdue.

10 6. Procédé de fabrication d'une aube de turbine creuse de turbomachine réalisée selon la technique de la fonderie à la cire perdue, l'aube comportant au moins une cavité centrale (20, 22), une première cavité latérale (24) disposée entre ladite au moins une cavité centrale et une paroi extrados de l'aube et une seconde cavité latérale (26) disposée entre ladite au moins une cavité centrale et une paroi intrados de l'aube, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend une étape de fabrication
15 d'un noyau céramique en un seul élément correspondant à ladite au moins une cavité centrale et auxdites première et seconde cavités latérales, des parties de noyaux (60, 62) destinées à former lesdites première et seconde cavités latérales étant reliées à une partie de noyau (44, 48) destinée à former ladite au moins une cavité centrale, d'une part en pied
20 de noyau (46, 54) par au moins deux jonctions céramiques (70) afin d'alimenter conjointement l'intérieur desdites cavités en air de refroidissement et d'autre part à différentes hauteurs dudit noyau par une pluralité d'autres jonctions céramiques (64, 66, 68) dont le positionnement définit l'épaisseur de cloisons internes de l'aube tout en assurant un
25 complément d'air de refroidissement vers des zones critiques prédéterminées desdites première et seconde cavités latérales, le noyau céramique ainsi formé étant mis en place dans un moule de coulée et le métal fondu coulé dans ledit moule.

30 7. Procédé de fabrication selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit noyau céramique en un seul élément comporte en outre une partie de noyau (59) destinée à former une baignoire (18) et reliée à ladite partie de noyau destinée à former ladite au moins une cavité centrale par des jonctions céramiques (57) dont le positionnement définit
35 l'épaisseur de ladite baignoire tout en assurant une évacuation d'air de refroidissement en tête d'aube.

8. Turbomachine comportant une aube de turbine creuse fabriquée selon le procédé de fabrication des revendications 6 ou 7.

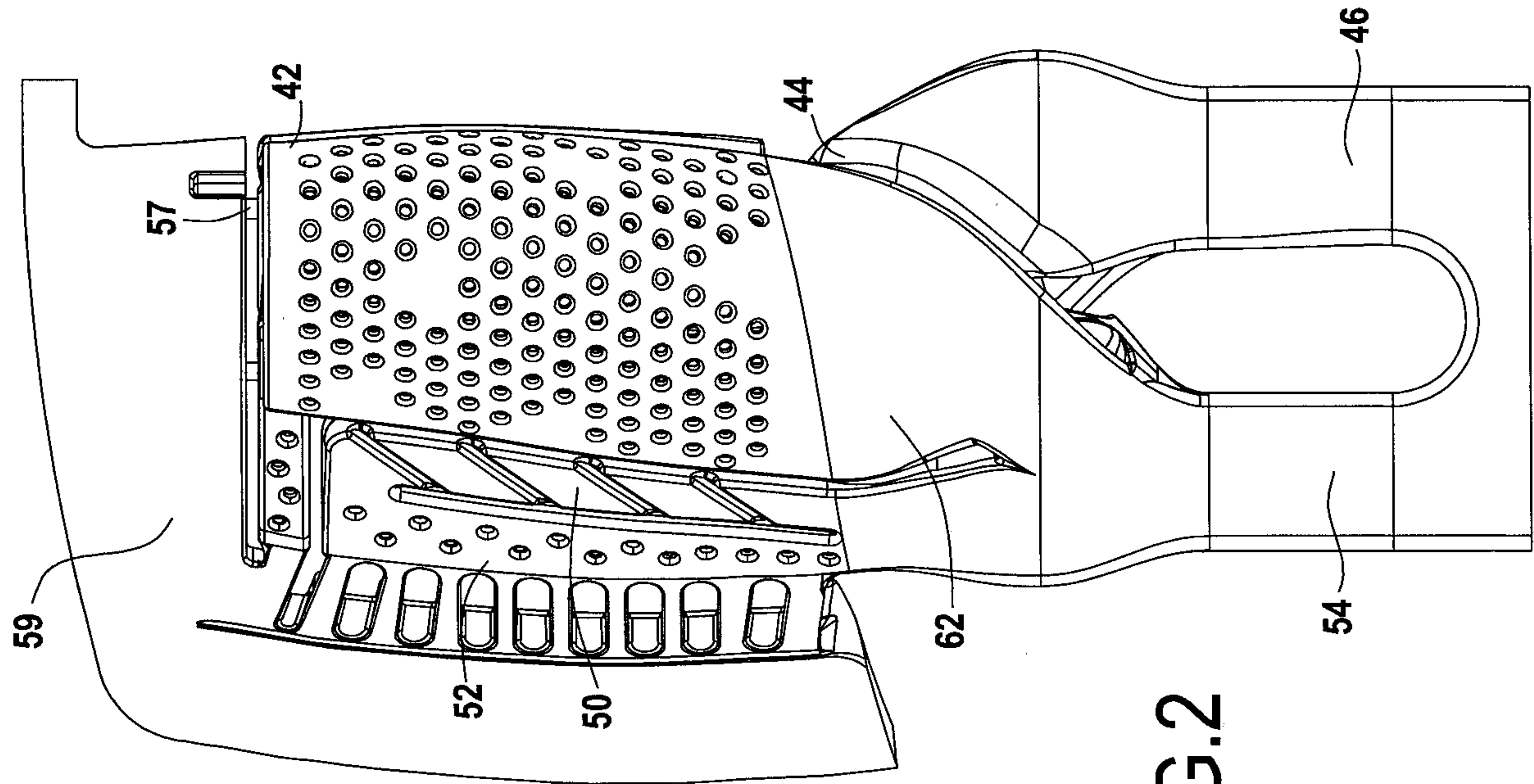


FIG. 2

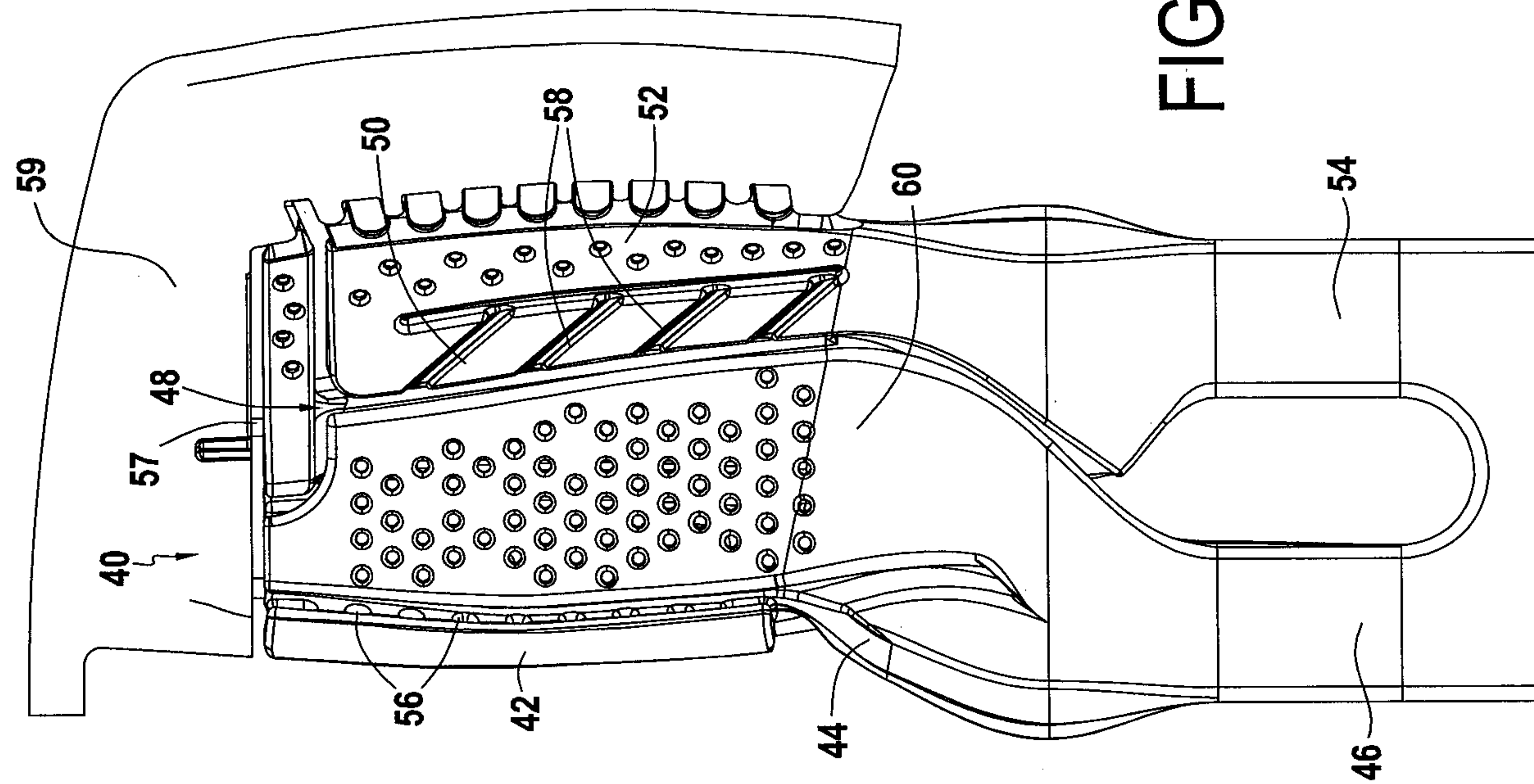


FIG. 1

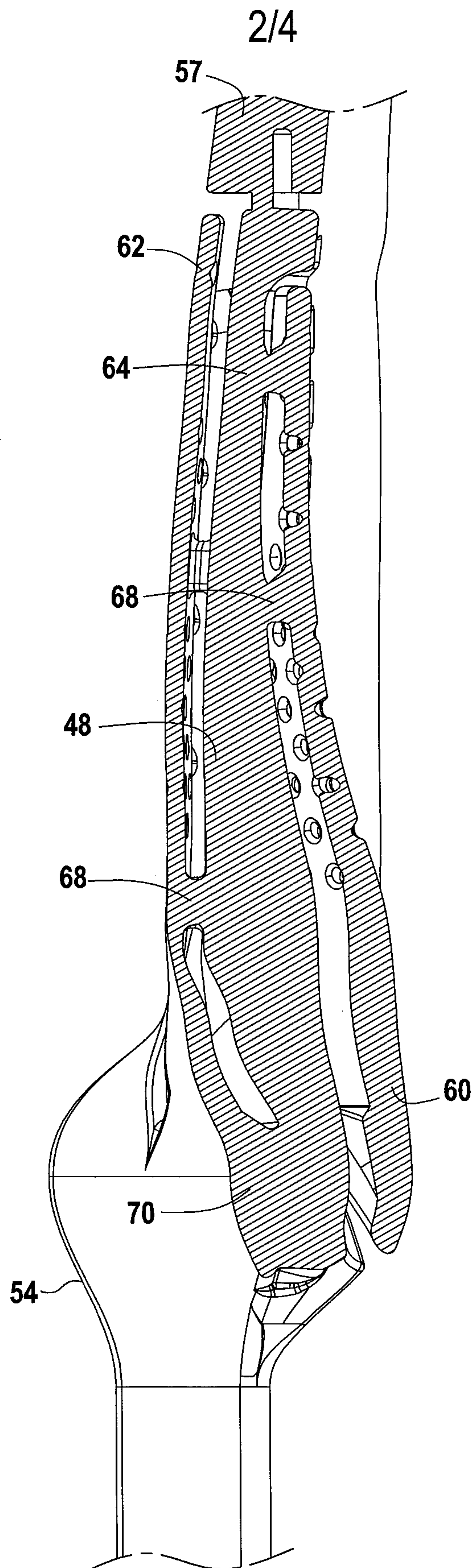
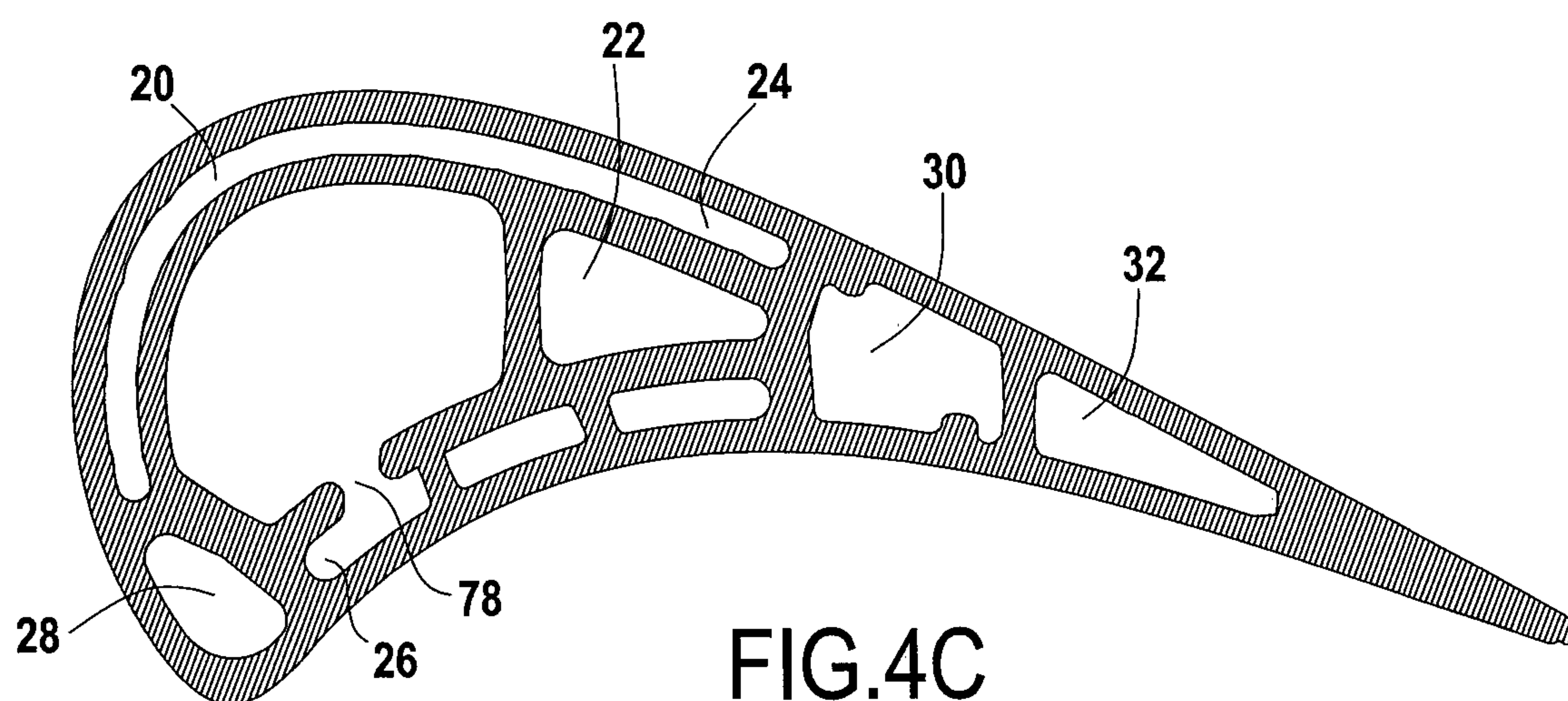
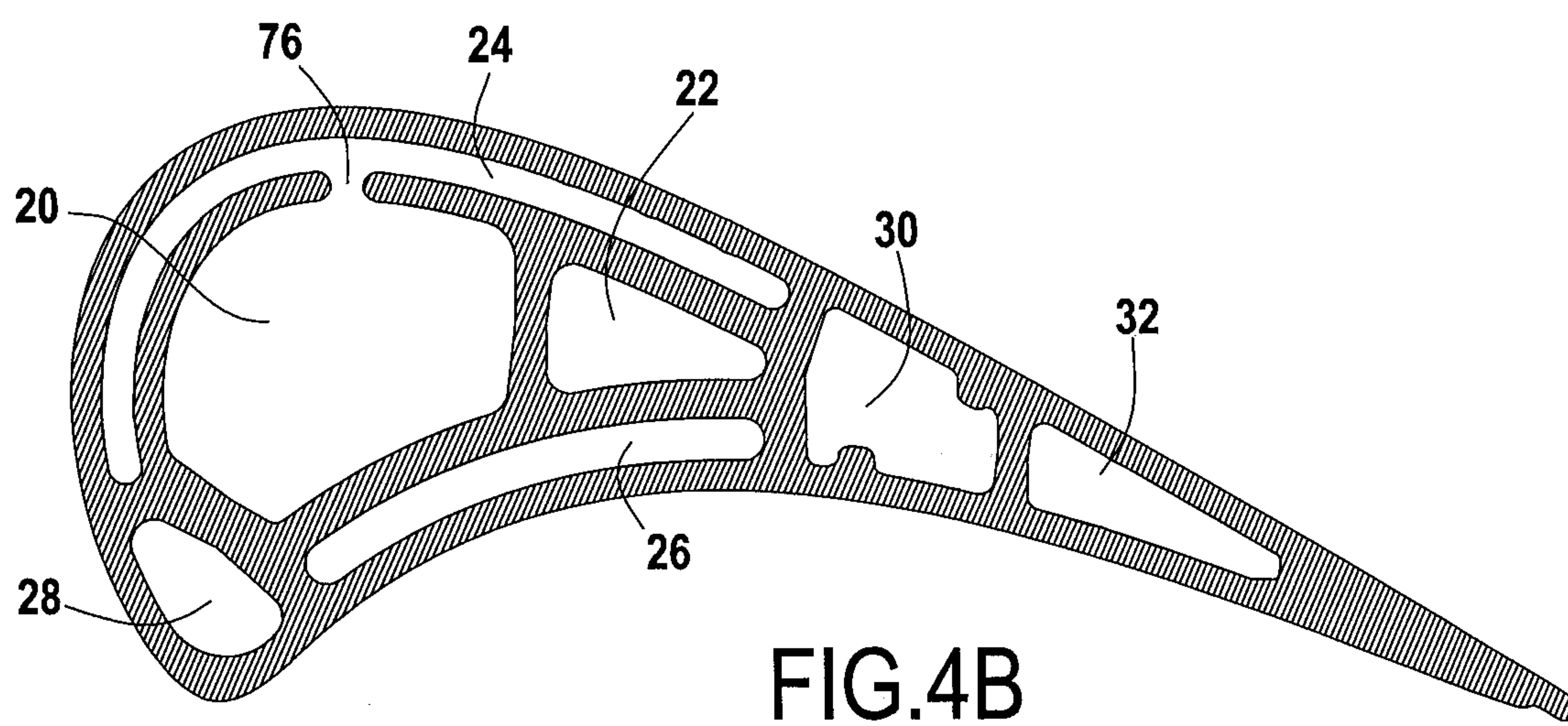
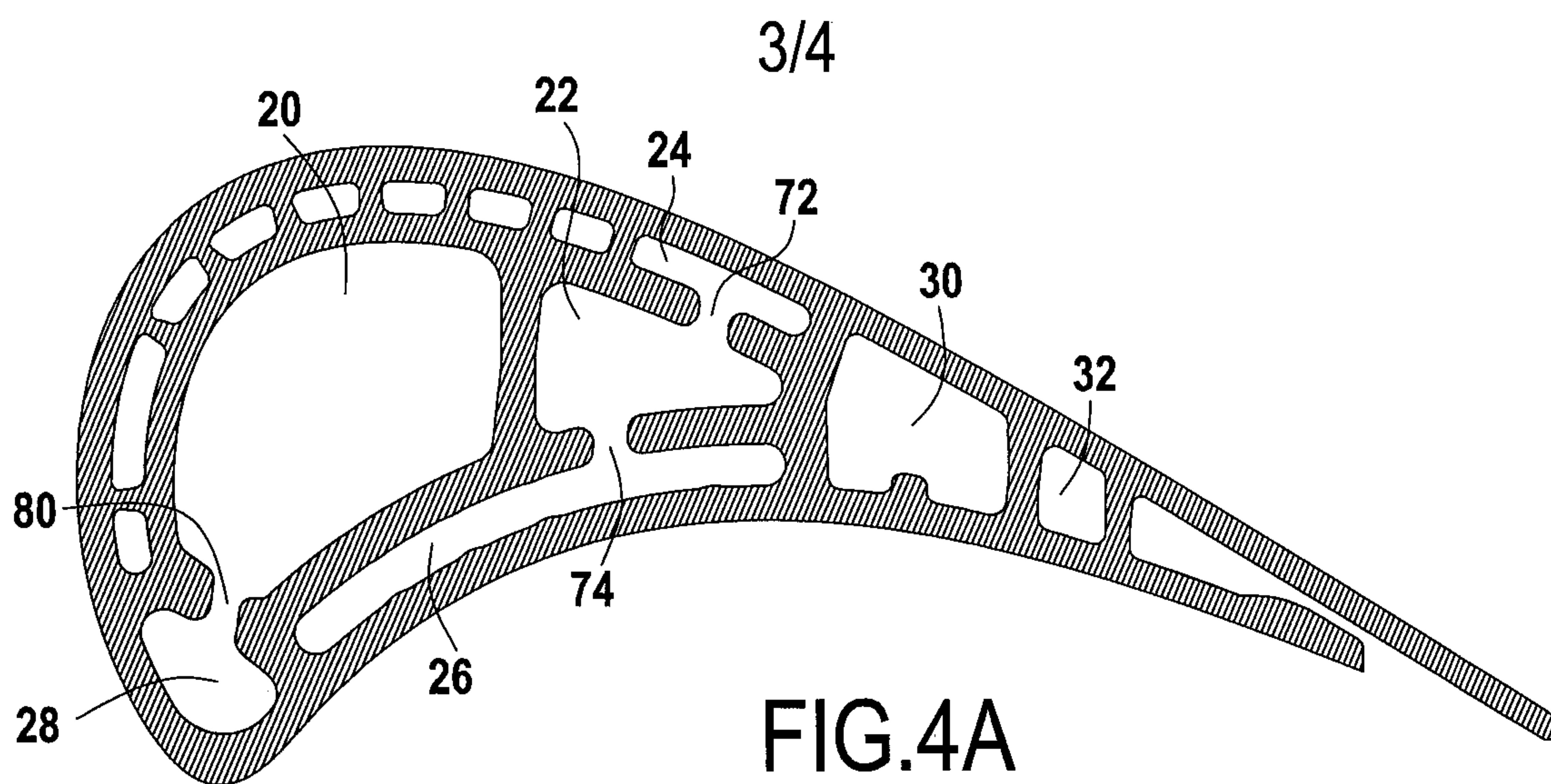


FIG.3



4/4

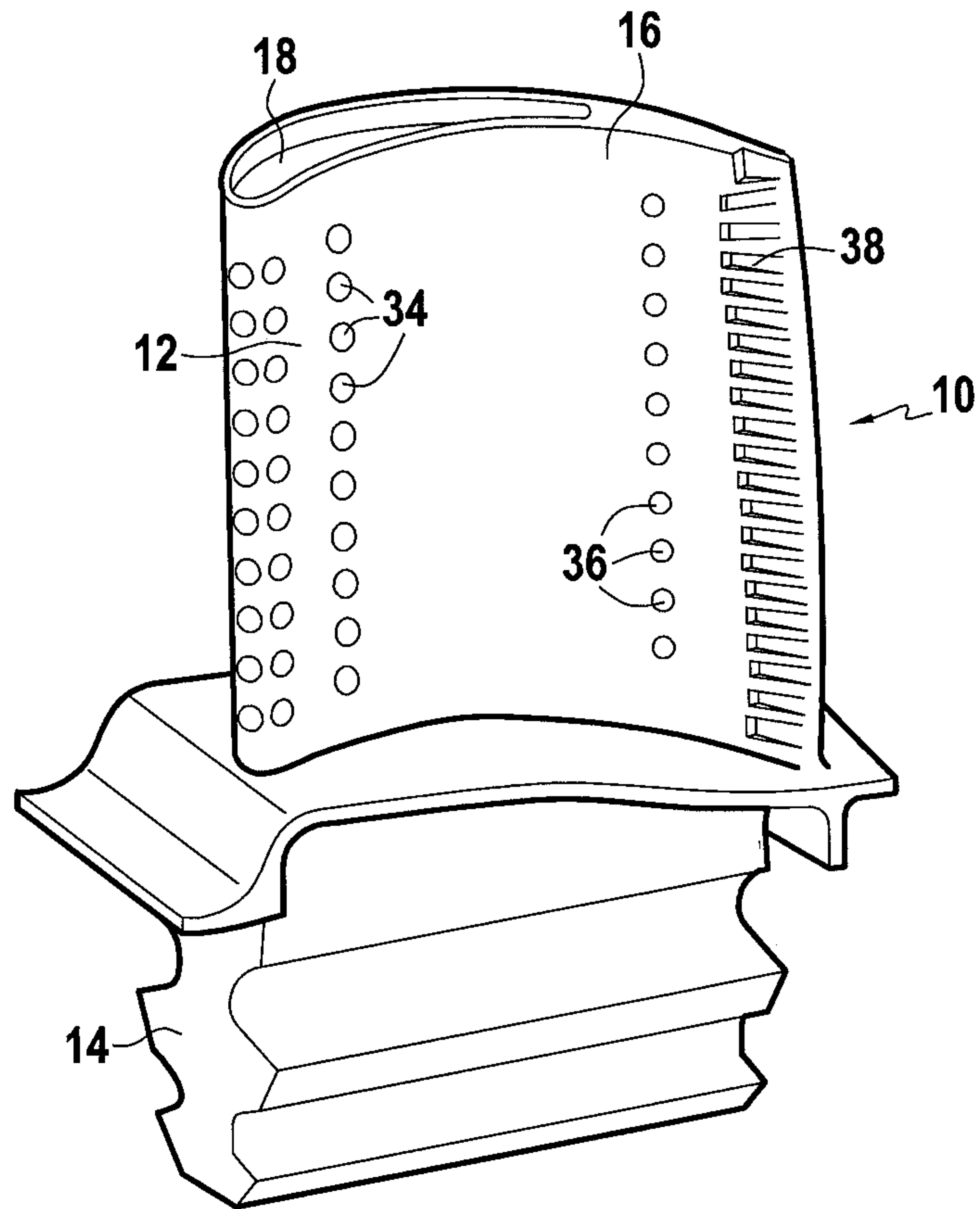


FIG.5

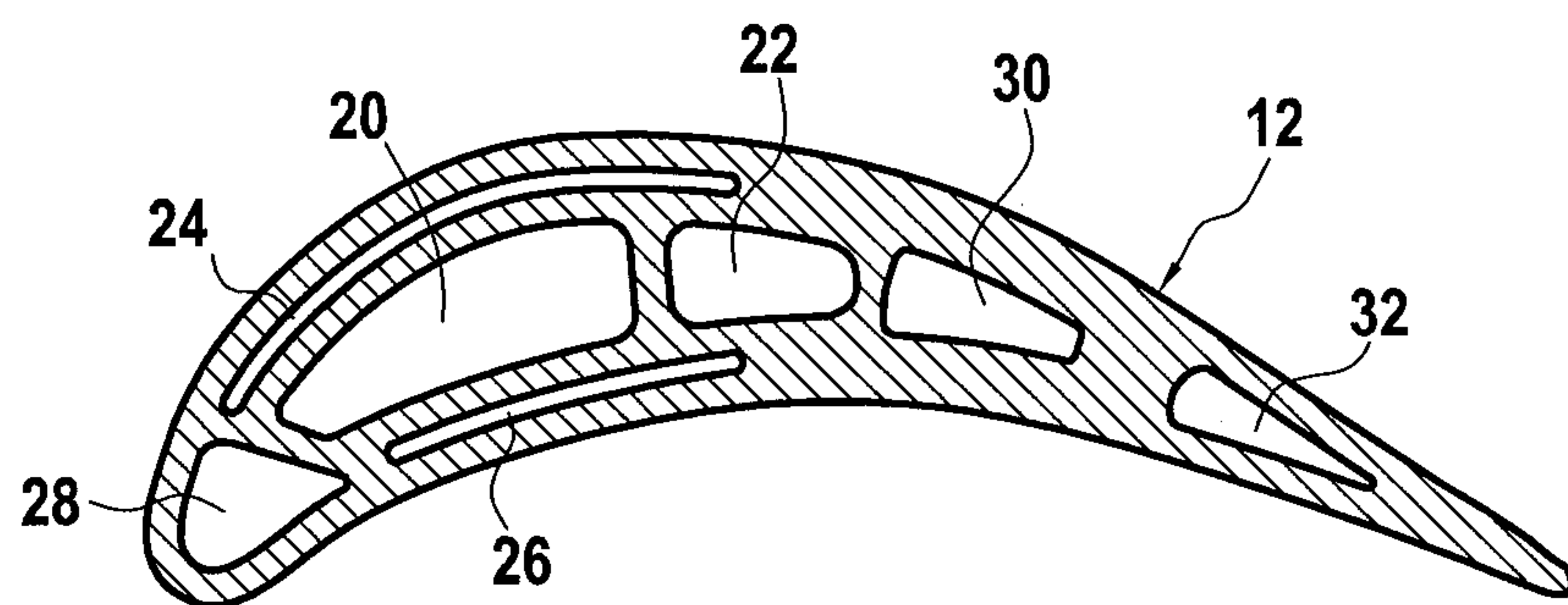


FIG.6

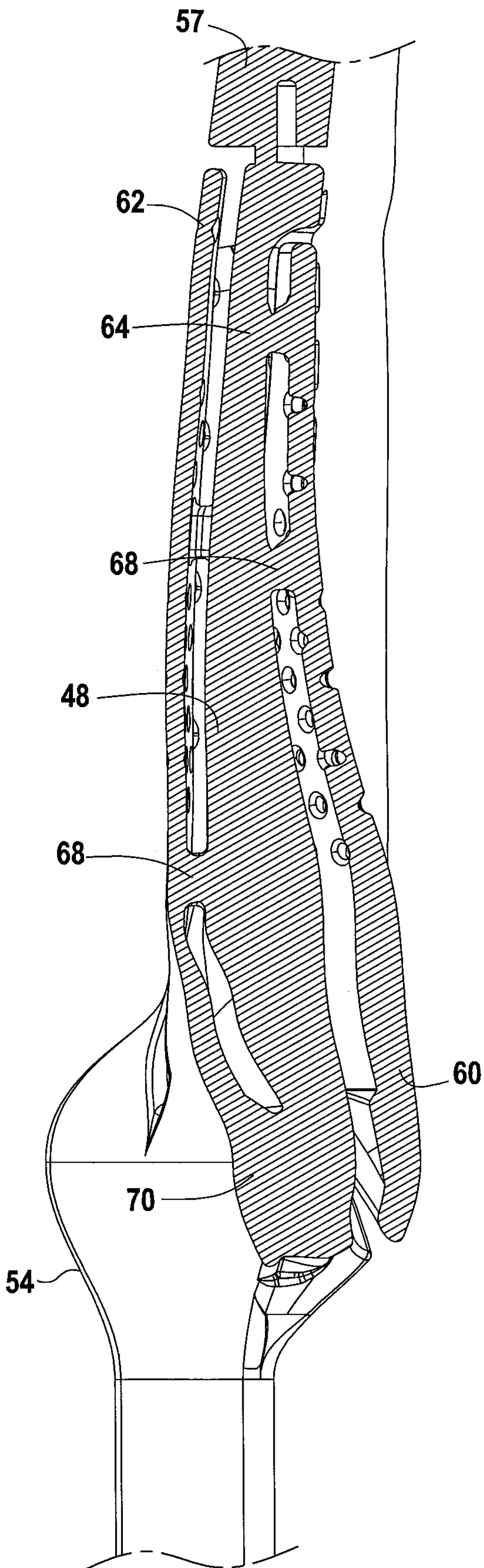


FIG.3