

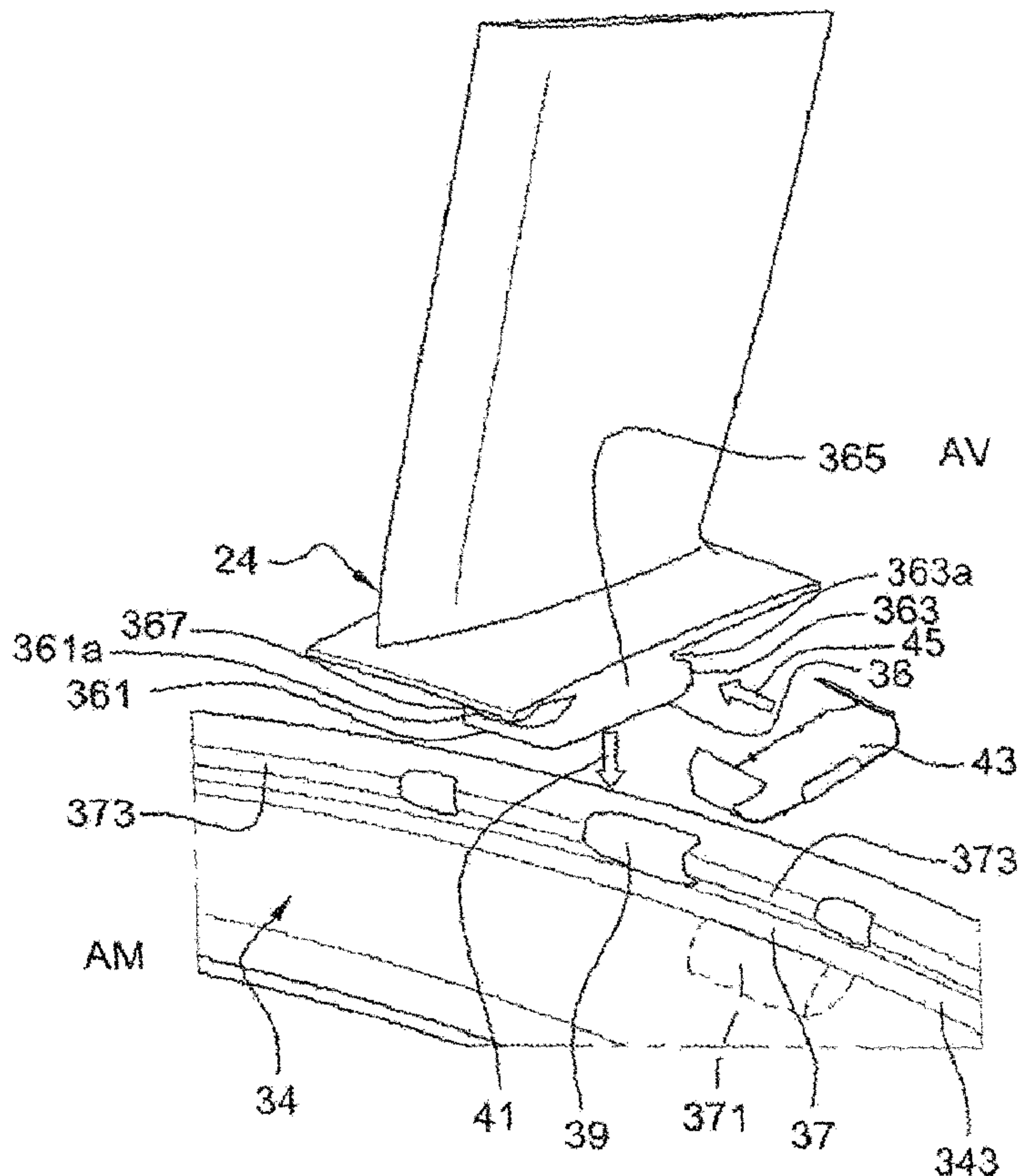


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2015/10/12
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/04/21
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/04/11
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2015/052746
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/059338
 (30) Priorité/Priority: 2014/10/13 (FR1459798)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F01D 5/30* (2006.01)
 (71) Demandeur/Applicant:
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, FR
 (72) Inventeurs/Inventors:
DESREUMAUX, ANTOINE PATRICE MARIE, FR;
REGHEZZA, PATRICK JEAN-LOUIS, FR
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE D'INTERVENTION SUR UN ROTOR ET CLINQUANT ASSOCIE
 (54) Title: METHOD FOR CARRYING OUT WORK ON A ROTOR AND ASSOCIATED FOIL

Fig. 4



(57) Abrégé/Abstract:

Dans le procédé d'intervention de l'invention, qui vise à maintenir opérationnel un rotor métallique de turbomachine, tel un tambour: -on rectifie une face amont et/ou aval (343) d'une rainure (34) circonférentielle du rotor, ladite face présentant les marques en

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

creux que la rectification doit effacer ou au moins estomper, -et on interpose des clinquants (43) dans la rainure, entre les aubes du rotor (24) et ce rotor, au moins là où ladite face a été rectifiée.

(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
21 avril 2016 (21.04.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/059338 A1(51) Classification internationale des brevets :
F01D 5/30 (2006.01)(74) Mandataires : GUTMANN, Ernest et al.; Yves Plasse-
raud SAS, 3, rue Auber, F-75009 Paris (FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/052746(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.(22) Date de dépôt international :
12 octobre 2015 (12.10.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1459798 13 octobre 2014 (13.10.2014) FR(71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2, boulevard du Général
Martial Valin, F-75015 Paris (FR).(72) Inventeurs : DESREUMAUX, Antoine, Patrice, Marie;
c/o SNECMA PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau,
F-77550 Moissy Cramayel Cedex (FR). REGHEZZA, Pa-
trick, Jean-Louis; c/o SNECMA PI (AJI), Rond-point
René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy Cramayel Cedex
(FR).(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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CARRYING OUT WORK ON A ROTOR AND ASSOCIATED FOIL

(54) Titre : PROCEDE D'INTERVENTION SUR UN ROTOR ET CLINQUANT ASSOCIE

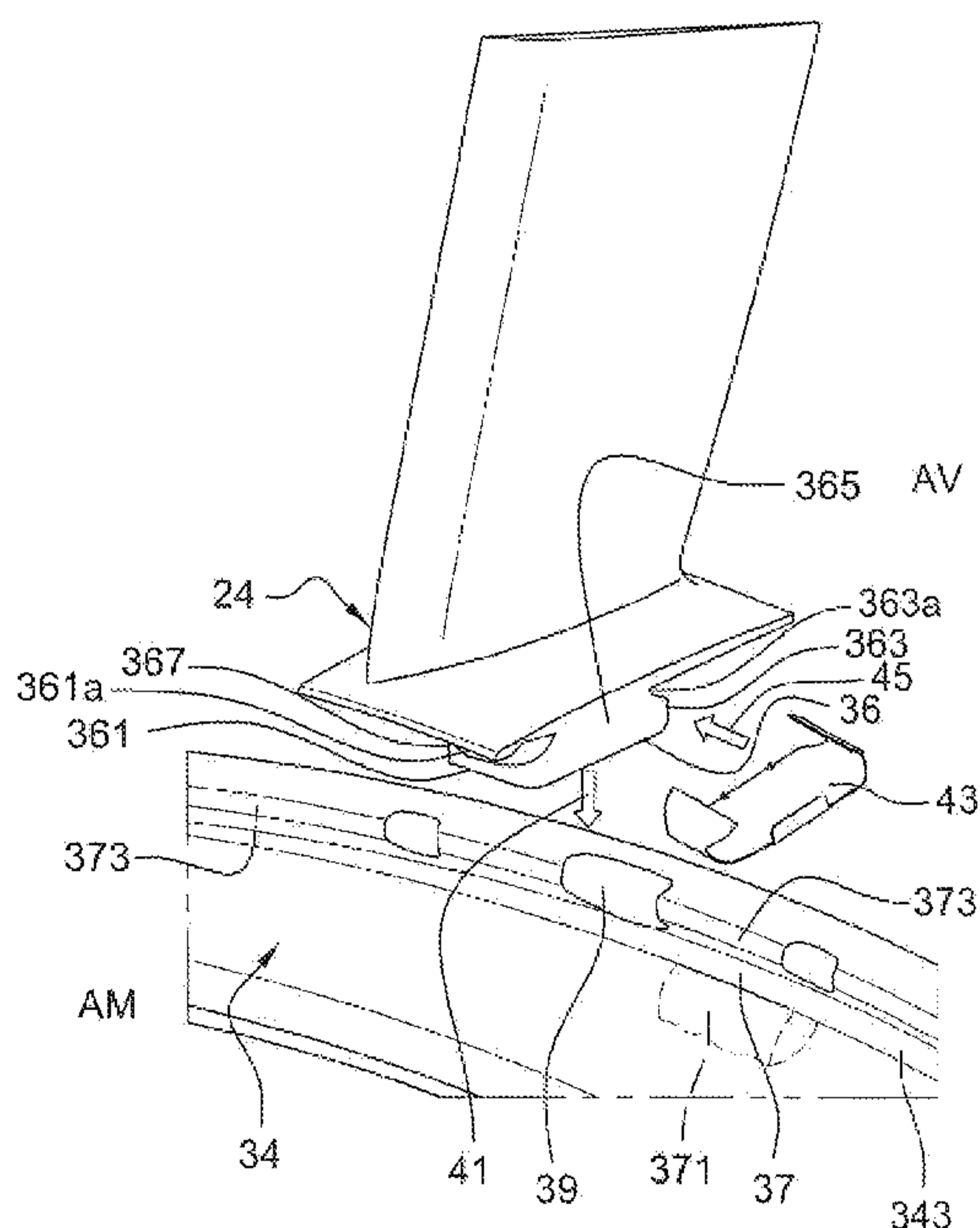


Fig. 4

(57) Abstract : The invention relates to a method for carrying out work on a metal turbine engine rotor, such as a drum, in order to maintain the rotor operational, consisting in: grinding an upstream and/or downstream face (343) of a circumferential groove (34) of the rotor, said face having recessed marks that the grinding is intended to remove or at least blur; and placing foils (43) in the groove between the blades of the rotor (24) and the rotor, at least in the area where the face has been ground.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/059338 A1 

Publiée :

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

Dans le procédé d'intervention de l'invention, qui vise à maintenir opérationnel un rotor métallique de turbomachine, tel un tambour: -on rectifie une face amont et/ou aval (343) d'une rainure (34) circonférentielle du rotor, ladite face présentant les marques en creux que la rectification doit effacer ou au moins estomper, -et on interpose des clinquants (43) dans la rainure, entre les aubes du rotor (24) et ce rotor, au moins là où ladite face a été rectifiée.

PROCEDE D'INTERVENTION SUR UN ROTOR ET CLINQUANT ASSOCIE

L'invention se rapporte à un procédé d'intervention qui vise à
5 maintenir opérationnel un rotor de turbomachine a priori aéronautique, tel
un tambour de compresseur basse pression.

Sont également concernés les clinquants devant équiper les aubes à
considérer de ce rotor et un ensemble comprenant l'aube et le clinquant qui
l'équipe en entourant son pied, par-dessous.

10 La turbomachine privilégiée est un turboréacteur d'avion. Et, dans la
présente demande, une direction axiale est définie comme étant une
direction parallèle à l'axe de rotation de la soufflante. En outre, l'amont et
l'aval d'une pièce sont définis par rapport au sens normal d'écoulement des
gaz à l'intérieur du turboréacteur. Et une direction radiale est
15 perpendiculaire à la direction axiale précitée, les termes « intérieur » et
« extérieur » étant radialement respectivement plus près et plus loin dudit
axe de rotation.

Par ailleurs, le rotor ici à considérer :

- tourne autour d'un axe central, globalement parallèlement auquel peut
20 s'écouler d'amont vers l'aval, entre les aubes de ce rotor, au moins un flux
de fluide gazeux,
- et présente en périphérie externe au moins une rainure circonférentielle
dans laquelle sont disposées et retenues, entre une face amont et une face
aval dressées de limitation de la rainure, lesdites aubes devant être
25 entraînées en rotation autour dudit axe central par le rotor, l'une au moins
desdites faces amont et aval présentant des marques en creux en regard
de l'une au moins des aubes.

Or, lors de la rotation du rotor considéré, chaque aube se déplace
suivant un mouvement axial de va et vient à l'intérieur de son logement et
30 percute répétitivement la ou les faces de limitation de la rainure où elle se
trouve. Les percussions répétées des aubes contre les faces en regard de

la rainure l'endommagent et diminuent la durée de vie du rotor. On constate généralement la formation, dans la(les) rainure(s), d'empreintes (les des marques en creux ci-avant) qui constituent des zones de départ de fissures, ne serait-ce que potentielles. Ce phénomène est d'autant plus gênant que les rotors, y compris les tambours, sont des pièces relativement coûteuses et dont le remplacement prend du temps.

En effet, en particulier sur les tambours, ces non conformités lors des opérations de maintenance peuvent conduire à des rebuts de pièces car ils sont aujourd'hui non réparables.

Un but de la présente invention est d'apporter une solution pertinente visant à éviter le remplacement systématique et prématuré des pièces concernées, les usures amenant leurs remplacements étant typiquement constatées à partir de la mi-vie de la pièce.

Comme hypothèse de palliatif, il a bien été envisagé un enlèvement local de matière par abrasion (appelé « blending » en anglais) de l'usure dans la portée, mais cette hypothèse entraîne une modification des jeux en sommet d'aube et ne permettrait pas de stopper le phénomène l'usure des portées.

Une autre solution a consisté à utiliser des clinquants, qui sont censés être des pièces « anti-usure » interposées entre les pieds d'aubes et le rotor. Toutefois, chaque clinquant continue à se déplacer et percuter répétitivement les faces de limitation de la rainure où il se trouve, y compris dans FR2890684 où les pattes ont tendance à se déplier sous l'effet des forces de poussée qu'exerce sur elles le pied d'aube. Une fois dépliées, lesdites pattes ne jouent plus leur rôle de butée, de sorte que le clinquant n'est plus retenu.

L'invention vise à éviter ces situations inappropriées. Allant à l'encontre des préjugés qui jugent inadaptées les réparations permettant de restaurer les interfaces, car coûteuses en temps et nécessitant une intervention lourde (démontage/remontage) et impliquant un affaiblissement

structurel néfaste à la fiabilité et à la tenue ultérieure des aubes, l'invention propose malgré tout :

- la rainure présentant un col de retenue radial des aubes défini entre des rebords, de rectifier à l'écart dudit col la ou les faces qui présente(nt) les marques en creux, jusqu'à effacer ou au moins estomper certaines au moins de ces marques en creux,
- un desdits rebords étant interrompu par une encoche d'introduction des aubes dans la rainure, d'effectuer une reprise de l'encoche à travers laquelle on introduit alors les aubes avec leurs clinquants,
- puis d'interposer des clinquants dans la rainure, entre les aubes et le rotor, au moins là où ladite face a été rectifiée.

Ainsi, on va restaurer la géométrie des portées des rainures ou alvéoles usées au-delà des critères de service. La solution de réparation proposée va restituer la géométrie des portées de la rainure concernée.

- 15 A noter en outre qu'en pratique, en particulier sur un tambour, si l'on avait voulu mettre en place un anneau (ou une bande anti-usure) pour compenser la reprise d'usinage, on n'aurait pas su comment l'insérer ni comment le maintenir sur les faces de portée.

20 Par ailleurs, contrairement à ce à quoi s'attendaient les inventeurs, il s'est aussi avéré qu'il était préférable d'intervenir globalement plutôt que localement. Ainsi est-il conseillé :

- de rectifier, sur l'essentiel au moins de sa circonférence ladite face qui présente les marques en creux,
- puis d'interposer des clinquants dans la rainure, entre toutes les aubes et le rotor.

Ainsi, on évitera un mixage d'aube sans clinquant avec une rainure reprise, ce qui augmenterait le jeu de l'aube dans sa rainure, sans toutefois permettre une éjection de l'aube.

- 30 En outre et en pratique, il ne sera pas possible de monter une aube avec clinquant dans un rotor/tambour sans qu'il ait été repris mécaniquement.

Après reprise d'usinage des portées d'alvéoles nécessaire pour éliminer les usures, les volumes de matières travaillant lorsque les aubes sont centrifugées sont réduits. Cependant, en prévoyant donc que l'enlèvement de matière soit tel que le col de la rainure, qui est la section minimale de matière, ne soit pas réduit, seule doit exister une faible augmentation des contraintes ne remettant pas en question la durée de vie du rotor/tambour. Les calculs effectués le montrent et prouvent qu'en multipliant les surfaces de contact, on diminue les pressions de contact et on augmente la durée de vie de la pièce tout en limitant le phénomène d'usure. Les surfaces de contact sont celles de portées d'aubes relativement aux clinquants et celles de portées de clinquants relativement aux alvéoles.

Et pour sécuriser les mises en place et la fiabilité générale de l'intervention, il est même conseillé d'adapter les dimensions des clinquants et de la rainure de façon que :

- avant rectification, il ne soit pas possible de disposer une aube dans la rainure et d'interposer l'un desdits clinquants entre ladite aube et le rotor,
- tandis qu'on pourra effectuer cette disposition et cette interposition après rectification.

Suivant la même approche, il est recommandé de rectifier de manière symétrique les faces amont et aval de limitation de la rainure et d'interposer des clinquants dans la rainure, entre toutes les aubes et le rotor.

Pour la rectification souhaitée, une ou plusieurs passes d'usinage par une fraise de forme seront de préférence réalisées, sur une profondeur inférieure ou égale à l'épaisseur des clinquant et comprise entre 0,1 et 0,3mm. Au moins 0,2mm sera a priori favorable, ceci étant supérieur aux usures habituellement constatées (0,1mm). L'usinage de reprise pourrait être un enlèvement de matière sur 0,3mm.

Concernant maintenant le clinquant en lui-même, favorablement il sera en matière élastiquement déformable et comprendra, sur une même face :

- 5 - une partie centrale de liaison de première et deuxième branches latérales dressées, de façon que ladite partie centrale puisse être disposée sous le pied de l'aube considérée et les première et deuxième branches latérales en regard d'une face amont et d'une face aval dudit pied,
- 10 - une troisième branche transversale, dressée le long d'une partie d'un premier bord du clinquant qui s'étend entre les première et deuxième branches latérales, de façon à pouvoir être disposée en regard d'une troisième face transversale dudit pied s'étendant entre les faces amont et aval de ce pied,
- 15 - et une ou plusieurs excroissances ou crochets situés vers un second bord du clinquant qui s'étend entre les première et deuxième branches latérales, en face du premier bord, pour permettre :
 - un coulissement de ladite partie centrale de liaison sous le pied de l'aube, sensiblement jusqu'à butée de la troisième branche transversale contre ladite troisième face transversale du pied, après passage élastiquement forcé par-dessus la(les) excroissance(s),
 - 20 -- et une certaine retenue dudit clinquant dans cette position, après retour élastique de la(des) excroissance(s) ou crochet(s) en regard d'une quatrième face transversale dudit pied opposée à la troisième face transversale.

25 Ainsi, la conception du clinquant intégrera t'elle les arrêts axiaux (branches latérales), radiaux (plis à plus de 90°, comme illustré) et transversaux (branche transversale et excroissance(s)), de manière qu'il ne soit pas possible de le perdre, que ce soit en fonctionnement lorsqu'il est centrifugé ou lors de son montage.

L'invention concerne également un ensemble comprenant :

- 30 - un rotor de turbomachine tournant autour d'un axe central, et présentant en périphérie externe au moins une rainure circonférentielle dans laquelle

sont disposées et retenues, entre une face amont et une face aval dressées de limitation de la rainure, les aubes que le rotor doit entraîner en rotation autour dudit axe central, l'une au moins desdites faces amont et aval étant rectifiée de sorte à présenter des marques en creux estompée
5 présentant des marques en creux, chaque aube présentant un pied par l'intermédiaire duquel l'aube est maintenue dans la rainure,
- et au moins un clinquant du type précité.

De préférence, chaque clinquant sera en tôle, typiquement un inconel, et d'une épaisseur qui pourra être de 0,3mm, donc suffisamment
10 élastique pour épouser la forme du pied et de la rainure.

Ces clinquants apporteront ainsi une tenue à l'usure supérieure au titane et permettront de produire des pièces de faibles épaisseurs suffisamment rigides pour supporter les contraintes de matage à l'interface aube/portée. Ils offriront aussi la possibilité d'adjonction d'un vernis
15 lubrifiant sur les portées des clinquants, ce vernis améliorant les conditions de contact entre l'aube et sa portée, ce contact conditionnant la durée de vie du rotor/tambour.

Les premier, deuxième et troisième branche dressées des clinquants peuvent être chacune liées à la partie centrale de liaison par une pliure.

20 L'invention sera éventuellement mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention pourront apparaître encore plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- 25 - la figure 1 représente un schéma de turbomachine connue, en coupe axiale,
- la figure 2 est à nouveau un schéma en coupe axiale, mais localement seulement d'une partie du tambour de compresseur basse pression 4,
- la figure 3 est un détail d'une partie de la paroi aval de limitation d'une des
30 rainures du tambour,

- la figure 4 montre cette même partie de rainure, rectifiée, avec une aube et un clinquant à y mettre en place,

- et la figure 5 montre le clinquant, seul.

Avant de revenir spécifiquement sur l'invention, les figures 1 et 2
5 montrent donc son environnement, selon un état connu de la technique issu du document EP2762681, dans le cas où le rotor endommagé et donc à rectifier est un tambour de compresseur basse pression.

Certes, l'invention s'applique, dans les limites précisées, à un autre rotor porteur d'aubes qu'un tambour de compresseur basse pression ;
10 toutefois une telle pièce est spécifique, de par sa position dans le moteur, sa masse, son volume, et donc les contraintes qui la concernent.

La figure 1 montre un turboréacteur 2 double-flux. Le turboréacteur 2 comprend axialement, d'amont (AM) en aval (AV), successivement un compresseur basse-pression 4, un compresseur haute-pression 6, une
15 chambre de combustion 8 et un ou plusieurs étages de turbines 10. En fonctionnement, la puissance mécanique de la turbine 10 transmise via l'arbre central jusqu'au rotor 12 met en mouvement les deux compresseurs 4 et 6. La rotation du rotor 12 autour de son axe de rotation 14 permet de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à
20 l'entrée de la chambre de combustion 10. Un ventilateur d'entrée (fan) 16 est couplé au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 traversant les différents niveaux sus mentionnés de la turbomachine, et un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le
25 flux primaire en sortie de turbine

Le compresseur basse-pression 4 schématisé figure 2 montre une partie du fan 16 et le bec de séparation 22 des flux primaire 18 et secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées circonférentielles d'aubes de rotor 24 et plusieurs redresseurs qui contiennent, chacun, une
30 rangée d'aubes de stator 26. Les redresseurs sont associés au fan 16 ou à

une rangée d'aubes de rotor 24 pour redresser le flux d'air. Les aubes de rotor 24 s'étendent essentiellement radialement depuis le rotor 12.

Le rotor 12 comprend un tambour 28. Le tambour 28 comporte une paroi 30 avec un profil de révolution autour de l'axe de rotation 14, en quelque sorte comme un cylindre ventru. Le profil de révolution de la paroi 30 suit radialement la variation de section de la surface intérieure du flux primaire.

Le tambour 28 peut comprendre des léchettes 32 typiquement destinées à coopérer par abrasion avec des couches annulaires de matériau abradable de sorte à assurer une étanchéité.

Par ailleurs, ce tambour 28, qui est ici métallique, tourne autour de l'axe central 14, globalement parallèlement auquel peut donc s'écouler d'amont vers l'aval, entre les aubes 24 d'une même rangée, le flux gazeux considéré.

Et il présente en périphérie externe, en face de chaque rangée d'aubes de rotor 24, une rainure circonférentielle s'étendant autour de l'axe 14 et référencée 34a, 34b ou 34c, suivant la rangée à laquelle on s'intéresse figure 2.

Dans chaque rainure circonférentielle sont disposées et retenues, entre une face (ou paroi interne) amont et une face (ou paroi interne) aval dressées (telles respectivement 341 et 343 pour la rainure 34a) de limitation de la rainure, les aubes de rotor 24 d'une des séries.

Pour cela, chaque aube 24 présente un pied 36 ayant une face amont 361 et une face aval 363 (figure 4) faisant face respectivement aux faces amont et aval 341 et 343 de la rainure concernée (figure 2). Et les faces amont 361 et aval 363 présentent chacune un creux, respectivement 361a et 363a figure 5 où sont engagés des rebords circonférentiels respectifs, amont et aval, 371, 373 (figures 2,4) des parois 341 et 343.

Figure 4, on voit en outre que, sur sa circonférence, le rebord considéré, ici 373, est interrompu en au moins un endroit (tel 39) pour permette d'y faire passer sensiblement radialement chaque pied d'aube à

engager dans la rainure (flèche 41), après quoi l'aube 24 est glissée jusqu'à son secteur, dans la rainure. Une fois ainsi en place, les aubes sont retenues radialement par l'étréouitessse du col 37 entre les rebords 371,373.

5 Comme déjà expliqué, un problème est que, compresseur en fonctionnement, le mouvement, même limité, sensiblement axial des aubes 24 en place induit, en regard de certaines au moins de ces aubes, des marques en creux dans certaines au moins des parois internes 341 et 343 de certaines au moins des rainures circonférentielles, telles les marques 38
10 dans la paroi 343 figure 3.

Aussi est-il proposé, pour surmonter cet inconvénient :

- d'une part de prévoir de rectifier la face qui présente ces marques en creux 38, de sorte à effacer ou au moins estomper certaines au moins de ces marques d'usures,
- 15 - et d'autre part, d'interposer des clinquants 43 dans la rainure 34 concernée, entre les pieds d'aubes 36 et les parois internes 341, 343, au moins là où ladite face a été rectifiée.

Figure 4, on remarque d'ailleurs que les marques 38 ont disparu. A supposer que les faces de pression 341, 343 (dites aussi faces de portée)
20 en soient porteuses, la rectification a été réalisée par usinage annulaire, sur ces faces.

Sur le sujet, il est même recommandé de rectifier de manière symétrique ces parois internes 341, 343 de limitation de la rainure, puis d'intervenir pour que des clinquants 43 soient en place entre toutes les
25 aubes et lesdites parois de la rainure en cause.

L'usinage des rainures du tambour a pu en particulier être effectué par une fraise de forme, qui est un outil du même type que celui utilisé lors de la fabrication initiale du tambour 28 de compresseur, lequel sera typiquement à base de titane.

30 Ainsi, on aura rectifié sur l'essentiel au moins de sa circonférence chaque face qui présente les marques en creux, la reprise d'usinage

mécanique étant au moins sectorielle et de préférence sensiblement annulaire, sur les pans intérieurs de portée en dépouille précités.

Une fois ceci effectué, on va en fait et de préférence pourvoir de clinquants 43 toutes les aubes 24 au moins de la série considérée, comme
5 le schématise le flèche 45 figure 4, avant d'engager le tout dans la rainure en cause.

Entretemps, on aura aussi a priori réalisé une reprise de l'encoche 39 d'introduction des aubes, pour tenir compte de la présence du clinquant 43 que l'on présente plus en détail ci-après.

10 Ainsi, on aura rétabli une géométrie optimisée de portées de rainure et comblé le jeu entre les portées des pieds d'aubes mobiles et les portées de la rainure du tambour.

Deux autres points importants ont pu être pris en compte : la maîtrise de l'augmentation des contraintes dans la/les rainures, suite à la
15 retouche, et le montage et l'interchangeabilité du tambour équipé.

Concernant le premier, après reprise d'usinage desdites portées de rainure nécessaire pour éliminer les usures, les volumes de matière travaillant lorsque les aubes 24 sont centrifugées sont réduits. Cependant l'enlèvement de matière a été conçu de telle sorte que le col 37, qui est
20 donc la section minimale de matière, ne soit pas réduit. De fait, des calculs montrent une faible augmentation des contraintes ne remettant pas en question la durée de vie du tambour 28.

Concernant le second, pour éviter un mixage d'aube 24 sans clinquant avec une rainure 34 reprise (ce qui augmenterait le jeu de l'aube
25 dans sa rainure, sans toutefois permettre une éjection de l'aube), un marquage peut être ajouté sur le tambour de manière à indiquer à l'opérateur que toutes les aubes du tambour doivent recevoir un clinquant. Et, ainsi il ne sera pas possible de monter une aube avec clinquant dans un tambour sans qu'il ait été repris mécaniquement.

30 De fait, il sera donc conseillé que de rectifier à l'écart dudit col 37 la ou les faces qui présente(nt) les marques en creux.

Et il est recommandé par ailleurs d'adapter les dimensions relatives des clinquants et de la rainure de façon:

- qu'avant rectification, il ne soit pas possible de disposer un pied 36 d'aube pourvu de son clinquant 43 dans la rainure 34 brut (figure 3),
- 5 - tandis qu'on pourra effectuer cette disposition après rectification (figure 4).

La figure 5 montre plus nettement que la figure 4 le clinquant 43 dont on privilégie l'utilisation, pour ce pied (étant précisé que le présent procédé d'intervention pourrait s'appliquer à une autre forme de pied d'aube).

Le clinquant 43 est une plaque en matière relativement
10 élastiquement déformable. Plutôt qu'en composite (par exemple vespel ;
marque déposée), le matériau utilisé sera de préférence un inconel qui
apporte une tenue à l'usure supérieure au titane et permet de produire des
clinquants de faibles épaisseurs suffisamment rigides pour supporter les
contraintes de matage à l'interface aube/portée dans la rainure. Il offre
15 aussi la possibilité d'adjonction d'un vernis de surface lubrifiant sur les
portées latérales 47a, 47b du clinquant, ce vernis améliorant les conditions
de contact entre l'aube et sa portée, ce contact conditionnant la durée de
vie du tambour. Le vernis 49 de surface lubrifiant pourra être du bisulfure
de molybdène, tel que celui actuellement déposé sur des aubes de fan, ou
20 un produit fournissant des caractéristiques similaires et répondant aux
nouvelles normes qualifiées « REACH ».

Le clinquant 43 comprend, sur une même face (la face radialement
extérieure) :

- une partie centrale 51 de liaison de première et deuxième branches
25 latérales 53, 55 dressées, de façon que ladite partie centrale puisse être
disposée sous le pied 45 de l'aube et les première et deuxième branches
latérales en regard respectivement des faces amont 361 et aval 363 dudit
pied,
- une troisième branche 57, transversale, dressée le long d'une partie d'un
30 premier bord 59a du clinquant qui s'étend entre les première et deuxième
branches latérales 53, 55, de façon à pouvoir être disposée en regard

d'une troisième face 365, transversale, dudit pied (qui s'étend donc entre les faces amont et aval 361, 363 de ce pied,

- et une ou plusieurs (ici deux) excroissances, bourrelets ou crochets 61, 63 situés vers un second bord 59b (transversal) du clinquant qui s'étend entre
5 les première et deuxième branches latérales 53,55, en face du premier bord 59a.

Ainsi, ce clinquant permettra :

- qu'il puisse coulisser (flèche 45) de sorte que sa partie centrale 51 vienne sous le pied 36 de l'aube, sensiblement jusqu'à butée de la troisième
10 branche latérale 57 contre ladite troisième face transversale 365, après donc un passage élastiquement forcé par-dessus la(les) excroissance(s) 61,63,

- qu'il y ait alors une certaine retenue du clinquant dans cette position, après retour élastique de la(des) excroissance(s) ou crochet(s) 61, 63, en
15 regard de la quatrième face transversale dudit pied (face 367 cachée figure 4) opposée à la troisième face 365,

- et que ce clinquant en place sous le pied 36 de son aube puisse être disposé avec elle dans la rainure, pour participer à son maintien en place, dans cette rainure.

20 De préférence, pour allier résistance, flexibilité, facilité de fabrication, les première deuxième et troisième branches dressées 53, 55 ,57 seront chacune liées à la partie centrale de liaison 51 par une pliure.

Globalement, en termes d'avantages de la solution présentée ci-avant, on peut lister ce qui suit :

25 - restauration de la surface de contact : contrairement au toilage connu, le clinquant permet de restituer une surface de contact conforme aux conditions de certification. Par conséquent la répartition des efforts passant par les portées de la rainure s'opère de manière homogène ;

- pas de modification du jeu en sommet d'aube : la restauration de la
30 géométrie de l'ensemble tambour/aubes (roues) mobiles permet de garder

le jeu optimal en sommet d'aube, ce jeu conditionnant les performances du moteur et la tenue mécanique des aubes ;

- profondeur d'usure couverte importante : les profondeurs d'usures typiquement observées ne dépassent pas 0,1mm. La réparation présentée
5 ci-dessus couvre toutes les usures jusqu'à 0,2mm, voire 0,3mm ;
- diminution de la vitesse d'usure : le matériau utilisé avec le dépôt de vernis complémentaire permet de diminuer la vitesse d'usure des portées du tambour ;
- équilibrage : pas d'introduction de balourd si reprise mécanique
10 symétrique et toutes les aubes sont équipées de clinquants ;
- facilement remplaçable : si de l'usure apparaît sur un clinquant, il est facile de le démonter et de le remplacer ;
- sécurité dite « de Murphy » (Murphy proof) : elle est assurée par étage et
15 entres les étages, la conception de chaque clinquant évite tout montage dans un sens contraire à la position de conception ;
- aspect financier : le prix d'un tambour neuf est élevé, sans compter la perte due au temps d'intervention et de blocage au sol du moteur. Le clinquant étant une pièce standard et la reprise mécanique une opération commune de réparation, le coût de la réparation sera très faible devant le
20 remplacement complet du tambour.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'intervention pour maintenir dans un état opérationnel un rotor (28) de turbomachine :
- 5 - tournant autour d'un axe central (14), globalement parallèlement auquel peut s'écouler d'amont vers l'aval, entre des aubes (24), au moins un flux de fluide gazeux,
- et présentant en périphérie externe au moins une rainure circonférentielle (34) dans laquelle sont disposées et retenues, entre une face amont et une
- 10 face aval (341,343) dressées de limitation de la rainure, lesdites aubes devant être entraînées en rotation autour dudit axe central par ledit rotor, l'une au moins desdites faces amont et aval présentant des marques en creux (38) en regard de l'une au moins des aubes,
- caractérisé en ce que :
- 15 - la rainure présentant un col (37) de retenue radial des aubes défini entre des rebords (371,373), on rectifie à l'écart dudit col la ou les faces (341,343) qui présente(nt) les marques en creux (38) jusqu'à effacer ou au moins estomper certaines au moins de ces marques en creux,
- un desdits rebords (373) étant interrompu par une encoche (39)
- 20 d'introduction des aubes dans la rainure, on effectue une reprise de l'encoche à travers laquelle on introduit alors les aubes avec leurs clinquants (43),
- et on interpose des clinquants (43) dans la rainure (34), entre les aubes et le rotor (28), au moins là où ladite face a été rectifiée.
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel:
- on rectifie sur l'essentiel au moins de sa circonférence ladite face (341,343) qui présente les marques en creux,
- et on interpose des clinquants (43) dans la rainure, entre toutes les aubes (24) et le rotor.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite face (341,343) qui présente les marques en creux (38) et que l'on rectifie appartient à un tambour (28) de compresseur basse pression.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on adapte les dimensions des clinquants (43) et de la rainure (34) de façon que :

- avant rectification, il n'est pas possible de disposer une aube (24) dans la rainure et d'interposer l'un desdits clinquants entre ladite aube et le rotor,
- tandis qu'on effectue cette disposition et interposition après rectification.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on rectifie de manière symétrique les faces amont et aval (341,343) de limitation de la rainure et on interpose des clinquants dans la rainure, entre toutes les aubes et le rotor.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on rectifie sur une profondeur comprise entre 0.1 et 0.3 mm, inférieure ou égale à l'épaisseur des clinquants (43).

7. Clinquant en matière élastiquement déformable, en particulier pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque aube (24) présente un pied (36) par l'intermédiaire duquel l'aube est maintenue dans la rainure (34), le clinquant (43) comprenant, sur une même face :

- une partie centrale (51) de liaison de première et deuxième branches latérales (53,55) dressées, de façon que ladite partie centrale puisse être disposée sous le pied de l'aube et les première et deuxième branches latérales en regard d'une face amont (361) et d'une face aval (363) dudit pied,
- une troisième branche transversale (57), dressée le long d'une partie d'un premier bord du clinquant qui s'étend entre les première et deuxième branches latérales (53,55), de façon à pouvoir être disposée en regard d'une troisième face (365) transversale dudit pied s'étendant entre les faces amont et aval de ce pied,

- et une ou plusieurs excroissances ou crochets (61,63) situés vers un second bord du clinquant qui s'étend entre les première et deuxième branches latérales (53,55), en face du premier bord, pour permettre :

- 5 -- un coulisement de ladite partie centrale de liaison sous le pied de l'aube, sensiblement jusqu'à butée de la troisième branche latérale contre ladite troisième face transversale du pied, après passage élastiquement forcé par-dessus la(les) excroissance(s),
- 10 -- et une certaine retenue dudit clinquant dans cette position, après retour élastique de la(des) excroissance(s) ou crochet(s) (61,63) en regard d'une quatrième face transversale (367) dudit pied opposée à la troisième face transversale.

8. Clinquant selon la revendication 7, dans lequel les première deuxième et troisième branches dressées (53,55,57) sont chacune liées à la partie centrale de liaison par une pliure.

15 9. Ensemble comprenant :

- un rotor (28) de turbomachine :

- 20 -- tournant autour d'un axe central (14),
- et présentant en périphérie externe au moins une rainure circonférentielle (34) dans laquelle sont disposées, entre une face amont et une face aval (341,343) dressées de limitation de la rainure, des aubes du rotor, la rainure présentant un col (37) de retenue radial desdites aubes défini entre des rebords (371,373) dont l'un (373) est interrompu par une encoche (39) d'introduction des aubes dans la rainure, l'une au moins desdites faces amont et
- 25 aval étant rectifiée de sorte à présenter des marques en creux (38) estompée présentant des marques en creux (38), chaque aube (24) présentant un pied (36) par l'intermédiaire duquel l'aube est maintenue dans la rainure (34),

- le clinquant selon la revendication 7 ou 8,

30 - et une dite aube dont le clinquant (43) entoure le pied (36), par-dessous.

1/2

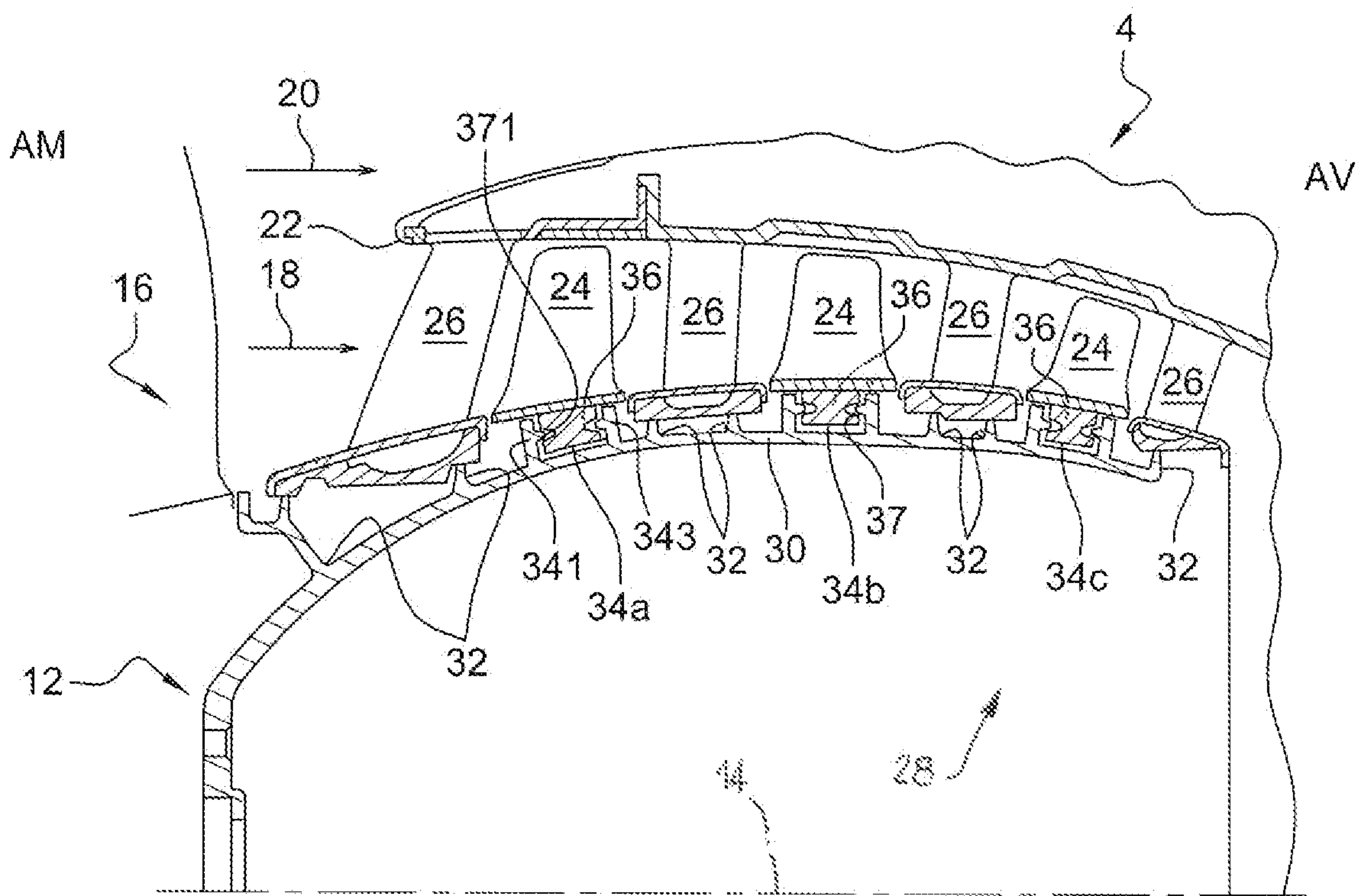
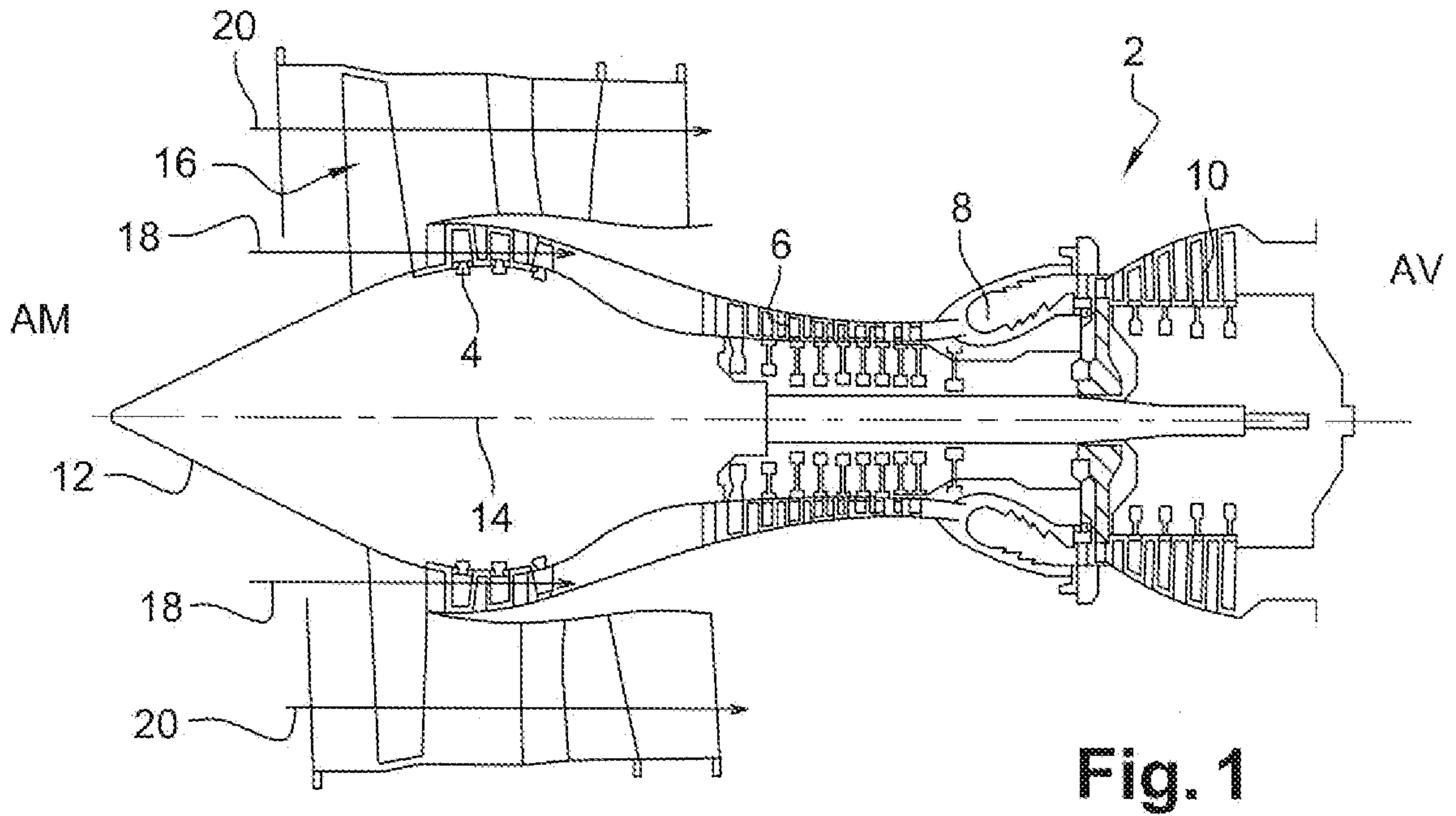


Fig. 2

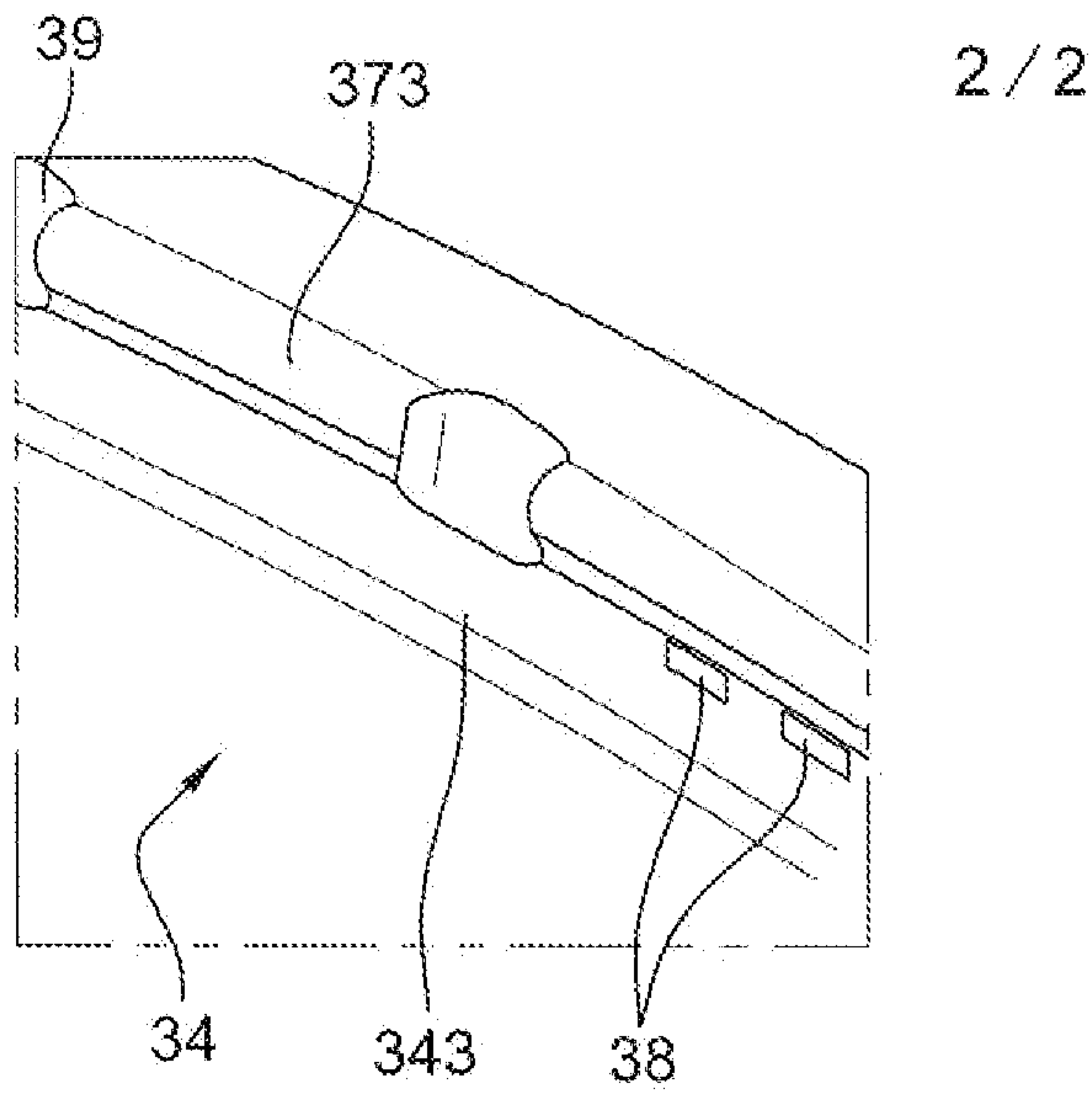


Fig. 3

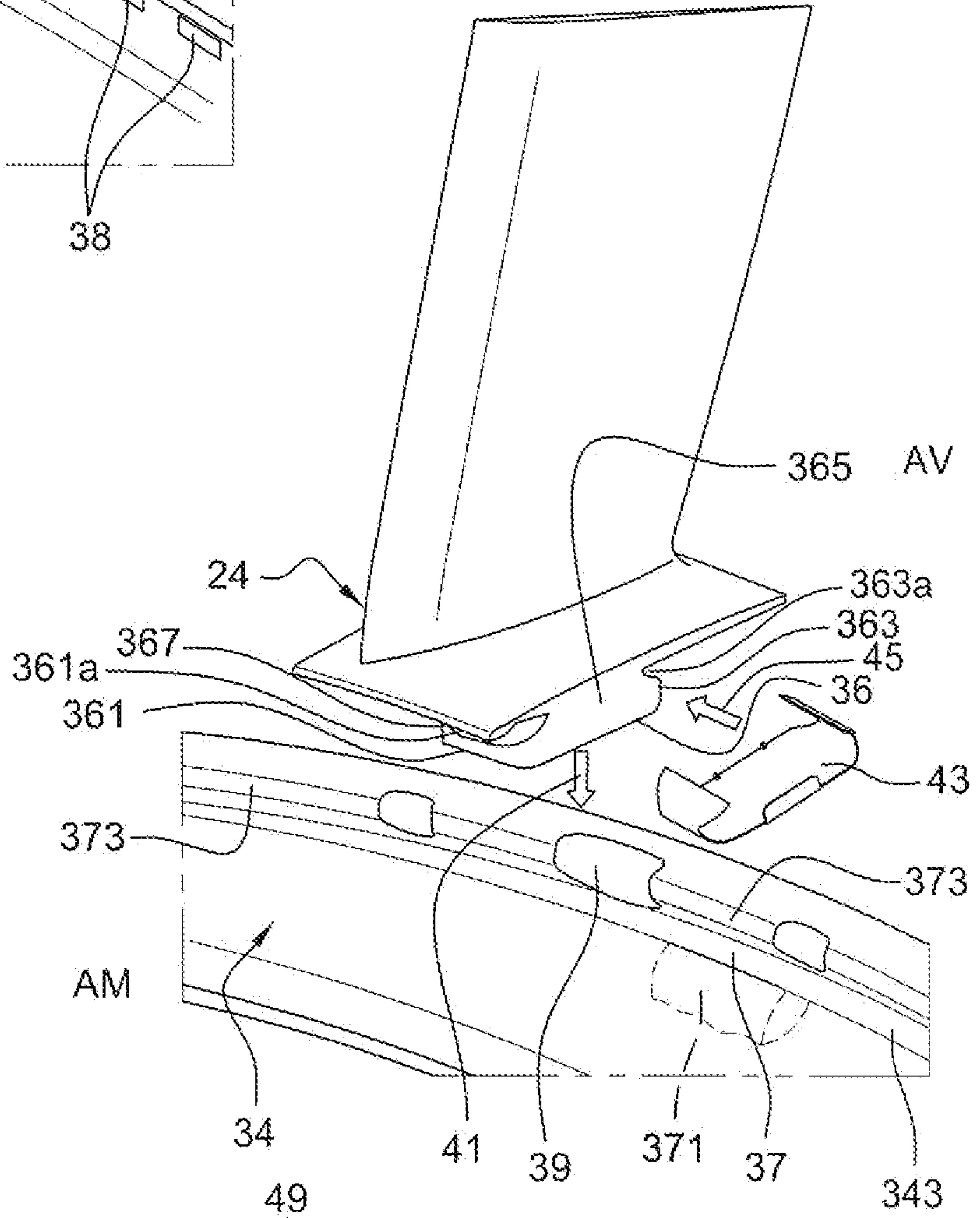


Fig. 4

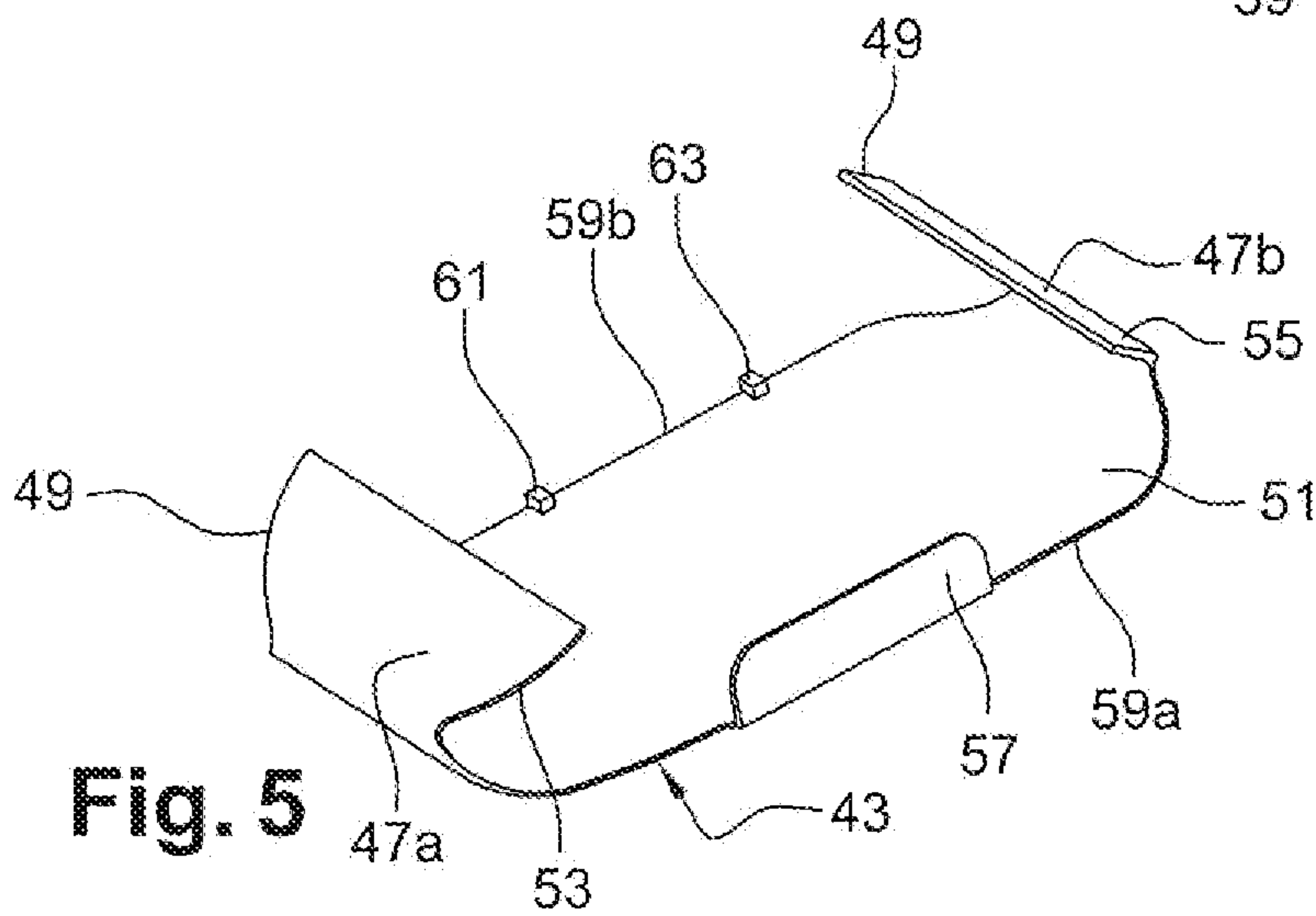


Fig. 5

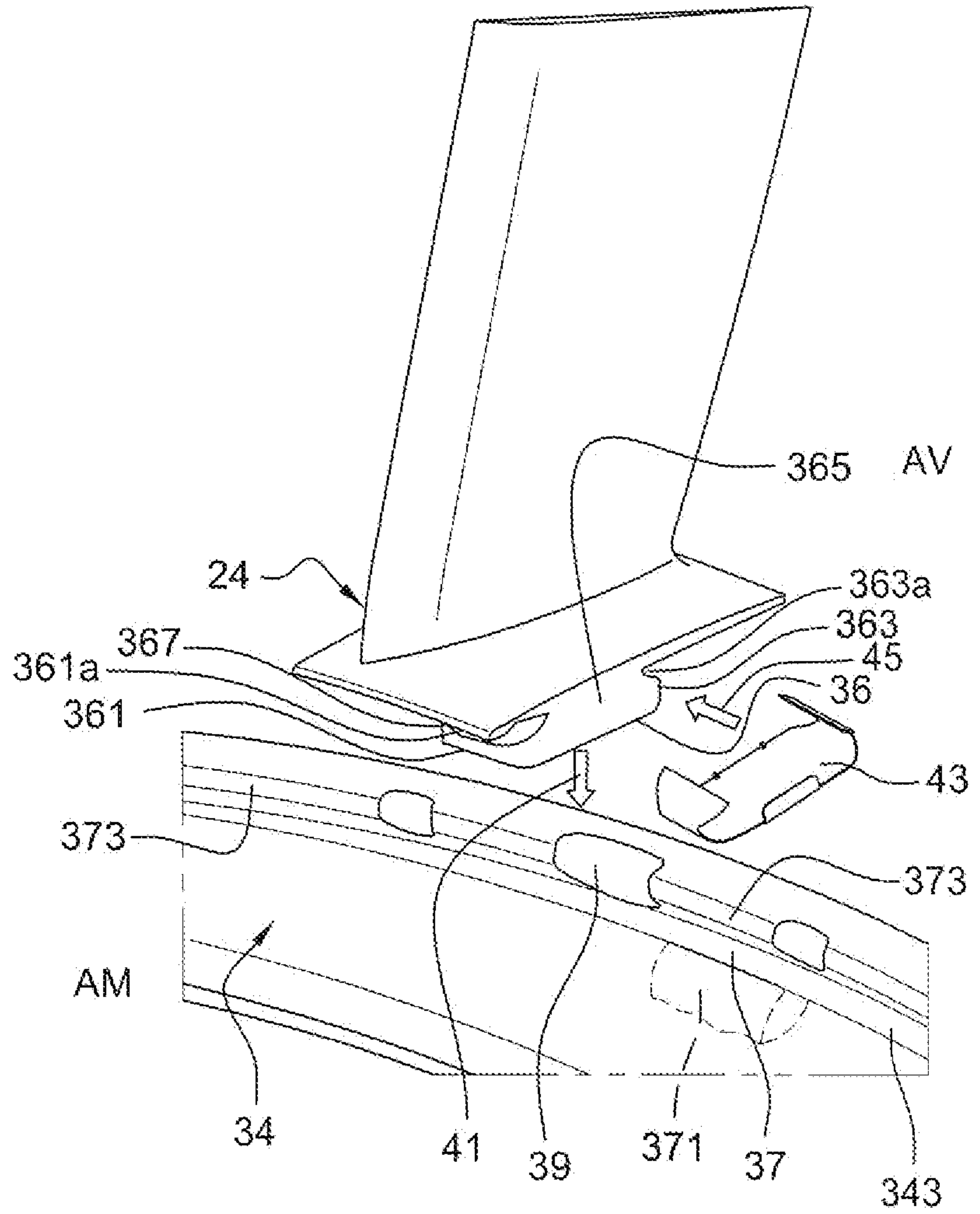


Fig. 4