



SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

1022882 A9

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

Date de publication : 05/10/2016

Date de priorité :

Classification internationale : B23B 9/00, B23B 1/00, F01D 5/20, F01D 5/30, F01D 11/08

Numéro de dépôt : BE2015/5199

Date de dépôt : 30/03/2015

Demandeur :

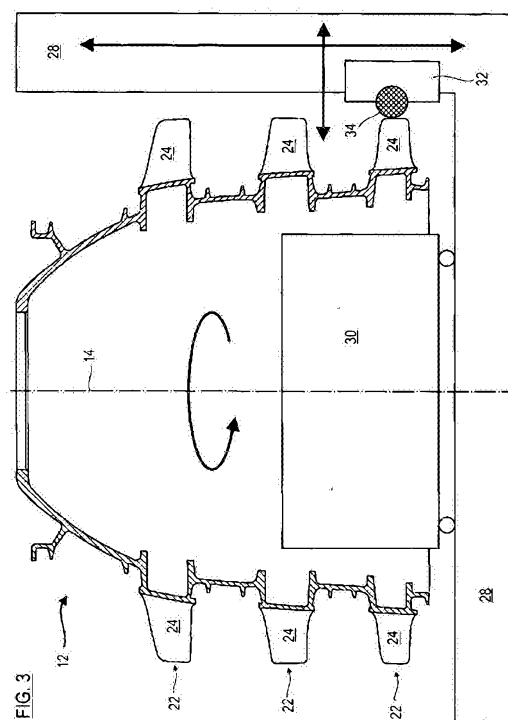
SAFRAN AERO BOOSTERS S.A.
4041, HERSTAL
Belgique

Inventeur :

DI MASI Angelo
4680 OUPEYE
Belgique

**TOURNAGE A CHOC D'EXTREMITES D'AUBES DE BLUM DE COMPRESSEUR DE
TURBOMACHINE AXIALE**

L'invention a trait à un procédé de rotor (12) aubagé monobloc, dit « BLUM® », de compresseur basse pression de turbomachine axiale. Le procédé comprend les étapes suivantes : (a) forgeage d'un support circulaire brut de rotor (12) recevant chaque rangée (22) d'aubes (24) ; (b) usinage du support brut de sorte à l'amincir radialement pour former une paroi circulaire recevant plusieurs rangées (22) d'aubes (24); (c) usinage de moignons d'aubes (24) ; (d) soudage de pales d'aubes (24) sur les moignons ; (e) usinage des extrémités radiales des aubes (24) par tournage à choc. L'usinage permet de créer des têtes d'aubes rugueuses et concentriques, ce qui améliore l'étanchéité. L'invention propose en outre un rotor (12) dont les aubes (24) présentent des sommets de dents disposées sur une hélicoïde ou en hélice.



Description

TOURNAGE A CHOC D'EXTREMITES D'AUBES DE BLUM DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE AXIALE

Domaine technique

- 5 L'invention a trait à la fabrication d'un rotor monobloc de turbomachine axiale. Plus précisément, l'invention concerne un procédé d'ajustement et de retouche des extrémités des aubes d'un blum® de compresseur. L'invention a également trait à une turbomachine axiale.

10 Technique antérieure

- Une turbomachine axiale comprend des rotors formant des moyeux supportant plusieurs rangées d'aubes. Une rangée d'aubes peut être solidaire de son moyeu en les taillant dans le brut du moyeu. Or, un même rotor supporte généralement plusieurs rangées d'aubes ; à titre d'exemple de trois à dix pour des compresseurs
- 15 basse pression et haute pression respectivement. Dans ces cas, différents disques peuvent être réalisés puis fixés les uns aux autres. Cette approche nécessite un nombre important d'usinages, et montre des difficultés liée à la concentricité des disques.

- Suivant une alternative, il est possible de réaliser un tambour support sur lequel
- 20 sont soudées les rangées d'aubes. Le tambour support présente une circularité intéressante. Toutefois, cette solution ne permet pas de garantir une concentricité et/ou une circularité requise au niveau des extrémités externes des aubes. En effet, un procédé de soudage d'aube induit des variations de positions d'aubes. Ces variations sont pénalisantes et doivent être corrigées pour assurer un
- 25 fonctionnement optimal avec le carter externe, et en particulier avec ses joints d'abradables.

- Le document US 2010/0175256 A1 divulgue une méthode de retouche des extrémités externes des aubes d'un rotor. Le rotor correspond à un rotor de turbomachine axiale avec plusieurs rangées d'aubes. La méthode prévoit la
- 30 retouche des extrémités d'aubes par fraisage, ce qui permet de former des

rangées d'aubes en maîtrisant la circularité des têtes d'aubes. Toutefois, ce procédé est long car il demande des usinages minutieux. Il s'effectue avec un outil de forme spécifique, dont la durée de vie est réduite en raison de sa taille. Cela augmente les coûts de production du rotor correspondant.

5

Résumé de l'invention

Problème technique

L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif de réduire le temps
10 nécessaire à l'amélioration de la circularité d'une rangée d'aubes d'un rotor. L'invention a également pour objectif d'optimiser simultanément les coûts de fabrication d'un rotor aubagé et la circularité des rangées d'aubes d'un rotor.

Solution technique

- 15 L'invention a pour objet un procédé de fabrication d'un rotor d'une turbomachine axiale, notamment un rotor de compresseur basse pression, le rotor comprenant au moins une rangée annulaire d'aubes rotoriques s'étendant radialement, remarquable en ce qu'il comprend une étape (e) usinage des extrémités radiales des aubes par tournage.
- 20 Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape (e) usinage des extrémités est une étape de finition des surfaces des extrémités libres des aubes qui sont orientées radialement vers l'extérieur.
- Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (e) usinage des extrémités, l'usinage est réalisé à l'aide d'un outil de coupe mobile en translation
25 et fixe en rotation par rapport au tour.
- Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (e) usinage des extrémités, la vitesse de coupe est comprise entre 30 m/min et 150 m/min ; préférentiellement comprise entre 40 m/min et 70 m/min, éventuellement égale à 50 m/min.
- 30 Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (e) usinage des extrémités radiales des aubes, l'avance par tour et/ou la profondeur de passe est

comprise entre 0,01 mm et 1,00 mm, préférentiellement comprise entre 0,05 mm et 0,30 mm.

Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé comprend en outre une étape (a) forgeage d'un support circulaire brut de rotor destiné à recevoir au moins une ou chaque rangée d'aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé comprend en outre une étape (b) usinage du support brut de sorte à l'amincir, éventuellement radialement, une paroi circulaire, notamment destinée à recevoir au moins une rangée d'aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé comprend en outre une étape (c) usinage de moignons d'aubes dans le support brut.

Selon un mode avantageux de l'invention, le procédé comprend en outre une étape (d) soudage de pales d'aubes sur le rotor, optionnellement sur les moignons de sorte à former des aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (d) soudage de pales, le soudage est un soudage par friction, préférentiellement un soudage orbital.

Selon un mode avantageux de l'invention, le diamètre externe maximal du rotor est compris entre 0,50 m et 1,50 m, préférentiellement compris entre 0,70 m et 1,10 m.

Selon un mode avantageux de l'invention, au moins une ou chaque aube a une épaisseur inférieure à 10,00 mm, préférentiellement inférieure à 5,00 mm, plus préférentiellement inférieure à 3,00 mm, éventuellement inférieure à 2,00 mm, ou inférieure à 1,00 mm. Optionnellement, l'épaisseur est l'épaisseur moyenne.

Selon un mode avantageux de l'invention, au moins une ou chaque aube est plus haute radialement que longue axialement, éventuellement au moins deux fois.

Selon un mode avantageux de l'invention, au moins une ou chaque aube a une forme générale de rectangle, éventuellement vrillé, et/ou bombé, et/ou concave.

L'invention a également pour objet un rotor de turbomachine axiale, notamment de compresseur de turbomachine axiale, comprenant au moins une rangée annulaire d'aubes rotoriques, chaque aube présentant un bord d'attaque, un bord de fuite ; une surface intrados, et une surface extradados qui s'étendent du bord d'attaque au bord de fuite, une surface d'extrémité radiale externe libre joignant la surface intrados à la surface extradados, remarquable en ce que les extrémités radiales d'aubes présentent une rugosité supérieure à la rugosité des surfaces intrados et/ou

des surfaces extradors des aubes. L'aspect rugosité n'est pas indispensable à l'invention, il peut être remplacé par au moins un des modes avantageux suivants. Selon un mode avantageux de l'invention, les extrémités des aubes d'au moins une ou de chaque rangée présentant des dents régulièrement espacées

5 axialement sur une même aube et sur chaque aube d'une même rangée.

Selon un mode avantageux de l'invention, les extrémités des aubes présentent des dents profilées selon la circonférence du rotor, les dents d'au moins une rangée d'aubes étant généralement alignées selon la circonférence du rotor, et/ou les dents d'au moins une rangée d'aubes sont disposées sur une trajectoire

10 hélicoïdale.

Selon un mode avantageux de l'invention, les sommets des dents des aubes d'au moins une ou de chaque rangée sont disposées sur une hélicoïde et/ou une courbe en hélice.

Selon un mode avantageux de l'invention, le rotor comprend plusieurs rangées

15 annulaires d'aubes, le support et les aubes étant réalisés en titane, ou en alliage de titane.

Selon un mode avantageux de l'invention, le rotor est un tambour avec une bride radiale de fixation ; et/ou une cloison annulaire présentant une augmentation de diamètre et d'épaisseur générale, notamment vers l'amont.

20 Selon un mode avantageux de l'invention, le rotor forme un ensemble monobloc avec ses aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, la rugosité Ra des extrémités d'aubes est supérieure à 3 μm , préférentiellement supérieure à 5 μm , plus préférentiellement supérieure à 12 μm .

25 Selon un mode avantageux de l'invention, le rotor est un disque comprenant essentiellement une rangée annulaire d'aubes.

Selon un mode avantageux de l'invention, le pas de l'hélice et/ou de l'hélicoïde est compris entre 0,01 mm et 1,00 mm, préférentiellement compris entre 0,05 mm et 0,30 mm.

30 L'invention a également pour objet une turbomachine comprenant au moins un rotor fabriqué selon un procédé de fabrication, remarquable en ce que le rotor est conforme à l'invention, et/ou le rotor est fabriqué selon un procédé conforme à l'invention.

De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Dans la mesure du possible, chaque objet et chaque mode avantageux sont combinables.

5 Avantages apportés

L'invention permet de réaliser des extrémités d'aubes qui respectent une hauteur radiale particulièrement soignée. De la sorte, les jeux fonctionnels entre les têtes d'aubes et les abradables peuvent être réduits, ce qui limite les fuites en têtes d'aubes pendant la rotation du rotor. Ainsi, l'étanchéité dynamique augmente, tout
10 comme le rendement de la turbomachine.

Le choix d'une vitesse de coupe de l'ordre 50 m/min ; ou du moins inférieure à 500 m/min, préférentiellement inférieure à 200 m/min, limite les vibrations dans le rotor. Ces dernières se traduiraient en des oscillations dégradant le respect de la cote d'usinage, et du rendu souhaité. Le choix de la vitesse de coupe favorise un
15 certain mode de coupe ; ou d'arrachement des copeaux ; qui rend les surfaces libres des aubes plus rugueuses. En fonctionnement, la rugosité limite les fuites en têtes d'aubes et améliore encore l'étanchéité. La réduction de la vitesse de coupe limite la vitesse de rotation du rotor. En corolaire, l'énergie pour faire tourner le rotor diminue puisque la résistance hydraulique contre les aubes
20 décroît.

Les bénéfices sont également atteints grâce aux profils cambrés des aubes, qui limitent leur déformation à cause des efforts de coupe. L'angle de calage des aubes offre également une influence.

Brève description des dessins

25 La figure 1 représente une turbomachine axiale selon l'invention.

La figure 2 est un schéma d'un compresseur de turbomachine selon l'invention.

La figure 3 esquisse un tour sur lequel est usiné un rotor selon l'invention.

La figure 4 ébauche un diagramme du procédé de fabrication d'un rotor selon l'invention.

30

Description des modes de réalisation

Dans la description qui va suivre, les termes intérieur ou interne et extérieur ou externe renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation d'une turbomachine axiale. La direction axiale correspond à la direction le long de l'axe de rotation de la turbomachine.

5 La figure 1 représente de manière simplifiée une turbomachine axiale. Il s'agit dans ce cas précis d'un turboréacteur double-flux. Le turboréacteur 2 comprend un premier niveau de compression, dit compresseur basse-pression 4, un deuxième niveau de compression, dit compresseur haute-pression 6, une chambre de combustion 8 et un ou plusieurs niveaux de turbines 10. En
10 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. Ces derniers comportent plusieurs rangées d'aubes de rotor associées à des rangées d'aubes de stators. La rotation du rotor autour de son axe de rotation 14 permet ainsi de générer un débit d'air et de comprimer progressivement ce dernier jusqu'à
15 l'entrée de la chambre de combustion 8. Des moyens de démultiplication peuvent augmenter la vitesse de rotation transmise aux compresseurs.

Un ventilateur d'entrée communément désigné fan ou soufflante 16 est couplé au rotor 12 et génère un flux d'air qui se divise en un flux primaire 18 traversant les différents niveaux susmentionnés de la turbomachine, et un flux secondaire 20
20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine. Le flux secondaire peut être accéléré de sorte à générer une réaction de poussée. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont des flux annulaires, ils sont canalisés par le carter de la turbomachine. A cet effet, le carter présente des parois cylindriques ou viroles qui
25 peuvent être internes et externes.

La figure 2 est une vue en coupe d'un compresseur d'une turbomachine axiale telle que celle de la figure 1. Le compresseur peut être un compresseur basse-pression 4. On peut y observer une partie du fan 16 et le bec de séparation du flux primaire 18 et du flux secondaire 20.

30 Le rotor 12 est ici représenté en coupe, seule une moitié est visible. Il comprend plusieurs rangées 22 d'aubes rotoriques 24, en l'occurrence trois. Le rotor 12 du compresseur présente une forme de tambour, il présente un évidement central permettant le passage d'arbre et l'intégration du palier. La paroi annulaire,

éventuellement généralement tubulaire, supporte les rangées d'aubes 22. Le tambour forme un ensemble monobloc avec les aubes 24. Un tel rotor 12 est également connu sous le nom de BLUM® 12 pour la contraction de l'expression anglaise « bladed drum ».

- 5 Le compresseur basse pression 4 comprend plusieurs redresseurs, en l'occurrence quatre, qui contiennent chacun une rangée d'aubes statoriques 26. Les redresseurs sont associés au fan 16 ou à une rangée d'aubes rotoriques pour redresser le flux d'air, de sorte à convertir la vitesse du flux en pression statique. Les aubes statoriques 26 s'étendent essentiellement radialement depuis un carter
- 10 extérieur, et peuvent y être fixées à l'aide d'un axe. Elles sont régulièrement espacées les unes des autres, et présentent une même orientation angulaire dans le flux. Avantageusement, les aubes d'une même rangée sont identiques. Eventuellement, l'espacement entre les aubes peut varier localement tout comme leur orientation angulaire. Certaines aubes peuvent être différentes du reste des
- 15 aubes de leur rangée.

La figure 3 représente un rotor 12 de compresseur basse pression disposé sur un tour numérique 28 pour usiner les faces radialement externes des extrémités de ses aubes.

- Le tour 28 comprend un mandrin 30 maintenant le rotor 12 par l'intérieur, et permettant de l'entraîner en rotation en vue de l'usiner. Le mandrin 30 peut
- 20 comprendre des mâchoires (non représentées) extensibles pour effectuer un serrage contre le rotor 12. Des cales peuvent être ajoutées entre le mandrin et le rotor 12 pour ne pas le déformer lors du serrage.

- Le tour 30 peut comprendre un chariot 32 sur lequel est fixé un outil coupant 34.
- 25 Une plaquette d'usinage, par exemple céramique tel du carbure de tungstène, peut être adaptée pour usiner l'alliage de titane des aubes rotoriques 24. Ce matériau peut correspondre à celui du tambour. Le chariot 32 est mobile en translation par rapport au bâti du tour 28 ; à la fois parallèlement et perpendiculairement à l'axe de rotation du tour. Cet axe coïncide naturellement
- 30 avec l'axe 14 du rotor 12. Une unité de programmation permet de déplacer l'outil 34 le long du profil souhaité de la surface des enveloppes des rangées 22 d'aubes. Une contre-pointe peut être employée dans le cas d'un rotor allongé et

étroit, par exemple pour un compresseur haute pression avec dix rangées 22, ou davantage.

Pour effectuer l'usinage des rangées d'aubes, le rotor 12 est mis en rotation et l'outil 34 est rapproché des aubes. Il coupe les aubes 24 l'une après l'autre en leur enlevant un copeau à chaque contact. L'outil percute les aubes l'une après l'autre, tout en avançant axialement et radialement. Le tour réalise alors un usinage à choc. Le résultat est que les extrémités des aubes d'une rangée 22 présentent des portions d'une surface hélicoïdale. Le pas d'hélice correspond à l'avance par tour de l'outil.

La figure 4 montre un diagramme du procédé de fabrication du rotor aubagé de turbomachine.

Le procédé comprend les étapes suivantes, éventuellement réalisées dans l'ordre qui suit :

- (a)- Forgeage 100 d'un support circulaire brut de rotor recevant chaque rangée d'aubes.
- (b)- Usinage du support brut 102 de sorte à l'amincir, éventuellement radialement. L'usinage permet de former une paroi circulaire, tel un voile circulaire destiné à recevoir au moins une rangée d'aubes.
- (c)- Usinage de moignons 104, ou pieds d'aubes, dans l'épaisseur de la paroi circulaire.
- (d)- Soudage 106 de pales d'aubes sur les moignons.
- (e)- Usinage des extrémités 108 radiales libres d'aubes par tournage à choc.
- (f)- Mesure de la circularité et/ou de la concentricité 110 des surfaces radiales externes usinées en têtes d'aubes ci-avant.

L'étape (a) forgeage 100 permet de former un support circulaire brut de rotor. Dans un lopin massif et plein, on réalise progressivement un évidement à chaud. Un tube en ogive avec une cavité centrale prend forme. Cette opération peut permettre de réaliser un trou traversant.

Ensuite, le procédé effectue l'étape (b) usinage du support brut 102 de sorte à l'amincir radialement sur sa partie généralement tubulaire. Certaines zones peuvent présenter des épaisseurs inférieures à 20 mm, ou inférieures à 5 mm ; éventuellement inférieures à 2,50 mm ou à 2,00 mm, ou à 1,80 mm. Les

épaisseurs précitées permettent de former des tronçons axiaux finis, ou des zones pour des moignons. Cette étape permet également d'usiner des lèchettes d'étanchéités, des formes en lettre grecque Pi : π , des raidisseurs radiaux, des poireaux internes.

- 5 Optionnellement, le procédé comprend une étape (c) usinage de moignons 104 d'aubes dans le support brut. Les zones annulaires en surépaisseurs sont taillées par fraisage pour enlever des plaques, des arcs de matières. Suivant une variante de l'invention, les aubes peuvent intégralement être formées par fraisage à partir des zones en sur-épaisseurs. Celles-ci peuvent alors comporter des épaisseurs
- 10 supérieures ou égales à 4 cm, préférentiellement supérieures à 8 cm, plus préférentiellement supérieures à 15 cm.

Optionnellement, le procédé comprend une étape (d) soudage 106 de pales d'aubes sur les moignons de sorte à former des aubes. Le soudage peut être un soudage par friction ; par exemple un soudage orbital.

- 15 L'étape (e) usinage des extrémités 108 est une étape de finition des extrémités libres des aubes, ou étape finale les concernant. Lors de l'étape (e) usinage des extrémités 108, l'usinage est réalisé à l'aide d'un outil de coupe mobile en translation le long de l'axe de rotation du tour, et perpendiculaire à ce même axe. Pendant l'étape (e) usinage 108, l'outil conserve généralement son orientation ;
- 20 et/ou effectue moins d'un tour. La vitesse de coupe est de l'ordre de 50 m/min, ce qui offre un compromis entre la rapidité de l'usinage, les vibrations, l'état de surface.

- L'étape (f) mesure 110 est facultative. En cas de non-conformité le procédé peut prévoir de réaliser une étape d'usinage ; ayant une fonction corrective. Cette
- 25 étape peut permettre de mettre fin au procédé ; par exemple si le rotor est conforme.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un rotor (12) d'une turbomachine axiale (2), notamment un rotor de compresseur basse pression (4), le rotor (12) comprenant au moins une rangée annulaire (22) d'aubes rotoriques (24)
5 s'étendant radialement, caractérisé en ce qu'il comprend une étape (e) usinage des extrémités (108) radiales des aubes (24) par tournage.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape (e) usinage des extrémités (108) est une étape de finition des surfaces des extrémités libres des aubes (24) qui sont orientées radialement vers l'extérieur.
- 10 3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que lors de l'étape (e) usinage des extrémités (108), l'usinage est réalisé à l'aide d'un outil de coupe (34) mobile en translation et fixe en rotation par rapport au tour (28).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lors de l'étape (e) usinage des extrémités (108), la vitesse de coupe est comprise
15 entre 30 m/min et 150 m/min ; préférentiellement comprise entre 40 m/min et 70 m/min, éventuellement égale à 50 m/min.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lors de l'étape (e) usinage des extrémités (108) radiales des aubes (24), l'avance par tour et/ou la profondeur de passe est comprise entre 0,01 mm et 1,00 mm,
20 préférentiellement comprise entre 0,05 mm et 0,30 mm.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (a) forgeage (100) d'un support circulaire brut de rotor destiné à recevoir au moins une ou chaque rangée (22) d'aubes (24).
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend
25 en outre une étape (b) usinage (102) du support brut de sorte à l'amincir,

éventuellement radialement, une paroi circulaire, notamment destinée à recevoir au moins une rangée (22) d'aubes (24).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (c) usinage (104) de moignons d'aubes (24) dans le support brut.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (d) soudage (106) de pales d'aubes sur le rotor (12), optionnellement sur les moignons de sorte à former des aubes (24).

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que lors de l'étape (d) soudage (106) de pales, le soudage est un soudage par friction, préférentiellement un soudage orbital.

11. Rotor (12) de turbomachine axiale (2), notamment de compresseur (4 ; 6) de turbomachine axiale (2), comprenant au moins une rangée annulaire (22) d'aubes rotoriques (24), chaque aube (24) présentant un bord d'attaque, un bord de fuite ; une surface intrados, et une surface extrados qui s'étendent du bord d'attaque au bord de fuite, une surface d'extrémité radiale externe libre joignant la surface intrados à la surface extrados, caractérisé en ce que les extrémités radiales d'aubes (24) présentent une rugosité supérieure à la rugosité des surfaces intrados et/ou des surfaces extrados des aubes (24).

12. Rotor (12) selon la revendication 11, caractérisé en ce que les extrémités des aubes (24) d'au moins une ou de chaque rangée (22) présentent des dents régulièrement espacées axialement sur une même aube (24) et sur chaque aube (24) d'une même rangée (22).

13. Rotor (12) selon l'une des revendications 11 à 12, caractérisé en ce que les extrémités des aubes (24) présentent des dents profilées selon la circonférence du rotor (12), les dents d'au moins une rangée (22) d'aubes (24)

étant généralement alignées selon la circonférence du rotor (12), et/ou les dents d'au moins une rangée (22) d'aubes (24) sont disposées sur une trajectoire hélicoïdale.

14. Rotor (12) selon la revendication 13, caractérisé en ce que les sommets des
5 dents des aubes (24) d'au moins une ou de chaque rangée (22) sont disposées sur une hélicoïde et/ou une courbe en hélice.
15. Rotor (12) selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs rangées annulaires (22) d'aubes (24), le support et les aubes (24) étant réalisés en titane, ou en alliage de titane.
- 10 16. Rotor (12) selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé en ce qu'il est un tambour avec une bride radiale de fixation ; et/ou une cloison annulaire présentant une augmentation de diamètre et d'épaisseur générale, notamment vers l'amont.
17. Rotor (12) selon l'une des revendications 11 à 16, caractérisé en ce qu'il forme
15 un ensemble monobloc avec ses aubes (24).
18. Rotor (12) selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé en ce que la rugosité R_a des extrémités d'aubes (24) est supérieure à 3 μm , préférentiellement supérieure à 5 μm , plus préférentiellement supérieure à 12 μm .
- 20 19. Rotor (12) selon l'une des revendications 11 à 18, caractérisé en ce qu'il est un disque comprenant essentiellement une rangée annulaire d'aubes (24).
20. Turbomachine (2) comprenant au moins un rotor (12) fabriqué selon un procédé fabrication, caractérisée en ce que le rotor (12) est conforme à l'une des revendications 1 à 10, et/ou le rotor (12) est fabriqué selon un procédé
25 conforme à l'une des revendications 11 à 19.

FIG 1

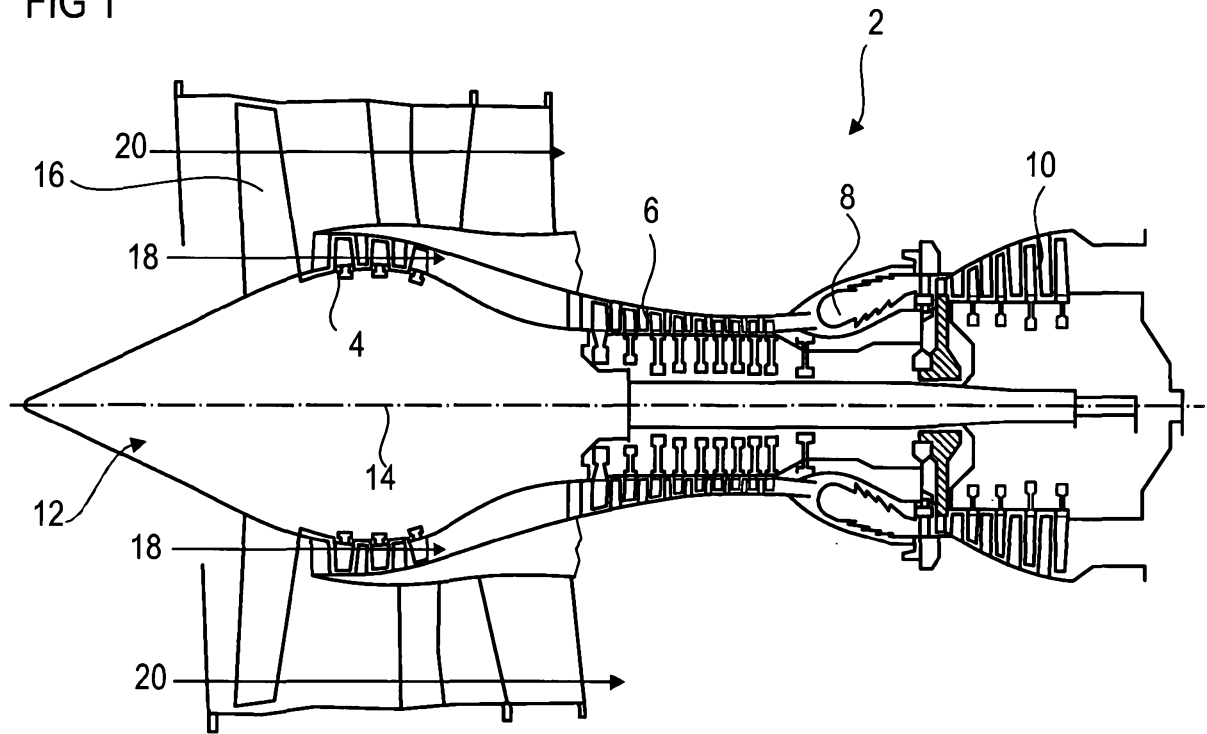
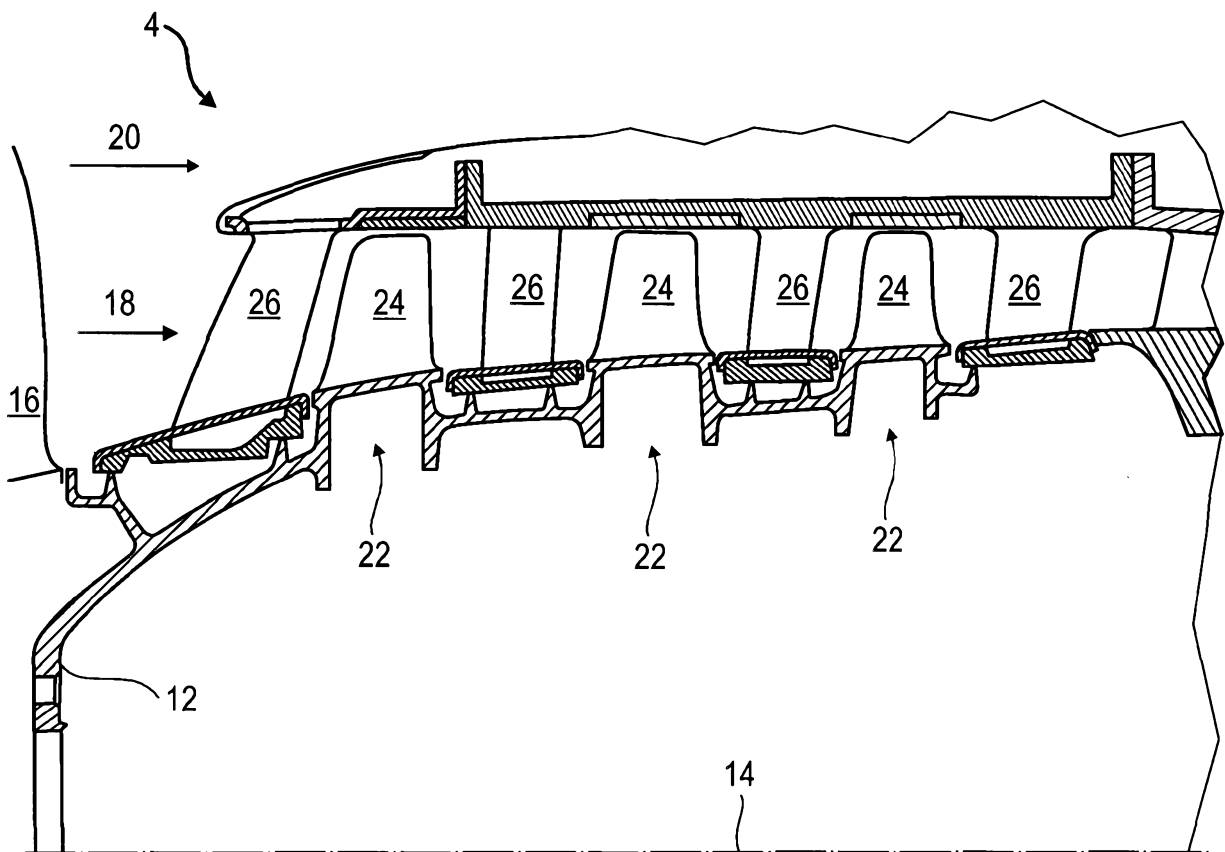


FIG 2



14

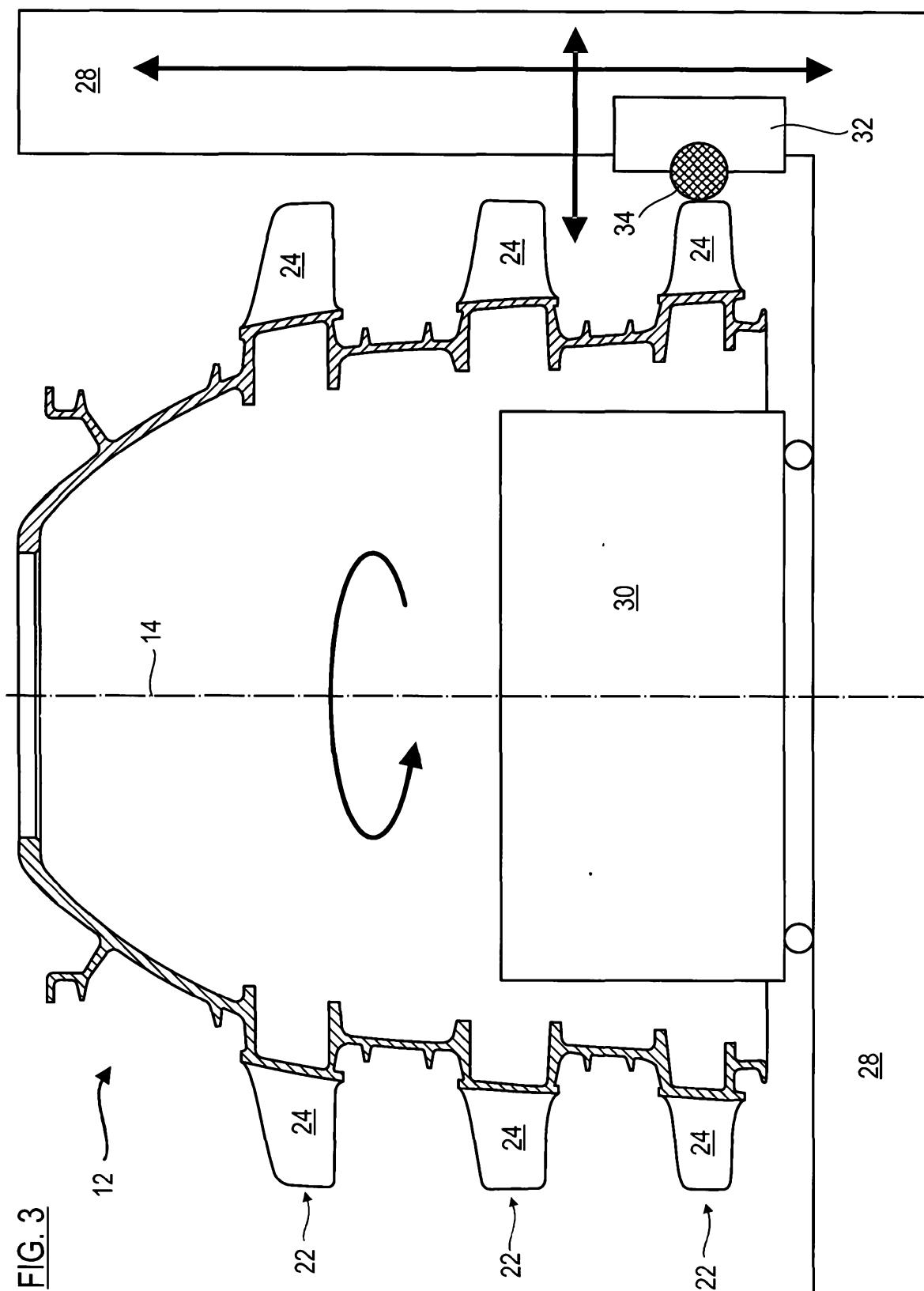


FIG. 4

