

(19)



(11)

EP 3 444 443 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
01.07.2020 Bulletin 2020/27

(51) Int Cl.:
F01D 11/12 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18186069.3**

(22) Date de dépôt: **27.07.2018**

(54) **COMPOSITION DE JOINT ABRADABLE POUR COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE**

ZUSAMMENSETZUNG EINER ANSTREIFDICHTUNG FÜR DEN KOMPRESSOR EINER
TURBOMASCHINE

ABRADABLE SEAL COMPOSITION FOR A TURBINE ENGINE COMPRESSOR

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **14.08.2017 BE 201705556**

(43) Date de publication de la demande:
20.02.2019 Bulletin 2019/08

(73) Titulaire: **Safran Aero Boosters SA
4041 Herstal (BE)**

(72) Inventeur: **SCHUSTER, Laurent
6997 Erezee (BE)**

(74) Mandataire: **Lecomte & Partners
76-78, rue de Merl
2146 Luxembourg (LU)**

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 428 600 EP-A1- 3 023 511

EP 3 444 443 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine de l'étanchéité de turbomachine par joint abradable à deux phases. L'invention propose également un procédé de réalisation d'un joint abradable. L'invention a également trait à un compresseur et à une turbomachine axiale, notamment un turboréacteur d'avion ou un turbopropulseur d'aéronef.

Technique antérieure

[0002] Les jeux mécaniques entre les têtes d'aubes rotoriques et le carter les entourant impliquent des fuites limitant les performances d'un compresseur de turbomachine. Afin de réduire ces fuites, il est impératif de rapprocher les aubes du carter tout en conservant une marge de sécurité. En effet, en cas de contact les aubes comme le carter peuvent s'endommager, et mettre en péril la sécurité de fonctionnement de la turbomachine. Ces cas de figure restent monnaie courante en raison des vibrations, des ingestions, de la force centrifuge, de la dilatation, et des désaxages du rotor notamment. Dès lors, ajouter une couche de matériau abradable à l'interface entre le carter et les aubes permet de maîtriser l'endommagement en cas de contact puisque la dégradation est concentrée dans la matière du joint qui s'effrite.

[0003] Le document EP3023511A1 divulgue une composition pour joint abradable de turbomachine, la composition comprenant une base aluminium, de la poudre de nickel, de la poudre de polyester. Il enseigne par ailleurs un carter externe de compresseur-basse pression de turbomachine axiale avec un joint abradable entourant une rangée annulaire d'aubes rotoriques. Le joint comprend un support arrondi recouvert d'une couche de matériau abradable comportant une phase métallique principalement en l'aluminium, et avec du nickel en moindre proportion. L'abradable comporte en outre de 25% et 55% d'additif, tel du polyester, du méthacrylate de méthyle, du nitrure de bore hexagonal, du fluorure de calcium. Le support est segmenté, et forme un carter externe composite à matrice organique du compresseur. Or, les caractéristiques d'un tel joint sont perfectibles. Par ailleurs, l'application du joint reste complexe.

[0004] Le document EP 1 428 600 décrit un abradable avec une phase organique/minérale et une phase métallique d'aluminium. Les caractéristiques notamment mécaniques d'un tel joint sont perfectibles.

Résumé de l'invention

Problème technique

[0005] L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif d'optimiser le carac-

tère friable du joint. L'invention a également pour objectif de proposer une solution simple, résistante, légère, économique, fiable, facile à produire, commode d'entretien, d'inspection aisée, et améliorant le rendement.

Solution technique

[0006] L'invention a pour objet une composition selon la revendication 1.

[0007] Selon des modes avantageux de l'invention, la composition peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- La phase métallique comprend en masse de 20% jusqu'à 45% de chrome.
- Le matériau polymère comprend du polyester et le matériau organique comprend nitrure de bore hexagonal.
- La phase métallique représente de 50% à 90% de la masse de la composition.
- La phase métallique représente de 82% à 90% de la masse de la composition.
- La deuxième phase représente de 10% à 50% de la masse de la composition.
- La deuxième phase représente de 10% à 25% de la masse de la composition.
- La deuxième phase comprend au moins un des matériaux suivant : le polyimide, le polyamide-imide, le polyéther-imide, le bismaléimide, du fluoroplastique, une résine à base de cétone, des cristaux liquides de polymères ; ou toutes leurs combinaisons.
- La deuxième phase comprend au moins un des matériaux suivant : le disulfure de molybdène, le graphite, le talc, la bentonite, le mica ; ou toutes leurs combinaisons.

[0008] Selon un autre mode de réalisation, l'invention a pour objet une composition pour joint d'étanchéité abradable de turbomachine, notamment en poudre, ledit joint étant apte à s'effriter en cas de contact avec un rotor de ladite turbomachine, la composition comprenant : une phase métallique avec une majorité massique d'aluminium, une deuxième phase comprenant un matériau minéral et/ou un matériau organique; remarquable en ce que la phase métallique représente entre 80% et 90% de la masse de la composition, et/ou représente au moins : 81%, ou 82% ou 83% de la masse de la composition. Selon un autre mode de réalisation, l'invention a pour objet une composition pour joint d'étanchéité abradable de turbomachine, notamment en poudre, ledit joint étant apte à s'effriter en cas de contact avec un rotor de ladite turbomachine, la composition comprenant : une phase métallique avec une majorité massique d'aluminium, une deuxième phase comprenant un matériau minéral et/ou un matériau organique; remarquable en ce que le matériau minéral représente: de 10% jusqu'à 45%, ou de 10% jusqu'à 25% de la masse de la composition.

[0009] Selon un autre mode de réalisation, l'invention a également pour objet une composition pour joint d'étanchéité abrasable de turbomachine, notamment en poudre, ledit joint étant apte à s'effriter en cas de contact avec un rotor de ladite turbomachine, la composition comprenant : une phase métallique avec une majorité massique d'aluminium, une deuxième phase comprenant un matériau minéral et/ou un matériau organique; remarquable en ce que le matériau organique représente: de 10% jusqu'à 45%, ou de 10% jusqu'à 25% de la masse de la composition.

[0010] Selon un autre mode de réalisation, l'invention a également pour objet une composition pour joint d'étanchéité abrasable de turbomachine, notamment en poudre, ledit joint étant apte à s'effriter en cas de contact avec un rotor de ladite turbomachine, la composition comprenant : une phase métallique avec une majorité massique d'aluminium, une deuxième phase; remarquable en ce que la deuxième phase comprend au moins un des matériaux suivant : le polyimide, le polyamide-imide, le polyéther-imide, le bismaléimide, du fluoroplastique, une résine à base de cétone, des cristaux liquides de polymères, le disulfure de molybdène, le graphite, le talc, la bentonite, le mica ; ou toute combinaison réalisable.

[0011] L'invention a également pour objet un compresseur, de turbomachine, notamment un compresseur basse pression de turbomachine, comprenant un rotor avec des aubes rotoriques et un joint abrasable coopérant de manière étanche avec lesdites aubes rotoriques, remarquable en ce que le joint abrasable comprend une composition conforme à l'invention.

[0012] Selon des modes avantageux de l'invention, le compresseur peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- Le compresseur comprend une paroi composite à matrice organique sur laquelle est disposé le joint abrasable, et une interface entre la paroi et le joint abrasable qui est formée par un feuillard métallique.
- Les aubes rotoriques coopérant de manière étanche avec le joint abrasable sont réalisées en titane.
- Les aubes rotoriques sont configurées pour fonctionner à une vitesse transsonique.
- L'épaisseur radiale du joint abrasable est supérieure ou égale à l'épaisseur moyenne des aubes rotoriques, et/ou supérieure ou égale à 3,00 mm.
- Le feuillard est ferreux, notamment en acier.
- La compacité du joint en matériau abrasable est supérieure ou égale à : 90%, ou 95%, ou 98%, ou 99%.

[0013] L'invention a également pour objet une turbomachine, notamment un turboréacteur, comprenant un joint abrasable, remarquable en ce que la composition du joint abrasable est conforme à l'invention, la turbomachine comprend éventuellement un compresseur conforme à l'invention.

[0014] L'invention a également pour objet un procédé,

de réalisation d'un joint d'étanchéité abrasable de turbomachine, notamment de turboréacteur, le joint comportant une paroi arquée et une composition abrasable appliquée contre la paroi arquée, le procédé comprenant les étapes suivantes : (a) fourniture ou réalisation d'une paroi arquée ; (f) application par projection thermique d'une composition de joint d'étanchéité abrasable contre la paroi arquée, ladite composition comprenant une majorité d'aluminium dans une phase métallique, et une deuxième phase ; remarquable en ce qu'à l'étape (f) application, la phase métallique comprend en outre du nickel, éventuellement au début et/ou à la fin de l'étape (f) application la composition est conforme à l'invention.

[0015] Selon un mode avantageux de l'invention, lors de l'étape (f) application, la composition est appliquée par projection plasma.

[0016] De manière générale, les modes avantageux de chaque objet de l'invention sont également applicables aux autres objets de l'invention. Chaque objet de l'invention est combinable aux autres objets, et les objets de l'invention sont également combinables aux modes de réalisation de la description, qui en plus sont combinables entre eux, selon toutes les combinaisons techniques possibles, à moins que le contraire ne soit explicitement mentionné.

Avantages apportés

[0017] La présence de chrome dans la composition abrasable apporte un meilleur ancrage sur un support. Par exemple, la cohésion avec le feuillard métallique est améliorée, notamment collé sur un carter composite à matrice organique. En parallèle, le comportement friable de l'abrasable qui en résulte suite à la projection plasma augmente. Ceci est notamment dû à un meilleur mélange de la portion métallique et de la deuxième portion. Chacune d'elles forme des grains de taille réduite par rapport à l'état de l'art. La géométrie et les surfaces des grains montrent éventuellement une meilleure interpénétration.

Breve description des dessins

[0018]

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 joint abrasable de turbomachine selon l'invention.

La figure 4 illustre un diagramme d'un procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abrasable de turbomachine selon l'invention.

Description des modes de réalisation

[0019] Dans la description qui va suivre, les termes « interne » et « 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. La direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'amont et l'aval sont en référence au sens d'écoulement principal du flux dans la turbomachine.

[0020] Par phase métallique, on peut entendre la propriété physique du matériau.

[0021] Par matériau abrasable, on entend un matériau apte à s'effriter au contact d'un élément rotorique de turbomachine. Ce matériau peut être apte pour y concentrer l'usure et la déformation tout en préservant l'intégrité du rotor.

[0022] 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 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 stator. 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 l'entrée de la chambre de combustion 8.

[0023] 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 en un flux secondaire 20 traversant un conduit annulaire (partiellement représenté) le long de la machine pour ensuite rejoindre le flux primaire en sortie de turbine.

[0024] Le flux secondaire peut être accéléré de sorte à générer une réaction de poussée nécessaire au vol d'un avion. Les flux primaire 18 et secondaire 20 sont des flux annulaires coaxiaux et emmanchés l'un dans l'autre. Ils sont canalisés par le carter de la turbomachine et/ou des viroles. A cet effet, le carter présente des parois cylindriques 21 qui peuvent être internes et externes.

[0025] 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 de la soufflante 16 et le bec de séparation 22 du flux primaire 18 et du flux secondaire 20. Le rotor 12 comprend plusieurs rangées d'aubes rotoriques 24, en l'occurrence trois.

[0026] Le compresseur basse-pression 4 comprend plusieurs redresseurs, en l'occurrence quatre, qui contiennent chacun une rangée d'aubes statoriques 26. Certaines aubes statoriques peuvent être à orientation réglable, également appelé aubes à calage variable. 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, notamment en pression statique.

[0027] Le compresseur 4 peut comprendre un carter externe 28. Celui-ci peut comprendre une paroi arquée 30. Cette paroi 30 peut décrire une boucle fermée monobloc autour de l'axe de rotation 14, ou être formée de demi-coquilles, ou encore de demi-cercles.

[0028] Le carter 28, et notamment sa paroi 30 peuvent être réalisés en un matériau composite à matrice organique. La matrice peut être renforcée par des fibres, éventuellement sous la forme d'une préforme. Le renfort peut comprendre des plis fibreux, par exemple à fibres de carbone ou à fibres de verre.

[0029] Les aubes statoriques 26 s'étendent essentiellement radialement depuis la paroi 30, et peuvent y être fixées et immobilisées à l'aide d'axes 32. Optionnellement, les aubes statoriques 26 comprennent des plateformes de fixation 34, qui éventuellement, reçoivent les axes de fixation 32. Les aubes comme les plateformes peuvent être en titane.

[0030] Le stator, via son carter 28, reçoit au moins un joint d'étanchéité annulaire 36, éventuellement un joint d'étanchéité annulaire 36 autour de chaque rangée annulaire d'aubes rotoriques 24. Au moins un ou plusieurs ou chaque joint annulaire 36 peut être un joint d'étanchéité abrasable avec une couche annulaire de matériau d'abrasable 38. Ainsi, les joints sont des joints abrasables d'étanchéité 36, ils participent à la réduction des fuites en autorisant un rapprochement entre les aubes 24 et le carter 28..

[0031] Optionnellement, des viroles internes 40 sont reliées aux extrémités internes des aubes statoriques 26. Ces viroles 40 peuvent également recevoir un joint abrasable tel que décrit dans la présente invention, et coopérant avec le rotor 12 de manière étanche.

[0032] La figure 3 représente un joint d'étanchéité abrasable 36 de compresseur tel que celui de la figure 2. Y est représentée une paroi 34 de carter 28, ou support 28, une couche abrasable 38 de joint d'étanchéité 36 qui y est appliquée, et une extrémité d'aube rotorique 24 entre deux aubes statoriques 26.

[0033] La couche abrasable 38 s'étend d'une plateforme 34 d'aube 26 à l'autre, qui appartient à une rangée voisine disposée en amont ou en aval. Au moins un ou chaque joint abrasable peut être en contact du matériau des plateformes d'aubes, éventuellement en contact électrique.

[0034] La couche abrasable 38 peut être appliquée à même la paroi 30 du carter 28. Ou encore, le joint 36 peut comprendre une couche intercalaire entre le support et la couche abrasable 38. La couche intercalaire peut être un feuillard 42, telle une tôle d'acier, ou une tôle de nickel. Le feuillard 42 peut être perforé et/ou découpé. Il peut être d'épaisseur constante. La couche abrasable 38 peut être plus épaisse que le feuillard 42.

[0035] Le feuillard 42 peut être collé à la paroi 30, et/ou être maintenu grâce aux plateformes 34 des aubes 26. Optionnellement, les bords amont et/ou aval du feuillard

42 sont pincés entre les plateformes 34 et la paroi 30.

[0036] La couche abrasable 38 présente une surface interne 44 en contact du flux primaire 18. Sa surface 44 guide et délimite le flux primaire 18 au cours de sa compression. Elle peut affleurer les surfaces internes des plateformes 34.

[0037] La composition du matériau formant la couche abrasable 38 et donc le joint d'étanchéité 36 peut comprendre au moins deux phases mélangées, à savoir une phase métallique et une deuxième phase. La deuxième phase peut être minérale et/ou organique. L'abrasable peut être composite ; et/ou granuleux ; et/ou avec des espaces comblés par certains de ses constituants. La deuxième phase peut former un lubrifiant.

[0038] La phase métallique comprend principalement de l'aluminium. La phase métallique de la composition est à base aluminium. C'est-à-dire que parmi les métaux de l'abrasable, celui dont la masse est la plus importante est l'aluminium. La prépondérance de l'aluminium optimise la masse du joint 36. La phase métallique peut également comprendre du chrome, en proportion massique inférieure à celle de l'aluminium.

[0039] La phase métallique peut comprendre entre 20% et 45% de chrome ; et entre 55% et 80% d'aluminium. L'aluminium et le chrome peuvent être les deux seuls métaux dont chacune des masses représente au moins 0,10%, ou au moins 1% de la masse de la composition. Eventuellement, la phase métallique peut être constituée d'aluminium et de chrome.

[0040] Optionnellement, la phase métallique peut également comprendre du nickel, notamment en proportion massique inférieure à celle du chrome, par exemple deux fois inférieure.

[0041] A titre d'exemple, la phase métallique peut comprendre, en masse, 10% de chrome et/ou 5% de nickel ; ou encore, en masse, 30% de chrome et 10% de nickel.

[0042] En outre, la phase métallique peut éventuellement comprendre du fer, du cuivre, du zinc, du manganèse, du magnésium, des impuretés ; ces composants représentant chacun ou en tout entre 1% et 0,1% de la masse de la phase métallique.

[0043] Le matériau organique de la deuxième phase de la composition peut comprendre du polymère, tel que du polyester, du polyimide, du polyamide-imide, du polyéther-imide, du bismaléimide, du fluoroplastique, une résine à base de cétone, des cristaux liquides de polymères ; ou toutes leurs éventuelles combinaisons possibles.

[0044] La deuxième phase peut également comprendre du nitrure de bore hexagonal, du fluorure de calcium, du disulfure de molybdène, du graphite, du talc, de la bentonite, du mica ; ou toutes leur éventuelles combinaisons possibles. Ces matériaux peuvent être considérés comme des matériaux minéraux.

[0045] La deuxième phase peut comprendre un mélange d'au moins un matériau minéral avec au moins un matériau organique.

[0046] La masse de la deuxième phase peut

représenter : de 5% jusqu'à 50%, ou de 15% jusqu'à 25%, éventuellement 20% de la masse de la composition. La phase métallique peut représenter la majorité du volume de la couche abrasable, ainsi, la phase métallique peut y former une matrice recevant la deuxième phase.

[0047] Eventuellement, la couche abrasable peut être formée de grains de poudres métalliques dont les espaces inter-grains sont comblés par la deuxième phase. L'espace vide dans la couche abrasable est inférieur à 1%, préférentiellement inférieur à 0,1%.

[0048] La figure 4 représente un diagramme d'un procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abrasable de turbomachine axiale tel que présenté en figures 2 et/ou 3. Le joint peut être employé sur un compresseur, notamment basse-pression, tel que détaillé en relation avec les figures 1 et/ou 2.

[0049] Le procédé comprend les étapes suivantes, éventuellement réalisées dans l'ordre suivant :

- (a)- fourniture ou fabrication 100 d'une paroi arquée, telle celle d'un carter externe de compresseur, ladite paroi matérialisant un support,
- (b)- fourniture ou fabrication 102 d'aubes statoriques avec des plateformes ;
- (c)- fourniture ou fabrication 104 d'un feuillard ;
- (d)- mise en place 106 du feuillard contre le carter, notamment contre la surface interne de la paroi arquée ;
- (e)- fixation 108 des aubes via leurs plateformes sur la paroi arquée en formant des rangées annulaires ;
- (f)- application 110 d'une composition d'abrasable sur la paroi arquée entre les rangées annulaires de plateformes de sorte à recouvrir le feuillard.

[0050] Au début de l'étape (f) application 110, la composition présente une phase métallique avec principalement de l'aluminium, par exemple sous forme de poudre. L'aluminium peut être pur, ou sous forme d'alliage. Le même s'applique au chrome.

[0051] La composition peut également comprendre du chrome et éventuellement un deuxième métal ; tous deux en poudres. La masse de chrome représente au moins : 20%, ou 21%, ou 22%, ou 23% de la phase métallique. La composition de la poudre peut correspondre à la composition chimique de la couche abrasable présenté ci-dessus.

[0052] A l'issue de l'étape (f) application 110, au moins un ou chaque composé de la composition reste sous forme de poudre, ou au moins un des composés a fondu, ou chaque composé a fondu.

[0053] Eventuellement, certains, ou au moins un, ou chaque type de grain de poudre est essentiellement plein. Chaque grain peut former un matériau homogène.

[0054] Optionnellement, un type de grain est creux, par exemple les grains d'aluminium ou de chrome.

[0055] Lors de l'étape (f) application 110, la composition peut être appliquée sur le carter, donc contre la paroi

arquée, par projection plasma. Une telle technique thermique est bien connue de l'homme du métier, elle peut être effectuée de manière similaire à celle divulguée dans le document EP 1 010 861 A2. La poudre de la deuxième phase peut être introduite dans le jet du plasma en aval des poudres métalliques. D'autres techniques sont envisageables. Alternativement, la composition peut être appliquée sur le support par frittage, éventuellement avec un chauffage prolongé. Dans cette alternative, certains grains peuvent garder leurs formes initiales.

[0056] Les étapes : (b) fourniture 102 d'aubes statoriques ; (c) fourniture ou fabrication 104 d'un feuillard ; (d) mise en place 106 du feuillard contre le carter, notamment contre la surface interne de la paroi arquée ; (e) fixation 108 des aubes ; sont entièrement optionnelles selon l'invention. En effet, la composition d'abradable peut être appliquée sur un support libre d'aubes et/ou libre de feuillard. Par exemple, l'étape (f) application 110 peut s'effectuer dans une gorge formée dans l'épaisseur de la paroi arquée ; et/ou directement sur la surface interne de la paroi arquée.

[0057] Les caractéristiques définies en relation avec la composition peuvent s'appliquer au joint, et inversement.

Revendications

1. Composition pour joint d'étanchéité abradable (36) de turbomachine (2), notamment en poudre, ledit joint (36) étant apte à s'effriter en cas de contact avec un rotor (12) de ladite turbomachine (2), la composition comprenant :

- une phase métallique avec une majorité massique d'aluminium,
- une deuxième phase comprenant un matériau minéral et/ou un matériau organique;

caractérisée en ce que

la phase métallique comprend en outre du chrome et du nickel, la phase métallique comprenant en masse plus de chrome que de nickel.

2. Composition selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la phase métallique comprend en masse de 20% jusqu'à 45% de chrome.
3. Composition selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** le matériau organique comprend du polyester et le matériau minéral comprend nitrure de bore hexagonal.
4. Composition selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la phase métallique représente de 82% à 90% de la masse de la composition.
5. Composition selon l'une des revendications 1 à 4,

caractérisée en ce que la deuxième phase représente de 10% à 25% de la masse de la composition.

6. Composition selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** la deuxième phase comprend au moins un des matériaux suivants : le polyimide, le polyamide-imide, le polyéther-imide, le bismaléimide, du fluoroplastique, une résine à base de cétone, des cristaux liquides de polymères ; ou toutes leurs combinaisons.
7. Composition selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** la deuxième phase comprend au moins un des matériaux suivants : le disulfure de molybdène, le graphite, le talc, la bentonite, le mica ; ou toutes leurs combinaisons.
8. Compresseur (4 ; 6) de turbomachine (2), notamment un compresseur basse-pression de turbomachine (2), comprenant un rotor (12) avec des aubes rotoriques (24) et un joint abradable (36) coopérant de manière étanche avec lesdites aubes rotoriques (24), **caractérisé en ce que** le joint abradable (36) comprend une composition conforme à l'une des revendications 1 à 7.
9. Compresseur (4 ; 6) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le compresseur comprend une paroi (30) composite à matrice organique sur laquelle est disposé le joint abradable (36), et une interface entre la paroi (30) et le joint abradable (36) qui est formée par un feuillard métallique (42).
10. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 8 à 9, **caractérisé en ce que** les aubes rotoriques (24) coopérant de manière étanche avec le joint abradable (36) sont réalisées en titane.
11. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** les aubes rotoriques (24) sont configurées pour fonctionner à une vitesse transsonique.
12. Compresseur (4 ; 6) selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** l'épaisseur radiale du joint abradable (36) est supérieure ou égale à l'épaisseur moyenne des aubes rotoriques (24), et/ou supérieure ou égale à 3,00 mm.
13. Turbomachine (2), notamment un turboréacteur, comprenant un joint abradable (36), **caractérisée en ce que** la composition du joint abradable (36) est conforme à l'une des revendications 1 à 7, la turbomachine (2) comprend éventuellement un compresseur (4 ; 6) conforme à l'une des revendications 8 à 12.
14. Procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abra-

dable (36) de turbomachine (2), notamment de turboréacteur, le joint (36) comportant une paroi arquée (30) et une composition abrasable appliquée contre la paroi arquée (30), le procédé comprenant les étapes suivantes :

- (a) fourniture ou réalisation (100) d'une paroi arquée (30);
- (f) application (110) par projection thermique d'une composition de joint d'étanchéité abrasable (36) contre la paroi arquée (30), ladite composition comprenant une majorité d'aluminium dans une phase métallique, et une deuxième phase ;

caractérisé en ce qu'à l'étape (f) application (110), la phase métallique comprend en outre du nickel, éventuellement au début et/ou à la fin de l'étape (f) application (110) la composition est conforme à l'une des revendications 1 à 7.

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** lors de l'étape (f) application (110), la composition est appliquée par projection plasma.

Patentansprüche

1. Zusammensetzung für eine abreibbare Dichtung (36) einer Turbomaschine (2), insbesondere in Pulverform, wobei die Dichtung (36) im Falle eines Kontakts mit einem Rotor (12) der Turbomaschine (2) zerbröckeln kann, wobei die Zusammensetzung Folgendes umfasst:

- eine metallische Phase mit einer Massenmehrheit von Aluminium,
- eine zweite Phase, die ein mineralisches Material und/oder ein organisches Material enthält;

dadurch gekennzeichnet ist, dass

die Metallphase außerdem Chrom und Nickel enthält, wobei die Metallphase mehr Masse Chrom als Nickel enthält.

2. Zusammensetzung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die metallische Phase von 20 % bis 45 % Masse Chrom enthält.
3. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das organische Material Polyester und das anorganische Material hexagonales Bornitrid enthält.
4. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallphase 82 % bis 90 % der Masse der Zusammensetzung ausmacht.

5. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Phase 10 % bis 25 % der Masse der Zusammensetzung ausmacht.

6. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Phase mindestens eines der folgenden Materialien enthält: Polyimid, Polyamidimid, Polyetherimid, Bismaleimid, Fluorkunststoff, Harz auf Ketonbasis, polymere Flüssigkristalle; oder eine beliebige Kombination daraus.

7. Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Phase mindestens eines der folgenden Materialien enthält: Molybdädisulfid, Graphit, Talkum, Bentonit, Glimmer; oder eine beliebige Kombination daraus.

8. Kompressor (4; 6) einer Turbomaschine (2), insbesondere ein Niederdruckkompressor einer Turbomaschine (2), mit einem Rotor (12) mit Rotorschaukeln (24) und einer abreibbaren Dichtung (36), die mit den genannten Rotorschaukeln (24) abdichtend zusammenwirkt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abreibbare Dichtung (36) eine Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist.

9. Kompressor (4; 6) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor eine Wand (30) mit organischer Matrix umfasst, auf der die abreibbare Dichtung (36) angeordnet ist sowie eine Grenzfläche zwischen der Wand (30) und der abreibbaren Dichtung (36), die durch einen Metallstreifen (42) gebildet wird.

10. Kompressor (4; 6) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorschaukeln (24), die abdichtend mit der abreibbaren Dichtung (36) zusammenwirken, aus Titan hergestellt sind.

11. Kompressor (4; 6) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorschaukeln (24) so ausgelegt sind, dass sie mit Überschallgeschwindigkeit arbeiten.

12. Kompressor (4; 6) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radiale Dicke der abreibbaren Dichtung (36) größer oder gleich der mittleren Dicke der Rotorblätter (24) und/oder größer oder gleich 3,00 mm ist.

13. Turbomaschine (2), insbesondere ein Turbostrahltriebwerk, mit einer abreibbaren Dichtung (36), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung der abreibbaren Dichtung (36) einem der Ansprüche 1 bis 7 entspricht, wobei die Turbomaschine

(2) gegebenenfalls einen Kompressor (4; 6) aufweist, der einem der Ansprüche 8 bis 12 entspricht.

14. Verfahren zur Herstellung einer abreibbaren Dichtung (36) für eine Turbomaschine (2), insbesondere für ein Turboluftstrahltriebwerk, wobei die Dichtung (36) eine bogenförmige Wand (30) und eine an die bogenförmige Wand (30) aufgebrachte abreibbare Zusammensetzung aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

(a) Lieferung oder Bau (100) einer gewölbten Wand (30);

(f) Auftragen (110) einer abreibbaren Dichtungszusammensetzung (36) an die bogenförmige Wand (30) durch thermisches Spritzen, wobei die Zusammensetzung eine Mehrheit von Aluminium in einer metallischen Phase und eine zweite Phase umfasst;

dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (f) Auftragen (110) die metallische Phase unter anderem Nickel enthält,

die Zusammensetzung wahlweise zu Beginn und/oder am Ende von Schritt (f) Auftragen (110) einem der Ansprüche 1 bis 7 entspricht.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt (f) Auftragen (110) die Zusammensetzung durch Plasmaspritzen aufgetragen wird.

Claims

1. Composition for an abrasible seal (36) for a turbomachine (2), in particular in powder form, said seal (36) being able to crumble in the event of contact with a rotor (12) of said turbomachine (2), the composition comprising:

- a metallic phase with a mass majority of aluminium,
- a second phase comprising a mineral material and/or an organic material;

characterised in that

the metal phase further comprises chromium and nickel, the metal phase comprising more chromium than nickel in mass.

2. Composition according to claim 1, **characterised in that** the metallic phase comprises in mass from 20% to 45% chromium.
3. A composition according to one of claims 1 to 2, **characterised in that** the organic material comprises polyester and the mineral material comprises hex-

agonal boron nitride.

4. Composition according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the metal phase accounts for 82% to 90% of the mass of the composition.

5. A composition according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the second phase amounts to 10% to 25% of the mass of the composition.

6. A composition according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the second phase comprises at least one of the following materials: polyimide, polyamide-imide, polyetherimide, bismaleimide, fluoroplastic, ketone based resin, polymer liquid crystals; or any combinations thereof.

7. A composition according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the second phase comprises at least one of the following materials: molybdenum disulfide, graphite, talc, bentonite, mica; or any combination thereof.

8. Compressor (4; 6) of a turbomachine (2), in particular a low-pressure compressor of a turbomachine (2), comprising a rotor (12) with rotor blades (24) and an abrasible seal (36) cooperating in a sealed manner with said rotor blades (24), **characterised in that** the abrasible seal (36) comprises a composition complying with one of claims 1 to 7.

9. A compressor (4; 6) according to claim 8, **characterised in that** the compressor comprises an organic matrix composite wall (30) on which the abrasible seal (36) is disposed, and an interface between the wall (30) and the abrasible seal (36) which is formed by a metal strip (42).

10. Compressor (4; 6) according to one of claims 8 to 9, **characterised in that** the rotor blades (24) cooperating in a sealing manner with the abrasible seal (36) are made of titanium.

11. A compressor (4; 6) according to one of claims 8 to 10, **characterised in that** the rotor blades (24) are configured to operate at a transonic speed.

12. Compressor (4; 6) according to one of claims 8 to 11, **characterised in that** the radial thickness of the abrasible seal (36) is greater than or equal to the average thickness of the rotor blades (24), and/or greater than or equal to 3.00 mm.

13. Turbomachine (2), in particular a turbojet engine, comprising an abrasible seal (36), **characterised in that** the composition of the abrasible seal (36) complies with one of claims 1 to 7, the turbomachine (2) optionally comprising a compressor (4; 6) com-

plying with one of claims 8 to 12.

14. A method of making an abradable seal (36) for a turbomachine (2), in particular a turbojet engine, the seal (36) comprising an arcuate wall (30) and an abradable composition applied against the arcuate wall (30), the method comprising the following steps: 5

(a) supply or construction (100) of an arcuate wall (30); 10

(f) applying (110) by thermal spraying of an abradable seal composition (36) against the arcuate wall (30), said composition comprising a majority of aluminium in a metallic phase, and a second phase; 15

characterised in that during the application (110) step (f), the metallic phase also includes nickel, optionally at the beginning and/or at the end of the application (110) step (f) the composition is in accordance with one of claims 1 to 7. 20

15. Process according to claim 14, **characterised in that** in the application (110) step (f) the composition is applied by plasma spraying. 25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

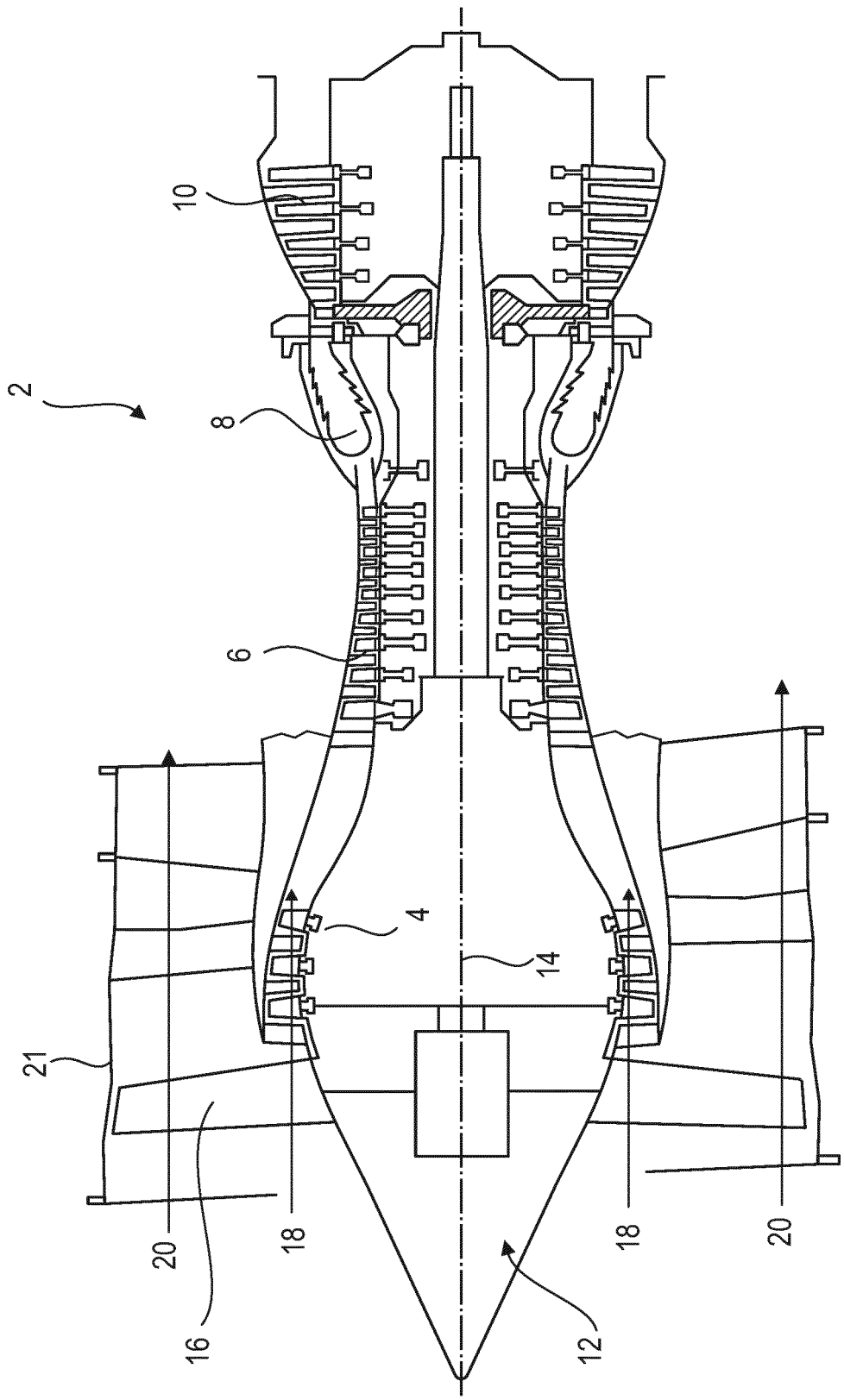


FIG. 2

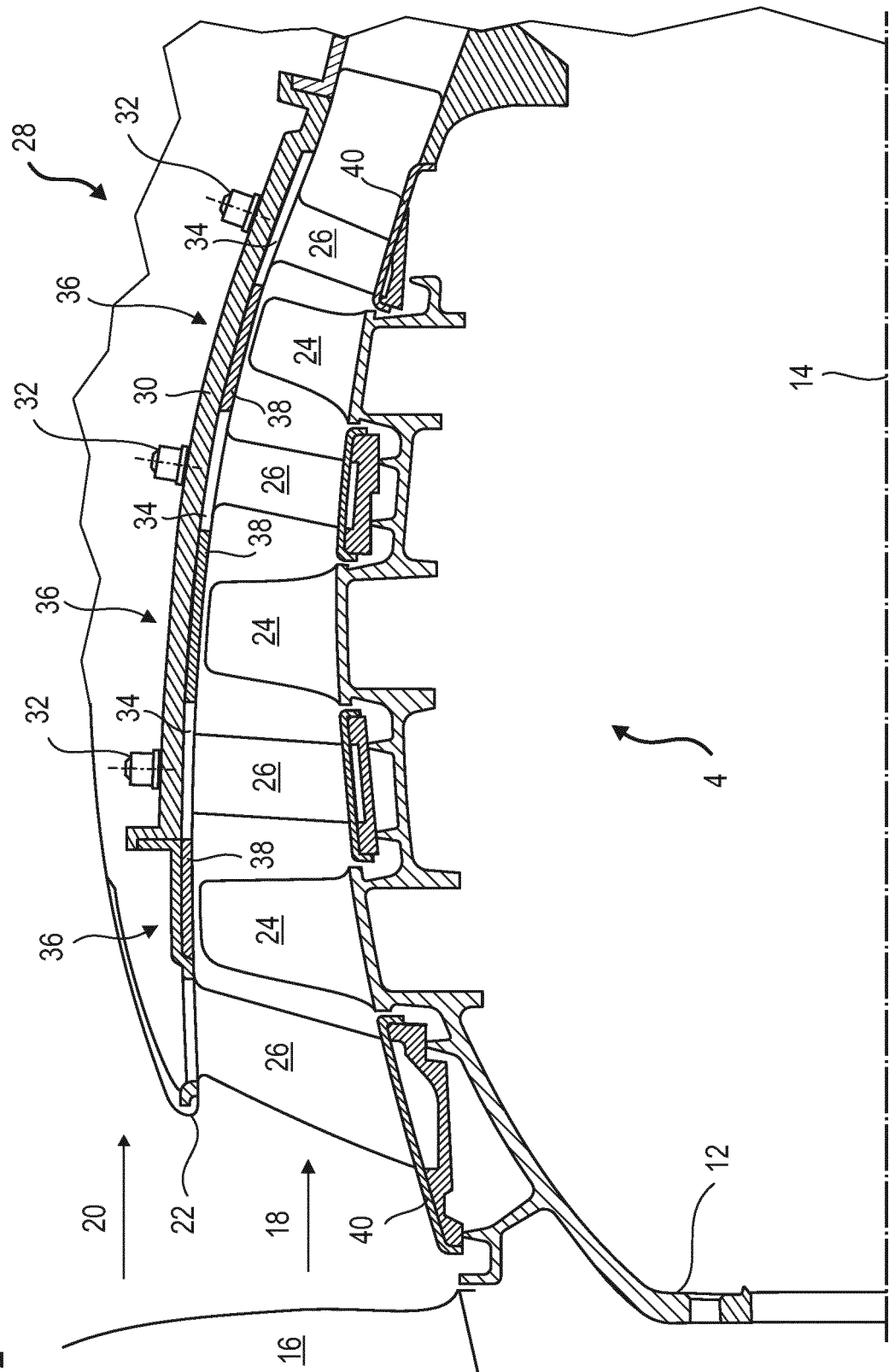


FIG. 3

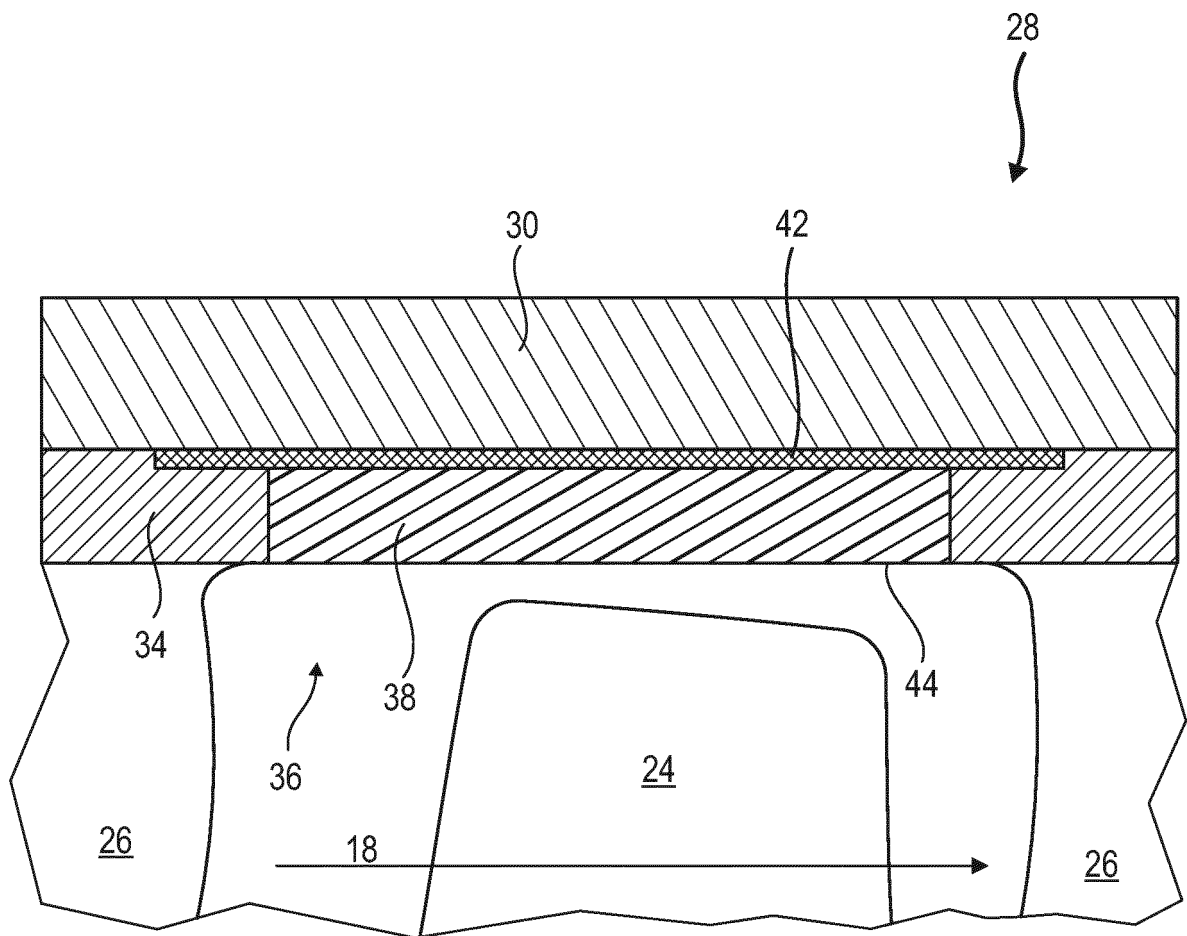
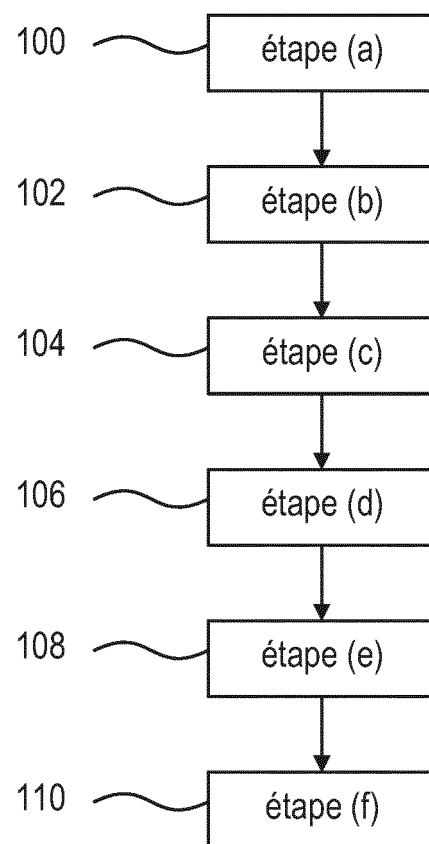


FIG. 4



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 3023511 A1 **[0003]**
- EP 1428600 A **[0004]**
- EP 1010861 A2 **[0055]**