(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 444 443 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

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

(21) Numéro de dépôt: **18186069.3**

(22) Date de dépôt: **27.07.2018**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

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

(71) Demandeur: **Safran Aero Boosters SA**
4041 Herstal (BE)

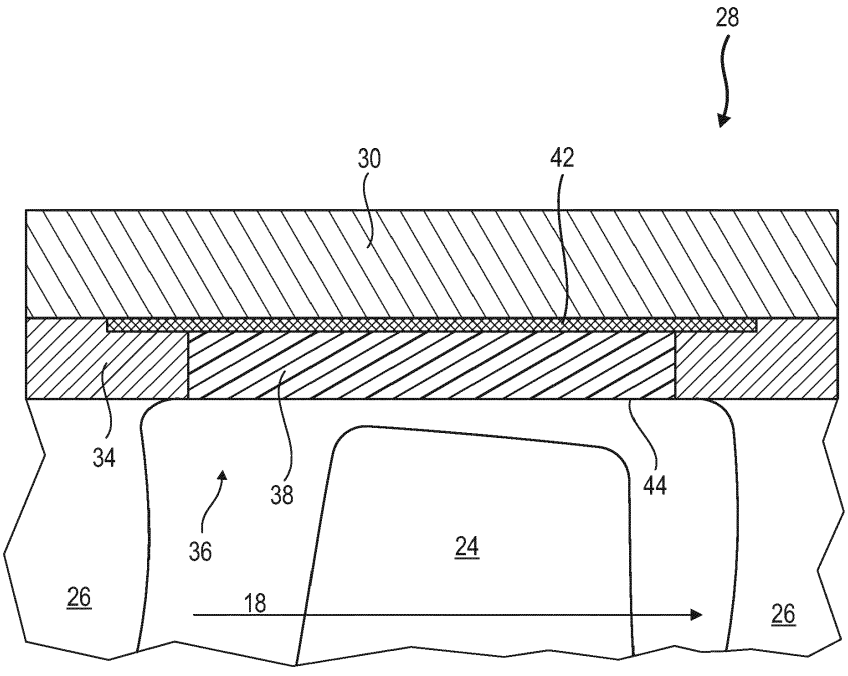
(72) Inventeur: **SCHUSTER, Laurent**
6997 Erezee (BE)

(74) Mandataire: **Lecomte & Partners**
P.O. Box 1623
1016 Luxembourg (LU)

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

(57) L'invention a pour objet une composition pour joint d'étanchéité abradable (36) de turbomachine, notamment en poudre, ledit joint (36) étant apte à s'effriter en cas de contact avec un rotor de ladite turbomachine. Le joint est formé sur la paroi arquée (30) d'un carter support (28). La composition comprend : une phase métallique majoritaire avec une majorité massique d'aluminium et du chrome, une deuxième phase minoritaire comprenant un matériau minéral et/ou un matériau organique. L'invention a également pour objet un procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abradable (36) de turbomachine, notamment pour un compresseur basse-pression du turboréacteur, également appelé booster.

FIG. 3



EP 3 444 443 A1

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 caractère 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 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 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 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; 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 abradable coopérant de manière étanche avec lesdites aubes rotoriques, remarquable en ce que le joint abradable 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 abradable, et une interface entre la paroi et le joint abradable qui est formée par un feuillard métallique.
- Les aubes rotoriques coopérant de manière étanche avec le joint abradable sont réalisées en titane.
- Les aubes rotoriques sont configurées pour fonctionner à une vitesse transsonique.
- L'épaisseur radiale du joint abradable 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 abradable 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 abradable, remarquable en ce que la composition du joint abradable 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 abradable de turbomachine, notamment de turboréacteur, le joint comportant une paroi arquée et une composition abradable 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 abradable 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 abradable 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'abradable qui en résulte suite à la projection plasma augmente. Ceci est notamment dû 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.

Brève 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 abradable de turbomachine selon l'invention.

La figure 4 illustre un diagramme d'un procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abradable 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 abradable, 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 réalisé 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 abradable avec une couche annulaire de matériau d'abradable 38. Ainsi, les joints sont des joints abradable 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 abradable 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 abradable 36 de compresseur tel que celui de la figure 2. Y est représentée une paroi 34 de carter 28, ou support 28, une couche abradable 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 abradable 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 abradable peut être en contact du matériau des plateformes d'aubes, éventuellement en contact électrique.

[0034] La couche abradable 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 abradable 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 abradable 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 abradable 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 abradable 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'abradable 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'abradable, 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 abradable, ainsi, la phase métallique peut y former une matrice recevant la deuxième phase.

[0047] Eventuellement, la couche abradable peut être formée de grains de poudres métalliques dont les espaces inter-grains sont comblés par la deuxième phase.

[0048] L'espace vide dans la couche abradable est inférieur à 1%, préférentiellement inférieur à 0,1%.

[0049] La figure 4 représente un diagramme d'un procédé de réalisation d'un joint d'étanchéité abradable 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.

[0050] 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'abradable sur la paroi arquée entre les rangées annulaires de plateformes de sorte à recouvrir le feuillard.

[0051] 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.

[0052] 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 abradable présenté ci-dessus.

[0053] 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.

[0054] Eventuellement, certains, ou au moins un, ou chaque type de grain de poudre est essentiellement plein. Chaque grain peut former un matériau homogène.

[0055] Optionnellement, un type de grain est creux, par exemple les grains d'aluminium ou de chrome.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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 abradable 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 abradable (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.

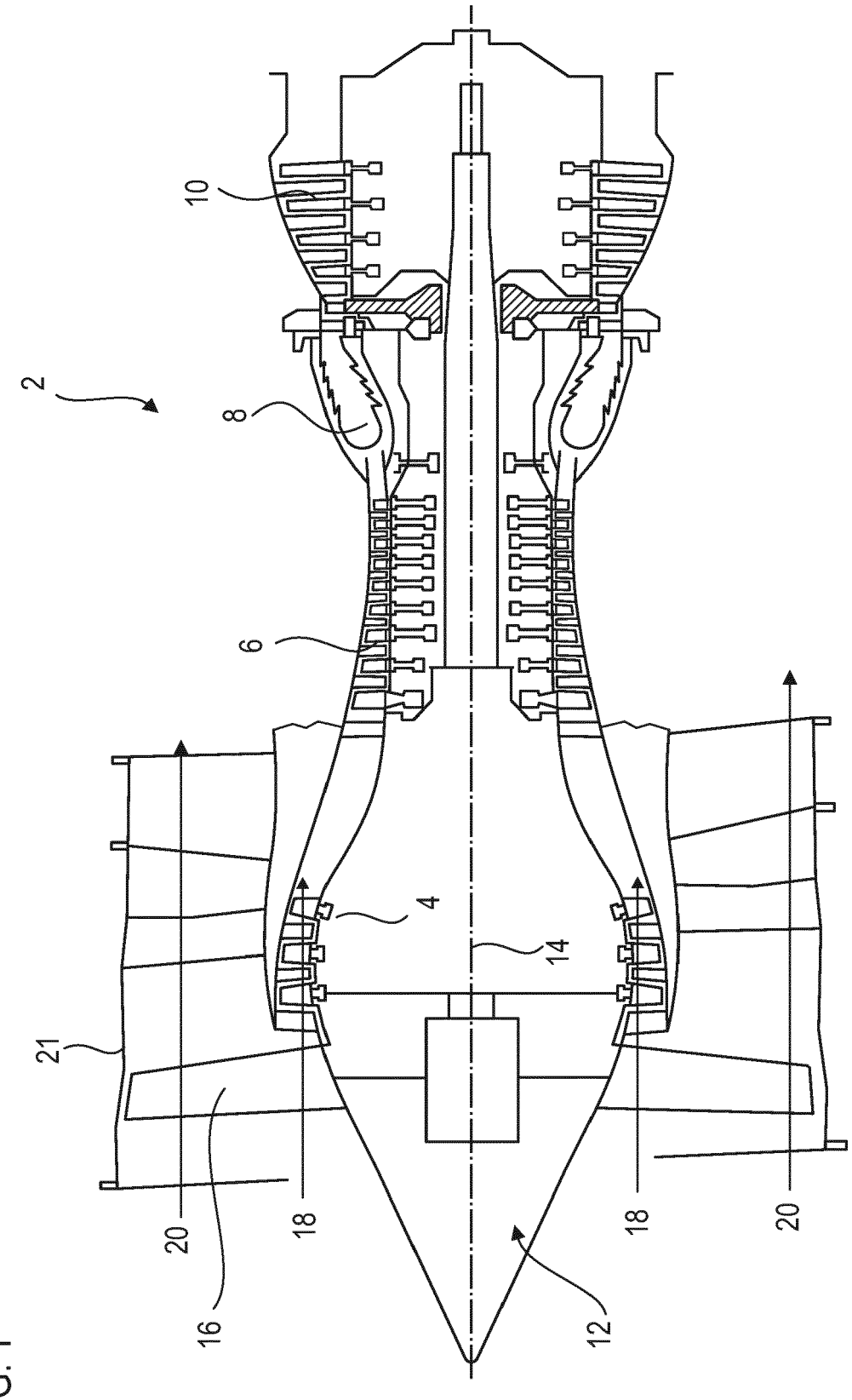


FIG. 1

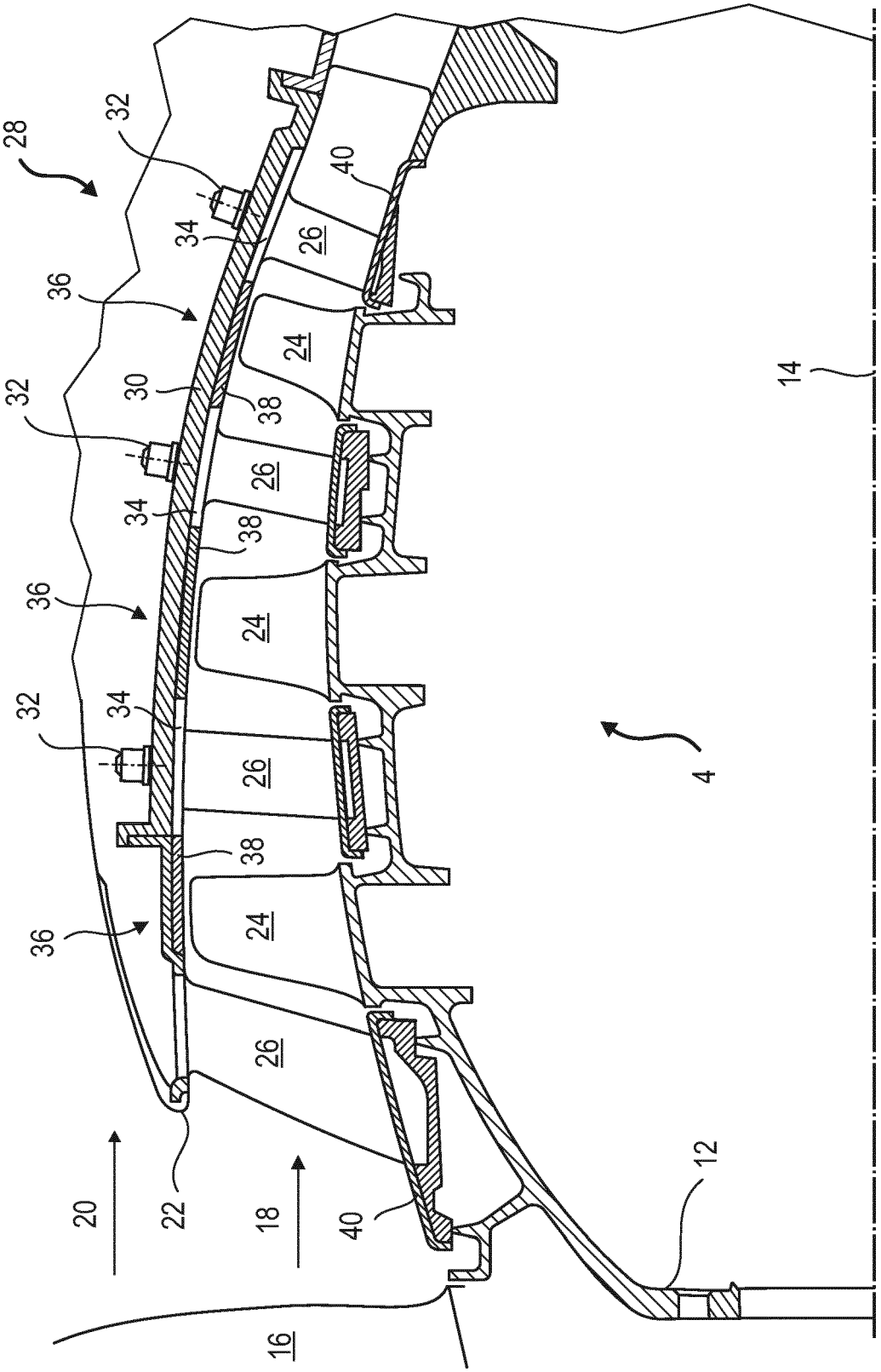


FIG. 2

FIG. 3

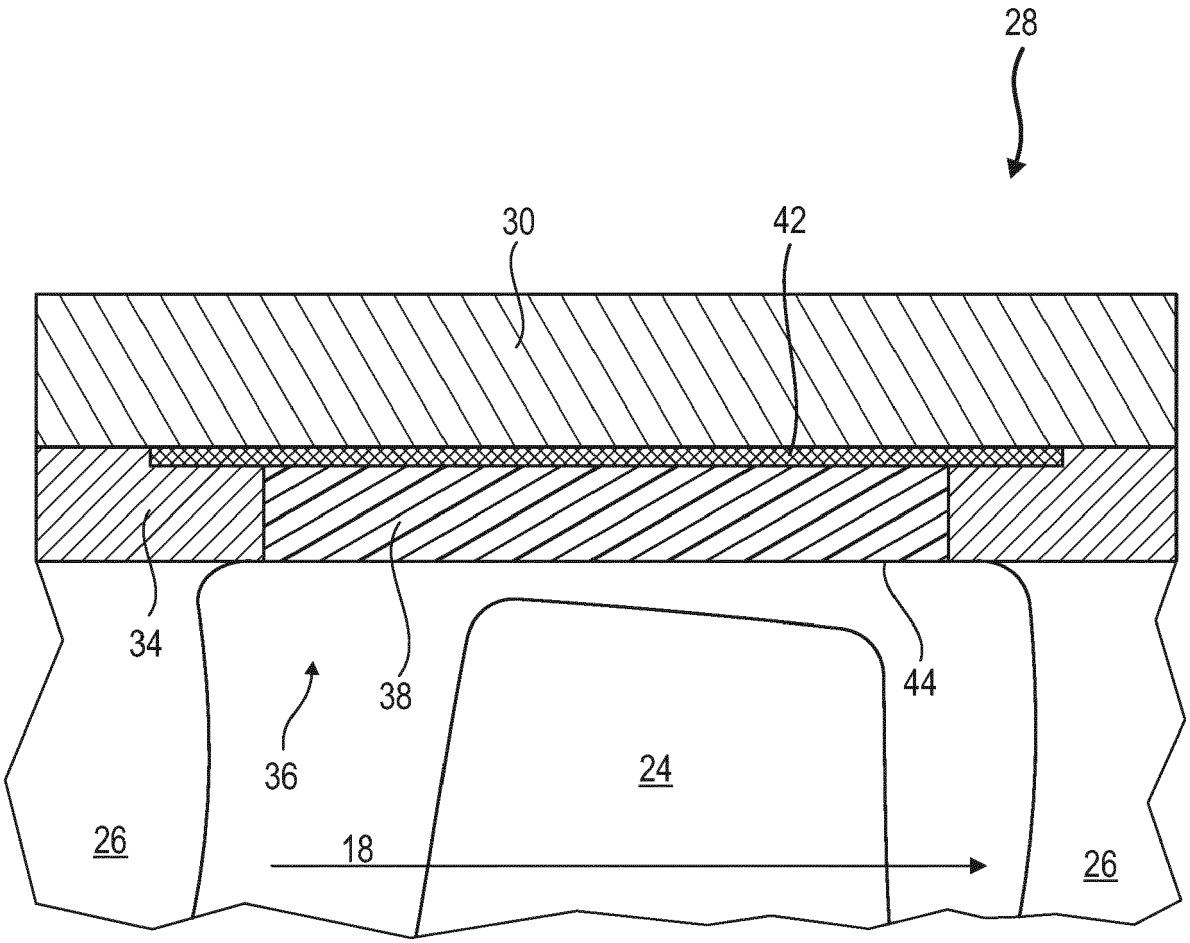
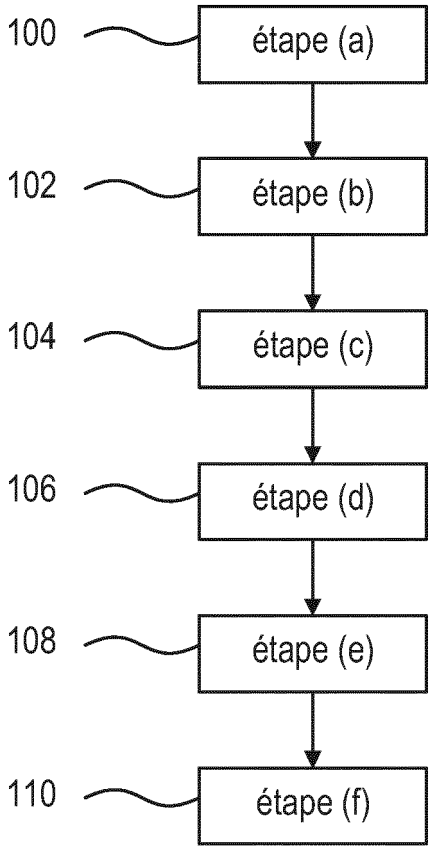


FIG. 4


100
étape (a)
102
étape (b)
104
étape (c)
106
étape (d)
108
étape (e)
110
étape (f)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 18 18 6069

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	EP 1 428 600 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 16 juin 2004 (2004-06-16) * alinéas [0024] - [0029], [0033], [0035]; revendications 1,3,6-9 *	1-15	INV. F01D11/12
A,D	EP 3 023 511 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 25 mai 2016 (2016-05-25) * alinéas [0009] - [0011], [0024], [0052], [0053]; revendication 1; figure 3 *	1-15	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

F01D
C23C

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	9 janvier 2019	Steinhauser, Udo

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 18 18 6069

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-01-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1428600 A1	16-06-2004	EP 1428600 A1	16-06-2004
		FR 2848575 A1	18-06-2004
		JP 4223935 B2	12-02-2009
		JP 2004197225 A	15-07-2004
		RU 2342222 C2	27-12-2008
		UA 80681 C2	25-10-2007
		US 2004112174 A1	17-06-2004
EP 3023511 A1	25-05-2016	CA 2899395 A1	24-05-2016
		CN 105623322 A	01-06-2016
		EP 3023511 A1	25-05-2016
		JP 2016098810 A	30-05-2016
		RU 2015136394 A	07-03-2017
		US 2016146034 A1	26-05-2016

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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 **[0056]**