



(11) **EP 3 429 787 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
11.11.2020 Bulletin 2020/46

(21) Numéro de dépôt: **17713747.8**

(22) Date de dépôt: **10.03.2017**

(51) Int Cl.:
B22F 7/00 ^(2006.01) **B22F 7/02** ^(2006.01)
B22F 3/105 ^(2006.01) **F01D 11/12** ^(2006.01)
B22F 5/00 ^(2006.01) **B22F 5/10** ^(2006.01)
B22F 7/06 ^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2017/050548

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/158265 (21.09.2017 Gazette 2017/38)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PLAQUE ABRADABLE ET DE REPARATION D'UN ANNEAU DE TURBINE**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG UND ZU REPARATUR EINES ABSCHLEIFBARENSCHICHTE EINES TURBINESRING

PROCESS TO PRODUCE AND REPAIR AN ABRADABLE LAYER OF A TURBINE RING

(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: **14.03.2016 FR 1652104**

(43) Date de publication de la demande:
23.01.2019 Bulletin 2019/04

(73) Titulaires:
• **Safran Aircraft Engines**
75015 Paris (FR)
• **Centre National de la Recherche Scientifique**
75016 Paris (FR)
• **Université Paul Sabatier Toulouse III**
31062 Toulouse Cedex 9 (FR)

(72) Inventeurs:
• **MOTTIN, Jean-Baptiste**
77550 Moissy-Cramayel (FR)
• **BEYNET, Yannick Marcel**
31400 Toulouse (FR)
• **CHEVALLIER, Geoffroy**
31320 Auzerville-Tolosane (FR)
• **EPHERRE, Romain**
31500 Toulouse (FR)

• **ESTOURNES, Claude**
31370 Rieumes (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie**
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 837 103 US-A1- 2014 263 579
US-A1- 2015 183 691

• **RATEL N ET AL: "Reactivity and microstructure evolution of a CoNiCrAlY/Talc cermet prepared by Spark Plasma Sintering", SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, ELSEVIER BV, AMSTERDAM, NL, vol. 205, no. 5, 25 novembre 2010 (2010-11-25), pages 1183-1188, XP027507461, ISSN: 0257-8972, DOI: 10.1016/J.SURFCOAT.2010.08.091 [extrait le 2010-08-25]**
• **DANIEL MONCEAU ET AL: "Pt-modified Ni aluminides, MCrAlY-base multilayer coatings and TBC systems fabricated by Spark Plasma Sintering for the protection of Ni-base superalloys", SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, vol. 204, no. 6-7, 1 décembre 2009 (2009-12-01), pages 771-778, XP055218319, ISSN: 0257-8972, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2009.09.054**

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

Arrière-plan de l'invention

[0001] Le présent exposé concerne un procédé de fabrication d'un anneau de turbine pour turbomachine.

[0002] Dans de nombreuses machines tournantes, il est désormais connu de munir l'anneau du stator de pistes abrasables en regard du sommet des aubes du rotor. De telles pistes sont réalisées à l'aide de matériaux dit « abrasables » qui, lorsqu'ils entrent en contact avec les aubes tournantes, s'usent plus facilement que ces dernières. On assure ainsi un jeu minimal entre le rotor et le stator, améliorant les performances de la machine tournante, sans risquer de détériorer les aubes en cas de frottement de ces dernières sur le stator. Au contraire, un tel frottement érode la piste abrasable, ce qui permet d'ajuster automatiquement le diamètre de l'anneau du stator au plus proche du rotor. Ainsi, de telles pistes abrasables sont souvent mises en place dans les compresseurs de turbomachines.

[0003] En revanche, leur emploi est plus rare dans les turbines de telles turbomachines, et surtout dans les turbines haute pression dans lesquelles règnent des conditions physico-chimiques extrêmes.

[0004] En effet, les gaz brûlés issus de la chambre de combustion débouchent dans la turbine haute pression à des niveaux de température et de pression très élevés, ce qui entraîne l'érosion prématurée des pistes abrasables conventionnelles.

[0005] Dès lors, afin de protéger l'anneau de turbine, il est souvent préféré de munir ce dernier d'un revêtement du type barrière thermique dont les matériaux et la densité élevée, trop importante pour que le revêtement soit efficacement abrasable, permettent de protéger l'anneau contre l'érosion et la corrosion.

[0006] Toutefois, on comprend naturellement que dans un tel cas l'intégrité des aubes n'est plus assurée en cas de contact avec le stator, ce qui nécessite de prévoir un jeu plus important entre le rotor et le stator et augmente donc le débit de fuite en sommet d'aubes et réduit ainsi les performances de la turbine.

[0007] Par ailleurs, du fait du frottement ponctuel avec les aubes et la chaleur des gaz brûlés, le revêtement peut être endommagé et moins bien protéger le stator. Ratel et. al., SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, vol. 205, no. 5, (2010), pages 1183-1188, divulgue un procédé pour la formation d'une couche abrasable MCrAlY ($\text{M}=\text{Co}$) par la méthode SPS avec addition de talc. EP1837103A1 divulgue un procédé SPS pour la formation simultanée de plusieurs couches d'un composite à base d'aluminium qui sont séparées ultérieurement.

Objet et résumé de l'invention

[0008] Le présent exposé vise à remédier au moins en partie à ces inconvénients.

[0009] A cet effet, le présent exposé concerne un pro-

cédé de fabrication d'au moins deux plaques abrasables pour un anneau de turbine de turbomachine, selon la revendication 1 annexée.

[0010] Par « à base de cobalt », on entend une poudre métallique dont le cobalt présente le pourcentage massique le plus important. De même, par « à base de nickel », on entend une poudre métallique dont le nickel présente le pourcentage massique le plus important. Ainsi, par exemple, une poudre métallique comportant 38% en masse de cobalt et 32% en masse de nickel sera désignée comme une poudre à base de cobalt, le cobalt étant l'élément chimique dont le pourcentage massique est le plus important dans la poudre métallique.

[0011] Les poudres métalliques à base de cobalt ou de nickel sont des poudres qui, une fois frittées, présentent une bonne résistance à haute température. Elles peuvent ainsi remplir la double fonction d'abrasable et de bouclier thermique. Par exemple, on peut citer les superalliages CoNiCrAlY . Ces poudres métalliques ont également l'avantage de présenter une composition chimique similaire à la composition chimique du matériau formant l'anneau de turbine, par exemple les superalliages AM1 ou N5.

[0012] La poudre à base d'un élément fondant permet de réduire la température de frittage du mélange de poudres.

[0013] Le procédé de frittage SPS, conformément au sigle anglais pour « Spark Plasma Sintering », aussi connu sous le nom de frittage FAST, conformément au sigle anglais pour « Field Assisted Sintering Technology », ou frittage flash, est un procédé de frittage au cours duquel, une poudre est soumise simultanément à un courant pulsé de forte intensité et à une pression uniaxiale afin de former un matériau fritté. Le frittage SPS est généralement réalisé sous atmosphère contrôlée et peut être assisté par un traitement thermique.

[0014] La durée de frittage SPS est relativement courte et le frittage SPS permet un choix des poudres de départ qui est relativement peu limité. En effet, le frittage SPS permet notamment de fritter, c'est-à-dire de densifier, des matériaux dont le soudage est relativement compliqué à réaliser, voire impossible, du fait que ces matériaux se fissurent facilement lorsqu'ils sont chauffés. Du fait du choix du frittage SPS et de la courte durée de ce frittage, il est donc possible de réaliser une couche d'abrasable avec une très grande variété de matériaux.

[0015] Par ailleurs, le frittage SPS étant réalisé sous pression uniaxiale exercée par le moule sur la couche de poudre, le retrait dû au frittage de la couche de poudre pour donner la plaque abrasable est limité à la direction d'application de la pression. On ne constate donc pas de retrait de la couche de poudre dans des directions perpendiculaires à la direction d'application de la pression. Aussi, le contrôle des dimensions de la plaque abrasable est relativement simple.

[0016] On dépose au moins deux couches du mélange de poudres dans le moule, les deux couches étant espacées l'une de l'autre par un insert chimiquement inerte.

[0017] On peut ainsi réaliser plusieurs plaques abrasables en une seule étape de frittage SPS. Par exemple, on peut déposer ainsi dix couches du mélange de poudres, chaque couche étant séparée de la couche adjacente par un insert chimiquement inerte. On peut ainsi former dix plaques abrasables ayant chacune une épaisseur pouvant varier de 1 à 5 mm, chacune des plaques abrasables étant séparées d'une plaque abrasable adjacente par un insert chimiquement inerte.

[0018] L'insert chimiquement inerte permet de réduire, voire de supprimer, les réactions chimiques entre les couches de mélange de poudres pendant le frittage SPS.

[0019] Chaque couche de mélange de poudres étant séparée de la couche adjacente par un insert chimiquement inerte, les couches de mélange de poudres ne frittent pas l'une sur l'autre et on peut donc facilement réaliser plusieurs plaques abrasables qui ne collent pas l'une à l'autre.

[0020] L'insert chimiquement inerte peut également être disposé entre la couche de mélange de poudres et le moule.

[0021] L'insert chimiquement inerte permet de réduire, voire de supprimer, les réactions chimiques entre la couche de mélange de poudres et le moule pendant le frittage SPS et donc de réduire, voire d'éviter, le collage de la plaque abrasable avec les parties du moule.

[0022] L'insert chimiquement inerte permet également de réduire, voire d'éviter, la formation d'une couche de carbure en surface de la plaque abrasable en contact avec le moule. On cherche à éviter la formation de cette couche de carbure qui, si elle se forme, doit être retirée de la plaque abrasable avant son utilisation.

[0023] L'insert chimiquement inerte peut comprendre du nitrure de bore ou du corindon.

[0024] On entend par insert chimiquement inerte comprenant du nitrure de bore un insert qui comprend au moins 95% en masse de nitrure de bore. De même, on entend par insert chimiquement inerte comprenant du corindon un insert qui comprend au moins 95% en masse de corindon.

[0025] L'insert chimiquement inerte peut prendre la forme d'une couche de nitrure de bore déposée à l'aide d'un spray sur le moule. L'insert chimiquement inerte peut également prendre la forme d'une plaque reproduisant la forme de la plaque abrasable. Ainsi, l'insert chimiquement inerte permet, lors de l'étape de frittage SPS, de donner sa forme à la plaque abrasable.

[0026] Le nitrure de bore peut former une couche externe de l'insert chimiquement inerte.

[0027] L'insert chimiquement inerte peut être une plaque en matériau dense recouverte d'une couche de nitrure de bore déposée à l'aide d'un spray sur la plaque.

[0028] L'élément fondant est du silicium ou du bore.

[0029] Le mélange de poudres peut comprendre un pourcentage massique de l'élément fondant inférieur ou égal à 5% en masse, de préférence inférieur ou égal à 3% en masse.

[0030] Le moule peut être en graphite et le frittage SPS

peut être réalisé à une température supérieure ou égale à 800°C, de préférence supérieure ou égale à 900°C.

[0031] Le frittage SPS est réalisé à une pression supérieure ou égale à 10 MPa, de préférence supérieure ou égale à 20 MPa, encore plus de préférence supérieure ou égale à 30 MPa.

[0032] Le moule peut être en carbure de tungstène et le frittage SPS peut être réalisé à une température supérieure ou égale à 500°C, de préférence supérieure ou égale à 600°C.

[0033] Le frittage SPS peut être réalisé à une pression supérieure ou égale à 100 MPa, de préférence supérieure ou égale à 200 MPa, encore plus de préférence supérieure ou égale à 300 MPa.

[0034] Le présent exposé concerne également un procédé de réparation d'un anneau de turbine pour turbomachine, comprenant les étapes comme définies dans la revendication 7 annexée.

[0035] L'élément fondant compris dans le mélange de poudres utilisé pour former la plaque abrasable permet également de faciliter le procédé de brasage de la plaque abrasable sur l'anneau de turbine.

[0036] Le brasage de la plaque abrasable sur l'anneau de turbine permet d'éviter le dépôt direct d'un nouveau revêtement abrasable sur l'anneau ou le secteur d'anneau. En effet,

[0037] Après brasage de la plaque d'abrasable sur l'anneau de turbine, une surface libre de la plaque abrasable brasée peut être usinée.

[0038] La plaque abrasable qui vient d'être brasée sur l'anneau de turbine peut présenter une surface libre qui peut ne pas être dans le prolongement de la surface libre du revêtement abrasable non endommagé adjacent. Aussi, les surfaces libres de la plaque abrasable et du revêtement abrasable sont usinées de sorte à présenter une surface destinée à faire face à la roue de turbine qui présente le moins de discontinuité possible. En effet, si de telles discontinuités sont présentes, la roue d'aube pourrait venir butter contre ces discontinuités et ainsi provoquer des chocs dans la turbine, ce qui n'est pas désirable.

Breve description des dessins

[0039] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux figures annexées, sur lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'une turbomachine ;
- la figure 2 est une vue schématique en perspective d'un secteur d'anneau de turbine comportant une plaque abrasable ;
- la figure 3 est une vue schématique en perspective d'un empilement de plaques abrasables et d'inserts chimiquement inerte ;

- la figure 4 est une vue schématique en coupe d'un empilement dans le moule pour frittage SPS, selon un plan de coupe similaire au plan de coupe IV-IV de la figure 3 ;
- les figures 5A-5D sont des images réalisées au microscope électronique à balayage de la microstructure de différentes plaques abrasables ;
- la figure 6 est une vue schématique d'un secteur d'anneau comprenant un revêtement abrasable endommagé ;
- les figures 7A et 7B sont des vues schématiques latérales d'un anneau de turbine dont une partie du revêtement abrasable a été remplacé par une plaque abrasable, respectivement avant et après usinage d'une surface libre de la plaque d'abrasable.

Description détaillée de l'invention

[0040] La figure 1 représente, en coupe selon un plan vertical passant par son axe principal A, un turboréacteur à double flux 10. Le turboréacteur à double flux 10 comporte, d'amont en aval selon la circulation du flux d'air, une soufflante 12, un compresseur basse pression 14, un compresseur haute pression 16, une chambre de combustion 18, une turbine haute pression 20, et une turbine basse pression 22.

[0041] La turbine haute pression 20 comprend une pluralité d'aubes mobiles 20A tournant avec le rotor et de redresseurs 20B montés sur le stator. Le stator de la turbine 20 comprend une pluralité d'anneaux 24 de stator disposés en vis-à-vis des aubes mobiles 20A de la turbine 20.

[0042] Comme cela est visible sur la figure 2, chaque anneau 24 de stator est réalisé en plusieurs secteurs 26 d'anneau. Chaque secteur 26 d'anneau comporte une surface interne 28, une surface externe 30 et une plaque abrasable 32 sur laquelle peuvent venir frotter les aubes mobiles 20A du rotor.

[0043] La plaque abrasable 32 est brasée sur le secteur 26 d'anneau. La plaque abrasable 32 comprend une surface libre 34 et une surface 36 destinée à être brasée sur le secteur 26 d'anneau.

[0044] Par exemple, le secteur 26 d'anneau est fabriqué en superalliage à base de cobalt ou de nickel, tel que le superalliage AM1 ou le superalliage N5 et la plaque abrasable 32 est obtenue à partir d'une poudre métallique à base de cobalt ou de nickel.

[0045] Dans le mode de réalisation décrit, l'anneau 24 est composé d'une pluralité de secteurs 26 d'anneau assemblés les uns aux autres pour former un anneau 24. L'anneau 24 peut également être réalisé d'un seul tenant.

[0046] Pour fabriquer une plaque abrasable 32, on prépare un mélange comprenant une poudre métallique à base de cobalt ou de nickel et une poudre à base d'un élément fondant. Par exemple la poudre à base de cobalt ou de nickel peut être une poudre de la famille des Co-NiCrAlY et l'élément fondant est du bore ou du silicium. Le mélange de poudres peut par exemple comprendre

2% en masse de bore.

[0047] Comme représenté sur les figures 3 et 4, le mélange de poudres est déposé sous forme de couches dans un moule 42 de frittage SPS. Le moule 42 est par exemple en graphite. Le moule 42 comporte un moule extérieur 44 formant une chambre dans laquelle est déposé le mélange de poudres. Le moule 42 comporte également un piston supérieur 46 et un piston inférieur 48 qui permettent d'appliquer une pression axiale sur les couches de mélange de poudres pendant l'étape de frittage SPS.

[0048] La figure 3 représente un empilement 38 comprenant deux plaques abrasables 32 entre lesquelles est inséré un premier insert chimiquement inerte 40. Dans cet exemple, un deuxième insert chimiquement inerte 40 et un troisième insert chimiquement inerte 40 sont également disposés de part et d'autre de l'empilement 38 de sorte à ce que chaque couche de mélange de poudres soit prise en sandwich entre deux inserts chimiquement inertes 40. Les inserts chimiquement inertes 40 peuvent par exemple être formés à partir de plaques de nitrure de bore fritté.

[0049] Dans le mode de réalisation des figures 3 et 4, chaque plaque abrasable 32 est obtenue par dépôt d'une couche de mélange de poudres entre deux inserts chimiquement inertes 40 et par réalisation d'une étape de frittage SPS.

[0050] On a représenté sur les figures 3 et 4 deux empilements 38 comprenant respectivement deux et quatre plaques abrasables 32 après frittage SPS.

[0051] Avant le dépôt de la couche de mélange de poudres, on peut également déposer une couche de nitrure de bore à l'aide d'un spray sur le moule 42, notamment sur les surfaces du moule 42 qui vont venir en contact avec le mélange de poudres pendant le frittage SPS. Cette couche de nitrure de bore forme également insert chimiquement inerte entre le mélange de poudres et le moule 42.

[0052] Les inserts chimiquement inertes 40 peuvent également être fabriqués dans un autre matériau que le nitrure de bore. Les inserts chimiquement inertes 40 peuvent ou non être recouverts d'une couche de nitrure de bore.

[0053] Les inserts chimiquement inertes 40, sous forme de plaque ou sous de forme de couche, permettent de réduire les réactions chimiques entre la couche de mélange de poudres et le moule 42 pendant le frittage SPS. Les inserts chimiquement inertes 40 permettent notamment de réduire, voire d'éviter, le collage de la couche de mélange de poudres avec les parties du moule avant frittage SPS et le collage de la plaque abrasable 32 avec les parties du moule 42 après frittage SPS.

[0054] Les inserts chimiquement inertes 40 permettent également de réduire, voire d'éviter, la formation d'une couche de carbure en surface de la plaque abrasable 32.

[0055] On comprend que l'épaisseur de la plaque abrasable 32 obtenue après frittage SPS dépend notamment de l'épaisseur de chaque couche de mélange de poudres

déposée dans le moule 42 ainsi que des paramètres de frittage SPS. L'épaisseur de la plaque abrasable 32 obtenue après frittage SPS peut également dépendre de la granulométrie et de la morphologie de la poudre utilisée. Notamment, la morphologie de la poudre peut dépendre de la méthode de fabrication de la poudre. Ainsi une poudre fabriquée par atomisation gazeuse ou électrode tournante aura des grains de forme sensiblement sphérique alors qu'une poudre fabriquée par atomisation liquide aura des grains de forme moins régulière.

[0056] Les figures 5A-5D représentent différentes microstructures de plaques abrasables 32 dont la porosité ouverte est respectivement d'environ 10%, d'environ 7%, d'environ 3% et quasi nulle.

[0057] On voit donc qu'en modifiant les paramètres de frittage SPS, tels que la température, la pression et le temps de palier, on peut obtenir des plaques abrasable 32 présentant une structure différente. Par exemple, la figure 7A représente une plaque abrasable 32 obtenue lors d'une étape de frittage SPS à 925°C pendant 10 minutes en appliquant une pression de 20 MPa. La figure 7D représente une plaque abrasable 32 obtenue lors d'une étape de frittage SPS à 950°C pendant 30 minutes en appliquant une pression de 40 MPa.

[0058] La figure 6 représente une vue du dessus d'un secteur 26 d'anneau comportant un revêtement abrasable 50 endommagé. Le revêtement abrasable 50 peut être obtenu par le procédé décrit précédemment. Le revêtement abrasable 50 peut également avoir été déposé directement sur le secteur 26 d'anneau par un procédé connu.

[0059] Dans l'exemple de la figure 6, le revêtement abrasable 50 comporte une zone 52 d'endommagement due au frottement par exemple d'une aube avec le revêtement abrasable 50 et une zone 54 d'endommagement due à une dégradation thermique du revêtement abrasable 50 sous l'effet des gaz chauds. Dans les zones endommagées 52, 54, le revêtement abrasable 50 est endommagé, c'est-à-dire que son épaisseur est réduite par rapport à l'épaisseur d'origine du revêtement abrasable 50. Toutefois, dans certains cas, dans les zones endommagées, le revêtement abrasable 50 peut avoir complètement été enlevé et l'anneau 24 est alors exposé.

[0060] Pour réparer le secteur 26 d'anneau dont le revêtement abrasable 50 est endommagé, on retire le revêtement abrasable 50, par exemple par usinage et on vient braser, par exemple à 1205°C et sous vide, une plaque abrasable 32 sur la surface interne 28 du secteur 26 d'anneau.

[0061] Comme représenté sur la figure 7A, le secteur 26 d'anneau comprenant une plaque abrasable 32 brasée est ensuite monté pour former l'anneau 24. On a représenté sur la figure 7A un secteur 26 d'anneau comprenant une plaque abrasable 32 brasée disposé entre deux secteurs 26 d'anneau comprenant un revêtement abrasable 50. Une fois ces secteurs 26 d'anneau de turbine assemblés, la plaque abrasable 32 présente une

surface libre 34 qui peut ne pas être dans le prolongement des surfaces libres 56 des revêtements abrasables 50 des secteurs 26 d'anneau adjacents. Aussi, les surfaces libres 34, 56 des différents secteurs 26 d'anneau sont usinées de sorte à présenter une surface usinée 58 destinée à faire face à la roue de turbine. Comme représenté sur la figure 7B, cette surface usinée 58 présente le moins de discontinuité possible. En effet, si de telles discontinuités sont présentes, la roue d'aube pourrait venir butter contre ces discontinuités et ainsi provoquer des chocs dans la turbine, ce qui n'est pas désirable.

[0062] On a représenté sur les figures 7A et 7B un seul secteur 26 d'anneau sur lequel on a brasé une plaque abrasable 32. Bien entendu, plusieurs secteurs 26 d'anneau peuvent être réparés, voire tous les secteurs 26 d'anneau. Les secteurs 26 d'anneau réparés peuvent être adjacents ou non.

[0063] Lorsque l'anneau 24 n'est pas divisé ou divisible en secteurs, on peut retirer une partie du revêtement abrasable 50 de l'anneau correspondant à une plaque abrasable 32 et braser la plaque abrasable 32 sur la surface interne 28 de l'anneau 24. On peut également retirer la partie du revêtement abrasable 50 endommagée et découper ou assembler plusieurs plaques abrasables 32 pour recouvrir la surface interne 28 de l'anneau ainsi mise à nu.

[0064] La surface interne 28 de l'anneau et les aubes sont à nouveau efficacement protégées par un revêtement abrasable 50 et une plaque abrasable 32 brasée sur l'anneau. L'anneau 24 est donc réparé.

[0065] Quoique le présent exposé ait été décrit en se référant à un exemple de réalisation spécifique, il est évident que des différentes modifications et changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'au moins deux plaques abrasables (32) pour un anneau (24, 26) de turbine de turbomachine, comprenant les étapes suivantes :

- préparation d'un mélange comprenant une poudre métallique à base de cobalt ou de nickel et une poudre à base d'un élément fondant ;
- dépôt d'une couche du mélange de poudres dans un moule (42) ; et
- réalisation de la plaque abrasable (32) par un procédé de frittage SPS de la couche de mélange de poudre,

dans lequel on dépose au moins deux couches du mélange de poudre dans le moule (42), les deux couches étant espacées l'une de l'autre par un insert chimiquement inerte (40), de sorte que les couches de mélange de poudres ne frittent pas l'une sur

l'autre et forment des plaques abradables qui ne collent pas l'une à l'autre et dans lequel l'élément fondant est du silicium ou du bore.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'insert chimiquement inerte (40) comprend du nitrure de bore ou du corindon.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le nitrure de bore forme une couche externe de l'insert chimiquement inerte (40).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le mélange de poudres comprend un pourcentage massique de l'élément fondant inférieur ou égal à 5% en masse, de préférence inférieur ou égal à 3% en masse.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le moule (42) est en graphite et dans lequel le frittage SPS est réalisé à une température supérieure ou égale à 800°C, de préférence supérieure ou égale à 900°C.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le moule (42) est en carbure de tungstène et dans lequel le frittage SPS est réalisé à une température supérieure ou égale à 500°C, de préférence supérieure ou égale à 600°C.

7. Procédé de réparation d'un anneau (24) de turbine pour turbomachine, comprenant les étapes suivantes :

- retrait d'un revêtement abradable (50) endommagé ;
- brasage sur l'anneau (24, 26) de turbine d'une plaque abradable (32) obtenue selon l'une quelconque des revendications précédentes.

8. Procédé de réparation selon la revendication 7, dans lequel, après brasage de la plaque abradable (32) sur l'anneau (24, 26) de turbine, une surface libre (34) de la plaque abradable (32) brasée est usinée.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von wenigstens zwei abschleifbaren Schichten (32) für einen Turbinenring (24, 26) einer Turbomaschine, umfassend die folgenden Schritte:

- Herstellen einer Mischung, umfassend ein metallisches Pulver auf der Basis von Kobalt oder von Nickel und ein Pulver auf der Basis eines schmelzenden Elements,

- Abscheiden einer Schicht der Pulvermischung in einer Form (42), und
- Herstellen der abschleifbaren Schicht (32) durch ein SPS Sinterverfahren der Schicht der Pulvermischung,

wobei wenigstens zwei Schichten der Pulvermischung in der Form (42) abgeschieden werden, wobei die beiden Schichten voneinander durch einen chemisch inerten Einsatz (40) derart getrennt werden, dass die Schichten der Pulvermischung nicht aufeinander sintern und abschleifbare Schichten bilden, die nicht aneinander kleben, und wobei das schmelzende Element Silicium oder Bor ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der chemisch inerte Einsatz (40) Bornitrid oder Korund umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bornitrid eine äußere Schicht des chemisch inerten Einsatzes (40) bildet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pulvermischung einen Massenprozentsatz des schmelzenden Elements kleiner oder gleich 5 Massen-% umfasst, vorzugsweise kleiner oder gleich 3 Massen-%.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Form (42) aus Graphit besteht, und wobei das SPS Sintern bei einer Temperatur größer oder gleich 800 °C durchgeführt wird, vorzugsweise größer oder gleich 900 °C.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Form (42) aus Wolframcarbid besteht, und wobei das SPS Sintern bei einer Temperatur größer oder gleich 500 °C durchgeführt wird, vorzugsweise größer oder gleich 600 °C.

7. Verfahren zur Reparatur eines Turbinenrings (24) für eine Turbomaschine, umfassend die folgenden Schritte:

- Entfernen einer beschädigten abschleifbaren Beschichtung (50),
- Löten einer abschleifbaren Schicht (32), die gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche erhalten wird, auf den Turbinenring (24, 26).

8. Verfahren zur Reparatur nach Anspruch 7, wobei, nach dem Löten der abschleifbaren Schicht (32) auf den Turbinenring (24, 26), eine freie Fläche (34) der gelöteten abschleifbaren Schicht (32) bearbeitet wird.

Claims

1. A method for manufacturing at least two abradable plates (32) for a turbomachine turbine shroud (24, 26), the method comprising the following steps: 5
 - preparing a mixture comprising a cobalt- or nickel-based metal powder and a powder based on a fluxing element;
 - depositing a layer of the powder mixture in a mold (42); and 10
 - making the abradable plate (32) by subjecting the powder mixture layer to a method of SPS sintering; and 15

wherein at least two layers of the powder mixture are deposited in the mold (42), the two layers being spaced apart from each other by a chemically inert insert (40), so that the layers of powder mixture do not sinter to one another and are forming abradable plates that do not stick together, 20
wherein the fluxing element is silicon or boron.
2. A method according to claim 1, wherein the chemically inert insert (40) comprises boron nitride or corundum. 25
3. A method according to claim 2, wherein boron nitride forms an outer layer of the chemically inert insert (40). 30
4. A method according to any preceding claim, wherein the powder mixture comprises a percentage by weight of the fluxing element that is less than or equal to 5% by weight, preferably less than or equal to 3% by weight. 35
5. A method according to any one of claims 1 to 4, wherein the mold (42) is made of graphite, and wherein the SPS sintering is performed at a temperature higher than or equal to 800°C, preferably higher than or equal to 900°C. 40
6. A method according to any one of claims 1 to 4, wherein the mold (42) is made of tungsten carbide, and wherein the SPS sintering is performed at a temperature higher than or equal to 500°C, preferably higher than or equal to 600°C. 45
7. A repairing method for repairing a turbine shroud (24) for a turbomachine, the method comprising the following steps: 50
 - removing a damaged abradable coating (50); and 55
 - brazing onto the turbine shroud (24, 26) an abradable plate (32) obtained in accordance with any preceding claim.

8. A repairing method according to claim 7, wherein after the abradable plate (32) has been brazed onto the turbine shroud (24, 26), a free surface (34) of the brazed abradable plate (32) is machined.

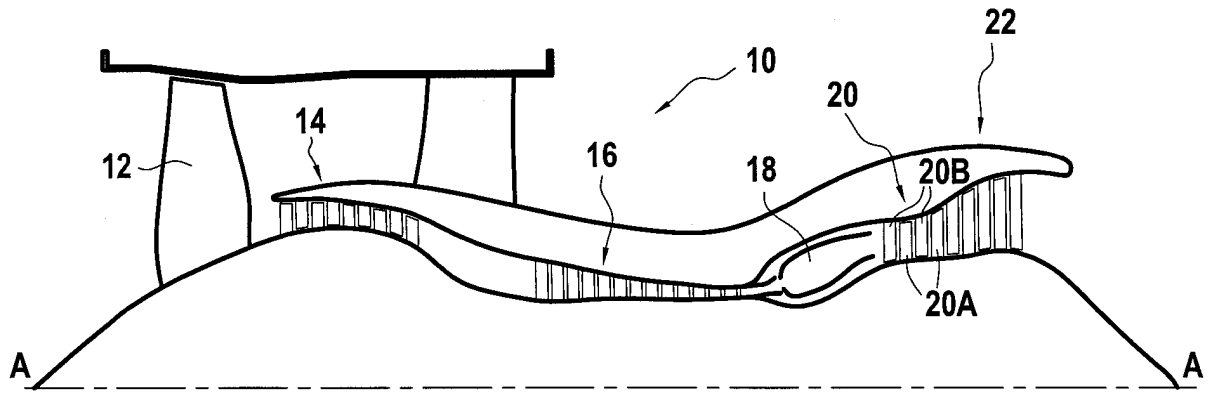


FIG.1

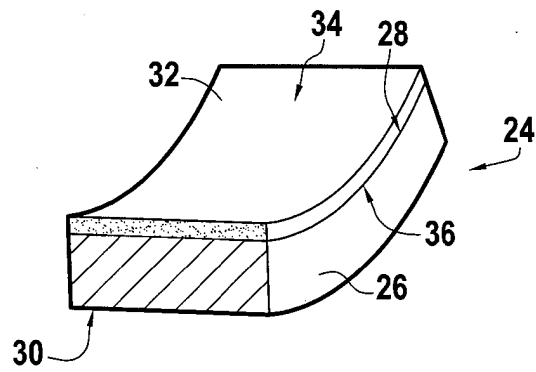


FIG.2

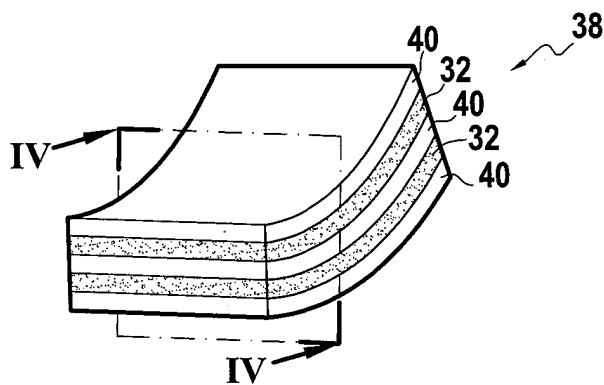


FIG.3

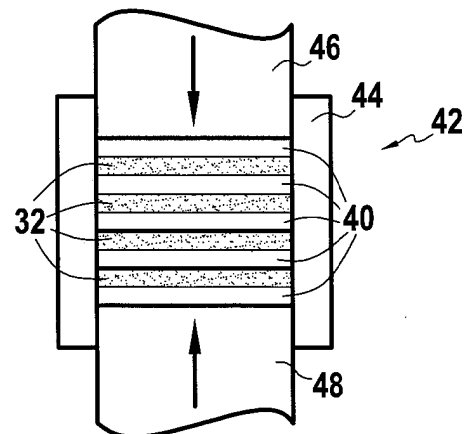


FIG.4

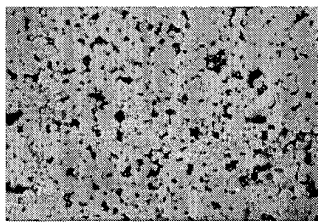


FIG.5A

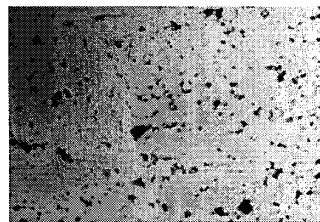


FIG.5B

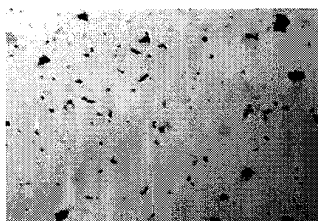


FIG.5C

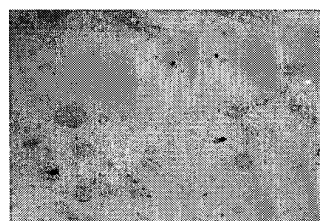


FIG.5D

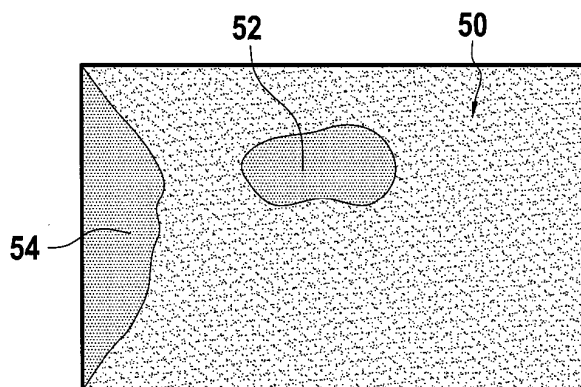
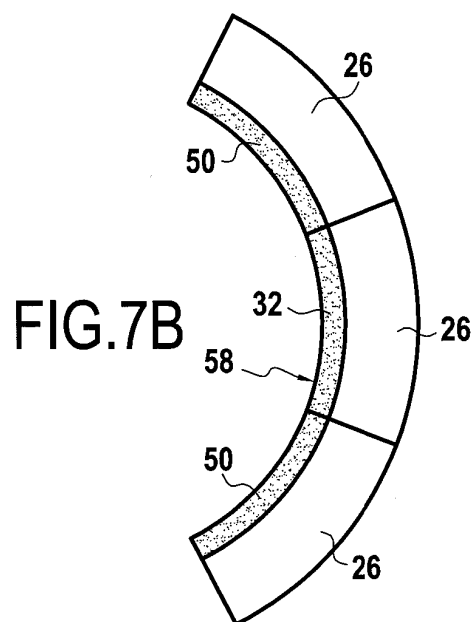
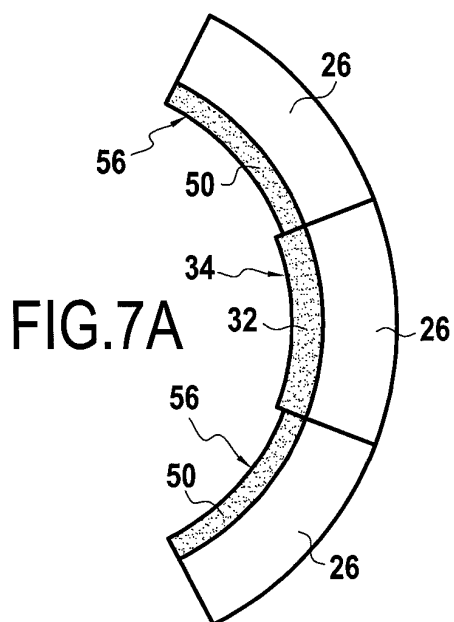


FIG.6



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 1837103 A1 [0007]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **RATEL. SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY**, 2010, vol. 205 (5), 1183-1188 [0007]