



(11)

EP 3 429 784 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

09.10.2024 Bulletin 2024/41

(21) Numéro de dépôt: **17715221.2**

(22) Date de dépôt: **10.03.2017**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

B22F 3/105 ^(2006.01) **B22F 5/00** ^(2006.01)
B22F 7/06 ^(2006.01) **B22F 7/08** ^(2006.01)
F01D 9/04 ^(2006.01) **F01D 11/12** ^(2006.01)
B22F 3/24 ^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

B22F 5/009; B22F 3/105; B22F 7/06; B22F 7/08;
B22F 2003/247; B22F 2207/01; F01D 11/122;
F05D 2230/22; F05D 2230/61; F05D 2240/11

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2017/050546

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2017/158264 (21.09.2017 Gazette 2017/38)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'UN ANNEAU DE TURBINE POUR TURBOMACHINE**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES TURBINENDECKBANDS FÜR EINE TURBOMASCHINE

METHOD FOR MANUFACTURING A TURBINE SHROUD FOR A TURBOMACHINE

(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 1652102**

(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 Auzeville-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- 2 159 460 FR-A1- 2 941 965
US-A1- 2013 017 072 US-A1- 2013 177 740
US-A1- 2014 263 579

- **MONCEAU D ET AL: "Thermal Barrier Systems and Multi-Layered Coatings Fabricated by Spark Plasma Sintering for the Protection of Ni-Base Superalloys", vol. 654-656, 1 January 2010 (2010-01-01), pages 1826 - 1831, XP009152293, ISSN: 0255-5476, Retrieved from the Internet <URL:10.4028/www.scientific.net/MSF.654-656.1 826>**

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).

- 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 November 2010 (2010-11-25), pages 1183 - 1188, XP027507461, ISSN: 0257-8972, [retrieved on 20100825], DOI: 10.1016/J.SURFCOAT.2010.08.091
- 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 December 2009 (2009-12-01), pages 771 - 778, XP055218319, ISSN: 0257-8972, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2009.09.054

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. US 2013/177740 A1 divulgue un procédé pour la fabrication simultanée d'une couche poreuse/abrasable sur élément d'une turbomachine, entre autre un anneau de turbine par la méthode SPS. FR 2 941 965 A1 divulgue un procédé dans lequel une couche de protection sur une pièce de turbomachine (aube) est déposée par la méthode SPS dans laquelle, la poudre est déposée sur une surface courbe de la pièce de turbomachine et une contre dépouille est positionnée sur la poudre avant le frittage SPS.

Objet et résumé de l'invention

[0007] Le présent exposé vise à remédier au moins en partie à ces inconvénients.

[0008] A cet effet, le présent exposé concerne un pro-

cédé de fabrication d'un anneau de turbine pour turbomachine selon la revendication 1.

[0009] L'anneau de turbine est généralement réalisé en plusieurs parties, chaque partie formant un secteur d'anneau de turbine de dimensions réduites comparées aux dimensions de l'anneau de turbine complet. Il est donc simple de disposer un secteur d'anneau dans un moule.

[0010] La surface interne du secteur d'anneau de turbine est la surface qui fait face à la roue de turbine lorsque l'anneau de turbine est monté dans la turbine, c'est donc cette surface interne sur laquelle est déposée la couche de poudre.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] Par ailleurs, le frittage SPS étant réalisé sous pression uniaxiale exercée par le moule inférieur et le moule supérieur sur la couche de poudre, le retrait dû au frittage de la couche de poudre pour donner la couche d'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, la couche d'abrasable recouvre toute la surface interne du secteur d'anneau.

[0014] L'anneau de turbine est donc recouvert d'une couche d'abrasable. Il est donc possible de prévoir un jeu relativement faible entre l'anneau de turbine et le rotor, par exemple les aubes d'une roue de turbine, et d'améliorer les performances de la turbine, sans risquer de détériorer les aubes en cas de frottement de ces dernières sur l'anneau du stator.

[0015] De plus, le frittage SPS permet la formation d'une couche de diffusion entre la couche d'abrasable et le matériau formant le secteur d'anneau de sorte que la couche d'abrasable est fermement accrochée au matériau formant le secteur d'anneau. La couche d'abrasable ainsi formée ne peut pas être retirée du secteur d'anneau de manière non intentionnelle.

[0016] Le procédé peut comprendre en outre les éta-

pes suivantes :

- assemblage d'une pluralité de secteurs d'anneau de turbine, la surface interne de chaque secteur d'anneau de turbine étant recouverte d'une couche d'abrasable ; et
- usinage d'une surface libre de la couche d'abrasable.

[0017] Une fois plusieurs secteurs d'anneau de turbine assemblés, la couche d'abrasable de chaque secteur d'anneau présente une surface libre qui peut ne pas être dans le prolongement de la surface libre du secteur d'anneau adjacent. Aussi, les surfaces libres des différents secteurs d'anneau 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.

[0018] Le moule inférieur peut avoir une forme complémentaire de la surface externe du secteur d'anneau de turbine.

[0019] Ainsi, le moule inférieur applique une pression relativement uniforme sur la surface externe du secteur d'anneau. Cependant, comme le moule inférieur présente une forme complémentaire de la surface externe du secteur d'anneau, le moule permet d'accommoder les variations de dimensions d'un secteur d'anneau à l'autre dues au procédé de fabrication du secteur d'anneau. En effet, les secteurs de turbine peuvent par exemple être obtenus par un procédé de fonderie et les dimensions de chaque secteur de turbine peuvent varier légèrement d'un secteur de turbine à l'autre.

[0020] Avant de positionner le secteur d'anneau de turbine dans le moule inférieur et le moule supérieur, on peut déposer une couche de matériau chimiquement inerte sur le moule inférieur et sur le moule supérieur.

[0021] Cette couche de matériau chimiquement inerte permet de réduire les réactions chimiques entre la couche de poudre et le secteur d'anneau de turbine avec le moule inférieur et le moule supérieur pendant le frittage SPS. Le matériau chimiquement inerte permet notamment de réduire, voire d'éviter, le collage de la couche d'abrasable et/ou du secteur d'anneau avec les parties du moule.

[0022] Le matériau chimiquement inerte permet également de réduire, voire d'éviter, la formation d'une couche de carbure sur la surface libre de la couche d'abrasable. On cherche à éviter la formation de cette couche de carbure qui, si elle se forme, doit être retirée de la couche d'abrasable avant utilisation.

[0023] Dans le moule inférieur, le matériau chimiquement inerte peut également permettre de combler les espaces existants entre le moule inférieur et la surface externe du secteur d'anneau de turbine. Ainsi, l'uniformité de la pression exercée par le moule inférieur sur le

secteur d'anneau de turbine et donc sur la couche de poudre est améliorée.

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

[0025] La poudre est une poudre métallique à base de cobalt ou de nickel.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] Le frittage SPS peut être réalisé pendant une durée inférieure ou égale à 60 minutes, de préférence inférieure ou égale à 30 minutes, encore plus de préférence inférieure ou égale à 15 minutes.

[0029] La durée de frittage SPS est donc relativement courte.

[0030] Le moule supérieur et le moule inférieur sont 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.

[0031] Le frittage SPS est 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.

[0032] La couche d'abrasable peut avoir une porosité ouverte inférieure ou égale à 20%, de préférence inférieure ou égale à 15%, encore plus de préférence inférieure ou égale à 10%.

[0033] Grâce au procédé de frittage SPS, on peut, en faisant varier les paramètres de frittage tels que la pression, la température de frittage et/ou le temps de frittage et ainsi faire varier la porosité de la couche d'abrasable obtenue. Ce procédé de fabrication d'un anneau de turbine pour turbomachine permet donc une grande flexibilité.

[0034] La couche d'abrasable peut avoir une épais-

seur supérieure ou égale à 0.5 mm, de préférence supérieure ou égale à 4 mm et inférieur ou égale à 15 mm, de préférence inférieure ou égale à 10 mm, encore plus de préférence inférieure ou égale à 5 mm.

[0035] L'anneau de turbine peut comporter un nombre de secteurs d'anneau de turbine supérieur ou égal à 20, de préférence supérieur ou égal à 30, encore plus de préférence supérieur ou égal à 40.

Brève description des dessins

[0036] 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 couche d'abrasable ;
- la figure 3 est vue en coupe d'un secteur d'anneau de turbine dans un moule pour frittage SPS, selon un plan de coupe similaire au plan de coupe III-III de la figure 2 ;
- les figures 4A et 4B sont des vues schématiques latérales de plusieurs secteurs d'anneau de turbine recouverts d'une couche d'abrasable, respectivement avant et après usinage d'une surface libre de la couche d'abrasable ;
- la figure 5 est une image réalisée au microscope électronique à balayage d'une interface entre un secteur d'anneau et une couche d'abrasable ;
- la figure 6 représente l'évolution de la concentration de certains éléments chimiques de la couche d'abrasable au secteur d'anneau ;
- les figures 7A-7D sont des images réalisées au microscope électronique à balayage de la microstructure de différentes couches d'abrasable.

Description détaillée de l'invention

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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 couche d'abrasable 32 sur laquelle peuvent venir frotter les aubes mobiles 20A du rotor.

[0040] 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 couche d'abrasable 32 est obtenue à partir d'une poudre métallique à base de cobalt ou de nickel.

[0041] Le procédé de fabrication de l'anneau 24 de turbine comporte une première étape de fabrication d'au moins un secteur 26 d'anneau de turbine, par exemple par un procédé de fonderie.

[0042] La figure 3 représente une vue en coupe du secteur 26 d'anneau de turbine dans un moule pour frittage SPS. Le moule comporte un moule inférieur 34 de forme complémentaire de la surface externe 30 du secteur 26 d'anneau.

[0043] Le secteur 26 d'anneau est positionné dans un moule inférieur 34 de sorte que la surface externe 30 du secteur 26 d'anneau soit en contact au moins partiellement avec le moule inférieur 34. Le moule inférieur 34 n'est donc pas en contact avec le secteur 26 d'anneau sur toute la surface externe 30 du secteur 26 d'anneau. Les espaces visibles entre le secteur 26 d'anneau et le moule inférieur 34 permettent d'accommoder les variations de dimensions dues au procédé de fabrication des différents secteurs 26 d'anneau. Cependant, la forme du moule inférieur 34 étant complémentaire de la surface externe 30 du secteur 26 d'anneau, la pression exercée par le moule inférieur 34 sur le secteur 26 d'anneau est relativement uniforme.

[0044] On vient ensuite déposer une couche de poudre 36 sur la surface interne 28 du secteur 26 d'anneau et on positionne le moule supérieur 38 sur la couche de poudre 36.

[0045] On réalise ensuite l'étape de frittage SPS qui permet d'obtenir une couche d'abrasable 32 réalisée directement sur le secteur 26 d'anneau. Par exemple, le moule supérieur 38 et le moule inférieur 34 peuvent être en graphite. Ils peuvent également être en carbure de tungstène.

[0046] Avant de positionner le secteur 26 d'anneau dans le moule inférieur 34, on peut déposer une couche de matériau chimiquement inerte dans le moule inférieur 34 et sur le moule supérieur 38. Par exemple, le matériau chimique inerte peut être du nitrure de bore appliqué à l'aide d'un spray. On peut également ajouter de la poudre de nitrure de bore de sorte à combler les espaces présents entre le secteur 26 d'anneau et le moule inférieur 34.

[0047] Le matériau chimiquement inerte peut également être du corindon.

[0048] Le secteur 26 d'anneau revêtu de la couche d'abrasable 32 est ensuite retiré du moule.

[0049] Comme représenté sur la figure 4A, pour former un anneau 24 complet, on assemble plusieurs secteurs

26 d'anneau ensemble, chaque secteur 26 d'anneau étant recouvert d'une couche d'abradable 32. Une fois ces secteurs 26 d'anneau de turbine assemblés, la couche d'abradable 32 de chaque secteur d'anneau présente une surface libre 44 qui peut ne pas être dans le prolongement de la surface libre 44 du secteur 26 d'anneau adjacent. Aussi, les surfaces libres 44 des différents secteurs 26 d'anneau sont usinées de sorte à présenter une surface usinée 46 destinée à faire face à la roue de turbine. Cette surface usinée 46 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.

[0050] La figure 5 est une image réalisée au microscope électronique à balayage d'une interface entre un secteur 26 d'anneau et une couche d'abradable 32. Par exemple, cette couche d'abradable 32 est frittée sur le secteur 26 d'anneau à 950°C, sous une pression de 40 MPa pendant 30 minutes.

[0051] La pression peut être appliquée à froid, c'est-à-dire dès le début du cycle, ou à chaud, lors du palier de frittage.

[0052] Comme on peut le voir sur les figures 5 et 6, la composition chimique évolue de manière progressive, le long de la ligne 40 de la figure 5, en partant du secteur 26 d'anneau vers la couche d'abradable 32 en définissant, une zone de diffusion 42 à l'interface entre le secteur 26 d'anneau et la couche d'abradable 32.

[0053] Les figures 7A-7D représentent différentes microstructures de couches d'abradable 32 dont la porosité ouverte est respectivement d'environ 10%, d'environ 7%, d'environ 3% et quasi nulle.

[0054] 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 couches d'abradable 32 présentant une structure différente. Par exemple, la figure 7A représente une couche d'abradable 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 couche d'abradable 32 obtenue lors d'une étape de frittage SPS à 950°C pendant 30 minutes en appliquant une pression de 40 MPa.

[0055] On comprend que l'épaisseur de la couche d'abradable 32 obtenue après frittage SPS dépend notamment de l'épaisseur de la couche de poudre 36 déposée sur la surface interne 28 du secteur 26 d'anneau ainsi que des paramètres de frittage SPS. L'épaisseur de la couche d'abradable 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] 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. En outre, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation évoqués peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

Revendications

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

- fabrication d'au moins un secteur (26) d'anneau de turbine ;
- positionnement du secteur (26) d'anneau de turbine dans un moule inférieur (34) de sorte qu'une surface externe (30) du secteur (26) d'anneau de turbine soit en contact au moins partiel avec le moule inférieur (34) ;
- dépôt d'une couche de poudre (36) sur une surface interne (28) du secteur (26) d'anneau de turbine, la poudre étant une poudre métallique à base de cobalt ou de nickel ;
- positionnement d'un moule supérieur (38) sur la couche de poudre (36) ; et
- réalisation d'une couche d'abradable (32) sur la surface interne (28) par un procédé de frittage SPS de la couche de poudre (36), la couche d'abradable (32) étant destinée à être disposée face à une roue de turbine ;

dans lequel le moule supérieur (38) et le moule inférieur (34) sont 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 et dans lequel le frittage SPS est 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..

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes suivantes :

- assemblage d'une pluralité de secteurs (26) d'anneau de turbine, la surface interne (28) de chaque secteur (26) d'anneau de turbine étant recouverte d'une couche d'abradable (32) ; et
- usinage d'une surface libre (44) de la couche d'abradable (32).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel

le moule inférieur (34) a une forme complémentaire de la surface externe (30) du secteur (26) d'anneau de turbine.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, avant de positionner le secteur (26) d'anneau de turbine dans le moule inférieur (34) et le moule supérieur (38), on dépose une couche de matériau chimiquement inerte sur le moule inférieur (34) et sur le moule supérieur (38) de sorte que l'on réduit le collage de la couche d'abrasable et/ou du secteur d'anneau avec les parties du moule. 5
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le frittage SPS est réalisé pendant une durée inférieure ou égale à 60 minutes, de préférence inférieure ou égale à 30 minutes, encore plus de préférence inférieure ou égale à 15 minutes. 10 15 20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Turbinenrings (24) für eine Turbomaschine, umfassend die folgenden Schritte: 25
 - Herstellen von mindestens einem Turbinenringabschnitt (26),
 - Positionieren des Turbinenringabschnittes (26) in einer unteren Form (34), sodass eine Außenfläche (30) des Turbinenringabschnittes (26) zumindest teilweise in Kontakt mit der unteren Form (34) ist, 30
 - Abscheiden einer Pulverschicht (36) auf einer Innenfläche (28) des Turbinenringabschnittes (26), wobei das Pulver ein metallisches Pulver auf Basis von Kobalt oder Nickel ist, 35
 - Positionieren einer oberen Form (38) auf der Pulverschicht (36), und 40
 - Umsetzen einer Abriebschicht (32) auf der Innenfläche (28) durch einen SPS-Sintervorgang der Pulverschicht (36), wobei die Abriebschicht (32) dazu gedacht ist, gegenüber einem Turbinenrad angeordnet zu sein, 45

wobei die obere Form (38) und die untere Form (34) aus Wolframkarbid sind und wobei das SPS-Sintern bei einer Temperatur größer als oder gleich 500 °C, vorzugsweise größer als oder gleich 600 °C umgesetzt wird und wobei das SPS-Sintern bei einem Druck größer als oder gleich 100 MPa, vorzugsweise größer als oder gleich 200 MPa, noch bevorzugter größer als oder gleich 300 MPa umgesetzt wird. 50

- 2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend die folgenden Schritte: 55

- Zusammenfügen von mehreren Turbinenringabschnitten (26), wobei die Innenfläche (28) jedes Turbinenringabschnittes (26) mit einer Abriebschicht (32) bedeckt ist, und
- Bearbeiten einer Freifläche (44) der Abriebschicht (32).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die untere Form (34) eine Form komplementär zu der Außenfläche (30) des Turbinenringabschnittes (26) aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei vor dem Positionieren des Turbinenringabschnittes (26) in der unteren Form (34) und der oberen Form (38) eine Schicht aus chemisch inertem Material auf der unteren Form (34) und auf der oberen Form (38) abgeschieden wird, sodass das Haften der Abriebschicht und/oder des Ringabschnittes an den Teilen der Form reduziert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das SPS-Sintern während einer Dauer von weniger als oder gleich 60 Minuten, vorzugsweise weniger als oder gleich 30 Minuten, noch bevorzugter weniger als oder gleich 15 Minuten umgesetzt wird.

Claims

1. A method for manufacturing a turbine ring (24) for a turbomachine, the method comprising the following steps:
 - manufacturing at least one turbine ring sector (26) ;
 - positioning the turbine ring sector (26) in a bottom mold (34) so that an outer surface (30) of the turbine ring sector (24) is in contact at least in part with the bottom mold (34);
 - depositing a powder layer (36) on an inner surface (28) of the turbine ring sector (26), the powder being a metal powder based on cobalt or on nickel ;
 - positioning a top mold (38) on the powder layer (36); and
 - making an abrasable layer (32) on the inner surface (28) by subjecting the powder layer (36) to a method of SPS sintering, the abrasable layer (32) being intended to be disposed facing a turbine wheel;

wherein the top mold (38) and the bottom mold (34) are 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 and wherein the SPS sintering is performed

at a pressure higher than or equal to 100 MPa, preferably higher than or equal to 200 MPa, still more preferably higher than or equal to 300 MPa.

2. A method according to claim 1, further comprising the following steps: 5
- assembling together a plurality of turbine ring sectors (26), the inner surface (28) of each turbine ring sector (26) being covered in an abradable layer (32); and 10
 - machining a free surface (44) of the abradable layer (32).
3. A method according to claim 1 or claim 2, wherein the bottom mold (34) is of shape complementary to the outer surface (30) of the turbine ring sector (26). 15
4. A method according to any one of claims 1 to 3, wherein before positioning the turbine ring sector (26) in the bottom mold (34) and the top mold (38), a layer of chemically inert material is deposited on the bottom mold (34) and on the top mold (38) in order to reduce the layer of abradable material and/or the ring sector sticking to portions of the mold. 20 25
5. A method according to any preceding claim, wherein the SPS sintering is performed for a duration shorter than or equal to 60 minutes, preferably shorter than or equal to 30 minutes, still more preferably shorter than or equal to 15 minutes. 30

35

40

45

50

55

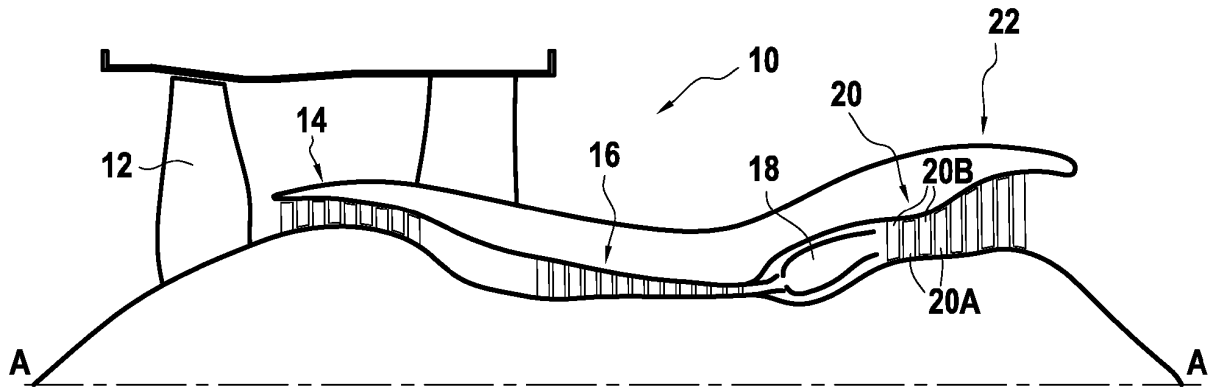


FIG.1

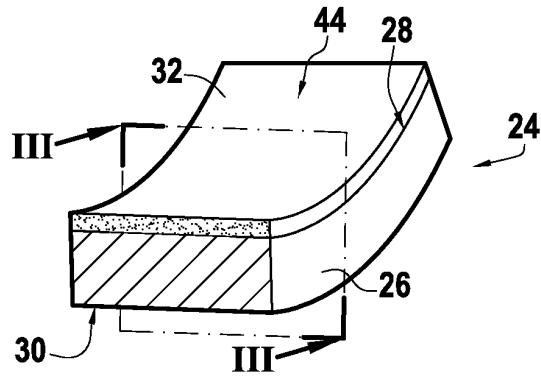


FIG.2

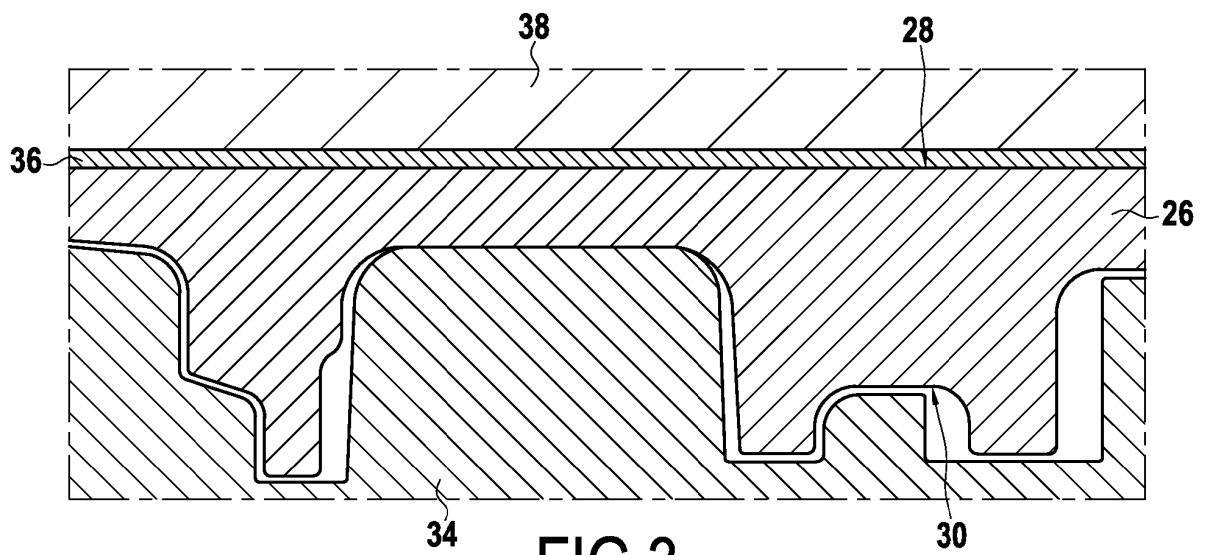


FIG.3

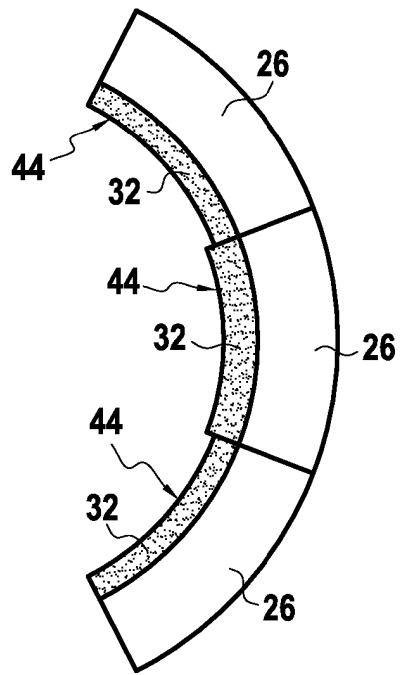


FIG. 4A

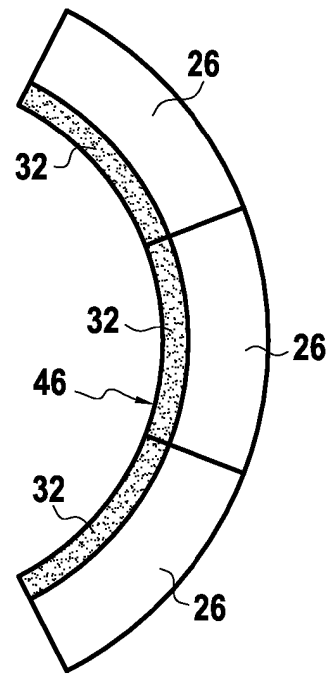


FIG. 4B

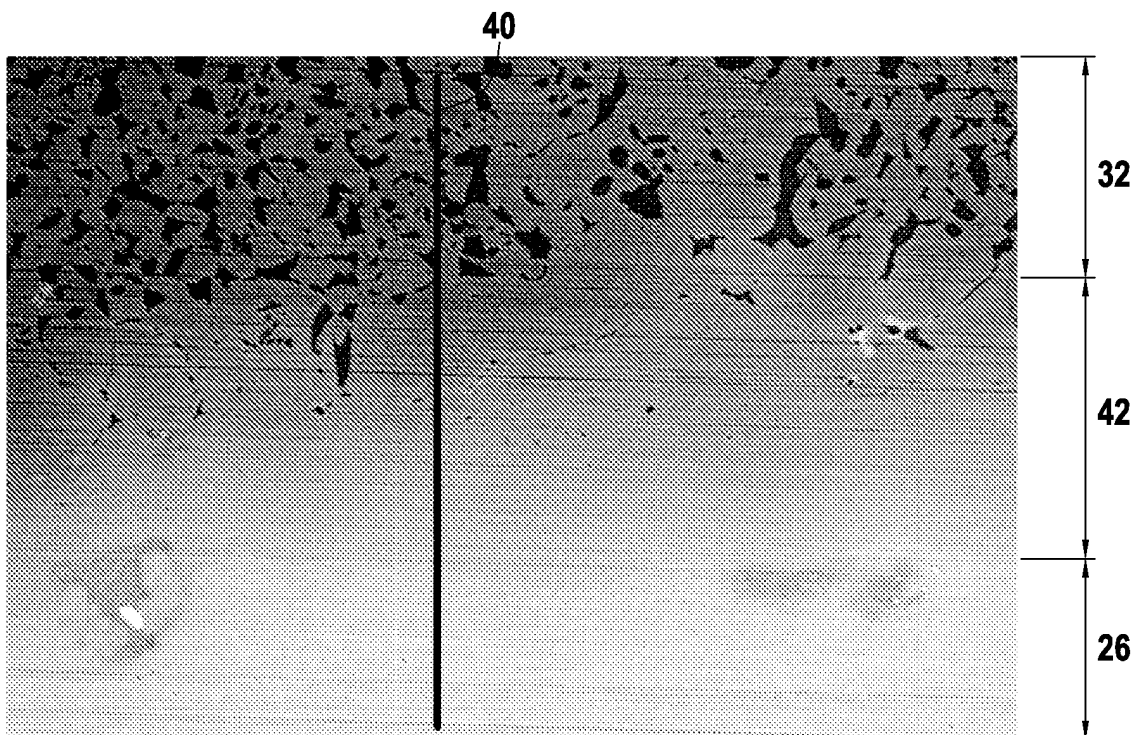


FIG. 5

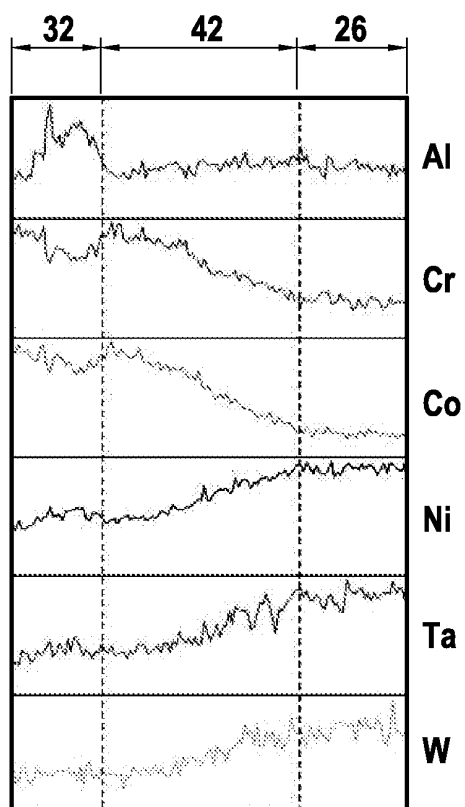


FIG. 6

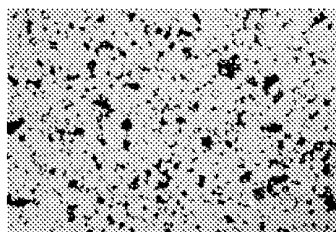


FIG. 7A

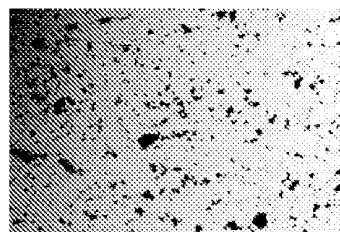


FIG. 7B

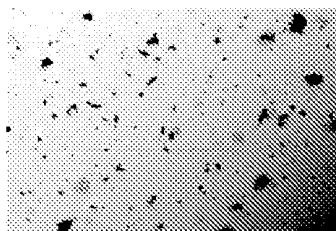


FIG. 7C

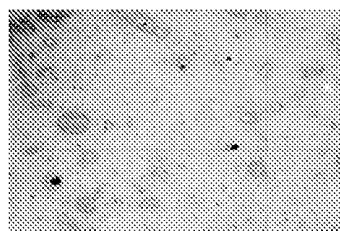


FIG. 7D

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

- US 2013177740 A1 [0006]
- FR 2941965 A1 [0006]