

(19)



(11)

EP 2 903 763 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
26.09.2018 Bulletin 2018/39

(51) Int Cl.:
B22F 3/18 ^(2006.01) **B22F 7/08** ^(2006.01)
F01D 11/12 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13785512.8**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/052326

(22) Date de dépôt: **01.10.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/053761 (10.04.2014 Gazette 2014/15)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PIECE COUVERTE D'UN REVETEMENT ABRADABLE**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER MIT EINER ABREIBBAREN BESCHICHTUNG
BEDECKTEN KOMPONENTE

METHOD OF MANUFACTURING A COMPONENT COVERED WITH AN ABRADABLE COATING

(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: **05.10.2012 FR 1259518**

(43) Date de publication de la demande:
12.08.2015 Bulletin 2015/33

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur: **FERRER, Laurent
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Intès, Didier Gérard André et al
Cabinet Beau de Loménie
158 rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 1 779 946 EP-A1- 2 112 326
FR-A1- 2 935 623 US-A1- 2006 068 214**

EP 2 903 763 B1

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

Description

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] Le présent exposé concerne un procédé de fabrication d'une pièce couverte d'un revêtement abrasable.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

[0002] De nombreuses machines comprennent des parties qui, en mouvement, frottent ou risquent de frotter contre d'autres parties. Par exemple, certaines machines comprennent une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation par rapport à un axe, une partie de cette pièce mobile frottant contre une autre pièce. C'est le cas des turbomachines (terrestres ou aéronautiques, comme les turboréacteurs ou les turbomoteurs) qui comprennent un rotor avec des aubes mobiles qui, dans leur mouvement de rotation, frottent contre la face intérieure du carter du stator qui les entoure.

[0003] Dans le cas d'une turbomachine, il est habituel de prévoir un espace, ou jeu, entre les parties fixes et les parties mobiles, en particulier entre le carter et les aubes mobiles, pour tenir compte d'une part des tolérances géométriques des pièces et d'autre part des mécanismes de dilatation thermique et de fluage des matériaux dans le temps. Or, il est important de minimiser les fuites de gaz ou d'air au niveau de cet espace. En effet, ces fuites diminuent le débit du flux d'air comprimé à travers la turbomachine, font perdre une partie du travail mécanique utile et, par conséquent, affectent l'efficacité de la turbomachine, augmentent sa consommation de carburant et diminuent la poussée produite.

[0004] Pour minimiser ces fuites, la solution actuellement utilisée consiste à rapprocher au maximum les aubes mobiles du carter et à couvrir le carter d'un revêtement de matériau tendre en face des aubes. Ce matériau est abrasable, ce qui signifie qu'il a pour propriété d'être facilement creusé par l'extrémité des aubes mobiles en cas de contact. Ainsi, une aube n'est pratiquement pas endommagée lorsqu'elle frotte contre ce matériau abrasable et on optimise l'espace entre l'extrémité de l'aube et la surface interne du carter en ajustant cet espace à un minimum dans le temps.

[0005] Actuellement, on fabrique des revêtements d'usure par dépôt plasma comme divulgué dans le brevet FR 2 935 623.

[0006] Alternativement, on peut fabriquer des portions de plaque de matériau abrasable qui sont ensuite chacune collées sur le carter pour former une plaque complète. Un tel procédé est long et coûteux. De plus, le collage présente de nombreuses contraintes : nettoyage des surfaces à coller, problèmes de contamination des surfaces nettoyées, mauvaise adhésion, etc. Enfin, les contraintes mécaniques engendrées pendant la fabrication des portions de plaque de matériau abrasable et pendant leur collage contribuent, en fonctionnement, au

décollement de ces portions de plaque de la surface du carter et/ou à la fissuration et à la détérioration prématurée des plaques en service.

[0007] La présente invention vise à remédier, au moins en partie, à ces inconvénients.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0008] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce couverte d'un revêtement abrasable selon la revendication 1, ce procédé comprenant les étapes suivantes:

A - on fournit une ébauche de la pièce avec un logement, ce logement débouchant à la surface de l'ébauche via au moins une ouverture,

B - on remplit ledit logement avec un matériau abrasable sous forme pulvérulente, et

C - on co-lamine à chaud l'ébauche et le matériau abrasable de manière à fritter le matériau abrasable et ainsi à le faire adhérer à l'ébauche pour obtenir un revêtement abrasable, dans lequel, dans l'étape (C) de co-laminage, une pression est exercée sur le matériau abrasable à travers l'ouverture.

[0009] L'ébauche fournie est avantageusement brute de mise en forme à chaud (forgeage, laminage ...), c'est-à-dire que l'ébauche n'a pas encore été mise en forme à chaud. Le logement peut, quant à lui, être déjà mis en forme à chaud et/ou usiné.

[0010] Le co-laminage réalisé permet d'appliquer localement une compression à chaud sur le matériau abrasable. Typiquement, il s'agit d'une compression unidirectionnelle à chaud, normale à la surface interne de l'ébauche. Cette compression à chaud permet de fritter et de compacter le matériau abrasable et de le faire adhérer à l'ébauche par soudage-diffusion. Avantageusement, la compression à chaud appliquée par le co-laminage est suffisante pour fritter et compacter le matériau abrasable et le faire adhérer à l'ébauche, et le procédé de fabrication ne comprend aucune étape de compression à chaud avant ou après l'étape de co-laminage.

[0011] Un tel procédé permet d'obtenir un bon compactage et une bonne cohésion des particules du matériau abrasable. De plus, avec les températures et les pressions engagées pour le co-laminage, l'adhérence des particules avec l'ébauche est bonne et l'interface de soudure entre le matériau et l'ébauche a une porosité faible ou nulle. Le risque de décollement ultérieur du revêtement abrasable s'en trouve diminué.

[0012] Durant le co-laminage, l'ébauche et le matériau abrasable peuvent être mis en forme au plus près des cotes de la pièce finale, par exemple avec des mandrins droits ou des mandrins de forme.

[0013] En outre, comme l'opération de co-laminage se fait à chaud, des mécanismes de recristallisation peuvent avoir lieu, ce qui diminue les contraintes dans le revêtement abrasable. Les risques de fissuration, de détério-

ration et de décollement du revêtement s'en trouvent également diminués.

[0014] Le logement débouche à la surface de l'ébauche via une (des) ouverture(s). Lors du co-laminage, une pression est exercée sur le matériau abrasable à travers cette (ces) ouverture(s). Dans certains modes de mise en oeuvre, on remplit ledit logement avec le matériau abrasable par cette (ces) ouverture(s) lors de l'étape de remplissage (étape B) et on ferme hermétiquement cette (ces) ouverture(s) avec une gaine, avant l'étape de co-laminage (étape C).

[0015] Dans certains modes de mise en oeuvre, le procédé comprend les étapes suivantes:

D - on recouvre l'ouverture par laquelle le logement débouche à la surface de l'ébauche, avec une gaine qui présente au moins un orifice de vide et au moins un orifice de remplissage,

E - on fait le vide dans ledit logement en utilisant ledit orifice de vide et on remplit ledit logement avec le matériau abrasable (sous forme pulvérulente) en utilisant ledit orifice de remplissage, et

F - on ferme de façon étanche ledit orifice de vide et ledit orifice de remplissage avant l'étape de co-laminage (étape C).

[0016] On notera que les étapes D à F sont effectuées après l'étape A et avant l'étape C précitées, l'étape E renvoyant à l'étape B.

[0017] Dans certains modes de mise en oeuvre, l'étape C de co-laminage comprend une première étape C1 de préchauffage pendant laquelle l'ébauche est chauffée jusqu'à une température de laminage T, le frittage du matériau abrasable ayant lieu, au moins en partie, lors de cette première étape, et une deuxième étape C2 pendant laquelle on co-lamine l'ébauche et le matériau abrasable à la température de laminage T. Ces étapes conduisent à une compaction du matériau abrasable.

[0018] Ainsi, dans un premier temps, l'agglomération par frittage des particules de matériau abrasable entre elles, avec un taux de porosité donné, se fait pendant la durée de préchauffage de l'ébauche à la température de laminage. Dans un second temps, durant le co-laminage au sens strict, le matériau abrasable se déforme du fait de la pression exercée à chaud (i.e. à la température de laminage T). Ainsi, toutes les cavités vides du logement se remplissent de matériau abrasable, les zones de dilution (liées au soudage-diffusion des particules de poudre les unes aux autres) augmentent et les porosités résiduelles après frittage et compactage diminuent, voire disparaissent. Des mécanismes de recristallisation dans le matériau abrasable peuvent même être déclenchés, améliorant encore l'homogénéité du revêtement abrasable.

[0019] La température de laminage (et de manière plus générale, le cycle thermomécanique de la pièce) sera défini en fonction du domaine le plus restreint de forgeabilité en tenant compte de réchauffement adiabatique et

du domaine conduisant aux microstructures recherchées des matériaux considérés. En particulier, pour la forgeabilité, la température maximale sera la limite de surchauffe ou de brulure d'un des matériaux mis en forme et la température minimale sera la limite d'endommagement microstructural d'un des matériaux. A titre d'exemple, si le matériau de référence est un acier, la température de laminage T peut être comprise entre 600°C et 1350°C. Pour un acier d'appellation EN X12CrNiMoV12 ou un acier d'appellation EN X4NiCoNb38, la température de laminage T peut être comprise entre 750°C et 1300°C. Pour un acier d'appellation Maraging250 EN X2NiCoMo18-8, la température de laminage T peut être comprise entre 850°C et 1250°C. Si le matériau est un alliage de Titane, la température de laminage T peut être comprise entre 700°C et 1150°C. Pour des alliages de titane d'appellation TA6V à structure maîtrisée alpha + bêta, la température de laminage T peut être comprise entre 700°C et 1050°C, et avantageusement une température T d'environ 950°C est utilisée. Pour des alliages de titane d'appellation TA6V à structure maîtrisée bêta, la température de laminage T peut être comprise entre 1050°C et 1150°C, et avantageusement une température T d'environ 1100°C est utilisée.

[0020] Dans certains modes de mise en oeuvre, lors de l'étape de remplissage du logement (i.e. étapes B ou E précitées), le matériau abrasable est déposé en plusieurs couches de natures différentes.

[0021] Ceci permet de faire varier les propriétés du revêtement abrasable selon les niveaux, les besoins au niveau du fond du logement n'étant pas les mêmes qu'au niveau de la surface extérieure où le revêtement abrasable interagit avec des pièces en mouvement.

[0022] Dans certains modes de réalisation, lors de l'étape de remplissage du logement (i.e. étapes B ou E précitées), le matériau abrasable, sous sa forme pulvérulente, comprend des particules de base qui, après co-laminage (étape C), constitue la matrice du revêtement abrasable, et des particules secondaires facilitant la fragmentation du revêtement abrasable.

[0023] Les particules secondaires facilitent la fragmentation du revêtement abrasable lors du frottement avec la pièce mobile, et donc l'ajustement du jeu entre la pièce mobile et le revêtement.

[0024] Avantageusement, des particules secondaires organiques peuvent être introduites dans le mélange de particules. De telles particules se décomposeront durant l'opération de co-laminage en formant des porosités de gaz. Ces porosités facilitent la fragmentation du revêtement.

[0025] Dans certains modes de réalisation, le matériau abrasable comprend également des particules dures, usantes, permettant, en fonctionnement, un léger polissage des parties mobiles.

[0026] Dans certains modes de réalisation, le logement présente des faces latérales concaves (vers l'intérieur du logement). Cela permet d'emprisonner le revêtement abrasable sans générer de contraintes résiduel-

les dans celui-ci ou tout au moins de répartir les contraintes à l'interface entre le revêtement abrasable et le substrat, ce qui permet de limiter le décollement.

[0027] Dans certains modes de réalisation, le logement est une rainure définie par une paroi intérieure, deux parois latérales entourant la paroi intérieure, et deux lèvres extérieures situées dans le prolongement des parois latérales et repliées vers le centre de la rainure, de sorte que la rainure présente, en section transversale, un profil de forme générale en "C". Un tel logement permet de bien emprisonner le revêtement abrasable, notamment du fait des lèvres extérieures qui couvrent partiellement le revêtement et le retiennent.

[0028] Bien entendu, d'autres formes de logement peuvent être retenues, la compression au moment du co-laminage permettant de remplir l'ensemble du logement, même si celui-ci est de forme complexe. En outre, durant le co-laminage, le logement peut se déformer de manière à emprisonner encore mieux le revêtement abrasable.

[0029] Dans certains modes de mise en oeuvre, l'ébauche est formée par co-laminage à chaud d'au moins deux sous-parties, cette étape de co-laminage des sous-parties et l'étape de co-laminage de l'ébauche et du matériau abrasable (étape C précitée) étant réalisées en même temps, en une seule opération.

[0030] Ceci permet de mutualiser les outils de fabrication et de réaliser, en une seule et même opération de co-laminage, la fabrication de l'ébauche et le dépôt du revêtement abrasable. Il en résulte une économie de temps et d'argent par rapport aux procédés de fabrication conventionnels.

[0031] Dans certains modes de mise en oeuvre, après l'étape C de co-laminage, on usine l'ébauche et/ou le revêtement de matériau abrasable, pour obtenir la pièce finale.

[0032] Dans certains modes de mise en oeuvre, après l'étape C de co-laminage, on applique un traitement thermique de qualité à la pièce dans son ensemble, c'est-à-dire un traitement destiné à conférer à la pièce les caractéristiques recherchées pour son emploi.

[0033] Dans certains modes de mise en oeuvre, la pièce fabriquée est un carter de turbomachine ayant une face radialement interne, au moins une partie de cette face étant couverte par le revêtement abrasable. En d'autres termes, ledit logement est ménagé dans la face radialement interne du carter.

[0034] L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux, à la lecture de la description détaillée qui suit, d'exemples de réalisation. Cette description détaillée fait référence aux dessins annexés.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0035] Les dessins annexés sont schématiques et ne sont pas à l'échelle, ils visent avant tout à illustrer les principes de l'invention.

[0036] Sur ces dessins, d'une figure (FIG) à l'autre,

des éléments (ou parties d'élément) identiques ou ayant une fonction analogue sont repérés par les mêmes signes de référence.

5 La FIG 1 représente, en coupe transversale, une ébauche de pièce avec un logement, ce logement débouchant à la surface de l'ébauche;

La FIG 2 représente l'ébauche de la FIG 1, sur laquelle une gaine a été mise en place.

10 La FIG 3 illustre une étape de remplissage du logement avec un matériau abrasable sous forme pulvérulente.

La FIG 4 illustre une étape de co-laminage de l'ébauche et du matériau abrasable.

15 La FIG 5 illustre une étape d'usinage.

La FIG 6 est une figure analogue à la FIG 3, illustrant une étape de remplissage du logement avec un autre matériau abrasable.

20 La FIG 7 est une figure analogue à la FIG 3, illustrant une étape de remplissage du logement avec un matériau abrasable déposé en plusieurs couches.

La FIG 8 est une figure analogue à la FIG 4, illustrant une étape de co-laminage.

25 DESCRIPTION DETAILLEE D'EXEMPLES DE REALISATION

[0037] Des exemples de réalisation sont décrits en détail ci-après, en référence aux dessins annexés. Ces exemples illustrent les caractéristiques et les avantages de l'invention. Il est toutefois rappelé que l'invention ne se limite pas à ces exemples.

[0038] Les FIGS 1-5 illustrent différentes étapes d'un exemple de procédé de fabrication d'une pièce 1 avec un revêtement abrasable 50. Cette pièce 1 est représentée sur la FIG 5. Une partie du revêtement abrasable 50 forme une couche 55 à la surface de la pièce 1. Dans l'exemple, cette couche 55 fait légèrement saillie vers l'extérieur par rapport au reste de la pièce 1.

40 **[0039]** Dans cet exemple, la pièce 1 est un carter de turbomachine, e.g. un carter de compresseur de turbo-réacteur. Ce carter porte un revêtement abrasable 55 contre lequel des pièces mobiles 60 (voir FIG 5) viennent frotter. Ces pièces mobiles 60 sont des aubes. La surface libre 35 sur laquelle se trouve le revêtement abrasable 55 est la face radialement interne du carter. Il s'agit d'une surface de forme générale cylindrique, centrée sur l'axe de rotation du rotor de la turbomachine.

[0040] Bien entendu, l'invention pourrait s'appliquer à d'autres pièces qu'à un carter de turbomachine.

[0041] Pour fabriquer la pièce 1, on fournit d'abord une ébauche 10 de cette pièce. Cette ébauche 10, représentée sur la FIG. 1, présente un logement 20. Le logement 20 débouche à la surface 15 de l'ébauche 10, via une ouverture 25. Cette ouverture 25 est continue. Elle peut également être discontinue, c'est-à-dire constituée de plusieurs sous-ouvertures.

[0042] Dans l'exemple, le logement 20 est une rainure

qui s'étend dans une direction perpendiculaire au plan de coupe des figures. De préférence, la forme du logement 20 est choisie de manière à emprisonner le revêtement abrasable 50 décrit ci-après.

[0043] Avantagusement, la section maximale du logement 20 dans un plan parallèle à la surface 15 se situe à une distance non-nulle de cette surface. Ainsi, le logement 20 présente au moins une portion convergente en se rapprochant de l'ouverture 25. De la sorte, le matériau abrasable 50 qui remplit le logement 20 (voir ci-dessous), une fois qu'il forme un bloc d'un seul tenant, est maintenu mécaniquement dans le logement 20.

[0044] Dans l'exemple, le logement 20 est une rainure définie par une paroi de fond 21, deux parois latérales 22 entourant la paroi intérieure, et deux lèvres extérieures 23 situées dans le prolongement des parois latérales et repliées vers le centre de la rainure. Cette rainure présente ainsi, en section transversale, un profil de forme générale en "C". L'ouverture 25 est définie entre les lèvres extérieures 23. En section transversale, les surfaces latérales de la rainure, définies par les parois latérales 22, sont concaves vers l'intérieur de la rainure. Bien entendu, d'autres formes de logement 20 peuvent être retenues.

[0045] Le logement 20 est, par exemple, réalisé par usinage dans l'ébauche 10. L'ébauche 10 peut déjà, avant usinage, présenter une dépression à l'endroit où va être usiné le logement 20. Cette dépression peut être réalisée au moment de la mise en forme de l'ébauche 10.

[0046] Après sa réalisation, le logement 20 est nettoyé.

[0047] On recouvre ensuite l'ouverture 25 du logement 20 avec une gaine 30 qui présente des orifices de vide 31 et de remplissage 32. On fixe la gaine 30 sur toute la périphérie de l'ouverture 25, sur le bord des lèvres 23 du logement. Cette fixation est, par exemple, effectuée par soudage. La dimension de la gaine 30 et la position des soudures peuvent être optimisées pour éviter une fuite.

[0048] La gaine 30 est en un matériau suffisamment souple et ductile et d'épaisseur suffisamment faible pour se déformer sous l'effet de la pression P qui sera appliquée lors du co-laminage (voir ci-après). La gaine 30 ferme l'ouverture 25 de façon étanche à l'exception des orifices 31, 32.

[0049] On fait ensuite le vide dans le logement 20 (i.e. dans l'espace fermé délimité par le logement 20 et la gaine 30) tout en remplissant le logement 20 avec un matériau abrasable 50 sous forme pulvérulente. Le fait que le matériau abrasable 50 soit sous la forme d'un ensemble de particules disjointes permet ce remplissage.

[0050] Le matériau abrasable 50 est constitué d'un ensemble de particules. Par particule on entend un élément de petite taille qui peut, notamment, avoir une forme de grain, sensiblement sphérique, ou une forme plus allongée à une dimension (de type fibre) ou deux dimensions (de type plaquette). Ces particules sont en totalité ou en majorité en un matériau fritté, c'est-à-dire qui est apte à diffuser d'une particule à une particule adjacente lors-

que les particules sont compactées à température élevée, de telle sorte que des liens se créent entre les particules: le matériau est alors fritté. Lors du frittage, il ne se produit pas nécessairement de fusion du matériau constituant les particules. Dans un matériau fritté, il peut donc subsister des porosités. Si le matériau est compacté à des températures encore plus élevées, il se produit une déformation des particules suivie de leur soudage par diffusion et, ainsi, une disparition progressive des porosités vides.

[0051] Le matériau abrasable 50, sous sa forme pulvérulente, peut être constitué d'une poudre de base 51. Il peut s'agir d'une poudre unique ou d'un mélange de poudres. Après co-laminage, cette poudre de base 51 constitue la matrice du revêtement abrasable 55.

[0052] Dans cet exemple, le matériau abrasable 50 est, par exemple, un mélange à base de poudres métalliques comme des poudres en alliage spécial à base de Ni ou à base de Fe. Le matériau abrasable est choisi en fonction des propriétés demandées, thermiques en particulier.

[0053] Selon un autre exemple de réalisation représenté sur la FIG. 6, en plus de la poudre de base 51, le matériau abrasable 50 est constitué de particules secondaires 52 mélangées à la poudre de base, qui facilitent la fragmentation du revêtement abrasable 55 en fonctionnement. Ces particules secondaires 52 peuvent être des particules organiques, minérales, métalliques, intermétalliques, etc., dont l'interaction chimique avec la base du matériau abrasable est faible. Par exemple, comme particules secondaires 52, on peut utiliser des oxydes, des particules à base de carbone comme par exemple des poudres de carbone pur, des fibres de carbone ou des carbures (SiC, TiC, WC, etc.), des particules à base de bore comme par exemple des borures ou des borates (TiB₂, SiB₂, phases de laves, etc.), des nitrures, des micro-billes de résine organique à point de vaporisation légèrement inférieure à la température de laminage. Ces particules secondaires 52 facilitent le décrochage de morceaux de revêtement abrasable 55 au passage de la pièce mobile 60 avec qui la pièce 1 interagit. Les particules secondaires 52 peuvent avoir deux modes d'action. Soit ces particules 52 résistent au co-laminage et subsistent sous forme solide dans la matrice du revêtement abrasable 55, créant ainsi des irrégularités qui fragilisent la structure de la matrice. A cette fin, il est possible d'utiliser des particules minérales, métalliques ou intermétalliques et, par exemple, des oxydes, des particules à base de carbone, des particules à base de bore, des nitrures. Soit ces particules secondaires 52 sont creuses et/ou se décomposent en libérant un gaz lors du co-laminage, créant ainsi des porosités qui fragilisent la structure de la matrice. A cette fin, il est possible d'utiliser des micro-billes métalliques et/ou en résine organique, ayant un point de vaporisation légèrement inférieur à la température de laminage. Ces micro-billes peuvent, par exemple, être des billes en résine creuses ou des billes métalliques creuses, avec du vide ou du gaz à l'intérieur,

ou des billes métalliques creuses avec de la résine à l'intérieur.

[0054] Les particules secondaires 52 peuvent également être "usantes", c'est-à-dire être choisies pour leurs propriétés de résistance à l'usure. Ces particules permettent alors, en fonctionnement, de polir légèrement les pièces mobiles. A cette fin, il est possible d'utiliser des particules minérales, métalliques ou intermétalliques et, par exemple, des oxydes, des particules à base de carbone (e.g. poudre de carbone, fibres de carbone, carbures), des particules à base de bore (e.g. borures ou borates), des nitrures.

[0055] Selon un autre exemple de réalisation représenté sur la FIG. 7, le matériau abrasable (sous forme pulvérulente) est déposé en plusieurs couches 56, 57, ces couches étant de natures différentes. Par deux couches de natures différentes, on entend deux couches constituées de matériaux différents, ou une couche constituée d'un mélange de matériaux et une autre couche constituée d'un mélange des mêmes matériaux mais dans des proportions différentes.

[0056] En d'autres termes, le logement 20 est rempli par un empilement de couches 56, 57, chaque couche ayant une composition spécifique. La composition de chaque couche va dépendre des fonctions souhaitées pour cette couche. Dans l'exemple de la FIG. 7, la première couche 56, qui est la plus proche de la paroi de fond 21 du logement 20, est, par exemple, constituée d'un alliage à capacité élevée de soudure par diffusion et à forte ténacité au contact du substrat, de manière à accommoder au maximum les contraintes à l'interface avec le substrat. Par ailleurs, la seconde couche 57, qui est destinée à entrer au contact de la pièce mobile 60, est, par exemple, constituée d'un alliage à forte teneur en réfractaire, et éventuellement de particules secondaires, de manière à favoriser l'adaptabilité et la stabilité thermique de la surface au cours du temps. Par exemple, si le matériau du carter est un acier d'appellation EN X12CrNiMoV12, le fait de déposer une première couche 56 de poudre à base de Fe permet d'obtenir un meilleur soudage par diffusion des particules de poudre sur le substrat. Ce soudage améliore la tenue de l'abrasable. De plus, le fait d'ajouter une couche finale 57 à base de poudres de Ni apporte à la surface du revêtement abrasable une meilleure tenue à chaud.

[0057] Bien entendu, plus de deux couches pourraient être déposées. Pour déposer successivement des couches de compositions différentes, plusieurs méthodes sont possibles. Par exemple, une première méthode consiste à modifier le mélange de particules déposées au fur et à mesure du remplissage du logement (le remplissage peut être optimisé avec le nombre d'orifices de remplissage) avant de faire le vide. Une deuxième méthode consiste à remplir les sous couches une à une en déposant une feuille intercalaire (e.g. une feuille métallique) entre deux sous-couches, et à terminer par le dépôt de la gaine 30 avant de faire le vide. Une troisième méthode consiste à projeter à froid ou à chaud le matériau abra-

dable 50, dans le logement 20 via l'ouverture 25, pour avoir une cohésion mécanique par couche successive avant de souder la gaine 30 et de faire le vide.

[0058] Une fois le logement 20 entièrement rempli de matériau abrasable 50, on obture l'orifice de vide 31 et l'orifice de remplissage 32, de telle sorte que le logement 20 est fermé de façon étanche. La FIG 3 illustre cette étape.

[0059] Le volume défini par la paroi du logement 20 et la gaine 30, appelé volume initial, est strictement supérieur au volume du logement 20, le volume du logement 20 étant défini par la paroi du logement 20 et un plan qui se situe dans le prolongement de la surface 15 sur laquelle débouche l'ouverture 25.

[0060] Ensuite, on co-lamine à chaud l'ébauche 10 et le matériau abrasable 50 de manière à fritter et à compacter le matériau abrasable et à le faire adhérer à l'ébauche, pour obtenir un revêtement abrasable 55. Le co-laminage permet d'appliquer une pression P supérieure à la pression atmosphérique sur la face extérieure de la gaine 30. Ainsi la gaine 30 se déforme sous l'effet d'une contrainte (unidirectionnelle et normale à sa surface 15 dans l'exemple). Cette contrainte soumet le matériau abrasable 50 à une compression dans le logement 20 (le matériau abrasable 50 étant également contraint par les parois du logement 20), le matériau abrasable 50 étant également soumis à une température T, généralement supérieure à 150°C, de sorte qu'il se produit un frittage entre les particules du matériau abrasable 50 et une compaction de ce matériau dans le logement 20. La figure 4 illustre cette étape.

[0061] Pour réaliser le co-laminage à chaud, on peut utiliser une technique de laminage circulaire à chaud ou analogue. Un exemple de technique de laminage circulaire à chaud est décrit dans la publication intitulée "A summary of ring rolling technology. I - Recent trends in machines, processes and production lines" bit. Mach. Tools 14 Manufact. vol. 32, n[deg.] 3, 1992, pages 379-398, faite par les auteurs Eruç E. et Shivpuri R. En particulier, on peut utiliser deux mandrins rotatifs qui compriment l'ébauche 10 et le matériau abrasable 50, un de ces mandrins suivant la surface de l'ébauche au niveau de laquelle se trouve l'ouverture 25 du logement 20 de manière à exercer une pression sur le matériau abrasable 50 via l'ouverture 25. Dans l'exemple de la FIG 4, deux mandrins rotatifs (à axes verticaux sur la figure 4) 71, 72 compriment l'ébauche 10 et le revêtement 50 et réduisent l'épaisseur de l'ébauche 10 en faisant augmenter son diamètre. Un des mandrins 72 est au contact de la surface 15 et de la gaine 30 et exerce une pression P sur celle-ci. Deux cônes (non représentés et à axes horizontaux sur la figure) peuvent être utilisés pour limiter l'augmentation de la hauteur de l'ébauche 10 susceptible de résulter de l'action des mandrins 71, 72. On peut procéder ensuite à un traitement thermique de revenu. Ainsi, on obtient une pièce de révolution circulaire avec un revêtement abrasable 55.

[0062] Le co-laminage est réalisé à chaud à une tem-

pérature T supérieure à la température à laquelle toutes les porosités du matériau abradable 50 sont résorbées. Typiquement, cette température T est comprise entre 700°C et 1300°C. Le frittage et le compactage du matériau abradable 50, et donc sa densification, commencent lors du chauffage pendant laquelle l'ébauche est maintenue à la température T durant un temps de maintien, et ce sans pression. Le compactage se termine pendant l'étape de co-laminage proprement dite. Lors du co-laminage, la pression P exercée par le rouleau 72 sur le matériau abradable 50, via l'ouverture 25, est fonction de la propre contrainte d'écoulement du matériau abradable à la température de laminage. La contrainte d'écoulement du matériau abradable est nettement inférieure à celle du substrat, ce qui permet donc une meilleure déformation de la couche de matériau abradable.

[0063] Dans cet exemple, il ne subsiste pas ou peu de porosités au sein du revêtement abradable 55 après co-laminage. En conséquence, la résilience du revêtement abradable 55 est améliorée.

[0064] En outre, dans le logement 20, l'adhérence des particules de matériau abradable 50 avec la surface de la paroi du logement 20 est améliorée. Le risque de décollement ultérieur du revêtement abradable 55, en fonctionnement, s'en trouve diminué.

[0065] Après le co-laminage, le matériau abradable 50 est fritté et compacté et occupe un volume (appelé volume final) qui est inférieur au volume initial, du fait de la compaction et du frittage qui s'est opéré entre les particules du matériau.

[0066] On abaisse ensuite la température et la pression jusqu'à la température ambiante et la pression ambiante respectivement. On usine ensuite l'ensemble pour retirer la gaine 30 et donner à la pièce 1 sa forme finale, comme représenté sur la FIG 5.

[0067] Dans l'exemple, on usine la surface 15 de l'ébauche (notamment au niveau des lèvres 23) et les bords latéraux du revêtement abradable 55 de manière à obtenir une bande de revêtement abradable 55, légèrement en saillie par rapport au reste de la surface libre 15 de la pièce 10. La pièce mobile 60 vient frotter contre cette bande de revêtement abradable 55 en fonctionnement, jusqu'à ce que le jeu entre le revêtement 55 et la pièce 60 (représentée en pointillés) soit optimisé, comme représenté sur la FIG 5.

[0068] Selon un autre exemple de réalisation représenté sur la FIG 8, l'ébauche 10 est formée par co-laminage à chaud d'au moins deux sous-parties 11, 12.

[0069] Par exemple, dans le cas d'un carter de turbomachine, la première partie 11 peut être en alliage de titane et la deuxième partie 12 en acier ou en alliage de base nickel. Ces deux parties 11, 12 peuvent être séparées par un film intermédiaire anti-diffusion 13. La première partie 11, qui constitue la structure porteuse en alliage de titane, est protégée des risques de feu de titane par la deuxième partie 12. Le logement 20 recevant le revêtement abradable 55 est ménagé dans cette deuxième partie 12.

[0070] Pour fabriquer l'ébauche 10, les parties 11, 12, 13 sont co-laminées et, avantageusement, elles sont co-laminées en même temps que la partie 12 et le revêtement abradable 55, en une seule et même opération.

[0071] On réduit ainsi le temps de fabrication et on mutualise les équipements.

[0072] En final, un traitement thermique de qualité peut être appliqué à la pièce 1.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce (1) couverte d'un revêtement abradable (55), ce procédé comprenant les étapes suivantes:

(A) on fournit une ébauche (10) de la pièce avec un logement (20), ce logement (20) débouchant à la surface (15) de l'ébauche (10) via au moins une ouverture (25),

(B) on remplit le logement (20) avec un matériau abradable (50) sous forme pulvérulente, et

(C) on co-lamine à chaud l'ébauche (10) et le matériau abradable (50) de manière à fritter le matériau abradable et à le faire adhérer à l'ébauche, pour obtenir un revêtement abradable (55),

dans lequel, dans l'étape (C) de co-laminage, une pression est exercée sur le matériau abradable (50) à travers l'ouverture (25).

2. Procédé de fabrication d'une pièce selon la revendication 1, dans lequel on remplit ledit logement (20) avec le matériau abradable (50) par cette ouverture (25), et dans lequel on ferme hermétiquement cette ouverture (25) avec une gaine (30) avant l'étape de co-laminage (C).

3. Procédé de fabrication d'une pièce selon la revendication 1 ou 2, dans lequel:

(D) on recouvre l'ouverture (25) avec une gaine (30) qui présente au moins un orifice de vide (31) et au moins un orifice de remplissage (32),

(E) on fait le vide dans ledit logement (20) en utilisant ledit orifice de vide (31) et on remplit ledit logement (20) avec le matériau abradable (50) en utilisant ledit orifice de remplissage (32), et

(F) on ferme de façon étanche ledit orifice de vide (31) et ledit orifice de remplissage (32) avant l'étape de co-laminage (C).

4. Procédé de fabrication d'une pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'étape de co-laminage (C) comprend une première étape (C1) de préchauffage pendant laquelle l'ébauche (10) est chauffée jusqu'à une température de co-

laminage (T), le frittage du matériau abrasable (50) ayant lieu, au moins en partie, lors de cette première étape, et une deuxième étape (C2) pendant laquelle on co-lamine l'ébauche (10) et le matériau abrasable (50) à la température de laminage (T).

5. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel, lors de l'étape de remplissage (B, E) du logement (20), le matériau abrasable (50) est déposé en plusieurs couches (56, 57) de natures différentes. 10
6. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, le matériau abrasable (50), sous sa forme pulvérulente, comprend une poudre de base (51) qui, après frittage, constitue la matrice du revêtement abrasable (55), et des particules secondaires (52) mélangées à la poudre de base et facilitant la fragmentation du revêtement abrasable (55). 15
7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel ledit logement (20) est une rainure définie par une paroi de fond (21), deux parois latérales (22) entourant la paroi intérieure, et deux lèvres extérieures (23) situées dans le prolongement des parois latérales (22) et repliées vers le centre de la rainure, de sorte que la rainure présente, en section transversale, un profil de forme générale en "C". 20
8. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'ébauche (10) est formée par co-laminage à chaud d'au moins deux sous-parties (11, 12), et dans lequel on réalise en même temps et en une seule opération, l'étape de co-laminage des sous-parties et l'étape de co-laminage (C) de l'ébauche (10) et du matériau abrasable (50). 25
9. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, après l'étape (C) de co-laminage, on usine l'ébauche (10) et/ou le revêtement (55) de matériau abrasable. 30
10. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel, pendant l'étape de co-laminage (C), un des mandrins (72) de laminage est au contact de la surface (15) dans laquelle le logement (20) débouche et exerce une pression (P) sur cette surface. 35
11. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la pièce fabriquée est un carter de turbomachine ayant une face radialement interne, au moins une partie de cette face radialement interne étant couverte par le revêtement abrasable. 40

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Komponente (1), die mit einer abreibbaren Beschichtung (55) bedeckt ist, wobei dieses Verfahren die folgenden Schritte aufweist: 5
 - (A) es wird ein Rohling (10) der Komponente mit einer Aufnahme (20) bereitgestellt, wobei diese Aufnahme (20) über mindestens eine Öffnung (25) an der Oberfläche (15) des Rohlings (10) mündet,
 - (B) die Aufnahme (20) wird mit einem abreibbaren Material (50) in Pulverform gefüllt und
 - (C) der Rohling (10) und das abreibbare Material (50) werden derart heiß colaminiert, um das abreibbare Material zu sintern und es an dem Rohling anhaften zu lassen, um eine abreibbare Beschichtung (55) zu erhalten,

wobei bei dem Schritt (C) des Colaminierens ein Druck auf das abreibbare Material (50) durch die Öffnung (25) ausgeübt wird. 10
2. Verfahren zur Herstellung einer Komponente gemäß Anspruch 1, wobei die Aufnahme (20) mit dem abreibbaren Material (50) durch die Öffnung (25) gefüllt wird und wobei die Öffnung (25) mit einer Umhüllung (30) vor dem Schritt des Colaminierens (C) hermetisch verschlossen wird. 15
3. Verfahren zur Herstellung einer Komponente gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei: 20
 - (D) die Öffnung (25) mit einer Umhüllung (30) bedeckt wird, die mindestens eine Vakuumöffnung (31) und mindestens eine Einfüllöffnung (32) aufweist,
 - (E) in der Aufnahme (20) unter Verwendung der Vakuumöffnung (31) ein Vakuum hergestellt wird und die Aufnahme (20) mit dem abreibbaren Material (50) unter Verwendung der Einfüllöffnung (32) gefüllt wird und
 - (F) die Vakuumöffnung (31) und die Einfüllöffnung (32) vor dem Schritt des Colaminierens (C) hermetisch verschlossen werden. 25
4. Verfahren zur Herstellung einer Komponente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schritt des Colaminierens (C) einen ersten Schritt (C1) des Vorheizens, bei dem der Rohling (10) bis auf eine Temperatur des Colaminierens (T) aufgeheizt wird, wobei das Sintern des abreibbaren Materials (50) mindestens teilweise bei diesem ersten Schritt stattfindet, und einen zweiten Schritt (C2) aufweist, bei dem der Rohling (10) und das abreibbare Material (50) bei der Laminierungstemperatur (T) colaminiert werden. 30

5. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei bei dem Schritt des Füllens (B, E) der Aufnahme (20) das abreibbare Material (50) in mehreren Schichten (56, 57) verschiedener Art aufgebracht wird.
6. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das abreibbare Material (50) in seiner Pulverform ein Grundpulver (51), das nach dem Sintern die Matrix der abreibbare Beschichtung (55) bildet, und Sekundärpartikel (52) umfasst, die mit dem Grundpulver vermischt werden und die Fragmentierung der abreibbaren Beschichtung (55) erleichtern.
7. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Aufnahme (20) eine Rille ist, die durch eine Rückwand (21), zwei Seitenwände (22), die die Innenwand umgeben, und zwei äußere Lippen (23) definiert wird, die in der Verlängerung der Seitenwände (22) angeordnet werden und zur Mitte der Rille derart gefaltet werden, dass die Rille im Querschnitt ein allgemein "C"-förmiges Profil aufweist.
8. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Rohling (10) durch Heiß-Colaminieren von mindestens zwei Unterkomponenten (11, 12) gebildet wird, und wobei gleichzeitig und in einem einzigen Arbeitsgang der Schritt des Colaminierens der Unterkomponenten und der Schritt des Colaminierens (C) des Rohlings (10) und des abreibbaren Materials (50) durchgeführt werden.
9. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei nach dem Schritt (C) des Colaminierens der Rohling (10) und/oder die Beschichtung (55) des abreibbaren Materials bearbeitet wird/werden.
10. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei bei dem Schritt des Colaminierens (C) einer der Laminierungsdorne (72) mit der Oberfläche (15) in Kontakt ist, in die die Aufnahme (20) mündet, und einen Druck (P) auf diese Oberfläche ausübt.
11. Verfahren zur Herstellung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die hergestellte Komponente ein Turbomaschinengehäuse ist, das eine radial innere Fläche aufweist, wobei mindestens ein Teil dieser radial inneren Fläche durch die abreibbare Beschichtung bedeckt ist.

Claims

1. A method of fabricating a part (1) covered in an

abrasable coating (55), the method comprising the following steps:

- 5 (A) providing a blank (10) for the part, the blank having a housing (20) opening out into the surface (15) of the blank (10) through at least one opening (25);
 (B) filling the housing (20) with an abrasable material (50) in powder form; and
 10 (C) hot-rolling the blank (10) and the abrasable material (50) together so as to sinter the abrasable material and cause it to adhere to the blank, in order to obtain an abrasable coating (55),

15 wherein, during the rolling step (C), pressure is exerted on the abrasable material (50) through the opening (25).

- 20 2. A fabrication method according to claim 1, wherein said housing (20) is filled with the abrasable material (50) through the opening (25), and wherein the opening (25) is closed hermetically with a sheath (30) before the rolling step (C).

- 25 3. A fabrication method according to claim 1 or claim 2, wherein:

30 (D) the opening (25) is covered with a sheath (30) that presents at least one vacuum orifice (31) and at least one filling orifice (32);
 (E) a vacuum is established inside said housing (20) by using said vacuum orifice (31), and said housing (20) is filled with the abrasable material (50) by using said filling orifice (32); and
 35 (F) said vacuum orifice (31) and said filling orifice (32) are closed in leaktight manner before the rolling step (C).

- 40 4. A fabrication method according to any one of claims 1 to 3, wherein the rolling step (C) comprises a pre-heating first step (C1) during which the blank (10) is heated to a rolling temperature (T), with the sintering of the abrasable material (50) taking place, at least in part, during this first step, and a second step (C2) during which the blank (10) and the abrasable material (50) are rolled together at the rolling temperature (T).

- 50 5. A fabrication method according to any one of claims 1 to 4, wherein during the step (B, E) of filling the housing (20), the abrasable material (50) is deposited as a plurality of layers (56, 57) of different kinds.

- 55 6. A fabrication method according to any one of claims 1 to 5, wherein the abrasable material (50) in powder form comprises a base powder (51) that, after sintering, constitutes the matrix of the abrasable coating (55), together with secondary particles (52) mixed

with the base powder and facilitating fragmentation of the abradable coating (55).

7. A fabrication method according to any one of claims 1 to 6, wherein said housing (20) is a groove defined by a bottom wall (21), two side walls (22) surrounding the bottom wall, and two outer lips (23) situated extending the side walls (22) towards the center of the groove in such a manner that the groove presents a generally C-shaped profile in cross-section.
8. A fabrication method according to any one of claims 1 to 7, wherein the blank (10) is formed by hot rolling together at least two sub-portions (11, 12), and wherein the step of rolling together the sub-portions and the step (C) of rolling together the blank (10) and the abradable material (50) are performed simultaneously as a single operation.
9. A fabrication method according to any one of claims 1 to 8, wherein after the rolling step (C), the blank (10) and/or the coating (55) of abradable material is/are machined.
10. A fabrication method according to any one of claims 1 to 9, wherein, during the rolling step (C), one of the rolling mandrels (72) is in contact with the surface (15) into which the housing (20) opens out and exerts a pressure (P) thereon.
11. A fabrication method according to any one of claims 1 to 10, wherein the fabricated part is a turbomachine casing having a radially inner face, at least a portion of the radially inner face being covered by the abradable coating.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

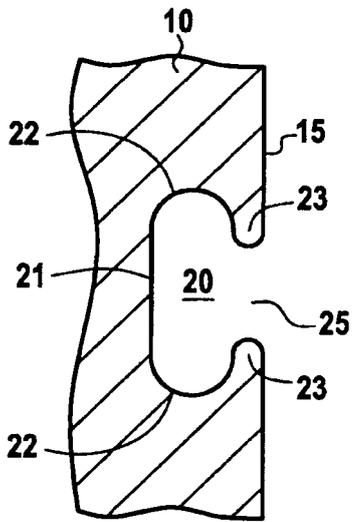


FIG.1

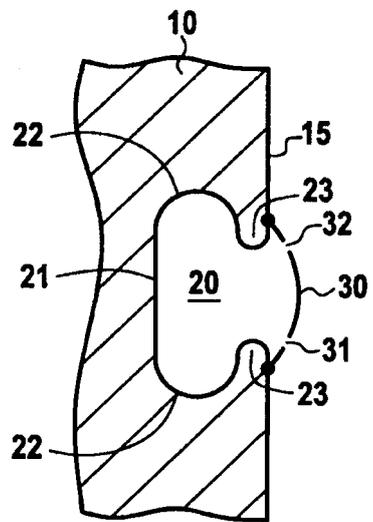


FIG.2

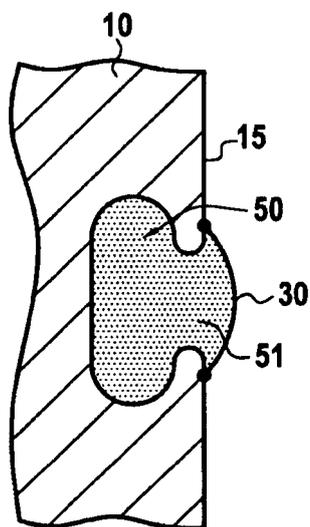


FIG.3

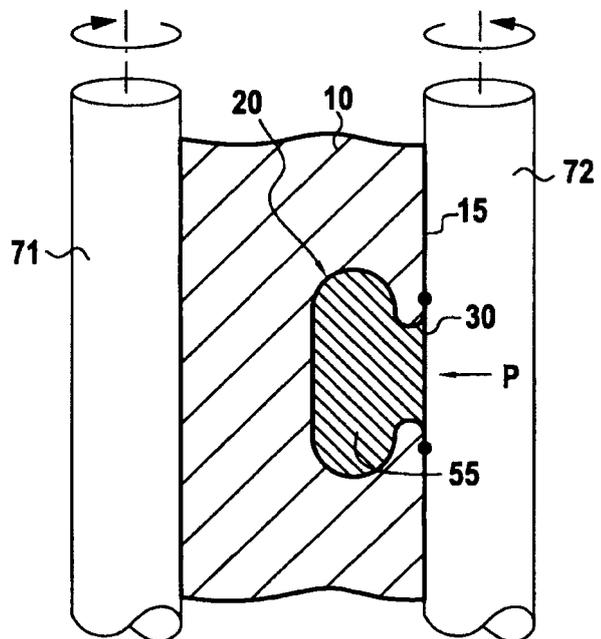


FIG.4

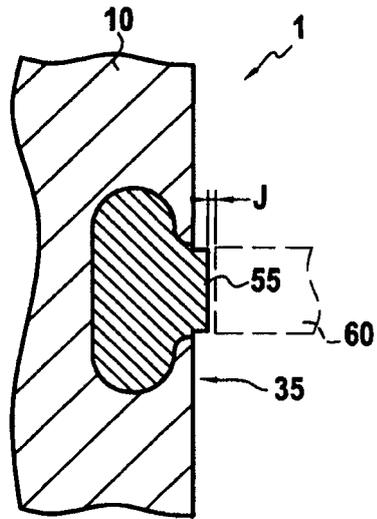


FIG. 5

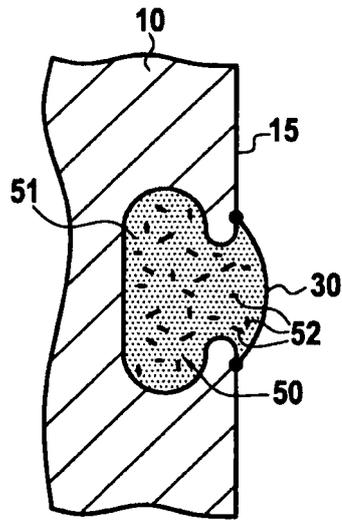


FIG. 6

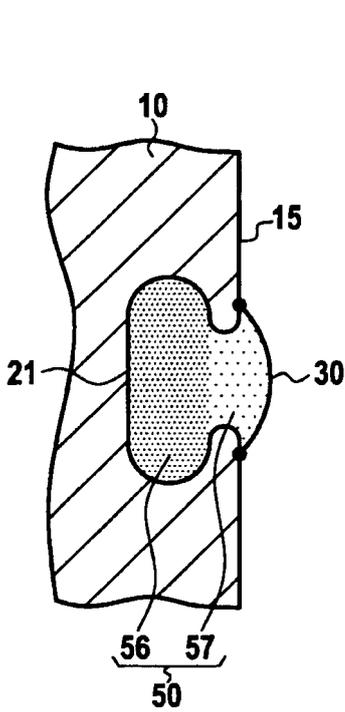


FIG. 7

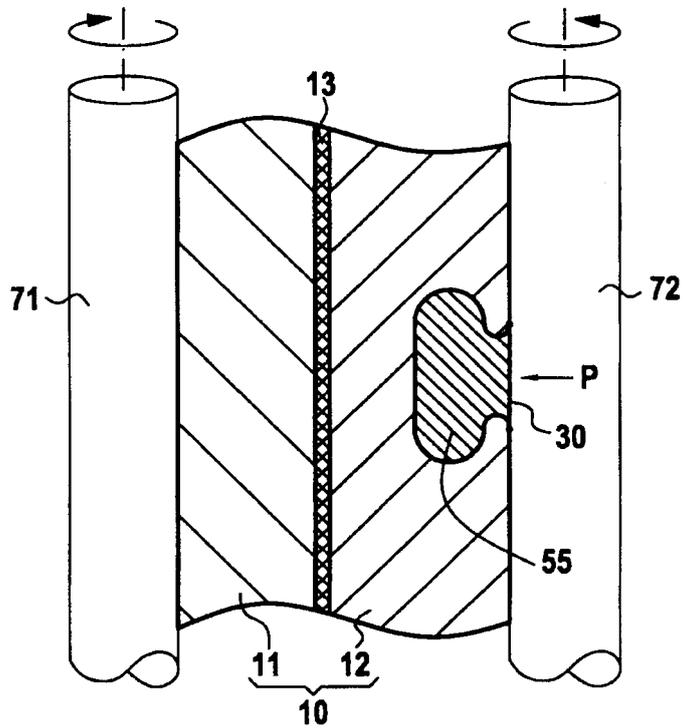


FIG. 8

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

- FR 2935623 [0005]

Littérature non-brevet citée dans la description

- A summary of ring rolling technology. I - Recent trends in machines, processes and production lines. *bit. Mach. Tools 14 Manufact.*, 1992, vol. 32 (3), 379-398 [0061]