



(11) **EP 2 519 663 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
12.02.2014 Bulletin 2014/07

(51) Int Cl.:
C25D 17/00 ^(2006.01) **C25D 15/00** ^(2006.01)
C25D 5/16 ^(2006.01) **C25D 5/02** ^(2006.01)
F01D 5/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10808935.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2010/052928

(22) Date de dépôt: **28.12.2010**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/080485 (07.07.2011 Gazette 2011/27)

(54) **PROCEDE DE DEPOT PAR VOIE ELECTROLYTIQUE D'UN REVETEMENT COMPOSITE A
MATRICE METALLIQUE CONTENANT DES PARTICULES POUR LA REPARATION D'UNE AUBE
METALLIQUE**

VERFAHREN ZUR ELEKTROLYTISCHEN ABSCHIEDUNG EINER VERBUNDBESCHICHTUNG MIT
METALLMATRIXHALTIGEN PARTIKELN ZUR REPARATUR EINER METALLKLINGE

METHOD FOR THE ELECTROLYTIC DEPOSITION OF A COMPOSITE COATING HAVING A METAL
MATRIX CONTAINING PARTICLES FOR REPAIRING A METAL BLADE

(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**

- **BRAILLARD, Frédéric**
F-86100 Chatellerault (FR)
- **FOSTER, John**
Weston-s-mare BS229QD (GB)
- **OWENS, Stephen**
Weston-s-mare BS233RX (GB)
- **TAYLOR, Alan**
Axbridge BS262OE (GB)
- **CHATTERNEY, Martin**
Durnway Bleadon Som BS240QE (GB)

(30) Priorité: **29.12.2009 FR 0959633**

(43) Date de publication de la demande:
07.11.2012 Bulletin 2012/45

(73) Titulaires:

- **Snecma**
75015 Paris (FR)
- **Praxair Surface Technologies Inc.**
Indianapolis, Indiana 46222 (US)

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

(72) Inventeurs:

- **MENUEY, Justine**
F-86100 Chatellerault (FR)

(56) Documents cités:
EP-B1- 0 724 658 US-A1- 2006 037 865
US-A1- 2006 275 624 US-A1- 2008 035 486

EP 2 519 663 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

[0001] L'invention concerne un procédé de dépôt d'un revêtement composite à matrice métallique contenant des particules, pour la réparation d'une aube métallique, notamment mais non exclusivement une aube de distributeur d'une turbine à gaz.

[0002] L'invention concerne en particulier un procédé de dépôt d'un revêtement de type M_1CrAlM_2 , M_1 étant choisi parmi Ni, Co et Fe ou un mélange, et M_2 étant choisi parmi Y, Si, Ti, Hf, Ta, Nb, Mn, Pt et les terres rares.

[0003] L'amélioration continue du rendement des turbines à gaz modernes impose l'utilisation de températures en entrée de turbine toujours plus élevées. Cette tendance a conduit au développement de matériaux toujours plus réfractaires pour constituer les pièces de la turbine haute pression telles que les aubes mobiles et les distributeurs.

[0004] Pour cela, des superalliages monocristallins avec des fractions volumiques très élevées de phase gamma prime aux propriétés durcissantes ont été développés.

[0005] Cependant, le développement des superalliages ne suffit plus pour accompagner les exigences croissantes en durée de vie des pièces résistantes aux hautes températures. C'est ainsi qu'on a vu, plus récemment, l'introduction en service de revêtements isolants thermiques pour abaisser la température du métal des pièces refroidies par convection interne. Ces revêtements isolants thermiques ou « barrières thermiques » sont constitués d'une couche de céramique à base de zircone stabilisée par de l'oxyde d'yttrium déposée sur une couche de liaison métallique destinée à fournir l'adhérence au revêtement céramique tout en protégeant le métal de la pièce de l'oxydation.

[0006] La couche de liaison, appelée sous-couche, peut être de plusieurs types. On peut citer les sous-couches de type $MCrAlY$ (où M désigne le nickel ou le cobalt). On peut notamment citer les sous-couches de type aluminures ($NiAl$) de structure intermétallique, composés définis à 50% atomique de nickel et d'aluminium. Ces aluminures peuvent être modifiées par un métal précieux tel que le platine. Les revêtements d'aluminures sont composés d'une couche externe formée ainsi que d'une couche diffusée à l'intérieur du substrat. Tous ces systèmes de sous-couches ont pour dénominateur commun d'être aluminifères, c'est à dire qu'ils forment en s'oxydant un film d'alumine protecteur adhérent qui isole le métal de la pièce de l'environnement oxydant.

[0007] Malgré toutes les protections ajoutées aux pièces, telles que les sous-couches et les barrières thermiques, ces dernières s'oxydent, et potentiellement se fissurent. Pour que les pièces continuent d'être utilisées, il faut donc réparer les différents défauts qu'elles peuvent présenter au bout d'un certain temps de service.

[0008] Pour réparer une pièce telle qu'un distributeur revêtu d'une barrière thermique, il est connu de devoir décaper le revêtement céramique, puis la sous-couche

métallique. Il faut ensuite désoxyder la pièce par un traitement thermochimique sous atmosphère halogénée. La pièce peut ensuite être réparée par une technique de soudage et/ou de brasage. Une fois la pièce rechargée, on réédifie la sous-couche métallique puis la couche céramique.

[0009] L'enlèvement de la barrière thermique est classiquement réalisé par sablage. L'opération de sablage est une opération agressive à la fois vis-à-vis de la couche de céramique et de la sous-couche métallique. La sous-couche est ensuite enlevée par dissolution chimique en bain acide. Cette opération est délicate car elle amène à la dissolution de la couche diffusée du revêtement d'aluminure et conduit effectivement à la diminution des épaisseurs de paroi de la pièce. Cette diminution des parois des pièces amène, notamment sur les distributeurs, à augmenter la section de passage.

[0010] Dans un distributeur pour turbomachine, un secteur est une pièce comportant une ou plusieurs aubes montées sur des plates-formes reliées entre elles. La réunion en couronne des secteurs constitue, pour l'essentiel, le distributeur. La section de passage d'un secteur est, au sens strict, l'aire, mesurée perpendiculairement au sens du flux, de passage du flux à travers le secteur de distributeur, entre deux aubes adjacentes. Par extension, la section de passage désigne plus simplement la largeur de passage du flux à travers le secteur de distributeur. Cette section de passage est classiquement considérée à l'emplacement, entre le bord d'attaque et le bord de fuite, pour lequel sa valeur est la plus faible et qui correspond à l'emplacement de passage le plus étroit du flux.

[0011] Il est connu que lorsque la section de passage augmente, cela tend à diminuer les performances des moteurs en diminuant la marge EGT (« *Exhaust Gas Temperature* »).

[0012] Il est donc nécessaire de pouvoir apporter de la matière à l'endroit de la pièce qui va déterminer les performances du moteur, tout en conservant de bonnes propriétés mécaniques et de résistance à l'oxydation-corrosion.

[0013] La technologie traditionnelle est le rechargement par brasage de frittés réalisés à base de superalliage et d'une brasure. Cette technologie n'est pas des plus adaptée car elle présente un certain nombre d'inconvénients.

[0014] En effet, les frittés et les poudres de brasage, sont, par définition, constitués d'éléments dits "fondants" qui forment des composés ayant un point de fusion proche de la température de fonctionnement des pièces. Il n'est donc pas recommandé d'utiliser ce genre de matériaux sur de grandes surfaces exposées à des températures extrêmes. De ce fait, les caractéristiques mécaniques des zones brasées sont bien inférieures à celles du substrat nu.

[0015] De plus, le dépôt par brasage engendre systématiquement un rebord formant une marche, c'est-à-dire une surépaisseur de matière, tout le long de la zone re-

chargée. La présence de cette marche pouvant perturber l'écoulement du flux d'air (dans la veine d'air), un usinage ultérieur est donc nécessaire pour récupérer le bon profil aérodynamique.

[0016] Par ailleurs, il peut arriver que le bord de fuite du distributeur ne soit pas suffisamment épais pour être brasé : en effet, le brasage s'accompagne de la diffusion des éléments sur des épaisseurs pouvant aller jusqu'à 300 µm et qui altèrent donc l'intégrité du substrat sur cette épaisseur.

[0017] Selon un aspect important de la présente invention, on cherche à fournir un procédé permettant de surmonter les inconvénients de l'art antérieur et en particulier offrant la possibilité de répondre à la problématique de restauration de section de passage en répondant aux critères imposés par l'environnement des pièces.

[0018] Il faut donc notamment utiliser, pour recharger les zones de mesure de section de passage, un matériau qui n'engendre pas un abaissement des caractéristiques mécaniques. De plus, le rechargement doit être fait de telle manière qu'il ne perturbe pas le flux aérodynamique.

[0019] A cet effet, selon la présente invention, le procédé est un procédé de dépôt par voie électrolytique d'un revêtement composite à matrice métallique contenant des particules, pour la réparation d'une aube métallique, mettant en oeuvre les étapes suivantes :

- on fournit au moins une aube formant la cathode et présentant une surface à revêtir délimitant une zone critique,
- on fournit une anode réalisée dans un métal et on relie l'anode à une source de courant
- on fournit une solution, formant un bain électrolytique, comprenant des particules insolubles
- on fournit un support réalisé dans un matériau non conducteur de l'électricité présentant une paroi de référence et apte à recevoir ladite aube dans une position de travail par rapport à la paroi de référence,
- on monte ladite aube sur ledit support dans ladite position de travail, et
- on place le support dans ladite solution, et
- on réalise la co-déposition des particules et du métal de l'anode afin de former le du revêtement sur la surface à revêtir.

[0020] De façon caractéristique, ladite anode est placée en regard de la zone critique et ledit support est équipé, pour chaque aube, de moyens de contrôle des lignes de courant de façon à obtenir, sur la surface à revêtir de ladite aube, un revêtement présentant une épaisseur variable, qui est prédéterminée et sensiblement constante pour la zone critique et qui diminue progressivement jusqu'à une valeur sensiblement nulle le long des bords dudit revêtement. Ces moyens de contrôle des lignes de courant comprennent de préférence une ou plusieurs portions d'écran sur la surface dudit support qui est en regard de la surface à revêtir de l'aube.

[0021] De cette manière, on comprend que par l'utili-

sation d'une technique d'électrodéposition, simple à mettre en oeuvre, il est possible d'obtenir directement l'épaisseur souhaitée pour le revêtement, qui est variable en fonction de l'emplacement sur la pièce, et ceci sans former de marche le long du rebord du revêtement et tout en respectant les contraintes dimensionnelles strictes de la section de passage.

[0022] Cette solution présente aussi l'avantage supplémentaire, de permettre, en outre, de réaliser le dépôt du revêtement uniquement sur la zone ou les zones de la surface à revêtir qui le nécessite(nt).

[0023] Par ailleurs, le procédé selon la présente invention permet de traiter simultanément plusieurs pièces.

[0024] Il faut également mentionner le fait que la technique d'électrodéposition perturbe moins le substrat puisque, contrairement à un procédé de rechargement par brasage, seule une diffusion de quelques microns s'opère.

[0025] Globalement, grâce à la solution selon la présente invention, il est possible de réaliser un dépôt ayant les caractéristiques de tenue à l'oxydation corrosion souhaitées et ayant une épaisseur et une forme telle qu'il n'y ait pas de perturbation du flux aérodynamique sans avoir à faire de retouche (usinage) ultérieure.

[0026] Selon une disposition préférentielle, ladite surface à revêtir s'étend en direction longitudinale entre le pied et le sommet de l'aube. Un support non conducteur est construit pour porter une anode faisant face à ladite surface à revêtir. La forme de l'anode peut être choisie pour contrôler le flux de courant vers la zone critique et créer l'épaisseur de revêtement maximale au point d'étranglement et une transition douce entre les zones revêtues et non revêtues. La forme de l'anode peut être choisie parmi un nombre important de profils comprenant de façon non limitative une tige, une barre, une plaque, ou une configuration suivant la forme du profil aérodynamique. Le support non conducteur définit la position de l'anode par rapport à la surface à revêtir et peut être conçu pour contrôler les lignes de courant s'étendant entre l'anode et la surface à revêtir. A cette fin, lesdits moyens de contrôle des lignes de courant comprennent une portion longitudinale du support apte à faire face à ladite surface à revêtir de ladite aube, ladite portion délimitant un emplacement pour l'anode s'étendant en direction longitudinale et en regard de la zone critique, le profil et la position, par rapport à la surface à revêtir, de la portion longitudinale du support et de l'anode étant choisis pour limiter et orienter les lignes de courant.

[0027] De préférence, la ou les aubes sont des aubes de distributeur de turbomachine.

[0028] L'invention porte également sur un procédé de restauration d'aubes, comprenant les étapes suivantes :

- (i) retirer le revêtement existant d'une aube pour former une surface à revêtir,
- (ii) préparer ou nettoyer (dégraisser) ladite surface à revêtir,
- (iii) recouvrir ladite surface à revêtir par le procédé

de dépôt par voie électrolytique selon l'invention avec un matériau de type M1CrAlM2 pour réparer l'aube, et
(iv) réaliser un traitement thermique de diffusion.

[0029] L'invention porte également sur un ensemble pour le dépôt par voie électrolytique d'un revêtement sur une aube, spécialement adapté pour la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention.

[0030] A cet effet, il est proposé un ensemble pour le dépôt par voie électrolytique d'un revêtement sur une aube, comportant :

- au moins une aube formant la cathode et présentant une surface à revêtir délimitant une zone critique, et
- un support réalisé dans un matériau non conducteur de l'électricité présentant une paroi de référence et apte à recevoir ladite aube dans une position de travail par rapport à la paroi de référence, ledit support comprenant en outre, pour chaque aube, une portion longitudinale apte à faire face à ladite surface à revêtir de ladite aube, ladite portion délimitant un emplacement s'étendant en direction longitudinale et en regard de la zone critique, une anode étant logée dans ledit emplacement, le profil et la position, par rapport à la surface à revêtir, de la portion longitudinale du support et de l'anode étant choisis pour limiter et orienter les lignes de courant de façon à obtenir, sur la surface à revêtir de ladite aube, un revêtement présentant une épaisseur variable, qui est prédéterminée pour la zone critique et qui diminue progressivement jusqu'à une valeur sensiblement nulle le long des bords dudit revêtement.

[0031] En particulier, la portion longitudinale comporte une paroi de travail qui fait face à la surface à revêtir et qui présente un profil avec une forme adaptée pour que les lignes de courant permettent un dépôt du revêtement sur la surface à revêtir avec les caractéristiques souhaitées, notamment s'agissant de son épaisseur.

[0032] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe perpendiculairement à l'axe des deux aubes d'un secteur de distributeur, indiquant les emplacements de mesure de la section de passage,
- la figure 2 est une vue en coupe agrandie d'une aube revêtue selon le procédé de la présente invention,
- la figure 3 est un agrandissement de la zone III de la figure 2,
- la figure 4 est un agrandissement de la zone IV de la figure 2,
- la figure 5 est une vue micrographique en coupe correspondant à la zone III de la figure 3, sur laquelle apparaît la variation progressive de l'épaisseur du

revêtement le long de l'un de ses bords,

- la figure 6 est une vue micrographique en coupe correspondant à la zone critique de la figure 3, sur laquelle apparaît l'épaisseur prédéterminée et sensiblement constante du revêtement pour la zone critique, et
- la figure 7 est un schéma représentant un exemple possible d'ensemble selon l'invention, comprenant le support formant l'outillage et les aubes montées sur ledit support pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

[0033] Le secteur de distributeur 100 visible partiellement en figure 1 comporte deux plates-formes sensiblement parallèles et sensiblement de forme cylindrique autour de l'axe du distributeur 100 (seule l'une des deux plates-formes 110 est visible sur la figure 1).

[0034] Ces plates-formes 110 présentent un contour en forme de quadrilatère, en l'occurrence un parallélogramme. Parmi les quatre côtés du parallélogramme on distingue deux côtés opposés formant des surfaces de contact 111, 112 dirigées respectivement vers les deux secteurs de distributeurs 200 et 300 disposés de part et d'autre du secteur 100 mesuré (en position relative de montage). Les surfaces de contact 111, 112 sont prévues pour maintenir en position relative de contact les secteurs de distributeur adjacents, par exemple les secteurs 100, 200, 300 sur la figure 1. Les deux autres côtés du parallélogramme forment des faces latérales 113, 114 délimitant les deux cercles extérieures de la couronne formée par le distributeur.

[0035] Le secteur de distributeur 100 comporte en outre deux aubes 120, 130. Chacune de ces aubes présente un profil aérodynamique et comporte un extradados 121, 131, et un intrados 122, 132. Comme il n'y a que deux aubes dans le secteur 100, chacune des aubes 110, 120 est une aube d'extrémité. Ainsi, chacune de ces aubes est amenée à être disposée en vis-à-vis avec une aube d'extrémité du secteur de distributeur adjacent, en position relative de montage. Plus précisément, l'extrados 121 est en vis-à-vis de l'intrados 232 de l'aube 230, et l'intrados 132 est en vis-à-vis de l'extrados 321 de l'aube 320. Les aubes 230 et 320 sont des aubes étalons, qui sont les aubes de référence pour la mesure des sections de passage du distributeur 100. Entre les différentes aubes 230, 120, 130, 320, sont formés respectivement des passages inter-aubes 101, 102, 103. Le passage inter-aubes 102 est formé entre les aubes 120 et 130 du secteur 100. En revanche, les passages inter-aubes 101 et 103 sont formés entre, d'une part une aube (120 ou 130) du secteur 100 considéré, et d'autre part l'aube de référence en vis-à-vis, 230 ou 320.

[0036] Comme on peut le voir sur la figure 1, dans un canal inter-aubes donné, la distance entre les aubes fluctue en fonction de la position dans le canal. Il existe habituellement un seul plan du canal, pour lequel cette distance et la section de passage sont minimales, pour un canal inter-aubes donné. Ce plan correspond respecti-

vement aux plans P1, P2, P3 pour les passages inter-aubes 101, 102, 103 ; la distance entre les aubes dans ces sections est respectivement D1, D2, D3, ces trois distances correspondant aux trois mesures effectuées sur le banc de mesure.

[0037] Comme il ressort plus clairement de la figure 2, dans cet exemple de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, la surface à revêtir de ladite aube 120 (ou 130) est la paroi d'extrados 121 (ou 131).

[0038] Cependant, grâce à la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, il est également possible de réaliser simultanément un revêtement 20 sur l'intrados 122, 132 des deux aubes 120 et 130 du secteur de distributeur 110.

[0039] Sur la figure 2, c'est la coupe de l'aube 120 qui est représentée, selon un plan transversal orthogonal à la direction longitudinale le long de laquelle s'étend l'aube 120. Sur la figure 2, le revêtement 20 obtenu selon le procédé de l'invention s'étend sur l'extrados 121 uniquement, essentiellement sur toute la surface de cet extrados 121, d'une part entre les deux extrémités longitudinales qui sont montées sur les plates-formes et d'autre part entre le bord d'attaque 124 et le bord de fuite 123.

[0040] Comme il apparaît sur cette figure 2, le revêtement 20 présente une épaisseur moyenne E relativement constante sur toute sa surface, à l'exception du bord au niveau duquel l'épaisseur du revêtement 20 diminue progressivement depuis la valeur moyenne E jusqu'à une valeur sensiblement nulle

[0041] Plus précisément, comme on le voit sur la figure 3, le bord amont 22 du revêtement 20, qui est adjacent au bord d'attaque 124 de l'aube 120, forme une nappe de plus en plus mince en direction du bord d'attaque 124, de sorte qu'aucune discontinuité ni rupture de hauteur n'intervient entre le bord d'attaque 124 et le revêtement 20 recouvrant l'extrados 121. Cette absence de marche évite toute perturbation du flux dans le canal inter-aubes 101 de la figure 1.

[0042] De façon analogue, comme il apparaît sur la figure 4, le bord aval 24 du revêtement 20, qui est adjacent au bord de fuite 123 de l'aube 120, forme une nappe de plus en plus mince en direction du bord de fuite 123, de sorte qu'aucune discontinuité ni rupture de hauteur n'intervient entre le bord de fuite 123 et le revêtement 20 recouvrant l'extrados 121 : ainsi, la présence du revêtement 20 n'affecte pas l'écoulement du flux d'air dans le canal inter-aubes 102.

[0043] L'épaisseur moyenne E du revêtement est comprise entre 10 et 500 micromètres.

[0044] Dans l'exemple décrit, la zone critique 21 est la zone de mesure de la section de passage de sorte que le procédé de réparation selon l'invention permet la restauration de la section de passage de l'aube 120 par rechargement.

[0045] Pour les raisons exposées précédemment, ledit revêtement 20 présente une épaisseur prédéterminée précise et constante à l'emplacement d'une zone critique 21 qui correspond dans cet exemple à l'emplacement de

la mesure de la section de passage (distance D2 sur la figure 1) et qui est nommé le col de la paroi d'extrados 121.

[0046] A cet égard, de préférence, ledit revêtement 20 présente, pour la zone critique 21, une épaisseur E1 comprise entre 10 et 500 micromètres et notamment entre 10 et 300 micromètres. De préférence, cette épaisseur E1 est constante pour toute la zone critique 21.

[0047] Il faut comprendre que la zone critique 21 s'étend sur la largeur L visible sur les figures 2 et 3, tout le long de l'aube 120 dont la longueur est orientée de façon orthogonale à la feuille sur toutes les figures.

[0048] Au lieu d'une épaisseur moyenne E relativement constante sur toute sa surface, à l'exception des bords, le revêtement peut présenter une épaisseur qui commence à diminuer en dehors de la zone critique 21 ou col, juste après cette zone critique 21.

[0049] A titre d'exemple, l'aube 120 est une aube en superalliage à base nickel ou cobalt, et en particulier pouvant être de type AM1 standard (ou NiTa8Cr8CoWA) avec une teneur basse en soufre, en ReneN5, DSR142, Rene125 (ou NiCo10Cr9WAlTaTiMo), IN100 (ou NiCo15Cr10AlTi), ou en alliage CMSX4.

[0050] Le revêtement 20 est constitué d'un composite à matrice métallique contenant des particules, qui est de type M_1CrAlM_2 , M_1 étant choisi parmi Ni, Co et Fe ou un mélange, M_2 étant choisi parmi Y, Si, Ti, Hf, Ta, Nb, Mn, Pt et les terres rares.

[0051] Par « terres rares », on entend les éléments appartenant au groupe des lanthanides (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, prométhium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium et lutétium), le scandium, l'yttrium, le zirconium et l'hafnium.

[0052] Pour déposer un tel revêtement 20 de type M_1CrAlM_2 , on utilise pour former l'électrolyte une solution dont les particules sont des particules de $CrAlM_2$, M_2 étant choisi parmi Y, Si, Ti, Hf, Ta, Nb, Mn, Pt et les terres rares.

[0053] On utilise en outre une anode réalisée dans un métal M_1 , M_1 étant choisi parmi Ni, Co et Fe ou un mélange de ces métaux.

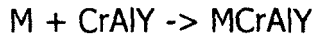
[0054] Par exemple, afin d'obtenir un dépôt de NiCrAlY, il faut réaliser un dépôt composite comprenant d'une part du nickel et d'autre part des particules de CrAlY (Ni peut être remplacé par Co).

[0055] Les revêtements de NiCrAlY sont produits par la codéposition contrôlée de poudre de CrAlY présente dans un bain électrolytique conventionnel avec du nickel provenant de l'anode.

[0056] Sous l'effet de la différence de potentiel appliquée entre les électrodes (la cathode formée de la pièce à revêtir et l'anode), l'anode métallique (dans notre exemple Ni) est oxydée et libère des ions Ni^{2+} dans la solution. Ces ions se déplacent dans la solution toujours sous l'effet de la différence de potentiel et se dirigent vers la cathode en se mélangeant au passage avec les particules dispersées présentes dans la solution. L'ensem-

ble formé des ions et des particules migre alors en direction de la cathode et finit par atteindre sa surface où il se dépose (Ni^{2+} alors réduit en Ni métallique) formant ainsi sur la cathode un revêtement de NiCrAlY dans lequel les particules de CrAlY sont finement dispersées au sein d'une matrice de Ni.

[0057] Il est ensuite nécessaire de faire diffuser l'ensemble formé par le revêtement brut d'électrodéposition déposé sur le substrat par un traitement thermique adapté afin d'homogénéiser la composition et d'obtenir un revêtement biphasé :



[0058] Typiquement, on réalise un traitement thermique du secteur de distributeur en le plaçant dans une enceinte sous vide pendant une durée et sous une température adaptées au matériau formant le substrat, selon un exemple typique pendant deux heures à une température de 1080°C.

[0059] Si l'on se rapporte à la figure 7 représentant de façon schématique un exemple d'installation de co-déposition 10 permettant de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention.

[0060] A cet effet, l'installation 10 comporte un support 12 réalisé dans un matériau non conducteur de l'électricité présentant une paroi de référence 14 et apte à recevoir ladite aube 120, 130 dans une position de travail par rapport à la paroi de référence 14.

[0061] Dans l'exemple de la figure 7, ledit support 12 est apte à recevoir deux aubes 120 et 130 dans une position de travail par rapport à la paroi de référence 14. Il s'agit dans ce cas du montage d'un secteur de distributeur 100 complet formé de deux plates-formes (seule la plate-forme 110 est visible sur la figure 7) entre lesquelles s'étendent les deux aubes 120 et 130.

[0062] Sans sortir du cadre de la présente invention, il est possible de prévoir que le support 12 est apte à recevoir plus de deux aubes dans une position de travail par rapport à la paroi de référence 14.

[0063] Dans cette position de travail, on plaque la paroi de référence 14 du support 12 contre l'une des deux faces latérales 113, 114 de la plate-forme 110 du secteur de distributeur.

[0064] Le support 12 est équipé, pour chaque aube devant être revêtue, de moyens de contrôle des lignes de courant permettant de les orienter, en les guidant et en les concentrant, en direction de la surface à revêtir de ladite aube.

[0065] A cet effet, dans le mode de réalisation représenté sur la figure 7, le support 12 comporte, pour chaque aube 120, 130 du secteur 100, une portion longitudinale 15 équipée d'une paroi de travail 17 s'étendant en regard de toute la paroi d'extrados 131 de l'aube correspondante 130, entre ses deux extrémités longitudinales rattachées aux plates-formes, depuis le bord d'attaque jus-

qu'au bord de fuite.

[0066] Ainsi, le support 12 de la figure 7 comporte deux portions longitudinales 15 identiques et parallèles entre elles qui en premier lieu limitent et orientent les lignes de courant dans la zone 13 s'étendant entre la paroi de travail 17 et la surface à revêtir (paroi d'extrados 131). En second lieu, la portion longitudinale 15 qui se trouve entre les deux aubes 120, 130 du secteur 100 forme un écran pour la paroi d'intrados 132 de l'autre aube 130, qui se trouve du côté opposé à la paroi de travail 17 de cette portion longitudinale 15.

[0067] De façon à créer ces lignes de courant dans la zone 13, la paroi de travail 17 est équipée, à l'emplacement 16, d'une anode 19 reliée à une source de courant.

[0068] Cette anode 19 est par exemple formée d'un cylindre de quelques millimètres de diamètre réalisée dans un métal M_1 , M_1 étant choisi parmi Ni, Co et Fe ou un mélange, afin de fournir ce ou ces éléments à la solution et de former le revêtement 20 de type $M_1\text{CrAlM}_2$. La forme de l'anode peut être choisie parmi un nombre important de profils comprenant de façon non limitative une tige, une barre, une plaque, ou une configuration suivant la forme du profil aérodynamique

[0069] Cette anode 19 est fixée à la portion longitudinale 15 qui la porte. Le profil et la position de la portion longitudinale 15 du support 12 et de l'anode 19 par rapport à la surface à revêtir étant sélectionnés de façon à limiter et orienter les lignes de courant. L'anode 19 est reliée à une source de courant afin d'engendrer une différence de potentiel entre la cathode (aube 130) et l'anode 19.

[0070] Ainsi, l'ensemble visible sur la figure 7, formé du support 12 et du secteur de distributeur 100 fixé en position de travail sur ce dernier, est plongé dans un bain électrolytique avant d'être soumis à la différence de potentiel.

[0071] Notamment grâce au profil de la paroi de travail 17 de la portion 15, qui présente une forme générale complémentaire à la forme du profil de la paroi d'extrados 121, 131, et à la distance entre cette paroi 14 et la paroi d'extrados 121, 131, il est possible d'orienter les lignes de champ de façon optimale pour former le revêtement 20 sur la paroi d'extrados 121, 131.

[0072] Il est même possible de limiter le dépôt du revêtement 20 uniquement sur la paroi d'extrados 121, 131.

[0073] L'optimisation de ces paramètres géométriques, ainsi que la forme, la taille et la position de l'anode 19, le choix de la différence de potentiel, la durée de la co-déposition électrolytique et sont préétablis au cours de calculs par modélisation afin de permettre le dépôt d'un revêtement 20 avec les caractéristiques voulues.

[0074] Grâce à ce procédé de co-déposition, les trous et orifices de refroidissement de la pièce sont peu obscurcis par le procédé de co-déposition électrolytique.

[0075] Dans certains cas, on réalise un masquage préalable des zones de l'aube 120, 130 qui ne doivent pas être revêtues, en particulier aux emplacements des

trous et perçages.

[0076] A cet effet, des champs, par exemple en plastique sont placées afin de recouvrir les zones du secteur de distributeur (ou de toute pièce à revêtir en général) à ne pas recouvrir pendant la durée de la co-déposition électrolytique (par exemple les plates-formes interne et externe du secteur de distributeur). On peut également utiliser de la cire qui est placée dans les zones à ne pas recouvrir, et notamment à l'entrée des trous et perçages afin d'éviter que le revêtement, en les atteignant, ne modifie leur taille ou ne les obstrue.

[0077] Selon une disposition avantageuse pour l'obtention d'un revêtement homogène, on prévoit une agitation contrôlée de la poudre dans le bain électrolytique. A cet effet, selon un mode de réalisation, pendant la réalisation de la co-déposition, on instaure une circulation dans la solution avec une circulation ascendante dans un premier espace de la solution et une circulation descendante dans un deuxième espace de la solution, le support 12 étant placé dans ledit deuxième espace.

[0078] Selon une autre disposition avantageuse pour l'obtention d'un revêtement de bonne qualité, pendant la réalisation de la co-déposition, on instaure une rotation du support 12 autour d'un axe ayant une composante horizontale.

[0079] On peut se référer à EP 0 355 051 et EP 0 724 658 pour les conditions de mouvement de l'électrolyte et de la pièce dans l'électrolyte, ainsi que pour les paramètres galvaniques.

[0080] Ainsi, grâce à la mise en oeuvre d'un dépôt par co-déposition électrolytique, il est possible de réaliser un revêtement ayant n'importe quelle composition de $M_{Cr}AlY$, ou plus généralement de M_1CrAlM_2 , tout en ayant des épaisseurs contrôlées, en particulier dans la zone critique et le long des bords.

[0081] De tels revêtements 20 obtenus par électrodéposition ont également pour autre avantage d'être très peu rugueux (R_a de l'ordre de 1 à 2 μm), de ne pas être poreux et de réaliser une liaison forte (métallique) entre le substrat et le revêtement.

[0082] Il fait également noter que la mise en oeuvre de ce procédé de co-déposition électrolytique permet de revêtir des pièces ayant des formes complexes puisque le procédé n'est pas totalement directionnel et que la totalité de la surface de la pièce est en contact avec le bain électrolytique.

[0083] Par ailleurs, un tel procédé a pour avantage de ne pas engendrer de contrainte thermique dans le substrat.

Revendications

1. Procédé de dépôt par voie électrolytique d'un revêtement composite à matrice métallique contenant des particules, pour la réparation d'une aube (120, 130) métallique, mettant en oeuvre les étapes suivantes :

- on fournit au moins une aube (120, 130) formant la cathode et présentant une surface à revêtir délimitant une zone critique (21) et s'étendant en direction longitudinale entre le pied et le sommet de l'aube (120, 130)

- on fournit une anode (19) réalisée dans un métal et on relie l'anode (19) à une source de courant

- on fournit une solution, formant un bain électrolytique, comprenant des particules insolubles

- on fournit un support (12) réalisé dans un matériau non conducteur de l'électricité présentant une paroi de référence (14) et apte à recevoir ladite aube (120, 130) dans une position de travail par rapport à la paroi de référence (14),

- on monte ladite aube (120, 130) sur ledit support (12) dans ladite position de travail, et

- on place le support (12) dans ladite solution, et - on réalise la co-déposition des particules et du métal de l'anode (19) afin de former le revêtement (20) sur la surface à revêtir

caractérisé en ce que ladite anode (19) est placée en regard de la zone critique (21) et **en ce que** ledit support (12) est équipé, pour chaque aube (120, 130), de moyens de contrôle des lignes de courant de façon à obtenir, sur la surface à revêtir de ladite aube (120, 130), un revêtement (20) présentant une épaisseur variable, qui est prédéterminée et relativement constante pour la zone critique (21) et qui diminue progressivement jusqu'à une valeur sensiblement nulle le long des bords dudit revêtement (20), et

caractérisé en ce que lesdits moyens de contrôle des lignes de courant comprennent une portion longitudinale du support (12) apte à faire face à ladite surface à revêtir de ladite aube (120, 130).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite portion (15) délimitant un emplacement (16) pour l'anode (19) s'étend en direction longitudinale et en regard de la zone critique (21), le profil et la position, par rapport à la surface à revêtir, de la portion (15) longitudinale du support (12) et de l'anode (19) étant choisis pour limiter et orienter les lignes de courant.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit revêtement (20) composite à matrice métallique contenant des particules est de type M_1CrAlM_2 , **en ce que** ladite anode (19) est réalisée dans un métal M_1 , M_1 étant choisi parmi Ni, Co et Fe ou un mélange, et **en ce que** les particules de la solution sont des particules de $CrAlM_2$, M_2 étant choisi parmi Y, Si, Ti, Hf, Ta, Nb, Mn, Pt et les terres rares.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit revêtement (20) présente, pour la zone critique (21), une épaisseur comprise entre 10 et 500 micromètres. 5
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la surface à revêtir de ladite aube (120, 130) est la paroi d'extrados (121, 131).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la zone critique (21) est la zone de mesure de la section de passage de sorte que le procédé de réparation permet la restauration de la section de passage de l'aube (120, 130) par rechargement. 15
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit support (12) est apte à recevoir deux aubes (120, 130) dans une position de travail par rapport à la paroi de référence (14). 20
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** support (12) est apte à recevoir plus de deux aubes (120, 130) dans une position de travail par rapport à la paroi de référence (14). 25
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la ou les aubes (120, 130) sont des aubes (120, 130) de distributeur de turbomachine. 30
10. Procédé l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on réalise un masquage préalable des zones de l'aube (120, 130) qui ne doivent pas être revêtues, en particulier aux emplacements des trous et perçages. 35
11. Procédé l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pendant la réalisation de la co-déposition, on instaure une circulation dans la solution avec une circulation ascendante dans un premier espace de la solution et une circulation descendante dans un deuxième espace de la solution, le support (12) étant placé dans ledit deuxième espace. 40
12. Procédé l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pendant la réalisation de la codéposition, on instaure une rotation du support (12) autour d'un axe ayant une composante horizontale. 50
13. Procédé de restauration d'aubes, comprenant les étapes suivantes : 55

- (i) retirer le revêtement existant d'une aube pour former une surface à revêtir,
- (ii) préparer ou nettoyer ladite surface à revêtir,
- (iii) recouvrir ladite surface à revêtir par le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes avec un matériau de type M_1CrAlM_2 pour réparer l'aube, et
- (iv) réaliser un traitement thermique de diffusion.

- 10 14. Ensemble pour le dépôt par voie électrolytique d'un revêtement (20) sur une aube (120, 130), comportant :

- au moins une aube (120, 130) formant la cathode et présentant une surface à revêtir délimitant une zone critique (21) et s'étendant en direction longitudinale entre le pied et le sommet de l'aube (120, 130), et
- un support (12) réalisé dans un matériau non conducteur de l'électricité présentant une paroi de référence (14) et apte à recevoir ladite aube (120, 130) dans une position de travail par rapport à la paroi de référence (14), ledit support (12) comprenant en outre, pour chaque aube (120, 130), une portion (15) longitudinale apte à faire face à ladite surface à revêtir de ladite aube (120, 130), ladite portion (15) délimitant un emplacement (16) pour l'anode (19) s'étendant en direction longitudinale et en regard de la zone critique (21), le profil et la position, par rapport à la surface à revêtir, de la portion (15) longitudinale du support (12) et de l'anode (19) étant choisis pour limiter et orienter les lignes de courant de façon à obtenir, sur la surface à revêtir de ladite aube (120, 130), un revêtement (20) présentant une épaisseur variable, qui est prédéterminée et sensiblement constante pour la zone critique (21) et qui diminue progressivement jusqu'à une valeur sensiblement nulle le long des bords dudit revêtement (20).

Patentansprüche

- 45 1. Verfahren zum Abscheiden eines Verbundüberzugs mit partikelhaltiger Metallmatrix auf elektrolytischem Weg, für die Reparatur einer Metallschaufel (120, 130), das die folgenden Schritte ausführt:
- Bereitstellen wenigstens einer Schaufel (120, 130), die die Kathode bildet und eine zu beschichtende Oberfläche aufweist, welche einen kritischen Bereich (21) begrenzt und sich in Längsrichtung zwischen dem Fuß und der Spitze der Schaufel (120, 130) erstreckt,
- Bereitstellen einer aus einem Metall gefertigten Anode (19) und Verbinden der Anode (19) mit einer Stromquelle,

- Bereitstellen einer ein elektrolytisches Bad bildenden Lösung, die unlösliche Partikel umfasst,
 - Bereitstellen eines aus einem elektrisch nicht leitenden Werkstoff gefertigten Halters (12), der eine Bezugswand (14) aufweist und geeignet ist, die Schaufel (120, 130) in einer Arbeitsstellung gegenüber der Bezugswand (14) aufzunehmen,
 - Anbringen der Schaufel (120, 130) an dem Halter (12) in der Arbeitsstellung und
 - Anordnen des Halters (12) in der Lösung und
 - Durchführen des gemeinsamen Abscheidens der Partikel und des Metalls der Anode (19), um den Überzug (20) auf der zu beschichtenden Oberfläche zu bilden,
dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (19) gegenüber dem kritischen Bereich (21) angeordnet ist und dass der Halter (12) für jede Schaufel (120, 130) mit Mitteln zur Kontrolle der Stromlinien ausgestattet ist, so dass auf der zu beschichtenden Oberfläche der Schaufel (120, 130) ein Überzug (20) mit einer veränderlichen Dicke erhalten wird, die vorbestimmt und für den kritischen Bereich (21) relativ konstant ist und die entlang der Ränder des Überzugs (20) bis auf einen Wert von im Wesentlichen Null schrittweise abnimmt, und
dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Kontrolle der Stromlinien einen Längsabschnitt des Halters (12) umfassen, der geeignet ist, der zu beschichtenden Oberfläche der Schaufel (120, 130) gegenüberzuliegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abschnitt (15), der eine Stelle (16) für die Anode (19) begrenzt, sich in Längsrichtung und gegenüber dem kritischen Bereich (21) erstreckt, wobei das Profil und die Position, in Bezug auf die zu beschichtende Oberfläche, des Längsabschnitts (15) des Halters (12) und der Anode (19) gewählt sind, um die Stromlinien zu begrenzen und auszurichten.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbundüberzug (20) mit partikelhaltiger Metallmatrix vom Typ M_1CrAlM_2 ist, dass die Anode (19) aus einem Metall M_1 gefertigt ist, wobei M_1 aus Ni, Co und Fe oder einer Mischung ausgewählt ist, und dass die Partikel der Lösung Partikel aus $CrAlM_2$ sind, wobei M_2 aus Y, Si, Ti, Hf, Ta, Nb, Mn, Pt und Seltene Erden ausgewählt ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überzug (20) für den kritischen Bereich (21) eine Dicke im Bereich zwischen 10 und 500 Mikrometern aufweist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu beschichtende Oberfläche der Schaufel (120, 130) die rückseitige Wand (121, 131) ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kritische Bereich (21) der Bereich der Messung des Durchgangsquerschnitts ist, so dass das Reparaturverfahren die Wiederherstellung des Durchgangsquerschnitts der Schaufel (120, 130) durch Auffüllen ermöglicht.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Halter (12) geeignet ist, zwei Schaufeln (120, 130) in einer Arbeitsstellung gegenüber der Bezugswand (14) aufzunehmen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Halter (12) geeignet ist, mehr als zwei Schaufeln (120, 130) in einer Arbeitsstellung gegenüber der Bezugswand (14) aufzunehmen.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel oder Schaufeln (120, 130) Schaufeln (120, 130) eines Leitrades einer Turbomaschine sind.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein vorheriges Abdecken der Bereiche der Schaufel (120, 130), die nicht beschichtet werden sollen, insbesondere an den Stellen der Löcher und Bohrungen, vorgenommen wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Durchführung des gemeinsamen Abscheidens in der Lösung ein Zirkulieren mit einer Aufwärtszirkulation in einem ersten Raum der Lösung und einer Abwärtszirkulation in einem zweiten Raum der Lösung eingeleitet wird, wobei der Halter (12) in dem zweiten Raum angeordnet ist.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Durchführung des gemeinsamen Abscheidens ein Rotieren des Halters (12) um eine Achse mit einer horizontalen Komponente eingeleitet wird.
13. Verfahren zur Wiederherstellung von Schaufeln, umfassend die folgenden Schritte:
- (i) Entfernen des vorhandenen Überzugs einer Schaufel, um eine zu beschichtende Oberfläche zu bilden,

- (ii) Präparieren oder Reinigen der zu beschichtenden Oberfläche,
- (iii) Überziehen der zu beschichtenden Oberfläche mittels des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem Werkstoff vom Typ M_1CrAlM_2 , um die Schaufel zu reparieren, und
- (iv) Durchführen einer Diffusionswärmebehandlung.

14. Anordnung für das Abscheiden eines Überzugs (20) auf einer Schaufel (120, 130) auf elektrolytischem Weg, umfassend:

- wenigstens eine Schaufel (120, 130), die die Kathode bildet und eine zu beschichtende Oberfläche aufweist, welche einen kritischen Bereich (21) begrenzt und sich in Längsrichtung zwischen dem Fuß und der Spitze der Schaufel (120, 130) erstreckt, und
- einen aus einem elektrisch nicht leitenden Werkstoff gefertigten Halter (12), der eine Bezugswand (14) aufweist und geeignet ist, die Schaufel (120, 130) in einer Arbeitsstellung gegenüber der Bezugswand (14) aufzunehmen, wobei der Halter (12) ferner für jede Schaufel (120, 130) einen Längsabschnitt (15) umfasst, der geeignet ist, der zu beschichtenden Oberfläche der Schaufel (120, 130) gegenüberzuliegen, wobei der Abschnitt (15), der eine Stelle (16) für die Anode (19) begrenzt, sich in Längsrichtung und gegenüber dem kritischen Bereich (21) erstreckt, wobei das Profil und die Position, in Bezug auf die zu beschichtende Oberfläche, des Längsabschnitts (15) des Halters (12) und der Anode (19) gewählt sind, um die Stromlinien zu begrenzen und auszurichten, so dass auf der zu beschichtenden Oberfläche der Schaufel (120, 130) ein Überzug (20) mit einer veränderlichen Dicke erhalten wird, die vorbestimmt und für den kritischen Bereich (21) im Wesentlichen konstant ist und die entlang der Ränder des Überzugs (20) bis auf einen Wert von im Wesentlichen Null schrittweise abnimmt.

Claims

- 1.** A method of electrolytically depositing a composite coating comprising a metallic matrix containing particles, for the purpose of repairing a metal blade (120, 130), the method implementing the following steps:
- providing at least one blade (120, 130) forming the cathode and presenting a surface to be coated that defines a critical zone (21) and extends in a longitudinal direction between the root and the tip of the blade (120, 130);

- providing an anode (19) made of a metal and connecting the anode (19) to a current source;
 - providing a solution forming an electrolyte bath and containing insoluble particles;
 - providing a support (12) made of a material that does not conduct electricity, that presents a reference wall (14), and that is suitable for receiving said blade (120, 130) in a working position relative to the reference wall (14);
 - mounting said blade (120, 130) on said support (12) in said working position;
 - placing the support (12) in said solution; and
 - co-depositing particles and metal from the anode (19) so as to form a coating (20) on the surface to be coated;
- the method being **characterized in that** said anode (19) is placed facing the critical zone (21), and **in that** said support (12) is fitted, for each blade (120, 130), with means for controlling lines of current so as to obtain, on the surface to be coated of said blade (120, 130), a coating (20) presenting varying thickness that is predetermined and relatively constant for the critical zone (21) and that decreases progressively down to a value of substantially zero along the edges of said coating (20), and

characterized in that said means for controlling lines of current comprise a longitudinal portion of the support (12) suitable for facing said surface to be coated of said blade (120, 130).

- 2.** A method according to claim 1, **characterized in that** said portion (15) defining a location (16) for the anode extends in the longitudinal direction and facing the critical zone (21), the profile and the position of the longitudinal portion (15) of the support (12) and of the anode (19) relative to the surface to be coated being selected so as to limit and orient the lines of current.
- 3.** A method according to either preceding claim, **characterized in that** said composite coating (20) comprising a metallic matrix containing particles is of the M_1CrAlM_2 type, **in that** said anode (19) is made of a metal M_1 , M_1 being selected from Ni, Co, and Fe, or a mixture thereof, and **in that** the particles of the solution are particles of $CrAlM_2$, where M_2 is selected from Y, Si, Ti, Hf, Ta, Nb, Mn, Pt, and rare earths.
- 4.** A method according to any preceding claim, **characterized in that** said coating (20) presents a thickness in the critical zone (21) lying in the range 10 μm to 500 μm .
- 5.** A method according to any preceding claim, **characterized in that** the surface to be coated of said blade (120, 130) is the suction side wall (121, 131).

6. A method according to any preceding claim, **characterized in that** the critical zone (21) is the zone in which the flow section is measured such that the repair method enables the flow section of the blade (120, 130) to be restored by being built up. 5
7. A method according to any preceding claim, **characterized in that** said support (12) is suitable for receiving two blades (120, 130) in a working position relative to the reference wall (14). 10
8. A method according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** the support (12) is suitable for receiving more than two blades (120, 130) in a working position relative to the reference wall (14). 15
9. A method according to any preceding claim, **characterized in that** the blade(s) (120, 130) are blades (120, 130) of a turbomachine nozzle. 20
10. A method according to any preceding claim, **characterized in that** zones of the blade (120, 130) that are not to be coated are masked beforehand, in particular at the locations of drilled and other holes. 25
11. A method according to any preceding claim, **characterized in that**, while deposition is taking place, circulation is established in the solution with an upward flow in a first space of the solution and a downward flow in a second space of the solution, the support (12) being placed in said second space. 30
12. A method according to any preceding claim, **characterized in that** while co-deposition is taking place, the support (12) is caused to rotate about an axis that includes a horizontal component. 35
13. A method of restoring blades comprising the steps of:
 - (i) removing existing coatings from a blade to form a surface to be coated, 40
 - (ii) preparing or cleansing the surface to be coated;
 - (iii) coating the surface to be coated of the blade with M_1CrAlM_2 type material, according to the method of any one of the preceding claims, to build up the blade; and 45
 - (iv) implementing a diffusion heat treatment.
14. An assembly for electrolytically depositing a coating (20) on a blade (120, 130), the assembly comprising: 50
 - at least one blade (120, 130) forming the cathode and presenting a surface to be coated that defines a critical zone (21) and extends in a longitudinal direction between the root and the tip of the blade (120, 130); and 55
 - a support (12) made of a material that does not

conduct electricity, presenting a reference wall (14), and suitable for receiving said blade (120, 130) in a working position relative to the reference wall (14), said support (12) further comprising, for each blade (120, 130), a longitudinal portion (15) suitable for facing said surface to be coated of said blade (120, 130), said portion (15) defining the location for the anode extending in a longitudinal direction and facing the critical zone (21), the profiles and the positions of the longitudinal portion (15) of the support (12) and of the anode (19) relative to the surface to be coated being selected to limit and orient the lines of current in such a manner as to obtain, on the surface to be coated of said blade (120, 130), a coating (20) presenting varying thickness that is predetermined and relatively constant for the critical zone (21) and that decreases progressively to a value of substantially zero along the edges of said coating (20).

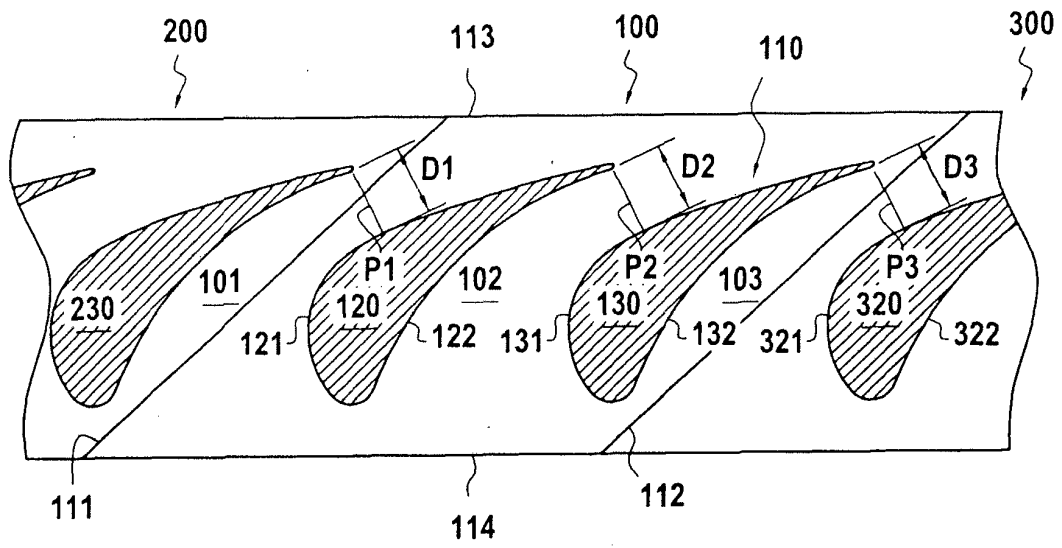


FIG. 1

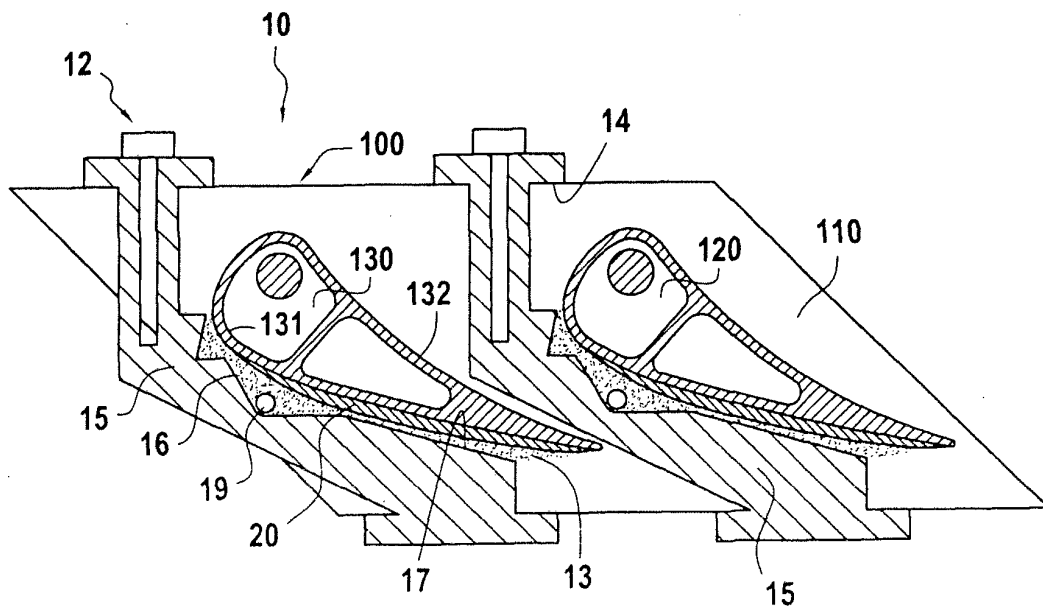


FIG. 7

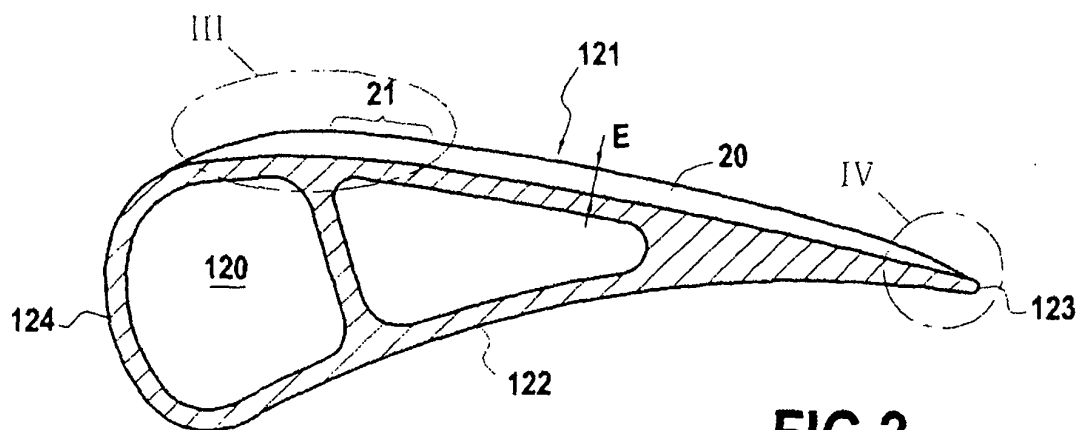


FIG. 2

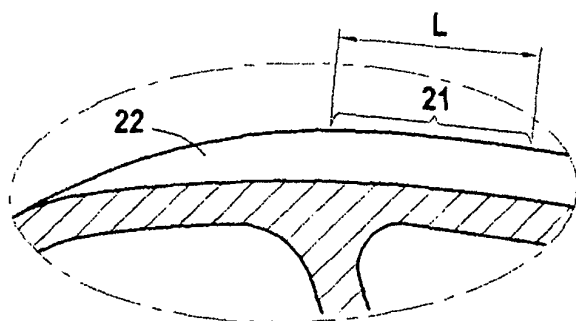


FIG. 3

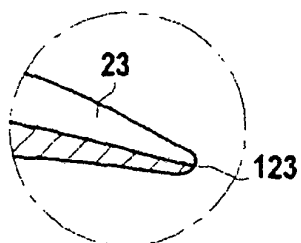


FIG. 4

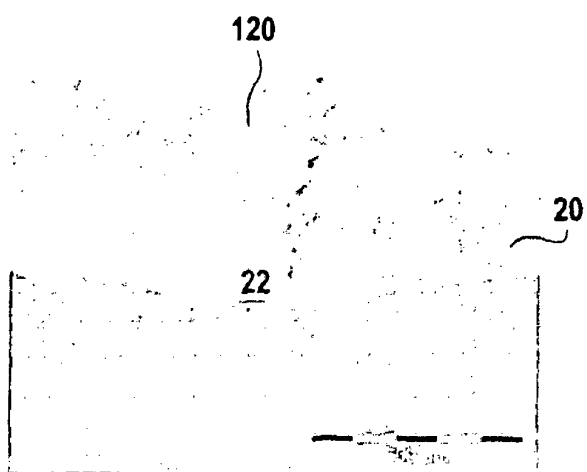


FIG. 5

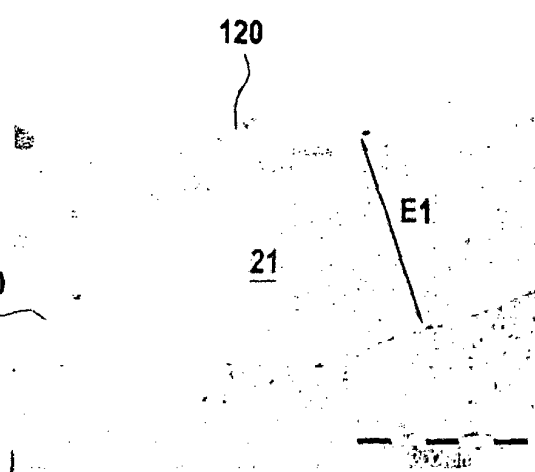


FIG. 6

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 0355051 A [0079]
- EP 0724658 A [0079]