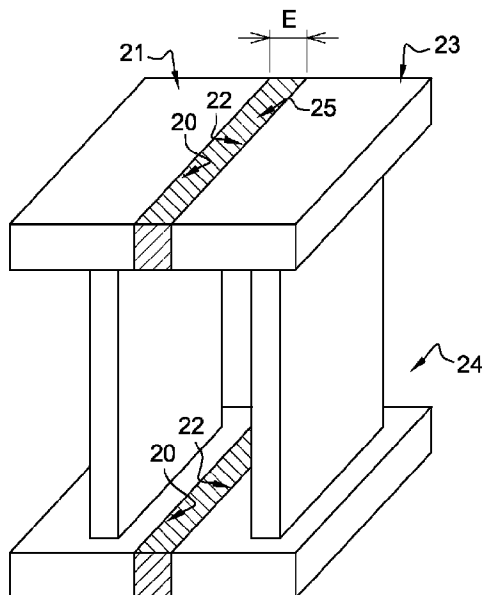




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2014/08/18
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2015/02/26
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2021/02/02
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2016/02/18
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2014/052097
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2015/025105
(30) Priorité/Priority: 2013/08/20 (FR1358083)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B23K 1/00* (2006.01),
B23K 1/20 (2006.01), *F01D 9/04* (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
BILHE, PASCAL, FR;
PASQUET, ANNIE, FR
(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : PROCEDE D'ASSEMBLAGE DE DEUX PALES D'UN DISTRIBUTEUR DE TURBOMACHINE
(54) Title: METHOD FOR ASSEMBLING TWO BLADES OF A TURBOMACHINE NOZZLE



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé d'assemblage de deux pâles (21, 23) de distributeur de turbomachine, comportant un positionnement en vis-à-vis d'une première surface (20) d'une première pale (21) et d'une deuxième surface (22) d'une deuxième pale (23), lesdites première surface (20) et deuxième surfaces (22) étant espacées l'une de l'autre d'un jeu d'assemblage (E), et une aluminisation par dépôt en phase vapeur des première surface (20) et deuxième surface (22), de sorte à combler le jeu d'assemblage (E).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
26 février 2015 (26.02.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/025105 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B23K 1/00 (2006.01) *F01D 9/04* (2006.01)
B23K 1/20 (2006.01)

René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-cramayel Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/052097

(74) Mandataire : CAMUS, Olivier; Cabinet Camus Lebki, 87 Rue Taitbout, F-75009 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :
18 août 2014 (18.08.2014)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1358083 20 août 2013 (20.08.2013) FR

(71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

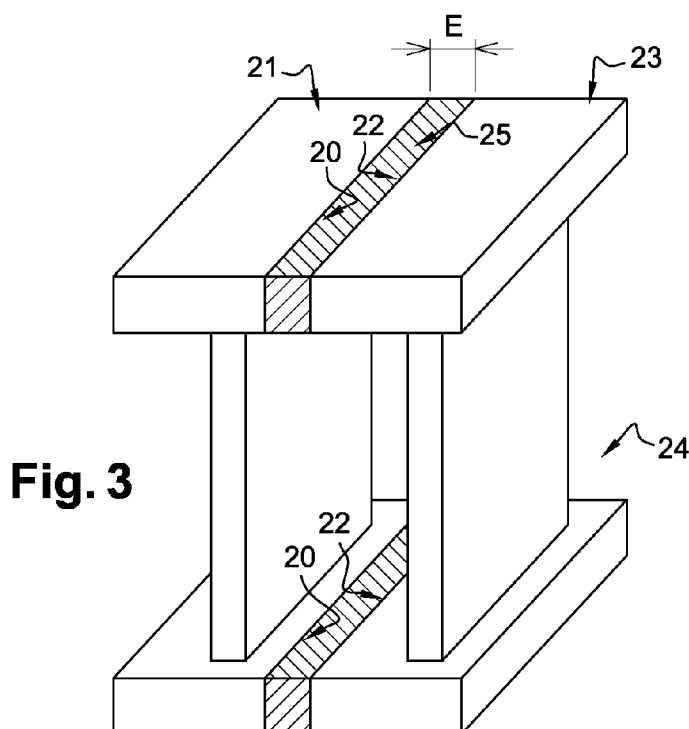
(72) Inventeurs : BILHE, Pascal; Snecma Pi (aji), Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy Cramayel Cedex (FR). PASQUET, Annie; Snecma Pi (aji), Rond-Point

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR ASSEMBLING TWO BLADES OF A TURBOMACHINE NOZZLE

(54) Titre : PROCEDE D'ASSEMBLAGE DE DEUX PÂLES D'UN DISTRIBUTEUR DE TURBOMACHINE



(57) Abstract : The invention relates to a method for assembling two blades (21, 23) of a turbomachine nozzle, comprising: positioning of a first surface (20) of a first blade (21) and a second surface (22) of a second blade (23) facing one another, said first (20) and second (22) surfaces being spaced apart from one another by an assembly clearance (E); and the vapour-phase aluminising of the first (20) and second (22) surfaces, such as to fill the assembly clearance (E).

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'assemblage de deux pâles (21, 23) de distributeur de turbomachine, comportant un positionnement en vis-à-vis d'une première surface (20) d'une première pale (21) et d'une deuxième surface (22) d'une deuxième pale (23), lesdites première surface (20) et deuxième surfaces (22) étant espacées l'une de l'autre d'un jeu d'assemblage (E), et une aluminisation par dépôt en phase vapeur des première surface (20) et deuxième surface (22), de sorte à combler le jeu d'assemblage (E).

WO 2015/025105 A1



GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

PROCEDE D'ASSEMBLAGE DE DEUX PÂLES D'UN DISTRIBUTEUR DE TURBOMACHINE

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention se rapporte au domaine général de l'aéronautique. Elle concerne les procédés de fabrication des aubes de distributeurs, et plus particulièrement les procédés d'assemblage des deux pâles formant un distributeur.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

Le savoir-faire actuel en fonderie ne permet pas d'obtenir un distributeur monobloc monocristallin. Ainsi, il est classique d'assembler deux pâles coulées séparément pour former un distributeur. L'assemblage est généralement réalisé par un procédé de brasage-diffusion, qui est le procédé le plus largement utilisé pour l'assemblage de pièces en superalliage.

La technique de brasage-diffusion consiste à assembler des pièces, généralement métalliques, à l'aide d'un métal d'apport, sous forme de poudre ou de feuillard, placé entre les pièces à réunir. La température de fusion du métal d'apport est inférieure à celle des pièces à réunir. Une première étape, dite brasage, consiste à soumettre les pièces et le métal d'apport à une température de brasage. La température de brasage est déterminée de sorte à être inférieure à la température de fusion des pièces à réunir. L'augmentation de température pour atteindre la température de brasage est réalisée par paliers. Les pièces et le métal d'apport sont ensuite maintenus à la température de brasage pendant quelques dizaines de minutes. Durant le brasage, une diffusion atomique s'opère dans une zone formant un joint brasé liant les deux pièces. Une deuxième étape, dite diffusion, consiste à réaliser un traitement thermique de diffusion dans un four, sous atmosphère contrôlée pendant quelques heures, de manière à assurer une homogénéisation suffisante de la matière située au niveau du joint brasé.

Compte tenu des conditions thermodynamiques sévères auxquelles sont soumises les pièces d'une turbomachine en fonctionnement, le métal d'apport le plus adapté pour assembler deux pâles est de composition NiCoSiB1060. La particularité de ce métal d'apport est de comporter du silicium et du bore qui garantissent une bonne liaison chimique entre les pâles à assembler.

Cependant, un défaut majeur de ce composant est la formation de zones de faibles résistances mécanique et environnementale. On entend par résistance environnementale, la capacité à résister à l'oxydation et la corrosion. Or, ce type d'endommagement à la fois mécanique et environnemental est très préjudiciable, engendrant une dégradation accélérée du joint brasé et conduisant au désassemblage des deux pâles.

La rupture est généralement localisée à moins de un millimètre du joint brasé, mais rarement sur le joint. Cette localisation est liée aux phénomènes diffusionnels de part et d'autre du joint, pouvant dépasser une centaines de microns. La diffusion est notamment exacerbée lorsque le superalliage constituant les pâles présente des joints de grains, comme c'est le cas des superalliages polycristallins.

DESCRIPTION GENERALE DE L'INVENTION

L'invention offre une solution aux problèmes évoqués précédemment, en proposant un procédé d'assemblage de deux pâles, évitant la formation de zones de faibles résistances mécanique et environnementale.

L'invention concerne donc essentiellement un procédé d'assemblage de deux pâles de distributeur de turbomachine, comportant :

- Un positionnement en vis-à-vis d'une première surface d'une première pôle et d'une deuxième surface d'une deuxième pôle, lesdites première et deuxième surfaces étant espacées l'une de l'autre d'un jeu d'assemblage,

- Une aluminisation par dépôt en phase vapeur des première et deuxième surfaces, de sorte à combler le jeu d'assemblage.

Le procédé selon l'invention comporte une étape d'aluminisation. La technique d'aluminisation est couramment utilisée pour protéger des pièces de l'oxydation. Cette technique est bien connue, on pourra en particulier se référer au document FR1433497. Il consiste à placer la pièce à protéger dans une enceinte dans laquelle circule un mélange gazeux comprenant un composé de l'aluminium, tel qu'un halogénure, et un gaz de dilution ou gaz porteur. L'halogénure est produit par réaction entre un halogène, par exemple du chlore ou du fluor, et un donneur métallique contenant de l'aluminium, par exemple un alliage métallique d'aluminium avec un ou plusieurs des constituants métalliques du matériau de la pièce à protéger. Le gaz vecteur assure la dilution et l'entraînement du mélange gazeux pour amener l'halogénure au contact de la pièce afin de former un dépôt, un revêtement, à la surface de celle-ci. Le revêtement formé a la particularité de protéger de l'oxydation. On note que le gaz vecteur couramment utilisé est l'argon.

Lors de l'étape d'aluminisation se forme un dépôt homogène d'aluminium sur la première pôle et sur la deuxième pôle, et notamment sur la première surface et sur la deuxième surface. A la fin de l'étape d'aluminisation, le jeu d'assemblage initial est comblé par ces dépôts.

Le procédé selon l'invention permet donc un accrochage chimique entre les pôles, s'affranchissant de l'utilisation d'un métal d'apport comportant du silicium ou du bore. Ainsi, la formation de zones de faibles résistances mécanique et environnementale, due au bore ou au silicium, est évitée.

De plus, un avantage supplémentaire est retiré du procédé selon l'invention : à la fin de l'étape d'aluminisation, le distributeur formé des deux pôles assemblées est recouvert d'un revêtement antioxydant.

Outre les caractéristiques qui viennent d'être évoquées dans le paragraphe précédent, le procédé selon l'invention peut présenter une ou plusieurs caractéristiques complémentaires parmi les suivantes, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le procédé comporte une étape d'implantation de billes soudées dans les première surface et deuxième surface, de sorte à maintenir le positionnement, entre l'étape de positionnement et l'étape d'aluminisation. Dans un mode de réalisation non limitatif, lesdites billes sont constituées de nickel.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le procédé comporte une étape de diffusion, suivant l'étape d'aluminisation. Cela permet d'éviter la formation d'une phase d'aluminium sur-stœchiométrique. En effet, une telle phase est fragile.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le procédé comporte une étape de dépôt d'une couche favorisant l'aluminisation. Cette couche est destinée à favoriser le dépôt d'aluminium.

Dans un mode de réalisation non limitatif, la couche est obtenue par voie électrolytique, par exemple de platine ou de palladium.

Dans un mode de réalisation non limitatif, la couche est obtenue par un dépôt physique en phase vapeur.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le procédé selon l'invention comporte une étape précédant l'étape de positionnement : un traitement de surface des première et deuxième surfaces. Cette préparation de surface est destinée à préparer et nettoyer la première et la deuxième surface afin de favoriser l'aluminisation.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le traitement de surface comporte un dégraissage des première et deuxième surfaces à l'acétone sous agitation ultra sonore.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le traitement de surface comporte une dissolution chimique des oxydes superficiels des métaux constituant les première et deuxième pâles.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le procédé comporte une étape de masquage d'au moins une zone de la première pôle, précédant l'étape de positionnement. Cela permet d'éviter un dépôt d'aluminium sur certaines zones du distributeur, par exemple les pieds d'aubes.

Dans un mode de réalisation non limitatif, le procédé comporte une étape de détermination du jeu d'assemblage, précédant l'étape de positionnement. En effet, la couche liante d'aluminium ne doit pas être trop épaisse, pour éviter un abattement des propriétés mécaniques. On note que l'évolution de l'épaisseur déposée en fonction des paramètres de temps, température et pression, suit une loi parabolique. Le jeu d'assemblage est de l'ordre de quelques dizaines de micromètres.

L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

Les figures ne sont présentées qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

- A la figure 1, une représentation schématique d'une première pôle de distributeur
- A la figure 2, une représentation schématique d'une deuxième pôle de distributeur
- A la figure 3, une représentation schématique d'un distributeur formé de l'association de la première pôle de la figure 1 et la deuxième pôle de la figure 2

- A la figure 4, une représentation schématique des étapes d'un procédé d'assemblage selon un mode de réalisation non limitatif de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'AU MOINS UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

Sauf précision contraire, un même élément apparaissant sur des figures différentes présente une référence unique.

En référence aux figures 1, 2 et 3, le procédé selon l'invention vise à assembler une première surface 20 d'une première pôle 21 et une deuxième surface 22 d'une deuxième pôle 23, afin de former un distributeur 24 de turbomachine, par exemple un distributeur de turbine haute pression utilisé sur des moteurs civils et militaires. Les alliages communément employés dans les turbines haute pression et basse pression sont des superalliages à base nickel. Cependant, le procédé selon l'invention est également applicable à des superalliages à base cobalt.

Le procédé met en œuvre une étape d'aluminisation en phase vapeur, comme cela est détaillé ci-après.

En référence à la figure 4, le procédé 10 selon l'invention comporte les étapes suivantes :

- Selon une première étape 11, un masquage d'au moins une zone de la première pôle 21 et/ou d'une zone de la deuxième pôle 23. En effet, il est important de protéger certaines zones sensibles de l'aluminisation, par exemple un pied d'aube. On note que cette première étape est optionnelle : elle n'est pas présente dans un autre mode de réalisation de l'invention. Les masques utilisés sont des éléments métalliques recouvrant certaines zones et garantissant une étanchéité à l'aluminisation. Les masques classiquement utilisés dans l'art antérieur peuvent être utilisés car la température d'aluminisation en phase vapeur selon l'invention est équivalente à cette d'une aluminisation classique.

- Selon une deuxième étape 12, un traitement de surface de la première surface 20 et de la deuxième surface 22. Le traitement de surface sert à préparer les surfaces à assembler. Le traitement de surface comporte par exemple un simple dégraissage à l'acétone sous agitation ultra sonore, ou encore une dissolution chimique des oxydes superficiels des métaux constituant les première et deuxième pâles 21, 23. La dissolution chimique comporte un conditionnement des oxydes en bain alcalin, suivi d'une activation chimique sous acide, puis d'un blanchissement en bain alcalin. On note que cette deuxième étape est optionnelle : elle n'est pas présente dans un autre mode de réalisation de l'invention. On note également que dans un autre mode de réalisation, la deuxième étape 12 est réalisée avant la première étape 11.
- Selon une troisième étape 13, un dépôt d'une couche favorisant l'aluminisation. Le dépôt est par exemple obtenu par voie électrolytique de platine ou de palladium ou toute autre combinaison connue pour favoriser un dépôt d'aluminium. La couche peut également être déposée par un dépôt physique en phase vapeur, ou prendre la forme d'un feuillard. On note que la troisième étape est optionnelle : elle n'est pas présente dans un autre mode de réalisation de l'invention.
- Selon une quatrième étape 14, une détermination d'un jeu d'assemblage E, ledit jeu d'assemblage E correspondant à une distance séparant la première surface 20 de la première pâle 21 et la deuxième surface 22 de la deuxième pâle 23 lorsque lesdites première et deuxième surfaces sont positionnées en vis-à-vis afin de subir l'aluminisation. Le jeu d'assemblage E est déterminé en fonction du matériau constitutif des pâles, de la forme des pâles, des conditions du traitement d'aluminisation, etc. Le jeu d'assemblage E est de l'ordre de quelques dizaines de micromètres, il est par exemple compris entre trente et cent cinquante micromètres. Le jeu d'assemblage E est par exemple de quarante à cinquante micromètres, ce qui est un ordre de grandeur usuel retenu pour des opérations de brasage-diffusion pour des alliages à base nickel.

- Selon une cinquième étape 15, un positionnement en vis-à-vis de la première surface 20 de la première pôle 21 et de la deuxième surface 22 de la deuxième pôle 23, lesdites première et deuxième surfaces étant espacées l'une de l'autre du jeu d'assemblage E.
- Selon une sixième étape 16, une implantation de billes soudées dans les première et deuxième surfaces 20, 22, de sorte à maintenir le positionnement. Dans le cas de superalliages en base nickel, les billes sont constituées de nickel. Le nombre et l'espacement entre les billes dépend des formes des pôles à assembler. Cette technologie fonctionne en stockant le courant de soudure dans des condensateurs. La décharge des condensateurs libère le courant en une impulsion très rapide. Il est ainsi possible de produire des courants de soudure extrêmes de plusieurs 100 kA dans un laps de temps extrêmement court, ce qui permet dans le cas de billes en nickel de les faire fondre afin qu'elles maintiennent en position les surfaces avant assemblage.
- Selon une septième étape 17, une aluminisation par dépôt en phase vapeur des première et deuxième surfaces, de sorte à combler le jeu d'assemblage E. Cette étape comporte des sous-étapes suivantes :
 - Un placement de l'ensemble formé de la première pôle 21, de la deuxième pôle 23, et des billes, dans une installation thermochimique. Dans cette installation thermochimique, appelée enceinte, circule un mélange gazeux comprenant un composé de l'aluminium, tel qu'un halogénure, et un gaz de dilution ou gaz porteur. L'halogénure est produit par réaction entre un halogène, par exemple à base de chlore et/ou de fluor, et un donneur métallique contenant de l'aluminium, par exemple un alliage métallique d'aluminium avec un ou plusieurs des constituants métalliques du matériau de la pièce à protéger. Dans un mode de réalisation de l'invention, le donneur métallique contenant de l'aluminium est de composition massique CrAl_{20} ou CrAl_{30} . Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le donneur est un ciment ternaire ou quaternaire tel que décrit dans le document FR2950364. Dans ce cas, il est possible d'obtenir, en plus de l'aluminium, un dopage en

éléments réactifs (tels que hafnium, zirconium...) connus comme bénéfiques pour la tenue à l'oxydation. Dans un mode de réalisation de l'invention, l'halogène est du fluor et l'halogénure produit est de composition NH_4F ou HF . Dans un mode de réalisation de l'invention, l'halogène est du chlore et l'halogénure produit est de composition NH_4Cl . Dans un mode de réalisation, le gaz de dilution utilisé est l'argon. Dans un mode de réalisation, la pression partielle d'argon dans l'enceinte est de l'ordre de 100mBar. Cette pression est avantageusement une limite basse. On note qu'il importe de trouver un compromis entre la pression partielle de gaz de dilution (en Bar), le volume utile de l'enceinte (en dm^3), et la quantité d'halogénure (en grammes), afin d'optimiser l'aluminisation. Dans un mode de réalisation, les gammes opératoires sont comprises entre 10^{-2} et 140 g/Bar/dm^3 . Plus précisément, dans un mode de réalisation, les gammes opératoires sont comprises entre 0.1 et 20 g/Bar/dm^3 .

- Un traitement thermique de l'ensemble dans l'enceinte. Dans un mode de réalisation dans lequel la troisième étape n'est pas réalisée, le traitement thermique est réalisé durant six heures à température de 1100 degrés Celsius. Dans un mode de réalisation dans lequel la troisième étape est réalisée, le traitement thermique est réalisé durant six heures à température de 1080 degrés Celsius. Ces conditions de température et de durée ne sont pas limitatives. Dans un autre mode de réalisation, la température est comprise entre 950 et 1200 degrés Celsius. Dans un autre mode de réalisation, la durée du traitement thermique est comprise entre deux et douze heures. A l'issue du traitement thermique, un dépôt 25 homogène d'aluminium est obtenu sur la première surface 20 et la deuxième surface 22, ledit dépôt 25 comblant le jeu d'assemblage E. Ainsi, grâce au dépôt 25, les deux pâles 21, 23 sont assemblées.
- Selon une huitième étape 18, un traitement de diffusion afin d'éviter la formation d'une phase d'aluminure de nickel en quantité sur-stœchiométrique, qui est fragile.

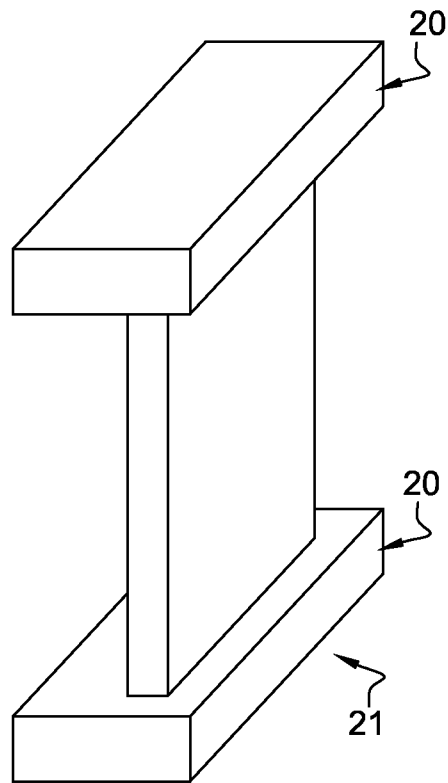
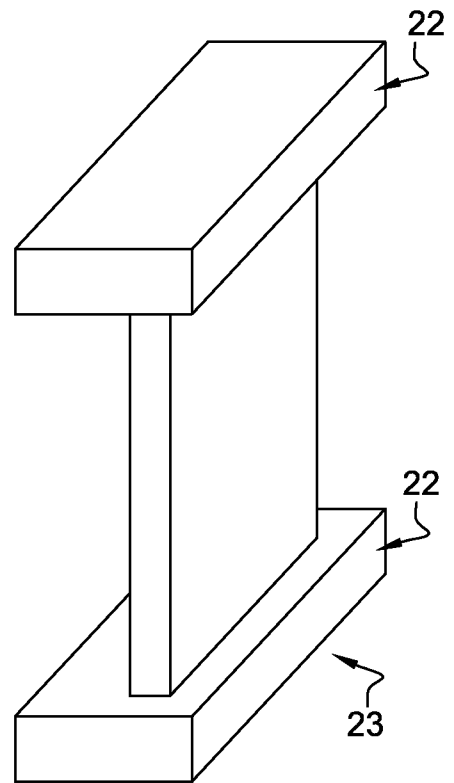
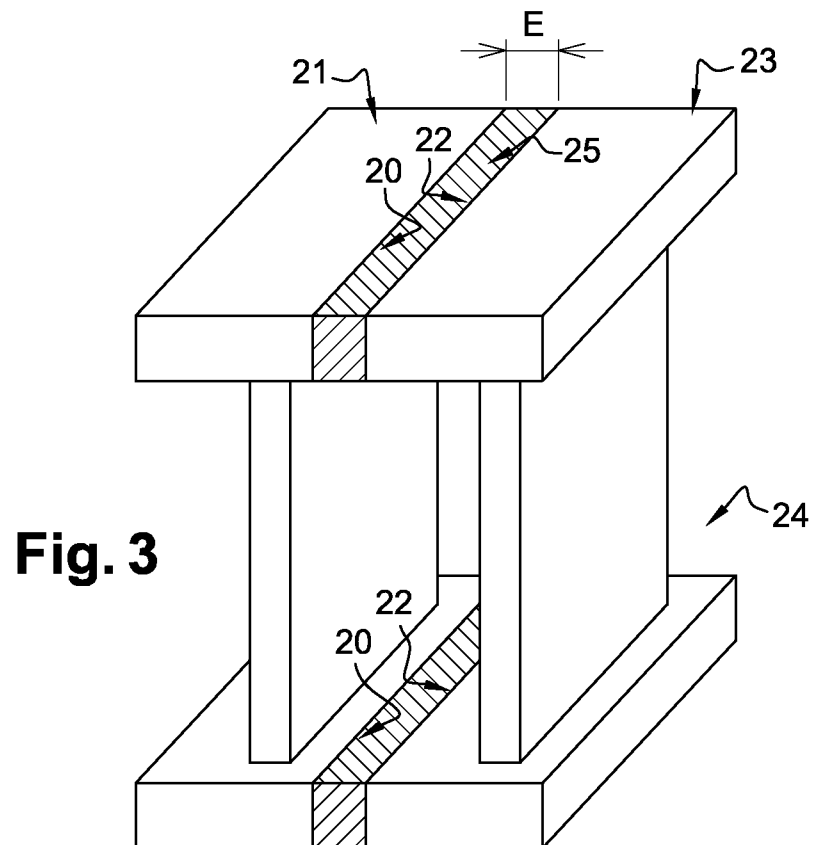
Dans un mode de réalisation, le traitement de diffusion est réalisé sous vide, à température de 1100 degrés Celsius, pendant une durée d'une heure ou plus. On note que cette huitième étape est facultative, elle n'est pas présente dans un autre mode de réalisation de l'invention.

Le procédé consiste donc à assembler les pâles pendant la réalisation d'un revêtement d'aluminure de nickel. Ce type d'assemblage présente des caractéristiques intéressantes en termes de résistance mécanique et en termes de résistance à l'oxydation.

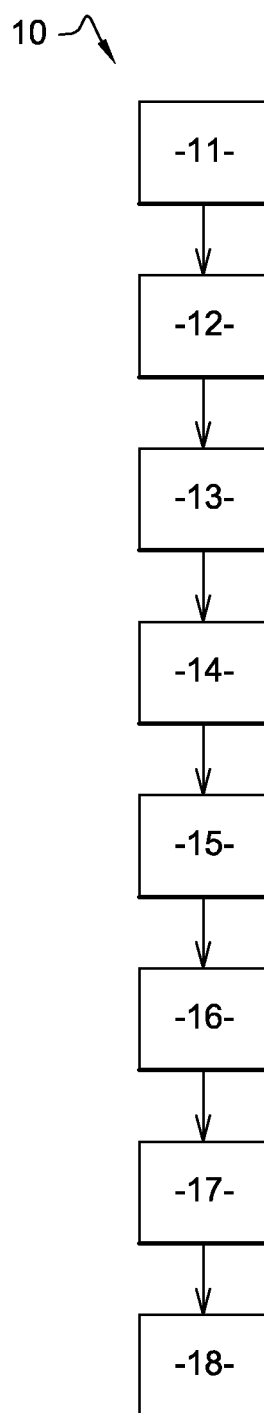
REVENDECATIONS

1. Procédé d'assemblage de deux pâles de distributeur de turbomachine, comportant :
 - Un positionnement en vis-à-vis d'une première surface d'une première pôle et d'une deuxième surface d'une deuxième pôle, lesdites première surface et deuxième surfaces étant espacées l'une de l'autre d'un jeu d'assemblage,
 - Une implantation de billes soudées dans les première surface et deuxième surface, de sorte à maintenir le positionnement,
 - Une aluminisation par dépôt en phase vapeur des première surface et deuxième surface, de sorte à combler le jeu d'assemblage.
2. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications la revendication 1, comportant une étape de diffusion, suivant l'étape d'aluminisation.
3. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, comportant une étape de dépôt d'une couche favorisant l'aluminisation, précédant l'étape de positionnement.
4. Procédé d'assemblage selon la revendication 3, dans lequel la couche est obtenue par voie électrolytique.
5. Procédé d'assemblage selon la revendication 4, dans lequel la couche est obtenue par un dépôt physique en phase vapeur.
6. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant une étape de traitement de surface des première surface et deuxième surface, précédant l'étape de positionnement.
7. Procédé d'assemblage selon la revendication 6, dans lequel le traitement de surface comporte un dégraissage des première surface et deuxième surface à l'acétone sous agitation ultra sonore.
8. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant une étape de masquage d'au moins une zone de la première pôle, précédant l'étape de positionnement.
9. Procédé d'assemblage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comportant une étape de détermination du jeu d'assemblage, précédent l'étape de positionnement.

1/2

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3**

2 / 2

**Fig. 4**

