

**(12) BREVET D'INVENTION BELGE**

(47) Date de publication : 28/11/2024

(21) Numéro de demande : BE2023/5305

(22) Date de dépôt : 21/04/2023

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 5/30, B23K 20/12, F01D 5/34

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

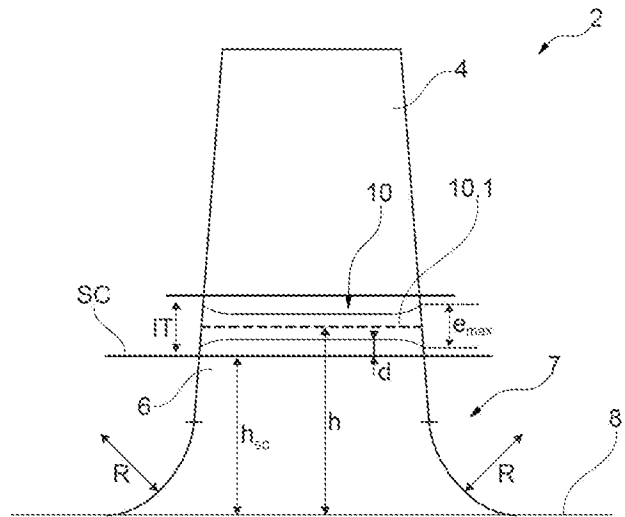
**SAFRAN AERO BOOSTERS**SA  
4041, HERSTAL  
Belgique

(72) Inventeur(s) :

**LEMMENS Anthony**4041 HERSTAL  
Belgique**BERNARD Loïc**4041 HERSTAL  
Belgique**DERCLAYE Alain**4041 HERSTAL  
Belgique**VACCA Sébastien José François Ghislain**4041 HERSTAL  
Belgique**(54) PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN DISQUE AUBAGÉ POUR TURBOMACHINE AVEC  
DES AUBES SOUDÉES PAR FRICTION ORBITALE**

(57) L'invention a trait à un disque aubagé (2) pour turbomachine, comprenant une pluralité d'aubes (4) jointes par soudure par friction orbitale à des moignons (6) sur le disque, à une hauteur radiale de jonction  $h$  entre les aubes et les moignons, remarquable en ce que la hauteur radiale de jonction  $h$ , mesurée à partir d'une surface inter-aubes (8) du disque, est supérieure ou égale à une hauteur radiale  $h_{sc}$  d'un seuil critique (SC), majorée d'une moitié d'une épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ . L'invention concerne un procédé de fabrication d'un disque aubagé dans lequel l' $e_{max}$  est déterminée par un paramètre géométrique  $z$  de la section des aubes et des moignons au niveau de la jonction, où  $z$  est une moyenne des rayons moyens  $z_i$  balayant ladite section en tout point  $i$  de la périphérie de ladite section.

FIG 2



**Description****PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN DISQUE AUBAGÉ POUR  
TURBOMACHINE AVEC DES AUBES SOUDÉES PAR FRICTION ORBITALE****Domaine technique**

5 L'invention a trait à un procédé de fabrication d'un disque aubagé pour turbomachine, et plus particulièrement à un procédé de fabrication d'un disque aubagé par soudage par friction orbitale d'aubes à un disque rotorique de turbomachine. L'invention a également trait à un disque aubagé de turbomachine obtenu au moyen du procédé.

**10 Art antérieur**

Le changement climatique est une préoccupation majeure pour de nombreux organes législatifs et de régulation à travers le monde. En effet, diverses restrictions sur les émissions de carbone ont été, sont ou seront adoptées par divers états. En particulier, une norme ambitieuse s'applique à la fois aux  
15 nouveaux types d'avions mais aussi à ceux en circulation nécessitant de devoir mettre en œuvre des solutions technologiques afin de les rendre conformes aux réglementations en vigueur. L'aviation civile se mobilise depuis maintenant plusieurs années pour apporter une contribution à la lutte contre le changement climatique.

20 Les efforts de recherche technologique ont déjà permis d'améliorer de manière très significative les performances environnementales des avions. La Déposante prend en considération les facteurs impactant dans toutes les phases de conception et de développement pour obtenir des composants et des produits aéronautiques moins énergivores, plus respectueux de l'environnement et dont  
25 l'intégration et l'utilisation dans l'aviation civile ont des conséquences environnementales modérées dans un but d'amélioration de l'efficacité énergétique des avions.

Par voie de conséquence, la Déposante travaille en permanence à la réduction de son incidence climatique négative par l'emploi de méthodes et l'exploitation  
30 de procédés de développement et de fabrication vertueux et minimisant les

émissions de gaz à effet de serre au minimum possible pour réduire de l'empreinte environnementale de son activité.

Ces travaux de recherche et de développement soutenus portent à la fois sur les nouvelles générations de moteurs d'avions, l'allègement des appareils, 5 notamment par les matériaux employés et les équipements embarqués allégés, le développement de l'emploi des technologies électriques pour assurer la propulsion, et, indispensables compléments aux progrès technologiques, les biocarburants aéronautiques.

A cet effet, l'invention est le résultat des recherches technologiques visant à 10 améliorer de manière très significative les performances des avions et, en ce sens, contribue à la réduction de l'impact environnemental des avions.

Dans ce contexte, l'invention vise un procédé de soudage par friction orbitale pour la réalisation d'un disque aubagé (communément désigné par : « blisk ») ou un tambour aubagé (communément désigné par « blum ») de compresseur de 15 turbomachine.

Le soudage par friction orbitale est un procédé de soudage dans lequel les pièces à assembler sont mises en contact sous effort et soudées par une mise en mouvement circulaire généralement défini par un excentrique, et accompagné d'une vitesse tangentielle uniforme, de manière à générer un frottement et un 20 échauffement homogène au niveau d'une jonction de soudure entre les deux pièces.

Il est par ailleurs connu d'avoir recours au soudage par friction linéaire, il s'agit d'un procédé de soudage dans lequel la chaleur nécessaire est créée par un mouvement de va-et-vient des interfaces à souder. Cependant, le soudage par 25 friction orbital présente plusieurs avantages par rapport à la friction linéaire, par exemple, le mouvement relatif entre les deux interfaces est continu grâce au mouvement de friction circulaire, ce qui apporte une meilleure homogénéité thermique. Contrairement au mouvement linéaire pour lequel la vitesse relative des deux pièces devient nulle à chaque demi-période d'oscillation. De plus, le 30 temps de cycle d'un soudage orbital est considérablement inférieur à celui du soudage par friction linéaire (respectivement environ 2 minutes comparé à environ 5 minutes).

Le document de brevet publié EP 2 535 516 A1 divulgue un procédé de soudage par friction orbitale d'aubes à un rotor de turbomachine dans lequel, une fois une consommation matière est atteinte dans une zone de soudage entre l'aube et le disque, le mouvement orbital est stoppé à une position de référence, et un effort

5 de forgeage est exercé sur l'aube contre le rotor afin de former la soudure.

Toutefois, le procédé de soudage de type orbital divulgué par le document présente une marge d'amélioration. En effet, celui-ci peut nécessiter une meilleure maîtrise de la position de la zone de soudage de l'aube par rapport au disque rotorique, de manière à éviter des défauts structurels tout en garantissant

10 la santé matière au niveau de ladite zone de soudage.

### **Résumé de l'invention**

#### Problème technique

L'invention a pour objectif de résoudre au moins un des problèmes posés par l'art antérieur. Plus précisément, l'invention a pour objectif de proposer une solution

15 simple permettant d'optimiser le procédé de soudage orbital afin de maîtriser la qualité structurelle et dimensionnelle de la soudure et du disque aubagé.

#### Solution technique

L'invention est le résultat des recherches technologiques visant à améliorer de manière très significative les performances des avions et, en ce sens, contribue

20 à la réduction de l'impact environnemental des avions. Pour cela, la présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'un disque aubagé comprenant des aubes jointes par soudure à friction orbitale à des moignons sur le disque et s'étendant radialement extérieurement, ledit procédé comprenant une étape de détermination de hauteur radiale de jonction  $h$  entre les aubes et les moignons,

25 remarquable en ce que la hauteur radiale de jonction  $h$  est déterminée en fonction d'une épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ , ladite hauteur radiale de jonction  $h$  étant d'autant plus grande que l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  est grande, ladite épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  étant déterminée par un paramètre géométrique  $z$  de la section des aubes et des moignons au niveau de

30 la jonction, où  $z$  est une moyenne des rayons moyens  $z_i$  balayant ladite section en tout point  $i$  de la périphérie de ladite section, l'épaisseur maximale de la

soudure  $e_{max}$  déterminée étant d'autant plus petit que le paramètre géométrique  $z$  est petit.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  est déterminée également par au moins un des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants : excentricité ; fréquence ; et pression de forgeage.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  est déterminée également par au moins un des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants : excentricité ; fréquence ; et pression de forgeage.

Selon un mode avantageux de l'invention, la vitesse de consommation de matière est mesurée lors d'une soudure à friction orbitale de paramétrage réalisée avec les mêmes paramètres que la soudure à friction orbitale des aubes.

Préférentiellement, la mesure de la vitesse de consommation de matière est mesurée au moyen d'une acquisition de données sur une machine réalisant la soudure à friction orbitale.

Selon un mode avantageux de l'invention, la vitesse de consommation de matière est déterminée sur base des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants : excentricité ; fréquence ; et pression de forgeage.

Selon un mode avantageux de l'invention, la hauteur radiale de jonction  $h$ , mesurée à partir d'une surface inter-aubes du disque, est supérieure ou égale à une hauteur radiale  $h_{sc}$  d'un seuil critique, majorée de la moitié d'un intervalle de tolérance  $IT$  déterminé en fonction de l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ .

Avantageusement, le seuil critique correspond à une limite de non-propagation vers le disque d'une fissure initiée dans l'aube. La hauteur radiale  $h_{sc}$  du seuil critique est déterminée soit au moyen de calculs de propagation de fissures, soit en considérant que ladite hauteur radiale  $h_{sc}$  est supérieure ou égale à deux fois un rayon de congé de raccordement des moignons avec ladite surface inter-aubes.

L'intervalle de tolérance  $IT$  déterminé correspond à une zone dans laquelle la jonction est incluse, il s'agit d'une zone autorisant la présence de la jonction, notamment dans le cas où l'aube et le disque comprennent chacun un alliage différent à partir d'un matériau de base.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'intervalle de tolérance  $IT$  est supérieur ou égal à l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ .

Selon un mode avantageux de l'invention, l'intervalle de tolérance  $IT$  est déterminé en fonction d'une tolérance d'obliquité de la jonction par rapport à la surface inter-aubes du disque.

L'invention a également trait à un disque aubagé pour turbomachine, comprenant une pluralité d'aubes jointes par soudure par friction orbitale à des moignons sur le disque, à une hauteur radiale de jonction  $h$  entre les aubes et les moignons, remarquable en ce que la hauteur radiale de jonction  $h$ , mesurée à partir d'une surface inter-aubes du disque, est supérieure ou égale à une hauteur radiale  $h_{sc}$  d'un seuil critique, majorée d'une moitié d'une épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ .

Selon un mode avantageux de l'invention, le disque aubagé correspond à une roue mobile destinée à être disposée en amont d'un bec de séparation de flux dans une turbomachine axiale.

Avantageusement, le disque aubagé est fabriqué selon le procédé de fabrication d'un disque aubagé selon l'invention.

Les mesures de l'invention sont particulièrement avantageuses en ce que la hauteur radiale du plan de soudure déterminée par le procédé dès la conception du disque aubagé permet de dimensionner l'aube et le moignon de manière à assurer une position radiale optimale de la jonction soudée. Ainsi, des contraintes d'efforts exercés sur la jonction peuvent être anticipées préalablement à la fabrication du disque aubagé, de manière à améliorer la qualité structurelle et dimensionnelle de la jonction et du disque fabriqué.

Le procédé de fabrication du disque aubagé de la présente invention permet d'assurer un gain de temps et de coûts considérables, car ledit procédé permet d'éviter les techniques de l'art antérieurs dans lesquelles il est nécessaire d'attendre les premiers essais de soudure pour réaliser des découpes sur des éprouvettes visant à valider de manière approximative la position radiale de la jonction soudée. En effet, le procédé selon l'invention correspond à une méthode prédictive permettant d'optimiser la hauteur de la jonction pendant la phase de

conception de l'aube, et permet donc intégrer cette contrainte directement dans l'optimisation de la forme de l'aube.

Il est entendu que chaque détail d'un mode de réalisation ci-dessous peut être combiné à chaque autre détail des autres modes de réalisation.

## 5 Brève description des dessins

La figure 1 représente une vue en perspective d'un disque aubagé selon l'invention ;

La figure 2 illustre schématiquement une vue latérale d'une aube du disque aubagé de la figure 1 qui est jointe par soudure à friction orbitale à un moignon s'étendant radialement extérieurement depuis une surface inter-aubes dudit disque ;

La figure 3 illustre une vue latérale de l'aube de la figure 2 avec une jonction désalignée présentant une oblicité avec une jonction de soudure nominale ;

La figure 4 illustre de manière schématique une section de l'aube et/ou du moignon au niveau de la jonction de soudure visible à la figure 2 ;

La figure 5 illustre la section de jonction de la figure 4 lors d'une détermination d'un rayon moyen  $z_A$  balayant ladite section à partir d'un point  $A$  de la périphérie de ladite section ;

La figure 6 illustre la section de jonction de la figure 4 lors d'une détermination d'un rayon moyen  $z_B$  balayant ladite section à partir d'un point  $B$  de la périphérie de ladite section ;

La figure 7 représente de manière schématique une vue en perspective, lors de la soudure à friction orbitale, de l'aube au moignon du disque, au moyen de la section de jonction illustrée aux figures 4 à 6.

## 25 Description détaillée des modes de réalisation

Dans la description qui va suivre, les termes « interne » et « externe » renvoient à un positionnement par rapport à l'axe de rotation d'une turbomachine axiale et/ou à un axe central d'un disque rotorique aubagé. La direction axiale correspond à la direction le long de l'axe de rotation de la turbomachine, les longueurs étant mesurées axialement. Les largeurs sont mesurées selon la circonférence. La direction radiale est perpendiculaire à l'axe de rotation. L'amont

et l'aval sont en référence au sens d'écoulement principal du flux dans la turbomachine.

Les dimensions des figures ne sont pas à l'échelle et en particulier les épaisseurs ou les dimensions radiales sont exagérées pour faciliter la lecture des figures.

5 La figure 1 représente une vue en perspective d'un disque aubagé 2 selon l'invention.

Le disque aubagé 2 comprend une pluralité d'aubes 4 jointes par soudure à friction orbitale à des moignons 6 s'étendant radialement extérieurement depuis une surface inter-aubes 8 dudit disque 2. La soudure est expliquée plus loin dans  
10 la présente description.

Avantageusement, la soudure forme une jonction 10 (représentée en pointillés) entre chaque aube 4 et le moignon 6 correspondant, ladite jonction 10 étant disposée à une hauteur radiale de jonction  $h$  mesurée depuis la surface inter-aubes 8 du disque aubagé 2.

15 Préférentiellement, le disque aubagé 2 est une roue mobile destinée à être disposée en amont d'un bec de séparation de flux d'air dans une turbomachine. A cet effet, la surface inter-aubes 8 correspond à une surface de guidage d'air d'une veine de fluide le long et au travers d'un rotor. Alternativement, le disque aubagé 2 peut correspondre à un rotor de type tambour appartenant à un  
20 compresseur haute-pression ou basse-pression.

De préférence, le disque 2 est un disque dit : « bi-matériaux » comprenant deux alliages de titane différents. Par exemple, les aubes 4 peuvent être fabriquées à partir d'un alliage Ta6v, et le disque à partir d'un des alliages suivants : Ti17, Ti575, Ti1023.

25 De manière avantageuse, le mélange des deux alliages de titane différents (Ta6v et Ti17) présente une usinabilité plus aisée, et permet d'atteindre un gain en masse par rapport à une solution basée, par exemple, uniquement sur un alliage en Ti17, cela est notamment dû à une densité du Ta6v qui est légèrement plus faible que celle du Ti17.

30 En effet, l'alliage Ti17 a été préférentiellement choisi pour la partie disque pour ces bonnes caractéristiques en fatigue HCF (acronyme anglais de : « High Cycle

Fatigue ») et LFC (« Low Cycle Fatigue »). Un disque en Ti17 affichera également une plus grande marge en vitesse d'éclatement qu'un disque en Ta6v. Pour les aubes, l'alliage Ta6v a été choisi car permet de procurer aux aubes une élongation à rupture plus élevée (meilleure tenue aux impacts), et un meilleur

5 comportement en propagation de fissures qui se traduit par une meilleure durabilité aux impacts basse énergie.

La jonction 10 correspond ainsi à la limite séparant les deux différents alliages de titane. A cet effet, plus la hauteur radiale  $h$  de la jonction 10 est faible et plus l'étendue radiale de l'aube 4 sera grande, ce qui permettra à l'aube 4 de résister

10 davantage aux impacts avec des débris, étant donné que les caractéristiques de l'alliage de titane formant l'aube 4 sont choisies pour résister d'avantage aux impacts (basse et haute énergie) que celle de l'alliage formant le disque. Toutefois, la jonction 10 doit être disposée au-dessus d'un seuil critique délimitant une zone critique (cela sera expliqué plus loin dans cette description). A cet

15 égard, l'invention cherche à positionner la jonction 10 de manière optimisée et au plus proche du seuil critique. Une autre alternative serait d'augmenter la hauteur radiale  $h$  de la jonction 10, mais cela implique une étendue radiale du moignon 6 qui sera élevée, cela signifie une raideur plus faible des moignons côté disque pendant la soudure. Or, la rigidité des moignons à souder est cruciale pour

20 garantir une soudure robuste. Un moignon trop flexible va disperser une partie de l'énergie apportée par la machine dans la déformation de ce dernier au lieu de la garder en énergie de friction pure. L'excentrique réellement vu au niveau des moignons sera d'autant réduit que les moignons sont flexibles.

L'invention propose un moyen de détermination de la hauteur radiale optimale de

25 la jonction 10 de manière à garantir la qualité structurelle et dimensionnelle de la soudure 10 et du disque aubagé 2.

A cet égard, la hauteur radiale de jonction  $h$  est déterminée lors du procédé de fabrication selon l'invention. Ce dernier comprend une étape de détermination de la hauteur radiale de jonction  $h$  en fonction d'une épaisseur maximale de la

30 soudure  $e_{max}$ . L'étape de détermination de la position de la jonction 10 est réalisée dès la conception du disque aubagé 2, préalablement à sa fabrication, et sera expliquée plus loin dans cette description.

La figure 2 illustre schématiquement une vue latérale d'une des aubes 4 du disque aubagé 2 de la figure 1.

Il peut être observé que la jonction 10 présente une forme en diabololo ou en papillon, avec une extrémité périphérique plus large (suivant la direction radiale) que sa partie centrale intérieure, cela est dû à une concentration de l'excédent de la matière déplacée lors du soudage orbital. A cet effet, l'épaisseur maximale  $e_{max}$  se mesure à l'extrémité périphérique de la jonction 10.

On peut également voir que la jonction de soudure 10 comprend un plan de soudure 10.1 illustré dans une position centrale par rapport à l'épaisseur maximale  $e_{max}$  de ladite jonction 10. Avantageusement, le plan de soudure 10.1 correspond à la position radiale optimale de jonction  $h$ . Ce dernier étant disposé radialement supérieurement au seuil critique SC déterminé.

En effet, le positionnement de la jonction de soudure 10 doit garantir l'absence d'une casse du disque aubagé 2 en cas de déviation d'une caractéristique matériau, i.e. propagation d'une fissure depuis l'aube 4 par exemple, dans ladite jonction 10.

A cet égard, le seuil critique SC correspond à une limite de non-propagation vers le disque 2 d'une fissure initiée dans l'aube 4, ledit seuil critique SC comprenant une hauteur radiale  $h_{sc}$  depuis la surface externe 8.

Avantageusement, la hauteur radiale  $h_{sc}$  du seuil critique SC permet de distinguer une première zone classée « N1 » dans laquelle une fissure initiée, par exemple en cas d'impact avec un débris, peut conduire à une propagation de la fissure dans le moyeu du rotor par la combinaison de contraintes statiques et vibratoires amenant à une croissance de la fissure dans le corps du rotor conduisant à l'éclatement, cela correspond à un « Effet Moteur Dangereux » définit selon la certification : « CS-E 510 » de l'EASA (Agence Européenne de la Sécurité Aérienne). Le seuil critique SC distingue, en outre, une deuxième zone « N2 » dans laquelle la déviation d'une des caractéristiques matériaux et/ou procédés non-contrôlables peut produire un « Effet Moteur Majeur ». A cet effet, le seuil critique SC est communément désigné par : seuil N1/N2.

Le retour d'expérience en flotte a historiquement démontré que la zone de l'aube 4 au-dessus d'une certaine hauteur dans l'aube (hauteur par rapport au congé de raccordement aube/disque) peut être considérée comme non-dangereuse ou non-critique. La rupture d'une pale est alors contenue et n'entraîne pas l'éclatement du rotor, répondant ainsi aux spécifications de certification « CS-E 515 ».

La hauteur radiale  $h_{sc}$  du seuil critique peut être déterminée au moyen de calculs de propagation de fissures à partir de méthodologies de tolérance aux dommages appropriées (e.g. simulation de propagation de fissures en 3D), de tests ou à partir de l'expérience accumulée sur des Blisks similaires.

Préférentiellement, la hauteur radiale  $h_{sc}$  du seuil critique est calculée sur base de la valeur du rayon de aube/disque. Plus préférentiellement, la hauteur radiale  $h_{sc}$  est supérieure ou égale à deux fois un rayon de congé de raccordement entre l'aube et la veine.

Dans la configuration des aubes 4 du disque aubagé 2, la hauteur radiale  $h_{sc}$  est de préférence égale à deux fois un rayon  $R$  de congé de raccordement 7 des moignons 6.

De manière avantageuse, le plan de soudure 10.1 étant disposé radialement au-dessus du seuil critique SC, la jonction de soudure 10 permet d'éviter le risque d'apparition de « l'Effet Moteur Dangereux » dans la turbomachine.

Afin de positionner de façon optimale le plan de soudure 10.1 dès la conception du disque aubagé 2, le procédé de fabrication selon l'invention comprend une étape d'estimation d'un intervalle de tolérance  $IT$  de la jonction 10 comprenant l' $e_{max}$ . Préférentiellement, le seuil critique SC déterminé correspond à la limite inférieure de l'intervalle de tolérance  $IT$ .

A cet effet, la hauteur radiale de jonction  $h$  est supérieure ou égale à deux fois le rayon  $R$  du congé de raccordement 7, majoré d'une moitié de l'épaisseur maximale  $e_{max}$  et/ou majoré d'une moitié de l'intervalle de tolérance  $IT$ .

Dans cette configuration, la hauteur radiale de jonction  $h$  est comprise entre deux fois le rayon  $R$  et  $4 R$ , et est plus précisément comprise entre  $2,2$  et  $3 R$ .

L'intervalle de tolérance  $IT$  est préférentiellement en fonction de l'épaisseur maximale  $e_{max}$  de la jonction 10. L'intervalle de tolérance  $IT$  peut également, ou alternativement, être déterminé en fonction d'au moins un des facteurs suivants :

- 5 - la variabilité paramétrique lors de la soudure, qui implique une épaisseur totale de jonction plus ou moins épaisse par rapport à une jonction nominale (la variabilité paramétrique dépend des fréquences des oscillations, des pressions de soudage, etc.) ;
- 10 - la précision de la position radiale de la jonction 10 (dépendant des tolérances des hauteurs côté aube et/ou moignon, et de la variabilité des mouvements des outillage réalisation la soudure ;
- l'oblicité de la jonction 10 par rapport à la surface externe 8, qui correspond à une variabilité d'inclinaison (l'oblicité dépend de l'alignement de l'aube au moignon avant la soudure).

La figure 3 illustre un exemple montrant l'oblicité  $ob$  présentée entre deux pics appartenant respectivement à une jonction désalignée 10' et à la jonction 10 (correspondant ici à une jonction de soudure nominale exempte de défauts géométriques), l'apparition de l'oblicité à la jonction soudée correspond à une variabilité d'inclinaison qui peut dépendre d'au moins une des causes suivantes : l'effet du désalignement plan et hors plan des deux faces à souder ; le désalignement entre les deux moignons (la concentricité) ; la section à souder et le couple des matériaux soudés.

En référence aux figures 2 et 3, l'intervalle de tolérance  $IT$  est supérieur ou égal à l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ . L'intervalle de tolérance  $IT$  peut s'étendre radialement d'environ 5% à 70% de plus que l'épaisseur maximale  $e_{max}$  et s'étend préférentiellement d'environ 10 à 50%.

Préférentiellement, la jonction 10 est radialement distante du seuil critique SC par une distance  $d$  correspondant à une étendue radiale d'une zone affectée thermiquement (ZAT) du moignon 6.

La hauteur radiale de jonction  $h$  peut être définie à l'aide de l'équation suivante :

$$30 \quad h = h_{sc} + IT/2$$

Plus préférentiellement, l'intervalle de tolérance  $IT$  peut être estimé, avant la fabrication du disque aubagé 2, au moyen d'une estimation de l'épaisseur maximale  $e_{max}$ . Avantageusement, l' $e_{max}$  est déterminée en fonction d'un paramètre géométrique  $z$  de la section des aubes 4 et des moignons 6 au niveau

5 de la jonction 10. La détermination de l' $e_{max}$  en fonction du paramètre géométrique  $z$  sera expliquée suivant les figures 3 à 5.

De manière avantageuse, l'estimation de l'intervalle de tolérance  $IT$  préalablement à la fabrication permet de pallier aux méthodes de vérification de l' $IT$  de l'art antérieur, par exemple, en évitant la réalisation d'une série de

10 prélèvements par échantillonnage lors de la fabrication et la réalisation de découpes afin de vérifier par mesure la position de la jonction soudée. L'invention permet alors d'assurer une efficacité et des économies considérables lors de la fabrication du disque aubagé 2.

La figure 4 illustre de manière schématique la section 11 de l'aube 4 et/ou du

15 moignon 6 au niveau de la jonction de soudure 10 visible à la figure 2. Préférentiellement, la section 11 est identique pour l'aube 4 et pour le moignon 6 du disque 2.

La section 11 est modélisée à partir d'un profil aérodynamique 4.1 de l'aube 4, ce dernier comprend un élargissement de section au moyen d'une surépaisseur

20  $e$  correspondant, de préférence, au minimum à l'excentrique  $e$  du mouvement d'oscillation orbital lors de la soudure. La surépaisseur  $e$  n'est pas forcément constante autour du profil 4.1, celle-ci peut présenter des variations autour dudit profil 4.1.

Il est à noter que préalablement à la soudure par friction orbitale, un volume de

25 matière sacrificiel (s'étendant essentiellement radialement) est prévu sur chacun des aubes 4 et des moignons 6 à assembler. Ce volume sacrificiel est amené à être expulsé en dehors de l'interface de contact entre les sections 11, formant ainsi une bavure, communément désignée par : « flash », qui sera ensuite éliminée, par exemple par usinage, afin de former le disque aubagé 2 illustré à la

30 figure 1. Toutefois, le flash risque d'entraîner la recirculation de matière à l'intérieur des régions de la section de contact les plus étroites et risque de créer des évidements dans la jonction soudée, ce qui nuit à la qualité de la soudure.

- De manière avantageuse, l'élargissement par l'excentrique  $e$  de la section 11 permet d'agrandir la surface de contact lors de la soudure par friction orbitale de manière à assurer une homogénéité thermique pendant la soudure, précisément dans la section finale 4.1 de l'aube 4. En effet, si on ajoute une surépaisseur  $e$  à minima égale à la valeur de l'excentrique, cela signifie que les points de la surface aérodynamique finale 4.1 sont toujours en contact pendant la soudure (entre les deux moignons). Contrairement aux points dans cette surépaisseur  $e$  qui, par le mouvement orbital, ne sont en contact avec la surface opposée que pendant une partie de l'orbite.
- 5
- 10 Ainsi, pendant la soudure, une vitesse de consommation de matière demeure constante au droit de la section 11, ce qui permet d'éviter la recirculation de la matière (potentiellement nocive car elle empêche l'évacuation des impuretés) au niveau de la section du profil final aérodynamique 4.1 de l'aube et ainsi permettre une homogénéité et une continuité du malaxage de la matière du moignon avec
- 15 celle de l'aube permettant de préserver davantage le profil aérodynamique de l'aube et d'obtenir une jonction résistante.

La section modélisée 11 permet d'établir le paramètre géométrique  $z$ . En effet,  $z$  est une moyenne des rayons moyens  $z_i$  balayant la section 11 en tout point  $i$  de la périphérie 11.1 de ladite section 11.

- 20 Chacun des rayons moyens  $z_i$  correspond à une longueur moyenne  $z_i$  de rayons  $z_{i,\alpha}$  s'étendant totalement dans la section 11 depuis un point  $i$  à la périphérie 11.1 de ladite section 11 et balayant ladite section 11. Préférentiellement, les rayons  $z_{i,\alpha}$  correspondent à des projections du point  $i$  sur toute une portion de la périphérie 11.1 qui est en regard avec ledit point  $i$ .
- 25 Avantageusement, l'évolution des rayons moyens  $z_i$  sur le pourtour de la section 11 à souder représente physiquement l'homogénéité de la longueur à cisailer durant la rotation (mouvement orbital lors du soudage) et donc l'homogénéité du débit matière expulsée dans le flash le long du contour de l'aube. Il est représentatif de l'homogénéité d'éjection de contaminants de la soudure.
- 30 A cet égard, la détermination du paramètre géométrique  $z$  comprend la détermination du rayon moyen  $z_i$  pour la pluralité des points  $i$  sur la totalité de la périphérie 11.1.

Préférentiellement, la détermination du paramètre géométrique  $z$  est une démarche automatisée au moyen d'un algorithme informatique.

Les figures 5 et 6 illustrent un exemple de projection de rayons  $Z_{A,\alpha}$  et  $Z_{B,\alpha}$ , respectivement, à partir des points A et B de la périphérie 11.1.

- 5 La figure 5 illustre la section 11 lors d'une détermination d'un rayon moyen  $Z_A$  balayant ladite section 11 à partir d'un point A de la périphérie 11.1.

On peut voir qu'à partir du point A, une pluralité des rayons  $Z_{A,\alpha}$  sont projetés sur une portion de la périphérie 11.1 visible depuis ledit point A. Dans cette configuration, les rayons  $Z_{A,\alpha}$  peuvent être compris entre deux rayons  $Z_{A,\alpha}$

- 10 tangents à la périphérie 11.1.

Le nombre de rayons  $Z_{A,\alpha}$  projetés peut dépendre de l'angle  $\alpha$  choisit, ce dernier permet d'établir la précision de détermination du rayon moyen  $Z_A$ . A cet effet, l'angle  $\alpha$  peut être compris entre  $0.001^\circ$  et  $10^\circ$ .

Le rayon moyen  $Z_A$  correspond ainsi à la moyenne des toutes les projections  $Z_{A,\alpha}$ .

- 15 La figure 6 illustre la section 11 lors d'une détermination d'un rayon moyen  $Z_B$  balayant ladite section 11 à partir d'un point B de la périphérie 11.1.

Préférentiellement, l'angle  $\alpha$  est identique pour toutes les projections des rayons  $z_{i,\alpha}$  pour la pluralité des points  $i$  de la périphérie 11.1. De préférence, le nombre de points  $i$  de la périphérie 11.1 à partir des quels les rayons seront projetés, est d'environ 2000 points, ce nombre pouvant varier selon la précision de calcul

- 20 désirée.

Similairement au point A, les rayons  $Z_{B,\alpha}$  sont projetés depuis le point B sur une portion de la périphérie 11.1 visible audit point B. Le rayon moyen  $Z_B$  correspond à la moyenne des toutes les projections  $Z_{B,\alpha}$ .

- 25 Le paramètre géométrique  $z$  est donc la moyenne de tous les rayons moyens  $z_i$  (incluant les rayons moyens  $Z_A$  et  $Z_B$ ,) des points  $i$  de la totalité de la périphérie 11.1.

Le paramètre géométrique  $z$  correspond à une dimension géométrique pouvant être exprimée en mm. De manière avantageuse, ce paramètre  $z$  est la dimension

- 30 optimale qui permet au mieux de distinguer la forme géométrique de la section

11. En effet, les surfaces de la section 11 comprenant les rayons projetés  $z_{i,\alpha}$  à partir de chaque point  $i$  peuvent être assimilés à la surface de malaxage de la matière pendant la soudure à friction orbitale.

5 Le paramètre géométrique  $z$  permet de bien prendre en compte les spécificités du soudage par friction orbitale dans le procédé de fabrication. En effet, l'effort de friction fourni lors du soudage tourne de façon cyclique, ce qui implique qu'un point de soudure à l'extrémité de la section 11 du moignon (e.g. point A ou B) voit une fraction de la section 11 de l'aube entre les deux rayons projetés extrêmes ( $z_{A,\alpha}$  ou  $z_{B,\alpha}$ ), ces derniers peuvent donc être assimilés à des longueurs  
10 équivalentes de matière à cisailer.

De plus, le paramètre  $z$  est pertinent car permet de prendre en compte davantage la cambrure de la forme spécifique de la périphérie 11.1, de façon meilleure que l'aire de ladite section 11 ou la corde de son profil.

15 La détermination de l'épaisseur maximale  $e_{max}$  est en fonction du paramètre géométrique  $z$ , l' $e_{max}$  est également en fonction de paramètres supplémentaires, suivant deux modes de réalisations :

Le premier mode de réalisation comprenant la détermination de l' $e_{max}$  en fonction du paramètre géométrique  $z$  et par au moins un des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants : excentricité (correspondant à l'excentrique  $e$  du  
20 mouvement d'oscillation orbital lors de la soudure) ; fréquence (vitesse d'oscillation) ; et la pression de forgeage (l'effort appliqué à la section lors d'une phase finale de forge suite à l'arrêt du mouvement d'oscillation).  
Avantageusement, les paramètres de la soudure peuvent être prédéfinis comme étant des consignes d'entrée sur une machine de soudure préalablement à  
25 l'exécution de ladite soudure et/ou peuvent être mesurés en cours de soudure.

Le deuxième mode de réalisation comprenant la détermination de l' $e_{max}$  en fonction du paramètre géométrique  $z$  et par la vitesse de consommation de matière lors de la soudure à friction orbitale. Ladite vitesse de consommation de matière (pouvant être exprimée en mm/s) est déterminée soit de manière  
30 empirique, par exemple, suite à une mesure réelle lors d'une soudure à friction orbitale de paramétrage réalisée avec les mêmes paramètres que la soudure à friction orbitale des aubes du disque aubagé, i.e. utilisation des mêmes sections

11 de jonction modélisées similairement à la section 11 de la figure 4 par exemple sur des éprouvettes d'essai, soit de manière analytique par une estimation de ladite vitesse de consommation en fonction des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants : excentricité, fréquence, et pression de forgeage.

- 5 L'estimation de l' $e_{max}$  selon le premier et/ou le deuxième mode de réalisation utilisant les paramètres de la soudure (excentricité, fréquence, et pression de forgeage), peut être réalisée au moyen d'une intelligence artificielle.

La détermination de l'épaisseur maximale  $e_{max}$  en fonction du paramètre géométrique  $z$  permet d'établir que : plus le paramètre  $z$  est grand, et plus l' $e_{max}$

- 10 déterminé est grand.

La figure 7 représente de manière schématique une vue en perspective, lors de la soudure à friction orbitale, de l'aube 4 au moignon 6 du disque 2, au moyen de la section de jonction 11 illustrée aux figures 4 à 6.

- 15 La détermination, dès la conception du disque 2, du plan de soudure 10.1 permet de dimensionner l'aube 4 et le moignon 6 de manière à assurer une position radiale optimale de la jonction 10.

- 20 Le procédé de fabrication de la présente invention comprend l'application de l'oscillation 12 par une machine de soudure (non représentée) comprenant un outillage de maintien de l'aube 4. Dans cette configuration, une extrémité inférieure 4.2 de l'aube 4 comprend préférentiellement un renfort 4.3 qui sera usiné postérieurement à la soudure conjointement avec un volume 6.1 de renfort du moignon 6 sur le disque 2.

- 25 De manière avantageuse, l'oscillation orbitale 12 comprend une amplitude pouvant être pilotée par un moteur électrique permettant une mise en oscillation très rapide tout en minimisant les pertes d'énergie, et assurant également un auto-centrage de l'oscillation 12 en fin de soudure.

- 30 De plus, la soudure orbitale de l'aube 4 permet d'assurer, au droit des sections de jonction, un mouvement relatif permanent de l'aube 4 avec le moignon 6 qui permet d'obtenir une plus grande homogénéité des températures et une meilleure expulsion de la matière. Dans cette configuration, le procédé de soudage par friction orbitale de l'invention générera des gradients de contrainte

plus faibles grâce à une meilleure hétérogénéité thermique, et au final une déformée plus faible tout au long de la gamme de fabrication.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un disque aubagé (2) comprenant des aubes (4) jointes par soudure à friction orbitale à des moignons (6) sur le disque (2) et s'étendant radialement extérieurement, ledit procédé comprenant une étape  
5 de détermination de hauteur radiale de jonction  $h$  entre les aubes (4) et les moignons (6), caractérisé en ce que la hauteur radiale de jonction  $h$  est déterminée en fonction d'une épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ , ladite hauteur radiale de jonction  $h$  étant d'autant plus grande que l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  est grande, ladite épaisseur maximale de la  
10 soudure  $e_{max}$  étant déterminée par un paramètre géométrique  $z$  de la section (11) des aubes (4) et des moignons (6) au niveau de la jonction (10), où  $z$  est une moyenne des rayons moyens  $z_i$  balayant ladite section (11) en tout point  $i$  de la périphérie (11.1) de ladite section (11), l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  déterminée étant d'autant plus petite que le paramètre  
15 géométrique  $z$  est petit.
2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  est déterminée également par au moins un des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants :  
20
  - excentricité ;
  - fréquence ; et
  - pression de forgeage.
3. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  est déterminée également par une vitesse de consommation de matière lors de la soudure à friction orbitale.
- 25 4. Procédé de fabrication selon la revendication 3, dans lequel la vitesse de consommation de matière est mesurée lors d'une soudure à friction orbitale de paramétrage réalisée avec les mêmes paramètres que la soudure à friction orbitale des aubes (4).

5. Procédé de fabrication selon la revendication 3, dans lequel la vitesse de consommation de matière est déterminée sur base des paramètres de la soudure à friction orbitale suivants :
  - excentricité ;
  - 5 - fréquence ; et
  - pression de forgeage.
6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la hauteur radiale de jonction  $h$ , mesurée à partir d'une surface inter-aubes (8) du disque (2), est supérieure ou égale à une hauteur radiale  $h_{SC}$  d'un seuil critique (SC), majorée de la moitié d'un intervalle de tolérance  $IT$  déterminé  
10 en fonction de l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ .
7. Procédé de fabrication selon la revendication 6, dans lequel l'intervalle de tolérance  $IT$  est supérieur ou égal à l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ .
8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 6 et 7, dans lequel  
15 l'intervalle de tolérance  $IT$  est déterminé en fonction d'une tolérance d'obliquité de la jonction (10) par rapport à la surface inter-aubes (8) du disque (2).
9. Disque aubagé (2) pour turbomachine, comprenant une pluralité d'aubes (4) jointes par soudure par friction orbitale à des moignons (6) sur le disque (2), à une hauteur radiale de jonction  $h$  entre les aubes (4) et les moignons (6),  
20 caractérisé en ce que la hauteur radiale de jonction  $h$ , mesurée à partir d'une surface inter-aubes (8) du disque (2), est supérieure ou égale à une hauteur radiale  $h_{SC}$  d'un seuil critique (SC), majorée d'une moitié d'une épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$ .
10. Disque aubagé (2) selon la revendication 9, dans lequel ledit disque aubagé  
25 (2) correspond à une roue mobile destinée à être disposée en amont d'un bec de séparation de flux dans une turbomachine axiale.

FIG 1

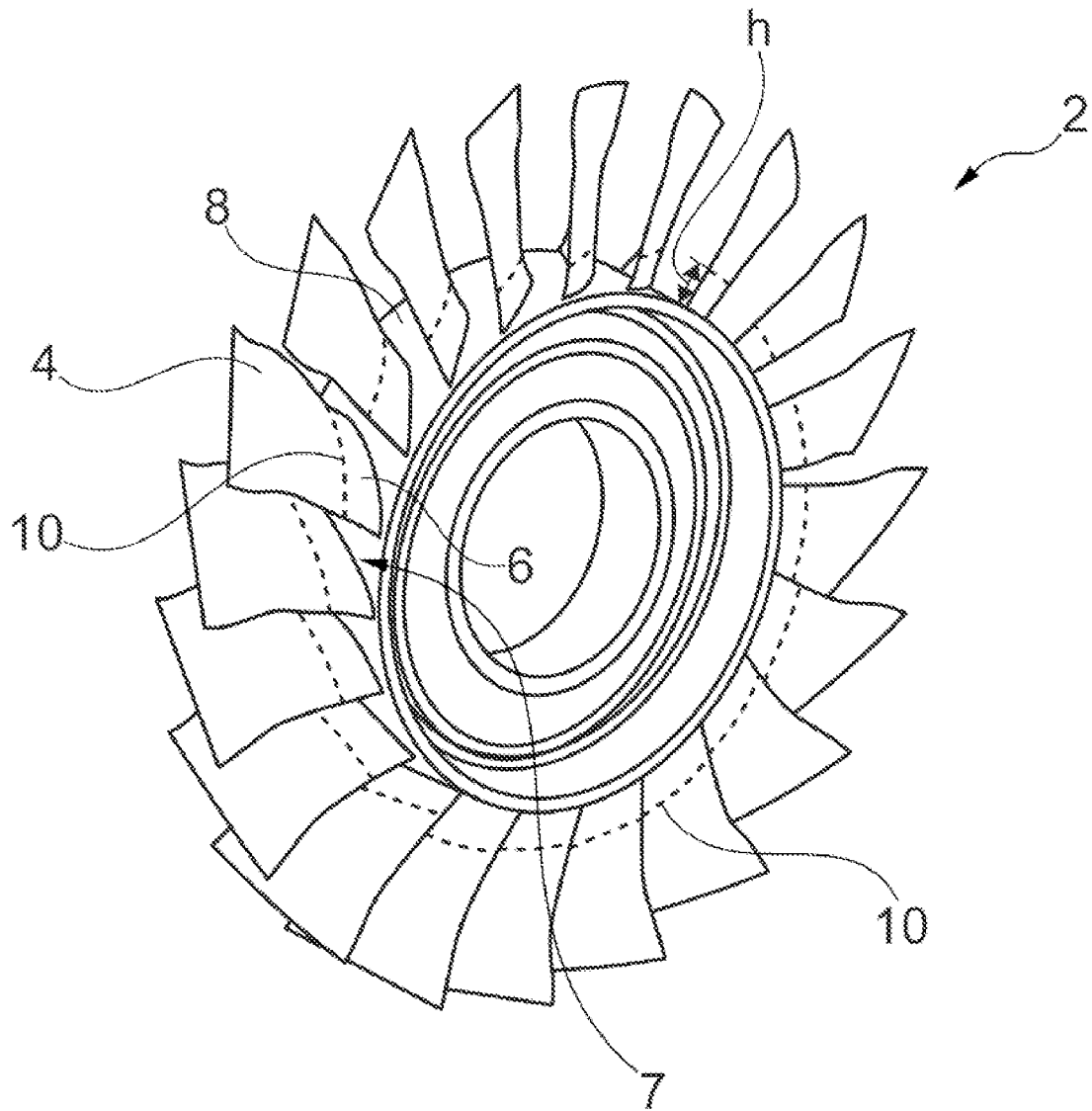


FIG 2

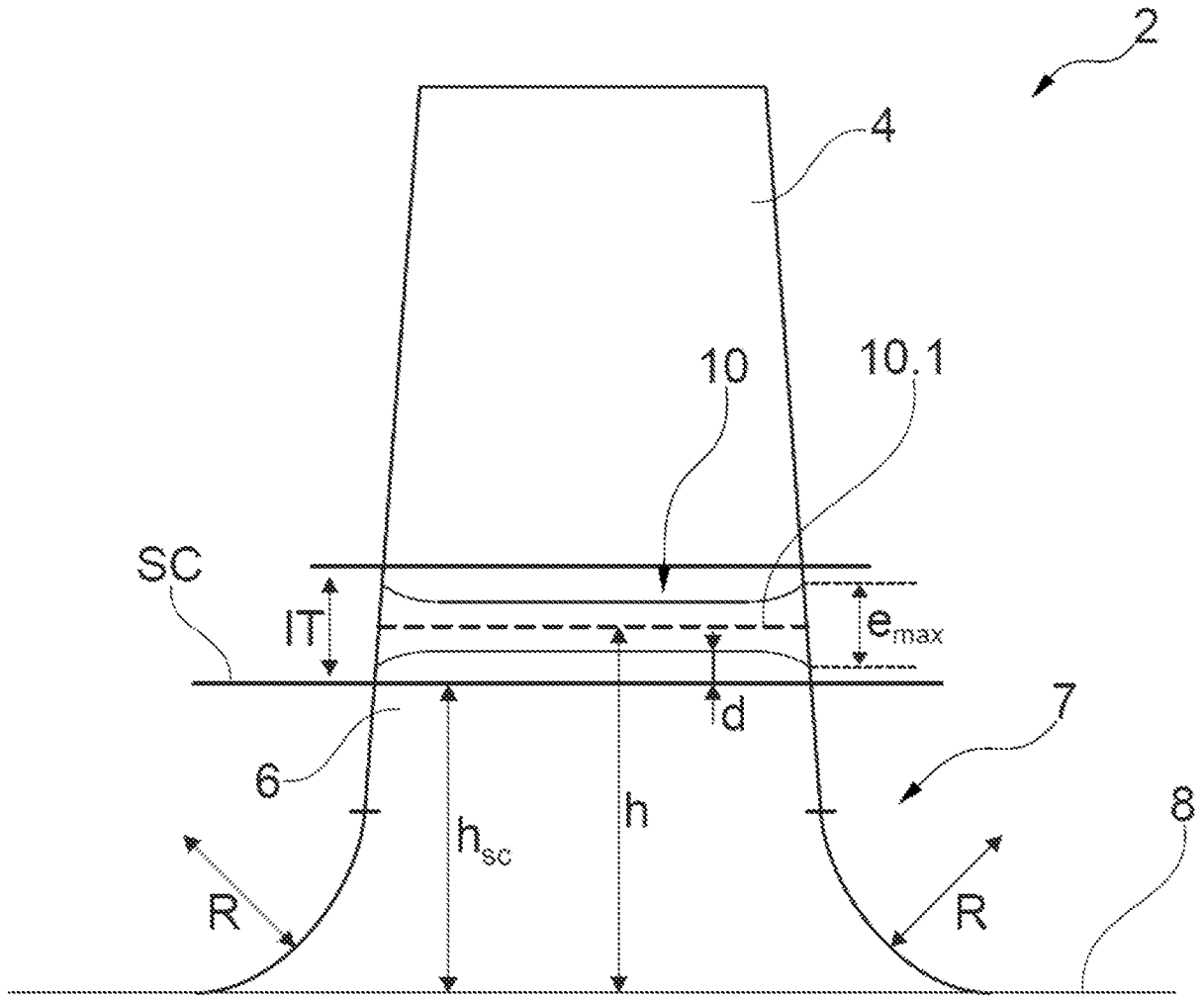


FIG 3

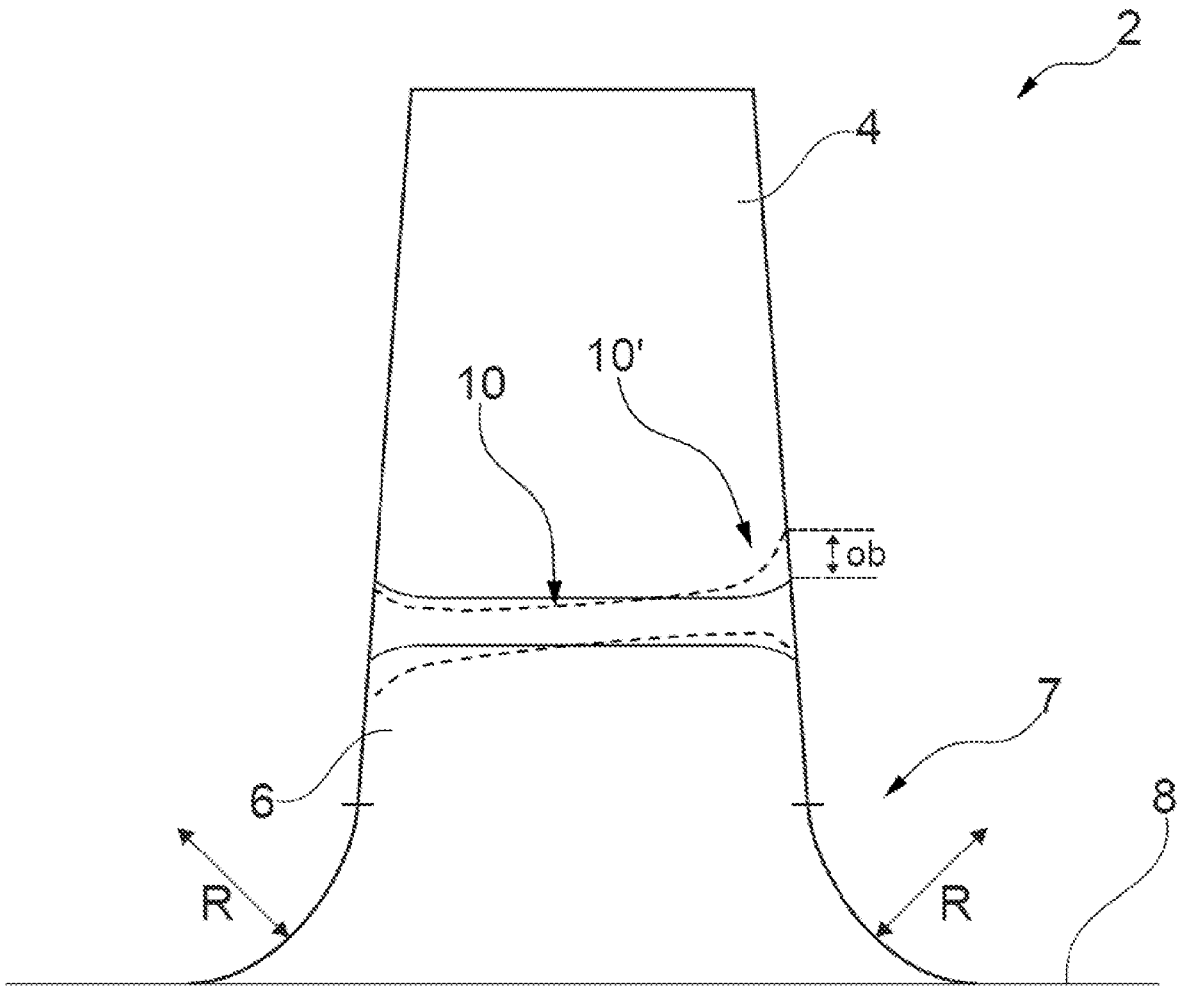


FIG 4

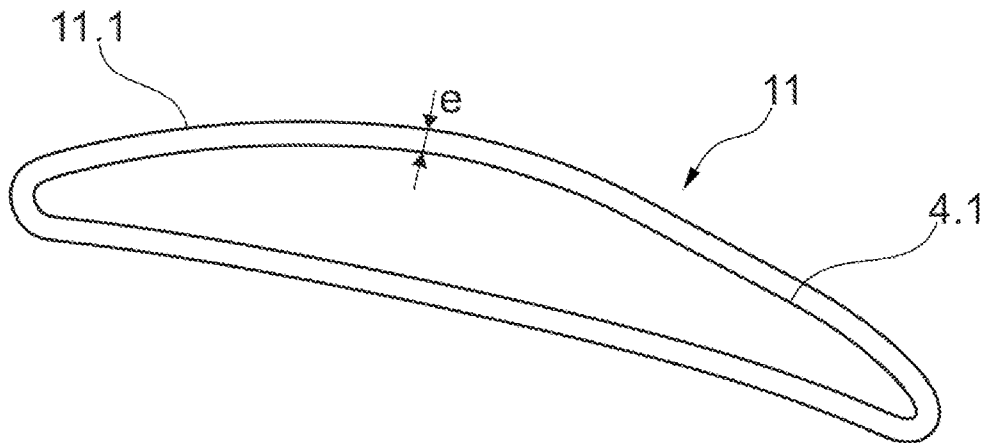


FIG 5

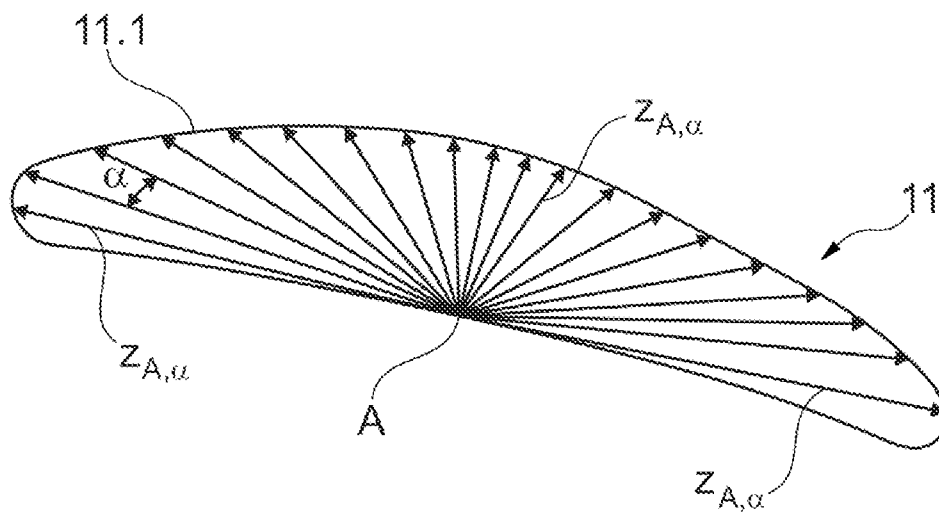


FIG 6

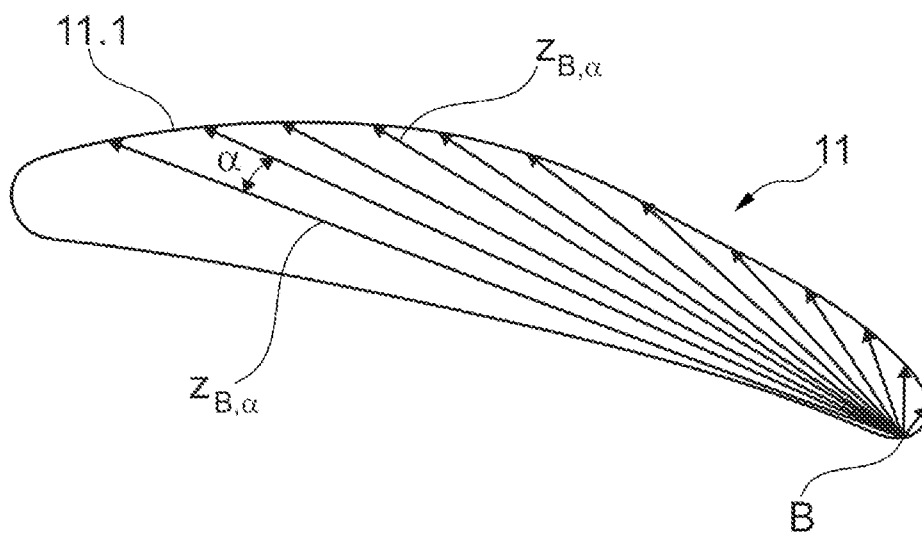
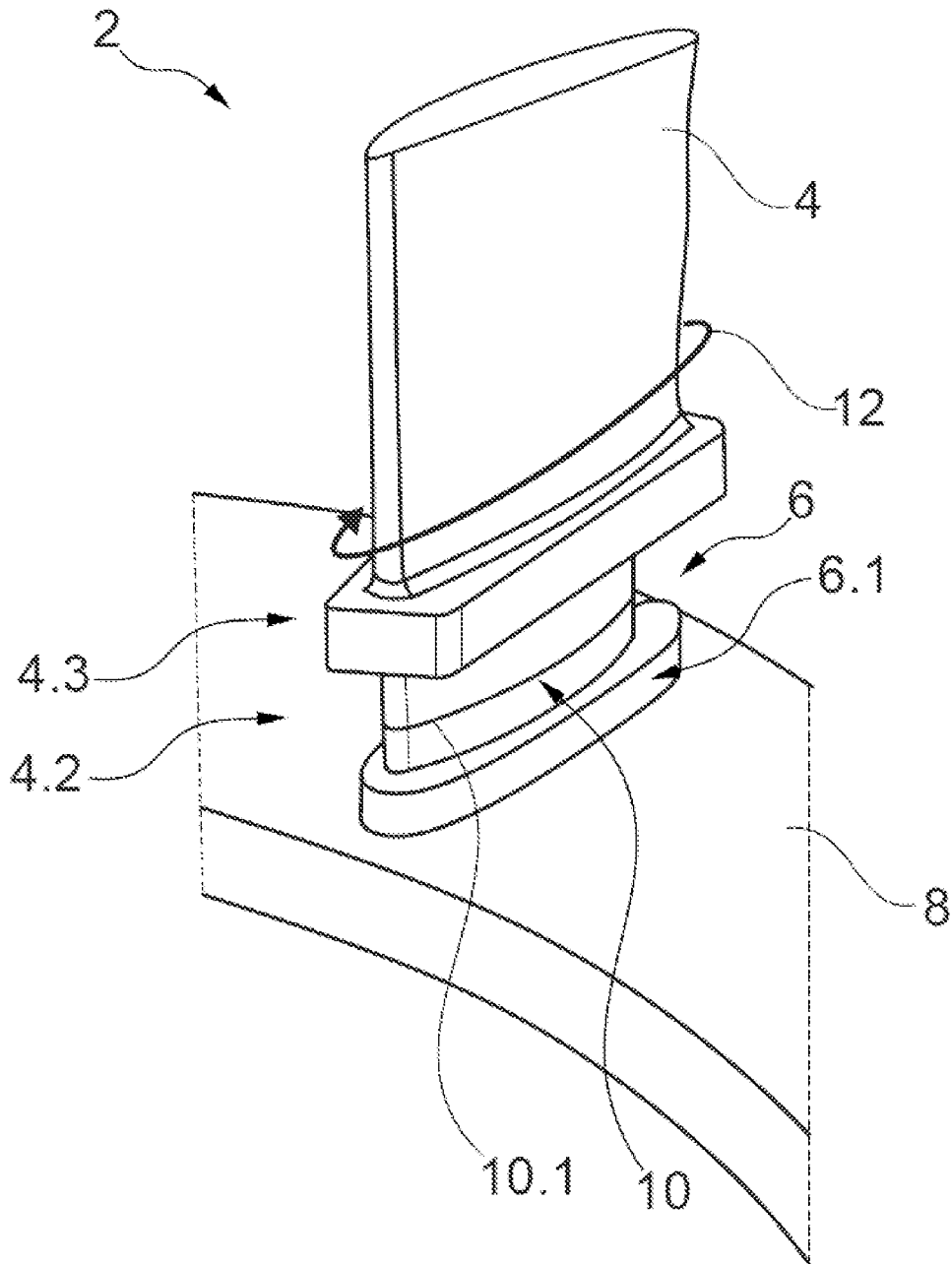


FIG 7





**RAPPORT DE RECHERCHE**  
 établi en vertu de l'article XI.23., §2 et §3  
 du Code de droit économique belge

BO 12737  
 BE 202305305

<b>DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2018/243857 A1 (MARCH RICHARD N [GB]) 30 août 2018 (2018-08-30)	1, 2, 5-10	INV. F01D5/30 B23K20/12 F01D5/34
Y	* alinéa [0089] - alinéa [0118]; revendications 1-4, 8-16; figures 1-7 *	3, 4	
X	US 2021/180605 A1 (BALES DANIEL A [US] ET AL) 17 juin 2021 (2021-06-17)	1, 2, 5-10	
Y	* alinéa [0038] - alinéa [0049]; revendication 16; figures 1-4 *	3, 4	
X	US 2009/185908 A1 (CHUNG VINCENT [US] ET AL) 23 juillet 2009 (2009-07-23)	1, 2, 4-10	
Y	* alinéa [0018] - alinéa [0027]; revendications 1-23; figures 1-5 *	3, 4	
Y	US 8 718 812 B2 (BRAY SIMON E [GB]; ROLLS ROYCE PLC [GB]) 6 mai 2014 (2014-05-06) * colonne 1, ligne 5 - colonne 4, ligne 47; revendications 1-10; figures 1-5 *	3, 4	
A	MAALEKIAN M: "GRAJON PRIZE COMPETITION 2008 JOINT WINNER - CATEGORY A: "Joining and Fabrication Technology" - CHARACTERIZATION AND OPTIMIZATION OF ORBITAL FRICTION WELDING OF HIGH CARBON STEEL BARS", WELDING IN THE WORLD, SPRINGER, DE, vol. 53, no. 5-6, 1 mai 2009 (2009-05-01), pages R109-R123, XP001552865, ISSN: 0043-2288 * le document en entier *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)  F01D B23K
A, D	EP 2 535 516 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 19 décembre 2012 (2012-12-19) * le document en entier *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 novembre 2023		Balice, Marco	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

**BO 12737  
BE 202305305**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

**15-11-2023**

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>US 2018243857</b>	<b>A1</b>	<b>30-08-2018</b>	<b>CN 108500443 A</b>	<b>07-09-2018</b>
			<b>EP 3366412 A1</b>	<b>29-08-2018</b>
			<b>GB 2560001 A</b>	<b>29-08-2018</b>
			<b>US 2018243857 A1</b>	<b>30-08-2018</b>
-----				
<b>US 2021180605</b>	<b>A1</b>	<b>17-06-2021</b>	<b>EP 3508590 A1</b>	<b>10-07-2019</b>
			<b>US 2019211832 A1</b>	<b>11-07-2019</b>
			<b>US 2021180605 A1</b>	<b>17-06-2021</b>
-----				
<b>US 2009185908</b>	<b>A1</b>	<b>23-07-2009</b>	<b>CA 2650322 A1</b>	<b>21-07-2009</b>
			<b>EP 2080578 A1</b>	<b>22-07-2009</b>
			<b>US 2009185908 A1</b>	<b>23-07-2009</b>
-----				
<b>US 8718812</b>	<b>B2</b>	<b>06-05-2014</b>	<b>CA 2744166 A1</b>	<b>20-01-2012</b>
			<b>EP 2409807 A2</b>	<b>25-01-2012</b>
			<b>JP 2012035325 A</b>	<b>23-02-2012</b>
			<b>US 2012022678 A1</b>	<b>26-01-2012</b>
-----				
<b>EP 2535516</b>	<b>A1</b>	<b>19-12-2012</b>	<b>CA 2779728 A1</b>	<b>17-12-2012</b>
			<b>CN 102825380 A</b>	<b>19-12-2012</b>
			<b>EP 2535516 A1</b>	<b>19-12-2012</b>
			<b>RU 2012124826 A</b>	<b>27-12-2013</b>
			<b>US 2012318774 A1</b>	<b>20-12-2012</b>
-----				



## OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO12737	Date du dépôt(jour/mois/année) 21.04.2023	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202305305
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F01D5/30 B23K20/12 F01D5/34			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- Cadre n° I Base de l'opinion
- Cadre n° II Priorité
- Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- Cadre n° VI Certains documents cités
- Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

	Examineur Balice, Marco
--	----------------------------

**Cadre n° I Base de l'opinion**

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée sur la base d'un listage des séquences
  - a.  faisant partie de la demande telle que déposée.
  - b.  remis postérieurement à la date du dépôt aux fins de la recherche,
    - accompagné d'une déclaration selon laquelle le listage des séquences ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée.
3.  En ce qui concerne la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée dans la mesure où une opinion valable pouvait être formulée en l'absence d'un listage des séquences conforme à la norme ST.26 de l'OMPI.
4. Commentaires complémentaires :

**Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications	1-10
	Non : Revendications	
Activité inventive	Oui : Revendications	
	Non : Revendications	1-10
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-10
	Non : Revendications	

2. Citations et explications

**voir feuille séparée**

**Cadre n° VIII Observations relatives à la demande**

**voir feuille séparée**

**Ad point V**

**Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

1. Il est fait référence aux documents suivants :

- D1 US 2018/243857 A1 (MARCH RICHARD N [GB]) 30 août 2018 (2018-08-30)
- D2 US 2021/180605 A1 (BALES DANIEL A [US] ET AL) 17 juin 2021 (2021-06-17)
- D3 US 2009/185908 A1 (CHUNG VINCENT [US] ET AL) 23 juillet 2009 (2009-07-23)
- D4 US 8 718 812 B2 (BRAY SIMON E [GB]; ROLLS ROYCE PLC [GB]) 6 mai 2014 (2014-05-06)
- D5 MAALEKIAN M: "GRAJON PRIZE COMPETITION 2008 JOINT WINNER - CATEGORY A: "Joining and Fabrication Technology" - CHARACTERIZATION AND OPTIMIZATION OF ORBITAL FRICTION WELDING OF HIGH CARBON STEEL BARS", WELDING IN THE WORLD, SPRINGER, DE, vol. 53, no. 5-6, 1 mai 2009 (2009-05-01), pages R109-R123, XP001552865, ISSN: 0043-2288

Le document suivant a été cité par le demandeur dans la description :

- D6 EP 2 535 516 A1

2. Nonobstant le manque de clarté mentionné au point VIII, l'objet des revendications 1 et 9 n'implique pas d'activité inventive, et les conditions de brevetabilité ne sont donc pas remplies.

2.1 D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue (alinéa [0089] - alinéa [0101]; revendications 8-16; figures 1-5) un procédé de fabrication d'un disque aubagé comprenant des aubes jointes par soudure à friction orbitale (revendication 8) à des moignons (220,230) sur le disque

(210), la **hauteur radiale de jonction** (voir rayon 121,131) est déterminée en **fonction** d'une **épaisseur maximale de la soudure (1)**, ladite hauteur radiale de jonction  $h$  étant d'autant plus grande que l'épaisseur maximale de la soudure est grande (voir les figures 5, 7; weld joint surfaces 132,152). Il est à noter que l'épaisseur du joint de soudure est, pour des raisons techniques évidentes (propriétés mécaniques, qualité finale, etc), toujours plus grande que la hauteur du moignon.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce procédé connu en ce que ladite épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  étant déterminée par un **paramètre géométrique  $z$**  de la section des aubes et des moignons au niveau de la jonction, où  *$z$  est une moyenne des rayons moyens  $z_i$  balayant ladite section en tout point  $i$  de la périphérie de ladite section, l'épaisseur maximale de la soudure  $e_{max}$  déterminée étant d'autant plus petite que le paramètre géométrique  $z$  est petit; il est donc nouveau.*

Le problème que la présente demande se propose de résoudre peut donc être considéré comme de d'optimiser le procédé de soudage orbital afin de maîtriser la qualité structurelle et dimensionnelle de la soudure et du disque aubagé.

L'objectif de la demande est une optimisation générale du joint de soudure (voir alinéa "Résumé de l'invention") qui, pour l'homme de métier, est une activité de routine évidente lors de la conception d'un composant fabriqué par un procédé de soudage.

La revendication 1 définit une corrélation entre la hauteur radiale et l'épaisseur maximale du joint de soudure et les rayons moyens définissant la section transversale. La revendication 1 ne prend pas en compte tous les paramètres influençant le procédé de soudage (voir D5). La revendication 1 ne définit pas la forme et les dimensions de la section.

Les paramètres sélectionnés pour résoudre le problème technique ne sont pas considérés comme inventifs pour les raisons suivantes.

Les "rayons" selon la revendication 1 sont des paramètres alternatifs pour définir la section de soudage. La définition d'une géométrie de la section de soudage fait partie de l'optimisation de routine pour l'homme de métier confronté au problème de l'amélioration du joint de soudure et l'introduction d'un nouveau paramètre ("rayon moyenne") pour caractériser un procédé de soudage orbitale d'une manière nouvelle ne rend pas la conception inventive (voir T0231/19).

La relation entre les paramètres dans la revendication 1 ne peut pas non plus être considérée comme inventive. Aucune preuve d'avantages n'est fournie et la sélection des paramètres relève de l'optimisation standard de la section soudée sans aucun effet surprenant.

En outre, le procédé de soudage par friction et le joint de soudure qui en résulte dépendent sciemment de plusieurs autres paramètres tels que l'extension de la surface de contact, l'excentricité, la fréquence, la vitesse relative, la pression de forgeage, les matériaux, pour n'en citer que quelques-uns.

La revendication 1 se limite à des paramètres géométriques que le demandeur considère comme suffisant pour améliorer la qualité du joint de soudure, indépendamment des autres paramètres qui l'influencent. La revendication 1 couvre un très grand nombre de géométries et de dimensions de sections.

La demande toutefois ne démontre pas de manière convaincante, par exemple au moyen de données et d'essais comparatifs, que la corrélation entre les paramètres géométriques défini par la revendication 1 est associée à un effet ou à un avantage surprenant.

2.2 Le même raisonnement de manque d'activité inventive s'applique mutatis mutandis à l'objet de la revendication indépendante correspondante 9 qui n'est donc pas considéré comme inventif.

D1 divulgue (alinéa [0089] - alinéa [0101]; revendications 8-16; figures 1-5) un **disque aubagé** (100) pour turbomachine, comprenant une pluralité d'aubes (340) jointes par soudure par friction orbitale à des moignons (120,130) sur le disque (110), à une hauteur radiale de jonction entre les aubes (340) et les moignons (120,130), et la **hauteur radiale de jonction**, mesurée à partir d'une surface inter-aubes du disque (100), est supérieure ou égale à une **hauteur radiale**.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce procédé connu en ce que **hauteur radiale de jonction h**, mesurée à partir d'une surface inter-aubes du disque, est supérieure ou égale à une **hauteur radiale d'un seuil critique, majorée d'une moitié d'une épaisseur maximale de la soudure**.

La revendication 9 établit une corrélation entre la hauteur radiale et l'épaisseur maximale du joint de soudure, un seuil est également mentionné pour ladite hauteur. Dans la revendication 9, il n'est pas fait mention de la section et des rayons comme dans la revendication 1. Selon la revendication 9, le problème technique est résolu avec encore moins de paramètres que dans la revendication 1.

La sélection déduits paramètres et la mention d'un seuil supérieur ne fait pas non plus preuve d'inventivité. Il est évident pour l'homme du métier de concevoir que la hauteur du moignon soit supérieure à l'épaisseur du joint de soudure. Aucune preuve d'avantages n'est fournie et la sélection des paramètres relève de l'optimisation standard de la section de soudure sans aucun effet surprenant.

2.3 Le même raisonnement s'applique à partir de D2 (alinéa [0038] - alinéa [0049]; revendication 16; figures 1-4) or de D3 (alinéa [0018] - alinéa [0025]; revendications 1-8, 15-18; figures 1-5). Les deux documents concernent la hauteur du moignon et la dimension du joint de soudure.

3. Les revendications dépendantes 2-8, 10 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.

Les paramètres (excentricité, fréquence, pression de forgeage, vitesse de consommation de matière, obliquité, thickness with tolerances) contenus dans lesdites revendications 2-8 sont conventionnellement utilisés pour dimensionner et optimiser le procédé de fabrication par soudage et le joint de soudure qui en résulte: voir D1 (alinéa [0089] - alinéa [0118]; revendications 1-4,8-16; figures 1-7), D2 (alinéa [0038] - alinéa [0049]; revendication 16; figures 1-4), D3 (alinéa [0018] - alinéa [0027]; revendications 1-23; figures 1-5) et D4 (burn-off rate) en combinaison avec les connaissances générales de l'homme du métier basée aussi sur des essais de routine (voir D5).

L'utilisation d'un disque aubagé comme roue mobile destinée à être disposée en amont d'un bec de séparation de flux dans une turbomachine axiale selon la revendication 10 est une option évidente et pas inventive.

### **Ad point VIII**

#### **Certaines observations relatives à la demande**

La revendication 1 définit "paramètre géométrique z" et donc un large domaine de possibilités puisqu'il se réfère à des rayons entre des points non spécifiquement définis de la périphérie de la section de soudure. La revendication ne définit pas une forme de ladite section, pas même si elle est plane ou si elle est tridimensionnelle.

La revendication couvre donc un vaste domaine et la description n'indique d'exemples qui tombent dans le domaine couvert. Or, même si dans certains cas, un très vaste domaine peut être couvert de manière suffisante par un nombre limité d'exemples, dans ces cas-là, la demande doit contenir, outre les exemples, suffisamment d'informations pour que l'homme du métier puisse, en s'aidant de ses connaissances générales, réaliser l'invention dans l'intégralité du domaine revendiqué sans déployer des efforts excessifs, ni faire preuve d'esprit inventif. Dans ce contexte, l'"intégralité du domaine revendiqué" désigne fondamentalement tout mode de réalisation entrant dans le champ

d'une revendication, même s'il convient d'admettre les tâtonnements dans une mesure limitée, par exemple lorsqu'il s'agit d'un domaine encore inexploré ou lorsque de nombreuses difficultés techniques se présentent.

A cet égard, il faut également remarquer que la demande ne donne aucun exemple de dimension de la section de soudure et de sa forme ou de la position des points "i". Les dessins présentent quelques exemples de la section transversale de la forme du profil aérodynamique et des points à partir desquels les rayons sont mesurés. Le nombre de ces points est pratiquement infini, de même que le nombre de rayons.

Le terme "seuil critique" employé dans la revendication 9 est vague et imprécis, et laisse subsister un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle il se rapporte, au point que l'objet de ladite revendication n'est pas clairement défini.

La demande ne divulgue pas l'invention de manière suffisamment claire et complète pour que l'homme du métier puisse, en s'aidant de ses connaissances générales, réaliser l'invention dans l'intégralité du domaine revendiqué sans déployer des efforts excessifs, ni faire preuve d'esprit inventif.