

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.10.96.

30 Priorité : 11.11.95 DE 19542080.

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 16.05.97 Bulletin 97/20.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : MTU MOTOREN UND TURBINEN  
UNION MÜNCHEN GMBH GESELLSCHAFT MIT  
BESCHRÄNKTER HAFTUNG — DE.

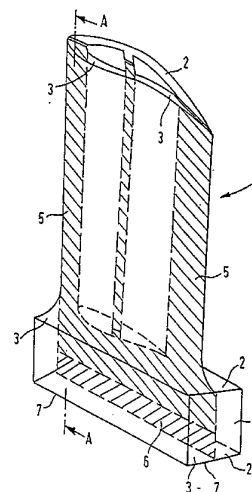
72 Inventeur(s) : FURLAN ROBERT, KNOTT ULRICH et  
FRIEDRICH HORST.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : BREVETS RODHAIN ET PORTE.

54 PALE D'AUBE POUR TURBOREACTEURS DESTINÉE A LA FABRICATION DE ROUES MOBILES A AUBES  
CREUSES INTEGRALES.

57 Procédé destiné à la fabrication de roues mobiles à  
aubes intégrales, et notamment pale d'aube pour des  
roues mobiles de ce type, chaque pale d'aube comportant  
un épaississement dans la zone d'embase de l'aube afin  
de retenir la pale d'aube creuse pour souder bout à bout un  
épaulement d'embase de l'aube intégrale sur un disque de  
roue mobile. La pale d'aube selon l'invention est une pale  
d'aube creuse constituée de deux moitiés (2, 3) assem-  
blées de pale d'aube, qui sont brasées dans une partie su-  
périeure (5) et soudées dans une partie inférieure (6), qui  
s'étend jusqu'à la surface de section transversale inférieure  
(7) de la pale (1) d'aube creuse pour le cordon de soudure  
bout à bout avec l'épaulement d'embase de l'aube inté-  
grale sur le disque de la roue mobile.



PALE D'AUBE POUR TURBOREACTEURS DESTINEE A LA FABRICATION  
DE ROUES MOBILES A AUBES CREUSES INTEGRALES

L'invention concerne une pale d'aube pour  
5 turboréacteurs destinée à la fabrication de roues mobiles  
à aubes intégrales, chaque pale d'aube comportant un  
épaississement dans la zone d'embase de l'aube afin de  
retenir la pale d'aube creuse pour souder bout à bout un  
épaulement d'embase de l'aube intégrale sur un disque de  
10 roue mobile.

Des pales d'aubes de ce type comportant des  
épaississements dans la zone d'embase de l'aube, le  
procédé de fabrication de roues mobiles à aubes  
intégrales constituées de ces pales d'aubes, et des  
15 disques mobiles structurés de façon correspondante  
comportant des épaulements d'embases d'aubes intégrales  
sur leur couronne de disque, sont connus par US-PS 47 84  
573.

Un inconvénient lors de la fabrication de roues  
20 mobiles à aubage intégral, qui est qualifié de BLISK dans  
la littérature spécialisée, réside dans les procédés de  
soudage, qui travaillent avec des pressions de serrage  
élevées par un mouvement de friction et qui soudent bout  
à bout la pale d'aube avec l'épaulement d'embase de  
25 l'aube en une unité intégrale par soudage par friction.  
Les forces élevées intervenant en liaison avec ces  
procédés de soudage sont telles qu'il n'a pas été  
possible jusqu'à présent de réaliser des roues mobiles à  
pales d'aubes creuses intégrales, car les pales d'aubes  
30 creuses ne résistent pas à ces pressions de traitement.

La technique est notamment défailante dès lors que  
des pales d'aubes creuses constituées de deux moitiés  
assemblées sont soumises à ces procédés de soudage. Le  
joint de séparation, qui est généralement constitué d'un  
35 brasage, est fissuré au niveau du point de soudure bout à

bout entre la section transversale de la pale d'aube creuse et l'épaulement d'embase de l'aube, et par conséquent affaibli.

L'invention vise à proposer un procédé de  
5 fabrication avec lequel des roues mobiles à aubes creuses intégrales peuvent être fabriquées, et de proposer des constructions d'aubes creuses qui sont appropriées pour un soudage bout à bout sur les épaulements des embases d'aubes. Il doit en l'occurrence être obtenu un débit  
10 élevé associé à de faibles coûts.

Ce but est atteint selon l'invention par le fait que la pale d'aube est une pale d'aube creuse et est constituée de deux moitiés assemblées de pale d'aube, qui sont brasées dans une partie supérieure et soudées dans  
15 une partie inférieure, qui s'étend jusqu'à la surface de section transversale inférieure de la pale d'aube creuse pour le cordon de soudure bout à bout avec l'épaulement d'embase de l'aube intégrale sur le disque de la roue mobile.

20 Avec cette solution, le joint de séparation brasé des moitiés de pales d'aubes creuses n'est avantageusement plus contigu à la zone de la soudure bout à bout, mais une partie presque homogène en matériau de base des moitiés de pales d'aubes creuses est soudée sur  
25 l'épaulement d'embase des aubes. Exception faite d'une bande minimale du joint de séparation d'une largeur de 3 à 15 mm dans la partie inférieure, l'ensemble de la partie supérieure est assemblé à l'aide du procédé de brasage bon marché et précis. La zone étroite soudée,  
30 d'une largeur de 3 à 15 mm, se situe de préférence dans la zone d'épaississement de la pale d'aube qui est indispensable pour un procédé de soudage bout à bout de la grande surface de section transversale inférieure de la pale d'aube creuse sur l'épaulement d'embase de l'aube  
35 du disque mobile, notamment pour une soudure par

friction, afin de positionner et de maintenir la pale d'aube. Par rapport aux moitiés de pales d'aubes creuses à paroi mince de la partie supérieure, ces épaisissements des deux moitiés de pales d'aubes creuses  
5 dans la zone d'embase de l'aube ont une résistance suffisante pour pouvoir presser l'une contre l'autre sous haute pression leurs zones de surface orientées vers le joint de séparation. Dès lors que le dimensionnement de la partie inférieure à souder est nettement plus faible  
10 que les surfaces d'application de l'épaissement, il est possible d'effectuer un assemblage soudé fiable en matériau de même nature à des pressions de serrage relativement faibles, et par conséquent à des coûts relativement faibles. Dans la partie inférieure soudée,  
15 la section transversale de la pale d'aube creuse est une surface homogène qui, même aux pressions de soudage bout à bout les plus élevées, résiste à la rupture et n'a tendance ni à se fissurer ni à présenter des microfissures.

20 Dans un mode de réalisation préféré de la présente invention, la partie inférieure soudée de la pale d'aube creuse est une zone soudée par diffusion. Le soudage par diffusion est connu par la publication U.S. 4 526 312 comme étant un procédé associé à de faibles coûts, et  
25 assure selon cette dernière la liaison sélective de trois parties à souder. Pour la liaison soudée d'une zone minimale de deux moitiés de pales d'aubes creuses les coûts se réduisent d'un multiple, ce qui fait que ce procédé convient à la fabrication de série pour assembler  
30 des zones partielles de moitiés de pales d'aubes creuses.

Les moitiés de pales d'aubes creuses sont de préférence fabriquées à partir d'un alliage à base de titane. Les alliages à base de titane offrent l'avantage d'avoir une bonne densité spécifique associée  
35 simultanément à une haute résistance. Ils sont notamment

utilisés pour des roues mobiles de compresseurs de turboréacteurs. Pour réduire davantage le rapport poids volume, des roues mobiles intégrales en alliages à base de titane comportant des pales d'aubes creuses  
5 constituent une amélioration supplémentaire. En raison de leur fragilisation à l'oxygène et de leur tendance à former des phases intermétalliques fragiles, les alliages à base de titane sont difficiles à mettre en oeuvre.

Pour assurer une fente capillaire suffisante pour un  
10 brasage, un film de soudure en même matériau que les moitiés de pales d'aubes creuses est de préférence inséré dans la zone de soudure des moitiés de pales d'aubes creuses entre les moitiés de pales d'aubes creuses. Lors de l'assemblage, ce film de soudure inséré offre  
15 l'avantage supplémentaire de supprimer la formation de microfissures dans la zone de transition entre la partie supérieure brasée et la partie inférieure soudée.

Un autre mode de réalisation préféré des moitiés de pales d'aubes creuses réside dans le fait que les moitiés  
20 de pales d'aubes creuses comportent dans leur zone de soudure un épaulement, qui est orienté en direction du joint de séparation de la pale d'aube creuse, de sorte que les pressions élevées de serrage des procédés d'assemblage n'agissent avantageusement que dans cette  
25 zone et qu'il subsiste simultanément un joint de séparation à activité capillaire dans la partie supérieure à braser.

Si la soudure par zones s'étend avantageusement sur une partie de l'épaississement, une fraction seulement de  
30 l'épaississement est soumise à une contrainte élevée lors de l'assemblage, alors que les autres zones à paroi mince de la pale d'aube creuse ne subissent pas de contrainte.

Pour la fabrication de roues mobiles à aubes intégrales, chaque pale d'aube comportant dans la zone  
35 d'embase de l'aube un épaisissement destiné à retenir la

pale d'aube pour souder bout à bout un épaulement d'embase de l'aube intégrale sur un disque de roue mobile, un procédé comportant les phases suivantes est de préférence mis en oeuvre :

- 5       a) fabrication de moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses comportant des épaisissements (4) dans la zone d'embase de l'aube ;
- b) application d'agent de brasage dans une partie supérieure (5) de la surface d'assemblage sur  
10       l'une au moins des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses à relier en laissant dégagée d'agent de brasage une partie inférieure restante de la surface d'assemblage ;
- c) assemblage ajusté avec précision des moitiés  
15       (2, 3) de pales d'aubes creuses en pales (1) d'aubes creuses, par pressage des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses l'une contre l'autre dans la partie supérieure (5), et par pressage simultané dans la partie inférieure  
20       (6) des moitiés de pales d'aubes creuses l'une contre l'autre à une pression qui est plus élevée que la pression appliquée dans la partie supérieure (5) ;
- d) fabrication d'un disque mobile comportant des  
25       épaulements d'embases d'aubes intégrales ;
- e) soudage bout à bout de chaque pale (1) d'aube creuse par sa surface de section transversale inférieure (7) sur un épaulement respectif d'une embase d'aube du disque mobile ;
- 30       f) Finition de la roue mobile à aubes creuses intégrales par usinage des épaisissements (4) aux contours définitifs des pales (1) d'aubes creuses.

      Ce procédé offre l'avantage de permettre pour la  
35 première fois la fabrication reproductible et sans rebut

important de roues mobiles à aubes creuses intégrales. A cet effet, des procédés individuels connus sont pour l'essentiel regroupés en un nouveau concept de procédé d'ensemble, la rentabilité économique et la fiabilité

5 technologique de chaque phase faisant l'objet d'une attention particulière. La partie supérieure des aubes mobiles est en l'occurrence constituée de moitiés de pales d'aubes creuses brasées, et la partie inférieure est soudée en elle-même et soudée bout à bout sur

10 l'épaulement d'embase de l'aube du disque mobile de sorte que les forces centrifuges considérables, qui agissent sur les aubes mobiles lors du fonctionnement, puissent être transmises sur le disque mobile par l'intermédiaire des soudures.

15 Différents procédés peuvent être utilisés pour un soudage des moitiés de pales d'aubes creuses en partie inférieure. Une particularité préférée commune de ces procédés réside dans l'assemblage de grande surface des moitiés de pales d'aubes creuses. Il est en outre

20 particulièrement avantageux que le procédé de soudage pour la partie inférieure soit adapté au procédé de brasage pour la partie supérieure de telle sorte que, avec des zones soumises à différentes pressions de serrage, non seulement la partie supérieure 5 à braser,

25 mais aussi la partie inférieure 6 à souder, soient assemblées simultanément à la même température dans une phase commune de procédé. A cet effet, des paramètres de soudage par thermocompression sont de préférence appropriés, tels que ceux utilisés pour le soudage par

30 diffusion. Le résultat de ce procédé d'assemblage est un soudage bout à bout de grande surface en partie inférieure et un cordon de brasage chargé d'agent de brasage en partie supérieure. Le soudage par diffusion offre en outre l'avantage d'une haute qualité

35 d'assemblage au niveau de la zone limite entre les

moitiés de pales d'aubes creuses dans la partie inférieure de la pale d'aube creuse.

Dans le cas d'une mise en oeuvre préférée du procédé, la pression de serrage lors de l'assemblage en  
5 partie inférieure est plus élevée d'au moins un ordre de grandeur que la pression dans la partie supérieure. Cette différence de pression assure, d'une part que le profil creux de la pale d'aube creuse ne soit ni gauchi ni déformé dans la partie supérieure 5, et d'autre part la  
10 soudure simultanée de la partie inférieure.

Avant le soudage des moitiés de pales d'aubes creuses, un film de soudure en même matériau que les moitiés de pales d'aubes creuses est inséré entre les moitiés de pales d'aubes creuses. Ce moyen assure  
15 avantageusement une fente à activité capillaire pour la partie supérieure de la pale d'aube creuse, dans laquelle l'agent de brasage, qui est de préférence introduit dans le joint de séparation sous la forme d'un film de brasage ou d'un revêtement, se répartit de façon homogène par  
20 l'intermédiaire de forces capillaires. Une autre possibilité préférée consiste à prévoir dans la zone de soudure des moitiés de pales d'aubes creuses un épaulement dans l'une au moins des moitiés de pales d'aubes creuses, celui-ci étant orienté en direction du  
25 joint de séparation de la pale d'aube creuse.

Le soudage bout à bout de la pale d'aube creuse achevée comportant un épaissement sur l'épaulement d'embase de l'aube de la roue mobile est de préférence effectué au moyen d'un soudage par friction, ce qui  
30 n'était jusqu'à présent pas possible pour des pales creuses.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront plus clairement à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux dessins  
35 annexés, dans lesquels :

- La figure 1 représente une pale d'aube creuse constituée de deux moitiés de pales d'aubes creuses assemblées selon la présente l'invention.
- 5 La figure 2 est une coupe longitudinale le long de l'axe de coupe AA de la pale d'aube creuse de la figure 1, selon un premier mode de réalisation de la présente invention.
- 10 La figure 3 est une coupe longitudinale le long de l'axe de coupe AA de la pale d'aube creuse de la figure 1, selon un autre mode de réalisation de la présente invention.
- 15 La figure 1 représente une pale 1 d'aube creuse selon la présente invention constituée de deux moitiés 2 et 3 de pales d'aubes creuses. Cette pale 1 d'aube creuse pour turboréacteurs est appropriée pour la fabrication de roues mobiles à aubes creuses intégrales. Les moitiés 2,
- 20 3 de pales d'aubes creuses sont brasées dans la partie supérieure 5 et soudées dans la partie inférieure 6 jusqu'à la surface de section transversale inférieure 7 de la pale 1 d'aube creuse. Cette soudure dans la partie inférieure 6 sert à empêcher une fissuration du cordon
- 25 d'assemblage brasé des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses lors de la fabrication de roues mobiles à aubes intégrales, d'autant plus que la fabrication implique l'exécution d'un soudage bout à bout entre l'épaulement d'embase de l'aube intégrale situé sur le disque mobile
- 30 et la surface de section transversale inférieure 7. A cet effet, chaque moitié 2, 3 de pale d'aube creuse comporte un épaississement 4 dans la zone d'embase de l'aube afin de retenir la pale 1 d'aube creuse pour souder bout à bout un épaulement d'embase de l'aube intégrale, non
- 35 représenté, sur un disque de roue mobile, non représenté.

Dans ce mode de réalisation, la zone du joint de séparation s'étend entre les moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses pour le soudage sur une fraction seulement de la surface de l'épaississement 4, de sorte  
5 que des procédés de thermocompression exerçant de faibles pressions latérales de serrage sur l'épaississement 4 suffisent pour souder la partie inférieure 6. Le procédé de thermocompression qui a été utilisé dans cet exemple est le soudage par diffusion.

10 Pendant que l'on assemble la partie inférieure 6, on brase simultanément les moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses dans la partie supérieure 5. Le brasage est pour l'essentiel effectué par effet de capillarité. Pour ce faire, les moitiés de pales d'aubes creuses sont  
15 maintenues ensemble en partie supérieure avec une pression plus faible sur les parois minces des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses, de sorte que les moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses ne soient pas déformées, gauchies ou soumises d'une autre manière à une surcharge  
20 mécanique.

La figure 2 représente une coupe longitudinale le long de l'axe de coupe AA de la pale 1 d'aube creuse de la figure 1, selon un premier mode de réalisation de la présente invention. A cet effet, un film 8 de soudure en  
25 même matériau que les moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses est inséré entre les moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses dans la zone 6 de soudage. Ce film assure que, après le soudage des deux moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses dans la partie inférieure 6, il subsiste  
30 un joint de séparation 9 dans la partie supérieure 5 qui se remplit d'agent de brasage fondu en raison de l'effet de capillarité intervenant lors du brasage de la partie supérieure 5.

La figure 3 représente une coupe longitudinale le  
35 long de l'axe de coupe AA de la pale 1 d'aube creuse de

la figure 1, selon un autre mode de réalisation de la présente invention. Dans ce mode de réalisation, l'une au moins des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses comporte dans la partie inférieure 6 un épaulement 10 qui est  
5 orienté en direction du joint de séparation 9 de la pale 1 d'aube creuse. Cet épaulement 10 est intégré dans au moins l'une des deux moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses et assure que, après le soudage des deux moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses dans la partie inférieure  
10 6, il subsiste un joint de séparation 9 dans la partie supérieure 5 qui se remplit d'agent de brasage fondu en raison de l'effet de capillarité intervenant lors du brasage de la partie supérieure 5.

La fabrication d'une roue mobile à aubes creuses  
15 intégrales est effectuée par l'utilisation des pales d'aubes creuses selon l'invention et par l'exécution de plusieurs phases de procédé. On fabrique dans un premier temps des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses comportant des épaisissements 4 dans la zone d'embase de  
20 l'aube. Ensuite, la surface d'assemblage de chaque moitié 2, 3 de pale d'aube creuse est fraisée de façon exactement ajustée afin de disposer de surfaces d'assemblage fraisées pour le procédé d'assemblage.

Après cela, l'agent de brasage est appliqué dans une  
25 partie supérieure 5 de la surface d'assemblage sur l'une au moins des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses à relier en laissant dégagée d'agent de brasage une partie inférieure restante 6. Pour des pales d'aubes creuses en un alliage de titane, des films sandwich stratifiés de  
30 brasage ont fait leurs preuves, les couches de couverture extérieures étant en titane pur et une couche intermédiaire entre les couches de couverture en titane étant constituée d'alliages de cuivre. Dans des modes de réalisation préférés, des alliages de cuivre/nickel ou  
35 des alliages de cuivre/nickel/zirconium ont été utilisés

en tant que couches intermédiaires. L'épaisseur des couches en titane et celle des couches intermédiaires en alliages de cuivre sont adaptées entre elles de telle sorte que, après la brasure, il en résulte les compositions de brasage suivantes : Ti70/Cu15/Ni15, Ti60/Cu20/Ni20, Ti35/Zr35/Cu15/Ni15 ou Ti58/Cu20/Ni20/Pd2. Dans cet exemple de réalisation, un film sandwich de brasage pour un agent de brasage de Ti70/Cu15/Ni15 est déposé sur une face de l'une des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses et pointé dans la partie supérieure 5 par soudage par décharge de condensateur. Un film en alliage du matériau de base des moitiés de pales d'aubes creuses est pointé dans la partie inférieure 6 adjacente. Dans ce cas, le matériau de base est un alliage de titane avec les mêmes composants d'alliage que ceux contenus dans les moitiés de pales d'aubes creuse.

Il est ensuite procédé à un assemblage ajusté avec précision des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses en pales 1 d'aubes creuses. A cet effet, les moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses sont pressées l'une contre l'autre à des pressions différentes dans les deux parties 5 et 6, la pression appliquée dans la partie inférieure 6 étant plus élevée que la pression appliquée dans la partie supérieure 5. Dans ce mode de réalisation, les différentes pressions sont appliquées par voie mécanique. L'épaississement 4 dans la partie inférieure 6 des moitiés 2, 3 de pales d'aubes creuses favorise en l'occurrence la possibilité d'exercer sur les surfaces d'assemblage en partie inférieure 6 une pression plus élevée d'au moins un ordre de grandeur. Dans ce mode de réalisation, la partie inférieure 6 s'étend de la surface de section transversale inférieure 7 jusqu'à une hauteur de 3 à 15 mm le long des surfaces d'assemblage, et au moyen d'un dispositif de pressage dans lequel les moitiés

de pales d'aubes creuses sont insérées, on applique mécaniquement une pression de  $0,1 \text{ N/mm}^2$  dans la partie supérieure 5 et une pression de  $1 \text{ N/mm}^2$  dans la partie inférieure 6.

5 En maintenant les pressions de serrage, les moitiés de pales d'aubes creuses avec les films insérés entre les surfaces d'assemblage sont portées à une température de  $850$  à  $1.050^\circ \text{ C}$  pendant  $0,5$  à  $5$  heures dans un four à vide, jusqu'à ce que la pale 1 d'aube creuse selon  
10 l'invention, comportant une partie inférieure 6 soudée et une partie supérieure 5 brasée, soit assemblée.

Plusieurs pales d'aubes creuses sont ensuite reliées intégralement par un soudage bout à bout dans un automate de soudage par friction à un disque préfabriqué de roue  
15 mobile sur des épaulements d'embases d'aubes, qui sont répartis uniformément sur la couronne de disque radiale extérieure.

Pour la finition de la roue mobile à pales d'aubes creuses intégrales, les épaisissements, qui sont utiles  
20 aussi bien pour l'application de la pression de serrage lors du soudage par diffusion de la partie inférieure 6 que pour un soudage bout à bout de la surface de section transversale inférieure 7 sur l'épaulement d'embase de l'aube non représenté de la roue mobile, sont usinés aux  
25 contours définitifs des pales 1 d'aubes creuses au moyen de technique de fraisage.

Bien que l'invention ait été particulièrement montrée et décrite en se référant à un mode de réalisation préféré de celle-ci, il sera compris aisément  
30 par les personnes expérimentées dans cette technique que des modifications dans la forme et dans des détails peuvent être effectuées sans sortir de l'esprit ni du domaine de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Pale d'aube pour turboréacteurs destinée à la fabrication de roues mobiles à aubes intégrales, chaque  
5 pale d'aube comportant un épaississement dans la zone d'embase de l'aube afin de retenir la pale d'aube creuse pour souder bout à bout un épaulement d'embase de l'aube intégrale sur un disque de roue mobile, caractérisée en ce que la pale d'aube creuse est constituée de deux  
10 moitiés assemblées (2, 3) de pales d'aubes creuses, qui sont brasées dans une partie supérieure (5) et soudées dans une partie inférieure (6), qui s'étend jusqu'à la surface de section transversale inférieure (7) de la pale (1) d'aube creuse pour la soudure bout à bout avec  
15 l'épaulement d'embase de l'aube intégrale sur le disque de la roue mobile.

2. Pale d'aube selon la revendication 1, caractérisée en ce que la partie inférieure (6) soudée est une partie soudée par diffusion.

20 3. Pale d'aube selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses sont en un alliage à base de titane.

4. Pale d'aube selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'un film de soudure (8) en même  
25 matériau de base que les moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses est inséré entre les moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses dans la zone de soudage des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses.

5. Pale d'aube selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses comportent un épaulement dans la zone de soudage des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses, qui est orienté en direction du joint de séparation (9) de la pale (1) d'aube creuse.

35 6. Pale d'aube selon l'une des revendications 1 à

5, caractérisée en ce que la soudure par zones s'étend sur une partie de l'épaississement (4).

7. Procédé de fabrication de roues mobiles à aubes intégrales, chaque pale d'aube comportant dans la zone d'embase de l'aube un épaississement destiné à retenir la pale d'aube pour souder bout à bout un épaulement d'embase de l'aube intégrale sur un disque de roue mobile, le procédé comportant les phases suivantes :

- 10 a) fabrication de moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses comportant des épaississements (4) dans la zone d'embase de l'aube ;
- 15 b) application d'agent de brasage dans une partie supérieure (5) de la surface d'assemblage sur l'une au moins des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses à assembler en laissant dégagée d'agent de brasage une partie inférieure restante (6) de la surface d'assemblage ;
- 20 c) assemblage ajusté avec précision des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses en pales (1) d'aubes creuses, par pressage des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses l'une contre l'autre dans la partie supérieure (5), et par pressage simultané dans la partie inférieure (6) des moitiés de pales d'aubes creuses l'une contre l'autre à une pression qui est plus élevée que la pression appliquée dans la partie supérieure (5) ;
- 25 d) fabrication d'un disque mobile comportant des épaulements d'embases d'aubes intégrales ;
- 30 e) soudage bout à bout de chaque pale (1) d'aube creuse par sa surface de section transversale inférieure (7) sur un épaulement respectif d'une embase d'aube du disque mobile ;
- 35 f) finition de la roue mobile à aubes creuses intégrales par usinage des épaississements (4)

aux contours définitifs des pales (1) d'aubes creuses.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'application de l'agent de brasage sur la  
5 partie supérieure (5) est effectuée par la mise en place d'un film de brasage ou par un revêtement avec de l'agent de brasage.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que la pression de serrage exercée lors  
10 de l'assemblage sur la partie inférieure (6) est plus élevée d'au moins un ordre de grandeur que la pression exercée sur la partie supérieure (5).

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que dans la partie inférieure (6),  
15 l'assemblage des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses est effectué au moyen d'un soudage par thermocompression, de préférence d'un soudage par diffusion.

11. Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que, pour le soudage dans la partie  
20 inférieure (6) et pour le brasage simultané dans la partie supérieure (5), les moitiés de pales d'aubes creuses pressées l'une contre l'autre sont portées à une température commune.

12. Procédé selon l'une des revendications 7 à 11,  
25 caractérisé en ce que l'assemblage est effectué dans un four à vide.

13. Procédé selon l'une des revendications 7 à 12, caractérisé en ce que le soudage bout à bout est effectué au moyen d'un soudage par friction.

30 14. Procédé selon l'une des revendications 7 à 13, caractérisé en ce qu'un film de soudure (8) en même matériau que les moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses est inséré dans la partie inférieure (6) des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses avant le soudage entre les  
35 moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses.

15. Procédé selon l'une des revendications 7 à 13, caractérisé en ce que, lors de la fabrication des moitiés (2, 3) de pales d'aubes creuses, un épaulement (10) est intégré dans la partie inférieure (6) des moitiés de  
5 pales d'aubes, qui est orienté en direction du joint de séparation (9) de la pale (1) d'aube creuse.

FIG. 1

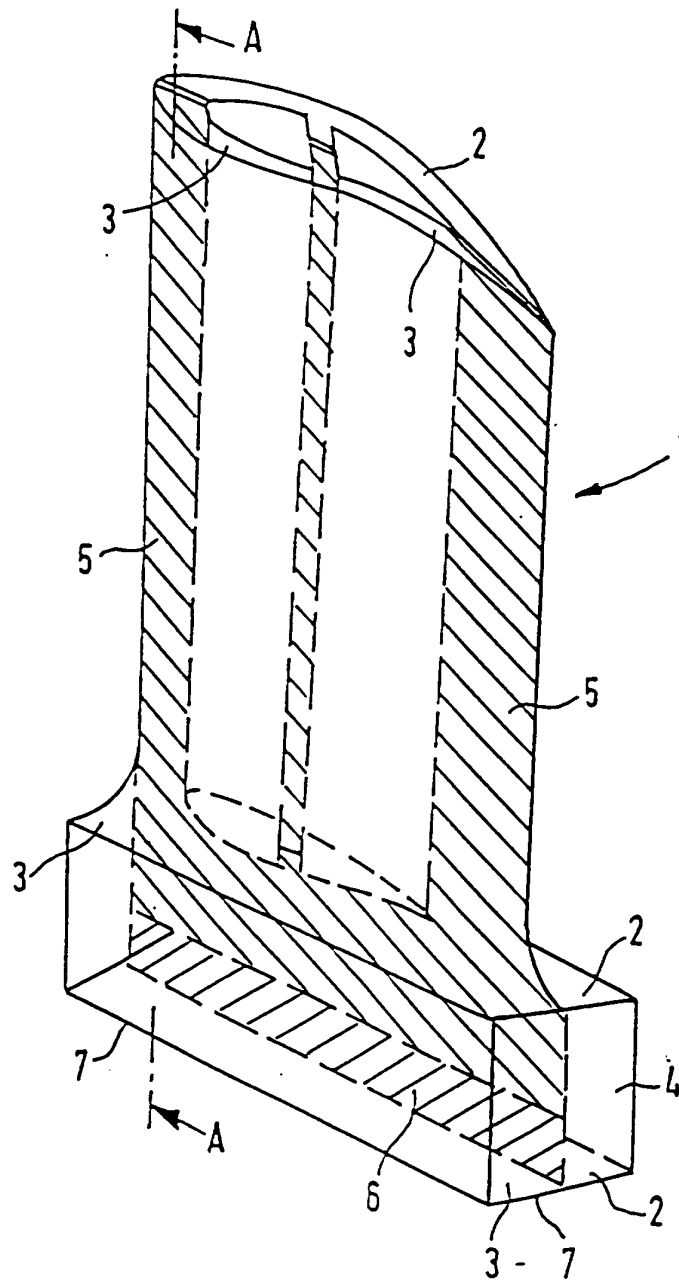


FIG. 2

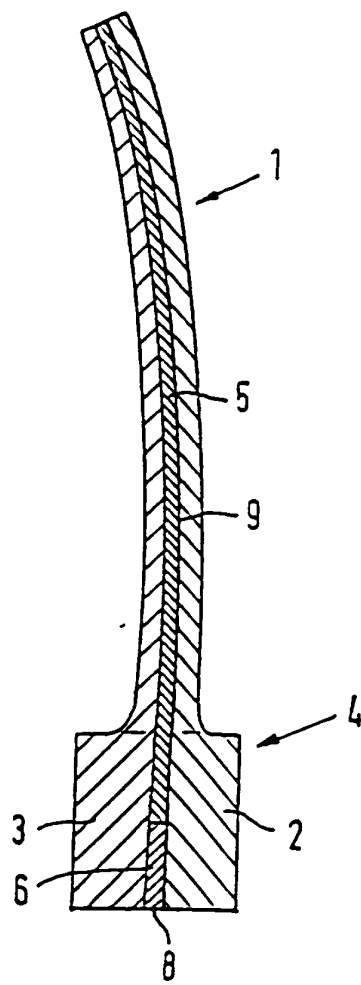


FIG. 3

