



(11) (21) (C) **2,096,916**  
(22) 1993/05/25  
(43) 1993/11/28  
(45) 2001/01/09

(72) Pagnon, Claude André Charles, FR

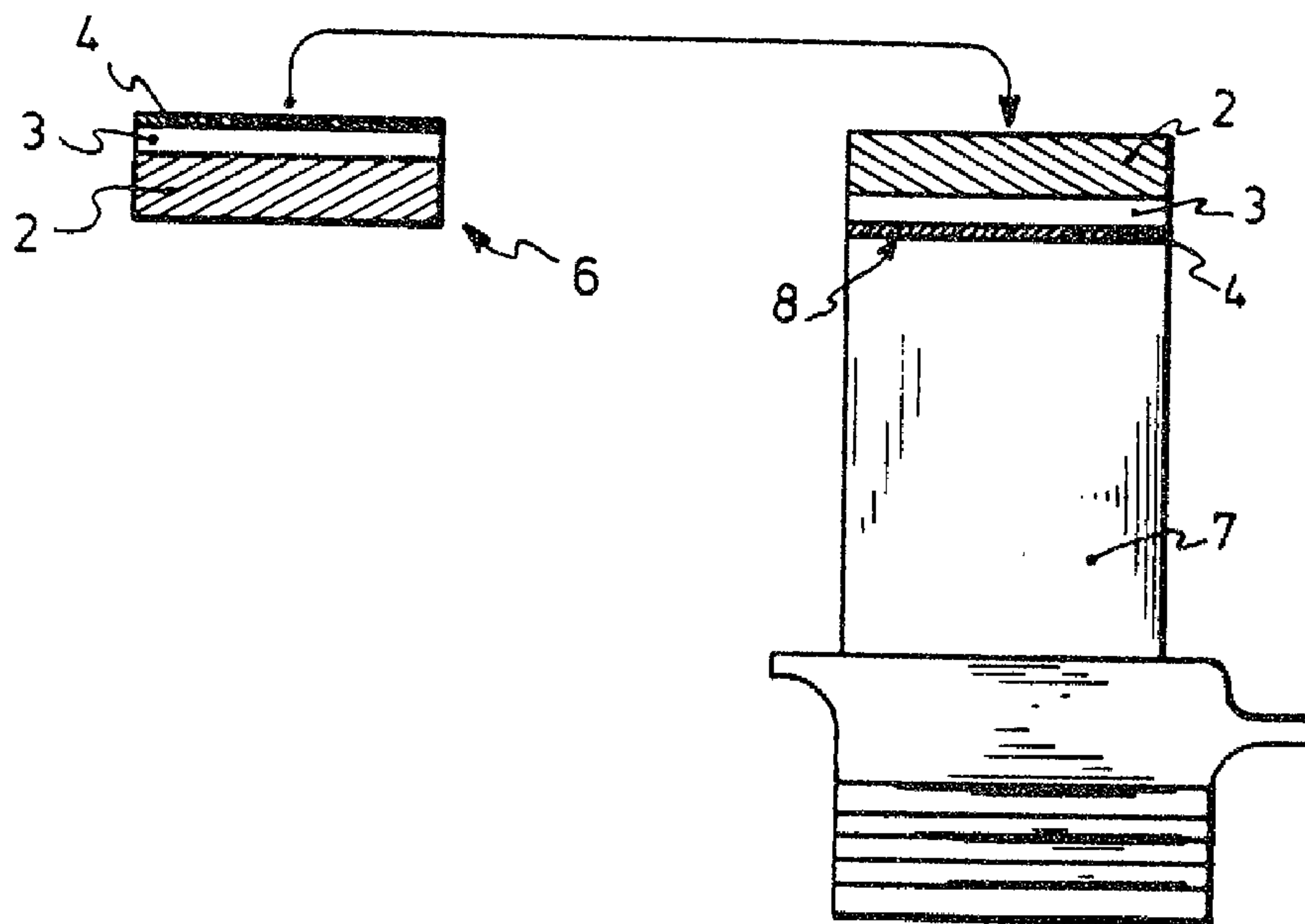
(73) Société Nationale d'Étude et de Construction de Moteurs d'Aviation  
"snecma", FR

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> B32B 15/01, C23C 4/08

(30) 1992/05/27 (92.06474) FR

(54) **PIECE EN SUPERALLIAGE COMPORTANT UN APPORT ET  
PROCEDE DE REALISATION DE L'APPORT**

(54) **A SUPERALLOY PART COMPRISING A DEPOSIT AND  
PROCESS FOR REALIZING THE DEPOSIT**



(57) Une pièce (7) en superalliage est revêtue d'un apport réalisé par brasage et constitué de trois couches, une couche externe (2) de composition adaptée aux propriétés spécifiques de surfaces recherchées, une couche interne (4) dont la composition comporte des éléments fondants et une couche intermédiaire (3) obtenue à partir du dépôt d'un mélange des matériaux des deux autres couches (2,4).

## ABREGE

PIECE EN SUPERALLIAGE COMPORTANT UN APPORT ET PROCEDE DE  
REALISATION DE L'APPORT.

5

Une pièce (7) en superalliage est revêtue d'un apport réalisé par brasage et constitué de trois couches, une couche externe (2) de composition adaptée aux propriétés spécifiques de surfaces recherchées, une couche interne (4) dont la  
10 composition comporte des éléments fondants et une couche intermédiaire (3) obtenue à partir du dépôt d'un mélange des matériaux des deux autres couches (2,4).

15

FIGURE 3

## DESCRIPTION

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un apport sur une zone localisée de pièce en superalliage, notamment destinée à des applications aéronautiques telles qu'un moteur d'avion. Elle concerne également la pièce ainsi obtenue ainsi que la composition de dépôt réalisé en trois couches.

10

Il est connu dans de nombreuses applications d'améliorer la durée de vie de pièces en appliquant un revêtement dans une zone localisée de manière à améliorer les propriétés de surface dans cette zone en fonction de sollicitations ou contacts spécifiques. Des exemples de techniques de traitement de surface de ce type sont décrits par FR-A-2 397 259 qui prévoit de déposer par soudure par fusion une couche d'alliage résistant aux fissurations à l'extrémité d'une aube puis une couche d'un alliage dur et/ou résistant à l'oxydo- corrosion. On connaît également par FR-A-2 511 908 un procédé d'assemblage par brasage-diffusion permettant de rapporter sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt une pièce élémentaire sous forme d'ébauche pré-frittée constituée à partir d'un mélange de deux poudres dont l'une, dite poudre d'apport, est présente entre 5 et 25% en poids du mélange et comporte une base nickel, chrome et bore ou nickel, cobalt, silicium et bore. Par ailleurs, selon US-A-4 705 203, un procédé de réparation de défauts de surface de pièces en superalliage comporte une projection à la flamme plasma de deux couches successives de compositions différentes, puis un traitement thermique au cours duquel seule la première couche est fondue et ensuite la couche superficielle est retirée.

35 Les techniques de fabrication décrites par FR-A-2 511 908 imposent notamment d'utiliser un mélange homogène de poudres pour préparer un matériau fritté autobrasable utilisable pour

réaliser un apport par brasage sur une zone localisée de pièce en superalliage. Dans ce cas, la température maximale d'utilisation de la pièce en superalliage doit rester sensiblement inférieure à la température de brasage. Un des 5 buts de l'invention est de réaliser par brasage un apport sur au moins une zone localisée de pièce en superalliage de manière à permettre une température d'utilisation de la pièce en superalliage égale ou supérieure à la température de brasage. Ce problème provient notamment de l'utilisation de 10 certains superalliages ne tolérant pas un cycle de traitement thermique à une température supérieure à leur température normale d'utilisation. C'est un problème rencontré notamment dans certaines applications aéronautiques telles des pièces de moteurs d'avion en alliages mono-cristallins dont un 15 exemple est donné par EP-A-149 942. Aucune solution pleinement satisfaisante n'est proposée dans l'état de la technique.

Une pièce en superalliage du type décrit ci-dessus et 20 répondant de manière satisfaisante aux conditions relevées ci-dessus est caractérisée en ce que ledit apport est constitué de trois couches comprenant une couche externe en un matériau déterminé pour présenter les propriétés fonctionnelles de surface recherchées pour ladite pièce, une 25 couche interne en un matériau comportant des éléments fondants et déterminé pour obtenir la fusion de ladite couche interne puis sa solidification au cours d'un cycle de traitement thermique de brasage, une couche intermédiaire obtenue à partir d'un dépôt d'un mélange des deux dits 30 matériaux de couche externe et de couche interne.

Un procédé applicable à la réalisation de ladite pièce en superalliage est caractérisé en ce que le dépôt direct des trois couches sur la pièce est obtenu successivement par 35 projection à la flamme plasma et est suivi d'un cycle de traitement thermique de brasage dont les conditions de température et de durée sont déterminées expérimentalement en

fonction des matériaux utilisés.

De manière préférée, ladite projection à la flamme plasma est effectuée en enceinte fermée, sous pression partielle d'une 5 atmosphère contrôlée.

Le procédé de réalisation plus avantageux, notamment lorsque l'emplacement de la zone localisée de pièce à revêtir induit des problèmes d'accessibilité et/ou lorsque la délimitation de ladite zone conduit à des pertes de poudre lors de la 10 projection, est caractérisé par les étapes successives suivantes :

- (a) projection à la flamme plasma sur un support en matériau métallique, successivement, desdites trois couches à 15 partir de trois poudres ayant lesdites compositions respectives déterminées et dans l'ordre suivant : couche externe au contact du support, couche intermédiaire puis couche interne ;

20 - (b) enlèvement du dépôt obtenu à l'étape (a) constituant un matériau autobrasable à structure stratifiée dudit support en mettant en oeuvre un procédé connu en soi et n'introduisant pas de contrainte mécanique dans l'élément obtenu ;

25 - (c) découpe d'une pièce de forme dans le dépôt obtenu à l'étape (b) ayant la forme correspondant à la zone localisée de pièce à revêtir, en mettant en oeuvre un procédé également connu en soi et n'introduisant pas de contrainte mécanique dans la pièce de forme obtenue ;

30

- (d) mise en place de la pièce de forme obtenue à l'étape (c) sur la zone localisée de pièce en superalliage à revêtir selon des techniques de réalisation connues en soi et réalisation d'un cycle de traitement thermique de brasage 35 suivant des conditions de température et de durée connues en soi ou déterminées expérimentalement en fonction des matériaux utilisés.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

5

- la figure 1 représente une vue schématique, suivant une coupe par un plan perpendiculaire à sa surface, d'un support sur lequel est appliqué un apport en trois couches conforme à l'invention ;

10

- la figure 2 représente selon une vue analogue à celle de la figure 1 ledit apport séparé du support suivant une préforme en matériau autobrasable à structure stratifié ;

15 - la figure 3 représente une vue schématique d'une pièce en superalliage sur laquelle est placée la préforme représentée à la figure 2, conformément à l'invention.

Le procédé de réalisation conforme à l'invention d'un apport  
20 sur au moins une zone localisée de pièce en superalliage comporte les étapes suivantes :

- (a) sur un support métallique 1, tel que représenté sur la figure 1, on projette à la flamme plasma successivement trois  
25 couches de dépôt, à savoir une couche 2 déposée directement sur le support 1 à partir d'une poudre dont la composition permet d'obtenir un matériau dont les propriétés correspondent aux propriétés fonctionnelles de surface recherchées pour la pièce à revêtir, puis une couche  
30 intermédiaire 3 obtenue à partir d'un mélange des poudres servant à réaliser les deux autres couches et enfin une couche 4 obtenue à partir d'une poudre dont le matériau constitutif comporte des éléments fondants et correspond à un alliage de brasage ;

35

- (b) on sépare ensuite l'apport obtenu 5 de son support 1 en mettant en oeuvre un procédé d'enlèvement qui n'introduit pas de contrainte mécanique dans l'apport 5 ;

- (c) dans ledit apport 5, on découpe ensuite au moins une pièce de forme ou préforme 6 telle que schématisée sur la figure 2 et dont les contours correspondent à la géométrie de la zone localisée de pièce à revêtir, le procédé connu en soi 5 mis en oeuvre n'introduisant également pas de contrainte mécanique dans la préforme 6 ;

- (d) la préforme 6 qui a été obtenue est ensuite mise en place sur la zone localisée de la pièce à revêtir puis on 10 réalise un cycle de traitement thermique de brasage des pièces.

Le choix du support métallique 1 est effectué afin d'éviter l'apparition de contraintes internes dans les dépôts qui 15 seraient à l'origine de phénomènes de décollement.

#### EXEMPLE A

Une couche 2 peut être déposée à partir d'une poudre ayant les propriétés suivantes :

20 - granulométrie inférieure à 45  $\mu\text{m}$

- composition chimique en pourcentages pondéraux :

Ni : 31-33 ; cr : 20-22 ; Al : 7-9 ; Y : 0,35-0,65 et Co : complément à 100

25 L'épaisseur déposée est de 1 mm et le taux de porosité dans la couche est inférieur à 3%. le dépôt obtenu présente dans ce cas des propriétés anti-oxydation remarquables.

L'épaisseur de la couche 3 déposée est de 0,10 mm. Comme 30 précédemment indiqué, la poudre projetée est composée d'un mélange des poudres respectivement utilisées pour obtenir les couches 2 et 4. Le dépôt est obtenu en plusieurs passes en effectuant d'une passe à l'autre une variation progressive de la composition, allant de la composition de la couche 2 à la 35 composition de la couche 4.

La couche 4 a une épaisseur de 0,05 mm et est déposée à partir d'une poudre d'alliage de brasage ayant les propriétés suivantes :

- granulométrie nominale : 125  $\mu\text{m}$ ,
- composition chimique en pourcentages pondéraux des éléments principaux :

5

Cr : 14-16 ; B : 3,2-4,0 ; Ni complément à 100

- point de fusion : 1055°C

De manière préférentielle, la projection à la flamme plasma  
10 est réalisée sous pression partielle, de l'ordre de  $10^4\text{Pa}$ ,  
d'un gaz neutre protecteur tel que argon.

Les conditions de réalisation de l'opération de brasage sont  
dans ce cas un maintien de quatre heures à 1100°C.

Des mesures par analyse thermique différentielle ont permis  
15 de déterminer la température de refusion dans la zone brasée  
et on obtient une température de solidus de 1300°C et de  
liquidus de 1340°C.

#### EXEMPLE B

20

Lorsque des propriétés d'anti-usure sont recherchées à la  
surface de pièce, un alliage à base de cobalt peut être  
utilisé pour constituer la couche 2, par exemple, en  
utilisant une poudre ayant les propriétés suivantes :

25

- granulométrie nominale : inférieure à 53  $\mu\text{m}$ ,
- composition chimique en pourcentages pondéraux de  
principaux éléments :

30 Cr : 24,5-26,5 ; Ni : 9,5-11,5 ; Mo : 6,5-8,0 ;  
C : 0,43-0,55 et Co = complément à 100

L'épaisseur déposée est de 1 mm et le taux de porosité dans  
la couche inférieur à 3%.

35

Parmi les procédés connus adaptés à l'enlèvement de l'apport  
5 de son support 1, à l'étape (b) du procédé, on peut  
utiliser le découpage par électroérosion avec fil, ce qui

permet une réutilisation du support 1 ou une dissolution chimique du support 1.

Les procédés de découpe connus, adaptés notamment aux 5 épaisseurs mises en oeuvre et utilisés à l'étape (c) du procédé, comprennent la découpe au LASER, la découpe au jet d'eau et la découpe par électro-érosion avec fil.

Lors de la mise en place sur la zone localisée de pièce à 10 revêtir de la préforme 6, à l'étape (d) du procédé, la couche 4 constituée par l'alliage de brasage doit être mise au contact de ladite pièce 7 à revêtir, telle que représentée sur la figure 3.

15 Les conditions de réalisation du traitement thermique de brasage, à l'étape (d) du procédé, notamment les températures, les durées du cycle et l'atmosphère, sont connues en soi pour les matériaux utilisés ou sont déterminées expérimentalement en fonction de ces matériaux.

20

Dans la struture de l'apport obtenu sur la pièce 7 revêtue, la couche 4 fusionne au début du cycle de brasage puis se solidifie par suite de la diffusion des éléments fondants, principalement dans la couche 3. Ladite couche 3 est 25 homogénéisée par la diffusion entre les éléments provenant de la couche 2 et les éléments fondants provenant de la couche 4. Au cours du cycle de brasage et notamment dans les zones proches de la couche 4, des phases liquides transitoires peuvent apparaître. La couche 2 conserve une structure très 30 proche de celle qui est obtenue après projection à l'étape (a) du procédé.

Les avantages principaux de la structure obtenue de l'apport sur la pièce 7 revêtue, conforme à l'invention sont, d'une 35 part, d'obtenir les propriétés spécifiques fonctionnelles de surface recherchées telles que l'anti-oxydation dans l'exemple A et l'anti-usure dans l'exemple B décrits ci-dessus, au niveau de la couche externe 2 de la pièce 7 et, d'autre part, d'assurer à la couche interne 4 une température

de refusion plus élevée que la température atteinte lors du cycle de traitement thermique de brasage à l'étape (d) du procédé, ce qui permet une température d'utilisation de la pièce 7 supérieure à ladite température de brasage.

5

Ces avantages peuvent notamment être intéressants pour la réalisation d'opérations de réparations sur lesdites pièces en superalliage.

- 10 Le procédé de réalisation conforme à l'invention qui vient d'être décrit en référence aux figures 1 à 3 est notamment avantageux pour des applications où la zone localisée de pièce à revêtir présente des difficultés d'accès, notamment pour la réalisation d'une projection directe d'un dépôt à la
- 15 flamme plasma ou encore, lorsque la géométrie particulière de ladite zone conduit à des pertes importantes de poudre, notamment sur les zones de bords de pièce, également lors d'une projection directe.
- 20 La figure 3 représentant une zone à revêtir au sommet 8 d'une pièce 7 qui est une aube de turbine, fournit un exemple où la réalisation précédemment décrite permet d'importantes économies de poudre.
- 25 Toutefois, dans les applications où à la fois la surface à couvrir est importante et une bonne accessibilité permet une projection directe, l'invention peut être réalisée par projection directe à la flamme plasma des trois couches successives sur la pièce à revêtir, suivie de l'opération de
- 30 brasage.

2096916

REVENDICATIONS

1. Pièce en superalliage comportant au moins une zone localisée (8) revêtue d'un apport réalisé par brasage caractérisée en ce que ledit apport est constitué de trois couches comprenant une couche externe (2) en un matériau comprenant un alliage à base de cobalt, une couche interne (4) en un matériau comportant un élément fondant, une couche intermédiaire (3) obtenue à partir d'un dépôt d'un mélange des matériaux de couche externe et de couche interne.

2. Pièce en superalliage selon la revendication 1 caractérisée en ce que ladite pièce peut être portée à une température de fonctionnement supérieure à la température atteinte au cours dudit cycle thermique de brasage.

3. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage conforme à l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que le dépôt direct des trois couches (4, 3, 2) sur la pièce est obtenu successivement par projection à la flamme plasma et est suivi d'un cycle de traitement thermique de brasage dont les conditions de température et de durée sont déterminées expérimentalement en fonction des matériaux utilisés.

4. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage conforme à l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé par les étapes successives suivantes:

- (a) projection à la flamme plasma sur un support (1) en matériau métallique, successivement, desdites trois couches (2, 3, 4) à partir de trois poudres ayant lesdites compositions respectives déterminées et dans l'ordre suivant:

couche externe (2) au contact du support (1), couche intermédiaire (3) puis couche interne (4) ;

- (b) enlèvement du dépôt (5) obtenu à l'étape (a) 5 constituant un matériau autobrasable à structure stratifiée dudit support (1) en mettant en oeuvre un procédé connu en soi et n'introduisant pas de contrainte mécanique dans l'élément obtenu ;

10 - (c) découpe d'une pièce de forme (6) dans le dépôt (5) obtenu à l'étape (b) ayant la forme correspondant à la zone localisée (8) de pièce (7) à revêtir, en mettant en oeuvre un procédé également connu en soi et n'introduisant pas de contrainte mécanique dans la pièce de forme obtenue ;

15

- (d) mise en place de la pièce de forme (6) obtenue à l'étape (c) sur la zone localisée (8) de pièce (7) en superalliage à revêtir selon des techniques de réalisation connues en soi et réalisation d'un cycle de traitement 20 thermique de brasage suivant des conditions de température et de durée connues en soi ou déterminées expérimentalement en fonction des matériaux utilisés.

5. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce selon 25 l'une des revendications 3 ou 4 dans lequel ladite projection à la flamme plasma est effectuée en enceinte fermée et sous pression partielle d'une atmosphère contrôlée.

6. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce selon la 30 revendication 4 dans lequel l'étape (b) d'enlèvement du dépôt du support est réalisée par électro-érosion avec fil.

7. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce selon la revendication 4 dans lequel l'étape (b) d'enlèvement du dépôt 35 du support est réalisée par dissolution chimique du support.

8. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce selon l'une quelconque des revendications 4 à 7 dans lequel l'étape

(c) de découpe d'une pièce de forme est réalisée par découpe au LASER.

9. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce selon 5 l'une quelconque des revendications 4 à 7 dans lequel l'étape (c) de découpe d'une pièce de forme est réalisée par découpe au jet d'eau.

10. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce selon 10 l'une quelconque des revendications 4 à 7 dans lequel l'étape (c) de découpe d'une pièce de forme est réalisée par électro-érosion avec fil.

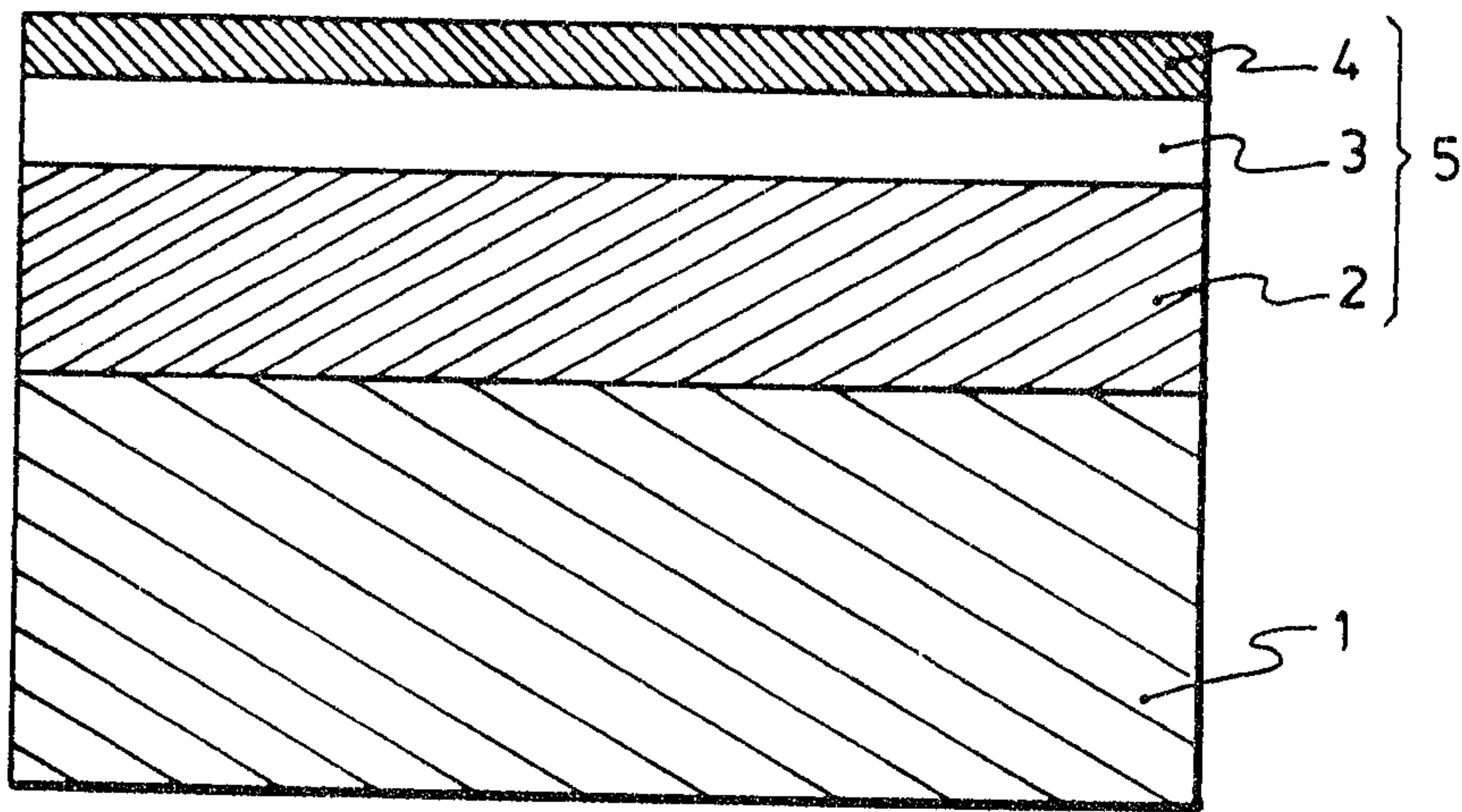


FIG:1

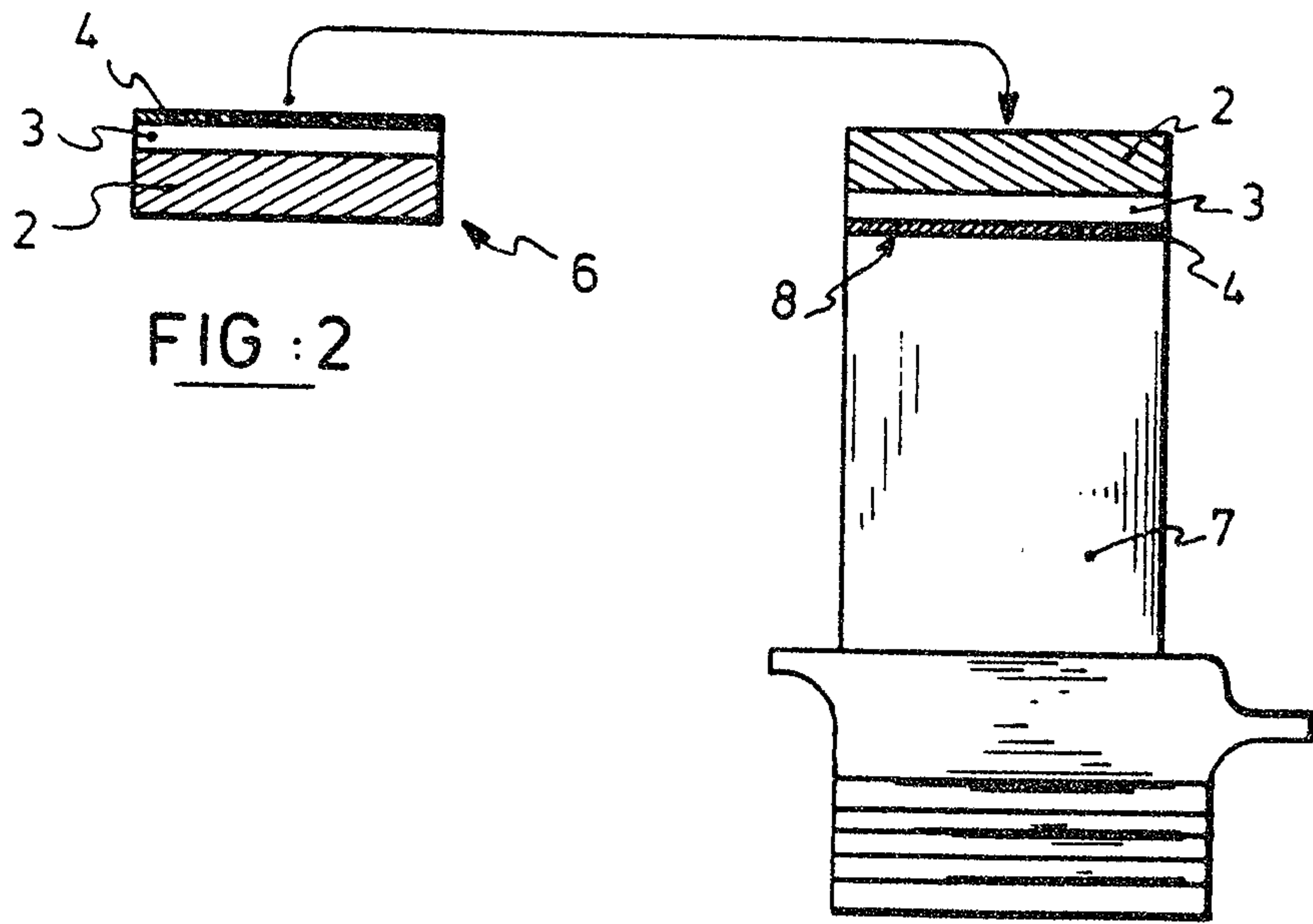


FIG:2

FIG:3

*Anderson Page Dubus & Mortimer Walker*

