

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 825 275 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**25.02.1998 Bulletin 1998/09**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **C23C 10/28**

(21) Numéro de dépôt: **97401953.1**

(22) Date de dépôt: **20.08.1997**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

(30) Priorité: **22.08.1996 FR 9610351**

(71) Demandeur: **SOCHATA  
75724 Paris Cédex 15 (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Dumez, Marie-Caroline  
34160 - Saussines (FR)**

- **Huchin, Jean-Pierre  
86100 - Chatellerault (FR)**
- **Marin-Ayral, Rose Marie  
34670 - Saint Bres (FR)**
- **Perraud, Didier  
86000 - Poitiers (FR)**
- **Tedenac, Jean-Claude  
34000 - Montpellier (FR)**

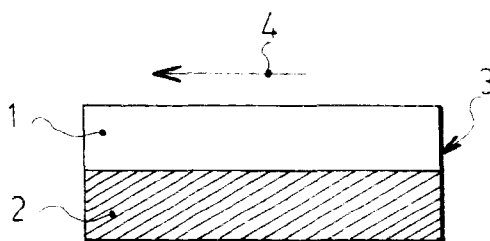
(54) **Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage base de nickel ou de cobalt**

(57) Un apport est réalisé sur une pièce (2) en superalliage à base de nickel ou de cobalt selon le procédé suivant :

- a) dépôt sur la pièce (2) d'un apport (1) soit de poudre réactive correspondant à un matériau intermétallique soit de poudre de superalliage
- b) mise en place de la pièce (2) dans une chambre, sous pression hydrostatique d'un gaz neutre jusqu'à 1,5 GPa et munie d'éléments chauffants pour

des températures contrôlées jusqu'à 1200°C avec une vitesse de montée de 5°C à 120°C par minute et un gradient thermique de 200°C entre les extrémités de la pièce (2).

- c) réalisation d'une réaction de synthèse par combustion auto-propagée sur l'élément d'apport (1) dans des conditions déterminées de température et de pression assurant la densification de l'apport et la liaison métallurgique entre l'apport (1) et la pièce (2).



**FIG : 1**

**EP 0 825 275 A1**

## Description

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un apport sur une pièce de turbomachine.

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.

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. Des recherches ont également été menées pour la mise au point de procédés de synthèse de matériaux, soit métalliques, soit intermétalliques, soit céramiques par combustion auto-propagée. US-4 778 649 décrit par exemple un procédé de fabrication d'un matériau composite comprenant notamment une couche en alliage de cuivre recouverte d'une couche de mélange de poudres Ti+B+Cu dans laquelle une réaction de synthèse de  $TiB_2$  par combustion auto-propagée est déclenchée par compression et chauffage. On obtient ainsi sur un substrat en cuivre, une couche superficielle  $TiB_2$  et une couche intermédiaire d'un mélange  $TiB_2$  + Cu. Zr ou Al ainsi que d'autres borures ou carbures peuvent être utilisés.

Un des buts de l'invention est d'obtenir un rechargement ou un revêtement de pièces de turbomachine composées d'un superalliage à base de nickel ou à base de cobalt présentant soit une structure polycristalline, soit une structure obtenue par solidification dirigée, soit une structure monocristalline.

Le procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage répondant à ces conditions sans encourir les inconvénients des solutions connues antérieures est caractérisé par les étapes successives suivantes.

- (a) dépôt sur au moins une zone localisée de la pièce d'un élément d'apport pris dans le groupe, d'une part, des poudres réactives dans des proportions correspondant à la formation d'un matériau intermétallique et, d'autre part, des poudres de superalliage à base de nickel ou de cobalt ;
- (b) mise en place de la pièce comportant le dépôt obtenue à l'étape (a) dans une chambre à haute pression alimentée en gaz neutre par un système de compression permettant d'assurer dans la chambre une pression hydrostatique de gaz neutre allant jusqu'à 1,5 GPa, ladite chambre formant également un four muni d'éléments chauffants permettant d'atteindre une température de 1200°C avec une vitesse de montée en température comprise entre 5°C/mn et 120°C/mn en assurant un gradient thermique de 200°C d'une extrémité à l'autre de la zone de pièce concernée, les températures étant contrôlées au moyen d'un système de mesure ;
- (c) réalisation d'une réaction de synthèse par combustion auto-protégée sous haute pression hydrostatique de gaz sur ledit élément d'apport dans des conditions déterminées de température et de pression de manière à assurer la densification de l'apport et la liaison métallurgique entre ledit apport et la surface concernée de la pièce en superalliage.

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 :

- la figure 1 représente une vue schématique en coupe d'un élément d'apport mis en place sur un substrat, selon un exemple du procédé de réalisation conforme à l'invention ;
- la figure 2 représente un diagramme des températures lors d'une réaction de synthèse par combustion auto-propagée dans ledit procédé ;
- la figure 3 représente une microphotographie à grossissement de 20 d'une zone de pièce comportant l'apport selon ledit procédé ;
- les figures 6 et 7 montrent des microphotographies et les courbes d'évolution des profils de concentration des éléments composants dans la zone d'interphase entre les matériaux de la pièce et de l'apport selon ledit procédé ;
- la figure 8 représente une vue schématique en coupe analogue à celle de la figure 1 d'un élément d'apport mise en place sur un substrat, selon un autre exemple du procédé de réalisation conforme à l'invention ;

- la figure 9 montre une microphotographie et les courbes d'évolution des profils de concentration des éléments composants de la zone de pièce comportant l'apport selon ledit procédé ;
- la figure 10 montre une microphotographie agrandie d'un détail de la zone représentée sur la figure 9 ;
- la figure 11 montre les courbes d'évolution des profils de concentration des éléments composants de la zone représentée sur la figure 10 ;
- la figure 12 montre une microphotographie agrandie d'un détail de la zone représentée sur la figure 10 ;
- la figure 13 montre une microphotographie agrandie d'un détail de la zone représentée sur la figure 9, proche de la zone représentée sur la figure 10 ;
- la figure 14 montre les courbes d'évolution des profils de concentration des éléments composants de la zone représentée sur la figure 13.

L'installation utilisée pour la mise en oeuvre du procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage de turbomachine conforme à l'invention se compose d'une chambre à haute pression alimentée en gaz neutre par un système de compression et formant également un four muni d'un système de chauffage et de mesure des températures.

Dans un exemple de réalisation, le compresseur utilisé est constitué de trois étages de compression connectés en série dans lesquels le gaz est successivement comprimé. La pression finale de gaz atteinte est de 1,5GPa et une jauge de pression permet de contrôler la valeur de la pression de gaz.

La chambre à haute pression utilisée comporte les aménagements convenant aux conditions d'utilisation à hautes pressions et hautes températures tels que des parois multiples insérées dans un blindage et comportant une enveloppe de refroidissement à eau ainsi que tous les accès nécessaires, connexions électriques, passage de gaz et les aménagements correspondants d'étanchéité. Un équipement de mise sous vide de l'ordre de 1Pa est également adjoint. Une rotation de la chambre permet également une utilisation en positions horizontale, verticale ou inclinée.

Le système de chauffage se compose d'un élément chauffant sous forme d'une spire de graphite et de deux électrodes en graphite placées à chaque extrémité formant un four placé dans ladite chambre. Les réglages permettent d'assurer un gradient thermique de l'ordre de 200°C sur une pièce disposée dans le four. Des thermocouples sont adjoints pour permettre les mesures de températures.

Des variantes de réalisation peuvent être apportées à l'installation. Notamment un équipement d'apport énergétique utilisé pour l'amorçage de la réaction peut être adjoint tel qu'une mèche de tungstène, une mèche de graphite ou un faisceau laser.

#### EXEMPLE A

Il s'agit de réaliser un apport sur une pièce en superalliage A à base de nickel afin de remettre au profil désiré par rechargement à l'aide d'un mélange de poudres de nickel et d'aluminium, en proportions équiatomiques.

Les poudres de nickel et d'aluminium utilisées présentent une granulométrie inférieure à 150µm. Dans la présente application, l'étape (a) du procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage comportant le dépôt d'un élément d'apport sur une zone de pièce est effectuée par la mise en place d'un élément compact 1 sur le substrat 2 constitué par ladite zone concernée de la pièce, tel que schématisé sur la figure 1. Ledit élément compact 1 est préalablement obtenu en deux sous-étapes préalables comprenant :

- (a1) réalisation d'un mélange homogène de la quantité adéquate des poudres de nickel et d'aluminium ;
- (a2) compactage à froid du mélange obtenu dans un moule adapté sous une charge de 40 MPa.

Comme il est connu en soi, des opérations de nettoyage du substrat 2 sont effectuées préalablement à la mise en place de l'élément compact 1 et peuvent comporter, en fonction de l'état de la pièce, neuve ou usagée, des opérations de dégraissage, sablage, désoxydation chimique et/ou thermochimique.

Selon une variante de réalisation, l'élément compact 1 peut également être obtenu en fonction des applications par des techniques connues en soi de moulage par injection.

Lors de la mise en place de l'élément compact 1 sur le substrat 2, il est possible d'assurer un maintien, par exemple en appliquant une décharge de condensateur sur l'élément concerné.

D'autres techniques connues en soi peuvent être utilisées pour le dépôt, par exemple par un dépôt direct de poudre sur le substrat 2 dans un milieu électrophorétique.

L'étape (b) suivante consiste à introduire la pièce constituant le substrat 2 portant l'élément compact 1 dans une chambre à haute pression hydrostatique de gaz neutre formant une enceinte chauffante.

Enfin l'étape (c) permet de réaliser une réaction de synthèse sur l'élément compact 1 de manière à assurer sa densification et la liaison métallurgique entre ledit élément 1 et la surface correspondante de la pièce constituant le substrat 2.

On obtient ainsi un rechargement par apport de matière sur la zone concernée de la pièce. Ladite réaction de

## EP 0 825 275 A1

synthèse permettant la constitution d'un matériau composé intermétallique Ni-Al dans le présent exemple de réalisation est amorcée à une extrémité 3 de l'élément 1 lorsqu'une température de déclenchement est atteinte qui se situe dans ce cas à 673°C. La réaction exothermique de combustion auto-propagée se déplace ensuite dans le sens de la flèche 4 indiquée sur la figure 1 jusqu'à atteindre l'extrémité opposée 5. Les conditions appliquées sont dans ce cas les suivantes :

- pression de l'atmosphère de gaz neutre constitué dans cet exemple de réalisation par l'argon = 146MPa ;
- cycle de montée en température dans le four :

- . 50°C par minute jusqu'à 300°C ;
- . palier de 6 minutes à 300°C ;
- . 90°C par minute jusqu'à 800°C, sans palier ;
- . refroidissement à 50°C par minute jusqu'à 20°C.

Le diagramme de la figure 2 indique les températures mesurées sur la pièce et montre la température d'amorçage de la réaction d'autocombustion vers 673°C. On note en outre que la propagation d'un front de combustion à travers le matériau de l'élément compact 1 dès l'initiation de la réaction obtenue grâce au gradient de température de 200°C établi entre les deux extrémités dudit élément 1 est très rapide. Dans cet exemple, la réaction est complète et la vitesse de propagation du front de combustion peut être estimée à 20 mm/s. En général, la vitesse de propagation de la réaction se situe entre 1 et 10cm par seconde suivant les conditions opératoires appliquées.

Les résultats décrits ci-après ont été observés sur la pièce rechargée suivant le procédé conforme à l'invention.

En observation macroscopique, le matériau d'apport 1 présente une macroporosité avec une bonne adhérence sur toute la longueur de la zone concernée de la pièce 2.

En observation par microscopie optique comme représentée sur la figure 3, une phase intermédiaire est observée entre le matériau A du substrat et le matériau intermétallique NiAl. Le matériau NiAl est poreux mais la partie en contact avec le matériau A est parfaitement densifiée sur une épaisseur de 0,7 mm environ.

En observation par microscopie électronique à balayage, deux types d'analyses ont été effectuées, l'une qualitative, l'autre quantitative par sonde EDS.

L'analyse qualitative permet de mettre en évidence l'interphase entre les matériaux A et NiAl. Les figures 4 et 5 représentent des microphotographies montrant l'aspect du matériau obtenu. On distingue six zones :

- I : NiAl
- II : NiAl + Co,Cr
- III : interphase
- IV : zone de précipités
- V : matériau A près de l'interphase
- VI : matériau A

Le tableau ci-après indique les pourcentages atomiques des différents éléments constituant le matériau, la précision des mesures réalisées étant de  $\pm 1\%$ . Le matériau A de référence est indiqué dans la première colonne et les résultats des analyses ponctuelles réalisées dans les six zones sont reportés dans les colonnes suivantes.

	A	ZONE VI	ZONE V	ZONE IV	ZONE III	ZONE II	ZONE I
AL	2,89	2,60	6,32	13,97	31,61	42,71	49,56
Ti	3,73	3,70	3,36	2,79	1,90		
Cr	22,32	22,40	22,30	15,56	6,82	0,75	
Co	11,95	11,90	11,81	8,18	4,51	1,09	
Ni	56,40	56,50	53,52	57,78	54,59	55,45	50,44
Mo	2,63	2,70	2,67	1,72	0,58		
W	0,08	0,06	0,02	0,02			

Les figures 6 et 7 montrent l'évolution des profils de concentration des éléments Al, Ni, Co, Cr, Ti le long de l'interphase entre les matériaux A et NiAl. On note une décroissance régulière de la concentration en aluminium lorsqu'on passe de NiAl à A associée à une augmentation de la concentration en Cr, Co et Ti. Il en résulte qu'une réaction

de diffusion entre les deux matériaux A et NiAl s'est produite, l'épaisseur de l'interphase atteignant environ 20 µm (voir zones II et III de la figure 4).

Des essais de microdureté par la méthode Vickers réalisés sur les trois matériaux A, NiAl et interphase ont donné les résultats suivants :

5

- en zone I, sous charge de 100 g : 252
- en zone III, sous charge de 300 g : 410
- en zone VI, sous charge de 100 g : 298

10 Il résulte de ces observations que l'interphase obtenue est constituée d'une solution solide continue entre les matériaux A et NiAl. Aucun composé intermétallique intermédiaire n'a été observé. L'introduction de chrome dans la phase NiAl peut justifier l'augmentation de dureté de la phase intermédiaire en zone III par effet de solution solide mais le niveau de dureté confirme l'absence d'une phase intermétallique complexe.

## 15 EXEMPLE B

Il s'agit à nouveau de réaliser un apport sur une pièce en superalliage B à base de nickel afin de la remettre au profil désiré par rechargement à l'aide d'un mélange de poudres de nickel et d'aluminium en proportions équiatomiques avec interposition d'une sous-couche intermédiaire en superalliage C à base de nickel.

20 Comme schématiquement représenté sur la figure 8, à l'étape (a) du procédé conforme à l'invention, l'élément compact 1 est identique à celui qui a été utilisé et précédemment décrit pour l'exemple A et il est obtenu également de la même manière.

Par contre, entre le substrat 20 constitué par une zone de pièce en superalliage B et l'élément compact 1 est inséré un autre élément supplémentaire compact 11 obtenu par frittage à partir de poudres en superalliage C à base de nickel. Les compositions des superalliages sont indiquées ci-après en pourcentages pondéraux :

25 B : Ni base ; Cr 14 ; Co 9,5 ; Mo 4 ; Al 3 ; W4 ; Ti5 ; Si 0,2 ; Mn0,2 ; C 0,17

C : Ni base ; Co 16,5 à 19 ; Cr 10,4 à 12,2 ; Mo 3,3 à 4,2 ; Al 2,85 à 3,15 ; Ti 2,45 à 2,8 ; Si 1 à 1,3 ; B 0,68 à 0,8 ; C 0 à 0,06.

30 Comme précédemment, à l'étape (b), la pièce constituant le substrat 20 portent une sous-couche constituée par l'élément compact 11 et une couche externe constituée par l'élément compact 1 est introduite dans une chambre à haute pression hydrostatique de gaz neutre formant une enceinte chauffante.

L'étape suivante (c) permet à nouveau de réaliser une réaction de synthèse sur l'élément compact 1 et on obtient un rechargement par apport de matière sur la zone concernée de la pièce.

Les conditions appliquées sont dans ce cas les suivantes :

- 35
- pression de l'atmosphère de gaz neutre constitué dans cet exemple de réalisation par l'argon : 110MPa ;
  - cycle de montée en température dans le four :
- . 50°C par minute jusqu'à 300°C ;
  - . palier de 6 minutes à 300°C ;
  - 40 . 90°C par minute jusqu'à 600°C, sans palier ;
  - . refroidissement à 50°C par minute jusqu'à 20°C.

45 Les résultats décrits ci-après ont été observés sur la pièce rechargée suivant le procédé conforme à l'invention. En observation macroscopique, l'assemblage des trois parties, substrat 20 et éléments d'apport 1 et 11 apparaît réalisé et solide.

En observation par microscopie électronique à balayage, la microphotographie représentée à la figure 9 montre l'aspect du matériau obtenu comportant sept zones pour lesquelles les profils de concentration des éléments les plus importants déterminés le long de la ligne 12 sont également indiqués.

50 La zone I correspond au matériau intermétallique NiAl. La zone II est plus clairement visible sur le détail microphotographique agrandi représenté sur la figure 10 et elle correspond à l'interface entre le matériau NiAl et le superalliage C dont les profils de concentration des éléments Al, Ni, Co, Cr, Mo et Ti sont également indiqués sur la figure 11. La bande homogène de la zone II correspond à la diffusion de l'aluminium et du chrome en particulier avec également une variation de la concentration en titane.

55 Dans la zone III, les concentrations en Al, Ni, Co et Mo sont constantes alors que les concentrations en Cr et Ti varient continûment. Sur la microphotographie d'une partie agrandie de cette zone III représentée sur la figure 12, on observe la nature polyphasique de cette zone avec une zone monophasée majoritaire de couleur blanche et une zone à structure aciculaire. La zone IV présente une composition voisine de celle du superalliage C avec la présence d'inclusions de couleur claire correspondant à quelques variations pour certains éléments, molybdène et chrome en par-

ticulier.

Les zones suivantes V, VI et VII correspondent à l'interface entre les superalliages C et B. Un détail agrandi est représenté sur la microphotographie de la figure 13 et la figure 14 indique les profils de concentration des différents éléments. La zone VI présente une composition moyenne proche de celle du superalliage C avec plus d'aluminium et de tungstène mais moins de cobalt et de silicium. Cette zone présente une bonne homogénéité, les concentrations étant toutes à peu près constantes. Autour des grains constituant la phase VI, on distingue une structure aciculaire, de type eutectique indiquant une fusion partielle aux joints de grains de la phase VII. Les profils indiquent que ce constituant contient du Cr, Mo, Ti et Co avec moins de Ni et Al que dans le superalliage C. Dans la zone VII, la concentration en aluminium diminue, tandis que les concentrations en chrome et molybdène augmentent de façon continue.

Il résulte de ces observations qu'une bonne diffusion des différents éléments avec la formation d'une solution solide entre le superalliage C et le matériau intermétallique NiAl est constatée à l'interface entre ces deux matériaux.

En outre, la chaleur dégagée par la réaction exothermique de synthèse du composé intermétallique NiAl est suffisante pour affecter toute l'épaisseur de l'élément compact fritté 11 et provoquer la diffusion des éléments de l'autre côté avec apparition d'une interface entre les superalliages C et B.

## Revendications

1. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt caractérisé par les étapes successives suivantes :
  - (a) dépôt sur au moins une zone localisée de la pièce (2 ; 20) d'un élément d'apport (1 ; 1,11) pris dans le groupe, d'une part, des poudres réactives dans des proportions correspondant à la formation d'un matériau intermétallique et, d'autre part, des poudres de superalliage à base de nickel ou de cobalt ;
  - (b) mise en place de la pièce (2 ; 20) comportant le dépôt obtenu à l'étape (a) dans une chambre à haute pression alimentée en gaz neutre par un système de compression permettant d'assurer dans la chambre une pression hydrostatique de gaz neutre allant jusqu'à 1,5 GPa, ladite chambre comprenant également un four composé d'éléments chauffants permettant d'atteindre une température de 1200°C avec une vitesse de montée en température comprise entre 5°C par minute et 120°C par minute en assurant un gradient thermique de 200°C d'une extrémité à l'autre de la zone de pièce (2 ; 20) concernée, les températures étant contrôlées au moyen d'un système de mesure ;
  - (c) réalisation d'une réaction de synthèse par combustion auto-propagée sous haute pression hydrostatique de gaz sur ledit élément d'apport dans des conditions déterminées de température et de pression de manière à assurer la densification de l'apport (1 ; 1,11) et la liaison métallurgique entre ledit apport et la surface concernée de la pièce en superalliage.
2. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt selon la revendication 1 dans lequel ledit apport constitue un rechargement d'une zone localisée de pièce et l'étape (c) terminée par un simple refroidissement de pièce est suivie d'une opération de ragréage des surfaces par usinage de finition.
3. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt selon la revendication 1 dans lequel ledit apport constitue un revêtement protecteur sur au moins une zone de la pièce, permettant d'accroître la résistance à l'oxydation, à la corrosion et/ou à l'érosion.
4. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel l'épaisseur finale du dépôt obtenu sur la pièce est comprise entre 20µm et 10mm.
5. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 4 dans lequel à l'étape (a), le dépôt est obtenu par la mise en place d'un élément compact (1) obtenu à partir du mélange des quantités adéquates de poudres de nickel et d'aluminium de granulométrie inférieure à 150µm, en proportions équiatomiques, ce mélange étant placé dans un moule adapté et compacté à froid sous une charge de 40 MPa.
6. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel ou de cobalt selon la revendication 5 dans lequel à l'étape (a), lors de la mise en place de l'élément compact (1), un autre élément supplémentaire compact (11) est inséré en sous-couche sur la surface de la zone concernée de la pièce formant le substrat (20), ledit élément supplémentaire (11) étant obtenu préalablement par frittage de poudres en superalliage à base

de nickel.

7. Procédé de réalisation d'un apport sur une pièce en superalliage à base de nickel selon la revendication 6 dans lequel le superalliage de la pièce formant le substrat (20) présente la composition nominale suivante en pourcentages pondéraux :

- Ni base, Cr 14; Co 9,5; Mo 4; Al 3; W4; Ti 5; Si 0,2 Mn 0,2; C 0,17 et l'élément supplémentaire compact (11) présente la composition suivante en pourcentages pondéraux :
- Ni base; Co 16,5 à 19; Cr 10,4 à 12,2; Mo 3,3 à 4,2; Al 2,85 à 3,15; Ti 2,45 à 2,8; Si 1 à 1,3; B 0,68 à 0,8; C 0 à 0,06.

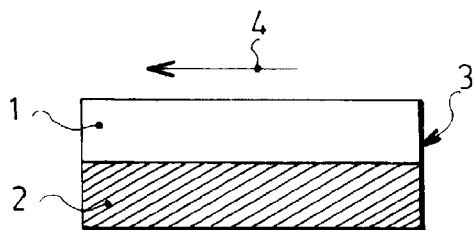


FIG: 1

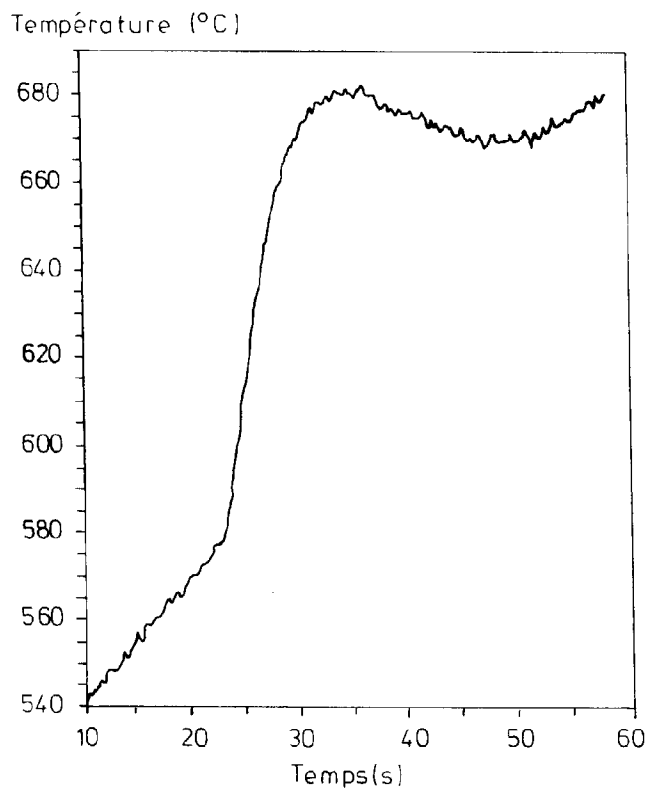


FIG: 2



FIG: 3



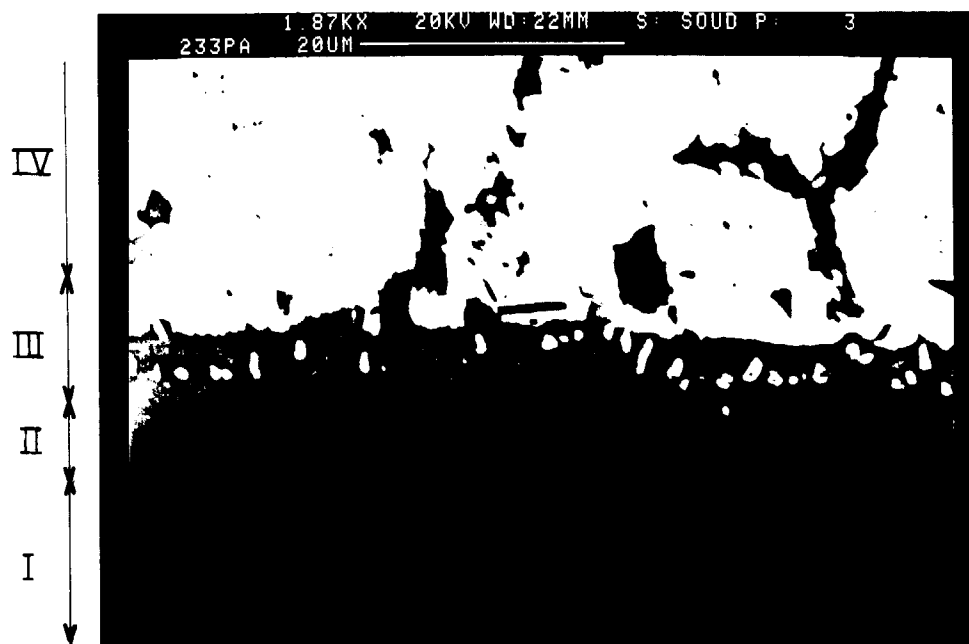


FIG: 4

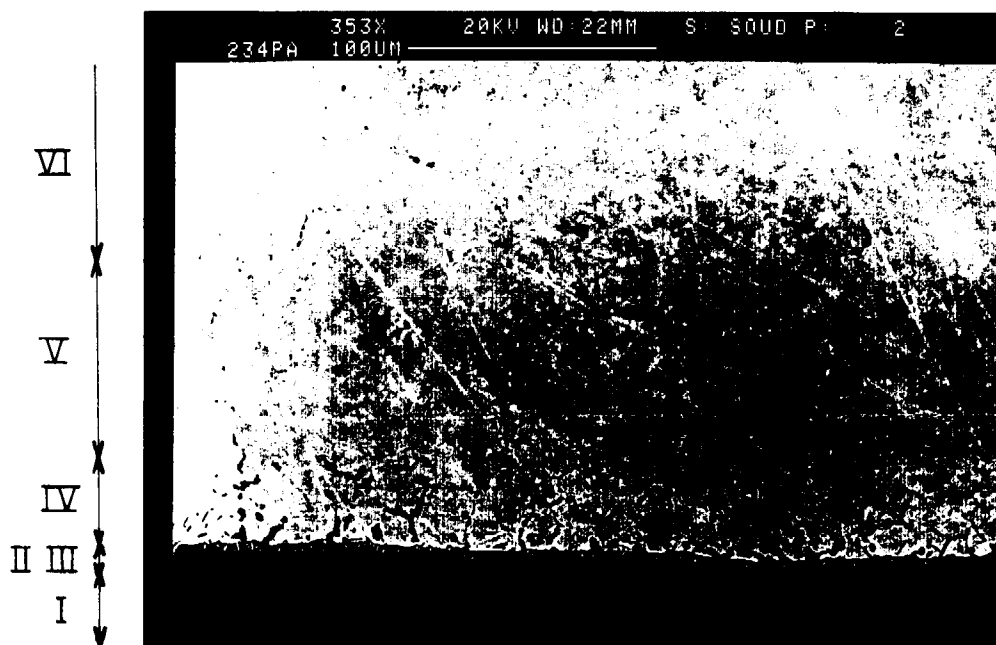


FIG: 5

FIG:6

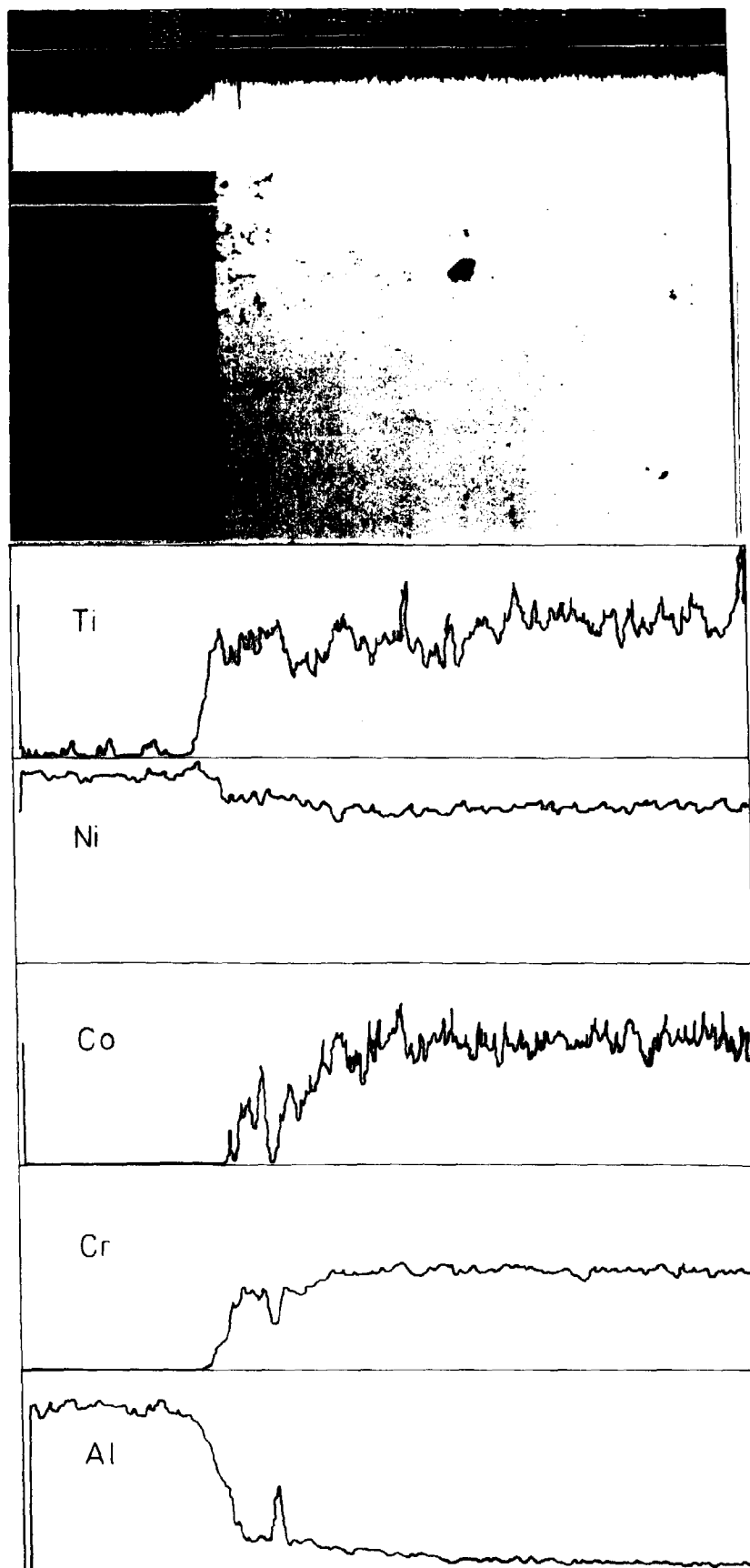
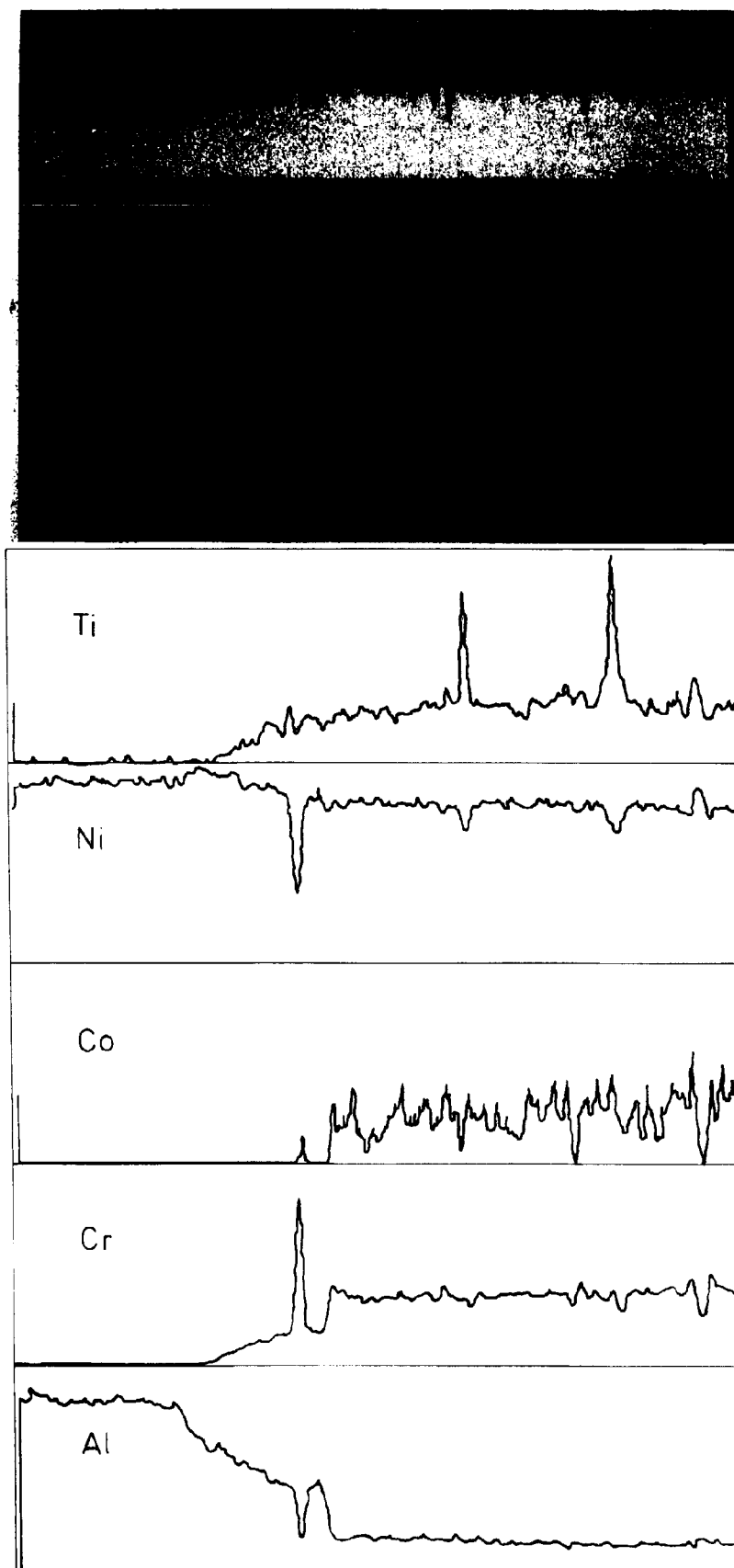


FIG: 7



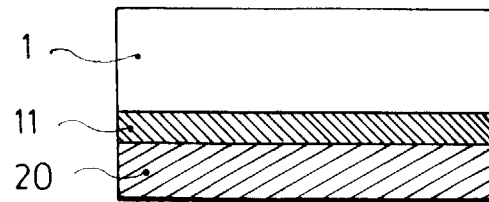
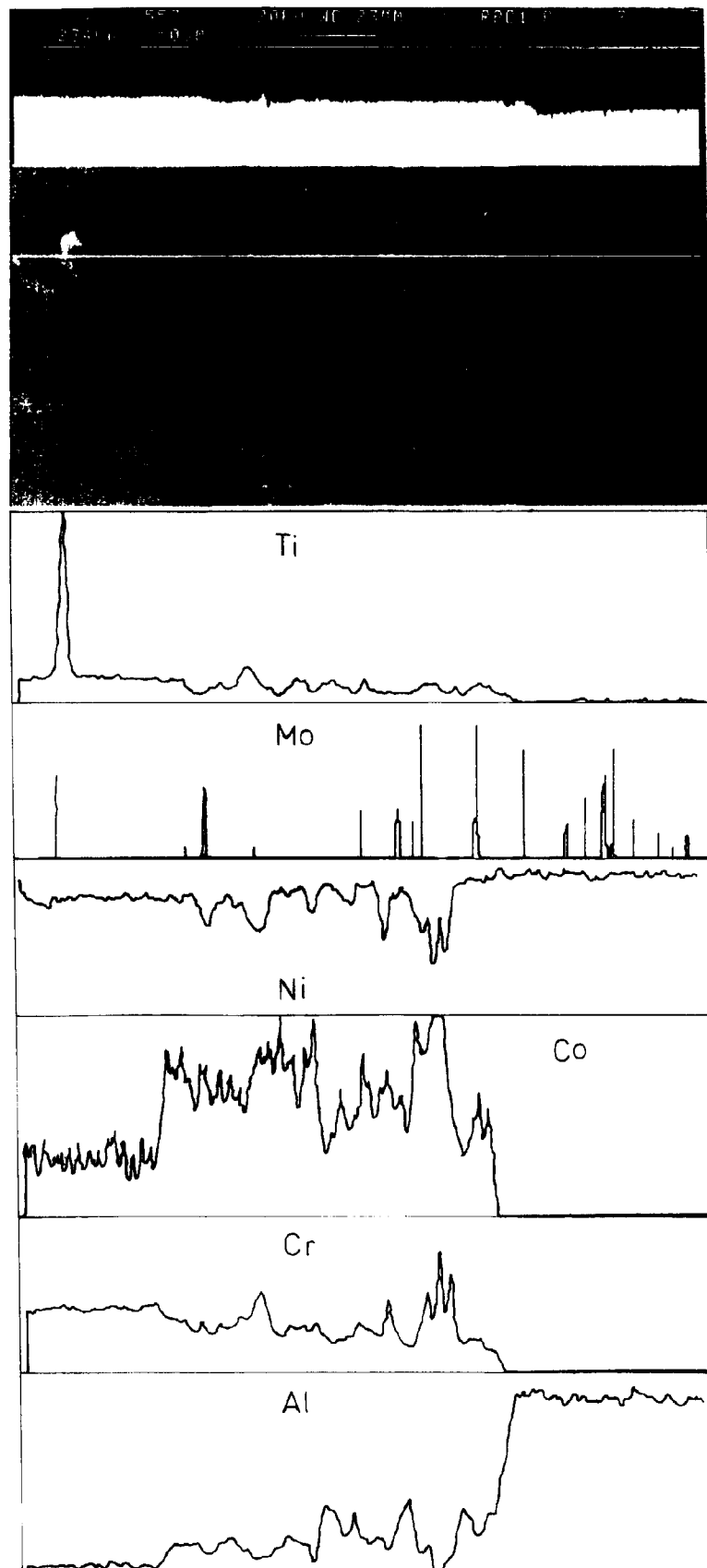


FIG. 8



FIG. 12

FIG: 9



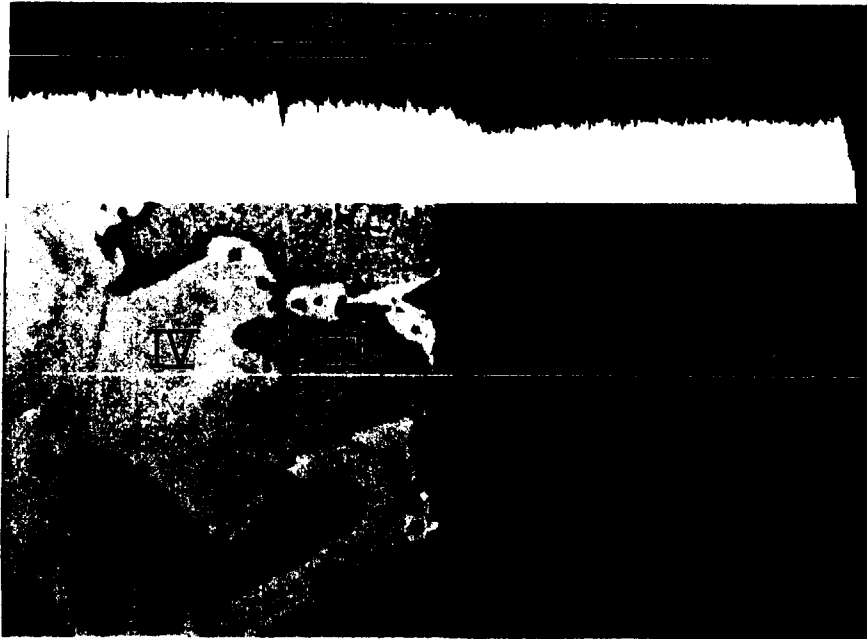


FIG : 10

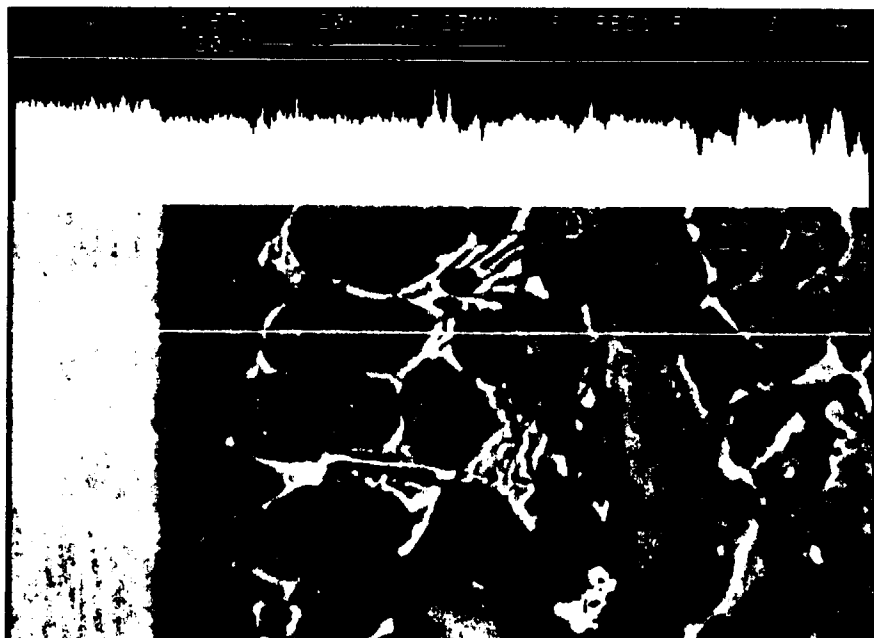


FIG : 13

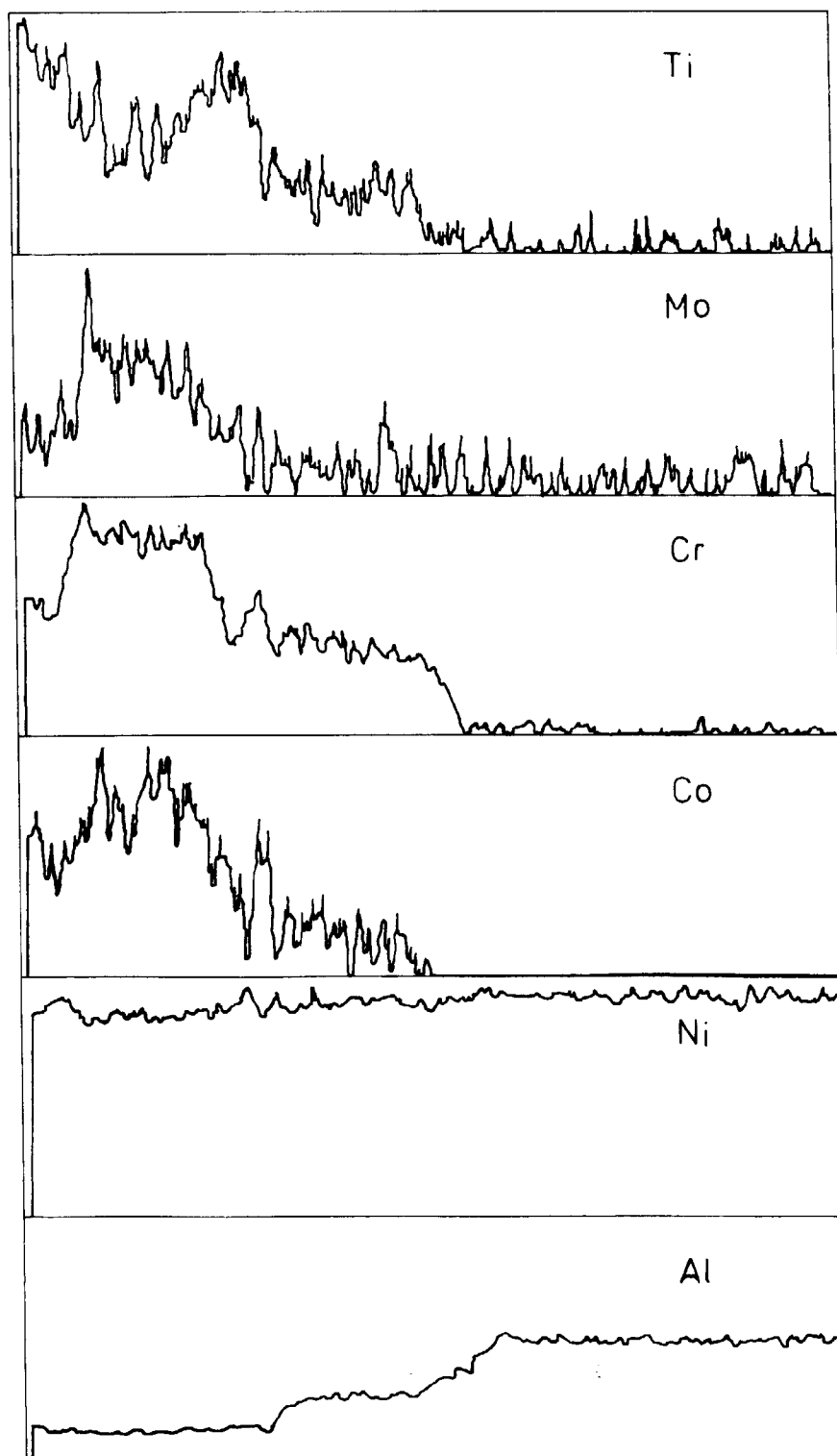


FIG: 11

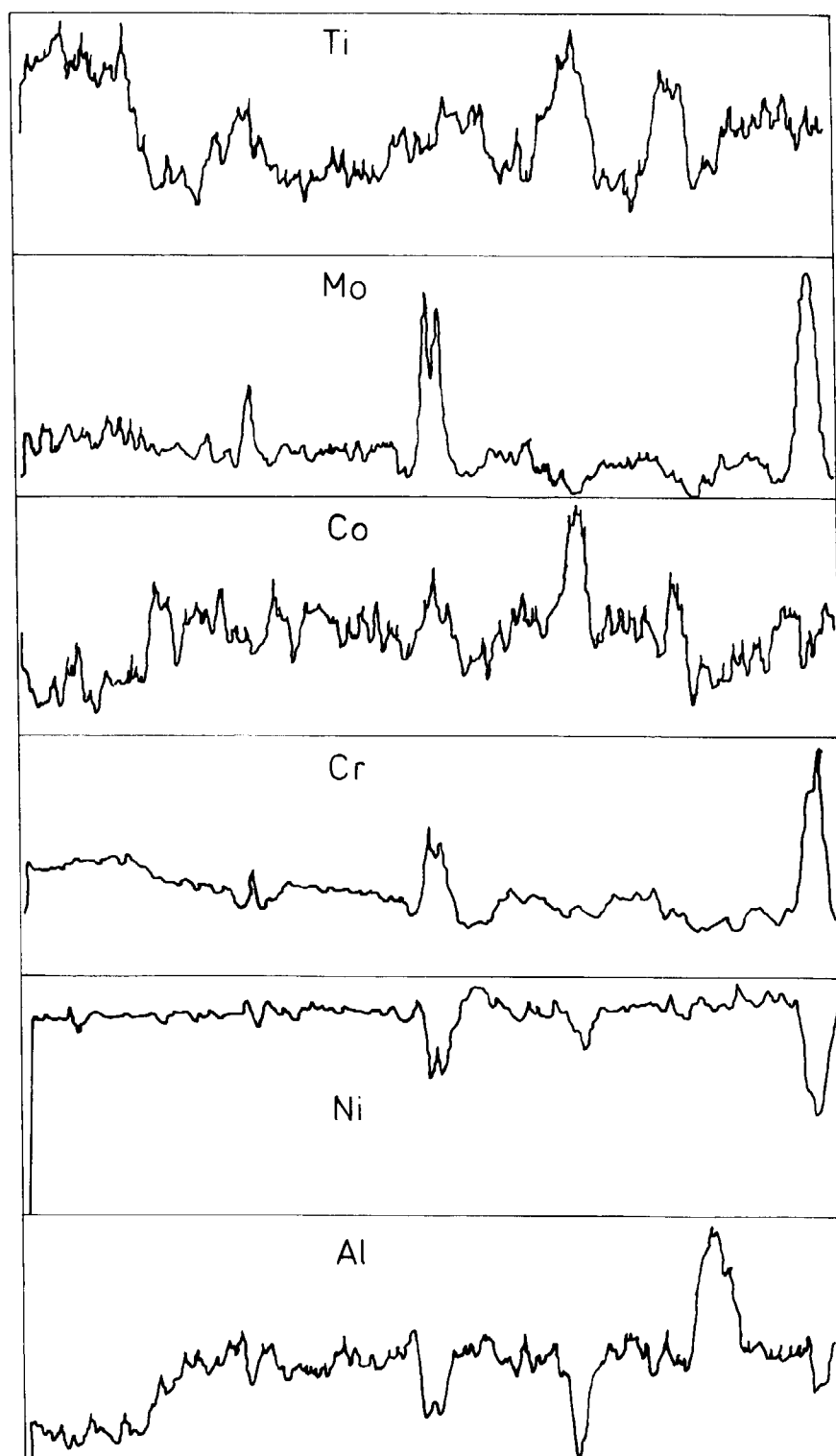


FIG:14





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 97 40 1953

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 129 (C-024), 10 septembre 1980 & JP 55 082762 A (HITACHI), 21 juin 1980, * page 1 *	1,3	C23C10/28
Y	GB 507 341 A (INSTITUT FUR PHYSIKALISCHE CHEMIE DER METALLE) * revendications 1-4 *	1,3	
Y	US 5 352 539 A (WERNER G. PSIUK) * colonne 5, ligne 41 - colonne 6, ligne 12; revendications 6-12 *	1,3	
A	FR 1 552 850 A (UNITED AIRCRAFT CORPORATION) * page 2, colonne 2, ligne 31 - ligne 36 * * page 3, colonne 2, alinéa 5 * * page 2, colonne 2, alinéa 9 - page 3, colonne 1, alinéa 1 *	1	
A	EP 0 531 083 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) * exemples 2,4 *	5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	GB 796 531 A (PAUL VULLIEZ) * revendications 1,2 *	5	C23C
A	EP 0 574 290 A (GEC ALSTHOM ELECTROMECHANIQUE) * revendications 1-12; figures 1-4 *	6	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28 novembre 1997	Examineur Elsen, D
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>1 : 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 &amp; : membre de la même famille; document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03/82 (P4002)