



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1999/07/08

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2000/01/23

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2005/09/20

(30) Priorité/Priority: 1998/07/23 (98.09396) FR

(51) Cl.Int.⁶/Int.Cl.⁶ B23K 35/28

(72) Inventeurs/Inventors:

MALIE, ANDRE HUBERT LOUIS, FR;
GROSBAS, MICHEL, FR;
BEAUFORT, MARIE-FRANCE, FR;
JACQUOT, FREDERIC, FR;
HUCHIN, JEAN-PIERRE, FR

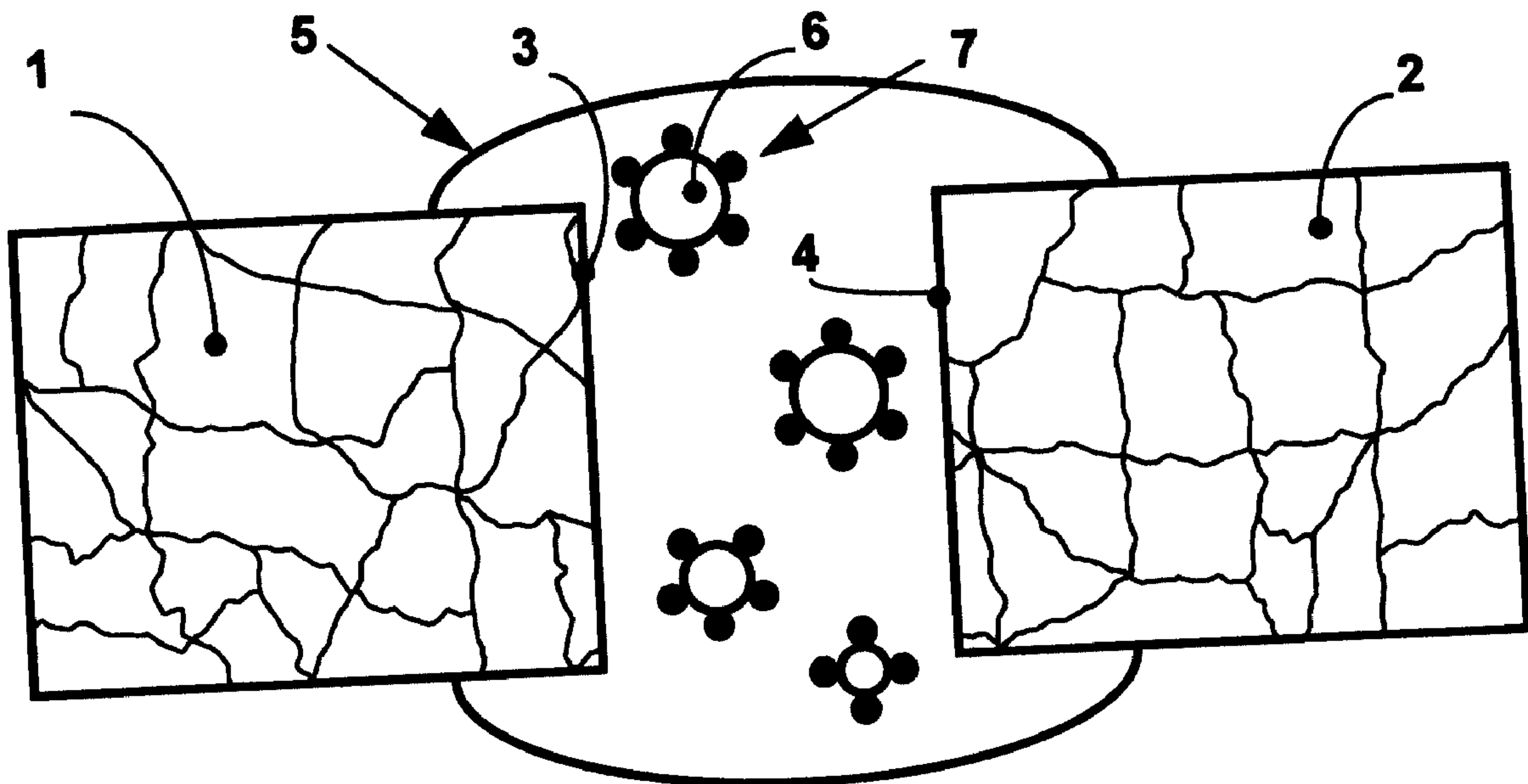
(73) Propriétaire/Owner:

SNECMA SERVICES, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : PROCEDE DE BRASAGE-DIFFUSION DE PIECES EN SUPERALLIAGE

(54) Title: BRAZING-DIFFUSION METHOD FOR SUPERALLOY WORKPIECES



(57) Abrégé/Abstract:

Un procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage A utilise un apport de poudre de brasage à monocomposant obtenue suivant les étapes suivantes : (a) deux quantités de poudre en superalliage A et de poudre d'élément fondant B ou Si en proportion massique entre 0,1% et 40% sont préparées ; (b) les poudres mélangées sont placées dans un conteneur avec des billes, tous deux en superalliage A et après fermeture, maintenu sous atmosphère contrôlée ; (c) le conteneur est placé dans un broyeur et maintenu en mouvement pendant 30 secondes à 500 heures de manière à incorporer l'élément fondant à la surface des grains de la poudre de superalliage.

ABREGE

Un procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage A utilise un apport de poudre de brasage à monocomposant
5 obtenue suivant les étapes suivantes :

(a) deux quantités de poudre en superalliage A et de poudre d'élément fondant B ou Si en proportion massique entre 0,1% et 40% sont préparées ;

10

(b) les poudres mélangées sont placées dans un conteneur avec des billes, tous deux en superalliage A et après fermeture, maintenu sous atmosphère contrôlée ;

15 (c) le conteneur est placé dans un broyeur et maintenu en mouvement pendant 30 secondes à 500 heures de manière à incorporer l'élément fondant à la surface des grains de la poudre de superalliage.

20

PAS DE FIGURE

25

DESCRIPTION**PROCEDE DE BRASAGE-DIFFUSION DE PIECES EN SUPERALLIAGE.**

5 La présente invention concerne un procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage à base de nickel, cobalt ou fer, de structure polycristalline ou monocristalline. Ledit procédé est particulièrement appliqué à l'assemblage ou à la réparation par rechargement de pièces, notamment dans le
10 domaine aéronautique.

Les conditions sévères de fonctionnement imposées par exemple aux aubes de turbomachines et de turbines industrielles exigeant notamment une excellente résistance à chaud à
15 l'oxydation et/ou une excellente tenue en corrosion combinées à de bonnes propriétés mécaniques à hautes températures telle qu'une bonne tenue en fluage ont amené l'utilisation pour leur fabrication de superalliages à base de nickel, cobalt ou fer. Pour la réalisation d'assemblages ou de réparations par
20 rechargement, les techniques courantes de soudage avec fusion se révèlent mal adaptées à ces matériaux ou demanderaient des mises en oeuvre complexes et souvent irréalisables.

Des procédés de brasage-diffusion ont alors été utilisés. En
25 évitant de modifier profondément la structure métallurgique du matériau, ces procédés visent à obtenir des liaisons homogènes du point de vue chimique et aussi structural. Une illustration en est donnée par exemple par EP-A- 0 075 497.

30 Il est connu pour réaliser des réparations par rechargement d'utiliser des poudres de brasage dites bicomposant et constituées d'un mélange de deux poudres obtenues notamment par atomisation sous argon :

35 - une poudre de superalliage de composition chimique voisine de celle du matériau à réparer ;

- une poudre à base de nickel ou de cobalt contenant 2 à 6% en masse d'éléments fondants tels que le bore ou le silicium.

L'opération de brasage-diffusion est réalisée à une température comprise entre 1050°C et 1220°C, déterminée inférieure à la température de fusion du superalliage. A la
5 température de l'opération, la poudre de superalliage reste à l'état solide et la poudre contenant les éléments fondants devient liquide assurant à la fois la fluidité du mélange, le brasage des grains de poudre de superalliage entre eux amenant une densification et par diffusion des éléments
10 fondants, une solidification isotherme du joint liquide est obtenue à la température de brasage. L'interdiffusion entre le joint brasé et le superalliage du métal de base assure l'homogénéisation des compositions chimiques. Après les traitements thermiques classiques, les zones rechargées par
15 brasage-diffusion présentent les propriétés mécaniques à hautes températures recherchées, très proches de celles du matériau de base des pièces. En outre, les revêtements connus améliorant la tenue à la corrosion et à l'oxydation à haute température peuvent être appliqués.

20

Les procédés connus de brasage-diffusion utilisant des poudres bicomposant entraînent cependant certaines contraintes et des inconvénients de mise en oeuvre :

25 - l'opération de mélange des deux poudres est longue et fastidieuse,

- l'homogénéisation de la composition chimique du mélange est délicate et nécessite de nombreux contrôles mais reste
30 impérative,

- des conditions particulières de stockage doivent être prévues pour éviter toute ségrégation du mélange,

35 - le ratio des proportions des deux poudres dans le mélange doit en outre être adapté en fonction de la nature du rechargement et, en particulier, de la largeur des fissures à réparer.

Un procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage A répondant aux conditions précitées en évitant les inconvénients des procédés connus antérieurs comporte les étapes suivantes :

5

- (a) préparation d'une quantité déterminée de poudre de superalliage A de composition identique à celle des pièces et d'une quantité correspondante en proportion massique comprise entre 0,1% et 40% de poudre d'au moins un élément fondant pris dans le groupe bore et silicium ;

10

- (b) introduction sous forme mélangée des poudres préparées à l'étape a avec des billes dans un conteneur, billes et conteneur étant en superalliage A, puis après fermeture du conteneur, maintien sous atmosphère contrôlée ;

15

- (c) mise du conteneur dans un broyeur et maintien en mouvement du conteneur pendant une durée allant de 30 secondes à 500 heures de manière à incorporer l'élément fondant à la surface des grains de la poudre de superalliage ;

20

- (d) nettoyage par voie chimique au bain des surfaces de pièces à braser ;

25

- (e) traitement au four par voie thermochimique desdites pièces ;

30

((f) dépôt sur lesdites surfaces de pièces d'un apport constitué de la poudre dite à monocomposant obtenue à l'étape (c) ;

35

- (g) réalisation d'un cycle thermique de brasage au four comportant une montée par paliers jusqu'à une température de brasage comprise entre 1050°C et 1400°C et déterminée en fonction du superalliage puis un temps de maintien allant de 15 à 30 minutes ;

- (h) traitement thermique de diffusion au four sous atmosphère contrôlée pendant une durée comprise entre 4 et 16 heures.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à l'aide de la description qui va suivre d'exemples de réalisation du procédé de brasage-diffusion selon l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

10

- les figures 1, 2 et 3 sont des vues partielles schématiques montrant les divers états physico-chimiques de la couche de liaison lors de l'assemblage de deux pièces en superalliage grâce au procédé de brasage-diffusion conforme à l'invention

15

; - les figures 4, 5 et 6 sont des vues partielles schématiques montrant de manière analogue aux figures 1, 2 et 3 les divers états physico-chimiques de l'apport de rechargement lors de la réparation d'une pièce en superalliage grâce au procédé de brasage-diffusion conforme à l'invention.

20

Le procédé de brasage-diffusion conforme à l'invention est appliqué lors de la fabrication ou pour la réparation de pièces en superalliage à base de nickel, de cobalt ou de fer. Ledit procédé permet notamment de réaliser un assemblage de pièces ou un rebouchage de fissure sur pièce ou un rechargement de surface de pièce assurant la restauration dimensionnelle de la pièce.

25
30

De manière remarquable et conforme à l'invention, une poudre de brasage dite à monocomposant est utilisée dans le procédé de brasage-diffusion. La poudre monocomposant est obtenue suivant la gamme opératoire de fabrication comportant les étapes suivantes :

35

- on effectue la mesure par simple pesée de la proportion pondérale choisie de la(es) poudre(s) d'élément(s) fondant bore et/ou silicium dans la poudre de superalliage à base de

nickel, de cobalt ou de fer. La proportion d'élément(s) fondant dans la poudre de superalliage balaye le domaine suivant de 0,1% à 40% en masse ;

5 - on réalise ensuite le mélange des poudres de superalliage base nickel, cobalt ou de fer et d'élément(s) fondant bore et/ou silicium pendant quelques minutes ;

10 - on dépose ensuite le mélange des poudres de superalliage et d'éléments fondant avec des billes en superalliage base nickel, cobalt ou fer dans un conteneur en superalliage base nickel, cobalt ou fer. Ce conteneur est refermé par un couvercle possédant un joint en Téflon. Le conteneur est alors mis sous vide ou sous atmosphère neutre afin de limiter
15 les contaminations en oxygène ;

- le conteneur est ensuite placé dans un broyeur qui est alors mis en route pendant un temps de broyage allant de 30 secondes à 500 heures ;

20 - une fois le broyage terminé, le conteneur est alors ouvert soit sous air, soit sous atmosphère inerte pour limiter la contamination en oxygène ;

25 - on récupère ensuite la poudre de brasage "monocomposant" que l'on stocke dans des conteneurs sous atmosphère inerte afin de limiter la contamination en oxygène.

De cette manière, pendant la durée du brasage, le mouvement
30 des billes dans le conteneur provoque des chocs entre les billes et les grains de poudre et contre les parois. Ces chocs permettent d'incruster les éléments fondants sur la surface des grains en superalliage. Le broyeur qui met en mouvement le conteneur est de tout type connu, vibratoire,
35 planétaire ou horizontal.

Ce mode avantageux de fabrication de la poudre monocomposant permet d'éliminer des opérations longues de mélange de poudres. Seulement un mélange de quelques minutes permet de

répartir de manière homogène la poudre d'élément(s) fondant(s) parmi les grains de poudre de superalliage avant d'effectuer la mécanosynthèse au broyeur.

- 5 L'incrustation obtenue des éléments fondants en surface des grains de poudre de superalliage permet d'assurer une composition chimique homogène qui est une condition importante pour obtenir des résultats satisfaisants lors de l'utilisation de la poudre de brasage. Les contrôles de
10 composition chimique peuvent en conséquence être simplifiés.

Le mode de fabrication de la poudre monocomposant permet également d'obtenir des résultats satisfaisants lors de son utilisation tout en conservant une proportion plus importante
15 de superalliage dans sa composition par rapport aux poudres connues antérieures dites à bicomposant. Par suite, les zones d'application sur pièces présentent de meilleures propriétés mécaniques, notamment dans le cas de pièces de turbomachine sollicitées en fluage à haute température.

20

La réalisation d'un assemblage ou d'une réparation de pièces en superalliage par brasage-diffusion nécessite une préparation de surface des pièces. Notamment pour des pièces de turbomachine en superalliage à base de nickel, de cobalt
25 ou de fer, fissurées ou endommagées après une exposition à des gaz de combustion à haute température et présentant une couche contaminée en surface, des nettoyages par voie chimique au bain sont effectués, comportant les opérations suivantes :

30

- décalaminage dans un bain acide ou alcalin suivi d'un rinçage ;
- conditionnement des oxydes dans un bain au permanganate
35 alcalin ou dans un bain de soude fondue suivi d'un rinçage ;
- immersion dans un bain acide constitué d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique , d'acide nitrique, d'acide

acétique, d'acide phosphorique et d'un sel ferrique, suivi d'un rinçage.

Après enlèvement de la couche contaminée recouvrant la pièce,
5 la préparation est parachevée par un traitement par voie thermo-chimique dans des conditions connues en soi. Ledit traitement est effectué dans une enceinte semi-étanche où est placé un ciment à base de fluorure d'ammonium et de chrome, ladite enceinte étant placée dans un four à atmosphère
10 contrôlée d'hydrogène.

En fonction des applications particulières et suivant la taille et la configuration des défauts à réparer sur les pièces, une opération complémentaire de brasage peut être
15 effectuée. Dans ce cas, on dépose à la surface des zones concernées un métal d'apport constitué en un alliage à base de nickel ou de cobalt et comportant un élément fondant tel que le bore puis un cycle thermique de brasage est effectué, avec montée en température de brasage pendant un temps de 15
20 minutes, de manière à obtenir la fusion du métal d'apport et le mouillage des surfaces.

Un apport constitué de la poudre à monocomposant obtenue suivant la gamme de fabrication précédemment décrite est
25 alors effectué dans les zones concernées de pièce. Ensuite, un cycle thermique de brasage est réalisé au four comportant une montée par paliers jusqu'à une température de brasage comprise entre 1050°C et 1400°C et déterminée pour rester inférieure à la température de fusion du superalliage
30 constituant à la fois la pièce et la poudre de brasage avant l'opération de mécanosynthèse, puis un temps de maintien allant de 15 à 30 minutes.

Enfin, un traitement thermique de diffusion est effectué au
35 four sous atmosphère contrôlée, vide ou atmosphère inerte pendant une durée comprise entre 4 et 16 heures, de manière à assurer une homogénéisation suffisante de la zone brasée.

Les figures 1, 2 et 3 montrent suivant une représentation schématique un exemple d'application du procédé de brasage-diffusion conforme à l'invention et qui vient d'être décrit à l'assemblage de deux pièces 1 et 2. Suivant la figure 1,
5 entre les surfaces 3 et 4 à assembler des pièces 1 et 2 est déposée la poudre de brasage à monocomposant 5 constituée de grains 6 de superalliage enrichis par les éléments fondants 7 incrustés en surface des grains.

10 Suivant la figure 2, les éléments fondants 7 et une partie de la zone proche de la surface des grains 6 de superalliage passent à l'état liquide et la phase liquide 8 ainsi constituée mouille les surfaces 3 et 4 et les grains 6 de superalliage. Compte-tenu des faibles dimensions des grains,
15 la phase liquide 8 est retenue par capillarité.

La figure 3 montre le résultat obtenu à l'issue du traitement de diffusion. Une couche intermédiaire 9 s'est solidifiée, présentant une structure métallographique homogène liée par
20 diffusion aux pièces 1 et 2. Les surfaces 3 et 4, anciennes limites de parois des pièces 1 et 2, symbolisées par des pointillés sur la figure 3, ne constituent aucune rupture dans la structure.

25 Un exemple d'application du procédé de brasage-diffusion conforme à l'invention et précédemment décrit est illustré dans le cas de la réparation d'une pièce en superalliage par les figures 4 à 6. Comme précédemment, suivant la figure 4, la poudre de brasage à monocomposant 5 est déposée sur la
30 zone à réparer 11 de la pièce 12. La poudre 5 est constituée de grains 6 de superalliage sur lesquels sont incrustés en surface les éléments fondants 7.

La figure 5 montre l'apparition de la phase liquide 8. La
35 figure 6 montre après le traitement de diffusion la présence d'une couche solidifiée 13 dont la structure métallographique est homogène et liée par diffusion aux parois de la pièce 12.

En fonction des applications particulières du procédé de brasage-diffusion conforme à l'invention, soit à l'assemblage de pièces, soit à la réparation de pièces par rebouchage de fissures ou par rechargement assurant une restauration dimensionnelle, l'apport de la poudre de brasage à monocomposant peut être effectué sous différentes formes. Ainsi, la poudre de brasage peut être déposée avec un ajout de liant organique, connu en soi et déterminé pour disparaître par pyrolyse au cours du traitement thermique sans laisser de résidu indésirable notamment carboné.

L'apport peut également être effectué par exemple sous la forme d'un élément compact préalablement préparé en mettant en oeuvre diverses techniques de fabrication. Ainsi, par exemple, la poudre de brasage à monocomposant peut être placée dans un moule de forme homothétique à la forme à obtenir et l'élément compact autobrasable est obtenu après un cycle thermique assurant une compaction par frittage.

REVENDICATIONS

1. Procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage A
5 utilisant un matériau d'apport obtenu à partir d'une poudre de brasage et comportant les étapes suivantes :
- (a) préparation d'une quantité déterminée de poudre de superalliage A de composition identique à celle des pièces et
10 d'une quantité correspondante en proportion massique comprise entre 0,1% et 40% de poudre d'au moins un élément fondant pris dans le groupe bore et silicium ;
 - (b) introduction sous forme mélangée des poudres préparées
15 à l'étape (a) avec des billes dans un conteneur, billes et conteneur étant en superalliage A, puis après fermeture du conteneur, maintien sous atmosphère contrôlée ;
 - (c) mise du conteneur dans un broyeur et maintien en
20 mouvement du conteneur pendant une durée allant de 30 secondes à 500 heures de manière à incorporer l'élément fondant à la surface des grains de la poudre de superalliage;
 - (d) nettoyage par voie chimique au bain des surfaces de
25 pièces à braser ;
 - (e) traitement au four par voie thermochimique desdites pièces ;
 - 30 - (f) dépôt sur lesdites surfaces de pièces d'un apport constitué de la poudre dite à monocomposant obtenue à l'étape (c) ;
 - (g) réalisation d'un cycle thermique de brasage au four
35 comportant une montée par paliers jusqu'à une température de brasage comprise entre 1050°C et 1400°C et déterminée en fonction du superalliage puis un temps de maintien allant de 15 à 30 minutes ;

- (h) traitement thermique de diffusion au four sous atmosphère contrôlée pendant une durée comprise entre 4 et 16 heures.

5 2. Procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que après l'étape (e) une première opération de brasage est effectuée comportant les étapes :

10 -(f1) dépôt sur les surfaces à braser d'un métal d'apport sous forme d'une brasure classique à base de nickel ou cobalt et élément fondant ;

15 - f2) réalisation d'un cycle thermique de brasage au four avec montée à la température de brasage en 15 minutes, jusqu'à la fusion du métal d'apport et le mouillage des surfaces.

20 3. Procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que à l'étape (f) la poudre dite à monocomposant est déposée avec un ajout de liant organique.

25 4. Procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que à l'étape (f), l'apport est constitué par un élément compact obtenu après mise en place de la poudre monocomposant obtenue à l'étape (c) dans un moule de forme homothétique à la forme de l'élément compact à obtenir et réalisation d'un cycle
30 thermique assurant une compaction par frittage de l'élément compact autobrasable.

5. Procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que à l'étape (f)
35 l'apport est effectué à l'aplomb du jeu séparant les faces de liaison de deux pièces (1, 2) dont l'assemblage est réalisé à l'issue des étapes suivantes (g) et (h).

6. Procédé de brasage-diffusion de pièces en superalliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que à l'étape (f) l'apport est effectué à l'aplomb d'une fissure de la pièce (12) à réparer, la réparation étant réalisée à l'issue des
5 étapes suivantes (g) et (h).

7. Procédé de brasage-diffusion de pièce en superalliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que à l'étape (f) l'apport est effectué sur une surface de pièce à recharger,
10 le rechargement étant réalisé à l'issue des étapes suivantes (g) et (h) de manière à assurer la restauration dimensionnelle de la pièce.

1 / 2

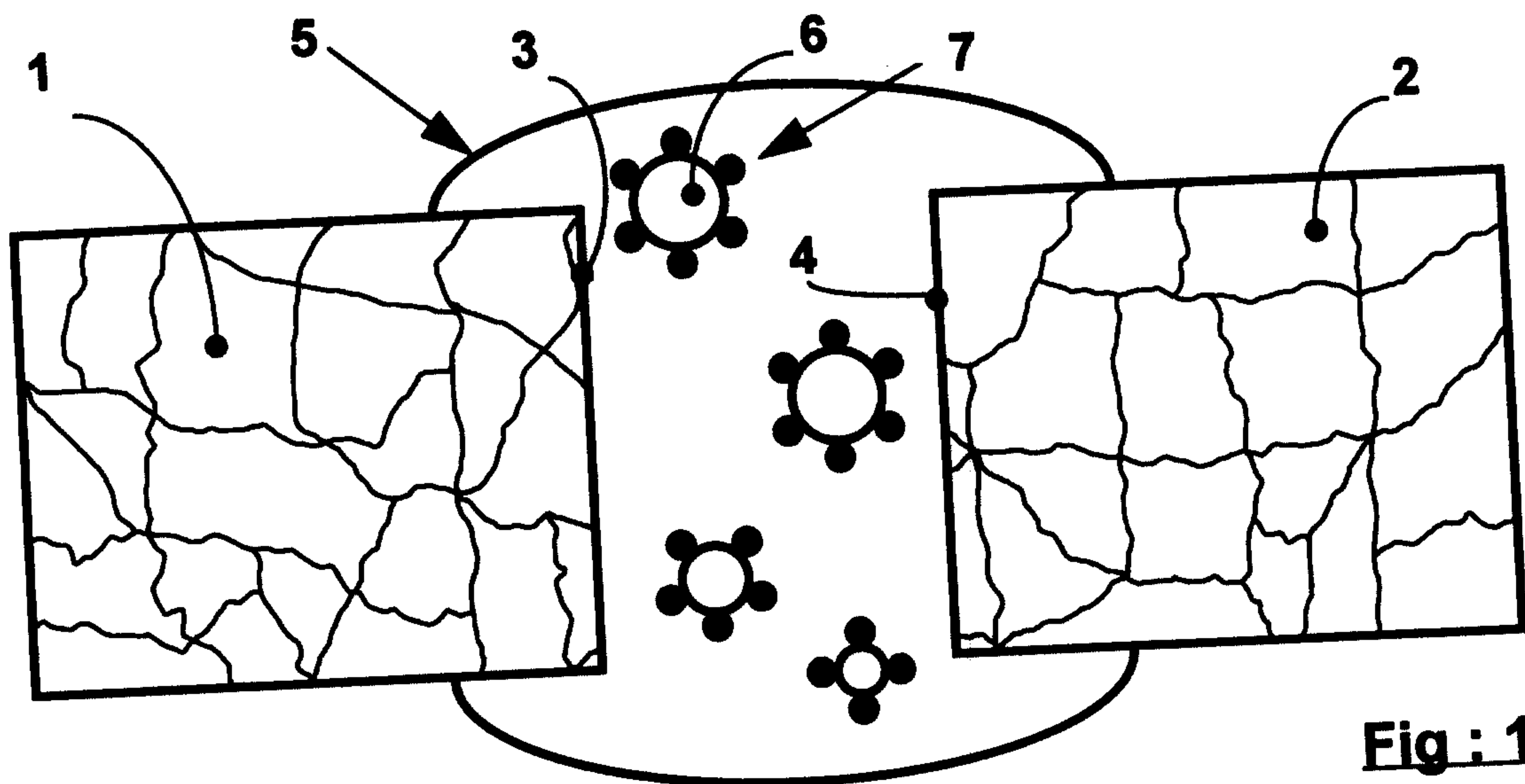


Fig : 1

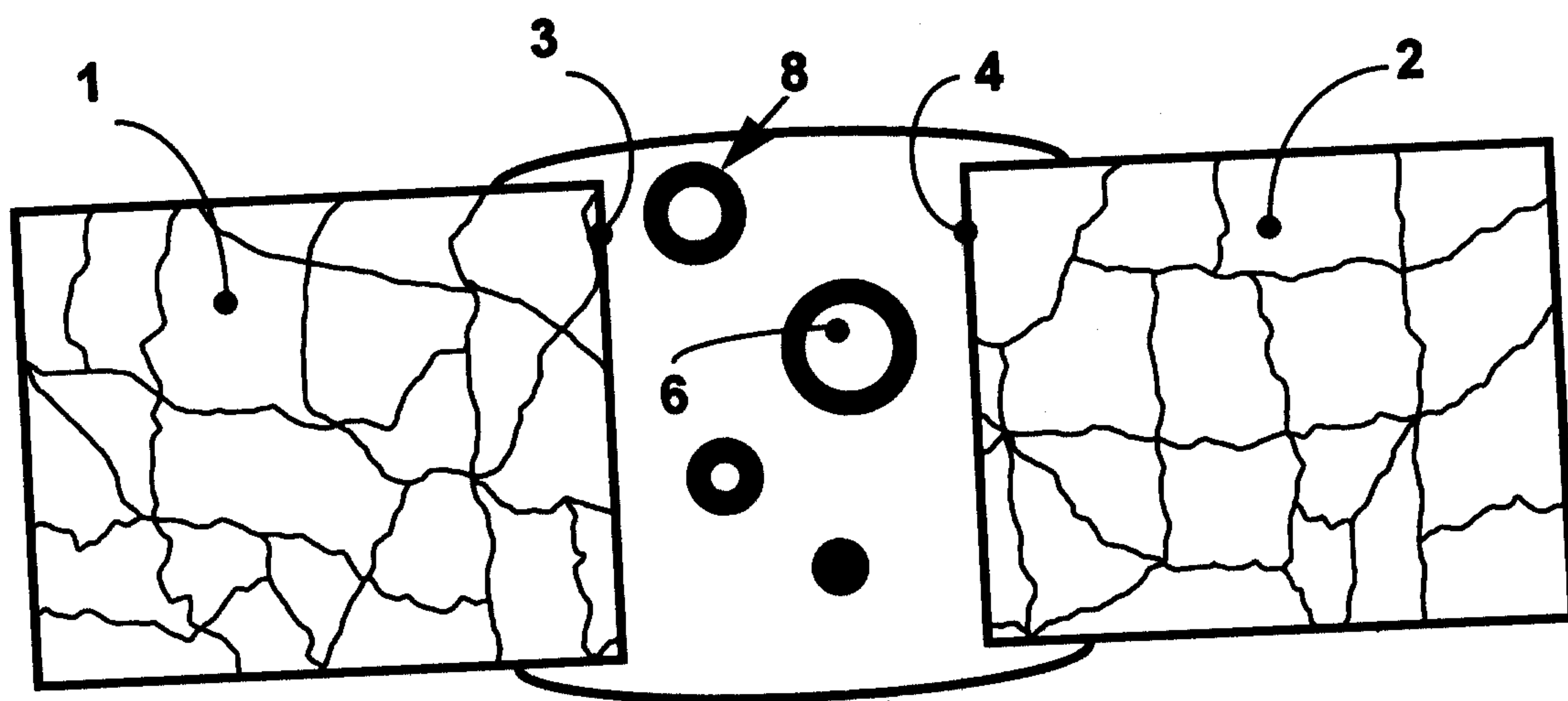


Fig : 2

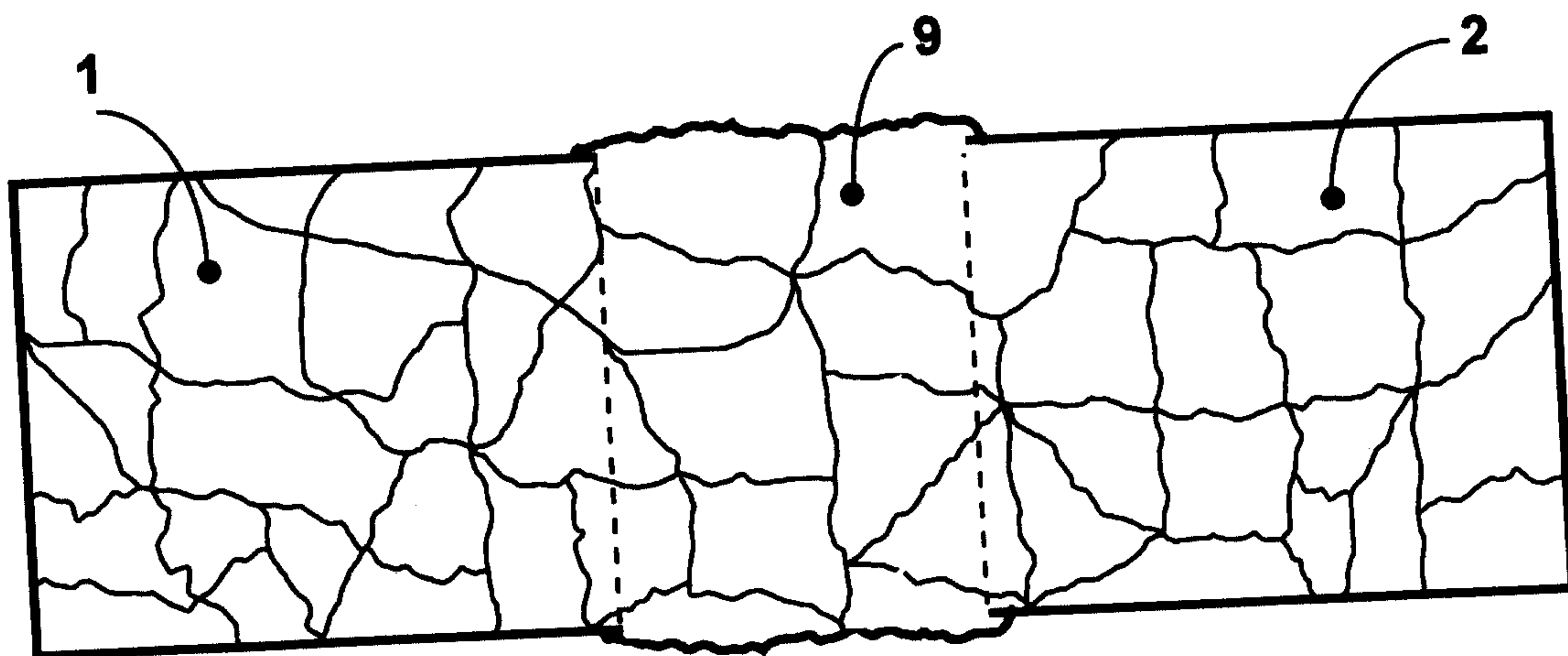


Fig : 3

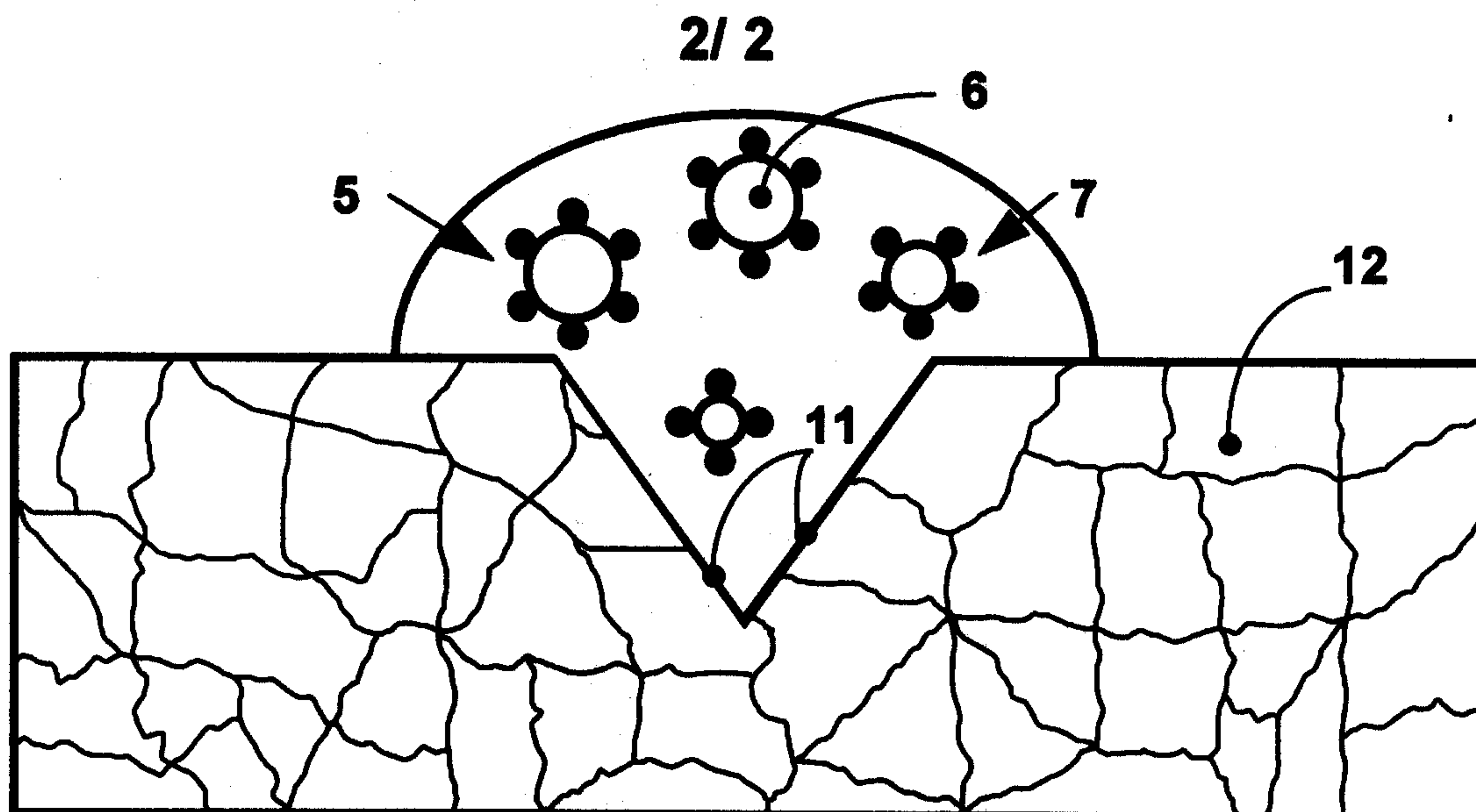


Fig : 4

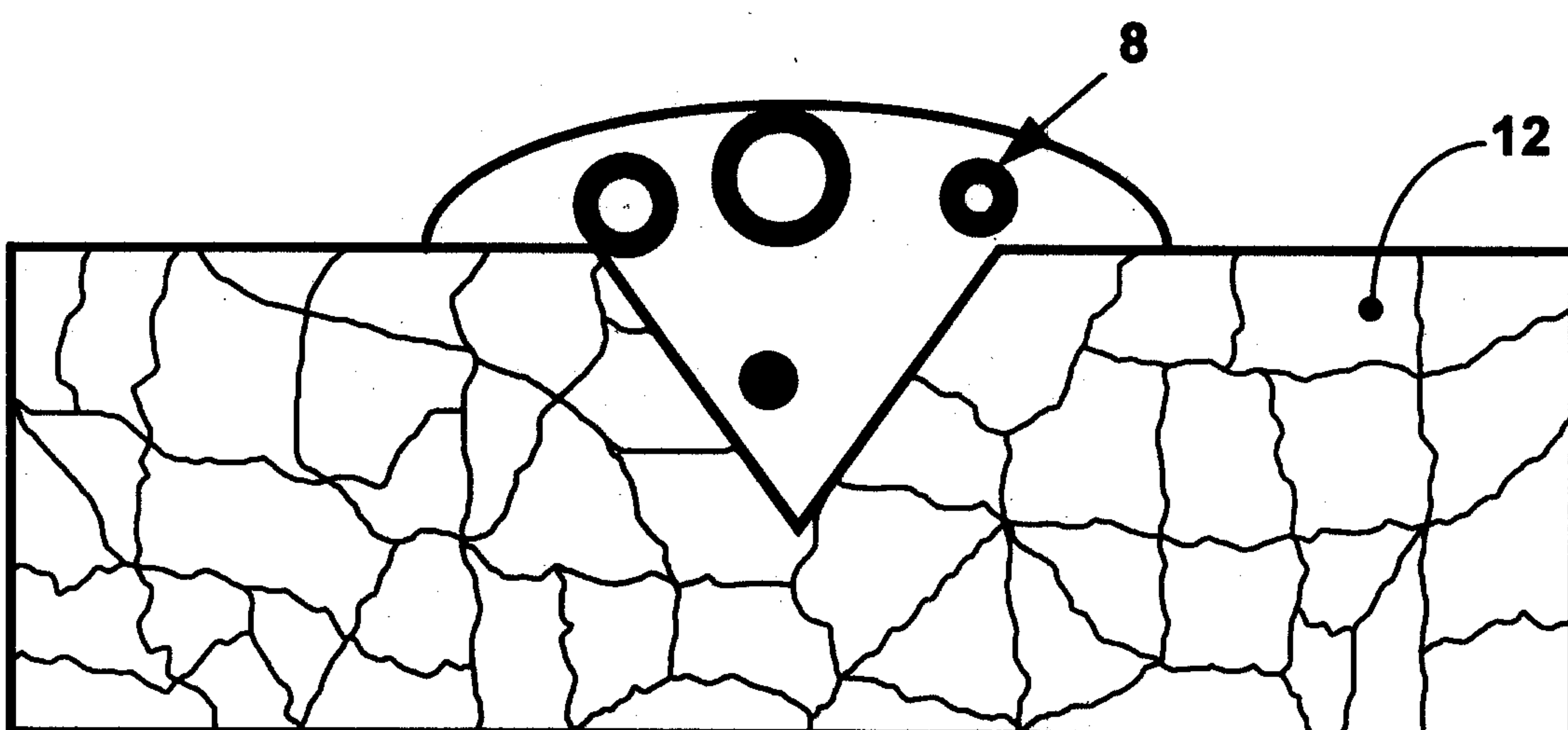


Fig : 5

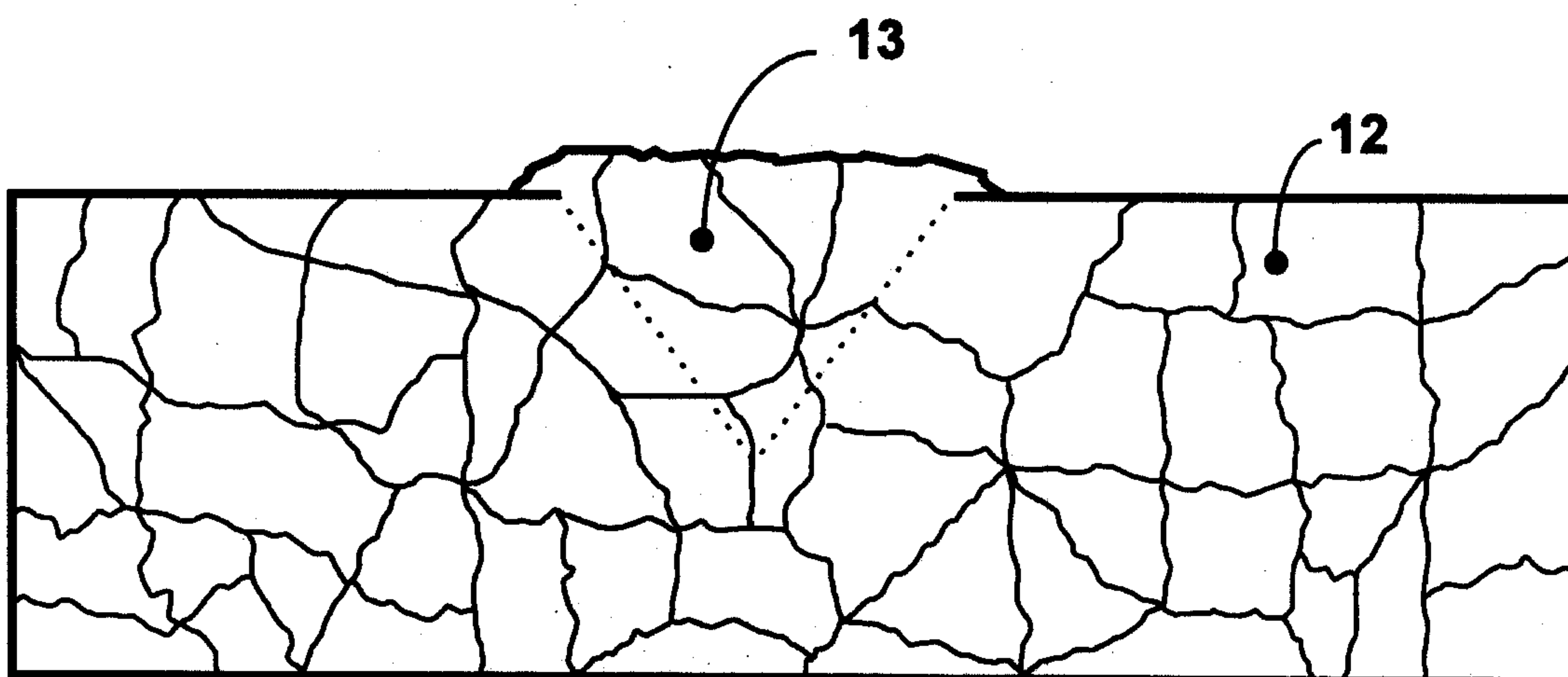


Fig : 6

