



⑫ **NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du nouveau fascicule du brevet : **11.05.94 Bulletin 94/19**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **F23D 14/14, F24C 15/24**

②① Numéro de dépôt : **83401983.8**

②② Date de dépôt : **11.10.83**

⑤④ **Plaquette à face rayonnante alvéolée pour brûleur radiant.**

③⑩ Priorité : **11.10.82 FR 8217010**

④③ Date de publication de la demande :  
**25.04.84 Bulletin 84/17**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :  
**17.07.91 Bulletin 91/29**

④⑤ Mention de la décision concernant  
l'opposition :  
**11.05.94 Bulletin 94/19**

⑧④ Etats contractants désignés :  
**AT BE CH DE GB IT LI LU NL SE**

⑤⑥ Documents cités :  
**EP-B- 0 070 905**  
**WO-A-82/02711**

⑤⑥ Documents cités :  
**BE-A- 710 536**  
**CA-A- 822 480**  
**DE-B- 2 163 498**  
**FR-A- 1 570 721**  
**FR-A- 2 165 626**  
**GB-A- 1 062 812**  
**US-A- 3 251 396**  
**US-A- 4 063 873**

⑦③ Titulaire : **SOLARONICS VANEECKE**  
**Z.I. 3, rue de Kemmel**  
**F-59280 Armentieres (FR)**

⑦② Inventeur : **Laspeyres, Marc**  
**12 rue des Primevères**  
**F-59134 Herlies (FR)**

⑦④ Mandataire : **Rodhain, Claude et al**  
**Cabinet Claude Rodhain 30, rue la Boétie**  
**F-75008 Paris (FR)**

**EP 0 106 761 B2**

## Description

La présente invention concerne une plaquette à face rayonnante alvéolée pour brûleur radiant.

D'une façon générale, des plaquettes pour brûleurs radiants comportent des rangées de trous les traversant et servant à canaliser le mélange combustible-comburant de la face arrière de la plaquette à la face rayonnante. Pour augmenter le pouvoir rayonnant de la plaquette, on a déjà envisagé dans l'art antérieur de former, dans la face frontale de la plaquette, des cavités ou alvéoles groupant plusieurs trous. En effet, un trou qui a été tronqué avant de déboucher dans la face frontale de la plaquette répartit la flamme qu'il produit de façon qu'elle chauffe les surfaces environnantes de la cavité ou alvéole. De telles dispositions furent connues par exemple par l'objet du brevet belge No 710536 qui avait une disposition des trous quelque peu irrégulière, puis par celui du brevet français No. 1 570 721 qui présentait l'avantage, lui, d'une disposition régulière.

Cependant, dans les plaquettes connues par ce dernier brevet, les alvéoles formés laissent subsister entre eux un certain nombre de trous qui ne participent pas ainsi à l'augmentation du pouvoir rayonnant de la plaquette.

L'invention a pour but de remédier aux inconvénients précités, et à d'autres, des réalisations connues, à l'aide d'une plaquette à face frontale alvéolée pour brûleur radiant, formée d'une matière céramique, comportant des rangées de trous de passage de mélange comburant-combustible, et dans laquelle il est possible de ménager des alvéoles répartis de façon régulière en rangées et faisant intervenir tous les trous existant dans la plaquette.

On obtient ainsi un transfert maximal de chaleur entre les flammes et la plaquette par augmentation de la surface de contact avec le matériau de la plaquette, tous les produits de combustion balayant les parois des alvéoles.

Il en résulte une élévation de température de ces parois et, par conséquent, à puissance consommée égale, une augmentation sensible de la puissance rayonnée, donc du rendement de rayonnement.

En outre, on obtient une diminution des pertes par conduction vers l'arrière de la plaquette, la quantité de matière existant entre deux alvéoles adjacents étant réduite au minimum et également l'émissivité étant augmentée grâce au relief particulièrement prononcé de la face rayonnante de la plaquette.

Pour résoudre le problème conformément à la présente invention, on part des considérations géométriques suivantes :

Etant donné une plaquette comportant plusieurs rangées de trous qui sont répartis conformément à un quinconçage comme cela sera précisé par la suite, il faut d'abord définir la répartition des bases des alvéoles sur la face frontale de la plaquette par rapport

à ces rangées. On choisit un trou quelconque d'une rangée : on considère six trous voisins de ce trou quelconque, et à partir du centre de ce trou quelconque, on trace des vecteurs joignant ce centre aux centres des trous voisins. On obtient ainsi six vecteurs caractérisés par leur direction, leur sens et leur longueur. La figure formée par les segments joignant les extrémités desdits vecteurs définit ce qu'on appellera dans la suite la base théorique d'alvéole ; cette figure a une forme d'hexagone. Dans cette figure, si on considère un vecteur donné, il existe toujours, par rapport à ce vecteur, un vecteur placé à droite, un vecteur placé à gauche et un vecteur placé à l'opposé, qui sera appelé dans la suite "vecteur contraire".

Ainsi, l'invention concerne une plaquette pour brûleur radiant, telle que définie dans la revendication 1.

Ainsi, dans la plaquette selon l'invention, à face frontale alvéolée pour brûleur radiant, formée d'une matière céramique et comportant des rangées de trous de passage de mélange comburant-combustible, les alvéoles sont ménagés dans la face frontale rayonnante de la plaquette suivant une famille de motifs de distribution régulière en rangées, généralement différentes des rangées de trous, tous les trous existant dans la plaquette débouchent chacun en totalité ou en partie dans les alvéoles correspondants contenant chacun un trou central, et la famille de motifs de répartition régulière d'alvéoles dans la face rayonnante de plaquette est déterminée de la façon suivante :

- on définit une base théorique d'alvéole en traçant à partir du centre d'un trou donné six vecteurs joignant ce centre aux centres des six trous voisins choisis et en joignant les extrémités de ces six vecteurs ainsi choisis, à chacun desquels sont toujours associés un vecteur de droite, un vecteur de gauche et un vecteur contraire,
- on trace à partir de l'extrémité de chacun de ces vecteurs choisis, un vecteur de même longueur orienté en sens inverse à leur vecteur contraire associé,
- on trace, à partir de l'extrémité de chacun de ces nouveaux vecteurs, soit chaque fois un vecteur identique à leur vecteur de droite associé, soit chaque fois un vecteur identique à leur vecteur de gauche associé, les points correspondant aux extrémités des vecteurs cités en dernier définissant, dans chacune des deux possibilités ainsi créées, les centres des bases théoriques des alvéoles adjacents à celui de départ, semblables et de même orientation, cette orientation étant définie par celle de la plus grande diagonale passant par le centre de l'alvéole, et
- en opérant ensuite de proche en proche, on détermine l'un des deux motifs de répartition ré-

gulière d'alvéoles selon le choix de l'une ou l'autre des deux possibilités.

Selon d'autres particularités de l'invention :

- la base théorique des alvéoles a une forme d'hexagone régulier ;
- la base réelle des alvéoles est définie par un polygone semblable à celui de la base théorique, ledit polygone devant couper ou contenir chacun des trous dont les centres sont situés sur le pourtour de la base théorique d'alvéole ;
- en profondeur, chaque alvéole a un profil cylindrique, conique, hémisphérique ou un autre volume de révolution ;
- chaque alvéole a en profondeur un profil à facettes ;
- chaque alvéole a en profondeur un profil constitué par un ou plusieurs volumes de révolution complets ou tronqués, par exemple un profil cylindroconique ;
- l'angle au sommet du fond d'alvéole, partant du centre du trou central dudit alvéole, est compris entre environ 30 et 180° ;
- les orifices ménagés dans la plaquette sont de préférence cylindriques et ont un diamètre compris entre environ 0,4 et 5 mm ;
- la profondeur des alvéoles est comprise entre 0,5 mm et 3/5 de l'épaisseur de plaquette ;
- le diamètre équivalent de la base théorique de l'alvéole est défini par la somme des diamètres de deux trous voisins et de l'épaisseur de matière entre ces deux trous ;
- pour reculer la limite de rentrée de combustion par augmentation de la vitesse d'écoulement du mélange combustible-comburant, on bouche un ou plusieurs orifices de chaque alvéole.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la fig. 1 est une vue en plan partielle de la face rayonnante d'une plaquette de brûleur radiant, mettant en évidence le processus de détermination des motifs de distribution régulière des alvéoles théoriques dans la plaquette,
- la fig. 2 montre les répartitions d'alvéoles théoriques que l'on peut obtenir dans le cas d'un quinconçage équilatéral des trous des rangées,
- les fig. 3 et 4 montrent, pour une même disposition des rangées de trous et une même base théorique d'alvéole, deux motifs d'alvéoles hexagonaux réels qu'il est possible d'obtenir conformément à la présente invention,
- les fig. 5 et 6 représentent deux coupes transversales de plaquettes des figures 3 et 4, faites respectivement suivant les lignes X-X et Y-Y de façon à montrer le profil en profondeur des alvéoles, et

- les fig. 7A à 7E sont des coupes transversales de plaquettes montrant différents profils en profondeur des alvéoles.

Sur la figure 1, on a représenté, en vue en plan, une partie d'une plaquette pour brûleur radiant comportant plusieurs rangées de trous désignés par T et on a mis en évidence les processus géométriques qui permettent d'obtenir les motifs de répartition régulière d'alvéoles dans la face rayonnante de la plaquette conformément à la présente invention.

Pour un trou donné, tel que celui dont le centre est désigné par O, on peut considérer qu'il existe six trous voisins dont les centres sont désignés respectivement par A, B, C, D, E et F. Pour bien définir les positions relatives des trous, on trace, à partir du centre O du trou donné des vecteurs reliant ce centre aux centres des trous voisins, ce qui donne les vecteurs  $\vec{OA}$ ,  $\vec{OB}$ ,  $\vec{OC}$ ,  $\vec{OD}$ ,  $\vec{OE}$ , et  $\vec{OF}$ .

Les alvéoles à ménager dans la plaquette sont définis par leur base théorique, c'est-à-dire leur base géométrique, et leur profil en profondeur. La forme réelle des alvéoles est ensuite déterminée à partir du profil théorique en tenant compte, des conditions de mise en oeuvre, telles que les conditions technologiques d'usinage, de moulage et autres façonnages.

Dans l'exemple de réalisation de la fig. 1, on relie entre eux les points extrêmes des six vecteurs, ce qui donne à la base théorique d'alvéole une forme d'hexagone AV comme indiqué sur la fig. 1.

On va maintenant décrire comment on obtient les différents motifs de répartition d'alvéoles.

On part d'un vecteur donné  $\vec{OA}$ . Pour ce vecteur  $\vec{OA}$ , il existe, dans tous les cas de figure, un vecteur de droite  $\vec{OB}$ , un vecteur de gauche  $\vec{OF}$  et un vecteur placé à l'opposé  $\vec{OD}$ , qui est appelé le vecteur contraire du vecteur donné.

A partir de l'extrémité A du vecteur  $\vec{OA}$ , on trace un vecteur

$$\vec{AA_1}$$

qui est parallèle de même longueur, et de sens opposé au vecteur contraire  $\vec{OD}$ . Puis, à partir du point A<sub>1</sub>, on trace un vecteur

$$\vec{A_1O_1}$$

qui est parallèle, de même longueur et de même sens que le vecteur de droite  $\vec{OB}$ . Le point O<sub>1</sub> ainsi obtenu est le centre de la base théorique d'un alvéole AV<sub>1</sub>.

En opérant de la même manière pour les cinq autres vecteurs partant du point O, on obtient finalement pour une base théorique centrale AV six bases

théoriques voisines et, en opérant ensuite de proche en proche, on obtient dans l'ensemble de la plaque frontale de la plaquette un motif de répartition d'alvéoles qui fait intervenir tous les trous débouchant chacun en totalité ou en partie dans un alvéole et qui peut être établi pour n'importe quel motif de distribution desdits trous, c'est-à-dire pour n'importe quel motif de quinconçage, ou quadrillage, ou décalage quelconque.

Le motif de répartition correspondant au point  $O_1$  n'est pas unique. En effet, à partir du point  $A_1$ , on peut tracer un vecteur parallèle, de même longueur et de même sens que le vecteur de gauche  $\overrightarrow{O_1F}$ , ce qui donne le vecteur

$$\overrightarrow{A_1O'_1}.$$

Ce point  $O'_1$  constitue le centre d'une base théorique d'alvéole, désignée par  $AV'_1$  sur la fig. 1 et qui correspond à un autre motif de répartition d'alvéoles hexagonaux.

Sur la figure 2, on a représenté les motifs de répartition d'alvéoles qui peuvent être obtenus, pour une distribution de trous correspondant à un quinconçage équilatéral dans laquelle on obtient des alvéoles en forme d'hexagone régulier. On a désigné par  $AV_1$  à  $AV_7$ , et par des lignes en trait plein, les alvéoles du type obtenu à partir du vecteur de droite et par  $AV'_1$  à  $AV'_4$ , et par des lignes en trait interrompu, les alvéoles des motifs obtenus à partir du vecteur de gauche.

Une fois que l'on a déterminé les motifs théoriques d'alvéoles, il faut définir leurs formes réelles et l'on fait alors intervenir des considérations thermiques et technologiques. Les plaquettes selon l'invention sont fabriquées par moulage sous pression et il est évident que la répartition et la forme des alvéoles ont une influence sur le processus de fabrication puisqu'elles conditionnent la réalisation des parties correspondantes du moule, qui doit avoir l'efficacité et la fiabilité optimales tout en étant d'un prix de revient aussi peu élevé que possible.

On va donner dans la suite quelques exemples de réalisation de la plaquette selon l'invention. Ainsi, comme on le voit sur les fig. 3 et 4 correspondant à une distribution des trous avec quinconçage équilatéral dans laquelle on a pour la base réelle d'alvéole une forme d'hexagone régulier, le motif de la fig. 3 est obtenu par le tracé faisant intervenir le vecteur de gauche tandis que le motif de la fig. 4 est obtenu par le tracé faisant intervenir le vecteur de droite. Une comparaison des figures 3 et 4 avec la fig. 2, qui donne les motifs de répartition des bases théoriques d'alvéoles dans le même cas, montre que les hexagones réels ont été légèrement tournés autour de

leurs centres par rapport aux hexagones théoriques, ce décalage angulaire étant justifié par des considérations d'usinage. Dans l'exemple en question, les alvéoles ont un profil en profondeur qui est mis en évidence sur les figures 5 et 6, la fig. 5 étant une coupe transversale faite suivant la ligne X-X de la fig. 3 tandis que la fig. 6 est une coupe transversale faite suivant la ligne Y-Y de la fig. 4. Chaque alvéole est ainsi délimitée, à partir de la base en forme d'hexagone régulier, par des facettes incurvées partant des côtés de l'hexagone et aboutissant à un fond défini par un plan situé à une distance H de la face frontale de plaquette, les intersections des facettes avec ledit plan de fond définissant de petits hexagones, visibles sur les fig. 3 et 4 et respectivement circonscrits aux trous centraux des alvéoles, visibles en T1, sur les fig. 3, 4, 5, 6.

Pour former ces alvéoles à facettes, on doit fabriquer un poinçon de moule pourvu de parties en saillie correspondant auxdits alvéoles. Il existe différentes solutions pour fabriquer un tel poinçon, notamment :

- usinage dans la masse par fraisage ou par électro-érosion par exemple,
- moulage en cire perdue d'éléments dont la forme positive correspond au profil négatif des alvéoles et fixation de ces éléments dans une plaque de poinçon, un peu à la façon des ailettes de turbines.

Dans l'exemple considéré, on a adopté le procédé de fraisage de forme et, pour permettre le passage de la fraise, on a adopté la solution consistant à décaler angulairement les hexagones de base des alvéoles.

Sur les figures 7A à 7E, on a indiqué quelques exemples de profils en profondeur qu'il est possible d'adopter pour les alvéoles, notamment un profil hémisphérique, un profil conique tronqué, un profil cylindrique étagé et un profil cylindrique simple. Il est possible d'envisager d'autres profils, par exemple des profils de surfaces de révolution tels que des paraboloïdes ou des profils composites tels que cylindro-coniques.

Pour la détermination du profil en profondeur, on peut faire intervenir différents paramètres. Notamment, l'angle au sommet du fond d'alvéole, partant du centre du trou central dudit alvéole, est compris entre environ 30 et 180°. La profondeur des alvéoles doit de préférence être comprise entre 0,5 mm et 3/5 de l'épaisseur de plaquette. Egalement, les orifices ménagés dans la plaquette sont de préférence cylindriques et ont un diamètre compris entre environ 0,4 et 5 mm. Le diamètre équivalent de la base théorique d'alvéole est défini par la somme des diamètres de deux trous voisins et de l'épaisseur de matière entre ces deux trous.

En outre, il est à noter que, pour augmenter la vitesse d'écoulement du mélange combustible-comburant dans les trous et faire reculer ainsi la limite de

rentrée de combustion, il est possible de boucher un ou plusieurs orifices dans chaque alvéole.

## Revendications

1. Plaquette pour brûleur radiant, formée d'une matière céramique et pourvue de trous de passage de mélange comburant-combustible correspondant à des conduits respectifs traversant la plaquette, dans laquelle lesdits trous de passage de mélange comburant-combustible, régulièrement formés dans la plaquette, sont disposés dans une configuration totalement homogène selon des rangées parallèles disposées en quinconce, la distance entre deux trous de passage voisins quelconques étant toujours la même, comportant un système d'alvéoles (AV, AV<sub>1</sub>) en forme d'hexagones réguliers creusés dans la face de combustion de ladite plaquette, chaque alvéole comportant un trou de passage central (T<sub>1</sub>) et six trous de passage périphériques géométriquement liés chacun au trou de passage central par des vecteurs rayons

$(\vec{OA}, \vec{OB}, \vec{OC}, \vec{OD}, \vec{OE}, \vec{OF}),$

plaquette caractérisée en ce que chaque trou de passage est situé au moins partiellement dans un alvéole, et les alvéoles sont répartis de telle sorte que chaque alvéole soit déduit par transla-

tion d'un autre selon un vecteur  $(\vec{OO}_1)$  correspondant à la somme géométrique d'un vecteur égal au double géométrique d'un vecteur rayon  $(\vec{OA})$  et du vecteur rayon immédiatement voisin

à sa droite ou à sa gauche  $(\vec{OD})$ , dudit autre alvéole, les alvéoles sont pivotés d'un angle déterminé autour du trou de passage central par rapport à l'hexagone résultant de la liaison l'un à l'autre des points extrêmes desdits vecteurs rayons reliant le trou de passage central aux trous de passage périphériques et chaque trou de passage périphérique se trouve à cheval sur une arête extérieure de l'hexagone formé par l'alvéole.

2. Plaquette selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'au moins un trou de passage de chaque alvéole est obturé.
3. Plaquette selon la revendication 1, caractérisée en ce que, au moins sur une partie de sa profondeur, chaque alvéole a le profil d'une surface de révolution.
4. Plaquette selon la revendication 1, caractérisée

en ce que chaque alvéole a un profil à facettes.

## Patentansprüche

1. Platte für Strahlungsbrenner aus einem keramischen Werkstoff mit die Platte durchsetzenden Leitungen korrespondierenden Durchlassöffnungen für das Sauerstoffträger-Brennstoffgemisch, die in der Platte gleichmässig ausgebildet und in absolut homogener Form in parallelen Reihen versetzt angeordnet sind, wobei der Abstand zwischen je zwei Durchlassöffnungen immer der gleiche ist und ein System von regelmässigen, sechseckigen Zellen (AV, AV<sub>1</sub>) entsteht, die in die Brennfläche dieser Platte eingelassen sind, und jede Zelle eine Mitteldurchlassöffnung (T<sub>1</sub>) und sechs Randdurchlassöffnungen aufweist, von denen jede durch Radiusvektoren

$(\vec{OA}, \vec{OB}, \vec{OC}, \vec{OD}, \vec{OE}, \vec{OF})$

geometrisch mit der Mitteldurchlassöffnung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass jede Durchlassöffnung zumindest teilweise innerhalb einer Zelle liegt, und dass die Zellen so verteilt sind, dass jede von ihnen durch Verschieben um

einen Vektor  $(\vec{OO}_1)$  aus einer anderen abgeleitet ist, der der geometrischen Summe eines Vektors entspricht, der gleich dem geometrischen Doppel

eines Radiusvektors  $(\vec{OA})$  und des unmittelbar links oder rechts benachbarten Radiusvektors

$(\vec{OD})$  der anderen Zelle ist, wobei die Zellen um einen bestimmten Winkel um die Mitteldurchlassöffnung mit Bezug auf das Sechseck gedreht sind, das aus der Verbindung der äussersten Punkte dieser Radiusvektoren untereinander entsteht, durch die die Mitteldurchlassöffnung mit den Randdurchlassöffnungen verbunden wird, und jede Randdurchlassöffnung sich beidseitig einer Aussenkante des durch die Zelle gebildeten Sechsecks erstreckt.

2. Platte gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Durchlassöffnung jeder Zelle verschlossen ist.
3. Platte gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Zelle mindestens auf einem Teil ihres Grundes das Profil einer Rotationsfläche aufweist.
4. Platte gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Zelle ein Facettenprofil hat.

## Claims

1. Plate for radiant burner, formed from a ceramic material and provided with holes for the passage of oxidant/fuel mixture corresponding to respective ducts passing through the plate, in which the said holes for the passage of oxidant/fuel mixture, which are formed regularly in the plate, are arranged in a totally homogeneous configuration in parallel rows arranged as staggered rows, the spacing between any two adjacent passage holes always being the same, having a honeycomb system (AV, AV<sub>1</sub>) in the form of regular hexagons hollowed out of the combustion face of the said plate, each honeycomb cell having a central passage hole (T<sub>1</sub>) and six peripheral passage holes each connected geometrically to the central passage hole by radius vectors (  $\overrightarrow{OA}$ ,  
 $\overrightarrow{OB}$ ,  $\overrightarrow{OC}$ ,  $\overrightarrow{OD}$ ,  $\overrightarrow{OE}$ ,  $\overrightarrow{OF}$  ),

this plate being characterized in that each passage hole is located at least partly in a honeycomb cell, and the honeycomb cells are distributed such that each honeycomb cell is deduced by translation from another in accordance with a

vector (  $\overrightarrow{OO_1}$  ) corresponding to the geometric sum of a vector equal to the geometric double of

a radius vector (  $\overrightarrow{OA}$  ) and the immediately neighbouring radius vector to its right or left

(  $\overrightarrow{OD}$  ), of the other honeycomb cell, the honeycomb cells are pivoted by a predetermined angle about the central passage hole with respect to the hexagon resulting from connecting to one another outside points of the said radius vectors connecting the central passage hole to the peripheral passage holes, and each peripheral passage hole straddles an external edge of the hexagon formed by the honeycomb cell.

2. Plate according to Claim 1, characterized in that at least one passage hole in each honeycomb cell is closed off.
3. Plate according to Claim 1, characterized in that, at least on part of its depth, each honeycomb cell has the profile of a surface of revolution.
4. Plate according to Claim 1, characterized in that each honeycomb cell has a faceted profile.

55

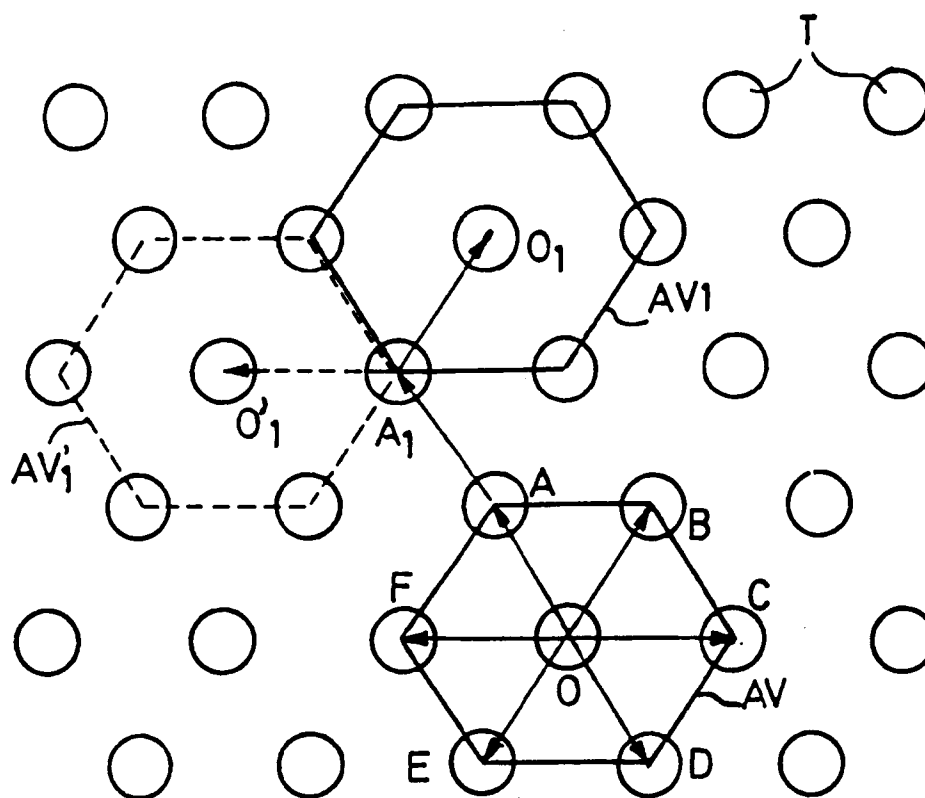


FIG.1

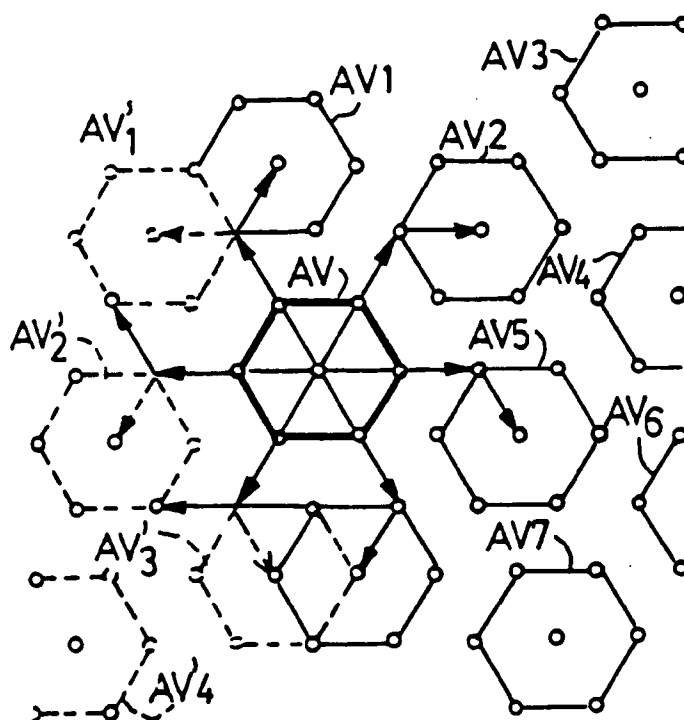


FIG.2

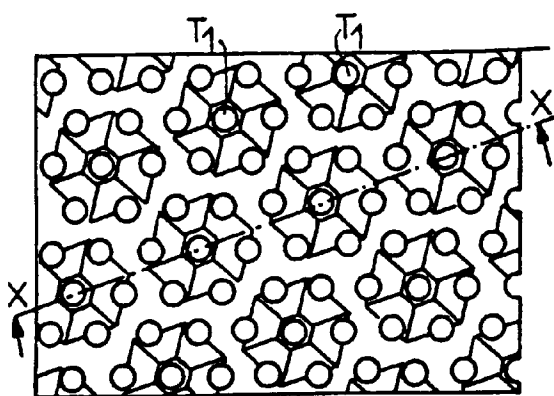


FIG. 3

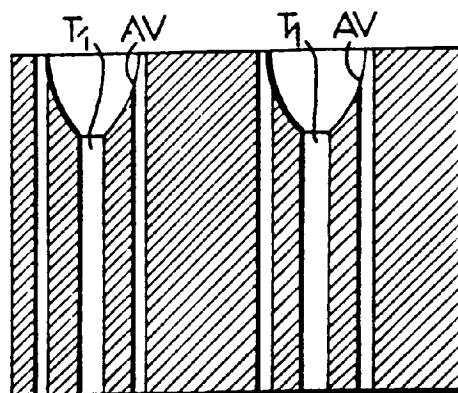


FIG. 6

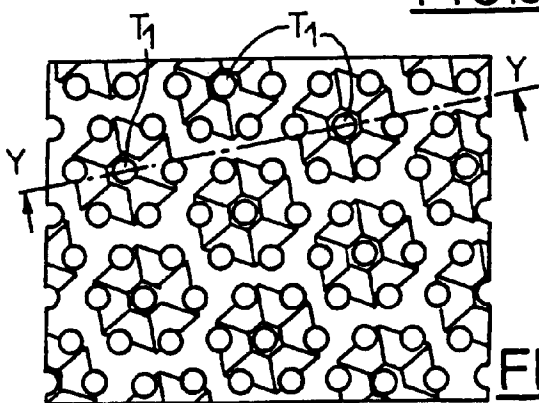


FIG. 4

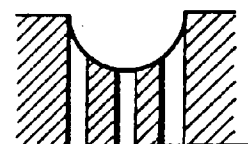


FIG. 7A

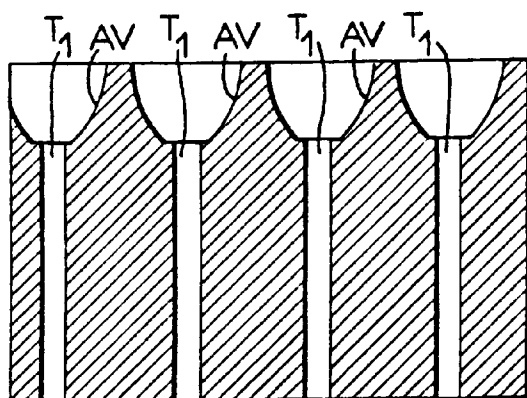


FIG. 5



FIG. 7B

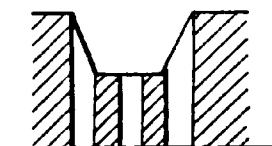


FIG. 7C

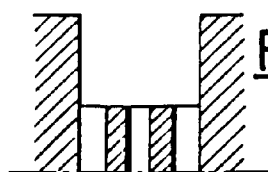


FIG. 7E

FIG. 7D

