

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : 2 882 940  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : 06 00463

51) Int Cl<sup>8</sup> : B 01 D 46/54 (2006.01), C 04 B 35/64, 38/00, F 01 N 3/022

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 18.01.06.

30) Priorité : 18.01.05 JP 2005010427; 14.10.05 JP 2005300227.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 15.09.06 Bulletin 06/37.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : DENSO CORPORATION — JP.

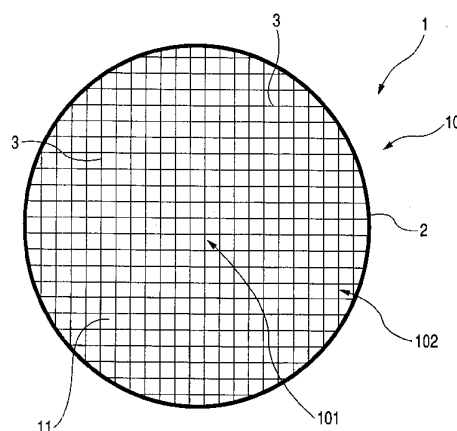
72) Inventeur(s) : KONDO TAKASHI, TANAKA MASAKAZU et ISHIHARA MIKIO.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

54) CORPS EN CERAMIQUE A STRUCTURE EN NID D'ABEILLE ET PROCEDE DEFABRICATION DE CELUI-CI.

57) Corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille ayant une enveloppe périphérique extérieure (2) et une pluralité de cloisons (3) d'alvéoles constituant une pièce monobloc obtenue de moulage d'une structure en nid d'abeille. Le corps (1) présente un rapport A/B de 0,80 à 1,25. A et B sont l'un et l'autre un degré d'orientation de cristaux de céramique à base de cordiérite, respectivement dans la cloison (3) d'alvéoles et l'enveloppe périphérique extérieure (2). La différence entre les valeurs maximale et minimale du diamètre extérieur n'est pas supérieure à 2,5 % de la moyenne du diamètre extérieur mesuré, dans trois zones de mesure du corps (1). Lors de l'opération de séchage consistant à sécher le corps (1), la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant 50 % ou plus d'une période comptée depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température T1 atteint 95 °C, T1 et T2 étant des températures dans une partie centrale (101) et dans une partie périphérique extérieure (102) du corps (1).



FR 2 882 940 - A1



**CORPS EN CERAMIQUE A STRUCTURE EN NID D'ABEILLE  
ET PROCEDE DE FABRICATION DE CELUI-CI**

5           La présente invention est relative à un corps en céramique à structure en nid d'abeille et à un procédé de fabrication de celui-ci, lequel est composé de matière céramique à base de cordiérite et peut servir de support de catalyseur et de filtre d'épuration installé dans un dispositif d'épuration de gaz d'échappement pour véhicules

10           Un corps en céramique à structure en nid d'abeille est largement et couramment utilisé comme support de catalyseur et dans divers filtres d'épuration installés dans un dispositif d'épuration de gaz d'échappement servant à épurer des matières particulaires contenues dans des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne tel qu'un moteur diesel.

15           Le corps en céramique à structure en nid d'abeille comporte une enveloppe périphérique externe et une pluralité de cloisons d'alvéoles. Une pluralité des cloisons d'alvéoles sont formées et entourées par l'enveloppe périphérique externe du corps. L'enveloppe périphérique externe est formée à la surface périphérique du corps en céramique à structure en nid d'abeille autour d'un axe central du corps de façon à entourer plusieurs alvéoles formées par les parois d'alvéoles. Les parois d'alvéoles définissent la pluralité d'alvéoles dans une structure en nid d'abeille. La publication japonaise n° JP-2002-283 331 ouverte à l'inspection publique a proposé la configuration du corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la technique

20           antérieure.

25           Le corps en céramique à structure en nid d'abeille est fabriqué par moulage par extrusion de matières premières céramiques, en découpant un corps moulé en plusieurs corps moulés en céramique en nid d'abeille, chaque corps moulé ayant une longueur voulue, en séchant le corps moulé et enfin en cuisant le corps moulé en

30           céramique en nid d'abeille de manière à former le corps en céramique à structure en nid d'abeille. Cependant, le procédé de fabrication selon la technique antérieure se heurte à une difficulté pour doter le corps en céramique en structure en nid d'abeille d'un diamètre extérieur précis en utilisant le moulage par extrusion.

35           Afin d'éliminer ce problème et d'améliorer encore la précision du diamètre extérieur du corps, le procédé de fabrication selon la technique antérieure comprend

un surfaçage de la surface de l'enveloppe périphérique extérieure du corps moulé en céramique en nid d'abeille après le moulage par extrusion, puis un revêtement de l'enveloppe périphérique extérieure du corps à l'aide de la matière première céramique.

5 Le document de brevet japonais n° JP-2-613 729 a décrit le procédé de fabrication ci-dessus selon la technique antérieure pour réaliser le surfaçage de l'enveloppe périphérique extérieure et le revêtement de l'enveloppe surfacée avec les matières premières constituées de cordiérite céramique.

10 Cependant, l'enveloppe périphérique extérieure du corps en céramique à structure en nid d'abeille fabriqué à l'aide du procédé ci-dessus selon la technique antérieure présente une médiocre orientation des cristaux de la céramique. Cet inconvénient a pour effet que l'enveloppe périphérique extérieure du corps a un grand coefficient de dilatation thermique en comparaison du coefficient de dilatation thermique de chaque cloison d'alvéole formée dans le corps.

15 De ce fait, le corps en céramique à structure en nid d'abeille a une faible résistance aux chocs thermiques, ce qui provoque ou crée des fissures. Ainsi, un brusque changement de température survient dans le corps en céramique à structure en nid d'abeille, par exemple, pendant l'utilisation d'un dispositif d'épuration de gaz d'échappement installé dans un circuit d'épuration de gaz d'échappement pour moteur diesel, par lequel passent des gaz d'échappement à haute température émis par le  
20 moteur diesel.

En outre, comme le procédé de fabrication selon la technique antérieure décrit plus haut comprend les opérations de surfaçage de l'enveloppe périphérique extérieure du corps et de revêtement de l'enveloppe périphérique extérieure du corps  
25 avec la matière première en céramique à base de cordiérite, le coût total de la fabrication s'en trouve accru et le rendement de fabrication du corps en céramique à structure en nid d'abeille est de ce fait réduit.

30 La présente invention a pour objet de pallier ces inconvénients de la technique antérieure décrits ci-dessus. La présente invention vise à réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille et un procédé de fabrication de celui-ci permettant une résistance améliorée et excellente aux chocs thermiques.

35 Un aspect de la présente invention consiste en un corps en céramique à structure en nid d'abeille qui possède une enveloppe périphérique extérieure formée sur une surface s'étendant longitudinalement et autour d'un axe central du corps en

céramique à structure en nid d'abeille et une pluralité de cloisons d'alvéoles formées dans une structure en nid d'abeille à l'intérieur de l'enveloppe périphérique extérieure. Le corps en céramique à structure en nid d'abeille a un rapport A/B compris entre 0,80 et 1,25, A étant un degré d'orientation de cristaux de céramique à base de cordiérite dans la cloison des alvéoles et B étant un degré d'orientation de cristaux de matière céramique à base de cordiérite dans l'enveloppe périphérique extérieure. En outre, la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de diamètre extérieur du corps en céramique à structure en nid d'abeille ne vaut pas plus de 2,5 % de la valeur moyenne du diamètre extérieur mesuré, et ceci pour chacune parmi trois zones de mesure de mesure sur le corps situées à une première extrémité, à l'autre extrémité et dans une partie médiane du corps en céramique à structure en nid d'abeille.

Le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la présente invention permet de réduire la différence entre les coefficients de dilatation thermique des cloisons des alvéoles et de l'enveloppe périphérique extérieure, car le rapport A/B est compris entre 0,80 et 1,25, A étant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite dans la cloison des alvéoles et B étant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite dans l'enveloppe périphérique extérieure du corps. Cette caractéristique permet d'obtenir un corps en céramique à structure en nid d'abeille doté d'une excellente résistance aux chocs thermiques. Ainsi, l'utilisation d'un corps en céramique à structure en nid d'abeille dans une application de la présente invention permet d'éviter l'apparition de fissures même s'il se produit un brusque changement de température.

En outre, comme la différence entre les valeurs maximale et minimale de chacun des diamètres extérieurs mesurés à une première extrémité, à l'autre extrémité et en partie médiane du corps en céramique à structure en nid d'abeille est une valeur non supérieure à 2,5 % de la valeur moyenne des diamètres extérieurs, il est possible de fabriquer et de réaliser le corps en céramique à structure en nid d'abeille doté d'un diamètre périphérique extérieur d'une grande précision. Ainsi, la présente invention permet de réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille ayant une meilleure résistance aux chocs thermiques, avec un diamètre extérieur d'une excellente précision.

Dans divers modes de réalisation de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- le corps en céramique à structure en nid d'abeille a une forme cylindrique et le diamètre extérieur du corps en céramique à structure en nid d'abeille est compris entre 50 mm et 400 mm ;

5 - plusieurs des cloisons d'alvéoles et l'enveloppe périphérique extérieure constituent une pièce monobloc obtenue de moulage ;

- le corps en céramique à structure en nid d'abeille est un filtre à particules de diesel destiné à servir dans un système d'épuration de gaz d'échappement pour épurer des matières particulaires présentes dans des gaz d'échappement émis par un

10 - la dimension, dans le sens de la longueur, du corps en céramique à structure en nid d'abeille est comprise entre 50 mm et 400 mm.

Un autre aspect de la présente invention consiste en un procédé de fabrication d'un corps en céramique à structure en nid d'abeille ayant une enveloppe périphérique extérieure formée sur une surface, s'étendant longitudinalement, et

15 autour d'un axe central du corps en céramique à structure en nid d'abeille et une pluralité de cloisons d'alvéoles formées dans une structure en nid d'abeille à l'intérieur de l'enveloppe périphérique extérieure. Le procédé de fabrication comprend une opération de moulage par extrusion et de découpage, une opération de séchage et une opération de cuisson.

20 Lors de l'opération de moulage par extrusion, un moulage par extrusion d'une matière première en céramique à base de cordiérite est effectué. Lors de l'opération de découpage, un corps moulé est découpé en plusieurs corps moulés en céramique en nid d'abeille. Chaque corps moulé comporte l'enveloppe périphérique extérieure et la pluralité de cloisons d'alvéoles. L'enveloppe extérieure ainsi que les

25 cloisons des alvéoles constitue une pièce monobloc obtenue de moulage (moulée d'un seul tenant). Lors de l'opération de séchage, le corps moulé en céramique en nid d'abeille est séché tout en conservant ou en respectant une relation  $T1 > T2$  pendant une période supérieure à 50 % comptée depuis un instant où la température commence à augmenter jusqu'à un instant où est atteinte une température  $T1$  de

30 95 °C,  $T1$  étant une température dans une partie centrale proche de l'axe central du corps moulé en céramique en nid d'abeille, et  $T2$  étant une température dans la partie périphérique extérieure du corps moulée en céramique en nid d'abeille. Lors de l'opération de cuisson, le corps moulé en céramique en nid d'abeille est cuit de manière à former un corps en céramique à structure en nid d'abeille.

Dans le procédé de fabrication selon la présente invention, comme l'enveloppe périphérique extérieure ainsi que plusieurs des cloisons d'alvéoles constituent une pièce moulée d'un seul tenant, il est possible que l'enveloppe et les cloisons aient un degré élevé d'orientation des cristaux de céramique, et il est également possible d'obtenir presque la même valeur pour les degrés d'orientation des cristaux de céramique de l'enveloppe et pour les degrés d'orientation des cristaux de céramique dans les cloisons d'alvéoles. Cela peut donner au corps en céramique à structure en nid d'abeille une meilleure résistance aux chocs thermiques.

Le procédé de fabrication selon la présente invention permet en outre de réduire le coût de fabrication, car l'enveloppe périphérique extérieure et les cloisons des alvéoles constituent une pièce monobloc obtenue de moulage (moulée d'un seul tenant) puisqu'il est possible de supprimer les opérations consistant à surfacer l'enveloppe périphérique extérieure du corps à structure en nid d'abeille et à revêtir la partie périphérique extérieure du corps avec les matières premières en céramique.

Lors de l'opération de séchage du procédé de fabrication, la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant une durée supérieure à 50 % du temps  $t1$  comptée à partir du début de l'augmentation de la température jusqu'au moment où la température  $T1$  atteint 95 °C,  $T1$  étant la température de la partie centrale du corps et  $T2$  étant la température sur la partie périphérique extérieure du corps. Le séchage progresse graduellement de l'intérieur vers l'extérieur du corps. De la sorte, on peut éviter une déformation du corps moulé en céramique en nid d'abeille.

Selon la présente invention, il est possible de réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille ayant une meilleure résistance aux chocs thermiques et présentant un diamètre extérieur voulu d'une grande précision, tout en parvenant à un rendement de fabrication excellent et amélioré.

Dans divers modes de réalisation de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant une période supérieure à 90 % comptée depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température  $T1$  est portée à 95 °C ;

- la relation  $V1 \geq V2$  lorsque la température est comprise entre 40 °C et 80 °C au cours de l'opération de séchage,  $V1$  étant la vitesse d'augmentation de température dans la partie centrale du corps moulé en céramique en nid d'abeille et  $V2$  étant la vitesse d'augmentation de température dans la partie périphérique extérieure du corps moulé en céramique en nid d'abeille ;

- la relation  $V1 - V2 \geq 0,25 \text{ }^\circ\text{C/seconde}$  est satisfaite pendant l'opération de séchage ;

- la température T2 sur la partie périphérique extérieure du corps moulé en céramique en nid d'abeille n'est pas inférieure à  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  lorsque la température T1 dans la partie centrale du corps moulé en céramique en nid d'abeille atteint  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  ;

- l'opération de séchage consistant à sécher le corps moulé en céramique en nid d'abeille est réalisée par ondes hyperfréquence ou ondes à haute fréquence ;

- la matière première de la céramique à base de cordiérite contient une matière organique expansée, et le volume de la matière organique augmente pendant le séchage du corps moulé en céramique en nid d'abeille ;

- une relation  $(t2 - t1) \leq 5$  minutes est satisfaite, t1 désignant le temps mis pour porter à  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  la température T1 dans la partie centrale du corps moulé en céramique en nid d'abeille et t2 désignant le temps mis pour porter à  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  la température T2 sur la partie périphérique extérieure du corps moulé en céramique en nid d'abeille ;

- le temps t1 et le temps t2 satisfont la relation  $(t2 - t1) \leq 2$  minutes.

L'invention concerne en outre l'utilisation du corps en céramique à structure alvéolée comme filtre à particules diesel destiné à servir dans un circuit d'épuration de gaz d'échappement pour épurer des matières particulaires contenues dans des gaz d'échappement rejetées par un moteur diesel.

Pour mieux faire comprendre la présente invention et expliquer comment celle-ci peut être mise en œuvre, on va maintenant décrire, uniquement à titre d'exemple, des formes de réalisation et des procédés conformes à la présente invention, en référence aux dessins illustrant la présente invention, sur lesquels :

la Fig. 1 est un schéma en perspective du corps en céramique à structure en nid d'abeille dans une première forme de réalisation selon la présente invention ;

la Fig. 2 est une coupe schématique représentant, suivant la ligne A-A de la Fig. 1, le corps en céramique à structure en nid d'abeille de la première forme de réalisation;

la Fig. 3 est un organigramme illustrant un procédé de fabrication du corps en céramique à structure en nid d'abeille de la première forme de réalisation ;

la Fig. 4 est un schéma en coupe verticale d'un corps moulé en céramique en nid d'abeille montrant des points de mesure de température où sont mesurées une température T1 d'une partie centrale de celui-ci et une température T2 d'une enveloppe périphérique extérieure de celui-ci ;

la Fig. 5 est un diagramme illustrant l'évolution de la température T1 mesurée dans la partie centrale du corps moulé en céramique en nid d'abeille et l'évolution de la température T2 mesurée sur l'enveloppe périphérique extérieure du corps moulé en céramique en nid d'abeille ;

5 la Fig. 6 est un schéma latéral présentant des points de mesure du diamètre extérieur du corps en céramique à structure en nid d'abeille de la première forme de réalisation ;

la Fig. 7 est une coupe schématique présentant des points de mesure du diamètre extérieur du corps en céramique à structure en nid d'abeille de la première  
10 forme de réalisation ;

la Fig. 8 est un diagramme illustrant l'évolution de la température T1 mesurée dans la partie centrale du corps moulé en céramique en nid d'abeille et l'évolution de la température T2 sur l'enveloppe périphérique extérieure du corps moulé en céramique en nid d'abeille dans un procédé de fabrication selon une  
15 deuxième forme de réalisation de la présente invention ;

la Fig. 9 est une courbe illustrant une relation entre un taux de déformation du corps en céramique à structure en nid d'abeille et la différence (V1-V2) de vitesses d'augmentation de température dans le corps moulé en céramique en nid  
20 d'abeille ;

la Fig. 10 est une courbe illustrant une relation entre la résistance aux chocs thermiques du corps en céramique à structure en nid d'abeille et le rapport A/B de degré d'orientation de cristaux en céramique à base de cordiérite sur la cloison des alvéoles ainsi que sur l'enveloppe périphérique extérieure ; et

la Fig. 11 est une vue schématique d'un système d'épuration de gaz d'échappement à CC unique, équipé du corps en céramique à structure en nid  
25 d'abeille constituant un filtre d'épuration de gaz d'échappement.

Diverses formes de réalisation de la présente invention vont maintenant être décrites en référence aux dessins annexés. Dans la description ci-après des diverses  
30 formes de réalisation, des repères sous forme de lettres ou de chiffres identiques désignent des éléments identiques ou équivalents sur toutes les différentes vues.

#### Première forme de réalisation

La Fig. 1 est un schéma en perspective du corps en céramique à structure en  
35 nid d'abeille selon la première forme de réalisation et la Fig. 2 est une coupe

schématique suivant la ligne A-A de la Fig. 1 représentant le corps en céramique à structure en nid d'abeille. Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention comporte une enveloppe périphérique extérieure 2 et plusieurs cloisons 3 d'alvéoles d'une structure en nid d'abeille. L'enveloppe périphérique extérieure 2 est formée sur une surface s'étendant dans le sens de la longueur et autour d'un axe central du corps. Une pluralité des cloisons 3 d'alvéoles forme plusieurs alvéoles, c'est-à-dire qu'une pluralité des cloisons d'alvéoles sont des cloisons d'une structure poreuse qui forment des passages d'introduction et des passages d'échappement (non représentés sur les schémas). Par les passages d'introduction et les passages d'échappement, des gaz d'échappement émis par un moteur à combustion interne tel qu'un moteur diesel (cf. Fig. 11) sont introduits et rejetés à l'extérieur du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille. Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention est fabriqué à partir d'un corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille à l'aide du procédé de fabrication suivant.

On va maintenant décrire le procédé de fabrication pour le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation.

La Fig. 3 est un organigramme illustrant un processus de fabrication du corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation de la présente invention.

Un moulage par extrusion est effectué à l'aide de matières premières de céramique à base de cordiérite de manière à former un corps moulé d'une forme cylindrique ayant une enveloppe périphérique extérieure 2 et une pluralité de cloisons 3 d'alvéoles qui constituent une pièce moulée d'un seul tenant (S100).

Les matières premières de cordiérite céramique comprennent en outre du talc et une matière organique expansée.

La cordiérite céramique qui constitue la matière première céramique contient  $MgO$ ,  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$ . Le talc est un minéral argileux principalement composé de  $MgO$  et  $SiO_2$ . L'utilisation de talc comme auxiliaire de réaction a pour effet que la partie de la céramique située au contact de l'auxiliaire de réaction est pauvre en  $Al_2O_3$  avec un point de fusion réduit. Comme le talc se présente sous une forme lamellaire, le talc inclus dans la matière première constituée par la cordiérite céramique est orienté dans une première direction lors de son passage par la petite fente au cours du moulage par extrusion à l'aide de l'extrudeuse à petite fente. Le

degré d'orientation des cristaux de la céramique est ainsi entièrement fixé entre 0,80 et 1,25.

5 En revanche, le procédé de fabrication selon la technique antérieure qui procède à un surfacage de la partie périphérique extérieure du corps moulé et à un revêtement de la partie périphérique extérieure surfacé avec une suspension épaisse sans utiliser d'extrudeuse à petite fente conduit à un degré d'orientation des cristaux de la céramique qui n'est pas inférieur à 1,25, car le talc n'est pas orienté dans une même direction.

10 Ensuite, le corps moulé obtenu est découpé en plusieurs corps moulés 10 en céramique en nid d'abeille, chaque corps moulé 10 ayant une longueur voulue de 50 mm à 400 mm et chaque corps moulé 10 comportant l'enveloppe périphérique extérieure 2 et plusieurs cloisons 3 d'alvéoles d'une structure en nid d'abeille (S100). Lors de l'étape S100, l'enveloppe périphérique extérieure et les différentes cloisons 3 d'alvéoles sont en particulier moulées sous la forme d'une pièce moulée d'un seul  
15 tenant. Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille est en céramique à base de cordiérite.

20 Plusieurs des cloisons 3 d'alvéoles de chaque corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille sont des cloisons à structure poreuse qui constituent des passages d'introduction et des passages d'échappement (non représentés sur les schémas). Par les passages d'introduction et les passages d'échappement, des gaz d'échappement émis par un moteur à combustion interne tel qu'un moteur diesel (comme décrit plus loin, cf. Fig. 11) sont introduits et rejetés à l'extérieur du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille fabriqué à l'aide du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille.

25 Des éléments d'obturation sont ensuite formés sur une première surface d'extrémité du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille (S110). Une suspension épaisse contenant de l'alumine est versée sur la surface d'extrémité du corps moulé 10 de façon à revêtir avec la suspension épaisse d'alumine la surface des cloisons 3 d'alvéoles constituant les cloisons à structure poreuse (S110). Le corps moulé 10 en  
30 céramique en nid d'abeille est ensuite plongé dans une suspension épaisse pour revêtir celui-ci d'un catalyseur. Le catalyseur supporté par la couche d'alumine revêt la surface des cloisons 3 d'alvéoles constituant les cloisons dans le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille (S110). Des éléments d'obturation sont ensuite formés sur les deux surfaces d'extrémités du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille  
35 (S110).

Ensuite, une opération de séchage consistant à sécher le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille est effectuée à l'aide d'ondes hyperfréquence ou d'ondes à haute fréquence (S120) tout en conservant les conditions de température. Les conditions de température constituent l'une des caractéristiques de la présente invention et seront décrites en détail plus loin.

Enfin, une opération de cuisson pour le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille est effectuée dans un four électrique de manière à obtenir le corps en céramique 10 à structure en nid d'abeille (S130).

La Fig. 4 est un schéma en coupe verticale du corps en céramique 10 à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation, représentant des points de mesure de température où sont mesurées la température T1 de la partie centrale 101 du corps 10 et la température 102 de la partie périphérique extérieure 102 du corps 10. La Fig. 5 est un schéma illustrant l'évolution de la température T1 mesurée dans la partie centrale 101 du corps 10 et l'évolution de la température T2 mesurée sur la partie périphérique extérieure 102 du corps 10.

Dans le procédé de fabrication de la première forme de réalisation selon la présente invention, l'opération de séchage (S120) est effectuée tout en conservant ou satisfaisant la condition de température  $T1 > T2$ , T1 étant la température de la partie centrale 101 proche de l'axe central du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille, et T2 étant la température sur la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille.

Dans la présente invention, la condition de température  $T1 > T2$  servant de référence de température doit être satisfaite pendant 50 % ou davantage d'un laps de temps t1 compté à partir de l'instant du début de l'augmentation de la température jusqu'au moment où la température T1 est portée à 95°C pendant l'opération de séchage.

Dans la première forme de réalisation, comme représenté sur la Fig. 5, le temps t1 compté à partir de l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température T1 est portée à 95 °C est d'environ 88 secondes et le laps de temps t0 compté à partir de l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la condition de température  $T1 > T2$  est satisfaite est d'environ 34 secondes. De la sorte, le temps nécessaire pour que la condition de température  $T1 > T2$  soit satisfaite d'une manière certaine est égal au laps de temps (t1-t0), soit environ 54 secondes dans la première forme de réalisation.

Ainsi, la première forme de réalisation satisfait d'une manière certaine la condition de température  $T1 > T2$  pendant environ 61 % du laps de temps  $t1$ .

Comme illustré sur la Fig. 5, la température  $T1$  est mesurée dans une partie centrale 101 proche de l'axe central du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille de forme cylindrique. De plus, la température  $T2$  est mesurée sur la partie périphérique extérieure 102 à l'écart de la surface périphérique extérieure 13, à 10 mm vers l'intérieur, la partie périphérique extérieure 102 étant sur une surface incluant le point central 101 qui croise perpendiculairement l'axe central du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille de forme cylindrique.

Par ailleurs, le procédé de fabrication selon la présente invention satisfait la relation  $V1 \geq V2$  et la relation  $V1 - V2 \geq 0,25 \text{ °C/s}$  sur une plage de 40 °C à 80 °C de la température du four,  $V1$  étant la vitesse d'augmentation de la température au niveau de la partie centrale 101 sur l'axe central du corps moulé 10 et  $V2$  étant la vitesse d'augmentation de la température sur la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10.

Dans la première forme de réalisation, comme illustré sur la Fig. 5, la valeur  $(V1-V2)$  est d'approximativement 0,32 °C/s, chacune des vitesses  $V1$  et  $V2$  d'augmentation de la température étant une valeur moyenne entre 40 °C et 80 °C, et la température de la partie périphérique extérieure 102 du corps devient non inférieure à 60 °C lorsque la température  $T1$  de la partie centrale 101 du corps moulé 10 atteint 95 °C.

La première forme de réalisation satisfait la relation de la valeur  $(t2 - t1) \leq 5$  minutes, et de préférence encore la première forme de réalisation satisfait la relation de la valeur  $(t2 - t1) \leq 2$  minutes,  $t1$  étant un laps de temps pour porter à 95 °C la température  $T1$  de la partie centrale 101 et  $t2$  étant un laps de temps pour porter à 95 °C la température  $T2$  de la partie périphérique extérieure 102. Comme illustré sur la Fig. 5,  $t1$  est d'environ 88 secondes et  $t2$  est d'environ 138 secondes, et la valeur  $(t2 - t1)$  devient environ 50 secondes.

Les matières premières de la céramique à base de cordiérite comprennent à l'avance la matière organique expansée. Le volume du corps moulé en céramique 10 augmente du fait de la matière organique expansée. La matière organique expansée disparaît pendant l'opération de cuisson et des cavités remplies d'un gaz, constituant des pores, sont créées dans la matière organique expansée disparue dans le corps.

Bien que le volume des cavités ou pores contenant des gaz dans le corps moulé 10 soit réduit par la contraction de la matière céramique pendant l'opération de

cuisson, il est possible de maintenir un volume voulu des cavités ou pores remplis d'air dans le corps en raison de l'utilisation de la matière organique expansée.

5 Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille obtenu par le procédé de fabrication ci-dessus selon la présente forme de réalisation présente les caractéristiques suivantes.

La valeur A/B du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention est établie dans un intervalle de 0,80 à 1,25, A étant un degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de la cloison 3 des alvéoles et B étant un degré d'orientation de cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de l'enveloppe périphérique extérieure 2.

10 Il est préférable de prendre une valeur supérieure à 75 % du degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de la cloison 3 des alvéoles et de l'enveloppe périphérique extérieure 2.

Il est possible de doter chaque cloison 3 d'alvéole du corps 1 d'une épaisseur de 0,1 à 0,4 mm. Par ailleurs, le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille a une forme cylindrique et son diamètre extérieur est de 50 mm à 400 mm, et la longueur sur l'axe du corps 1 est de 50 mm à 400 mm.

15 Les cloisons 3 d'alvéoles et l'enveloppe périphérique extérieure 2 du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille se présentent sous la forme d'une pièce moulée d'un seul tenant.

20 La Fig. 6 est une vue schématique de côté indiquant des points de mesure servant à mesurer les diamètres extérieurs du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation.

25 La différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de chacun des diamètres extérieurs "a", "b" et "c" (indiqués sur la Fig. 6) à mesurer est une valeur non supérieure à 2,5 % d'une valeur moyenne des diamètres extérieurs "a", "b" et "c".

30 Comme représenté sur la Fig. 6, les diamètres extérieurs "a" et "c" du corps 1 ont tous deux été mesurés en des points distants des deux surfaces d'extrémités du corps 1 dans une mesure égale à 5 mm vers l'intérieur en direction du point central sur l'axe du corps 1. Le diamètre extérieur "b" du corps 1 est mesuré sur la partie médiane du corps 1 suivant l'axe central du corps 1.

35 La Fig. 7 est une coupe schématique représentant des points de mesure pour les diamètres extérieurs du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation. Les diamètres extérieurs "a", "b" et "c" ont été

obtenus en calculant des valeurs moyennes de quatre séries de diamètres mesurés, désignées par les repères a1(b1, c1), a2(b2, c2), a3(b3, c3) et a4(b4, c4) indiqués sur la Fig. 7.

5 Les deux ensembles de diamètres désignés par a1 (b1, c1) et a2(b2, c2) sont situés dans la direction dans laquelle sont formées et disposées plusieurs des cloisons 3 d'alvéoles. Les deux ensembles de diamètres désignés par a3(b3, c3) et a4(b4, c4) sont inclinés par rapport aux diamètres désignés par a1(b1, c1) et a2(b2, c2) suivant un angle de 45° dans le sens horaire.

10 Ainsi, les égalités suivantes sont satisfaites dans la première forme de réalisation :

$$\text{Diamètre "a"} = (a1 + a2 + a3 + a4) / 4 ;$$

$$\text{Diamètre "b"} = (b1 + b2 + b3 + b4) / 4 ;$$

$$\text{Diamètre "c"} = (c1 + c2 + c3 + c4) / 4 ; \text{ et}$$

$$\text{Diamètre "d"} = (d1 + d2 + d3 + d4) / 4.$$

15 La différence entre la valeur maximale et la valeur minimale des diamètres "a", "b", "c" et "d" se situe dans les limites d'une valeur non supérieure à 2,5 % de la valeur moyenne ("a" + "b" + "c") / 3 dans la première forme de réalisation de la présente invention.

20 Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention peut être utilisé comme filtre à particules pour épurer des gaz d'échappement contenant des matières particulaires (fines particules) émises par un moteur à combustion interne tel qu'un moteur diesel. Des éléments d'obturation 4 sont formés en damier sur les deux surfaces d'extrémités 12 du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention.

25 La Fig. 11 est une vue schématique illustrant un exemple de l'application à un système d'épuration de gaz d'échappement à CC unique, équipé du corps en céramique à structure en nid d'abeille constituant un filtre d'épuration de gaz d'échappement.

30 Comme représenté sur la Fig. 11, le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention peut servir de filtre d'épuration de gaz d'échappement à installer, par exemple, dans des véhicules. Ainsi, le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la présente invention peut servir de filtre à particules diesel (FPD), de filtre d'épuration de gaz d'échappement pour moteurs à essence et autres filtres pour moteurs à combustion interne.

Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille peut être employé comme filtre d'épuration de gaz d'échappement installé dans un système à CC unique monté en un point d'un circuit 7 de gaz d'échappement adjacent à un moteur diesel 5. Dans un exemple concret, illustré sur la Fig. 11, le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille servant de filtre d'épuration de gaz d'échappement est monté à proximité d'un turbocompresseur (T/C) 6 dans le circuit 7 de gaz d'échappement pour le moteur diesel 5.

Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation permet de réduire la différence entre les coefficients de dilatation thermique des cloisons 3 d'alvéoles et de l'enveloppe périphérique extérieure 2, car le rapport A/B prend une valeur de 0,80 à 1,25, A désignant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de la paroi 3 d'alvéole et B étant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de l'enveloppe périphérique extérieure 2. Cette caractéristique permet de réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille présentant une excellente résistance aux chocs thermiques. Ainsi, l'utilisation du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention comme FPD installé dans un circuit de moteur diesel peut empêcher l'apparition de fissures même si les gaz d'échappement à haute température traversent le FPD.

Si le rapport A/B est inférieur à 0,80, le coefficient de dilatation thermique des cloisons 3 d'alvéoles est plus grand que celui de l'enveloppe périphérique extérieure 2, aussi y a-t-il une possibilité de diminution des performances de résistance aux chocs thermiques du corps en céramique à structure en nid d'abeille. Par ailleurs, si le rapport A/B dépasse 1,25, le coefficient de dilatation thermique de l'enveloppe périphérique extérieure 2 est plus grand que celui des cloisons 3 d'alvéoles, aussi y a-t-il également une possibilité de diminution des performances de résistance aux chocs thermiques du corps en céramique à structure en nid d'abeille.

Le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la première forme de réalisation présente une excellente résistance aux chocs thermiques et permet aussi une excellente précision de son diamètre périphérique extérieur, car son diamètre extérieur du corps en céramique à structure en nid d'abeille est de 50 mm à 400 mm. En outre, il est de ce fait possible de fabriquer facilement le corps en céramique à structure en nid d'abeille.

Si le diamètre extérieur du corps est inférieur à 50 mm, il est impossible de réaliser concrètement le corps en céramique à structure en nid d'abeille, car le corps

en céramique à structure en nid d'abeille présente une forte perte de pression. En outre, si le diamètre extérieur du corps dépasse 400 mm, comme la différence de dilatation thermique entre l'enveloppe périphérique extérieure 2 et les cloisons 3 des alvéoles du corps en céramique à structure en nid d'abeille devient grande, il est également impossible de maintenir de façon convenable les performances de résistance aux chocs thermiques et il est en outre impossible de réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille dont le diamètre extérieur ait une précision voulue. En outre, dans ce cas apparaissent des difficultés de manipulations pendant la fabrication.

De plus, comme la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de chacun des diamètres extérieurs "a", "b" et "c" mesurés à une première extrémité, à l'autre extrémité et au milieu du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille de la première forme de réalisation est une valeur non supérieure à 2,5 % d'une valeur moyenne des diamètres extérieurs "a", "b" et "c", il est possible de fabriquer et de réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille présentant un diamètre périphérique extérieur d'une grande précision.

Si la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale dépasse 2,5 % de la valeur moyenne précitée, il est impossible de former un corps en céramique à structure en nid d'abeille présentant un diamètre extérieur d'une précision voulue. Cela crée des difficultés pour loger commodément le corps en céramique à structure en nid d'abeille dans un boîtier en acier pour servir de filtre d'épuration de gaz d'échappement.

Dans la présente invention, comme l'enveloppe périphérique extérieure 2 et une pluralité des cloisons 3 d'alvéoles se présentent sous la forme d'une pièce moulée d'un seul tenant, il est possible à la fois d'avoir un degré élevé d'orientation des cristaux de la céramique et également d'obtenir presque une même valeur aussi bien pour les degrés d'orientation des cristaux de céramique dans l'enveloppe 2 que pour les degrés d'orientation des cristaux de céramique dans les cloisons 3 d'alvéoles. Cela permet de réaliser un corps en céramique à structure en nid d'abeille présentant une excellente résistance aux chocs thermiques.

Ainsi, le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la présente invention peut être utilisé comme filtre à particules de diesel (FPD, cf. Fig. 11) pour épurer des gaz d'échappement contenant des matières particulaires émises par un moteur diesel. L'utilisation du corps comme FPD donne une excellente résistance aux chocs thermiques. Ainsi, il est généralement nécessaire d'accroître l'épaisseur des

cloisons des alvéoles ainsi que d'accroître le diamètre extérieur du corps pour maintenir une fonction voulue du FPD. Il en résulte une augmentation des contraintes thermiques subies par le corps. En revanche, comme le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la présente invention présente un rapport A/B de 0,8 à 1,25, il est possible de conserver la grande résistance aux chocs thermiques, A désignant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de la cloison 3 des alvéoles et B désignant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite au niveau de l'enveloppe périphérique extérieure 2. Ainsi, le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la présente invention peut manifester ses excellentes caractéristiques lorsqu'il est utilisé comme FPD et dans d'autres applications.

Il est en outre possible de réduire le coût de fabrication, car l'enveloppe périphérique extérieure 2 et les cloisons 3 des alvéoles constituent une pièce moulée d'un seul tenant puisque les deux opérations de surfacage de l'enveloppe périphérique extérieure du corps 1 à structure en nid d'abeille et de revêtement de la partie périphérique extérieure du corps avec les matières premières de la céramique peuvent être supprimées dans la fabrication.

Lors de l'opération de séchage du corps moulé en céramique en nid d'abeille, la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant une période de plus de 50 % du laps de temps  $t1$  compté depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température  $T1$  est portée à 95°C,  $T1$  étant la température de la partie centrale 101 du corps 10 et  $T2$  étant la température sur la partie périphérique extérieure 102 du corps 10. Le séchage progresse graduellement de l'intérieur vers l'extérieur du corps 10. Cette façon de faire peut empêcher la déformation du corps moulé en céramique en nid d'abeille.

Si la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant une période inférieure à 50 % du laps de temps compté depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température  $T1$  est portée à 95°C, il est difficile d'empêcher la survenance d'une déformation dans le corps en céramique à structure en nid d'abeille pendant l'opération de séchage.

Il est préférable que, pendant l'opération de séchage, la relation  $T1 > T2$  soit satisfaite pendant une période supérieure à 90 % de la période comptée depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température  $T1$  est portée à 95 °C. Dans ce cas, il est en outre possible d'empêcher la survenance d'une déformation dans le corps moulé en céramique en nid d'abeille pendant

l'opération de séchage, et il est également possible de doter le corps en céramique à structure en nid d'abeille d'un diamètre extérieur très précis.

5 Considérant un cas dans lequel l'opération de séchage progresse depuis la partie périphérique extérieure 102 vers l'intérieur du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille, la partie périphérique extérieure 102 est tout d'abord séché dans un état de semi-durcissement, et l'intérieur du corps se contracte ou se dilate ensuite. En outre, comme l'état de semi-durcissement sur la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10 présente des variations, des déformations partiellement supprimées et partiellement non supprimées apparaissent à l'intérieur du corps moulé 10. De la sorte, la totalité du corps moulé 10 à structure en nid d'abeille se déforme.

10 En revanche, selon la présente invention, comme la relation  $T1 > T2$  est satisfaite, il est possible de supprimer et d'éliminer l'inconvénient ci-dessus de la technique antérieure qui provoque une déformation du corps moulé 10 pendant l'opération de séchage.

15 Par ailleurs, comme le procédé de fabrication selon la présente invention satisfait la relation  $V1 \geq V2$  ou  $V1 - V2 \geq 0,25 \text{ °C/s}$  (cf. Fig. 5) dans l'intervalle de 40 °C à 80 °C au cours de l'opération de séchage du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille, il est possible de réduire encore le degré de déformation du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille pendant l'opération de séchage et il est possible de fabriquer le corps en céramique à structure en nid d'abeille présentant un diamètre extérieur d'une excellente précision.

20 Dans la présente invention, lorsque la température  $T1$  de la partie centrale 101 du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille atteint 95 °C, la température  $T2$  de la partie périphérique extérieure 102 du corps 1 devient non inférieure à 60 °C. Par ailleurs, la présente invention satisfait la relation  $(t2 - t1) \leq 5$  minutes, et de préférence encore  $(t2 - t1) \leq 2$  minutes,  $t1$  désignant le temps pour porter à 95 °C la température  $T1$  de la partie centrale 101 du corps moulé 10 et  $t2$  désignant le temps pour porter à 95 °C la température  $T2$  de la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10 (cf. Fig. 5). Cela empêche, lors de l'opération de séchage, l'apparition de la différence entre la partie centrale 101 et la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10 et empêche de ce fait d'une manière certaine toute apparition de déformation dans le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille.

30 Si la relation  $(t2 - t1) > 5$  minutes apparaît, c'est-à-dire si la température  $T1$  atteint plus rapidement 95°C que la température  $T2$  avec une différence de 5 minutes ou plus, la différence supérieure à une valeur voulue apparaît entre la partie centrale

35

et la partie périphérique extérieure du corps moulée et une plus grande différence de vitesse de séchage apparaît également entre la partie centrale et la partie périphérique extérieure du corps moulé, aussi devient-il difficile d'empêcher une déformation dans le corps moulé en céramique en nid d'abeille.

5 De plus, comme la présente invention utilise des ondes hyperfréquence lors de l'opération de séchage pour sécher le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille, il est possible de sécher facilement le corps moulé 10 tout en maintenant la température T1 de la partie centrale 101 à une valeur supérieure à la température T2 de la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10.

10 En outre encore, dans la présente invention, les matières premières de la céramique à base de cordiérite comprennent une matière organique expansée. Le volume du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille augmente pendant l'opération de séchage sous l'effet de la matière organique expansée. Il est possible de former facilement dans les cloisons 3 d'alvéoles du corps de grandes cavités d'air ou de grands pores.

15 Comme un filtre à particules de diesel (FPD) nécessite que les cloisons 3 des alvéoles contiennent des cavités d'air ou des pores, le procédé de fabrication selon la technique antérieure utilise les matières premières de céramiques à base de cordiérite, dont une matière organique. La matière organique disparaît et crée de ce fait des cavités d'air ou pores pendant la cuisson du corps moulé 10. Cependant, après la disparition de la matière organique, le volume des cavités d'air ou pores est réduit par la contraction des cavités d'air ou pores, provoquée pendant la cuisson.

20 En revanche, le procédé de fabrication selon la présente invention utilise la matière organique expansée présente à l'avance dans les matières premières de la céramique à base de cordiérite. Pendant l'opération de séchage, l'expansion de la matière organique crée des cavités d'air ou pores dans les cloisons 3 d'alvéoles du corps moulé 10. Dans ces conditions, l'opération de cuisson est effectuée dans la présente invention. Ainsi, même si le volume des cavités d'air ou pores est réduit pendant la cuisson, il est possible de doter le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille des cavités d'air ou pores d'un volume voulu.

30 Le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille selon la présente invention peut servir de filtre à particules diesel (FPD). Dans ce cas, il est possible d'obtenir les excellentes caractéristiques de la présente invention telles que la résistance aux chocs thermiques, la grande précision du diamètre extérieur, 35 l'augmentation de la productivité et la diminution des coûts de fabrication.

Globalement, le FPD nécessite une plus grande épaisseur des cloisons 3 des cellules et un plus grand diamètre extérieur afin de conserver ces performances. Par exemple, l'épaisseur de chaque cloison 3 d'alvéole est établie dans un intervalle de 0,25 mm à 0,35 mm, le diamètre extérieur est établi dans un intervalle de 129 mm à 400 mm. Ces conditions provoquent facilement de fortes contraintes thermiques.

Afin d'éliminer le problème ci-dessus, comme le procédé selon la présente invention réalise le corps en céramique à structure en nid d'abeille ayant des cloisons 3 d'alvéoles et l'enveloppe périphérique extérieure 2 sous la forme d'une pièce moulée d'un seul tenant, il est possible d'accroître le degré d'orientation et de se rapprocher du degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite dans la cloison 3 des alvéoles et dans l'enveloppe périphérique extérieure 2 afin de réduire la différence de dilatation thermique de la cloison 3 des alvéoles et de l'enveloppe périphérique extérieure 2. Ainsi, le procédé de fabrication selon la présente invention permet de réaliser un corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille présentant une excellente résistance aux chocs thermiques.

De plus, il convient d'accroître l'énergie à fournir pour l'opération de séchage, car le corps en céramique à structure en nid d'abeille a une paroi d'alvéoles plus épaisse et un plus grand diamètre. Cela fait apparaître une difficulté pour réaliser la régulation voulue de la température et le corps en céramique à structure en nid d'abeille vient facilement à se déformer.

Par ailleurs, comme une cloison plus épaisse 3 des alvéoles et un plus grand diamètre extérieur impliquent une forte dilatation et une grande réduction du corps, il est impossible de maintenir avec une grande précision des dimensions voulues du corps en céramique à structure en nid d'abeille.

En outre, le corps a tendance à facilement se déformer sous son propre poids.

Afin de résoudre l'inconvénient ci-dessus, la présente invention propose la régulation de température et diverses conditions de fabrication décrites plus haut et illustrées sur la Fig. 5, et il est possible d'améliorer la précision des dimensions du corps en céramique à structure en nid d'abeille.

Par ailleurs, le procédé de fabrication selon la présente invention permet d'éliminer l'opération consistant à former une enveloppe périphérique extérieure et l'opération de revêtement du corps moulé avec les matières premières de la cordiérite de céramique. Cela accroît et améliore la productivité du corps en céramique à structure en nid d'abeille.

Comme décrit plus haut en détail, selon la première forme de réalisation de la présente invention, il est possible de doter le corps en céramique à structure en nid d'abeille d'une excellente résistance aux chocs thermiques et d'un diamètre extérieur d'une grande précision voulue, et il est également possible de réaliser le procédé de fabrication de celui-ci avec une excellente productivité améliorée.

#### Deuxième forme de réalisation

La Fig. 8 est un diagramme illustrant l'évolution de la température T1 mesurée au centre du corps moulé 10 et l'évolution de la température T2 mesurée sur le pourtour du corps moulé 10.

La Fig. 8 illustre la régulation de température dans la deuxième forme de réalisation selon la présente invention, la régulation de température s'effectuant pendant l'opération de séchage servant à sécher le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille. Dans la régulation de température selon la deuxième forme de réalisation, la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant 90 % ou plus de la période t1 comptée depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température T1 est portée à 95 °C au cours de l'opération de séchage, T1 étant la température au centre 101 à proximité de l'axe central du corps moulé 10 à structure en nid d'abeille, et T2 étant la température sur la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10 en céramique.

Comme représenté sur la Fig. 8, une période t0 comptée depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où est satisfaite la relation  $T1 > T0$  est de zéro seconde ( $t0 = 0$ ). Ainsi, la relation  $T1 > T2$  est satisfaite dès l'instant où la température commence à augmenter. Les deux températures T1 et T2 satisfont la relation  $T1 > T2$  pendant la totalité (100 %) de la période t1 allant de l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température T1 est portée à 95 °C.

Les autres conditions du procédé de fabrication selon la deuxième forme de réalisation sont les mêmes que celles de la première forme de réalisation de la présente invention.

Dans la deuxième forme de réalisation, il est possible de supprimer davantage l'apparition d'une déformation du corps moulé en céramique pendant l'opération de séchage et il est également possible de doter le corps en céramique à structure en nid d'abeille d'une grande précision en comparaison du cas de la première forme de réalisation.

Le reste du comportement et les autres effets du corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la deuxième forme de réalisation sont les mêmes que ceux de la première forme de réalisation.

#### 5 Première expérience

La Fig. 9 est une courbe illustrant une relation entre la différence ( $V1 - V2$ ) de vitesse d'augmentation de température et le taux de déformation du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille.

10 La relation suivante de (a) et (b) a été mesurée dans la première forme de réalisation :

(a) Différence ( $V1 - V2$ ) entre la vitesse d'augmentation de température dans la partie centrale 101 du corps moulé 10 et la vitesse d'augmentation de température sur la partie périphérique extérieure 102 du corps moulé 10 pendant l'opération de séchage consistant à sécher le corps moulé 10 en céramique en nid  
15 d'abeille ; et

(b) Ampleur de la déformation provoquée dans le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille fabriqué à partir du corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille.

20 Lors de la première expérience, l'ampleur de la différence ( $V1 - V2$ ) de la vitesse d'augmentation de la température a été établie à diverses valeurs, et l'ampleur de la déformation provoquée dans le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille a été mesurée en présence des diverses valeurs précitées de la différence ( $V1 - V2$ ). Trente corps moulés ont été réalisés pour chaque valeur de la différence ( $V1 - V2$ ) lors de la première expérience.

25 L'ampleur de la déformation dans le corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille a été mesurée à l'aide de la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale pour chacun de trois diamètres extérieurs mesurés en trois points de mesure, de la manière prescrite dans la première forme de réalisation. Ainsi, les trois points de mesure sont une première partie d'extrémité, l'autre partie d'extrémité et la  
30 partie médiane du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille dans la direction axiale de celui-ci. La différence entre la valeur maximale et la valeur minimale concerne les valeurs périphériques extérieures "a", "b" et "c". Dans un exemple concret, chaque ensemble des valeurs de partie périphérique extérieure est appelé (a1, b1, c1), (a2, b2, c2), (a3, b3, c3) et (a4, b4, c4) (cf. Fig. 6). La procédure de

mesure pour les valeurs de la partie périphérique extérieure est la même que celle de la première forme de réalisation.

L'ampleur de la déformation dans le corps en céramique à structure en nid d'abeille est obtenue en calculant une valeur moyenne de trente corps par cas (le nombre N de corps est de trente pour chaque cas,  $N = 30$ ).

La Fig. 8 présente le résultat d'une expérience au cours de laquelle l'ampleur de la déformation est reportée sous la forme d'une valeur moyenne pour chaque cas ( $V1 - V2$ ).

La première expérience a utilisé un corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille d'un diamètre extérieur de 160 mm.

Comme on peut le comprendre d'après la Fig. 8, le respect de la condition  $V1 \geq V2$  ( $V1 - V2 \geq 0$ ) permet de limiter l'ampleur de la déformation du corps 1 à un maximum de 2,0 mm. Par ailleurs, le respect de la condition  $V1 - V2 \geq 0,25 \text{ }^\circ\text{C/s}$  permet de limiter l'ampleur de la déformation du corps 1 à un maximum de 1,5 mm.

Si la limitation de l'ampleur de la déformation du corps 1 à un maximum de 1,5 mm est respectée, cela peut conduire au maintien de l'indice de capacité de processus ( $C_p$ ) de 1,33 dans le cas où le corps 1 a un diamètre extérieur de  $160 \pm 2,0$  mm.

## 20 Deuxième expérience

La Fig. 10 est une courbe illustrant une relation entre le rapport A/B du degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite dans la cloison 3 des alvéoles et dans l'enveloppe périphérique extérieure 2, et la résistance aux chocs thermiques du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille.

La deuxième expérience a permis d'étudier la relation entre le rapport A/B et la résistance aux chocs thermiques du corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille, A étant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite dans la paroi 3 des alvéoles du corps 1, et B étant le degré d'orientation des cristaux de céramique à base de cordiérite dans l'enveloppe périphérique extérieure 2 du corps 1.

Dans la deuxième forme de réalisation, plusieurs corps en céramique 1 à structure en nid d'abeille ayant diverses valeurs de A/B ont été réalisés et la résistance aux chocs thermiques a été mesurée pour chaque corps 1.

La résistance aux chocs thermiques du corps 1 a été déterminée au moment où une fissure est apparue dans le corps 1 après que le corps 1 a été chauffé.

La Fig. 10 présente le résultat de l'expérience. Comme illustré clairement sur la Fig. 10, il est possible d'avoir une grande résistance aux chocs thermiques lorsque le corps 1 présente un rapport A/B du degré de l'orientation des cristaux dans les deux parties 2 et 3 non inférieur à 0,80. Si le rapport A/B est inférieur à 0,80, la  
5 résistance du corps 1 aux chocs thermiques diminue.

En outre, on envisage l'obtention du même effet que celui illustré sur la Fig. 10 en remplaçant le rapport A/B par le rapport inverse B/A, le degré A d'orientation des cristaux dans la cloison 3 des alvéoles étant supérieur au degré B d'orientation des cristaux dans l'enveloppe périphérique extérieure 2 du corps 1. Par conséquent,  
10 on peut considérer que le corps 1 a une grande résistance aux chocs thermiques lorsque le rapport B/A n'est pas inférieur à 0,80, à savoir lorsque le rapport A/B n'est pas inférieur à 1,25.

Par suite des considérations ci-dessus, il est possible de doter le corps en  
15 céramique à structure en nid d'abeille d'une grande résistance aux chocs thermiques lorsque la relation  $0,80 \leq A/B \leq 1,25$  est satisfaite.

Les première et deuxième formes de réalisation et les première et deuxième expériences illustrent l'utilisation d'ondes hyperfréquence pour exécuter l'opération de séchage consistant à sécher le corps moulé 10 en céramique en nid d'abeille. La présente invention n'est pas limitée à ce procédé et, par exemple, il est possible  
20 d'utiliser des ondes à haute fréquence plutôt que les ondes hyperfréquence.

En outre, il est possible d'employer le corps en céramique à structure en nid d'abeille selon la présente invention dans divers systèmes de moteurs à combustion interne, par exemple comme filtre d'épuration de gaz d'échappement pour moteurs à  
25 essence.

## REVENDICATIONS

1. Corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille, comprenant :
- 5                   une enveloppe périphérique extérieure (2) formée sur une surface s'étendant longitudinalement et autour d'un axe central du corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille ; et
- une pluralité de cloisons (3) d'alvéoles formées dans une structure en nid d'abeille à l'intérieur de l'enveloppe périphérique extérieure (2),
- 10                   caractérisé en ce que :
- le corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille présente un rapport A/B compris entre 0,80 et 1,25, A désignant un degré d'orientation de cristaux de céramique à base de cordiérite dans la cloison d'alvéoles et B désignant un degré d'orientation de cristaux de céramique à base de cordiérite dans l'enveloppe
- 15                   périphérique extérieure (2), et
- la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale du diamètre extérieur du corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille n'est pas supérieure à 2,5 % de la valeur moyenne du diamètre extérieur mesuré, et ceci pour chacune parmi trois zones de mesure sur le corps (1) situées à une première partie
- 20                   d'extrémité, à l'autre partie d'extrémité et dans une partie médiane du corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille.
2. Corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille selon la revendication 1, caractérisé en ce que le corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille a une forme cylindrique et le diamètre extérieur du corps en céramique (1) à
- 25                   structure en nid d'abeille est compris entre 50 mm et 400 mm.
3. Corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que plusieurs des cloisons (3) d'alvéoles et l'enveloppe périphérique extérieure (2) constituent une pièce monobloc obtenue de moulage.
- 30                   4. Corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que le corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille est un filtre à particules de diesel destiné à servir dans un système d'épuration de gaz d'échappement pour épurer des matières particulaires présentes dans des gaz d'échappement émis par un moteur diesel.

5. Corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille selon la revendication 2, caractérisé en ce que la dimension, dans le sens de la longueur, du corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille est comprise entre 50 mm et 400 mm.

5

6. Procédé de fabrication d'un corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

10 effectuer un moulage par extrusion avec une matière première de céramique à base de cordiérite, et découper un corps moulé en une pluralité de corps moulés (10) en céramique en nid d'abeille comportant une enveloppe périphérique extérieure (2) formée sur une surface s'étendant longitudinalement et autour d'un axe central du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille et une pluralité de cloisons (3) d'alvéoles formées dans l'enveloppe périphérique extérieure (2), l'enveloppe périphérique extérieure (2) et les cloisons (3) d'alvéoles constituant un seul corps ;

15 sécher le corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille tout en respectant une relation  $T1 > T2$  pendant une période supérieure à 50 % comptée depuis un instant où la température commence à augmenter jusqu'à un instant où  $T1$  atteint 95 °C,  $T1$  étant une température dans une partie centrale (101) proche d'un axe central du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille et  $T2$  étant une  
20 température dans une partie périphérique extérieure (102) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille ; et

cuire le corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille de manière à former un corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille.

7. Procédé de fabrication selon la revendication 6, caractérisé en ce que  
25 la relation  $T1 > T2$  est satisfaite pendant une période supérieure à 90 % comptée depuis l'instant où la température commence à augmenter jusqu'à l'instant où la température  $T1$  est portée à 95°C.

8. Procédé de fabrication selon la revendication 6 ou la revendication 7, caractérisé par la relation  $V1 \geq V2$  lorsque la température est comprise entre 40 °C et  
30 80 °C au cours de l'opération de séchage,  $V1$  étant la vitesse d'augmentation de température dans la partie centrale (101) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille et  $V2$  étant la vitesse d'augmentation de température dans la partie périphérique extérieure (102) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille.

9. Procédé de fabrication selon la revendication 8, caractérisé en ce que  
35 la relation  $V1 - V2 \geq 0,25$  °C/seconde est satisfaite pendant l'opération de séchage.

10. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que la température T2 sur la partie périphérique extérieure (102) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille n'est pas inférieure à 60 °C lorsque la température T1 dans la partie centrale (101) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille atteint 95 °C.

11. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que l'opération de séchage consistant à sécher le corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille est réalisée par ondes hyperfréquence ou ondes haute fréquence.

12. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que la matière première de la céramique à base de cordiérite contient une matière organique expansée, et le volume de la matière organique augmente pendant le séchage du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille.

13. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, caractérisé en ce qu'une relation  $(t_2 - t_1) \leq 5$  minutes est satisfaite, t1 désignant le temps mis pour porter à 95 °C la température T1 dans la partie centrale (101) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille et t2 désignant le temps mis pour porter à 95 °C la température T2 sur la partie périphérique extérieure (102) du corps moulé (10) en céramique en nid d'abeille.

14. Procédé de fabrication selon la revendication 13, caractérisé en ce que le temps t1 et le temps t2 satisfont la relation  $(t_2 - t_1) \leq 2$  minutes.

15. Utilisation du corps en céramique (1) à structure en nid d'abeille fabriqué selon le procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 14 comme filtre à particules diesel destiné à servir dans un circuit d'épuration de gaz d'échappement pour épurer des matières particulaires contenues dans des gaz d'échappement rejetés par un moteur diesel.

1/11

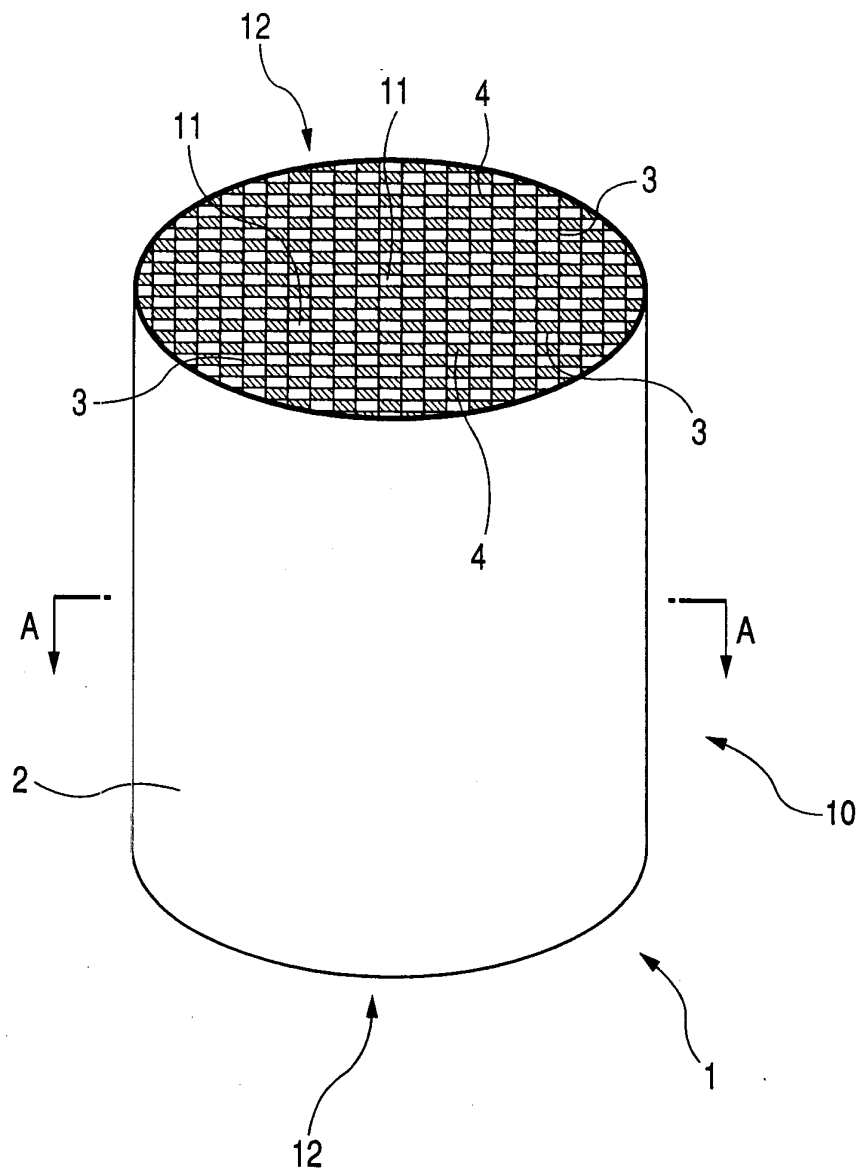
*FIG. 1*

FIG. 2

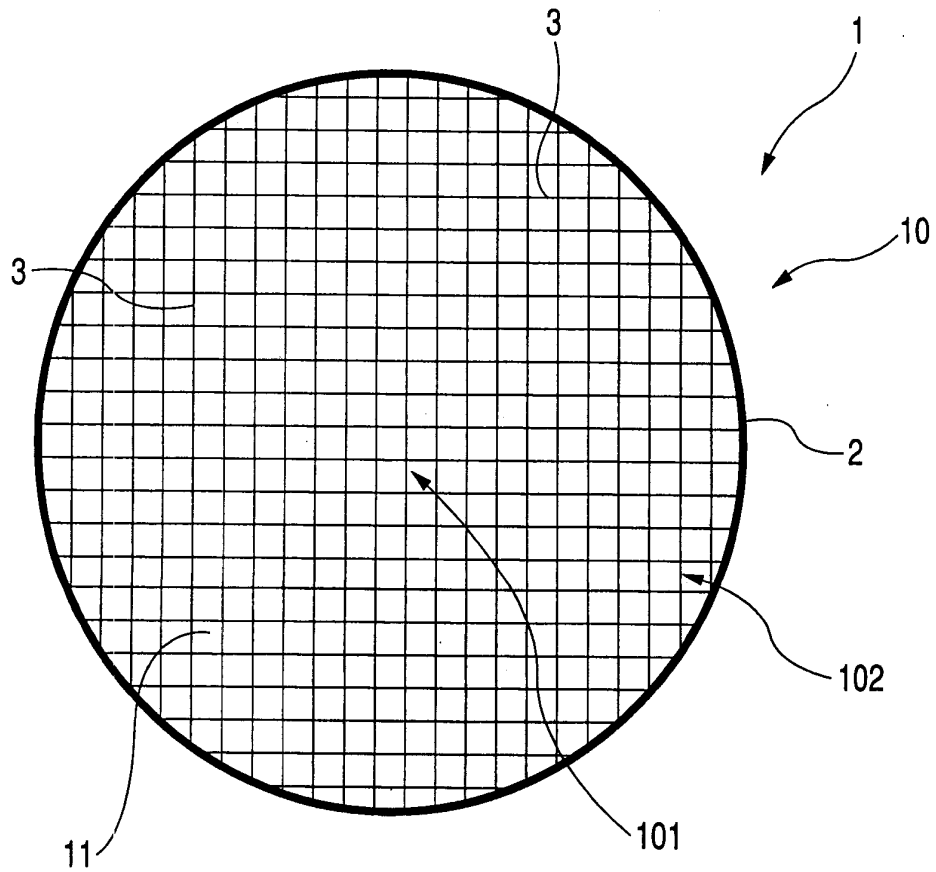
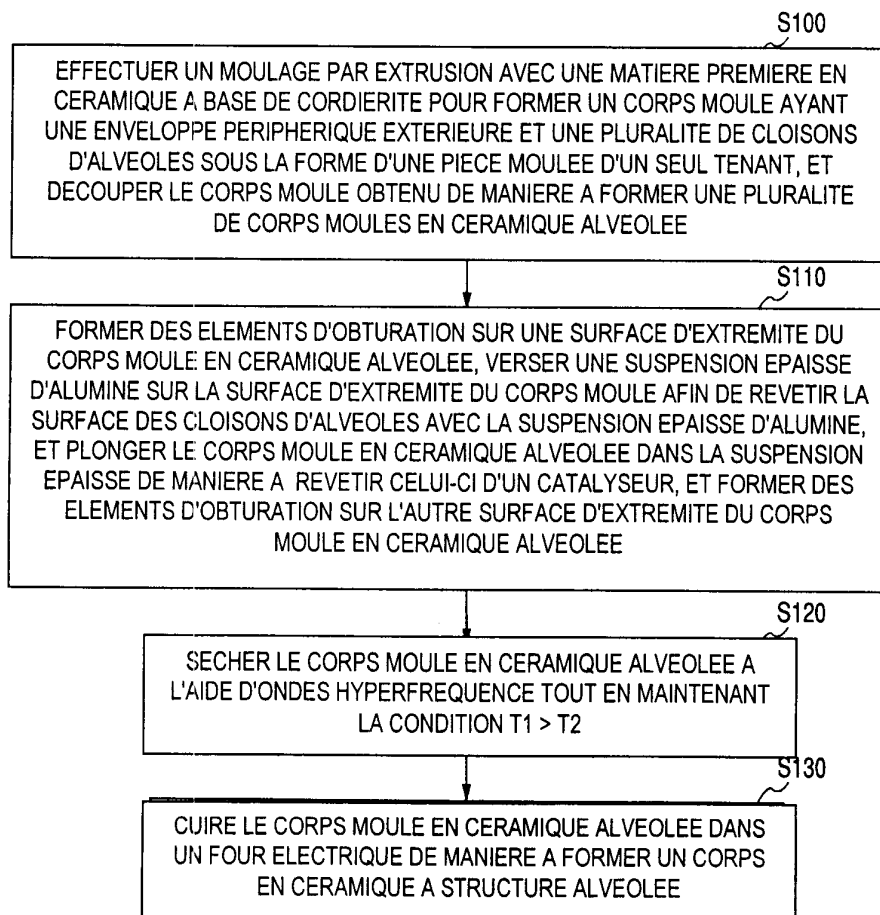


FIG. 3



4/11

FIG. 4

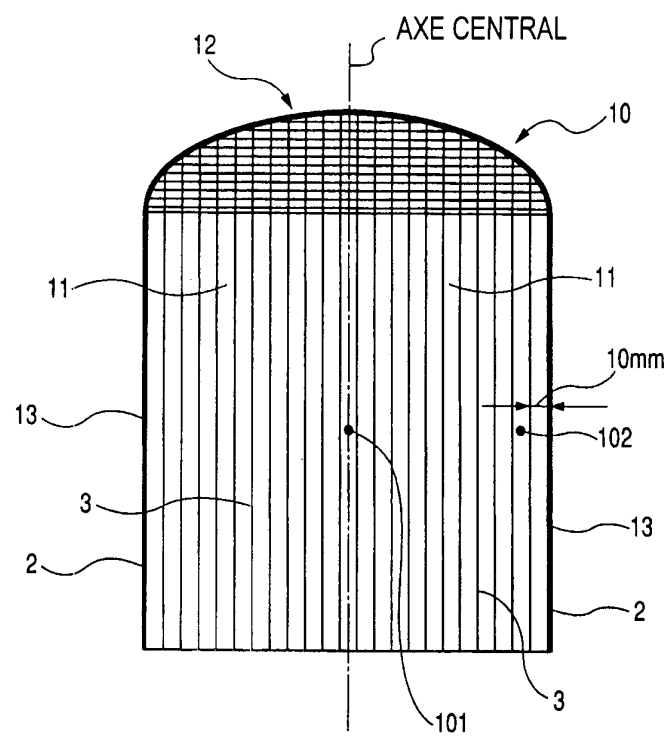
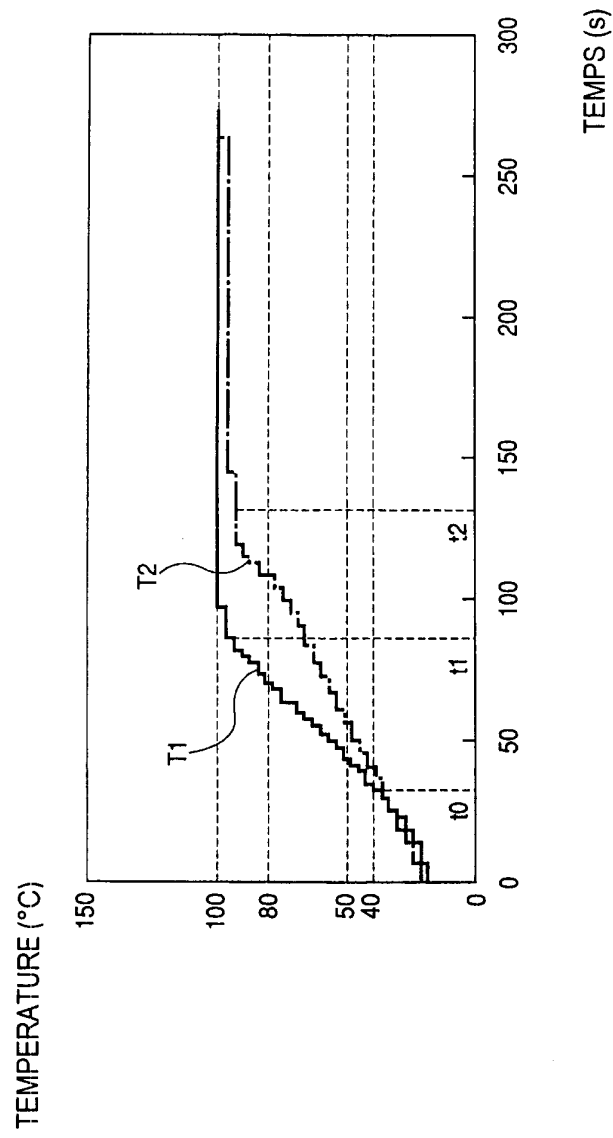


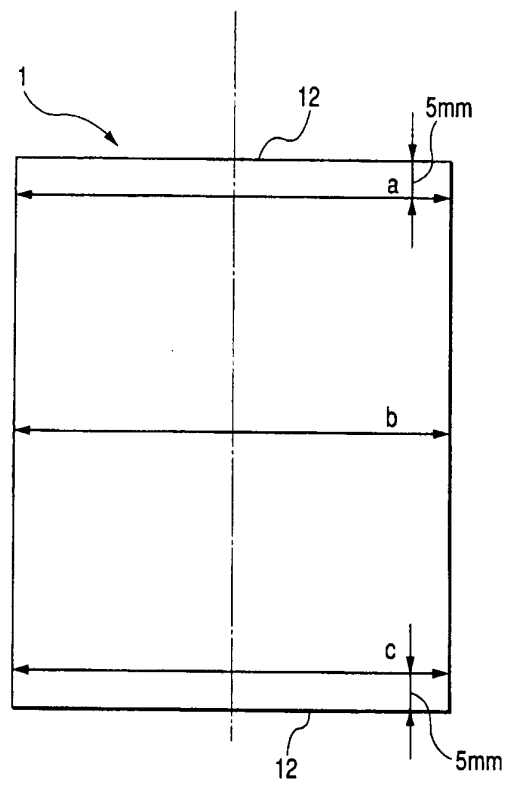
FIG. 5



6/11

*FIG. 6*

AXE CENTRAL



7/11

FIG. 7

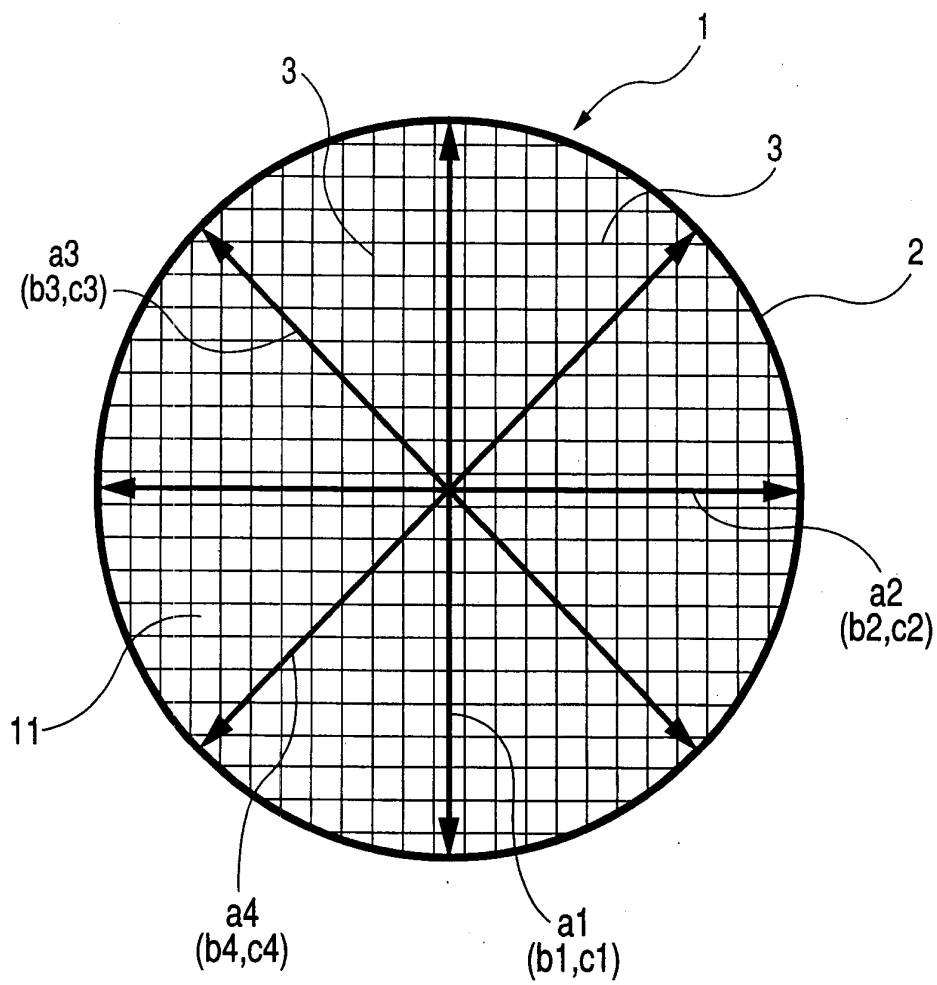
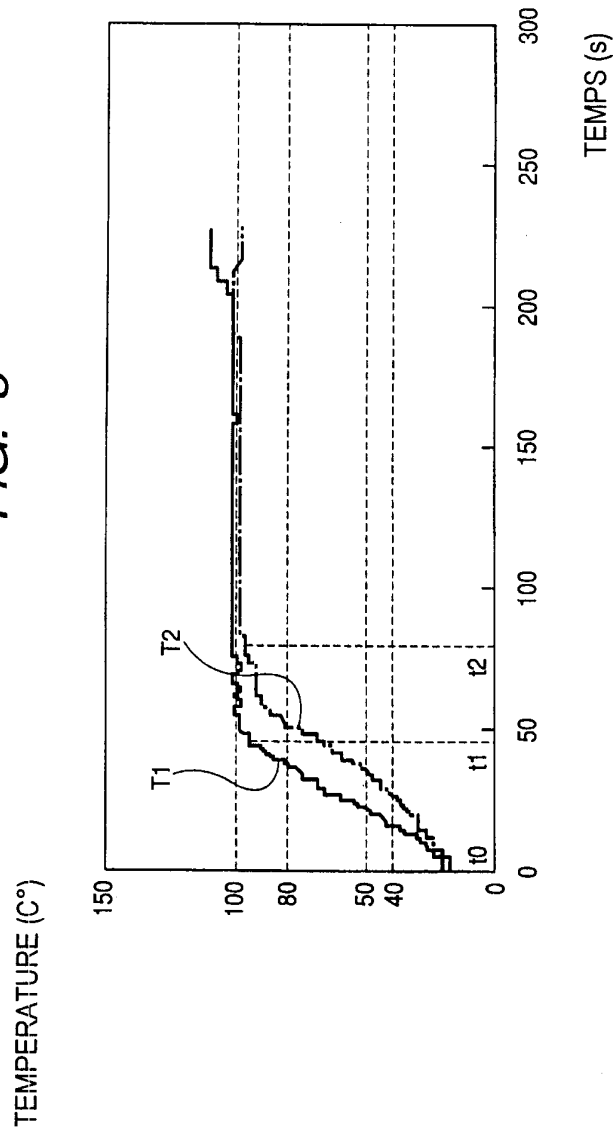


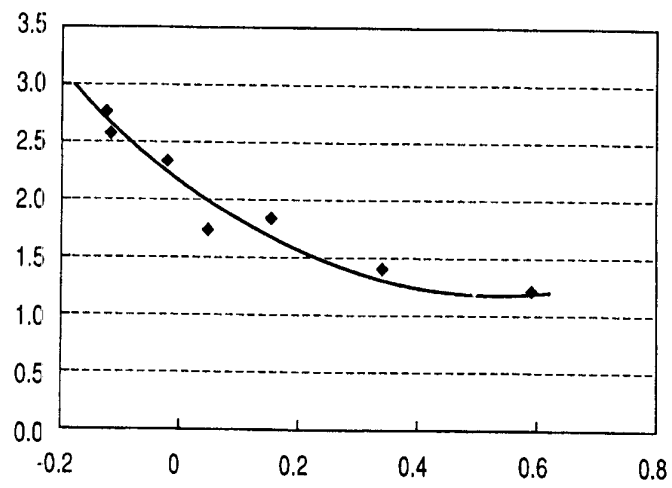
FIG. 8



9/11

*FIG. 9*

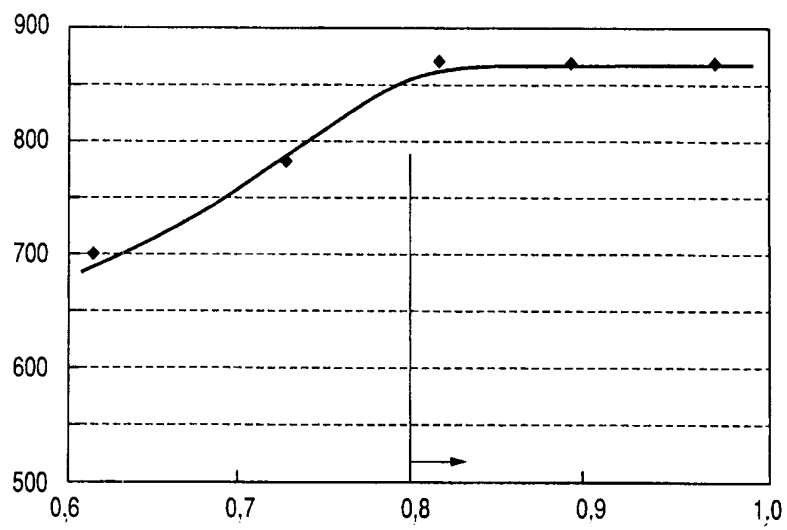
DEFORMATION (mm)

DIFFERENCE DE VITESSE D'AUGMENTATION DE  
TEMPERATURE V1 - V2 (C°/s)

10/11

*FIG. 10*

RESISTANCE AUX CHOCS THERMIQUES (C°)



RAPPORT A/B DE DEGRES D'ORIENTATION DE CRISTAUX

**FIG. 11**