

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication : **2 553 148**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : **84 15406**

51 Int Cl⁴ : F 02 K 9/64.

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

- 22 Date de dépôt : 8 octobre 1984.
- 30 Priorité : JP, 7 octobre 1983, n°s 188804/1983 et 188805/1983.
- 43 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 15 du 12 avril 1985.
- 60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : NATIONAL AEROSPACE LABORATORIES, MASUDA Yoshimichi, WATANABE Ryuzo, TAKEKAWA Junjiro et SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD. — JP.

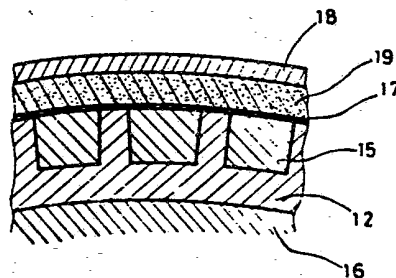
72 Inventeur(s) : M. Niino, N. Yatsuyanagi, A. Suzuki, A. Kumakawa, H. Tamura, M. Sasaki, H. Gomi, H. Sakamoto, F. Ono, Y. Masuda, R. Watanabe, J. Takekawa, Y. Doi, N. Kuroishi, Y. Takeda et S. Ochi.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

54 Procédé pour réaliser des chambres de combustion pour fusées.

57 Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à : préparer un cylindre interne 12 comportant sur sa surface externe une paroi de refroidissement à système de canalisations comportant plusieurs gorges 14; remplir les gorges dudit cylindre interne 12 avec un alliage à faible point de fusion 15; mouler par compression une poudre métallique placée autour de la périphérie du cylindre interne 12 rempli dudit alliage à faible point de fusion jusqu'à une épaisseur prédéterminée pour former un cylindre externe 19, et fritter l'ensemble après moulage par compression.



FR 2 553 148 - A1

Procédé pour réaliser des chambres de combustion pour fusées.

L'invention concerne un procédé pour réaliser des chambres de
5 combustion pour moteurs de fusée à combustible liquide, et elle
concerne particulièrement un procédé pour réaliser des chambres de
combustion du type comportant un système de canalisations servant au
refroidissement.

Au cours des récentes années, on a constaté un besoin pour une
10 poussée plus forte pour les moteurs de fusées à combustible liquide, ce
qui fait que la résistance au refroidissement et à la pression de la
chambre de combustion est devenue un problème important. Dans les
moteurs de fusée à combustible liquide classiques, la chambre de
combustion comprend une paroi de refroidissement comportant un système
15 de canalisations pour satisfaire ces exigences de refroidissement et de
résistance à la pression. Les figures 1 et 2 sont respectivement une
vue schématique en perspective et une coupe transversale d'une chambre
de moteur de fusée classique. Comme on le voit clairement à la figure
2, la chambre de combustion 1 comprend un cylindre interne 2 réalisé en
20 un matériau à forte conductivité thermique, tel que du cuivre ou un
alliage de cuivre, et un cylindre externe 3 relié audit cylindre
interne 2. La périphérie du cylindre interne 2, comme le montre
clairement la figure 2, comprend plusieurs gorges 4 constituant une
section de refroidissement du type à canalisations; on fait passer par
25 exemple de l'hydrogène liquide par ces gorges 4 pour refroidir la
chambre de combustion 1.

A cet égard, la chambre de combustion 1 décrite ci-dessus a donc
été réalisée jusqu'ici, comme le montre les vues en perspective
partielle des figures 3 à 5, en préparant le cylindre interne 2, en
30 usinant la périphérie externe du cylindre interne 2 en vue de former
les gorges 4, et en reliant le cylindre externe 3 à la périphérie du
cylindre interne 2. Mais comme la chambre de combustion 1 de la fusée
doit être soumise à des pressions très élevées, les cylindres interne
et externe 2 et 3 doivent être reliés l'un à l'autre de façon très
35 résistante. En outre, du fait que le refroidissement de la chambre de

combustion 1 pose un problème très important, dans les cas où après jonction du cylindre externe 3 les gorges 4 se déforment dans leur sections de passage de refroidissement ou quand les surfaces périphériques des gorges 4, particulièrement la condition de surface de la région où le cylindre externe 3 est face aux gorges 4, sont rugueuses, un fluide de refroidissement tel que de l'hydrogène liquide, quand il passe par les gorges, peut donner naissance à des pertes par friction excessives.

C'est pourquoi on a essayé jusqu'ici de nombreux procédés tels que le brasage, l'électroformage, la métallurgie des poudres et l'adhérence par diffusion pour relier les cylindres interne 2 et externe 3 l'un à l'autre. Quand il s'agit du brasage, si la fluidité du matériau de brasage est faible, l'inconvénient est qu'il est impossible d'obtenir l'uniformité de la résistance de la jonction. En outre, dans le cas de l'électroformage, et comme on l'utilise pour former un cylindre externe par électro-placage de Ni, le problème est que la réaction d'électrolyse est de longue durée. En outre, quand on utilise le procédé de liaison par diffusion, on a constaté que la précision obtenue était mauvaise.

Par ailleurs, les demandes de brevet DE 3320556.6 et 3320557.4 décrivent des procédés pour la jonction de cylindres interne et externe par métallurgie des poudres. Selon ces procédés de l'art antérieur, la méthode de production comprend la préparation d'un cylindre interne muni sur sa périphérie externe d'une paroi de refroidissement à système de canalisations comprenant plusieurs gorges, le remplissage des gorges du cylindre interne avec de la cire de paraffine ou un mélange de cire de paraffine et de poudre d' Al_2O_3 , et le moulage par compression d'une poudre métallique placée autour de la périphérie du cylindre interne rempli de ladite charge, sous une pression isostatique et jusqu'à une épaisseur prédéterminée pour former le cylindre externe.

Mais du fait de l'utilisation de cire de paraffine ou analogue pour constituer la charge, l'inconvénient est que, pendant le moulage par compression du cylindre externe, la cire de paraffine se déforme et le résultat est que le cylindre externe est moulé alors que certaines particules de poudre métallique pénètrent dans les gorges 4, ce qui

rend irrégulière la forme en coupe des gorges 4 et augmente fortement les pertes par friction entre le fluide de refroidissement et les parois des gorges 4. Quand on effectue le remplissage avec la cire de paraffine ou analogues et si des bulles sont présentes dans la cire, 5 la pression à appliquer pendant le pressage isostatique à froid (PIF) provoque l'affaissement de la cire de paraffine d'une quantité correspondant à celle des bulles, le résultat étant que certaines des particules métalliques formant le cylindre externe font saillie dans les gorges 4. Lorsque de telles saillies existent, leur élimination 10 mécanique est très difficile. Il est donc souhaitable de détecter la présence de ces bulles avant d'appliquer le PIF, mais dans le cas où l'on utilise de la cire de paraffine en tant que charge, la détection des bulles s'avère très difficile dans la pratique.

En outre, le procédé métallurgique à poudre sus-mentionné présente 15 des inconvénients additionnels provenant du fait que le moulage par compression du cylindre externe nécessite également de placer un moule à l'intérieur du cylindre interne, que ce moule est difficile à réaliser, et qu'après le moulage par compression il existe une différence de résistance d'adhérence entre la jonction de la périphérie 20 externe du cylindre interne fritté (les parties en forme de nervures présentent entre gorges adjacentes 4) et la partie frittée du cylindre externe.

Un but principal de l'invention est de procurer un procédé pour réaliser une chambre de combustion de fusée du type dans lequel le 25 cylindre externe est formé métallurgiquement par des poudres autour du cylindre externe, lequel procédé élimine les inconvénients sus-mentionnés, assure une résistance plus élevée de la jonction entre les cylindres interne et externe et produit une perte par friction très faible quand un fluide de refroidissement passe dans la section de 30 refroidissement du type à canalisations.

En bref, l'invention est un procédé de réalisation de chambres de combustion de fusées comprenant les opérations consistant à préparer un cylindre interne comportant autour de sa périphérie externe une section de refroidissement constituée par un système de canalisations à 35 plusieurs gorges, le remplissage des gorges du cylindre interne au

moyen d'un alliage à faible point de fusion; le moulage par compression d'une poudre métallique placée autour du cylindre interne rempli dudit alliage à faible point de fusion jusqu'à une épaisseur prédéterminée en vue de former ainsi un cylindre externe, et de fritter ce dernier. Dans 5 la présente invention, la cire de paraffine que l'on utilise habituellement en tant que charge est remplacée par un alliage à faible point de fusion (tel que du "métal de Woods" appelé également "alliage de Wood"). Ainsi, lorsqu'une poudre métallique est moulée par compression autour du cylindre interne rempli d'un alliage à faible point de fusion il n'y a pas de possibilité que 10 la charge se déforme, ni la possibilité d'une modification de la forme en coupe des gorges de refroidissement. En outre, du fait que les parties de surface frittées du cylindre externe qui sont face aux gorges sont lisses, il est possible d'obtenir un passage de refroidissement en forme de canalisation dont le rendement de 15 refroidissement est élevé, avec moins de pertes par friction.

Selon un aspect particulier de l'invention, pendant le remplissage des gorges de la périphérie externe du cylindre interne au moyen d'un alliage à faible point de fusion, le cylindre interne est rempli d'un alliage à faible point de fusion servant de coeur pendant le moulage 20 par compression du cylindre externe. L'insertion du coeur dans le cylindre interne en même temps que le remplissage des gorges du cylindre interne au moyen du matériau de remplissage permet de simplifier le processus de production et la forme du moule destiné au moulage par compression suite au remplissage.

25 Cependant, il n'est pas absolument nécessaire d'utiliser un alliage à faible point de fusion pour constituer le coeur destiné au formage du cylindre externe par moulage par compression et, naturellement, on peut insérer dans le cylindre interne un coeur en métal formé séparément.

30 Selon un autre aspect particulier de l'invention, à la suite du remplissage, on forme une coquille de placage en Cu sur la périphérie du cylindre interne rempli d'un alliage à faible point de fusion. La formation de cette coquille de placage en Cu permet de réduire fortement les pertes par friction provoquées par le passage d'un fluide 35 de refroidissement, comme décrit ci-dessus.

De plus, la poudre métallique devant être utilisée pour le formage du cylindre externe au cours de l'opération de moulage par compression peut être par exemple de la poudre de cuivre. Mais on peut remplacer la poudre de cuivre par de la poudre de cuivre mélangée d'une poudre d'Ag ou de Sn ou par une poudre de cuivre plaquée à l'Ag ou au Sn, ce qui permet d'augmenter encore plus la résistance de la jonction entre les cylindres externe et interne.

De manière similaire, pour augmenter la résistance de la jonction, la périphérie externe du cylindre interne rempli d'un alliage à faible point de fusion peut être plaqué au moyen d'Ag ou de Sn à la suite du remplissage avec l'alliage à faible point de fusion.

En outre, à la suite de la formation de la coquille de placage en Cu pour réduire les pertes par friction, comme décrit ci-dessus, on peut plaquer la périphérie externe de ladite coquille de placage en Cu avec de l'Ag ou du Sn. Dans ce cas, il est possible de réduire encore plus les pertes par friction et d'augmenter efficacement la résistance de la jonction entre les cylindres externe et interne.

Après le formage de la couche moulée par compression qui sert de cylindre externe au cours de l'étape de moulage par compression et après son frittage, on peut former sa périphérie externe au moyen d'une couche d'électroformage au Ni. Le fait de prévoir cette couche d'électroformage au Ni permet d'augmenter encore plus la densité et la résistance du cylindre externe.

En outre, l'opération de moulage par compression pour former le cylindre externe peut être réalisée en deux étapes, celle du moulage par compression de la première couche en utilisant de la poudre de Cu par exemple, et l'étape de moulage par compression d'un mélange de poudres de cuivre et d'un super-alliage à base de Ni sur son côté externe. Ensuite, on peut effectuer le frittage et le PIC (pressage isostatique à chaud). Dans ce cas également, il est possible d'augmenter la densité et la résistance du cylindre externe. En outre, quand la seconde couche dudit mélange de poudres de cuivre et de super-alliage à base de Ni a été formée, on peut former une couche par moulage par compression utilisant une poudre de super-alliage plastique à base de Ni sur son côté externe, puis on peut réaliser le frittage et

le PIC pour former le cylindre externe. Dans ce cas, le fait de prévoir la troisième couche augmente encore plus la densité et la résistance du cylindre externe.

De plus, les deux ou trois couches obtenues par moulage par compression sus-mentionnées peuvent être moulées par compression séparément, ou bien on peut commencer par placer dans le moule des poudres pour former deux ou trois couches, puis les mouler par compression en une seule fois.

Ces buts et d'autres encore, les caractéristiques, les aspects et les avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui va être donnée, avec référence aux dessins annexés dans lesquels:

la figure 1 est une vue schématique en perspective montrant un exemple d'une chambre de combustion de fusée classique,

la figure 2 est une vue en coupe de la chambre de combustion de fusée montrée à la figure 1,

les figures 3 à 5 sont des vues partielles en perspective montrant les opérations classiques de production de la chambre de combustion de fusée montrée aux figures 1 et 2, la figure 3 représentant un cylindre interne, la figure 4 représentant ledit cylindre interne comprenant sur sa périphérie externe une section de refroidissement du type à canalisations et la figure 5 montrant ledit cylindre interne sur lequel a été ajouté un cylindre externe,

les figures 6 et 7 sont des vues partielles en coupe montrant les opérations permettant de mettre en oeuvre un premier mode de réalisation de l'invention, la figure 6 montrant la formation d'une couche de placage en Cu suite à l'opération de remplissage, et la figure 7 montrant l'adjonction d'un cylindre externe,

les figures 8 et 9 sont des vues montrant une chambre de combustion de fusée produite au moyen des opérations montrées aux figures 6 et 7, la figure 8 étant une vue en demi-coupe longitudinale et la figure 9 une vue en coupe transversale,

la figure 10 est une vue partielle en coupe montrant la construction d'une chambre de combustion de fusée obtenue au moyen d'un second mode de réalisation de l'invention,

la figure 11 est une vue partielle en coupe montrant la construction d'une chambre de combustion de fusée obtenue au moyen d'un troisième mode de réalisation de l'invention, et

la figure 12 est une vue partielle en coupe montrant la construction d'une chambre de combustion de fusée obtenue au moyen d'un quatrième mode de réalisation de l'invention.

Tout d'abord, on prépare par usinage un cylindre interne en cuivre exempt d'oxygène, comprenant sur sa surface périphérique externe une section de refroidissement du type à canalisations comportant plusieurs gorges. Le cylindre interne est alors immergé complètement dans du métal de Woods fondu, ou bien ce dernier est versé dans le moule dans lequel a été placé le cylindre interne, la périphérie et le côté interne du cylindre interne étant remplis du métal de Woods. De plus, pour éliminer les défauts de moulage tels que les cavités dues à des retraits et aux bulles d'air et pour améliorer la passe, on peut soumettre le cylindre interne à une pression gazeuse en utilisant une pression pouvant atteindre 8 kgf/cm^2 après moulage, permettant d'éviter efficacement la contraction et la déformation du métal de Woods pendant le pressage isostatique. Quand le métal de Woods ou le matériau de remplissage a été solidifié, on élimine par usinage le métal de Woods qui est en excès sur la périphérie. On notera que lorsqu'on doit verser le métal de Woods, il est possible d'insérer par le côté interne, c'est-à-dire par la partie creuse du cylindre interne, un coeur en métal tel qu'en fer ou en acier inoxydable, pour réduire la quantité de métal de Woods qu'il faut verser. En variante, on peut insérer par le côté interne du cylindre interne un coeur en métal de même forme que la partie creuse du cylindre interne.

De plus, le métal de Woods servant d'alliage à faible point de fusion et utilisé en tant que matériau de remplissage peut être préparé de manière que sa température de début de fusion soit d'environ $50 - 200^\circ\text{C}$ en réglant de façon appropriée les proportions de ses composants. L'élimination du métal de Woods est réalisée en le chauffant à des températures comprises dans la plage de $100 - 250^\circ\text{C}$. Mais il est nécessaire de choisir le grade optimal du métal de Woods en tenant compte de sa dureté et de sa mouillabilité par rapport au cuivre

sur la surface des gorges formant la section de refroidissement du type à canalisations constituée autour de la périphérie du cylindre interne. Alors que l'on peut éliminer et réaliser le frittage du métal de Woods de façon continue dans le même four, il est préférable de réaliser ces 5 opérations séparément du fait que le métal de Woods consiste essentiellement en un alliage à faible point de fusion et a donc une pression de vapeur relativement élevée.

Comme montré à la figure 6, le cylindre interne 12 dont les gorges prévues sur sa périphérie externe ont été remplies de métal de Woods 10 15, alors que du métal de Woods 16 remplit sa partie creuse interne, reçoit sur sa périphérie externe une coquille de placage en Cu 17. Comme cela sera décrit plus loin, et dans le cas d'un procédé utilisant une poudre métallique comme matériau pour le formage du cylindre externe par métallurgie des poudres en fonction des conditions de 15 refroidissement de la chambre de combustion de fusée, le diamètre des particules de la poudre métallique devient supérieur à l'épaisseur de la couche limite circulant à grande vitesse du fluide de refroidissement, provoquant des pertes par friction très importantes quand passe le fluide de refroidissement. Dans ce mode de réalisation 20 et pour éviter ces pertes par friction, la coquille de placage en Cu 17 est formée sur la périphérie externe du cylindre interne 12 après que ce dernier ait été rempli du métal de Woods.

La surface externe de la coquille de placage en Cu 17 est soumise à un traitement de nettoyage de sa surface au moyen de papier de verre 25 ou d'un acide, ce qui donne une surface propre et activée. Ce traitement de surface est réalisé pour augmenter la résistance de la jonction avec le cylindre externe par frittage, qui doit être réalisée par la suite. Au cours de ce traitement de surface, on peut également augmenter la résistance de la jonction après le frittage en appliquant 30 un placage d'Ag ou de Sn.

Le cylindre interne 12 comprenant sur sa périphérie externe la coquille de placage en Cu 17 est alors placé dans un moule cylindrique 18, comme montré à la figure 7, et on remplit l'espace compris entre le moule 18 et la couche de placage en Cu 17 avec de la poudre de cuivre. 35 La poudre de cuivre utilisée est de préférence de la poudre de cuivre

électrolytique d'une granulométrie de -250 mailles qui est supérieure sur le plan de sa compatibilité et de sa compressibilité. Si le remplissage est réalisé alors que l'on fait vibrer le moule 18 ou lorsqu'on applique un traitement de dégazage pour éliminer l'air de l'intérieur du moule 18 par un dispositif d'aspiration, on peut alors augmenter la densité du remplissage et la rendre uniforme, et on peut donc améliorer la résistance et autres caractéristiques après moulage et frittage et réduire les variations de ces caractéristiques.

La couche de poudre de remplissage 19 (voir figure 7) est alors moulée par compression par pressage isostatique. La pression de moulage est de préférence de 1 tonne/cm² ou plus. La densité du moulage varie avec le procédé de remplissage, le traitement de dégazage et la dimension des particules, mais il est souhaitable que la densité de moulage PIF du compact PIF soit supérieure à environ 70% de la densité théorique. Si elle est inférieure à ce chiffre, les conditions du frittage permettant d'obtenir des densités supérieures à 90% de la densité théorique deviennent limitées.

Pour éliminer le métal de Woods de remplissage du compact vert, ce dernier est chauffé à une température de 100 à 250°C en vue de fondre les masses de métal de Woods 15 et 16, ces dernières étant éliminées des gorges 14 et du côté interne du cylindre interne 12. Dans ce cas, il est important que cette opération soit réalisée dans une atmosphère n'oxydant pas le cuivre dans le cylindre interne et dans la couche moulée 19 formant le cylindre externe, par exemple dans une atmosphère de H₂, sous vide ou dans une atmosphère d'Ar. Ensuite, on applique un traitement de frittage. En ce qui concerne les conditions du frittage, sa température est en général de 850 - 950°C, sa durée est de 30 minutes à 2 heures, et l'atmosphère soit le vide, de l'Ar ou de l'H₂. La constitution de la chambre de combustion de fusée ainsi obtenue est montrée aux figures 8 et 9.

Selon un second mode de réalisation de l'invention et pour augmenter la résistance du cylindre externe 19, on peut après la fin du frittage soit plaquer le côté externe avec du Ni, soit soumis à un électroformage avec du Ni. Dans ce cas, le placage en Ni est suivi de l'usinage final pour amener le cylindre externe à sa dimension

prédéterminée qui termine ce cylindre externe 19. La constitution de la chambre de combustion de fusée ainsi obtenue est montrée en vue coupe partielle à la figure 10. Comme il ressort clairement de cette figure 10, une couche de Ni 20 est formée sur le côté externe du cylindre externe 19 réalisé en poudre de cuivre.

Dans les modes de réalisation décrits jusqu'ici, la couche 19 réalisée par moulage par compression et formant le cylindre externe a été formée par une unique étape de moulage par compression, mais l'invention n'est pas limitée à ce cas. Ainsi et comme cela sera maintenant décrit, le moulage par compression peut être réalisé en deux ou plusieurs étapes.

La figure 11 est une vue en coupe partielle montrant la constitution d'une chambre de combustion de fusée obtenue au moyen d'un troisième mode de réalisation de l'invention. Dans ce cas, la couche 19 obtenue par moulage par compression comprend une première couche 19a formée par moulage par compression et une seconde couche 19b formée par moulage par compression. Dans le procédé de production de chambres de combustion de fusées selon ce mode de réalisation, on moule par compression sur la périphérie externe du cylindre interne 12 rempli du métal de Woods (non représenté) de la poudre de cuivre pour former la première couche 19a obtenue par moulage par compression sur le côté externe de laquelle on forme la seconde couche 19b obtenue par compression en utilisant un mélange de poudre d'un super-alliage à base de Ni et de poudre de cuivre. Du fait que la couche 19 obtenue par moulage par compression et formant le cylindre externe est formée de cette manière par l'opération de moulage par compression à deux étapes, et du fait que la couche de super-alliage à base de Ni est incorporée sur le côté externe, on augmente la résistance du cylindre externe de façon efficace.

Comme montré à la figure 12, la couche 10 obtenue par moulage par compression peut être formée par une opération à trois étapes. Dans ce cas et comme pour la constitution montrée à la figure 11, on forme une première couche 19a par moulage par compression en utilisant de la poudre de cuivre, une seconde couche 19b par moulage par compression en utilisant une poudre de cuivre mélangée à une poudre d'un super-alliage

à base de Ni et on forme sur le côté externe une troisième couche 19c moulée par compression en utilisant de la poudre d'un super-alliage thermoplastique à base de Ni en réalisant ainsi une couche 19 moulée par compression, c'est-à-dire le cylindre externe.

5 De plus, pour obtenir les couches 19a, 19b et 19c montrées aux figures 11 et 12 et obtenues par moulage par compression, il n'est pas absolument nécessaire de les mouler par compression séparément; par exemple, on peut former ces couches de poudre de remplissage en utilisant la force centrifuge due à la rotation, puis on peut les
10 mouler par compactage en même temps.

De plus, dans le cas où on réalise la couche 19 obtenue par moulage par compression selon une construction multicouche comportant deux ou plusieurs couches, la première couche 19a en poudre de cuivre obtenue par moulage par compression et les autres couches 19b, 19c
15 obtenues par moulage par compression peuvent être compactées à la densité théorique par application d'une pression isostatique à chaud par exemple, PIC, à la suite du frittage. En outre, quand on forme le cylindre externe selon cette construction multicouche, le métal de Woods servant de matériau de remplissage des gorges formant la section
20 de refroidissement du système de canalisations autour de la périphérie du cylindre interne 11 peut être remplacé par un filtre présentant une résistance à la chaleur suffisante à température élevée pendant le PIC et qui peut être facilement éliminé des gorges après le PIC, par exemple une poudre de céramique telle que de l'alumine ou un composé
25 inorganique tel que du phosphate de calcium, cas dans lequel on notera que le compactage des couches individuelles formées par moulage par compression peut être obtenu en réalisant le PIC seulement, et en omettant le frittage préliminaire.

De plus, dans le mode de réalisation formant la couche 19 obtenue
30 par moulage par compression de la construction à trois couches montrée à la figure 12, la poudre de super-alliage à base de Ni utilisée pour former la seconde couche 19b obtenue par moulage par compression est de préférence une poudre de super-alliage à base de Ni sphérique, formée par atomisation habituelle dans un gaz ou par atomisation sous vide.
35 Des exemples de cette poudre sont: Rene 95, IN 100, Ast roloy et Merl

76. En ce qui concerne la poudre de super-alliage thermoplastique utilisée pour former la troisième couche 19c par moulage par compression, elle est de préférence une poudre pouvant être facilement compactée à la densité théorique à plus basse température et à plus basse pression que la température et la pression du traitement PIC classique, en appliquant une précontrainte par un broyeur à rouleaux, un triturateur ou un broyeur à boulets. Le traitement PIC peut donc être appliqué à une température d'environ 950°C qui est inférieure à la température habituelle du traitement PIC pour un super-alliage, et la première couche 19a obtenue par moulage par compression et la seconde couche 19b obtenue par moulage par compression et réalisée à partir d'une poudre de super-alliage à base de nickel peuvent être densifiées en même temps. A cet égard, on notera que le fait de remplir uniquement avec une poudre de super-alliage sphérique ne suffisant pas pour le formage PIC, il est nécessaire d'utiliser une poudre d'alliage thermoplastique de façon à régler les températures des traitements PIF et PIC.

Dans le procédé de production où la couche obtenue par moulage par compression est formée de manière qu'elle comprenne deux ou plusieurs couches obtenues par moulage par compression, comme c'est le cas des modes de réalisation montrés aux figures 11 et 12, et pour éliminer la perméabilité de la couche de cuivre de base, c'est-à-dire la première couche obtenue par moulage par compression avant l'étape de moulage par compression du cylindre externe, il est préférable de former une coquille de placage en Cu sur la périphérie du cylindre interne après que le métal de Woods ait rempli les gorges formées sur la périphérie externe du cylindre interne. En outre, le même effet peut être obtenu même quand une couche de placage plus mince est formée en utilisant de l'Ag ou du Sn à la place du Cu.

Comme il va de soi, et comme il résulte déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes de réalisation, non plus qu'à ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, ayant été plus spécialement envisagées; elle embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à:

5 préparer un cylindre interne (12) comportant sur sa surface externe une paroi de refroidissement à système de canalisations comportant plusieurs gorges (14);

remplir les gorges dudit cylindre interne (12) avec un alliage à faible point de fusion (15);

10 mouler par compression une poudre métallique placée autour de la périphérie du cylindre interne (12) rempli dudit alliage à faible point de fusion jusqu'à une épaisseur prédéterminée pour former un cylindre externe (19); et

fritter l'ensemble après moulage par compression.

2. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au cours de l'opération de remplissage dudit alliage à faible point de fusion (15), on place simultanément un alliage à faible point de fusion (16) à l'intérieur du cylindre interne (12) de manière à servir de coeur pendant le moulage par compression du cylindre externe.

20 3. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au cours de l'opération de remplissage dudit alliage à faible point de fusion, un coeur en métal servant de coeur pendant le moulage par compression du cylindre externe est inséré simultanément à l'intérieur du cylindre interne
25 (12).

4. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'à la suite de l'étape de remplissage desdites gorges au moyen de l'alliage à faible point de fusion (15), on forme sur la périphérie du
30 cylindre interne (12) rempli de l'alliage à faible point de fusion une coquille de placage en Cu (17).

5. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au cours de ladite opération de moulage par compression, on utilise
35 en tant que poudre métallique une poudre de cuivre comprenant une

petite quantité de poudre d'Ag ou de Sn qui lui est ajoutée.

6. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au cours de ladite étape de moulage par compression, on utilise en tant que poudre métallique de la poudre de cuivre plaquée avec de l'Ag ou du Sn.

7. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'à la suite de ladite étape de remplissage avec un alliage à faible point de fusion, la périphérie externe du cylindre interne rempli de l'alliage à faible point de fusion est soumise à un placage à l'Ag ou au Sn.

8. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'au cours de ladite étape de formage de la coquille de placage en Cu, cette coquille de placage en Cu est soumise à un placage à l'Ag ou au Sn.

9. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'on utilise du métal de Woods (15, 16) constituant lesdits alliages à faible point de fusion.

10. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'à la suite de ladite opération de frittage, on forme sur la couche extérieure de la couche (19) obtenue par moulage par compression une couche (18) obtenue par électroformage au Ni.

11. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite étape de formage de la couche obtenue par moulage par compression comprend l'étape du moulage par compression de la poudre de cuivre ou de son mélange avec de l'Ag ou du Sn pour former une couche de base (19a), et l'étape du moulage par compression d'un mélange d'un super-alliage à base de Cu et de Ni pour former une couche externe (19b), et en ce que ladite étape de frittage est suivie par l'étape d'application d'un pressage isostatique à chaud.

12. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées

selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite étape de formage de la couche obtenue par moulage par compression comprend l'étape du moulage par compression de la poudre de cuivre ou de son mélange avec de l'Ag ou du Sn pour former une première
5 couche (19a), l'étape de formage de poudre de super-alliage à base de Cu et de Ni pour former une seconde couche (19b), et l'étape de moulage par compression de la poudre de super-alliage thermoplastique à base de Ni pour former une troisième couche (19c), ladite étape de frittage étant suivie par l'étape d'application de pressage isostatique à chaud.

10 13. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'au cours de ladite étape de formage de la couche obtenue par moulage par compression, on forme une couche de base (19a) en poudre de cuivre ou en son mélange avec de la poudre d'Ag ou de Sn, et une couche
15 externe (19b) en poudres de super-alliages à base de Cu et Ni sur le côté externe de ladite couche de base, et on les moule ensuite par compression.

14. Procédé pour réaliser des chambres de combustion de fusées selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce
20 qu'au cours de ladite étape de formage de la couche obtenue par moulage par compression, on forme successivement une première couche (19a) de poudre de cuivre ou de son mélange avec de la poudre d'Ag ou de Sn, une seconde couche (19b) de poudre en super-alliage à base de Cu et Ni, et une troisième couche (19c) d'un super-alliage thermoplastique à base de
25 Ni, que l'on moule ensuite par compression.

FIG. 1

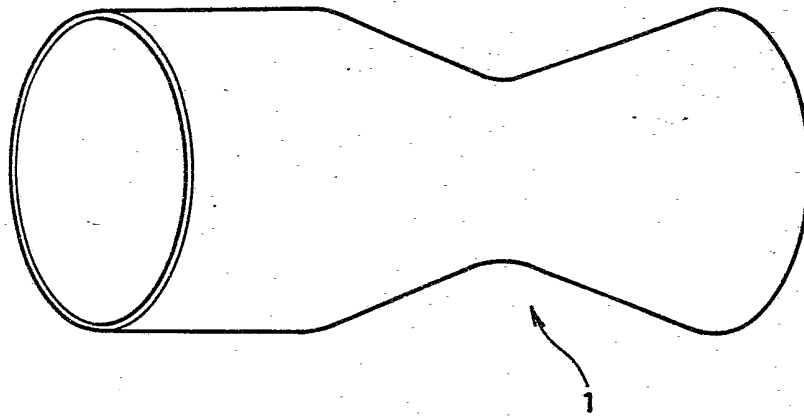


FIG. 2

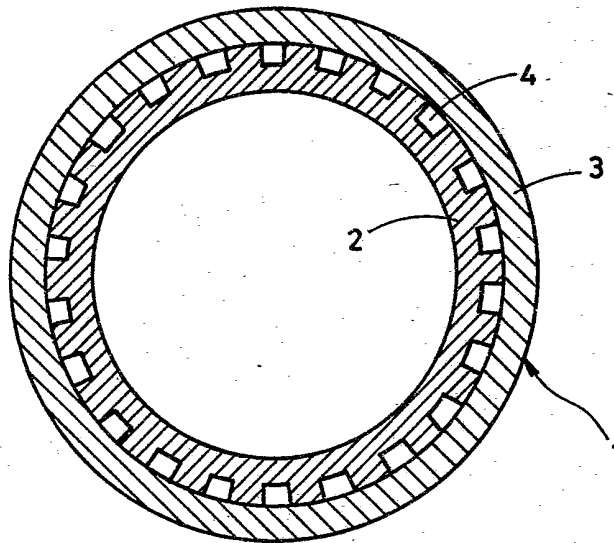


FIG. 3

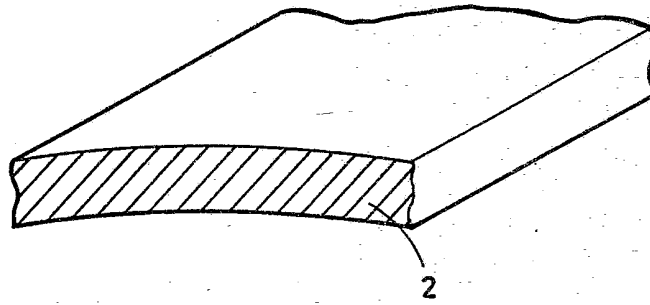


FIG. 4

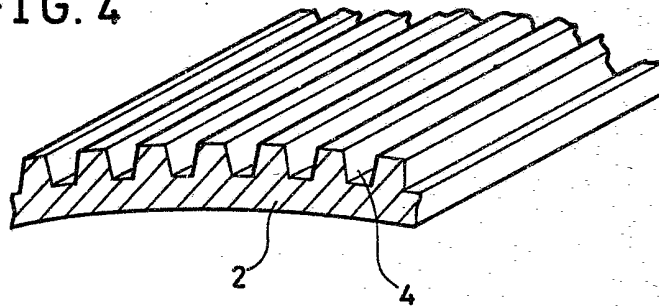


FIG. 5

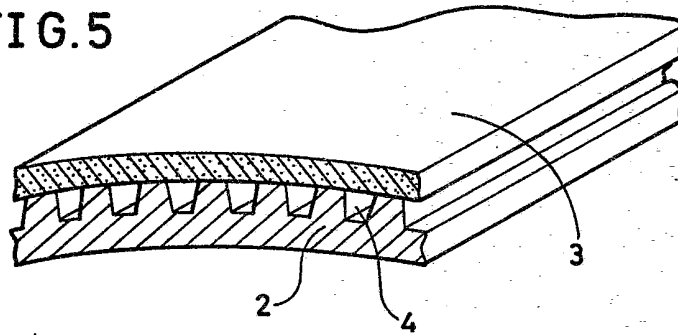


FIG.6

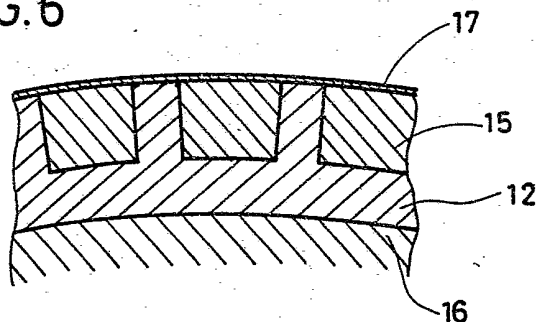


FIG.7

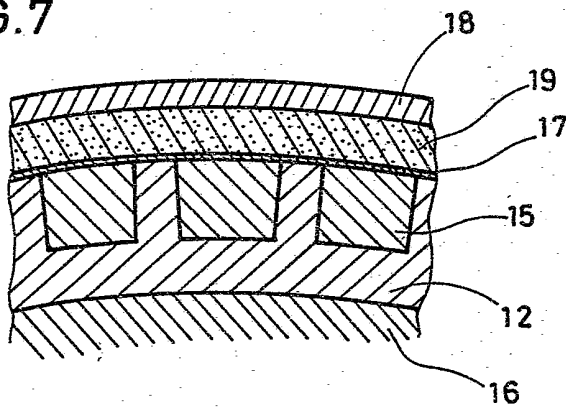


FIG.8

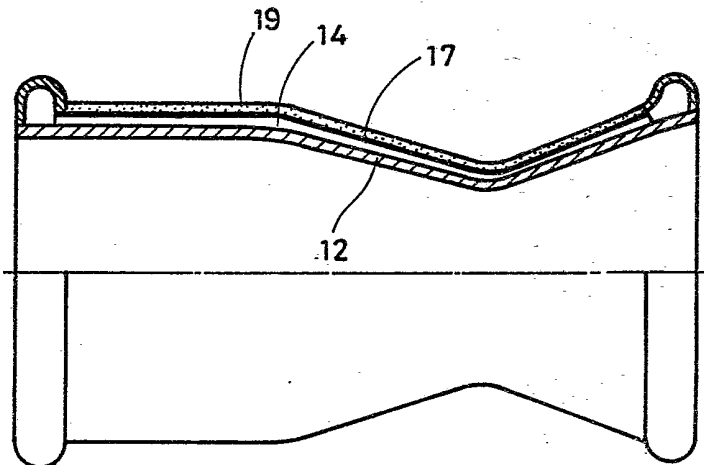


FIG.9

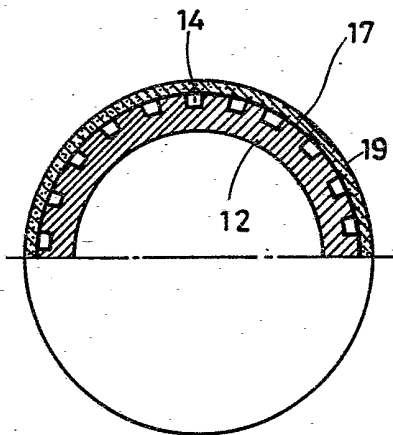


FIG.10

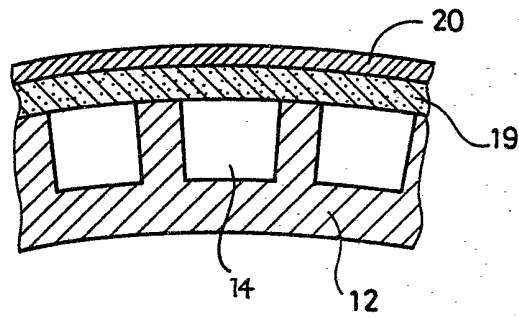


FIG.11

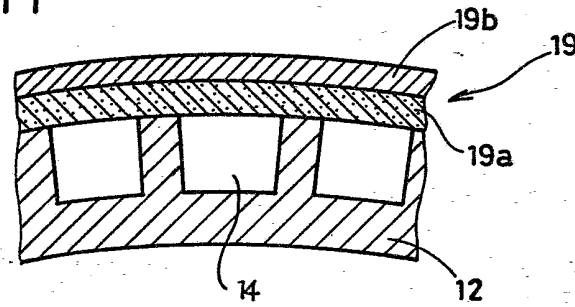


FIG.12

