

(19)



(11)

EP 1 982 323 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

08.11.2017 Bulletin 2017/45

(51) Int Cl.:

G10K 11/16 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06847101.0**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2006/002823

(22) Date de dépôt: **21.12.2006**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2007/077343 (12.07.2007 Gazette 2007/28)

(54) **CORPS POREUX METALLIQUE PROPRE A ATTENUER LE BRUIT DES TURBINES
AERONAUTIQUES**

**ZUR DÄMPFUNG VON FLUGZEUGTURBINENGERÄUSCH VERWENDETE PORÖSE
METALLKÖRPER**

POROUS METAL BODIES USED FOR ATTENUATING AVIATION TURBINE NOISE

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorité: **23.12.2005 FR 0513263**

(43) Date de publication de la demande:

22.10.2008 Bulletin 2008/43

(73) Titulaire: **ONERA (Office National d'Etudes et de
Recherches**

Aérospatiales)

91120 Palaiseau (FR)

(72) Inventeurs:

- **NADLER, Jason**
Decatur, 30033 GA (US)

• **PAUN, Florin**

F-92130 Issy les Moulineaux (FR)

• **JOSSO, Pierre**

F-92130 Issy Les Moulineaux (FR)

• **BACOS, Marie-Pierre**

F-92160 Antony (FR)

• **GASSER, Stéphane**

F-75014 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Plaçais, Jean Yves et al**

Cabinet Netter

36, avenue Hoche

75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 1 232 945 EP-A1- 0 036 356

GB-A- 2 314 526 US-A- 5 721 402

EP 1 982 323 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne la fabrication de corps poreux métalliques.

[0002] L'émission sonore d'un avion à usage commercial, principalement due aux moteurs, peut atteindre 155 dB à proximité immédiate de l'appareil au décollage. Cette valeur supérieure au seuil de douleur auditive évalué à 120 dB atteint encore 90 dB à 400 m de la source. Il est donc souhaitable de diminuer ce niveau d'émission sonore. Une voie pour tenter de résoudre ce problème consiste à absorber le bruit à l'un de ses points d'émission, c'est-à-dire au niveau des moteurs. Des solutions ont déjà été mises en oeuvre dans les parties "froides" des moteurs, mais les parties "chaudes" ne font actuellement l'objet d'aucun traitement acoustique. Il est donc souhaitable de développer un matériau ayant une fonction d'absorption acoustique destiné aux parties chaudes des moteurs d'avions. Pour ce faire, une voie envisagée est d'élaborer une tuyère capable d'absorber en partie le bruit produit à l'intérieur du moteur.

[0003] Les structures en nid d'abeille, bien connue dans le monde aéronautique, peuvent être adaptées à l'absorption acoustique. Ces structures sont alors associées à des peaux perforées fermant partiellement les cellules élémentaires. Les cellules élémentaires, d'un diamètre supérieur à 1 mm, forment ainsi des cavités acoustiques résonantes qui piègent les ondes pénétrant par les perforations. Ces structures conduisent à des propriétés acoustiques insuffisantes car ce sont des résonateurs de type Helmholtz ne pouvant absorber que des fréquences bien spécifiques. Le phénomène mis en oeuvre est basé sur la résonance en quart d'onde. Seules les fréquences ayant une longueur d'onde voisine de quatre fois la profondeur des cellules élémentaires et leurs harmoniques sont absorbées efficacement. EP 0036356 décrit un corps métallique poreux avec des canaux. Or une absorption acoustique efficace au niveau de la tuyère pour le bruit produit par la chambre de combustion et les différents aubages des turbines et des compresseurs haute pression implique un effet sur un large spectre de fréquence.

[0004] Le but de l'invention est de fournir une structure poreuse ayant des propriétés acoustiques améliorées par rapport à celles des structures connues.

[0005] L'invention vise notamment selon la revendication 1 un corps poreux métallique possédant deux faces principales opposées et propre à atténuer le bruit produit ou transmis par un courant de gaz balayant une première desdites faces principales, ledit corps présentant des pores sous la forme de canaux cylindriques dont les axes s'étendent sensiblement selon des lignes droites perpendiculaires à ladite première face, débouchant par une première de leurs extrémités dans ladite première face et fermés à leur extrémité opposée, chaque canal ayant un diamètre compris entre 0,1 et 0,3 mm environ et étant situé, sur une partie au moins de sa longueur, à une distance minimale de ses plus proches voisins comprise entre 0,02 et 0,3 mm environ, et le rapport entre la longueur et le diamètre des canaux étant supérieur à dix et préférentiellement de l'ordre de 10^2 .

La structure métallique ainsi décrite présente une porosité pouvant dépasser 70 %, donc une masse volumique compatible avec des applications aéronautiques.

[0006] Cette structure se comporte comme un excellent absorbeur de bruit, en particulier pour les fréquences au-dessus de 1 kHz, comme l'a montré l'application de modèles d'absorption acoustique analytiques classiques (propagation d'une onde acoustique à l'intérieur d'un tube par Kirchhoff en 1857). Les cellules ouvertes de ce "micro-nid d'abeille" sont assez grandes pour permettre à l'onde sonore, dans le domaine des fréquences de l'ordre de 1 kHz et au-dessous, de pénétrer dans la structure mais suffisamment petites pour procurer la surface spécifique nécessaire pour atténuer l'énergie acoustique par dissipation viscoacoustique dans le fluide contenu à l'intérieur du matériau poreux. Cette dissipation est due au cisaillement du fluide dans la couche limite apparaissant sur les parois internes de la structure poreuse.

[0007] Pour un diamètre inférieur à 0,1 mm, l'onde ne pénètre plus efficacement dans la structure. Pour un diamètre supérieur à 0,3 mm, le phénomène de résonance quart d'onde redevient prépondérant.

[0008] Les canaux cylindriques dont le diamètre est compris entre 0,1 et 0,3 mm favorisent la dissipation de l'énergie de l'onde acoustique dans les cisaillements internes au gaz se produisant dans les couches limites apparaissant sur les parois des canaux.

[0009] Si le diamètre des canaux cylindriques est supérieur à 0,3 mm, la surface totale des parois devient insuffisante.

[0010] Le mécanisme d'absorption de cette nouvelle structure est dû à une dissipation visqueuse dans le gaz alors que, à titre de comparaison, un système d'absorption acoustique classique utilise le principe du résonateur d'Helmholtz valable exclusivement pour l'absorption d'une fréquence particulière et doit être combiné, pour pouvoir absorber un spectre de fréquences plus large, avec des matériaux poreux non structuraux.

[0011] La compilation de l'état de la technique tend à montrer que tout absorbeur de bruit basé sur le principe du résonateur d'Helmholtz sera nécessairement épais car pour couvrir toute la gamme de fréquences à absorber il faudra associer à la structure résonante différents autres matériaux (nids d'abeille, feutres, etc.) en différentes épaisseurs. Or cette course à l'épaisseur peut entraîner un surpoids non négligeable.

[0012] Enfin, du fait même de son architecture, le matériau selon l'invention, à la différence des solutions décrites dans la littérature, est un élément structural et peut être dimensionné comme tel. De plus, grâce aux allègements engendrés par sa porosité, ses performances mécaniques ramenées à sa densité apparente sont exceptionnelles (comportement structurel de type nid d'abeille). Aussi sa fonction d'absorbeur de bruit peut être considérée comme un

atout supplémentaire. De ce fait l'application de cette invention aux moteurs d'aéronefs permettra de traiter le bruit à son point d'émission sans augmentation de l'encombrement.

[0013] Les techniques habituelles de fabrication des nids d'abeille (soudage de tôles gaufrées ou déploiement de feuilles métalliques percées) ne sont pas ici applicables en raison de l'échelle de l'objet. Aussi doit-on faire appel à d'autres techniques. Une de ces techniques est basée sur le formage à partir d'un bain chimique de nickel ultra-pur. La forme et le diamètre du trou seront déterminés par le mandrin utilisé et la paroi par l'épaisseur du dépôt chimique.

[0014] Selon la nature de l'alliage désiré pour fabriquer cette paroi, on peut procéder autrement. Après avoir rendu le mandrin conducteur de l'électricité grâce à un dépôt chimique de cuivre, on le revêt de nickel électrolytique aux fins de lui donner une rigidité suffisante pour sa manipulation. Ensuite le dépôt électrolytique est complété par un dépôt de poudre d'alliage pré-revêtu par un alliage nickel-bore tel que décrit dans la demande de brevet français 05.07255 du 7 juillet 2005 ou de poudre d'alliage dispersée dans un liant organique comme décrit dans la demande de brevet français 05.07256 du 7 juillet 2005.

[0015] Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de substitution, sont énoncées ci-après:

- Le rapport entre la longueur et le diamètre des canaux est compris entre 90 et 110 environ.
- La rugosité de surface des canaux est inférieure à 0,01 mm.
- Chaque canal est entouré, selon une répartition angulaire sensiblement uniforme, de six autres canaux écartés de celui-ci d'une distance minimale comprise entre 0,02 et 0,3 mm environ.
- L'axe de chacun desdits canaux forme un angle inférieur à 20° avec la normale à ladite première face à ladite première extrémité.
- Le corps comprend du nickel et/ou du cobalt et/ou un alliage de ceux-ci, notamment un superalliage à base de nickel et/ou de cobalt.
- Ladite première face est concave.

[0016] L'invention a également pour objet un carter de turbine aéronautique comprenant au moins un secteur constitué d'un corps poreux tel que défini plus haut, ainsi qu'un procédé selon la revendication 9 pour fabriquer un tel corps poreux, procédé dans lequel on dispose en couches une multiplicité de fils comprenant chacun un mandrin cylindrique d'un diamètre compris entre 0,1 et 0,3 mm environ en un matériau destructible par la chaleur, entouré d'une gaine à base de métal, la gaine de chaque fil étant en contact avec les gaines des fils voisins dans la même couche et avec les gaines de fils des couches voisines, et on effectue un traitement thermique pour éliminer les mandrins et lier les gaines entre elles en produisant une matrice métallique.

[0017] Le procédé selon l'invention peut comporter au moins certaines des particularités suivantes:

- Ledit mandrin est en matière organique.
- Ledit mandrin est en carbone.
- La gaine est formée au moins en partie par dépôt chimique et/ou électrolytique de métal sur le mandrin.
- La gaine est formée au moins en partie par collage de particules de métal sur le mandrin et/ou sur ledit dépôt.
- On introduit des particules de métal dans les vides entre les fils avant ledit traitement thermique.
- Des particules de métal comportent un revêtement de brasure produisant lors du traitement thermique une liaison des particules de métal entre elles et/ou audit dépôt.
- Les composants métalliques en présence sont liés entre eux lors du traitement thermique par fusion d'un eutectique entre leurs métaux constitutifs et le carbone provenant du mandrin et/ou d'un liant ou adhésif organique.
- Avant le traitement thermique, on colle une extrémité de chaque fil sur un support plan commun s'étendant perpendiculairement aux axes des fils, on cintre le support selon un arc de cercle, les axes des fils s'étendant alors radialement, et on introduit des particules de métal dans les vides entre les fils.

- Après le traitement thermique, on usine ladite matrice métallique pour former ladite première face concave.
 - Après le traitement thermique, on élimine des traces de carbone subsistant dans les canaux.
- 5 - On ferme ladite extrémité opposée des canaux par une couche de métal rapportée sur la face correspondante de ladite matrice métallique.

[0018] Les caractéristiques et avantages de l'invention sont exposés plus en détail dans la description ci-après, avec référence aux dessins annexés.

La figure 1 est une vue partielle de la première face principale d'un corps poreux selon l'invention.

La figure 2 est une vue partielle du corps, en coupe selon la ligne II-II de la figure 1.

La figure 3 est une vue en coupe d'un secteur d'un carter de turbine aéronautique selon l'invention.

[0019] L'invention est illustrée ci-après par des exemples. Toutes les compositions sont données ici en poids.

Exemple 1

[0020] On se propose de fabriquer un corps poreux en nickel pur. On utilise comme mandrin un fil cylindrique de révolution de diamètre 0,1 mm (la méthode ci-après est applicable quel que soit le diamètre du fil choisi, de 1 µm à 3 mm), et quelle que soit la forme de sa section transversale). Il peut s'agir notamment d'un fil en polyamide ou en polyimide commercialisé en tant que fil de pêche. On réalise sur ce fil un dépôt chimique de nickel en procédant selon les quatre étapes suivantes séparées par des rinçages abondants avec de l'eau désionisée.

1. Préparation de la surface par dégraissage et mouillage.
2. Dépôt par adsorption d'un réducteur solide, le chlorure d'étain SnCl_2 , par immersion pendant au moins 5 min dans une solution saturée (5 g/l) de ce sel.
3. Dépôt sur la surface à traiter d'un catalyseur (palladium) par réduction à partir d'une solution acide (pH = 2) à 10 g/l de PdCl_2 pendant au moins 5 min.
4. Dépôt de nickel proprement dit à partir d'un bain ayant la composition suivante:

Nickel-triéthylènediamine	$\text{Ni} (\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2)_3^{2+}$	0,14 M
Soude	NaOH	1 M
Pentoxyde d'arsenic	As_2O_5	$6,5 \cdot 10^{-4}$ M
Imidazole	$\text{N}_2\text{C}_2\text{H}_4$	0,3 M
Hydrazine hydratée	$\text{N}_2\text{H}_4, \text{H}_2\text{O}$	2,06 M
pH		14

[0021] Après immersion pendant une heure trente à 90 °C, le fil est recouvert d'un dépôt de nickel très pur d'une épaisseur d'environ 20 µm.

[0022] Ce fil revêtu est débité en tronçons de longueur appropriée, de l'ordre de 1 cm. Les différents tronçons sont alors disposés parallèlement les uns aux autres dans un creuset en alumine. Les tronçons d'une première couche reposent sur le fond plan du creuset, chacun étant en contact avec deux voisins par des génératrices diamétralement opposées. Les couches suivantes sont déposées chacune sur la couche précédente, en quinconce. L'ensemble est surmonté d'un poids de quelque dizaines de grammes de façon à maintenir les tronçons en contact mutuel.

[0023] Le creuset est ensuite placé dans un four sous un vide meilleur que 10^{-3} Pa et chauffé jusqu'à 400 °C, température à laquelle le matériau synthétique du mandrin se décompose et est ingéré par le système de pompage. Après un palier d'une heure une rampe de chauffage est effectuée à 70 °C/min jusqu'à 1200 °C suivie d'un palier d'un quart d'heure pour l'interdiffusion de chaque tube avec ses plus proches voisins. L'ensemble est ensuite refroidi.

[0024] À l'issue de cette opération on obtient un objet microporeux en nickel pur comportant des pores en forme de canaux cylindriques de révolution d'un diamètre D (figure 1) d'environ 100 µm. Dans le cas idéal illustré sur la figure, chaque pore cylindrique 1 possède six voisins immédiats 2 dont il est séparé par une paroi en nickel pur 3 d'une épaisseur minimale e d'environ 40 µm. Les canaux 2 sont disposés selon une répartition angulaire uniforme, c'est-à-dire que les traces 4 de leurs axes dans le plan de la figure 1 sont situés aux sommets d'un hexagone régulier ayant pour centre la

trace 5 de l'axe du canal 1. Dans la réalité la disposition des canaux peut être moins régulière.

Exemple 2

[0025] On enroule une grande longueur du fil synthétique utilisé dans l'exemple 1 sur un montage en polytétrafluoroéthylène (PTFE) comprenant six barreaux cylindriques parallèles dont les axes sont disposés, en projection droite, selon les sommets d'un hexagone régulier. On réalise alors sur ce fil un dépôt chimique de cuivre en procédant selon les quatre étapes suivantes séparées par des rinçages abondants avec de l'eau désionisée.

1. Préparation de la surface par dégraissage et mouillage.

2. Dépôt par adsorption d'un réducteur solide, le chlorure d'étain SnCl_2 , par immersion pendant au moins 5 min dans une solution saturée (5 g/l) de ce sel.

3. Dépôt sur la surface à traiter d'un catalyseur (argent) à partir d'une solution neutre à 10 g/l de AgNO_3 pendant au moins 5 min.

4. Dépôt de cuivre proprement dit à partir d'un bain ayant la composition suivante:

Sulfate de cuivre	$\text{CuSO}_4, 6\text{H}_2\text{O}$	0,1 M
Formaldéhyde	HCHO	0,5 M
Tartrate double de sodium et de potassium	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6, 4\text{H}_2\text{O}$	0,4 M
Soude	NaOH	0,6 M

[0026] Après 30 minutes le fil a pris la couleur rouge caractéristique d'un dépôt de cuivre.

[0027] À la suite de cette opération, le fil devenu conducteur de l'électricité est plongé dans un bain de dépôt de nickel électrolytique classique et relié à la cathode. Après 20 min de dépôt sous une densité de courant de 3 A/dm² le fil est recouvert de 20 µm de nickel pur.

[0028] Le fil ainsi revêtu est débité en tronçons de la longueur appropriée. Ces tronçons sont ensuite recouverts d'une épaisseur d'environ 100 µm d'un mélange de 80 parties de poudre du superalliage de nickel commercialisé sous la dénomination IN738 et de 20 parties d'un liant lui-même composé à parts égales d'une colle époxy et d'alcool éthylique servant de diluant, cette opération étant réalisée en faisant rouler les tronçons en présence du mélange poudre-liant entre une surface de support plane et une plaque d'appui plane, la distance entre ces deux plaques permettant de déterminer l'épaisseur du dépôt de poudre.

[0029] Les tronçons ainsi recouverts sont alors disposés dans un creuset lui-même placé dans un four sous vide comme décrit dans l'exemple 1.

[0030] Au cours du palier à 400 °C le matériau du mandrin et le liant se décomposent et sont ingérés par le système de pompage. La décomposition de la colle entraîne un dépôt de résidus de carbone à la surface de chaque grain de poudre de superalliage. Après un palier d'une heure une nouvelle rampe de chauffage est effectuée à 70 °C/min jusqu'à 1320 °C suivie d'un palier d'un quart d'heure pour interdiffusion de chaque grain de poudre avec ses plus proches voisins et de chaque tube avec ses plus proches voisins. L'ensemble est ensuite refroidi.

[0031] À l'issue de cette opération on obtient un objet microporeux en alliage IN738. Chaque pore mesure environ 100 à 300 µm de diamètre et est séparé des pores voisins par une paroi en superalliage d'environ 200 µm.

Exemple 3

[0032] On procède comme dans l'exemple 2 pour obtenir un fil revêtu de 20 µm de nickel débité en tronçons.

[0033] On dépose par ailleurs sur les grains d'une poudre du superalliage de nickel commercialisé sous la dénomination Astrolloy, d'un diamètre de 10 µm, une couche de brasure à base d'alliage nickel-bore de moins de 1 µm d'épaisseur, par la technique décrite dans FR 2777215, et la poudre ainsi revêtue est mélangée à 1 % de méthacrylate de méthyle commercialisé sous la dénomination Coatex P90, éventuellement dilué par de l'eau pour la maniabilité du mélange. Les tronçons de fil nickelé sont roulés dans ce mélange comme décrit dans l'exemple 2 pour recevoir une couche d'environ 100 µm de poudre de superalliage revêtue

[0034] Les tronçons ainsi recouverts sont alors disposés dans un creuset lui-même placé dans un four sous vide comme décrit dans l'exemple 1.

[0035] Au cours du palier à 400 °C le matériau du mandrin se décompose. Après un palier d'une heure une rampe de chauffage est effectuée à 70 °C/min jusqu'à 1120 °C suivie d'un palier d'un quart d'heure pour le brasage de chaque grain de poudre avec ses plus proches voisins et de chaque tube avec ses plus proches voisins. L'ensemble est ensuite refroidi.

[0036] Ainsi un simple traitement thermique permet à la fois de braser les grains de poudre ensemble et les tubes entre eux. Grâce au dépôt chimique d'alliage nickel-bore sur la poudre de superalliage, la paroi du tube obtenu après

un recuit est dense et homogène. Les grains de poudre sont brasés entre eux.

[0037] À l'issue de cette opération on obtient un objet microporeux en Astrolloy. Chaque pore mesure environ 100 à 300 μm de diamètre et est séparé des pores voisins par une paroi en superalliage d'environ 200 μm .

5 Exemple 4

[0038] On utilise en tant que mandrin des mèches de fibres dites de coton pyrolysé, c'est-à-dire des mèches de carbone obtenues par cardage du coton naturel et pyrolyse sous pression réduite d'argon, d'un diamètre d'environ 0,1 mm.

10 **[0039]** Les fibres sont préalablement nickelées par une technique dite "au tonneau" dans un bain de sulfamate de nickel classique. L'électrolyse est conduite le temps nécessaire pour obtenir une épaisseur de nickel comprise entre 20 et 40 μm . Les mèches nickelées sont alors découpées en tronçons qui sont mélangées à la colle époxy diluée utilisée dans l'exemple 2 dans une proportion d'environ 95 % de mèches pour 5 % de colle et disposés parallèlement les uns aux autres dans un moule en PTFE. On obtient après durcissement de la colle un ensemble à forte porosité. Par injection
15 à l'aide d'une seringue, cet ensemble est ensuite imprégné du mélange de poudre de superalliage Astrolloy revêtue et de Coatex P90 utilisé dans l'exemple 3. Après séchage dans une étuve à 90 °C, le matériau est disposé dans un four vertical sous hydrogène préchauffé à 800 °C. Il subit alors une rampe de température de 5 °C par minute jusqu'à la température de 1100 °C. Deux phénomènes concomitants se produisent alors: la brasure de nickel-bore qui enrobe les grains de poudre Astrolloy fond avec pour conséquence le brasage des grains de poudre entre eux, et le carbone des mèches réagit avec l'hydrogène de l'atmosphère du four pour former du méthane. Après un palier de 8 heures et un refroidissement sous hydrogène jusqu'à la température d'environ 500 °C puis un retour à la température ambiante sous argon, on obtient un matériau microporeux avec des pores d'un diamètre d'environ 0,1 mm séparés par des parois dont l'épaisseur varie entre 50 et 200 μm , d'autres pores plus petits pouvant provenir des interstices entre les fibres revêtues.

25 **[0040]** Chacun des exemples 1 à 4 fournit un corps poreux présentant deux faces principales opposées planes, dont l'épaisseur est égale à la longueur des tronçons de fil utilisés, de l'ordre de 1 cm compte tenu du rapport à respecter avec le diamètre du fil, et qui comporte des pores cylindriques 1 perpendiculaires à ces deux faces et débouchant dans celles-ci. On peut alors obtenir un corps poreux plan selon l'invention, dont les pores sont fermés à une extrémité, en recouvrant l'une des faces principales d'une couche métallique continue 6 (figure 2), par exemple sous forme d'une tôle de 0,5 mm d'épaisseur brasée au corps de base, ou en bouchant les pores avec une poudre métallique en suspension,
30 par enduction ou projection.

[0041] On peut également réaliser un secteur d'un carter de turbine aéronautique selon l'invention en usinant le corps de base pour obtenir une face à profil en arc convexe et une face à profil en arc concave, l'obturation des pores étant ensuite effectuée sur la face convexe. Dans ce cas la longueur des tronçons de fil doit être supérieure à l'épaisseur du secteur à obtenir, et les axes des canaux ne sont normaux à la face concave qu'à mi-longueur de l'arc, et présentent
35 une inclinaison croissante par rapport à la normale en allant vers chacune des extrémités de l'arc.

Exemple 5

40 **[0042]** Il s'agit cette fois de fabriquer un secteur de carter destiné à une turbine aéronautique, sans devoir procéder à l'usinage nécessaire dans les exemples précédents. Un carter d'un diamètre intérieur d'environ 1 mètre est par exemple subdivisé en 12 secteurs.

[0043] Des tronçons de fil nickelé préparés comme dans l'exemple 3 et découpés à une longueur appropriée sont disposés verticalement sur une plaque horizontale en PTFE ayant une épaisseur d'environ 1 mm, une longueur et une largeur égales respectivement à la longueur d'arc et à la longueur axiale du secteur à réaliser. La surface totale de la plaque étant recouverte par les tronçons de fil nickelé, l'extrémité de ceux-ci y est collée avec une colle de type cyanoacrylate. La colle étant polymérisée, la plaque en PTFE est cintrée, de telle sorte que les tronçons de fil s'étendent radialement vers l'extérieur et présentent un écartement mutuel dans la direction circonférentielle qui va en croissant à partir de la plaque, le revêtement de nickel assurant la rigidité des tronçons. Les vides ainsi formés sont remplis du mélange de poudre de superalliage Astrolloy revêtue et de Coatex P90 utilisé dans l'exemple 3, cette poudre pouvant
50 être remplacée en partie par des sphères creuses en nickel telles que des sphères d'un diamètre de l'ordre de 0,5 mm commercialisées par la Société ATECA. Après séchage à l'étuve pendant une nuit à 70 °C, la plaque de PTFE est retirée, l'ensemble fibres, poudre et colle étant mécaniquement solide. L'ensemble est introduit dans un four sous vide. Lorsque la pression dans l'enceinte est inférieure à environ 10^{-3} Pa, l'ensemble est porté à une température de 450 °C pendant 1 heure aux fins de dégazage et d'élimination des produits organiques (mandrin et méthacrylate de méthyle).
55 La décomposition du méthacrylate entraîne un dépôt de résidus de carbone à la surface de chaque grain de poudre de superalliage. Une nouvelle rampe de chauffage est effectuée à 70 °C/min jusqu'à 1320 °C et suivie d'un palier d'un quart d'heure pour l'interdiffusion de chaque grain de poudre avec ses plus proches voisins et de chaque tube avec ses plus proches voisins. L'ensemble est ensuite refroidi. Comme dans les exemples précédents, l'eutectique Ni-carbone

a agi comme brasure et a assuré la réunion des grains de poudre entre eux et s'est ensuite solidifié grâce à la diffusion du carbone dans l'alliage. Après refroidissement on obtient un corps poreux 10 (figure 3) en forme d'arc de cercle traversé par une multitude de canaux 11 de 0,1 mm de diamètre séparés les uns des autres par des parois 12 d'une épaisseur minimale de quelques centièmes de millimètre au voisinage de la face concave du corps et de quelques dixièmes de millimètre au voisinage de sa face convexe. Les pores sont ensuite obturés par une couche métallique 13 analogue à la couche 6 de la figure 2, appliquée sur la face convexe.

[0044] Des secteurs tels que celui de la figure 3 peuvent être utilisés sur toute la périphérie du carter, ou sur une partie seulement de celle-ci.

[0045] Bien que dans les exemples ci-dessus on ait utilisé comme mandrin un fil de section circulaire en raison de sa disponibilité, il est également possible d'utiliser un mandrin de section non circulaire, notamment polygonale.

[0046] Si nécessaire un traitement par ultrasons du corps poreux peut être effectué pour éliminer des traces de carbone subsistant après traitement thermique sur les parois des canaux et obtenir une surface très lisse.

Revendications

1. Corps poreux métallique possédant deux faces principales opposées et propre à atténuer le bruit produit ou transmis par un courant de gaz balayant une première desdites faces principales, ledit corps présentant des pores (1, 2) sous la forme de canaux cylindriques dont les axes s'étendent sensiblement selon des lignes droites perpendiculaires à ladite première face, débouchant par une première de leurs extrémités dans ladite première face et fermés à leur extrémité opposée, **caractérisé en ce que** chaque canal a un diamètre (D) compris entre 0,1 et 0,3 mm environ et étant situé, sur une partie au moins de sa longueur, à une distance minimale (e) de ses plus proches voisins comprise entre 0,02 et 0,3 mm environ, et le rapport entre la longueur et le diamètre des canaux étant supérieur à 10.
2. Corps poreux selon la revendication 1, dans lequel le rapport entre la longueur et le diamètre des canaux est compris entre 90 et 110 environ.
3. Corps poreux selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la rugosité de surface des canaux est inférieure à 0,01 mm.
4. Corps poreux selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque canal (1) est entouré, selon une répartition angulaire sensiblement uniforme, de six autres canaux (2) écartés de celui-ci d'une distance minimale comprise entre 0,02 et 0,3 mm environ.
5. Corps poreux selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'axe de chacun desdits canaux forme un angle inférieur à 20° avec la normale à ladite première face à ladite première extrémité.
6. Corps poreux selon l'une des revendications précédentes, comprenant du nickel et/ou du cobalt et/ou un alliage de ceux-ci, notamment un superalliage à base de nickel et/ou de cobalt.
7. Corps poreux selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite première face est concave.
8. Carter de turbine aéronautique comprenant au moins un secteur constitué d'un corps poreux selon la revendication 7.
9. Procédé pour fabriquer un corps poreux selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel on dispose sensiblement selon des lignes droites parallèles entre elles une multiplicité de fils comprenant chacun un mandrin cylindrique d'un diamètre compris entre 0,1 et 0,3 mm environ en un matériau destructible par la chaleur, entouré d'une gaine à base de métal, les fils étant agencés en rangées et la gaine de chaque fil étant en contact avec les gaines des fils voisins dans la même rangée et avec les gaines de fils des rangées voisines, et on effectue un traitement thermique pour éliminer les mandrins et lier les gaines entre elles en produisant une matrice métallique, chaque mandrin étant situé, sur une partie au moins de sa longueur, à une distance minimale (e) de ses plus proches voisins comprise entre 0,002 et 0,3 mm environ, et le rapport entre la longueur et le diamètre du mandrin étant supérieur à 10,
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel ledit mandrin est en matière organique.
11. Procédé selon la revendication 9, dans lequel ledit mandrin est en carbone.
12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel la gaine est formée au moins en partie par dépôt chimique

et/ou électrolytique de métal sur le mandrin.

13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, dans lequel la gaine est formée au moins en partie par collage de particules de métal sur le mandrin et/ou sur ledit dépôt.

14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel on introduit des particules de métal dans les vides entre les fils avant ledit traitement thermique.

15. Procédé selon l'une des revendications 13 et 14, dans lequel des particules de métal comportent un revêtement de brasure produisant lors du traitement thermique une liaison des particules de métal entre elles et/ou audit dépôt.

16. Procédé selon l'une des revendications 9 à 15, dans lequel les composants métalliques en présence sont liés entre eux lors du traitement thermique par fusion d'un eutectique entre leurs métaux constitutifs et le carbone provenant du mandrin et/ou d'un liant ou adhésif organique.

17. Procédé selon l'une des revendications 9 à 16 pour fabriquer un corps poreux selon la revendication 7, dans lequel, avant le traitement thermique, on colle une extrémité de chaque fil sur un support plan commun s'étendant perpendiculairement aux axes des fils, on cintre le support selon un arc de cercle, les axes des fils s'étendant alors radialement, et on introduit des particules de métal dans les vides entre les fils.

18. Procédé selon l'une des revendications 9 à 16 pour fabriquer un corps poreux selon la revendication 7, dans lequel, après le traitement thermique, on usine ladite matrice métallique pour former ladite première face concave.

19. Procédé selon l'une des revendications 9 à 18, dans lequel, après le traitement thermique, on élimine des traces de carbone subsistant dans les canaux.

20. Procédé selon l'une des revendications 9 à 19, dans lequel on ferme ladite extrémité opposée des canaux par une couche de métal rapportée sur la face correspondante de ladite matrice métallique.

Patentansprüche

1. Poröser Metallkörper, der zwei entgegengesetzte Hauptflächen besitzt und sich dazu eignet, das Geräusch zu dämpfen, das durch einen, eine erste der Hauptflächen überstreichenden Gasstrom erzeugt oder übertragen wird, wobei der Körper Poren (1, 2) in Form von zylindrischen Kanälen aufweist, deren Achsen sich im Wesentlichen entlang gerader Linien erstrecken, die senkrecht zur ersten Hauptfläche sind, mit einem ersten ihrer Enden in die erste Hauptfläche münden und an ihrem entgegengesetzten Ende geschlossen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Kanal einen Durchmesser (D) hat, der zwischen ca. 0,1 und 0,3 mm beträgt, und sich, zumindest über einen Teil seiner Länge, in einem Mindestabstand (e) von seinen nächsten Nachbarn befindet, der zwischen ca. 0,02 und 0,3 mm beträgt, und wobei das Verhältnis zwischen der Länge und dem Durchmesser der Kanäle größer als 10 ist.

2. Poröser Körper nach Anspruch 1, wobei das Verhältnis zwischen der Länge und dem Durchmesser der Kanäle zwischen ca. 90 und 110 beträgt.

3. Poröser Körper nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei die Oberflächenrauheit der Kanäle kleiner als 0,01 mm ist.

4. Poröser Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeder Kanal (1) in einer im Wesentlichen gleichmäßigen Winkelverteilung von sechs anderen Kanälen (2) umgeben ist, die von diesem um einen Mindestabstand entfernt sind, der zwischen ca. 0,02 und 0,3 mm beträgt.

5. Poröser Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Achse jedes der Kanäle einen Winkel, der kleiner ist als 20°, mit der Normalen zur ersten Fläche am ersten Ende bildet.

6. Poröser Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, Nickel und/oder Cobalt und/oder eine Legierung von diesen, insbesondere eine Superlegierung auf Basis von Nickel und/oder Cobalt umfassend.

7. Poröser Körper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Hauptfläche konkav ist.

8. Gehäuse einer Flugzeugturbine, mindestens einen Sektor umfassend, der aus einem porösen Körper nach Anspruch 7 gebildet ist.
9. Verfahren zum Herstellen eines porösen Körpers nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem entlang zueinander paralleler gerader Linien eine Vielzahl von Fasern, wovon jede einen zylindrischen Dorn mit einem Durchmesser umfasst, der zwischen ca. 0,1 und 0,3 mm beträgt, in einem wärmezerstörbaren Material, umgeben von einer Hülle auf Basis von Metall angeordnet wird, wobei die Fasern in Reihen angeordnet werden und die Hülle jeder Faser mit den Hüllen der Nachbarfasern in derselben Reihe und mit den Hüllen der Fasern benachbarter Reihen in Kontakt ist, und eine thermische Behandlung durchgeführt wird, um die Dorne zu beseitigen und die Hüllen unter Erzeugung einer Metallmatrix miteinander zu verbinden, wobei sich jeder Dorn, zumindest über einen Teil seiner Länge, in einem Mindestabstand (e) von seinen nächsten Nachbarn befindet, der zwischen ca. 0,02 und 0,3 mm beträgt, und das Verhältnis zwischen der Länge und dem Durchmesser des Dorns größer als 10 ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Dorn aus organischem Material ist.
11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Dorn aus Kohlenstoff ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Hülle zumindest teilweise durch chemische und/oder elektrolytische Abscheidung von Metall auf dem Dorn gebildet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei die Hülle zumindest teilweise durch Ankleben von Metallpartikeln an den Dorn und/oder an die Abscheidung gebildet wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei Metallpartikel vor der thermischen Behandlung in die Hohlräume zwischen den Fasern eingebracht werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 und 14, wobei die Metallpartikel einen Lötüberzug umfassen, der bei der thermischen Behandlung eine Verbindung der Metallpartikel miteinander und/oder mit der Abscheidung herstellt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, wobei die vorhandenen metallischen Komponenten bei der thermischen Behandlung durch Fusion eines Eutektikums zwischen ihren Metallbestandteilen und dem vom Dorn und/oder von einem Bindemittel oder organischen Kleber stammendem Kohlenstoff miteinander verbunden werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16 zur Herstellung eines porösen Körpers nach Anspruch 7, wobei vor der thermischen Behandlung ein Ende jeder Faser auf einen gemeinsamen flachen Träger geklebt wird, der sich senkrecht zu den Achsen der Fasern erstreckt, der Träger zu einem Kreisbogen gebogen wird, wobei sich die Achsen der Fasern dann radial erstrecken, und Metallpartikel in die Hohlräume zwischen den Fasern eingebracht werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16 zur Herstellung eines porösen Körpers nach Anspruch 7, wobei nach der thermischen Behandlung die Metallmatrix bearbeitet wird, um die erste, konkave Fläche zu auszubilden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 18, wobei nach der thermischen Behandlung Spuren von in den Kanälen verbliebenem Kohlenstoff beseitigt werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 19, wobei das entgegengesetzte Ende der Kanäle mit einer Metallschicht geschlossen wird, die auf die entsprechende Fläche der Metallmatrix aufgebracht wird.

Claims

1. Porous metal body having two opposite main faces and adapted to attenuate the noise produced or transmitted by a current of gas sweeping over a first of said main faces, said body having pores (1, 2) in the form of cylindrical channels the axes of which extend substantially along straight lines perpendicular to said first face, opening out in said first face at a first one of their ends and closed off at their opposite end, **characterised in that** each channel has a diameter (D) of between about 0.1 and 0.3 mm and being located, over at least part of its length, at a minimal distance (e) from its closest neighbours of between about 0.02 and 0.3 mm, and the ratio between the length and diameter of the channels being more than 10.

2. Porous body according to claim 1, wherein the ratio between the length and diameter of the channels is between about 90 and 110.
3. Porous body according to one of claims 1 and 2, wherein the surface roughness of the channels is less than 0.01 mm.
4. Porous body according to one of the preceding claims, wherein each channel (1) is surrounded, in a substantially uniform angular distribution, by six other channels (2) spaced from it at a minimum spacing of between about 0.02 and 0.3 mm.
5. Porous body according to one of the preceding claims, wherein the axis of each of said channels forms an angle of less than 20° with the perpendicular to said first face at said first end.
6. Porous body according to one of the preceding claims, comprising nickel and/or cobalt and/or an alloy thereof, notably a superalloy based on nickel and/or cobalt.
7. Porous body according to one of the preceding claims, wherein the said first face is concave.
8. Aircraft turbine housing comprising at least one sector consisting of a porous body according to claim 7.
9. Process for producing a porous body according to one of claims 1 to 7, in which a plurality of wires each having a cylindrical mandrel with a diameter of between about 0.1 and 0.3 mm consisting of a material that can be destroyed by heat, surrounded by a metal-based sheath, are arranged substantially along straight lines parallel to one another, the wires being arranged in rows and the sheath of each wire being in contact with the sheaths of the adjacent wires in the same layer and with the sheaths of wires in the adjacent rows, and a heat treatment is carried out to eliminate the mandrels and bond the sheaths to one another, producing a metal matrix, each mandrel being located, over at least part of its length, at a minimal distance (e) from its closest neighbours of between about 0.02 and 0.3 mm, and the ratio between the length and diameter of the mandrel being more than 10.
10. Process according to claim 9, wherein the mandrel is made of organic material.
11. Process according to claim 9, wherein the mandrel is made of carbon.
12. Process according to any one of claims 9 to 11, wherein the sheath is at least partly formed by chemical and/or electrolytic deposition of metal on the mandrel.
13. Process according to any one of claims 9 to 12, wherein the sheath is at least partly formed by gluing metal particles to the mandrel and/or to said deposit.
14. Process according to any one of claims 9 to 13, wherein metal particles are introduced into the voids between the wires before said heat treatment.
15. Process according to any one of claims 13 and 14, wherein metal particles comprise a brazed coating which during the heat treatment causes the metal particles to bond to one another and/or to the deposit.
16. Process according to one of claims 9 to 15, wherein the metal components present are bonded to one another during the heat treatment by fusion of a eutectic between their constituent metals and the carbon coming from the mandrel and/or an organic binder or adhesive.
17. Process according to one of claims 9 to 16 for producing a porous body according to claim 7, wherein, before the heat treatment, one end of each wire is glued to a common support plane extending perpendicularly to the axes of the wires, the support is bent into an arc shape, with the axes of the wires then extending radially, and the metal particles are introduced into the voids between the wires.
18. Process according to one of claims 9 to 16 for producing a porous body according to claim 7, wherein, after the heat treatment, said metal matrix is machined to form said first concave face.
19. Process according to one of claims 9 to 18, wherein, after the heat treatment, the traces of carbon remaining in the channels are eliminated.

- 20.** Process according to one of claims 9 to 19, wherein the opposite end of the channels is closed off by a layer of metal applied to the corresponding face of the metal matrix.

5

10

15

20

25

30

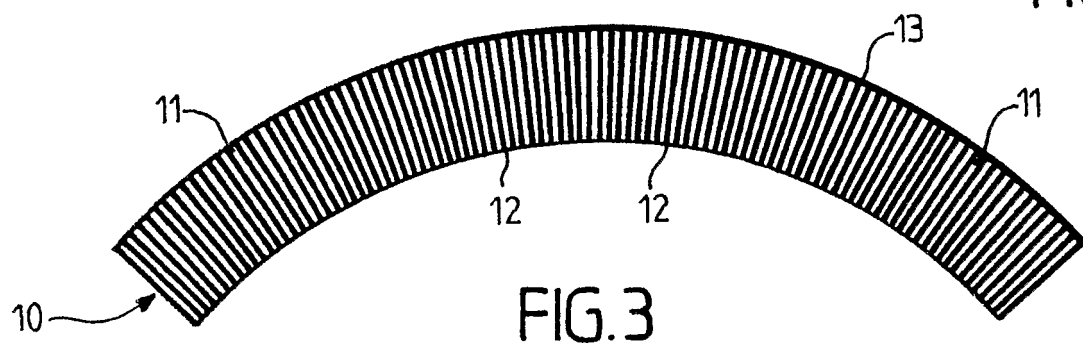
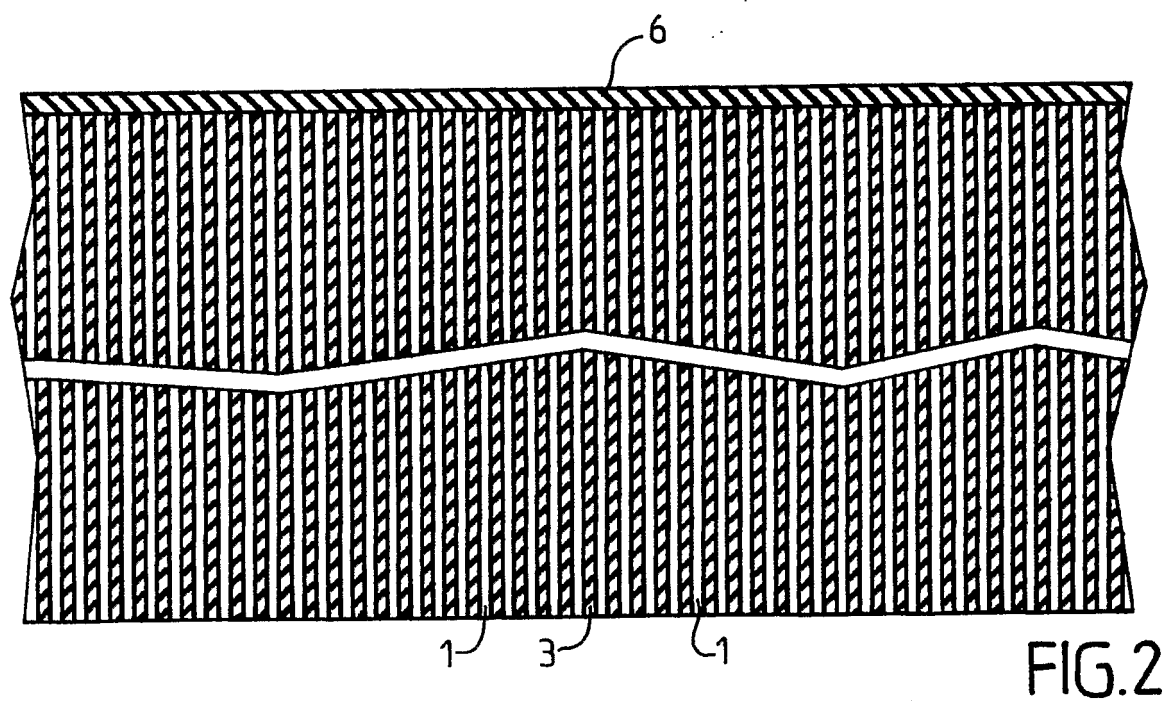
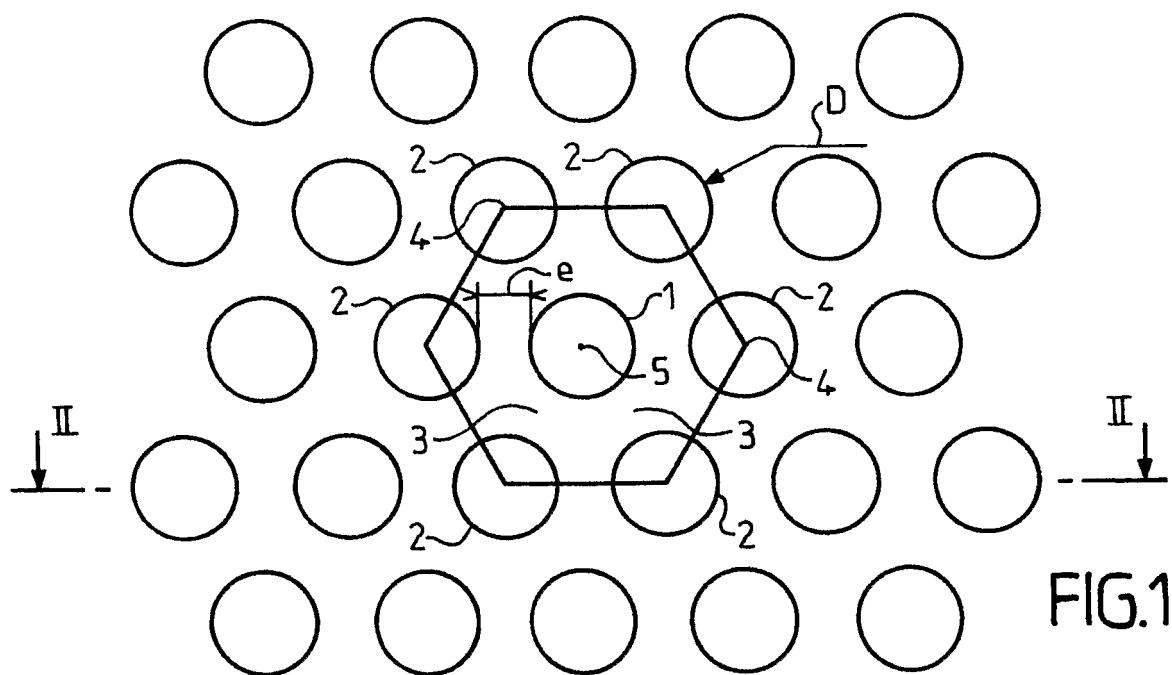
35

40

45

50

55



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 0036356 A [0003]
- FR 0507255 [0014]
- FR 0507256 [0014]
- FR 2777215 [0033]