



(51) Classification internationale des brevets :
B23B 35/00 (2006.01) **G05B 19/042** (2006.01)
F02C 7/045 (2006.01) **B64D 29/00** (2006.01)
B23B 41/14 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/000097

(22) Date de dépôt international :
28 janvier 2009 (28.01.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
08/00667 8 février 2008 (08.02.2008) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
AIRCELLE [FR/FR]; Route du Pont 8, F-76700
Gonfreville L'Orcher (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **BARBE,**
Benoît [FR/FR]; 3, rue du 19 mars 1962, F-76700
Gonfreville L'Orcher (FR).

(74) Mandataire : **CABINET GERMAIN & MAUREAU;**
8, Avenue du Président Wilson, F-75116 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD FOR DRILLING AN ACOUSTIC PART OF AN AIRCRAFT NACELLE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE PERÇAGE D'UNE PIÈCE ACOUSTIQUE D'UNE NACELLE D'UN AÉRONEF

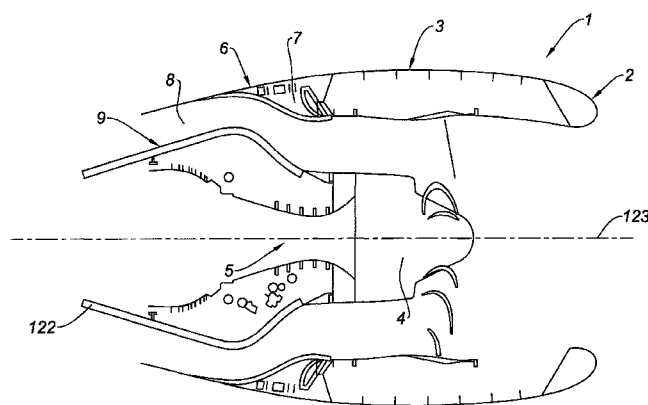


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for drilling an acoustic part of an aircraft nacelle (1) that comprises the following steps: A- selecting a utility surface of the acoustic part, wherein said utility surface is to be drilled; B- selecting a drilling means for drilling the utility surface; C- generating a movement pattern corresponding to the movement of the drilling means along two substantially coplanar and perpendicular directions; D- generating a drilling matrix by substantially perpendicularly projecting the movement pattern onto the utility surface; E- repeating step D on substantially the entire utility surface, thus defining a drilling frame; F- drilling the utility surface using the drilling means (30) following the drilling frame.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



L'invention concerne un procédé de perçage d'une pièce acoustique d'une nacelle (1) d'un aéronef, comportant les étapes dans lesquelles : A- on sélectionne une surface utile de la pièce acoustique, ladite surface utile étant destinée à être percée; B- on sélectionne des moyens de perçage destinés à percer la surface utile; C- on réalise un motif de déplacement correspondant au déplacement des moyens de perçage suivant deux directions sensiblement coplanaires et perpendiculaires; D- on réalise une matrice de perçage en projetant le motif de déplacement sur la surface utile de manière sensiblement perpendiculaire; E- on répète l'étape D sur sensiblement toute la surface utile en formant une trame de perçage; F- on perce la surface utile par l'intermédiaire des moyens de perçage (30) en suivant la trame de perçage.

Procédé de perçage d'une pièce acoustique d'une nacelle d'un aéronef

L'invention concerne notamment un procédé de perçage d'une pièce acoustique d'une nacelle d'un aéronef.

5 Un aéronef est propulsé par un ou plusieurs ensembles propulsifs comprenant chacun un turboréacteur logé dans une nacelle tubulaire. Chaque ensemble propulsif est rattaché à l'aéronef par un mât situé généralement sous une aile ou au niveau du fuselage.

10 Une nacelle présente généralement une structure comprenant une entrée d'air en amont du moteur, une section médiane destinée à entourer une soufflante du turboréacteur, une section aval abritant des moyens d'inversion de poussée et destinée à entourer la chambre de combustion du turboréacteur. La nacelle est en outre généralement terminée par une tuyère d'éjection dont la sortie est située en aval du turboréacteur.

15 Les turboréacteurs d'aéronef sont générateurs d'une pollution sonore importante. De ce fait, il existe une forte demande visant à réduire cette pollution, et ce d'autant plus que les turboréacteurs utilisés deviennent de plus en plus puissants. La conception d'une nacelle entourant un turboréacteur contribue pour une grande partie à la réduction de cette pollution sonore.

20 Afin d'améliorer d'avantage les performances acoustiques des aéronefs, les nacelles sont dotées de panneaux acoustiques visant à atténuer les bruits générés par le turboréacteur ainsi que les vibrations des structures.

Les panneaux acoustiques sont des structures bien connues pour absorber ces bruits. Ces panneaux comportent habituellement une ou plusieurs
25 couches de structures à âme alvéolaire (structure couramment appelée « en nid d'abeille »). Ces couches sont généralement revêtues sur leur face inférieure, c'est-à-dire non en contact avec le flux d'air à l'intérieur de la nacelle, d'une peau imperméable à l'air, dite « peau pleine », et sur leur face supérieure, c'est-à-dire en contact avec le flux d'air à l'intérieur de la nacelle,
30 d'une peau perméable à l'air, dite « peau acoustique » qui présente la particularité d'être perforée.

Dans la demande de brevet FR 2 643 004, on propose un procédé de perçage de la peau acoustique dans lequel l'outil de perçage est une plaque comportant une pluralité de têtes de perçage.

35 La plaque est positionnée sur la zone de la surface du panneau acoustique avant de procéder au perçage de cette zone. A savoir, l'opérateur

positionne l'outil de perçage sur la zone à percer de sorte à obtenir la densité de trous sur la surface désirée. Pour que le perçage du panneau acoustique soit performant, il faut que les têtes de perçage percent la surface de façon sensiblement perpendiculaire à la zone à percer. Le perçage des zones
5 présentant une forte courbure implique un ajustement minutieux du positionnement de la plaque.

L'inconvénient d'un tel type de perçage acoustique est la durée trop longue, supérieure à deux semaines, que nécessite les phases de positionnement et de perçage.

10 Un but de la présente invention est d'optimiser le procédé de perçage acoustique afin de diminuer le temps de perçage.

A cet effet, selon un premier aspect, l'invention a pour objet un procédé de perçage d'une pièce acoustique d'une nacelle d'un aéronaf,
15 comportant les étapes dans lesquelles :

A- on sélectionne une surface utile de la pièce acoustique, ladite surface utile étant destinée à être percée ;

B- on sélectionne des moyens de perçage destinés à percer la surface utile;

20 C- on réalise un motif de déplacement correspondant au déplacement des moyens de perçage suivant deux directions sensiblement coplanaires et perpendiculaires;

D- on réalise une matrice de perçage en projetant le motif de déplacement sur la surface utile de manière sensiblement perpendiculaire;

25 E- on répète l'étape D sur sensiblement toute la surface utile en formant une trame de perçage;

F- on perce la surface utile par l'intermédiaire des moyens de perçage en suivant la trame de perçage.

On entend ici par « motif de déplacement » un motif, de préférence
30 immatériel, comprenant un ensemble de points en lesquels les moyens de perçage percent une zone de la surface acoustique suivant deux directions sensiblement coplanaires et sensiblement perpendiculaires. Le motif de déplacement ainsi obtenu est donc sensiblement plan.

Or, la surface utile destinée à être percée comprend, en général,
35 des parties plus ou moins courbes. Les moyens de perçage doivent percer la surface utile de part et d'autre de manière sensiblement perpendiculaire sinon

le perçage ne permettrait pas l'obtention de trous sensiblement perpendiculaires à la surface utile. Le panneau acoustique ainsi obtenu n'absorberait pas de manière efficace le bruit.

Par « sensiblement perpendiculaire », on entend ici que l'élément
5 permettant le perçage de la surface acoustique perce la surface acoustique en un angle compris entre 80° et 100°, voire entre 85° et 95°. L'angle est mesuré par rapport à la tangente locale de la zone destinée à être percée et la perpendiculaire à ladite tangente.

C'est pourquoi, le motif de déplacement est projeté de manière
10 sensiblement perpendiculaire sur la surface utile. De ce fait, la matrice de perçage qui en résulte comprend un ensemble de points en lesquels les moyens de perçage percent concrètement la surface utile, notamment les parties courbes présentant une forte courbure.

Afin de réaliser le perçage sur l'ensemble de la surface utile, on
15 procède à la réalisation de la trame de perçage qui comporte l'ensemble des points de la surface utile destinés à être concrètement percés au moment du perçage de la pièce acoustique.

Ainsi, le procédé de perçage présente un gain de temps par rapport
à ceux de l'art antérieur dans la mesure où l'on détermine par avance le
20 positionnement optimal des trous suivant la densité de trous désirée, par exemple. En particulier, l'étape de positionnement des motifs de déplacement sur la surface utile est réalisée en fonction des parties de la surface utile ayant un rayon de courbure plus ou moins important. Il n'est plus nécessaire de chercher le positionnement optimal de manière manuelle comme cela est le
25 cas dans l'art antérieur.

Ainsi, à titre d'exemple, le temps de perçage est diminué pour atteindre une durée inférieure à 2 jours, voire à 12h.

Par ailleurs, grâce au procédé de l'invention, il est possible
d'optimiser la densité de trous sur la surface utile en fonction de l'effet
30 recherché. Ainsi, il est notamment possible d'obtenir le nombre de trous maximal permettant une bonne atténuation acoustique du panneau acoustique tout en conservant une rigidité mécanique. Ainsi, il est possible de choisir le nombre de trous et de répartir les trous de sorte à atteindre une perte acoustique acceptable.

35 De plus, le procédé de l'invention permet de gérer de manière plus aisée le changement de moyens de perçage lorsque cela s'avère nécessaire

ou lorsque les moyens de perçage sont trop usés pour percer de manière correcte.

Selon un autre aspect, il est également possible de déterminer le motif de déplacement et ainsi la trame de perçage de sorte à respecter les contraintes cinématiques liés aux moyens de perçage. En effet, le procédé de l'invention permet de minimiser la trajectoire des moyens de perçage et donc de réduire la durée du perçage de la pièce acoustique en prenant en compte l'encombrement et le déplacement rotationnel et axial limité des moyens de perçage.

De plus, le procédé selon l'invention permet de respecter les contraintes dimensionnelles de la pièce acoustique et de choisir les moyens de perçage les plus adaptés au perçage.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention, la structure de l'invention comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes considérées seules ou selon toutes les combinaisons possibles :

- l'étape E comporte les étapes dans lesquelles :

- E1. on détermine une courbe limite délimitant la surface utile à percer ;
- E2. on détermine une courbe de départ, correspondant sensiblement à l'intersection de la surface utile et d'un plan contenant l'axe principal de la pièce acoustique;
- E3. on détermine les lignes directrices des matrices en alignant sensiblement le centre des différentes matrices de perçage le long de la courbe de départ, en jointant sensiblement lesdites matrices entre elles le long de ladite courbe de départ, et en intersectant sensiblement la surface utile et la section transversale à l'axe principal de la pièce acoustique en passant par le centre des matrices de perçage;
- E4. on aligne sensiblement le centre des différentes matrices sur chaque ligne directrice des matrices jusqu'à la courbe limite de la surface utile, de sorte que la distance entre les extrémités adjacentes de deux matrices de perçage consécutives soit sensiblement égale à une distance prédéterminée;
- E5. on détermine la trame de perçage en désactivant partiellement les matrices de perçage se situant en dehors de la courbe limite, ce qui permet de réaliser une trame de perçage optimale tout en réduisant le temps nécessaire pour obtenir la trame de perçage ;

- on détermine la trame de perçage en effectuant une première demi-trame de perçage selon l'étape E4 entre la courbe de départ et la courbe limite, la deuxième demi-trame de peçage étant la trame symétrique de la première demi-trame de perçage rapport à la courbe de départ, ce qui permet
5 de ne pas réaliser la trame de peçage sur la totalité de la surface utile et donc de gagner du temps de perçage ;
 - la distance prédéterminée est inférieure à environ 10^{-7} m, ce qui permet d'obtenir une densité de trous optimale désirée sur la surface utile ;
 - le motif de déplacement est réalisée en déplaçant les moyens de
10 perçage d'un premier pas suivant la longueur desdits moyens de perçage et d'un deuxième pas suivant la largeur desdits moyens de perçage, ce qui permet de réaliser des motifs de déplacement selon des figures géométriques répétées et simples ce qui simplifie la mise en œuvre de l'invention ;
 - les premier et deuxième pas sont sensiblement égaux, ce qui
15 permet de simplifier la mise en œuvre de l'étape C ;
 - les moyens de perçage comportent des plaques montant entre 1 et 21 têtes de perçage, ce qui permet de percer la surface utile, notamment les zones courbes en un temps optimal ;
 - les moyens de perçage comportent des plaques ayant un nombre
20 différent de têtes de perçage, ce qui permet de s'adapter au profil de la surface utile notamment celui des zones courbes ;
 - les têtes de perçage sont espacées d'un nombre sensiblement égal à un multiple du premier pas ou du deuxième pas, ce qui permet d'obtenir un perçage régulier ;
- l'étape E5 comprend une étape où au moins une tête de perçage
25 est cassée.

Selon un deuxième aspect, l'invention a pour objet un produit de programme d'ordinateur comprenant une ou plusieurs séquences d'instructions
30 accessibles à une unité centrale et, quand une séquence est exécutée par l'unité centrale, l'unité centrale réalisant au moins une des étapes A à F du procédé de l'invention.

Le procédé de l'invention est donc de manière avantageuse exécutable de manière automatisée au moyen du produit de programme
35 d'ordinateur de l'invention, ce qui permet de raccourcir la durée de perçage.

Selon un mode de réalisation préférentiel, l'unité centrale réalise toutes les étapes du procédé de l'invention ce qui permet d'automatiser toutes les étapes et de diminuer de manière importante le temps de perçage. Par ailleurs, il est également possible de contrôler l'exécution d'une ou de plusieurs
5 étapes du procédé de l'invention.

Selon un autre aspect, l'invention a également pour objet un support numérique comportant une ou plusieurs séquences d'instructions du produit de programme d'ordinateur selon l'invention et susceptible d'être lu par une unité centrale.

10 Ainsi, il est possible de séparer les phases de mise au point du perçage en mettant en œuvre les étapes A à E du procédé de l'invention et de procéder à l'exécution de l'étape de perçage F soit à un moment opportun soit en un lieu différent du lieu de la mise en œuvre des étapes A à E.

15 Selon encore un autre aspect, l'invention a pour objet une nacelle pour turboréacteur d'un aéronef susceptible d'être obtenue selon le procédé de l'invention.

20 L'invention sera davantage comprise à la lecture de la description non limitative qui va suivre, faite en référence aux figures ci-annexées.

- La figure 1 est une représentation schématique en coupe longitudinale d'un premier mode de réalisation d'une nacelle selon l'invention ;
- 25 - la figure 2 est une coupe transversale d'un mode de réalisation d'une pièce acoustique employée dans le procédé de l'invention;
- la figure 3 est une vue schématique partielle du mode de réalisation de la figure 2 ;
- 30 - la figure 4 est une vue schématique partielle d'un mode de réalisation d'un moyen de perçage employé dans le procédé de l'invention;
- la figure 5 est une représentation schématique partielle d'un moyen de perçage employé dans le procédé de la présente
35 invention ;

- la figure 6 est une représentation schématique partielle d'une variante de la figure 5 ;
- la figure 7 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un motif de déplacement employé dans le procédé de l'invention ;
- la figure 8 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'une matrice de perçage employée dans le procédé de l'invention ;
- les figures 9 à 13 représentent un mode de réalisation de l'étape E du procédé de l'invention.

Selon le mode de réalisation représenté à la figure 1, une nacelle 1 selon l'invention comprend une structure amont d'entrée d'air 2, une structure médiane 3 entourant une soufflante 4 d'un turboréacteur 5, et une structure aval. La structure aval comporte de manière connue en soi une structure externe 6, dite OFS, abritant des moyens d'inversion de poussée 7, et une structure interne 9, dite IFS. La nacelle 1 selon l'invention est fixée en aval par l'intermédiaire de tout moyen approprié, notamment de bielles, à un mât de suspension, non représenté, destiné au rattachement de la nacelle 1 sous une aile d'aéronef.

La structure externe 6 et la structure interne 9 définissent également un canal annulaire 8 d'écoulement.

La structure interne 9 est destinée à couvrir une partie aval 11 du turboréacteur s'étendant en aval de la soufflante.

Certaines parties de la nacelle 1 de l'invention nécessitent d'être agencées de sorte à atténuer le bruit engendré par le turboréacteur 5. Pour cela, lesdites parties comportent un ou plusieurs panneaux acoustiques. Selon un mode de réalisation de panneau acoustique représenté à la figure 2, le panneau acoustique 20 comporte plusieurs couches. La couche 22 est composée d'une peau destinée à être montée sur la nacelle du côté du flux d'air présent dans le canal annulaire d'écoulement 8. Cette peau est perforée d'une multitude de trous 24 de petits diamètres, typiquement compris entre 1,7 et 1,9 mm. Les trous sont espacés de manière à ce que le rapport entre la surface perforée et la surface totale comprenant les trous permet l'absorption du bruit souhaité (voir figure 3).

Sur cette couche se trouve une deuxième couche 26 généralement constituée d'une structure à âme alvéolaire, typiquement fabriquée dans un alliage léger, tel que l'aluminium.

Sur cette deuxième couche se trouve une troisième couche 28, à savoir une peau pleine non perforée destinée à fermer les cellules alvéolaires absorbantes de la deuxième couche 26.

Ces trois couches 22, 26 et 28 sont notamment fixées les unes aux autres par collage.

Les peaux perforées et pleines peuvent être réalisées soit en alliage métallique léger de type aluminium soit en un matériau à base de fibres (carbone, verre, bore ou encore aramide).

Le procédé de l'invention s'applique à une peau destinée à être employée dans la couche 22 afin de réaliser des séries de perforations.

Le procédé de l'invention comporte les étapes dans lesquelles :

A- on sélectionne une surface utile de la pièce acoustique, ladite surface utile étant destinée à être percée ;

B- on sélectionne des moyens de perçage destinés à percer la surface utile ;

C- on réalise un motif de déplacement correspondant au déplacement des moyens de perçage suivant deux directions sensiblement coplanaires et perpendiculaires;

D- on réalise une matrice de perçage en projetant le motif de déplacement sur la surface utile de manière sensiblement perpendiculaire;

E- on répète l'étape D sur sensiblement toute la surface utile en formant une trame de perçage ;

F- on perce la surface utile par l'intermédiaire des moyens de perçage en suivant la trame de perçage.

Le procédé de l'invention permet de manière avantageuse de déterminer la localisation des trous où les moyens de perçage percent, avant de procéder au perçage de la surface utile. Ainsi, il est possible d'ajuster la densité de trous à la densité désirée ou à la perte acoustique maximale acceptable.

Typiquement, une pièce acoustique comporte un nombre de trous compris entre 300 000 et 700 000 trous, voire égal à environ 500 000 trous. Ainsi, avant de procéder au perçage, il est possible de modifier ou de corriger

la trame de perçage si cette dernière ne correspond pas aux contraintes imposées.

De manière plus particulière, l'étape A du procédé de l'invention comprend la sélection d'une surface utile de la pièce acoustique, ladite surface utile étant destinée à être percée.

Par « surface utile », on entend ici une surface destinée à être percée et donc à assurer un rôle acoustique dans la nacelle. Une telle surface est différente des surfaces destinées à être pleines qui permettent par exemple d'assurer une bonne résistance mécanique ou encore de recevoir des moyens de fixation.

De manière générale, la perte acoustique est égale à environ 2%.

L'étape B du procédé de l'invention comprend la sélection de moyens de perçage destinés à percer la surface utile.

Les moyens de perçage sont par exemple des plaques comportant des têtes de perçage, une buse pour jet d'eau, un jet abrasif ou encore un laser ou tout autre moyen adapté connu de l'homme du métier.

Selon un mode de réalisation, les moyens de perçage ne sont pas tous de même nature. A savoir, lesdits moyens de perçage peuvent par exemple comporter des plaques montant des têtes de perçage ainsi qu'une buse pour jet d'eau et/ou un laser.

Selon un mode de réalisation préférentiel représenté à la figure 4, les moyens de perçage 30 comportent des plaques 32 montant 9 têtes de perçage. Une tête de perçage est constituée, par exemple, d'une broche ou d'un foret. Néanmoins, de manière générale, les plaques peuvent monter au moins 3 têtes de perçage, préférentiellement entre 1 et 21 têtes de perçage, notamment entre 9 et 21 têtes de perçage.

Les plaques 32 peuvent être sensiblement planes ou présenter un rayon de courbure permettant de s'adapter au profil des zones plus ou moins courbes de la surface utile.

En effet, il est important que les moyens de perçage 30 percent la surface utile de manière sensiblement perpendiculaire à cette dernière afin que le panneau acoustique résultant puisse absorber de manière satisfaisante le bruit généré par le turboréacteur.

Comme représenté aux figures 5 et 6, une zone à percer 37 peut être suffisamment convexe pour qu'une partie de ladite zone 37 ne soit pas percée par les têtes de perçage 35 et 36 situés aux extrémités de la plaque 32.

Dans ces cas-là, la plaque de perçage 32 doit être choisie de sorte à percer totalement et non partiellement la surface utile.

De même, une zone à percer 38 peut être suffisamment concave pour qu'une partie de ladite zone 38 ne soit pas percée selon un angle
5 suffisamment proche de 90° par les têtes de perçage 35 et 36 situés aux extrémités de la plaque 32. Dans ce cas-là, le bruit n'est pas piégé correctement sur toute la surface de la pièce acoustique lorsque la nacelle comportant la pièce ainsi percée est employée dans un aéronef en fonctionnement.

10 Dans les deux cas présentés ci-dessus, lorsque la zone à percer présente une courbure plus importante que celles des zones voisines, il est possible de diminuer le nombre de têtes de perçage en cassant le nombre de têtes adéquates et/ou en sélectionnant une plaque comportant le bon nombre de têtes de perçage. Selon un mode de réalisation préférentiel, les moyens de
15 perçage comportent des plaques ayant un nombre différent de têtes de perçage.

Les plaques 32 peuvent avoir n'importe quelle forme géométrique connue par l'homme du métier qui est adaptée pour réaliser le perçage. A titre d'exemple non limitatif, on peut citer une forme rectangulaire, carrée,
20 trapézoïdale ou losangée.

L'étape C du procédé de l'invention comprend la réalisation d'un motif de déplacement 40 correspondant au déplacement des moyens de perçage 30 suivant une première direction 42 et une deuxième direction 44 qui sont sensiblement coplanaires et perpendiculaires (voir figure 7). De manière
25 intéressante, le motif de déplacement 40 indique les points où les moyens de perçage doivent percer sur une surface sensiblement plane. Suivant un mode de réalisation préférentiel, le motif de déplacement 40 est réalisé en déplaçant les moyens de perçage 30 d'un premier pas 46 suivant la première direction 42 et d'un deuxième pas 48 suivant la deuxième direction 44.

30 De préférence, la première direction 42 est sensiblement parallèle à la longueur 50 desdits moyens de perçage et la deuxième direction 44 est sensiblement parallèle à la largeur 52 des moyens de perçage.

Ainsi, le déplacement élémentaire des moyens de perçage 30 correspondant au déplacement suivant les premier 46 et deuxième 48 pas peut
35 représenter n'importe quelle forme géométrique connue de l'homme du métier.

De façon intéressante mais non limitative, la forme géométrique représentée est un losange, carré ou rectangle.

La longueur des premier 46 et deuxième 48 pas dépendent typiquement de la forme de la pièce acoustique, notamment de la surface utile
5 à percer.

Selon un mode de réalisation préférentiel, les premier 46 et deuxième 48 pas sont égaux ce qui permet de simplifier la mise en œuvre de l'étape C du procédé de l'invention.

Dans le cas où les moyens de perçage 30 comportent des plaques
10 32 montant des têtes de perçage 34 comme représenté à la figure 4, le motif de déplacement 40 est divisé en autant de zones 54 que la plaque 32 ne comporte de têtes de perçage 34. Ainsi, dans le cas particulier où la plaque 32 comporte 9 têtes de perçage 34, le motif de déplacement 40 est divisé en 9 zones 54.

15 Dans le cas où la plaque 32 comporte 9 têtes de perçage 34, chaque tête de perçage 34 peut effectuer environ 100 points par zone 54. En particulier, chaque tête 34 effectue environ 10 premiers pas 46 et 10 deuxième pas 48.

De manière générale, une tête de perçage 34 effectue notamment
20 entre 30 et 200 points par zone 54, voire entre 50 et 100 points par zone 54.

Le centre 56 de chaque zone correspond à la position de la tête de perçage 34 au repos sans effectuer de déplacement élémentaire.

Selon un mode de réalisation préférentiel, les centres 56 sont espacés d'un nombre sensiblement égal à un multiple du premier pas 46 ou du
25 deuxième pas 48.

L'étape D du procédé de l'invention comprend la réalisation d'une matrice de perçage en projetant le motif de déplacement sur la surface utile de manière sensiblement perpendiculaire.

On entend ici par projection « sensiblement perpendiculaire », la
30 projection du motif de déplacement 40 sensiblement plan sur la surface utile suivant une direction sensiblement perpendiculaire à la tangente 61 de ladite surface utile. En particulier, la tangente 61 correspond généralement à celle de la tangente passant par le centre 62 de la zone centrale du motif de déplacement 40 (voir figure 8). L'angle α entre l'axe de la projection 63 et la
35 tangente 61 est notamment compris entre 80° et 100°, voire compris entre 85° et 95°.

Les extrémités 64 et 66 du motif de déplacement sont projetées de manière sensiblement perpendiculaire sur la surface utile en les extrémités 68 et 70.

De ce fait, la matrice de perçage 60 épouse sensiblement le profil
5 de la zone de la surface utile sur laquelle le motif de déplacement 40 est projeté. La matrice de perçage 60 comporte des parties plus ou moins courbes de sorte qu'il est nécessaire de déterminer les emplacements sur le profil desdites parties qui sont destinés à être physiquement percés par les moyens de perçage 30.

10 De manière générale, dans le cas où les moyens de perçage comportent des plaques 32 montant des têtes de perçage 34, la taille et la forme de la plaque de perçage 32, notamment le nombre des têtes de perçage 34, sont choisies de sorte que la projection des extrémités 64 et 66 reste sensiblement perpendiculaire. Ainsi, le perçage de la surface en les extrémités
15 68 et 70 est réalisé de manière sensiblement perpendiculaire ce qui assure la réalisation de trous efficaces dans l'absorption acoustique.

L'étape E du procédé de l'invention comprend la répétition de l'étape D sur sensiblement toute la surface utile en formant une trame de perçage.

20 Selon un mode de réalisation préférentiel représenté aux figures 9 à 13, l'étape E comporte les étapes E1 à E5 suivantes.

Dans l'étape E1, on détermine une courbe limite 80 délimitant la surface utile 82 à percer. La courbe limite 80 correspond à une courbe au-delà de laquelle la surface n'est pas destinée à être percée car la pièce acoustique
25 dans cette zone ne remplit pas de fonction d'absorption acoustique.

Dans l'étape E2, on détermine une courbe de départ 84, correspondant sensiblement à l'intersection de la surface utile 82 et d'un plan 86 contenant l'axe principal 88 de la pièce acoustique. Cette courbe de départ, peut être positionnée de sorte à sensiblement être un axe de symétrie pour la
30 courbe limite 80 ou un axe séparant un nombre sensiblement équivalent de matrices de perçage 60.

Dans l'étape E3, on détermine les lignes directrices 90 des matrices en alignant sensiblement le centre 92 des différentes matrices de perçage 60 le long de la courbe de départ 84, en jointant sensiblement lesdites
35 matrices 60 entre elles le long de ladite courbe de départ 84, et en intersectant

sensiblement la surface utile 82 et la section transversale à l'axe principal 88 de la pièce acoustique en passant par le centre 92 des matrices de perçage.

Selon un mode de réalisation, on aligne les centres 92 des matrices de perçage en positionnant le centre 62 des motifs de déplacement
5 40 sur la surface utile 82.

De manière générale, on positionne une première matrice de perçage 60 sur la courbe de départ 84 puis on positionne une deuxième matrice de perçage 60 sur ladite courbe 84. A savoir, on aligne les centres 92 des matrices de perçage 60 en positionnant le centre 62 des motifs de déplacement 40 sur la surface utile 82 au niveau de la courbe de départ 84.
10 Ainsi, en ayant placé la première matrice de perçage 60 sur la courbe de départ 84, on positionne le centre 62 d'un autre motif de déplacement 40 sensiblement sur la courbe de départ 84 de telle sorte que la matrice de perçage 60 résultant de la projection perpendiculaire de ce motif 40, comme
15 exposé lors de l'étape C, assure un écartement entre les extrémités des deux matrices de perçage 60 inférieur à 10^{-7} m. Il est à noter que l'écartement entre deux matrices de perçage consécutives dépend de la courbure de la zone de la surface utile 82 sur laquelle est effectuée la projection sensiblement perpendiculaire. En effet, plus la courbure de la zone est importante, plus
20 l'écartement entre les deux matrices est important.

Ainsi, les matrices de perçage 60 sensiblement centrées sur la courbe de départ 84 sont également sensiblement jointées.

Dans l'étape E4, on aligne sensiblement le centre 92 des différentes matrices sur chaque ligne directrice 90 jusqu'à la courbe limite 80 de la surface
25 utile, de sorte que la distance d entre les extrémités adjacentes de deux matrices de perçage consécutives soit sensiblement égale à une distance prédéterminée.

Selon un mode de réalisation représenté à la figure 11, on aligne les centres 92 des matrices de perçage en positionnant le centre 104 de la zone centrale des motifs de déplacement 106 sur la surface utile 82. Ainsi, en
30 ayant placé la première matrice de perçage 107 sur une ligne directrice 90, on positionne le centre 110 de la zone centrale d'un autre motif de déplacement 108 sensiblement sur cette ligne directrice 90 de telle sorte que la matrice de perçage 109 résultant de la projection perpendiculaire de ce motif 108, comme
35 exposé lors de l'étape C, assure une distance d entre les deux extrémités 112 et 114 inférieure à la distance prédéterminée.

Tant que la distance d n'est pas inférieure à cette distance prédéterminée, on continue de positionner le centre 110 du motif de déplacement 108.

De préférence, la distance prédéterminée est inférieure à environ 10^{-7} m. Une telle valeur de la distance prédéterminée permet d'obtenir la densité de trous désirée optimale tout en conservant une bonne rigidité mécanique.

Selon un mode de réalisation préférentiel non représenté, on détermine la trame de perçage en effectuant une première demi-trame de perçage selon l'étape E4 entre la courbe de départ 84 et la courbe limite 80, la deuxième demi-trame de perçage étant la trame symétrique de la première demi-trame de perçage rapport à la courbe de départ 84. Ainsi, il n'est pas nécessaire de réaliser la trame de perçage sur la totalité de la surface utile 82 ce qui réduit le temps nécessaire à la formation de la trame de perçage.

Selon un mode de réalisation, le positionnement des matrices de perçage 60 sur une ligne directrice 90 est arrêté lorsque le nombre de matrices de perçage 60 souhaité est atteint, lorsque la dernière matrice de perçage 60 placée intersecte la courbe limite 80 ou lorsqu'il n'est plus possible de placer d'autres matrices de perçage 60 sur la ligne directrice 90.

Dans l'étape E5, on détermine la trame de perçage 120 en désactivant partiellement les matrices de perçage 122 se situant en dehors de la courbe limite 80. Ainsi, la surface 124 située en dehors de la courbe limite 82 n'est pas percée par les moyens de perçage 30. Dans le cas où les moyens de perçage 30 sont des plaques 32 montées de têtes de perçage 34, il est possible soit de casser le nombre de têtes de perçage 34 adéquate ou de sélectionner une plaque 32 comportant un nombre adéquate de têtes de perçage 34. Il est à noter également que le procédé de l'invention permet de déterminer le nombre maximum de têtes de perçage à casser. En effet, le fait de casser une tête de perçage 34 et le fait de changer de plaque 32 prolonge la durée du perçage de la pièce acoustique.

L'étape F du procédé de l'invention comprend le perçage la surface utile 82 par l'intermédiaire des moyens de perçage 30 en suivant la trame de perçage 120. Pour ce faire, on oriente la surface de la pièce acoustique à percer de manière sensiblement perpendiculaire aux moyens de perçage 30. Grâce au procédé de l'invention, il est possible de minimiser la trajectoire des moyens de perçage 30 et donc d'optimiser le temps de perçage. Pour des

raisons d'encombrement, il est possible d'inverser le sens des moyens de perçage 30 selon un angle sensiblement égal à 180°.

Les moyens de perçage 30 débutent le perçage physique de la pièce acoustique sur une matrice de perçage 60 de la trame de perçage 120.

- 5 Ladite matrice de perçage 60 est sélectionnée de sorte que le mouvement global des moyens de perçage 30 est minimal et optimal dans le cas où les moyens de perçage 30 doivent être modifiés ou changés.

- Sur ladite matrice de perçage sélectionnée 60, les moyens de perçage 30 effectuent le perçage de la zone corespondante, par exemple des zones 54, suivant le premier pas 46 et le deuxième pas 48. Lorsque les
10 moyens de perçage 30 ont fini de percer la zone délimitée par la matrice de perçage 60, ils arrêtent le perçage et se déplacent sur une autre matrice de perçage 60 adjacente à la première matrice de perçage 60. Les moyens de perçage 30 effectuent le perçage de la zone délimitée par ladite matrice
15 adjacente 60 comme indiqué plus haut. Les moyens de perçage 60 recommencent pour toutes les matrices 60 de la trame de perçage 120.

- Selon un aspect de l'invention, le procédé de l'invention peut être également réalisé ou exécuter à l'aide d'un produit de programme d'ordinateur comprenant une ou plusieurs séquences d'instructions accessibles à une unité
20 centrale et, quand une séquence est exécutée par l'unité centrale, l'unité centrale réalisant au moins une des étapes A à F du procédé de l'invention.

Ainsi, au moins une des étapes du procédé de l'invention est automatisée à l'aide du produit de l'invention.

- Selon un mode de réalisation préférentiel, l'unité centrale réalise toutes
25 les étapes du procédé de l'invention, notamment les étapes E1 à E5. Dans ce cas, de manière avantageuse, la mise en œuvre du procédé de l'invention dure moins de trois jours, notamment moins de 48h.

Tout type de langage peut être utilisé pour le produit de l'invention.

- Le terme "programme d'ordinateur" réfère ici à tout type d'action et/ou de
30 procédé d'un ordinateur ou d'un système informatique ou un dispositif informatif similaire qui est capable de manipuler et/ou de transformer les données reoprésentées comme des quantités physiques et/ou électroniques dans la mémoire du système informatique en d'autres données similaires représentant des quantités physiques stockées dans la mémoire du système
35 informatique ou présentes dans des dispositif de transmission ou de répartition.

Le produit de l'invention peu être mis en oeuvre avec n'importe quel type de programme d'ordinateur.

Selon un autre aspect de l'invention, un support numérique comporte une ou plusieurs séquences d'instructions du produit de programme
5 d'ordinateur selon l'invention et susceptible d'être lu par une unité centrale.

On peut citer comme exemple de support numérique tout type de disque incluant les disquettes de type "floppy", les disquettes optiques, les CD-ROMs, les disquettes magnéto-optiques, les ROMs ("Read-Only Memories"), les RAMs ("random access memories"), EPROMs (electrically programmable
10 read-only memories), EEPROMs ("electrically erasable and programmable read only memories") , les cartes magnétiques ou optiques ou tout autre support capable de stocker des instructions électroniques et d'être couplé à un ordinateur.

15 Il est entendu que la présente invention ne se limite pas aux modes de réalisations représentés mais inclut tout autre mode susceptible de convenir à l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de perçage d'une pièce acoustique d'une nacelle (1) d'un aéronef, comportant les étapes dans lesquelles :

5 A- on sélectionne une surface utile (82) de la pièce acoustique, ladite surface utile (82) étant destinée à être percée ;

 B- on sélectionne des moyens de perçage (30) destinés à percer la surface utile (82) ;

 C- on réalise un motif de déplacement (40 ; 106 ; 108)
10 correspondant au déplacement des moyens de perçage (30) suivant deux directions (42, 44) sensiblement coplanaires et perpendiculaires;

 D- on réalise une matrice de perçage (60 ; 107 ; 109 ; 122) en projetant le motif de déplacement (40 ; 106 ; 108) sur la surface utile (82) de manière sensiblement perpendiculaire;

15 E- on répète l'étape D sur sensiblement toute la surface utile (82) en formant une trame de perçage (120);

 F- on perce la surface utile (82) par l'intermédiaire des moyens de perçage (30) en suivant la trame de perçage (120).

20 2. Procédé selon la revendication précédente où l'étape E comporte les étapes dans lesquelles :

 E1. on détermine une courbe limite (80) délimitant la surface utile (82) à percer ;

 E2. on détermine une courbe de départ (84), correspondant
25 sensiblement à l'intersection de la surface utile (82) et d'un plan (86) contenant l'axe principal (88) de la pièce acoustique;

 E3. on détermine les lignes directrices (90) des matrices en alignant sensiblement le centre (92) des différentes matrices de perçage (60 ; 107 ; 109 ; 122) le long de la courbe de départ (84), en jointant
30 sensiblement lesdites matrice (60 ; 107 ; 109 ; 122) entre elles le long de ladite courbe de départ (84), et en intersectant sensiblement la surface utile (82) et la section transversale à l'axe principal (88) de la pièce acoustique en passant par le centre (92) des matrices de perçage (60 ; 107 ; 109 ; 122);

35 E4. on aligne sensiblement le centre (92) des différentes matrices (60 ; 107 ; 109 ; 122) sur chaque ligne directrice (90) des matrices jusqu'à la

courbe limite (80) de la surface utile (82), de sorte que la distance (d) entre les extrémités adjacentes (112 ; 114) de deux matrices de perçage consécutives (107 ; 109) soit sensiblement égale à une distance prédéterminée;

- 5 E5. on détermine la trame de perçage (120) en désactivant partiellement les matrices de perçage (122) se situant en dehors de la courbe limite (80).

3. Procédé selon la revendication précédente dans lequel on détermine la trame de perçage en effectuant une première demi-trame de perçage selon l'étape E4 entre la courbe de départ (84) et la courbe limite (80), la deuxième demi-trame de perçage étant la trame symétrique de la première demi-trame de perçage rapport à la courbe de départ (84).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la distance prédéterminée est inférieure à environ 10^{-7} m.

15 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le motif de déplacement (40 ; 106 ; 108) est réalisée en déplaçant les moyens de perçage (30) d'un premier pas (46) suivant la longueur (50) desdits moyens de perçage (30) et d'un deuxième pas (48) suivant la largeur (52) desdits moyens de perçage (30).

20 6. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les premier (46) et deuxième (48) pas sont sensiblement égaux.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de perçage (30) comportent des plaques (32) montant entre 1 et 21 têtes de perçage (34).

25 8. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les moyens de perçage (30) comportent des plaques (32) ayant un nombre différent de têtes de perçage (34).

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, dans lequel les têtes de perçage (34) sont espacées d'un nombre sensiblement égal à un multiple du premier pas (46) ou du deuxième pas (48).

30 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel l'étape E5 comprend une étape où au moins une tête de perçage (34) est cassée.

35 11. Produit de programme d'ordinateur comprenant une ou plusieurs séquences d'instructions accessibles à une unité centrale et, quand

une séquence est exécutée par l'unité centrale, l'unité centrale réalisant au moins une des étapes A à F du procédé selon la revendication 1.

12. Produit selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'unité centrale réalise toutes les étapes du procédé l'une quelconque des
5 revendications 2 à 10.

13. Support numérique comportant une ou plusieurs séquences d'instructions du produit de programme d'ordinateur selon la revendication 11 ou 12 et susceptible d'être lu par une unité centrale.

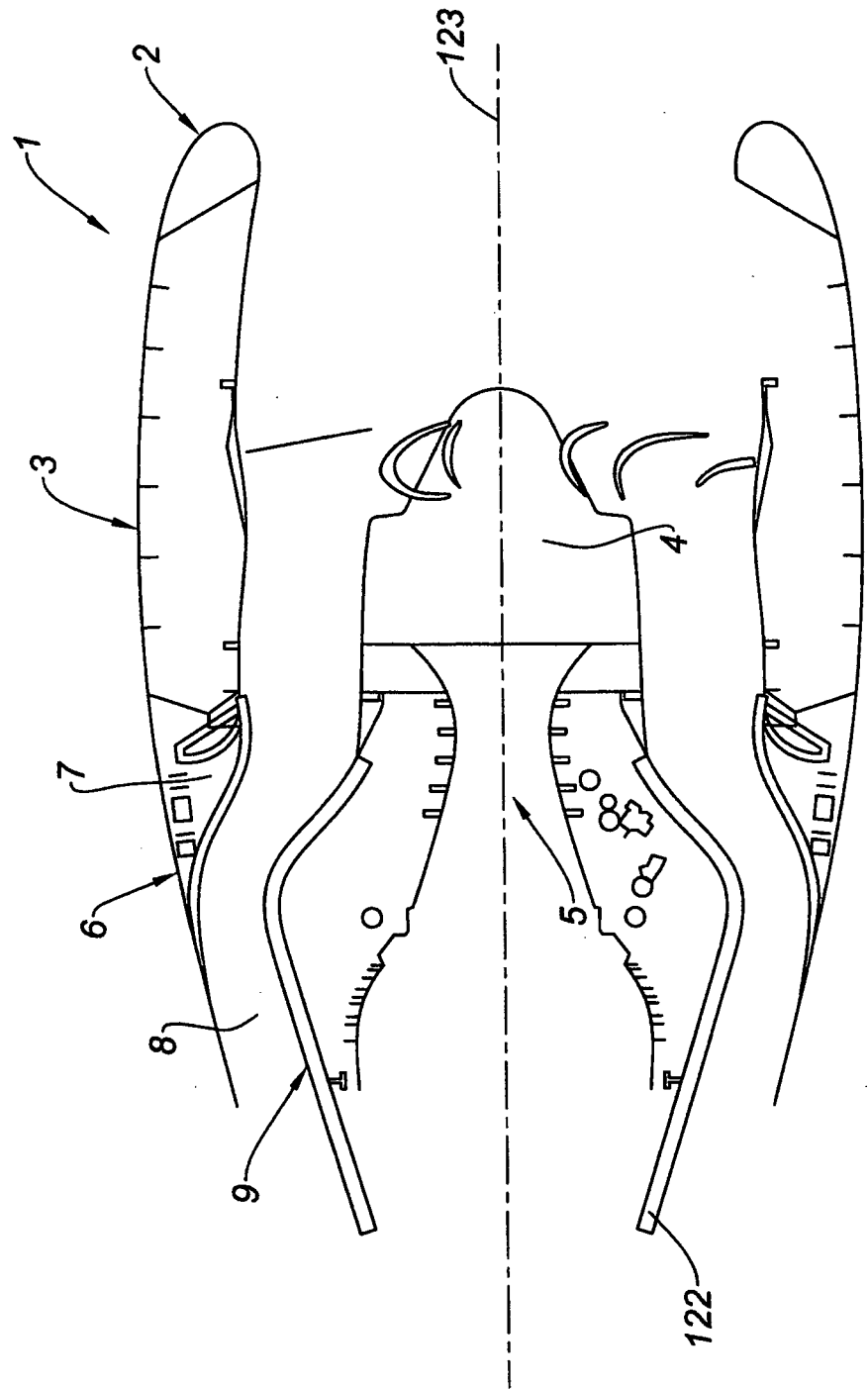


Fig. 1

2 / 7

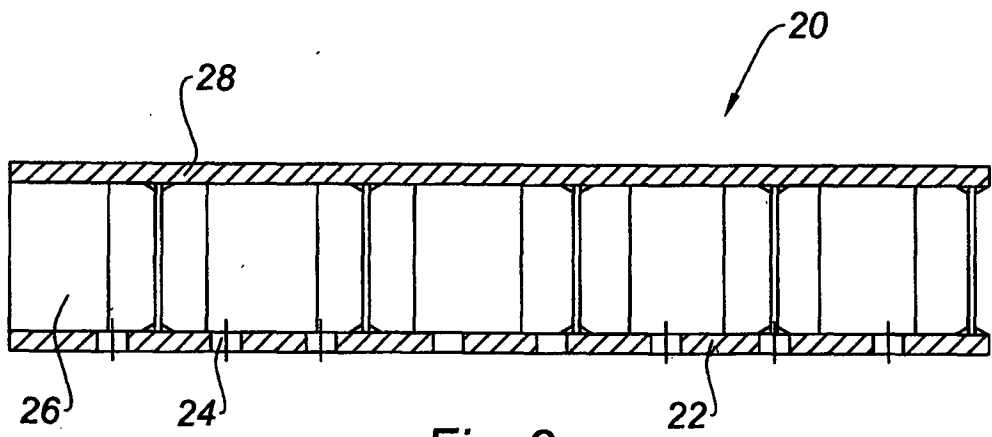


Fig. 2

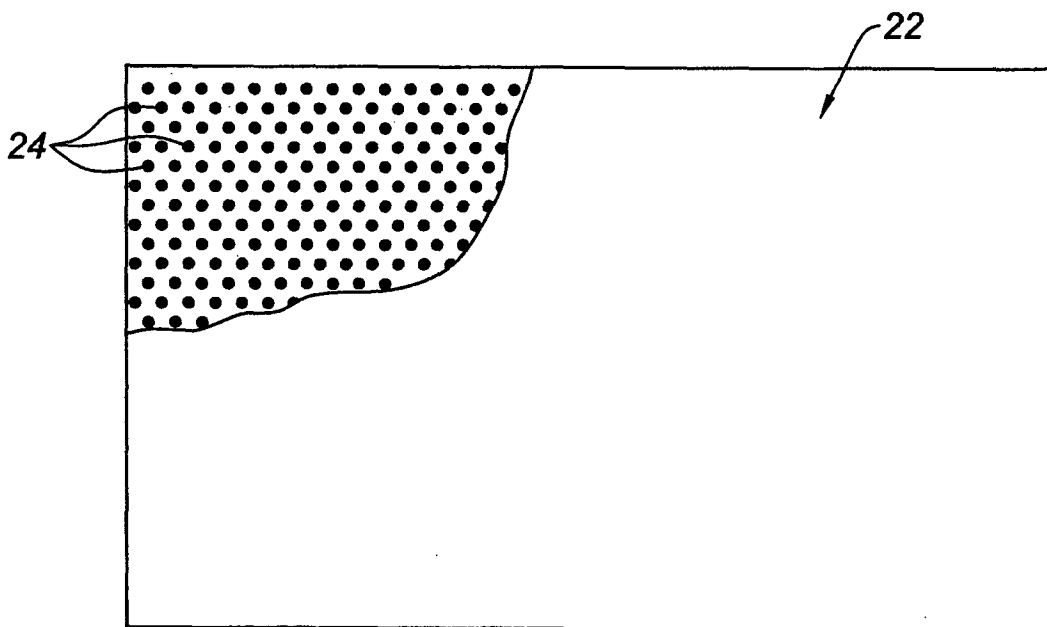


Fig. 3

3 / 7

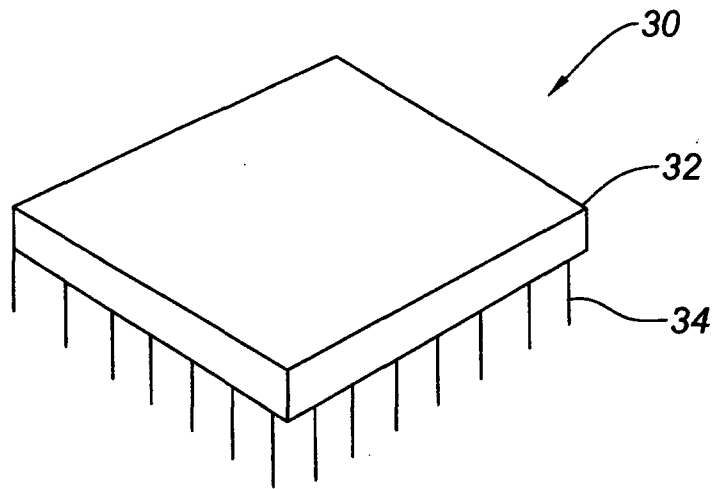


Fig. 4

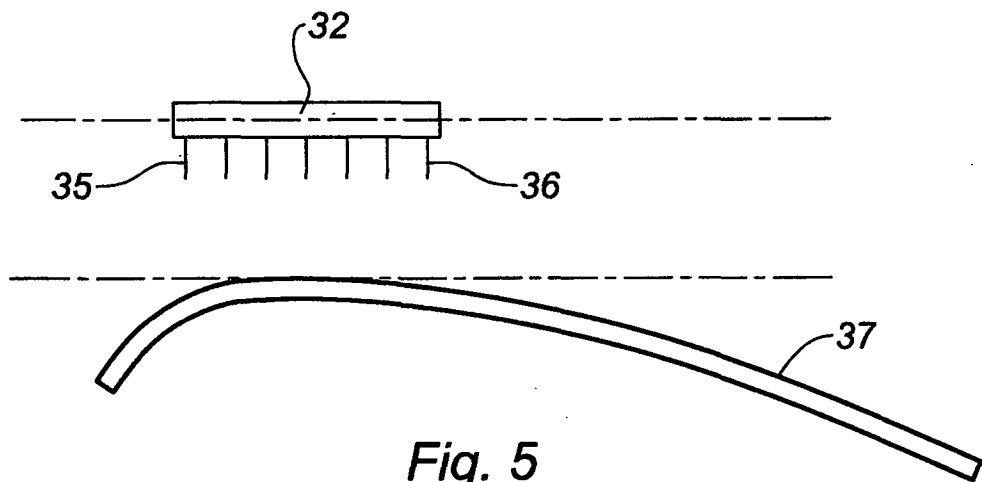


Fig. 5

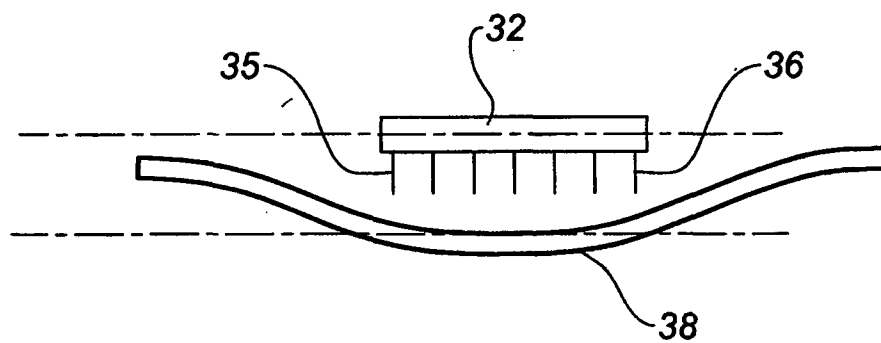


Fig. 6

4 / 7

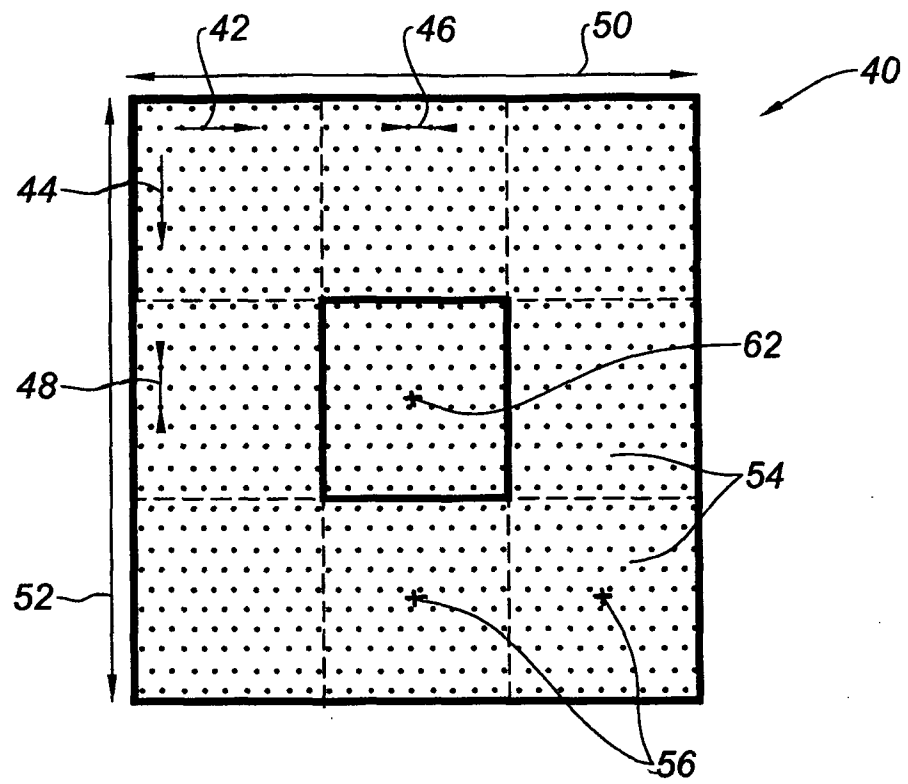


Fig. 7

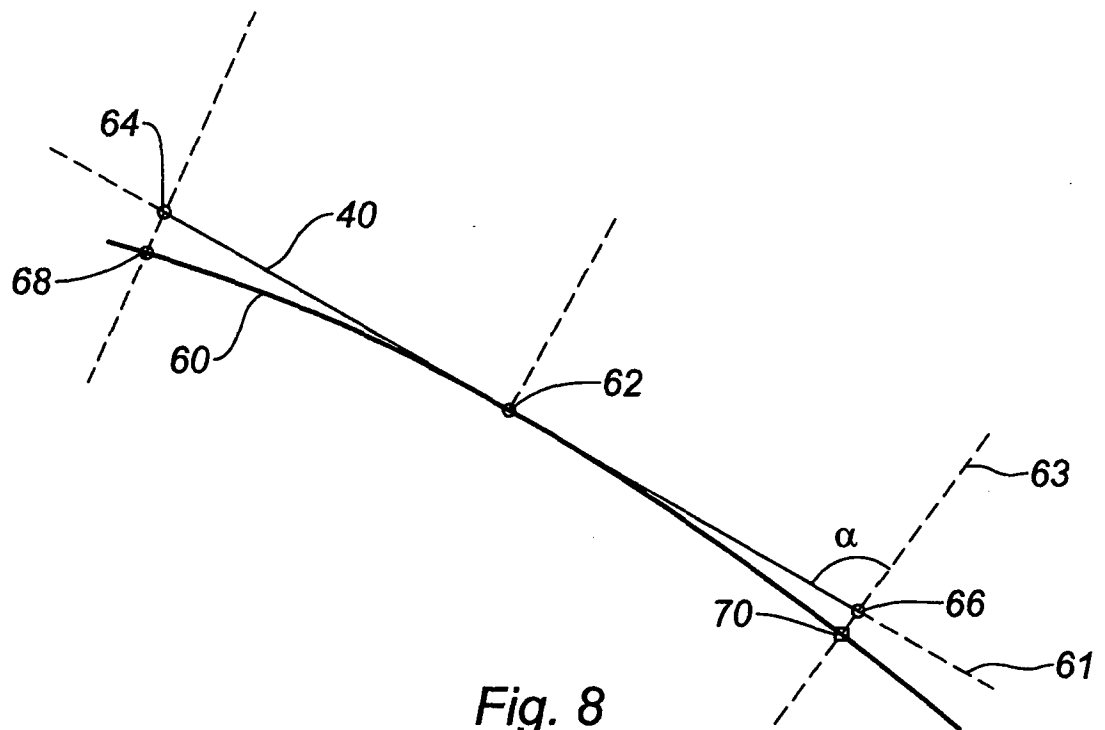


Fig. 8

5 / 7

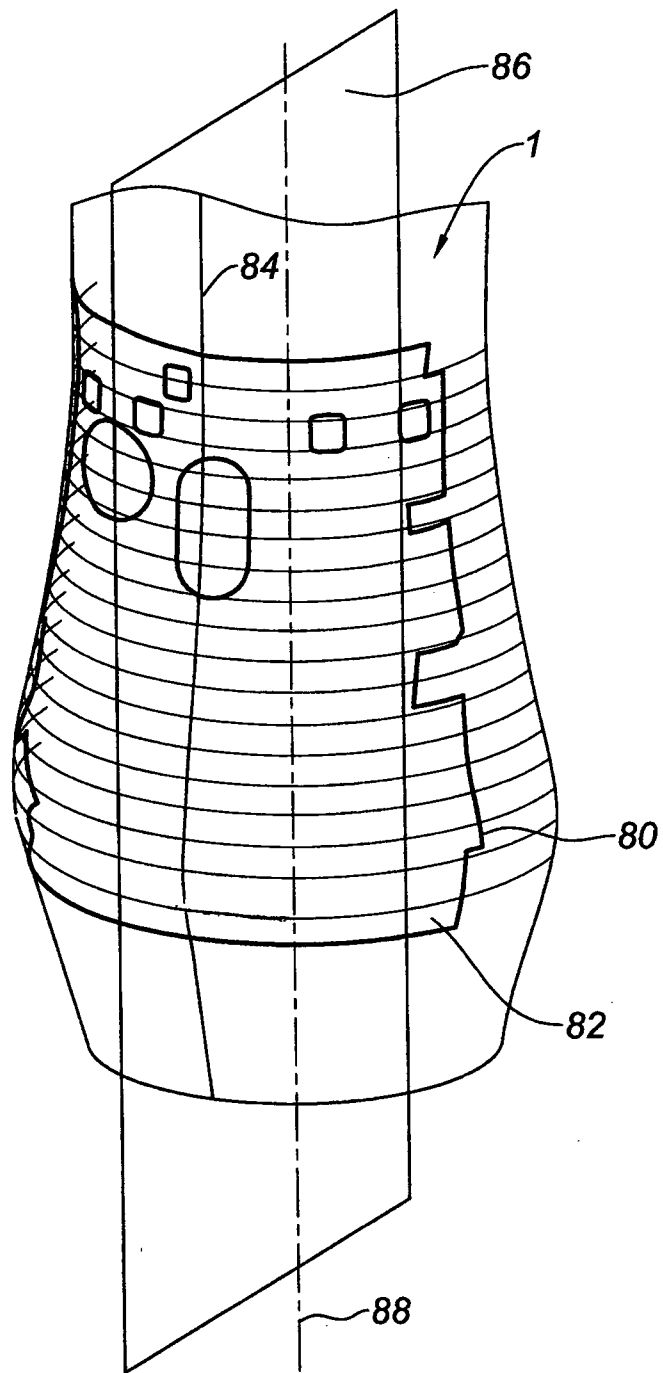


Fig. 9

6 / 7

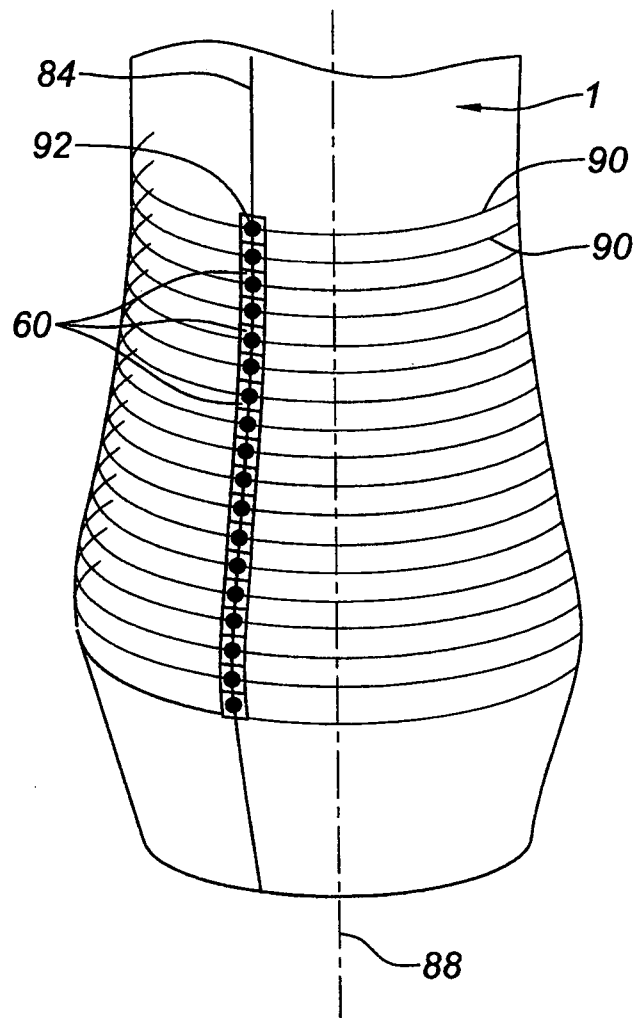


Fig. 10

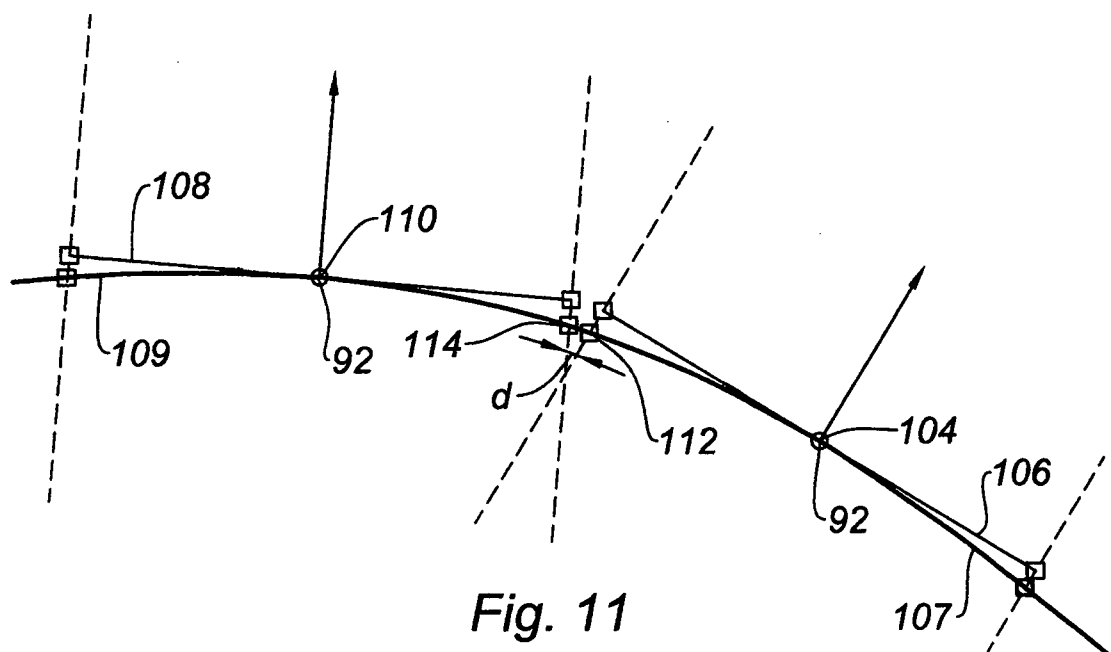


Fig. 11

7 / 7

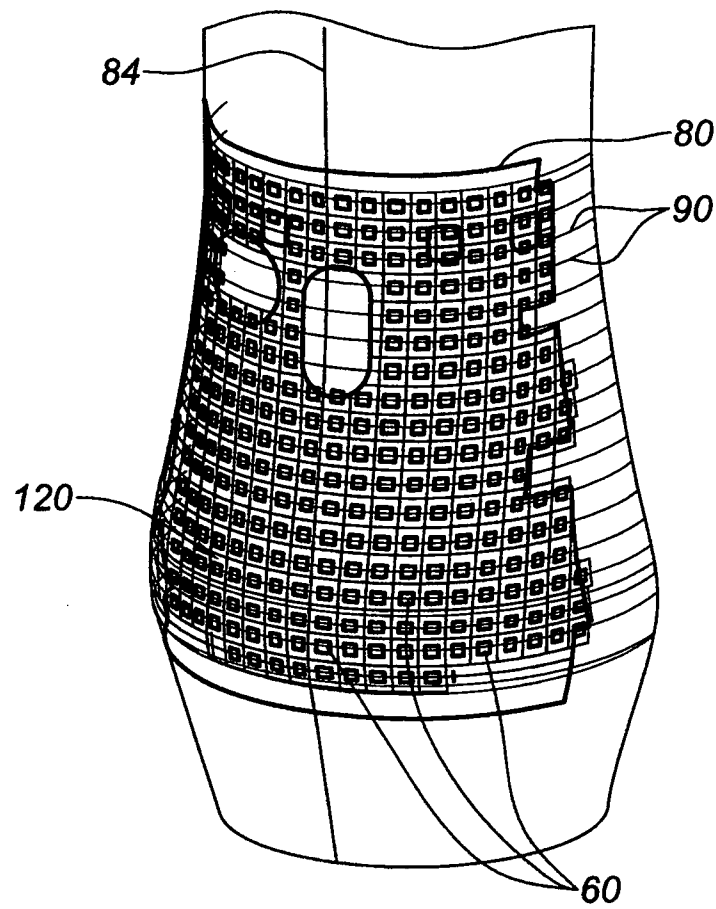


Fig. 12

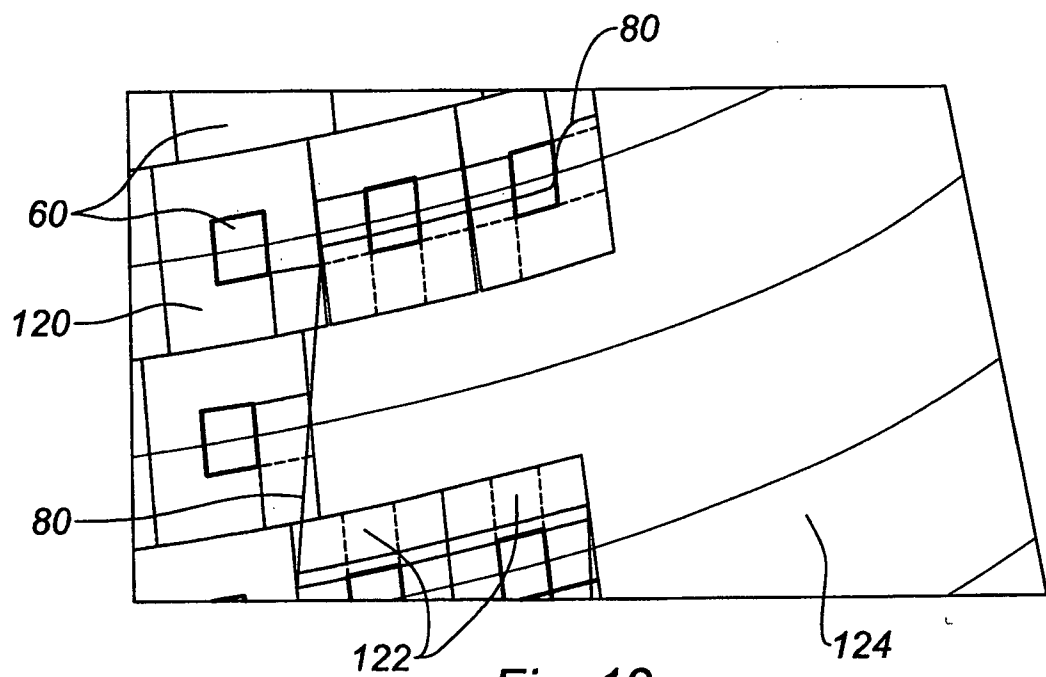


Fig. 13