

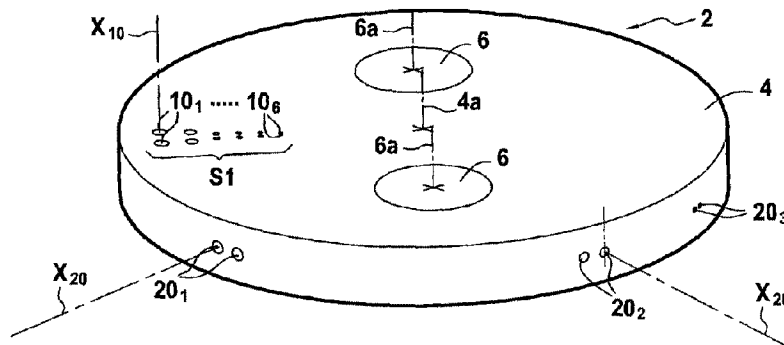


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2015/12/22
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/06/30
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2023/01/24
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/06/19
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2015/053733
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/102896
 (30) Priorité/Priority: 2014/12/23 (FR1463208)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01N 23/046* (2018.01)
 (72) Inventeurs/Inventors:
 GAY, LIONEL CHRISTIAN JEAN-LOIC, FR;
 ARSLAN, PHILIPPE, FR;
 RAMBOURG, YVES, FR;
 CHANDELLE, ANDRE, FR
 (73) Propriétaires/Owners:
 SAFRAN, FR;
 SAFRAN LANDING SYSTEMS, FR;
 SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, FR
 (74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : FANTÔME DESTINÉ À ÊTRE UTILISÉ POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ D'IMAGES TOMOGRAPHIQUES.

(54) Title: PHANTOM INTENDED FOR USE IN QUALITY CONTROL OF TOMOGRAPHIC IMAGES.



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un fantôme (2) destiné à être utilisé pour le contrôle de la qualité d'images tomographiques, comprenant une plaque cylindrique (4) réalisée dans un matériau homogène ayant une densité d1, deux cylindres (6) insérés dans la plaque, les cylindres étant réalisés dans des matériaux homogènes ayant des densités d2, d3 différentes, la densité de l'un des cylindres étant supérieure à la densité d1 de la plaque et la densité de l'autre cylindre étant inférieure à la densité d1 de la plaque, et une première série de paires de trous (10i à 10n) de diamètres différents percés dans la plaque, un axe des trous de la première série étant orienté axialement par rapport à un axe de révolution de la plaque et les trous d'une même paire étant espacés l'un de l'autre d'une distance égale à leur diamètre.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/102896 A1(43) Date de la publication internationale
30 juin 2016 (30.06.2016)(51) Classification internationale des brevets :
G01N 23/04 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/053733(22) Date de dépôt international :
22 décembre 2015 (22.12.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1463208 23 décembre 2014 (23.12.2014) FR(71) Déposants : SAFRAN [FR/FR]; 2, Boulevard du Général
Martial Valin, 75015 Paris (FR). MESSIER-BUGATTI-
DOWTY [FR/FR]; 7 rue Général Valérie André, Inovel
Parc Sud, 78140 Velizy-villacoublay (FR). SNECMA
[FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial Valin, 75015 Pa-
ris (FR).(72) Inventeurs : GAY, Lionel, Christian, Jean-Loïc; 16 Rue
des Pins, 91330 Yerres (FR). ARSLAN, Philippe; 10 rue
de Lyon, 94140 Alfortville (FR). RAMBOURG, Yves; 11
résidence Guillaume Voisin, 91190 Gif-sur-yvette (FR).
CHANDELLE, André; C/O Snecma PI (AJI), Rond-point
René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-cramayel Cedex (FR).(74) Mandataires : DESORMIERE, Pierre-Louis et al.; Cabi-
net Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 Pa-
ris Cedex 07 (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, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, 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, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : PHANTOM INTENDED FOR USE IN QUALITY CONTROL OF TOMOGRAPHIC IMAGES

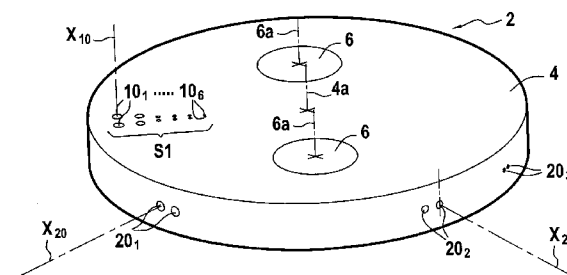
(54) Titre : FANTOME DESTINE A ETRE UTILISE POUR LE CONTROLE DE LA QUALITE D'IMAGES TOMOGRA-
PHIQUES.

FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a phantom (2) intended for use in quality control of tomographic images, comprising a cy-
lindrical plate (4) produced from a homogeneous material having a density d1, two cylinders (6) inserted in the plate, the cylinders
being produced from homogeneous materials having different densities d2 and d3, the density of one of the cylinders being greater
than the density d1 of the plate and the density of the other cylinder being less than the density d1 of the plate, and a first series of
pairs of holes (10_i to 10_n) of different diameters drilled in the plate, an axis of the holes of the first series being orientated
axially with respect to an axis of rotation of the plate and the holes of a given pair being spaced apart by a distance equal to the
diameter of said holes.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/102896 A1**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

L'invention concerne un fantôme (2) destiné à être utilisé pour le contrôle de la qualité d'images tomographiques, comprenant une plaque cylindrique (4) réalisée dans un matériau homogène ayant une densité d_1 , deux cylindres (6) insérés dans la plaque, les cylindres étant réalisés dans des matériaux homogènes ayant des densités d_2 , d_3 différentes, la densité de l'un des cylindres étant supérieure à la densité d_1 de la plaque et la densité de l'autre cylindre étant inférieure à la densité d_1 de la plaque, et une première série de paires de trous (10_1 à 10_n) de diamètres différents percés dans la plaque, un axe des trous de la première série étant orienté axialement par rapport à un axe de révolution de la plaque et les trous d'une même paire étant espacés l'un de l'autre d'une distance égale à leur diamètre.

Fantôme destiné à être utilisé pour le contrôle de la qualité d'images tomographiques.

Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général du contrôle de la qualité en imagerie tomographique 2D ou 3D.

Elle trouve préférentiellement mais non exclusivement une application au contrôle de la qualité d'images tomographiques de pièces réalisées en matériau composite et utilisées notamment dans le domaine
10 aéronautique.

La tomographie est une technique couramment utilisée dans le domaine du contrôle non destructif de pièces pour obtenir une reconstruction 2D ou 3D des défauts internes d'une pièce. Cette technique permet, à l'aide d'un appareil d'imagerie, de visualiser et quantifier avec
15 précision les caractéristiques des défauts de la pièce (position dans l'espace, taille, facteur de forme, etc.).

Par ailleurs, il est connu d'utiliser des indicateurs de qualité d'image (ci-après appelés IQI) pour évaluer la qualité des images tomographiques acquises par l'appareil d'imagerie. Typiquement, ces IQI
20 sont des fantômes (appelés aussi pièces étalons) comportant des inclusions et des aspérités jouant le rôle de défauts. En association avec un programme de calcul, ces fantômes aident ainsi à déterminer un ou plusieurs paramètres caractérisant la qualité des images tomographiques, tels que notamment la résolution spatiale selon différentes directions, le
25 rapport signal/bruit, l'uniformité, etc.

Les fantômes connus à ce jour ne sont cependant pas adaptés au contrôle de la qualité d'images tomographiques de pièces, notamment celles en matériau composite. En particulier, ces fantômes présentent généralement une forme prismatique, ce qui entraîne des artéfacts dans

les données tomographiques obtenues après la reconstruction 2D ou 3D de la pièce.

Il existe donc un besoin de pouvoir disposer d'un fantôme pour le contrôle de la qualité en imagerie tomographique 2D ou 3D sur des
5 pièces qui ne présente les inconvénients précités.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention répond notamment à ce besoin en proposant un fantôme destiné à être utilisé pour le contrôle de la qualité
10 d'images tomographiques, comprenant :

une plaque cylindrique réalisée dans un matériau homogène ayant une densité d_1 , ladite plaque présentant un axe de révolution ;

deux cylindres insérés dans la plaque, les cylindres étant réalisés dans des matériaux homogènes ayant des densités d_2 , d_3
15 différentes, la densité de l'un des cylindres étant supérieure à la densité d_1 de la plaque et la densité de l'autre cylindre étant inférieure à la densité d_1 de la plaque ; et

une première série de paires de trous de diamètres différents percés dans la plaque, les trous de la première série s'étendant suivant un
20 axe parallèle à l'axe de révolution de la plaque, caractérisé en ce que le fantôme comprend en outre une deuxième série de paires de trous de diamètres différents percés dans la plaque, les trous de la deuxième série s'étendant suivant un axe perpendiculaire à l'axe de révolution de la plaque de manière à ce que lesdits trous de la deuxième série s'étendent
25 radialement dans la plaque cylindrique.

Le fantôme selon l'invention est parfaitement adapté au contrôle de la qualité d'images tomographiques 2D ou 3D, notamment sur des pièces en matériau composite, sans perturber la qualité de l'image de la pièce contrôlée. La forme cylindrique de la plaque du fantôme permet de
30 réduire les artéfacts tomographiques qui sont susceptibles d'être générés

par le fantôme lui-même. De plus, le fantôme selon l'invention présente trois densités différentes, ce qui permet d'établir une courbe de calibration pour mesurer avec précision la densité de la pièce contrôlée.

5 Les trous percés dans la plaque du fantôme selon l'invention permettent de mesurer la résolution de la tomographie. La présence de trous présente l'avantage de pouvoir effectuer une telle mesure sans avoir à recourir à des fils métalliques de haute densité qui viendraient notamment rayonner par rapport au matériau de la pièce contrôlée.

10 Dans une application au contrôle de la qualité d'images tomographiques 3D, les trous d'une même paire de trous de la première série et de la deuxième série de paires de trous sont espacés l'un de l'autre d'une distance égale à leur diamètre

15 Dans cette application, les trous de la première série ont de préférence un diamètre identique aux trous de la deuxième série. De plus, les trous de la deuxième série peuvent déboucher sur un bord périphérique de la plaque à une même hauteur dudit bord périphérique. Dans ce cas, les trous de la deuxième série sont avantageusement répartis angulairement autour de l'axe de révolution de la plaque.

20 Quant aux trous de la première série, ils peuvent déboucher au niveau de deux faces opposées de la plaque, les paires de trous étant disposées selon des diamètres différents de la plaque. Dans ce cas, les paires de trous de la première série sont avantageusement disposées par ordre décroissant de diamètre entre la périphérie externe de la plaque et le centre de ladite plaque.

25 La plaque du fantôme peut être réalisée dans un matériau homogène ayant une densité d_1 comprise entre 1,2 et 8 proche de la densité de la pièce contrôlée.

30 Les deux cylindres du fantôme insérés dans la plaque comprennent des axes de révolution respectifs qui peuvent être positionnés sur un même diamètre de la plaque.

L'invention a également pour objet une utilisation d'au moins un fantôme telle que défini précédemment pour le contrôle de la qualité en imagerie tomographique d'une aube de soufflante de moteur à turbine à gaz réalisée en matériau composite, dans laquelle la plaque présente un
5 diamètre de 50mm environ et une épaisseur de 6mm environ, les deux cylindres ont chacun un diamètre d'environ 10mm et les trous de la première série de trous ont des diamètres compris entre 0,2mm et 1,2mm environ.

10 Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- 15 - les figures 1 et 2 sont des vues d'un fantôme selon l'invention, respectivement en perspective et de face ;
- la figure 3 est une loupe de la figure 2 montrant une série de trous percés dans la plaque du fantôme ; et
- la figure 4 est une vue de côté du fantôme des figures 1 et 2.

20

Description détaillée de l'invention

L'invention s'applique au contrôle de la qualité d'images obtenues par imagerie tomographique 2D ou 3D, par exemple d'une pièce aéronautique en matériau composite telle qu'une aube de soufflante de
25 moteur à turbine à gaz.

De façon connue en soi, la tomographie par absorption de rayons X est une technique non destructive qui permet la reconstruction d'images « en coupe » d'une pièce à trois dimensions. Son principe repose sur l'analyse multidirectionnelle de l'interaction d'un faisceau de rayons X
30 avec la matière, par enregistrement avec des détecteurs du rayonnement

transmis après traversée de la pièce à contrôler. Les données acquises lors de la prise de mesure sont collectées suivant des orientations multiples. À l'aide de ces données, une image numérique est calculée et reconstruite mathématiquement en valeurs d'amplitude dont chaque valeur traduit point par point le coefficient d'atténuation local du matériau. Celle-ci, après calibration et étalonnage, peut être traduite en échelle de densité.

Le contrôle de la qualité des images acquises par l'appareil d'imagerie tomographique est réalisé grâce à des fantômes (également appelés IQI pour « Indicateurs de Qualité d'Image ») qui sont placés ici systématiquement avec la pièce à contrôler lors de la prise de mesures. Ces fantômes ont pour but de mesurer la résolution des images acquises par tomographie en permettant de distinguer, sur ces images, deux éléments de petite taille éloignés l'un de l'autre. Les fantômes permettent également de mesurer la résolution de densité.

A cet effet, comme représenté sur les figures 1 à 3, le fantôme 2 selon l'invention comprend notamment une plaque cylindrique 4 dans laquelle sont insérés deux cylindres 6 et sont pratiqués deux séries S1, S2 de paires de trous.

De façon plus précise, la plaque 4 présente un axe de révolution 4a et est réalisée dans un matériau homogène, par exemple un matériau thermoplastique, ayant une densité d_1 qui est voisine de la densité du matériau dans lequel est réalisée la pièce à contrôler.

A titre d'exemple, pour le contrôle d'une pièce en matériau composite ayant une densité d'environ 1,6 (ce qui peut être notamment le cas d'une aube de soufflante de turboréacteur réalisée en matériau composite), on choisira une densité d_1 pour le matériau plastique de la plaque 2 qui est comprise entre 1,2 et 1,8.

Les deux cylindres 6 insérés dans la plaque présentent chacun un axe de révolution 6a. Ils sont également réalisés dans des matériaux plastiques homogènes ayant des densités respectives d_2 et d_3 qui sont

différentes l'une de l'autre et qui encadrent la densité du matériau composite dans lequel est réalisée la pièce à contrôler (et donc la densité d_1 de la plaque). En d'autres termes, les matériaux plastiques de la plaque 4 et des cylindres 6 insérés dans celle-ci sont choisis de telle sorte que :

5 d_2 (ou d_3) < d_1 < d_3 (ou d_2).

A titre d'exemple, pour un matériau composite ayant une densité d'environ 1,6, on choisira un matériau plastique ayant une densité d_2 de 1,1 pour l'un des cylindres 6 et un matériau plastique ayant une densité d_3 de 2,2 pour l'autre cylindre. A cet effet, les matériaux

10 plastiques utilisés pour réaliser les cylindres pourront être du polytétrafluoroéthylène (PTFE) et un polyamide de type Nylon®.

Ainsi, le fantôme 2 selon l'invention est constitué de trois matériaux de densités différentes, ce qui permet d'établir une courbe de calibration pour mesurer la densité de la pièce contrôlée.

15 Comme représenté sur la figure 2, les axes de révolution 6a respectifs des deux cylindres 6 insérés dans la plaque sont parallèles à l'axe de révolution 4a de ladite plaque et sont avantageusement positionnés sur un même diamètre D de celle-ci.

Par ailleurs, comme indiqué précédemment, la plaque 4 du

20 fantôme selon l'invention comprend également deux séries S1, S2 de paires de trous, à savoir une première série S1 de n paires de trous 10_1 à 10_n (six paires de trous 10_1 à 10_6 dans l'exemple illustré) ayant chacun un axe X_{10} qui est orienté axialement (par rapport à l'axe de révolution 4a de la plaque), et une deuxième série S2 de n paires de trous 20_1 à 20_n (six

25 paires de trous 20_1 à 20_6 dans l'exemple illustré) ayant chacun un axe X_{20} qui est orienté radialement (par rapport à l'axe de révolution 4a de la plaque). Dans l'exemple décrit ici, l'axe X_{10} (montré sur la figure 1 pour un des trous 10_1) correspond à l'axe suivant lequel les trous cylindrique 10_1 à 10_6 s'étendent, cet axe X_{10} étant parallèle à l'axe de révolution 4a de la

30 plaque 4 elle aussi cylindrique. Toujours dans l'exemple décrit ici, l'axe X_{20}

(montré sur la figure 1 pour un des trous 20_1 et un des trous 20_2) correspond à l'axe suivant lequel les trous cylindrique 20_1 à 20_6 s'étendent, cet axe X_{20} étant perpendiculaire à l'axe de révolution 4a de la plaque 4 elle aussi cylindrique, l'axe X_{20} pouvant par exemple être
5 parallèle à un rayon de la plaque 4.

On notera que pour le contrôle de la qualité en imagerie tomographique 2D, seule la première série S1 de paires de trous est nécessaire, tandis que pour le contrôle de la qualité en imagerie tomographique 3D, les deux séries S1 et S2 de paires de trous est
10 nécessaire.

Les trous d'une même paire (pour la première série S1 et la deuxième série S2) ont un même diamètre. En revanche, les paires de trous dans une même série ont des diamètres différents.

De plus, les trous 20_1 à 20_n de la deuxième série S2 sont
15 espacés l'un de l'autre d'une distance égale à leur diamètre. Ainsi, sur l'exemple illustré par les figures, les deux trous 20_1 ont un même diamètre \emptyset_1 et sont espacés l'un de l'autre d'une distance p_1 égale à leur diamètre \emptyset_1 . De même, les trous 20_2 ont un même diamètre \emptyset_2 et sont espacés d'une distance p_2 qui est égale à leur diamètre \emptyset_2 , etc.

20 En outre, la profondeur des trous 20_1 à 20_n de cette deuxième série S2 ne doit pas être trop importante pour éviter de provoquer des artefacts. A titre d'exemple, on choisira une profondeur d'environ 5mm.

De la même manière, les trous 10_1 à 10_n de la première série S1 sont espacés l'un de l'autre d'une distance ($p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$) égale à leur
25 diamètre ($\emptyset_1, \emptyset_2, \emptyset_3, \dots, \emptyset_n$). Sur l'exemple illustré, on notera d'ailleurs que les trous 20_1 à 20_6 de la première série S1 ont un diamètre identique aux trous 20_1 à 20_6 de la deuxième série S2, c'est-à-dire que la paire de trous 10_1 de la première série S1 et la paire de trous 20_1 de la deuxième série S2 ont un même diamètre \emptyset_1 , etc.

Comme représenté notamment sur les figures 2 et 4, les trous 20_1 à 20_n de la deuxième série S2 débouchent au niveau du bord périphérique de la plaque 4 à une même hauteur dudit bord périphérique (leurs axes respectifs sont alignés sur une même hauteur de la plaque prise dans le sens de son épaisseur). De plus, ces trous 20_1 à 20_n de la deuxième série S2 sont répartis angulairement autour de l'axe de révolution 4a de la plaque.

Quant aux trous 10_1 à 10_n de la première série S1, ils débouchent au niveau de deux faces opposées de la plaque 4 en la traversant de part en part dans le sens de son épaisseur (voir la figure 4).

De plus, les paires de trous 10_1 à 10_n de la première série S1 sont avantageusement disposées selon des diamètres différents de la plaque par ordre décroissant de diamètre depuis l'extérieur de la plaque vers l'intérieur de celle-ci. Ainsi, les trous 10_1 ayant le diamètre $\varnothing 1$ le plus important sont disposés à l'extérieur de la plaque et les trous 10_n ayant le diamètre $\varnothing n$ le plus petit sont disposés à l'intérieur de la plaque. Cette caractéristique permet ainsi d'augmenter la gamme de mesure du contraste.

Un exemple de dimensions pour la réalisation d'un fantôme utilisé dans le cadre du contrôle de la qualité d'images tomographiques d'une aube de soufflante de turboréacteur réalisé en matériau composite est donné dans le tableau ci-dessous (les valeurs sont en mm).

diamètre plaque	épaisseur plaque	diamètre cylindres	$\varnothing 1$ p1	$\varnothing 2$ p2	$\varnothing 3$ p3	$\varnothing 4$ p4	$\varnothing 5$ p5	$\varnothing 6$ p6
50	6	10	1,2	1,0	0,5	0,4	0,3	0,2

Des fantômes ayant de telles dimensions sont particulièrement avantageux pour réaliser un contrôle de la qualité d'images tomographiques d'une aube de soufflante de turboréacteur réalisé en matériau composite. A cet effet, deux fantômes ayant ces dimensions sont

positionnés systématiquement avec l'aube à contrôler lors des mesures, l'un des fantômes étant placé sous le pied d'aube et l'autre fantôme étant placé en décalé au-dessus de la tête d'aube. La tomographie de l'aube est alors réalisée en quatre fois dans le sens de sa hauteur de sorte que la

5 première et la quatrième images tomographiques contiennent l'un des fantômes pour exercer un contrôle de la qualité.

La résolution (et donc la qualité) des première et quatrième images tomographiques est contrôlée grâce à une mesure entre deux trous d'une même paire de trous (appartenant aux séries S1, S2) : si l'on

10 constate une différence de valeurs d'amplitude supérieure à une valeur préétablie entre ces deux trous, il est considéré que l'image contrôlée présente un défaut de qualité. Par ailleurs, si l'on parvient à la conclusion que les première et quatrième images tomographiques ainsi contrôlées ne

15 présentent pas de défaut, il peut être considéré que les deux images intermédiaires sont également exemptes de défaut.

REVENDEICATIONS

1. Fantôme destiné à être utilisé pour le contrôle de la qualité d'images tomographiques, comprenant :

5 une plaque cylindrique réalisée dans un matériau homogène ayant une densité d_1 , ladite plaque cylindrique présentant un axe de révolution ;

 deux cylindres insérés dans la plaque, les cylindres étant réalisés dans des matériaux homogènes ayant des densités d_2 , d_3
10 différentes, la densité de l'un des cylindres étant supérieure à la densité d_1 de la plaque et la densité de l'autre cylindre étant inférieure à la densité d_1 de la plaque ; et

 une première série de paires de trous de diamètres différents percés dans la plaque, les trous de la première série s'étendant suivant un
15 axe parallèle à l'axe de révolution de la plaque, dans lequel le fantôme comprend en outre une deuxième série de paires de trous de diamètres différents percés dans la plaque, les trous de la deuxième série s'étendant suivant un axe perpendiculaire à l'axe de révolution de la plaque de manière à ce que lesdits trous de la deuxième série s'étendent
20 radialement dans la plaque cylindrique.

2. Fantôme selon la revendication 1, dans lequel les trous d'une même paire de trous de la première série et de la deuxième série de paires de trous sont espacés l'un de l'autre d'une distance égale à leur
25 diamètre.

3. Fantôme selon la revendication 2, dans lequel les trous de la première série ont un diamètre identique aux trous de la deuxième série.

4. Fantôme selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les trous de la deuxième série débouchent sur un bord périphérique de la plaque à une même hauteur dudit bord périphérique.

5 5. Fantôme selon la revendication 4, dans lequel les trous de la deuxième série sont répartis angulairement autour de l'axe de révolution de la plaque.

10 6. Fantôme selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les trous de la première série débouchent au niveau de deux faces opposées de la plaque, les paires de trous étant disposées selon des diamètres différents de la plaque.

15 7. Fantôme selon la revendication 6, dans lequel les paires de trous de la première série sont disposées par ordre décroissant de diamètre entre la périphérie externe de la plaque et le centre de ladite plaque.

20 8. Fantôme selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la plaque est réalisée dans un matériau homogène ayant une densité d_1 comprise entre 1,2 et 8.

25 9. Fantôme selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel les deux cylindres insérés dans la plaque comprennent des axes de révolution respectifs qui sont positionnés sur un même diamètre de la plaque.

30 10. Utilisation d'au moins un fantôme selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 pour le contrôle de la qualité en imagerie tomographique d'une aube de soufflante de moteur à turbine à gaz

réalisée en matériau composite, dans laquelle la plaque présente un diamètre de 50mm et une épaisseur de 6mm, les deux cylindres ont chacun un diamètre de 10mm et les trous de la première série de trous ont des diamètres compris entre 0,2mm et 1,2mm.

1/2

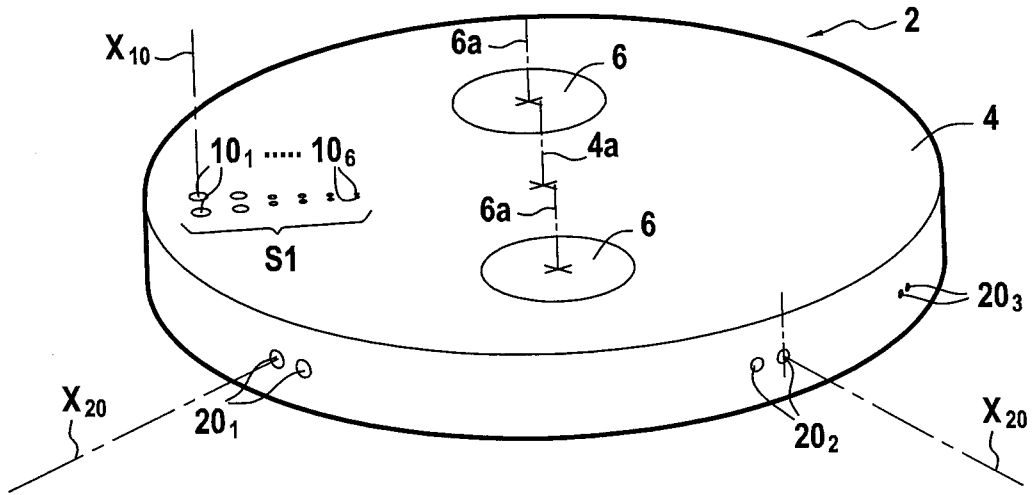


FIG.1

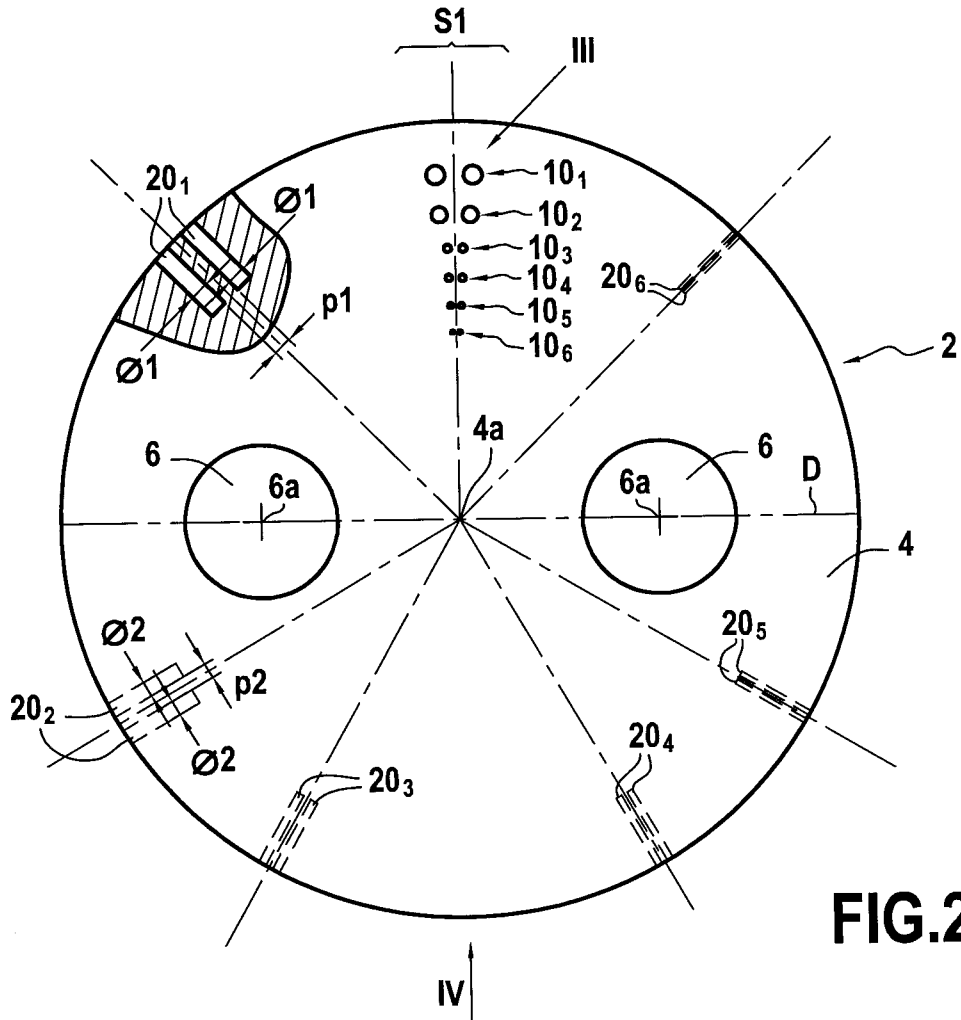


FIG.2

2/2

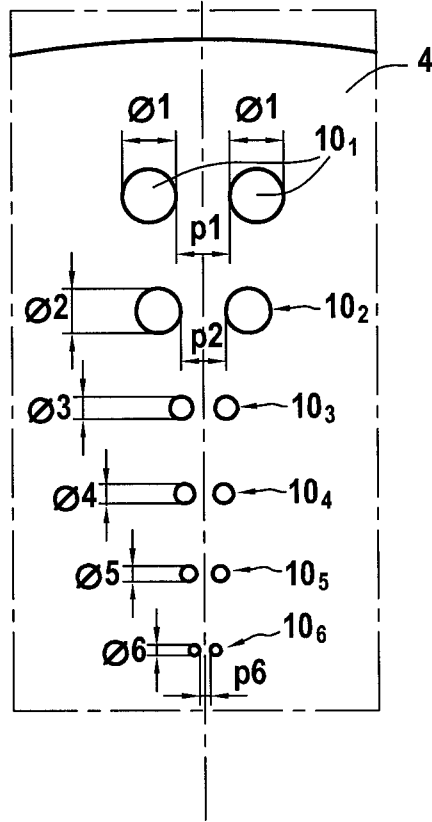


FIG.3

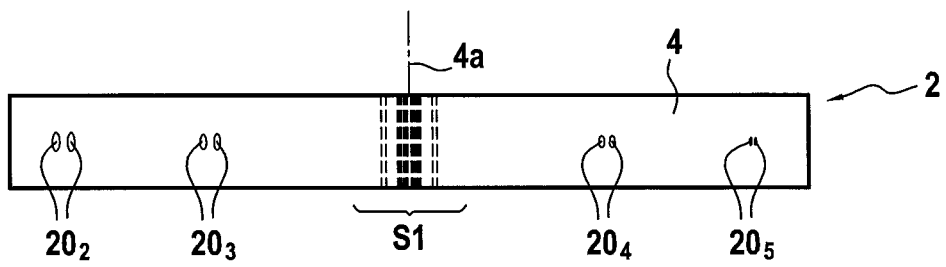


FIG.4

