

(19)



(11)

EP 2 065 642 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

03.06.2009 Bulletin 2009/23

(51) Int Cl.:

F22B 37/00 (2006.01)

F22B 1/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08161268.1**

(22) Date de dépôt: **28.07.2008**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Etats d'extension désignés:

AL BA MK RS

(30) Priorité: **07.08.2007 FR 0756976**

(71) Demandeurs:

- **Areva NP**
92400 Courbevoie (FR)

- **Electricité de France**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **Theallier, Olivier**
71670, Saint Pierre de Varennes (FR)
- **Ferlay, Jean-Claude**
71880, Chatenoy le Royal (FR)

(74) Mandataire: **Domenego, Bertrand**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Procédé de réalisation d'orifices dans les enveloppes secondaires d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.**

(57) Le procédé consiste à s'assurer que le générateur de vapeur (1) est rempli d'eau et à compléter le niveau si nécessaire, à effectuer par perçage au moyen d'un outillage mécanique (15), un préorifice (22) non débouchant sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pression (2), à abaisser le niveau d'eau dans le générateur de vapeur (1) juste au-dessus du préorifice (22), à terminer au moyen d'un outillage d'électroérosion le perçage de l'orifice (9) dans l'enveloppe de pression (2) et à effectuer également au moyen de l'outillage d'électroérosion, un orifice (10) dans l'enveloppe de faisceau (3).

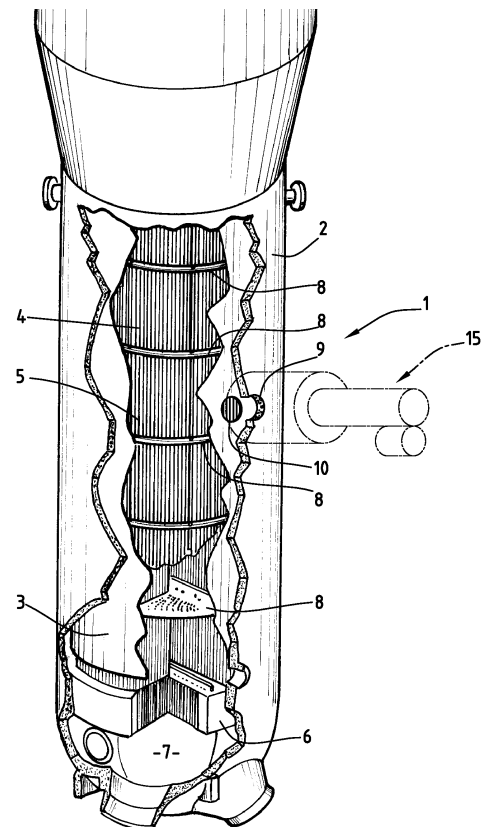


FIG.1

EP 2 065 642 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de réalisation d'orifices dans les enveloppes secondaires d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

[0002] Les générateurs de vapeur utilisés pour produire de la vapeur, à partir de la chaleur fournie par l'eau de refroidissement d'un réacteur nucléaire à eau sous pression comportent une enveloppe externe appelée enveloppe de pression de forme générale cylindrique qui est disposée avec son axe vertical et qui renferme des structures internes du générateur de vapeur comportant en particulier un faisceau de tubes d'échange de la chaleur entre le fluide primaire constitué par l'eau sous pression du refroidissement du réacteur nucléaire qui circule à l'intérieur des tubes du faisceau et l'eau d'alimentation qui est mise en contact avec la surface extérieure des tubes du faisceau dans la partie secondaire du générateur de vapeur.

[0003] Le faisceau du générateur de vapeur est constitué par un grand nombre de tubes d'échange cintrés en forme de U et comportant chacun deux branches droites qui sont fixées à leurs extrémités dans des trous traversant une plaque tubulaire solidaire de l'enveloppe de pression du générateur de vapeur.

[0004] Dans la position de service du générateur de vapeur, l'enveloppe de pression de forme cylindrique est placée avec son axe vertical, la plaque tubulaire est horizontale et les branches droites des tubes du faisceau sont verticales. Le faisceau de tubes est disposé à l'intérieur d'une enveloppe de faisceau, de forme générale cylindrique, qui est placée dans une disposition coaxiale à l'intérieur de l'enveloppe de pression.

[0005] L'enveloppe de faisceau qui entoure complètement le faisceau est partiellement fermée à sa partie supérieure, au-dessus de la partie supérieure du faisceau constitué par les parties cintrées des tubes. L'enveloppe de faisceau comporte, à sa partie supérieure, une ouverture de passage de la vapeur produite au contact des tubes du faisceau. La vapeur sortant de l'enveloppe de faisceau passe à l'intérieur d'un ensemble de séparateurs et de sècheurs occupant toute la partie supérieure de l'enveloppe de pression, au-dessus de l'enveloppe de faisceau.

[0006] L'eau d'alimentation du générateur de vapeur est introduite, à la partie supérieure de l'enveloppe de faisceau, dans un espace annulaire entre l'enveloppe de faisceau et l'enveloppe de pression.

[0007] L'eau d'alimentation circule dans la direction verticale, tout d'abord de haut en bas dans l'espace annulaire entre l'enveloppe de faisceau et l'enveloppe de pression, jusqu'à la plaque tubulaire, pour pénétrer à l'intérieur de l'enveloppe de faisceau dont la paroi, à sa partie inférieure, ménage un espace de passage d'eau au-dessus de la plaque tubulaire.

[0008] La plaque tubulaire est percée d'un réseau de trous de passage et de fixation des parties d'extrémité

des branches droites des tubes du faisceau, à l'exception d'une zone centrale de direction diamétrale exempte de trous de passage de tubes. Chacun des tubes du faisceau cintrés en U comporte une première branche engagée et fixée dans un trou d'une première partie du réseau de trous situés d'un côté de la zone centrale et une seconde branche engagée et fixée dans un trou de la seconde partie du réseau placé dans une disposition symétrique par rapport à la position du premier trou.

[0009] Les branches droites du faisceau de tubes sont maintenues par des plaques-entretoises réparties suivant la longueur du faisceau, à l'intérieur de l'enveloppe de faisceau et comportant des réseaux de trous identiques aux réseaux de trous de la plaque tubulaire.

[0010] De cette manière, le faisceau de tubes, qui présente une forme générale cylindrique et qui est placé dans une disposition coaxiale par rapport à l'enveloppe de faisceau et à l'enveloppe de pression, comporte à sa partie centrale un espace vide de tubes, de direction axiale, à l'aplomb de la zone centrale diamétrale de la plaque tubulaire exempte de trous de fixation de tubes.

[0011] La partie primaire du générateur de vapeur est constituée par l'espace intérieur des tubes du faisceau et par une boîte à eau disposée en dessous de la plaque tubulaire du générateur de vapeur dans laquelle débouchent les extrémités des tubes du faisceau fixées dans des trous traversant la plaque tubulaire. La partie secondaire du générateur de vapeur est constituée par la partie interne de l'enveloppe externe du générateur de vapeur, au-dessus de la plaque tubulaire. La partie secondaire du générateur de vapeur renferme les structures internes qui comportent en particulier le faisceau du générateur de vapeur, l'enveloppe de faisceau et les séparateurs et les sècheurs de vapeur.

[0012] Après un certain temps de fonctionnement du générateur de vapeur, il est nécessaire d'effectuer certaines interventions à l'intérieur de ce générateur de vapeur et en particulier à l'intérieur de la partie secondaire, ces interventions pouvant être des opérations d'inspection, de nettoyage, de réparation ou d'extraction de corps étrangers du faisceau de tubes. Ces interventions sont généralement réalisées dans le cadre des opérations de maintenance annuelles des générateurs de vapeur, après arrêt du réacteur nucléaire, par exemple pour rechargement du coeur en combustible nucléaire.

[0013] Les interventions sont généralement réalisées au niveau de la plaque tubulaire du générateur de vapeur et éventuellement au niveau des plaques-entretoises.

[0014] L'une des opérations de maintenance habituellement effectuée au-dessus de la plaque tubulaire consiste à éliminer par lançage des boues déposées sur la face supérieure de la plaque tubulaire, du côté secondaire du générateur de vapeur. On peut également réaliser l'extraction de corps étrangers introduits avec l'eau d'alimentation, entre les tubes du faisceau, lorsque de tels corps sont détectés lors d'une inspection télévisuelle du faisceau.

[0015] Pour réaliser les différentes interventions dans

la partie secondaire du générateur de vapeur, on a proposé divers dispositifs permettant d'accéder à des zones d'intervention dans la partie secondaire du générateur de vapeur.

[0016] Pour réaliser une inspection visuelle à l'intérieur de la partie secondaire, on a par exemple proposé l'utilisation d'un petit véhicule équipé d'une caméra, un dispositif porte-outils qui peut être utilisé dans la zone annulaire entre l'enveloppe de faisceau et l'enveloppe de pression et différents dispositifs d'inspection qui peuvent être introduits entre les tubes du faisceau par la partie inférieure de l'enveloppe de faisceau.

[0017] Pour réaliser l'inspection, le nettoyage par lancement des plaques et l'extraction de corps étrangers du faisceau, on a également proposé divers dispositifs qui peuvent être introduits et déplacés au-dessus de la plaque tubulaire, dans l'espace libre central du faisceau.

[0018] Certains dispositifs permettent également de réaliser des inspections ou des nettoyages, dans une partie du faisceau située au-dessus de la plaque tubulaire par exemple au-dessus d'une plaque-entretoise ou entre deux plaques-entretoises quelconques.

[0019] D'une manière générale, toutes les interventions effectuées dans la partie secondaire du générateur de vapeur sont réalisées en utilisant des dispositifs de déplacement, d'inspection ou de maintenance, qui sont introduits à l'intérieur de la partie secondaire du générateur de vapeur par des orifices traversant l'enveloppe de pression et l'enveloppe de faisceau, à un niveau correspondant à la partie basse du faisceau, légèrement au-dessus de la plaque tubulaire.

[0020] Pour accéder aux parties supérieures du faisceau du générateur de vapeur, entre les plaques-entretoises, on fait passer les outils d'inspection ou d'intervention à travers des ouvertures traversant les plaques-entretoises, soit dans leur partie centrale, soit à leur périphérie, à l'aplomb de la partie diamétrale de la plaque tubulaire exempte de trous de passage des tubes, appelée ru d'eau central.

[0021] On a également proposé de réaliser des examens à l'intérieur du faisceau en utilisant une caméra vidéo de très faible diamètre qui est introduite dans l'enveloppe de faisceau par sa partie supérieure, de manière à réaliser une inspection visuelle de la partie périphérique de la plaque-entretoise supérieure.

[0022] On peut également réaliser une inspection au niveau des plaques-entretoises situées en dessous de la plaque supérieure, en faisant passer la sonde ou la caméra dans les espaces entre les tubes et dans des trous de passage d'eau traversant les plaques-entretoises. La mise en oeuvre de ce procédé est limité du fait qu'on doit utiliser une sonde ou une caméra de très faible diamètre et que les zones d'inspection sont limitées par la présence de barres antivibratoires dans la partie supérieure du faisceau et qu'en conséquence, l'inspection ne peut être effectuée que dans une petite partie du faisceau du générateur de vapeur.

[0023] Les procédés et dispositifs d'inspection visuelle

ou de nettoyage connus ne peuvent donc être utilisés, pour réaliser une inspection ou un nettoyage dans une partie supérieure du faisceau du générateur de vapeur, que si le générateur de vapeur comporte des plaques entretoises ayant des ouvertures situées à l'aplomb du ru d'eau central ou des trous de passage d'eau. Ces procédés et dispositifs sont par conséquent inutilisables sur un grand nombre de générateurs de vapeur de modèles différents qui ne comportent pas ces particularités de conception concernant leurs plaques-entretoises.

[0024] De plus, les dispositifs connus d'inspection ou de nettoyage empruntent, pour accéder aux espaces entre les tubes, au-dessus des différentes plaques-d'entretoises réparties suivant la hauteur du faisceau, un cheminement nécessitant trois ou même quatre changements de direction et doivent être déplacés, dans la direction verticale, vers les parties supérieures du faisceau du générateur de vapeur. Toutes ces contraintes nécessitent de disposer de moyens très complexes et de mises en oeuvre extrêmement délicates pour déplacer et actionner les moyens d'intervention dans le faisceau du générateur de vapeur.

[0025] L'invention a pour but de proposer un procédé de réalisation d'orifices dans les enveloppes secondaires d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression facilitant l'intervention notamment au niveau des plaques-d'entretoises de ce générateur de vapeur.

[0026] L'invention a donc pour objet un procédé de réalisation d'orifices dans les enveloppes secondaires d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, lesdites enveloppes secondaires comprenant une enveloppe de faisceau disposée concentriquement à l'intérieur d'une enveloppe de pression, caractérisé en ce qu'après un arrêt à froid du réacteur nucléaire, il consiste en les étapes suivantes :

- a) à s'assurer que le générateur de vapeur est rempli d'eau et à compléter le niveau si nécessaire,
- b) à effectuer par perçage au moyen d'un outillage mécanique, un préorifice non débouchant sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pression,
- c) à abaisser le niveau d'eau dans le générateur de vapeur juste au-dessus du préorifice,
- d) à terminer au moyen d'un outillage d'électroérosion le perçage de l'orifice dans l'enveloppe de pression, et
- e) à effectuer également au moyen de l'outillage d'électroérosion un orifice dans l'enveloppe de faisceau, les orifices des enveloppes, respectivement de pression et de faisceau, étant sensiblement coaxiaux et de même axe et sensiblement de même diamètre.

[0027] Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- avant l'étape b), on réalise un avant trou de centrage sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pres-

sion et dans l'axe de l'orifice à effectuer dans cette enveloppe,

- à partir de l'avant trou de centrage, on réalise autour de cet orifice, des trous de fixation de l'outillage mécanique, d'une part, et d'un tampon d'obturation de l'orifice de l'enveloppe de pression, d'autre part,
- avant l'étape b), on mesure l'épaisseur de l'enveloppe de pression et on programme l'outillage de perçage mécanique à la profondeur du préorifice,
- avant l'étape c), on réalise une surface plane verticale sur la paroi externe de l'enveloppe de pression pour l'application d'un joint d'étanchéité d'un tampon d'obturation de l'orifice de l'enveloppe de pression,
- entre les étapes b) et c), on alèse le préorifice et on réalise un fond plat dans ce préorifice,
- après l'étape d), on réalise sur le bord interne de l'orifice de l'enveloppe de pression un congé pour éliminer les concentrations de contraintes, et
- le congé du bord interne de l'orifice de l'enveloppe de pression est réalisé au moyen de l'outillage d'électroérosion.

[0028] Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Fig. 1 est une vue schématique en perspective d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression,
- la Fig. 2 est une vue schématique en coupe verticale d'une portion des enveloppes du générateur de vapeur au niveau de laquelle les orifices sont à réaliser en utilisant le procédé, conforme à l'invention,
- la Fig. 3 est une vue en coupe transversale selon la ligne 3-3 de la Fig. 2,
- les Figs. 4 à 12 sont des vues schématiques montrant les différentes étapes de mise en oeuvre du procédé,
- la Fig. 13 est une vue schématique en coupe transversale d'un tampon d'obturation de l'orifice de l'enveloppe de pression,
- les Figs. 14 à 16 sont des vues schématiques en coupe transversale d'une autre portion des enveloppes du générateur de vapeur au niveau de laquelle les orifices sont réalisés par le procédé, conforme à l'invention.

[0029] Sur la figure 1, on a représenté la partie inférieure d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, désigné de manière générale par la référence 1.

[0030] Le générateur de vapeur 1 comporte, de manière classique, une enveloppe de pression 2 de forme sensiblement cylindrique à l'intérieur de laquelle est disposée, de manière coaxiale, une enveloppe de faisceau 3 contenant un faisceau de tubes 4 du générateur de vapeur 1.

[0031] Le faisceau de tubes 4 est constitué par un très grand nombre de tubes 5 pliés en U, comportant chacun deux branches droites qui sont engagées et fixées à leurs extrémités dans une plaque tubulaire 6 fixée à la partie inférieure de l'enveloppe de pression 2 du générateur de vapeur 1. L'enveloppe de pression 2 est raccordée à un fond hémisphérique délimitant une boîte à eau 7 en deux parties.

[0032] A l'intérieur de l'enveloppe de faisceau 3 sont fixées, dans des positions successives suivant la hauteur du faisceau, des plaques-entretoises 8 destinées à maintenir les branches des tubes 5 du faisceau 4 pour les empêcher de vibrer pendant le fonctionnement du générateur de vapeur. Chacune des plaques-entretoises 8 est percée d'un réseau d'ouvertures analogues au réseau d'ouvertures traversant la plaque tubulaire 6 dans laquelle sont fixées les extrémités des tubes 5 du faisceau 4. Les branches droites des tubes 5 du faisceau sont engagées dans des ouvertures alignées des plaques-entretoises 8 espacées suivant la direction longitudinale du tube 5.

[0033] De manière classique, de l'eau d'alimentation du générateur de vapeur 1 est introduite à l'intérieur de l'enveloppe de pression 2 de manière à pouvoir circuler de bas en haut, à l'intérieur de l'enveloppe de faisceau 3, au contact de la surface extérieure des tubes 5. L'eau d'alimentation circulant en contact des tubes se chauffe, puis se vaporise. La vapeur d'eau produite est récupérée à la partie supérieure du générateur de vapeur pour être envoyée à la turbine du réacteur nucléaire.

[0034] L'eau d'alimentation récupérée au condenseur de la turbine est renvoyée au générateur de vapeur et la circulation de l'eau d'alimentation est assurée par le circuit secondaire du réacteur nucléaire.

[0035] L'eau en circulation dans le circuit secondaire et à l'intérieur de la partie secondaire du générateur de vapeur, en contact avec la surface extérieure des tubes 5 du faisceau 4, se charge en impuretés telles que des oxydes qui peuvent se déposer sous forme de boues sur la surface supérieure de la plaque tubulaire 6 et également sur les plaques-entretoises 8, en particulier dans les interstices entre les tubes 5 et les ouvertures de ces plaques-entretoises 8 qui doivent assurer le maintien des tubes 5 et le passage de l'eau d'alimentation au contact de la surface extérieure desdits tubes 5.

[0036] Lors d'un arrêt du réacteur nucléaire, après un certain temps de fonctionnement du générateur de vapeur 1, il est nécessaire d'effectuer certaines interventions à l'intérieur du générateur de vapeur et en particulier au niveau des plaques-entretoises 8. Ces interventions peuvent être des opérations d'inspection, de nettoyage à l'aide d'une lance de nettoyage, de réparation ou d'extraction de corps étrangers du faisceau de tubes 4 du générateur de vapeur.

[0037] Pour cela, et comme montré à la Fig. 1, on perce en utilisant le procédé conforme à l'invention, un orifice 9 dans l'enveloppe de pression 2 et un orifice 10 dans l'enveloppe de faisceau 3 à proximité de la plaque-en-

treize 8 sur laquelle l'intervention doit être effectuée.

[0038] Dans ce qui suit, l'orifice 9 sera dénommé orifice externe 9 et l'orifice 10 sera dénommé orifice interne 10. Ces orifices, respectivement externe 9 et interne 10, sont aussi désignés de manière courante par l'expression "trous de visite".

[0039] L'orifice interne 10 est situé dans l'axe de l'orifice externe 9 et présente un diamètre sensiblement égal à cet orifice externe 9.

[0040] En se reportant maintenant aux Figs. 2 à 13, on va décrire les différentes étapes du procédé de réalisation des orifices 9 et 10 dans les enveloppes, respectivement de pression 2 et de faisceau 3. Sur ces figures, on a représenté une portion des enveloppes 2 et 3 au niveau de laquelle les orifices 9 et 10 doivent être réalisés. Dans cette portion, l'enveloppe de faisceau 3 peut comporter un plat vertical 11 dont le rôle est d'assurer une répartition de la circulation de l'eau entre l'enveloppe de pression 2 et l'enveloppe de faisceau 3.

[0041] A titre d'exemple, l'épaisseur de l'enveloppe de pression 2 est comprise entre 111 et 114 mm, l'épaisseur de l'enveloppe de faisceau 3 est de 10 mm et la largeur du voile 11 est de 80 mm.

[0042] Avant d'effectuer les différentes opérations de perçage des enveloppes 9 et 10, le réacteur nucléaire est arrêté et les opérateurs attendent que la température de ce générateur de vapeur atteigne 30 à 40°C.

[0043] Ensuite, on s'assure que le générateur de vapeur 1 est rempli d'eau et l'on complète le niveau si nécessaire, afin de réduire la dosimétrie pour les opérateurs.

[0044] Ensuite, les différentes étapes pour réaliser l'orifice externe 9 dans l'enveloppe de pression 2, puis l'orifice interne 10 dans l'enveloppe de faisceau 3 peuvent commencer, ces étapes étant décrites à partir des Figs. 4 à 12.

[0045] Tout d'abord, on réalise au moyen d'un outillage approprié de type connu, un avant trou 20 de centrage (Fig. 4) sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pression 2 et dans l'axe de l'orifice 9 à effectuer dans cette enveloppe de pression 2. A partir de cet avant trou de centrage 20, on réalise autour de cet avant trou 20, des trous 21 (Fig. 5) de fixation d'un outillage de perçage mécanique et d'un tampon d'obturation, comme on le verra ultérieurement. Ces trous 21 de fixation sont par exemple au nombre de six répartis uniformément autour de l'avant trou 20 de centrage.

[0046] Sur la paroi extérieure de l'enveloppe de pression 2 et au moyen des trous 21 de fixation, on monte un outillage de perçage mécanique 15 représenté schématiquement en pointillés sur la Fig. 1. Cet outillage 15 est de type connu et est constitué par exemple par une perceuse qui comporte de manière classique, un moteur hydraulique d'entraînement d'une broche porte-outil et un moteur électrique d'avance muni d'un codeur.

[0047] Préalablement au perçage de l'enveloppe de pression 2, on mesure l'épaisseur de cette enveloppe de pression 2 de façon à programmer le moteur électrique

de l'outillage 15 pour réaliser sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pression 2 un préorifice 22 non débouchant (Fig. 6). Le diamètre de ce préorifice 22 est par exemple de 90 mm et l'épaisseur du voile restant de l'enveloppe de pression 2 à la pointe de ce préorifice 22 est comprise entre 1/10^{ème} de mm et 10mm et de préférence entre 2 et 5 mm.

[0048] Le fait que le préorifice 22 ne débouche pas à l'intérieur du générateur de vapeur 1 permet d'éviter que les copeaux qui sont produits par l'outillage de perçage mécanique, tombent à l'intérieur du générateur de vapeur 1 et soit entraînés par l'eau dans le circuit secondaire du réacteur nucléaire avec les conséquences graves qui en découlent.

[0049] De plus, la présence de l'eau à l'intérieur du générateur de vapeur permet d'éviter que les opérateurs effectuant les différentes interventions, soient soumis à une forte irradiation.

[0050] Afin de préparer l'étape suivante de réalisation de l'orifice externe 9 dans l'enveloppe de pression 2, on réalise, comme représenté à la Fig. 7, un fond plat 23 dans ce préorifice 22 au moyen d'un outil à fond plat de type connu. Cet outil réalise également un alésage du préorifice 22.

[0051] L'étape suivante représentée à la Fig. 8, consiste à réaliser autour du préorifice 22 sur la paroi externe de l'enveloppe de pression 2, une surface plane verticale 24 de référence pour l'application d'un joint d'étanchéité du tampon d'obturation de l'orifice externe 9, comme on le verra ultérieurement.

[0052] Ensuite, on abaisse le niveau d'eau dans le générateur de vapeur 1 juste au-dessus du préorifice 22 réalisé dans l'enveloppe de pression 2. On monte sur la paroi externe de l'enveloppe de pression 2 un outillage de perçage par électroérosion, de type connu, dont l'électrode est destinée à percer complètement le préorifice 22 afin d'obtenir l'orifice externe 9, comme montré à la Fig. 9. Le perçage par électroérosion évite la formation de copeaux. Lors du perçage de l'orifice 9 sur toute l'épaisseur de l'enveloppe de pression 2, le trop plein d'eau contenu dans le générateur de vapeur 1 s'écoule par cet orifice 9 dans un bac, non représenté, de récupération de l'eau déminéralisée de perçage par électroérosion. L'outillage de perçage par électroérosion de type connu a dans le cas présent une électrode centrée.

[0053] Toujours à l'aide de cet outillage de perçage par électroérosion avec une électrode décentrée, on réalise, dans l'axe de l'orifice externe 9, une première ouverture 25 de largeur I1 dans le plat 11, puis une seconde ouverture 26 de largeur I2 dans le plat 11, la largeur I1 de la première ouverture 25 étant supérieure à la largeur I2 de la seconde ouverture 26. A titre d'exemple, la largeur I1 de la première ouverture 25 est de l'ordre de 150 mm et la largeur I2 de la seconde ouverture 26 est de l'ordre de 120 mm (Fig. 10).

[0054] Comme montré à la Fig. 11, un congé 27 est réalisé sur le bord interne de l'orifice externe 9 au moyen de l'outillage d'électroérosion à électrode décentrée. Ce

congé 27 permet d'éliminer les concentrations de contraintes.

[0055] Ensuite, toujours à l'aide de l'outillage d'électroérosion à électrode décentrée, l'enveloppe de faisceau 3 est percée de façon à obtenir l'orifice interne 10. Cet orifice interne 10 présente un diamètre de l'ordre de 90 mm identique au diamètre de l'orifice externe 9 et ces orifices, respectivement externe 9 et interne 10, sont sensiblement coaxiaux (Fig. 12).

[0056] Après avoir effectué les différentes interventions à l'intérieur de l'enveloppe de faisceau 3 et notamment au niveau de la plaque-entretoise 8 située au-dessous de l'orifice interne 10, comme par exemple des interventions d'inspection, de nettoyage, de réparation ou d'extraction de corps étrangers du faisceau de tubes 4, l'orifice externe 9 est fermé au moyen d'un tampon désigné dans son ensemble par la référence 30 et représenté à la Fig. 13.

[0057] Ce tampon 30 comprend un joint d'étanchéité 31, par exemple en graphite, maintenu contre la surface plane 24 de la paroi extérieure de l'enveloppe de pression 2 au moyen d'un presse joint 32. Ce presse joint 32 est appliqué contre la paroi externe de l'enveloppe de pression 2 par un bouchon 33 maintenu contre cette paroi externe par des goujons 34 et des écrous 35.

[0058] Les goujons 34 sont vissés dans les trous de fixation 21 et ils sont mis sous tension du fait de la pression régnant à l'intérieur du générateur de vapeur 1 lorsqu'il est en fonctionnement.

[0059] A l'intérieur de l'orifice externe 9 est placé une virole 36 qui débouche dans l'espace ménagé entre l'enveloppe de pression 2 et l'enveloppe de faisceau 3, comme montré à la Fig. 13. Cette virole 36 permet de rétablir la circulation d'eau à ce niveau du fait des ouvertures ménagées dans le plat 11. Le tampon 30 résiste à la pression régnant à l'intérieur du générateur de vapeur 1 lors de son fonctionnement et qui est généralement comprise entre 70 et 80 bars.

[0060] Selon une variante représentée sur les Figs. 14 à 16 et en fonction de l'emplacement sur le générateur de vapeur 1 au niveau duquel la ou les interventions doivent intervenir, l'orifice externe 9 peut être percé dans un tourillon 40 d'accrochage de moyens de levage ou de supportage du générateur de vapeur 1. Dans ce cas, on procède de manière identique, en réalisant un avant trou de centrage 20, des trous de fixation 21, un préorifice 22 et l'orifice externe 9.

[0061] Après avoir effectué les différentes interventions à l'intérieur de l'enveloppe, de faisceau 3, un tampon 30 est également placé sur l'orifice externe 9 au niveau du tourillon 40.

[0062] Le procédé selon l'invention permet donc de réaliser dans une zone quelconque du générateur de vapeur des orifices de passage de moyen d'intervention à l'intérieur du générateur de vapeur. Les opérations de mise en place des moyens d'intervention dans le générateur de vapeur sont facilitées et ces opérations ne requièrent pas l'utilisation de dispositif de déplacement

complexe des moyens d'intervention.

[0063] Le procédé selon l'invention s'applique à tout générateur de vapeur comportant une enveloppe de pression et une enveloppe de faisceau dans laquelle le faisceau de tubes du générateur de vapeur est maintenu par des plaques-entretoises.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'orifices (9,10) dans les enveloppes secondaires (2,3) d'un générateur de vapeur (1) d'un réacteur nucléaire à eau sous pression, lesdites enveloppes secondaires (2, 3) comprenant une enveloppe de faisceau (3) disposée concentriquement à l'intérieur d'une enveloppe de pression (2), **caractérisé en ce qu'**après un arrêt à froid du réacteur nucléaire, il consiste en les étapes suivantes :

- a) à s'assurer que le générateur de vapeur (1) est rempli d'eau et à compléter le niveau si nécessaire,
- b) à effectuer par perçage au moyen d'un outillage mécanique, un préorifice (22) non débouchant sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pression (2),
- c) à abaisser le niveau d'eau dans le générateur de vapeur (1) juste au-dessus du préorifice (22),
- d) à terminer au moyen d'un outillage d'électroérosion le perçage de l'orifice (9) dans l'enveloppe de pression (2), et
- e) à effectuer également au moyen de l'outillage d'électroérosion un orifice (10) dans l'enveloppe de faisceau (3), les orifices (9, 10) des enveloppes, respectivement de pression (2) et de faisceau (3), étant sensiblement coaxiaux et de même diamètre.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**avant l'étape b), on réalise un avant trou de centrage (20) sur une partie de l'épaisseur de l'enveloppe de pression (2) et dans l'axe de l'orifice (9) à effectuer dans cette enveloppe de pression (2).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**à partir de l'avant trou de centrage (20), on réalise autour de cet orifice (9), des trous (21) de fixation de l'outillage de perçage mécanique, d'une part et d'un tampon (30) d'obturation de l'orifice (9) de l'enveloppe de pression (2), d'autre part.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**avant l'étape b), on mesure l'épaisseur de l'enveloppe de pression (2) et on programme l'outillage de perçage mécanique à la profondeur du préorifice (22).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**avant l'étape c), on réalise une surface plane verticale (24) sur la paroi externe de l'enveloppe de pression (2) pour l'application d'un joint d'étanchéité (31) d'un tampon (30) d'obturation de l'orifice (9). 5
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**entre les étapes b) et c), on alèse le préorifice (22) et on réalise un fond plat (23) dans ce préorifice (22). 10
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'**après l'étape d), on réalise sur le bord interne de l'orifice (9) de l'enveloppe de pression (2), un congé (27) pour éliminer les concentrations de contraintes. 15
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le congé (27) du bord interne de l'orifice (9) de l'enveloppe de pression (2) est réalisé au moyen de l'outillage d'électroérosion. 20

25

30

35

40

45

50

55

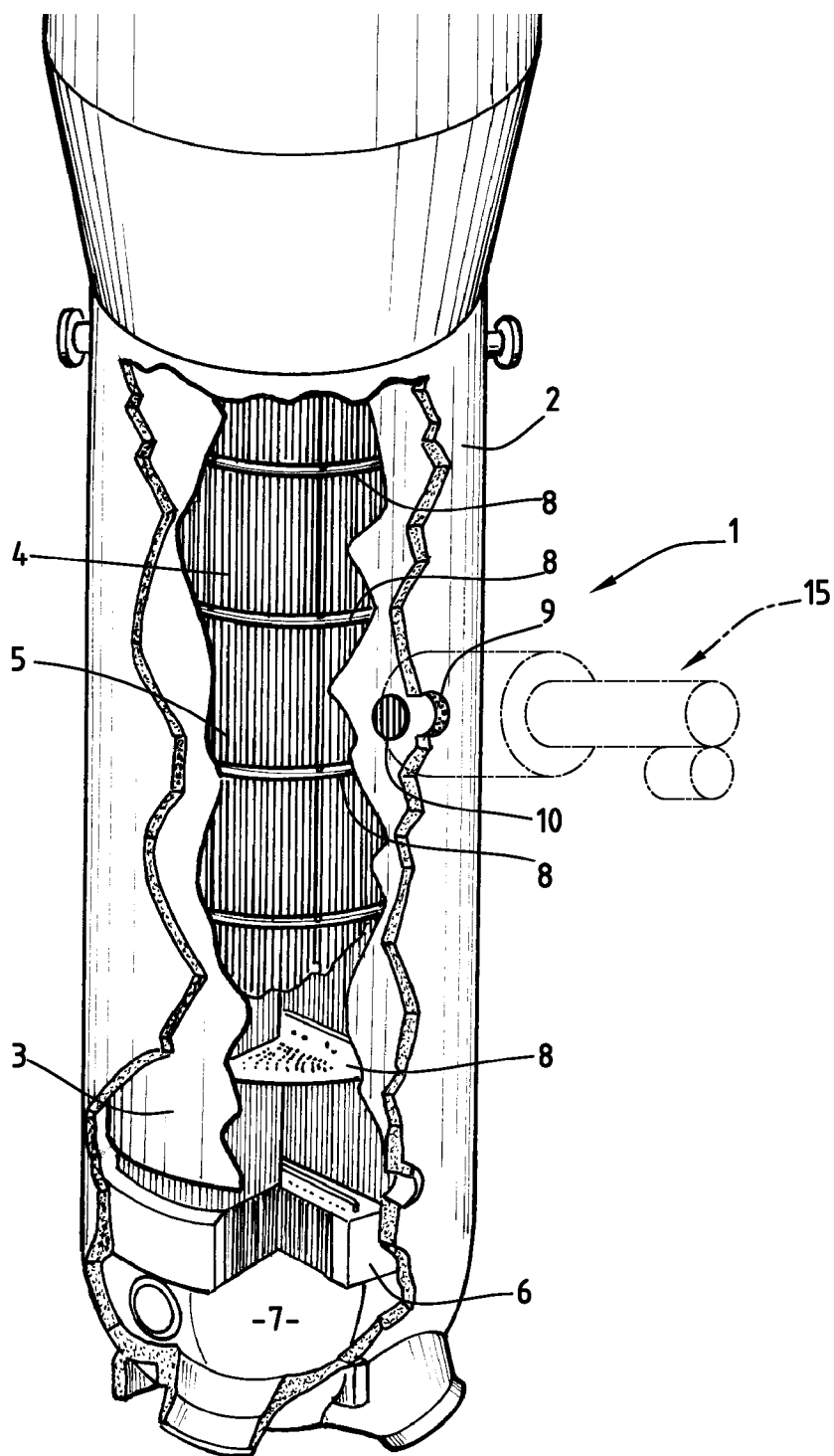


FIG.1

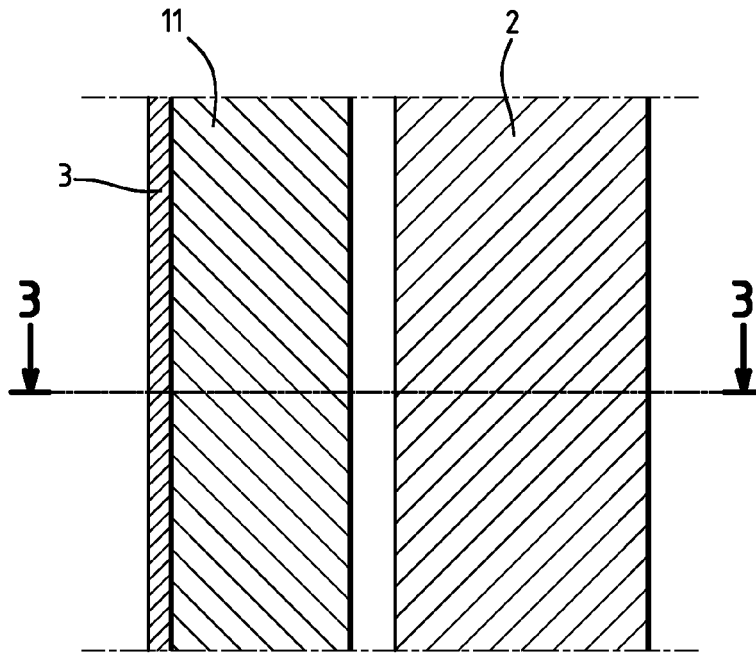


FIG. 2

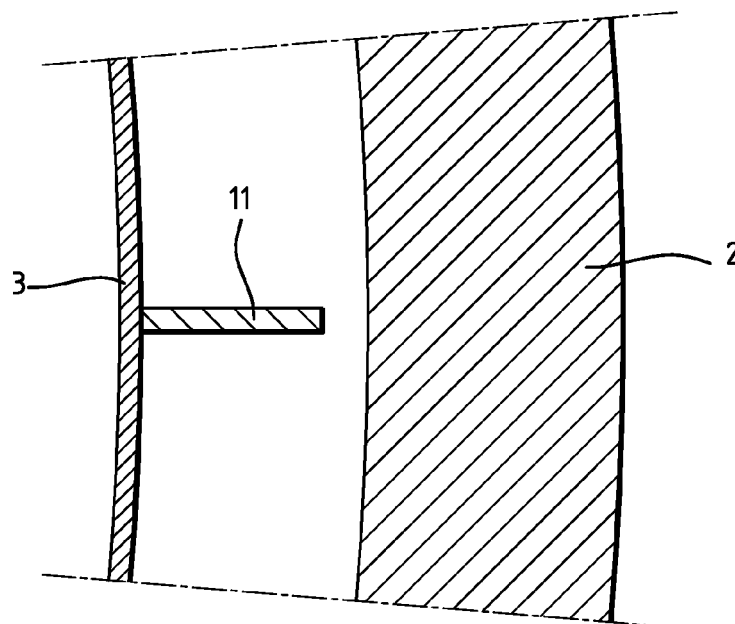


FIG. 3

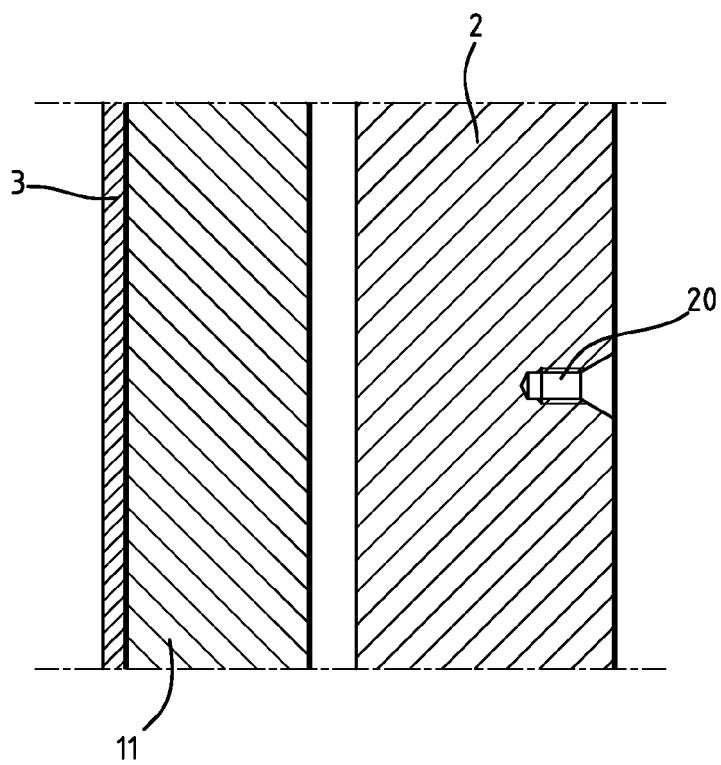


FIG. 4

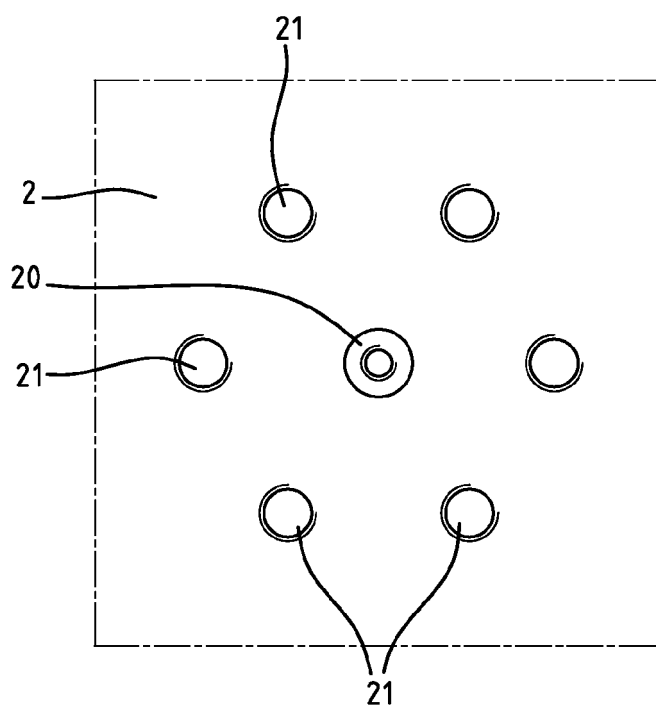


FIG. 5

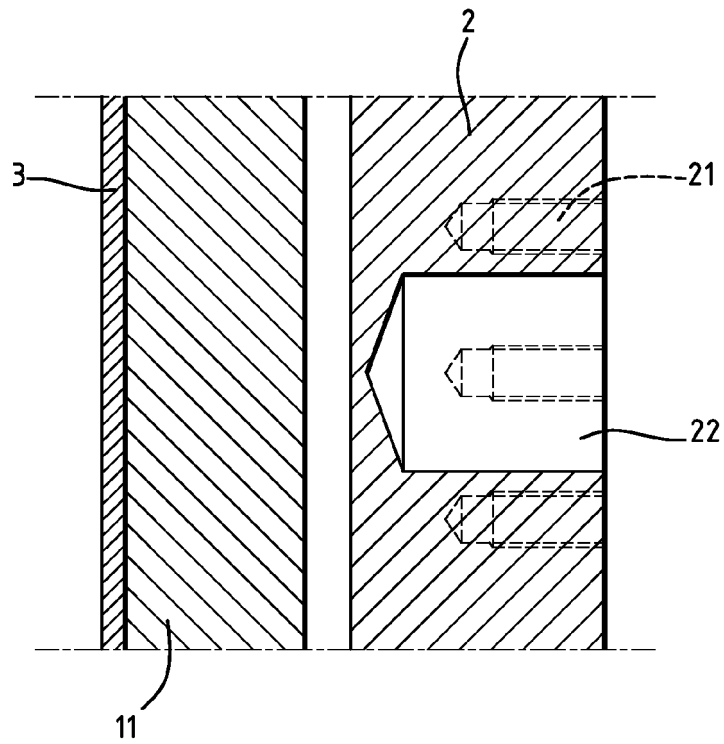


FIG. 6

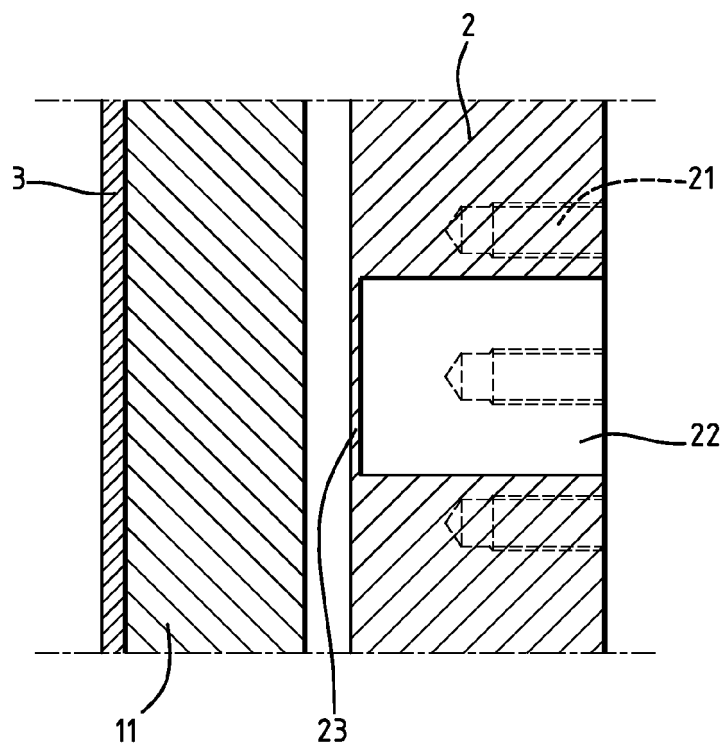


FIG. 7

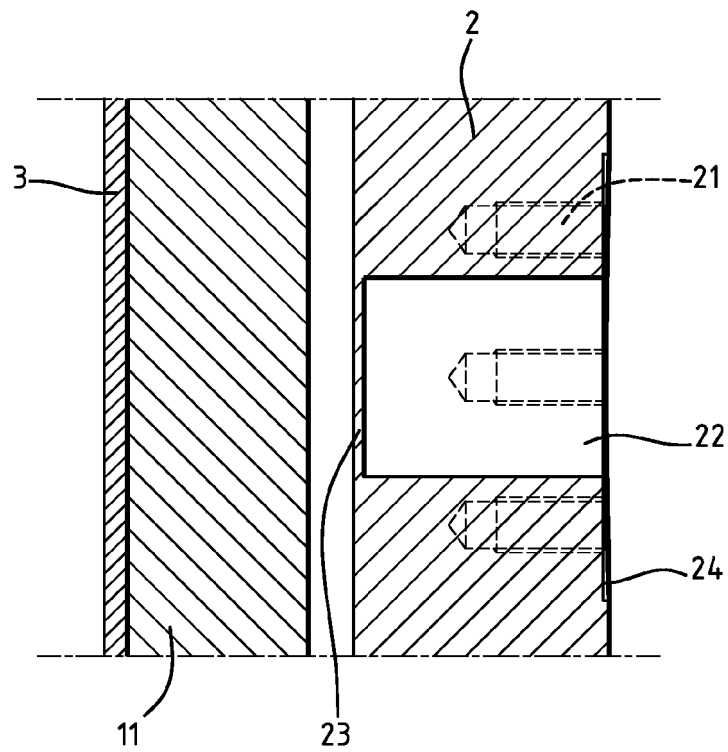


FIG. 8

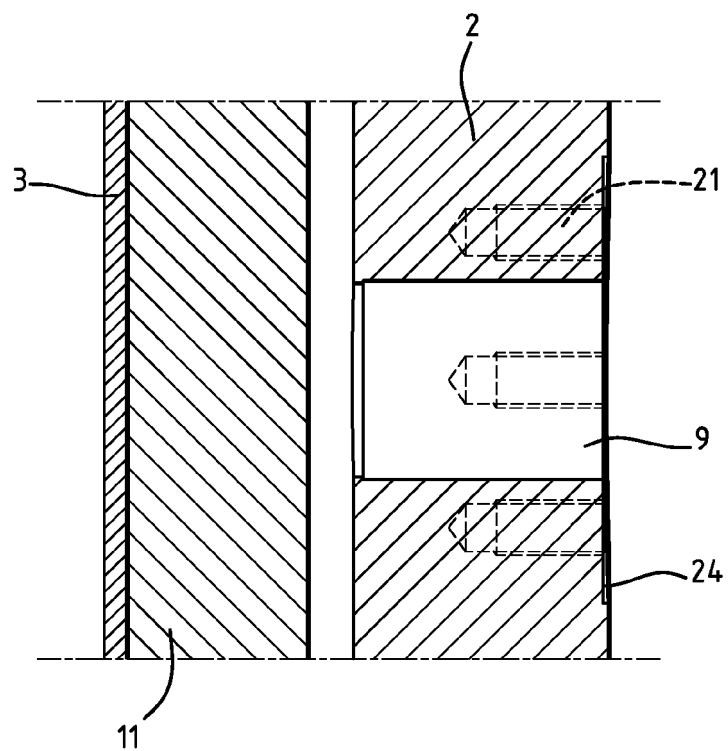


FIG. 9

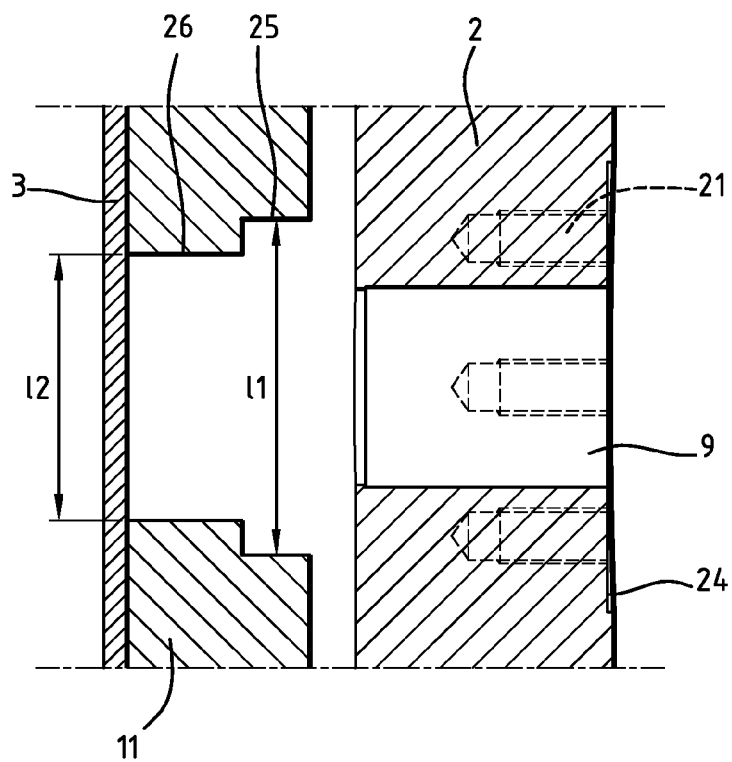


FIG. 10

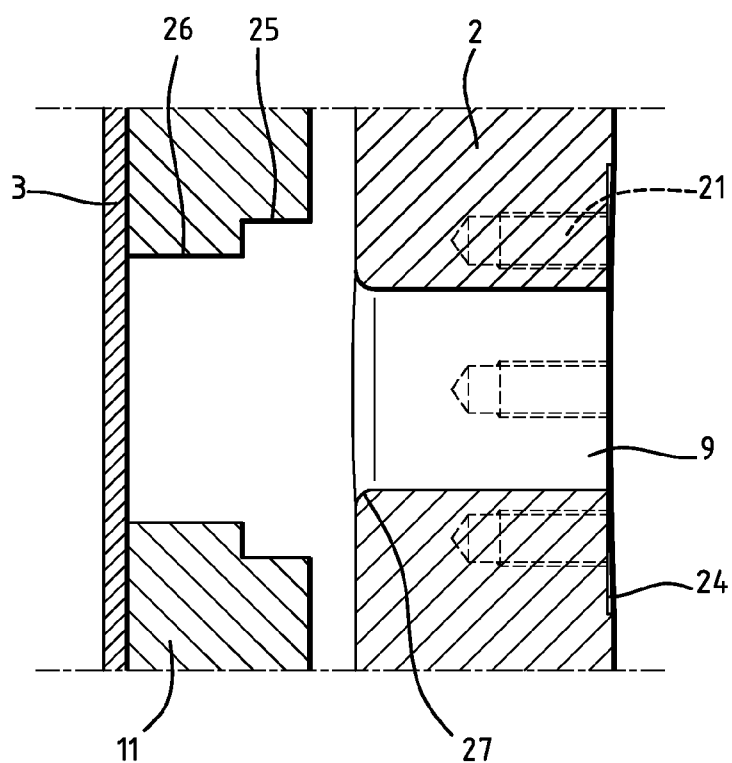


FIG. 11

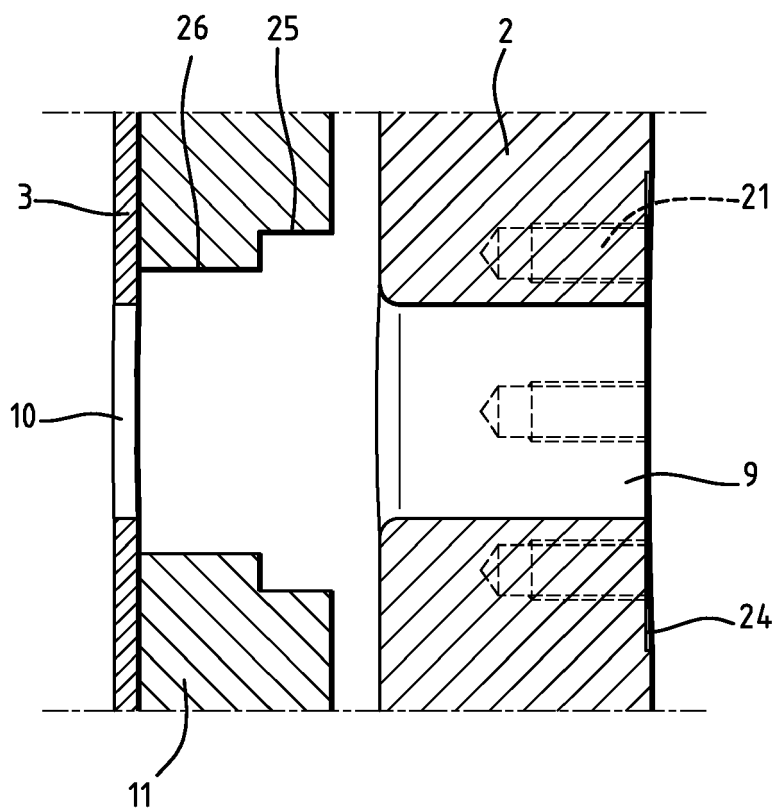


FIG.12

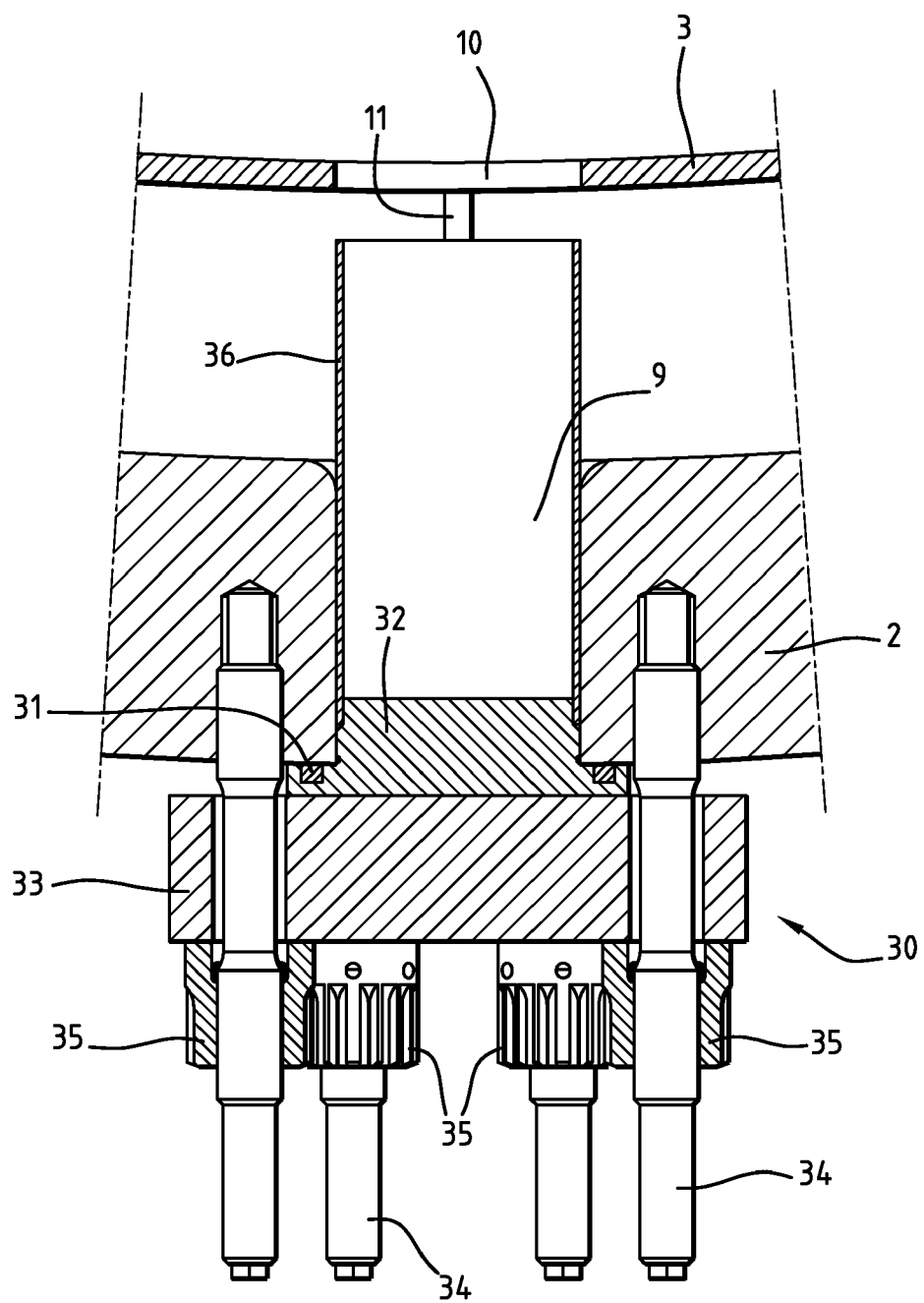


FIG.13

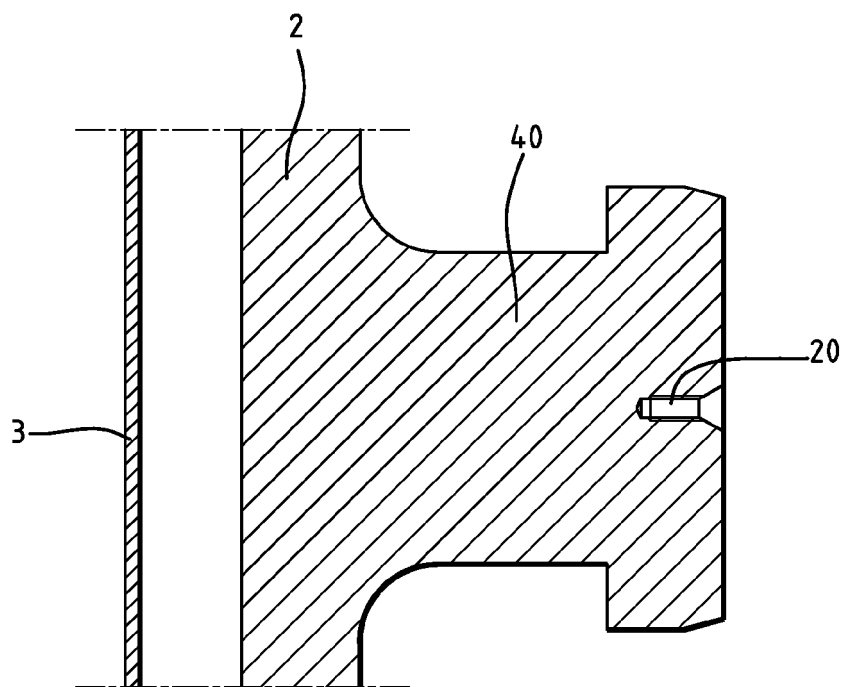


FIG.14

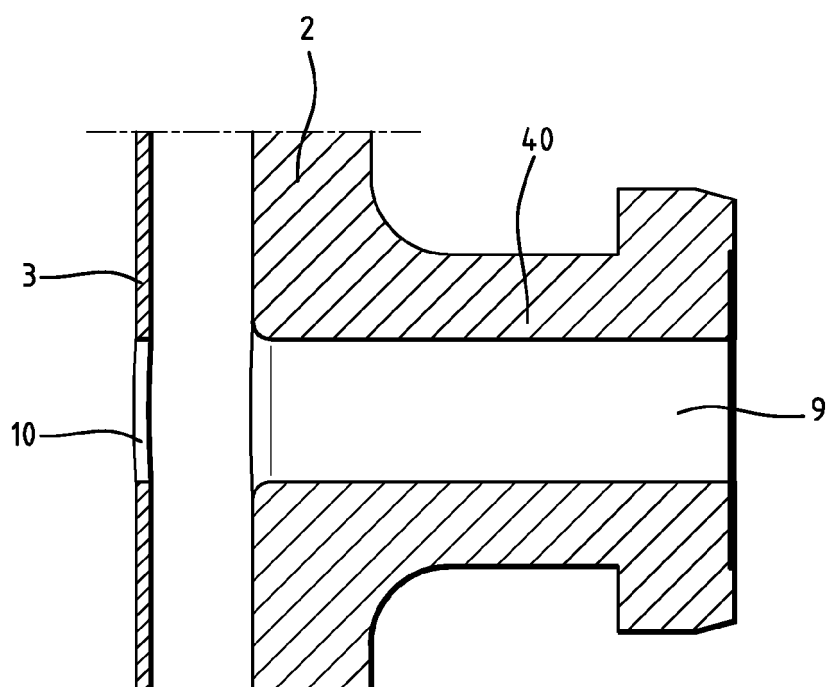


FIG.15

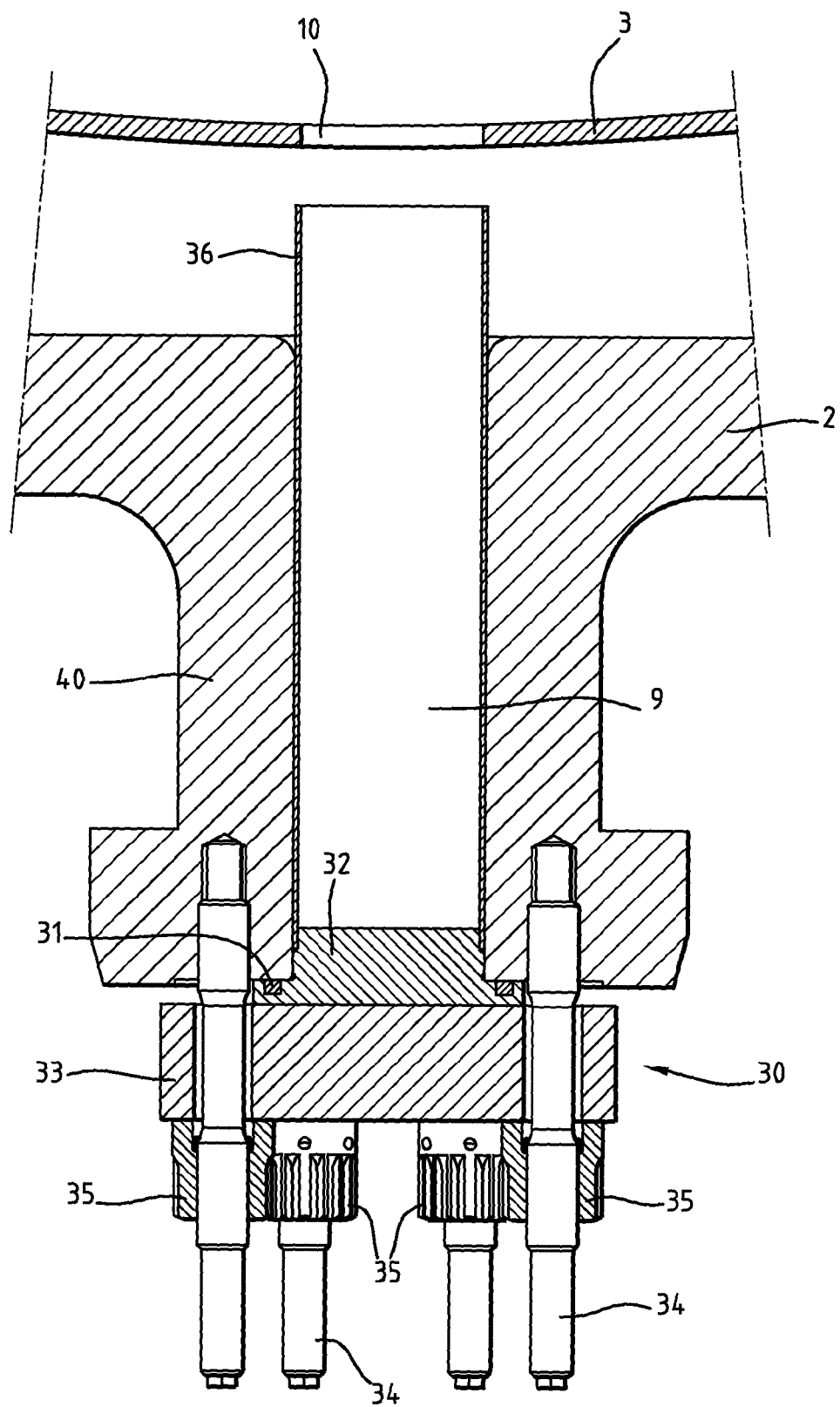


FIG.16



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 08 16 1268

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	FR 2 403 630 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 13 avril 1979 (1979-04-13) * figures 11-13 * * page 5, ligne 3 - page 7, ligne 26 * -----	1-7	INV. F22B37/00 F22B1/02
A	EP 0 459 021 A (COMBUSTION ENG [US]) 4 décembre 1991 (1991-12-04) * figure 1 * -----	1-8	
A	US 5 251 241 A (MOORE JAY T [US] ET AL) 5 octobre 1993 (1993-10-05) * figures 1-3 * -----	1-8	
A	US 2006/191119 A1 (COLEMAN KENT [US] ET AL) 31 août 2006 (2006-08-31) * figure 2 * -----	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F22B G21C
5 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 23 avril 2009	Examineur Lepers, Joachim
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 16 1268

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-04-2009

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2403630	A	13-04-1979	CH	632332 A5	30-09-1982
			DE	2837948 A1	29-03-1979
			ES	473489 A1	01-11-1979
			JP	54053702 A	27-04-1979
			SE	7809740 A	20-03-1979
			US	4192053 A	11-03-1980
			ZA	7804608 A	29-08-1979

EP 0459021	A	04-12-1991	US	5065490 A	19-11-1991

US 5251241	A	05-10-1993	ES	2072215 A2	01-07-1995
			GB	2270134 A	02-03-1994
			JP	6222189 A	12-08-1994

US 2006191119	A1	31-08-2006	AUCUN		

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82