

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 574 580

②1 N° d'enregistrement national :

85 18122

⑤1 Int Cl⁴ : G 21 C 5/06, 3/32.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 6 décembre 1985.

③0 Priorité : GB, 7 décembre 1984, n° 8431042.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 24 du 13 juin 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Etablissement public dit : UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY. — GB.*

⑦2 Inventeur(s) : David Wilkie, Michael Walter Parkin et Robin Heward Goldthorp.

⑦3 Titulaire(s) :

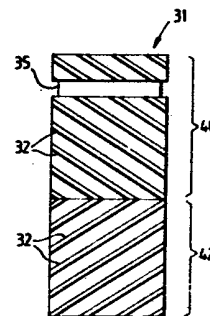
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Simonnot.

⑤4 **Manchon de graphite pour ensemble combustible et réacteur nucléaire refroidi par un gaz.**

⑤7 L'invention concerne les manchons de graphite des chapelets combustibles.

Elle se rapporte à un manchon de graphite destiné à entourer un chapelet combustible. Selon l'invention, l'extérieur du manchon de graphite comprend au moins deux tronçons 40, 42 ayant des nervures hélicoïdales 32 de sens opposés, séparées par des gorges, de manière que du gaz puisse s'écouler successivement en exerçant un couple dans un sens puis dans un autre, la résistance à l'écoulement étant suffisamment réduite pour que les vibrations créées par l'écoulement du gaz soient faibles.

Application aux réacteurs nucléaires refroidis par un gaz.



FR 2 574 580 - A1

D

La présente invention concerne des ensembles combustibles ou chapelets destinés à des réacteurs nucléaires refroidis par un gaz, dans lesquels le combustible est sous forme d'éléments tels que des pastilles d'oxyde d'uranium entourées dans une gaine tubulaire d'acier inoxydable, groupées en grappes entourées chacune dans un manchon de graphite, les manchons étant couplés bout à bout afin qu'ils forment la partie de support du combustible du chapelet.

On sait déjà changer le combustible en charge dans les réacteurs refroidis par un gaz de ce type, c'est-à-dire qu'un ensemble combustible usé est retiré du réacteur, et un ensemble combustible de remplacement est ensuite introduit alors que le réacteur continue à produire de l'énergie.

Un problème posé par le renouvellement du combustible en marche est la vibration latérale du chapelet combustible suspendu pendant son enlèvement ou son introduction, ces vibrations étant provoquées par le courant de gaz de refroidissement très dense circulant dans l'espace annulaire délimité entre le chapelet et le canal dans lequel il est logé en cours d'utilisation. La source principale de ces vibrations a été déterminée comme étant la section de diamètre réduit du canal, formant le trou du joint de piston. Lorsque le chapelet se trouve dans le coeur, les joints circulaires de piston placés sur le chapelet sont au contact d'un trou de coopération étanche afin que le courant de fluide de refroidissement soit dirigé vers le bas dans l'espace annulaire, le courant rejoignant le courant ascendant de fluide de refroidissement passant par le centre du chapelet. Lorsque celui-ci est soulevé de sa position la plus basse dans le coeur, du fluide de refroidissement s'écoule dans l'espace délimité à l'intérieur du trou de coopération étanche.

La demande publiée de brevet britannique N° 2 114 359 décrit une solution à ce problème, dans laquelle des gorges sont formées à la surface périphérique externe des manchons de graphite. La demande de brevet britannique

N° 2 120 448A décrit une autre solution nécessitant la modification de la réalisation du réacteur par incorporation d'un revêtement métallique perforé au-dessus du trou de coopération étanche. Parmi ces deux solutions, la première
5 est préférable car elle ne nécessite pas de modification du réacteur lui-même.

Selon le brevet britannique précité N° 2 114 359, la configuration des gorges décrites est favorable au lancement de tourbillons et convient donc lorsque les vibrations induites sont attribuées essentiellement à un arrachement de tourbillon. Cependant, on a constaté qu'un autre
10 mécanisme d'instabilité pouvait apparaître surtout lorsque le trou de coopération étanche, du côté aval (dans le sens de circulation du courant de fluide de refroidissement lorsque la coopération étanche est supprimée au cours du change-
15 ment de combustible) rejoint la partie aval du canal en faisant un petit angle, par exemple de l'ordre de 6°. Ce dernier mécanisme d'instabilité paraît être un effet élastique du fluide lorsque le fluide de refroidissement s'écou-
20 le le long du trou de coopération étanche et pénètre dans le canal aval de plus grand diamètre.

La présente invention a pour objet la réalisation d'un chapelet perfectionné de combustible qui convient à ce type d'instabilité due à l'élasticité du fluide.

25 Plus précisément, l'invention concerne un manchon de graphite destiné à un chapelet de combustible d'un réacteur nucléaire refroidi par un gaz, ce manchon ayant un profil à gorges et à nervures à sa surface externe, sur la plus grande partie de sa longueur au moins (et de préfé-
30 rence sur toute sa longueur) afin qu'une série de nervures étroites, séparées par des gorges plus larges, soit formée si bien que la résistance à l'écoulement du fluide de refroidissement passant au niveau du trou de coopération étanche pendant le changement de combustible, soit accrue.

35 Bien que cette caractéristique provoque une réduction des vibrations, la modification résultante de résistance opposée à la circulation du fluide de refroidis-

sement rend possible un échauffement du modérateur du coeur du réacteur, ce modérateur étant formé de graphite, et cet échauffement peut avoir tendance à réduire la durée d'utilisation du modérateur.

5 L'invention concerne un manchon de graphite ayant un profil délimitant des nervures et des gorges à sa surface externe sur la plus grande partie de sa longueur au moins, les nervures et les gorges formées étant disposées de manière que leur dimension longitudinale ait une compo-
10 sante suivant la longueur du manchon.

Dans un cas extrême, il est envisagé que les nervures et les gorges soient parallèles de façon générale à l'axe du manchon. La disposition des gorges et des nervures de manière que leur longueur soit essentiellement paral-
15 lèle à l'axe du manchon permet une réduction de la résistance axiale à l'écoulement du fluide de refroidissement par rapport au cas dans lequel les nervures et les gorges sont formées circonférentiellement. En outre, la résistance à l'écoulement périphérique du fluide de refroidissement
20 autour du manchon peut être accrue ; ceci est considéré comme étant un facteur de réduction des vibrations, puisqu'une source de vibrations paraît être due au transfert du fluide de refroidissement d'un côté du manchon à l'autre, et inversement.

25 L'invention concerne aussi un manchon de graphite ayant un profil délimitant des gorges et des nervures à la surface externe et caractérisé en ce que les nervures sont constituées par les spires d'au moins une nervure placée en hélice autour du manchon. Lorsque plusieurs manchons en hélice sont utilisés, les nervures sont disposées afin qu'elles
30 partent de plusieurs endroits. L'angle d'hélice des nervures est de préférence compris entre 30 et 60° par rapport à un plan radial. Il est par exemple de l'ordre de 45°.

L'invention concerne aussi un manchon de graphite
35 ayant un profil délimitant des gorges et des nervures à sa surface externe et caractérisé en ce que les nervures sont disposées pratiquement en hélice autour du manchon et comportent au moins deux tronçons dans lesquels les nervures et

les gorges créent des courants tourbillonnants de sens inverses autour du manchon.

Dans ce mode de réalisation de l'invention, les tronçons sont de préférence successifs suivant l'axe longitudinal du manchon, la disposition étant telle que les nervures des tronçons axialement adjacents sont disposées en hélice de sens opposés autour du manchon. Deux tronçons peuvent être utilisés, pour la commodité de fabrication, et les nervures peuvent être formées par usinage de gorges en hélice, à partir de plusieurs emplacements, un premier tronçon étant usiné d'une première extrémité du manchon vers le centre de celui-ci et le second tronçon étant usiné à partir de l'autre extrémité du manchon et de manière que la nervure soit placée en sens opposé à celui du premier tronçon.

L'invention concerne aussi un manchon de graphite ayant un profil de gorges et de nervures à sa surface externe, la configuration des nervures et des gorges étant telle que la résistance opposée à l'écoulement du fluide de refroidissement à l'extérieur du manchon soit plus faible dans un sens que dans l'autre.

La configuration des nervures et des gorges est de préférence asymétrique en coupe de manière qu'une plus faible résistance soit présentée à l'écoulement dans un premier sens. Ainsi, lors de l'utilisation, le manchon peut être disposé de manière que la résistance réduite corresponde au sens d'écoulement du fluide de refroidissement lorsque le chapelet est en place dans le réacteur. L'asymétrie de la configuration des nervures et des gorges peut être telle que les gorges se raccordent progressivement avec un flanc des nervures, mais rejoignent le flanc opposé des nervures au niveau d'une discontinuité. Les nervures peuvent avoir un flanc moins abrupt que l'autre.

De préférence, le rapport de la hauteur des nervures à la largeur du passage en anneau est de l'ordre de 0,06 à 0,13.

L'espacement perpendiculaire des nervures

successives est de préférence supérieur d'un multiple élevé à la hauteur des nervures, et il est supérieur de 5 à 10 fois par exemple et de préférence de 6 à 7 fois. Le rapport de la largeur à la hauteur des nervures est de préférence de l'ordre de 0,5 à 2.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre d'un mode de réalisation et en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une élévation schématique en coupe partielle représentant la disposition normale d'un chapelet combustible dans le coeur d'un réacteur ;

la figure 2 est analogue à la figure 1, mais elle représente l'enlèvement ou l'introduction d'un chapelet combustible, par rapport à un canal formé dans le réacteur ;

la figure 3 est une coupe schématique partielle agrandie de la partie du canal formant une zone d'étanchéité ;

la figure 4 est une coupe axiale partielle agrandie du profil extérieur d'un manchon de graphite selon un mode de réalisation de l'invention ; et

les figures 5 à 8 représentent d'autres dispositions d'arrangements de gorges et de nervures.

Le canal de logement d'un chapelet combustible 10, représenté sur les figures 1 et 2, est un passage de section circulaire 12 formé dans la structure 14 du modérateur, et comporte un tube 16 de guidage. Celui-ci a un trou 18 destiné à former une zone de coopération étanche (représentée sous forme agrandie sur la figure 3) et des joints annulaires 20 de piston montés sur le chapelet 10 sont en coopération étanche avec le trou 18 lorsque le chapelet est dans sa position normale dans le coeur, comme indiqué sur la figure 1. Dans cette situation, les joints empêchent la circulation du fluide de refroidissement vers le haut dans l'espace annulaire 22 entre le trou 18 et le chapelet. Ainsi, les courants de fluide de refroidissement (repérés par les flèches 24) dans la structure du modérateur sont obligés de rejoindre le courant principal (flèche 26)

passant par le centre du chapelet.

Lorsque le chapelet est à distance de sa position normale dans le coeur comme indiqué sur la figure 2, le joint étanche est supprimé et le gaz de refroidissement formé de CO_2 très dense peut s'écouler le long du trou 18, comme indiqué par la flèche 28. Dans ces conditions, des vibrations du chapelet peuvent être provoquées par le courant et on a constaté que le mécanisme prédominant d'instabilité dépendait du tronçon tronconique 30 placé en aval du trou de coopération étanche. Lorsque la conicité correspond à un angle de 30° par rapport à la verticale, le mécanisme d'instabilité est associé en grande partie à un arrachement de tourbillons et, lorsque l'angle est plus faible, par exemple de 6° , il doit être attribué essentiellement à un effet élastique du fluide indiqué précédemment. De manière générale, les deux mécanismes d'instabilité peuvent être présents à la fois pour les angles de 6° et de 30° , mais on a constaté que l'un ou l'autre avait la prédominance.

Comme indiqué dans le mode de réalisation de la figure 4, chaque manchon 31 de graphite a un profil à gorges et à nervures à sa surface externe, les nervures 32 ayant une largeur axiale faible et étant séparées axialement par une distance égale à plusieurs fois leur hauteur, de préférence 6 ou 7 fois cette hauteur. On a constaté que cet arrangement réduisait notablement les vibrations des chapelets provoquées par l'effet élastique du fluide. Les nervures facilitent aussi le déclenchement de tourbillons et peuvent donc contrarier le mécanisme d'instabilité associé à l'arrachement des tourbillons. Par exemple, le rapport de la hauteur des nervures à la largeur du passage annulaire (entre le manchon et le trou de coopération étanche) est compris entre 0,06 et 0,13. Le rapport de largeur de la nervure (à sa crête) à sa hauteur est par exemple compris entre 0,5 et 2.

Dans le mode de réalisation de la figure 5 (qui est une coupe radiale partielle), le profil des nervures et des gorges comprend des nervures longitudinales 32 qui ont

aussi une faible largeur par rapport à celle des gorges.

Dans le mode de réalisation de la figure 6, le profil des nervures et des gorges comprend un certain nombre de nervures étroites continues 32 placées en hélice autour du manchon et partant de plusieurs emplacements, les nervures étant séparées par une distance mesurée perpendiculairement qui est égale à plusieurs fois la hauteur des nervures, de préférence 6 à 7 fois cette hauteur.

La disposition en hélice des nervures a l'avantage d'offrir une plus faible résistance à l'écoulement axial du fluide de refroidissement par rapport à des nervures circonférentielles et de permettre une fabrication plus facile puisque des nervures et des gorges continues peuvent être plus facilement usinées qu'un grand nombre de nervures et de gorges circonférentielles ou longitudinales.

Dans ce mode de réalisation, ainsi que dans d'autres, les nervures peuvent être interrompues à proximité de l'extrémité supérieure du manchon par une gorge circonférentielle 35 destinée à faciliter la manutention du manchon.

Dans le mode de réalisation de la figure 7, les nervures en hélice sont aussi utilisées mais, dans ce cas, les nervures sont disposées en deux tronçons 40, 42, les nervures et les gorges du tronçon 40 ayant un sens opposé à celui des nervures et des gorges du tronçon 42, si bien que le fluide de refroidissement doit tourner en sens opposés autour de chaque manchon sur les tronçons 40, 42, et le manchon subit ainsi des couples de sens opposés qui ont tendance à s'annuler mutuellement.

Dans le mode de réalisation de la figure 8, chaque manchon 31 de graphite a un profil de nervures et de gorges qui est asymétrique à la surface externe. Les nervures 32 peuvent être placées circonférentiellement autour du manchon mais, de préférence, comme représenté sur la figure 6 ou sur la figure 7, les nervures sont formées en hélice autour du manchon et sont constituées par les spires d'un certain nombre de nervures hélicoïdales continues partant de plusieurs emplacements.

Comme l'indique clairement la figure 8, l'écoulement axial du fluide de refroidissement dans le sens B ne rencontre pas de discontinuité importante à la surface externe du manchon car les nervures 32 et les gorges 33 se raccordent suivant un flanc des nervures qui forme une surface régulière de circulation, ce flanc étant peu incliné. Au contraire, le courant de fluide de refroidissement de sens opposé A rencontre les discontinuités 34 qui se trouvent sur les flancs opposés très inclinés des nervures si bien que la résistance présentée à l'écoulement est importante dans ce sens (ce sens correspondant au sens d'écoulement du fluide de refroidissement dans l'espace annulaire 22 lorsque le chapelet est écarté de sa position installée).

REVENDICATIONS

5 1. Manchon de graphite pour chapelet combustible d'un réacteur nucléaire refroidi par un gaz, caractérisé en ce que le manchon (31) a un profil formé de nervures et de gorges (32, 33) à sa surface externe, sur la plus grande partie de sa longueur, afin qu'il forme une série de nervures étroites (32) qui sont séparées par des gorges plus larges (33).

10 2. Manchon selon la revendication 1, caractérisé en ce que les nervures et les gorges (32, 33) sont disposées de manière que leur longueur ait une composante parallèle à la longueur du manchon.

15 3. Manchon selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les nervures (32) sont formées par des spires d'au moins une nervure formée en hélice autour du manchon.

4. Manchon selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux nervures (32) partant de plusieurs emplacements.

20 5. Manchon selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que l'angle d'hélice des nervures (32) est compris entre 30 et 60°.

25 6. Manchon selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'angle d'hélice des nervures (32) est d'environ 45°.

30 7. Manchon selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que les nervures hélicoïdales (32) forment au moins deux tronçons (40, 42) dans lesquels les nervures et les gorges créent des courants tourbillonnaires de fluide de refroidissement qui ont des sens opposés autour du manchon.

8. Manchon selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits tronçons (40, 42) sont successifs dans la direction de l'axe longitudinal du manchon.

35 9. Manchon selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la configuration des nervures et des gorges (31, 32) est telle que la résistance

à l'écoulement du fluide de refroidissement à l'extérieur du manchon est plus faible dans un sens que dans l'autre.

5 10. Manchon selon la revendication 9, caracté-
risé en ce que la configuration des nervures et des gorges
a un profil asymétrique en coupe, si bien que la résistance
présentée à l'écoulement est plus faible dans un sens que
dans l'autre.

10 11. Manchon selon l'une quelconque des revendi-
cations 1 à 10, caractérisé en ce que la distance mesurée
perpendiculairement entre les nervures successives (32)
est comprise entre 5 et 10 fois la hauteur des nervures,
de préférence entre 6 et 7 fois cette hauteur, et le rap-
port de la largeur à la hauteur des nervures est compris
entre 0,5 et 2.

15 12. Chapelet combustible destiné à un réacteur
nucléaire refroidi par un gaz, comprenant plusieurs manchons
(31) disposés bout à bout et entourant chacun une grappe
d'aiguilles combustibles, caractérisé en ce que chaque man-
chon est réalisé selon l'une quelconque des revendications
20 1 à 11.

25 13. Réacteur nucléaire refroidi par un gaz, carac-
térisé en ce qu'il comprend au moins un chapelet combustible
(10) selon la revendication 12, logé dans un canal (14)
de circulation d'un fluide de refroidissement, comprenant
un trou (18) de coopération étanche avec des joints (20)
portés par le chapelet lorsque celui-ci est installé en posi-
tion dans le coeur du réacteur.

30 14. Réacteur selon la revendication 13, caracté-
risé en ce que le rapport de la hauteur des nervures à la
largeur du passage annulaire délimité entre le chapelet (10)
et le trou (18) est de l'ordre de 0,06 à 0,13.

1/2

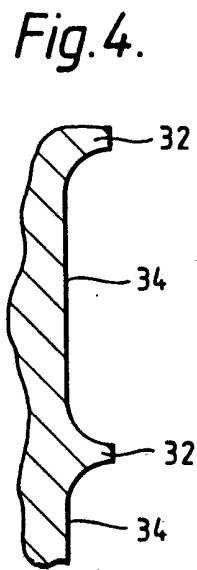
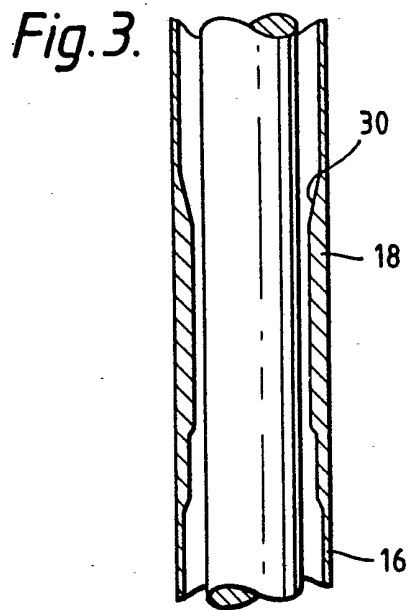
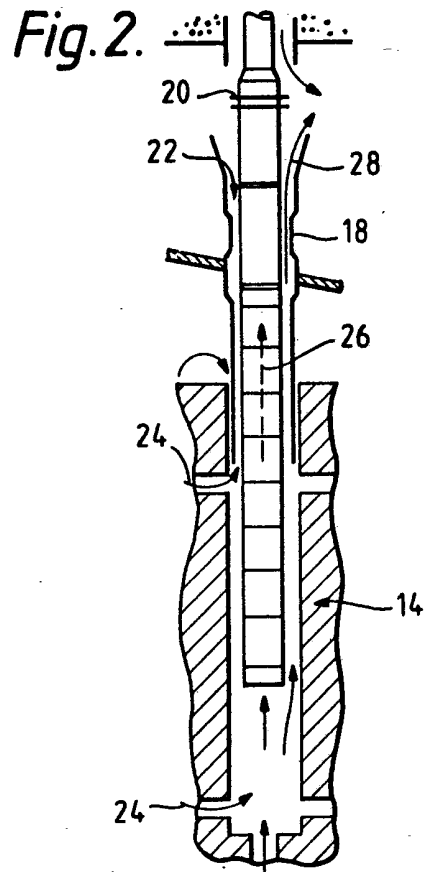
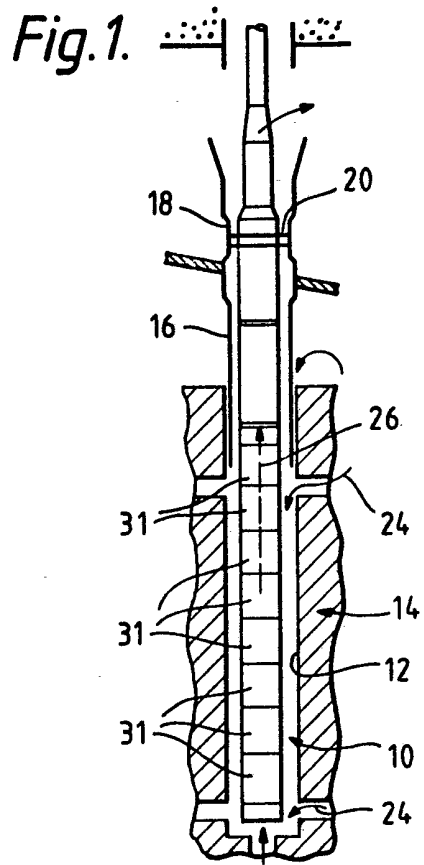


Fig.5.

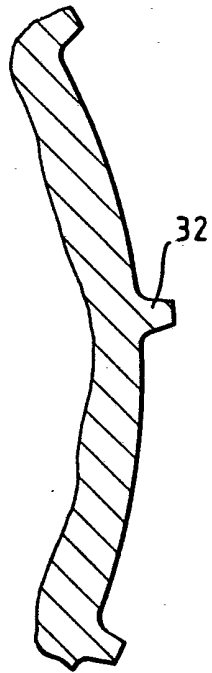


Fig.6.

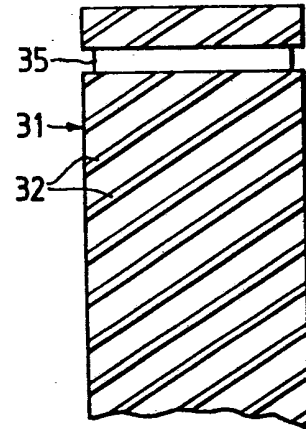


Fig.7.

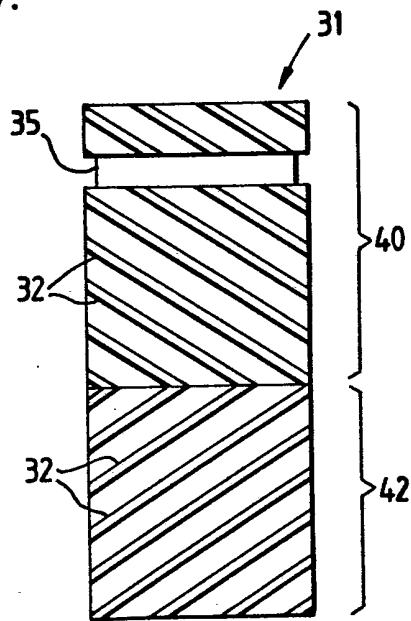


Fig.8.

