

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 639 741 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
11.12.1996 Bulletin 1996/50

(51) Int Cl.6: **F22B 37/20, F28F 9/00**

(21) Numéro de dépôt: **94401848.0**

(22) Date de dépôt: **11.08.1994**

(54) **Echangeur de chaleur comportant des moyens de maintien de barres antivibratoires intercalés entre les tubes du faisceau de l'échangeur**

Wärmetauscher mit Haltevorrichtung für zwischen die Rohre eingelegte Dämpfungsstangen

Heat exchanger with holding means of anti-vibration bars inserted between the bundle tubes

(84) Etats contractants désignés:
BE DE ES GB SE

(72) Inventeur: **Boula, Gérard**
F-21190 Corpeau (FR)

(30) Priorité: **20.08.1993 FR 9310158**

(74) Mandataire: **Bouget, Lucien et al**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cédex 09 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
22.02.1995 Bulletin 1995/08

(73) Titulaire: **FRAMATOME**
92400 Courbevoie (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 467 755 **US-A- 2 853 278**

EP 0 639 741 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne un échangeur de chaleur et notamment un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression comportant des moyens de maintien de barres antivibratoires intercalés entre les tubes du faisceau de l'échangeur.

Les générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression comportent des tubes cintrés en U présentant deux parties rectilignes ou branches droites serties à leurs extrémités dans une plaque tubulaire. Les branches droites des tubes du faisceau sont maintenues par des entretoises disposées parallèlement les unes aux autres, réparties suivant la longueur des branches droites et comportant chacune un réseau d'ouvertures traversantes pour assurer le passage des tubes.

Les réseaux d'ouvertures de la plaque tubulaire et des plaques entretoises sont identiques et les ouvertures sont disposées dans ces réseaux, de manière que les tubes du faisceau constituent des nappes planes parallèles présentant un faible espacement.

Dans chacune des nappes, les cintres de forme sensiblement semi-circulaire sont juxtaposés et présentent des rayons de courbure décroissants depuis l'extérieur vers l'intérieur du faisceau. De plus, les cintres présentant le rayon de courbure maximal de chacune des nappes ont un rayon décroissant depuis la partie centrale vers la partie périphérique du faisceau.

De ce fait, les parties cintrées des tubes constituent une structure de forme sensiblement hémisphérique appelée chignon à la partie supérieure du faisceau de générateur de vapeur.

Les tubes d'une même nappe et les nappes adjacentes sont séparés par des espaces libres de faible largeur permettant le passage de l'eau d'alimentation du générateur de vapeur à l'intérieur du faisceau, en contact avec la surface extérieure d'échange des tubes.

Pendant le fonctionnement du générateur de vapeur, de l'eau sous pression à haute température circule dans les tubes du faisceau et de l'eau alimentaire est amenée au contact de la surface extérieure d'échange des tubes le long desquels elle se déplace dans la direction verticale en s'échauffant puis en se vaporisant, pour ressortir sous forme de vapeur à la partie supérieure du générateur de vapeur.

La circulation des fluides au contact des tubes peut provoquer des vibrations qui sont susceptibles d'entraîner des détériorations des tubes si ceux-ci ne sont pas maintenus de manière efficace.

La partie droite des tubes est maintenue de manière efficace par les entretoises réalisées sous forme de plaques rigides. Les parties courbes des tubes du faisceau constituant le chignon doivent également être maintenues et on utilise généralement pour cela des barres antivibratoires qui sont intercalées entre les nappes de tubes adjacentes du faisceau et disposées suivant des directions sensiblement radiales du chignon. Ces bar-

res entretoises peuvent être pliées ou assemblées, de manière à présenter la forme d'un V dont les deux branches sont dirigées en service suivant des directions radiales du chignon entre les nappes de tubes de chacun des couples de nappes adjacentes.

Le montage du faisceau du générateur de vapeur est réalisé par nappes successives, dans l'enveloppe du générateur de vapeur placée en position horizontale sur un vireur.

La plupart des opérations de montage et de soudage des éléments du générateur de vapeur sont également effectuées avec le générateur de vapeur en position horizontale.

Pendant le montage du faisceau, les barres antivibratoires qui sont introduites entre les nappes de tubes de manière que leurs branches présentent des dispositions radiales bien définies par rapport au chignon sont susceptibles de glisser et de basculer, de sorte que leur mise en place risque d'être réalisée de manière défectueuse.

A l'issue du montage du faisceau, les extrémités des branches antivibratoires opposées à leurs extrémités situées vers la partie centrale du chignon sont généralement saillantes par rapport aux tubes constituant la couche externe du chignon et reliées entre elles par des barres courbes reposant sur la surface externe du chignon sur lesquelles sont soudées les parties d'extrémité externes des barres antivibratoires (US-A-2 853 278).

On a également proposé d'autres modes de fixation des extrémités externes des barres antivibratoires pouvant mettre en oeuvre des éléments de fixation amovibles tels que des éléments vissés (EP-A-0 467 755).

Dans la mesure où les barres courbes ou autres dispositifs de maintien des extrémités externes des barres antivibratoires sont mis en place seulement après qu'on ait réalisé le montage de l'ensemble des tubes du faisceau, le maintien des barres antivibratoires les unes par rapport aux autres n'est pas assuré pendant les phases de la fabrication ultérieures au montage du faisceau, par exemple lors du soudage du fond du générateur de vapeur constituant la boîte à eau ou lors du soudage final du générateur de vapeur, de sorte que le basculement des barres ou d'autres déplacements peuvent intervenir pendant la fabrication et entraîner des défauts de positionnement des barres antivibratoires et un fléchissement des nappes de tubes entraînant la présence de défauts de forme du chignon du générateur de vapeur.

En outre, pendant le fonctionnement du générateur de vapeur, les barres antivibratoires qui sont en contact avec un fluide circulant à grande vitesse peuvent être déplacées à l'intérieur du chignon, du fait qu'elles ne sont reliées entre elles que par leurs extrémités extérieures et par des dispositifs de liaison situés au-dessus de la surface du chignon.

Les plaques entretoises assurant le maintien des parties droites des tubes du générateur de vapeur sont fixées à des tirants perpendiculaires aux plaques entre-

toises et traversant celles-ci à l'intérieur d'ouvertures se substituant à des ouvertures de passage de tubes dans les réseaux des plaques entretoises.

Chacun des tirants est fixé en particulier par des pièces d'assemblage mécaniques à l'entretoise supérieure du générateur de vapeur, c'est-à-dire à l'entretoise située le plus près de la partie cintrée des tubes du faisceau.

Dans le prolongement des tirants, à l'intérieur du chignon, il subsiste des espaces libres disposés entre deux tubes successifs d'une même nappe, du fait de la présence des tirants à l'intérieur du faisceau, dans des positions qui pourraient être occupées par des tubes. Le faisceau du générateur de vapeur présente donc certaines discontinuités à l'intérieur du chignon, dans le prolongement des tirants.

On ne connaissait pas jusqu'ici de dispositif permettant d'assurer un montage du faisceau d'un générateur de vapeur en évitant des basculements ou d'autres déplacements des barres antivibratoires de maintien des parties cintrées des tubes, aussi bien pendant les opérations de fabrication en aval du montage des tubes que pendant le fonctionnement du générateur de vapeur.

Le but de l'invention est donc de proposer un échangeur de chaleur comportant un faisceau de tubes d'échange de chaleur pliés en U et comprenant chacun deux parties rectilignes et une partie cintrée, une plaque tubulaire et une pluralité de plaques entretoises parallèles entre elles et espacées suivant la longueur des parties rectilignes des tubes, dans lesquelles les tubes du faisceau sont engagés à l'intérieur d'ouvertures traversantes assurant le maintien des tubes suivant des nappes planes parallèles entre elles, des tirants de maintien des plaques entretoises disposés à l'intérieur du faisceau parallèlement aux parties rectilignes des tubes et des ensembles de barres antivibratoires intercalées entre les parties cintrées de tubes disposées suivant des nappes adjacentes, cet échangeur de chaleur ayant une conception permettant d'améliorer la mise en place et le maintien des barres antivibratoires et des tubes, pendant le montage du faisceau ainsi que le maintien des barres antivibratoires d'une part pendant la fabrication et d'autre part pendant le fonctionnement de l'échangeur de chaleur.

Dans ce but, l'échangeur de chaleur suivant l'invention comporte de plus, pour le maintien d'au moins un ensemble de barres antivibratoires disposées entre les tubes de deux nappes adjacentes, au moins un arceau métallique présentant une forme analogue à la forme des parties cintrées des tubes du faisceau, fixé à chacune de ses extrémités à la plaque entretoise située le plus près des parties cintrées des tubes, dans le prolongement de deux tirants, intercalé entre deux tubes d'une nappe de tubes et comportant des moyens de fixation de l'ensemble des barres antivibratoires intercalées entre la nappe de tubes dans laquelle l'arceau est disposé et au moins une nappe adjacente.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va

maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression selon l'invention.

5 La figure 1 est une vue en perspective éclatée et en coupe partielle d'un générateur de vapeur de réacteur nucléaire à eau sous pression suivant l'invention.

10 La figure 2 est une vue en coupe de la partie supérieure du faisceau du générateur de vapeur représenté sur la figure 1.

La figure 3 est une vue de dessus suivant 3 de la figure 2.

La figure 4 est une vue de dessus à grande échelle suivant 4-4 de la figure 2.

15 La figure 5 est une vue à plus grande échelle en coupe par un plan vertical du détail 5 de la figure 2.

20 Sur la figure 1, on voit un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression désigné de manière générale par le repère 1 et comportant une enveloppe externe 2 reliée à sa partie inférieure à une plaque tubulaire 3 de forte épaisseur.

25 L'enveloppe 2 renferme le faisceau de tubes du générateur de vapeur constitué par des tubes 5 cintrés en U et comportant à leur partie supérieure, des cintres 5b semi-circulaires et deux parties rectilignes 5a.

Les parties rectilignes 5a des tubes du faisceau sont serties à leurs extrémités dans la plaque tubulaire 3, de manière à déboucher dans une boîte à eau 7 en deux parties séparées par une cloison 8.

30 L'eau sous pression du réacteur nucléaire pénètre dans une des parties de la boîte à eau 7 par une tubulure d'entrée 6a, circule dans les tubes du faisceau puis ressort par une tubulure de sortie 6b.

35 Le faisceau de tubes 5 est entouré par une enveloppe de faisceau 9 permettant de canaliser l'eau d'alimentation pénétrant dans l'enveloppe du générateur de vapeur par une tubulure d'arrivée 11. L'eau d'alimentation du générateur de vapeur circule d'abord de haut en bas dans l'espace annulaire situé autour de l'enveloppe de faisceau 9 puis de bas en haut au contact des tubes 5 du faisceau, de manière à s'échauffer puis à se vaporiser et à ressortir sous forme de vapeur par la tubulure supérieure 12 du générateur de vapeur.

40 La partie supérieure du faisceau de tubes 5 est constituée par la juxtaposition de cintres de forme semi-circulaire dont les rayons sont décroissants de l'extérieur vers l'intérieur d'une nappe plane telle que représentée sur la figure 1.

45 De plus, les différentes nappes successives de tubes du faisceau parallèles entre elles comportent des cintres extérieurs de diamètres décroissants si bien que la partie supérieure du faisceau constitue un ensemble de forme sensiblement hémisphérique appelé chignon.

50 Les parties rectilignes 5a des tubes 5 sont maintenues par des plaques entretoises 10 qui empêchent la mise en vibration des tubes lorsque le générateur de vapeur est en service sous l'effet de la circulation des fluides d'échange. La plaque entretoise 10a située le

plus haut dans le générateur de vapeur, juste en-dessous des cintres 5b, est appelée plaque entretoise supérieure du générateur de vapeur.

La plaque tubulaire 3 et les plaques entretoises 10 sont percées suivant un réseau d'ouvertures traversantes permettant le passage des branches rectilignes 5a des tubes 5, pour leur fixation ou leur maintien dans une disposition telle que les branches 5a des tubes sont toutes parallèles entre elles et disposées dans la direction axiale du faisceau qui est la direction verticale lorsque le générateur de vapeur 1 est en service dans le réacteur nucléaire.

De plus, les tubes 5 sont disposés suivant des nappes planes parallèles entre elles, du fait que la plaque tubulaire 3 et les plaques entretoises 10 sont percées d'ouvertures alignées suivant des rangées rectilignes successives. Les deux branches de chacun des tubes sont engagées dans deux ouvertures alignées d'une même rangée situées de part et d'autre de la partie centrale des plaques entretoises et de la plaque tubulaire. Le réseau d'ouvertures de la plaque tubulaire et des plaques entretoises constitue également des rangées rectilignes dans une direction perpendiculaire aux nappes parallèles de tubes de sorte que les tubes cintrés sont également alignés dans une direction perpendiculaire au plan de coupe de la figure 1.

Les tubes cintrés de plus faible rayon de courbure situé à la partie centrale du faisceau définissent une allée centrale libre à l'intérieur du faisceau de part et d'autre de laquelle les parties rectilignes des tubes sont disposées de manière symétrique.

Les parties cintrées des tubes situés à l'extrémité supérieure du faisceau sont maintenues par des barres antivibratoires 13 comportant chacune deux branches reliées entre elles à la partie centrale 13a de la barre antivibratoire située à l'intérieur du faisceau. Les deux branches de chacune des barres antivibratoires peuvent être reliées entre elles de manière articulée et constituer ainsi une pièce en forme de compas ou être réalisées sous la forme d'une barre pliée dont la partie centrale 13a constitue la partie pliée.

Les extrémités des branches des barres antivibratoires 13 opposées à la partie centrale 13a qui sont légèrement saillantes par rapport à la couche externe de tubes du chignon sont soudées sur des pièces annulaires de maintien 16 situées au-dessus de la surface du chignon.

Les plaques entretoises 10 sont maintenues à l'intérieur du faisceau 4 dans des dispositions parallèles et espacées les unes des autres suivant la longueur des branches droites 5a des tubes du faisceau, par des tirants 14 disposés à l'intérieur du faisceau 4 dans des dispositions parallèles aux branches droites 5a des tubes 5.

Les tirants 14 sont fixés dans la plaque tubulaire 3 et traversent chacune des plaques entretoises 10 à l'intérieur d'une ouverture du réseau d'ouvertures de traversée des tubes 5.

Les tirants 14 sont fixés sur chacune des plaques entretoises 10 qu'ils traversent, au niveau de l'ouverture correspondante de traversée, par exemple par des dispositifs mécaniques et/ou par des soudures.

Les tirants 14 rectilignes sont fixés à leur partie supérieure sur la plaque entretoise supérieure 10a, par l'intermédiaire de dispositifs mécaniques tels que des écrous et des rondelles de blocage fixés sur une partie d'extrémité filetée du tirant 14 saillante au-dessus de la plaque entretoise supérieure 10a. La fixation par écrous des tirants 14 est complétée par des soudures, de manière à assurer le blocage et l'imperdabilité des pièces de fixation.

Sur les figures 1 et 2, on a représenté quelques tubes 5 d'une nappe plane 18 située au voisinage de la partie centrale du faisceau du générateur de vapeur et un ensemble de quatre barres antivibratoires 13 en forme de V comportant chacune deux branches rectilignes disposées dans des directions sensiblement radiales à l'intérieur du chignon du faisceau 4, en contact avec les tubes 5 de la nappe plane 18.

Les quatre barres antivibratoires 13 dont les branches font entre elles des angles variables constituent un ensemble ou jeu de barres antivibratoires intercalé entre deux nappes adjacentes 18 de tubes 5 du faisceau. Les barres antivibratoires 13 sont engagées plus ou moins profondément à l'intérieur du chignon du faisceau 4, de manière que les branches successives des différentes barres antivibratoires fassent entre elles des angles sensiblement constants.

Dans le mode de réalisation représenté, l'ensemble de barres antivibratoires comporte quatre barres et huit branches.

Lors du montage du faisceau du générateur de vapeur, par engagement des tubes 5 à l'intérieur des ouvertures des plaques entretoises 10 et de la plaque tubulaire 3, on constitue successivement les nappes planes 18 par juxtaposition des tubes 5, l'enveloppe 2 du générateur de vapeur étant placée avec son axe de symétrie 2' dans une direction horizontale.

Les barres antivibratoires 13 d'un ensemble de barres destinées à venir en contact avec une nappe plane 18 de tubes sont mises en place sur la nappe 18 qui vient d'être constituée. En outre, du fait qu'elles ne sont pas fixées entre elles par les anneaux de fixation 16, les barres antivibratoires 13 qui ne sont pas maintenues risquent de basculer autour de leur partie interne 13a, entre les deux nappes de tubes 18 avec lesquelles elles sont en contact, lorsqu'on fait tourner le générateur de vapeur autour de son axe 2' sur les rouleaux du vireur, de manière à réaliser diverses opérations de montage ou de soudage.

Selon l'invention, les ensembles de barres antivibratoires 13 intercalées entre certaines nappes de tubes 18 peuvent être immobilisés dans une position de montage précise, en utilisant un arceau métallique 20 présentant une forme analogue à la forme des parties cintrées 5b des tubes 5, c'est-à-dire une forme sensi-

blement semi-circulaire.

L'arceau 20 est fixé par des dispositifs 19 qui seront décrits plus en détail dans la suite de la description, sur la plaque entretoise supérieure 10a du générateur de vapeur, dans le prolongement de deux tirants 14 de maintien des plaques-entretoises 10.

La nappe de tubes 18 représentée sur les figures 1 et 2 comporte des tubes 5 engagés dans des ouvertures alignées des plaques entretoises 10 et de la plaque tubulaire 3, deux de ces ouvertures étant réservées pour le passage et la fixation de deux tirants de maintien 14.

Dans le chignon du faisceau 4, il subsiste entre deux tubes voisins de la nappe 18, dans le prolongement des tirants 14, un espace permettant d'intercaler l'arceau de fixation 20 des barres antivibratoires 13.

L'arceau 20 est constitué de segments successifs 21 en forme d'arc-de-cercle. Les segments 21'a et 21'b situés aux extrémités de l'arceau 20 sont fixés au-dessus de la face supérieure de la plaque entretoise supérieure 10a, par l'intermédiaire des dispositifs de fixation 19.

Les segments successifs 21 de l'arceau 20, entre les segments 21'a et 21'b, sont reliés entre eux bout à bout et aux barres antivibratoires 13, par des dispositifs de liaison 22 qui seront décrits plus en détail en se référant à la figure 4.

Sur la figure 4, on a représenté deux segments successifs 21a et 21b de l'arceau 20 au niveau d'une zone de liaison 22 des segments 21 entre eux et avec deux branches de barres antivibratoires 13 insérées entre des tubes 5 de nappes adjacentes du faisceau du générateur de vapeur.

Les segments 21a et 21b sont découpés en forme d'arc-de-cercle et comportent chacun à leurs extrémités situées en vis-à-vis au niveau de la zone de liaison 22, une chape de liaison. Les chapes 22a, 22b de chacun des segments 21a et 21b sont placées en vis-à-vis l'une de l'autre et en vis-à-vis d'une partie d'extrémité du segment sur lequel elles doivent être assemblées.

Les parties d'extrémité des segments 21a et 21b et des chapes 22a, 22b sont traversées par des ouvertures ayant une partie filetée.

Les chapes 22a et 22b sont décalées latéralement par rapport au plan médian des segments correspondants 21a et 21b, de manière que dans la position d'assemblage des segments 21a et 21b, il subsiste un espace entre la chape 22a du segment 21a et le segment 21b et entre la chape 22b du segment 21b et le segment 21a permettant l'introduction et la fixation d'une branche d'une barre antivibratoire 13.

Du fait que l'arceau 20 est disposé à l'intérieur d'une nappe de tubes 18, entre deux tubes séparés par un espace dû à la présence d'un tirant, les chapes 22a et 22b et les segments d'arceau 21a et 21b sont susceptibles d'assurer la fixation de deux branches de barres antivibratoires 13 intercalées dans deux espaces entre la nappe 18 et une nappe adjacente, d'un côté et de l'autre de la nappe 18.

Les segments successifs tels que 21a et 21b de l'arceau 20 sont assemblés entre eux par des vis telles que 23a et 23b. Les deux branches de barres antivibratoires 13 disposées de part et d'autre de la nappe de tubes 18 sont serrées et maintenues fermement entre les chapes et les parties d'extrémité des segments.

Comme il est visible sur la figure 5, le dispositif de fixation 19 d'un segment d'extrémité tel que 21'a de l'arceau 20 comporte un premier élément 24 traversé par deux ouvertures taraudées successives 24a, 24b ayant le même axe, une tige filetée 25 solidaire d'un écrou 26 et un second élément constitué par la partie d'extrémité du segment 21'a dans laquelle est usiné un trou taraudé.

Le dispositif 19 comportant le premier élément 24, le second élément 21'a et la tige 25 constitue un tendeur permettant d'exercer une traction sur une extrémité de l'arceau 20 et d'assurer la fixation de cet arceau sur la plaque entretoise supérieure 10a.

Le premier élément 24 comporte suivant son axe, une première ouverture taraudée 24a et une seconde ouverture taraudée 24b d'un diamètre inférieur au diamètre de l'ouverture taraudée 24a séparées par une ouverture intermédiaire lisse 24c ayant un diamètre intermédiaire entre le diamètre des ouvertures 24a et 24b et par une gorge 24d.

Le tirant 14 dans le prolongement duquel on vient placer une extrémité de l'anneau 20 comporte une partie filetée d'extrémité 14a venant en saillie au-dessus de la plaque entretoise supérieure 10a. L'ouverture taraudée 24a de l'élément 24 présente un diamètre et un pas permettant de réaliser la fixation par vissage de l'élément 24 sur la partie d'extrémité 14a du tirant 14. Préalablement à la fixation par vissage de l'élément 24 sur l'extrémité 14a du tirant 14, on place à l'intérieur de l'ouverture intermédiaire 24c, une pièce de blocage et de butée 28 sur laquelle la partie 14a du tirant vient en butée lors du vissage de l'élément 24.

La tige 25 comporte deux parties filetées 25a et 25b ayant des pas inverses, de part et d'autre de l'écrou 26.

Le segment d'extrémité 21'a de l'arceau 20 comporte une ouverture taraudée dont le diamètre et le pas permettent le vissage de la partie 25a de la tige 25.

L'ouverture taraudée 24b présente un diamètre et un pas permettant le vissage de la partie 25b de la tige 25.

Après fixation par vissage et serrage de la pièce 24, par l'intermédiaire de son ouverture taraudée 24a sur la partie d'extrémité 14a du tirant 14, la tige 25 est vissée dans l'ouverture taraudée 24b de l'élément 24 par sa partie 25b et dans l'ouverture taraudée du segment d'extrémité 21'a de l'arceau, par sa partie 25a.

La mise en tension et la fixation de l'arceau 20 sont réalisées par l'intermédiaire de l'écrou 26 du dispositif 19 qui constitue un tendeur.

La mise en place de l'anneau 20 peut donc être réalisée pendant le montage du faisceau, en assemblant les segments successifs 21 de l'anneau entre eux et aux

barres antivibratoires disposées de part et d'autre de la nappe de tubes en cours de montage ; les dispositifs de fixation 19 à chacune des extrémités de l'arceau 20 sont mis en place et serrés de manière à assurer la tension de l'arceau 20 et la fixation en place des deux ensembles de barres antivibratoires 13 disposés de part et d'autre de la nappe de tubes 18.

On peut réaliser le blocage de la tige 25 par rapport à la pièce 24 par une soudure 27, à l'issue du serrage et de la mise en tension de l'anneau.

Sur la figure 3, on a représenté dans une vue de dessus, quatre arceaux 20a, 20b, 20c et 20d d'un générateur de vapeur réalisé suivant l'invention, les arceaux 20a et 20b d'une part et 20c et 20d d'autre part étant symétriques l'un de l'autre par rapport à l'allée centrale du générateur de vapeur dont l'axe 28 a été représenté sur la figure 3.

De manière à montrer les arceaux 20a à 20d disposés à l'intérieur du chignon du faisceau du générateur de vapeur, on n'a représenté que deux nappes de tubes 18a et 18b situées de part et d'autre d'une nappe 18c dans laquelle est intercalé l'arceau 20a.

La plaque entretoise supérieure 10a du générateur de vapeur est percée d'ouvertures disposées suivant un réseau permettant le passage des tubes du faisceau et des tirants de fixation des plaques entretoises.

Sur la figure 3, on a représenté uniquement les parties d'extrémité des tirants 14 fixés sur la plaque entretoise 10a. Les arceaux 20a, 20b, 20c et 20d sont fixés par leurs extrémités sur la plaque entretoise 10a, chacun dans le prolongement de deux tirants 14.

Les tirants 14 dans le prolongement desquels sont fixés les arceaux sont tous disposés sur un cercle 29 concentrique par rapport à la plaque entretoise 10a.

Dans le cas du générateur de vapeur représenté sur la figure 3, huit ensembles de barres antivibratoires disposés entre des nappes 18 du faisceau sont maintenus en place par les deux grands arceaux 20a et 20b disposés au voisinage de l'allée centrale 28 et par les deux petits arceaux 20c et 20d placés dans des positions plus éloignées de l'allée centrale 28.

Les arceaux 20a et 20b d'une part et 20c et 20d d'autre part peuvent être assemblés et mis en place, lors du montage des tubes du générateur de vapeur, par raccordement de segments modulaires en forme d'arcs-de-cercle comportant des moyens d'assemblage à leur partie d'extrémité. Les arceaux assemblés peuvent être fixés sur la plaque entretoise 10a et mis en tension par des dispositifs de fixation 19 reliés aux parties d'extrémité des tirants 14 correspondants.

On réalise ainsi, pendant le montage du faisceau du générateur de vapeur, la mise en place précise et la fixation d'un grand nombre de barres antivibratoires, ce qui permet d'assurer une plus grande rigidité des nappes planes de tubes successives et de l'ensemble du chignon.

Lors des opérations en atelier nécessaires pour la fabrication du générateur de vapeur s'accompagnant de

déplacements du faisceau en rotation autour de son axe placé dans une disposition horizontale, les barres antivibratoires sont maintenues efficacement si bien qu'elles ne sont plus susceptibles de basculer entre les nappes de tubes.

Ces barres antivibratoires sont également maintenues de telle sorte qu'elles ne peuvent plus se déplacer par glissement et s'enfoncer à l'intérieur du chignon.

De manière générale, pendant le montage du faisceau et du générateur de vapeur, on assure plus facilement une meilleure mise en place et un maintien efficace des barres antivibratoires introduites dans le chignon du générateur de vapeur.

Les arceaux de fixation des barres antivibratoires du générateur de vapeur suivant l'invention sont bien entendu laissés en place dans le chignon après le montage du générateur de vapeur, de sorte que ces arceaux assurent également le maintien des barres antivibratoires et le raidissement du chignon du générateur de vapeur pendant le fonctionnement de ce générateur.

En cas de rupture de la tubulure de vapeur du générateur, l'arceau métallique selon l'invention maintient en place les éléments rapportés dans le chignon du générateur de vapeur (barres antivibratoires) et assure ainsi la fonction anti-envol.

L'obtention et le maintien des caractéristiques géométriques du faisceau du générateur de vapeur sont donc assurés de manière très efficace dans les générateurs de vapeur suivant l'invention.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit.

C'est ainsi qu'on peut imaginer des arceaux réalisés sous une forme différente de celle qui a été décrite, cette forme de réalisation modulaire présentant l'avantage de réaliser simultanément l'assemblage et l'adaptation des arceaux et la fixation des barres antivibratoires.

De même, les dispositifs de fixation des arceaux sur la plaque entretoise supérieure dans le prolongement des tirants peuvent être différents des tendeurs 19 qui ont été décrits plus haut.

Il est bien évident qu'on peut placer un nombre quelconque d'arceaux de fixation des barres antivibratoires et de raidissement à l'intérieur du chignon du faisceau du générateur de vapeur, ce nombre dépendant du nombre et de la position des tirants de maintien des plaques entretoises se substituant à certains tubes du faisceau.

On peut même envisager, dans des cas très particuliers, de n'utiliser qu'un seul arceau de fixation et de raidissement. Généralement, du fait de la symétrie du faisceau des générateurs de vapeur, on utilisera un nombre pair d'arceaux de fixation et de raidissement disposés deux à deux de manière symétrique par rapport au plan de symétrie du faisceau.

L'invention s'applique non seulement aux générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression mais également à d'autres générateurs de va-

peur ou échangeurs de chaleur comportant un faisceau de tubes cintrés disposés suivant des nappes planes parallèles entre elles.

Revendications

1. Echangeur de chaleur comportant un faisceau de tubes (5) d'échange de chaleur pliés en U et comprenant chacun deux parties rectilignes (5a) et une partie cintrée (5b), une plaque tubulaire (3) et une pluralité de plaques entretoises (10) parallèles entre elles et espacées suivant la direction longitudinale des parties rectilignes (5a) des tubes (5), dans lesquelles les tubes (5) du faisceau sont engagés à l'intérieur d'ouvertures traversantes assurant le maintien des tubes (5) suivant des nappes planes (18) parallèles entre elles, des tirants (14) de maintien des plaques entretoises (10) disposés à l'intérieur du faisceau parallèlement aux parties rectilignes des tubes (5) et des ensembles de barres antivibratoires (13) intercalées entre les parties cintrées (5b) des tubes (5) disposés suivant des nappes adjacentes (18), caractérisé par le fait qu'il comporte de plus, pour le maintien d'au moins un ensemble de barres antivibratoires (13), disposées entre les tubes (5) de deux nappes adjacentes (18), au moins un arceau métallique (20) présentant une forme analogue à la forme des parties cintrées (5b) des tubes (5) du faisceau, fixé à chacune de ses extrémités à la plaque entretoise (10a) située le plus près des parties cintrées (5b) des tubes (5), dans le prolongement de deux tirants (14), intercalé entre deux tubes (5) d'une nappe de tubes (18) et comportant des moyens de fixation (22) de l'ensemble des barres antivibratoires (13) intercalées entre la nappe (18) dans laquelle l'arceau (20) est disposé et au moins une nappe adjacente.
2. Echangeur de chaleur suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'arceau métallique (20) est constitué par des segments successifs (21) assemblés entre eux par des dispositifs d'assemblage (22) assurant également la fixation des barres antivibratoires (13).
3. Echangeur de chaleur suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que l'arceau (20) présentant une forme semi-circulaire est constitué par des segments successifs (21) en forme d'arcs-de-cercle.
4. Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé par le fait que les segments successifs (21) de l'arceau (20) sont assemblés entre eux par vissage et comportent des parties d'assemblage (22a, 22b ; 21a, 21b) entre lesquelles sont serrées les barres antivibratoires (13).

5. Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que l'arceau (20) est fixé à chacune de ses extrémités sur la plaque entretoise (10a), par l'intermédiaire de dispositifs de fixation (19) constituant des tendeurs pour exercer une traction sur les extrémités de l'arceau (20).
6. Echangeur de chaleur suivant la revendication 5, caractérisé par le fait que le dispositif de fixation (19) constitué sous la forme d'un tendeur comporte un premier élément (24) comprenant des moyens (24a) de fixation sur la plaque entretoise (10a) et un alésage taraudé (24b), une tige (25) comprenant deux parties filetées de pas inverses (25a, 25b) et un écrou (26) entre les deux parties filetées et un second élément (21'a) constituant un segment d'extrémité de l'arceau (20) comportant une ouverture taraudée, la tige filetée (25) pouvant être vissée simultanément par ses parties filetées de pas inverses (25a, 25b), dans les ouvertures taraudées (24b) du premier élément (24) solidaire de la plaque entretoise (10a) et du second élément (21'a) constituant un segment d'extrémité de l'arceau (20).
7. Echangeur de chaleur suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que le moyen de fixation (24a) du premier élément (24) sur la plaque entretoise (10a) est un alésage taraudé (24a) susceptible d'être vissé sur une partie filetée (14a) d'un tirant (14) traversant la plaque entretoise (10a).
8. Echangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins deux arceaux (20a, 20b, 20c, 20d) disposés symétriquement par rapport à un plan de symétrie (28) du faisceau du générateur de vapeur.
9. Utilisation d'un échangeur de chaleur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, comme générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

Patentansprüche

1. Wärmeaustauscher mit einem Bündel von U-förmig gebogenen Wärmeaustauschrohren (5), die jeweils zwei geradlinige Teile (5a) und einen gebogenen Teil (5b) aufweisen, einer Rohrplatte (3) und einer Anzahl von Zwischenplatten (10), die zueinander parallel und in Längsrichtung der geradlinigen Teile (5a) der Rohre (5) beabstandet sind, in denen die Rohre (5) des Bündels im Inneren durchgehender Öffnungen in Eingriff stehen, die die Halterung der Rohre (5) in zueinander ebenen Schichten (18) sicherstellen, wobei Spannstäbe (14) zur Halterung

- der Zwischenplatten (10) im Inneren des Bündels parallel zu den geraden Teilen der Rohre (5) angeordnet sind und Gruppen von schwingungsneutralisierenden Stangen (13) zwischen den gebogenen Teilen (5b) der Rohre (5) angeordnet sind, die in benachbarten Schichten (18) angeordnet sind, dadurch **gekennzeichnet**, daß er außerdem für die Halterung mindestens einer Gruppe von schwingungsneutralisierenden Stangen (13), die zwischen den Rohren (5) zweier benachbarter Schichten (18) angeordnet sind, mindestens einen Metallbogen (20) aufweist, der eine Form darbietet, die analog ist zur Form der gebogenen Teile (5b) der Rohre (5) des Bündels, der mit jedem seiner Enden an der Zwischenplatte (10a) befestigt ist, die den gebogenen Teilen (5b) der Rohre (5) nächstgelegen sind, in der Verlängerung zweier Spannstäbe (14), angeordnet zwischen zwei Rohren (5) einer Rohrschicht (18), und mit Befestigungsmitteln (22) für die Gruppe von schwingungsneutralisierenden Stangen (13), die zwischen der Schicht (18), in welcher der Bogen (20) angeordnet ist, und mindestens einer benachbarten Schicht angeordnet sind.
2. Wärmeaustauscher nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Metallbogen (20) von aufeinanderfolgenden Segmenten (21) gebildet ist, die aneinander mit Montagevorrichtungen (22) angebracht sind, die auch die Befestigung der schwingungsneutralisierenden Stangen (13) sicherstellen.
 3. Wärmeaustauscher nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Bogen (20), der eine halb-kreisartige Form darbietet, von kreisbogenförmigen, aufeinanderfolgenden Segmenten (21) gebildet ist.
 4. Wärmeaustauscher nach irgendeinem der Ansprüche 2 und 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die aufeinanderfolgenden Segmente (21) des Bogens (20) durch Verschraubung aneinander angebracht sind und Montageteile (22a, 22b; 21a, 21b) aufweisen, zwischen denen die schwingungsneutralisierenden Stangen (13) eingeklemmt sind.
 5. Wärmeaustauscher nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Bogen (20) mit jedem seiner Enden an der Zwischenplatte (10a) unter Zwischenanordnung von Befestigungsvorrichtungen (19) befestigt ist, die als Spanneinrichtungen ausgebildet sind, um eine Zugwirkung auf die Enden des Bogens (20) auszuüben.
 6. Wärmeaustauscher nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Befestigungsvorrichtung (19), die in Form einer Spanneinrichtung gebildet ist, ein erstes Element (24), das Mittel (24a) zur Befestigung auf der Zwischenplatte (10a) und eine Gewindebohrung (24b) aufweist, eine Stange (25), die zwei gegenläufige Gewindeteile (25a, 25b) und eine Mutter (26) zwischen den beiden Gewindeteilen aufweist, und ein zweites Element (21'a) aufweist, das ein Endsegment des Bogens (20) bildet und eine Gewindeöffnung aufweist, wobei die Gewindestange (25) gleichzeitig mit ihren gegenläufigen Gewindeteilen (25a, 25b) in die Gewindeöffnungen (24b) des ersten Elements (24), das fest mit der Zwischenplatte (10a) verbunden ist, und des zweiten Elements (21'a) eingeschraubt werden kann, das ein Endsegment des Bogens (20) bildet.
 7. Wärmeaustauscher nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Mittel (24a) zur Befestigung des ersten Elements (24) auf der Zwischenplatte (10a) eine Gewindebohrung (24a) sind, die imstande ist, auf einen Gewindeteil (14a) eines Spannstabes (14) aufgeschraubt zu werden, der die Zwischenplatte (10a) durchsetzt.
 8. Wärmeaustauscher nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß er mindestens zwei Bögen (20a, 20b, 20c, 20d) aufweist, die in bezug auf eine Symmetrieebene (28) des Bündels des Dampferzeugers symmetrisch angeordnet sind.
 9. Benutzung eines Wärmeaustauschers nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8 als Dampferzeuger eines Druckwasser-Kernreaktors.
- ### 35 Claims
1. Heat exchanger comprising a bundle of heat exchange tubes (5) bent in a U-shape and each comprising two straight parts (5a) and a curved part (5b); a tube plate (3) and a plurality of crossbracing plates (10) which are parallel to one another and spaced in the longitudinal direction of the straight parts (5a) of the tubes (5), wherein the tubes (5) of the bundle engage in through-openings which ensure that the tubes (5) are held in flat layers (18) parallel to one another; tie-rods (14) for securing the crossbracing plates (10) arranged inside the bundle parallel to the straight parts of the tubes (5); and sets of anti-vibration bars (13) intercalated between the curved parts (5b) of the tubes (5) arranged in adjacent layers (18), characterised in that it further comprises, for securing at least one set of anti-vibration bars (13), arranged between the tubes (5) of two adjacent layers (18), at least one metal arch (20) the shape of which is analogous to the shape of the curved parts (5b) of the tubes (5) in the bundle, fixed at each of its ends to the crossbracing plate (10a) situated closest to the curved parts (5b)

- of the tubes (5), on an extension of two tie-rods (14), intercalated between two tubes (5) of a layer of tubes (18) and comprising fixing means (18) for the set of anti-vibration bars (13) intercalated between the layer (18) in which the arch (20) is located and at least one adjacent layer. 5
2. Heat exchanger according to claim 1, characterised in that the metal arch (20) consists of successive segments (21) held together by assembly means (22) which also secure the anti-vibration bars (13). 10
3. Heat exchanger according to claim 2, characterised in that the arch (20) of semi-circular shape consists of successive segments (21) in the form of arcs of a circle. 15
4. Heat exchanger according to one of claims 2 and 3, characterised in that the successive segments (21) of the arch (20) are held together by screwing and comprise assembly means (22a, 22b; 21a, 21b) between which the anti-vibration bars (13) are gripped. 20
5. Heat exchanger according to any one of claims 1 to 4, characterised in that the arch (20) is fixed at each of its ends to the crossbracing plate (10a), via fixing means (19) which constitute tensors for exerting traction on the ends of the arch (20). 25
30
6. Heat exchanger according to claim 5, characterised in that the fixing means (19) in the form of a tensor comprise a first element (24) having means (24a) for attachment to the crossbracing plate (10a) and a tapped bore (24b), a rod (25) comprising two threaded parts of opposite pitch (25a, 25b) and a screw nut (26) between the two threaded parts and a second element (21'a) constituting an end segment of the arch (20) comprising a tapped opening, the threaded rod (25) being adapted to be screwed simultaneously, by its threaded parts of opposite pitch (25a, 25b), in the tapped openings (24b) of the first element (24) which is integral with the crossbracing plate (10a) and of the second element (21'a) constituting an end segment of the arch (20). 35
40
45
7. Heat exchanger according to claim 6, characterised in that the means (24a) for fixing the first element (24) to the crossbracing plate (10a) is a tapped bore (24a) capable of being screwed onto a threaded part (14a) of a tie-rod (14) passing through the crossbracing plate (10a). 50
8. Heat exchanger according to any one of claims 1 to 7, characterised in that it comprises at least two arches (20a, 20b, 20c, 20d) arranged symmetrically with respect to a plane of symmetry (28) of the bundle of the steam generator. 55
9. Use of a heat exchanger according to any one of claims 1 to 8, as a steam generator of a pressurised water nuclear reactor.

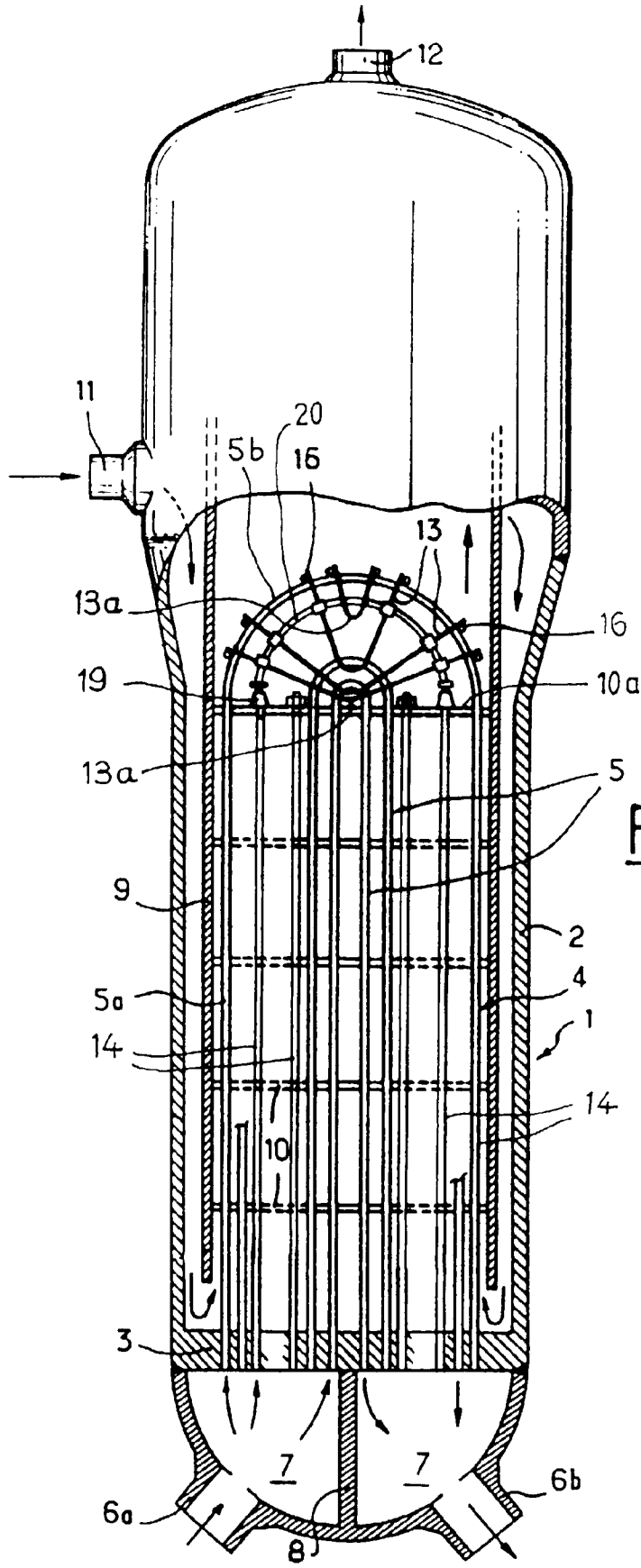


FIG. 1

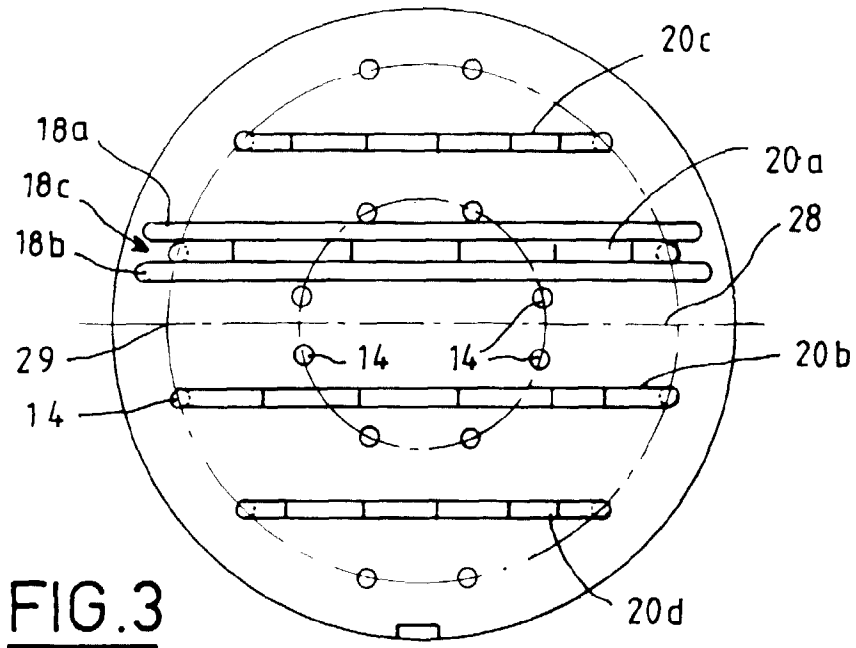


FIG. 3

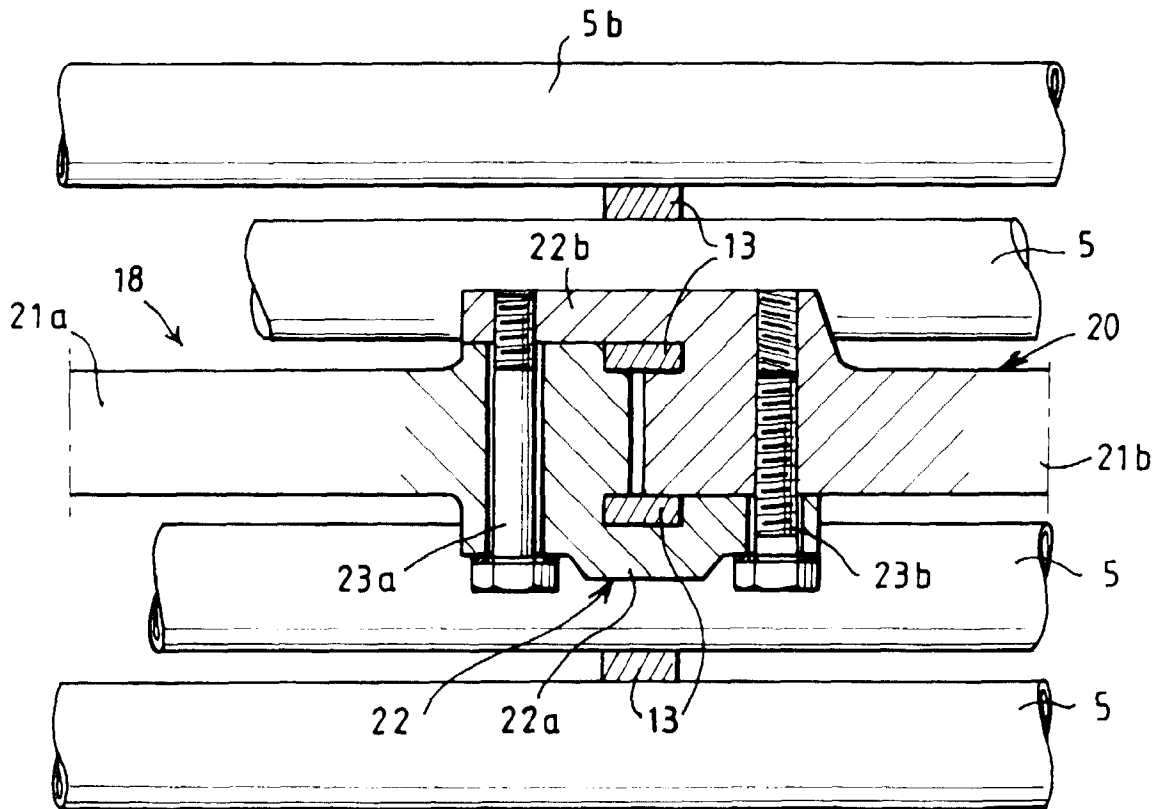


FIG. 4

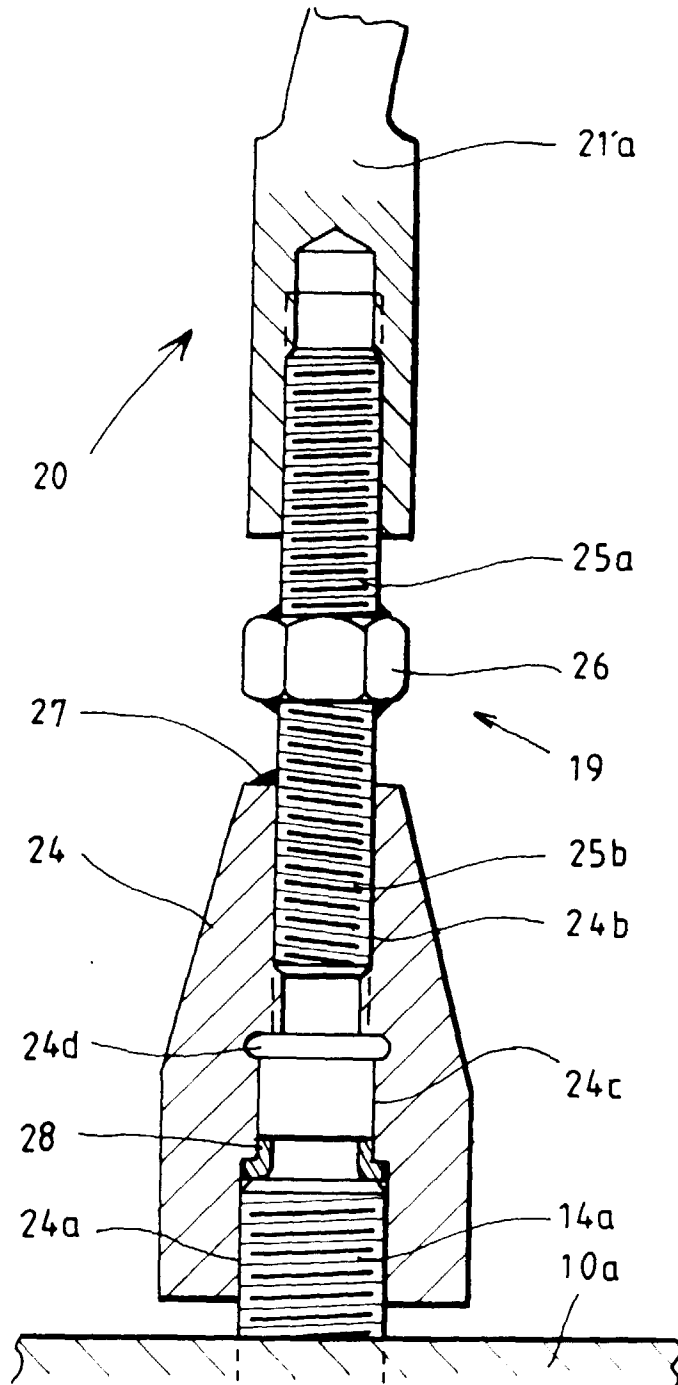


FIG. 5