



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Numéro de publication :

**0 077 255
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet :
02.01.86

(51) Int. Cl.⁴ : **F 22 B 37/54**

(21) Numéro de dépôt : **82401808.9**

(22) Date de dépôt : **04.10.82**

(54) Procédé et dispositif d'élimination des boues sur la plaque tubulaire des générateurs de vapeur.

(30) Priorité : **06.10.81 FR 8118760**

(43) Date de publication de la demande :
20.04.83 Bulletin 83/16

(45) Mention de la délivrance du brevet :
02.01.86 Bulletin 86/01

(84) Etats contractants désignés :
BE CH DE FR GB IT LI SE

(56) Documents cités :
FR-A- 2 352 269
FR-A- 2 445 487

(73) Titulaire : **FRAMATOME ET CIE.**
Tour Fiat 1, Place de la Coupole
F-92400 Courbevoie (FR)

SOCIETE DES TECHNIQUES EN MILIEU IONISANT
9, rue Fernand Léger
F-91190 Gif-sur-Yvette (FR)

(72) Inventeur : **Charamathieu, André**
9, rue Fernand-Léger
F-91190 Gif sur Yvette (FR)
Inventeur : **Dessales, Jean**
Décédé (FR)
Inventeur : **Lebouc, Bernard**
5, Place des Reflets
F-92400 Courbevoie (FR)

(74) Mandataire : **Fort, Jacques et al**
CABINET PLASSERAUD 84, rue d'Amsterdam
F-75009 Paris (FR)

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 a pour objet un procédé et un dispositif d'élimination des boues sur la plaque tubulaire des générateurs de vapeur du type comportant, dans une enceinte cylindrique à axe vertical fermée par la plaque, un faisceau de tubes parallèles lisses reliés à ladite plaque, répartis en nappes et parcourus par un fluide primaire à haute température. L'invention trouve une application particulièrement importante dans le domaine des générateurs de vapeur à recirculation, dans lesquels l'eau séparée de la vapeur à la sortie des circuits secondaires est ramenée à l'entrée en même temps que l'eau alimentaire, ce qui provoque l'accumulation sur la plaque de boues contenant surtout de la magnétite, qui forment à la longue une couche adhérente et compacte. Ces boues provoquent la corrosion des tubes d'échange au niveau de la plaque tubulaire et il est nécessaire de les éliminer pour éviter la dégradation du générateur de vapeur. En effet, les tentatives faites pour évacuer les boues avant qu'elles ne forment une couche compacte, par exemple à l'aide de rampes de purge (FR-A-2 285 573) se sont révélées insuffisantes pour éviter l'accumulation.

Divers procédés et dispositifs ont déjà été proposés ou mis en œuvre pour éliminer les boues. Ils sont spécifiquement destinés à être utilisés dans des générateurs de vapeur dont les tubes d'échange sont en forme de U renversé dont les deux extrémités sont reliées à la plaque tubulaire. La face de cette dernière opposée aux tubes s'ouvre dans une chambre délimitée par un dôme inférieur et cloisonnée en deux compartiments, dont l'un communique avec une des branches, dite « chaude », de chacun des tubes, et dont l'autre communique avec l'autre branche, dite « froide ». Dans les générateurs de vapeur de ce type utilisés dans les chaudières nucléaires à eau sous pression, cette dernière, qui constitue le caloporteur primaire du réacteur, arrive dans un des compartiments, circule successivement dans les branches chaude et froide, puis revient au second compartiment avant d'être renvoyée vers le réacteur. Dans ces générateurs de vapeur, il subsiste, entre les branches chaude et froide, un intervalle supérieur à celui qui sépare des nappes courantes de tubes, du fait que l'on ne peut dépasser une courbure déterminée des tubes en U.

Tous les procédés d'élimination de boues proposés jusqu'à présent profitent de l'existence de cet intervalle plus important (habituellement dénommé « rue d'eau ») : on introduit, par un trou prévu dans l'enceinte du générateur de vapeur, au-dessus de la plaque tubulaire et face à la rue d'eau, une lance qui permet d'envoyer des jets d'eau sous forte pression tangentiellement à la plaque tubulaire. On déplace ensuite la lance radialement pour balayer la plaque. On peut notamment utiliser une lance fournissant deux jets dirigés face à face et perpendiculairement à la direction d'introduction de la lance, que l'on anime d'un mouvement d'avance vers le centre du faisceau tubulaire et d'un mouvement d'oscillations (FR-A-2 352 269). La lance peut successivement être introduite dans un sens, pour nettoyer une première moitié de la plaque tubulaire, puis dans l'autre à partir d'un trou opposé au premier pour nettoyer la seconde moitié. Pour entraîner les boues décollées par les jets, on organise à la périphérie de la plaque une circulation d'eau entre deux trous de l'enceinte placés face à face. Le débit introduit d'un côté se partage en deux fractions qui circulent à la périphérie de part et d'autre de la rue d'eau et se réunissent pour sortir de l'enceinte.

Une autre solution déjà utilisée consiste à aspirer l'eau et la boue dans une rampe annulaire souple et percée de trous, introduite dans l'espace qui subsiste entre l'enceinte et les tubes périphériques du faisceau.

Dans la pratique, cette approche, qui semble naturelle à l'homme de l'art puisqu'elle utilise l'intervalle de relativement large dimension constitué par la rue d'eau, s'est montrée imparfaite.

Lors de l'oscillation de la lance, le jet qui est dirigé vers le haut non seulement n'a aucun effet d'arrachement de boues, mais encore provoque des ruissellements qui peuvent ramener vers le milieu de la plaque les boues non immédiatement aspirées à la périphérie. Les courants d'eau d'attaque à la lance et de balayage peuvent être antagonistes dans certaines zones et provoquer un redépôt local des boues arrachées. Or, du fait notamment de leur composition, ces boues prennent, dès qu'elles se déposent, une consistance telle qu'il devient presque impossible de les aspirer sans les remettre en suspension. Enfin, la pression de l'eau doit être modérée (pratiquement de l'ordre de 150 bars) pour éviter d'endommager les tubes par des jets trop violents. Cette pression est souvent insuffisante pour le dérochage, c'est-à-dire pour l'attaque d'un dépôt de boues consolidé et très adhérent.

On connaît également (FR-A-2 445 487) un procédé du type suivant lequel on déplace radialement au moins une lance à partir du centre de la plaque tubulaire, parallèlement à la plaque tubulaire et à proximité de celle-ci, on dirige deux jets de liquide de nettoyage vers la plaque, à partir de la partie terminale de la lance et dans des directions fixes et symétriques par rapport à la direction des nappes, et on évacue simultanément le liquide de nettoyage depuis la périphérie du faisceau de tubes.

Le procédé tel que décrit dans ce document oblige à insérer la lance dans la « rue d'eau » située entre les deux bras d'un même tube en U, beaucoup plus large que l'intervalle entre deux nappes courantes de tubes. Les jets sont encore sous une pression modérée. Et il n'y a pas interruption des jets au passage devant les tubes. Ce procédé présente donc encore les inconvénients signalés plus haut.

L'invention vise à fournir un procédé d'élimination des boues du type ci-dessus défini, mais

répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il assure un nettoyage plus complet grâce à une attaque efficace et une circulation organisée de façon à éviter les retours de boues vers des zones déjà traitées, et ce en ne mettant en œuvre que des moyens simples.

5 Dans ce but, l'invention propose notamment un procédé du type ci-dessus défini caractérisé en ce qu'on déplace la lance (et avantageusement deux lances) de façon symétrique entre deux nappes courantes de tubes, on envoie les jets sous haute pression, typiquement d'au moins 200 bars, et on interrompt les jets au passage devant les tubes.

10 Du fait que les jets sont interrompus au passage devant les tubes, on peut utiliser des pressions motrices très élevées, permettant un dérochage rapide, sans risquer d'endommager les tubes : ces derniers peuvent être très rapprochés de la lance, puisqu'il n'y a plus à prévoir l'espace nécessaire à l'oscillation de celle-ci et qu'ils ne sont plus soumis à l'action des jets. Ils peuvent même constituer des guides de maintien de la lance. Dans un générateur de vapeur à tubes en U, l'espacement courant entre nappes de tubes suffira au passage de la lance qu'il ne sera donc plus nécessaire d'introduire par la rue d'eau.

15 Cette liberté de choix a un intérêt particulier dans le cas des générateurs de vapeur existants qui comportent une plaque de répartition parallèle à la plaque tubulaire, située au-dessus et à proximité de cette dernière, percée d'une ouverture centrale de guidage de l'eau évitant la formation de zones mortes favorables au dépôt des boues. Cette plaque se trouve au droit des trous de grand diamètre, dits « trous de poing », ménagés à travers l'enceinte face à la rue d'eau. Dans ces générateurs de vapeur, les lances oscillantes ne peuvent être introduites par le trou de poing qu'au-dessus de la plaque de répartition, qui limite le champ d'action des jets.

20 Au contraire, les lances fournissant des jets d'orientation fixe utilisées dans le procédé suivant l'invention, de faible épaisseur pour passer entre nappes adjacentes, peuvent être introduites par les trous de faible diamètre, dits « trous d'œil », qui sont généralement prévus dans l'enceinte du générateur de vapeur orthogonalement aux trous de poing ou au-dessous, entre la plaque de répartition et la plaque tubulaire.

25 Le nettoyage s'effectuera en général en plusieurs passes successives, à l'aide de lances différentes dirigeant des jets qui frappent la plaque en des zones de plus en plus éloignées de la lance ou des lances. Ainsi, on repousse progressivement les boues vers la périphérie du faisceau où elles sont reprises et évacuées.

30 La reprise et l'évacuation sont faites de façon à éviter le redépôt des boues. Une première solution consiste à utiliser quatre tronçons de tuyauterie répartis en deux paires. Chaque paire est introduite par un trou situé à 90° de la direction de déplacement de la lance ou des lances et chaque tronçon est disposé à la périphérie du faisceau sur un arc de 90°. Les quatre tronçons couvrent ainsi la totalité de l'espace périphérique du faisceau tubulaire. Ils sont reliés chacun à un organe d'aspiration, qui peut notamment être un hydro-éjecteur.

35 Une seconde solution consiste à créer une circulation d'eau à sens unique dans tout l'espace périphérique, par injection et aspiration à l'aide de tubulures traversant l'enceinte en deux points opposés. Enfin, une dernière solution, qui peut d'ailleurs être utilisée en combinaison avec la première, consiste à collecter les boues à l'aide d'un dispositif aspirateur posé contre la plaque à la périphérie de celle-ci.

L'invention vise également à fournir un dispositif d'élimination des boues qui est tout à la fois simple et efficace, permettant de mettre en œuvre le procédé ci-dessus défini.

45 Dans ce but l'invention propose un dispositif comportant : au moins une lance de projection de liquide de nettoyage qui présente une partie terminale munie de buses d'orientation fixe, telle que les buses dirigent des jets obliques sensiblement symétriques par rapport à la direction d'une nappe vers la plaque tubulaire ; des moyens pour alimenter en eau la lance ; un mécanisme situé à l'extérieur de l'enceinte pour déplacer radialement la lance à travers un trou de l'enceinte ; et des moyens de collecte et d'évacuation du liquide chargé en boues à la périphérie du faisceau de tubes, caractérisé en ce que la lance a une épaisseur suffisamment faible pour passer entre deux nappes de tubes et en ce que les moyens d'alimentation sont prévus pour interrompre l'alimentation en liquide sous haute pression lors du passage des buses devant les tubes (7).

50 La partie terminale de la lance sera avantageusement constituée par une tête ayant une section droite de forme plate avec deux buses superposées, d'épaisseur telle qu'elle s'insère entre deux nappes de tubes et dont la hauteur est choisie pour présenter une rigidité évitant toute flexion notable dans le sens vertical tout en autorisant le passage par un trou ménagé à travers l'enceinte. La tête peut être percée d'un trou haut dirigeant vers le haut un jet d'équilibrage.

55 Les générateurs de vapeur des chaudières nucléaires sont fréquemment disposés à l'intérieur d'une casemate destinée à la protection contre les projectiles en cas d'incident à l'intérieur de l'enceinte générale de la chaudière et/ou à la protection biologique. L'espace libre entre l'enceinte du générateur de vapeur et la casemate est généralement inférieur à la longueur de lance à introduire radialement dans le générateur de vapeur. Pour s'adapter à cette situation, la lance sera constituée de façon à être déformable en plan tout en étant rigide en direction verticale afin de tolérer le porte-à-faux nécessaire. La lance pourra comporter des échancrures régulièrement réparties formant une denture de réception des

dents d'un mécanisme d'entraînement situé hors de l'enceinte et qui peut être associé à des moyens de mesure de déplacement et à un détecteur de proximité de tube porté par la tête permettant le positionnement précis de la lance avant la mise en action.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier de réalisation donné à titre d'exemple non limitatif, destiné à l'élimination des boues déposées sur la plaque tubulaire d'un générateur de vapeur à tubes en U du type qui est à l'heure actuelle largement utilisé dans les chaudières nucléaires à eau sous pression. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

La figure 1 est une vue en perspective simplifiée de la partie basse d'un générateur de vapeur dans lequel est inséré un dispositif suivant l'invention,

La figure 2 est une vue en perspective à grande échelle montrant une fraction d'une lance du dispositif de la figure 1,

La figure 2A est une vue en coupe d'une variante de la tête de lance montrée en figure 2,

La figure 2B similaire à la figure 2, montre une variante de lance, à trois flexibles d'alimentation,

La figure 2C est une vue en coupe longitudinale de la tête de la figure 2B,

La figure 2D similaire à la figure 2A, montre une disposition possible des buses constituant une variante de celle de la figure 2B,

La figure 3 est une coupe suivant la ligne III-III de la Fig. 2,

La figure 4 est une vue en perspective à grande échelle montrant le mécanisme d'entraînement de la lance de la figure 2,

La figure 5 est une coupe suivant la ligne V-V de la figure 4,

La figure 6 est une vue à grande échelle montrant une chaîne appartenant à un mécanisme d'entraînement constituant une variante de celui de la figure 4,

La figure 7 similaire à la figure 4, montre une variante de réalisation,

La figure 8 est une coupe suivant la ligne VIII-VIII de la fig. 7,

La figure 9 est une vue en plan schématique depuis le dessus de la plaque tubulaire, montrant la disposition des composants du dispositif, y compris ceux destinés au balayage des boues,

La figure 10 est un schéma en coupe verticale montrant les zones successivement nettoyées,

La figure 11 similaire à la figure 9, montre une variante de réalisation du dispositif,

La figure 12 est une vue en coupe schématique montrant une variante de constitution des moyens de collecte des boues.

On rappellera tout d'abord brièvement la disposition des parties concernées par l'invention du générateur de vapeur lui-même, dont on pourra trouver une description complète par exemple dans les documents FR-A- 2 285 573 et 2 352 269 déjà cités.

Le générateur de vapeur comporte une enceinte sous pression de forme cylindrique 1 fermée à sa partie basse par une plaque tubulaire 2 dans laquelle sont dudgeonnées et soudées les parties terminales de tubes en U d'échange thermique 7. L'enceinte se prolonge sous la plaque par un dôme délimitant une boîte à eau 3 séparée par une cloison verticale 4 en un compartiment où l'eau primaire chaude provenant du réacteur arrive par une tubulure et un compartiment de sortie d'où l'eau primaire s'échappe vers le réacteur par une tubulure 6. Entre les deux compartiments, l'eau primaire circule dans la branche chaude, puis la branche froide des tubes en U 7.

Entre le faisceau de tubes en U 7 et l'enceinte 1 est placée une enveloppe secondaire 8. L'enveloppe secondaire 8 se termine au-dessus de la plaque tubulaire en laissant subsister un espace permettant à l'eau secondaire et à l'eau de recirculation qui descendent par l'espace annulaire compris entre l'enceinte 1 et l'enveloppe 8 d'alimenter la zone occupée par le faisceau, immédiatement au-dessus de la plaque tubulaire. Des plaques entretoises (non représentées) percées de trous de passage des tubes et d'ouverture de circulation d'eau et de vapeur sont disposés à intervalles réguliers le long du faisceau et maintiennent les tubes. Une plaque de répartition 11 comportant une ouverture centrale 12 est disposée au-dessus de la plaque tubulaire. Les branches chaudes et froides des tubes sont séparées par une zone diamétrale libre 13, dite « rue d'eau », dont la largeur est déterminée par le cintrage maximum que l'on peut donner aux tubes 7. Dans cette rue d'eau sont placées des entretoises 14 et une rampe de purge en continu 15.

Le dispositif de nettoyage utilise des accès prévus dans l'enveloppe et qui, dans le générateur de vapeur illustré, comprennent deux trous de relativement grand diamètre 17, dits « trous de poing », diamétralement opposés, situés face à la rue d'eau et au niveau de la plaque de répartition 11. Deux trous plus petits 16, habituellement dénommés « trous d'œil » et dont le diamètre est typiquement de 50 mm, sont alignés dans une direction perpendiculaire à celle des trous de poing, à distance faible de la plaque tubulaire 2 (typiquement 250 mm). Les trous 17 et 16, obturés en fonctionnement normal par des tapes, correspondent à des ouvertures ménagées dans l'enveloppe 8. En règle générale, l'enceinte 1 est entourée par une casemate (non représentée) dont le rôle est notamment d'arrêter les pièces et débris projetés en cas d'incident.

Le dispositif d'élimination des boues représenté à titre d'exemple de réalisation en figure 1 peut être regardé comme comprenant un système d'attaque et de mise en suspension des boues et un système de collecte.

Le système d'attaque comporte, pour une même opération, deux lances 19 destinées à être

introduites chacune par un trou d'œil 16 et à être déplacées entre deux nappes de tubes, c'est-à-dire dans un intervalle dont la largeur est typiquement de l'ordre de 10 mm.

La lance 19 montrée à titre d'exemple en figures 2 à 5 comprend une partie de guidage et d'amenée 23 et une tête 24 fixée à la partie 23 par des moyens supprimant le risque de perte de la tête à l'intérieur du générateur. La partie de guidage, conçue de façon à être flexible, comprend deux tubes superposés 27 et 28 (figure 3) reliés par une âme centrale percée de trous et par deux parois latérales métalliques 25 et 26. Chaque paroi latérale 25 ou 26 est constituée par une tôle mince percée d'ouvertures rectangulaires formées par découpe et repliement vers l'intérieur d'aillettes 32 et 33. L'âme et les ailettes sont revêtues d'un enrobage de matériau thermoplastique 31 qui noie également les tubes. Les ailettes sont de longueur telle qu'elles emprisonnent l'âme centrale 34. La partie de guidage 23 présente ainsi des ouvertures régulièrement réparties constituant des crans d'engrènement du mécanisme de déplacement qui sera décrit plus loin.

La tête 24 est constituée par une pièce métallique formant boîte à eau, dans laquelle débouchent les tubes 27 et 28. Dans la partie arrière de cette tête sont ménagés des évidements de réception de pattes 42 et 43 solidaires des parois latérales 25 et 26. Des broches permettent de solidariser de façon définitive les pattes de la tête.

La boîte à eau est munie de deux buses de nettoyage constituées par des orifices 38 percés obliquement dans des portions épaissies de la tête et dessinés de façon à fournir des jets inclinés vers le bas de façon sensiblement symétrique. On peut constituer de cette façon une lance présentant une épaisseur ne dépassant pas 10 mm, c'est-à-dire la largeur du ligament de la plaque tubulaire entre deux nappes de tubes 7, et une hauteur de l'ordre de 45 mm, inférieure au diamètre d'un trou d'œil. Du fait de sa constitution, cette lance, lorsqu'elle est soutenue par une liaison d'encastrement à l'extérieur de l'enceinte, ne présente qu'une flèche acceptable lorsqu'elle est dans sa position de saillie minimum à l'intérieur. Pour réduire les efforts de flexion qui s'exercent sur elle, on peut prévoir, dans la tête, un orifice 40 dirigé vers le haut pour donner naissance à un jet d'équilibrage.

La lance peut être utilisée avec un mécanisme du genre montré en figures 4 et 5, qui lui donne, à la sortie de l'enceinte, une courbure limitant l'encombrement radial à une valeur compatible avec l'espace qui subsiste entre la casemate et l'enceinte. La lance peut donc rester très simple et être utilisée sans déplacement télescopique ou raboutage de tronçons, qui seraient d'ailleurs difficiles à mettre en œuvre étant donné le faible intervalle entre deux nappes adjacentes de tubes et la nécessité d'effectuer ces opérations sous le contrôle d'un opérateur dans une zone soumise à un rayonnement important.

On décrira maintenant, en faisant référence aux figures 2A à 2D, différentes variantes de réalisation de l'invention.

La tête de lance montrée en coupe sur la figure 2A se différencie de celle montrée en figure 2 en ce qu'elle ne comporte pas un seul jeu de buses de nettoyage placées chacune d'un côté et ayant la même orientation, mais plusieurs jeux de buses. Le tube supérieur 27 alimente un premier jeu de buses 38 dont l'orientation correspond à celle des buses montrées en figure 2. Le tube inférieur 28 alimente de son côté deux jeux de buses, ayant respectivement une inclinaison de 40° et de 70° sur l'horizontale, correspondant donc à des tirs à plus courte distance. La tête montrée en figure 2A peut notamment être utilisée pour effectuer le balayage des boues décrochées, sous une pression plus faible qu'au cours d'une opération préliminaire de dérochage, effectué en plusieurs passes avec des têtes à un seul jeu de buses. Mais, comme on le verra plus loin, on peut également utiliser une tête du genre montré en figure 2A pour arracher et chasser les boues par passage unique de la lance, avec une avance à pas de pélerin, comme on le verra plus loin.

La variante de réalisation de la lance montrée en figures 2B et 2C (où les éléments correspondant à ceux déjà montrés en figure 2 portent le même numéro de référence) se différencie notamment de la figure 2 en ce qu'elle comporte trois flexibles d'alimentation qui se prolongent par des tubes correspondant jusqu'à une chambre 80 munie d'un orifice d'équilibrage 40 dirigé vers le haut. Des cloisons 81 prévues dans la chambre séparent les écoulements provenant des tubes 27 et 28 jusqu'à proximité de l'extrémité de la tête. Celle qui est montrée en figure 2B, destinée au tir à courte distance du plan d'introduction de la lance, comporte deux jeux de buses 82, de même orientation, dont l'espacement longitudinal correspond à la distance entre deux tubes successifs d'une même nappe. Sur la tête et le corps de la lance pourront être prévus des repères gravés 83 de repérage, l'espacement de deux repères successifs correspondant à l'intervalle entre deux tubes. Comparé au mode de réalisation de la figure 2, celui de la figure 2B permet de fournir un débit plus important d'enlèvement des boues.

Une fois la tête montrée en figure 2B utilisée au cours d'une première passe, on peut utiliser, en particulier pour chasser la boue des espaces entre les tubes de la partie centrale de l'échangeur, des têtes projetant des jets plus loin. En particulier, on peut utiliser, au cours d'une seconde passe, une tête dont les buses présentent la disposition montrée en figure 2D. Une dernière tête, utilisée pour une troisième passe, peut comporter des buses ayant l'orientation indiquée en traits mixtes sur la figure 2D.

Le mécanisme montré en figures 4 et 5, destiné à pousser et tirer la lance 19, est porté par un socle 60. Ce socle porte un ensemble de guidage comprenant deux glissières 61 courbes et parallèles, entre lesquelles la partie de guidage 23 circule en s'engrenant sur des courroies sans fin 62 crantées sur une seule face, dont le trajet est fixé par des galets 63. Le mécanisme d'entraînement comporte encore deux ensembles d'entraînement placés de part et d'autre des glissières sur le trajet de la lance 19. Chacun de

ces ensembles est constitué par un jeu de deux courroies 64 crantées sur les deux faces, engrenant d'un côté avec la partie de guidage 23, de l'autre côté, avec des pignons d'entraînement 65 couplés à un motoréducteur 66 par l'intermédiaire d'un limiteur de couple 67 et d'un organe de mesure de déplacement 68 de type quelconque.

- 5 Dans la variante de réalisation montrée en figures 6 et 7, la lance est rigide. Elle est constituée de plusieurs tubes superposés, au nombre de deux dans le cas illustré, reliés de place en place par des entretoises 70. La lance traverse, à la sortie de l'enceinte, une cintreuse qui, dans le cas illustré en figure 7, est constituée par une série de galets de cintrage 71 portés par le socle 60. Les moyens d'entraînement sont constitués par une chaîne 72 fixée à l'entretoise 70 arrière et entraînée sur un trajet sans fin par un pignon 73.

Le capteur de position 68 pouvant être insuffisamment précis, il sera fréquemment complété par des moyens optiques, utilisant par exemple des points de référence 74 répartis le long de la lance (figure 6) ou par des moyens électriques. Ces derniers peuvent être constitués par un capteur à courant de Foucault 75 situé à la base de la tête (figure 4), décelant la proximité d'un tube.

- 15 Les tubes sont alimentés en eau par une conduite souple 20 (Fig. 1) de liaison avec un groupe motopompe placé à distance (non représenté). Ce groupe peut avoir une constitution classique, si ce n'est qu'il est muni de moyens d'arrêt de l'arrivée d'eau en réponse notamment à un signal reçu d'un dispositif de détection du passage devant les tubes, comportant le capteur de position 68, et éventuellement, un capteur supplémentaire optique ou électrique. Ce groupe peut de plus être prévu pour fournir à la demande l'une ou l'autre de deux pressions, dont l'une est très élevée (au moins 200 bars et par exemple 300 bars) pour le dérochage et dont l'autre est plus faible pour le nettoyage et la mise en suspension des boues.

- Le système de collecte et d'évacuation des boues comporte, dans le mode de réalisation montré en figures 1 et 9, deux rampes d'arrosage à basse pression 21 introduites par les trous de poing 17 au-dessus de la plaque de répartition 11. Ces rampes alimentent en eau la partie centrale du faisceau de tubes et provoquent un écoulement dirigé vers la périphérie. La reprise des boues s'effectue par quatre tronçons de tuyauterie souple 22 percés de trous d'aspiration 51 qui couvrent chacun un quart de la périphérie. Les quatre tronçons sont reliés chacun à un hydroéjecteur 52, dont un seul est représenté sur la figure 9. Cet hydro-éjecteur, qui peut utiliser comme fluide moteur l'eau également employée pour le nettoyage, permet de réaliser une dépression atteignant 8 mètres d'eau, exerçant un effet de succion suffisant pour entraîner les boues en suspension.

Un courant d'eau de balayage à basse pression peut de plus être introduit dans la rue d'eau à l'aide de buses 53 placées dans le trou de poing 17.

- Cette disposition permet d'organiser la circulation d'eau de façon cohérente et d'éviter les zones 35 mortes et les retours de boues vers les régions déjà nettoyées.

La mise en œuvre du procédé à l'aide du dispositif qui vient d'être décrit s'effectue de la façon suivante, dans le cas où quatre passes successives sont prévues en utilisant quatre jeux de lances fournissant chacune des jets fixes, l'incidence des jets étant différente lorsqu'on passe d'un jeu à l'autre.

- Au cours d'un premier passage, du centre de la plaque tubulaire vers la périphérie du faisceau, on utilise un jeu de lances dont les buses sont telles que les jets d'eau nettoient les zones A et repoussent les boues vers la zone B. Au cours de la seconde passe, on utilise une lance qui nettoie la zone B et refoule les boues vers la zone C et ainsi de suite avec un léger recouvrement des zones. Enfin, on effectue une passe avec une dernière lance ayant des buses fournissant un jet qui couvre la quasi totalité du faisceau tubulaire (zone D sur la figure 10) et assure par entraînement le nettoyage des boues qui auraient pu se redéposer au cours des trois premières passes.

On voit que les quatre passes avec des lances à jet fixe permettent d'évacuer progressivement et toujours dans le même sens les boues vers la périphérie du générateur de vapeur, où elles sont reprises par les tronçons 22.

- Chaque passe est effectuée de la même façon : les lances sont d'abord complètement introduites. Elles sont alimentées en eau sous une pression qui peut varier suivant que l'on veut effectuer un dérochage (ce qui, dans certains cas, peut exiger une pression de l'ordre de 400 bars) ou un simple nettoyage. Les lances sont ensuite déplacées de façon à amener les buses 38 devant le ligament suivant. Pendant cette translation, alors que les buses 38 passent devant des tubes, les jets sont interrompus, ce qui implique un arrêt de 10 secondes environ dans la pratique, l'émission de jet dans chaque espace intertubulaire durant environ 30 secondes en général.

Du fait que les jets ne sont envoyés que dans les ligaments de la plaque tubulaire, on peut utiliser des pressions d'eau très importantes, qui arrachent les dépôts même durcis, sans risquer pour autant d'endommager les tubes.

- Par ailleurs, l'avance des lances et les émissions de jets se faisant par séquences programmées à commande automatique à distance, la présence d'un opérateur à proximité du générateur de vapeur n'est plus nécessaire que lors des opérations de mise en place, de chargement et de démontage de l'équipement, d'où une réduction des doses de rayonnement auxquelles est soumis le personnel de conduite.

- Dans la variante de réalisation montrée en figure 11, on utilise un système d'injection et d'aspiration qui crée une circulation d'eau dans une même direction dans tout l'espace périphérique. Pour cela, on

utilise encore quatre tronçons de tubes, groupés par paires. Chaque paire comprend un tronçon 75 d'injection d'eau sous haute ou moyenne pression et un tronçon 76 relié à une pompe ou à un hydro-éjecteur créant une dépression d'aspiration des boues en suspension. Les tronçons sont orientés de façon à engendrer un courant circulaire à sens unique et les pressions et débits utilisés sont choisis pour
5 que le courant ait une vitesse supérieure à 1,6 m par seconde. On peut ainsi éviter un redépôt des boues en suspension. Le système de collecte est complété par des rampes 21 d'amenée d'eau à basse pression, comme dans le cas précédent.

On peut enfin utiliser, à la place des solutions précédentes ou pour les compléter, une tuyauterie de reprise posée à plat à la périphérie de la plaque, comprenant une chambre centrale d'aspiration 54 de
10 liquide chargé de boues, reliée à des moyens d'aspiration (pompe ou hydro-éjecteur) et deux chambres 55 et 56 d'amenée d'air comprimé, débouchant de part et d'autre de la fente d'entrée de la chambre centrale 54 (Figure 12). Les chambres 55 et 56 communiquent par des orifices calibrés avec la face inférieure plane de la tuyauterie, destinée à s'appliquer sur la plaque tubulaire. Ainsi, l'air comprimé sortant des chambres 55 et 56 remet en suspension les boues qui sont entraînées avec l'eau de nettoyage
15 par la chambre centrale 54. Les jets d'air comprimé constituent un coussin d'air de sustentation de la tuyauterie et facilitent de ce fait la reprise des boues.

On voit que cette dernière solution permet de remettre en suspension les boues éventuellement redéposées en périphérie à la suite d'une interruption momentanée de l'attaque ou de la collecte. Elle permet ainsi de compléter, si nécessaire, l'action du système normal de collecte.

20 La séquence de fonctionnement décrite ci-dessous suppose qu'on effectue plusieurs passes successives en utilisant des lances dont les buses présentent une orientation de plus en plus inclinée sur la verticale. On peut également réaliser le nettoyage en une seule passe, en mettant en œuvre une lance comportant une tête du genre montré en figure 2A. Pour cela, on fait avancer la lance suivant une progression en pas de pèlerin telle que chaque ligament reçoit les jets provenant de la tête suivant quatre
25 séquences successives d'alimentation des têtes. En d'autres termes, la progression peut être représentée par le tableau suivant où m représente le numéro d'ordre du ligament situé le plus près de la rue d'eau, les colonnes correspondent aux séquences d'alimentation de la lance n° 1, 2 ... et les croix indiquent les ligaments qui reçoivent les jets.

30

35

40

45

	n	$n+1$	$n+2$
m	x		
$m-1$	x	x	
$m-2$	x	x	x
$m-3$	x	x	x
$m-4$		x	x
$m-5$			x
$m-6$			
.....			

50 Revendications

1. Procédé d'élimination des boues sur la plaque tubulaire (2) de générateurs de vapeur comportant, dans une enceinte cylindrique à axe vertical (1) fermée par la plaque, un faisceau de tubes parallèles
55 reliés à ladite plaque, répartis en nappes et parcourus par un fluide primaire à haute température, suivant lequel on déplace radialement au moins une lance à partir du centre de la plaque tubulaire, parallèlement à la plaque tubulaire et à proximité de celle-ci, on dirige deux jets de liquide de nettoyage vers la plaque, à partir de la partie terminale de la lance (19) et dans des directions fixes et symétriques par rapport à la direction des nappes, et on évacue simultanément le liquide de nettoyage depuis la périphérie du faisceau, caractérisé en ce qu'on déplace la lance entre deux nappes courantes de tubes, on envoie les
60 jets sous haute pression, typiquement d'au moins 200 bars, et on interrompt les jets au passage devant les tubes (7).

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on effectue plusieurs passes successives en utilisant des lances différentes, dirigeant des jets qui frappent la plaque en des zones de plus en plus éloignées de la lance.

65 3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, le générateur de vapeur étant du

type à tubes en U (7), les branches chaudes et froides des tubes étant séparées par une rue d'eau, on déplace les lances radialement entre deux nappes de tubes perpendiculairement à la direction de la rue d'eau (13) et à proximité immédiate de la plaque tubulaire.

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on déplace simultanément et symétriquement deux lances à partir du centre du générateur de vapeur de façon à balayer la totalité de la plaque tubulaire.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on collecte le liquide chargé en boues à la périphérie du faisceau et en ce qu'on l'évacue vers des conduites de collecte (22) sortant de l'enceinte (1) par des trous (17) orientés perpendiculairement au trou (16) d'entrée de la lance ou de chaque lance (19).

6. Dispositif d'élimination des boues sur la plaque tubulaire (2) de générateurs de vapeur comportant, dans une enceinte cylindrique à axe vertical (1) fermée par la plaque, un faisceau de tubes parallèles reliés à ladite plaque répartis en nappes et parcourus par un fluide primaire à haute température, dispositif comportant : au moins une lance de projection de liquide de nettoyage qui présente une partie terminale munie de buses d'orientation fixe, telle que les buses dirigent des jets obliques sensiblement symétriques par rapport à la direction d'une nappe vers la plaque tubulaire ; des moyens pour alimenter en eau la lance ; un mécanisme situé à l'extérieur de l'enceinte pour déplacer radialement la lance à travers un trou de l'enceinte ; et des moyens de collecte et d'évacuation du liquide chargé en boues à la périphérie du faisceau de tubes, caractérisé en ce que la lance a une épaisseur suffisamment faible pour passer entre deux nappes de tubes et en ce que les moyens d'alimentation sont prévus pour interrompre l'alimentation en liquide sous haute pression lors du passage des buses devant les tubes (7).

7. Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la partie terminale de la lance est constituée par une tête ayant une section droite de forme plate à au moins deux buses latérales superposées, tête d'épaisseur telle qu'elle s'insère entre deux nappes de tubes sans pouvoir tourner, la hauteur de la lance étant choisie pour présenter une rigidité évitant toute flexion notable dans le sens vertical tout en autorisant le passage par un trou ménagé à travers l'enceinte.

8. Dispositif suivant la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que la partie terminale de la lance est munie d'un orifice dirigé vers le haut pour donner naissance à un jet d'équilibrage des jets dirigés vers la plaque.

9. Dispositif suivant la revendication 6, 7 ou 8, destiné à un générateur de vapeur dans lequel l'espace disponible à l'extérieur de l'enceinte au droit des trous d'introduction de la lance est inférieur à la saillie maximale de celle-ci à l'intérieur de l'enceinte, caractérisé en ce que la lance est constituée de façon à être déformable en plan, tout en étant rigide en direction verticale et en ce que le mécanisme d'entraînement impose à la lance un coude dans le plan horizontal à la sortie de l'enceinte.

10. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que la lance ou chaque lance porte un détecteur de proximité des tubes, par exemple du type à courant de Foucault.

40 Claims

1. A process for removal of sludge deposits on the tube plate (2) of steam generators which comprise, in a vertical cylindrical enclosure (1) closed by the plate, a bundle of parallel tube connected to said plate, distributed into sheets and along which a hot primary fluid flows, including radially moving at least one lance from the center of the tube plate in a direction parallel to the tube plate and in close proximity to the latter, directing toward the plate two streams of cleaning liquid from the end portion of the lance (19) and in directions which are fixed and symmetrical with respect to the direction of the sheets, and simultaneously evacuating the cleaning liquid from the periphery of the bundle, characterized in that the lance is moved between two regular sheets of tubes, the streams are delivered under a high pressure, typically of at least 200 bars, and the streams are cut off as they confront the tubes (7).

2. Process according to claim 1, characterized in that several sequences are carried with different lances, which direct streams which strike the tube plate in zones which are more and more remote from the lance.

3. Process according to claim 1 or 2, characterized in that, the steam generator being of the U-tube type (7), the hot and cold legs of the tubes being separated by a tube lane, the lances are moved radially between two sheets of tubes perpendicularly to the direction of the tube lane (13) and in close proximity to the tubular plate.

4. Process according to any one of the preceding claims, characterized in that two lances are moved simultaneously and symmetrically from the center of the steam generator for sweeping the whole of the tubular plate.

5. Process according to any one of the preceding claims, characterized in that the sludge loaded liquid is collected at the periphery of the bundle and is evacuated toward headers (22) projecting out of the enclosure (1) through holes (17) aligned perpendicularly to the hole (16) through which the lance or each lance (19) is inserted.

6. Apparatus for removing the sludge on the tube plate (2) of steam generators comprising, in a

vertical cylindrical enclosure (1) closed by the plate, a bundle of parallel tubes connected to the plate, distributed into sheets and flowed by a primary high temperature fluid, the apparatus comprising : at least one lance for projecting cleaning fluid which has an end portion provided with nozzle jets of fixed angular position, selected for the nozzle jets to direct slanted streams approximately symmetrical with respect to the direction of a sheet and toward the tube plate ; means for feeding water to the lance ; a mechanism located outside of the enclosure for radially moving the lance through a hole of the enclosure ; and means for collecting and evacuating the sludge loaded liquid at the periphery of the bundle of tubes, characterized in that the lance has a transversal size which is small enough for being insertable between two sheets of tubes and in that the feeding means are arranged for cutting off feed of high pressure liquid when the nozzle jets confront the tubes (7).

7. Apparatus according to claim 6, characterized in that the end portion of the lance consists of a head having a flat cross-section with at least two lateral nozzle jets, the thickness of the head being such that it is insertable between two sheets of tubes while being unable to rotate, the height of the lance being selected for offering a rigidity which prevents substantial flexure in the vertical direction while authorizing insertion through the hole formed in the enclosure.

8. Apparatus according to claim 6 or 7, characterized in that the end portion of the lance is provided with a port directed upwardly for delivering a stream which balances the streams directed toward the plate.

9. Apparatus according to claim 6, 7 or 8, for use in a steam generator in which the space available outside of the enclosure in front of the holes through which the lance is inserted is lower than the maximum length of the lance outside of the enclosure, characterized in that the lance is constructed for being deformable in a horizontal direction while it is rigid in the vertical direction, and in that the driving mechanism bends the lance in the horizontal plane at the outlet of the enclosure.

10. Apparatus according to any one of claims 6-9, characterized in that the lance or each lance has a tube-proximity detector, for instance of the eddy current type.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen von Schlamm an der Rohrplatte (2) eines Dampferzeugers mit einem in einem zylinderförmigen, durch die Rohrplatte abgeschlossenen Behälter (1) mit vertikaler Achse angeordnetem Bündel paralleler, mit der Platte verbundener, in Reihen verteilter, von einem Primärfluid hoher Temperatur durchströmter Rohre, wonach mindestens ein Düsenrohr von der Mitte der Platte aus dicht an ihr entlang und parallel zu dieser radial bewegt wird, zwei Strahlen einer Reinigungsflüssigkeit vom Endbereich des Düsenrohrs (19) aus in festgelegte Richtungen und symmetrisch zur Richtung der Reihen auf die Platte gerichtet werden und die Reinigungsflüssigkeit gleichzeitig vom Rand des Bündels aus abgezogen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Düsenrohr zwischen zwei Rohrreihen bewegt wird, die Flüssigkeitsstrahlen unter hohem Druck, typischerweise mindestens 200 bar, abgegeben werden und die Flüssigkeitsstrahlen beim Passieren der Rohre (7) unterbrochen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere aufeinanderfolgende Durchläufe durchgeführt werden, indem verschiedene, die Flüssigkeitsstrahlen lenkende Düsenrohre verwendet werden, wobei die Flüssigkeitsstrahlen die Platte in Bereichen beaufschlagen, die immer weiter von dem Düsenrohr entfernt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Dampferzeuger U-förmige Rohre (7) aufweist, wobei die Kalt- und Warmwasserzweige der Rohre durch eine Wasserpassage voneinander getrennt sind und die Düsenrohre radial zwischen zwei Rohrreihen senkrecht zur Richtung der Wasserpassage (13) und in unmittelbarer Nähe der Rohrplatte verschoben werden.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig symmetrisch von der Mitte des Dampferzeugers aus zwei Düsenrohre so bewegt werden, daß die gesamte Rohrplatte überstrichen wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Schlamm beaufschlagte Flüssigkeit am Rand des Bündels gesammelt wird und diese in Sammelrohre (22) abgeführt wird, die durch Öffnungen (17) aus dem Behälter (1) austreten, die zur Eintrittsöffnung (16) des Düsenrohrs oder jeden Düsenrohrs (19) senkrecht angeordnet sind.

6. Vorrichtung zum Entfernen von Schlamm an der Rohrplatte (2) eines Dampferzeugers mit einem im einem zylinderförmigen, durch die Rohrplatte abgeschlossenen Behälter (1) mit vertikaler Achse angeordnetem Bündel paralleler, mit der Platte verbundener, in Reihen verteilter, von einem Primärfluid hoher Temperatur durchströmter Rohre, mit mindestens einem Düsenrohr zum Verspritzen einer Reinigungsflüssigkeit mit einem Endbereich, der mit Spritzdüsen fester Ausrichtung versehen ist, so daß die Spritzdüsen die Strahlen schräg und etwa symmetrisch zur Richtung einer Rohrreihe auf die Rohrplatte richten, Wasserzufuhreinrichtungen für das Düsenrohr, einem außerhalb des Behälters angeordneten Mechanismus zum radialen Bewegen des Düsenrohrs durch eine Öffnung des Behälters und Einrichtungen zum Sammeln und Entfernen der mit Schlamm beaufschlagten Flüssigkeit am Rand des Rohrbündels, dadurch gekennzeichnet, daß das Düsenrohr hinreichend schmal ist, um zwischen zwei Rohrreihen passieren zu können und daß die Zufuhreinrichtungen so ausgelegt sind, daß sie die

Versorgung mit Druckflüssigkeit unterbrechen, wenn die Spritzdüsen an den Rohren (7) vorbeigeführt werden.

5 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Endbereich des Düsenrohrs aus einem Kopf mit gerader, flacher Querschnittsfläche mit mindestens zwei übereinander angeordneten seitlichen Spritzdüsen besteht, wobei der Kopf so breit ist, daß sich dieser zwischen zwei Rohrreihen einfügt, ohne sich drehen zu können und die Höhe des Düsenrohrs so gewählt ist, daß dieses eine Steifigkeit aufweist, die jedwede bemerkenswerte Verbiegung in senkrechter Richtung verhindert und den Durchgang durch eine in dem Behälter angebrachte Öffnung ermöglicht.

10 8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Endbereich des Düsenrohrs mit einer nach oben gerichteten Öffnung versehen ist, um einen Ausgleichsstrahl zu den auf die Platte gerichteten Strahlen zu erzeugen.

15 9. Vorrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 8, für einen Dampferzeuger, bei dem der außerhalb des Behälters im Bereich der Öffnungen zum Einführen des Düsenrohrs zur Verfügung stehende Platz kleiner ist, als die maximale Ausladung des Düsenrohrs im Inneren des Behälters, dadurch gekennzeichnet, daß das Düsenrohr in der Horizontalen verbiegbar und in Vertikalrichtung steif ausgelegt ist und dadurch, daß

20 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Düsenrohr oder jedes Düsenrohr einen Detektor, z. B. einen Wirbelstrom-Detektor, zum Erfassen der Nähe von Rohren aufweist.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig.1.

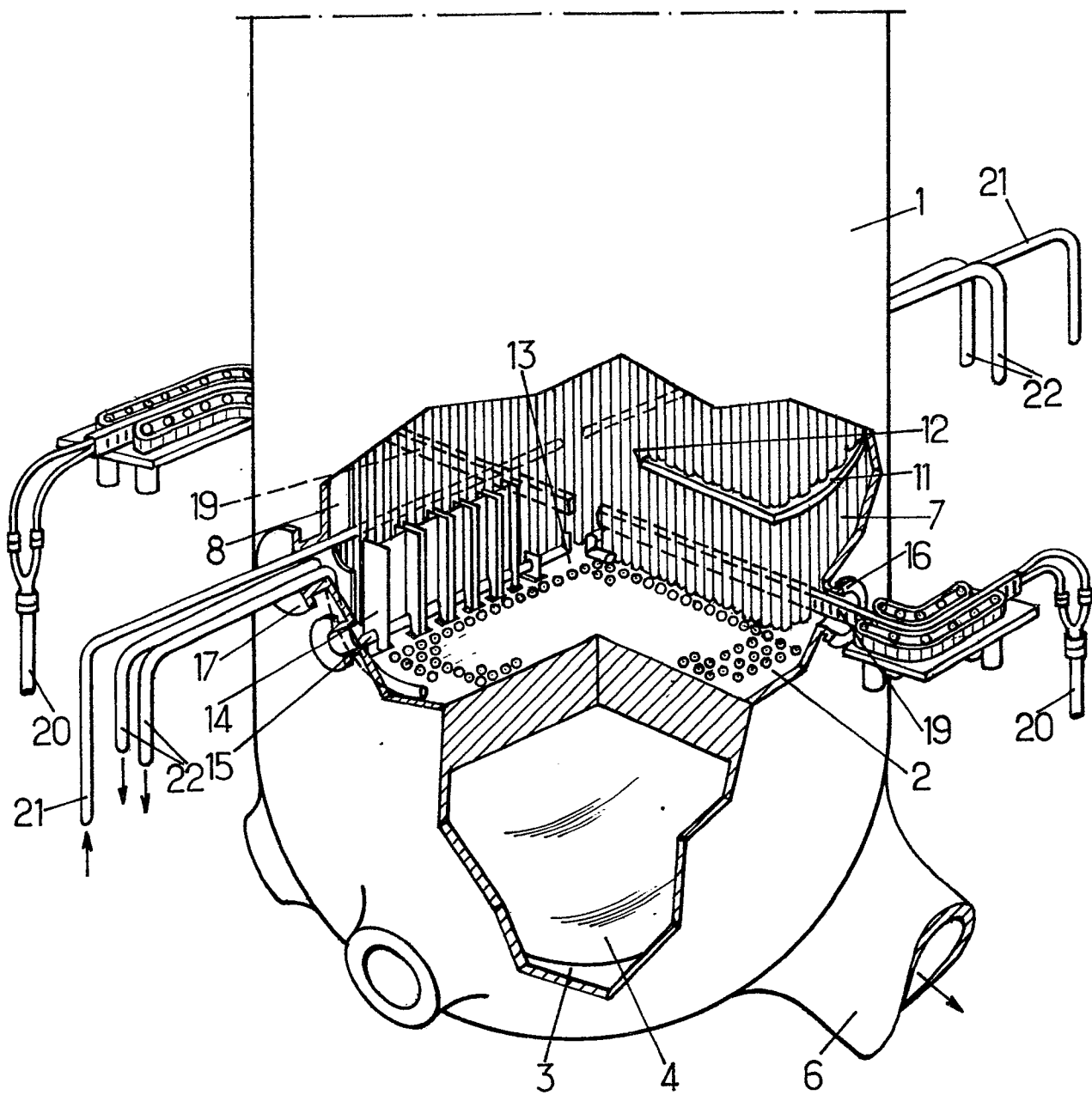


Fig.2B.

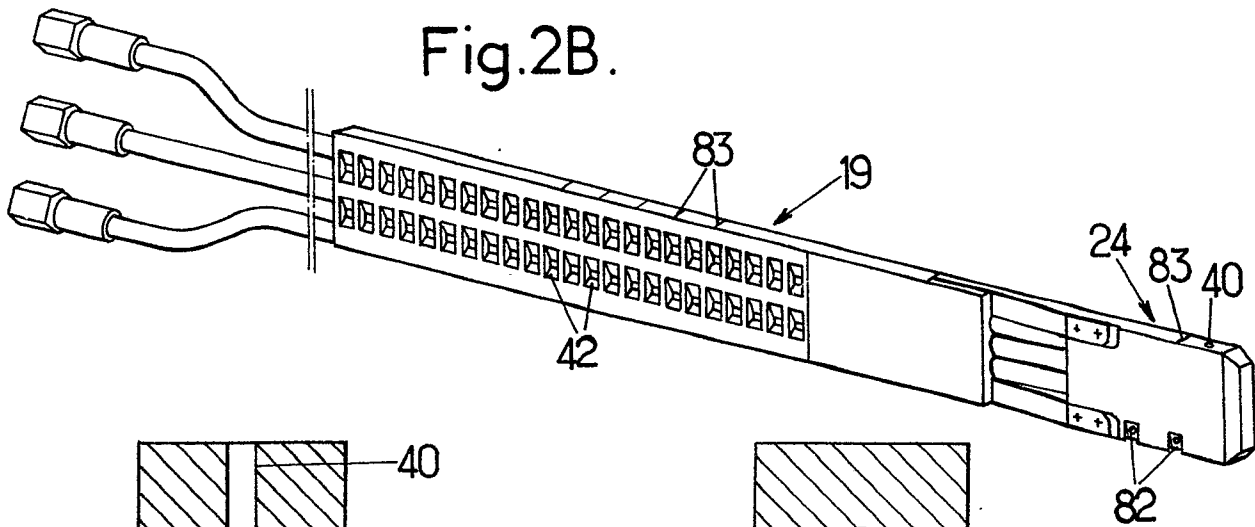


Fig.2A.

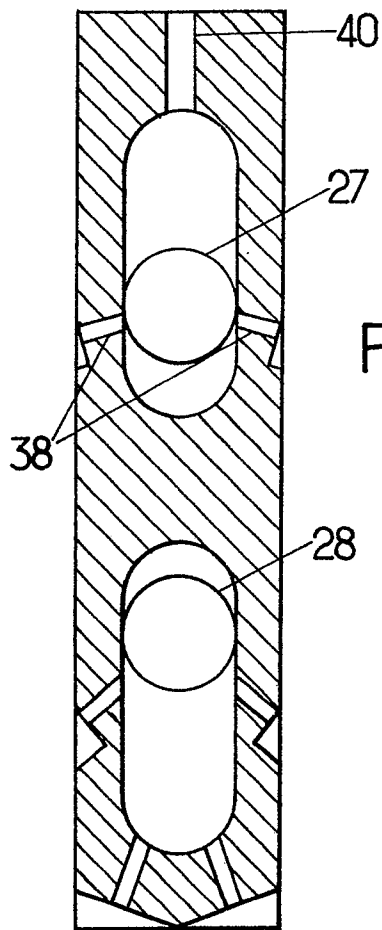


Fig.2D.

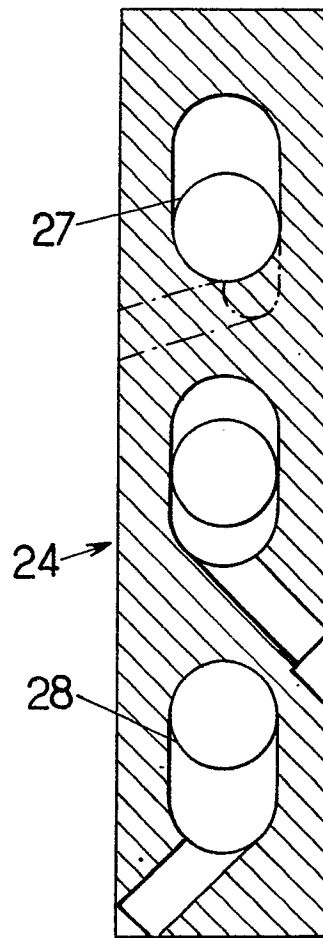
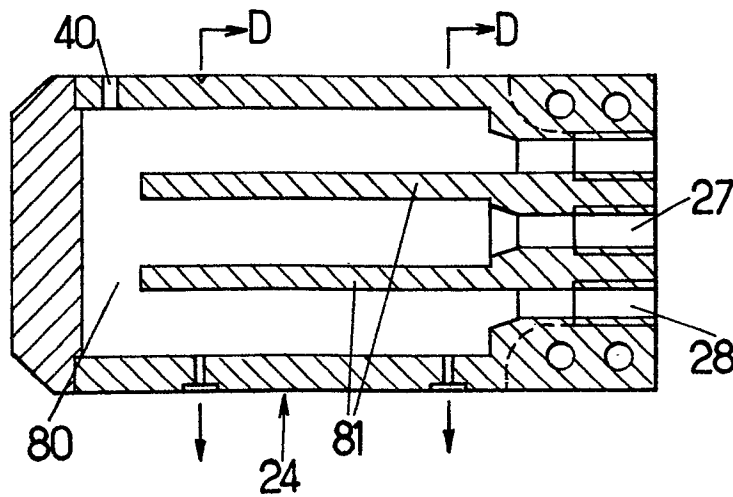
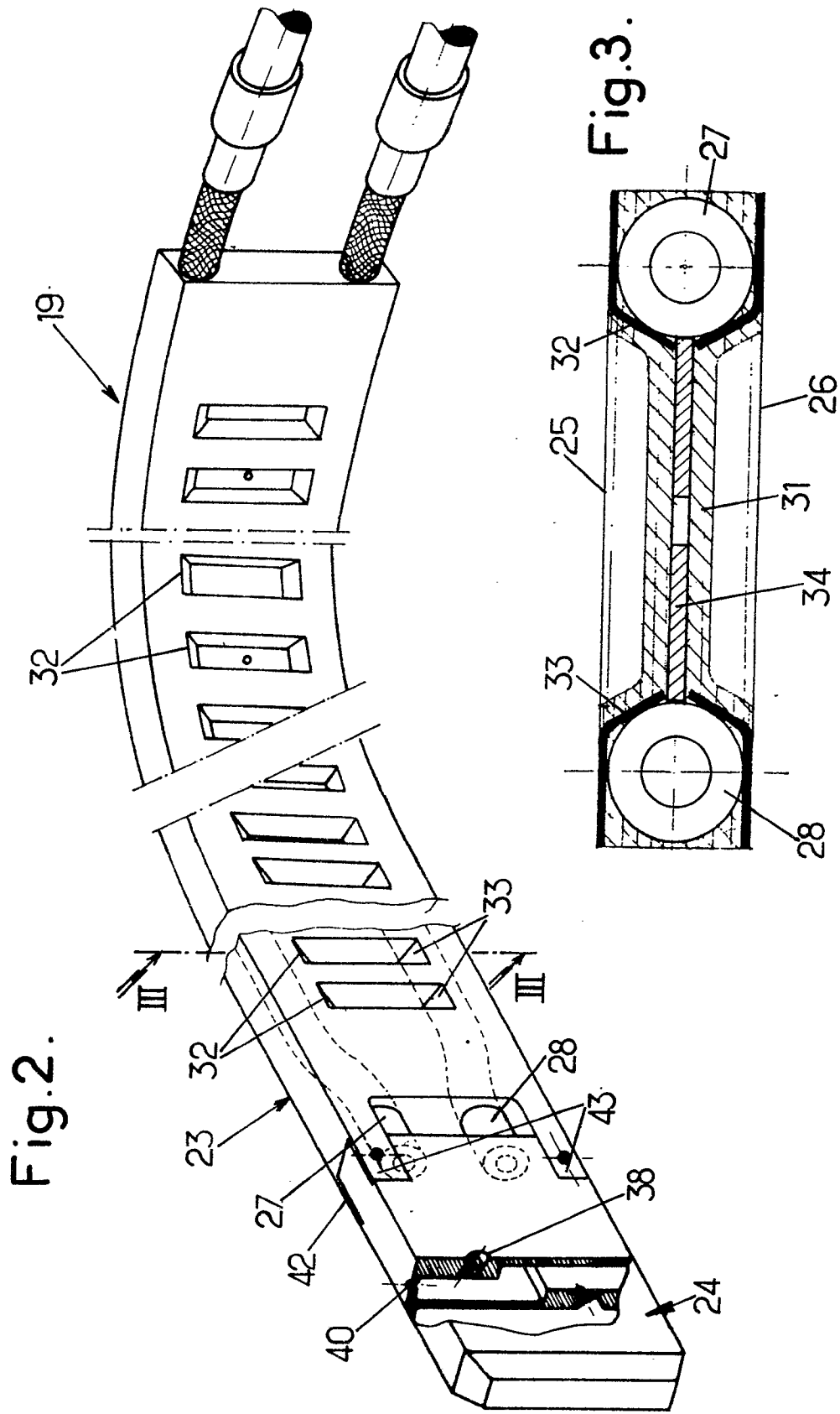


Fig.2C.





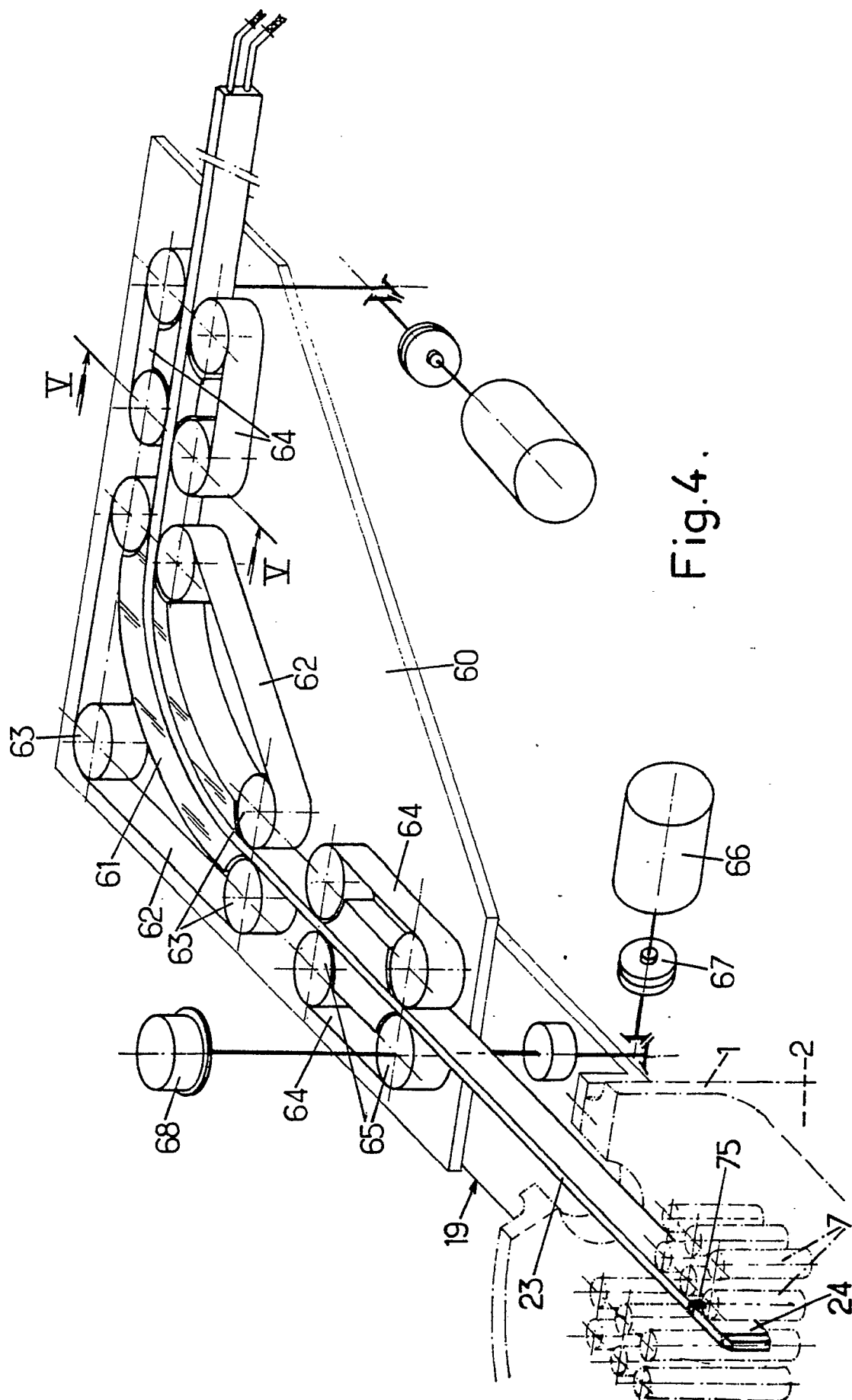


Fig. 4.

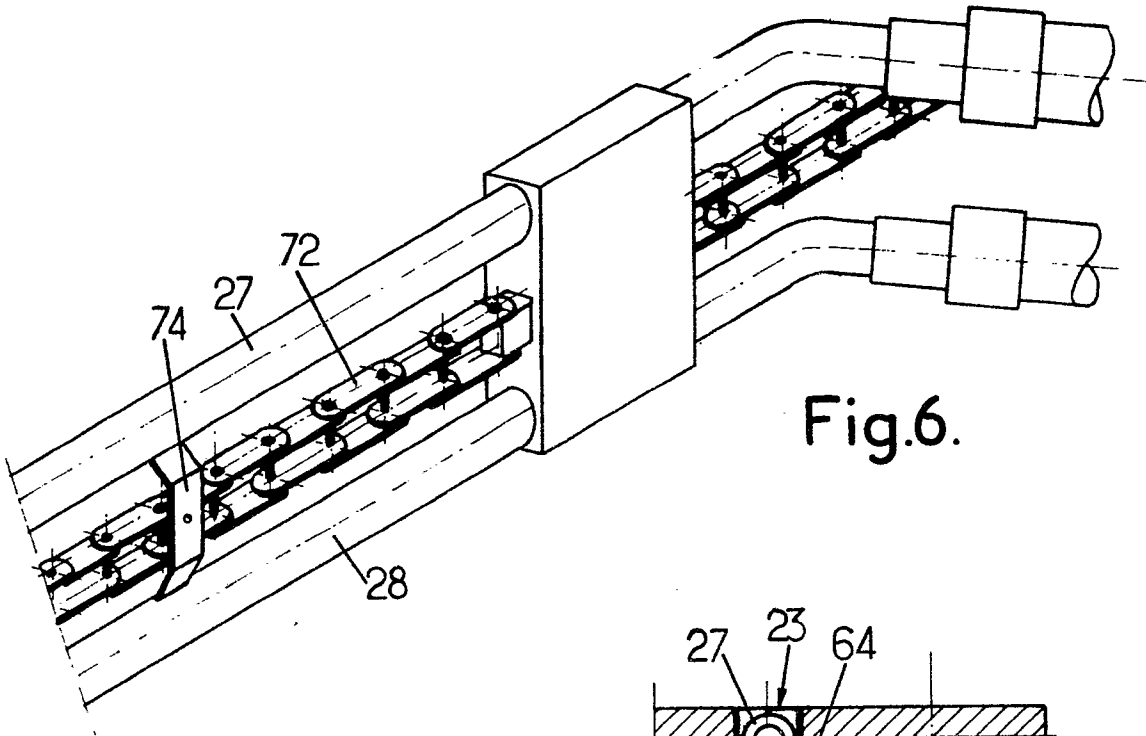


Fig. 5.

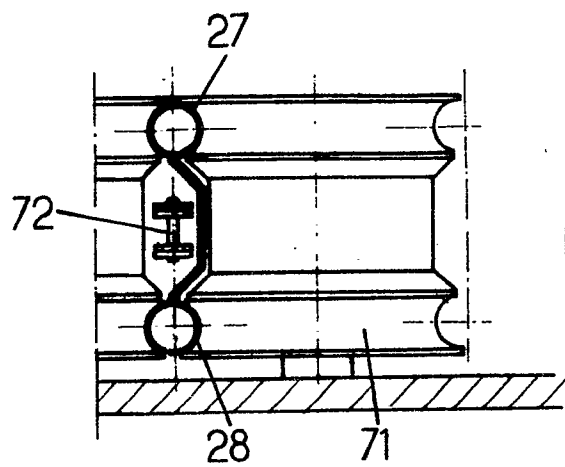
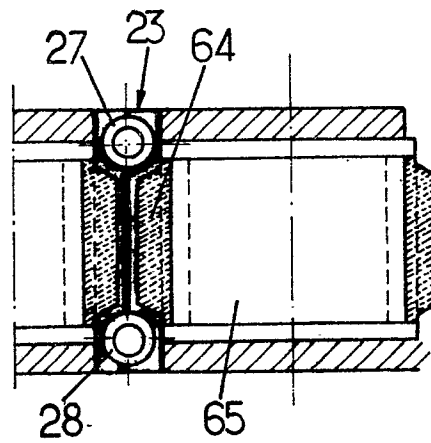


Fig. 8.

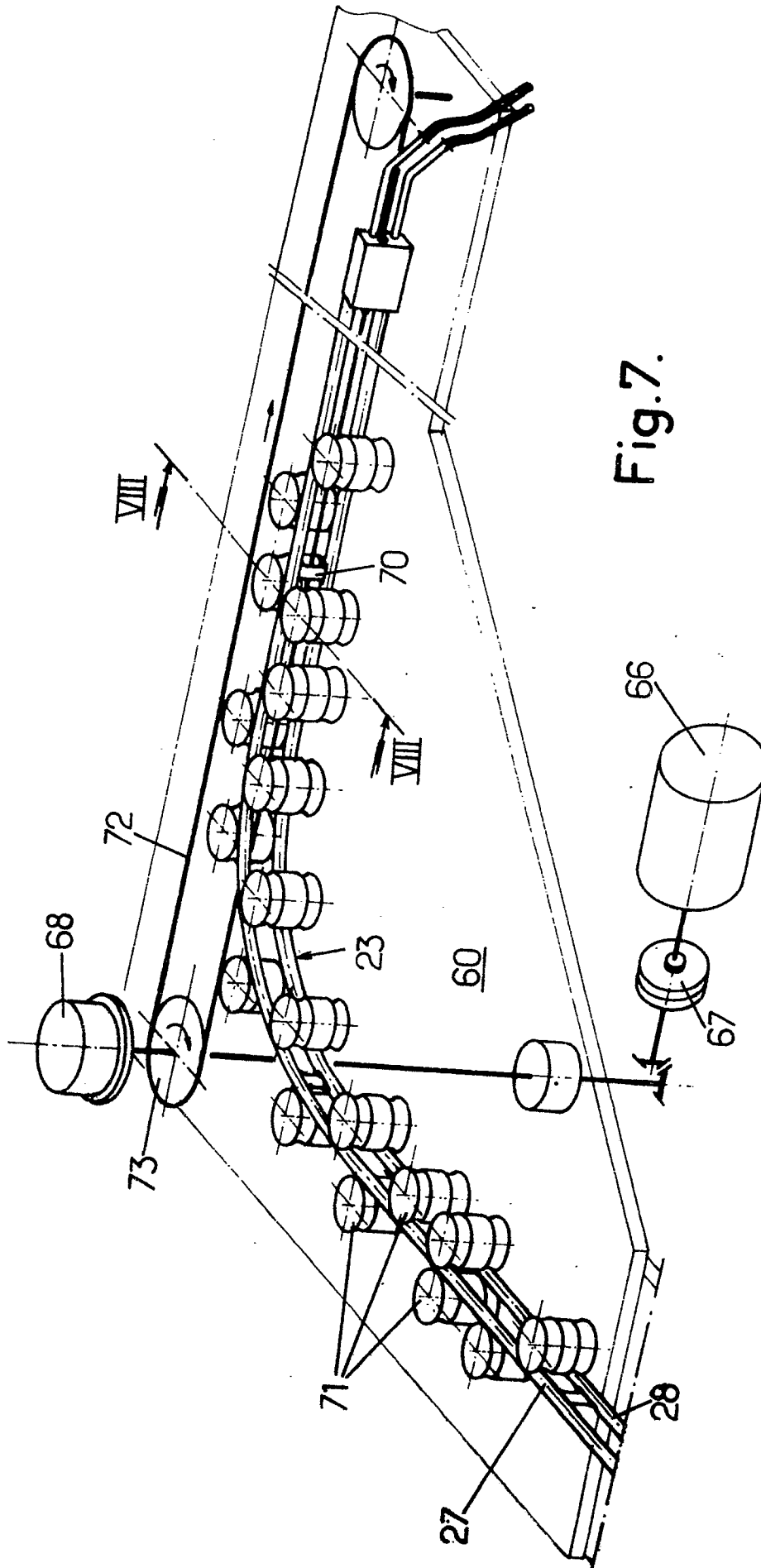


Fig. 7.

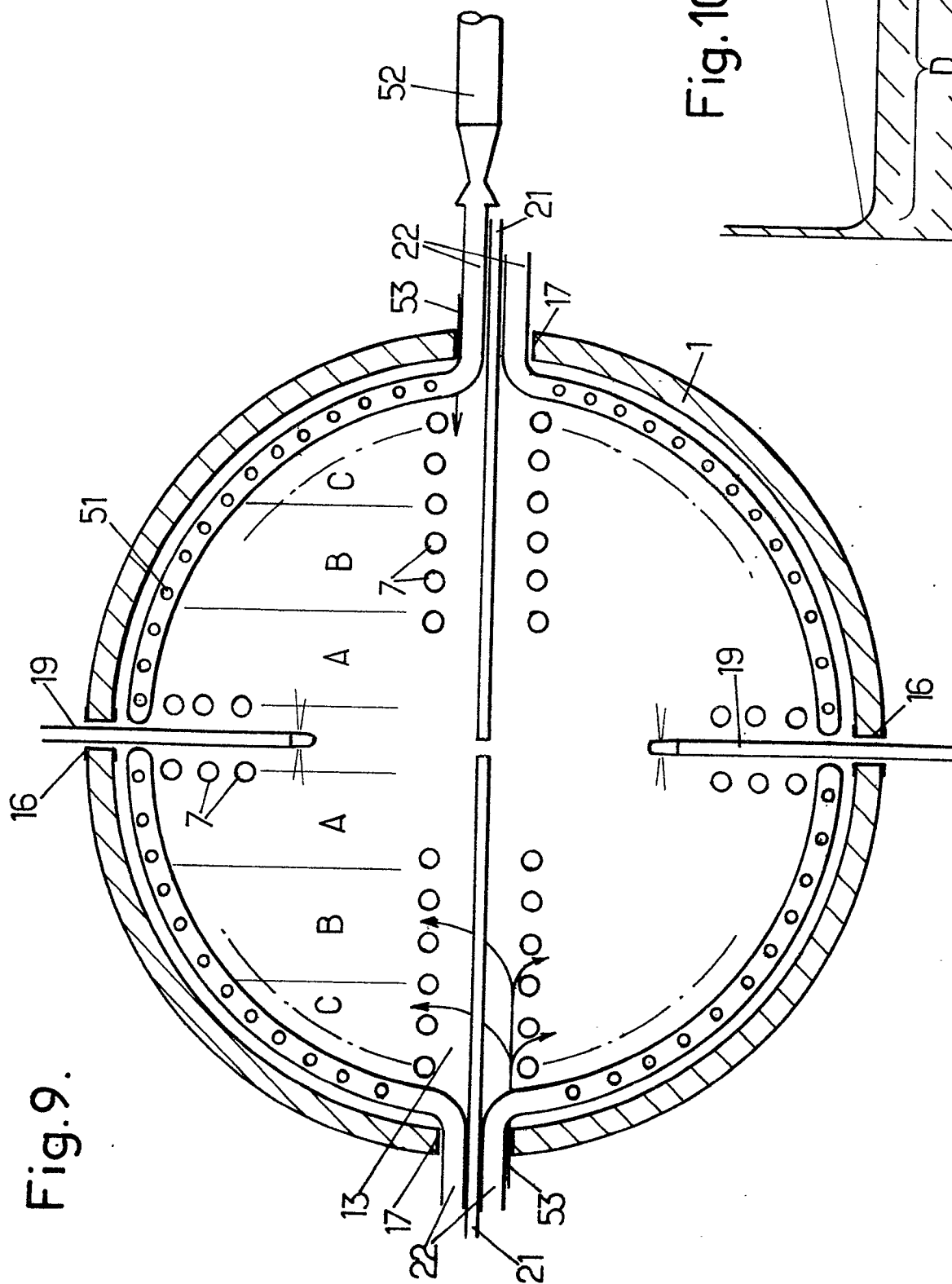


Fig. 9.

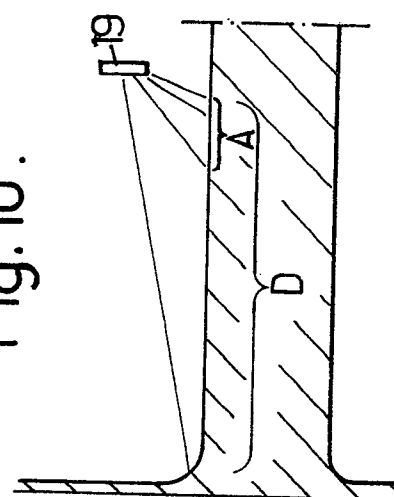


Fig. 10.

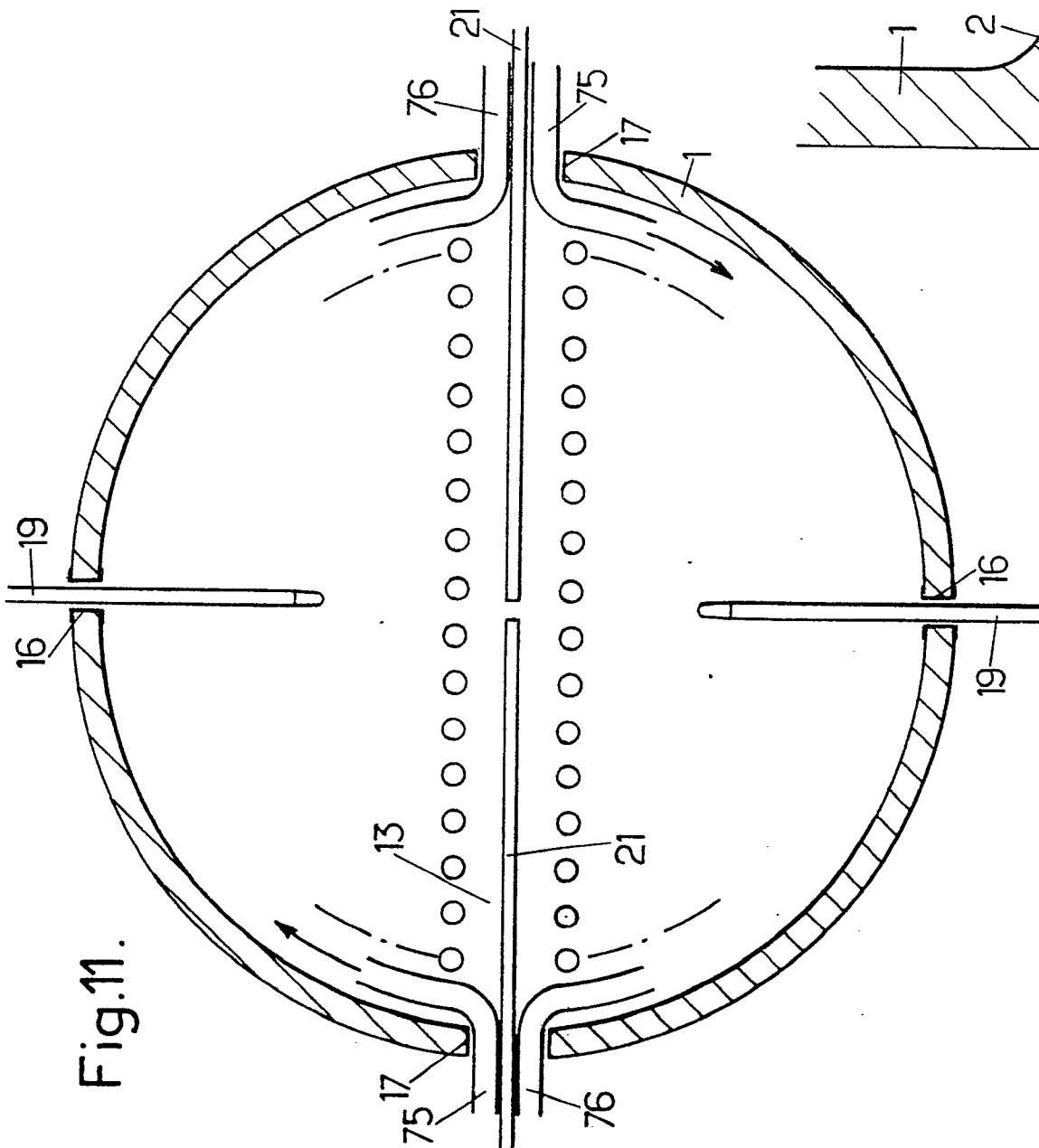


Fig.12.

