

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **88400413.6**

(51) Int. Cl.⁴: **C 21 D 9/08**
H 05 B 3/54

(22) Date de dépôt: **23.02.88**

(30) Priorité: **25.03.87 FR 8704158**

(43) Date de publication de la demande:
05.10.88 Bulletin 88/40

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

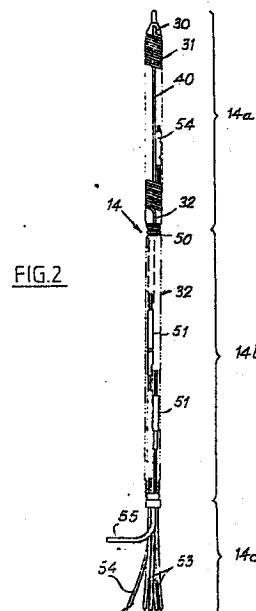
(71) Demandeur: **FRAMATOME**
Tour Fiat 1 place de la Coupole
F-92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeur: **Jacquier, Paul**
37 Chemin des Bruyères
F-69160 Tassin La Demi Lune (FR)

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

(54) **Dispositif de chauffage en particulier pour le traitement thermique d'un tube de petit diamètre et de forme courbe et utilisation de ce dispositif.**

(57) L'élément de chauffage (14) comporte un enroulement hélicoïdal (31) constitué à partir d'un fil de résistance de chauffage. Le fil de chauffage constitue l'âme centrale d'un câble coaxial (32) comportant une enveloppe externe tubulaire métallique et un isolant intercalé entre l'âme centrale et l'enveloppe externe. Le câble coaxial (32) constitue un enroulement hélicoïdal (31). Le dispositif peut être utilisé en particulier pour le traitement thermique des petits cintres d'un faisceau d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.



Description

Dispositif de chauffage en particulier pour le traitement thermique d'un tube de petit diamètre et de forme courbe et utilisation de ce dispositif

L'invention concerne un dispositif de chauffage pour le traitement thermique d'un tube de petit diamètre et de forme courbe sur une partie au moins de sa longueur et l'utilisation de ce dispositif de chauffage, en particulier pour le traitement thermique de tubes de générateur de vapeur.

Les générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression comportent un faisceau constitué par plusieurs milliers de tubes d'un diamètre voisin de deux centimètres, en forme de U. Chacun des tubes comporte deux branches rectilignes ayant une longueur voisine de dix mètres dont les extrémités sont fixées dans la plaque tubulaire du générateur de vapeur et une partie courbe sensiblement semi-circulaire joignant les deux branches rectilignes à leur partie supérieure.

Les parties courbes ou cintres des tubes d'un faisceau ne sont pas identiques entre elles, la dimension et le rayon de courbure des cintres dépendent de la position des tubes dans le faisceau. Les cintres des tubes disposés à la partie centrale du faisceau ou petits cintres ont un rayon de courbure beaucoup plus faible que les cintres des tubes situés vers l'extérieur du faisceau.

Les tubes du faisceau d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression sont en contact, pendant le fonctionnement du réacteur, sur leur surface intérieure, avec l'eau sous pression circulant dans le circuit primaire et la cuve du réacteur et, par leur surface extérieure, avec l'eau d'alimentation qui est introduite dans l'enveloppe du générateur de vapeur pour être chauffée et vaporisée par la chaleur apportée par l'eau primaire.

Les tubes d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression sont soumis à une corrosion en service qui peut se traduire, après une longue durée de fonctionnement, par une fissuration de ces tubes dans certaines zones sensibles telles que la zone de transition entre la partie du tube déformée à l'intérieur de la plaque tubulaire, lors de sa fixation par sertissage et la partie non déformée du tube ou encore la zone des cintres et de raccordement avec les branches rectilignes. Cette corrosion et cette fissuration accrues dans certaines zones du tube sont liées à la présence, dans la paroi de ce tube, de contraintes internes résultant des opérations mécaniques mises en oeuvre lors du formage et de la mise en place du faisceau et des sollicitations externes d'origine thermique ou mécanique subies par le faisceau, pendant le fonctionnement du réacteur.

On a proposé diverses méthodes de détensionnement mécanique des tubes qui ont été mises en oeuvre surtout pour le détensionnement des zones des tubes situées à l'intérieur ou au voisinage de la plaque tubulaire.

On a également proposé d'effectuer un détensionnement thermique des cintres en introduisant un élément de chauffage à résistance électrique dans chacun des tubes à traiter, depuis la boîte à

eau du générateur de vapeur, en disposant l'élément de chauffage dans la zone du cintre et en assurant un chauffage du cintre pendant une durée déterminée, en alimentant la résistance de chauffage en courant électrique.

Il est bien évident que l'opération de mise en place de l'élément de chauffage dans la zone du cintre est d'autant plus difficile à réaliser que le rayon de courbure du cintre est faible. Le traitement thermique des petits cintres du faisceau est donc une opération délicate qui demande l'utilisation d'éléments de chauffage d'une structure particulière et pouvant s'accommoder d'une mise en place dans une partie du tube à faible rayon de courbure.

De tels éléments de chauffage peuvent comporter un mandrin flexible sur lequel un fil de résistance électrique est enroulé en hélice pour constituer un enroulement dont le diamètre extérieur est inférieur au diamètre intérieur du tube à traiter.

La réalisation d'un mandrin flexible pouvant prendre la courbure des petits cintres et pouvant assurer un déplacement et une mise en place satisfaisante de l'élément de chauffage est extrêmement délicate et coûteuse. D'autre part, il est nécessaire de prévoir une isolation électrique et/ou thermique efficace entre l'enroulement et le mandrin.

En outre, les tubes du générateur de vapeur sont très souvent légèrement ovalisés dans la zone des cintres, si bien qu'il est nécessaire de prévoir des éléments de chauffage dont le diamètre est très nettement inférieur au diamètre intérieur du tube et l'efficacité et le rendement du chauffage électrique sont alors médiocres.

Les éléments de chauffage connus ne permettent pas non plus d'injecter un gaz de balayage dans la zone de chauffage pour homogénéiser la température de traitement le long du cintre.

Enfin, dans le cas où il est nécessaire d'effectuer un traitement de longue durée des tubes du générateur de vapeur, ce traitement doit être effectué en parallèle sur un nombre de tubes qui peut être important, pour éviter un temps total de traitement qui ne serait pas compatible avec le programme d'entretien du réacteur nucléaire lors d'un arrêt. Il faut alors disposer d'un grand nombre d'éléments de chauffage et si le coût de ces éléments de chauffage est élevé, l'investissement nécessaire pour effectuer le traitement de détensionnement est important.

Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif de chauffage pour le traitement thermique d'un tube de petit diamètre et de forme courbe sur une partie au moins de sa longueur, comportant un élément de chauffage flexible constitué par un fil de résistance électrique enroulé en hélice pour constituer un enroulement dont le diamètre extérieur est inférieur au diamètre intérieur du tube, ainsi qu'un ensemble de moyens pour le guidage, le déplacement et le repérage de l'élément de chauffage dans

le tube, ce dispositif étant d'une structure simple et peu coûteuse pouvant s'adapter facilement à la forme du tube à traiter et permettant un balayage de la zone de chauffage par du gaz.

Dans ce but, le fil de chauffage à résistance électrique constitue l'âme centrale d'un câble coaxial comportant une enveloppe externe métallique et un isolant intercalé entre l'âme centrale et l'enveloppe externe et le câble coaxial est enroulé pour constituer un enroulement hélicoïdal.

L'invention est également relative à l'utilisation du dispositif suivant l'invention, en particulier pour effectuer le traitement thermique de détensionnement des petits cintres d'un faisceau de générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation d'un dispositif de chauffage suivant l'invention et son utilisation pour le détensionnement de petits cintres d'un faisceau d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 1 est une vue schématique de l'ensemble du dispositif de chauffage utilisé pour le traitement thermique des petits cintres du générateur de vapeur.

La figure 1a est une vue en coupe d'une bobine de stockage d'un élément de chauffage.

La figure 2 est une vue en élévation et en coupe partielle d'un élément de chauffage du dispositif suivant l'invention.

Les figures 2a et 2b sont des vues en coupe longitudinale de la partie terminale d'un élément de chauffage suivant l'invention et suivant deux modes de réalisation différents.

La figure 3 est une vue en coupe longitudinale de la partie arrière d'un élément de chauffage.

La figure 4 est une vue en coupe transversale d'un câble coaxial constituant l'enroulement d'un élément de chauffage suivant l'invention.

La figure 5 est une vue en coupe suivant 5-5 de la figure 3.

La figure 6 est une coupe suivant 6-6 de la figure 2b.

Les figures 7a, 7b, 7c et 7d sont des vues d'ensemble du dispositif de chauffage au cours de quatre phases successives d'une opération permettant de mettre en oeuvre un élément de chauffage pour effectuer le traitement thermique d'un petit cintre du faisceau d'un générateur de vapeur.

La figure 8 est une vue à plus grande échelle d'une partie de la figure 7d montrant l'élément de chauffage en position de service dans un petit cintre.

Sur la figure 1, on voit la partie inférieure d'un générateur de vapeur 1 comportant une plaque tubulaire 2 de forte épaisseur dans laquelle sont serties les extrémités de tubes en U 3 constituant le faisceau du générateur de vapeur. Sur la figure 1, le diamètre des tubes 3 a été considérablement exagéré par rapport aux dimensions de la plaque tubulaire et du faisceau, pour faciliter la représenta-

tion du dispositif de chauffage. On a représenté deux tubes 3 disposés vers la partie centrale du faisceau, dont la partie supérieure 3a recourbée suivant une forme semicirculaire constitue un petit cintre du faisceau.

Le dispositif selon l'invention représenté sur la figure 1 est utilisé pour le traitement thermique des parties 3a des tubes 3.

La partie du générateur de vapeur située en-dessous de la plaque tubulaire 2 constitue une boîte à eau 4 en deux parties 4a et 4b séparées par une cloison 5.

L'une des parties de la boîte à eau est reliée à une tuyauterie du circuit primaire du réacteur amenant, pendant le fonctionnement du réacteur nucléaire, l'eau primaire sous pression échauffée au contact du coeur, depuis la cuve du réacteur jusqu'au générateur de vapeur. L'autre partie de la boîte à eau 4 est reliée à une tuyauterie du circuit primaire du réacteur assurant, pendant le fonctionnement du réacteur, le retour de l'eau primaire refroidie dans le générateur de vapeur vers la cuve. L'eau primaire circule à l'intérieur des tubes 3 entre l'une de leurs extrémités constituant une extrémité d'entrée débouchant dans l'une des parties 4a ou 4b de la boîte à eau 4 et leur autre extrémité, ou extrémité de sortie, débouchant dans l'autre partie 4a ou 4b de la boîte à eau 4.

Sur la figure 1, on n'a pas représenté les tuyauteries primaires reliées au générateur de vapeur.

Chacune des parties 4a, 4b de la boîte à eau comporte un trou d'homme respectif 6a, 6b qui est fermé par une tige étanche et résistant à la pression, pendant le fonctionnement normal du réacteur nucléaire.

Le traitement des tubes du générateur de vapeur est effectué, lorsque le réacteur nucléaire est à l'arrêt, pendant une phase d'entretien et de réparation de ce réacteur.

Le dispositif de chauffage suivant l'invention est mis en oeuvre à l'intérieur du générateur de vapeur en utilisant les parties 4a et 4b de la boîte à eau comme compartiments d'accès aux tubes du réacteur. Les trous d'homme 6a et 6b sont alors ouverts pour permettre le passage de l'outillage nécessaire pour le traitement des tubes.

Pour la mise en oeuvre du dispositif de chauffage suivant l'invention, dans un tube 3 du générateur de vapeur, on utilise, dans chacune des parties 4a, 4b de la boîte à eau, une machine de manutention d'un type connu venant se fixer sous la face d'entrée de la plaque tubulaire, dans les extrémités débouchantes de tubes du faisceau et permettant la mise en place d'outillages successivement au niveau de chacune des extrémités des tubes à traiter affleurant la face d'entrée de la plaque tubulaire. Une telle machine de manutention est bien connue et est utilisée de façon courante, pour le contrôle, le bouchage, le traitement mécanique ou la réparation par chemisage des tubes du faisceau.

Toutes les opérations de manutention peuvent être commandées à distance depuis un poste de contrôle extérieur à la boîte à eau du générateur de vapeur dans laquelle règne une certaine radio-acti-

vité.

La machine de manutention permet de mettre en place, dans la partie 4a de la boîte à eau, sous la face d'entrée de la plaque tubulaire 2, un dispositif porteur 8, dans le prolongement d'une extrémité d'un tube 3 affleurant cette face d'entrée. Le dispositif de manutention permet également de mettre en place dans la partie 4b de la boîte à eau, un dispositif porteur 9 sur lequel sont fixés un tireur-pousseur 10 et un conduit de guidage 11 de forme courbe. Le conduit 11 et le tireur-pousseur 10 se trouvent dans le prolongement de l'extrémité du tube 3 à traiter débouchant dans la partie 4b de la boîte à eau.

Le dispositif de chauffage suivant l'invention comporte, en plus des moyens de support, de guidage et de déplacement 8, 9, 10, 11 situés dans la boîte à eau 4, un ensemble de moyens disposés à l'extérieur de la boîte à eau et en particulier une batterie de bobines 12 montées rotatives sur un axe horizontal du côté de la partie 4b de la boîte à eau.

Sur chacune des bobines 12, est enroulé un élément de chauffage 14 suivant l'invention destiné à être introduit dans le tube 3, pour en effectuer le traitement thermique. Chacune des bobines 12 peut être reliée, pour l'alimentation de l'élément de chauffage 14 en courant électrique de chauffage, à un banc d'alimentation 15, lui-même relié à des armoires d'alimentation et de contrôle 16 et 17 placées dans un poste de commande depuis lequel les opérations sont contrôlées.

Chaque élément de chauffage 14 est relié à sa partie antérieure à un prolongateur 14' qui est enroulé sur la bobine 12, au-dessus de l'élément de chauffage 14.

Le dispositif de chauffage comporte également un tireur-pousseur 18 permettant de déplacer dans un sens ou dans l'autre un câble de traction 20 comportant à l'une de ses extrémités un dispositif de raccord mécanique 21 et une sonde de contrôle de position 22 à courant de Foucault. Une bobine 19 permet de stocker le câble 20 en amont du tireur-pousseur 18. Un conduit de guidage 24 souple, constitué par exemple par un tube d'acier inoxydable de faible épaisseur présentant des ondes dans sa paroi, permet de joindre la sortie du tireur-pousseur 24 au porteur 8.

Une unité de mesure de position à courant de Foucault 25 et des unités de contrôle ou commande 26, 27 des tireurs-pousseurs 10 et 18 sont disposées dans le poste de commande.

Un ensemble de connexions électriques 28 permet de relier les tireurs-pousseurs 10 et 18 et des moyens de contrôle de position, aux unités de commande 26 et 27.

On va maintenant se reporter aux figures 2, 2a, 2b, 3, 4, 5 et 6 pour décrire l'élément de chauffage 14 du dispositif suivant l'invention.

Cet élément 14 comporte une partie antérieure 14a dont l'extrémité est constituée par une pièce terminale 30 de forme en ogive, une partie intermédiaire 14b assurant le passage des connexions électriques et de gaz de balayage et une partie terminale 14c assurant la liaison de l'élément de chauffage avec les sources électriques et la source

de gaz de balayage.

L'ensemble de l'élément de chauffage est réalisé sous forme souple permettant son enroulement sur une bobine 12. Le diamètre de cet élément de chauffage, au moins dans ses parties 14a et 14b est inférieur au diamètre intérieur d'un tube 3.

La partie antérieure 14a constitue l'élément de chauffage proprement dit réalisé sous la forme d'un enroulement hélicoïdal à spires jointives d'un câble coaxial 32 dont la section est représentée sur la figure 4.

L'enroulement du câble coaxial 32 est un enroulement multiple à spires imbriquées dont le point milieu est disposé au niveau de la pièce terminale 30.

Sur les figures 2, 2b et 6, l'enroulement représenté est un enroulement double constitué à partir de deux câbles coaxiaux indentiques 32 et 32' dont les points milieux sont situés au niveau de la pièce d'extrémité 30. En revanche, la figure 2a est relative à un seul enroulement dont le point milieu est situé dans la pièce 30.

La pièce 30 présente une forme générale en ogive permettant le guidage de l'élément de chauffage dans le tube à traiter. Cette pièce 30 comporte à son extrémité antérieure une ouverture 36 permettant son raccordement au prolongateur 14'.

La pièce 30 comporte également, à l'arrière de l'ouverture 36, un canal 37 de passage du câble coaxial 32 traversant la pièce 30 de part en part, dans une direction radiale.

Dans le cas du mode de réalisation de la figure 2b, les câbles coaxiaux 32 et 32' sont engagés dans deux canaux 37 et 37' de direction perpendiculaire traversant la pièce 30 dans des positions décalées longitudinalement.

Les canaux 37 et 37' permettent de constituer les points milieux sur les enroulements à spires imbriquées des câbles coaxiaux 32 et 32'. Le câble 32 ou les câbles 32 et 32' sont enroulés à spires jointives ou pratiquement jointives, comme il est visible sur les figures 2a, 2b et 3.

Comme il est visible sur la figure 4, le câble coaxial 32 comporte un conducteur central 33 constitué par un fil de résistance électrique de chauffage, par exemple en alliage nickel-chrome. Le câble coaxial comporte également une enveloppe externe 34 métallique, par exemple en acier inoxydable en alliage de nickel ou en un autre matériau métallique, coaxiale au fil de résistance 33. Entre le fil 33 et l'enveloppe 34 est intercalé un isolant électrique 35.

Il est bien évident qu'un câble coaxial tel que le câble 32 possède une certaine rigidité due à la présence de l'enveloppe externe tubulaire 34. Lorsque ce câble coaxial est mis en forme pour constituer un enroulement 31, cet enroulement présente de propriétés assez analogues à celles d'un ressort hélicoïdal. Cet enroulement constitue en particulier une structure stable mais susceptible de déformation élastique, en particulier en flexion.

Par rapport aux éléments de chauffage selon l'art antérieur constitués par un enroulement d'un simple fil de résistance électrique sur un mandrin flexible, l'élément de chauffage suivant l'invention présente une forme définie et une cohésion suffisante, sans qu'il soit nécessaire d'enrouler ses spires en contact

avec un mandrin intérieur.

Comme il est visible sur les figures 2a, 2b et 3, l'élément de chauffage comporte cependant dans sa partie 14a, une partie centrale constituée par un tirant de faible diamètre 40 et par un enroulement 41

réalisé à partir d'un ruban plat métallique. Le tirant 40 peut être constitué avantageusement par une tige ou un tube flexible mais possédant une bonne rigidité en traction et susceptible de supporter la température régnant à l'intérieur de l'élément de chauffage 14. Le tirant 40 est solidaire de la pièce terminale 30 à l'une de ses extrémités et s'étend axialement à l'intérieur de l'élément de chauffage 14 sur toute sa partie 14a, avant de traverser par un alésage axial une pièce ou noyau d'extrémité 43 constituant l'élément de jonction entre les parties 14a et 14b de l'élément de chauffage 14. L'extrémité du tirant 40 opposée à la pièce terminale 30 est solidaire d'une pièce annulaire 44 susceptible de venir en butée sur une pièce annulaire fixe 45 fixée dans la partie d'extrémité de la partie 14b de l'élément de chauffage. L'extrémité de la pièce 45 est séparée de l'extrémité correspondante de la pièce 43 pour permettre un certain réglage.

La partie 14a de l'élément de chauffage peut ainsi se déformer en flexion et éventuellement en compression si les spires ne sont pas parfaitement jointives mais n'est pas susceptible de subir un allongement sous l'effet d'une traction, grâce à la présence du tirant 40 assurant la liaison en traction de la pièce terminale 30 et de la partie 14b de l'élément de chauffage.

L'enroulement 41 constitué par un ruban plat métallique présente des spires inclinées dans le sens inverse des spires de l'enroulement 31. Cet enroulement 41 parfaitement flexible permet ainsi d'empêcher une déformation excessive de l'enroulement 31 par déplacement de ses spires dans des directions radiales.

Il est à noter qu'un espace radial est ménagé entre la surface intérieure de l'enroulement 31 et la surface extérieure de l'enroulement 41 constituant avec le tirant 40 la partie centrale de l'élément de chauffage 14. Cette partie centrale ne constitue en aucun cas un mandrin sur lequel est enroulé le câble coaxial 32, un espace radial étant toujours ménagé entre l'enroulement 31 et la partie centrale.

L'enroulement 31 constitue ainsi un élément autoporteur tubulaire présentant les propriétés d'un ressort à spires jointives.

Dans la plupart des cas, il ne sera même pas nécessaire de prévoir un élément de maintien central tel que l'enroulement 41. Cependant, lorsque l'élément de chauffage est réalisé sous la forme d'un enroulement multispire, un tel élément peut être nécessaire.

On voit sur les figures 2 et 3, que la partie 14b de l'élément de chauffage 14 est constituée par un tube en acier inoxydable 50 présentant des ondes successives lui donnant une bonne flexibilité. Les câbles coaxiaux 32 et 32', dans le cas d'un enroulement double à deux conducteurs, sont disposés dans la direction axiale à l'intérieur de la gaine tubulaire 50 et des connecteurs 51 permettent de relier ces câbles 32 et 32' à des câbles souples

d'alimentation électrique.

Il est à remarquer, que lors de l'utilisation de deux câbles coaxiaux 32, 32' constituant un double enroulement de chauffage, ces câbles coaxiaux sont branchés en parallèle sur l'alimentation, ce qui permet d'utiliser une tension de chauffage deux fois moindre, à puissance de chauffage égale.

Généralement, le branchement sera assuré par des câbles souples de type classique qui sont reliés aux câbles coaxiaux 32 et 32' par les connecteurs 51 étagés à l'intérieur de la partie 14b de l'élément de chauffage.

Au moins un thermocouple 54 est placé dans la partie 14a de l'élément de chauffage et permet de mesurer la température pendant le chauffage ; ce thermocouple comporte un câble de mesure 53 passant également dans la direction axiale, à l'intérieur de la gaine tubulaire 50. Les extrémités des câbles souples reliés aux câbles coaxiaux 32 et 32' et du câble de mesure 53 du thermocouple constituent la partie 14c de liaison de l'élément de chauffage aux installations fixes situées à l'extérieur du générateur de vapeur.

La gaine tubulaire 50 est alimentée en un gaz de balayage qui peut être par exemple un gaz inerte tel que l'argon ou l'hélium, par une canalisation 55 reliée à un réservoir de gaz inerte à l'extérieur du générateur de vapeur. Le gaz de balayage peut circuler à l'intérieur de la gaine 50 jusqu'à la partie de cette gaine voisine de la pièce 43 où la gaine présente de petites ouvertures 50' à travers lesquelles le gaz de balayage peut passer pour circuler ensuite à l'intérieur du tube 3 dans lequel on a introduit l'élément de chauffage 14. Une partie du gaz peut également passer à travers la pièce 43 dans le jeu de montage subsistant autour des conducteurs 32 et du tirant 40. Ce gaz s'écoule alors à l'intérieur de l'enroulement 31 constituant la partie active 14a de l'élément de chauffage 40. Cet enroulement 31 constitue un conduit tubulaire non-étanche au gaz, les spires n'étant pas parfaitement jointives. Le gaz finit donc par s'écouler dans le tube 3 et il est ainsi possible de réaliser un balayage efficace de la zone de chauffage du tube.

Sur la figure 5, on voit la disposition des câbles coaxiaux 32 et du tirant 40, à l'intérieur de la gaine tubulaire ondulée 50. On a également représenté la position des câbles coaxiaux 32', dans le cas d'un double enroulement, comme représenté sur les figures 2 et 2b.

On va maintenant se reporter aux figures 7a, 7b, 7c et 7d pour décrire une opération de mise en place et d'utilisation de l'élément de chauffage pour le traitement thermique du cintre d'un tube 3 disposé à la partie centrale du générateur de vapeur.

On dispose, à l'extérieur du générateur de vapeur, à proximité du trou d'homme 6b, un ensemble d'éléments de chauffage 14 enroulés chacun sur une bobine 12 et reliés à un prolongateur 14' comme il est visible sur la figure 1a. Sur les figures 7a à 7d, on a représenté une seule bobine 12 et un seul élément de chauffage qui sera utilisé pour le traitement thermique du cintre du tube 3.

Les porteurs 8 et 9 ont été placés aux extrémités du tube 3 assurant ainsi la mise en place du conduit

24, du tireur-pousseur 10 et de son conduit de guidage 11.

Le câble de traction 20 comportant à son extrémité un dispositif d'accrochage 21 est envoyé dans le conduit 24 grâce au tireur-pousseur 18, ce qui permet son introduction par une des extrémités du tube 3 (figure 7a).

L'action du tireur-pousseur 18 permet de déplacer ensuite le câble de traction 20 à l'intérieur du tube 3, ce câble possédant une rigidité suffisante pour être déplacé par poussée.

L'extrémité du câble 20 parvient ainsi à la sortie du tube 3 puis du conduit de guidage 11. Une goulotte 60 assure alors son extraction par le trou d'homme 6b.

Comme il est visible sur la figure 7b, le dispositif d'accrochage 21 est amené à proximité de la pièce terminale 61 du prolongateur 14' enroulé sur la bobine 12. On réalise alors de façon manuelle ou automatique l'accrochage du prolongateur 14' au câble 20, en réalisant l'engagement du dispositif 21 dans une ouverture de la pièce 61.

Le tireur-pousseur 18 est alors mis en fonctionnement pour exercer une traction sur le câble 20, sur le prolongateur 14' et sur l'élément de chauffage 14. Eventuellement, le tireur-pousseur 10 est mis en fonctionnement dans le sens de la poussée, pour faciliter l'introduction de l'élément de chauffage 14 dans le tube 3. Comme représenté sur la figure 7c, la bobine à courant de Foucault 22 du câble de traction 20 parvient au niveau de l'entretoise supérieure 56 du faisceau et cette position est repérée grâce au dispositif de mesure à courant de Foucault 25 disposé au poste de commande. La position du tireur-pousseur 18 est repérée puis le déplacement du prolongateur 14' et de l'élément de chauffage 14 se poursuit jusqu'au moment où la bobine à courant de Foucault 22 du câble 20 parvient au niveau de la plaque entretoise supérieure 56, lors de son mouvement de descente dans le tube 3, à la sortie du petit cintre 3a. La position du tireur-pousseur 18 est alors repérée.

Les deux mesures de position sur le tireur-pousseur 18 permettent de déterminer la longueur de câble souple 20 introduite dans le tube lorsque l'extrémité du câble se trouve en deux positions symétriques de part et d'autre du petit cintre 14a. La moyenne de ces deux longueurs permet de déterminer parfaitement la position du point milieu du cintre qui est également son point le plus haut.

Lorsque la position du câble souple représentée sur la figure 7d a été repérée grâce à la bobine à courant de Foucault 22, l'élément de chauffage 14 est ensuite amené dans sa position de service à l'intérieur du cintre comme représenté sur les figures 7d et 8. La partie active 14a de cet élément de chauffage constituée par l'enroulement hélicoïdal 31 a une longueur au moins égale à la longueur des plus grands cintres à traiter, si bien que l'ensemble du cintre 3a est occupé par l'enroulement de chauffage 31.

On voit sur la figure 8 que l'élément de chauffage 14 est susceptible de s'adapter parfaitement à la forme d'un petit cintre sur les parois duquel il vient en contact pour assurer une bonne transmission de

chaleur.

Pendant les déplacements de l'élément de chauffage à l'intérieur du tube 3, la présence du tirant 40 à l'intérieur de l'élément de chauffage 14 permet d'éviter tout allongement anormal de l'enroulement 31 par extension sous l'effet de la traction. La traction exercée par le câble 20 est en effet transmise de la pièce terminale 30 à la gaine tubulaire 50 de la partie 14b de l'élément de chauffage, par le tirant 40.

Si le tube 3 est légèrement ovalisé dans une partie du cintre, les spires de l'enroulement 31 qui ne sont pas maintenues rigidement par un mandrin central peuvent se déplacer ou se déformer légèrement pour faciliter le passage de l'élément de chauffage dans le cintre. Le déplacement ou la déformation des spires de l'enroulement 31 est limité à un niveau faible mais suffisant pour permettre le passage de l'élément de chauffage dans le cintre, par l'enroulement interne 41 de cet élément de chauffage.

Le traitement thermique de la partie cintrée du tube 3 est assuré en effectuant le branchement de l'alimentation électrique de la bobine 12 à laquelle sont reliées les extrémités des câbles d'alimentation constituant la partie terminale 14c de l'élément de chauffage. La commande et le contrôle du courant de chauffage sont assurés par les dispositifs 16 et 17 situés dans le poste de commande de l'installation.

Le traitement peut être effectué simultanément sur un très grand nombre de tubes si bien que l'opération de mise en place d'un élément de chauffage qui vient d'être décrite est effectuée successivement pour l'ensemble des tubes à traiter. L'alimentation des éléments de chauffage et le contrôle du courant de chauffage sont effectués simultanément et en parallèle pour l'ensemble des tubes à traiter.

Après chaque opération de mise en place, le dispositif d'accrochage 21 du câble 20 est désolidarisé de la pièce 61 du prolongateur 14' de l'élément de chauffage 14 qui vient d'être mis en place, par une manœuvre à distance au niveau du porteur 8. On effectue alors le retrait du câble de traction 20, l'élément 14 et le prolongateur 14' restant en place dans le tube 3.

Pendant le traitement thermique, du gaz de balayage est envoyé dans la zone de chauffage à l'intérieur du tube 3, par le tube 50.

La température est contrôlée en permanence par le thermocouple 54 dont les mesures sont transmises au poste de commande.

Le dispositif suivant l'invention a donc l'avantage de posséder une structure simple, d'être d'un prix de revient modéré et de pouvoir être mis en place facilement à l'intérieur des petits cintres du faisceau.

Le dispositif suivant l'invention permet également de contrôler parfaitement l'opération de traitement thermique et la position des éléments de chauffage dans les cintres avant leur mise en service.

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

On peut imaginer l'utilisation d'enroulements de chauffage constitués par un nombre quelconque de câbles coaxiaux dont les spires sont imbriquées.

On peut également imaginer de réaliser la partie

centrale de l'élément de chauffage sous une forme différente de celle qui a été décrite.

On peut imaginer l'utilisation d'enroulements dont la puissance de chauffage est plus forte aux extrémités qui sont destinées à venir en coïncidence avec les parties du tube traversant l'entretoise supérieure, qu'à la partie centrale. Une telle variation de la puissance de chauffage peut être obtenue soit en utilisant, pour constituer l'enroulement, un câble coaxial dont l'âme centrale présente des tronçons successifs dont la résistivité est variable, soit en réalisant l'enroulement avec un diamètre de spire variable suivant sa longueur.

Les divers tronçons successifs de l'âme du câble à résistivité variable peuvent être constitués par des tronçons de fils résistants différents soudés bout à bout.

De manière générale, le câble coaxial peut comporter des tronçons à faible résistance électrique, par exemple en cuivre, destinés à joindre des tronçons à forte résistance électrique et constituant des zones conductrices non chauffantes de l'élément de chauffage.

Les moyens de déplacement, de mise en place et de contrôle de l'élément de chauffage peuvent également avoir une forme différente de celle qui a été décrite.

Enfin, le dispositif suivant l'invention peut être utilisé pour le traitement thermique de tout tube de petit diamètre, de forme courbe sur une partie de sa longueur ou bien sûr, pour le traitement de tubes droits.

Revendications

1.- Dispositif de chauffage pour le traitement thermique d'un tube (3) de petit diamètre et en particulier d'un tube de forme courbe sur une partie au moins de sa longueur, comportant un élément de chauffage (14) flexible constitué par un fil de résistance électrique (33) enroulé en hélice pour constituer un enroulement dont le diamètre extérieur est inférieur au diamètre intérieur du tube (3), ainsi qu'un ensemble de moyens (8, 9, 10, 11, 12, 18, 25, 26, 27) pour le guidage, le déplacement et le repérage de l'élément de chauffage (14) dans le tube (3), caractérisé par le fait que le fil de chauffage à résistance électrique (33) constitue l'âme centrale d'un câble coaxial (32) comportant une enveloppe (34) externe tubulaire métallique et un isolant (35) intercalé entre l'âme central (33) et l'enveloppe externe (34) et que le câble coaxial (32) est enroulé pour constituer un enroulement hélicoïdal (31).

2.- Dispositif de chauffage suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'élément de chauffage (14) comporte, à sa partie centrale, suivant l'axe de l'enroulement (31), un tirant (40) déformable en flexion mais rigide en traction fixé à ses extrémités sur deux parties (30, 43) de l'élément de chauffage (14) situées

de part de d'autre de l'enroulement (31) dans la direction axiale de cet enroulement.

3.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que l'élément de chauffage (14) comporte une pièce d'extrémité (30) de forme profilée permettant le guidage de l'élément de chauffage (14) dans le tube et comportant des moyens d'accrochage (36) pour sa liaison à un élément (14') par l'intermédiaire duquel on exerce une traction sur l'élément (14) pour son déplacement dans le tube (3).

4.- Dispositif de chauffage suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le tirant (40) est fixé à l'une de ses extrémités sur la pièce terminale (30).

5.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé par le fait que la pièce terminale (30) comporte au moins un canal (37) pour le passage du câble coaxial (32) constituant l'enroulement (31) de l'élément de chauffage (14), la partie du câble coaxial (32) logée dans le canal (37) constituant le point milieu de l'enroulement (31).

6.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'enroulement (31) est un enroulement multiple à spires imbriquées.

7.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que l'âme centrale (33) du câble coaxial (32) comporte des tronçons successifs de résistivités différentes.

8.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que l'enroulement hélicoïdal (31) du câble coaxial (32) présente un diamètre de spire variable suivant la position de la spire dans la direction axiale de l'enroulement.

9.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que l'élément de chauffage (14) comporte, à sa partie centrale à l'intérieur de l'enroulement (31), un enroulement (41) constitué par un ruban plat métallique dont le pas est en sens inverse du pas de l'enroulement (31) et dont le diamètre est inférieur au diamètre intérieur de l'enroulement (31).

10.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait qu'il comporte, dans le prolongement axial d'une zone active (14a) constituée par l'enroulement (31), une partie (14b) constituée par un tube métallique flexible (50) comportant des ouvertures (50') dans sa paroi au voisinage de son extrémité reliée à la partie (14a) et communiquant, à son autre extrémité, avec une canalisation d'alimentation en gaz de balayage (55).

11.- Dispositif de chauffage suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que des prolongements du câble coaxial (32) constituant l'enroulement (31) sont disposés axialement dans le tube métallique (50) et ressortent

de ce tube par son extrémité opposée à l'enroulement (31) pour être reliés à des moyens d'alimentation électrique.

12.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caracté- 5
risé par le fait que les moyens pour le déplacement de l'élément de chauffage (14) dans le tube (3) comportent un prolongateur (14') relié à l'élément de chauffage (14) et un 10
câble de traction (20) comportant une pièce d'extrémité (21) pour son accrochage à l'extrémité du prolongateur (14') opposée à son extrémité reliée à l'élément de chauffage (14).

13.- Dispositif de chauffage suivant la revendication 12, caractérisé par le fait que le câble 15
(20) porte, au voisinage de la pièce d'accrochage (21), une bobine à courant de Foucault (22) pour le repérage de position du câble (20) et de l'élément de chauffage (14) dans le tube 20
(3).

14.- Dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 13, caracté-
risé par le fait que les moyens de guidage et de déplacement de l'élément de chauffage (14) comportent des tubes de guidage (11, 24) 25
situés dans le prolongement des extrémités du tube (3) et des tireurs-pousseurs à galets tournants (10, 18).

15.- Utilisation d'un dispositif de chauffage suivant l'une quelconque des revendications 1 30
à 14, pour le traitement thermique des petits cintres des tubes (3) du faisceau d'un générateur de vapeur (1) d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

16.- Utilisation suivant la revendication 15, 35
caractérisée par le fait que le repérage de position de l'élément de chauffage (14) dans le cintre (3a) du tube (3) est effectué par détection, à l'aide de courants de Foucault, de la mise en coïncidence d'un élément solidaire de 40
l'élément de chauffage (14) pendant son déplacement dans le tube 3 avec une entretoise (56) assurant le maintien des tubes (3) du faisceau du générateur de vapeur au voisinage des cintres (3a). 45

50

55

60

65

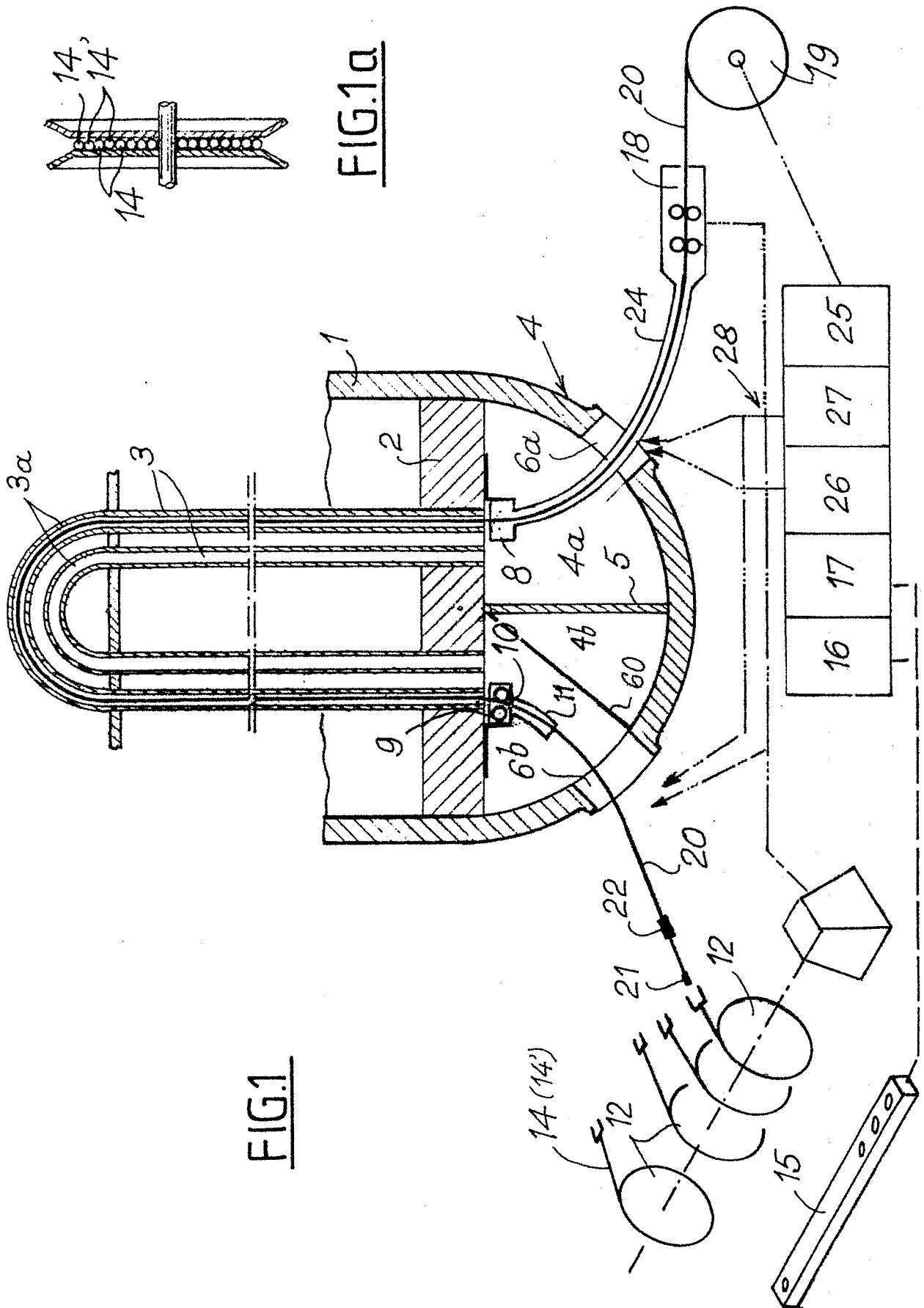


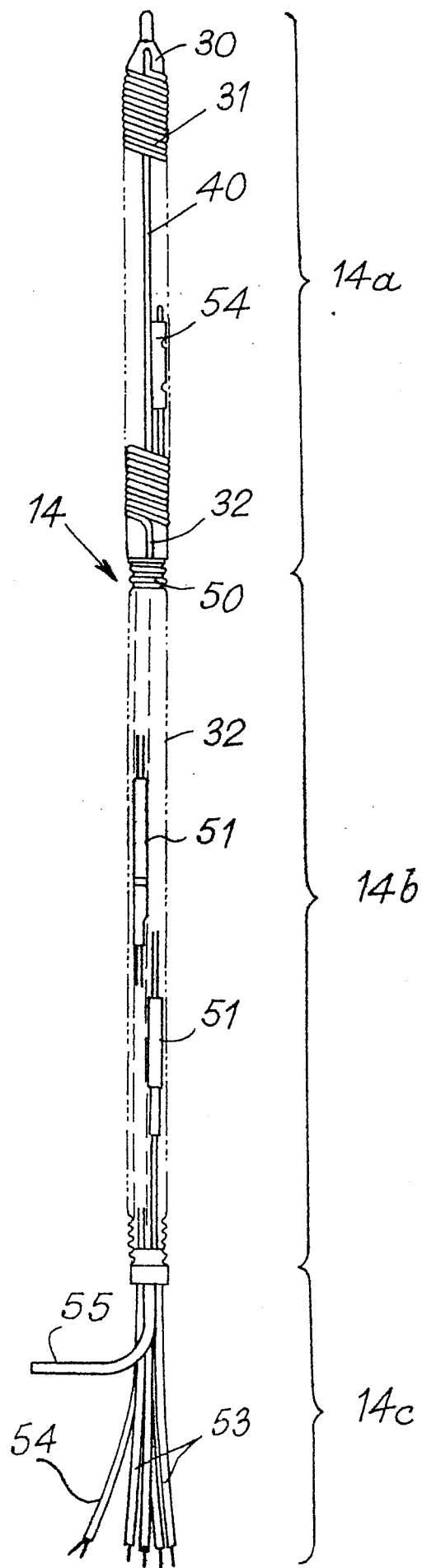
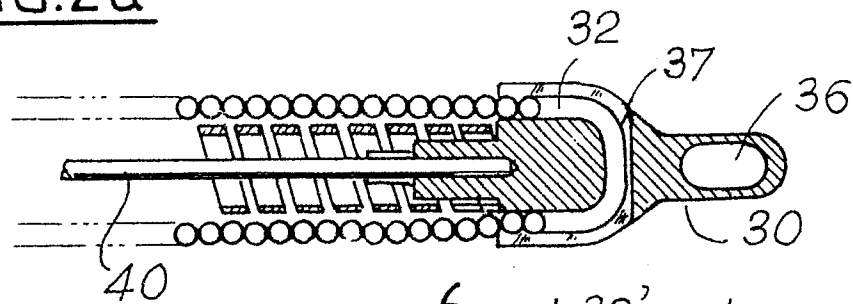
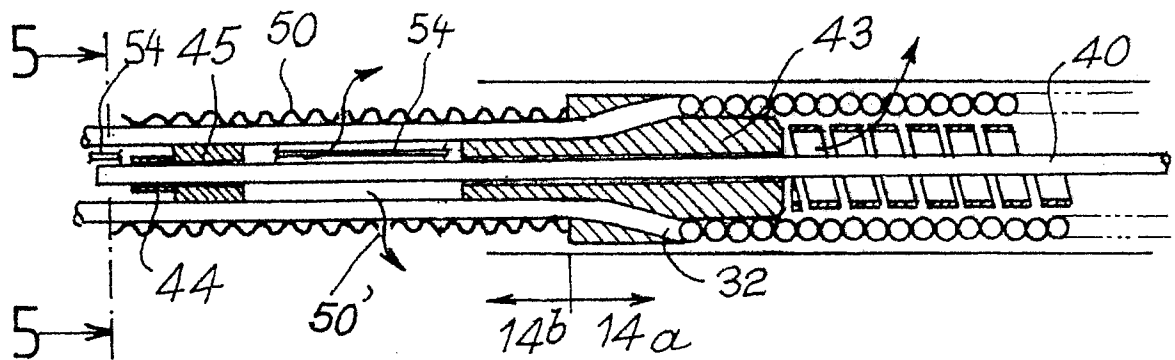
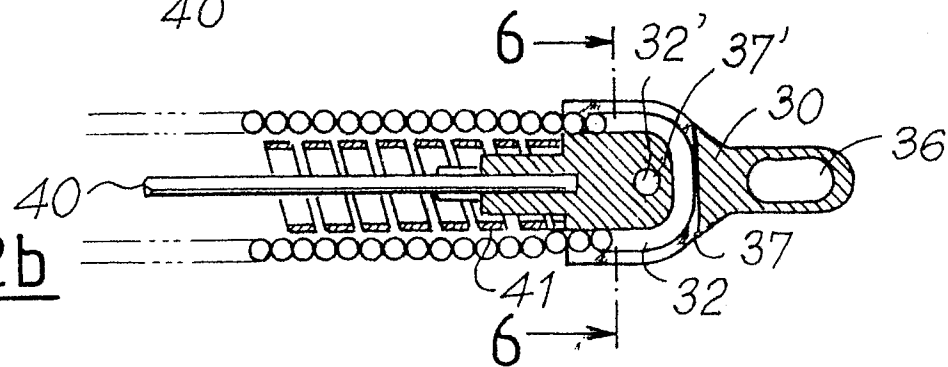
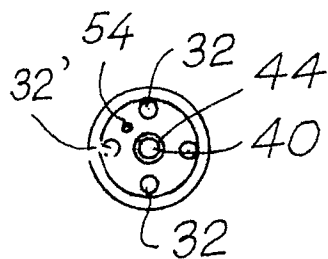
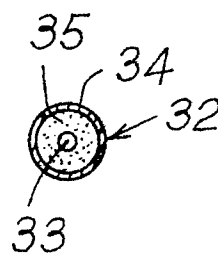
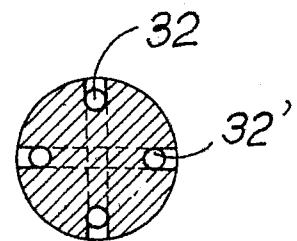
FIG.2

FIG. 2aFIG. 2bFIG. 3FIG. 5FIG. 4FIG. 6

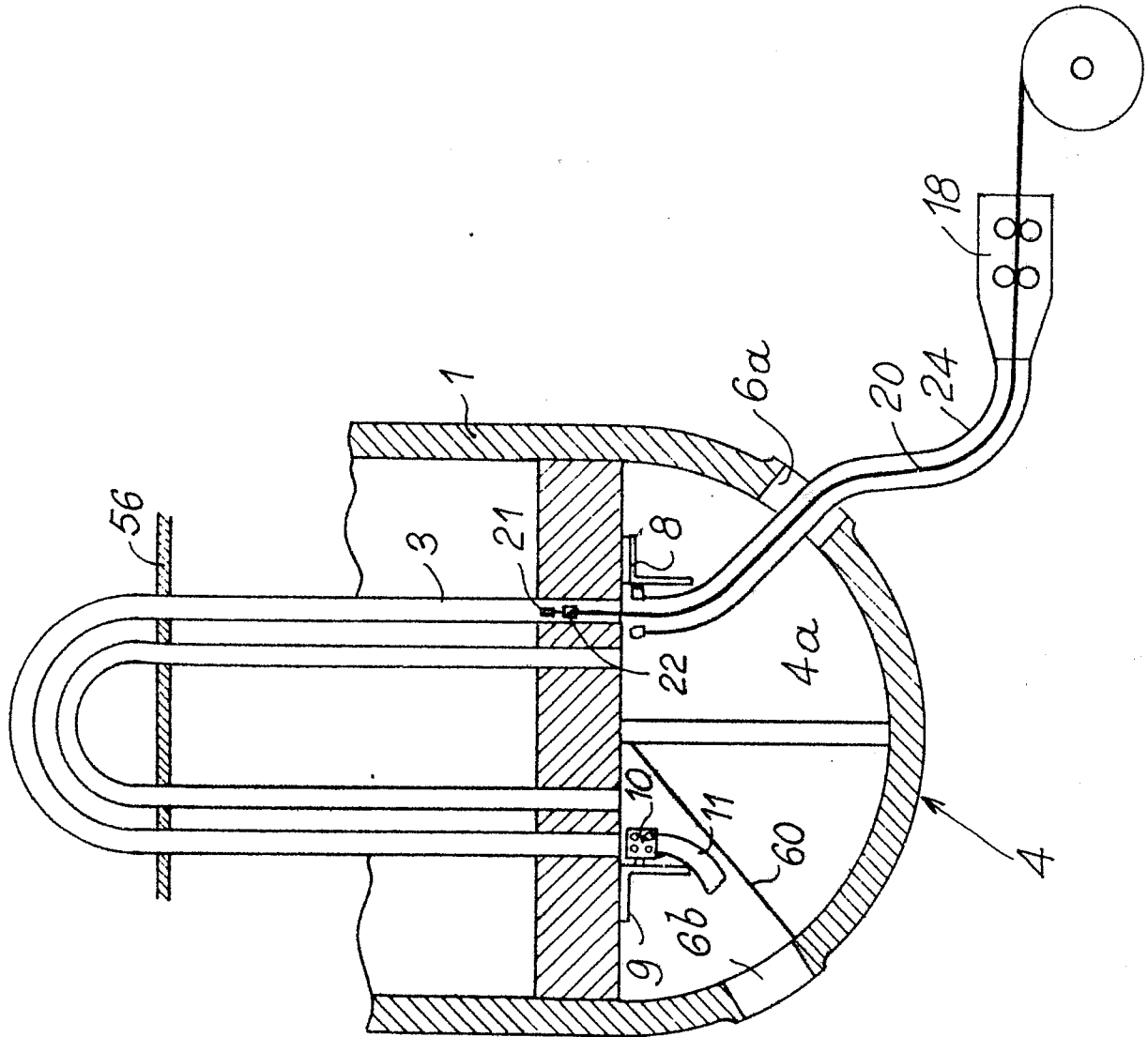
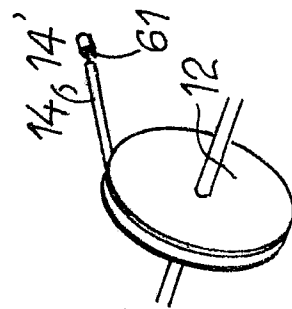
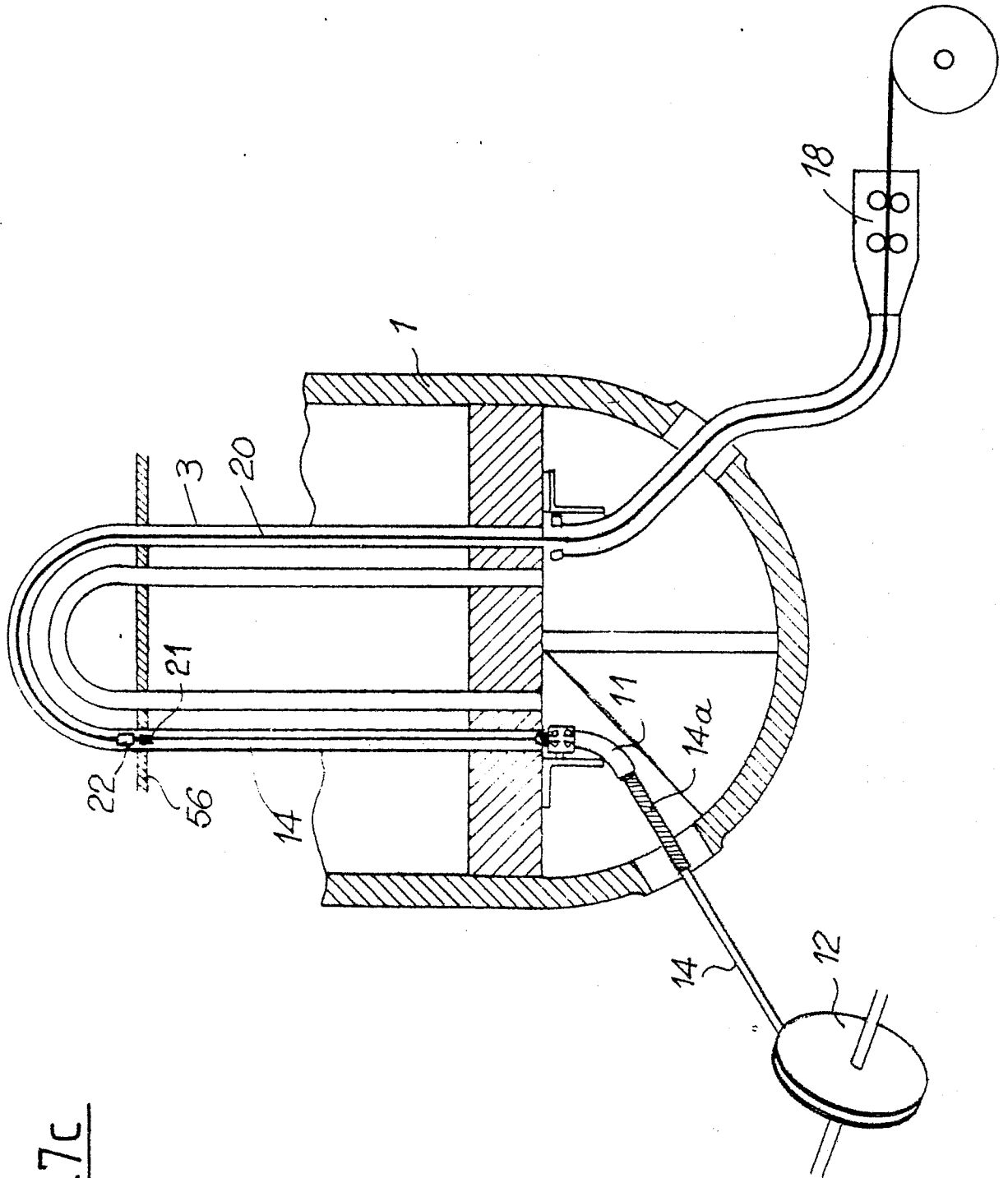
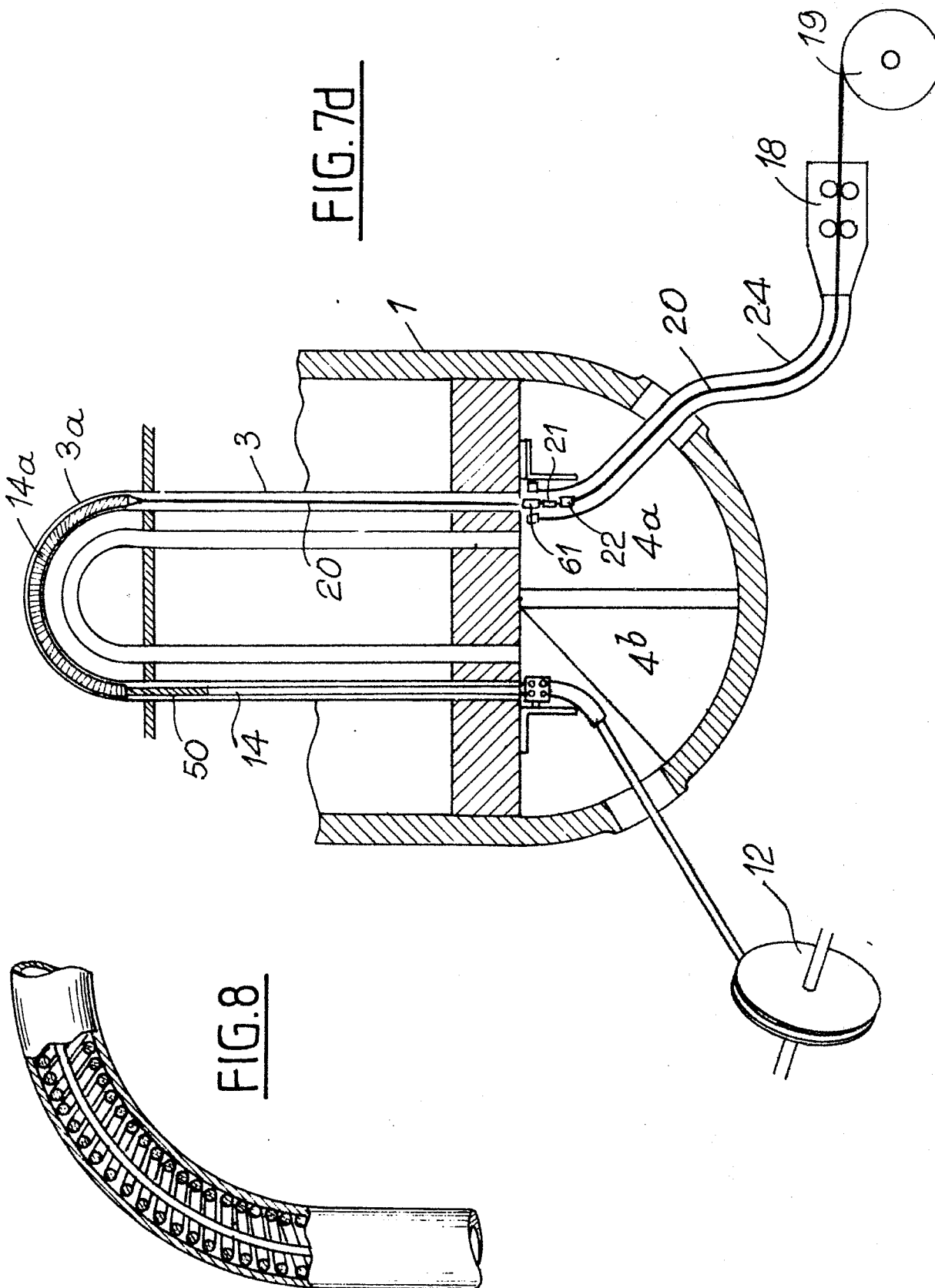


FIG.7a



FIG. 7c





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 40 0413

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
Y	FR-A-2 483 157 (DIADO SANGYO) * Revendications; figures * ---	1	C 21 D 9/08 H 05 B 3/54
Y	DE-B-1 104 086 (BLECKMANN & CO.) * Revendications; figures; colonne 1 * ---	1	
A	FR-A-2 250 994 (COMBUSTION ENGINEERING) ---		
A	FR-A-1 522 664 (GENERAL ELECTRIC) ---		
A	FR-A-1 483 726 (A.B. KANTHAL) ---		
A	EP-A-0 109 843 (U.K.A.E.A.) ---		
A	DE-A-2 438 800 (V. SILLER) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			C 21 D H 05 B F 22 B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 07-07-1988	Examineur MOLLET G.H.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	