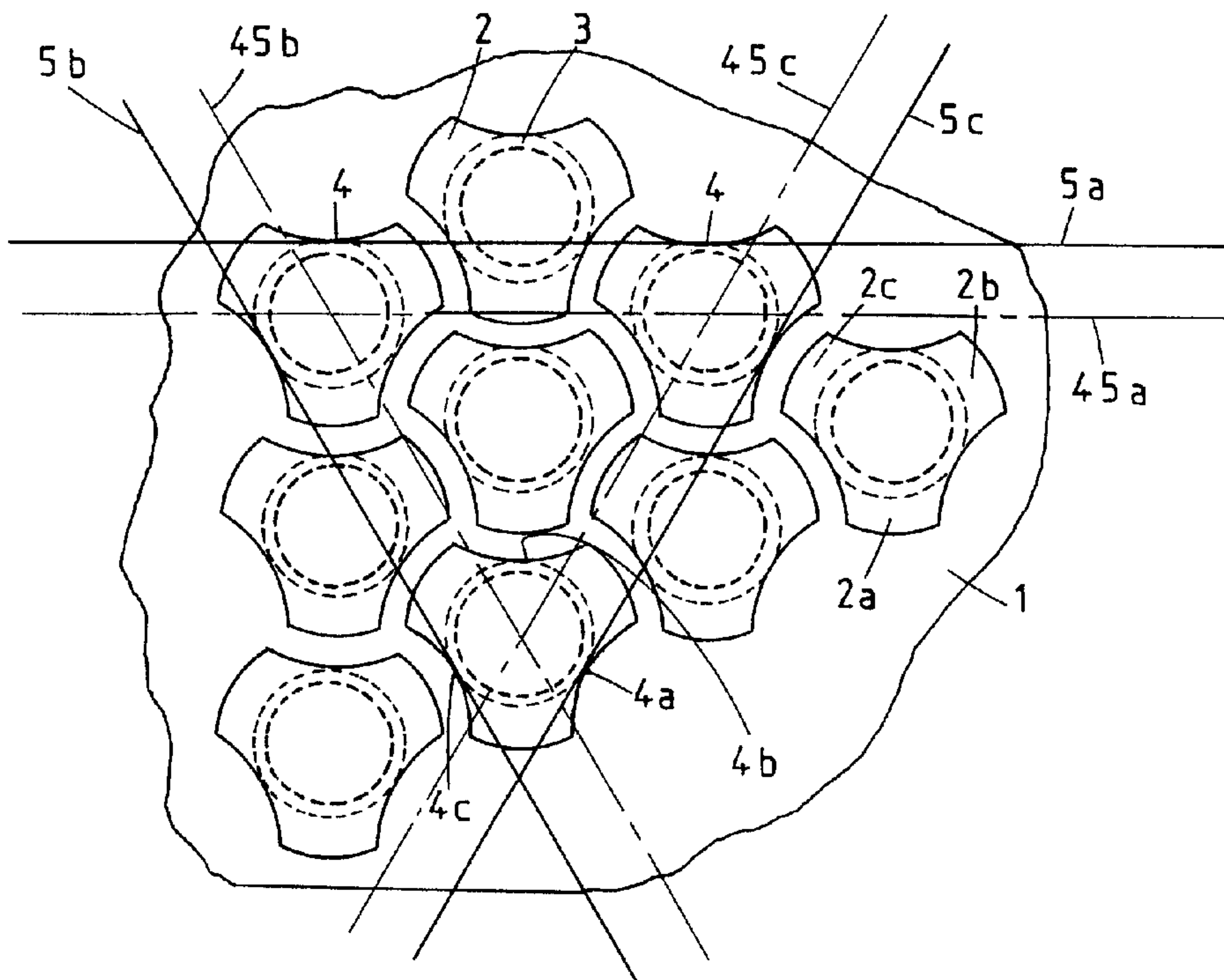




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1995/03/21
(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1995/10/13
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2007/06/19
(30) Priorité/Priority: 1994/03/22 (FR94 03 357)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B23D 19/08* (2006.01),
B24B 9/00 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
MARTINEAU, FRANCOIS, FR;
MARTIN, NOEL, FR
(73) Propriétaire/Owner:
FRAMATOME ANP, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ÉBAVURAGE ET DE CHANFREINAGE DE BORDS DE TROUS TRAVERSANT
UNE PLAQUE DE MAINTIEN D'UN FAISCEAU DE TUBES
(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR DEBURRING AND CHAMFERING THE EDGES OF HOLES MADE IN A PLATE
HOLDING A BUNDLE OF TUBES



(57) Abrégé/Abstract:

On déplace au moins une brosse rotative autour d'un axe parallèle à la plaque (1) et à un plan contenant une rangée de surfaces d'appui (4) de trous (2) de la plaque (1), suivant une trajectoire rectiligne (5a, 5b, 5c) parallèle au plan des surfaces d'appui (4) des trous (2) de la rangée de la plaque (1). De préférence, le dispositif comporte une unité de brossage fixée à l'extrémité d'un bras articulé d'un robot permettant de déplacer l'unité de brossage, successivement suivant des trajectoires rectilignes (5a, 5b, 5c) constituant plusieurs ensembles dans lesquels les trajectoires sont parallèles à une même direction.

Société dite : FRAMATOME

Procédé et dispositif d'ébavurage et de chanfreinage
de bords de trous traversant une plaque de maintien
d'un faisceau de tubes

ABREGE DU CONTENU TECHNIQUE DE L'INVENTION

On déplace au moins une brosse rotative autour d'un axe parallèle à la plaque (1) et à un plan contenant une rangée de surfaces d'appui (4) de trous (2) de la plaque (1), suivant une trajectoire rectiligne (5a, 5b, 5c) parallèle au plan des surfaces d'appui (4) des trous (2) de la rangée de la plaque (1). De préférence, le dispositif comporte une unité de brossage fixée à l'extrémité d'un bras articulé d'un robot permettant de déplacer l'unité de brossage, successivement suivant des trajectoires rectilignes (5a, 5b, 5c) constituant plusieurs ensembles dans lesquels les trajectoires sont parallèles à une même direction.

Figure 1.

L'invention concerne un procédé et un dispositif d'ébavurage et de chanfreinage de bords de trou traversant une plaque de maintien d'un faisceau de tubes.

5 Dans la fabrication des échangeurs de chaleur, en particulier des générateurs de vapeur des centrales nucléaires à eau sous pression, on réalise des plaques perforées de grandes dimensions pour la fixation et le support du faisceau de tubes de l'échangeur de chaleur.

10 Les générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression sont constitués par une enveloppe de grande dimension de forme générale cylindrique à l'intérieur de laquelle est disposé un faisceau de tubes de petit diamètre fixés de façon étanche dans une plaque tubulaire à chacune de leurs extrémités ; ces tubes ont un
15 parcours vertical vers l'intérieur de l'enveloppe du générateur de vapeur sur une grande longueur et sont pliés avec une certaine courbure à leur partie supérieure.

L'eau primaire parcourt les tubes du faisceau et de l'eau secondaire est introduite dans l'enveloppe du
20 générateur de vapeur et s'échauffe et se vaporise au contact de la surface extérieure des tubes ; la vapeur est ensuite récupérée par le circuit secondaire du réacteur.

Les parties verticales des tubes du faisceau doivent être maintenues en position les unes par rapport
25 aux autres, de façon que les sections transversales des tubes constituent des réseaux réguliers dans des plans perpendiculaires à l'axe de l'échangeur.

Pour maintenir les tubes en position, on utilise des plaques-entretoises disposées avec un certain espace-
30 ment suivant la hauteur de l'échangeur de chaleur. Ces plaques-entretoises sont percées de manière à comporter un réseau de trous traversants destinés à recevoir les tubes du faisceau, de manière que ces tubes soient disposés suivant un réseau régulier dans les sections transversales
35 de l'échangeur.

Pour permettre une circulation du fluide secondaire dans la direction verticale et pour éviter des dépôts de matière corrosive dans les zones de contact entre les tubes et les plaques-entretoises, il est nécessaire de prévoir des perçages de formes plus ou moins complexes dans les plaques-entretoises pour assurer à la fois le positionnement géométrique et le maintien mécanique efficace du tube, la circulation du fluide secondaire et pour empêcher l'accumulation d'impuretés susceptibles de se trouver dans ce fluide. Les trous de traversée des plaques-entretoises comportent chacun au moins trois surfaces d'appui d'un tube du faisceau réparties autour du trou de manière à assurer un maintien du tube dans toutes les directions transversales ainsi que des évidements périphériques radiaux assurant le passage du fluide de refroidissement autour du tube reçu à l'intérieur du trou.

Les trous peuvent comporter par exemple trois surfaces d'appui et trois prolongements radiaux entre les surfaces d'appui, répartis à 120° autour de l'axe du trou suivant lequel est engagé le tube. Les trous sont alors appelés ouvertures trifoliées.

Les trous peuvent également comporter quatre surfaces d'appui et quatre prolongements radiaux entre les surfaces d'appui disposés à 90° les uns des autres autour de l'axe du trou suivant lequel est engagé le tube.

Les trous sont alors appelés ouvertures quadri-foliées.

Ces trous de forme plus ou moins complexe traversant les plaques-entretoises de part en part sont réalisés par des procédés d'usinage tels que le perçage, l'alésage, éventuellement le brochage. Le brochage est réalisé après perçage de la plaque pour réaliser un réseau d'avant-trous.

Les trous réalisés par usinage mécanique comportent généralement, au niveau des faces de la plaque, des

angles vifs ou des bavures constitués par du métal repoussé, de sorte qu'il est nécessaire d'ébavurer et/ou de chanfreiner les bords de ces trous sur les faces de la plaque-entretoise.

5 En effet, les tubes du faisceau qui sont introduits par poussée dans la direction axiale à l'intérieur des trous ont un état de surface de très grande qualité et ne doivent subir aucune détérioration ou rayure, au moment du montage du faisceau. Les rayures sur la surface extérieure des tubes peuvent constituer des amorces de fissuration et de rupture des tubes dans le générateur de vapeur en service.

10 Il est donc nécessaire, avant de réaliser l'introduction des tubes et le montage du faisceau, d'effectuer un usinage de finition sur les bords des trous traversant les plaques-entretoises, pour éliminer les bavures et arrondir les angles vifs de ces bords de trous.

15 Dans le cas d'un réseau de trous réalisés par brochage, la face de la plaque-entretoise par laquelle pénètre la broche comporte des angles vifs et la face de la plaque-entretoise par laquelle ressort la broche comporte des bavures suivant les bords des trous.

20 Dans le FR-A-2.472.961 déposé le 4 janvier 1980 par la société FRAMATOME, on a proposé un dispositif d'ébavurage et de chanfreinage des trous d'une plaque perforée qui comporte une brosse montée rotative sur un chariot autour d'un axe de symétrie disposé parallèlement à la plaque et mobile dans une direction perpendiculaire à la plaque. Le chariot est monté sur un support mobile dans une première direction parallèle à la plaque, de manière à pouvoir se déplacer dans une seconde direction parallèle à la plaque.

25 On peut ainsi réaliser le balayage de toute la surface de la plaque par la brosse entraînée en rotation autour de son axe.

35

La brosse qui comporte des poils en acier ou en fibres synthétiques associées éventuellement à un abrasif permet de réaliser l'ébavurage et/ou le chanfreinage des bords des trous avec lesquels les fibres entrent en contact frottant, pendant le déplacement de la brosse parallèlement à une face de la plaque, avec une certaine pénétration dans une direction perpendiculaire à la plaque.

Cependant, l'examen des bords des trous après une opération d'ébavurage ou de chanfreinage montre que les chanfreins réalisés par la brosse ne présentent pas une forme régulière et constante pour l'ensemble des bords de trous de la plaque. En outre, le brossage est susceptible de repousser du métal du bord des trous de la plaque ou des bavures de métal, de manière que les bords des trous de la plaque présentent des parties en excroissance par rapport à la surface plane de la plaque sur laquelle les trous sont débouchants.

Il est souhaitable que les chanfreins des bords des trous présentent, dans une coupe par un plan passant par l'axe du trou, une forme arrondie continue entre la face de la plaque et la surface intérieure du trou, sans partie débordante par rapport à la face de la plaque ou par rapport à la surface intérieure du trou.

Dans le cas où les bords de trous de la plaque ne sont pas correctement chanfreinés ou présentent des bavures résiduelles au niveau des surfaces d'appui des tubes du faisceau, les tubes du faisceau peuvent être détériorés, par exemple par rayure de leur surface, au moment de leur introduction dans les trous de la plaque-entretoise.

Les surfaces d'appui des tubes du faisceau qui sont disposées à la périphérie des trous des plaques-entretoises présentent généralement une forme sensiblement plane. Du fait de la disposition des trous traversant la

plaque-entretoise suivant un réseau régulier, les trous constituent des rangées rectilignes dans lesquelles les axes des trous alignés sont disposés suivant un plan perpendiculaire aux faces de la plaque.

Les centres des surfaces d'appui des trous constituant une rangée sont disposés et alignés dans des plans parallèles aux plans contenant les axes des trous alignés.

10 Dans le cas d'ouvertures de forme trifoliée disposées suivant un réseau à mailles triangulaires, les surfaces d'appui des tubes, à l'intérieur des trous, sont disposées suivant trois familles de plans dont les traces sur les faces de la plaque font entre elles des angles de 120°.

Dans le cas d'ouvertures de forme quadrifoliée disposées suivant un réseau à mailles carrées, les surfaces d'appui des tubes à l'intérieur des trous sont disposées dans deux ensembles de plans parallèles entre eux, dirigés à 90° l'un de l'autre.

20 On ne connaissait pas jusqu'ici de procédé d'ébavurage et de chanfreinage permettant d'obtenir des chanfreins de forme régulière sans repoussage de métal en dehors des faces de la plaque, sur toutes les surfaces d'appui des tubes à l'intérieur des trous.

De préférence, un but de l'invention est donc de proposer un procédé d'ébavurage et de chanfreinage de bords de trous traversant une plaque de maintien d'un faisceau de tubes, disposés suivant un réseau régulier et comportant chacun au moins trois surfaces d'appui d'un tube du
30 faisceau, les surfaces d'appui de l'ensemble des trous de la plaque étant situées dans des plans perpendiculaires aux

faces de la plaque et parallèles aux axes des trous, dans chacun desquels sont disposées, de manière alignée, suivant une direction rectiligne, un ensemble de surfaces d'appui d'une rangée rectiligne de trous de réseau, le procédé consistant à déplacer au moins une brosse rotative autour d'un axe parallèle à la plaque, de manière à balayer au moins une face de la plaque et à obtenir des bords de trous exempts de bavure et comportant des chanfreins de forme régulière sans partie repoussée en dehors des plans des
10 faces de la plaque.

De préférence, dans ce but, on réalise l'ébavurage et le chanfreinage des bords de trous, par rangées successives rectilignes et, pour chacune des rangées rectilignes, on déplace la brosse ayant son axe de rotation parallèle à un plan contenant une rangée de surfaces d'appui, suivant une trajectoire rectiligne parallèle au plan de la rangée de surfaces d'appui.

La présente invention vise un procédé d'ébavurage et de chanfreinage de bords de trous (2,2') traversant une
20 plaque (1,1') de maintien d'un faisceau de tubes (3,3'), disposés suivant un réseau régulier et comportant chacun au moins trois surfaces d'appui (4,4') d'un tube (3,3') du faisceau, les surfaces d'appui (4,4') de l'ensemble des trous (2,2') de la plaque (1,1') étant situées dans des plans perpendiculaires aux faces de la plaque (1,1') et parallèles aux axes des trous (2,2'), dans chacun desquels est disposé de manière alignée suivant une direction rectiligne, un ensemble de surfaces d'appui (4,4') d'une rangée rectiligne de trous (2,2') du réseau, le procédé
30 consistant à déplacer au moins une brosse rotative (36) autour d'un axe parallèle à la plaque (1,1'), de manière à

6a

balayer au moins une face de la plaque (1,1'), caractérisé par le fait qu'on réalise l'ébavurage et le chanfreinage des bords de trous (2,2') par rangées successives rectilignes et que pour chacune des rangées rectilignes, on déplace la brosse (36) ayant son axe de rotation parallèle à un plan contenant une rangée de surfaces d'appui (4,4'), suivant une trajectoire rectiligne (5a,5b,5c,5'a,5'b) parallèle au plan de la rangée de surfaces d'appui (4,4').

De préférence, la présente invention vise également
10 un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé d'ébavurage et de chanfreinage, caractérisé par le fait qu'il comporte un robot (8) de déplacement d'une unité de brossage (20) suivant une trajectoire quelconque dans l'espace et des moyens de commande (14,16) du robot (8), de manière à déplacer l'unité de brossage (20) suivant des trajectoires successives rectilignes (5a,5b,5c,5'a,5'b) parallèles à un plan contenant une rangée de surfaces d'appui (4,4') de trous (2,2') de la plaque (1,1').

On va maintenant décrire, en se référant aux
20 figures jointes en annexe, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation d'un dispositif d'ébavurage et de chanfreinage suivant l'invention utilisé pour réaliser l'ébavurage et le planage d'une plaque-entretoise d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 1 est une vue en plan d'une partie d'une plaque-entretoise suivant un premier mode de réalisation comportant des ouvertures de forme trifoliée.

La figure 2 est une vue en plan d'une partie
30 d'une plaque-entretoise suivant un second mode de

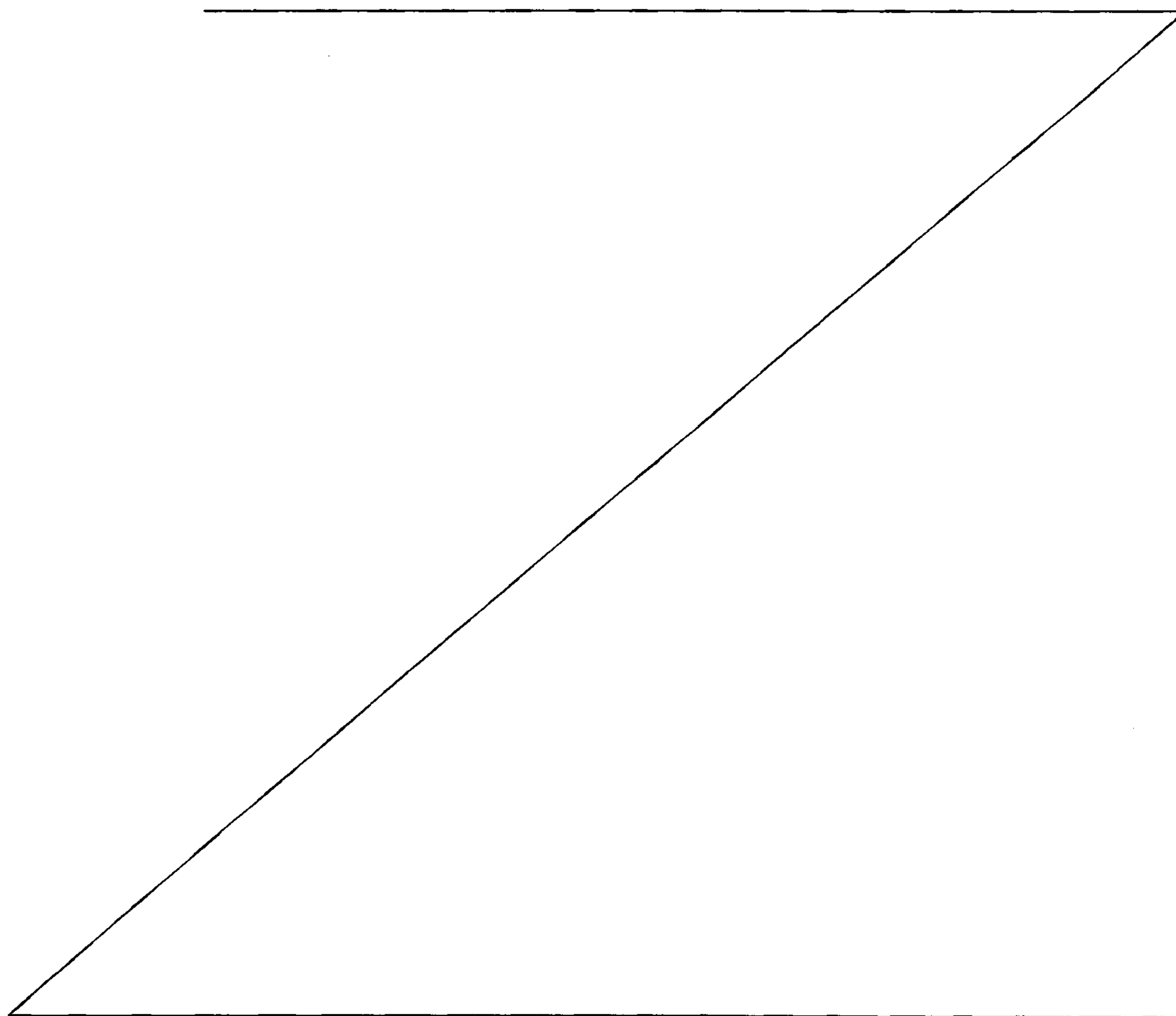
6b

réalisation comportant des ouvertures de forme quadrifoliée.

La figure 3 est une vue de dessus générale d'un poste d'ébavurage et de chanfreinage permettant de mettre en oeuvre le procédé suivant l'invention.

La figure 4 est une vue schématique en élévation du poste d'ébavurage et de chanfreinage représenté sur la figure 3.

La figure 5 est une vue en élévation d'un
10 dispositif permettant de réaliser le positionnement de la plaque-entretoise.



La figure 6 est une vue de face en élévation suivant 6 de la figure 7 d'un groupe de brossage d'un dispositif d'ébavurage et de chanfreinage d'une installation telle que représentée sur les figures 3 et 4.

5 La figure 7 est une vue en élévation latérale suivant 7 de la figure 6, du groupe de brossage en position active.

10 Sur la figure 1, on voit une partie d'une plaque-entretoise 1 d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression destinée à assurer le maintien des tubes du faisceau du générateur de vapeur, suivant un réseau régulier, dans un plan transversal du faisceau.

15 La plaque 1 est constituée par une plaque d'acier entièrement plane de forme circulaire ayant un diamètre de l'ordre de quatre mètres.

20 La plaque 1 est traversée par des ouvertures 2 (plusieurs milliers) disposées suivant un réseau régulier et permettant de maintenir les tubes 3 du faisceau suivant une disposition régulière. Dans le cas de la plaque représentée sur la figure 1, les centres des sections circulaires des tubes 3 constituant les intersections des axes des tubes avec le plan de la figure constituent un réseau à mailles triangulaires. Les ouvertures 2 permettant le passage et le maintien des tubes ont, dans ce mode de réalisation, une forme trifoliée ou trilobée, chacune des
25 ouvertures 2 comportant trois prolongements de direction radiale 2a, 2b, 2c autour du tube 3, dans des directions situées à 120° les unes des autres, autour de l'axe du
30 tube.

Entre deux prolongements radiaux successifs quelconques d'une ouverture 2, la paroi de l'ouverture comporte une partie 4 de forme sensiblement plane ou cylindrique coaxiale à l'ouverture 2, disposée dans la

direction de l'épaisseur de la plaque 1, c'est-à-dire dans la direction axiale des tubes 3.

Les trois surfaces planes 4a, 4b, 4c de la paroi d'une ouverture 2 qui sont disposées à 120° autour de l'axe d'un tube 3 constituent des surfaces d'appui ou portées du tube 3 permettant de le maintenir à l'intérieur de l'ouverture 2, dans une position parfaitement centrée, c'est-à-dire de manière que l'axe du tube 3 et l'axe de l'ouverture 2 soient confondus.

De cette manière, lorsque le tube 3 est en place à l'intérieur de l'ouverture 2, les trois prolongements radiaux 2a, 2b, 2c de l'ouverture 2 constituent des passages de traversée de la plaque 1 autour du tube 3. Ces passages de traversée permettent d'assurer la circulation de l'eau d'alimentation du générateur de vapeur venant en contact avec la surface extérieure des tubes 3, lors de sa circulation dans la direction verticale et de bas en haut à l'intérieur de l'enveloppe du générateur de vapeur.

L'eau primaire à haute température provenant de la cuve du réacteur nucléaire et l'eau d'alimentation circulent à l'extérieur des tubes et en contact avec leur surface externe. De cette manière, l'eau d'alimentation est chauffée puis vaporisée par échange thermique à travers la paroi des tubes 3 avec l'eau primaire.

Les portées d'appui 4 des tubes 3 à l'intérieur des ouvertures 2 sont disposées dans des plans perpendiculaires aux faces planes de la plaque 1 et alignées à l'intérieur de ces plans suivant des directions rectilignes qui peuvent être représentées sur la figure 1, par les traces des plans contenant les portées d'appui 4 des tubes, sur les faces de la plaque 1.

Dans le cas du mode de réalisation représenté sur la figure 1 (réseau triangulaire d'ouvertures trilobées), il existe trois directions 5a, 5b et 5c faisant entre elles des angles de 60° qui correspondent aux

directions d'alignement des portées de tubes 4 des ouvertures 2. Les plans dans lesquels sont disposées ces portées d'appui 4 constituent trois familles de plans parallèles dont les traces sont toutes parallèles entre elles et parallèles respectivement aux directions 5a, 5b et 5c faisant entre elles des angles de 60°.

Les plans de traces 5a, 5b, 5c sont parallèles à des plans dans lesquels sont disposés les axes d'un ensemble d'ouvertures 2 qui sont alignées suivant une direction parallèle à 5a, 5b ou 5c. Cependant, les directions 5a, 5b, 5c des portées d'appui alignées ne correspondent pas aux directions principales des rangées d'ouvertures 2 ou de tubes 3.

Sur la figure 2, on a représenté un second mode de réalisation d'une plaque entretoise 1' de maintien des tubes 3' du faisceau d'un générateur de vapeur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

Les ouvertures 2' traversant la plaque 1' sont disposées suivant un réseau à mailles carrées et sont réalisées sous une forme quadrifoliée ou quadrilobée, chacune des ouvertures 2' comportant quatre prolongements de direction radiale 2'a, 2'b, 2'c, 2'd disposés à 90° l'un de l'autre autour de l'axe du tube 3'.

Les prolongements de direction radiale 2'a, 2'b, 2'c, 2'd des ouvertures 2' à la périphérie des tubes 3' assurent le passage de l'eau d'alimentation à travers la plaque-entretoise 1' dans le générateur de vapeur en service.

Entre deux prolongements radiaux 2'a, 2'b, 2'c, 2'd quelconques, la surface de l'ouverture 2' comporte une surface d'appui plane 4'. Chacune des ouvertures 2' comporte quatre surfaces d'appui sensiblement planes 4'a, 4'b, 4'c, 4'd disposées à 90° l'une de l'autre autour de l'axe de l'ouverture 2' suivant l'épaisseur de la plaque 1', c'est-à-dire dans une direction parallèle à l'axe des

ouvertures 2' et des tubes 3'. Les portées d'appui 4' assurent le maintien des tubes 3' dans une position parfaitement centrée à l'intérieur des ouvertures 2'.

Les portées 4' sont contenues dans deux familles
5 de plans parallèles entre eux ayant des traces de direction 5'a et 5'b sur les faces de la plaque 1'. Les directions 5'a et 5'b correspondent sensiblement aux directions principales des rangées rectilignes d'ouvertures 2' du réseau de la plaque 1'.

10 Après avoir usiné les ouvertures de traversée telles que 2 et 2' d'une plaque-entretoise telle que 1 ou 1', il est nécessaire, avant d'introduire les tubes du faisceau 3 ou 3' dans les ouvertures 2 ou 2', de réaliser une élimination des bavures formées lors du brochage sur
15 l'une des faces de la plaque et les arêtes vives formées sur l'autre face de la plaque, sur le bord des ouvertures 2 ou 2'. L'opération d'ébavurage de l'une des faces de la plaque et de planage de l'autre face doit se traduire par la réalisation de chanfreins arrondis réguliers autour des
20 ouvertures 2 et 2' sur chacune des faces de la plaque et en particulier, dans les parties des bords d'ouvertures 2 et 2' correspondant aux portées d'appui planes 4 et 4'.

Il est souhaitable de réaliser un chanfrein régulier sur tous les bords d'ouvertures, de manière que
25 le bord d'ouverture chanfreiné ne présente aucune partie en saillie par rapport aux faces de la plaque et à l'intérieur de l'ouverture. On préserve ainsi parfaitement la planéité de la plaque-entretoise et on évite de rayer les tubes au moment de leur introduction dans les ouvertures
30 traversant les plaques-entretoises pour constituer le faisceau.

Dans le cas d'un ébavurage et d'un chanfreinage réalisés par un balayage complet des faces de la plaque avec une brosse rotative, on a pu observer des formes de
35 chanfrein irrégulières et des bourrelets de métal repous-

sé, en saillie par rapport aux faces des plaques, lorsque le brossage est réalisé sans contrôle des directions de déplacement de la brosse sur les faces de la plaque-entretoise.

5 De tels défauts ont été observés dans le cas de plaques dont le chanfreinage a été réalisé en utilisant un dispositif de déplacement à chariot à mouvements croisés pour déplacer une brosse rotative sur les faces des plaques-entretoises, de manière quelconque par rapport aux
10 rangées d'ouvertures.

Sur les figures 3 et 4, on a représenté une installation permettant de mettre en oeuvre le procédé suivant l'invention dans lequel le brossage des faces de la plaque est réalisé suivant des directions et dans des
15 conditions bien définies.

L'installation d'ébavurage et de chanfreinage permettant la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention comporte à l'intérieur d'un atelier 6, un positionneur de plaques-entretoises 7, un robot 8 de déplacement
20 d'un groupe de brossage et une centrale d'aspiration 9.

L'installation comporte de plus un poste de commande 10 et un local technique 11 disposés de manière adjacente par rapport à l'atelier 6. Dans le poste de commande 10 sont disposés une armoire de commande 12, un
25 pupitre de commande 13 du positionneur 7 et du robot 8, un micro-ordinateur 14 et une imprimante 15.

Dans le local technique 11 sont disposés une armoire de commande 16 du robot 8, une armoire de commande 17 du groupe de brossage et des blocs d'alimentation
30 électrique 18.

Sur le pupitre de commande 13 est disposée une boîte 19 à boutons de commande permettant d'actionner à distance le dispositif de positionnement 7 d'une plaque-entretoise.

Le robot 8 est un robot qui peut être utilisé pour effectuer des opérations d'usinage ou de soudage commandées à distance avec des déplacements suivant des trajectoires quelconques dans l'espace.

5 Un tel robot est constitué par un bras articulé qui comporte six axes d'articulation et qui repose sur le sol de l'atelier par l'intermédiaire d'un socle de support 8a.

10 Pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, le groupe de broyage 20 qui sera décrit plus en détail dans la suite de la description est fixé à la partie d'extrémité du bras appelée poignet.

15 Le dispositif 7 de positionnement de la plaque-entretoise comporte un plateau 21 constitué par une plaque plane portée par un bras 22.

20 Le plateau 21 comporte des ouvertures taraudées dans des positions déterminées dans lesquelles on peut visser des pions de positionnement et de serrage d'une plaque-entretoise, lorsque cette plaque-entretoise est superposée au plateau 21.

25 Les pions de positionnement sont engagés et vissés dans le plateau 21 et la plaque-entretoise sur laquelle on doit réaliser l'opération d'ébavurage et de chanfreinage est mise en place sur le plateau en engageant les pions de positionnement, dans des ouvertures de la plaque-entretoise réservées pour le passage de tirants de fixation des plaques-entretoises l'une par rapport à l'autre dans le générateur de vapeur.

30 La plaque-entretoise est ensuite fixée sur le plateau, par engagement de pions de serrage dans des ouvertures de passage de tirants de la plaque-entretoise et vissage des ces pions de serrage dans des ouvertures taraudées du plateau 21.

35 Comme il est visible sur la figure 5, le plateau 21 est monté rotatif autour d'un axe 23 sur le bras 22 du

dispositif de positionnement, le bras 22 étant lui-même solidaire d'un plateau 24 monté rotatif autour d'un axe 25, sur le bâti vertical 27 du dispositif de positionnement 7 qui comporte des patins d'appui et de fixation au sol 26.

La rotation du plateau 24 autour de l'axe 25 permet d'entraîner en rotation le bras 22 autour de l'axe 25 et d'orienter le plateau 21.

La motorisation, le guidage et l'indexage du plateau 24 sont prévus pour placer le plateau 21 dans l'une au moins de trois positions qui correspondent à la position horizontale du plateau 21 représentée sur la figure 5, à une position verticale du plateau ou à une position inclinée à 30° par rapport à la verticale.

Le montage d'une plaque-entretoise sur le plateau 21 peut être réalisé lorsque le plateau 21 est dans sa position verticale. La plaque-entretoise est amenée à proximité du plateau 21 dans une position verticale suspendue à l'élingue d'un moyen de levage desservant l'atelier 6. La plaque-entretoise est engagée sur des pions de positionnement fixés sur le plateau 21 puis rendue solidaire du plateau 21 par l'intermédiaire de pions de serrage. On utilise généralement deux pions de positionnement et quatre pions de serrage pour réaliser la fixation d'une plaque-entretoise sur le plateau 21 du dispositif de positionnement 7 des plaques-entretoises.

Comme il est visible sur la figure 3, il est possible de placer sur le plateau 21 du positionneur 7, une plaque-entretoise ayant un diamètre compris entre une certaine valeur minimale et une certaine valeur maximale. Sur la figure 3, la plaque 28 représentée en traits pleins présente un diamètre minimal et la plaque 28' un diamètre maximal, en fonction des possibilités d'usinage à l'intérieur de l'atelier 6.

Par exemple, dans le cas des plaques-entretoises pour des générateurs de vapeur de réacteurs nucléaire à eau sous pression, on prévoit un positionneur et un robot permettant de réaliser l'usinage de finition de plaques
5 ayant un diamètre compris entre 2,40 et 4 mètres.

Sur la figure 3, les plaques ont été représentées dans une disposition horizontale.

L'usinage de finition des plaques pour réaliser leur ébavurage et leur chanfreinage par brossage est effectué avec la plaque-entretoise inclinée de 30° vers
10 l'arrière par rapport à la verticale, de manière que la face de la plaque à usiner soit dirigée vers le robot 8 et vers le poste de commande 10 adjacent à l'atelier 6.

Il est bien évident que l'usinage de finition des deux faces de la plaque pourra être réalisé en retournant la plaque-entretoise face pour face sur le plateau
15 21, à l'issue de l'usinage d'une première face.

Une conduite d'aspiration 29 reliée à l'une de ses extrémités à la centrale d'aspiration 9 est disposée
20 au-dessus du bras du robot 8, de manière à présenter une seconde extrémité débouchante au-dessus de l'unité de brossage 20 à l'extrémité du bras du robot 8. On peut ainsi aspirer les poussières et les limailles produites lors du brossage d'une plaque-entretoise et on évite un
25 envolement de poussières et une retombée de limailles à l'intérieur de l'atelier de finition 6.

Comme il est visible sur les figures 6 et 7, l'unité de brossage désignée de manière générale par le repère 20 comporte deux ensembles de brossage 20a et 20b
30 portés par une plaque support 30. La plaque support 30 est fixée à l'extrémité du bras du robot 8 constituant le poignet du bras.

Chacun des ensembles de brossage tels que 20a et 20b comporte un plateau de déplacement et d'application de
35 pression 31 fixé sur la plaque support 30, un groupe

moteur 32 et un outil de brossage 33 qui peut être entraîné en rotation par le groupe moteur 32.

Le groupe moteur 32 comporte un pignon de sortie 34 et l'outil de brossage 33 comporte une broche 35 solidaire à l'une de ses extrémités d'une brosse 36 de forme cylindrique et à son autre extrémité d'un pignon 37. Une courroie d'entraînement crantée 38 permet d'assurer la liaison entre le pignon de sortie 34 du groupe moteur 32 et le pignon 37 de l'outil de brossage 33.

Chacun des groupes moteurs 32 et l'outil de brossage associé 33 sont fixés sur une platine 39 du plateau de déplacement et d'application de pression 31. La platine 39 constitue une platine mobile qui est montée mobile dans la direction de l'axe 40 sur la plaque support 30.

Des vérins 43 et 44 montés sur la plaque support 30 permettent de déplacer la platine 39 dans la direction de l'axe 40, de manière à mettre les brosses 36 des outils de brossage 33 en position de travail au contact d'une face d'une plaque-entretoise. Les vérins permettent également d'exercer une force déterminée sur les outils de brossage 33, de manière que les brosses 36 soient appliquées sur la face de la plaque 28 en cours d'usinage avec une pression déterminée pour effectuer l'usinage des rebords des trous de la plaque.

Le vérin 43 est un vérin d'équilibrage permettant d'éliminer la résultante du poids de l'ensemble de brossage projeté sur un plan faisant un angle de 30° avec le plan horizontal. Le vérin 44 est un vérin d'appui permettant d'appliquer la force d'appui sur la brosse 36.

La plaque support 30 porte également un capteur linéaire de position 41 permettant de repérer avec précision la position de la platine 39 sur la plaque support 30. Le détecteur 41 constitue un détecteur d'usure de la brosse dont les indications permettent de recalculer la

position du robot à chaque trajectoire afin de travailler toujours avec la platine 39 à l'intérieur de sa course prévue en fonction de l'usure et quelle que soit l'usure de la brosse 36 et de signaler la nécessité de changer la
5 brosse 36 à un certain degré d'usure.

Le groupe moteur 32, les pignons 34 et 37, la courroie 38 et la broche 35 de chacun des ensembles de brossage sont disposés dans un carter de protection.

Un carter d'aspiration 42 de forme sensiblement
10 parallélépipédique est également disposé autour des brosses 36. Le carter 42 comporte une face ouverte à sa partie inférieure permettant aux brosses 36 d'atteindre la face de la plaque-entretoise en cours d'usinage.

Le carter 42 comporte un joint 42a constitué
15 sous la forme d'une brosse à poils souples qui vient s'appliquer sur la surface supérieure de la plaque-entretoise lors de la mise en service de l'unité de brossage. Lors des déplacements de l'unité de brossage sur la face de la plaque en cours d'usinage, le carter 42 reste en contact
20 avec la face de la plaque, par l'intermédiaire du joint souple 42a.

L'extrémité de la conduite d'aspiration 29 débouche dans le volume intérieur du carter d'aspiration 42 afin d'aspirer les poussières ou limailles produites
25 pendant le brossage de la plaque-entretoise.

Les brosses 36 présentent une forme de révolution autour de leur axe de rotation qui est défini par l'axe de rotation de la broche 35. De préférence, les brosses 36 présentent une forme cylindrique et sont constituées par des fibres synthétiques, telles que des fibres
30 de nylon auxquelles est incorporé un abrasif tel que le carbure de silicium.

La motorisation des outils de brossage 33 est telle que les brosses 36 peuvent être entraînées à une
35 vitesse de rotation variable, dans un sens ou dans l'au-

tre. On peut ainsi régler la vitesse circonférentielle de
brossage à une valeur optimale quel que soit le degré
d'usure grâce au calcul réalisé à partir de la mesure
effectuée par le détecteur 41, cette valeur étant généra-
5 lément comprise entre 10 et 20 m/s.

On va maintenant décrire, en se référant à
l'ensemble des figures, une opération d'ébavurage et de
chanfreinage d'une plaque-entretoise telle que la plaque
1 représentée sur la figure 1 ou telle que la plaque 2
10 représentée sur la figure 2, en utilisant le procédé et le
dispositif suivant l'invention.

Pour effectuer l'ébavurage et le chanfreinage
d'une plaque-entretoise après réalisation des trous tra-
versants par exemple par brochage, la plaque est prise en
15 charge par un moyen de levage et de manutention tel qu'un
pont et déplacée jusqu'à l'atelier 6, au voisinage du
dispositif 7 de positionnement des plaques-entretoises. Le
plateau 21 du dispositif de positionnement est placé dans
sa position verticale et la plaque-entretoise est rappor-
20 tée et fixée contre le plateau 21.

L'orientation de la plaque dans son plan est
réglée en faisant tourner le plateau 21 autour de son axe
23, à l'extrémité du bras 22.

La plaque-entretoise est placée de manière que
25 la rue d'eau, c'est-à-dire une bande de direction diamé-
trale de la plaque non percée de trous se trouve dans une
disposition parfaitement verticale.

Le diamètre vertical et le diamètre horizontal
de la plaque-entretoise séparent celle-ci en quatre quarts
30 de plaque qui définissent, pour l'ensemble des deux faces
de la plaque, huit zones dans lesquelles on réalise suc-
cessivement l'ébavurage et le chanfreinage des bords de
trous traversant la plaque.

Entre deux opérations d'ébavurage et de chanfreinage intéressant un quart d'une des faces de la plaque, on fait tourner la plaque d'un quart de tour.

5 Lorsque la plaque est en position sur le plateau du dispositif de positionnement, on effectue le repérage des directions de la plaque suivant lesquelles on doit réaliser le déplacement des brosses de l'unité de brossage ainsi que les autres paramètres permettant de définir les conditions idéales de balayage de la plaque par le dispositif de brossage.
10

Dans le cas d'une plaque-entretoise telle que la plaque 1 représentée sur la figure 1 comportant des trous 2 de forme trilobée disposés suivant un réseau à mailles triangulaires, l'ébavurage et le chanfreinage des bords de trous aux extrémités des surfaces 4 de butée des tubes doivent être effectués suivant des trajectoires correspondant aux traces telles que 5a, 5b et 5c des plans contenant les surfaces d'appui des ouvertures 2.
15

Les trajectoires 5a, 5b et 5c sont parallèles entre elles et disposées à une distance constante sensiblement égale au rayon extérieur des tubes 3, d'une trajectoire théorique 45a, 45b ou 45c passant par les centres des ouvertures 2 de la rangée rectiligne dont on réalise l'usinage d'un ensemble de portées d'appui planes.
20

Les paramètres définissant le balayage de la plaque sont déterminés à partir des trajectoires théoriques 45a, 45b et 45c qui sont elles-mêmes définies par leur inclinaison, par exemple par rapport au diamètre vertical de la plaque et par la position de l'axe de l'un des trous 2.
25
30

Un second paramètre permettant de déterminer les conditions de balayage est constitué par la distance fixe entre les trajectoires réelles 5a, 5b et 5c et les trajectoires théoriques 45a, 45b et 45c.

D'autres paramètres permettent de définir l'étendue complète de la zone de la plaque-entretoise qui est percée de trous dans laquelle on effectue l'usinage de finition (par exemple le rayon de la zone occupée par les
5 trous).

Les paramètres définissant le balayage de la plaque-entretoise sont introduits comme données d'entrée dans le micro-ordinateur 14 et font l'objet d'une impression sur l'imprimante 15. Le micro-ordinateur permet,
10 pendant les opérations d'usinage de finition par brossage de la plaque, de gérer l'unité de commande 16 du robot 8, pour déplacer l'extrémité du bras du robot et l'unité de brossage 20, parfaitement, suivant les trajectoires telles que 5a, 5b, 5c ; le calculateur 14 permet également de
15 gérer l'armoire de commande 17 de l'ensemble de brossage 20 et de ses moyens de mise en pression contre la plaque.

Le robot 8 vient placer l'unité de brossage 20 dans une position initiale située dans une partie périphérique de la plaque-entretoise 28, à l'extrémité d'une trajectoire telle que 5a, 5b et 5c.
20

Préalablement, la plaque-entretoise 28 a été basculée vers sa position de travail faisant un angle de 30° avec la verticale (figure 7).

Après mise en fonctionnement de la centrale d'aspiration 9 et de l'unité de brossage, l'opération de brossage d'un premier quart d'une face de la plaque est initiée depuis le poste de commande et se poursuit ensuite de manière totalement automatique, les trajectoires de direction 5a, puis les trajectoires de direction 5b, puis
30 les trajectoires de direction 5c étant décrites l'une à la suite de l'autre par la partie d'extrémité du bras du robot 8.

A l'extrémité de la trajectoire repérée par les limites de la zone de la plaque à usiner, le robot déplace
35 l'unité de brossage dans une direction perpendiculaire à

la trajectoire, de manière à replacer l'unité de brossage suivant une trajectoire théorique voisine de la trajectoire effective qui vient d'être réalisée.

5 On décale alors l'outil de brossage dans la direction perpendiculaire à la trajectoire théorique d'une distance égale au décalage qui a été entré comme paramètre du procédé.

10 Eventuellement, on peut effectuer plusieurs passages sur chacune des trajectoires rectilignes avant de passer à la trajectoire suivante.

Le nombre de passages par trajectoire peut aller de un à dix.

15 L'unité de brossage 20 disposée à l'extrémité du bras du robot est placée sur la face de la plaque, de manière que l'axe de rotation des brosses 36 qui est parallèle à la face de la plaque, soit dirigé parfaitement suivant la trajectoire suivant laquelle on réalise le balayage.

20 Le sens de rotation des brosses est choisi pour que les brosses fassent sortir les copeaux ou limailles métalliques des trous traversant la plaque-entretoise, pendant l'opération d'ébavurage et de chanfreinage. Le sens de rotation des brosses est géré en fonction du sens de déplacement de l'unité de brossage, par le calculateur
25 et le programme de contrôle du procédé.

Les paramètres déterminant le procédé qui peuvent être fixés au démarrage de l'opération et éventuellement modifiés en cours d'opération sont la force d'appui des brosses sur la face de la plaque-entretoise,
30 cette force étant généralement comprise entre 60 et 120 N, la vitesse circonférentielle qui est généralement comprise entre 10 et 20 m/s, la vitesse linéaire d'avance des brosses le long des trajectoires qui est généralement comprise entre 20 et 60 mm/s, le nombre de passages par trajectoire
35 et les décalages transversaux entre les trajectoires.

L'opération d'ébavurage et de chanfreinage est réalisée sur un quart d'une face de la plaque, de manière totalement automatique.

5 Après que l'opération ait été réalisée sur un quart d'une face de la plaque, le robot s'arrête et se place dans une position en retrait, de manière qu'on puisse faire tourner la plaque d'un quart de tour.

L'opération se poursuit sur un second quart de la face de la plaque.

10 Lorsqu'on a réalisé le brossage complet d'une face de la plaque, cette plaque est retournée, les paramètres du brossage sont éventuellement modifiés pour tenir compte du fait que l'opération sur l'une des faces de la plaque est une opération d'ébavurage et de chanfreinage et
15 que l'opération réalisée sur l'autre face de la plaque est une opération de surfaçage et de chanfreinage des arêtes vives des trous.

20 Du fait que les conditions du brossage sont parfaitement définies et que le brossage est réalisé suivant des trajectoires parfaitement parallèles aux plans des surfaces de butée des tubes, l'ébavurage et le chanfreinage sont réalisés de manière que les chanfreins des bords des surfaces de butée soient tous identiques, ne comportent pas de partie en saillie par rapport à la face de la
25 plaque ou à l'intérieur du trou et comportent une surface d'une grande régularité.

30 Les poussières, limailles ou bavures détachées de la plaque pendant le brossage sont aspirées par la centrale d'aspiration 9, de manière que ces particules ne restent pas dans la zone de brochage et ne se déposent pas sur la plaque ou sur le sol de l'atelier de finition.

Dans le cas d'une plaque-entretoise ayant des ouvertures de forme trifoliée disposées suivant un réseau à mailles triangulaires, comme représenté sur la figure 1,
35 le brossage est toujours effectué suivant une trajectoire

réelle (telle que 5a) située d'un même côté de la trajectoire théorique (telle que 45a) correspondante. A partir d'une trajectoire théorique, on effectue donc une seule trajectoire réelle disposée d'un côté de la trajectoire théorique et décalée d'une distance prédéterminée dans une direction perpendiculaire aux trajectoires.

Dans le cas d'une plaque-entretoise telle que la plaque-entretoise 1' représentée sur la figure 2 comportant des ouvertures de forme quadrifoliée disposées suivant un réseau à mailles carrées, le brossage de la plaque est effectué suivant deux familles de trajectoires parallèles aux trajectoires 5'a et 5'b représenté sur la figure 2.

Pour une même trajectoire théorique (telle que 45'a), on effectue successivement deux trajectoires réelles 5'a et 5"a de part et d'autre de la trajectoire théorique 45'a, le balayage de la plaque suivant les trajectoires 5'a et 5"a étant réalisé dans des sens différents.

De même pour une même trajectoire théorique 45'b on effectue le balayage suivant deux trajectoires telles que 5'b.

Dans tous les cas, le balayage de la plaque est réalisé suivant des trajectoires parallèles au plan contenant les surfaces de butée des trous de la plaque et de manière à réaliser successivement sur une zone de la plaque, par exemple un quart d'une face de la plaque, le brossage des bords des surfaces de butée, par rangée successive correspondant à un alignement rectiligne de trous comportant un ensemble de surfaces d'appui disposées dans un même plan perpendiculaire à la plaque.

Dans tous les cas, le procédé suivant l'invention permet d'obtenir une parfaite élimination des bavures sans repoussage du métal des bords de trous et des chanfreins parfaitement réguliers assurant une liaison continue entre la face de la plaque et la surface intérieure du

trou. On obtient ainsi des plaques-entretroises dont les deux faces sont parfaitement lisses et exemptes de bavures et d'angles vifs. On évite toute détérioration des tubes du faisceau lors de leur engagement à l'intérieur des
5 plaques-entretroises.

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui ont été décrits.

C'est ainsi qu'on peut imaginer d'utiliser le procédé suivant l'invention dans le cas de plaques-entretroises comportant un réseau régulier de trous ayant des formes différentes de celles qui ont été décrites et qui sont disposés suivant un réseau différent d'un réseau à mailles triangulaires ou carrées. Toutefois, les surfaces d'appui des tubes à l'intérieur des ouvertures des plaques
10 doivent être situées de manière sensiblement alignées dans des plans perpendiculaires aux faces de la plaque.

Le déplacement de l'unité de brossage sur les faces de la plaque peut être réalisé en utilisant un dispositif de déplacement différent d'un robot ayant un bras articulé.
20

L'unité de brossage peut également être réalisée d'une manière différente de celle qui a été décrite et comporter une seule brosse ou au contraire plus de deux brosses ayant des axes alignés ou parallèles. L'utilisation d'un plus grand nombre de brosses ou de brosses d'une plus grande longueur axiale permet de limiter le nombre de passes nécessaires sur chacune des trajectoires et donc de limiter le temps total nécessaire pour réaliser le brossage de la plaque.
25

Il est bien évident que le dispositif de positionnement de la plaque peut être réalisé d'une manière différente de celle qui a été décrite et que le brossage de la plaque peut se faire sur la plaque ayant une inclinaison quelconque par rapport à la verticale.
30

Les moyens de commande et de réglage du procédé peuvent être réalisés sous une forme différente de celle qui a été décrite.

L'invention s'applique de manière générale à
5 toute plaque perforée dont les trous sont destinés à recevoir et à maintenir des éléments allongés tels que des tubes.

REVENDICATIONS

1.- Procédé d'ébavurage et de chanfreinage de bords de trous (2, 2') traversant une plaque (1, 1') de maintien d'un faisceau de tubes (3, 3'), disposés suivant un réseau régulier et comportant chacun au moins trois surfaces d'appui (4, 4') d'un tube (3, 3') du faisceau, les surfaces d'appui (4, 4') de l'ensemble des trous (2, 2') de la plaque (1, 1') étant situées dans des plans perpendiculaires aux faces de la plaque (1, 1') et parallèles aux axes des trous (2, 2'), dans chacun desquels est disposé de manière alignée suivant une direction rectiligne, un ensemble de surfaces d'appui (4, 4') d'une rangée rectiligne de trous (2, 2') du réseau, le procédé consistant à déplacer au moins une brosse rotative (36) autour d'un axe parallèle à la plaque (1, 1'), de manière à balayer au moins une face de la plaque (1, 1'), caractérisé par le fait qu'on réalise l'ébavurage et le chanfreinage des bords de trous (2, 2') par rangées successives rectilignes et que pour chacune des rangées rectilignes, on déplace la brosse (36) ayant son axe de rotation parallèle à un plan contenant une rangée de surfaces d'appui (4, 4'), suivant une trajectoire rectiligne (5a, 5b, 5c, 5'a, 5'b) parallèle au plan de la rangée de surfaces d'appui (4, 4').

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on déplace la brosse (36), successivement, suivant des trajectoires rectilignes constituant au moins deux ensembles de trajectoires qui sont toutes parallèles à une direction commune (5a, 5b, 5c, 5'a, 5'b).

3.- Procédé suivant la revendication 2, dans le cas d'une plaque (1) traversée par des ouvertures (2) disposées suivant un réseau triangulaire et comportant chacune trois surfaces d'appui (4) d'un tube (3) caractérisé par le fait qu'on déplace la brosse (36), successivement suivant des trajectoires rectilignes constituant

trois ensembles de trajectoires parallèles à trois directions (5a, 5b, 5c) faisant entre elles des angles de 60°.

4.- Procédé suivant la revendication 2, dans le cas d'une plaque (1') traversée par des trous (2') disposés suivant un réseau à mailles carrées et comportant chacun quatre surfaces d'appui d'un tube (3') disposées à 90° autour de l'axe du trou (2') caractérisé par le fait qu'on déplace la brosse (36), successivement, suivant des trajectoires constituant deux ensembles de trajectoires parallèles à deux directions (5a, 5b) perpendiculaires entre elles.

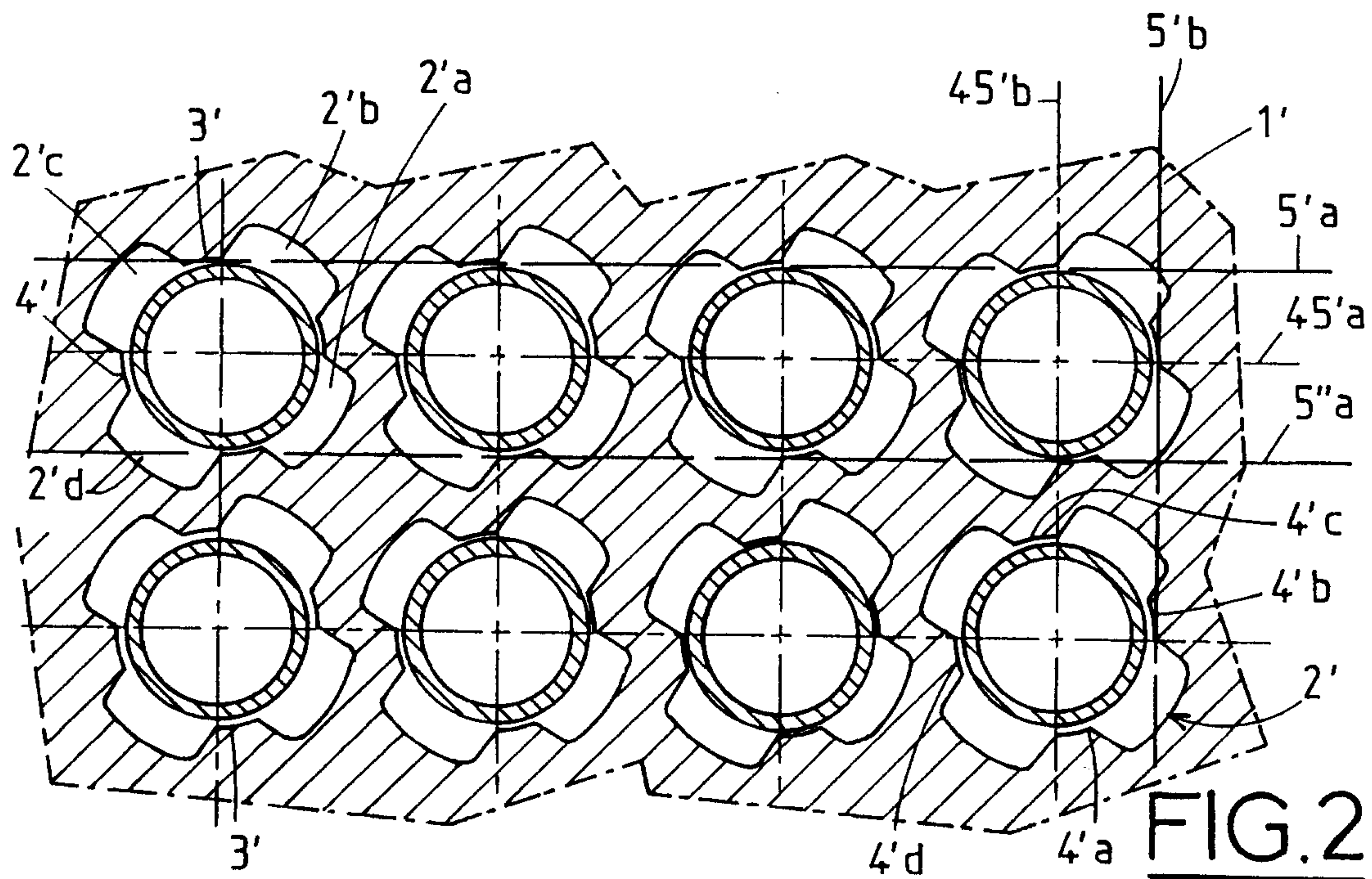
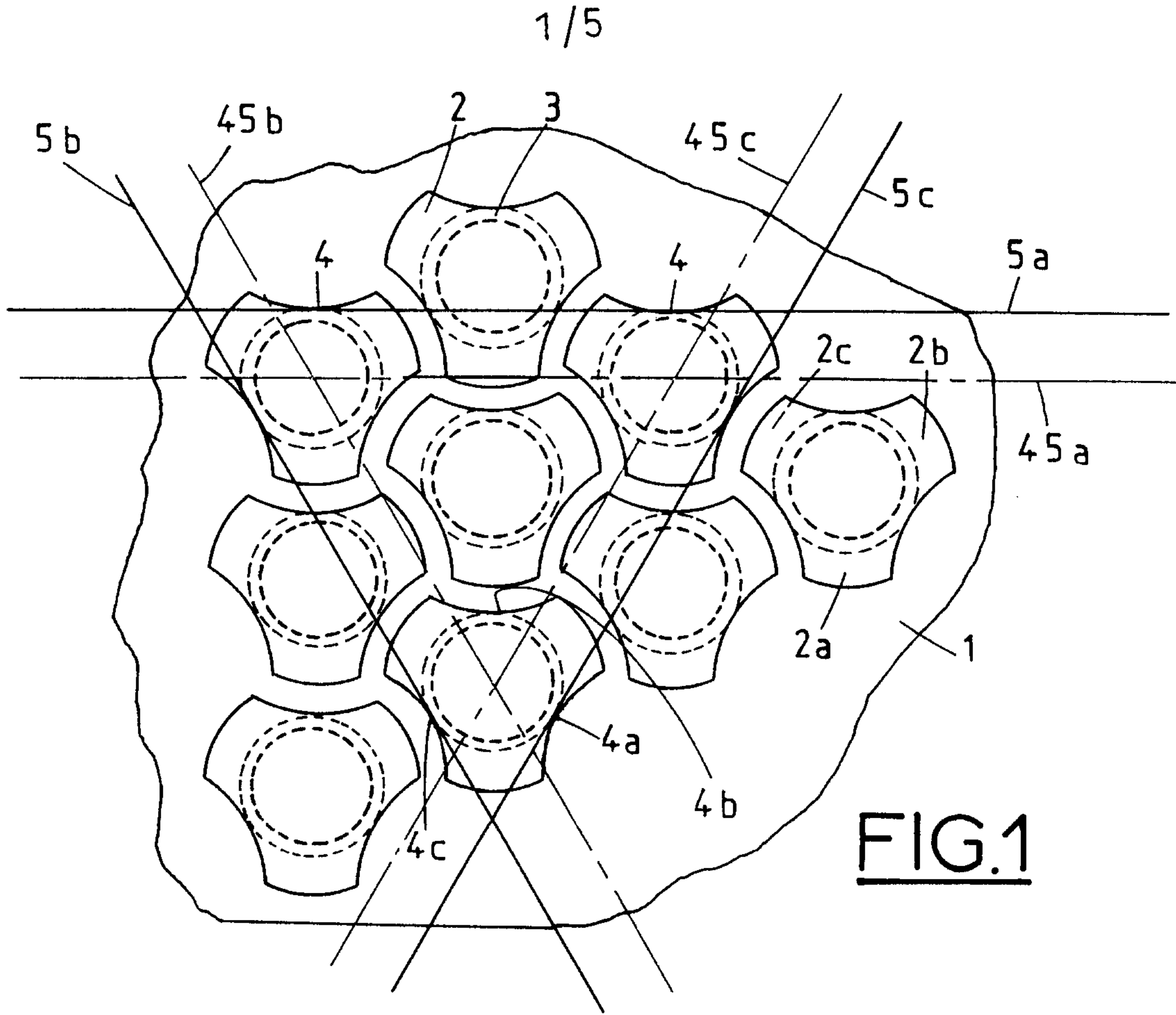
5.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'on détermine les trajectoires rectilignes de déplacement de la brosse (36), à partir de trajectoires théoriques (45a, 45'a) passant par les axes des trous de la rangée sur laquelle on réalise l'ébavurage et d'un décalage prédéterminé de la trajectoire par rapport à la trajectoire théorique (45a, 45'a).

6.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'on règle la force d'appui de la brosse (36) sur la plaque (1, 1') à une valeur prédéterminée.

7.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'on règle la vitesse circonférentielle de brossage à partir de la vitesse de rotation de la brosse (36) et la vitesse linéaire d'avance de la brosse (36) le long de la trajectoire rectiligne (5a, 5b, 5c, 5'a, 5'b), à des valeurs prédéterminées.

8.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'on détermine l'usure de la brosse (36) par mesure de la position de la brosse (36) dans une direction perpendiculaire à la plaque (1, 1', 28).

9.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait qu'on règle le sens de rotation de la brosse (36) en fonction du sens de déplacement de la brosse (36) sur la trajectoire rectiligne (5a, 5b, 5c, 5'a, 5'b).



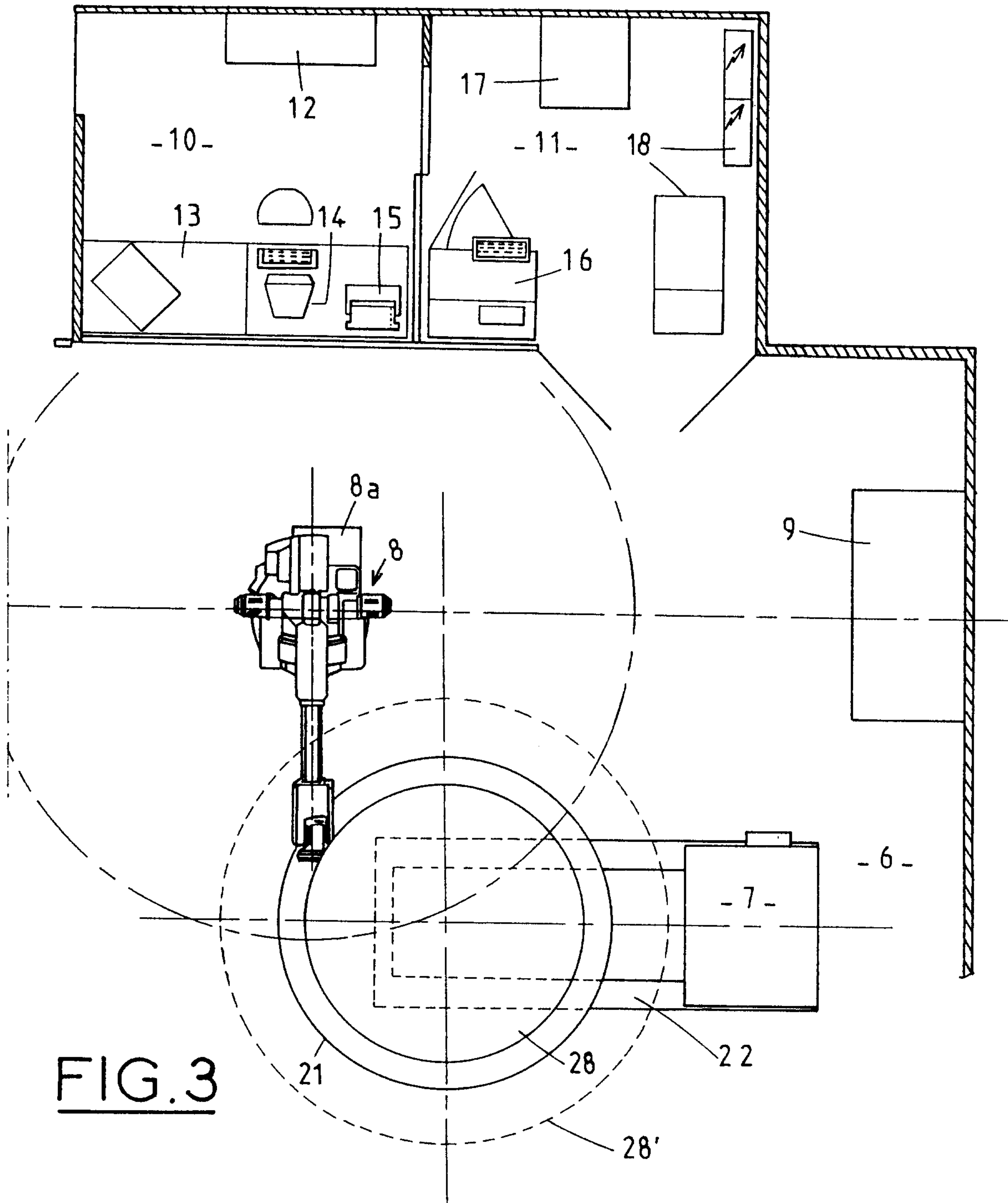


FIG. 3

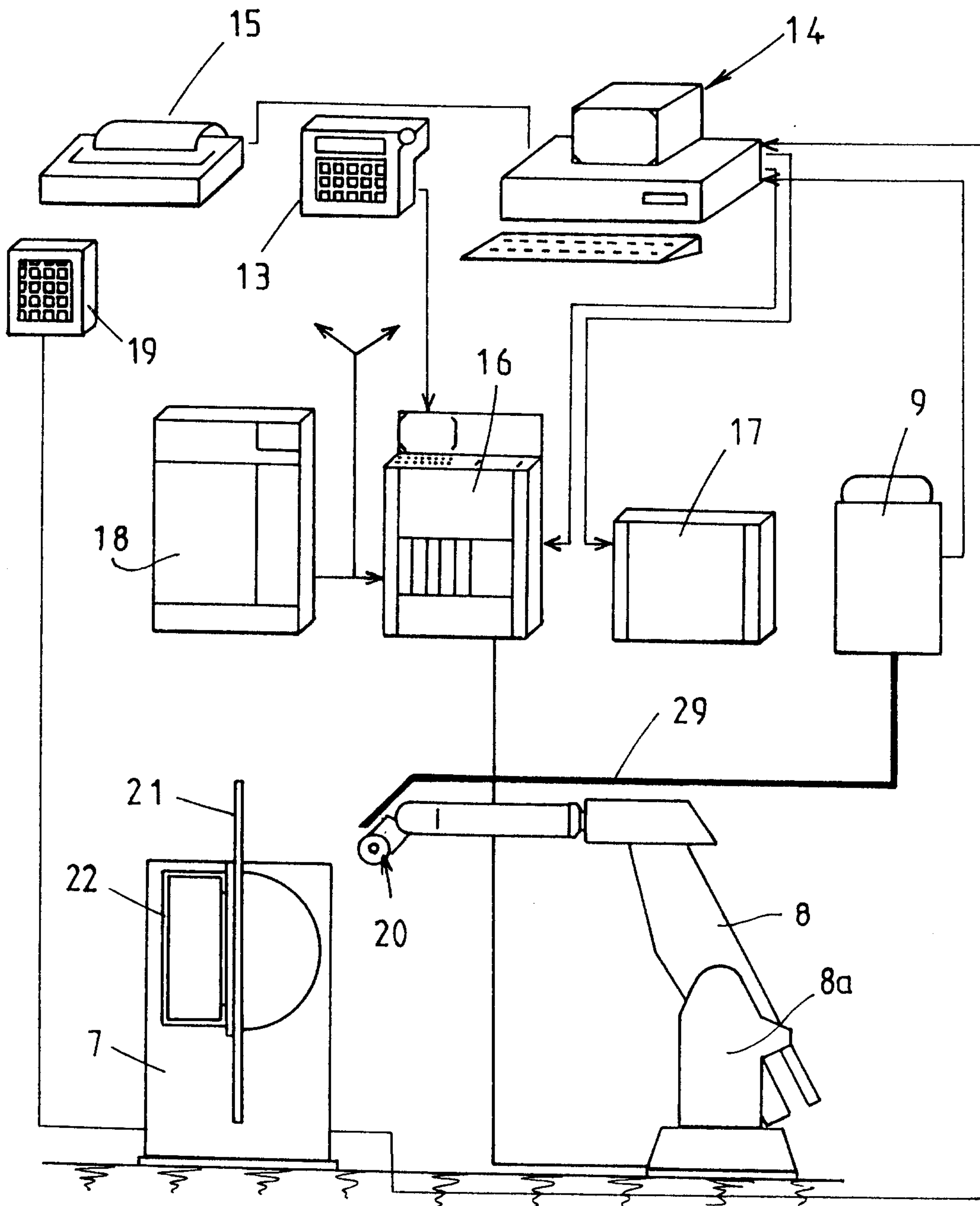


FIG. 4

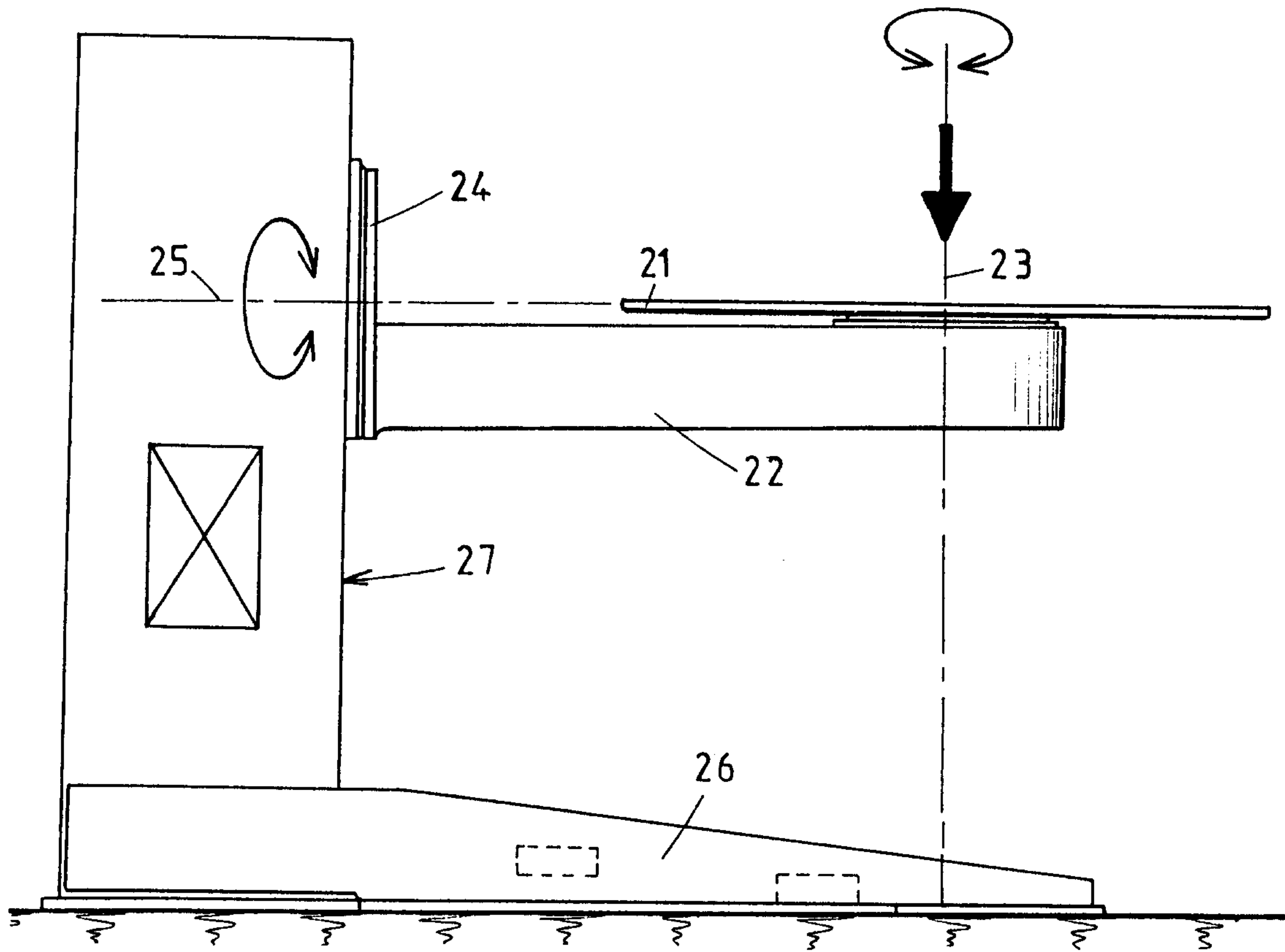


FIG. 5

