



⑪ Numéro de publication : **0 569 307 A1**

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt : **93420180.7**

⑤① Int. Cl.⁵ : **B21D 15/04, B21C 37/20**

㉔ Date de dépôt : **04.05.93**

③① Priorité : **06.05.92 FR 9205762**

④③ Date de publication de la demande :
10.11.93 Bulletin 93/45

⑥④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES GB IT LI LU NL PT SE

⑦① Demandeur : **ESCOFIER TECHNOLOGIE S.A.**
Société Anonyme dite:
11 rue Paul Sabatier
F-71107 Châlon-sur-Saône (FR)

⑦② Inventeur : **Cretin, Michel**
Etoule
F-71640 Mellecey (FR)
Inventeur : **Marcon, Charles**
Chemin des Epinaux, 9, Route de Givry
F-71150 Chagny (FR)

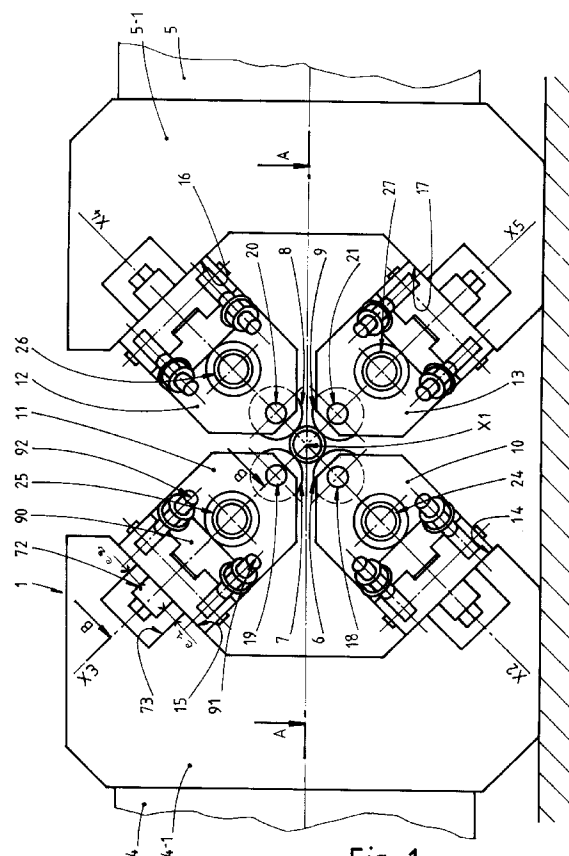
⑦④ Mandataire : **Desolneux, Jean-Paul Charles**
Setval Division Propriété Industrielle 130, rue
de Silly
F-92100 Boulogne-Billancourt (FR)

⑤④ **Dispositif permettant le formage d'ailettes hélicoïdales sur la paroi extérieure de tubes.**

⑤⑦ Le dispositif suivant l'invention concerne la réalisation par roulage d'ailettes hélicoïdales sur tubes pour échangeur de chaleur afin d'accroître leur aptitude au transfert de chaleur.

Il comporte quatre molettes (6, 7, 8, 9) réparties sur deux chariots (4, 5) mobiles en translation l'un vers l'autre au moyen d'un vérin permettant la mise en appui simultanée des quatre molettes sur la paroi d'un tube (2). Les quatre molettes réparties autour du tube sont entraînées en rotation à même vitesse par un moyen moteur unique (50) et sont orientables autour d'un axe (X2, X3, X4, X5) perpendiculaire à leur zone de formage. Le tube (2) est entraîné par les molettes suivant un axe de défilement (X1-X1').

Application à l'ailetage de tubes (2) en métaux ou alliages inoxydables.



Le dispositif qui fait l'objet de l'invention concerne la réalisation de tubes à ailettes pour échangeurs de chaleur entre deux fluides ou mélanges de fluides liquides ou gazeux ou encore en partie liquide et en partie gazeux dont l'un circule à l'intérieur du tube et l'autre à l'extérieur.

On connaît différents dispositifs permettant de réaliser, par formage au moyen de molettes, des ailettes hélicoïdales sur la paroi extérieure de tels tubes afin d'accroître leur aptitude au transfert de chaleur.

De telles ailettes peuvent être obtenues en faisant rouler sur la surface extérieure d'un tube, par exemple deux molettes, disposées de part et d'autre de ce tube suivant un parcours hélicoïdal. Chacune de ces molettes comporte plusieurs disques de révolution montés sur un même axe. Les bords de ces disques pénètrent progressivement dans la paroi du tube en refoulant le métal de celui-ci dans les intervalles qui les séparent, formant ainsi au moins une ailette hélicoïdale.

On donne aux molettes l'angle d'avance nécessaire pour obtenir le déplacement relatif du tube par rapport aux molettes, qui entraîne la formation d'ailettes hélicoïdales.

Le développement de l'utilisation de tubes pour échangeurs de chaleur a montré les avantages que présentent les tubes ailetés dans le cas de la mise en oeuvre de métaux ou alliages ayant une grande résistance à la corrosion par différents fluides liquides ou gazeux portés à relativement haute température. Les métaux ou alliages, tels que les aciers inoxydables ou réfractaires, le titane et ses alliages, les alliages inoxydables ou réfractaires et en particulier ceux à teneur élevée en nickel, ont des conductivités thermiques qui peuvent être faibles et présentent également une aptitude relativement médiocre au formage à froid.

On a constaté que pour obtenir de bonnes caractéristiques de transfert de chaleur, il est souhaitable de pouvoir former, sur la paroi de tubes constitués de tels métaux ou alliages, des ailettes hélicoïdales de faible hauteur, de faible épaisseur et de faible espacement.

Ainsi, par exemple, pour une hauteur de l'ordre de 1 mm, on propose de réaliser une ailette hélicoïdale dont le pas est de l'ordre de seulement 1 mm ou moins, c'est-à-dire un nombre de spires par unité de longueur du tube, ou densité, atteignant environ 10 par cm (environ 25 par inch) ou davantage. Les tubes ainsi ailetés ont de très bonnes performances du point de vue transfert de chaleur. Par contre, leur réalisation présente de grandes difficultés. Ces difficultés s'accroissent quand on cherche à réaliser des tubes de faible épaisseur, c'est-à-dire d'une épaisseur résiduelle après formage du même ordre que la hauteur des ailettes ou bien inférieure à celle-ci, pour réduire le coût du métal mis en oeuvre et améliorer encore la capacité de transfert de chaleur. Les tubes doi-

vent, de plus, présenter de grandes longueurs unitaires, pouvant atteindre de l'ordre de 20 à 30 m ou davantage.

Les difficultés rencontrées pour la réalisation de ces tubes se traduisent par de nombreux défauts et également de nombreuses ruptures ou détériorations des disques des molettes. Ces ruptures ou détériorations causent des perturbations très importantes dans la fabrication et accroissent considérablement le coût des tubes ailetés fabriqués. Les plus courants des défauts sont des criques qui se forment sur le bord des ailettes, des arrachements d'ailettes dus aux efforts exercés par les disques de molettes sur la paroi latérale de ces ailettes en formation et enfin des amorces de fissures qui apparaissent sur la paroi même du tube. On constate que de tels défauts sont fréquents malgré les soins apportés à l'exploitation des dispositifs mis en oeuvre pour le formage de ces ailettes et malgré de faibles vitesses de production.

Toutes ces difficultés ont, pour conséquence, des coûts de production très élevés qui ne permettent pas l'obtention, de façon réellement économique, des tubes pour échangeurs de chaleur à haute performance qu'on souhaiterait pouvoir mettre en oeuvre.

On a recherché la possibilité de réaliser un dispositif de formage par roulage d'ailettes hélicoïdales sur la paroi extérieure de tubes en métaux relativement difficiles à transformer assurant de hautes performances de transfert de chaleur.

On a recherché, en particulier, la possibilité d'obtenir de tels tubes ailetés, en acier inoxydable ou réfractaire, en titane allié ou non allié, en alliages inoxydables ou réfractaires à teneur élevée en nickel ou encore en d'autres métaux ou alliages combinant une bonne résistance à la corrosion et une bonne tenue mécanique à température relativement élevée. On a recherché, en particulier, la possibilité de réaliser un dispositif de formage de tubes pour échangeurs de chaleur permettant d'obtenir des tubes ailetés à hautes performances, de grande longueur, dans des conditions véritablement économiques.

On a cherché plus particulièrement à réaliser un dispositif permettant d'atteindre couramment, pour de tels tubes, un ailetage hélicoïdal dont la densité est de l'ordre de 11 par cm (28 par inch) ou davantage, avec une hauteur d'ailette d'environ 1 mm, l'épaisseur du tube obtenu étant sensiblement égale ou inférieure à environ 1 mm.

On a cherché également à réaliser un dispositif dans lequel la tenue en service des molettes et des disques les constituant soit satisfaisante.

Le dispositif qui fait l'objet de l'invention permet d'atteindre l'ensemble de ces résultats.

Ce dispositif est conçu pour le formage par roulage d'au moins une ailette hélicoïdale sur la paroi extérieure d'un tube.

Suivant les applications, il s'agit d'un tube métallique sans soudure ou soudé constitué d'un métal ou

alliage adapté aux conditions de température et à la nature du ou des fluides avec lequel ou lesquels il est mis en contact. Il peut s'agir par exemple, d'aciers au carbone, d'aciers inoxydables ferritiques ou austéniques, d'aciers réfractaires, de titane ou d'alliages à base de titane ou de tous autres métaux ou alliages dont les propriétés physico-chimiques conviennent pour les conditions d'utilisation prévues.

Le dispositif suivant l'invention comporte deux chariots mobiles, disposés l'un en face de l'autre, de part et d'autre symétriquement de l'axe de défilement d'un tube à ailer, chacun de ces chariots comportant deux molettes montées chacune sur une tête porte-molette. Un moyen de translation permet de rapprocher symétriquement les deux chariots l'un de l'autre jusqu'à une position de travail telle que les quatre molettes viennent en appui contre le tube à former, disposé suivant l'axe de défilement, avec une force de serrage déterminée. Dans cette position de travail, les molettes sont réparties autour du tube, inclinées d'un même angle d'avance et positionnées par rapport à l'axe de défilement, les unes par rapport aux autres, de façon à participer chacune à l'ailéage du tube. Le moyen de translation permet aussi d'écarter les deux chariots l'un de l'autre pour dégager le tube fini, mettre en place le tube suivant et aussi, chaque fois que cela est nécessaire, effectuer des contrôles, réglages ou changements d'outillage.

Le moyen de translation des chariots permettant en particulier le rapprochement et le serrage des molettes est, de préférence, constitué par au moins un vérin dont le corps est relié à l'un des chariots et le piston à l'autre. Un moyen de synchronisation assure une translation simultanée des deux chariots dans un sens comme dans l'autre. Ce moyen de synchronisation comporte une poutre basculante ou palonnier montée sur un pivot fixe dont l'axe intersecte l'axe de défilement ; des tiges rigides ou bielles sont chacune reliées symétriquement de façon articulée, au chariot par une extrémité et à l'une des deux extrémités de la poutre basculante par l'autre.

Un moyen d'ajustage précis de la course du ou des vérins de serrage est, de préférence, utilisé pour assurer un serrage reproductible, en position de travail, des molettes contre la paroi extérieure du tube à former.

Ce moyen d'ajustage est, de préférence, constitué par un moyen d'obturation de la canalisation d'alimentation du vérin en fluide sous pression. Le moyen d'obturation, relié de façon directe ou indirecte à la tige du piston du vérin, comporte un moyen de réglage tel qu'une vis micrométrique permettant d'ajuster avec précision la longueur de course du piston pour laquelle l'obturation ferme l'alimentation du vérin et provoque donc l'arrêt du piston. De façon avantageuse, un moyen d'ouverture d'une canalisation de décharge intervient au cas où une fermeture incomplète de l'alimentation du vérin ne stopperait pas immédia-

tement et complètement le piston.

Chaque tête porte-molette est montée en appui sur une portée d'un porte-outil solidaire du chariot et peut tourner de quelques degrés autour d'un axe d'orientation qui intersecte en position de travail la zone de formage de la molette correspondante sur le tube.

Dans cette position de travail, les quatre axes d'orientation sont répartis à environ 90° les uns des autres. On diminue ainsi tout en le rendant symétrique l'effort effectué par chaque molette sur le tube pour former les ailettes par rapport aux dispositifs classiques existants qui ne comportent que trois molettes réparties à 120° l'une de l'autre autour du tube.

Chaque molette est montée sur un arbre porte-molette, guidé en rotation sur des paliers solidaires de la tête porte-molette. Un arbre moteur, disposé parallèlement à l'arbre porte-molette, est également monté sur des paliers, solidaires de la tête porte-molette et est relié à l'arbre porte-molette par un moyen de transmission, par exemple par engrenages. Les quatre arbres moteurs sont reliés par des moyens de transmission articulés disposés, de préférence autour de l'axe de défilement du tube, à un moyen d'entraînement en rotation commun qui assure la rotation à vitesse rigoureusement égale des quatre molettes.

De préférence, les moyens de transmission articulés sont constitués par quatre arbres munis de joints articulés à leurs deux extrémités, par exemple des joints de cardan et comportant une partie télescopique, arbres reliés, à une extrémité, à un arbre moteur d'une tête porte-molette et, à l'autre extrémité à un moyen d'entraînement en rotation commun. De préférence, ce moyen d'entraînement en rotation commun comporte une couronne dentée dont l'axe correspond à l'axe de défilement du tube qui la traverse. Un pignon, actionné de façon directe ou indirecte par un moyen moteur, entraîne en rotation cette couronne dentée et quatre pignons identiques répartis autour de l'axe de la couronne, à 90° les uns des autres, entraînant chacun de façon directe ou indirecte l'arbre de transmission correspondant. Un passage ménagé à travers la couronne dentée permet sa traversée par le tube en cours de formage.

Les arbres porte-molette sont disposés de façon que l'axe d'orientation qui intersecte la zone de formage de la paroi du tube par la molette correspondante intersecte aussi l'axe de défilement en position de serrage, ou passe au voisinage immédiat de celui-ci. On peut ainsi, en déplaçant angulairement la tête porte-molette autour de l'axe d'orientation, donner à la molette correspondante une inclinaison angulaire déterminée afin de donner à au moins une ailette hélicoïdale un pas déterminé. La portée de la tête porte-molette sur la surface d'appui de l'extrémité porte-outil du chariot correspondant est un plan perpendiculaire à l'axe d'orientation.

De façon avantageuse, on peut interposer entre

les deux surfaces de contact de la tête porte-molette et du porte-outil du chariot une ou plusieurs plaques d'écartement, à faces parallèles et d'épaisseurs contrôlées qui permettent de régler la distance entre l'axe de l'arbre porte-molette et l'axe de défilement du tube à former. On tient compte ainsi des différents diamètres extérieurs des tubes à ailerer ainsi que des diamètres correspondants des molettes mises en oeuvre. On peut ainsi maintenir une position de serrage pour laquelle l'axe d'orientation intersecte l'axe de défilement et respecter une répartition des 4 molettes à 90° autour du tube quel que soit son diamètre. Dans ces conditions les efforts exercés par chaque molette sur le tube au cours du formage par roulage sont supportés de façon parfaitement équilibrée sur le tube.

De façon avantageuse également le calage angulaire de la partie orientable du porte-molette autour de l'axe d'orientation est effectué au moyen de cales qu'on introduit entre une paroi solidaire de l'extrémité porte-outil du chariot et la paroi en regard d'une pièce solidaire de la tête porte-molette.

Des moyens de blocage permettent, après réglage de l'angle d'avance et après ajustage éventuel de la distance entre l'axe de l'arbre porte-molette et l'axe de défilement, de réaliser un blocage en rotation de la tête porte-molette par rapport à l'extrémité porte-outil du chariot qui évite tout risque de déplacement angulaire. Le moyen de blocage mis en oeuvre peut comporter par exemple des tiges filetées qui traversent la surface d'appui de la tête porte-molette et sont rcliées à l'extrémité porte-outil du chariot.

De préférence, chacune des têtes porte-molette comporte une pièce amovible dans laquelle est logé au moins un palier sur lequel est monté l'arbre porte-molette à l'une de ses extrémités, cette pièce amovible étant fixée de façon telle que, après désolidarisation d'avec la tête porte-molette, il est possible de démonter facilement l'arbre porte-molette correspondant.

De préférence également, l'un des paliers de l'arbre moteur qui entraîne l'arbre porte-molette est également logé dans cette pièce amovible, afin de permettre, si nécessaire, le démontage de cet arbre ainsi que de l'arbre porte-molette et du moyen de transmission qui les relie l'un à l'autre.

De préférence, chaque molette est constituée par un empilage de disques de révolution. Le diamètre de plusieurs de ces disques est croissant dans le sens de la progression du tube afin de permettre un formage progressif des ailettes. Ce formage s'accompagne d'un allongement du tube avec réduction de son diamètre et de son épaisseur mesurée au-dessous des ailettes. Dans le cas de tubes relativement minces, on dispose de préférence à l'intérieur du tube un mandrin maintenu en place par une tige de retenue, de longueur supérieure à celle du tube et dont l'extrémité extérieure au tube, à l'arrière de celui-ci, est accrochée à un point fixe. Avantageusement le mandrin est

monté libre de rotation autour de l'axe de défilement du tube, grâce à une portée ménagée entre le mandrin et la tige de retenue ou entre la tige de retenue et le point fixe d'accrochage.

Ce mandrin a avantageusement une forme sensiblement tronconique avec une génératrice inclinée de quelques degrés par rapport à son axe, afin de soutenir la paroi intérieure du tube dans la zone de réduction de section de celle-ci sous l'action des molettes. Il est réglable avantageusement en position axiale afin de maintenir l'effondrement du tube sous l'action des molettes.

Des goulottes peuvent être utilisées pour faciliter le guidage et déplacement du tube le long de l'axe de défilement. Il est nécessaire de revêtir ces goulottes d'une couche de matière plastique qui facilite le déplacement en rotation du tube, sous l'action des molettes sans risque d'accrochage et de détérioration des ailettes. Des pinch-rolls (rouleaux d'entraînement) placés en amont et en aval du dispositif de formage sont avantageusement utilisés pour la mise en place du tube lisse sur la tige porte-mandrin et pour l'extraction du tube de la tige porte-mandrin en fin d'opération.

Sur la longueur, il est possible de réaliser plusieurs parties lisses, le déplacement du tube étant alors assuré par les rouleaux d'entraînement et géré par des détecteurs de proximité.

Pour la mise en route de l'opération d'ailletage, ainsi que pour l'interruption de celle-ci à intervalles déterminés, on fait avantageusement appel à des détecteurs de proximité, tels que des détecteurs à courant de Foucault, situés en aval de la zone de formage à des emplacements repérés avec précision le long de la goulotte par rapport à la zone d'ailletage. Ces détecteurs, qui sont au moins au nombre de deux, sont reliés à des moyens électroniques qui permettent la mise en route de l'opération d'ailletage et aussi son interruption, si nécessaire, dans des zones intermédiaires prévues pour des parties non ailletées qui deviendront, par exemple, les parties cintrées du tube. On peut ainsi réaliser sur le tube plusieurs zones ailletées séparées par des zones lisses.

La mise en route de l'ailletage est de préférence réalisée par des moyens électroniques qui permettent de réaliser une mise en rotation des molettes à vitesse réduite puis un rapprochement progressif des chariots à vitesse lente avec application des molettes avec serrage progressif également. On fait croître ensuite la vitesse de rotation des molettes jusqu'à leur vitesse de régime. Dans le cas par exemple de tubes en acier inoxydable austénitique tel qu'un acier 304 ou 316 d'environ 15 à 25 mm de diamètre extérieur et 1,5 à 2,5 mm d'épaisseur, avant formage la force de serrage de chaque molette est d'environ 30 + 10 kN. Le diamètre des molettes est de l'ordre de 25 à 50 mm et la vitesse de formage en régime peut atteindre 4 à 10 m/min.

L'exemple et les figures ci-après décrivent, de façon non limitative, un mode de réalisation du dispositif suivant l'invention.

La figure 1 est une vue schématique de face en élévation, dans un plan perpendiculaire à l'axe de défilement du tube, de l'ensemble constitué par les quatre têtes de molette et l'extrémité avant des deux chariots du dispositif suivant l'invention.

La figure 2 est une vue schématique, suivant le plan de coupe B-B de la figure 1, d'une tête de molette en position de formage par roulage sur la paroi d'un tube à ailer.

La figure 3 est une vue schématique en plan faisant apparaître la partie inférieure des deux chariots du dispositif suivant l'invention en position écartée avec leurs moyens de déplacement conjugués.

La figure 4 est une vue en plan de la partie inférieure des chariots de la figure 3 en position rapprochée, de travail.

La figure 5 est une vue schématique du moyen de réglage de la fin de course des chariots des figures 3 et 4 en position de travail.

La figure 6 est une vue schématique de dessus suivant le plan de coupe A-A de la figure 1 faisant apparaître le moyen moteur et les moyens de transmission entre ce moyen moteur et les arbres moteurs entraînant les arbres porte-molette.

La figure 7 est une vue schématique de détail d'une molette en coupe suivant un plan contenant l'axe de l'arbre porte-molette.

La figure 1 est une vue schématique de face d'un dispositif 1 permettant le formage sur la paroi extérieure d'un tube de révolution 2 pour échangeurs de chaleur d'au moins une ailette hélicoïdale 3.

Ce dispositif comporte deux chariots 4, 5 aptes à coulisser parallèlement au plan de la figure 1 sur des glissières 4A, 5A représentées aux figures 3 et 4. Ces deux chariots sont disposés l'un en face de l'autre de part et d'autre symétriquement de l'axe X1-X1 de défilement du tube 2. Ils comportent chacun deux molettes 6, 7 et 8, 9 calées en rotation respectivement sur les arbres porte-molette 18, 19 et 20, 21, lesquels sont entraînés en rotation par les arbres moteurs 24, 25 et 26, 27, grâce à une transmission par des couples d'engrenages tels que 22 et 23 qui sont visibles figure 2. Chaque molette, son arbre porte-molette et l'arbre moteur correspondant sont montés sur une même tête porte-molette. Les deux premières têtes porte-molette 10, 11 sont montées en appui sur les portées 14 et 15 de l'extrémité porte-outil 4-1 du chariot 4 et les deux autres 12 et 13 sont en appui sur les portées 16 et 17 de l'extrémité porte-outil 5-1 du chariot 5. Chacune de ces têtes porte-molette est orientable de quelques degrés autour d'un axe d'orientation. Chacun des quatre axes d'orientation X2, X3, X4, X5 est perpendiculaire au plan de la portée correspondante 14, 15, 16, 17 d'une tête porte-molette sur l'une des deux extrémités porte-outil 4-1, 5-1.

En position de travail, chaque molette étant en appui dans sa zone de formage sur la paroi extérieure du tube 2, entraîné suivant l'axe de défilement X1-X1, les quatre axes d'orientation traversent chacun la zone de formage de la molette correspondante et, dans les conditions optimales de réglage, intersectent l'axe de défilement. Les axes d'orientation sont répartis à 90° les uns des autres autour de cet axe de défilement X1-X1.

Les chariots 4 et 5 comportent des moyens de translation permettant soit de les rapprocher, afin que les molettes 6, 7, 8, 9 viennent en position de travail contre la paroi extérieure du tube 2, soit de les écarter l'un de l'autre par exemple chaque fois qu'une phase d'ailéage est achevée ou bien qu'il y a lieu d'effectuer des opérations de contrôle et d'entretien.

Les figures 3, 4, 5 décrivent un mode de réalisation du moyen de translation des chariots 4, 5.

Sur les figures schématiques 3 et 4, seule la partie inférieure de chacun de ces deux chariots est montrée coulissante sur les glissières 4A et 5A, les extrémités porte-outil 4-1, 5-1 et les têtes porte-molette n'étant pas représentées.

La figure 3 correspond à la position écartée, et la figure 4 à la position rapprochée, pour laquelle les molettes sont en position de travail. L'axe de défilement X1-X1 est indiqué sur les deux figures. Le moyen de translation est le vérin dont le cylindre 31 est logé dans le chariot 4 et dont le piston 32 se déplace suivant un axe de translation perpendiculaire à X1-X1. L'extrémité de la tige 33 de ce piston 32 qui passe au-dessous de la poutre basculante 34, est solidarisée avec le chariot 5. La poutre basculante 34 est montée en rotation en son milieu autour d'un pivot d'axe vertical X6 qui intersecte X1-X1. Deux tiges rigides 35, 36 sont reliées aux extrémités avant des chariots 4 et 5 par l'une de leurs extrémités 35A, 36A et par l'autre extrémité 35B, 36B à la poutre basculante. On obtient ainsi un déplacement symétrique des deux chariots par rapport à l'axe de défilement X1-X1. Le vérin comporte de plus un piston auxiliaire 37, de section réduite, permettant d'écarter rapidement les deux chariots l'un de l'autre à la fin d'une opération d'ailéage. Un moyen de détermination avec précision du point d'arrêt des chariots en position de travail permet de bien définir la distance entre l'axe du tube et les molettes et donc la pénétration de celles-ci dans le tube. Ce moyen comporte un bras latéral rigide 38 relié à la tige de piston 33 par une extrémité et relié par l'autre extrémité, par l'intermédiaire d'une vis micrométrique 39, à un moyen de contrôle 40 de l'alimentation du vérin 31 en fluide à haute pression.

La figure 5 représente, de façon schématique, un mode de réalisation de ce moyen de contrôle. On voit que le bras rigide 38 permet à la tige de piston 33 d'entraîner la vis micrométrique 39 jusqu'au point où elle vient en appui contre un obturateur 41 qui ferme l'orifice d'admission de fluide haute pression prove-

nant de la canalisation 42 en direction du cylindre 31 du vérin et arrête son mouvement. Si le déplacement ne stoppe pas, le siège de soupape 43 recule et provoque l'ouverture d'un passage de fluide en direction de la canalisation de décharge 44. Un ressort de rappel 45 referme le siège de soupape 43 si la tige de piston 33 recule. Ce moyen d'ajustage du point d'arrêt des chariots, de façon sûre et reproductible, permet donc de réaliser un positionnement constant et reproductible de chaque molette sur la paroi du tube à ailerer.

Les quatre arbres moteurs 24, 25, 26, 27 qui entraînent les quatre arbres porte-molettes 18, 19, 20, 21 sont montés parallèlement à ceux-ci et sont entraînés à vitesses rigoureusement égales grâce aux moyens représentés de façon schématique figure 6. Cette figure est une vue de dessus suivant le plan de coupe A-A de la figure 1. Sur cette figure 6, seules sont représentées, de façon schématique, les deux arbres moteurs inférieurs 24 et 27 en arrière du plan de la figure 1, ainsi que les moyens de transmission qui les relient au moyen moteur unique lequel est également représenté de façon schématique. Ce moyen moteur comporte un moteur à courant continu 50, de forte puissance, à vitesse réglable dans un large intervalle et à fort couple de démarrage, relié par un moyen de transmission 51, muni d'un pignon denté 52 à une couronne dentée 53, d'axe X1-X1 dont seule la moitié inférieure est visible. Cette couronne est montée sur des portées 53A d'un support tubulaire intérieur 54 relié à un châssis fixe non représenté. Un tube de guidage non représenté, assure le passage du tube à ailerer à l'intérieur du tube 54 suivant X1-X1. Sur cette couronne 53, entraînée par le pignon 52, engrènent quatre pignons dont deux seulement 55, 56 sont visibles, qui entraînent chacun un arbre de transmission relié à un arbre moteur 24, 25, 26, 27. Sur la figure 6, seuls les deux pignons inférieurs 55, 56 sont visibles qui entraînent les arbres de transmission inférieurs 57, 58, reliés eux-mêmes aux arbres moteurs inférieurs 24, 27. Les quatre pignons d'entraînement, tels que 55, 56, sont répartis uniformément autour de la couronne dentée 53, à 90° les uns des autres, de façon que les arbres de transmission soient eux aussi répartis uniformément autour de l'axe X1-X1 de défilement sur lequel est axée la couronne 53.

Les quatre arbres de transmission tels que 57, 58 sont télescopiques et équipés, à leurs deux extrémités, de joints de cardan. Ils permettent ainsi d'entraîner à la même vitesse sans à-coups les quatre arbres moteurs et donc les molettes, même pendant les déplacements en translation des chariots 4 et 5.

Les quatre molettes 6, 7, 8, 9 dont est équipé le dispositif 1 sont de structure identique. Elles comportent, de préférence, chacune un ensemble de disques de révolution dont les diamètres et le profil des bords de formage sont conçus pour permettre un formage

progressif des ailettes, avec pénétration successive dans la paroi du tube des bords de formage de ces molettes, dans les sillons déjà amorcés par les disques de la ou des molettes précédentes, suivant un parcours hélicoïdal sur la paroi de ce tube. Pour obtenir un tel résultat, on fait appel à des molettes comportant des disques de révolution de diamètre croissant et de profil variable.

La figure 7 représente, de façon schématique, une molette telle que par exemple la molette 7 des figures 1 et 2, en coupe, suivant un plan contenant l'axe de son arbre porte-molette 19. Cette molette comporte, à partir de son extrémité de faible diamètre, orientée en direction de l'amont du tube à ailerer 5 disques de formage 61, 62, 63, 64, 65 de révolution, qui assurent la croissance progressive d'au moins une ailette hélicoïdale grâce à des passages successifs de disques de diamètres croissants dans les mêmes sillons. Les deux derniers disques 66, 67, de même diamètre que le disque 65, permettent d'égaliser le profil d'au moins une ailette hélicoïdale. Le parcours hélicoïdal des molettes sur la paroi du tube est réalisé grâce à l'angle d'avance obtenu par déplacement angulaire des têtes porte-molette autour de leur axe d'orientation. Chacune des quatre molettes doit avoir un calage axial différent le long de l'arbre porte-molette pour que les bords de formage des disques pénètrent dans les sillons formés par les disques précédents. Ce décalage axial dépend de l'angle d'avance, et du nombre d'ailettes hélicoïdales, c'est-à-dire de filets de l'hélice. Ce décalage axial est obtenu en donnant aux bagues annulaires telles que 68, 69, disposées de chaque côté des molettes telles que 7 la largeur voulue.

Comme le montre la figure 2, chaque arbre porte-molette tel que 19, comporte un épaulement 19A situé au voisinage immédiat de son pignon d'entraînement tel que 22. On donne donc à la bague 68, située du côté amont du tube et qui vient en appui contre l'épaulement 19A, une largeur qui tient compte du décalage axial qu'il convient de donner à cette molette par rapport à celle qui se trouve immédiatement en amont ou en aval. Le serrage des disques de molette contre l'épaulement 19A est assuré par l'écrou 70 qui vient en appui contre la bague 69.

Chaque tête porte-molette telle que 11 vient en appui par une portée plane, perpendiculaire à son axe d'orientation X3, contre une portée correspondante 15 de l'extrémité porte-outil 4-1 du chariot 4.

Au moins un moyen de calage angulaire peut être glissé dans au moins un des deux intervalles e1, e2 (voir figure 1) existant entre une tige cylindrique de révolution 72 solidaire de la tête porte-molette 11, d'axe perpendiculaire à la surface de portée 15 et un logement 73 ménagé dans l'extrémité du porte-outil 4-1 dans lequel s'engage l'extrémité de la tige 72.

L'introduction de cales d'épaisseur dans l'un et/ou l'autre espace e1, e2 permet de faire varier le

calage angulaire de la tête porte-molette 11 autour de l'axe X3 de quelques degrés. Cette inclinaison angulaire par rapport au plan de la figure 1 ne dépasse pas environ 4° dans le cas d'un seul filet hélicoïdal et environ 8° dans le cas d'un double filet hélicoïdal.

La rotation de la tête porte-molette 11 autour de l'axe X3 s'effectue autour d'une pièce de révolution 74 (voir figure 2) engagée sans jeu dans des logements en regard 75, 76 réalisés de part et d'autre du plan de portée 15 et maintenue par une tige filetée 77. Des pièces formant tirants, telles que 78, engagées par une extrémité dans une rainure en T inversé 79 de la tête porte-molette 11 et par l'autre dans un logement 79A ménagé dans l'extrémité porte-outil 4-1, sont aptes à serrer la tête porte-molette 11 sur la portée 15 au moyen, par exemple, d'une cale d'angle 80, transversale, tirée par une pièce filetée 81.

La possibilité de séparation facile de chaque tête porte-molette d'avec l'extrémité porte-outil correspondante permet d'ajuster facilement la distance entre les 2 têtes porte-molette de chaque porte-outil et d'assurer un contact à 90° des molettes sur le tube en fonction du diamètre de celui-ci. On introduit pour cela, dans la zone de portée telle que 15, une lame métallique d'épaisseur constante et de surface suffisante, cette lame non représentée comportant des perçages pour le passage de la pièce axiale 74, des tirants tels que 78 et de la pièce pour calage angulaire 72. On ajuste ainsi le calage angulaire à 90° des molettes autour du tube à ailetter, en tenant compte du diamètre de ces molettes ainsi que du diamètre, de l'épaisseur et du taux de réduction de ce tube.

Dans certains cas, il est nécessaire de soutenir la paroi du tube soumise à l'action des molettes au moyen d'un mandrin 82, logé à l'intérieur du tube 2 dans la zone de formage, comme le montre la figure 2. Ce mandrin est de forme approximativement tronconique et la pente de sa génératrice dépend des conditions de formage du tube à ailetter. Ce mandrin est solidarisé avec une tige de retenue 83 dont l'extrémité amont, située au delà de l'extrémité amont du tube 2, est montée libre en rotation de façon non représentée, dans la zone d'accrochage à un point fixe. On peut aussi monter directement le mandrin 82 libre en rotation sur la tige de retenue 83. La position du mandrin est avantageusement réglable axialement.

Comme le montre la figure 2, chaque arbre porte-molette tel que 19 est monté à l'intérieur de la tête porte-molette correspondante telle que 11 sur des roulements tels que 84, 85 et est calé à ses deux extrémités par des roulements de butée, tels que 86, 87, pour éviter les déplacements axiaux.

L'arbre moteur correspondant tel que 25 est monté sur des roulements tels que 88, 89, disposés de part et d'autre de son pignon 23 qui engrène avec le pignon 22 de l'arbre porte-molette 19.

Chaque tête porte-molette telle que 11 (voir figure 2), est munie d'un moyen de démontage rapide des

molettes, telles que 7, qui permet de vérifier l'usure des disques de formage ainsi que l'usure des roulements des arbres tels que 19, 25 et des transmissions par engrenages telles que 22, 23. Pour cela, les roulements tels que 84 de l'arbre porte-molette 19 et tels que 88 de l'arbre moteur 25, sont montés à l'intérieur d'une pièce amovible 90 qui est solidarisée avec le reste de la structure de la tête porte-molette 11 par un moyen de fixation à montage et démontage rapide.

Cette pièce amovible 90 peut être retirée, après écartement des deux chariots 4, 5 de l'axe de défilement X1-X1, par dévissage de deux boulons 91, 92. Ces boulons assurent le blocage de la pièce amovible 90 contre une portée 93 de la tête porte-molette.

L'extrémité de la pièce amovible comporte un bord de butée 94 saillant, formant dièdre, dont l'arête s'engage dans un bord rentrant 95 formant dièdre de même angle. Les tiges de boulons 91, 92 inclinées à environ 45° par rapport au plan de la portée 93 traversent celle-ci et sont reliées à un moyen d'accrochage 96 situé de l'autre côté de la portée 93. La composante horizontale de l'effort de traction des boulons 91, 92 assure ainsi un blocage efficace de la pièce amovible 90 contre la portée 93 et le bord rentrant 95.

Après extraction de la pièce amovible 90, on peut enlever l'arbre 19 qui porte la molette 7. Il est ainsi possible de contrôler les disques, de les changer si nécessaire et aussi de modifier, si nécessaire, le calage axial. On peut aussi démonter complètement l'arbre moteur 25 et donc la transmission à engrenages entre les deux.

Le défilement du tube en cours d'ailletage s'effectue suivant l'axe X1-X1 le long d'une goulotte non représentée. Cette goulotte métallique est revêtue de matière plastique pour faciliter le glissement et éviter tout accrochage risquant d'endommager le tube et ses ailettes.

Pour la mise en route de l'opération d'ailletage et l'interruption de celle-ci, on dispose, à des intervalles déterminés par rapport à la zone de formage, le long de l'axe de défilement à proximité de la goulotte, des détecteurs non représentés, permettant de signaler le passage de l'extrémité avant du tube. Ces détecteurs sont, par exemple, du type à courants de Foucault.

Ils sont reliés à des moyens électroniques assurant soit la mise en route, soit l'interruption de l'opération d'ailletage.

Chaque zone ailletée sur un tube utilise 2 boîtiers électriques qui se raccordent sur un bus: un boîtier avec un détecteur pour la mise en marche de l'ailletage, un boîtier avec 2 détecteurs: un commandant le passage à la vitesse de rotation basse des molettes, l'autre commandant la mise en route du piston de rappel et l'arrêt de la rotation molettes.

Il est à noter que sans le ralentissement des molettes en fin d'ailletage d'une zone ailletée, il est impossible d'assurer des longueurs ailletées précises, vue

la vitesse d'avance relativement rapide du tube .

Le bus est constitué de 3 fils qui partent de l'automate du dispositif de formage et qui courent le long des goulottes de guidage du tube qui peuvent faire par exemple 40 m. Le dispositif peut ainsi comporter 40 prises de raccordement au bus, le long des goulottes de guidage ce qui permet de réaliser 20 zones ailetées différentes sur la longueur du tube. Ces 3 fils du bus évitent ainsi 60 fils qui auraient été nécessaires si tous les détecteurs avaient dû être cablés au dispositif de façon autonome.

De plus, ce bus gère la cohérence des informations séquentielles : par exemple, si en plein milieu d'une opération d'ailetage, une information "début d'ailetage" arrive à l'automate parce que 2 boîtiers avec détecteurs ont été inversés, le bus permet de gérer ce genre d'erreur.

La mise en route de l'ailetage d'un tube tel qu'un tube en acier inoxydable austénitique du type 316 L d'environ 16 mm de diamètre extérieur est effectué de la façon suivante : mise en place du tube lisse d'une longueur d'environ 25 m sur la goulotte à partir de l'aval. Un pinch-roll (rouleau d'entraînement) non représenté permet de l'engager sur le mandrin 82 et sa tige de retenue déjà solidarifiée avec son point d'accrochage. Après mise en place, le moteur est mis en route afin d'entraîner les quatre molettes à vitesse réduite d'environ 300 t/min. On met alors en marche le vérin 31 à vitesse réduite pour rapprocher les deux chariots 4 et 5 de leur position de travail. Les molettes sont alors progressivement serrées sur la paroi du tube 2 soutenue par le mandrin et le tube est entraîné en rotation par les molettes en sens inverse des molettes, avec une avance déterminée. Dès que la position des molettes correspondant à l'entraxe de travail est atteinte, la vitesse de rotation des molettes est accélérée jusqu'à la vitesse de régime d'environ 1400 t/min. Dans ces conditions, suivant le type de molette utilisé et suivant l'angle d'avance et le calage axial choisi, on peut atteindre une vitesse de défilement de l'ordre 4 m/min pour un ailetage comportant une seule ailette hélicoïdale et environ 8 m/min pour un ailetage à double filet. En choisissant convenablement les taux de réduction, les profils et les forces de serrage des molettes, de l'ordre 20 à 40 KN par molette, on obtient un tube aileté d'environ 14 mm de diamètre extérieur, au pied des ailettes, 1 mm de hauteur d'ailette, 0,9 mm d'épaisseur de tube au pied des ailettes et avec une densité d'environ 30 spires par inch de longueur axiale en simple filet. En fin de moletage après avoir diminué la vitesse de rotation des molettes pour maîtriser, de façon précise, la longueur ailetée, on peut arrêter l'opération de façon quasi instantanée, sans transition en actionnant à vitesse rapide le piston de rappel 37 du vérin.

De très nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif suivant l'invention et à son mode particulier de réalisation qui ne sortent pas du

domaine de l'invention.

5 Revendications

1) Dispositif permettant le formage par roulage d'au moins une ailette hélicoïdale (3) sur la paroi extérieure d'un tube (2) caractérisé en ce qu'il comporte deux chariots (4, 5) aptes à se rapprocher l'un de l'autre pour venir en position de travail ou à s'écarter l'un de l'autre, chacun de ces chariots comportant deux molettes (6, 7, 8, 9) montées chacune sur un arbre porte-molette (18, 19, 20, 21) et entraînées chacune par un arbre moteur (24, 25, 26, 27) parallèle à l'arbre porte-molette correspondant et relié à celui-ci par un moyen de transmission en rotation (22, 23) les quatre arbres porte-molette (18, 19, 20, 21) étant répartis autour de l'axe de défilement (X1-X1) du tube (2) à former afin que, en position rapprochée des deux chariots (4, 5), les quatre molettes viennent en appui simultané contre la paroi du tube (2) à former, les quatre arbres moteurs étant reliés à un moyen d'entraînement commun comportant un moyen moteur unique (50) entraînant ces quatre arbres moteurs à vitesse égale, chacun des quatre ensembles constitués par un arbre porte-molette et l'arbre moteur correspondant étant orientable autour d'un axe (X2, X3, X4, X5) qui intersecte la zone de formage du tube (2) par la molette correspondante (6, 7, 8, 9) les quatre axes étant répartis à 90° les uns par rapport aux autres en position rapprochée des deux chariots (4, 5).

2) Dispositif suivant revendication 1 caractérisé en ce que le moyen de translation des deux chariots (4, 5) permettant de les rapprocher ou de les écarter de l'axe de défilement (X1-X1) du tube (2) à ailetter est au moins un vérin dont le cylindre (31) est solidaire de l'un des chariots (4), la tige (33) du piston (32) étant reliée à l'autre chariot (5).

3) Dispositif suivant revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'un moyen de synchronisation de la translation des deux chariots (4, 5) est constitué par une poutre basculante (34) montée sur un pivot fixe dont l'axe vertical (X6) intersecte l'axe de défilement (X1-X1), les extrémités (35B, 36B) de cette poutre étant reliées chacune par une tige rigide (35, 36) à l'extrémité (35A, 36A) d'un chariot (4, 5).

4) Dispositif suivant revendication 2 ou 3 caractérisé en ce qu'il comporte un moyen d'ajustage précis de la fin de course d'au moins un piston (32) d'un vérin, ce moyen comprenant un moyen d'obturation (41) de la canalisation (42) d'alimentation du cylindre (31) du vérin en fluide haute pression relié de façon directe ou indirecte à la tige (33) du piston (32) du vérin et comportant un moyen de réglage (39) permettant un ajustage précis de la longueur de course de la tige (33) du piston (32) pour laquelle ce moyen d'obturation doit interrompre l'alimentation du vérin.

5) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à

4 caractérisé en ce que chaque arbre porte-molette (18, 19, 20, 21) est perpendiculaire à l'axe d'orientation (X2, X3, X4, X5) correspondant qu'il intersecte.

6) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que chaque arbre porte-molette (18, 19, 20, 21) et l'arbre moteur correspondant (24, 25, 26, 27) sont montés sur une tête porte-molette (10, 11, 12, 13) qui est en appui contre l'extrémité porte-outil (4-1, 5-1) d'un chariot (4, 5) grâce à un plan de portée (14, 15, 16, 17) perpendiculaire à l'axe d'orientation (X2, X3, X4, X5) correspondant, un moyen de calage angulaire (72, 73) permettant de faire tourner de quelques degrés chaque tête porte-molette autour de son axe d'orientation.

7) Dispositif suivant revendication 6 caractérisé en ce qu'un moyen de calage de la tête porte-molette (10, 11, 12, 13) peut être introduit dans la zone de portée (14, 15, 16, 17) afin de déplacer cette tête porte-molette le long de son axe d'orientation pour ajustage de la position angulaire de la molette autour du tube à 90°.

8) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que chacun des arbres moteurs (24, 25, 26, 27) est relié à un moyen moteur unique (50) par des moyens de transmission comprenant au moins un arbre télescopique (57, 58) relié de façon articulée à l'arbre moteur.

9) Dispositif suivant revendication 8 caractérisé en ce que les moyens de transmission entre le moyen moteur unique (50) et les arbres télescopiques (57, 58) comprennent une couronne dentée (53) traversée par l'axe de défilement (X1-X1) du tube (2) à ailer, couronne entraînée par un pignon denté (52) reliée au moyen moteur (50) et entraînant elle-même quatre pignons dentés (55, 56) disposés à 90° les uns des autres autour de l'axe (X1-X1) de défilement et entraînant chacun un arbre télescopique (57, 58) relié à un arbre moteur (24, 25, 26, 27).

10) Dispositif suivant l'une des revendications 6 à 9 caractérisé en ce que chaque tête porte-molette (10, 11, 12, 13) comporte une pièce amovible (90) à l'intérieur de laquelle est logé au moins un palier de l'arbre porte-molette, le démontage de cette pièce amovible permettant l'extraction et le remplacement, si nécessaire, de la molette (6, 7, 8, 9) correspondante.

11) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que chaque molette (6, 7, 8, 9) est constituée de plusieurs disques de révolution (61, 62, 63, 64, 65) axés sur l'arbre porte-molette (18, 19, 20, 21), le côté de chaque molette orienté vers l'amont du tube (2) à ailer comportant au moins un disque (61, 62, 63) de diamètre inférieur au diamètre du disque suivant, cette molette étant maintenue sur son arbre porte-molette par au moins un moyen de calage axial permettant d'ajuster la position axiale de cette molette sur l'arbre porte-molette correspondant par rapport à celui des autres molettes.

12) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 11 caractérisé en ce que la paroi du tube (2) en cours d'ailetage est soutenue dans la zone de formage par un mandrin intérieur (82), de forme approximativement tronconique, relié à une tige de retenue (83), elle-même accrochée par son extrémité amont à un point fixe situé au delà de l'extrémité amont du tube (2).

13) Dispositif suivant revendication 12 caractérisé en ce que le mandrin (82) est monté libre en rotation autour de l'axe de défilement (X1-X1).

14) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que le tube (2) est supporté, le long de l'axe de défilement (X1-X1), par des goulottes revêtues, au moins en aval de la zone d'ailetage, d'une couche de matière plastique.

15) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 14 caractérisé en ce que au moins un pinch-roll (rouleau d'entraînement) permet de mettre en place avant ailetage le tube (2) sur l'axe de défilement (X1-X1).

16) Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 15 caractérisé en ce que au moins deux détecteurs de proximité sont disposés le long de l'axe de défilement (X1-X1), en aval de la zone de formage et à des distances déterminées de celle-ci.

17) Dispositif suivant revendication 16 caractérisé en ce que chaque détecteur ou groupe de détecteurs de proximité est relié à des moyens électroniques assurant soit la mise en route, soit l'interruption de l'opération d'ailetage.

18) Dispositif suivant revendication 16 caractérisé en ce que la liaison des détecteurs ou groupe de détecteurs aux moyens électroniques est assurée par un bus permettant de réaliser un très grand nombre de liaisons et de commander ainsi la réalisation sur les tubes d'un grand nombre de zones ailetées.

19) Dispositif suivant revendication 17 ou 18 caractérisé en ce que la mise en route de l'opération d'ailetage, commandée par les moyens électroniques comprend, après mise en place d'un tube (2) lisse, la mise en route des molettes écartées de l'axe de défilement (X1-X1) à une vitesse réduite puis la mise en marche à vitesse réduite du vérin pour rapprocher progressivement les molettes (6, 7, 8, 9) de la paroi du tube (2) jusqu'à serrage progressif de chaque molette sur la paroi du tube (2), puis blocage de l'avance du vérin par le moyen de fin de course et enfin l'augmentation progressive de la vitesse de rotation des molettes jusqu'à une vitesse de régime.

20) Dispositif suivant l'une des revendications 17 à 19 caractérisé en ce que l'arrêt de l'opération d'ailetage provoqué par un groupe de détecteurs de proximité est effectué par le ralentissement de la vitesse de rotation des molettes puis par la mise en route du piston de rappel (37) à action rapide qui écarte les deux chariots (4, 5) de l'axe (X1-X1) la rotation des molettes étant ensuite interrompue.

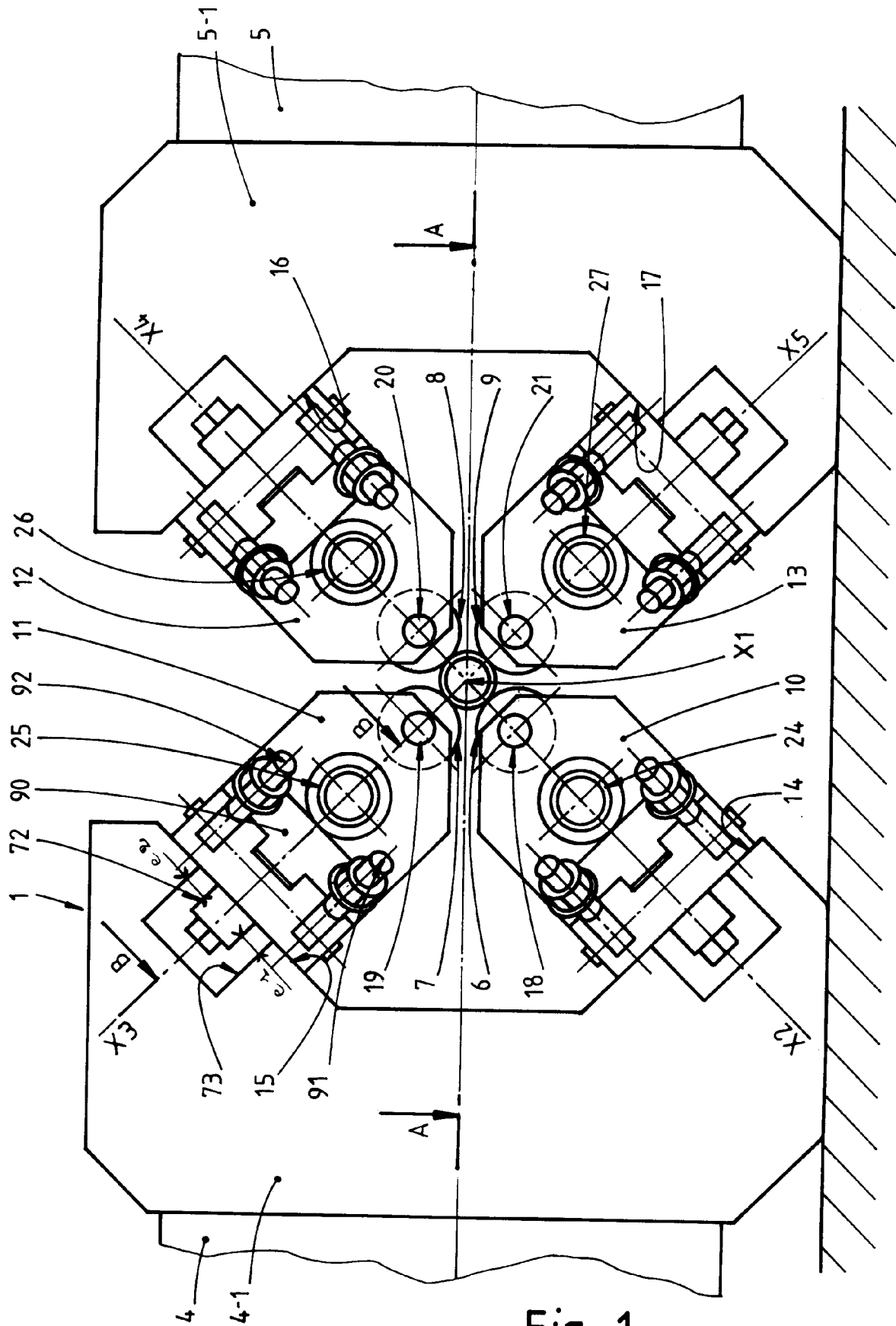


Fig: 1

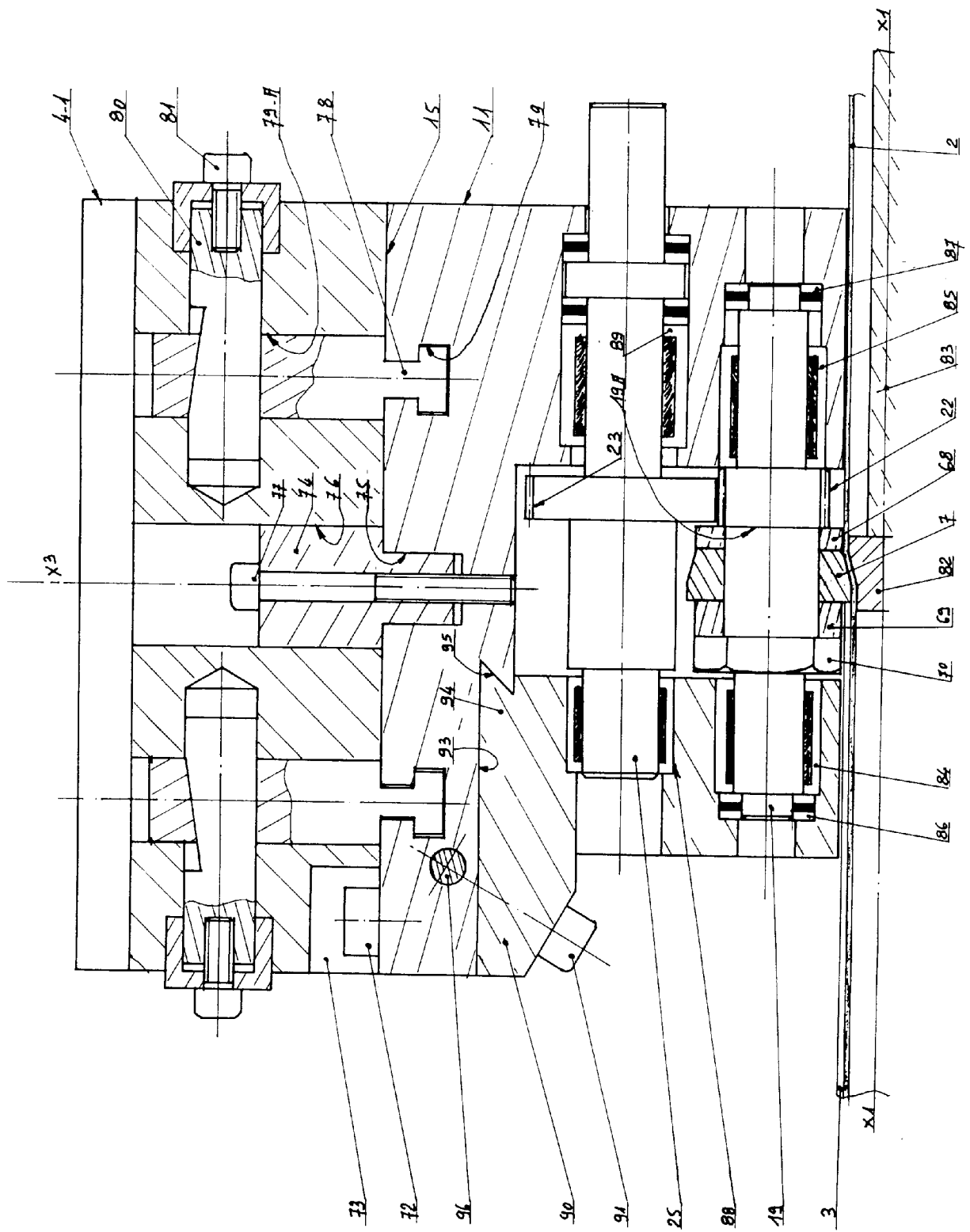


Fig. 2

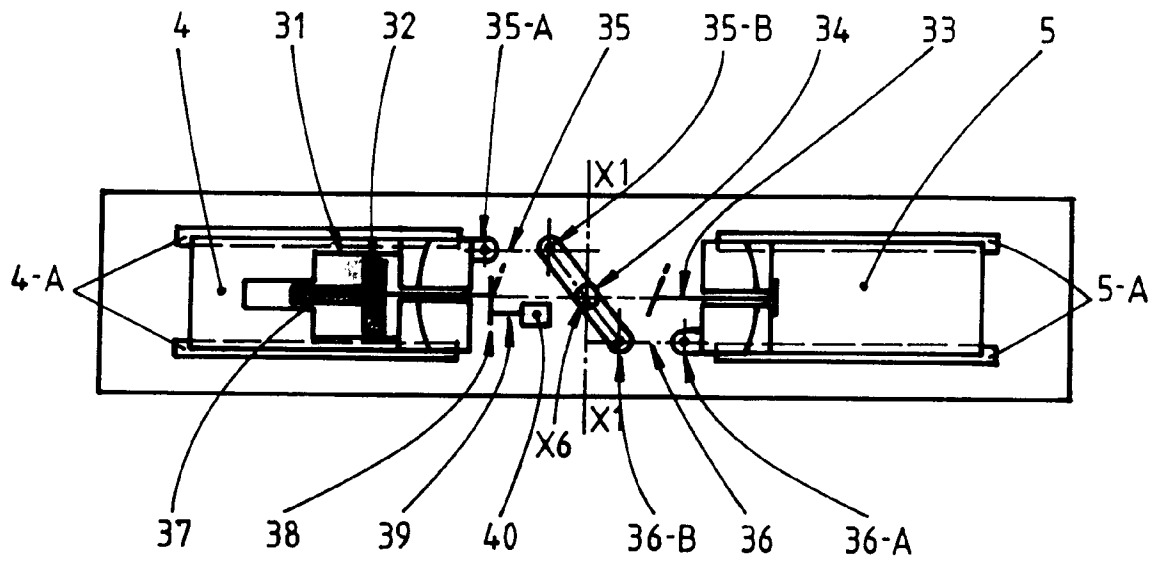


Fig: 3

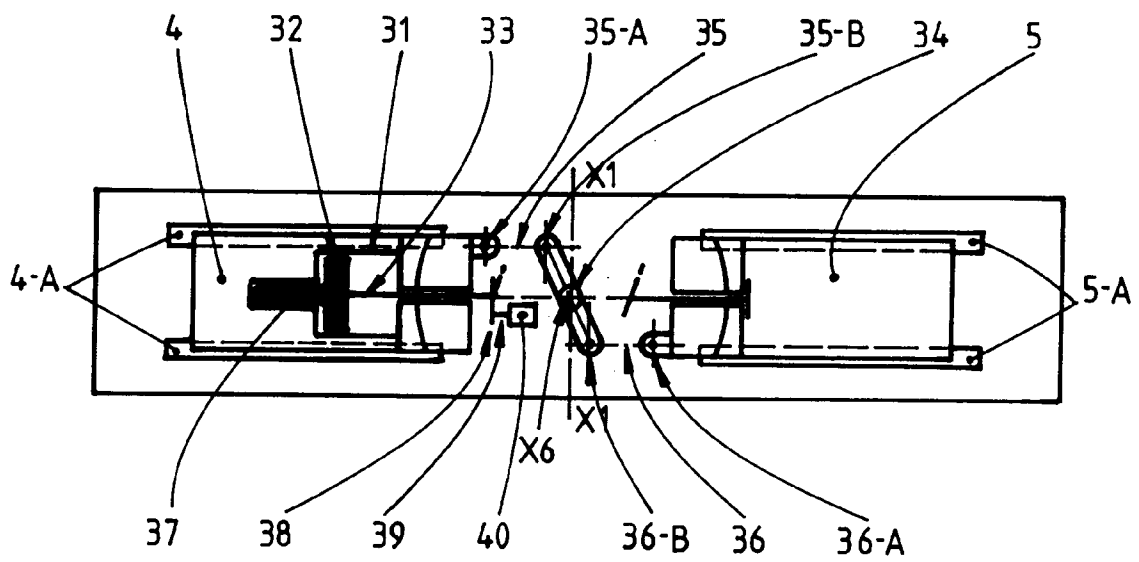


Fig: 4

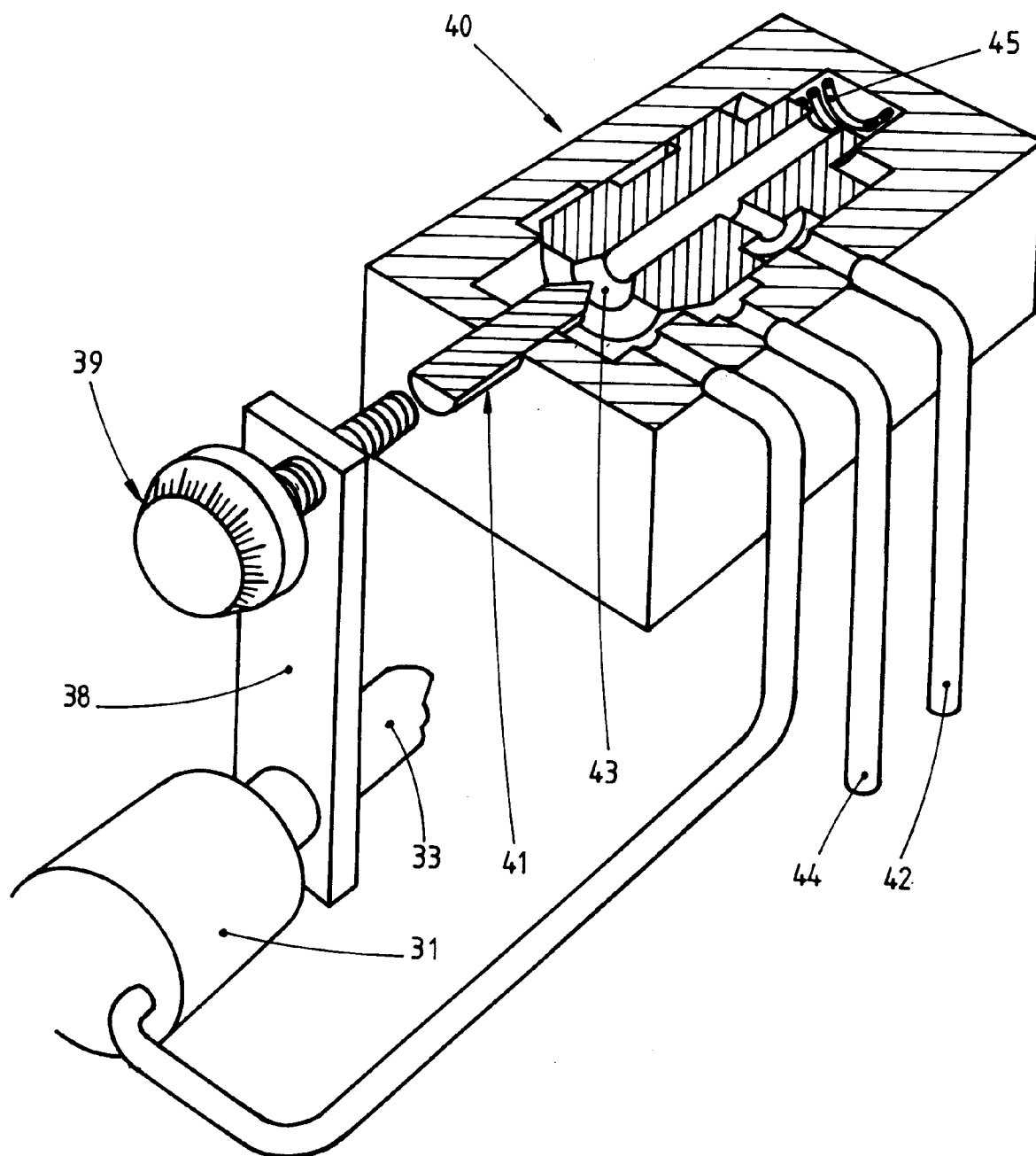


Fig: 5

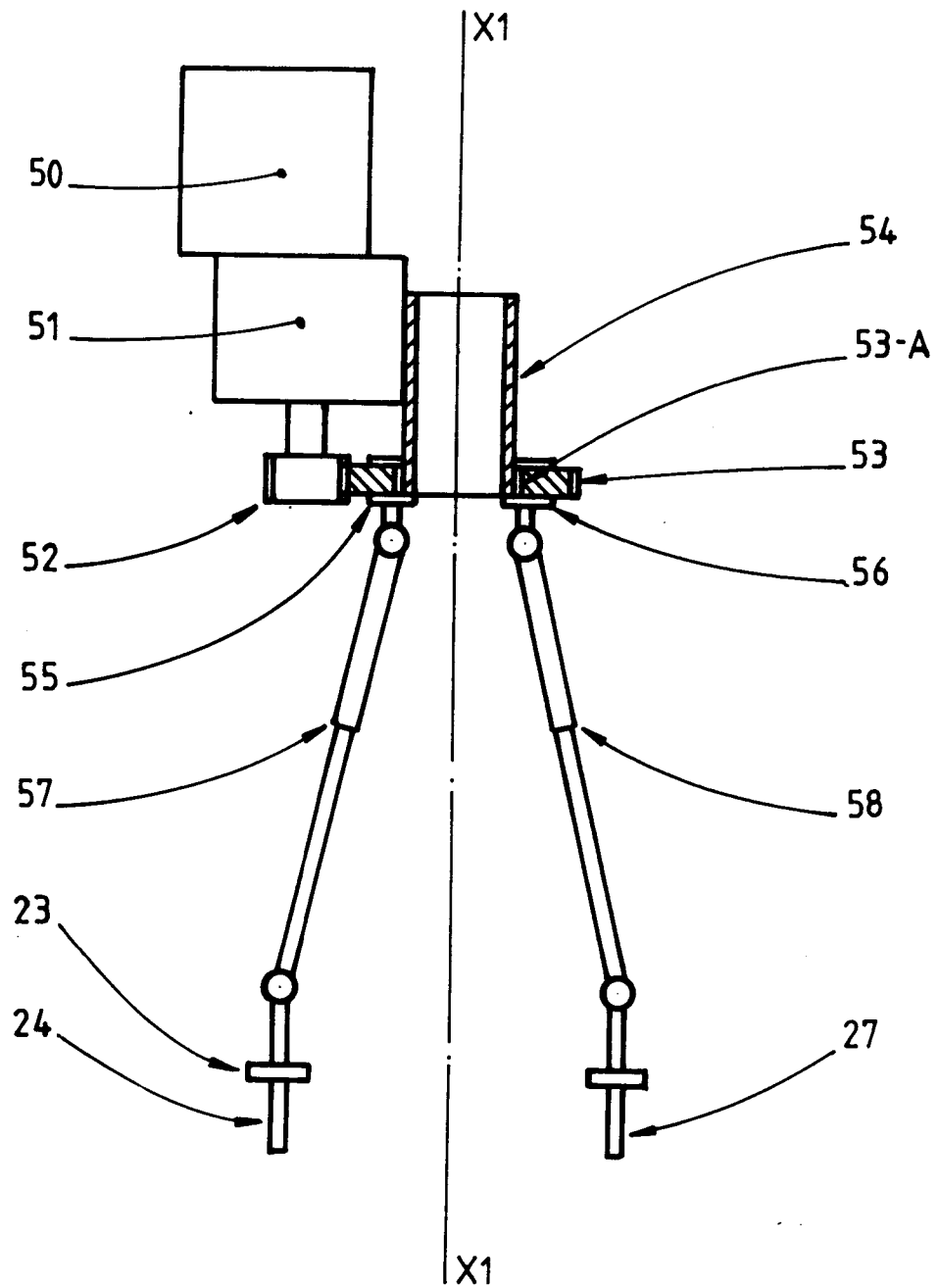


Fig: 6

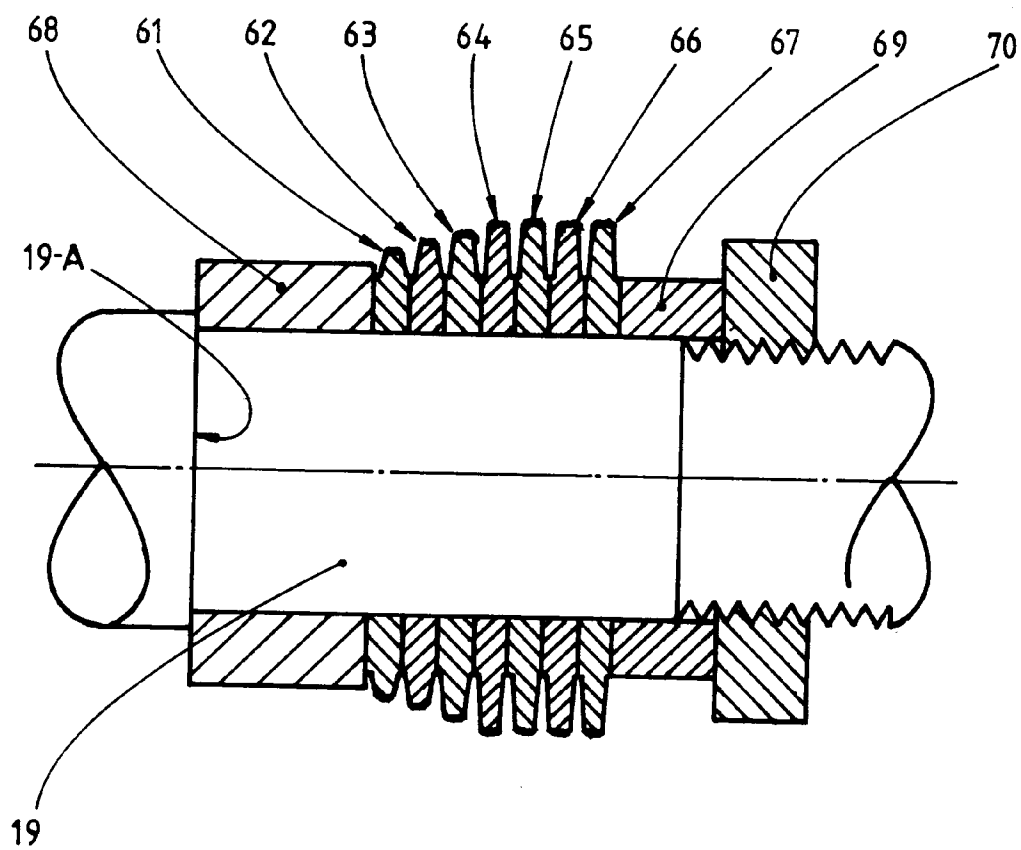


Fig: 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 42 0180

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.5)
A	FR-A-1 515 321 (GENERAL ELECTRIC CO) * page 2, colonne de gauche, ligne 39 - ligne 58; figures 4,5 * ---	1	B21D15/04 B21C37/20
A	FR-A-2 137 491 (FELTEN & GUILLEAUME KABELWERKE AG) * page 2, ligne 37 - page 3, ligne 6; figures 1,2 * ---	1	
A	FR-A-1 527 259 (VULCAN ELECTRICS PROPRIETARY LTD) * page 2, colonne de droite, ligne 54 - page 3, colonne de gauche, ligne 6; figures 3-5 * ---	1	
A	FR-A-891 580 (OPEL) * le document en entier * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B21D B21C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 JUIN 1993	Examineur GERARD O.
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)