

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **88400821.0**

51 Int. Cl.⁴: **B 21 B 37/00**
B 21 B 29/00

22 Date de dépôt: **05.04.88**

30 Priorité: **09.04.87 FR 8705031**

43 Date de publication de la demande:
12.10.88 Bulletin 88/41

84 Etats contractants désignés: **DE GB**

71 Demandeur: **CLECIM SA**
107 boulevard de la Mission Marchand B.P. 306
F-92402 Courbevoie Cédex (FR)

72 Inventeur: **Matricon, Paul**
18, rue de l'Aigle
F-92250 La Garenne Colombes (FR)

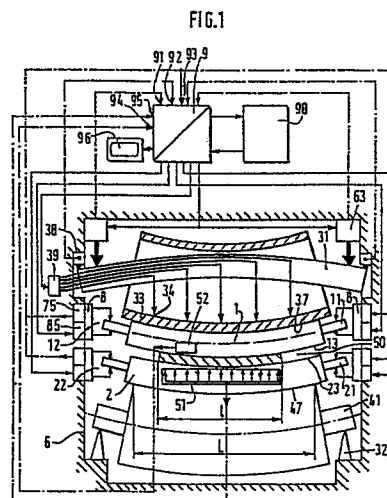
Valence, Marc
14, avenue Dubonnet
F-92300 Courbevoie (FR)

74 Mandataire: **Le Brusque, Maurice et al**
Cabinet Harlé et Phélip 21, rue de la Rochefoucauld
F-75009 Paris (FR)

54 **Procédé et installation de laminage d'un produit sous forme de bande, plus spécialement une tôle métallique ou un feuillard.**

57 L'invention a pour objet un procédé et une installation de laminage d'un produit métallique (5) plus spécialement dans un laminoir de type "quarto" comprenant deux cylindres de travail (1) et (2) interposés entre deux cylindres d'appui (3)(4) dont l'un au moins est du type à bombement variable comprenant une enveloppe cylindrique (33) enfilée sur un arbre central (31) et des moyens de réglage du profil de l'enveloppe (33).

Selon l'invention, le laminoir est équipé d'un seul cylindre d'appui (3) à bombement variable, l'autre cylindre d'appui (4) étant un simple contre-cylindre plein qui se déforme librement sous l'action de l'effort de serrage en formant une ligne d'appui (47) concave vers l'espace de laminage (50). On contrôle la déformation de l'enveloppe (33) du cylindre d'appui (3) à bombement variable de façon à former une ligne d'appui (37) convexe vers l'espace de laminage (50) et sensiblement parallèle à la ligne d'appui (47) du contre-cylindre (4) et l'on règle le cambrage du cylindre de travail (1) de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace de laminage sur toute la largeur du produit (5), ce dernier présentant, à la sortie du laminoir, un profil en travers incurvé susceptible d'être corrigé ensuite par des moyens connus.



Description

"Procédé et installation de laminage d'un produit sous forme de bande, plus spécialement une tôle métallique ou un feuillard

Pour le laminage de produits métalliques sous forme de bande, on utilise des trains de laminoir dont chacun est constitué d'une cage comportant deux colonnes de support écartées reliées par des traverses et entre lesquelles est monté un ensemble de cylindres superposés dont les axes sont parallèles et placés dans un même plan. Chaque cylindre est monté rotatif autour d'un arbre porté à ses deux extrémités par des organes de support logés respectivement dans les deux colonnes de la cage.

On peut réaliser des laminoirs de différents types. Les laminoirs dits "quarto" comportent quatre cylindres, respectivement deux cylindres de travail entre lesquels passe le produit laminé et prenant appui du côté opposé au produit chacun sur un cylindre d'appui. On peut aussi envisager d'autres dispositions, par exemple de faire passer la bande entre un cylindre de travail et un contre-cylindre prenant appui sur la cage, le cylindre de travail étant appliqué, du côté opposé, contre un cylindre d'appui sur lequel est exercé l'effort de serrage. Les laminoirs de type "sexto" comprennent au contraire des cylindres intermédiaires interposés entre les cylindres d'appui et les cylindres de travail.

Les cylindres prennent appui les uns sur les autres le long de lignes d'appui sensiblement parallèles et dirigées suivant une génératrice dont le profil, normalement rectiligne, dépend des efforts appliqués et de la résistance du cylindre. Généralement, l'effort de serrage est appliqué par des vis ou des vérins interposés entre la cage et les extrémités de l'arbre du cylindre d'appui supérieur, le cylindre d'appui inférieur, ou contre-cylindre prenant appui directement sur la cage. A part ce dernier, les autres cylindres doivent donc pouvoir se déplacer légèrement par rapport à la cage et ils sont donc portés par des organes de support montés coulissants verticalement à l'intérieur des colonnes correspondantes de la cage.

Etant donné que l'effort de serrage est appliqué sur les deux extrémités du cylindre d'appui supérieur et que le produit laminé, de largeur variable, ne couvre pas la totalité de la longueur des cylindres de travail, chaque cylindre peut fléchir sous l'action des efforts appliqués et il en résulte une variation d'épaisseur de l'espace de passage de la bande entre les cylindres de travail, les bords de la bande pouvant ainsi être plus minces que la partie centrale.

Depuis longtemps, on a essayé de corriger ces défauts d'épaisseur sur le profil en travers du produit laminé et l'on utilise à cet effet différents moyens.

En particulier, on a proposé d'utiliser des cylindres d'appui présentant un profil extérieur légèrement bombé susceptible de compenser le fléchissement du cylindre sous l'action de l'effort de serrage de façon que la génératrice de contact avec le cylindre de travail correspondant soit sensiblement rectiligne. Cependant, ce profil ne peut être déterminé qu'en fonction d'un effort de laminage moyen.

On augmente les possibilités de correction en

utilisant des cylindres à bombement variable comprenant un arbre central sur lequel est enfilée une enveloppe cylindrique déformable dont le profil peut être déterminé par application d'efforts de poussée entre l'arbre et l'enveloppe pour compenser le fléchissement de l'arbre en fonction de l'effort de laminage.

Dans un mode de réalisation connu, l'arbre central, qui est monté rotatif autour de son axe, est muni par sa périphérie d'un évidement formé vers l'extérieur par l'enveloppe déformable, celle-ci étant reliée à l'arbre de façon étanche à ses deux extrémités de façon à constituer un espace annulaire fermé dans lequel est introduit un fluide sous une pression réglable.

On peut ainsi, par gonflage de l'enveloppe, faire varier le profil de celle-ci.

Dans un autre mode de réalisation connu utilisé en particulier, dans l'industrie du papier, la paroi périphérique du cylindre d'appui est constituée par une enveloppe tubulaire montée rotative autour de deux paliers sur l'arbre central, ce dernier étant fixe en rotation et formant une poutre de support sur laquelle prennent appui une pluralité de patins de maintien de l'enveloppe répartis le long d'une génératrice d'appui, et s'étendant radialement entre la poutre de support et la face interne de l'enveloppe avec interposition d'un film lubrifiant permettant la rotation de l'enveloppe. Chaque patin prend appui sur la poutre support par l'intermédiaire d'au moins un vérin permettant de régler individuellement la position radiale du patin en fonction du profil à donner à la ligne d'appui pour corriger les défauts d'épaisseur et de planéité de la bande mesurés en aval du laminoir par des dispositifs connus. On peut ainsi répartir les corrections sur la largeur de la bande de façon à corriger rapidement des défauts d'épaisseur ou de planéité localisés.

Le but du laminage étant de produire des produits plats d'épaisseur aussi constante que possible, il est logique d'utiliser des installations symétriques comprenant, de chaque côté du produit, un cylindre à bombement variable dont le profil est réglé pour compenser le fléchissement de l'arbre de façon que la ligne d'appui sur le cylindre de travail correspondant soit autant que possible rectiligne. Cependant, ce fléchissement ne peut pas toujours être totalement compensé et, en outre, les cylindres de travail, qui ont généralement un petit diamètre, peuvent avoir tendance à s'ovaliser sous l'action des efforts appliqués. C'est pourquoi, on a également proposé de compléter la correction du profil des cylindres d'appui par un effet de cambrage des cylindres de travail obtenu par application d'efforts de flexion sur les deux extrémités de l'arbre de chaque cylindre.

Chaque cylindre de travail est en effet porté à ses extrémités par des paliers logés dans des empoises montées coulissantes dans les colonnes correspondantes de la cage, et dont on peut régler le positionnement relatif au moyen de vérins hydrauliques.

ques exerçant des efforts de poussée dans des sens opposés sur des oreilles solidaires de chaque empoise. On peut ainsi réaliser un cambrage dit "positif" par resserrement des empoises des deux cylindres de travail, pour compenser une surépaisseur des bords du produit ou bien un cambrage dit négatif par écartement des empoises des deux cylindres de travail pour compenser une surépaisseur de la partie centrale du produit.

L'invention s'applique donc de façon préférentielle mais non limitative à un laminoir de type quarto comprenant, à l'intérieur d'une cage de support, quatre cylindres à axe parallèle et superposés le long d'un plan de serrage, monté rotatif chacun autour d'un arbre porté à ses deux extrémités par des organes de support logés dans les colonnes de la cage, respectivement deux cylindres de travail ménageant entre eux un espace allongé de passage du produit et prenant appui chacun du côté opposé sur un cylindre d'appui dont l'un au moins est du type à bombement variable comprenant une enveloppe cylindrique montée rotative sur un arbre central et des moyens de réglage du profil de l'enveloppe par application d'efforts de poussée entre l'arbre central et la paroi interne de l'enveloppe, l'effort de serrage étant appliqué sur les extrémités de l'arbre du cylindre d'appui et les cylindres de travail étant associés à des moyens de cambrage par application d'efforts de flexion sur les extrémités de leurs arbres.

Jusqu'à présent, pour réaliser dans les meilleures conditions possibles un contrôle de la planéité et de la régularité d'épaisseur du produit laminé, il semblait normal d'utiliser des installations symétriques comprenant notamment deux cylindres d'appui à bombement variable. Cependant, de tels dispositifs sont onéreux et font appel à des organes délicats susceptibles de se détériorer, ce qui augmente sensiblement le coût de réalisation et de fonctionnement du laminoir.

L'invention a pour objet un procédé permettant de réaliser de façon optimale la correction des défauts d'épaisseur et de planéité du produit et susceptible d'être mis en oeuvre dans une installation plus simple et moins onéreuse, chaque cage de laminoir étant en effet équipée d'un seul cylindre d'appui à bombement variable, l'autre cylindre d'appui étant un contre-cylindre plein prenant appui directement sur la cage par les extrémités de son arbre de rotation.

Conformément à l'invention, on laisse le contre-cylindre plein se déformer librement sous l'action de l'effort de serrage en formant une ligne d'appui concave vers le produit, on contrôle la déformation de l'enveloppe du cylindre d'appui à bombement variable de façon à former une ligne d'appui convexe vers le produit et sensiblement parallèle à la ligne d'appui du contre-cylindre et l'on règle individuellement le cambrage de chaque cylindre de travail de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace de laminage sur toute la largeur du produit, ce dernier présentant à la sortie de la cage, un profil en travers incurvé que l'on redresse ensuite par des moyens connus.

Selon une caractéristique essentielle, on règle le cambrage des cylindres de travail par application sur

les extrémités de leurs arbres d'efforts de flexion dont le sens et l'intensité sont réglables individuellement pour chaque extrémité de chaque cylindre en prenant appui directement sur la colonne correspondante de la cage.

De préférence, le cambrage des deux cylindres de travail est réalisé par application d'efforts de poussée dans un sens ou dans l'autre sur les organes de support de leurs arbres et l'on règle séparément la position de chaque organe de support de chaque cylindre de travail pour maintenir constante l'épaisseur de l'espace de laminage. A cet effet, les organes de support des cylindres de travail étant constitués par des empoises montées coulissantes le long des colonnes correspondantes de la cage et sur lesquelles prennent appui des vérins de cambrage, selon une autre caractéristique essentielle, les vérins de cambrage sont associés par groupes indépendants les uns des autres et correspondant respectivement à chaque empoise de chaque cylindre de travail, chaque groupe de vérins prenant appui directement sur la colonne correspondante de la cage et étant associé à un moyen de commande séparé pour le réglage individuel de l'effort de cambrage appliqué sur chaque extrémité de chaque cylindre.

Selon une autre caractéristique préférentielle, le réglage du profil extérieur du cylindre d'appui et du cambrage des cylindres de travail est effectué automatiquement en se référant à un modèle prenant en compte les caractéristiques dimensionnelles et de résistance des différents organes et du produit et susceptible de déterminer les corrections à apporter au profil de l'enveloppe déformable et à la position de chaque organe de support à partir de mesures d'épaisseur et de planéité effectuées sur la bande en aval du laminoir, de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace de passage de la bande sur toute la largeur de celle-ci.

A cet effet, selon une autre caractéristique de l'invention, on détermine la forme de la ligne d'appui de chaque cylindre de travail sur le produit à partir des mesures effectuées en aval et en fonction des efforts appliqués et l'on détermine les corrections à apporter au profil du cylindre d'appui et au cambrage des cylindres de travail en comparant les profils des lignes d'appui pour maintenir celles-ci parallèles entre elles et écartées d'une distance constante correspondant à l'épaisseur à donner au produit.

Mais l'invention sera mieux comprise par la description détaillée d'un mode de réalisation particulier, donné à titre d'exemple et représenté sur les dessins annexés.

Fig. 1 est une vue d'ensemble schématique de la cage de laminoir et de son système de régulation.

Fig. 2 est une vue schématique de laminoir en coupe par un plan transversal aux axes des cylindres.

Fig. 3 est une vue de face d'un mode de réalisation particulier.

Fig. 4 est une vue de détail, en coupe transversale, des moyens de cambrage.

Sur les figures 1 et 2, on a représenté schématiquement un laminoir de type quarto comprenant un

ensemble de quatre cylindres superposés à axes parallèles placés dans un plan vertical de serrage P, respectivement deux cylindres de travail 1 et 2 encadrés par deux cylindres d'appui, respectivement supérieur 3 et inférieur 4 et entre lesquels passe un produit en bande 5. L'ensemble est placé de façon classique à l'intérieur d'une cage de laminage 6 comprenant deux colonnes verticales 61. Comme on le voit sur la figure 1, chaque cylindre 1, 2, 3, 4 est monté rotatif autour d'un arbre, respectivement 11, 21, 31, 41 dont les extrémités sont portées par des organes de support 12, 22, 32, 42 logés dans des fenêtres 62 ménagées dans les deux colonnes 61 de la cage 6.

Ces dispositions sont bien connues et ne nécessitent pas d'explications particulières. Généralement, l'effort de serrage est appliqué par des vis ou vérins 63 sur les deux extrémités de l'arbre 31 du cylindre d'appui supérieur 3 et est encaissé par le cylindre d'appui inférieur 4 dont l'arbre 41 prend appui à ses deux extrémités, directement sur la cage 6, le produit 5 étant ainsi serré entre les deux cylindres de travail 1 et 2 le long de génératrices de contact 13, 23 définissant chacune une ligne d'appui.

On conçoit que, si les cylindres étaient parfaitement rigides, les deux lignes d'appui 13 et 23 seraient rectilignes et parallèles, le produit laminé 5 étant parfaitement plan et d'épaisseur constante. Mais on ne peut évidemment éviter la flexion des différents cylindres sous les efforts appliqués d'autant plus que la largeur (l) du produit est inférieure à la longueur (L) des cylindres d'appui et que, de ce fait, le produit n'exerce une réaction sur les cylindres de travail que dans la partie centrale de ceux-ci, les extrémités restant libres et pouvant donc se rapprocher ce qui entraîne un amincissement des bords du produit.

D'autre part, comme l'effort de serrage est appliqué aux deux extrémités de l'arbre 31 du cylindre d'appui 3 et que le contre-cylindre 4 encaissant l'effort prend appui sur la cage par les extrémités de son arbre 41, les arbres ont tendance à fléchir comme on l'a représenté, de façon exagérée, sur la figure 1, ce qui, dans un cylindre plein entraîne une déformation correspondante de l'enveloppe du cylindre.

Pour compenser ce fléchissement inévitable de l'arbre, selon une disposition déjà bien connue, le cylindre d'appui supérieur 3 est un cylindre à bombement variable et, plus précisément, à enveloppe déformable. Il comprend en effet une enveloppe cylindrique tubulaire 33 montée rotative autour de l'arbre 31 et prenant appui, en outre sur ce dernier, par l'intermédiaire d'une série de patins de maintien 34 associés chacun à un vérin de poussée 35 alimenté par un circuit hydraulique qui passe dans un alésage 36 ménagé le long de l'arbre 31. De préférence, les vérins 35 sont alimentés séparément et sous des pressions individuellement réglables de façon à pouvoir régler avec précision le profil de l'enveloppe 33 et notamment de la ligne d'appui 37 sur le cylindre de travail 1. Généralement, les installations de ce type sont symétriques les deux cylindres d'appui étant à enveloppe déformable. Au

contraire dans l'installation selon l'invention, le cylindre d'appui inférieur 4 est un cylindre plein constituant par conséquent un simple contre-cylindre pour encaisser la pression transmise par le cylindre de travail 2.

Chaque cylindre de travail 1 ou 2 est constitué également d'un cylindre plein d'assez faible diamètre, monté rotatif autour d'un arbre dont les extrémités 11, 21 sont portées par des paliers montés dans des empoises 7 logées dans les fenêtres correspondantes 62 de la cage 6b et montées coulissantes suivant la direction du plan de serrage P passant par les axes des cylindres.

A cet effet, comme on l'a représenté en détail sur la figure 4, chaque empoise 7 est munie de faces de guidage verticales 71 coulissant le long de glissières 72 ménagées sur des pièces de support 73 fixées sur les colonnes 61 de la cage 6 et dans lesquelles sont logés des ensembles de vérins hydrauliques (8) (figure 2) prenant appui, dans les deux sens, sur les empoises 7 pour en régler la position le long des glissières 72.

Selon une disposition assez classique, chaque empoise 7 est munie, de part et d'autre du plan de symétrie P, de deux oreilles 74 et associée à deux paires de vérins, respectivement supérieurs 81 et inférieurs 82, dont les corps sont montés dans les pièces de support 73 et dont les tiges prennent appui dans des sens opposés sur les deux faces horizontales des oreilles 74. De la sorte, en mettant sous pression l'une ou l'autre des deux paires de vérins 81, il est possible de déplacer chaque empoise 7 pour, respectivement, l'écarter ou la rapprocher du plan horizontal P' de passage du produit 5 entre les cylindres 1 et 2.

On conçoit que, si on laisse fléchir librement chaque cylindre de travail 1 ou 2 sous l'action des efforts appliqués dans un sens par le produit 5 et dans l'autre par le cylindre d'appui correspondant, les empoises 7 dudit cylindre 1 (2) prendront, à l'intérieur des fenêtres 62 de la cage, une position d'équilibre qui dépend du profil du cylindre d'appui et de la répartition des pressions sur le produit 5. En revanche, en agissant sur l'une ou l'autre des paires de vérins 81, 82, on réalise un cambrage du cylindre de travail 1 (2) dans un sens ou dans l'autre qui modifie le profil de la ligne d'appui 13 (23) et par conséquent la répartition des pressions sur le produit 5.

Habituellement, on dit que l'on réalise un cambrage positif lorsque l'on écarte les empoises 7 du plan P' du produit 5 en augmentant la pression dans la partie centrale du produit et un cambrage négatif lorsque l'on rapproche les empoises 7 du plan P' du produit 5 en augmentant la pression sur les bords du produit.

Pour contrôler la régularité d'épaisseur et de planéité de la bande 5 après le laminage, on peut utiliser différents moyens connus et par exemple utiliser un rouleau de mesure de planéité 51 placé en aval de la cage 6 et sur lequel la bande défile en étant soumise à une certaine tension. Des organes de mesure placés le long du rouleau 51 permettent de détecter les variations suivant sa largeur de l'effort appliqué par la bande et d'en déduire les défauts de

planéité. Un autre organe de mesure 52 permet de mesurer l'épaisseur de la bande et, éventuellement, de vérifier la régularité de celle-ci sur la largeur.

Il existe plusieurs systèmes connus de mesure de la planéité et de l'épaisseur de la bande laminée; un rouleau de mesure de planéité est décrit en détail, par exemple, dans le brevet FR 2.538.537 de la même société.

Sur la figure 1, on a représenté de façon exagérée les déformations des cylindres.

D'une façon générale, l'effort de serrage est appliqué sur le cylindre d'appui supérieur 3, transmis au produit 5 et encaissé par le cylindre d'appui inférieur 4.

Etant donné que les efforts sont appliqués sur les extrémités des arbres 31 et 41 des deux cylindres d'appui, ces derniers ont tendance à fléchir, leurs axes prenant une forme incurvée tournant sa concavité vers le produit. Il est donc naturel d'utiliser une cage symétrique comportant deux cylindres d'appui à bombement variable de façon que la déformation de l'enveloppe compense la flexion de l'arbre et que chaque cylindre d'appui présente une ligne d'appui autant que possible rectiligne pour le cylindre de travail correspondant.

Dans l'installation selon l'invention, au contraire, on utilise une cage d'appui dissymétrique comportant un seul cylindre d'appui à enveloppe déformable, normalement le cylindre d'appui supérieur 3 sur lequel sont appliqués les efforts de serrage, le cylindre d'appui inférieur 4 étant un simple cylindre plein qu'on laisse fléchir librement sous l'action des efforts appliqués.

Selon une première caractéristique de l'invention, au lieu de compenser simplement le fléchissement de l'arbre 31 du cylindre supérieur pour que la ligne d'appui 37 soit sensiblement rectiligne, on va augmenter encore le bombement de l'enveloppe 33 pour que la ligne d'appui 37 soit convexe vers le produit 5 et qu'elle ait de préférence, une courbure sensiblement égale à celle de la ligne d'appui 47 du cylindre inférieur 5 qui résulte du fléchissement libre de ce dernier.

De ce fait, les deux cylindres de travail 1 et 2 prennent également une forme incurvée, les lignes d'appui 13 et 23 étant sensiblement parallèles et concaves vers le haut.

Il en résulte que, au lieu de réaliser un produit aussi plat que possible, on va au contraire accepter que le produit 5 présente à la sortie du laminoir, une forme incurvée. Certes, il est assez surprenant de régler à dessein le processus de laminage pour réaliser un produit incurvé mais, en fait cette courbure du produit à la sortie du laminoir ne présente pas d'inconvénient important car on sait depuis longtemps corriger de tels défauts après le laminage par des dispositifs connus dits "anti-tuiles".

En revanche, le fait que le produit ait un profil en travers courbe ne gêne en rien la correction des défauts de planéité et d'épaisseur qui peut se faire notamment en jouant sur les efforts de cambrage appliqués sur les deux cylindres de travail 1 et 2.

Cependant, dans les dispositions connues jusqu'à présent, on agissait symétriquement sur les

deux cylindres de travail en écartant leurs empoises l'une de l'autre pour un cambrage positif ou en les rapprochant pour un cambrage négatif. Dans le procédé selon l'invention, au contraire, on agit séparément sur les deux cylindres de travail qui subissent, l'un un cambrage positif et l'autre un cambrage négatif pour s'adapter à la forme du cylindre d'appui inférieur. Il en résulte que le système de cambrage 8 est différent de ceux que l'on utilisait habituellement et qui prenaient appui en des sens opposés sur les empoises des deux cylindres de travail.

Le système de cambrage 8 est représenté en détail sur les figures 3 et 4. Comme on le voit, les ensembles de vérins 81, 82, 81', 82' agissant respectivement sur les cylindres 1 et 2 sont montés dans les pièces de guidage 73 mais séparés les uns des autres. En effet, pour des raisons technologiques, les corps des vérins de cambrage positif 82, 82' sont constitués d'une même pièce 83 incorporée dans la pièce de support 73, mais les chambres des vérins sont séparées l'une de l'autre par une cloison 84 et alimentées séparément et sous des pressions individuellement réglables, ce qui permet de régler indépendamment l'un de l'autre les deux vérins 82, 82' de positionnement des empoises 7, 7', chaque vérin prenant appui directement sur la colonne 61 du laminoir, par l'intermédiaire de la pièce de support 73.

Grâce à ces dispositions, on peut, d'une part régler le profil de la ligne d'appui 37 du cylindre d'appui supérieur 3 pour la rendre sensiblement parallèle à la ligne d'appui 47 du cylindre inférieur 4 et d'autre part, contrôler séparément le cambrage des cylindres de travail 1 et 2, de façon à réaliser un produit incurvé mais d'épaisseur constante, la régularité de celle-ci pouvant être corrigée à tout moment en fonction des mesures d'épaisseur et de planéité effectuées en aval.

Pour le réglage du profil du cylindre d'appui supérieur et du cambrage des cylindres de travail, on peut utiliser différents systèmes de régulation connus. Un tel système est en particulier décrit en détail dans le brevet FR 83.16341 déposé le 14 Octobre 1983 par la même société.

Le produit 5 sort donc incurvé du laminoir et est redressé dans un dispositif du genre "anti-tuille" 53 qui ne nécessite pas une description détaillée, de tels dispositifs étant bien connus.

Une installation pour la mise en oeuvre du procédé a été, à titre d'exemple, représentée schématiquement sur la figure 1.

Sur cette figure, on a représenté de façon symbolique la cage 1 du laminoir avec ses quatre cylindres, les vérins de serrage 63 et les moyens 8 d'application d'efforts de flexion sur les arbres 11, 21, des cylindres de travail 1 ainsi que des moyens 51 de vérification de la planéité et 52 de mesure de l'épaisseur, représentés en avant de la cage 6.

Les actions de ces différents organes sont commandées et contrôlées par un système de régulation 9 associé à un modèle 90, de préférence un modèle mathématique.

La flexion de l'arbre 31 sous l'effet des vérins de serrage 63 est mesurée par des capteurs de

déplacement 38 placés à ses extrémités.

Les pressions dans les différents vérins de commande des patins 34 sont déterminées individuellement par un ensemble de commande hydraulique 39.

Chaque dispositif de cambrage 8 exerçant un effort de flexion sur une extrémité de l'arbre d'un cylindre de travail 1 ou 2 est associé à un capteur 75 fournissant un signal représentatif de la position des empoises correspondantes 7 et à un ensemble hydraulique 85 de réglage des efforts exercés dans un sens ou dans l'autre par les groupes de vérins 81 ou 82.

Ces différents organes de mesures émettent des signaux représentatifs, respectivement, de l'effort de serrage appliqué par les vérins 63, de la déformation de l'arbre central 31 du cylindre d'appui supérieur 3, du cambrage positif ou négatif des cylindres de travail 1 et 2, et de l'épaisseur de la tôle qui sont appliqués sur les différentes entrées 91, 92, 93, 94 du système de régulation 9.

Le modèle mathématique 90, dans lequel on a introduit toutes les caractéristiques structurelles et dimensionnelles de la cage et des cylindres ainsi que du produit laminé déterminent en fonction de l'effort de serrage appliqué par les vérins 63 et des caractéristiques du produit, le profil de la ligne d'appui 47 du cylindre inférieur 4 et les pressions à appliquer sur les patins 34 par l'intermédiaire de l'organe de commande hydraulique 39 pour que la ligne d'appui 37 du cylindre supérieur 3 ait une forme convexe vers la bande et de même courbure que la ligne d'appui 47, selon le processus de régulation décrit dans le brevet FR 83 16341 déjà cité.

Il est possible, de la même façon de déterminer les positions d'équilibre, c'est-à-dire sans effort de cambrage, des empoises 7 des deux cylindres de travail 1 et 2, correspondant à cette courbure des lignes d'appui 37 et 47 des cylindres d'appui 3 et 4. En outre, les défauts de planéité détectés, en cours de fonctionnement, par le dispositif de contrôle 51 sont transformés également en signaux appliqués sur une entrée 95 du système de régulation 9 qui, par l'intermédiaire de l'ensemble hydraulique 39, détermine les efforts qui doivent être appliqués par les différents patins de maintien 34 pour corriger en conséquence le profil de la ligne d'appui 37. Le système de régulation 9, en se référant aux indications contenues dans le modèle mathématique 86 détermine alors le profil des lignes d'appui 13 et 23 des deux cylindres d'appui résultant des différents efforts appliqués sur la largeur de la tôle et qui peut être matérialisé de différentes façons, par exemple de façon numérique ou bien analogique sur un écran 96 associé au régulateur 9. Il est ainsi possible de détecter un défaut de parallélisme entre les lignes d'appui 13 et 23 des deux cylindres de travail 1 et 2 d'où il résulterait une variation d'épaisseur du produit sur sa largeur et d'apporter individuellement les corrections voulues aux différents dispositifs de cambrage 8 agissant séparément sur les extrémités des arbres des deux cylindres de travail. Ces corrections peuvent être effectuées manuellement par un opérateur ou bien automatiquement, par comparaison de la forme des

lignes d'appui 13 et 23 déterminées par le modèle mathématique 90 ou bien de la variation de leur écartement sur la longueur des deux cylindres. En effet, la commande individuelle des efforts de cambrage appliqués sur chaque extrémité de chaque cylindre de travail permet de contrôler de façon optimale les formes des lignes d'appui pour compenser une irrégularité de l'épaisseur de l'espace de laminage 50.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas aux détails du procédé et de l'installation qui viennent d'être décrits et qui pourraient être modifiés, notamment pour s'adapter à d'autres systèmes de régulation sans s'écarter des principes que l'on a définis et qui font l'objet des revendications.

Par exemple dans le mode de réalisation décrit, le cambrage des cylindres est réglé en agissant sur la position des empoises mais l'invention s'applique également aux dispositions dans lesquelles on applique directement un couple de flexion sur chaque extrémité de chaque cylindre.

D'autre part, l'invention a été décrite dans son application préférentielle à un laminoir quarto mais elle peut s'appliquer à d'autres types de laminoir, par exemple du type sexto avec cylindres intermédiaires munis de moyens de cambrage, ou bien aux laminoirs à trois cylindres. Le produit passe alors entre le cylindre de travail et un contre-cylindre correspondant au cylindre d'appui inférieur et que, selon l'invention, on laisse se déformer librement sous l'effort appliqué, le cylindre d'appui supérieur étant du type à enveloppe déformable de profil réglable et les efforts de cambrage étant appliqués sur le cylindre de travail unique pour corriger les irrégularités d'épaisseur.

De même, dans le mode de réalisation décrit plus haut, on utilisait un cylindre d'appui à enveloppe tournante maintenue par des patins, cette disposition permettant d'obtenir un réglage particulièrement précis du profil de la génératrice d'appui mais il serait possible d'appliquer l'invention en utilisant d'autres moyens de réglage du profil du cylindre d'appui, notamment par gonflage de l'enveloppe.

Revendications

1. Procédé de laminage d'un produit métallique en bande par passage dans un laminoir comprenant, à l'intérieur d'une cage (6), au moins quatre cylindres (1, 2, 3, 4) montés rotatifs autour d'axes parallèles et placés dans un plan de serrage (P), chacun sur un arbre (11, 21, 31, 41) porté à ses deux extrémités par des organes de support (12; 22; 32; 42) logés dans deux colonnes (61) de la cage (6), respectivement deux cylindres de travail (1, 2) entre lesquels est ménagé un espace allongé (50) de passage du produit en bande (5) et prenant appui du côté opposé audit espace, respectivement sur un contre-cylindre (4) encaissant l'effort de serrage et sur un cylindre d'appui (3) à bombement variable comprenant une enve-

loppe cylindrique déformable (33) enfilée sur un arbre central (31) et dont le profil peut être réglé par application d'efforts de poussée entre l'arbre central (31) et la face interne de l'enveloppe (33), la cage (6) étant équipée de moyens (63) d'application d'un effort de serrage sur les extrémités de l'arbre (31) du cylindre d'appui (3) et de moyens (8) de cambrage des deux cylindres de travail (1, 2) par application d'efforts de flexion sur les extrémités de l'arbre de chaque cylindre (1, 2) caractérisé par le fait qu'on laisse le contre-cylindre (4) se déformer librement sous l'action de l'effort de serrage en formant une ligne d'appui (47) concave vers le produit (5), que l'on règle le profil de l'enveloppe déformable (33) de façon à former une ligne d'appui (37) convexe vers le produit (5) et sensiblement parallèle à la ligne d'appui (47) du contre-cylindre (4) et que l'on règle individuellement le cambrage de chaque cylindre de travail (1, 2) de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace de laminage (50) sur toute la largeur du produit (5), ce dernier présentant, à la sortie de la cage, un profil en travers incurvé susceptible d'être redressé ensuite par des moyens connus.

2. Procédé de laminage selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on règle le cambrage des cylindres de travail (1, 2) par application sur les extrémités de leurs arbres d'efforts de flexion dont le sens et l'intensité sont réglables individuellement pour chaque extrémité de chaque cylindre en prenant appui directement sur la colonne correspondante de la cage.

3. Procédé de laminage selon la revendication 2, caractérisé par le fait que, le cambrage des deux cylindres de travail (1,2) étant réalisé par application d'efforts de poussée, dans un sens ou dans l'autre, sur les organes de support (12, 22) de leurs arbres, on règle séparément la position de chaque organe de support (12, 22) de chaque cylindre de travail (1,2) par rapport à une position d'équilibre pour maintenir constante l'épaisseur de l'espace de laminage (50).

4. Procédé de laminage selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le réglage du profil extérieur du cylindre d'appui (3) et du cambrage de chaque cylindre de travail (1, 2) est effectué automatiquement en se référant à un modèle (90) prenant en compte les caractéristiques dimensionnelles et de résistance des différents organes et du produit (5) et susceptible de déterminer les corrections à apporter au profil (37) de l'enveloppe déformable (33) et à la position de chaque organe de support (12, 22) des cylindres de travail, à partir des mesures d'épaisseur et de planéité effectuées sur la bande en aval du laminoir, de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace (50) de passage du produit (5) sur toute la largeur de celui-ci.

5. Procédé de laminage selon la revendication 4, caractérisé par le fait que l'on détermine

la forme de la ligne d'appui (13, 23) de chaque cylindre de travail (1, 2) sur le produit à partir de mesures effectuées en aval et en fonction des efforts appliqués et que l'on détermine les corrections à apporter au profil du cylindre d'appui (3) et au cambrage des cylindres de travail (1, 2) par comparaison des profils de leurs lignes d'appui (12, 22) pour maintenir celles-ci parallèles entre elles et écartées d'une distance constante correspondant à l'épaisseur à donner au produit (6).

6. Procédé de laminage d'un produit métallique en bande par passage dans un laminoir comprenant, à l'intérieur d'une cage (6), au moins trois cylindres (1, 2, 4) à axes parallèles et placés dans un plan de serrage (P) et montés rotatifs chacun autour d'un arbre (11, 21, 41) porté à chaque extrémité par un organe de support (12, 22, 42) logé dans une colonne (61) de la cage (6) respectivement un cylindre de travail (1) et un contre-cylindre (4) ménageant entre eux un espace allongé (50) de passage de la bande (5) et au moins un cylindre d'appui (3) à bombement variable comprenant une enveloppe cylindrique (33) enfilée sur un arbre central (31) et dont le profil peut être réglé par application d'efforts de poussée entre l'arbre central (31) et la face interne de l'enveloppe (33), des moyens (63) d'application d'un effort de serrage sur les extrémités de l'arbre (31) du cylindre d'appui (3) et des moyens (8) d'application d'efforts de flexion sur les extrémités de l'arbre (11) du cylindre de travail (1) pour le réglage du cambrage dudit cylindre, caractérisé par le fait qu'on laisse le contre-cylindre (4) se déformer librement sous l'action de l'effort de serrage en formant une ligne d'appui (47) concave vers l'espace de laminage (50), que l'on contrôle la déformation de l'enveloppe (33) du cylindre d'appui (3) à bombement variable de façon à former une ligne d'appui (37) convexe vers l'espace de laminage (50) et sensiblement parallèle à la ligne d'appui (47) du contre-cylindre (4) et que l'on règle le cambrage du cylindre de travail (1) de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace de laminage sur toute la largeur du produit (5), ce dernier présentant, à la sortie du laminoir, un profil en travers incurvé susceptible d'être corrigé ensuite par des moyens connus.

7. Installation de laminage d'un produit en bande comprenant une cage de support (6) comportant deux colonnes écartées (61), au moins quatre cylindres (1, 2, 3, 4) à axes parallèles et superposés le long d'un plan de serrage, montés rotatifs chacun autour d'un arbre (11, 21, 31, 41) porté à ses deux extrémités par des organes de support (12, 22, 2, 42) logés dans les colonnes (61) de la cage (6), respectivement deux cylindres de travail (1, 2) et ménageant entre eux un espace allongé (50) de passage du produit (5) et prenant appui chacun, du côté opposé audit espace (50), respectivement chacun sur un cylindre d'appui (3, 4) dont l'un au moins est du type à

bombement variable comprenant une enveloppe cylindrique (33) enfilée sur un arbre central (31) et des moyens de réglage du profil de l'enveloppe (33) par application d'efforts de poussée entre l'arbre central (31) et la paroi interne de l'enveloppe (33), des moyens (63) d'application d'un effort de serrage sur les extrémités de l'arbre (31) dudit cylindre d'appui (3) et des moyens (8) de cambrage des deux cylindres de travail (1, 2) par application d'efforts de flexion sur les extrémités de leurs arbres (11, 21), caractérisée par le fait que le laminoir est équipé d'un seul cylindre d'appui (3) à bombement variable et que l'autre cylindre d'appui (4) est un simple contre-cylindre plein prenant appui sur la cage (6) et susceptible de fléchir librement sous l'action de l'effort de serrage en formant une ligne d'appui (47) concave pour le cylindre de travail (2) correspondant et que les moyens (8) de cambrage des cylindres de travail comprennent des moyens séparés (81,82)(81',82') d'application d'un effort de flexion sur chaque extrémité de l'arbre (11, 21) de chaque cylindre de travail (1, 2), lesdits moyens de cambrage prenant appui séparément sur la cage et étant réglés individuellement.

8. Installation de laminage selon la revendication 7, dans laquelle les organes de support (12, 22) des cylindres de travail sont constitués par des empoises (7) montées coulissantes le long des colonnes correspondantes (61) de la cage (6) et les moyens de cambrage (8) sont constitués par des vérins hydrauliques (81, 82) de réglage du positionnement desdites empoises, caractérisée par le fait que les vérins de cambrage (81, 82),(81', 82'') sont associés par groupes indépendants les uns des autres et correspondant respectivement à chaque empoise (7) de chaque cylindre de travail (1, 2) chaque groupe de vérins prenant appui directement sur la colonne (61) correspondante de la cage (6) et étant associé à un moyen (75, 85) de commande séparée pour le réglage individuel du positionnement de chaque empoise (7).

9. Installation de laminage selon la revendication 8, caractérisée par le fait que les moyens (75, 85) de commande séparée de chaque groupe de vérins de cambrage sont associés à un dispositif (9) de régulation automatique se référant à un modèle mathématique (90) établi en fonction des caractéristique dimensionnelles et de résistance des différents organes du laminoir et du produit laminé (5) et susceptible de déterminer, à partir de mesures d'épaisseur et de planéité effectuées sur le produit (5) à la sortie de la cage (6) et en fonction des efforts appliqués, les corrections à apporter au profil extérieur (37) du cylindre d'appui (3) à enveloppe déformable et à la position de chaque empoise (7) par rapport à sa position d'équilibre de façon à maintenir constante l'épaisseur de l'espace (50) entre les cylindres de travail (1,2) sur toute leur longueur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

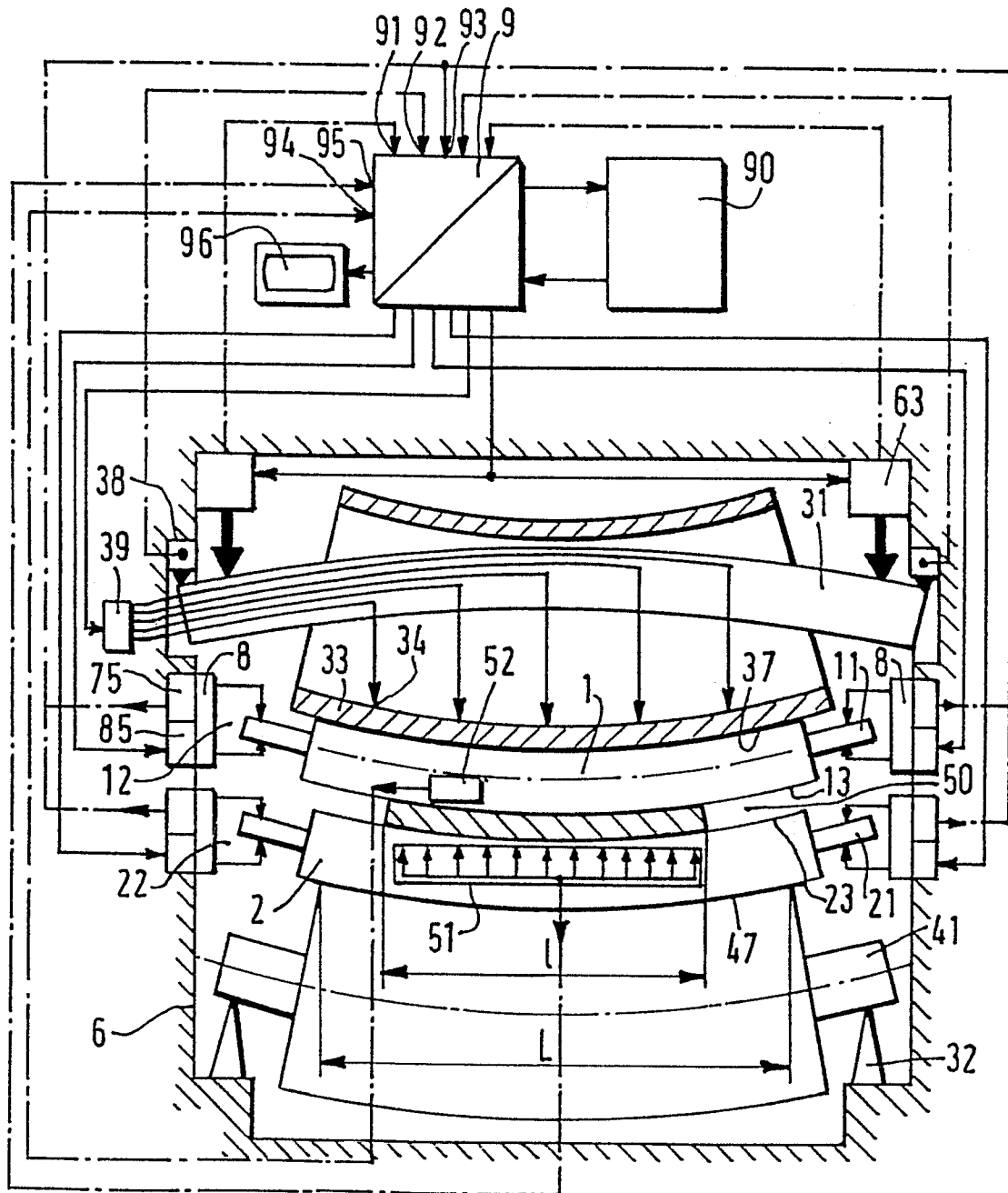
50

55

60

65

FIG. 1



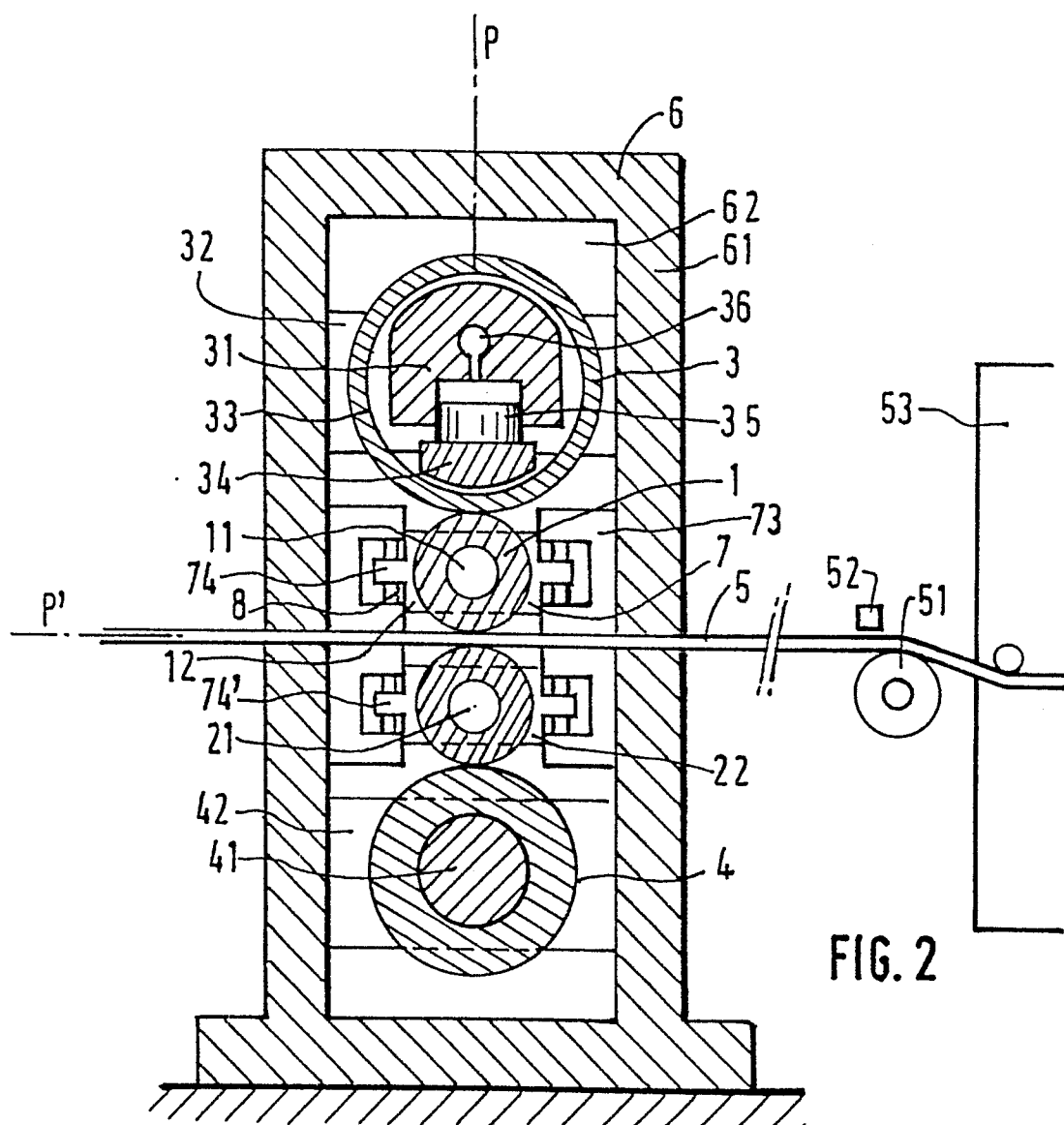
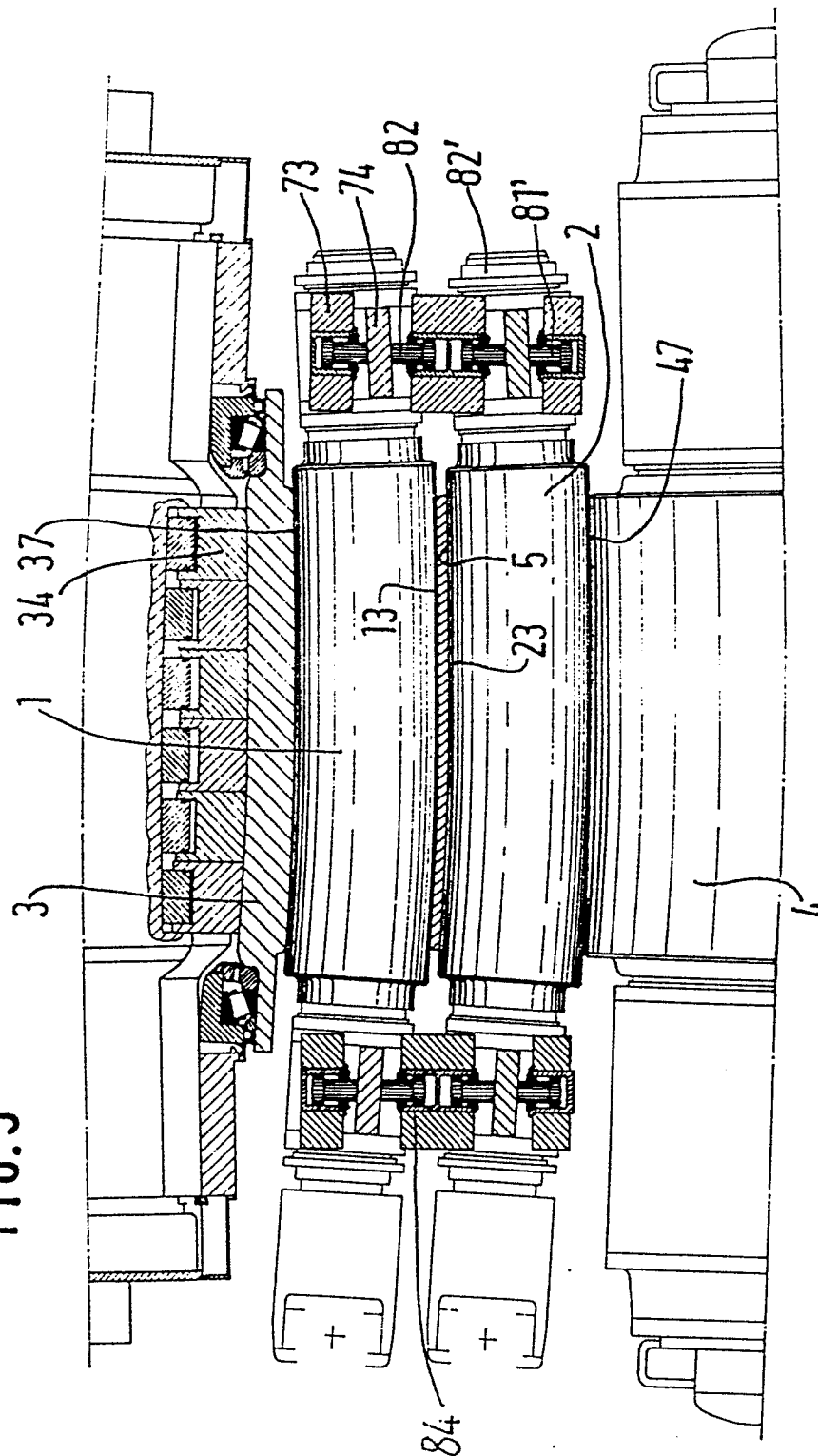


FIG. 3



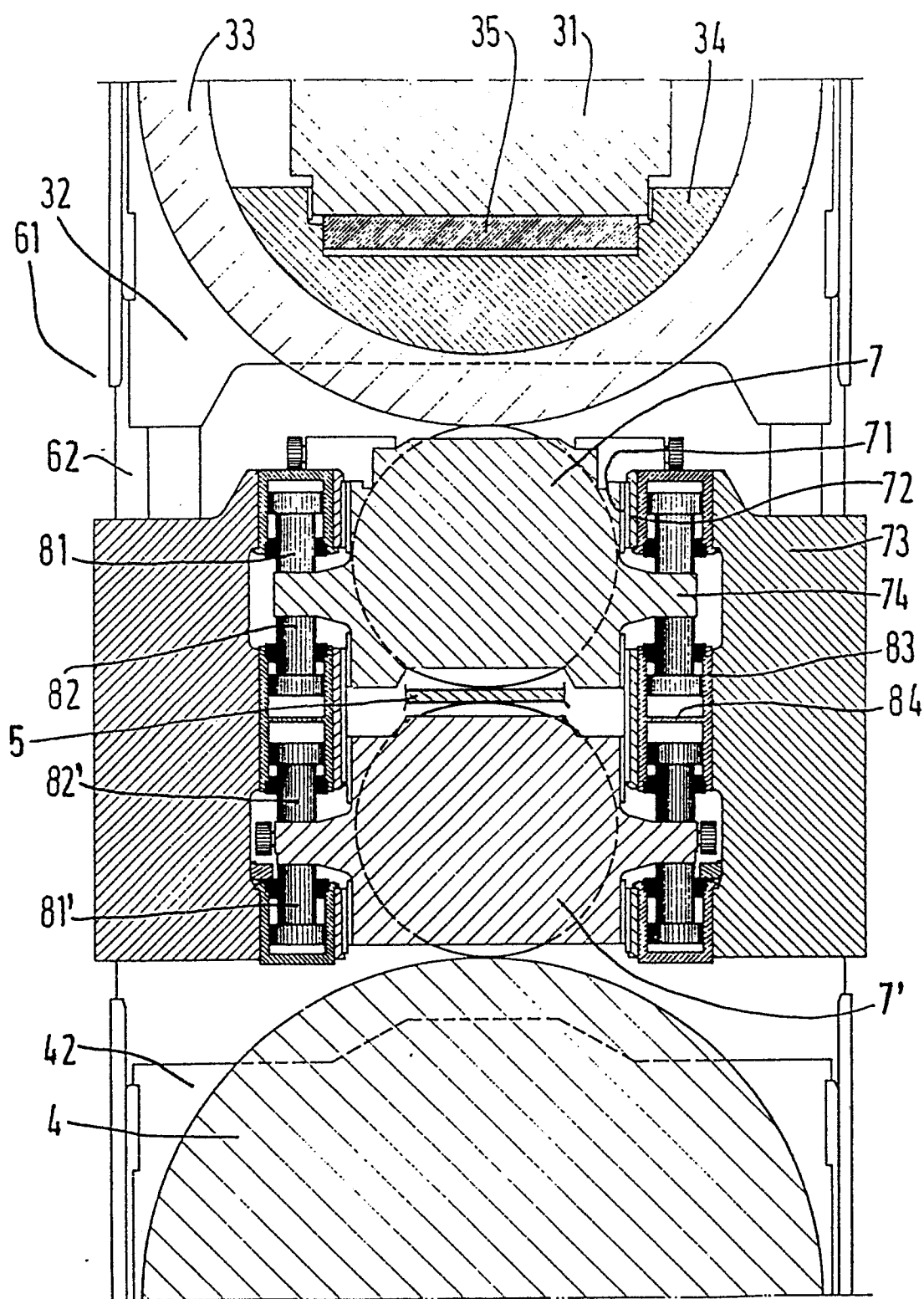


FIG. 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 40 0821

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	EP-A-0 140 776 (CLECIM) * Figures 1-3 * & FR-A-2 553 312 (Cat. D) ---	1,6,7	B 21 B 37/00 B 21 B 29/00
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 290 (M-430)[2013], 16 novembre 1985, page 116 M 430; & JP-A-60 130 409 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 11-07-1985 ---	1,6,7	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 46 (M-360)[1769], 27 février 1985, page 50 M 360; & JP-A-59 185 506 (ISHIKAWAJIMA HARIMA JUKOGYO K.K.) 22-10-1984 ---	1,6,7	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 43 (M-279)[1480], 24 février 1984, page 104 M 279; & JP-A-58 199 606 (MITSUBISHI JUKOGYO K.K.) 21-11-1983 ---	7	
A	EP-A-0 112 781 (CLECIM) & FR-A-2 538 537 (Cat. D) -----		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4) B 21 B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 11-07-1988	Examineur VERMEESCH, P.J.C.C.
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	