

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 846 579

21) N° d'enregistrement national :

03 08954

51) Int Cl<sup>7</sup> : B 21 B 31/10, B 21 B 37/00

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 22.07.03.

30) Priorité : 05.11.02 FR 00213843.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.05.04 Bulletin 04/19.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : VAI CLECIM Société anonyme — FR.

72) Inventeur(s) : VALENCE MARC et ROSSIGNEUX BERNARD.

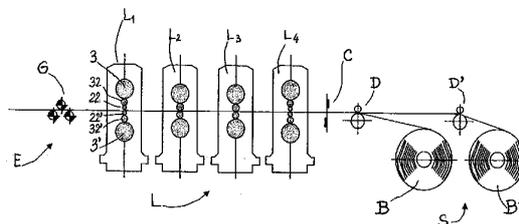
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET HARLE ET PHELIP.

54) PROCÉDE POUR ELARGIR LA GAMME DE PRODUCTION D'UNE INSTALLATION DE LAMINAGE DE PRODUITS METALLIQUES ET INSTALLATION POUR LA MISE EN OEUVRE DU PROCÉDE.

57) L'invention a pour objet un procédé pour élargir la gamme de production d'une installation de laminage à froid d'une bande métallique, comprenant au moins deux cages de laminage (L1, L2) fonctionnant en tandem.

Selon l'invention, on équipe au moins l'une (L1) des cages de laminage de moyens de transformation permettant de changer la configuration de la cage, en conservant les mêmes moyens (15, 16, 3, 3') d'application de l'effort de laminage, de façon à disposer d'au moins deux configurations correspondant chacune à une gamme de production, et l'on choisit la configuration de ladite cage transformable (11) en fonction des caractéristiques du produit à laminier (M), la gamme de production étant ainsi élargie.



FR 2 846 579 - A1



L'invention a pour objet un procédé pour élargir la gamme de production d'une installation de laminage à froid de produits métalliques sous forme de bande et couvre également les installations munies de moyen de mise en œuvre du procédé afin d'élargir leur gamme de production.

5 Le laminage à froid s'effectue, normalement, en plusieurs passes successives, soit dans deux sens opposés sur un train réversible, soit sur plusieurs cages de laminoir fonctionnant en tandem.

On sait que, dans un laminoir, le produit est entraîné entre deux cylindres de travail dont l'écartement est inférieur à l'épaisseur brute du produit en amont. Il se produit un écoulement du métal qui est entraîné par frottement dans l'empoise entre les cylindres, jusqu'à une section de sortie dont l'épaisseur correspond sensiblement à l'écartement entre les cylindres de travail. Au cours de cette opération, la structure du métal change et sa dureté augmente.

15 Au cours du laminage, les cylindres de travail ont tendance à s'écarter l'un de l'autre et l'entrefer entre les génératrices en regard doit donc être maintenu par application, entre les cylindres, d'un effort de serrage appelé souvent force ou effort de laminage. La force de laminage à exercer pour obtenir un certain taux de réduction d'épaisseur dépend, en particulier, du diamètre des cylindres de travail qui détermine la longueur de la zone de réduction ainsi que des caractéristiques mécaniques et métallurgiques, telles que sa limite élastique, sa composition, par exemple, acier courant à bas carbone faiblement allié, acier inoxydable, acier allié, etc...

25 D'une façon générale, un laminoir tandem à froid comporte une succession de cages disposées l'une à la suite de l'autre sur le trajet de la bande, afin d'assurer une réduction progressive de l'épaisseur de celle-ci.

Chaque cage de laminoir comporte, de façon classique, deux colonnes de support écartées et reliées par des traverses, entre lesquelles est monté un ensemble de cylindres superposés ayant des axes parallèles et placés sensiblement dans un même plan de serrage sensiblement perpendiculaire à la direction de déplacement du produit.

On peut réaliser des laminoirs de différents types. D'une façon générale, dans un laminoir, le produit à laminier passe entre deux cylindres de travail qui définissent le plan de laminage; ces cylindres sont en général de diamètre relativement réduit au regard des efforts auxquels ils sont soumis; ils

prennent donc appui, respectivement, sur au moins deux cylindres de soutien entre lesquels est appliqué l'effort de laminage.

On sait que les cages de laminages utilisées dans l'industrie métallurgique peuvent présenter plusieurs types de configurations selon la nature du produit à traiter.

Les laminoirs les plus courants, en particulier pour les productions importantes, sont de type « quarto » comportant deux cylindres de travail associés chacun à un cylindre de soutien de plus grand diamètre, ou de type « sexto », dans lesquels des cylindres intermédiaires sont interposés entre chaque cylindre de travail et le cylindre de soutien correspondant.

Cette disposition permet d'utiliser des cylindres de petit diamètre qui peuvent être associés à des rouleaux d'appui latéraux, dans une configuration dite « Z.HIGH ».

D'autres configurations, comprenant un plus ou moins grand nombre de cylindres peuvent aussi être utilisées dans l'industrie, mais pour des productions moins importantes.

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 des cylindres. Généralement l'effort de serrage est appliqué par des vis ou des vérins interposés entre la cage et les extrémités de l'arbre d'un cylindre de soutien, l'autre cylindre de soutien prenant appui par ces extrémités directement sur la cage, ou par l'intermédiaire d'un dispositif de calage ou de réglage de hauteur destiné à compenser les variations de diamètres de l'ensemble des cylindres qui s'usent progressivement. Les cylindres doivent donc pouvoir se déplacer par rapport à la cage et, à cet effet, sont portés par des organes de support rotatif appelés empoises, qui sont montés coulissants verticalement à l'intérieur de fenêtres ménagées dans les deux colonnes de la cage, et munies chacune de deux faces de guidage de l'empoise, parallèles au plan de serrage.

Comme les cylindres de soutien ont un grand diamètre, les faces de guidage correspondantes sont généralement ménagées directement sur les deux montants de la colonne correspondante de la cage. En revanche, les cylindres de travail ayant un diamètre plus faible, leurs empoises sont plus petites et les faces de guidage correspondantes, qui sont plus resserrées,

sont ménagées, généralement, sur deux pièces massives fixées sur les deux montants encadrant la fenêtre et s'étendant en saillie vers l'intérieur de celle-ci.

Les efforts de serrage sont appliqués, normalement, entre les deux extrémités des deux cylindres de soutien. Etant donné que le produit laminé, de largeur variable ne couvre pas en totalité 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, qui engendre des défauts de profil et de planéité.

Pour essayer de corriger ces défauts de profil en travers du produit laminé, on a d'abord proposé de compenser la déformation des cylindres due à l'effort de laminage, par un bombement de leur surface obtenue par usinage selon un profil particulier.

Cependant, le défaut d'épaisseur sur le profil en travers du produit laminé est complexe car il est le résultat de toutes les déformations de l'ensemble des cylindres, qui sont de diamètres différents, et de la déformation de toutes les parties constitutives de la cage de laminoir sous l'effort.

C'est pourquoi, on a mis au point, depuis quelques années, des systèmes plus perfectionnés permettant de moduler la correction effectuée.

Dans un premier système connu, on applique des efforts contrôlés de flexion sur les deux extrémités de l'arbre de chaque cylindre de travail, afin de réaliser des effets de cambrage permettant de corriger, de manière continue, la répartition des contraintes.

A cet effet, on utilise habituellement des vérins hydrauliques placés de part et d'autre de chaque empoise et prenant appui dans un sens sur la cage fixe et dans l'autre sur des parties latérales en saillie formant des oreilles d'appui de l'empoise. Habituellement, ces vérins de cambrage sont logés avec leurs circuits hydrauliques à l'intérieur des deux pièces en saillie servant à guider les empoises de travail. Ces pièces forment ainsi des blocs de support des vérins qui sont appelés, souvent, blocs hydrauliques.

On peut ainsi réaliser un cambrage dit négatif, par resserrement des empoises des deux cylindres de travail; pour compenser une surépaisseur des bords du produit ou bien un cambrage dit positif, par écartement des

mêmes empoises des deux cylindres de travail pour compenser une surépaisseur de la partie centrale du produit.

On a aussi proposé, dans les laminoirs dits « sexto », d'interposer un cylindre intermédiaire entre chaque cylindre de travail et le cylindre de soutien  
5 associé ce qui permet de commander un déplacement axial, en des sens opposés, des deux cylindres intermédiaires afin d'appliquer l'effort de laminage, non pas sur toute la table des cylindres, mais seulement sur la largeur du produit. On réduit ainsi les déformations des cylindres et l'on obtient un produit de meilleure planéité.

10 Par ailleurs, l'utilisation de cylindres intermédiaires permet d'utiliser des cylindres de travail de plus petit diamètre et, ainsi, de diminuer la force de laminage nécessaire pour une même réduction d'épaisseur.

Il est possible, également, de réaliser un déplacement axial, en sens opposés, des cylindres de travail dans les laminoirs quarto, et/ou des  
15 cylindres intermédiaires dans les laminoirs sexto, afin de mieux contrôler la répartition des contraintes sur la largeur du produit.

De plus, en mode quarto comme en mode sexto, des dispositions particulières des empoises peuvent permettre de combiner le système de cambrage et le système de déplacement des cylindres.

20 Dans un autre système connu sous le nom « C.V.C. », on donne aux cylindres de travail d'un laminoir « quarto », et/ou aux cylindres intermédiaires, dans un laminoir « sexto », des profils curvilignes complémentaires permettant, par déplacement axial des cylindres, de créer un bombé variable entre le cylindre supérieur et le cylindre inférieur.

25 Plus récemment, on a aussi proposé de moduler la force de laminage le long de la génératrice de contact avec le cylindre de travail ou le cylindre intermédiaire, en transmettant l'effort de laminage au moyen d'un cylindre comprenant une enveloppe montée tournante autour d'un arbre fixe et prenant appui sur celui-ci par l'intermédiaire d'une série de vérins permettant  
30 de faire varier la répartition des contraintes le long de la génératrice d'appui.

Tous ces dispositifs, ainsi que d'autres perfectionnements, développés depuis plusieurs années, ont permis, dans la technique du laminage à froid, en particulier en laminoir tandem, d'améliorer sans cesse la qualité du produit final. Toutefois, ces dispositifs sont coûteux et ne sont donc rentables qu'à  
35 partir d'un certain volume de production. En outre, cette rentabilité doit se

maintenir pendant plusieurs années pour justifier le montant des investissements.

Cependant, du fait que le laminage se produit par écoulement du métal entre les deux cylindres de travail, il est nécessaire d'adapter aux caractéristiques mécaniques, métallurgiques et dimensionnelles du produit, le diamètre des cylindres de travail, le couple de rotation appliqué sur ceux-ci et, d'une façon générale, l'ensemble des moyens permettant d'exercer l'effort de laminage.

En outre, il faut noter que, dans un laminoir tandem, le laminage détermine, par écrouissage, une augmentation progressive de la dureté du produit et, par conséquent, de l'effort de laminage à appliquer pour une même réduction d'épaisseur, d'une cage à la suivante.

De ce fait, les moyens d'application de l'effort de serrage risquent de saturer en puissance si la dureté du produit de départ est trop élevée.

Jusqu'à présent, il semblait donc nécessaire, en particulier pour les productions importantes d'utiliser des équipements adaptés à une certaine gamme de produits dont les caractéristiques restent dans un domaine assez limité. Dans la pratique, des installations de très grande capacité, par exemple dépassant 1 million de tonnes par an, n'ont été réalisées que pour deux familles d'acier, d'une part les aciers pour tôles de carrosserie et, d'autre part, les aciers pour emballage.

Toutefois, les besoins des utilisateurs évoluent constamment dans le sens d'une diversification des qualités demandées et d'un changement, parfois brutal, des quantités à fournir. C'est ainsi que, dans l'industrie automobile, on s'oriente vers l'utilisation d'aciers ayant des nuances très précises permettant d'obtenir des performances élevées.

Par exemple, pour la tôle de carrosserie, on a vu apparaître successivement les nuances appelées, dans le commerce, CQ, DQ, DDQ, EDDQ dont la limite élastique s'étend de 180 MPa à 250 MPa ainsi que des aciers très durs ayant une haute limite élastique (HSLA) pouvant aller jusqu'à 600 MPa. A l'opposé, on demande également des aciers très mous (IF) à très bas carbone, dont la limite élastique est de l'ordre de 160 MPa.

En outre, on cherche à diminuer, autant que possible, le poids des produits fabriqués sans en diminuer la résistance et l'on demande donc, pour les mêmes performances, des tôles ayant des épaisseurs de plus en plus

fines qui nécessitent des taux de réduction élevés, tout en maintenant les mêmes exigences de régularité d'épaisseur, de planéité et de qualité de surface.

D'autre part, même le processus de laminage doit pouvoir s'adapter à  
5 la qualité des aciers traités.

C'est ainsi que, récemment, on a mis au point des aciers appelés « TRIP » (TRansition Induced Plasticity) qui sont élaborés de façon que la recristallisation finale ne se fasse qu'en phase d'emboutissage, alors qu'elle se produisait auparavant en phase de refroidissement accéléré à la sortie du  
10 train à chaud ou au cours du laminage à froid. De plus, alors que pour des aciers courants ou mous la limite de rupture n'est que très peu supérieure à la limite élastique ( $R_e \approx 0,8 R_m$ ) les aciers TRIP ont une limite de rupture qui peut atteindre deux fois la valeur de la limite élastique. La courbe  
15 d'érouissage à partir de laquelle on détermine le schéma des passes de laminage est donc complètement différente. D'ailleurs, de tels aciers sont généralement caractérisés par la valeur de leur limite de rupture et non, comme précédemment, par celle de leur limite élastique.

L'industrie sidérurgique est donc soumise à des impératifs contradictoires. D'une part, les installations de laminage doivent être équipées  
20 de dispositifs coûteux, spécialement adaptés aux caractéristiques des produits à laminier pour obtenir les qualités souhaitées et, d'autre part, les quantités demandées par la clientèle sont souvent insuffisantes pour rentabiliser de tels équipements.

L'invention a pour objet de résoudre l'ensemble de ces problèmes  
25 grâce à un procédé permettant d'élargir la gamme de production d'une installation de laminage en ayant la possibilité de traiter sur celle-ci, des aciers ayant des caractéristiques dimensionnelles, mécaniques et métallurgiques très diverses, tout en conservant une productivité suffisante pour toutes les nuances de métal et en bénéficiant, cependant, de tous les moyens  
30 nécessaires pour garantir, de façon optimale, les qualités d'épaisseur, de planéité et d'état de surface souhaitées pour le produit laminé.

L'invention permet ainsi de disposer d'un outil de production facilement adaptable à l'évolution des besoins, aussi bien dans la qualité du produit laminé que dans les quantités à fournir.

L'invention s'applique donc, d'une façon générale, à une installation de laminage à froid de produits métalliques sous forme de bande, comprenant au moins deux cages de laminage fonctionnant en tandem pour une réduction progressive de l'épaisseur du produit, chaque cage étant associée à des  
5 moyens d'application d'un effort de laminage entre deux cylindres de travail, permettant, pour une configuration donnée de la cage, de réaliser un certain taux de réduction d'épaisseur, compte tenu des caractéristiques mécaniques et métallurgiques du produit, lesdites caractéristiques étant comprises dans une gamme de production déterminée.

10 Conformément à l'invention on équipe au moins l'une des cages de laminage de moyens de transformation permettant de changer la configuration de la cage ainsi transformable, en conservant les mêmes moyens d'application de l'effort de laminage, de façon à disposer d'au moins deux configurations adaptées chacune à une gamme de production et, pour le  
15 laminage d'un produit, on choisit la configuration de la cage transformable en fonction des caractéristiques dudit produit de façon que celles-ci entrent dans la gamme de production correspondant à la configuration choisie.

En particulier, la configuration de la cage transformable peut être choisie en fonction de la dureté du matériau constituant le produit à laminier.  
20 La gamme de production peut ainsi comprendre des produits dont la limite de rupture, après élaboration à chaud peut aller de moins de 160 MPa jusqu'à au moins 1000 MPa.

De façon particulièrement avantageuse, les cages de laminage étant associées, chacune, à des moyens de contrôle d'au moins l'un des facteurs  
25 de qualité tels que la régularité d'épaisseur, la planéité et/ou l'état de surface, on change la configuration d'au moins l'une des cages de laminage en fonction des caractéristiques dimensionnelles, mécaniques et métallurgiques du produit, de façon à conserver la même qualité sur la gamme de production globale de l'installation.

30 Dans un premier mode de réalisation, pour s'adapter aux caractéristiques spécifiques d'un produit à laminier, on fait passer au moins une cage transformable d'une configuration quarto comprenant deux cylindres de travail prenant appui sur deux cylindres de soutien, à une configuration  
35 sexto comprenant deux cylindres de travail prenant appui, par des cylindres intermédiaires sur les mêmes cylindres de soutien, et inversement.

Dans un second mode de réalisation, pour s'adapter aux caractéristiques spécifiques du produit à laminier, on fait passer au moins une cage transformable d'une configuration sexto comprenant deux cylindres de travail prenant appui respectivement, par une paire de premiers cylindres intermédiaires, sur une paire de cylindres de soutien, à une configuration de type "octo" comprenant deux cylindres de travail prenant appui respectivement, par une paire de seconds cylindres intermédiaires, sur les mêmes premiers cylindres intermédiaires et les mêmes cylindres de soutien, et inversement.

10 Pour élargir encore la gamme de production, il est possible d'équiper au moins une cage transformable de moyens amovibles d'appui latéral des cylindres de travail, afin de permettre, dans une configuration supplémentaire, l'utilisation de cylindres de travail de très petit diamètre.

En choisissant ainsi la configuration d'au moins une cage du laminoir, l'invention permet de réaliser une réduction d'épaisseur d'au moins 70% en une passe pour toute la gamme de production élargie.

De préférence, on change la configuration, au moins, de la première cage du laminoir, afin de lui donner une configuration sexto pour le laminage de bandes présentant, à l'entrée du laminoir, une limite de rupture égale ou supérieure à 600 MPa et une configuration quarto pour le laminage de bandes ayant une limite de rupture inférieure.

20 Cependant, il peut aussi être avantageux de changer la configuration de la dernière cage afin de contrôler la qualité de surface du produit à la sortie du laminoir.

25 Par ailleurs, pour certaines catégories d'acier, il peut être plus avantageux de changer la configuration d'au moins l'une des cages intermédiaires, en particulier pour lui donner une configuration à huit cylindres, avec des cylindres de travail de très petit diamètre.

L'invention couvre également une installation de laminage pour la mise en œuvre du procédé comprenant au moins deux cages de laminage fonctionnant en tandem, dans laquelle au moins l'une des cages est équipée de moyens de remplacement rapide d'une première paire de cylindres de travail par deux ensembles montés en cassettes comportant chacun un cylindre de travail de plus petit diamètre, associé à un cylindre intermédiaire, ladite cage transformable ayant ainsi deux configurations possibles,

respectivement une première configuration avec au moins quatre cylindres, adaptés à une première gamme de production, et une seconde configuration avec au moins six cylindres, adaptée à une seconde gamme de production, en conservant dans les deux configurations, au moins, les mêmes cylindres de soutien et les mêmes moyens d'application de l'effort de laminage.

5 Dans un premier mode de réalisation, au moins l'une des cages, en particulier la première cage, peut passer d'une configuration quarto à une configuration sexto, et inversement.

10 Dans un autre mode de réalisation, au moins l'une des cages, en particulier une cage intermédiaire peut passer d'une configuration sexto à une configuration octo, avec éventuellement des moyens amovibles d'appui latéral des cylindres de travail.

15 De façon particulièrement avantageuse, la cage transformable est équipée de moyens de cambrage des cylindres qui sont les mêmes dans les deux configurations et coopèrent avec des parties d'appui des empoises des cylindres de travail dans une première configuration et avec des parties d'appui des empoises des cylindres intermédiaires dans une seconde configuration et les parties d'appui sont placées, dans chacune des configurations, sensiblement au même niveau par rapport au plan de laminage, de chaque côté de celui-ci.

20 L'invention couvre également d'autres caractéristiques avantageuses qui apparaîtront dans la description suivante de certains modes de réalisation particuliers, donnés à titre d'exemple et représentés sur les dessins annexés.

25 La figure 1 est une vue schématique partielle, en élévation, d'une installation selon l'invention comprenant quatre cages de laminage en configuration quarto.

La figure 2 est une vue schématique, en élévation de l'installation selon l'invention, après transformation de la première et de la dernière cage.

30 La figure 3 représente schématiquement, en élévation, une cage de laminage selon l'invention en configuration quarto.

La figure 4 est une vue à échelle agrandie de la partie centrale de la cage de la figure 3, après transformation en configuration sexto.

La figure 5 représente, en élévation, un autre mode de réalisation d'une cage transformable, en configuration sexto.

La figure 6 représente, en élévation, la partie centrale de la cage de la figure 5, après transformation en configuration octo avec appuis latéraux.

La figure 7 montre la cage octo de la figure 6, en position de démontage des cassettes.

5 La figure 8 montre la cage octo de la figure 6, en position de démontage des appuis latéraux.

La figure 9 est une vue partielle en élévation, montrant une variante du dispositif d'appui latéral.

10 La figure 10 est une vue de dessus, avec arraché partiel, de l'extrémité d'une cassette pour la configuration octo de la figure 8.

La figure 11, est une vue en coupe selon la ligne I, I de la figure 9.

La figure 1 représente schématiquement une installation de laminage tandem à quatre cages fonctionnant en continu, c'est-à-dire sans engagement de bande, le laminoir étant alimenté par des bobines soudées bout à bout.  
15 Schématiquement, une telle installation comporte, dans un sens de défilement de la bande, une section d'entrée E, une section de laminage L et une section de sortie S.

La section de laminage L comporte, dans l'exemple représenté, quatre cages fonctionnant en tandem, c'est-à-dire effectuant, en même temps,  
20 chacune une réduction d'épaisseur sur le produit et contrôlées de manière à maintenir entre elles un niveau de traction, en général élevé, compatible avec la résistance du produit et permettant, comme on le sait, de réaliser une réduction d'épaisseur plus importante dans chaque cage.

La section d'entrée E comprend des dispositifs, non représentés, de  
25 mise en traction de la bande, placés juste devant la première cage et un dispositif de guidage G. La section de sortie S comprend en général une cisaille de fractionnement C pour constituer des bobines et, par exemple, deux bobineuses B, B' ayant chacune un dispositif de guidage et déflexion D, D'.

30 Il ne semble pas nécessaire de décrire plus en détail une telle installation de laminage continu dont les caractéristiques et les avantages ont été indiqués, par exemple, dans un article intitulé « le décapage-tandem couplé de Sainte Agathe à Sollac Florange » paru dans La Revue de la Métallurgie, de Mars 1998.

En particulier, une telle installation peut comporter un plus ou moins grand nombre de cages fonctionnant en tandem et, selon la nature et la destination du produit, diverses sections de traitement de la bande métallique disposées ou non en une ligne continue.

5 D'une façon générale, on sait que, dans une installation de laminage en tandem, l'épaisseur du produit est réduite progressivement dans les cages successives de l'installation et que le taux de réduction pouvant être effectué dans chaque cage dépend des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du produit et, évidemment, des moyens dont on dispose pour  
10 appliquer la force de laminage.

Habituellement, on établit donc, pour chaque produit à laminier, un schéma de laminage qui détermine la part de réduction d'épaisseur à effectuer dans chaque cage, en tenant compte du fait que l'écrasement du produit détermine, par écrouissage, une augmentation de sa dureté et, par  
15 conséquent, de l'effort de laminage à appliquer, dans les cages suivantes, pour une certaine réduction d'épaisseur.

On sait que le taux de réduction d'épaisseur que l'on peut réaliser dépend d'un certain nombre de paramètres de laminage.

Un paramètre essentiel est évidemment le diamètre des cylindres de  
20 travail dont dépendent les conditions d'écoulement du métal dans l'emprise de laminage.

En effet, le métal étant entraîné par frottement le long des faces circulaires des cylindres qui limitent l'emprise de laminage, un diamètre important par rapport à la réduction d'épaisseur à effectuer permet de  
25 diminuer l'angle de frottement et favorise, donc, l'entraînement de la bande.

C'est pourquoi, il semble normal, pour le laminage à froid, d'utiliser des cylindres de travail d'assez gros diamètre, de l'ordre de 500 mm, par exemple.

D'ailleurs, un grand diamètre présente d'autres avantages, par exemple de permettre une plage d'usure relativement importante et de rendre plus  
30 efficace le refroidissement nécessaire des cylindres qui s'effectue par la périphérie.

Certes, les plus petits diamètres permettent, à réduction égale, de diminuer l'effort de laminage nécessaire mais la plage d'usure est réduite et la durée de vie des cylindres plus courte, ce qui entraîne une augmentation du  
35 coût de production. De plus, l'arc de contact étant plus petit, la stabilité de la

cage est plus difficile à maintenir, en particulier dans le cas des laminoirs tandem qui, comme on le sait, permettent d'exercer de fortes tractions en amont et en aval de chaque cage de laminoir.

5 Mais d'autres facteurs interviennent aussi dans le processus de laminage tels que la lubrification des cylindres et, dans un laminoir tandem, les efforts de traction appliqués sur la bande, respectivement en amont ( $T_e$ ) et en aval ( $T_s$ ) de l'entrefer.

On a ainsi pu établir que la réduction d'épaisseur maximale possible au cours d'une passe de laminage peut être donné par la formule :

10

$$\Delta_e \leq 2 \left( \mu + \frac{T_e - T_s}{2F} \right)^2 D$$

15 dans laquelle  $\mu$  est le coefficient de frottement,  $F$  l'effort de laminage,  $T_e$  et  $T_s$  les efforts de traction à la sortie et à l'entrée de la cage de laminoir et  $D$  le diamètre des cylindres de travail.

Pour l'établissement d'un schéma de laminage correspondant à la nuance et au format d'un produit à laminer, il faut donc, en tenant compte des moyens dont on dispose, déterminer ces divers paramètres, de façon à réaliser, dans les meilleures conditions possibles, un laminage du produit à  
20 l'épaisseur demandée pour une vitesse normale de défilement correspondant à la capacité de production de l'installation.

A cet égard, une qualité essentielle demandée à une installation de laminage est de fournir un produit ayant une épaisseur et des qualités de surface aussi constantes que possible. Pour cela, il faut donc régler en  
25 permanence les facteurs qui interviennent dans le processus de réduction d'épaisseur, afin de maintenir, pendant toute la production, la stabilité de la réduction d'épaisseur et les qualités de planéité et d'état de surface requis.

La formule indiquée plus haut montre que le choix d'un diamètre important est favorable à la tenue de la stabilité du taux de réduction.  
30 Cependant, un diamètre important augmente la longueur de l'emprise de laminage et, par conséquent, la force de laminage à appliquer.

Par ailleurs, en cours de laminage, pour assurer la stabilité de la réduction d'épaisseur, on peut agir sur l'effort de laminage et les efforts de traction appliqués sur le produit.

En effet, dans un laminoir tandem, les tractions élevées obtenues entre deux cages successives permettent d'augmenter la réduction d'épaisseur possible. Toutefois, la formule indiquée plus haut montre qu'un effort de laminage relativement grand, résultant d'un diamètre important, diminue  
5 l'influence des tractions. La stabilité du taux de réduction est alors assurée par celle du coefficient de frottement qui dépend de la qualité de lubrification et de la rugosité des cylindres.

De plus, les efforts de traction que l'on peut appliquer sur la bande, respectivement à l'entrée et à la sortie de l'installation dépendent des  
10 dispositifs placés respectivement en amont et en aval de celle-ci et sont inférieurs aux efforts générés par une cage du laminoir tandem sur celles qui l'encadrent.

Pour augmenter les possibilités de réglage de l'effort de laminage, il pourrait être préférable de réduire le diamètre des cylindres de travail dans la  
15 première et la dernière cage mais il faut aussi tenir compte du fait qu'un diamètre relativement important est favorable à l'entraînement du produit et au transfert de la rugosité sur la dernière cage lorsqu'il est nécessaire.

En effet, pour un bon nombre de produit de qualité élevée, l'aspect de surface est important et les traitements avals de la bande (galvanisation,  
20 peinture, etc.) imposent une rugosité précise et constante de la surface et cette rugosité est donnée par celle des cylindres de travail de la dernière cage du laminoir tandem. Or, il est connu que l'impression de la rugosité des cylindres sur la bande est d'autant plus facile que le diamètre est élevé. C'est donc un autre facteur de choix pour un diamètre important des cylindres de  
25 travail, même dans la dernière cage.

Il apparaît donc que les possibilités d'action sur les différents paramètres de laminage, dont certains influent les uns sur les autres, sont assez réduites et c'est pourquoi, jusqu'à présent, les installations de laminage en tandem à forte capacité n'étaient utilisables que pour une gamme de  
30 production assez limitée.

Par exemple, pour la production de tôles de carrosserie, on part, généralement, d'une bande à chaud ayant une épaisseur d'au moins 3 mm et l'on doit obtenir, à la sortie de l'installation, une épaisseur assez fine, de l'ordre de 0,7 à 0,8 mm.

Pour les qualités usuelles de tôles de carrosserie, un tel taux de réduction d'épaisseur, pouvant aller jusqu'à 80% peut être obtenu dans une installation du type représenté sur la figure 1 comprenant 4 ou 5 cages quarts avec des cylindres de travail dont le diamètre peut, sans inconvénient, être  
5 situé dans une plage allant sensiblement de 530 mm à 620 mm, la gamme d'utilisation réelle étant de l'ordre de 58 mm à 80 mm, ce qui est économique vis-à-vis de la durée de vie des cylindres.

Normalement, la gamme de dureté des produits que l'on peut laminier en conservant la qualité de surface souhaitée et la stabilité de la réduction  
10 d'épaisseur est limitée. En pratique, la limite de rupture peut aller, par exemple jusqu'à 600 MPa. Au-dessus de cette limite de rupture, il se produit une saturation des moyens mécaniques d'entraînement des cylindres dont la puissance est limitée et l'on ne peut pas exercer l'effort de laminage nécessaire pour obtenir la réduction d'épaisseur souhaitée. Il en résulte  
15 qu'une installation de laminage en tandem n'est, normalement, utilisable que pour une gamme de produits relativement limitée pour laquelle les caractéristiques des différents organes ont été déterminées et, jusqu'à présent, il semblait nécessaire de disposer d'installations spécialisées pour le laminage des autres qualités d'acier, en particulier ceux qui ont une limite de  
20 rupture supérieure à 600 MPa, tels que les aciers TRIP.

L'invention permet de résoudre ce problème de façon simple, rapide et économique, en changeant simplement la configuration d'au moins l'une des cages du laminoir, de façon à modifier le diamètre des cylindres de travail et, ainsi, la gamme de produits que l'on peut traiter dans le laminoir.

25 Ainsi, en équipant au moins l'une des cages de moyens permettant d'en changer facilement la configuration, il va être possible, grâce au procédé selon l'invention, d'élargir considérablement la gamme de production d'un laminoir tandem.

A titre d'exemple, l'installation de type classique présentée  
30 schématiquement sur la figure 1, comprenant quatre cages de laminage fonctionnant en tandem et équipées chacune en configuration quarts, est adaptée, comme on l'a vu, à la production avec une grande capacité, de tôles de qualité usuelle, par exemple pour l'industrie automobile.

Une telle installation peut, selon sa conception et la puissance installée,  
35 produire de l'ordre de 600 000 t/an à 2,5 Mt/an, la capacité de production

étant d'autant plus importante que la gamme des nuances d'acier à fabriquer est plus réduite.

Chaque cage L1, L2, L3, L4 est du type quarto représenté schématiquement sur la figure 1 et comprend donc, à l'intérieur d'une cage  
5 comportant deux colonnes écartées 10, une paire de cylindres de travail 2, 2' prenant appui sur des cylindres de soutien 3, 3' et limitant un entrefer de passage du produit M qui défile, dans un plan de laminage P sensiblement horizontal, suivant une direction orthogonale aux axes des deux cylindres de travail, les axes des différents cylindres étant placés sensiblement dans un  
10 plan vertical de serrage P<sub>1</sub>.

Comme habituellement, chaque cylindre est monté rotatif autour de son axe, sur des paliers anti-friction logés dans des empoises montées coulissantes, parallèlement au plan de serrage P<sub>1</sub>, dans des fenêtres de chaque colonne 10 de la cage.

Comme le montre la figure 3, les cylindres de travail 2, 2', qui ont un diamètre plus faible que les cylindres de soutien 3, 3', sont portés par deux empoises 20, 20' montées coulissantes le long de faces de guidage verticales 12a, 12b ménagées aux extrémités de deux pièces 13a, 13b qui s'étendent en saillie à l'intérieur de la fenêtre 11 alors que les faces de guidage des  
15 empoises 30, 30' des cylindres de soutien 3, 3' sont ménagées le long des côtés verticaux 11a, 11b de chaque fenêtre 11 de la cage.

Dans la partie basse de chaque colonne 10 de la cage, est disposé un dispositif de serrage hydraulique 15 qui, dans le mode de réalisation de la figure 3, est équipé d'un piston permettant d'appliquer la force de laminage et  
25 de contrôler la régulation d'épaisseur en prenant appui sur l'empoise 30' du cylindre d'appui inférieur 3'. On dispose aussi, dans la partie haute de chaque colonne 10, un dispositif de calage à vis 16 qui permet de maintenir serré l'empilage des cylindres en compensant les variations de hauteur, dues à l'usure des cylindres. Ce dispositif 16 peut comprendre, par exemple, une vis  
30 mue par un moto-réducteur et prenant appui sur l'empoise correspondante 30 du cylindre de soutien supérieur 3.

Bien entendu, d'autres dispositifs, par exemple hydrauliques, peuvent être utilisés pour le serrage et le calage des cylindres.

Il est à noter que, comme on le verra plus loin, les fenêtres 11 et les  
35 moyens 15, 16 de serrage et de calage des cylindres sont dimensionnés pour

permettre un réglage sur une grande amplitude de l'écartement entre les cylindres de soutien 3, 3'.

De façon connue, chaque cage du laminoir est aussi équipée de dispositifs de contrôle de la planéité du produit par cambrage (ou cintrage)  
5 des cylindres de travail.

Comme habituellement, ces dispositifs de cambrage sont constitués, pour chaque empoise, de deux ensembles de vérins 5, 5' prenant appui, de chaque côté de la fenêtre 11, sur les deux montants de chaque colonne 10, ces derniers étant munis, en outre, de faces de guidage entre lesquelles les  
10 deux empoises 20, 20' sont montées coulissantes parallèlement au plan vertical de serrage  $P_1$  dans lequel sont placés sensiblement les axes des cylindres.

Comme indiqué plus haut, ces faces de guidage latéral 12a, 12b sont ménagées aux extrémités de deux pièces en saillie 13a, 13b solidaires des  
15 deux montants de chaque colonne 10 et sur lesquelles prennent appui, généralement, les vérins de cambrage 4, 4'.

On sait, d'autre part, que les vérins de cambrage doivent agir sur les extrémités des cylindres de travail ou des cylindres intermédiaires en configuration sexto, soit dans un sens positif d'écartement du plan de  
20 laminage, pour compenser un amincissement excessif des bords du produit laminé, soit dans un sens négatif de rapprochement vers le plan de laminage. On peut donc utiliser, soit des vérins à double effet fixés sur l'empoise ou sur une pièce intermédiaire, soit deux paires de vérins agissant en des sens opposés sur des parties d'appui de chaque empoise, de chaque côté de celle-  
25 ci.

Par ailleurs, même dans une configuration quarto, il est avantageux de bénéficier également d'une possibilité de déplacement axial des cylindres avec leurs empoises. Plusieurs dispositions ont été proposées à cet effet, mais il est avantageux que les vérins de cambrage se déplacent avec les  
30 empoises sur lesquelles ils prennent appui, afin que les efforts appliqués restent bien centrés par rapport aux paliers de centrage montés dans l'empoise.

Enfin, pour réaliser un changement de configuration permettant, selon l'invention, de passer par exemple d'une configuration quarto à une

configuration sexto, il est particulièrement avantageux de conserver les mêmes moyens de cambrage qui restent fixés sur les colonnes.

Les dispositions selon l'invention permettent de résoudre ces différents problèmes.

5 Les figures 3 et 4 montrent un premier mode de réalisation selon l'invention d'une cage transformable, en configuration quarto ou sexto. Comme habituellement, les moyens de cambrage des cylindres sont montés, avec leurs circuits d'alimentation hydraulique, dans des pièces massives 4a, 4b appelées "blocs hydrauliques" et fixées sur les deux montants de chaque  
10 colonne 10 de la cage, dans la partie centrale de celle-ci.

Chaque bloc hydraulique 4a, 4b porte, au niveau du plan de laminage P, une pièce 13a, 13b qui s'étend en saillie vers l'intérieur de la fenêtre et porte, à son extrémité interne, une face verticale 12a, 12b de guidage des  
15 empoises 20, 20' des cylindres de travail 2, 2' qui sont munis de parties d'appui 21 appelées "oreilles", qui s'étendent en saillie vers l'extérieur, de part et d'autre du plan vertical de serrage P1.

Dans le mode de réalisation de la figure 3, les parties d'appui 21, 21' des deux empoises, respectivement supérieure 20 et inférieure 20', sont décalées par rapport à l'axe du cylindre de travail correspondant, du côté  
20 opposé au plan de laminage P, de façon à passer, respectivement, au-dessus et en dessous des pièces en saillie 13a, 13b, afin de coopérer avec des ensembles de vérins de cambrage, respectivement supérieur 5 et inférieur 5'.

Dans le mode de réalisation de la figure 3, chaque ensemble 5  
25 comporte au moins une paire de vérins opposés 51, 52 placés de part et d'autre de l'oreille 21 et prenant appui sur celle-ci, respectivement dans le sens positif d'écartement du plan de laminage et dans le sens négatif de rapprochement.

Bien entendu, la disposition est symétrique par rapport au plan de laminage P et au plan de serrage P', chaque bloc hydraulique 4a, 4b portant  
30 deux ensembles de vérins, respectivement supérieur 5 et inférieur 5'.

Par ailleurs, pour permettre le déplacement axial des cylindres de travail sans décentrage des efforts appliqués, les vérins de cambrage, respectivement positif 51a et négatif 52a, placés d'un même côté du plan de serrage P<sub>1</sub>, sont logés dans une pièce de support 40a montée coulissante,  
35 parallèlement aux axes des cylindres, sur le bloc hydraulique correspondant

4a fixé dans la partie centrale de la colonne 10 et il en est de même de l'autre côté du plan de serrage  $P_1$ .

Ainsi, chaque cylindre de travail, par exemple le cylindre supérieur 2, est associé à deux pièces de support 40a, 40b montées coulissantes axialement sur les deux blocs hydrauliques 4a, 4b et sur lesquelles prennent appui, respectivement, les vérins de cambrage positif 51a, 51b et les vérins de cambrage négatif 52a, 52b. De façon connue, les deux pièces de support 40a, 40b sont associées à des moyens non représentés, tels que des vérins hydrauliques, prenant appui sur la cage pour commander le déplacement axial de l'ensemble formé par le cylindre de travail 2 et ses deux empoises 20 avec les pièces de support associées 40a, 40b portant les ensembles de vérins de cambrage 5a, 5b.

Bien entendu, il en est de même, de l'autre côté du plan de laminage P, pour le cylindre de travail inférieur 2' et ses empoises 20' associées chacune à deux pièces de support 40'a, 40'b montées coulissantes axialement sur les blocs hydrauliques 4a, 4b.

On voit que, dans la configuration quarto de la figure 3, les pièces en saillie 13a, 13b servent uniquement au guidage des empoises 20, 20' des deux cylindres, entre leurs extrémités opposées 12a, 12b.

Cependant, chaque pièce en saillie 13 porte également deux ensembles de vérins, respectivement supérieur 50 et inférieur 50' prévus pour le cambrage des cylindres de travail dans la configuration sexto représentée sur la figure 4.

Dans cette configuration, en effet, la cage comprend les mêmes cylindres de soutien 3, 3' mais ceux-ci ont été écartés de façon à remplacer chaque cylindre de travail 2 de la configuration quarto par un ensemble de deux cylindres superposés, respectivement un nouveau cylindre de travail 22 de plus petit diamètre et un cylindre intermédiaire 32.

Comme indiqué plus haut, les fenêtres 11 et les moyens de serrage 15, 16 sont dimensionnés pour donner une amplitude de réglage suffisante aux cylindres de soutien 3, 3'.

Comme le montre la figure 4, chaque empoise 23 d'un cylindre de travail 22 de petit diamètre présente la même largeur qu'une empoise 20 d'un cylindre de travail 2 en configuration quarto et est donc guidée verticalement entre les extrémités 12a, 12b des deux pièces en saillie 13a, 13b. De plus,

chaque empoise 23 est munie, sensiblement au niveau de l'axe du cylindre 22, de parties en saillie latérales formant des oreilles qui s'engagent dans des encoches ménagées dans les faces de guidage 12a, 12b des deux pièces en saillie 13a, 13b de façon à coopérer avec les ensembles de vérins de cambrage 50 logés dans chaque pièce en saillie 13a, 13b et qui comportent chacun une paire de vérins opposés, respectivement 55 de cambrage positif et 56 de cambrage négatif.

Par ailleurs, dans cette disposition sexto, les empoises 33, 33' des cylindres intermédiaires 32, 32' sont montées coulissantes verticalement, sur des faces de guidage 41, 41' parallèles au plan de serrage et ménagées sur les faces en regard des pièces de support coulissantes 40, 40' portant chacune les deux jeux de vérins de cambrage, respectivement positif 51, 51' et négatif 52, 52' décrits précédemment dans la configuration quarto de la figure 3.

Ainsi, les mêmes ensembles de vérins 5, 5' prévus, dans la configuration quarto, pour le cambrage des cylindres de travail 2, 2' et montés sur les mêmes pièces de support coulissantes 40, 40' servent, dans la configuration sexto, pour le cambrage des cylindres intermédiaires 32, 32', avec la même possibilité de déplacement axial.

Selon l'invention, le changement de configuration peut donc se faire en conservant, non seulement tous les moyens 15, 16, 3, 3' d'application de l'effort de laminage mais également les moyens de réglage des conditions de transmission de cet effort tels que les moyens de cambrage 5, 5' ou de déplacement axial 40, 40'.

Pour cela, il faut cependant que les oreilles d'appui 34 des empoises 33 du cylindre intermédiaire supérieur 32, dans la configuration sexto soient placées sensiblement au même niveau que les oreilles d'appui 21 des empoises 20 du cylindre de travail supérieur 2 de grand diamètre, dans la configuration quarto et il en est de même, de l'autre côté du plan de laminage pour les cylindres inférieurs de travail 2' et intermédiaire 22'.

Il est avantageux, à cet effet, d'utiliser la disposition particulière des empoises, représentée sur les figures 3 et 4, dans laquelle les oreilles 21 des empoises 20 du cylindre de travail 2 sont décalées à l'opposé du plan de laminage P par rapport à l'axe du cylindre 2 alors que, pour le cylindre intermédiaire 32, les oreilles 34 de l'empoise 33 sont décalées vers le plan de

laminage P par rapport à l'axe du cylindre, la disposition étant symétrique par rapport au plan de laminage, pour les cylindres inférieurs.

D'autres dispositions sont cependant possibles, comme on le verra plus loin.

5           Ainsi, on peut conserver, dans les deux configurations, les mêmes pièces de support coulissantes 40, 40' avec les mêmes ensembles de vérins de cambrage 5, 5' et réaliser simultanément, d'une part un cambrage positif ou négatif des cylindres correspondants et, d'autre part, un déplacement axial, en des sens opposés, soit des deux cylindres de travail 2, 2' dans la  
10 configuration quarto, soit des deux cylindres intermédiaires 32, 32' dans la configuration sexto.

Etant donné que l'on conserve les mêmes cylindres de soutien 3, 3', les possibilités de réglage en hauteur desdits cylindres doivent être adaptées à l'encombrement des cylindres de travail des cylindres intermédiaires qui est  
15 plus grand dans la configuration sexto que dans la configuration quarto. Il suffit, cependant, que le piston du vérin de serrage 15 et les vis 16 de calage du cylindre de soutien supérieur 3 aient une course suffisante, et que la fenêtre 11 soit dimensionnée en conséquence.

Grâce à ces dispositions, il est possible de transformer une cage d'un  
20 mode quarto à un mode sexto et inversement, en conservant les mêmes cylindres de soutien 3, 3', les mêmes moyens d'application de l'effort de serrage 15, 16 et les mêmes blocs hydrauliques 4a, 4b avec les vérins de cambrage et les moyens de commande du déplacement axial des cylindres.

Du fait que les pièces de support 40, 40' sont les mêmes dans les deux  
25 configurations et sont montées coulissantes parallèlement aux axes des cylindres, il est possible de changer la configuration du laminoir au moyen d'un dispositif de remplacement de cylindres de type connu permettant de retirer, par déplacement parallèlement à leurs axes, un jeu de cylindres de travail, pour les remplacer par d'autres cylindres. En effet, dans la disposition  
30 de la figure 4, chaque cylindre de travail de petit diamètre 22 associé à un cylindre intermédiaire 32 forme, avec leurs empoises, un ensemble monté en cassette qui peut être déplacé axialement pour être retiré de la cage ou bien être introduit dans celle-ci, ledit ensemble pouvant être porté par les pièces de support 40a, 40b qui coulissent axialement. Ainsi, il est possible de retirer en  
35 bloc, soit les deux cylindres de travail 2, 2' dans le mode quarto, soit les deux

ensembles, respectivement supérieur et inférieur de cylindres de travail 22, 22' et de cylindres intermédiaires 32, 32', dans le mode sexto.

A cet effet, on peut utiliser un dispositif de remplacement de cylindres de type connu qui peut être, par exemple, du type dit « push-through » décrit  
5 dans le brevet EP-0618018 ou du type comportant un chariot dit « side-shifter » tel que décrit dans le brevet US-4,435,970. De tels dispositifs pourront être utilisés dans un laminoir selon l'invention pour passer du mode  
10 « sexto » au mode « quarto » et inversement. En effet, il suffit pour cela d'installer à l'avance, dans un compartiment de réserve prévu pour les cylindres neufs, des cylindres de travail de gros diamètre équipés de leurs empoises spécifiques, d'extraire les cylindres intermédiaires et les cylindres de travail utilisés dans le mode « sexto » et d'introduire les gros cylindres seuls, la cage se trouvant ainsi transformée en mode « quarto ». Les  
15 dispositifs de serrage 15 et de calage 16 permettront de mettre en contact les cylindres de soutien 3, 3' avec les cylindres de travail 2, 2' dont l'encombrement est inférieur à l'empilage de deux cylindres de travail de faible diamètre 22, 22' augmenté des deux cylindres intermédiaires 32, 32'.

La manœuvre inverse à l'aide du dispositif de changement des cylindres permet de passer, dans l'autre sens du mode « quarto », au mode  
20 « sexto ».

Ainsi, en conservant les mêmes moyens d'application de l'effort de laminage, de régulation d'épaisseur et de correction de planéité, il est possible de passer rapidement d'un mode « quarto » avec de gros cylindres de travail à un mode « sexto » avec de plus petits cylindres, par exemple, pour  
25 s'adapter à un changement de dureté du produit à laminier.

La figure 2 montre, à titre d'exemple, l'installation représentée sur la figure 1 après transformation de la première (L1) et de la dernière (L4) cages en configuration sexto, les cages intermédiaires L2, L3 restant en configuration quarto.

30 Une installation ainsi transformée permet de traiter des aciers dans une gamme élargie de dureté et, particulièrement, les nouvelles nuances recherchées pour les tôles de carrosserie, qui ont une limite élastique élevée et présentent donc une grande dureté dès la première cage.

Selon l'invention, cette première cage L1 est donc du type  
35 transformable représenté sur les figures 3 et 4 permettant de passer

rapidement de la configuration quarto prévue pour les aciers usuels à une configuration sexto, ce qui permet d'assurer dès la première passe, une réduction importante et, ainsi, de réaliser des réductions d'épaisseur pouvant aller jusqu'à 70% sur l'ensemble du laminoir tandem pour ce type d'acier.

5 Dans cette configuration sexto, pour respecter les possibilités de réglage en hauteur des moyens de serrage 16 et de calage 15, le diamètre des cylindres de travail peut être choisi dans une plage pouvant aller de 360 mm à 485 mm selon la gamme d'usure retenue et la largeur du laminoir.

10 A cet égard, il faut noter que, pour les petits diamètres de cylindres de travail la déviation horizontale du cylindre peut devenir importante et être néfaste à la planéité de la bande et à la stabilité de la cage de laminoir. Cette déviation est d'autant plus importante que les points d'appuis du cylindre de travail sont éloignés, c'est-à-dire que le laminoir est large. A titre d'exemple on pourra retenir une plage d'usure de 360 mm à 405 mm pour un laminoir de  
15 66" et une plage de 425 mm et 485 mm pour un laminoir de largeur 80".

De la même façon, selon le mode de réalisation de la figure 2, on a observé qu'il serait intéressant d'utiliser également des cylindres de travail de plus petit diamètre sur la dernière cage L4 car, à la sortie du laminoir tandem 1, le métal de la bande est à son maximum de dureté. Il est donc préférable  
20 que la dernière cage L4 soit également transformable afin de la configurer en mode sexto pour la fabrication des aciers à très haute limite élastique et particulièrement ceux du type « TRIP ».

Par ailleurs, il est particulièrement avantageux, pour maintenir la qualité du produit sur cette gamme élargie de caractéristiques, que le laminoir soit  
25 équipé des mêmes moyens de régulation d'épaisseur et de corrections des défauts de planéité tels que les dispositifs de cambrage et de déplacement axial des cylindres, comme on l'a décrit plus haut en se référant aux figures 3 et 4.

Ainsi, les modifications à apporter à la cage transformable pour  
30 permettre le changement de configuration sont relativement limitées et leur coût est largement compensé par les avantages apportés.

En effet, il suffit déjà de changer la configuration de la première cage du laminoir pour élargir la gamme de production et, ainsi, répondre sans délai à une variation du plan de charge.

Par exemple à partir de l'installation représentée sur la figure 1, qui est adaptée aux qualités usuelles de métal, avec des cylindres de travail de l'ordre de 530 à 620 mm, il est possible de transformer la première cage L1 pour lui donner une configuration « sexto » avec des cylindres de travail ayant un diamètre choisi dans une plage pouvant aller de 360 mm à 485 mm, ce qui permet, sans autre modification de l'installation, de traiter, par exemple, des aciers à haute limite élastique dans la première cage L1 qui réalise la plus grande partie de la réduction d'épaisseur.

En revanche, les deux cages intermédiaires L2 et L3 qui réalisent, habituellement, une réduction d'épaisseur plus faible, peuvent rester en mode « quarto » avec de gros cylindres.

Cependant, étant donné que la dureté du produit augmente d'une cage à la suivante, il peut être nécessaire de donner également à la dernière cage L4 une configuration « sexto » avec de petits cylindres afin d'obtenir la réduction globale d'épaisseur souhaitée.

Il est à noter que cette transformation des cages de laminage se fait au moyen d'un dispositif rapide de changement de cylindres qui, de toutes façons, est nécessaire pour le remplacement des cylindres usés.

Les dispositions selon l'invention permettent donc de s'adapter, avec une très grande souplesse à un changement des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles des produits à laminier et, ainsi, d'élargir considérablement la gamme de production de l'installation.

Du fait que les moyens d'application de l'effort de laminage et les moyens de réglage des conditions de transmission de celui-ci sont conservés, la même installation peut être adaptée très rapidement à un changement des caractéristiques du produit en conservant les mêmes performances de qualité finale sur le produit, en particulier la régularité d'épaisseur, la planéité et la qualité de surface.

Généralement, il suffira, comme on vient de le voir, de changer la configuration de la première cage et éventuellement de la dernière cage du laminoir pour élargir la gamme de production habituelle d'un laminoir tandem, en particulier vers les aciers durs.

Cependant, l'évolution de la technique conduit la clientèle à demander aux sidérurgistes des aciers ayant des caractéristiques de plus en plus variées.

Par exemple, il peut être nécessaire de produire des aciers très durs ayant une grande variation de limite élastique au cours de l'écroissage.

Dans ce cas, la dureté de l'acier augmente d'une cage à la suivante et, pour les aciers très durs, il peut être difficile de réaliser la réduction totale  
5 d'épaisseur souhaitée du fait que l'on rencontre une limite sur les cages intermédiaires.

Il est alors avantageux, dans un mode de réalisation plus perfectionné de l'invention, d'équiper au moins une cage intermédiaire de moyens de changement de configuration permettant, en particulier, d'utiliser des cylindres  
10 de très petit diamètre, par exemple compris entre 140 et 160 mm.

Un tel diamètre de cylindre de travail nécessite des appuis latéraux, comme dans la configuration connue sous le nom "Z-HIGH".

On peut donc envisager, dans une cage transformable du type décrit plus haut et représentée sur les figures 3 et 4, de remplacer chaque cylindre  
15 de travail 2, 2' d'assez gros diamètre, en configuration quarto, par un insert de type "Z-HIGH" comprenant un cylindre de petit diamètre, un cylindre intermédiaire et des rouleaux d'appui latéraux.

Dans une telle disposition, le châssis de l'insert peut être muni de parties d'appui latéral placées sensiblement au même niveau que les oreilles  
20 d'appui des empoises des cylindres de travail 2, 2' de façon à s'adapter aux mêmes dispositifs de cambrage qui, en configuration "Z-HIGH" agissent sur les cylindres intermédiaires.

Cependant, on ne peut disposer, dans ce cas, d'un système de déplacement axial en configuration "Z-HIGH". De plus, avec de petits  
25 cylindres de travail, il est nécessaire de motoriser les cylindres intermédiaires qui, dans une configuration sexto tournent en sens contraire des cylindres de travail. Il faut donc que les moteurs d'entraînement en rotation, leur alimentation et leur régulation soient capables de fonctionner dans les deux sens de rotation à pleine vitesse et à pleine puissance, afin d'entraîner, soit  
30 les cylindres de travail en configuration quarto, soit les cylindres intermédiaires en configuration sexto.

Par ailleurs, il arrive assez souvent que l'utilisateur préfère que l'installation ait une configuration de base sexto pour toutes les applications, chaque cage pouvant être équipée de cylindres de travail ayant une large  
35 plage de diamètres.

Pour résoudre ces problèmes, dans un autre mode de réalisation le laminoir comporte donc au moins une cage transformable du type représenté sur les figures 5 à 12, pouvant avoir des cylindres de travail d'assez gros diamètre dans une configuration sexto (figure 5) et des cylindres de très petit diamètre avec des appuis latéraux, dans une configuration à huit cylindres (figure 6).

La figure 5 montre, en élévation, la partie centrale d'une telle cage transformable, en configuration sexto. Comme dans le cas de la figure 4, la cage comprend donc six cylindres superposés de part et d'autre du plan de laminage P, respectivement deux cylindres de travail 22, 22', deux cylindres intermédiaires 32, 32' et deux cylindres de soutien 3, 3'.

En ce qui concerne le dispositif de cambrage et les empoises des cylindres, les figures 5 à 7 montrent une variante dans laquelle chaque empoise est munie, de chaque côté du plan de serrage, de deux parties d'appui écartées l'une de l'autre de part et d'autre du plan horizontal passant par l'axe du cylindre et passant, respectivement, au-dessus et en dessous d'une pièce en saillie solidaire de la colonne de la cage et dans laquelle sont logés les vérins de cambrage.

Ainsi, chaque empoise 23 d'un cylindre de travail 22 est muni, de chaque côté du plan de serrage P<sub>1</sub>, de deux parties d'appui 24, 25 passant respectivement au-dessus et en dessous d'une pièce 42 fixée sur le bloc hydraulique 4 et s'étendant en saillie vers l'intérieur de la fenêtre jusqu'à une face verticale 43 de guidage latéral de l'empoise 23. Chaque pièce en saillie 42 porte au moins une paire de vérins non représentée agissant en des sens opposés, respectivement sur une partie d'appui supérieure 24 de l'empoise 23 pour le cambrage positif du cylindre 22 et sur une partie inférieure 25 pour le cambrage négatif.

Par conséquent, alors que, dans la disposition des figures 3 et 4, les deux empoises de travail 20, 20' étaient guidées, de chaque côté, par une même pièce en saillie 13a, 13b centrée sur le plan de laminage P, dans la variante des figures 5 et 6, les empoises de travail 23, 23' sont guidées, latéralement par deux pièces séparées 42, 42' disposées de part et d'autre du plan de laminage P. En revanche, comme dans la disposition précédente, les empoises 33, 33' des cylindres intermédiaires 32, 32' sont montées coulissantes entre des faces de guidage vertical 41, 41' ménagées aux

extrémités de deux pièces de support 40, 40' qui, comme précédemment, sont montées coulissantes sur les blocs hydrauliques 4a, 4b parallèlement aux axes des cylindres.

Toutefois, les vérins de cambrage positif et négatif des empoises de travail 23, 23' sont montés sur les secondes pièces en saillie 42, 42' et non pas sur les pièces coulissantes 40, 40' comme dans le cas des figures 3 et 4.

La disposition de la figure 5 permet le remplacement d'un cylindre de travail d'assez gros diamètre 22 par un ensemble 6 monté en cassette comportant un cylindre de travail de petit diamètre 61 associé à un cylindre intermédiaire 62. La somme des diamètres des deux cylindres 61, 62 étant du même ordre que le diamètre du cylindre de travail 22 de la disposition sexto représentée sur la figure 5, de façon que les cylindres intermédiaires 32, 32' restent sensiblement au même niveau.

D'autre part, comme le montre la figure 7, les deux cylindres 61, 62 de chaque cassette 6 sont montés rotatifs, à leurs extrémités, sur deux châssis 7 ayant une forme analogue à celle des empoises 23 des cylindres de travail 22 de la configuration sexto et comportant, par conséquent, des parties d'appui 71, 72 écartées verticalement de la même distance que les parties d'appui 24, 25 d'une empoise de travail 23 et passant donc, respectivement, au-dessus et en dessous des pièces en saillie 42a, 42b dont les extrémités 43 forment des faces de guidage vertical du châssis 7 en forme d'empoise.

Ainsi, il est possible de changer la configuration du laminoir en remplaçant chaque cylindre de travail 22 de la configuration sexto par une cassette 6 afin de passer dans une configuration à huit cylindres dite "octo" utilisant les mêmes cylindres de soutien 3, 3' et les mêmes premiers cylindres intermédiaires 32, 32' et comportant, de chaque côté du plan de laminage P, un cylindre de travail de petit diamètre 61, 61' associé à un second cylindre intermédiaire 62, 62'.

Etant donné que le châssis 7 de chaque cassette 6 d'une configuration octo a le même profil que les empoises 23 du cylindre de travail 22 de la configuration sexto, on peut utiliser un système de remplacement rapide par déplacement parallèle aux axes des cylindres, les empoises 23 ou les châssis 7 prenant appui, par l'intermédiaire de galets de roulement 26, 73, sur des rails 46 ménagées sur les pièces en saillie 42a, 42b.

Comme le montre la figure 5, au-dessus du plan de laminage, les galets de roulement 26 sont montés sur les parties d'appui supérieur 24 de l'empoise supérieure 22 ou 71 du châssis 7 de l'insert octo. En dessous du plan de laminage P, des galets 26', 73' sont fixés sur les parties d'appui inférieures 24' des empoises 22' ou 71' des châssis 7'.

Les pièces en saillie 42, 42' portent des ensembles de vérins de cambrage qui restent en place lors du changement de configuration et agissent, dans le sens positif ou négatif, soit sur les cylindres de travail 22, 22' dans la configuration sexto, soit sur les seconds cylindres intermédiaires 62, 62', dans la configuration octo.

Les figures 10 et 11 montrent en détail le montage du châssis d'un insert octo comprenant un cylindre de travail 61 de petit diamètre et un second cylindre intermédiaire 62.

Chaque second cylindre intermédiaire 62 est muni, à chaque extrémité, d'un tourillon porté par un palier 74 dont la cage externe est fixée sur le châssis 7 qui se comporte ainsi comme une empoise pour le cylindre 62.

En revanche, le cylindre de travail associé 61 est simplement monté rotatif, à chaque extrémité, sur un roulement de butée axiale 75 mais celle-ci est montée, avec une possibilité de jeu transversal, dans un organe de retenue 76 fixé sur la face interne du châssis 7 et comportant un dispositif à ressort 77 qui applique en permanence le cylindre de travail 61 sur le cylindre intermédiaire 62, de façon à tenir compte d'une variation, par usure, des diamètres des cylindres, comme le montre la figure 11.

Comme on le voit, les dispositions qui viennent d'être décrites permettent de conserver, dans les deux configurations sexto et octo, les mêmes moyens de cambrage logés dans les pièces en saillie 42, 42' et les mêmes premiers cylindres intermédiaires 32 dont on peut régler la position axiale, dans les deux configurations, au moyen des pièces de support 40, 40'.

Par ailleurs, dans la configuration octo, les premiers cylindres intermédiaires tournent dans le même sens que les cylindres de travail de petit diamètre. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des moteurs à deux sens de rotation, le couple d'entraînement pouvant être appliqué, au moyen d'allonges, soit sur les cylindres de travail d'assez gros diamètre dans la configuration sexto, soit sur les premiers cylindres intermédiaires, dans la configuration octo.

Les dispositions selon l'invention permettent donc de passer rapidement d'une configuration sexto équipée de cylindres de travail ayant un diamètre dans une gamme élevée, par exemple 495 mm à 515 mm, à une configuration à huit cylindres ayant des cylindres de travail de petit diamètre, par exemple dans la gamme 140mm/160mm associée à des cylindres intermédiaires 62 dans la gamme 330mm/355mm.

Cependant, des cylindres de travail d'aussi petit diamètre risquent de fléchir lors du laminage et doivent donc, de préférence, être associés à des rouleaux d'appui latéraux dans une disposition en X, représentée, à titre d'exemple, sur la figure 6.

Chaque cylindre de travail de petit diamètre, respectivement supérieur 61 et inférieur 61', est donc maintenu latéralement par deux ensembles de rouleaux 8a, 8b montés chacun sur un châssis de support 81 qui peut coulisser, suivant une direction inclinée par rapport au plan de laminage P, sur des guides 82 fixés sur le montant correspondant de la colonne de la cage, le coulissement du support 81 étant commandé par un vérin 83.

De préférence, chaque ensemble de rouleaux 8 peut être facilement démonté avec son châssis de support 81, de façon à dégager l'espace central de la cage dans la configuration sexto représentée sur la figure 5, les quatre glissières 82 et les vérins 83 restant seuls fixés sur les colonnes 10 de la cage.

Par conséquent, pour passer de la configuration sexto de la figure 5 à la configuration octo de la figure 6, il suffit de replacer sur les glissières 82 les châssis 80 de support des rouleaux d'appui 8 et de les fixer sur les tiges des vérins 83, de la façon représentée sur la figure 6.

Le démontage des quatre ensembles de rouleaux 8 peut s'effectuer de la façon représentée sur les figures 7 et 8.

Lorsque l'on souhaite passer de la configuration octo à la configuration sexto, on recule les ensembles de rouleaux 8 à l'intérieur des glissières 82 afin de dégager tout l'espace central du laminoir, comme indiqué sur la figure 7. Il est alors possible de retirer de la cage les inserts 6 avec leur châssis de support 7 pour les remplacer par les deux cylindres de travail de grand diamètre 22, 22' portés par leurs empoises 23, 23' qui roulent sur les rails 46, 46', de façon à rétablir la configuration sexto représentée sur la figure 5.

On peut aussi retirer facilement de la cage un ou plusieurs ensembles d'appui latéraux 8, 8' pour entretien ou remplacement. A cet effet, après retrait des cylindres de travail ou des inserts, on amène dans l'espace central de la cage un chevalet de démontage 85 reposant, par des galets de roulement, sur  
5 les rails supérieurs 46 et portant deux parois orthogonales formant une croix 86 qui limite quatre quadrants dans lesquels peuvent s'introduire les quatre ensembles de rouleaux 8 repoussés par les vérins 83. Les châssis 81 de support des rouleaux sont alors déconnectés des vérins et le chevalet 85 peut être retiré de la cage, par déplacement axial, en emportant les quatre  
10 ensembles de rouleaux 8, 8'.

Comme indiqué plus haut, il est particulièrement avantageux d'équiper les cages intermédiaires d'un laminoir tandem d'une telle disposition permettant de passer rapidement d'une configuration sexto à une configuration à huit cylindres avec des cylindres de travail de petit diamètre,  
15 dans les cas où la gamme de production du laminoir doit être élargie à des aciers très durs ayant une grande variation de limite élastique au cours de l'écroûissage. Le passage en configuration octo à petit cylindre permet, en effet, d'éviter la saturation de puissance qui se rencontre habituellement, dans le laminage en tandem, pour les aciers de ce type.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas aux détails des modes de réalisation qui viennent d'être décrits, des variantes pouvant être imaginées sans s'écarter du cadre de protection de l'invention.  
20

En particulier, c'est seulement à titre d'exemple que l'on a représenté, sur les figures, deux types d'empoises, l'invention pouvant s'appliquer à  
25 d'autres types et d'autres moyens de cambrage qui peuvent rester sur place, dans toutes les configurations, dès lors que les parties d'appui des empoises des cylindres de travail ou des cylindres intermédiaires sont placées sensiblement au même niveau.

D'autre part, s'il est préférable, en cas de déplacement axial des  
30 cylindres, de déplacer en même temps les moyens de cambrage, ceux-ci pourraient aussi être logés dans des parties fixes des blocs hydrauliques, les pressions dans les différents cylindres étant alors réglées en fonction de la position du plan médian de l'empoise par rapport aux montants de la cage.

De même, le dispositif de déplacement axial des cylindres pourrait être  
35 utilisé en association avec des cylindres de travail ayant un profil curviligne de

type 'CVC' pour réaliser une variation du bombé, ou encore, il pourrait être utilisé, de façon connue, avec des cylindres de travail présentant une partie de leur table usinée pour réaliser un contrôle de l'amincissement des rives des bandes laminées.

5           On pourrait aussi, sans sortir du domaine de l'invention, utiliser un cylindre de soutien à enveloppe déformable, du type décrit, par exemple, dans le document EP-A-0248738, pour augmenter les capacités de contrôle de planéité de la cage transformable, en particulier en équipant ainsi la dernière cage L4 du laminoir tandem.

10           Par ailleurs, lorsqu'on utilise des cylindres de très petits diamètre associés à des moyens d'appui latéraux, comme dans le cas des figures 5 et 6, il pourrait être préférable d'écarter du plan de laminage les vérins de commande du coulisement des moyens d'appui latéraux. Pour cela, on pourrait avantageusement utiliser la disposition représentée sur la figure 9  
15 dans laquelle chaque vérin 83 de commande du coulisement d'un ensemble de rouleaux 8 est articulé sur la colonne 10 autour d'un axe écarté du plan de laminage et commande la rotation d'un levier coudé 87 relié au châssis 81 de support des rouleaux d'appui 8 par une bielle 88 articulée à ses extrémités.

20           D'autre part, le laminoir tandem auquel s'applique l'invention peut être de tout type connu et pourrait comporter un nombre plus ou moins grand de cages.

25           D'ailleurs, l'invention a été décrite dans son application à la production de tôles pour l'industrie automobile mais peut s'appliquer à toute autre type de produit pour lequel il est intéressant d'élargir la gamme de production d'une installation, par exemple l'aluminium.

Les signes de référence insérés après les caractéristiques techniques mentionnées dans les revendications, ont pour seul but de faciliter la compréhension de ces dernières et n'en limitent aucunement la portée.

## REVENDICATIONS

1. Procédé pour élargir la gamme de production d'une installation de laminage à froid de produits métalliques sous forme de bande, comprenant au moins deux cages de laminage (L1, L2) fonctionnant en tandem pour une réduction progressive de l'épaisseur du produit (M), chaque cage étant associée à des moyens (15, 16) d'application d'un effort de laminage entre deux cylindres de travail (2, 2'), permettant, pour une configuration donnée de la cage, de réaliser un certain taux de réduction d'épaisseur, compte-tenu des caractéristiques dimensionnelles, mécaniques et métallurgiques du produit (M), lesdites caractéristiques correspondant à une gamme de production déterminée, procédé dans lequel on équipe au moins l'une (L1) des cages de laminage de moyens de transformation permettant de changer la configuration de la cage ainsi transformable en conservant les mêmes moyens (15, 16, 3, 3') d'application de l'effort de laminage, de façon à disposer d'au moins deux configurations adaptées chacune à une gamme de production et, pour le laminage d'un produit (M), on choisit la configuration de la cage transformable en fonction des caractéristiques dudit produit (M) de façon que celles-ci entrent dans la gamme de production correspondant à la configuration choisie.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la configuration de la cage transformable est choisie en fonction de la dureté du matériau constituant le produit à laminier.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que le changement de configuration de la cage transformable permet de couvrir une gamme de production globale comprenant des produits dont la limite de rupture après élaboration à chaud, peut aller de moins de 160 MPa à au moins 1000 MPa.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes pour élargir la gamme de production d'une installation de laminage comportant au moins deux cages de laminage (L1, L2) associées chacune à des moyens de contrôle d'au moins l'un des facteurs de qualité tels que la régularité d'épaisseur, la planéité et l'état de rugosité de surface, caractérisé par le fait que l'on change la configuration d'au moins l'une des cages de laminage (L1) en fonction des caractéristiques dimensionnelles, mécaniques et

métallurgiques du produit (M) de façon à conserver la même qualité sur la gamme de production globale de l'installation.

5 Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que pour s'adapter aux caractéristiques spécifiques d'un produit à  
5 laminer (M), on fait passer au moins une cage transformable (L1) d'une configuration quarto comprenant deux cylindres de travail (2, 2') prenant appui sur deux cylindres de soutien (3, 3') à une configuration sexto comprenant deux cylindres de travail (22, 22') prenant appui, par des cylindres intermédiaires (32, 32') sur les mêmes cylindres de soutien (3, 3'), et  
10 inversement.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que pour s'adapter aux caractéristiques spécifiques du produit à laminer (M), on fait passer au moins une cage transformable (L1) d'une configuration sexto comprenant deux cylindres de travail (22, 22') prenant appui respectivement,  
15 par une paire de premiers cylindres intermédiaires (32, 32'), sur une paire de cylindres de soutien (3, 3'), à une configuration de type "octo" comprenant deux cylindres de travail (61, 61') prenant appui respectivement, par une paire de seconds cylindres intermédiaires (62, 62'), sur les mêmes premiers cylindres intermédiaires (32, 32') et les mêmes cylindres de soutien (3, 3') et  
20 inversement.

7. Procédé selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé par le fait que l'on équipe au moins une cage transformable (L1) de moyens amovibles (8, 8') d'appui latéral des cylindres de travail, de façon à permettre, dans une configuration supplémentaire, l'utilisation de cylindres de travail (61, 61'), de  
25 très petit diamètre associés éventuellement à des moyens d'appui latéraux (8, 8').

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on change la configuration, au moins de la première cage (L1) du laminoir tandem, dans le sens du défilement de la bande.

30 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait que l'on donne à la première cage (L1) du laminoir tandem une configuration quarto pour le laminage de bandes ayant une limite de rupture inférieure ou égale à 600 MPa.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé  
35 par le fait que l'on donne au moins à la première cage (L1) du laminoir tandem

une configuration sexto pour le laminage de bandes présentant, à l'entrée du laminoir une limite de rupture égale ou supérieure à 600 MPa.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on change la configuration de la première (L1) et de la  
5 dernière (L4) cage du laminoir.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on change la configuration d'au moins une cage intermédiaire (L2, L3) du laminoir tandem.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait  
10 que l'on change la configuration d'au moins une cage intermédiaire (L2, L3) du laminoir tandem en conservant la configuration de la première (L1) et de la dernière cage (L4) du laminoir.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la configuration d'au moins l'une des cages (L1) du laminoir  
15 tandem est choisie en fonction des caractéristiques mécaniques et métallurgiques du produit de façon à réaliser une réduction d'épaisseur d'au moins 70% en une passe sur toute la gamme de production globale.

15. Installation de laminage pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant des moyens de commande  
20 du défilement du produit (M) suivant un plan de laminage (P), successivement dans au moins deux cages de laminage (L1, L2) fonctionnant en tandem, chaque cage comportant deux colonnes (10) entre lesquelles sont montés coulissants, parallèlement à un plan de serrage, au moins quatre cylindres superposés, respectivement deux cylindres de soutien (3, 3') et deux cylindres  
25 de travail (2, 2'), et des moyens (15, 16) d'application d'un effort de laminage entre lesdits cylindres avec réglage de leurs écartements, caractérisée par le fait qu'au moins une cage transformable (4) est équipée de moyens de remplacement rapide d'une première paire de cylindres de travail (2, 2') par deux ensembles (6, 6') montés en cassettes comportant chacun un cylindre  
30 de travail de plus petit diamètre (61, 61'), associé à un cylindre intermédiaire (62, 62') ladite cage transformable ayant ainsi deux configurations possibles, respectivement une première configuration avec au moins quatre cylindres, adaptés à une première gamme de production, et une seconde configuration avec au moins six cylindres, adaptée à une seconde gamme de production,

en conservant dans les deux configurations, au moins les cylindres de soutien (3, 3') et les mêmes moyens (15, 16) d'application de l'effort de laminage.

16. Installation selon la revendication 15, caractérisée par le fait que les moyens de changement de configuration d'au moins une cage transformable (L1) permettent de faire passer celle-ci d'une configuration quaterne avec deux cylindres de travail (2, 2') et deux cylindres de soutien (3, 3'), à une configuration sexte avec deux cylindres de travail (22, 22'), deux cylindres intermédiaires (32, 32') et les mêmes cylindres de soutien (3, 3'), et inversement.

17. Installation selon la revendication 15, caractérisée par le fait que les moyens de changement de configuration d'au moins une cage transformable (L1) permettent de faire passer celle-ci d'une configuration sexte comprenant deux cylindres de travail (22, 22') prenant appui respectivement par une paire de premiers cylindres intermédiaires (32, 32') sur une paire de cylindres de soutien (3, 3'), à une configuration type "octo" comprenant deux cylindres de travail (61, 61') prenant appui respectivement par une paire de seconds cylindres intermédiaires (62, 62'), sur les mêmes premiers cylindres intermédiaires (32, 32') et les mêmes cylindres de soutien (3, 3'), et inversement.

18. Installation selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisée par le fait qu'au moins une cage transformable est équipée de moyens amovibles (8, 8') d'appui latéral des cylindres de travail permettant, dans une configuration supplémentaire, d'utiliser des cylindres de travail (61, 61') de très petit diamètre, associés auxdits moyens d'appui latéraux (8, 8').

19. Installation selon l'une des revendications 15 à 18 dans laquelle les cylindres de travail et les cylindres intermédiaires sont montés rotatifs, chacun, sur deux empoises munies chacune d'au moins deux parties d'appui pour des moyens de réglage des conditions de transmission de l'effort de laminage, caractérisée par le fait que les parties d'appui respectivement (21, 21') (24, 25) (24', 25') des cylindres de travail (2, 2') (22, 22') dans une première configuration et des cylindres intermédiaires (32, 32') (62, 62') dans une seconde configuration, sont placées sensiblement aux mêmes niveaux et que les moyens de réglage (40, 40', 5, 5') (42, 42') restent en place dans les colonnes (10) de la cage (1) lors d'un changement de configuration, de façon à coopérer avec les cylindres de travail (2, 2'), (22, 22') dans la première

configuration et avec les cylindres intermédiaires (32, 32'), (62, 62') dans la seconde configuration.

20. Installation selon la revendication 19, dans laquelle au moins la cage transformable (L1) est équipée de moyens (5, 5') de cambrage des  
5 cylindres montés sur des pièces de support (40, 40'), (42, 42') solidaires des colonnes (10) de la cage (1), caractérisée par le fait que, de chaque côté du plan de laminage, les moyens de cambrage (5, 5') sont les mêmes dans les deux configurations et coopèrent, respectivement, avec des parties d'appui (21, 24, 25) des empoises des cylindres de travail (2, 22) dans une première  
10 configuration, et avec des parties d'appui (34, 64) des empoises (33, 63) des cylindres intermédiaires (32, 62) dans une seconde configuration, lesdites parties d'appui (21, 24, 25), (34, 64) des empoises (20, 33, 63) étant placées, dans chacune des configurations, sensiblement au même niveau par rapport au plan de laminage (P), de chaque côté de celui-ci.

15 21. Installation selon la revendication 20, caractérisée par le fait que les parties d'appui (21, 21') des empoises (20, 20') des cylindres de travail (2, 2') dans la première configuration sont décalées par rapport à l'axe du cylindre, du côté opposé au plan de laminage (P) et que les parties d'appui (34, 34') des empoises (33, 33') des cylindres intermédiaires (32, 32') dans  
20 une seconde configuration sont décalées vers le plan de laminage (P) par rapport à l'axe du cylindre, de façon que lesdites parties d'appui (21, 21') des cylindres de travail (2, 2') et (34, 34') des cylindres intermédiaires (32, 32') soient placées sensiblement au même niveau et coopèrent avec les mêmes moyens de cambrage (5, 5').

25 22. Installation selon la revendication 21, caractérisée par le fait que les empoises (20, 20') (23, 23') des cylindres de travail (2, 2') (22, 22') respectivement de la première configuration et de la seconde configuration sont montées coulissantes entre des faces de guidage (12a, 12b) ménagées aux extrémités de pièces en saillie (13a, 13b) solidaires des colonnes (10) de  
30 la cage et portant des moyens de cambrage (50, 50') qui coopèrent seulement avec les cylindres de travail (22, 22') de la seconde configuration.

23. Installation selon la revendication 20, dans laquelle les empoises des cylindres sont montées coulissantes entre des faces de guidage ménagées aux extrémités des pièces de support (42, 42') sur lesquelles  
35 prennent appui les moyens de cambrage (5, 5'), caractérisée par le fait que

chaque empoise (23, 23') (7, 7') est munie de deux paires de parties d'appui écartées (24, 25, 24', 25') (71, 72, 71', 72') s'étendant respectivement au-dessus et en dessous des pièces de support (42, 42').

24. Installation selon la revendication 23, caractérisée par le fait que les  
5 empoises (20, 20') des cylindres de travail (2, 2') de la première configuration et les empoises (33, 33') des cylindres intermédiaires (32, 32') de la seconde configuration coopèrent avec les mêmes moyens de cambrage (5, 5') qui prennent appui sur des pièces de support (40, 40') solidaires des colonnes (10) de la cage et s'étendant en saillie vers le plan de serrage P<sub>1</sub>, et que les  
10 empoises (33, 33') des cylindres intermédiaires (32, 32') sont montées coulissantes, parallèlement au plan de serrage P<sub>1</sub>, entre des faces de guidage (41) ménagées aux extrémités desdites pièces de support (40, 40').

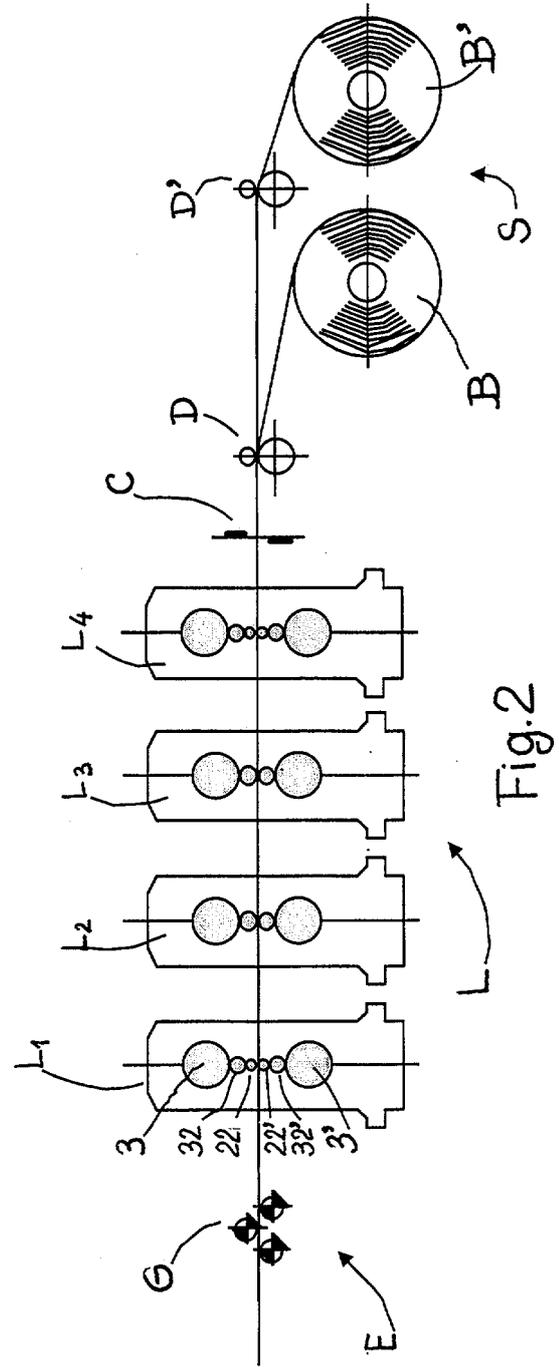
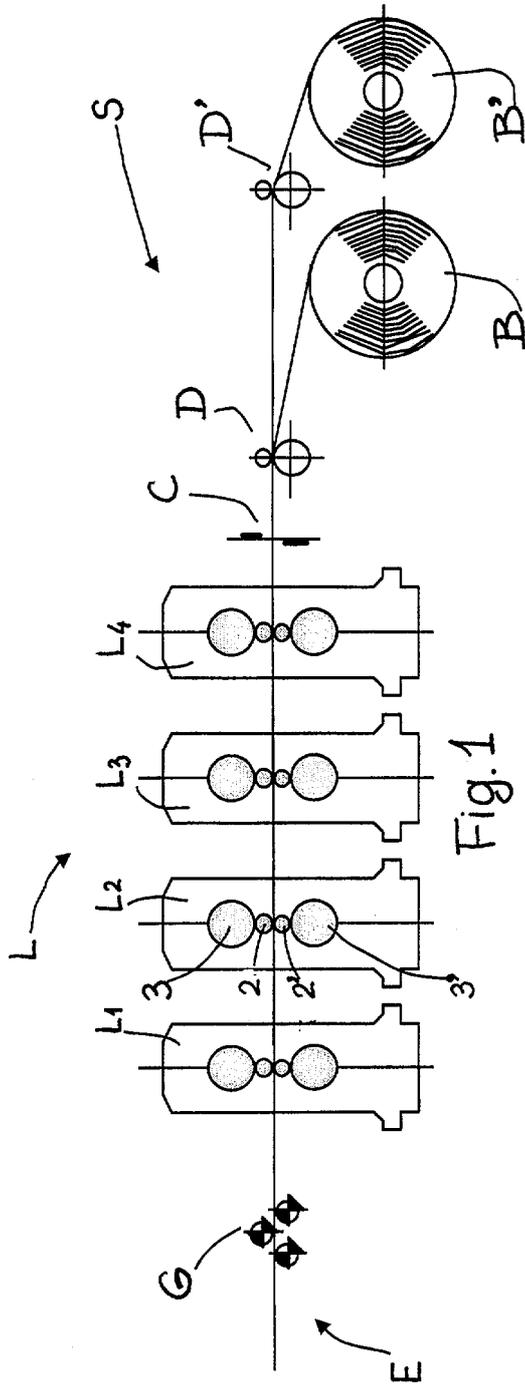
25. Installation selon la revendication 24, caractérisé par le fait que les pièces de support (40, 40') portant les moyens de cambrage (5, 5') des  
15 cylindres de travail (2, 2') de la première configuration et des cylindres intermédiaires (22, 22') de la seconde configuration, sont montées coulissantes, parallèlement aux axes des cylindres et en des sens opposés, respectivement au-dessus et au-dessous du plan de laminage (P), de façon à adapter l'emprise de laminage à la largeur du produit dans chacune des  
20 configurations.

26. Installation selon l'une des revendications 15 à 25, caractérisée par le fait qu'au moins une cage transformable (L<sub>1</sub>) est équipée, dans une configuration quarto, de deux cylindres de soutien (3, 3') et de deux cylindres de travail (2, 2') d'assez gros diamètre et, dans une configuration sexto, des  
25 mêmes cylindres de soutien (3, 3'), de deux cylindres de travail de plus petit diamètre (22, 22') et de deux cylindres intermédiaires (32, 32').

27. Installation selon l'une des revendications 15 à 25, caractérisée par le fait qu'au moins une cage transformable (L<sub>2</sub>) est équipée, dans une configuration sexto, d'une paire de cylindres de soutien (3, 3'), d'une paire de  
30 premiers cylindres intermédiaires (32, 32') et d'une paire de cylindres de travail (22, 22') et, dans une configuration octo, des mêmes cylindres de soutien (3, 3') et des mêmes premiers cylindres intermédiaires (32, 32') entre lesquels sont interposés deux ensembles (6, 6') montés en cassettes, comprenant chacun un cylindre de travail de petit diamètre (61, 61') associé à  
35 un second cylindre intermédiaire (62, 62').

28. Installation selon la revendication 27, caractérisée par le fait que la cage transformable (L2) est équipée de moyens d'appui latéraux (8, 8') montés sur des colonnes (10) de la cage (1) et déplaçables entre deux positions, respectivement une position écartée pour la configuration sexto et  
5 une position engagée d'appui latéral de chaque cylindre de travail (61, 71') de petit diamètre, dans la configuration octo.

29. Installation selon l'une des revendications 27, 28 caractérisée par le fait que chaque ensemble en cassette (6, 6') de la configuration octo comprend un second cylindre intermédiaire (62, 62') ayant deux tourillons  
10 portés chacun par un châssis de maintien (7, 7') en forme d'empoise portant un palier de centrage (74) et un cylindre de travail (61, 61') de petit diamètre ayant deux tourillons de centrage portés chacun par une butée axiale (75) montée dans un boîtier (76) relié au châssis (7, 7') de maintien dudit second  
15 cylindre intermédiaire (62, 62') par des moyens (77) d'application élastique du cylindre de travail (61, 61') sur ledit second cylindre intermédiaire (62, 62').



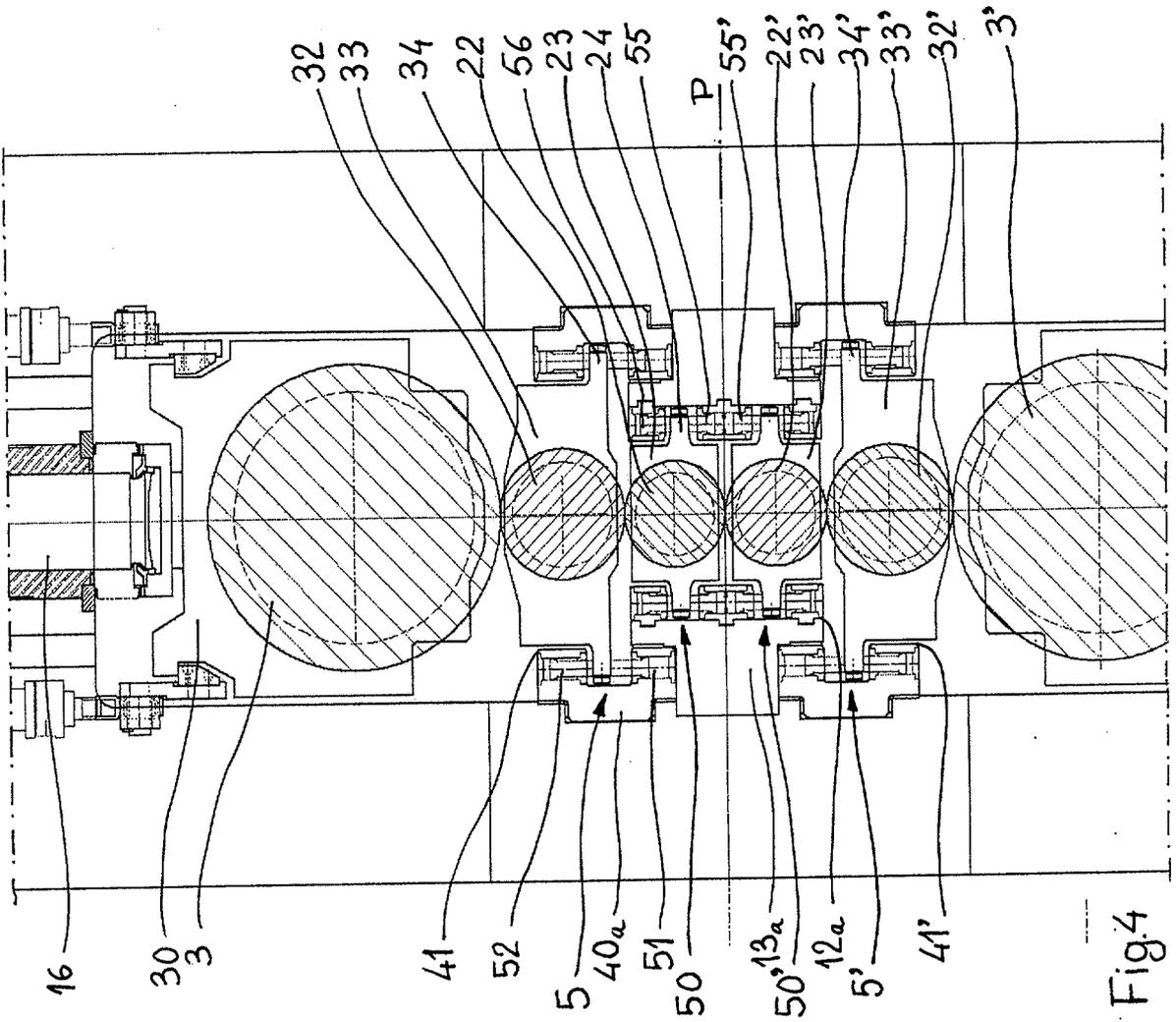


Fig. 4

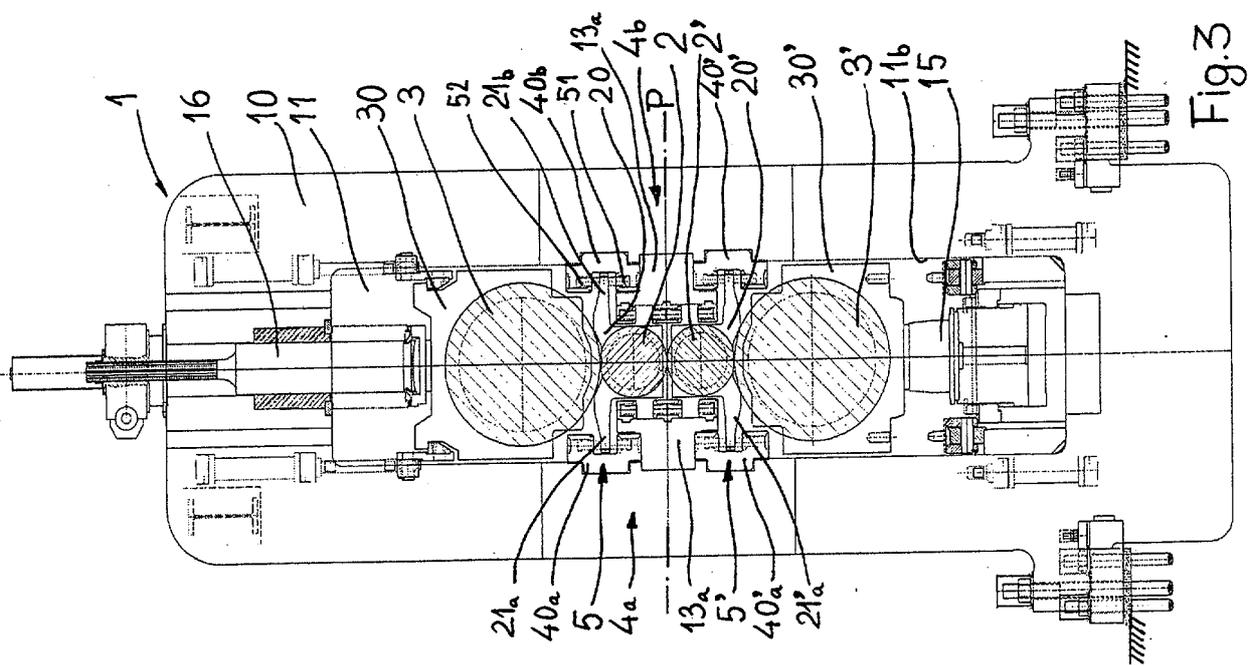


Fig. 3

3/5

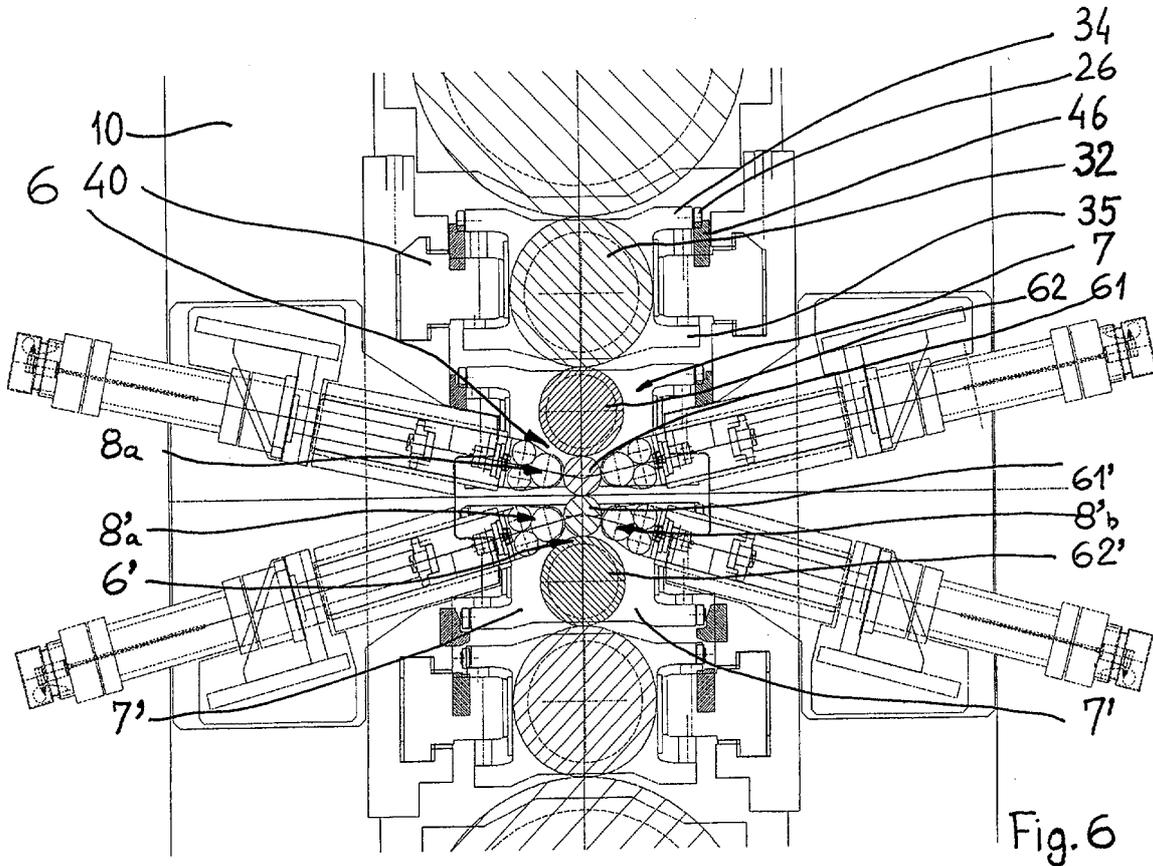
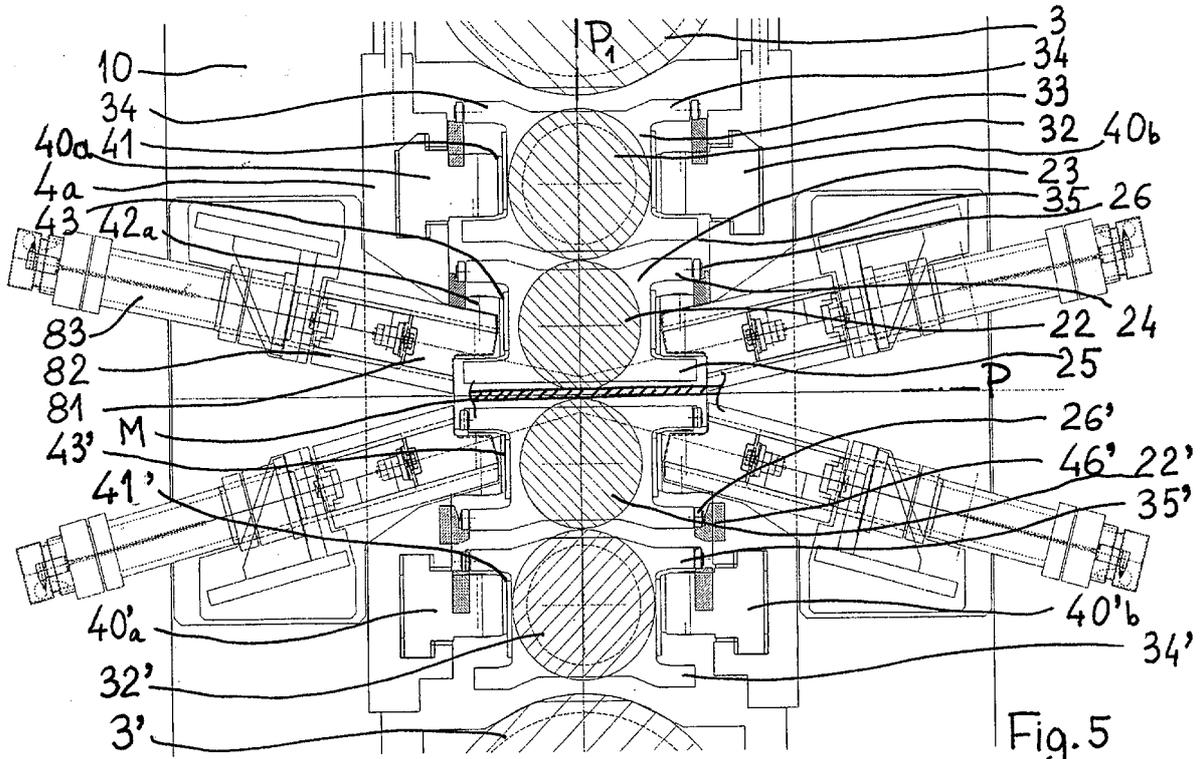


Fig. 7

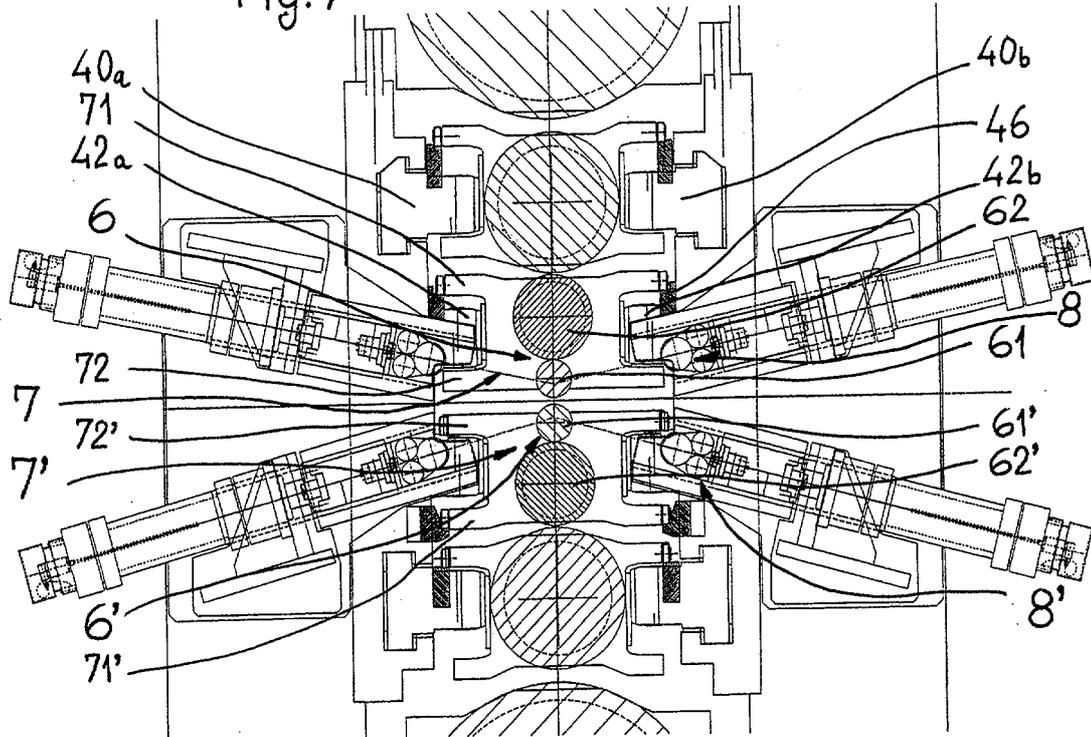
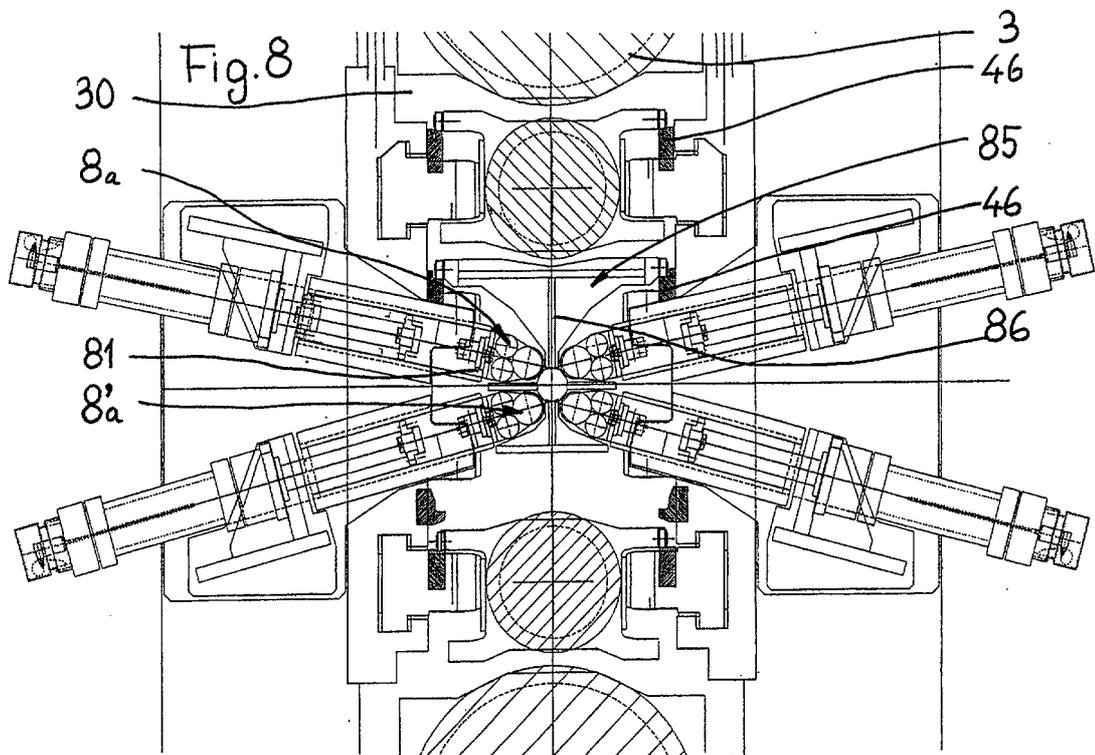


Fig. 8



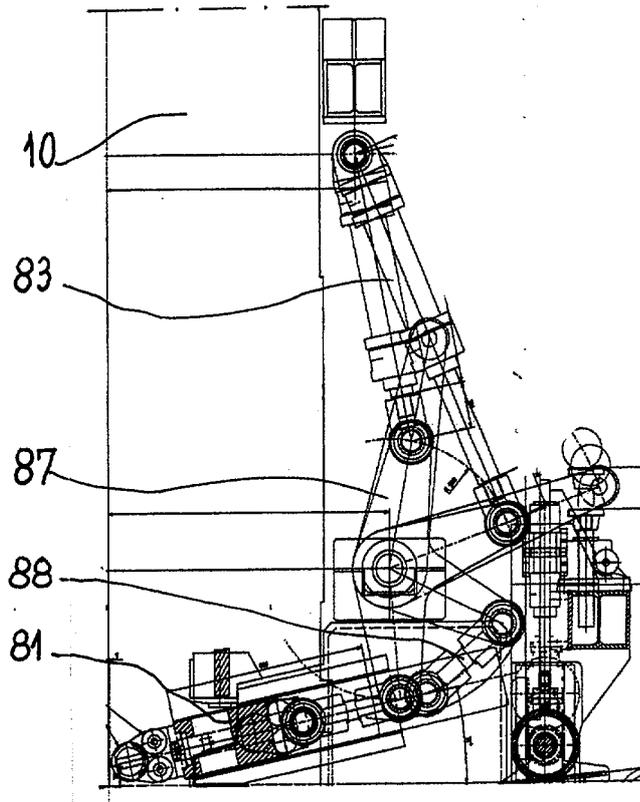


Fig. 9

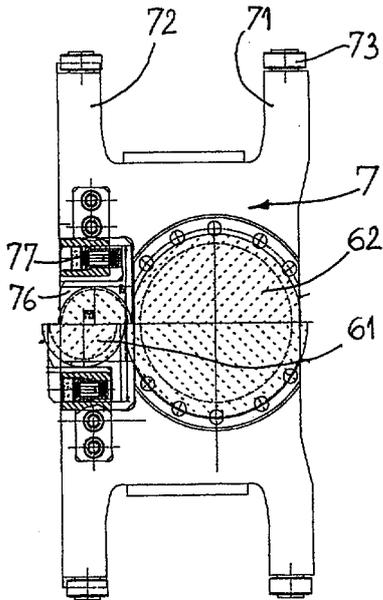


Fig. 11

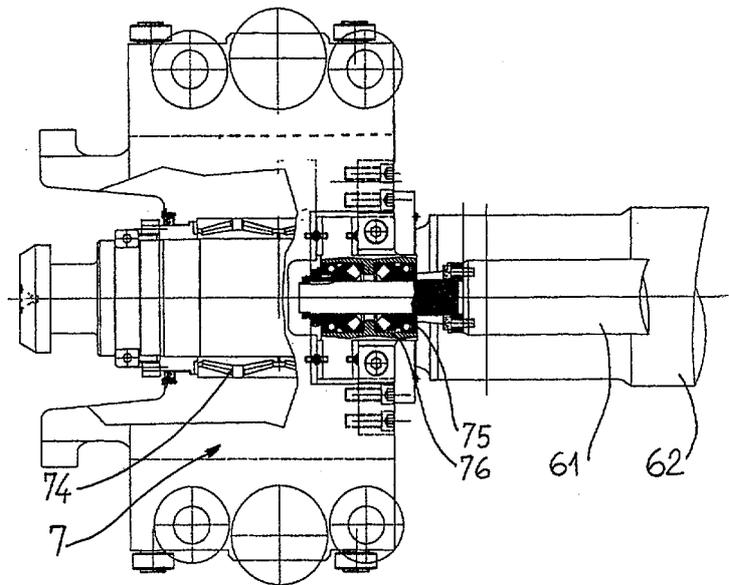


Fig. 10