

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Numéro de publication: **0 466 570 B1**

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

49 Date de publication de fascicule du brevet: **24.05.95** 51 Int. Cl.⁶: **B21B 1/06, B21B 37/24**

21 Numéro de dépôt: **91401892.4**

22 Date de dépôt: **08.07.91**

54 Procédé de laminage réversible.

30 Priorité: **12.07.90 FR 9008910**

43 Date de publication de la demande:
15.01.92 Bulletin 92/03

45 Mention de la délivrance du brevet:
24.05.95 Bulletin 95/21

84 Etats contractants désignés:
DE ES GB IT

56 Documents cités:

JP-A-56 014 004	JP-A-60 102 208
JP-A-61 027 102	JP-A-61 129 210
JP-A-62 054 505	SU-A- 825 211
SU-A- 1 013 006	US-A- 3 177 346
US-A- 4 608 850	

73 Titulaire: **CLECIM**
10, avenue de l'Entreprise
F-95863 Cergy-Pontoise (FR)

72 Inventeur: **Morel, Michel**
4bis, avenue André Chenier
F-77500 Chelles (FR)
Inventeur: **Farnik, Andrzej**
15, rue Lamandé
F-75017 Paris (FR)

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

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention a pour objet un procédé de laminage d'un produit plat dans un laminoir réversible. L'invention s'applique en particulier au laminage à chaud de l'aluminium mais est utilisable également pour les autres métaux non ferreux et, même, dans certaines conditions, pour des métaux ferreux tels que l'acier.

On sait que le laminage à chaud peut s'effectuer avantageusement de façon réversible dans un laminoir comprenant une cage unique associée à des moyens de commande du passage du produit laminier, alternativement dans un sens puis dans l'autre.

D'une façon générale, le laminoir comprend, dans un montage quato, deux cylindres de travail associés à deux cylindres d'appui. Des cylindres intermédiaires peuvent être interposés également entre les cylindres d'appui et les cylindres de travail dans un montage dit en sexto. L'ensemble des cylindres est placé entre les deux montants d'une cage rigide. Chaque cylindre est porté par deux empoises montées coulissantes dans des fenêtres ménagées sur les deux montants de la cage et l'on applique entre les deux cylindres d'appui un effort de serrage qui détermine le laminage du produit, par exemple au moyen de deux vérins montés sur la cage et prenant appui, respectivement, sur les deux empoises d'un cylindre d'appui, l'autre étant bloqué.

Les moyens de commande du passage du produit entre les cylindres de travail, alternativement dans un sens puis dans l'autre, peuvent être constitués, par exemple, de deux tables à rouleaux placées de part et d'autre de la cage. Avant le laminage, le produit est réchauffé dans un four placé à côté de la cage.

De tels laminoirs réversibles peuvent être utilisés, par exemple, comme dégrossisseurs dans un train à bande ou bien dans des tôleries d'aluminium ou d'acier.

Le laminage s'effectue à partir d'une pièce brute telle qu'un bloom ou une brame ayant une épaisseur importante. Celle-ci peut, par exemple, être de 600 mm dans le cas de l'aluminium et de 250 mm dans le cas de l'acier.

Dans ce type de laminoir, le laminage s'effectue par passes successives dans un sens puis dans l'autre en effectuant, à chaque passe, une réduction d'épaisseur dont l'importance relative dépend des caractéristiques du produit telles que la matière du métal, sa température et son épaisseur.

D'une façon générale, dans un processus de laminage, le produit possède, à l'entrée de la cage, une épaisseur supérieure à l'écartement des cylindres de travail qui tendent donc à l'écraser en produisant une certaine réduction d'épaisseur. Le

métal est ainsi appliqué sur un secteur circulaire de chaque cylindre compris entre deux plans horizontaux correspondant à la face extérieure du produit respectivement à l'entrée et à la sortie du laminoir. Le pincement du produit entre les deux cylindres détermine son avancement, l'un au moins des cylindres étant entraîné en rotation. Un certain pincement du produit est nécessaire pour permettre son entraînement.

On peut définir, à l'entrée du laminoir, un angle d'attaque A correspondant au dièdre limité par la face extérieure du produit et le plan tangent au cylindre du niveau où ce dernier vient en contact avec le produit. La valeur de l'angle d'attaque est donc fonction du diamètre du cylindre et de la réduction d'épaisseur produite, c'est-à-dire de la différence entre l'épaisseur du produit avant son entrée dans le laminoir et la largeur de l'entrefer existant entre les deux cylindres de travail.

En cours de laminage, grâce aux frottements qui s'exercent entre les cylindres de travail et le produit sur la surface des deux secteurs cylindriques, l'entraînement s'effectue sans difficulté dans la mesure où la réduction d'épaisseur est compatible avec le couple et l'effort que l'on peut exercer sur les cylindres. En revanche, au moment de l'engagement du produit, les frottements s'exercent uniquement sur les deux bords latéraux qui viennent en contact respectivement avec les deux cylindres et l'on conçoit que l'engagement ne peut pas se produire si l'angle d'attaque A est trop important.

Compte tenu des conditions de lubrification, du diamètre des cylindres de travail qui doit rester assez réduit et de leur état de surface, on est donc obligé de limiter la réduction d'épaisseur produite à chaque passe pour éviter un "refus d'engagement".

Par ailleurs, pour éviter des chocs, la vitesse de rotation des cylindres est diminuée au moment de l'introduction du produit puis accélérée, après l'engagement, pour venir à la vitesse de laminage normale. Il en résulte une augmentation brutale des charges dynamiques et du couple qui peut entraîner des échauffements et même des ruptures de mécanisme en raison des inerties.

D'autre part, lors du laminage de certains métaux et en particulier de l'aluminium, il peut se produire un défaut appelé "alligator", qui se traduit par une fente médiane à la tête de la brame. Le document US-A-4.608.850, qui divulgue la combinaison de caractéristiques selon le préambule de la revendication 1 explique que ce défaut peut apparaître lorsqu'il existe une certaine combinaison entre le taux de réduction et l'épaisseur d'entrée dans le laminoir et, pour éviter ce défaut, il propose de laisser d'abord la tête de la brame s'engager entre les cylindres de travail et de commander seule-

ment ensuite le resserrement des cylindres jusqu'à la réduction d'épaisseur prévue, la tête de la brame, ainsi élargie, n'étant pas soumise au défaut d'alligator.

Ce processus de laminage est donc réalisé seulement pour les passes dangereuses, qui sont repérées par un système de régulation associé au laminoir et établissant, à chaque passe, un coefficient faisant intervenir l'épaisseur d'entrée, le rayon des cylindres et le taux de réduction prévu.

Cependant, ce taux de réduction est constant et doit donc être prévu, comme habituellement, pour éviter les refus d'engagement, le nombre total de passes n'étant pas modifié.

Or, généralement, la réduction d'épaisseur ainsi limitée pour des raisons géométriques est inférieure à celle que l'on aurait pu théoriquement réaliser compte tenu de la puissance de laminage disponible et il en résulte une augmentation du nombre de passes nécessaires, et, par conséquent, une diminution de la productivité du laminoir.

L'invention a pour objet de remédier autant que possible à l'ensemble de ces inconvénients grâce à un nouveau procédé qui permet, à chaque passe, de réaliser la réduction d'épaisseur optimale, tout en évitant les chocs et les refus d'engagement.

L'invention concerne donc un procédé de laminage d'un produit plat dans un laminoir réversible dans lequel un produit ayant une épaisseur brute est soumis à une réduction d'épaisseur progressive par passes successives de laminage entre deux cylindres de travail à axes parallèles associés à un système de réglage de l'écartement commandant, à chaque passe, un resserrement des cylindres correspondant à une réduction d'épaisseur déterminée, procédé dans lequel, au moins pour certaines passes, on commande d'abord l'engagement du produit entre les cylindres, puis le resserrement de ces derniers jusqu'à l'écartement correspondant à la réduction d'épaisseur souhaitée.

Conformément à l'invention, le système de régulation détermine avant chaque passe, la réduction d'épaisseur optimale compatible avec la capacité du laminoir tout en évitant le refus d'engagement et le resserrement correspondant des cylindres est effectué en deux étapes dès la première passe de laminage à partir de l'épaisseur brute et sur toutes les passes suivantes jusqu'à une passe pour laquelle l'épaisseur atteinte ne risque plus de déterminer un refus d'engagement, le système de régulation déterminant, pour chacune desdites passes d'abord un premier resserrement des cylindres jusqu'à un premier écartement calculé à l'avance en fonction de l'épaisseur et de l'état de l'extrémité du produit venant de la passe précédente, de façon à déterminer, d'une part, un pincement suffisant pour l'entraînement du produit et, d'autre part,

un angle d'attaque assez réduit pour éviter un refus d'engagement, puis un second resserrement des cylindres jusqu'à un second écartement correspondant à la réduction d'épaisseur maximale possible compatible avec la capacité du laminoir, en tenant compte de la variation d'épaisseur du produit lors de la passe considérée.

Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse, le système de régulation est associé à un modèle mathématique programmé de façon à calculer à l'avance, avant chaque passe, lesdits premier et second écartements des cylindres, en fonction des opérations déjà réalisées et de l'effort et de la puissance de laminage possibles, compte tenu des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du laminoir et du produit, de la nature du métal laminé, de l'état prévisible du produit et du nombre de passes précédemment effectuées.

On poursuit ainsi la réduction d'épaisseur en deux étapes pour chaque passe, tant que l'épaisseur à la fin d'une passe risque de déterminer un refus d'engagement pour une diminution de l'écartement des cylindres de travail à la passe suivante compatible avec la puissance de laminage et l'on termine ensuite le laminage de façon normale.

L'invention sera mieux comprise par la description suivante d'un mode de réalisation particulier donné à titre d'exemple, en se référant aux dessins annexés.

La Figure 1 montre schématiquement, en élévation, un laminoir quarto.

La Figure 2 montre le processus de laminage au cours de la première passe, en deux schémas successifs 2a, 2b.

La Figure 3 montre le processus de laminage au cours de la deuxième passe, en deux schémas successifs 3a, 3b.

La Figure 4 montre le processus au cours d'une passe P_n .

La Figure 5 est un organigramme du processus de régulation.

Sur la Figure 1, on a représenté schématiquement un laminoir classique de type quarto comprenant une cage 1 constituée de deux montants écartés 11 munis de fenêtres 13 et entre lesquels sont placés quatre cylindres, respectivement deux cylindres de travail 2 et 2' et deux cylindres d'appui 3 et 3'. Chaque cylindre est porté à ses extrémités par des paliers montés dans des empoises, respectivement 21, 21', 31, 31', qui coulissent le long de faces de guidage verticales 12 ménagées le long des fenêtres 13. De façon bien connue, les empoises 21, 21', des cylindres de travail 2, 2', sont guidées le long des faces latérales de deux blocs hydrauliques 14, 14', fixés sur les faces 12, 12', de chaque fenêtre 13 et dans lesquelles sont logés des vérins permettant d'exercer sur les em-

poises 21, 21', des efforts de cintrage des cylindres de travail 2, 2'.

La cage est munie, d'autre part, de moyens de serrage des cylindres capables de serrer en charge, par exemple des vérins hydrauliques 4, qui prennent appui de chaque côté sur les empoises 31 du cylindre d'appui 3, les empoises 31' de l'autre cylindre d'appui 3' s'appuyant sur des butées fixes. Les vérins 4 exercent ainsi, dans le plan vertical P passant par les axes des cylindres, un effort de serrage qui détermine un rapprochement des deux cylindres de travail 2, 2'.

La technique du laminage, qui est utilisée depuis les débuts de la sidérurgie, a été continuellement perfectionnée, mais particulièrement au cours de ces dernières années. Bien entendu, cette technique est adaptée aux différentes conditions de travail, notamment la nature du métal et les dimensions du produit à laminer, en particulier l'épaisseur que l'on souhaite obtenir. Mais la disposition que l'on vient de décrire se retrouve dans la plupart des laminaires qui peuvent différer par le nombre et les dimensions des cylindres ainsi que par les divers dispositifs annexes.

Par exemple, pour assurer une bonne planéité du produit laminé en évitant des défauts qui résultent de la déformation des cylindres et d'une répartition non homogène des contraintes, on peut utiliser diverses dispositions telles que le cintrage des cylindres, déjà mentionné, ou le réglage du profil des cylindres d'appui.

Comme on l'a indiqué, l'invention s'applique spécialement à un laminaire à chaud du type réversible utilisé pour l'opération dite "dégrossissage". Dans un tel laminaire, le produit 5 défile entre les cylindres de travail 2, 2', alternativement dans un sens puis dans l'autre, c'est-à-dire en se référant à la Figure 1, de gauche à droite puis de droite à gauche et ainsi de suite, la réduction d'épaisseur s'effectuant progressivement par passes successives. A cet effet, la cage 1 peut être placée entre deux tables à rouleaux de type classique et qui n'ont donc pas été représentées sur le dessin.

D'une façon générale, le fonctionnement de l'ensemble du laminaire et des dispositifs connexes est commandé et contrôlé par un système de régulation 6 associé à un calculateur 60, qui effectue un réglage automatique d'épaisseur du produit en cours de laminage en tenant compte de toutes les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du laminaire.

Le système de régulation 6 utilise des moyens connus et qui n'ont pas lieu d'être décrits en détail. C'est pourquoi la Figure 1 montre seulement, à titre d'exemple, une installation de ce type équipée d'un système de régulation 6, 60, permettant de régler le débit hydraulique d'alimentation du vérin à son entrée 41 en fonction des indications données

par un dispositif de mesure 61 qui est associé à l'empoise 31 du cylindre d'appui 3 et permet de mesurer la position de l'axe du cylindre cylindre 3, et l'ensemble constitue ainsi une boucle numérique de régulation de position du serrage en fonction d'un écartement des cylindres affiché sur l'entrée 62 du système de régulation 6.

Dans le cas présent, le système 6 de régulation automatique est associé, en outre, à un modèle mathématique 63 programmé de façon à régler l'effort de serrage appliqué sur les cylindres d'appui en fonction des dimensions du produit, ainsi que de la nature et de l'état du métal, pour effectuer une réduction d'épaisseur optimale correspondant aux possibilités du laminaire.

La Figure 2 illustre schématiquement le processus de laminage au cours de la première passe P, dite de démarrage.

Bien entendu, les réductions d'épaisseur sont exagérées pour faciliter la compréhension du dessin.

Sur le schéma 2a, à gauche de la Figure 2, on a représenté l'extrémité 50 du produit 5 qui arrive au contact des cylindres de travail 2, 2'. Le produit 5 a une épaisseur brute e_0 et l'entrefer, limité par les génératrices 20, 20', des cylindres 2, 2', se trouvant dans le plan de serrage, a une largeur e_1 . On a représenté également l'angle d'attaque A_1 qui correspond au dièdre compris entre chaque face latérale 51 du produit 5 et le plan tangent T au point de contact de l'arête 52 avec le cylindre 2. On voit que la valeur de l'angle d'attaque A_1 est fonction du rapport entre le diamètre d du cylindre et la flèche a qui est égale à la moitié de la réduction d'épaisseur $r_1 = e_0 - e_1$.

Le modèle mathématique 63 associé au système de régulation 6 est programmé de façon à calculer, à chaque passe, la réduction d'épaisseur maximale possible compatible avec la puissance disponible et l'effort possible, en tenant compte, d'une part, des caractéristiques du laminaire qui déterminent sa capacité de travail et ses déformations éventuelles et, d'autre part, des caractéristiques physiques et dimensionnelles du produit.

En effet, l'effort à exercer pour déterminer une certaine réduction d'épaisseur dépend de la nature du métal et de son épaisseur, mais aussi de sa température qui s'élève au cours du laminage. Grâce à son auto-adaptation, le modèle mathématique 63 pourra prévoir, pour chaque passe et en fonction des opérations déjà effectuées, l'état du métal et la réduction maximale d'épaisseur possible sans risque de sollicitation excessive du laminaire.

En outre, le risque de refus d'engagement dépend de l'épaisseur du métal, de son état et des conditions de lubrification. Le modèle 63 pourra donc aussi prévoir, selon les passes, l'écartement des cylindres déterminant un pincement suffisant

pour l'entraînement du produit sans risque de refus d'engagement.

Pour effectuer automatiquement le réglage de l'écartement des cylindres et de l'effort de serrage au cours de chaque passe, le modèle mathématique 63 affiche sur l'entrée 62 du régulateur 6, tout d'abord, la première consigne de position de serrage permettant de garantir un bon engagement de la bande, compte tenu du diamètre des cylindres et, ensuite, au cours de la passe, la consigne d'épaisseur permettant d'obtenir la réduction optimale calculée précédemment.

Sur la Figure 5, on a représenté schématiquement un organigramme du processus de régulation.

Le modèle mathématique 63 est associé au calculateur 60 qui possède en mémoire toutes les caractéristiques du laminoir 1 dont il faut tenir compte pour déterminer la réduction d'épaisseur.

Avant de commencer le laminage d'un produit déterminé, dans une étape d'initialisation 1, on affiche sur une entrée 64 du modèle mathématique 63, tous les paramètres spécifiques du produit à laminier, et correspondant, notamment, à la nature du métal, les dimensions de départ, les dimensions visées et la température mesurée avant l'opération.

Le produit est alors introduit dans le laminoir. Dans une étape 2, le modèle mathématique 63 détermine, d'une part, la réduction d'épaisseur maximale possible permettant, à partir de l'épaisseur brute e_0 , d'obtenir une épaisseur optimale e_2 et, d'autre part, l'écartement e_1 des cylindres qui garantit un bon engagement du produit 5, compte tenu de l'épaisseur brute e_0 et des diamètres d des cylindres 2, ainsi que des conditions de lubrification.

Cet engagement est effectué à vitesse réduite avec pincement du produit 5 dont l'épaisseur est réduite à e_1 entre les cylindres 2, 2'.

Dès que le produit est engagé, le dispositif de régulation 6 commande le resserrement des cylindres jusqu'à l'écartement e_2 calculé précédemment puis le passage à la vitesse de laminage.

Le laminage se poursuit de façon normale, l'épaisseur e_2 étant régulée par le système 6. A sa sortie du laminoir, le produit présente donc, sur la plus grande partie de sa longueur et jusqu'à son extrémité aval 54, une épaisseur e_2 , à l'exclusion de la tête 50 qui présente une épaisseur plus grande e_1 .

La première passe de démarrage P1 qui, comme indiqué par une flèche sur la Figure 2, s'est effectuée de gauche droite, est alors achevée, le produit 5 se trouvant à droite des cylindres 2 et 2'.

On procède alors la deuxième passe de laminage P2 selon le processus indiqué sur la Figure 3, c'est-à-dire de droite à gauche.

La partie du produit 5 qui vient maintenant au contact des cylindres 2, 2', est alors son extrémité 54 d'épaisseur e_2 .

Comme précédemment, le modèle mathématique 63 détermine tout d'abord, dans une étape 3, l'épaisseur optimale e_4 que l'on peut obtenir, qui correspond à la réduction maximale d'épaisseur possible compatible avec les capacités du laminoir, en tenant compte du fait que, la queue du produit étant plus épaisse, la réduction à effectuer est égale à $e_1 - e_4$. Ensuite, dans une étape 4, le modèle mathématique détermine l'écartement e_3 qu'il y a lieu de donner aux cylindres pour permettre l'introduction du produit sans refus d'engagement, compte tenu de l'épaisseur du produit et de sa température prévisible à ce moment.

Le produit 5 s'engage alors entre les cylindres 2 et 2' en prenant l'épaisseur e_3 . Dès que l'engagement est assuré, le système de régulation 6 commande le resserrement des cylindres à l'écartement e_4 et le passage à la vitesse de laminage.

Le produit laminé à la fin de cette deuxième passe P2 présente donc une épaisseur e_4 sur la plus grande partie 56 de sa longueur et une tête 55 d'épaisseur e_3 .

On effectue ainsi, à chaque passe P_n , une réduction d'épaisseur en deux étapes.

Comme on l'a indiqué, on peut déterminer, par expérience, l'état prévisible du produit, notamment sa température, après un certain nombre de passes et ainsi programmer le modèle mathématique 63 pour qu'il détermine, à chaque passe P_n et en fonction de l'épaisseur e_{2n-2} atteinte à la passe précédente P_{n-1} , la réduction maximale d'épaisseur $e_{2n-3} - e_{2n}$ qu'il pourra effectuer sans dépasser la capacité du laminoir et l'écartement e_{2n-1} qu'il faudra donner aux cylindres pour éviter un refus d'engagement.

Le processus décrit précédemment pour la deuxième passe P2 pourra donc se reproduire à chaque passe jusqu'à ce que le rapport entre le diamètre d des cylindres de travail qui reste sensiblement fixe et l'épaisseur du produit qui diminue à chaque passe soit tel que, en réalisant immédiatement la réduction d'épaisseur maximale compatible avec la puissance de laminage, on ne risque pas un refus d'engagement.

L'épaisseur visée étant (e), on peut définir à l'avance l'épaisseur $e+x$ à partir de laquelle le refus d'engagement n'est plus à craindre. Ainsi, à la fin de chaque passe P_n , dans une étape 6 du processus, l'épaisseur atteinte e_{2n} est comparée au paramètre $e+x$ et, dès qu'elle devient inférieure à ce paramètre, le processus décrit précédemment est arrêté et le laminage se poursuit normalement, dans une étape 7, jusqu'à obtention de l'épaisseur visée (e).

On constate que, à chaque passe P_n , la réduction totale d'épaisseur $e_{2n-3} - e_{2n}$ est supérieure à celle que l'on devait respecter auparavant pour éviter un refus d'engagement. Le nombre total de passes sera ainsi sensiblement diminué.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas aux détails du mode de réalisation qui vient d'être décrit à titre de simple exemple et qui pourrait donner lieu à des variantes. En particulier, on a décrit le système dans le cadre d'un laminoir quarto, mais il est applicable de la même façon à un duo ou à un sexto ou à tout autre type de laminoir.

Revendications

1. Procédé de laminage d'un produit plat (5) dans un laminoir réversible dans lequel un produit (5) ayant une épaisseur brute (e_0) est soumis à une réduction d'épaisseur progressive par passes successives de laminage entre deux cylindres de travail (2, 2') à axes parallèles associés à un système (6) de réglage de l'écartement commandant, à chaque passe, un resserrement des cylindres correspondant à une réduction d'épaisseur déterminée, procédé dans lequel, au moins pour certaines passes, on commande d'abord l'engagement du produit entre les cylindres (2, 2') puis le resserrement de ces derniers jusqu'à l'écartement correspondant à la réduction d'épaisseur souhaitée,

caractérisé par le fait que le système de régulation (6) détermine, avant chaque passe, la réduction d'épaisseur optimale compatible avec la capacité du laminoir tout en évitant le refus d'engagement et que le resserrement correspondant des cylindres (2, 2') est effectué en deux étapes dès la première passe de laminage (P_1), à partir de l'épaisseur brute (e_0) et sur toutes les passes suivantes jusqu'à une passe (P_n) pour laquelle l'épaisseur atteinte (e_{2n}) ne risque plus de déterminer un refus d'engagement, le système de régulation (6) déterminant, pour chacune desdites passes (P_n), d'abord un premier resserrement des cylindres (2, 2') jusqu'à un premier écartement (e_{2n-1}) calculé à l'avance en fonction de l'épaisseur (e_{2n-2}) et de l'état de l'extrémité du produit (5) venant de la passe précédente, de façon à déterminer, d'une part, un pincement suffisant pour l'entraînement du produit (5) et, d'autre part, un angle d'attaque (A) assez réduit pour éviter un refus d'engagement, puis un second resserrement des cylindres (2, 2') jusqu'à un second écartement (e_{2n}) correspondant à la réduction d'épaisseur maximale possible compatible avec la capacité du laminoir, en tenant compte de la variation d'épaisseur

du produit lors de la passe considérée.

2. Procédé de laminage selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le système de régulation (6) est associé à un modèle mathématique (63) programmé de façon à calculer à l'avance, avant chaque passe (P_n), lesdits premier et second écartement des cylindres, en fonction des opérations déjà réalisées et de l'effort et de la puissance de laminage possibles, compte tenu des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du laminoir et du produit, de la nature du métal laminé, de l'état prévisible du produit et du nombre de passes précédemment effectuées.

Claims

1. Method of rolling a flat product (5) in a reversing mill in which a product (5) with an initial thickness (E_0) is subjected to a gradual reduction in thickness by successive rolling passes between two work rolls (2, 2') with parallel axes associated with a system (6) for adjusting the gap producing, with each pass, a closing of the cylinders corresponding to a given reduction in thickness, in which process, at least for certain passes, the product is first fed between the rolls (2, 2') and then the rolls are closed to the gap corresponding to the desired thickness reduction,

characterized by the fact that the regulation system (6) determines, with each pass, the optimum thickness reduction compatible with the capacity of the rolling mill while avoiding any feed rejection and in that the corresponding closing of the rolls (2, 2') is carried out in two phases as of the first rolling pass (P_1), from the initial thickness (e_0) and over all the next passes up to a pass (P_n) for which the thickness reached (e_{2n}) is no longer liable to result in a feed rejection, the regulation system (6) determining, for each of the said passes (P_n), first an initial closing of the rollers (2, 2') to a first gap (e_{2n-1}) calculated according to the thickness (e_{2n-2}) and the condition of the end of the product (5) coming from the preceding phase, so as to determine, on the one hand, a sufficient bite to drive the product (5) and, on the other, an angle of bite (A) small enough to prevent a feed rejection, and then a second closing of the rolls (2, 2') to a second gap (e_{2n}) corresponding to the maximum possible thickness reduction compatible with the capacity of the rolling mill, taking into account the variation in product thickness during the considered pass.

2. Rolling method according to claim 1, characterized by the fact that the regulation system (6) is associated with a mathematical model (63) programmed to calculate in advance, prior to each pass (P_n), said first and second roll gap according to operations already carried out and the possible mill force and power, considering the mechanical and dimensional properties of the mill and of the product, the nature of the metal rolled, the predictable condition of the product and the number of passes previously completed.

Patentansprüche

1. Walzverfahren für Flacherzeugnis (5) in einem Umkehrwalzwerk, in welchem ein Erzeugnis (5) mit einer Bruttodicke (e_0) in aufeinanderfolgenden Walzstichen zwischen zwei Arbeitswalzen (2, 2') mit parallelen Achsen dickenmässig allmählich reduziert wird, denen ein Abstandsregelsystem (6) zugeordnet ist, das bei jedem Walzstich eine einer bestimmten Dickenreduzierung entsprechende Walzeneinstellung steuert, Verfahren bei dem mindestens für einige Walzstiche der Einstich des Walzgutes zwischen den Walzen (2, 2') zuerst gesteuert wird, dann letztere bis zu dem der gewünschten Dickenreduzierung entsprechenden Abstand zusammengefahren werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Regelsystem (6) vor jedem Walzstich die optimale mit der Walzwerkkapazität kompatible Dickenreduzierung bei gleichzeitiger Vermeidung der Einstichabweisung zu verursachen, und dass das entsprechende Zusammenfahren der Walzen (2, 2') in zwei Schritten bereits im ersten Walzstich erfolgt, ausgehend von einer Rohdicke (e_0) und über alle folgenden Walzstiche bis zu einem Walzstich (P_n), bei welchem die erzielte Dicke (e_{2n}) nicht mehr Gefahr läuft eine Einstichabweisung zu bestimmen, wobei das Regelsystem (6) für jeden dieser Walzstiche (P_n) zuerst ein erstes Zusammenfahren der Walzen (2, 2') bis zu einem ersten Abstand (e_{2n-1}) bestimmt, der entsprechend der Dicke (e_{2n-2}) und des Zustandes am Ende des aus dem vorhergehenden Walzstich auslaufenden Erzeugnisses (5) derart vorkalkuliert wird, dass einerseits eine ausreichende Klemmung zur Mitnahme des Erzeugnisses (5) und andererseits ein ausreichend reduzierter Angriffswinkel (A) zur Vermeidung einer Einstichabweisung, dann ein zweites Zusammenfahren der Walzen (2, 2') bis zu einem zweiten, der maximal möglichen Dickenreduzierung entsprechenden, mit der Walzwerkkapazität kompatiblen Abstand (e_{2n}), unter Berücksichtigung der Erzeugnisdicken-

schwankung bei dem betreffenden Walzstich bestimmt wird.

2. Walzverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Regelsystem (6) ein derart programmiertes mathematisches Modell (63) zugeordnet ist, dass vor jedem Walzstich (P_n) dieser erste und zweite Walzenabstand entsprechend der bereits durchgeführten Arbeitsgänge und der möglichen Walzkraft und -leistung, unter Berücksichtigung der mechanischen und dimensionellen Walzwerk- und Erzeugniseigenschaften, der Art des gewalzten Werkstoffes, des vorgesehenen Erzeugniszustandes und der Anzahl vorher durchgeführter Walzstiche vorkalkuliert wird.

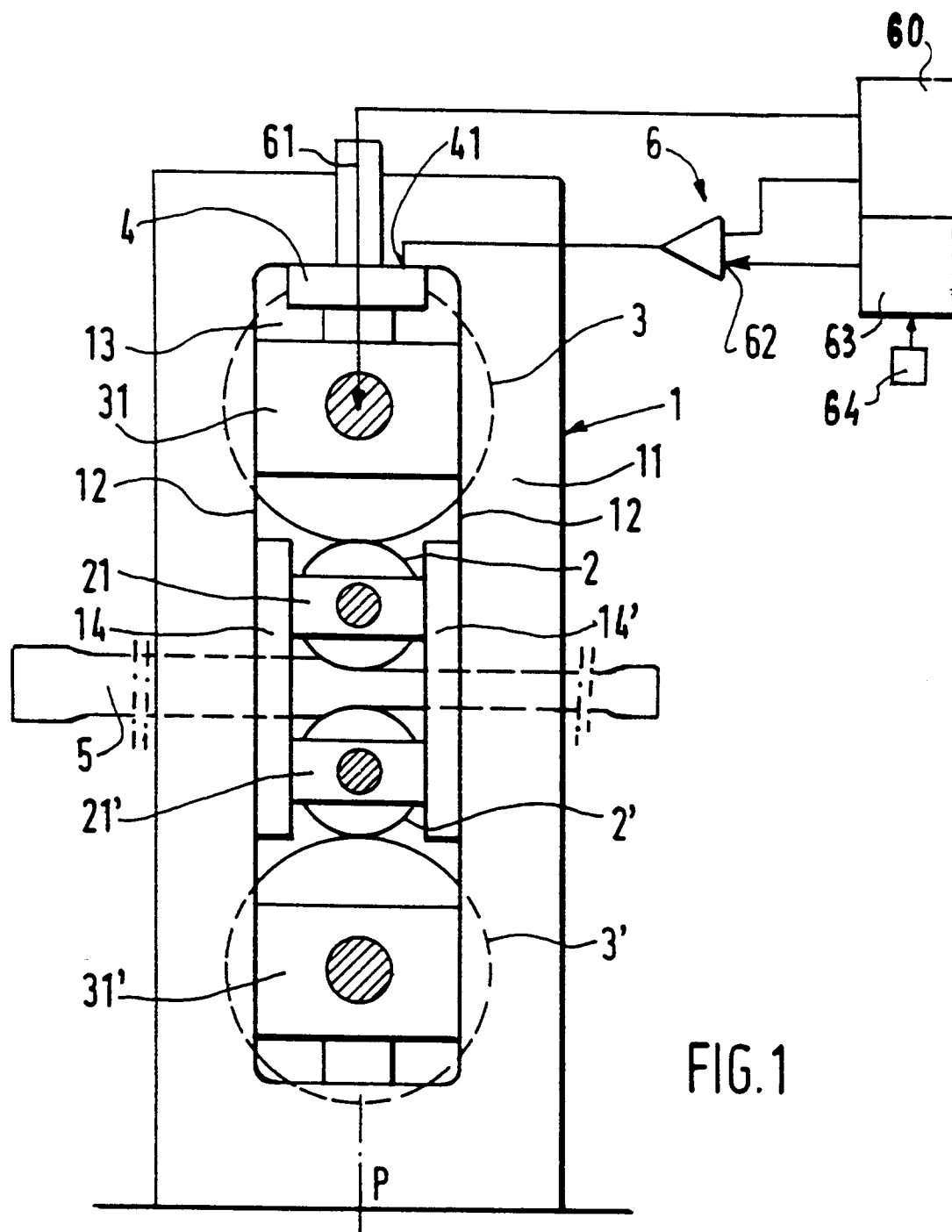


FIG. 2

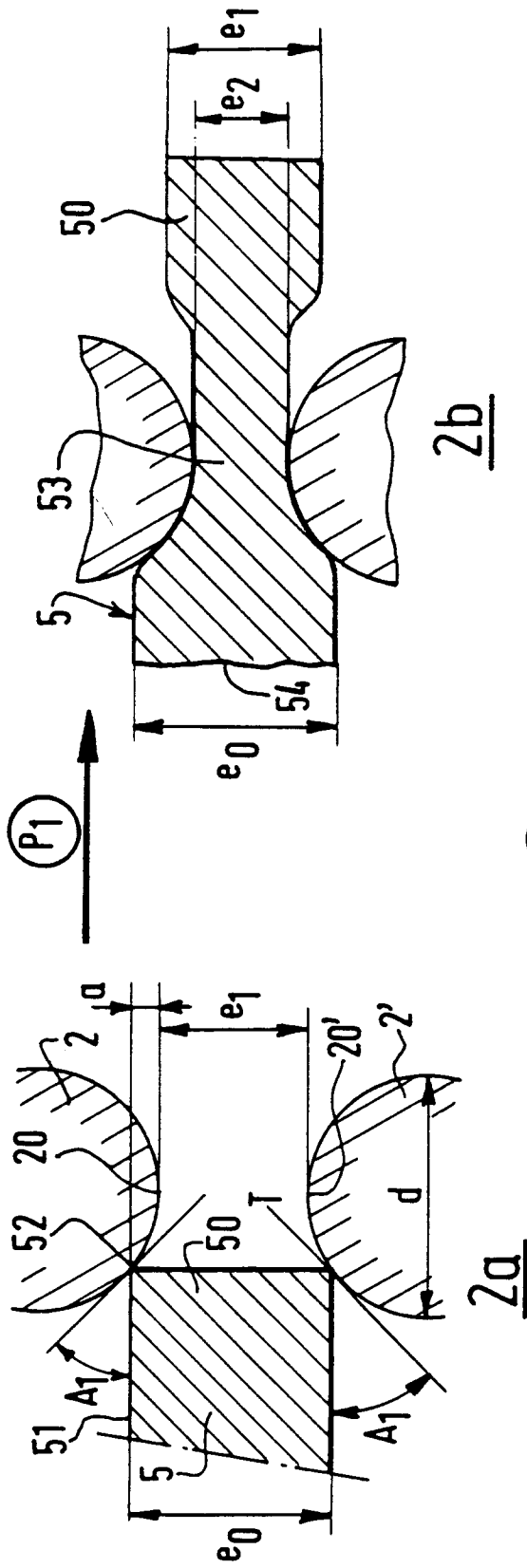
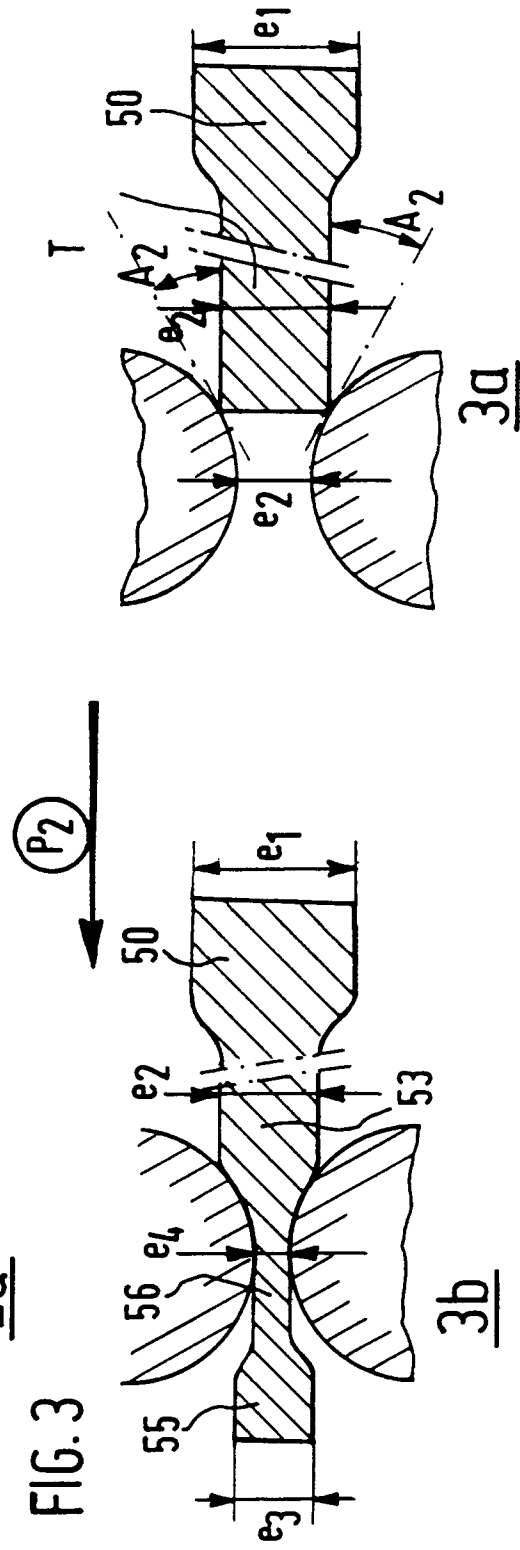


FIG. 3



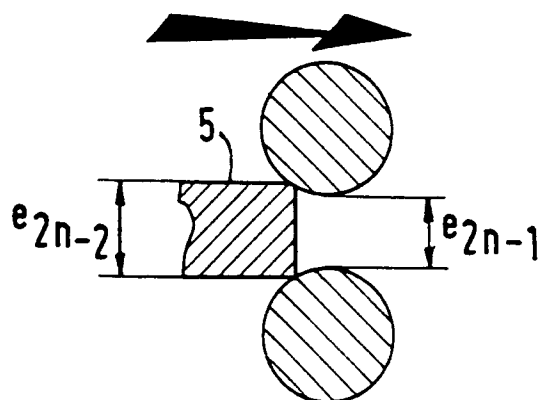


FIG. 4

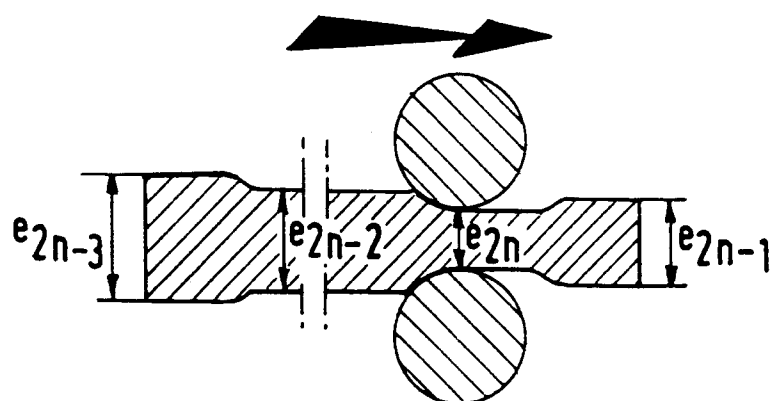


FIG. 5

