

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

⑲ Numéro de dépôt: **78400073.9**

⑤① Int. Cl.³: **B 21 B 37/12**

⑳ Date de dépôt: **04.08.78**

⑤④ Procédé de préréglage d'un train continu à cages tandem pour le laminage à chaud de produits métalliques.

③① Priorité: **08.08.77 FR 7724457**

④③ Date de publication de la demande:
21.02.79 Bulletin 79/4

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
28.01.81 Bulletin 81/4

⑧④ Etats Contractants Désignés:
DE GB SE

⑤⑥ Documents cités:
FR - A - 1 505 873
FR - A - 1 514 209
FR - A - 2 161 757
FR - A - 2 190 537
FR - A - 2 323 463
US - A - 4 003 229

⑦③ Titulaire: **INSTITUT DE RECHERCHES DE LA**
SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID) France
185, rue Président Roosevelt
F-78105 Saint Germain-en-Laye (FR)

⑦② Inventeur: **Millamon, Philippe**
La Ferté Allais
F-91590 Mondeville (FR)

⑦④ Mandataire: **Tuppin, Claude et al,**
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE
FRANCAISE 185, rue Président Roosevelt
F-78105 St-Germain-en-Laye (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).

Procédé de préréglage d'un train continu à cages tandem pour le laminage à chaud de produits métalliques

L'invention concerne le laminage à chaud de produits plats ou longs notamment de produits épais, dans des laminoirs à cages tandem et, plus spécialement, le préréglage des cages avant engagement du produit.

L'utilisation des cages tandem, qui s'est imposée depuis longtemps pour les trains finisseurs, commence à prendre de l'importance pour le laminage à chaud des produits épais. Elle permet, en effet, une économie importante sur le dimensionnement des halles et la longueur des tables de transport, un gain en chauffage par diminution des temps de refroidissement et un temps de laminage plus court, donc une meilleure productivité. Cependant, dans ce dernier cas les problèmes rencontrés sont beaucoup plus complexes, du fait des fortes épaisseurs et des faibles caractéristiques mécaniques, que pour le laminage à froid ou même le laminage à chaud des produits minces. En particulier le contrôle, dans des limites relativement étroites, de la tension (traction ou compression) entre les cages est indispensable si l'on veut éviter, sur un trop grand nombre d'ébauches, des défauts de géométrie ou de surface. Une tension peut, bien entendu, apparaître à tout moment du laminage du produit, dont les caractéristiques ne sont pas toujours rigoureusement constantes, mais le plus grand risque d'apparition se situe au moment de l'engagement de l'ébauche, déjà en prise dans une cage, dans la suivante. Il est, bien sûr, possible de prendre les mesures nécessaires dès détection de la tension, mais nettement préférable d'agir avant même que le produit n'atteigne la cage aval en préréglant cette dernière, c'est-à-dire en lui donnant une vitesse compatible avec celle de sortie du produit de la cage amont.

Pour des profilés, les variations de forme, par rapport à celle imposée par les cages de laminage, de la tête et de la queue du produit, se traduisent par des variations de traction au moment de leur passage. On a déjà proposé FR—A—1 505 873 pour les têtes et US—A—4 003 229 pour les queues) d'agir sur les vitesses de rotation des cylindres d'une cage lors de l'engagement de la tête ou avant entrée de la queue dans cette cage. Mais ces procédés concernent des problèmes particuliers liés à la forme du produit et ne sont pas d'application générale.

D'autre part, dans le cas de bandes, on a proposé, pour éviter des tractions ou des bouclages nuisibles, de régler la distance inter-cylindres, sans agir sur les vitesses de rotation des cages.

On sait également, d'après les enseignements des brevets FR—A—2 323 463 et FR—A—1 514 209, régler, en cours de laminage, la traction appliquée au produit, en évaluent cette dernière indirectement par des

mesures d'effort de laminage ou de couple moteur et en agissant sur les vitesses des cylindres pour ramener la valeur prise par le paramètre de réglage choisi à une valeur prédéterminée.

On a déjà proposé une méthode de préréglage avant engagement du produit dans la cage correspondante consistant à calculer les réductions d'épaisseur prévues et, en égalant les débits, à en déduire les vitesses du produit et des cylindres. Mais cette méthode ne peut donner qu'une approximation très grossière: les épaisseurs obtenues en pratique sont rarement celles calculées. On risque donc de voir apparaître des bouclages si le débit calculé est insuffisant, ou une traction encore plus dangereuse car, sauf pour des valeurs très élevées, elle ne se traduit pas par un phénomène visible pour l'opérateur pendant le laminage.

Dans sa FR—A—2 395 086, publiée après la date de priorité de la présente demande, le demandeur a exposé un procédé permettant de déterminer en continu et de maintenir à une valeur optimale la tension entre les cages. Ce procédé consiste à mesurer en continu les vitesses du produit et des cylindres, à calculer le glissement correspondant, à le comparer à une valeur de consigne et à modifier éventuellement les vitesses de l'une ou des deux cages de manière à annuler la différence entre la valeur calculée et la valeur de consigne. Les valeurs des vitesses qui, pour une ébauche, conduisent à des conditions de laminage sous tension faible, peuvent alors être utilisées comme valeurs de préréglage pour l'ébauche suivant. Les résultats obtenus sont bien meilleurs que ceux provenant d'un simple calcul de débits et, souvent, peuvent être considérés comme satisfaisants. Cependant, deux ébauches successives ont rarement des caractéristiques indentiques et il faut généralement effectuer de légères corrections de vitesse lors de l'engagement du produit dans la cage aval.

Le but de la présente invention est précisément, dans le cas où l'on dispose de modèles de laminage utilisant comme grandeur de référence la vitesse du produit, de fournir un préréglage plus fin des cages.

A cet effet l'invention a pour objet un procédé de préréglage des cages d'un train continu à cages tandem pour le laminage à chaud de produits métalliques, notamment de produits épais, à l'aide d'un modèle donnant les relations entre les valeurs de certains paramètres tels que les vitesses d'entrée et de sortie, les dimensions et les variations de température du produit, les forces et couples de laminage, le glissement, les tractions d'entrée et de sortie, la grandeur de référence étant la vitesse, procédé selon lequel on agit sur la

vitesse de rotation des cylindres et caractérisé en ce que:

— les réductions d'épaisseur par cage étant choisies, on calcule, à l'aide du modèle, le rapport des vitesses de rotation des cages amont et aval et la vitesse de sortie du produit de la cage amont;

— on mesure la vitesse de sortie du produit de la cage amont, ce dernier étant en prise dans cette seule cage;

— on compare la vitesse mesurée avec la vitesse calculée;

— on corrige, si nécessaire, les coefficients affectant les différents paramètres des relations fournies par le modèle en les recalculant à partir de la valeur mesurée de la vitesse du produit;

— on calcule, à l'aide des coefficients corrigés du modèle le nouveau rapport des vitesses de rotation des cylindres des deux cages.

— on modifie la vitesse de rotation d'au moins une des cages selon le nouveau rapport avant entrée du produit dans la cage aval.

On peut corriger soit la vitesse de rotation de la cage amont, soit celle de la cage aval, l'autre vitesse de rotation étant maintenue constante, en imposant la valeur calculée à partir du nouveau rapport des vitesses de rotation des cylindres des deux cages.

Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, on effectue également des mesures d'épaisseur d'entrée et de sortie du produit et des mesures de force de laminage et on corrige de manière plus fine les coefficients du modèle en les recalculant à partir de la valeur mesurée de la vitesse de sortie du produit de la cage amont et des valeurs mesurées des épaisseurs et de la force de laminage.

Selon une variante de mise en oeuvre de l'invention, la vitesse de sortie du produit de la cage amont est mesurée par la méthode dite de corrélation, connue en soi, qui sera rappelée par la suite.

Le procédé selon l'invention peut être appliqué à un laminoir où le produit est en prise dans plus de deux cages successives. On obtient alors une approximation suffisante en considérant les cages comme indépendantes deux à deux et en les pré réglant successivement.

Comme on le comprend, le procédé selon l'invention consiste essentiellement à assurer la compatibilité du rapport des vitesses de deux cages successives avec les débits de métal devant les traverser avant même que le produit n'ait atteint la cage aval. Lorsqu'on n'emploie pas de modèle pour effectuer le laminage, le seul mode de pré réglage possible est l'utilisation, pour une ébauche, des valeurs obtenues pour une ébauche précédente de caractéristiques voisines, laminée dans des conditions satisfaisantes, à l'aide par exemple de procédé exposé dans la FR—A—2 395 086. Cependant, les progrès récents effectués dans la connaissance des phénomènes de déformation au cours du laminage ont permis de mettre

au point un certain nombre de modèles, reliant des grandeurs telles que les vitesses et les épaisseurs d'entrée et de sortie, les forces et couples de laminage, les dimensions et les variations de température du produit, les tractions d'entrée et de sortie, modèles qui sont actuellement disponibles dans la littérature. Afin de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention, il est nécessaire d'utiliser un modèle où la grandeur de référence est la vitesse, afin de pouvoir recalculer tous les coefficients à partir d'une simple mesure de vitesse de sortie du produit.

Le procédé selon l'invention peut, bien entendu, être employé seul ou suivi d'un procédé de contrôle de tension quelconque lorsque le produit est entré dans la cage aval, mais il est particulièrement avantageux de l'associer au procédé de contrôle de tension en continu exposé dans la FR—A—2 395 086. Lorsque, notamment, les mesures de vitesse sont effectuées par la méthode de corrélation, les détecteurs et les moyens de traitement des signaux qu'ils fournissent peuvent être communs aux deux procédés. On peut ainsi assurer un contrôle complet de la tension à laquelle est soumis le produit, depuis son entrée dans la cage amont jusqu'à sa sortie de la cage aval, et, par conséquent, réduire de façon appréciable le nombre d'ébauche rebutées pour une mauvaise géométrie due à une traction ou une compression excessive.

L'invention sera de toutes façons bien comprise en se reportant à la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple, purement illustratif, en référence à la planche de dessin annexée sur laquelle:

— la figure 1 schématise deux cages consécutives d'un train dégrossisseur

— la figure 2 représente la vitesse du produit entre les deux cages en fonction de sa position par rapport à celles-ci.

Le produit considéré est un produit plat épais, mais il est bien clair que la transposition à tout produit long peut se faire de façon immédiate, en remplaçant la notion d'épaisseur par celle de section.

Sur la figure 1 on peut voir en 1 le produit, en prise dans la cage 2 et se dirigeant vers la cage 3. Les deux cages ont été schématisées par leurs cylindres de travail. L'ébauche sort de la cage 2 avec la vitesse V_s , mesurée par tout moyen suffisamment précis, mais de préférence à l'aide du procédé et du dispositif décrits dans le FR—A—2.161.757. Cette méthode consiste à calculer la vitesse par détection et corrélation de deux signaux aléatoires semblables, décalés dans le temps et liés au produit en déplacement. Deux détecteurs optiques 4 et 5, des récepteurs photoélectriques par exemple, sont placés entre les cages, au-dessus du produit, et sont disposés à une distance bien définie l'un de l'autre par rapport au sens de défilement du produit. Les signaux émis par les détecteurs 4 et 5 sont envoyés dans un corrélateur à retard

asservi; pour déterminer la valeur initiale du retard on utilise les signaux fournis par le passage devant les détecteurs de la tête du produit. Ce dispositif est identique à celui préconisé dans la FR—A—2 395 086 et il est d'ailleurs avantageux d'employer une seule paire de détecteurs judicieusement placée entre chaque cage pour mettre en oeuvre les deux procédés ensemble.

On détermine, avant même que le produit ne soit engagé dans la cage 2, les réductions d'épaisseur désirées et, à l'aide du modèle, on calcule les vitesses V_2 et V_3 à imposer aux cylindres de travail de chacune des cages. En fait, pour obtenir le même résultat plusieurs réglages sont possibles car le paramètre à prendre en compte est le rapport des vitesses des deux cages. Une fois ce premier pré réglage effectué le produit entre dans la cage 2 dont il ressort généralement avec une vitesse V_s différente de la vitesse V_s^0 prévue par le modèle. A partir de cette valeur on calcule les nouveaux coefficients du modèle et le nouveau rapport des vitesses à donner aux cages. On effectue alors le pré réglage final en imposant à la cage 3 la nouvelle vitesse calculée. On pourrait aussi modifier la vitesse de la cage 2 seule ou les vitesses des deux cages, mais il est plus simple d'agir seulement sur la cage 3. Afin d'adapter plus complètement le modèle aux caractéristiques réelles du produit laminé, on peut prévoir d'équiper la train de jauges d'épaisseur (par exemple des jauges à rayons ρ) et de dispositifs de mesure de la force de laminage, tels que des pressducteurs, ou de ces derniers seulement qui permettent d'estimer les épaisseurs avec une approximation suffisante.

Sur la figure 2 on a représenté la vitesse du produit 1 en fonction de sa position par rapport aux cages 2 et 3 repérées sur l'axe des abscisses par les points C_2 et C_3 . Lorsque le produit est en prise dans la cage 2 seulement, sa vitesse de sortie est V_s ; à l'engagement dans la cage 3, si cette dernière a été correctement pré réglée, la vitesse du produit doit augmenter légèrement car il est préférable de laminier sous traction légère, ainsi que le demandeur l'a exposé dans la FR—A—2 395 086. Enfin à la sortie de la cage 2 le produit n'est en prise que dans la cage aval et sa vitesse augmente à nouveau. La courbe a correspond au pré réglage optimal qui vient d'être décrit, la courbe b, par contre traduit un pré réglage incorrect, avec apparition d'une traction trop forte à l'engagement dans la cage 3, traction causée par une vitesse de rotation trop élevée de cette cage.

Le procédé de pré réglage selon l'invention peut être facilement étendu à un nombre plus élevé de cages où le produit sera en prise simultanément. En effet, selon une première approximation généralement suffisante, on considère les cages comme indépendantes deux à deux. Les deux premières cages ayant été pré réglées de la manière exposée plus haut, on considère ensuite la seconde et la troisième isolément

et on pré règle cette dernière par le procédé selon l'invention, en gardant toutefois constant le rapport des vitesses des deux premières cages. Cependant, si le modèle de laminage est suffisamment élaboré, on peut tenir compte plus rigoureusement du fait que la variation de vitesse entre les deux dernières cages est en partie imputable à la traction qui s'établit entre les deux premières au moment de l'engagement dans la troisième. De proche en proche on peut donc ainsi pré régler un nombre quelconque de cages.

Le procédé selon l'invention permet donc de pré régler de façon optimale les cages d'un laminoir et son association à un procédé de contrôle en continu de la traction entre cages présente un intérêt économique certain en diminuant sensiblement le nombre de produits rebutés pour défauts de géométrie.

Revendications

1. Procédé de pré réglage d'un train continu à cages tandem pour le laminage à chaud de produits métalliques, notamment de produits épais, à l'aide d'un modèle donnant les relations entre les valeurs de certains paramètres tels que les vitesses d'entrée et de sortie, les dimensions et les variations de température du produit, les forces et couples de laminage, le glissement, les tractions d'entrée et de sortie, la grandeur de référence étant la vitesse, procédé selon lequel on agit sur la vitesse de rotation des cylindres et caractérisé en ce que:

— les réductions d'épaisseur par cage étant choisies, on calcule, à l'aide du modèle, le rapport des vitesses de rotation des cages amont et aval et la vitesse de sortie du produit de la cage amont;

— on mesure la vitesse de sortie du produit de la cage amont, ce dernier étant en prise dans cette seule cage;

— on compare la vitesse mesurée avec la vitesse calculée;

— on corrige, si nécessaire, les coefficients affectant les différents paramètres des relations fournies par le modèle en les recalculant à partir de la valeur mesurée de la vitesse du produit;

— on calcule, à l'aide des coefficients corrigés du modèle le nouveau rapport des vitesses de rotation des cylindres des deux cages.

— on modifie la vitesse de rotation d'au moins une des cages selon le nouveau rapport avant entrée du produit dans la cage aval.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on calcule la nouvelle vitesse de rotation de la cage aval à partir du nouveau rapport des vitesses de rotation des cylindres des deux cages, la vitesse de rotation de la cage amont étant maintenue constante.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on calcule la nouvelle vitesse de rotation de la cage amont à partir du nouveau rapport des vitesses de rotation des cylindres des deux cages, la vitesse de rotation de la cage

aval étant maintenue constante.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on effectue des mesures d'épaisseur d'entrée et de sortie du produit et des mesures de force de laminage et en ce que l'on modifie les coefficients du modèle en les recalculant à partir de la valeur mesurée de la vitesse de sortie du produit de la cage amont et des valeurs mesurées des épaisseurs et de la force de laminage.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la vitesse de sortie du produit de la cage amont est mesurée par détection et corrélation de deux signaux aléatoires semblables décalés dans le temps et liés au produit, la corrélation étant effectuée par un corrélateur à retard asservi, la valeur initiale dudit retard correspondant à la vitesse moyenne de passage de la tête du produit devant les détecteurs.

Claims

1. A method for the preliminary adjustment of a tandem stand continuous mill for the hot rolling of metal products, in particular thick products, by means of a model giving the ratios between the values of certain parameters such as input and output speeds, the dimensions and the temperature variations of the product, the rolling forces and torques, the slip, the input and output tractions, the reference value being the speed, and in which method the rotational speed of the rolls is acted upon characterised in that:

- the thickness reductions per stand having been selected, the rotational speed ratio of the upstream and downstream stands and the output speed of the product from the upstream stand are calculated by means of the model;
- the output speed of the product from the upstream stand is measured, the product being engaged in this stand alone;
- the measured speed is compared with the calculated speed;
- the coefficients relating to the various parameters of the ratios provided by the model are corrected, if necessary, by re-calculating them from the measured value of the speed of the product;
- the new rotational speed ratio of the rolls of the two stands is calculated from the corrected coefficients of the model;
- the rotational speed of at least one of the stands is modified in accordance with the new ratio before the entry of the product into the downstream stand.

2. A method as claimed in claim 1, characterised in that new rotational speed of the downstream stand is calculated from the new rotational speed ratio of the rolls of the two stands, the rotational speed of the upstream stand being maintained constant.

3. A method as claimed in claim 1, characterised in that new rotational speed of

the upstream stand is calculated from the new rotational speed ratio of the rolls of the two stands, the rotational speed of the upstream stand being maintained constant.

4. A method as claimed in one of claims 1 to 3, characterised in that measurements of the input and output thickness of the product and measurements of the rolling force are carried out, and in that the coefficients of the model are modified by re-calculating them from the measured value of the output speed of the product from the upstream stand and the measured values of the thicknesses and the rolling force.

5. A method as claimed in one of claims 1 to 4, characterised in that the output speed of the product from the upstream stand is measured by the detection and correlation of two similar random signals offset in time and related to the product, the correlation being carried out by a servo-controlled delay correlator, the initial value of the said delay corresponding to the average speed of passage of the head of the product in front of the detectors.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Voreinstellen einer fortlaufend Tandestraße zum Warmwalzen insbesondere von dickem Walzgut mittels eines Modells, das Beziehungen zwischen den Werten einzelner Parameter — z.B. der Eintritts- und Austrittsgeschwindigkeit, der Abmessungen und der Temperaturänderungen des Walzgutes, der Walzdruckkräfte und -kräftepaare, des Gleitverhaltens, der Eintritts- und der Austrittszugkräfte — vermittelt, wobei die Geschwindigkeit des Walzgutes als Bezugsgröße dient und die Rotationsgeschwindigkeit der Walzen gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß man

- bei für jedes Gerüst wahlweise vorbestimmter Dickenabnahme des Walzgutes mittels des Modells das Verhältnis der Walzenrotationsgeschwindigkeiten des vorderen und des hinteren Gerüsts und die Austrittsgeschwindigkeit des Walzgutes beim Verlassen des vorderen Gerüsts berechnet;
- die Austrittsgeschwindigkeit des Walzgutes beim Verlassen des vorderen, allein mit dem Walzgut im Eingriff befindlichen Gerüsts mißt;
- die gemessene Geschwindigkeit mit der errechneten Geschwindigkeit vergleicht;
- falls notwendig die von dem Modell gelieferten, die einzelnen zueinander in Beziehung gesetzten Parameter betreffenden Koeffizienten nach Maßgabe der gemessenen Walzgeschwindigkeit korrigiert;
- mittels der korrigierten Modellkoeffizienten das neue Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten der Walzen der beiden Gerüste errechnet;
- die Rotationsgeschwindigkeit mindestens eines Gerüsts nach Maßgabe des neuen Verhältnisses vor dem Eintritt des Walzgutes in das hintere Gerüst ändert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die neue Rotationsgeschwindigkeit des hinteren Gerüsts nach Maßgabe des neuen Verhältnisses der Rotationsgeschwindigkeiten der beiden Gerüste errechnet, wobei Rotationsgeschwindigkeit des vorderen Gerüsts konstant gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die neue Rotationsgeschwindigkeit des vorderen Gerüsts nach Maßgabe des neuen Verhältnisses der Rotationsgeschwindigkeiten der beiden Gerüste errechnet, wobei Rotationsgeschwindigkeit des hinteren Gerüsts konstant gehalten wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man die Dicke des Walzgutes am Eintritt und am Austritt und die Walzdruckkraft mißt und die Modell-

koeffizienten nach Maßgabe der am vorderen Gerüst gemessenen Austrittsgeschwindigkeit des Walzgutes, der gemessenen Dickenwerte und der Walzdruckkraft neu errechnet und ändert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß man die Austrittsgeschwindigkeit des Walzgutes am vorderen Gerüst durch den Vergleich zweier von dem Walzgut ausgehender, zufälligen Schwankungen unterworfenener, gleicher, gegeneinander phasenverschobener Signale mißt, wobei der Vergleich mittels eines Korrelators mit gesteuerter Verzögerung erfolgt und der Anfangswert der Verzögerung der mittleren Durchgangsgeschwindigkeit des Walzgutkopfes vor den Empfängern entspricht.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

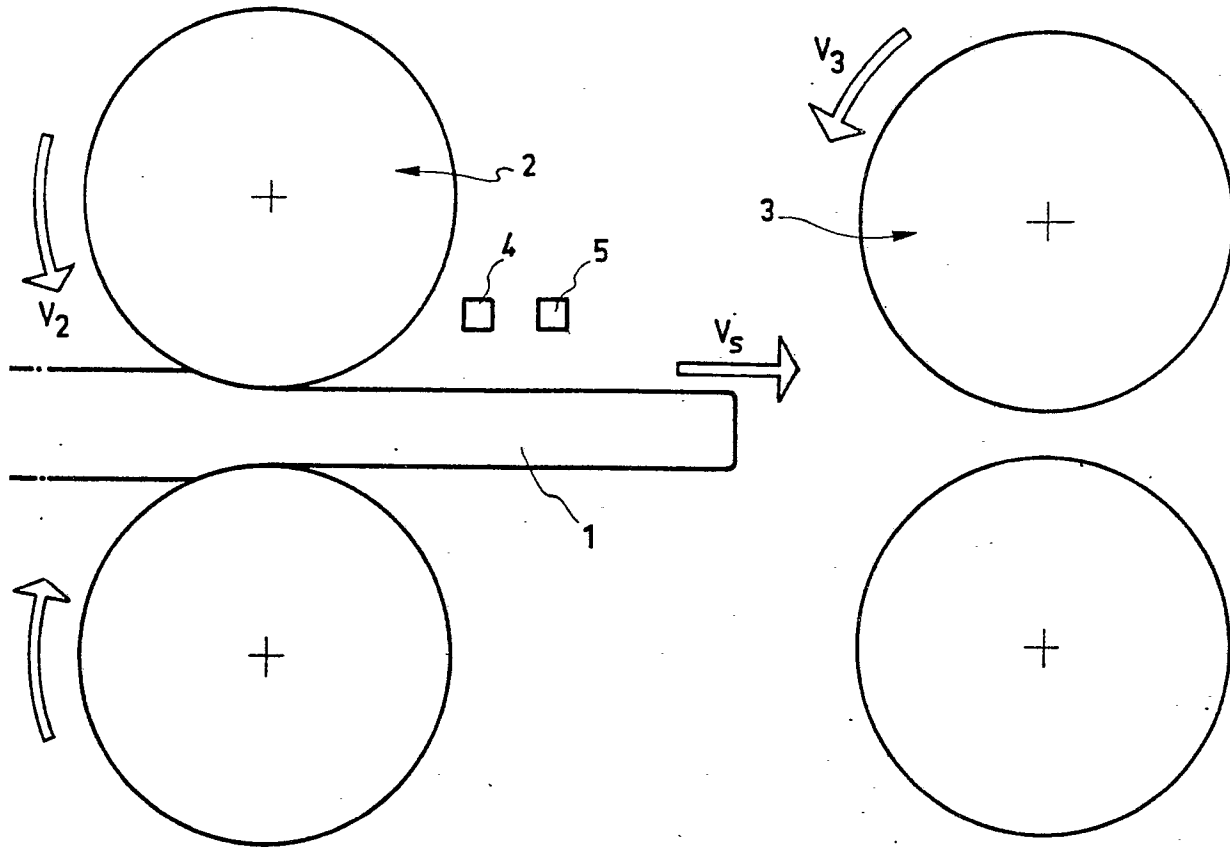
50

55

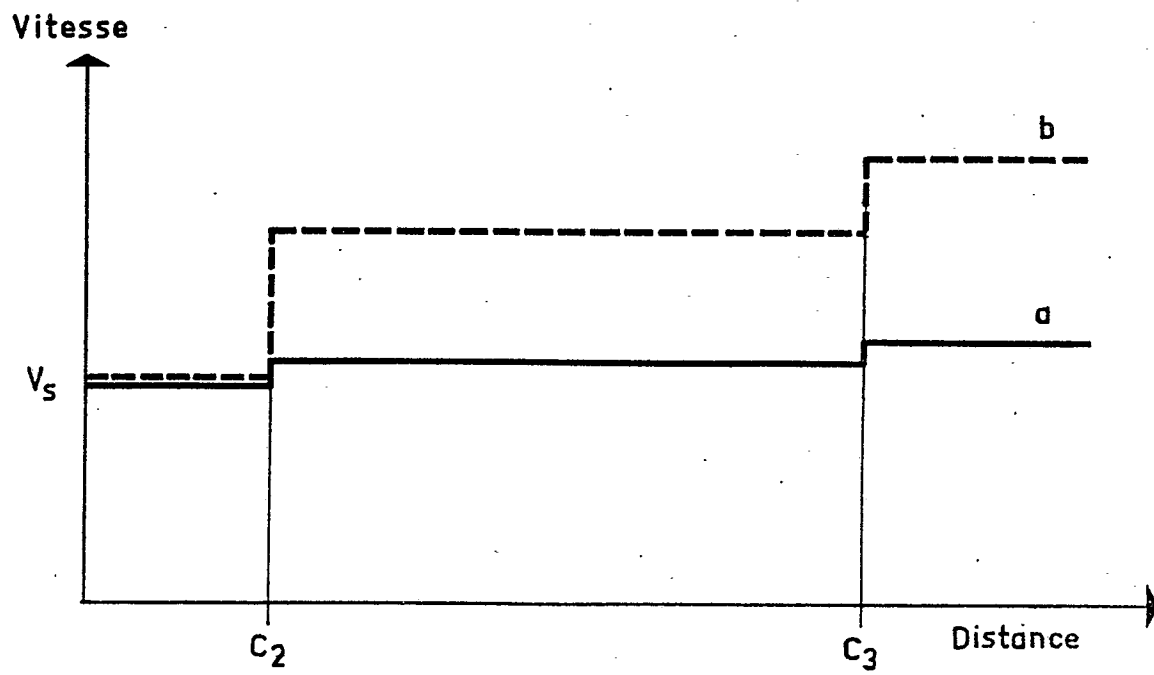
60

65

6



Fig_1 -



Fig_2 -