



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
14.01.2009 Bulletin 2009/03

(51) Int Cl.:
B21B 37/68 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07290719.9**

(22) Date de dépôt: **11.06.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

- **Szczepanski, Patrick**
57070 Metz (FR)
- **Naumann, Nils, Dr. Ing.**
15890 Eisenhüttenstadt (DE)
- **Daafouz, Jamal**
54500 Vandoeuvre (FR)
- **lung, Claude**
54460 Liverdun (FR)
- **Koschack, Uwe**
15890 Eisenhüttenstadt (DE)

(71) Demandeur: **ArcelorMittal France**
93200 Saint-Denis (FR)

(74) Mandataire: **Plaisant, Sophie Marie**
ARCELOR France
Arcelor Research Intellectual Property
5 Rue Luigi Cherubini
93212 La Plaine Saint-Denis Cedex (FR)

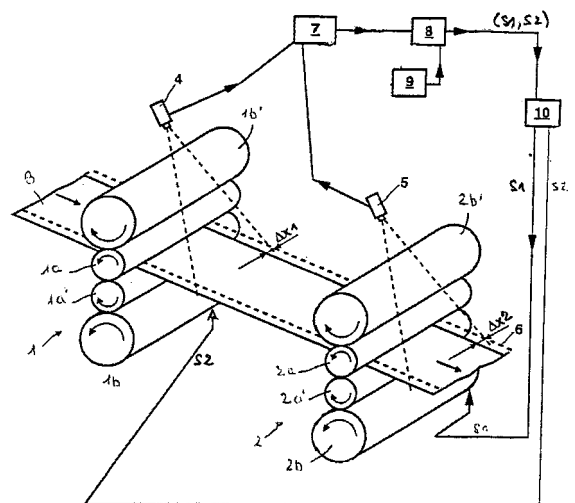
(72) Inventeurs:
• **Moretto, Christian**
57700 Hayange - St Nicolas en Forêt (FR)
• **Bonidal, Rémi**
57000 Metz (FR)

(54) **Procédé de laminage d'une bande métallique avec régulation de sa position latérale d'une bande et laminoir adapté**

(57) L'invention a pour objet un procédé de laminage d'une bande (B) à l'intérieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages dans lesquelles la bande (B) est simultanément sous emprise, selon lequel on régule la position latérale de ladite bande (B), en déterminant simultanément, en aval de chacune des cages du laminoir dans lesquelles la bande (B) est en emprise, une valeur représentative de sa position latérale selon une ligne transversale à sa direction de déplacement, et on calcule les écarts algébriques (Δx_p) entre les positions latérales et une position de référence (6); puis, à partir de ces écarts (Δx_p), on calcule la valeur (S_p) du déhanchement additionnel à imposer à chacune des cages dans lesquelles la bande (B) est en emprise, afin de ramener ces écarts algébriques (Δx_p) en dessous d'un seuil prédéterminé; on transmet à chacune des cages de laminoir la consigne de déhanchement additionnel (S_p) respective, et on renouvelle ces opérations à intervalles de temps prédéterminés, jusqu'à ce que ladite bande (B) ne soit plus sous l'emprise de la dernière cage dudit laminoir.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé, et un laminoir équipé d'au moins un tel dispositif.

Fig. 1



Description

[0001] L'invention concerne le laminage des produits métallurgiques. Plus précisément, elle concerne la régulation du positionnement latéral des bandes métalliques, notamment en acier, à l'intérieur d'un laminoir.

[0002] Habituellement, les bandes d'acier laminées à chaud sont fabriquées selon le schéma suivant:

- coulée continue d'une brame d'épaisseur 200 à 240 mm;
- réchauffage de la brame à une température d'environ 1100-1200°C;
- passage de la brame dans un laminoir dégrossisseur comportant une cage réversible unique ou une pluralité de cages indépendantes (par exemple au nombre de cinq) disposées les unes à la file des autres, de manière à obtenir une bande ayant une épaisseur de 30 à 50 mm environ;
- passage de la bande dans un laminoir finisseur comportant une pluralité de cages (par exemple au nombre de six ou sept) dans lesquelles la bande est simultanément présente, de manière à lui conférer une épaisseur de 1,5 à 10 mm environ, puis mise de la bande sous forme d'une bobine.

[0003] La bande laminée à chaud ainsi obtenue peut ensuite être soumise à des traitements thermomécaniques qui lui conféreront ses propriétés définitives, ou subir un laminage à froid qui réduira encore davantage son épaisseur avant l'accomplissement des ultimes traitements thermomécaniques.

[0004] Lors de son laminage, on observe des dépôts de bande à l'intérieur du laminoir finisseur, c'est à dire une déviation de la bande par rapport à sa trajectoire nominale entre deux cages. Cette déviation peut atteindre une trentaine de mm de part et d'autre de cette trajectoire nominale si rien n'est fait pour la compenser. Les dépôts de bande peuvent être à l'origine d'incidents tels que des froissements et des ruptures de la bande pendant le laminage, des refus d'engagement de la bande dans l'emprise des cylindres d'une cage du finisseur, un marquage des cylindres du laminoir suite à un choc avec la bande. Ces défauts peuvent être dus à l'état de la bande elle-même, ou aux perturbations mécaniques que son traitement dans des conditions anormales entraîne dans le fonctionnement du laminoir. De plus, le déport détériore l'homogénéité de l'épaisseur de la bande en sortie du laminoir finisseur. Enfin, il peut nuire à la bonne réalisation du bobinage de la bande.

[0005] Ces dépôts de bande sont en outre à l'origine d'un défaut de forme appelé "sabre": une bande présentant ce défaut, au lieu d'être rectiligne, est cintrée dans un plan horizontal. Ce défaut est dû à l'existence d'un coin, c'est à dire d'une différence d'épaisseur entre les deux rives de la bande laminée, dont la cause peut être d'ordre thermique ou mécanique si le réchauffage ou le laminage n'ont pas été effectués de façon très homogène

sur toute la largeur du produit.

[0006] Les dépôts de bande peuvent être corrigés à l'aide de guides latéraux placés entre les cages du laminoir, contre lesquels la bande vient frotter lorsqu'elle s'écarte de sa trajectoire nominale, et qui la réorientent vers ladite trajectoire nominale. Mais lorsque le déport devient très important (en particulier en fin de laminage, lorsque la cage située juste en amont de la cage considérée a libéré la queue de la bande et la laisse donc libre de pivoter vers le côté de la cage où l'entrefer des cylindres est le plus grand), l'effort que les guides doivent exercer sur la bande provoque des frottements qui détériorent ses rives, allant parfois jusqu'à les replier sur elles-mêmes ou les arracher. De plus, les guides s'usent et doivent être périodiquement remplacés.

[0007] Différents types de procédés ont été imaginés pour obtenir une régulation du phénomène de déport de la bande. Selon l'un de ces procédés (voir le document JP-A-4266414), on réalise une mesure de la différence entre les efforts exercés sur les deux extrémités des cylindres, et on considère que la valeur de cette différence est un indicateur de l'ampleur du déport. En conséquence, on réalise une augmentation du serrage exercé par les cylindres sur la bande du côté où a lieu le déport, en escomptant que cet accroissement localisé du serrage ramènera la bande vers sa position de référence (c'est à dire, généralement, en direction de l'axe du laminoir). Mais, cette mesure de différence d'efforts est sensible à d'autres facteurs que le déport de la bande, notamment à la valeur absolue du serrage, et on ne peut relier de manière rigoureuse sa valeur absolue à celle du déport. Et une fois l'augmentation du serrage réalisée sur l'un des côtés de la cage, il est difficile d'estimer quelles sont les parts respectives de cette modification du mode de serrage et de la réduction effective du déport dans la variation de la différence mesurée entre les efforts exercés sur les deux extrémités des cylindres. La mise en oeuvre d'un tel procédé de régulation est donc délicate, car les actions correctrices qu'il entraîne peuvent ne pas être bien adaptées au but recherché, au point, parfois, d'aggraver le déport de bande que l'on voulait corriger.

[0008] Un deuxième procédé de régulation du déport de bande consiste à mesurer directement le décentrement de la bande, comme cela est décrit dans DE-3837101. A cet effet, on place entre deux cages du laminoir un dispositif, tel qu'une caméra à diodes pourvue d'un référentiel, qui détermine la position absolue de la bande par rapport à l'axe du laminoir ou toute autre position de référence. D'après cette indication, on agit si nécessaire sur la différence entre les serrages exercés par les cylindres de cette cage sur les deux rives de la bande. Comme dans la méthode précédente, une augmentation du serrage sur le côté où a lieu le déport tend à ramener la bande dans sa position nominale. Ainsi, si on constate que la bande part vers la gauche, on modifie le serrage pour la dévier vers la droite. On peut utiliser un dispositif unique de mesure du décentrement de la bande ou une pluralité de tels dispositifs, placés chacun

dans un espace inter-cages différent. Dans de tels dispositifs, l'application d'un différentiel de serrage additionnel prédéterminé qui sera appliqué à une cage de laminage ne dépend que de la détection qualitative de déport effectuée au moyen de la caméra associée à l'inter-cage en aval de cette cage. Un tel procédé est cependant fortement susceptible d'aggraver le déport de bande final, à la sortie du laminoir, car la détection du déport est réalisée de façon tardive par rapport à son apparition, ce qui limite pour le moins l'efficacité de la correction et la rend éventuellement contre-productive en cas de variation brutale du déport en amont de la cage concernée. En outre, ces méthodes ne permettent pas un réel contrôle de la valeur du déport, seule une correction approximative étant apportée.

[0009] Le but de l'invention est de proposer un procédé de laminage d'une bande dans un laminoir de produits métalliques permettant de contrôler efficacement la position latérale de cette bande lors de son laminage et permettant d'agir avec plus de précision et de rapidité que les méthodes existantes, de manière à éviter les incidents de laminage. Un avantage supplémentaire serait d'obtenir une bande exempte de coin et par conséquent de sabre.

[0010] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de laminage d'une bande à l'intérieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages dans lesquelles ladite bande est simultanément sous emprise, selon lequel on régule la position latérale de ladite bande, ladite régulation comprenant les opérations suivantes :

- on détermine simultanément, en aval de chacune des cages du laminoir dans lesquelles ladite bande est en emprise, une valeur représentative de la position latérale de la bande selon une ligne transversale à sa direction de déplacement, et on calcule les écarts algébriques (Δxp) entre lesdites positions latérales et une position de référence ;
- à partir de ces écarts (Δxp), on calcule la valeur (Sp) du déhanchement additionnel à imposer à chacune desdites cages du laminoir dans lesquelles ladite bande est en emprise, afin de ramener lesdits écarts algébriques (Δxp) en dessous d'un seuil prédéterminé;
- on transmet à chacune desdites cages de laminoir la consigne de déhanchement additionnel (Sp) respective,
- et on renouvelle lesdites opérations à intervalles de temps prédéterminés, jusqu'à ce que ladite bande ne soit plus sous l'emprise de la dernière cage dudit laminoir.

[0011] Le procédé selon l'invention peut en outre comprendre les caractéristiques optionnelles suivantes, prises isolément ou en combinaison :

- la position de référence est choisie de telle sorte que

le coin de la bande soit nul,

- le calcul des valeurs (Sp) de déhanchements additionnels est effectué en multipliant les valeurs d'écarts (Δxp) par une matrice de gain K,
- 5 - la matrice de gain K est constante jusqu'à ce que la bande ne soit plus sous l'emprise que de la première cage du laminoir,
- la matrice de gain K est déterminée en prenant en compte au moins un paramètre de réglage initial du procédé de laminage et au moins une caractéristique de la bande à laminier,
- 10 - la valeur calculée de position latérale de la bande est obtenue en utilisant les paramètres de la matrice de gain K,
- 15 - au moins deux des valeurs représentatives de la position latérale de la bande sont des valeurs fournies par des capteurs placés en aval des cages de laminoir correspondantes,
- au moins une des valeurs représentatives de la position latérale de la bande est une valeur calculée à partir des valeurs fournies par lesdits capteurs placés en aval des autres cages de laminoir, les autres valeurs représentatives étant les valeurs fournies par les capteurs,
- 20 - toutes les valeurs représentatives de la position latérale de la bande sont des valeurs mesurées par les capteurs, au nombre de un en aval de chaque cage du laminoir.
- les valeurs fournies par les capteurs sont obtenues par filtrage du signal brut d'acquisition, le filtrage prenant en compte les valeurs calculées d'écarts (Δxp) entre les positions latérales de la bande et la position de référence,
- 25 - lorsqu'un déhanchement additionnel (Sp) à imposer est inférieur à un seuil prédéterminé, aucune consigne de déhanchement additionnel n'est transmise à la cage concernée.
- lorsque la bande n'est plus sous l'emprise de la première cage du laminoir, on régule à la fois la position latérale de la partie de la bande encore sous l'emprise d'au moins deux cages du laminoir et l'angle de pivotement par rapport à l'axe de laminage de la queue de la bande, en calculant et en transmettant une valeur de déhanchement additionnel à chaque cage sous laquelle la bande est encore présente,
- 30 - pour chaque cage, on détermine la valeur de déhanchement additionnel à appliquer en utilisant une valeur représentative de l'angle de pivotement de la queue de bande à l'entrée de la cage,
- 35 - on calcule la valeur représentative dudit angle de pivotement au moyen de valeurs représentatives de la position latérale de la bande selon une ligne transversale à sa direction de déplacement, dans lesdites cages en emprise avec la bande, lesdites valeurs représentatives étant obtenues suivant l'invention.
- 40
- 45
- 50
- 55

[0012] L'invention a également pour objet un dispositif de régulation de la position latérale d'une bande à l'inté-

rieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages dans lesquelles la bande est simultanément sous emprise et comprenant:

- au moins deux capteurs fournissant un signal brut d'acquisition permettant la détermination de valeurs représentatives de la position latérale de la bande selon une ligne transversale à sa direction de déplacement en aval d'au moins deux cages du laminoir,
- des moyens pour déterminer les écarts algébriques (Δxp) entre les valeurs représentatives et une position de référence,
- des moyens de calcul de la valeur (Sp) du déhanchement additionnel à imposer à chacune des cages du laminoir, à partir des écarts (Δxp), afin de ramener les écarts algébriques (Δxp) en dessous d'un seuil prédéterminé, et
- des moyens pour transmettre la consigne de déhanchement additionnel (Sp) respective à chacune des cages de laminoir, à intervalles de temps prédéterminés.

[0013] Le dispositif selon l'invention peut en outre comprendre les caractéristiques optionnelles suivantes, prises isolément ou en combinaison :

- le dispositif comprend en outre des moyens de calcul d'une matrice de gain K qui permet d'obtenir les valeurs (Sp) de déhanchements additionnels par multiplication de la matrice K avec les valeurs d'écarts (Δxp),
- le dispositif comprend en outre des moyens de filtrage du signal brut d'acquisition des capteurs.

[0014] L'invention a également pour objet un dispositif de régulation de la position de la queue d'une bande à l'intérieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages, comprenant :

- des moyens de calcul de l'angle de pivotement de la queue de bande avec l'axe de laminage,
- des moyens de calcul de la valeur du déhanchement additionnel à imposer à chacune des cages du laminoir, afin de ramener la valeur de l'angle de pivotement en dessous d'un seuil prédéterminé, et
- des moyens pour transmettre la consigne de déhanchement additionnel (Sp) respective à chacune des cages de laminoir, à intervalles de temps prédéterminés.

[0015] L'invention concerne enfin un laminoir de produits métalliques sous forme de bandes du type comportant au moins deux cages et au moins un dispositif de régulation de la position latérale de la bande du type selon l'invention. Ce laminoir peut en outre inclure au moins un dispositif de régulation de la position de la queue de la bande selon l'invention.

[0016] Le laminoir selon l'invention peut en outre com-

prendre les caractéristiques optionnelles suivantes, prises isolément ou en combinaison :

- le laminoir peut être un laminoir finisseur pour le laminage à chaud de bandes d'acier
- le laminoir peut comprendre deux, cinq, six ou sept cages de laminage.
- le laminoir peut être un laminoir pour le laminage à froid ou le skin-pass de bandes d'acier.

[0017] Comme on l'aura compris, l'invention consiste tout d'abord à contrôler le déport de la bande par l'imposition d'un déhanchement additionnel à chaque cage du laminoir entre lesquelles la bande est en traction, chaque déhanchement étant calculé à partir de valeurs représentatives du déport de la bande dans toutes les zones inter-cages. Ce procédé permet ainsi d'allier efficacité et rapidité du contrôle, sans risque pour la bande et pour le laminoir. On entend ici par déhanchement le différentiel de positionnement des organes de serrage entre le côté « opérateur » et le côté « moteur ». Cette valeur de déhanchement peut se régler en serrant plus ou moins les extrémités des rouleaux de soutien.

[0018] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence aux figures annexées :

- Fig.1 : schéma d'un laminoir à deux cages équipé d'un dispositif de régulation selon l'invention,
- Fig.2 : schéma d'un laminoir à cinq cages équipé d'un dispositif de régulation selon l'invention,
- Fig.3 : cinq courbes représentant une simulation des déports à la sortie de chaque cage du laminoir de la figure 2 en fonction du temps pour une première bande laminée selon l'invention et une seconde bande laminée selon l'art antérieur, et une courbe représentant le coin résiduel à la sortie du laminoir pour ces deux bandes,
- Fig.4 : première courbe représentant une simulation de l'évolution des déports en sortie de chaque cage du laminoir de la figure 2, en fonction du temps et seconde courbe représentant les valeurs de déhanchements additionnels appliquées à chaque cage ayant permis d'obtenir les écarts présentés à la première courbe,
- Fig. 5 : courbe représentant l'évolution du déport au niveau de chaque inter-cage lorsque le procédé selon l'invention est mis en oeuvre (courbe « avec contrôle » ou selon l'art antérieur (courbe « sans contrôle »).

[0019] La figure 1 montre une bande métallique B en train d'être laminée dans un laminoir comprenant deux cages 1, 2 dans lesquelles la bande B est simultanément sous emprise, par exemple un laminoir finisseur pour le laminage à chaud des bandes d'acier. Les laminoirs de ce type comportent généralement 5, 6 ou 7 cages. Chacune cage 1, 2 comprend, classiquement, deux cylindres

de travail 1 a, 1 a', 2a, 2a' et deux cylindres de soutien 1b, 1b', 2b, 2b'.

[0020] Selon l'invention, un premier capteur 4 (tel qu'une caméra à diodes, ou tout autre appareil de fonction équivalente) qui acquiert un signal brut permettant in fine de déterminer une valeur représentative de la position de la bande B, selon une ligne transversale à sa direction de déplacement, entre la cage 1 et la cage 2, et un deuxième capteur 5 similaire au précédent, qui effectue la même opération en aval de la cage 2.

[0021] En pointillés 6, on a représenté une position de référence que devrait normalement occuper la bande B en l'absence de déport. Cette position de référence est généralement centrée sur l'axe géométrique théorique du laminoir. Il peut cependant être avantageux de choisir une position de référence différente afin de minimiser le coin résiduel de la bande B à la sortie du laminoir. Cela pourra en particulier être le cas lorsque l'axe géométrique du laminoir ne coïncide pas avec l'axe selon lequel a réellement lieu le laminage. Quoi qu'il en soit, il a été vérifié que la détermination de cette position de référence n'a pas d'influence sur le contrôle du déport de la bande, mais uniquement sur le coin résiduel.

[0022] Cette position de référence 6 est mise en mémoire dans une première unité de traitement 7 vers laquelle sont envoyés les signaux bruts recueillis par les capteurs 4, 5, et cette première unité de traitement 7 détermine les valeurs des écarts algébriques Δx_1 et Δx_2 entre les positions de la bande B enregistrées respectivement par les capteurs 4 et 5 et la position de référence 6.

[0023] En fonction du type de capteur 4, 5 utilisé, l'unité de traitement 7 pourra avoir à traiter le signal brut du capteur pour obtenir une valeur représentative de la position de la bande (B). Ainsi, si les capteurs 4, 5 sont des caméras matricielles de type CCD, le signal d'acquisition est constitué d'une image de la zone couverte par la caméra. Afin de positionner la bande B, on pourra alors traiter le signal à l'aide de logiciels appropriés pour filtrer les pixels actifs et pour détecter les contours de la bande B et ainsi déterminer sa position latérale.

[0024] Les capteurs 4 et 5 seront, de préférence, positionnés perpendiculairement à leurs zones de mesures respectives et devront être fixés sur des supports indépendants des laminoirs, présentant le moins de vibrations possible. De manière avantageuse, on pourra utiliser le capteur 5 à la fois pour contrôler le déport de la bande B, mais aussi pour mesurer sa largeur à la sortie du laminoir.

[0025] Les valeurs calculées de Δx_1 et Δx_2 sont ensuite transmises à une deuxième unité de traitement 8 qui calcule les valeurs de déhanchement additionnel S1 et S2 devant être imposées aux cages 1 et 2.

[0026] Le calcul de S1 et S2 pourra avantageusement être réalisé en multipliant les valeurs de Δx_1 et Δx_2 par une matrice de gain K. Une troisième unité de traitement 9 a pour fonction de déterminer cette matrice de gain K qui sera transmise à l'unité de calcul 8.

[0027] Cette matrice de gain K pourra notamment être déterminée par des essais préalables à la production, au cours desquels on pourra modéliser les relations liant les déports de la bande et les déhanchements des cylindres de soutien du laminoir.

[0028] Cette modélisation pourra tenir compte d'une ou plusieurs grandeurs caractéristiques du procédé de laminage, telles que la largeur des cylindres, l'effort de laminage, la vitesse de rotation des cylindres de travail, etc...

[0029] Elle pourra également tenir compte d'une ou plusieurs caractéristiques de la bande à laminier, telles que l'épaisseur de la bande à l'entrée du laminoir, sa dureté, sa température, etc...

[0030] On pourra ainsi utiliser des matrices moyennes déterminées grâce au laminage de produits différents, représentatifs du carnet de production ou bien encore des matrices spécifiques à un produit particulier, ce qui permet de gagner en précision.

[0031] La matrice de gain K reste constante pendant le procédé de laminage d'une bande B, au moins tant que la bande reste sous l'emprise de la première cage de laminoir, seules les valeurs représentatives du déport de la bande étant alors modifiées à chaque nouveau cycle d'acquisition de données des capteurs 4 et 5. Lorsque la bande quitte l'emprise de la première cage de laminoir, on pourra utiliser une matrice de gain modifiée tenant compte du fait que la bande n'est plus sous l'emprise que de N-1 cages, si n est le nombre total de cage. De même, on pourra changer de matrice de gain au fur et à mesure que la bande quitte les emprises successives des cages du laminoir, pour un meilleur contrôle du déport.

[0032] Les valeurs des consignes de serrage S1 et S2 peuvent ensuite être transmises à des moyens 10 de transmission des consignes que l'on va imposer aux actionneurs commandant le déhanchement des cages 1 et 2 (qui sont d'un type connu en eux-mêmes et non représentés sur la figure 1).

[0033] Le procédé selon l'invention permet de contrôler les déports latéraux de la bande par rapport à sa position nominale et de passer sous le seuil des 10 mm, alors que les procédés de l'art antérieur ne permettent pas de passer sous le seuil des 20 mm.

[0034] Lorsque le calcul des déhanchements S1 et S2 à imposer aux cages de laminoir aboutirait à des valeurs inférieures à un seuil prédéterminé, on pourra prévoir qu'aucune consigne n'est transmise aux moyens 10. Il en est en particulier ainsi lorsque le déport attendu à la suite de la mise en oeuvre des déhanchements additionnels S1 et S2 ne dépasse pas 2 mm, par exemple.

[0035] Le cycle de régulation pourra être renouvelé toutes les 50 ou 100 ms, par exemple, la fréquence étant de préférence choisie pour assurer une bonne stabilité de la régulation.

[0036] Les modèles mathématiques utilisés pour relier le déport et le déhanchement additionnel à imposer aux cages de laminoir étant valables tant que la bande con-

sidérée est sous traction entre deux cages, on pourra continuer à contrôler la position latérale de la bande jusqu'à ce que celle-ci ne soit plus sous l'emprise que de la dernière cage. On contrôle alors uniquement la position latérale de la partie de la bande encore sous l'emprise d'au moins deux cages du laminoir, qu'on appelle encore « corps de bande », en agissant bien sûr uniquement sur les cages sous lesquelles la bande est encore présente.

[0037] On pourra alors avantageusement contrôler simultanément la partie de la bande en amont du corps de bande, qu'on appelle encore « queue de bande ». En effet, cette partie de la bande est susceptible de pivoter par rapport à l'axe de laminage et peut même former des plis venant endommager les cylindres de travail du laminoir.

[0038] Pour la réguler, on pourra tout d'abord calculer une valeur de l'angle de pivotement en amont de chaque cage, en utilisant de préférence les valeurs représentatives du déport du corps de bande acquis ou calculées précédemment. On réalise alors un nouveau pseudo-capteur sans équipement supplémentaire.

[0039] A partir des valeurs représentatives du déport du corps de bande dans chaque inter-cage et de l'angle de pivotement de la queue de bande en amont de chaque cage, on peut alors déterminer la valeur du déhanchement additionnel global à imposer aux cages sous lesquelles la bande est encore présente, afin de contrôler à la fois les angles de pivotement de la queue de bande et la position latérale du corps de bande dans chaque intercage.

[0040] Si on considère à présent la figure 2 qui représente schématiquement un laminoir à cinq cages muni d'un dispositif de régulation selon l'invention, on constate que l'on détermine là-aussi cinq valeurs représentatives du déport de la bande : une par inter-cage plus une en aval de la dernière cage du laminoir.

[0041] Afin de contrôler efficacement le déport de la bande dans les zones où elle est en traction entre deux cages, les présents inventeurs ont constaté qu'il était nécessaire de disposer d'au moins deux capteurs réels pouvant donner un signal représentatif de la position de la bande dans l'inter-cage correspondant.

[0042] Cependant, ils ont également constaté qu'il était possible d'utiliser ces données fournies par les au moins deux capteurs réels présents pour reconstituer des valeurs représentatives du déport de la bande dans les autres inter-cages, à la manière de pseudo-capteurs.

[0043] En fonction du nombre de pseudo-capteurs et de leur emplacement sur la ligne de laminage, les résultats en terme de contrôle du déport de la bande sont équivalents ou très légèrement dégradés par rapport au contrôle obtenu avec un capteur réel par inter-cage.

[0044] L'utilisation de ces pseudo-capteurs peut permettre de pallier la défaillance d'un ou plusieurs capteurs installés sur la ligne lorsque ceux-ci tombent en panne lors d'une production ou lorsque le signal transmis est inexploitable en raison des conditions mêmes du procédé. Il peut en aller ainsi dans les zones où un décalami-

nage a lieu, générant une vapeur dense perturbant le fonctionnement de caméras CCD, par exemple.

[0045] Cette utilisation peut également permettre de limiter le nombre de capteurs réels installés sur la ligne, diminuant ainsi le coût d'investissement et de maintenance du dispositif.

[0046] Lorsque l'on met en oeuvre le procédé de laminage selon l'invention dans un laminoir comportant cinq cages et plus, on préfère ne pas imposer de déhanchement additionnel à la dernière cage de laminoir, par mesure de sécurité, car il n'est plus possible de rectifier le déport de la partie de la bande sortant du laminoir en cas d'anomalie due à l'équipement, par exemple.

[0047] Si l'on considère à présent la figure 3, on peut y voir cinq séries de courbes représentant une simulation des déports à la sortie de chaque cage du laminoir de la figure 2 (SOC1 à 5), en fonction du temps, pour une première bande laminée selon l'invention (courbe supérieure) et une seconde bande laminée selon l'art antérieur (courbe inférieure), et une série de deux courbes représentant le coin résiduel à la sortie du laminoir pour la bande laminée selon l'invention (courbe supérieure) et la bande laminée selon l'art antérieur (courbe inférieure).

[0048] On constate qu'avec le procédé selon l'invention, le déport de la bande est progressivement contrôlé pour atteindre un niveau stable, en dessous du seuil de 10 mm, tandis que le déport de la bande traitée selon l'art antérieur n'est pas stabilisé et dépasse systématiquement les 50 mm.

[0049] La courbe représentant la simulation de coin est elle-aussi parlante puisqu'on obtient un coin nul pour la bande traitée selon l'invention, tandis que le coin est important et irrégulier pour la bande traitée selon l'art antérieur.

[0050] La figure 4 correspondant aux mêmes simulations et reprend en partie supérieure les cinq courbes de déport de la bande selon l'invention, en fonction du temps. Elle montre également en partie inférieure les courbes de déhanchements additionnels (DeltaS1 à 5) imposés à chacune des cinq cages du laminoir au cours du temps et qui ont permis d'obtenir le contrôle des déports et du coin final pour la bande traitée selon l'invention. On voit ainsi qu'en faisant varier ces déhanchements additionnels en fonction des valeurs de déport de chaque inter-cage, on peut réussir à rectifier en final des déports initiaux importants existants en raison d'hétérogénéité dues au procédé. Ce faisant, on rectifie également le coin résiduel qui peut d'ailleurs être à l'origine du déport localisé.

[0051] On a ensuite procédé à un essai en conditions réelles du procédé de laminage selon l'invention sur un laminoir finisseur à cinq cages, dont les résultats sont représentés sur la figure 5.

[0052] La courbe qui y est présentée représente l'évolution du déport au niveau de chaque inter-cage lorsque le procédé selon l'invention est mis en oeuvre (courbe « avec contrôle ») ou selon l'art antérieur (courbe « sans contrôle »). On vérifie là-aussi que le procédé selon l'in-

vention permet un contrôle du déport qui peut ainsi être abaissé de 37 à 10 mm en final, lorsqu'on le mesure à 10 mètres de la sortie du train finisseur. Le procédé selon l'art antérieur ne permet quant à lui pas de contrôler le déport qui augmente régulièrement. En final, on observe un déport réduit de 63% entre la bande traitée selon l'invention et celle traitée selon l'art antérieur, alors que les valeurs initiales de déport à la sortie de la première cage étaient très proches.

[0053] L'invention est applicable, en premier lieu, sur les laminoirs finisseurs pour le laminage à chaud des bandes d'acier. Mais on peut lui trouver des applications sur d'autres types de laminoirs pour bandes métalliques comportant au moins deux cages dans lesquelles la bande est simultanément sous emprise. On pourra ainsi mettre en oeuvre l'invention pour le laminage à froid ou le skin-pass de bandes métalliques, telles que des bandes d'acier ou d'alliages ferreux ou non, ou bien encore d'aluminium.

Revendications

1. Procédé de laminage d'une bande (B) à l'intérieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages dans lesquelles ladite bande (B) est simultanément sous emprise, selon lequel on règle la position latérale de ladite bande (B), ladite régulation comprenant les opérations suivantes :
 - on détermine simultanément, en aval de chacune des cages du laminoir dans lesquelles ladite bande (B) est en emprise, une valeur représentative de la position latérale de la bande (B) selon une ligne transversale à sa direction de déplacement, et on calcule les écarts algébriques (Δxp) entre lesdites positions latérales et une position de référence (6);
 - à partir de ces écarts (Δxp), on calcule la valeur (S_p) du déhanchement additionnel à imposer à chacune desdites cages du laminoir dans lesquelles ladite bande (B) est en emprise, afin de ramener lesdits écarts algébriques (Δxp) en dessous d'un seuil prédéterminé;
 - on transmet à chacune desdites cages de laminoir la consigne de déhanchement additionnel (S_p) respective,
 - et on renouvelle lesdites opérations à intervalles de temps prédéterminés, jusqu'à ce que ladite bande (B) ne soit plus sous l'emprise de la dernière cage dudit laminoir.
2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel que ladite position de référence (6) est choisie de telle sorte que le coin de ladite bande (B) soit nul.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, selon lequel le calcul desdites valeurs (S_p) de déhanchements additionnels est effectué en multipliant lesdites valeurs d'écarts (Δxp) par une matrice de gain K.
4. Procédé selon la revendication 3, selon lequel ladite matrice de gain K est constante jusqu'à ce que ladite bande (B) ne soit plus sous l'emprise que de la première cage dudit laminoir.
5. Procédé selon la revendication 4, selon lequel ladite matrice de gain K est déterminée en prenant en compte au moins un paramètre de réglage initial du procédé de laminage et au moins une caractéristique de la bande (B) à laminier.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, selon lequel au moins deux desdites valeurs représentatives de la position latérale de la bande (B) sont des valeurs fournies par des capteurs placés en aval des cages de laminoir correspondantes.
7. Procédé selon la revendication 6, selon lequel au moins une desdites valeurs représentatives de la position latérale de la bande (B) est une valeur calculée à partir des valeurs fournies par lesdits capteurs placés en aval des autres cages de laminoir, les autres valeurs représentatives étant les valeurs fournies par lesdits capteurs.
8. Procédé selon la revendication 7, selon lequel ladite valeur calculée de position latérale de la bande (B) est obtenue en utilisant les paramètres de la matrice de gain K selon l'une ou l'autre des revendications 3 ou 4.
9. Procédé selon la revendication 6, selon lequel toutes les valeurs représentatives de la position latérale de la bande (B) sont des valeurs mesurées par lesdits capteurs, au nombre de un en aval de chaque cage dudit laminoir.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, selon lequel lesdites valeurs fournies par lesdits capteurs sont obtenues par filtrage du signal brut d'acquisition, ledit filtrage prenant en compte les valeurs calculées d'écarts (Δxp) entre lesdites positions latérales de la bande (B) et la position de référence (6).
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, selon lequel, lorsqu'un déhanchement additionnel (S_p) à imposer est inférieur à un seuil prédéterminé, aucune consigne de déhanchement additionnel n'est transmise à la cage concernée.
12. Procédé de laminage d'une bande (B) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, selon lequel, lorsque ladite bande (B) n'est plus sous l'emprise de la première cage dudit laminoir, on règle à la fois

- la position latérale de la partie de la bande (B) encore sous l'emprise d'au moins deux cages du laminoir et l'angle de pivotement par rapport à l'axe de laminage de la queue de la bande (B), en calculant et en transmettant une valeur de déhanchement additionnel à chaque cage sous laquelle la bande (B) est encore présente.
13. Procédé selon la revendication 12, selon lequel, pour chaque cage, on détermine la valeur de déhanchement additionnel à appliquer en utilisant une valeur représentative dudit angle de pivotement de la queue de bande (B) à l'entrée de la cage.
14. Procédé selon la revendication 13, selon lequel on calcule ladite valeur représentative dudit angle de pivotement au moyen de valeurs représentatives de la position latérale de la bande (B) selon une ligne transversale à sa direction de déplacement, dans lesdites cages en emprise avec la bande (B), lesdites valeurs représentatives étant obtenues conformément aux revendications 8 à 12.
15. Dispositif de régulation de la position latérale d'une bande (B) à l'intérieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages (1,2) dans lesquelles ladite bande (B) est simultanément sous emprise et comprenant:
- au moins deux capteurs (4,5) fournissant un signal brut d'acquisition permettant la détermination de valeurs représentatives de la position latérale de la bande (B) selon une ligne transversale à sa direction de déplacement en aval d'au moins deux cages (1,2) dudit laminoir,
 - des moyens (7) pour déterminer les écarts algébriques (Δxp) entre lesdites valeurs représentatives et une position de référence (6),
 - des moyens (8) de calcul de la valeur (S_p) du déhanchement additionnel à imposer à chacune desdites cages du laminoir, à partir desdits écarts (Δxp), afin de ramener lesdits écarts algébriques (Δxp) en dessous d'un seuil prédéterminé, et
 - des moyens (10) pour transmettre la consigne de déhanchement additionnel (S_p) respective à chacune desdites cages de laminoir, à intervalles de temps prédéterminés.
16. Dispositif selon la revendication 15, comprenant en outre des moyens (9) de calcul d'une matrice de gain K qui permet d'obtenir lesdites valeurs (S_p) de déhanchements additionnels par multiplication de ladite matrice K avec lesdites valeurs d'écarts (Δxp).
17. Dispositif selon l'une ou l'autre des revendications 15 ou 16, comprenant en outre des moyens de filtrage du signal brut d'acquisition desdits capteurs.
18. Dispositif de régulation de la position de la queue d'une bande (B) à l'intérieur d'un laminoir de produits métalliques comportant au moins deux cages (1,2), comprenant :
- des moyens de calcul de l'angle de pivotement de ladite queue de bande (B) avec l'axe de laminage,
 - des moyens de calcul de la valeur du déhanchement additionnel à imposer à chacune desdites cages (1,2) du laminoir, afin de ramener la valeur dudit angle de pivotement en dessous d'un seuil prédéterminé, et
 - des moyens pour transmettre la consigne de déhanchement additionnel (S_p) respective à chacune desdites cages (1,2) de laminoir, à intervalles de temps prédéterminés.
19. Dispositif de régulation selon la revendication 18 comprenant en outre des moyens de transmission des écarts algébriques (Δxp) entre les valeurs représentatives de la position latérale de la bande (B) selon une ligne transversale à sa direction de déplacement en aval d'au moins deux cages (1,2) dudit laminoir, et une position de référence (6), vers lesdits moyens de calcul de l'angle de pivotement de ladite queue de bande (B) avec l'axe de laminage.
20. Laminoir de produits métalliques sous forme de bandes, du type comportant au moins deux cages (1,2) et au moins un dispositif de régulation de la position latérale de la bande (B) du type selon l'une quelconque des revendications 15 à 17.
21. Laminoir selon la revendication 20 comportant en outre au moins un dispositif de régulation de la position de la queue de ladite bande (B) selon l'une ou l'autre des revendications 18 ou 19.
22. Laminoir selon l'une ou l'autre des revendications 20 ou 21, **caractérisé en ce qu'il s'agit d'un laminoir finisseur pour le laminage à chaud de bandes d'acier.**
23. Laminoir selon la revendication 22, comprenant deux, cinq, six ou sept cages de laminage.
24. Laminoir selon l'une ou l'autre des revendications 20 ou 21, **caractérisé en ce qu'il s'agit d'un laminoir pour le laminage à froid ou le skin-pass de bandes d'acier.**
25. Laminoir selon la revendication 24, comprenant deux, trois, quatre ou cinq cages de laminage.

Fig. 1

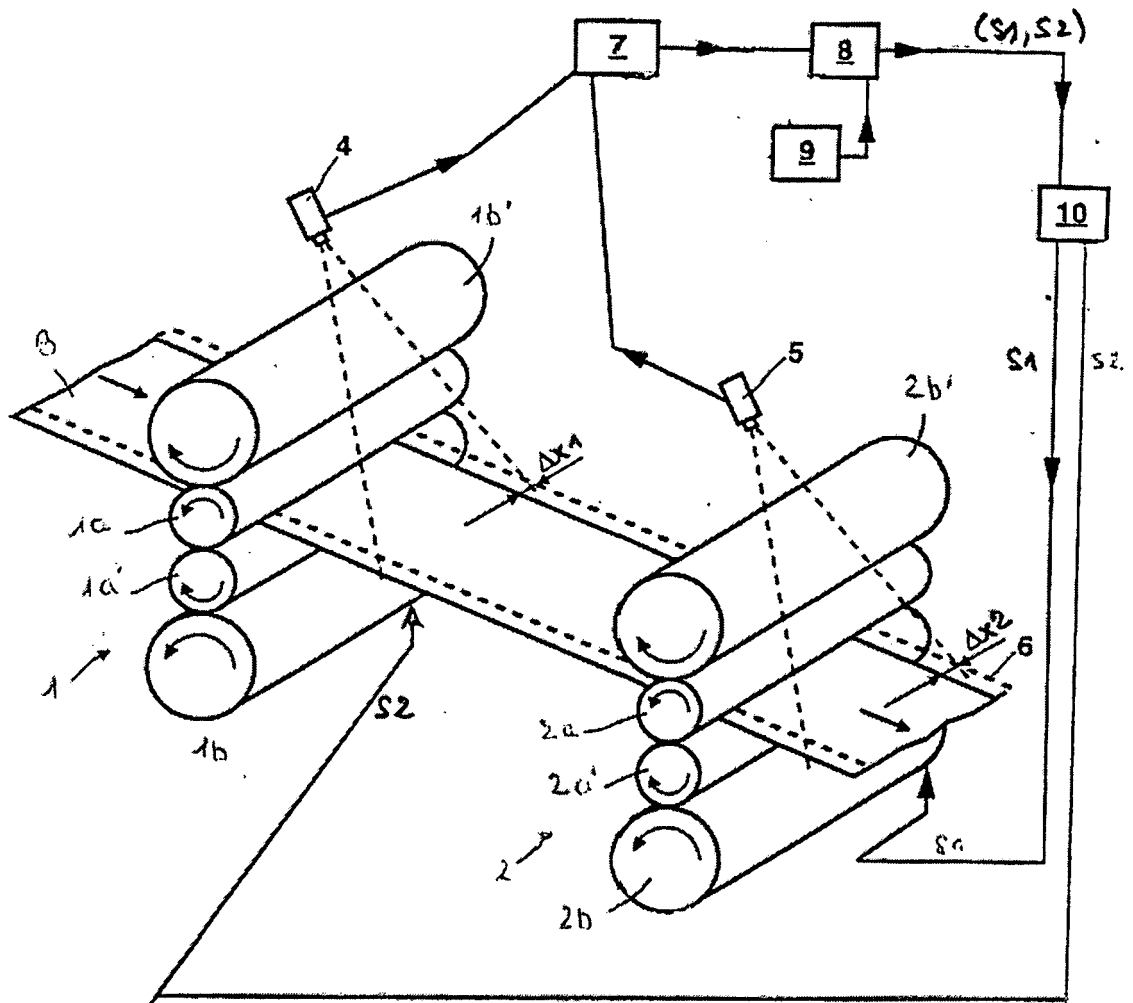


Fig. 2

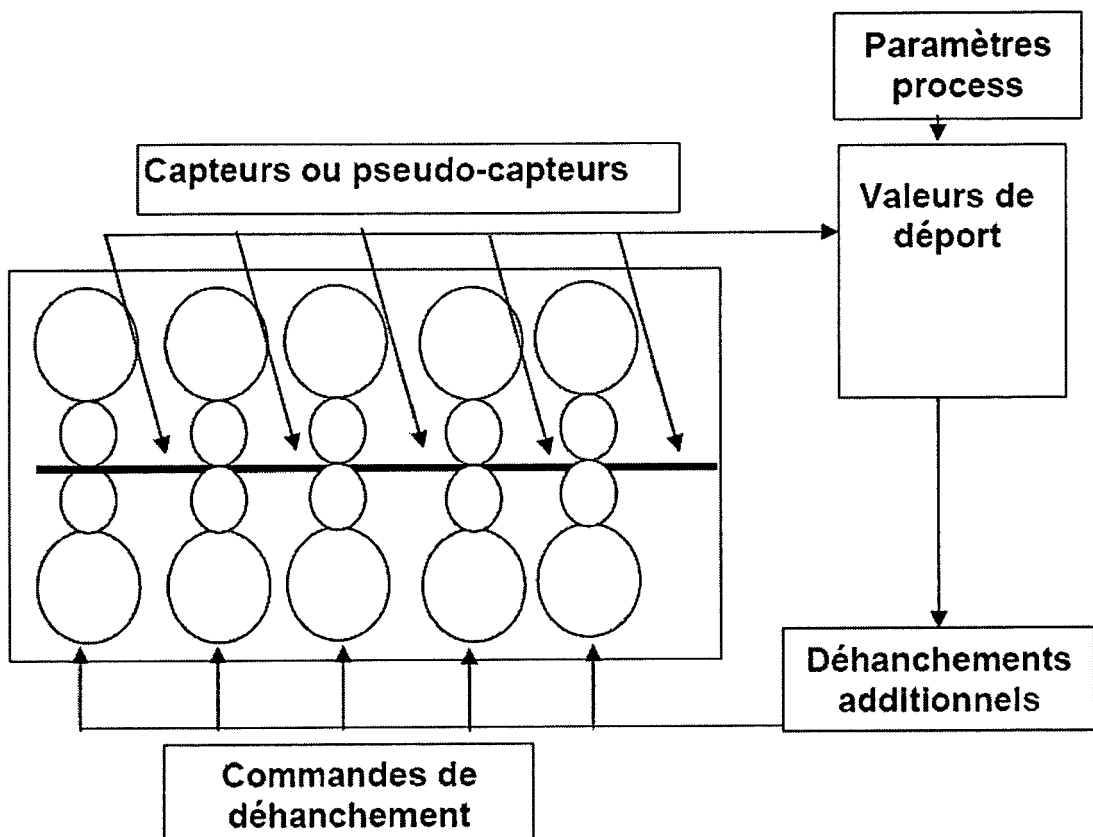


Fig. 3

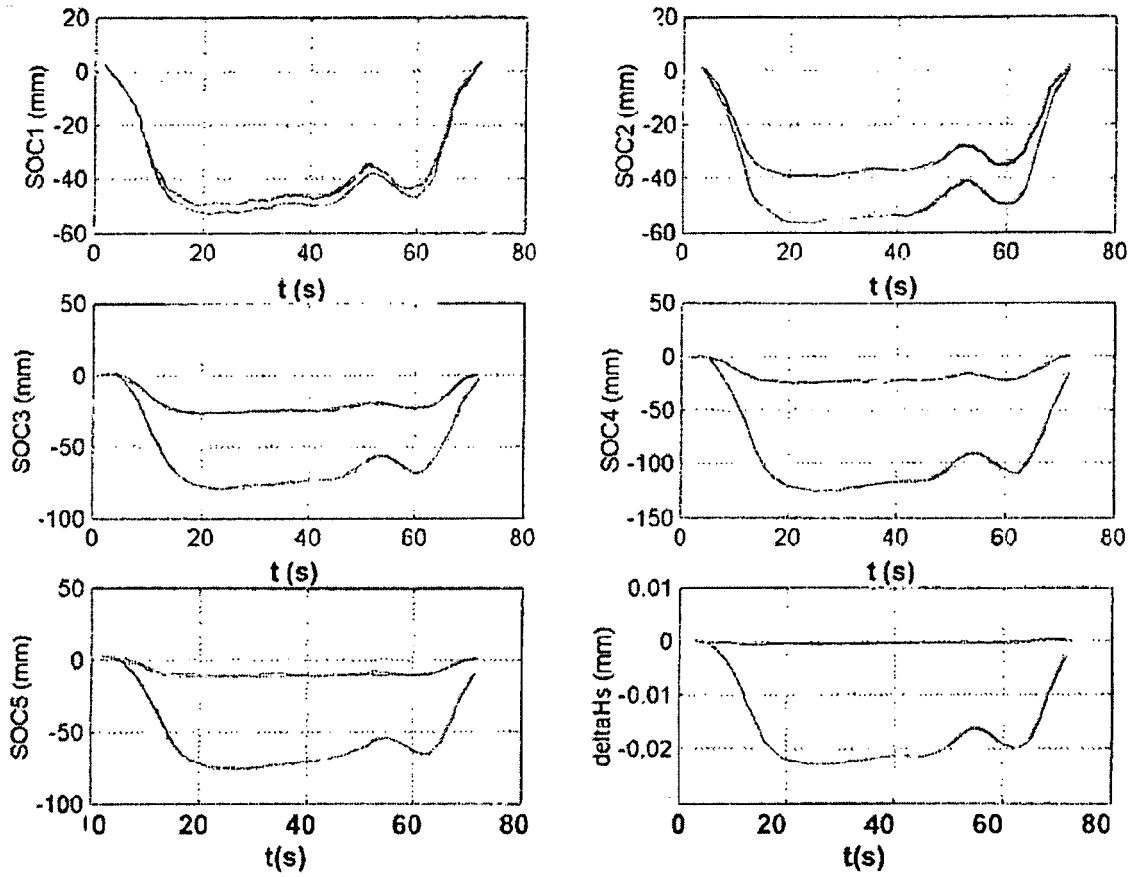


Fig. 4

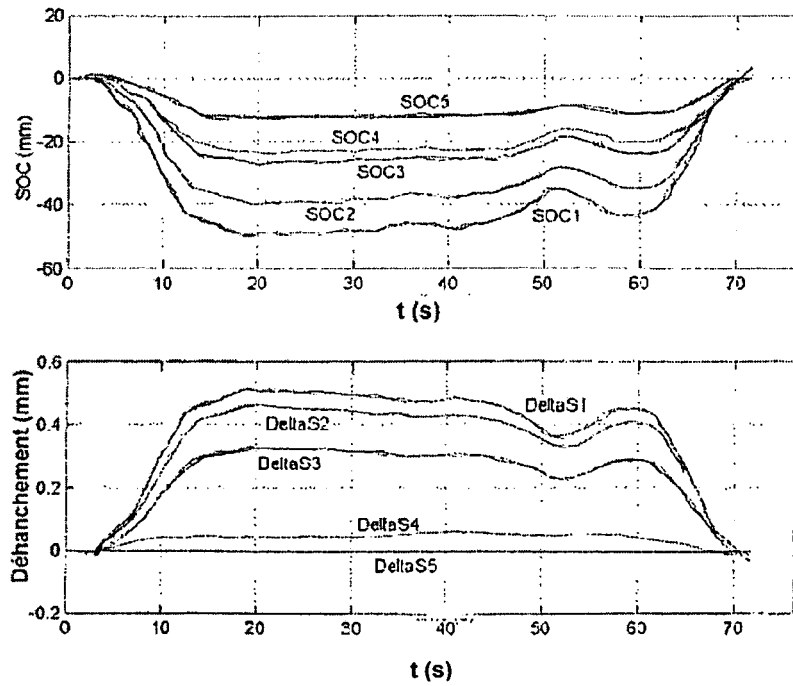
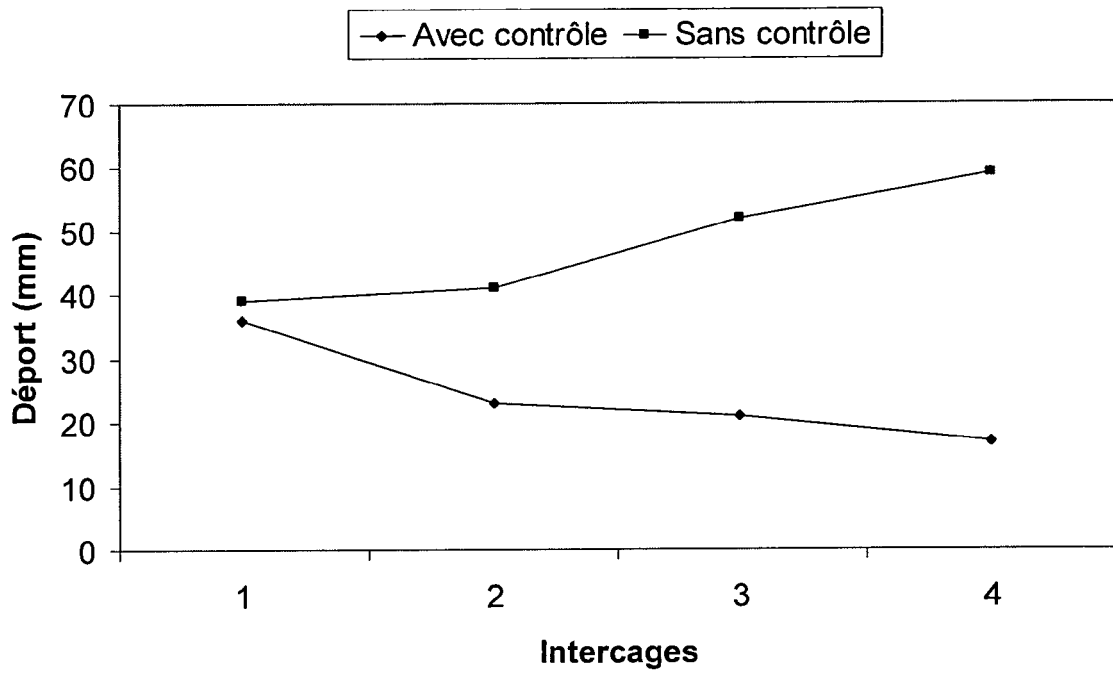


Fig. 5





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	JP 02 020608 A (SUMITOMO METAL IND) 24 janvier 1990 (1990-01-24)	1-17,20, 22-25	INV. B21B37/68
Y	* abrégé *	18,19,21	
Y	----- JP 59 104206 A (SUMITOMO METAL IND) 16 juin 1984 (1984-06-16)	18,19,21	
A	----- GB 2 329 264 A (KVAERNER TECH & RES LTD [GB] KVAERNER TECHNOLOGY & RES LTD [GB]) 17 mars 1999 (1999-03-17)	1,15,18	
A	----- JP 60 210304 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 22 octobre 1985 (1985-10-22)	1,15,18	
A	----- DE 31 16 278 A1 (BETR FORSCH INST ANGEW FORSCH [DE]) 11 novembre 1982 (1982-11-11)	1,15,18	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	----- DE 197 04 337 A1 (SIEMENS AG [DE]) 6 août 1998 (1998-08-06)	1,15,18	B21B
	----- * colonne 2, ligne 51 - colonne 3, ligne 5; figure 4 *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		5 septembre 2007	Forciniti, Marco
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire	 & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503_03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 07 29 0719

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

05-09-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2020608	A	24-01-1990	AUCUN	
JP 59104206	A	16-06-1984	AUCUN	
GB 2329264	A	17-03-1999	AU 8642498 A	29-03-1999
			CA 2302767 A1	18-03-1999
			WO 9912670 A1	18-03-1999
			US 5996384 A	07-12-1999
JP 60210304	A	22-10-1985	AUCUN	
DE 3116278	A1	11-11-1982	FR 2504415 A1	29-10-1982
			GB 2100475 A	22-12-1982
			IT 1190784 B	24-02-1988
			JP 57181709 A	09-11-1982
DE 19704337	A1	06-08-1998	AT 409597 B	25-09-2002
			AT 900398 A	15-02-2002
			WO 9834741 A1	13-08-1998

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- JP 4266414 A [0007]
- DE 3837101 [0008]