



(11) **EP 1 996 347 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**15.12.2010 Bulletin 2010/50**

(51) Int Cl.:  
**B21B 37/52 (2006.01) B21B 37/16 (2006.01)**  
**B21B 37/46 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **07731138.9**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2007/000443**

(22) Date de dépôt: **14.03.2007**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2007/104865 (20.09.2007 Gazette 2007/38)**

(54) **PROCEDE DE LAMINAGE D'UNE BANDE DE TOLE**

**VERFAHREN ZUM WALZEN EINES BLECHBANDS**

**METHOD FOR ROLLING A SHEET METAL STRIP**

(84) Etats contractants désignés:  
**DE ES FR**

(72) Inventeur: **BROUSSARD, Lionel**  
**F-91400 Orsay (FR)**

(30) Priorité: **14.03.2006 FR 0602229**

(74) Mandataire: **Blot, Philippe Robert Emile**  
**Cabinet Lavoix**  
**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(43) Date de publication de la demande:  
**03.12.2008 Bulletin 2008/49**

(73) Titulaire: **Converteam SAS**  
**91300 Massy (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 0 000 454 JP-A- 4 059 113**  
**JP-A- 61 088 911**

**EP 1 996 347 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif de contrôle de laminage à froid d'une bande de tôle, du type comportant le passage de la bande en continu dans au moins deux cages successives comportant chacune au moins deux cylindres entraînés entre lesquels la bande circule et subit un écrasement, selon les préambules des revendications 1 et 13, voir par exemple JP-61 088 911.

[0002] Le laminage à froid est une étape importante dans l'élaboration des produits longs dans l'industrie métallurgique. Son objectif est de réduire l'épaisseur du produit d'entrée. Les tôles produites sont usuellement destinées aux industries automobiles et alimentaires.

[0003] Le laminage consiste donc à réduire l'épaisseur d'une bande de métal par déformation plastique. Pour cela, la bande circule en continu entre deux cylindres rotatifs, appelés cylindres de travail, à axes parallèles délimitant entre eux un espace de pincement couramment appelé entrefer, et sur lesquelles un effort est appliqué. La réduction d'épaisseur de la bande est alors obtenue par écrasement. Ce dispositif constitue une cage d'un laminoir. L'utilisation de plusieurs cages successives dans lesquelles la bande passe simultanément constitue un tandem de laminoir.

[0004] Les cylindres de travail sont entraînés en rotation à une vitesse réglée. Au fur et à mesure du passage dans les cages du laminoir, la vitesse de la bande augmente compte tenu de la diminution de son épaisseur, et du maintien de sa largeur.

[0005] Pour des raisons métallurgiques, les variations d'épaisseur en sortie du tandem doivent être les plus faibles possibles. Pour cela, différentes boucles de régulation sont mises en oeuvre.

[0006] Ainsi, il est courant de mesurer en continu la vitesse linéaire de la bande en sortie de la première cage, l'épaisseur de la bande en entrée et en sortie de la première cage et l'épaisseur en sortie de la dernière cage.

[0007] Par exemple, il est connu de corriger l'épaisseur en agissant sur l'entrefer des cylindres de travail de la première cage en fonction de la mesure d'épaisseur effectuée en entrée de la première cage. L'entrefer est la distance séparant les deux cylindres de travail.

[0008] De même, il est connu de modifier l'entrefer des cylindres de travail de la première cage en fonction de la mesure d'épaisseur effectuée en sortie de cette première cage.

[0009] Il est également connu de modifier la vitesse de rotation des cylindres de la première cage en fonction de l'épaisseur de la bande en sortie de la première cage.

[0010] Enfin, il est connu d'agir sur la vitesse de rotation des cylindres de la dernière cage à partir de l'épaisseur mesurée en sortie de cette dernière cage.

[0011] Ces procédés de correction permettent de réduire les variations d'épaisseur de la bande, mais restent insuffisants pour tenir compte des phénomènes complexes qui se produisent dans un laminoir.

[0012] Par ailleurs, dans le contexte particulier du laminage à chaud, il est connu, d'après le document EP-A1-0 000 454, un procédé de compensation des effets d'une variation de glissement sur la traction intercage de façon à maintenir cette traction à une valeur constante afin de maintenir la largeur du produit laminé. Ce procédé est basé sur le principe du maintien de la vitesse de la bande aux deux extrémités de l'intercage.

[0013] Dans le contexte du laminage à froid, les phénomènes physiques mis en jeu sont différents. Ainsi, la traction intercage n'a aucune influence sur la largeur du produit laminé. Par conséquent, le problème du maintien de la traction intercage à une valeur constante résolu par le procédé décrit dans le document EP-A1-0 000 454 n'est pas important dans le contexte du laminage à froid. De plus, la question du contrôle de la traction de la bande dans une installation de laminage à froid est facilement résolue par la mise en oeuvre d'une régulation de traction utilisant des tractiomètres. Ces dispositifs ne sont généralement pas utilisés lors du laminage d'une tôle à chaud, car très difficiles de mise en oeuvre

[0014] Il est par ailleurs usuel, dans les laminoirs à froid, de laisser la traction intercage augmenter naturellement lorsque la vitesse de laminage diminue. Contrairement aux procédés de laminage à chaud (où la traction est maintenue constante), c'est cette variation de traction intercage qui provoque une variation du glissement de sortie de la cage amont.

[0015] Ainsi, l'invention a pour objet de proposer un procédé de laminage à froid permettant de réduire encore les variations d'épaisseur de la bande en sortie du laminoir.

[0016] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de contrôle du laminage à froid d'une bande de tôle du type précité, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- l'estimation de la variation de glissement en sortie d'une cage ; et
- la correction de la vitesse de rotation des cylindres d'au moins une cage corrigée en fonction de la variation de glissement estimée.

[0017] Suivant des modes particuliers de mise en oeuvre, le procédé comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'estimation de la variation de glissement comporte une étape de mesure de la vitesse linéaire de la bande en sortie de la cage et une étape d'estimation de la vitesse circonférentielle des cylindres dans la cage, et une étape de calcul du glissement de la bande à partir de la vitesse linéaire de la bande en sortie de la cage et de la vitesse circonférentielle des cylindres de la cage ;
- l'estimation de la variation de glissement est effectuée sur la première cage en considérant le sens de circulation de la bande ;
- la correction de la vitesse est appliquée sur un en-

semble d'au moins deux cages successives, en considérant le sens de circulation de la bande ;

- les corrections de vitesse appliquées aux cages successives sont identiques ;
- la correction de la vitesse comporte une variation de la vitesse de la cage corrigée sensiblement à l'instant d'estimation de la variation de glissement;
- la correction de la vitesse comporte une variation de la vitesse de la première cage corrigée avec un décalage temporel égale au temps de transfert de la bande entre la dernière cage corrigée et la cage suivante en considérant le sens de circulation de la bande ;
- le décalage temporaire intègre un retard dû à un filtrage ; et
- la correction de la vitesse comporte une variation de la vitesse de la première cage corrigée avec un décalage temporel égale au temps de transfert de la bande entre la cage suivant la cage où la variation de glissement est estimée et la première cage corrigée en considérant le sens de circulation de la bande ;
- une correction de serrage est appliquée pour au moins une cage adjacente à une cage corrigée pour maintenir la traction ; et
- la commande d'un dispositif de maintien de la traction situé en amont de la première cage et ladite commande tient compte de la variation de glissement estimée.

**[0018]** L'invention a également pour objet un dispositif de contrôle du laminage d'une bande de tôle comportant au moins deux cages successives comportant chacune au moins deux cylindres entraînés entre lesquels la bande circule et subit un écrasement, **caractérisé en ce qu'il comporte :**

- des moyens d'estimation de la variation de glissement en sortie d'une cage ;
- des moyens de correction de la vitesse de rotation des cylindres d'au moins une cage corrigée en fonction de la variation de glissement estimée, et
- des moyens pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus.

**[0019]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue schématique d'une installation de laminage selon l'invention ;
- la Figure 2 est un schéma des moyens pour compenser l'effet des variations de glissement sur l'épaisseur explicitant les étapes des corrections à mettre en oeuvre suivant un premier mode de réalisation ; et
- les Figures 3 et 4 sont des vues identiques à celles

des Figures 1 et 2 respectivement d'un autre mode de réalisation.

**[0020]** Sur la Figure 1 est illustrée schématiquement une installation 10 de laminage à froid d'une bande B de tôle métallique. Ainsi, cette installation comporte, comme connu en soi, un système 11 de maintien de la traction en entrée du laminoir. Ce système comporte une dérouleuse 12 dans le cas d'un laminoir bobine à bobine ou un bloc en S dans le cas d'un laminoir continu, dont la vitesse de déroulement est commandée par une unité 14 de pilotage du couple.

**[0021]** L'installation de laminage sur laquelle peut s'appliquer cette invention comporte de deux à six cages. A titre d'exemple, nous décrirons une installation constituée de cinq cages 16A, 16B, 16C, 16D et 16E au travers desquelles la bande B circule successivement.

**[0022]** Comme connu en soi, chaque cage du laminoir comporte deux cylindres de travail 18 à axes parallèles entre lesquels circule la bande B. Ces cylindres sont entraînés en rotation par des moteurs d'entraînement dont la vitesse est régulée en fonction d'une consigne prédéterminée  $u_A$ ,  $u_B$ , propre à chaque cage. Chaque cage comporte un dispositif de serrage hydraulique ou électromécanique 22 permettant de transmettre aux deux cylindres de travail 18 l'effort de laminage nécessaire afin que ceux-ci assurent la réduction d'épaisseur prédéterminée. Ce dispositif 22 assure un réglage de l'entrefer séparant les deux cylindres 18. L'effort de laminage est transmis du dispositif 22 aux cylindres de travail 18 au travers d'un empilage d'un ou plusieurs cylindres d'appui 20.

**[0023]** Une jauge 24 d'épaisseur  $J_0$  est disposée en amont de la première cage 16A. Cette jauge 24 est propre à déterminer en continu l'épaisseur de la bande B avant son entrée dans la première cage 16A.

**[0024]** De même, une seconde jauge 26 d'épaisseur  $J_1$  est disposée en sortie de la première cage 16A. Elle est propre à déterminer en continu l'épaisseur de la bande B après son laminage dans la cage 16A.

**[0025]** Par ailleurs, un capteur 28 de vitesse  $V_{S1}$  est disposé en sortie de la première cage 16A. Il est propre à déterminer en continu la vitesse linéaire instantanée de circulation de la bande B en sortie de la cage 16A. Le capteur est formé par exemple d'un vélocimètre laser.

**[0026]** Comme connu en soi, la jauge 26 est reliée à une unité 29 de correction de vitesse en fonction de l'épaisseur mesurée en sortie de la première cage 16A.

**[0027]** Comme connu en soi, les moteurs d'entraînement des cylindres 18 de la première cage 16A et de la seconde cage 16B sont commandés chacun par un régulateur de vitesse 30A, 30B propre à définir une consigne de vitesse pour le moteur de la cage associée. Le régulateur de vitesse 30A est relié à l'unité 29 de correction de vitesse pour recevoir une correction de vitesse brute  $u_{1A}$  utilisée pour le calcul de la consigne  $u_A$  appliquée à la première cage 16A.

**[0028]** Le régulateur de vitesse 30A reçoit en entrée

une vitesse théorique  $u_{tA}$ .

**[0029]** Le régulateur de vitesse 30B est propre à recevoir en entrée une vitesse théorique  $u_{tB}$  et en sortie fournir un signal  $u_B$  de vitesse brute appliquée au moteur d'entraînement de la deuxième cage 16B.

**[0030]** Comme connu en soi, les erreurs d'épaisseur mesurées par la jauge 24 à l'entrée de la cage 16A sont compensées par une action sur l'entrefer des cylindres de travail 18 de la cage 16A par l'intermédiaire du dispositif de serrage 22. Cette action modifie l'épaisseur en sortie de la cage 16A.

**[0031]** Comme connu en soi, les erreurs d'épaisseur mesurées par la jauge 26 à la sortie de la cage 16A sont corrigées également par une action sur l'entrefer des cylindres de travail 18 de la cage 16A par l'intermédiaire du dispositif de serrage 22. Cette action modifie l'épaisseur en sortie de la cage 16A.

**[0032]** Comme connu en soi, les erreurs d'épaisseur mesurées par la jauge 26 à la sortie de la cage 16A sont corrigées en sortie de la seconde cage 16B par une action sur la vitesse de la première cage 16A. Cette correction de vitesse est élaborée par l'unité 29 et appliquée sur la cage 16A par le régulateur 30A, propre à réguler la vitesse de rotation des cylindres de travail 18 en modifiant la référence vitesse  $u_{tA}$  tel que :

$$U_{3A} = (1 + u_{1A}) * u_{tA}.$$

**[0033]** La correction de vitesse  $u_{1A}$  associée à la première cage 16A est fournie à une unité de compensation d'inertie 32, elle-même reliée à l'unité de pilotage de couple 14. L'unité 32 est propre à déterminer à partir de la correction de vitesse  $u_{1A}$ , et des caractéristiques mécaniques de la bande, le couple qui doit être imposé au système 12 de maintien de la traction en entrée du laminoir.

**[0034]** Selon l'invention, une unité 34 de compensation de la vitesse de rotation des cylindres de travail d'au moins deux cages en fonction d'une variation de glissement mesurée en sortie de la première cage de l'installation de laminage est prévue dans l'installation.

**[0035]** Dans le premier mode de réalisation illustré sur la figure 1, l'unité de compensation 34 est propre à modifier la vitesse de rotation des cylindres seulement de la première cage 16A. L'unité 34 est reliée au capteur 28 de mesure de la vitesse  $V_{s1}$ . En outre, des capteurs 36 de mesure de vitesse de rotation des moteurs d'entraînement des cylindres sont prévus sur la première cage. Cette mesure permet de calculer la vitesse circonférentielle  $V_{c1}$  des cylindres de travail à l'aide de la relation

$$V_{c1} = \pi * D_{t1} * N_{t1}$$

dans laquelle :

- $D_{t1}$  est le diamètre du cylindre de travail
- $N_{t1}$  est la mesure de la vitesse de rotation des cylindres de travail.

**[0036]** L'unité 34 est reliée à ces capteurs de vitesse de rotation. La vitesse du cylindre est différente de la vitesse de la bande en amont et en aval du cylindre du fait de la variation d'épaisseur de cette bande lors du passage entre deux cylindres et des phénomènes physiques liés au laminage. La vitesse de la bande n'est égale à la vitesse du cylindre qu'en un point de la périphérie du cylindre désignée par point neutre.

**[0037]** Le schéma de l'unité de compensation 34 est illustré sur la Figure 2. Cette unité comporte un module 42 de calcul du glissement de la bande en sortie de la cage 16A, un module 44 de calcul de la variation temporelle de glissement de la bande et une unité 46 d'élaboration d'un signal de correction de la vitesse de rotation des seuls cylindres de la première cage 16A.

**[0038]** Plus précisément, le module de calcul du glissement 42 comporte un diviseur 52 propre à assurer la division de la vitesse linéaire  $V_{s1}$  de la bande en sortie de la première cage 16A par la vitesse circonférentielle  $V_{c1}$  des cylindres de la première cage délivrée par le capteur 36.

**[0039]** Un soustracteur 54 assure la soustraction du chiffre 1 au résultat du quotient des vitesses.

**[0040]** Ainsi, le glissement  $g_1$  est obtenu par l'équation:

$$g_1 = \left( \frac{V_{s1}}{V_{c1}} - 1 \right)$$

dans laquelle :

- $V_{s1}$  est la vitesse linéaire de la bande entre les première et seconde cages ; et
- $V_{c1}$  est la vitesse circonférentielle des cylindres de la première cage.

**[0041]** Le module de calcul 42 comporte en sortie un filtre 58 permettant de filtrer la mesure du glissement  $g_1$ .

**[0042]** Le module 44 de calcul de la variation temporelle de glissement  $\Delta g_1$  comporte une mémoire 62 propre à mémoriser une valeur de glissement filtré initial  $g_{1i}$  produite par le module 42 lors de la mise en route de l'unité 34. Ainsi, un déclencheur 64 est propre à assurer la mémorisation de la valeur courante de glissement produite par le module 42 lors de la mise en route de l'unité.

**[0043]** Le module 44 comporte en outre un soustracteur 66 propre à effectuer la différence entre le glissement filtré courant  $g_1$  obtenu en sortie du module 42 et la valeur du glissement filtré initial  $g_{1i}$  stockée dans la mémoire 62. Une variation de glissement  $\Delta g_1 = g_1 - g_{1i}$  dans la cage 16A est ainsi obtenue.

**[0044]** L'unité 46 dans ce mode de réalisation est propre à assurer le réglage de la correction relative de vitesse de l'unité 34. En théorie ce gain vaut -1.

**[0045]** Un signal de correction supplémentaire  $u_{2A} = -1 \cdot \Delta g_1$  est ainsi obtenu en sortie du module 46.

**[0046]** Comme illustré sur la Figure 1, la sortie de l'unité 46 est reliée à un multiplicateur 69A prévu en sortie du régulateur de vitesse 30A. La sortie du multiplicateur fournit la valeur de consigne  $u_A$  de vitesse au moteur d'entraînement des cylindres 18. Le multiplicateur est propre à multiplier la consigne  $u_{3A}$  par  $(1 + u_{2A})$ . Ainsi, la consigne de vitesse  $u_{1A}$  se trouve augmentée ou diminuée en pourcentage d'une quantité égale à l'opposé de la variation de glissement  $\Delta g_1$  à l'instant de mesure considéré.

**[0047]** On constate qu'une telle installation permet d'assurer une meilleure régularité de l'épaisseur de la bande en sortie de l'installation de laminage. En effet, la correction supplémentaire  $u_{2A}$  apportée par l'unité 34 permet de tenir compte dans la conduite de l'installation des variations de glissement qui se produisent notamment dans la première cage en agissant directement sur cette cage.

**[0048]** La correction supplémentaire effectuée par l'unité 34 est satisfaisante puisqu'il est possible de démontrer que la variation de glissement dans une cage est égale à la variation relative d'épaisseur dans la cage suivante, c'est-à-dire que :

$$\frac{\Delta E_2}{E_2} = \Delta g_1$$

dans laquelle :

$\Delta E_2$  est la variation d'épaisseur en sortie de la cage 16B ;

$E_2$  est l'épaisseur de référence en sortie de la cage 16B ;

$\Delta g_1$  est la variation de glissement en sortie de la cage

**[0049]** Sur la Figure 3 est illustré un autre mode de réalisation d'une installation de laminage. Celle-ci reprend des éléments identiques ou correspondants à ceux de la Figure 1. Ils sont désignés par les mêmes numéros de références.

**[0050]** Cette installation comporte en outre un capteur 138 de mesure de la vitesse  $V_{C2}$  de rotation des moteurs d'entraînement de la cage 16B permettant de mesurer la vitesse circonférentielle instantanée des cylindres de travail de la deuxième cage 16B. Ce capteur est relié à l'unité de compensation supplémentaire 34.

**[0051]** Dans ce mode de réalisation, l'unité 34 comporte deux sorties, l'une reliée au multiplicateur 69A et une seconde reliée à un second multiplicateur 69B intégré dans le régulateur de vitesse 30B.

**[0052]** La seconde sortie de l'unité de compensation

supplémentaire 34 est propre à fournir une correction supplémentaire  $u_{2B}$  adressée au multiplicateur 69B pour fournir en sortie de celui-ci une valeur de consigne de vitesse  $u_B$  appliquée au moteur de la seconde cage 16B.

**[0053]** La consigne  $u_B$  est égale à la consigne brute  $u_{1B}$  corrigée par la correction supplémentaire  $u_{2B}$  suivant la relation  $u_B = u_{1B}(1 + u_{2B})$ .

**[0054]** En outre, l'unité 34 de compensation supplémentaire comporte une sortie  $u_{2C}$  de commande de la position de serrage des rouleaux de la troisième cage 16C.

**[0055]** Le schéma de l'unité de correction supplémentaire 34 est illustré sur la Figure 4. On retrouve sur ce schéma les modules 42 et 44 du premier mode de réalisation.

**[0056]** En outre, l'unité 34 comporte un module 70 d'estimation du temps de transfert du produit entre les deuxième et troisième cages 16B, 16C. Celui-ci comporte une mémoire 72 de stockage de la distance  $d_{23}$  séparant les deuxième et troisième cages 16B et 16C ainsi qu'un estimateur 74 de la vitesse linéaire  $V_{S2}$  de la bande entre les deuxième et troisième cages 16B, 16C. Cet estimateur 74 est propre à déterminer, par le calcul, la vitesse de la bande en sortie de la deuxième cage 16B, notamment à partir de la relation

$$V_{S2} = V_{C2}(1 + g_{S2Th})$$

dans laquelle :

- $V_{S2}$  est la vitesse linéaire de la bande entre les deuxième et troisième cages ; et
- $V_{C2}$  est la vitesse circonférentielle des cylindres de travail de la deuxième cage obtenu à partir du capteur 138,
- $g_{S2Th}$  est le glissement théorique en sortie de la deuxième cage-

**[0057]** Le module 70 comporte un diviseur 76 propre à calculer le temps  $t_{23}$  de transfert d'un point de la bande B entre les deuxième et troisième cages à partir de la distance  $d_{23}$  séparant ces cages et de la vitesse  $V_{S2}$  de circulation de la bande.

**[0058]** En sortie du diviseur 76 est prévu un sommateur 78 relié à une mémoire 80 de stockage d'une constante de retard  $\tau$  correspondant au temps de propagation du filtre du glissement 58.

**[0059]** La sortie du module 70 est reliée à une ligne de retard 82 intégrée dans le module de correction 46. Cette ligne de retard reçoit en entrée le signal  $-\Delta g_1$  obtenu en sortie du multiplicateur 68.

**[0060]** La ligne de retard 82 est propre à assurer l'application d'un signal de correction supplémentaire  $u_{2A}$ ,  $u_{2B}$  vers les cages 16A et 16B avec le retard produit par le module 70.

**[0061]** La sortie de la ligne de retard 82 est appliquée

aux deux multiplicateurs 69A, 69B de sorte que les consignes de vitesse  $u_A$ ,  $u_B$  sont chacune corrigées relativement en pourcentage d'une quantité égale à

$$- \Delta g_1 (t + t_{23} - \tau)$$

où

$t$  est l'instant de mesure, ,

$t_{23}$  est le temps de transfert entre les cages 16A et 16B, et  $\tau$  est le temps de propagation du filtre du glissement 58.

**[0062]** Le rôle du module 47 est d'assurer le maintien de la traction entre les cages 16B et 16C en calculant une correction de serrage  $u_{2C}$  pour la cage 16C à partir de la correction de vitesse  $u_{2B}$ . En effet, la correction de vitesse  $u_{2B}$  d'une part et la variation d'épaisseur à l'entrée de la cage 16C engendrée par la variation de glissement  $\Delta g_1$  d'autre part provoquent ces variations de traction. La sortie du module 82 est filtrée par le module 90 pour assurer une adaptation des dynamiques du moteur de la cage 16B par rapport au serrage de la cage 16C. Un gain  $G_{91}$  est appliqué par un module 91 sur le signal de sortie du module 90 pour assurer que la variation de position du serrage  $u_{2C}$  de la cage 16C soit juste nécessaire pour compenser la variation de traction induite par  $u_{2B}$ .

**[0063]** Le gain du module 91 est donné par la relation :

$$G_{91} = \frac{\frac{\partial F_3}{\partial E_e}}{Cg_3} E_{e3}$$

dans laquelle

- $\frac{\partial F_3}{\partial E_e}$  est la variation d'effort de la cage 16C par rapport à la variation d'épaisseur en entrée de cette cage ; et
- $Cg_3$  est le cédage de la cage 16C ; et
- $E_{e3}$  est l'épaisseur à l'entrée de la cage 16C

**[0064]** Dans l'exemple illustré en regard des Figures 3 et 4, les première et deuxième cages ont leur vitesse de rotation des cylindres corrigée pour tenir compte des variations de glissement  $\Delta g_1$  en sortie de la première cage afin que la variation d'épaisseur ayant pu avoir lieu en sortie de la deuxième cage par rapport à une épaisseur optimale théorique soit compensée lors du passage de la bande dans la troisième cage 16C.

**[0065]** Plus généralement, le procédé selon l'invention peut être étendu à plus de deux cages successives, la vitesse des cylindres de toutes les cages ou d'un nombre seulement partiel de cages à l'exception de la dernière pouvant être corrigée d'une même quantité relative et en

tenant compte du temps de transfert du produit entre la deuxième cage et la dernière cage corrigée, afin que la dernière cage corrigée assure la compensation de la variation d'épaisseur engendrées par les variations de glissement en sortie de la première cage.

**[0066]** Avantageusement, et comme illustré sur les Figures 1 et 3, l'unité de compensation d'inertie 32 reçoit en outre la correction de vitesse  $u_{1A}$  du régulateur 30A comme cela est connu habituellement et la correction supplémentaire de vitesse  $u_{2A}$  obtenue en tenant compte de la correction de l'unité 34 de sorte que les variations de débit à l'entrée de la cage 16A puisse être compensées à l'aide du système de maintien de la traction en entrée du laminoir, ceci ayant pour but de ne pas perturber la traction à l'entrée de la cage 16A.

**[0067]** Dans le mode de réalisation illustré, les unités 30A, 30B et 34 sont distinctes. Toutefois, en variante, ces unités sont fonctionnellement mises en oeuvre par un seul et même calculateur.

**[0068]** Dans le mode de réalisation décrit précédemment, les corrections des vitesses des cages s'appliquent à partir de la première cage. Mais de façon dual, ces corrections de vitesse de cages peuvent être appliquées à partir de la dernière cage. Par exemple, pour un laminoir à cinq cages :

- seule une correction de vitesse relative égale à  $+\Delta g_1(t + t_{23} + t_{34} + t_{45} - \tau)$  est appliquée sur la dernière cage 16E, ou
- une correction de vitesse relative égale à  $+\Delta g_1(t + t_{23} + t_{34} - \tau)$  est appliquée sur les deux dernières cages 16D et 16E, ou
- une correction de vitesse relative égale à  $+\Delta g_1(t + t_{23} - \tau)$  est appliquée sur les trois dernières cages 16C, 16D, 16E.

**[0069]** Dans les formules qui précèdent, les notations suivantes sont utilisées :

- $t$  est l'instant de mesure,
- $t_{23}$  est le temps de transfert entre les cages 16B et 16C,
- $t_{34}$  est le temps de transfert entre les cages 16C et 16D,
- $t_{45}$  est le temps de transfert entre les cages 16D et 16E,
- $\tau$  est le temps de propagation du filtre du glissement 58.

**[0070]** Dans ce mode de réalisation, les compensations d'inertie sont appliquées sur l'enrouleuse.

## Revendications

1. Procédé de contrôle du laminage à froid d'une bande de tôle (B) comportant le passage de la bande à froid en continu dans au moins deux cages successives

(16A, 16B, 16C, 16D, 16E) comportant chacune au moins deux cylindres (18) entraînés entre lesquels la bande (B) circule et subit un écrasement, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- l'estimation de la variation de glissement ( $\Delta g_1$ ) en sortie d'une cage (16A) ; et
  - la correction de la vitesse ( $u_A$  ;  $u_A$ ,  $u_B$ ) de rotation des cylindres (18) d'au moins une cage corrigée (16A ; 16A, 16B) en fonction de la variation de glissement estimée ( $\Delta g_1$ ).
10. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le procédé contrôle l'épaisseur de la bande.
11. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'estimation de la variation de glissement comporte une étape de mesure de la vitesse linéaire ( $V_{s1}$ ) de la bande en sortie de la cage et une étape d'estimation de la vitesse circonférentielle ( $V_{C1}$ ) des cylindres dans la cage (16A), et une étape de calcul du glissement ( $g_1$ ) de la bande à partir de la vitesse linéaire ( $V_{s1}$ ) de la bande en sortie de la cage (16A) et de la vitesse circonférentielle ( $V_{C1}$ ) des cylindres de la cage.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'estimation de la variation de glissement est effectuée sur la première cage (16A) en considérant le sens de circulation de la bande.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la correction de la vitesse ( $u_A$ ,  $u_B$ ) est appliquée sur un ensemble d'au moins deux cages successives (16A, 16B), en considérant le sens de circulation de la bande.
14. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les corrections de vitesse ( $u_A$ ,  $u_B$ ) appliquées aux cages successives sont identiques.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la correction de la vitesse ( $u_A$ ) comporte une variation de la vitesse de la cage corrigée sensiblement à l'instant d'estimation de la variation de glissement.
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la correction de la vitesse comporte une variation de la vitesse de la première cage corrigée avec un décalage temporel ( $t_{23}$ ) égale au temps de transfert de la bande entre la dernière cage corrigée (16B) et la cage suivante (16C) en considérant le sens de circulation de la bande.
17. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en**

**ce que** le décalage temporel intègre un retard ( $\tau$ ) dû à un filtrage.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la correction de la vitesse comporte une variation de la vitesse de la première cage corrigée avec un décalage temporel ( $t_{23} + t_{34}$ ) égale au temps de transfert de la bande entre la cage suivant la cage où la variation de glissement est estimée et la première cage corrigée en considérant le sens de circulation de la bande.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** une correction de serrage est appliquée pour au moins une cage adjacente à une cage corrigée pour maintenir la traction.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte la commande d'un dispositif (12) de maintien de la traction situé en amont de la première cage et **en ce que** ladite commande tient compte de la variation de glissement estimée.
13. Dispositif de contrôle du laminage à froid d'une bande de tôle (B) comportant au moins deux cages successives (16A, 16B, 16C, 16D, 16E) comportant chacune au moins deux cylindres (18) entraînés entre lesquels la bande (B) circule à froid et subit un écrasement, **caractérisé en ce qu'il** comporte :
- des moyens (34) d'estimation de la variation de glissement ( $\Delta g_1$ ) en sortie d'une cage (16A) ;
  - des moyens (30A, 34) de correction de la vitesse ( $u_A$  ;  $u_A$ ,  $u_B$ ) de rotation des cylindres (18) d'au moins une cage corrigée (16A ; 16A, 16B) en fonction de la variation de glissement estimée ( $\Delta g_1$ ), et
  - des moyens pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

## Claims

1. A method for controlling cold rolling of a metal strip (B) involving continuously passing the strip, cold, in at least two successive rolling stands (16A, 16B, 16C, 16D, 16E) each comprising at least two driven rolls (18) between which the strip (B) moves and is compressed, **characterised in that** it includes:
- estimating the sliding variation ( $\Delta g_1$ ) at the output of one rolling stand (16A); and
  - correcting the rotational speed ( $u_A$  ;  $u_A$ ,  $u_B$ ) of

the rolls (18) of at least one corrected rolling stand (16A; 16A, 16B) based on the estimated sliding variation ( $\Delta g_1$ ).

2. The method according to Claim 1,  
**characterised in that** the method controls the thickness of the strip. 5
3. The method according to Claim 1 or 2,  
**characterised in that** the estimation of the sliding variation includes a step of measuring the linear speed ( $V_{s1}$ ) of the strip at the output of the rolling stand and a step of estimating the circumferential speed ( $V_{c1}$ ) of the rolls in the rolling stand (16A), and a step of calculating the sliding ( $g_1$ ) of the strip from the linear speed ( $V_{s1}$ ) of the strip at the output of the rolling stand (16A) and the circumferential speed ( $V_{c1}$ ) of the rolls of the rolling stand. 10
4. The method according to any of the preceding claims,  
**characterised in that** the estimation of the sliding variation is implemented on the first rolling stand (16A) considering the direction of motion of the strip. 20
5. The method according to any of the preceding claims,  
**characterised in that** the speed correction ( $u_A$ ,  $u_B$ ) is applied to a set of at least two successive rolling stands (16A, 16B) considering the direction of motion of the strip. 30
6. The method according to Claim 5,  
**characterised in that** the speed corrections ( $u_A$ ,  $u_B$ ) applied to the successive rolling stands are identical. 35
7. The method according to any of the preceding claims,  
**characterised in that** the speed correction ( $u_A$ ) includes a variation in the speed of the corrected rolling stand, substantially at the time of estimating the sliding variation. 40
8. The method according to any of Claims 1 to 6,  
**characterised in that** the speed correction includes a variation in the speed of the first corrected rolling stand with a time lag ( $t_{23}$ ) equal to the transfer time of the strip between the last corrected rolling stand (16B) and the following rolling stand (16C), considering the direction of motion of the strip. 45
9. The method according to Claim 8, **characterised in that** the time lag takes into account a delay ( $\tau$ ) due to filtering. 50
10. The method according to any of Claims 1 to 6,  
**characterised in that** the speed correction includes a variation in the speed of the first corrected rolling 55

stand with a time lag ( $t_{23} + t_{34}$ ) equal to the transfer time of the strip between the rolling stand following the rolling stand where the sliding variation is estimated and the first corrected rolling stand, considering the direction of motion of the strip.

11. The method according to any of the preceding claims,  
**characterised in that** a tightening correction is applied for at least one rolling stand adjacent to a corrected rolling stand in order to maintain the traction.
12. The method according to any of the preceding claims,  
**characterised in that** it includes controlling a traction maintaining device (12) located upstream of the first rolling stand, and **in that** said controlling takes into account the variation of the estimated sliding.
13. A device for controlling cold rolling of a metal strip (B) comprising at least two successive rolling stands (16A, 16B, 16C, 16D, 16E) each comprising at least two driven rolls (18) between which the strip (B) moves, cold, and is compressed,  
**characterised in that** it comprises:
  - means (34) for estimating the sliding variation ( $\Delta g_1$ ) at the output of a rolling stand (16A);
  - means (30A, 34) for correcting the rotational speed ( $u_A$ ;  $u_A$ ,  $u_B$ ) of the rolls (18) of at least one corrected rolling stand (16A; 16A, 16B) based on the estimated sliding variation ( $\Delta g_1$ ), and
  - means for implementing a method according to any of the preceding claims.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kontrolle des Kaltwalzens eines Blechbands (B), umfassend den kontinuierlichen Durchlauf des Bands in der Kälte durch mindestens zwei aufeinanderfolgende Gehäuse (16A, 16B, 16C, 16D, 16E), die jeweils mindestens zwei Zylinder (18) umfassen, zwischen denen das Band (B) vorge-schoben zirkuliert und ein Breitdrücken erfährt,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** es folgendes umfasst:
  - die Abschätzung der Schlupf-schwankung ( $\Delta g_1$ ) am Ausgang eines Gehäuses (16A); und
  - die Korrektur der Rotationsgeschwindigkeit ( $U_A$ ;  $U_A$ ,  $U_B$ ) der Zylinder (18) von mindestens einem korrigierten Gehäuse (16A; 16A, 16B) in Funktion der Variation der abgeschätzten Schlupf-schwankung ( $\Delta g_1$ ).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren die Dicke des Bands

kontrolliert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschätzung der Schlupf-  
schwankung einen Schritt des Messens der linearen  
Geschwindigkeit ( $V_{s1}$ ) des Bands am Ausgang des  
Gehäuses und einen Schritt des Abschätzens der  
Umfangsgeschwindigkeit ( $V_{c1}$ ) der Zylinder in dem  
Gehäuse (16A), und einen Schritt der Berechnung  
des Schlupfs ( $g_1$ ) des Bands aus der linearen Ge-  
schwindigkeit ( $V_{s1}$ ) des Bands am Ausgang des Ge-  
häuses (16A) und der Umfangsgeschwindigkeit  
( $V_{c1}$ ) der Zylinder des Gehäuses umfasst. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschät-  
zung der Schlupfchwankung am ersten Gehäuse  
(16A) unter Berücksichtigung der Zirkulationsrich-  
tung des Bands vorgenommen wird. 10
5. Verfahren einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur der  
Geschwindigkeit ( $U_A$ ,  $U_B$ ) auf eine Gesamtheit von  
mindestens zwei aufeinanderfolgenden Gehäusen  
(16A, 16B) unter Berücksichtigung der Zirkulations-  
richtung des Bands angewandt wird. 15
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekenn-  
zeichnet, dass** die auf zwei aufeinanderfolgende  
Gehäuse (16A, 16B) angewandten Korrekturen von  
Geschwindigkeit ( $U_A$ ,  $U_B$ ) identisch sind. 20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur  
der Geschwindigkeit ( $U_A$ ) eine Variation der Ge-  
schwindigkeit des im Wesentlichen zum Zeitpunkt  
der Abschätzung der Schlupfchwankung korrigier-  
ten Gehäuses umfasst. 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **da-  
durch gekennzeichnet, dass** die Korrektur der Ge-  
schwindigkeit eine Variation der Geschwindigkeit  
des ersten Gehäuses, korrigiert um eine Zeitver-  
schiebung ( $t_{23}$ ) entsprechend der Übergangszeit  
des Bands zwischen dem letzten korrigierten Ge-  
häuse (16B) und dem folgenden Gehäuse (16C) un-  
ter Berücksichtigung der Zirkulationsrichtung des  
Bands umfasst. 30
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekenn-  
zeichnet, dass** die zeitliche Verschiebung eine Ver-  
zögerung ( $\tau$ ) auf Grund einer Filterung integriert. 35
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **da-  
durch gekennzeichnet, dass** die Korrektur der Ge-  
schwindigkeit eine Variation der Geschwindigkeit  
des ersten Gehäuses, korrigiert um eine Zeitver-  
schiebung ( $t_{23} + t_{34}$ ) entsprechend der Übergangs-  
zeit des Bands zwischen dem Gehäuse, das auf das  
Gehäuse, an dem die Schlupfchwankung abge-  
schätzt wird, folgt, und dem ersten, unter Berück-  
sichtigung der Zirkulationsrichtung des Bands korri-  
gierten Gehäuses umfasst. 40

zeit des Bands zwischen dem Gehäuse, das auf das  
Gehäuse, an dem die Schlupfchwankung abge-  
schätzt wird, folgt, und dem ersten, unter Berück-  
sichtigung der Zirkulationsrichtung des Bands korri-  
gierten Gehäuses umfasst. 45

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Pres-  
skorrektur auf mindestens ein Gehäuse angewandt  
wird, das an ein zum Aufrechterhalten des Zugs kor-  
rigiertes Gehäuse angrenzt. 50
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die Steue-  
rung einer Haltevorrichtung (12) des Zugs umfasst,  
die stromaufwärts von dem ersten Gehäuse ange-  
ordnet ist, und **dadurch** dass die Steuerung die ab-  
geschätzte Schlupfchwankung berücksichtigt. 55
13. Verfahren zur Kontrolle des Kaltwalzens eines  
Blechbands (B), umfassend mindestens zwei auf-  
einanderfolgende Gehäuse (16A, 16B, 16C, 16D,  
16E), umfassend jeweils mindestens zwei Zylinder  
(18), zwischen denen das Band (B) vorgeschoben  
kalt zirkuliert und ein Breidrücken erfährt,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** es folgendes um-  
fasst:
  - Mittel (34) zur Abschätzung der Schlupf-  
schwankung ( $\Delta g_1$ ) am Ausgang eines Gehäu-  
ses (16A);
  - Mittel (30A, 34) zur Korrektur der Rotationsge-  
schwindigkeit ( $U_A$ ;  $U_A$ ,  $U_B$ ) der Zylinder (18) von  
mindestens einem korrigierten Gehäuse (16A;  
16A, 16B) in Funktion der abgeschätzten  
Schlupfchwankung ( $\Delta g_1$ ), und
  - Mittel zur Durchführung eines Verfahrens nach  
einem der vorhergehenden Ansprüche.

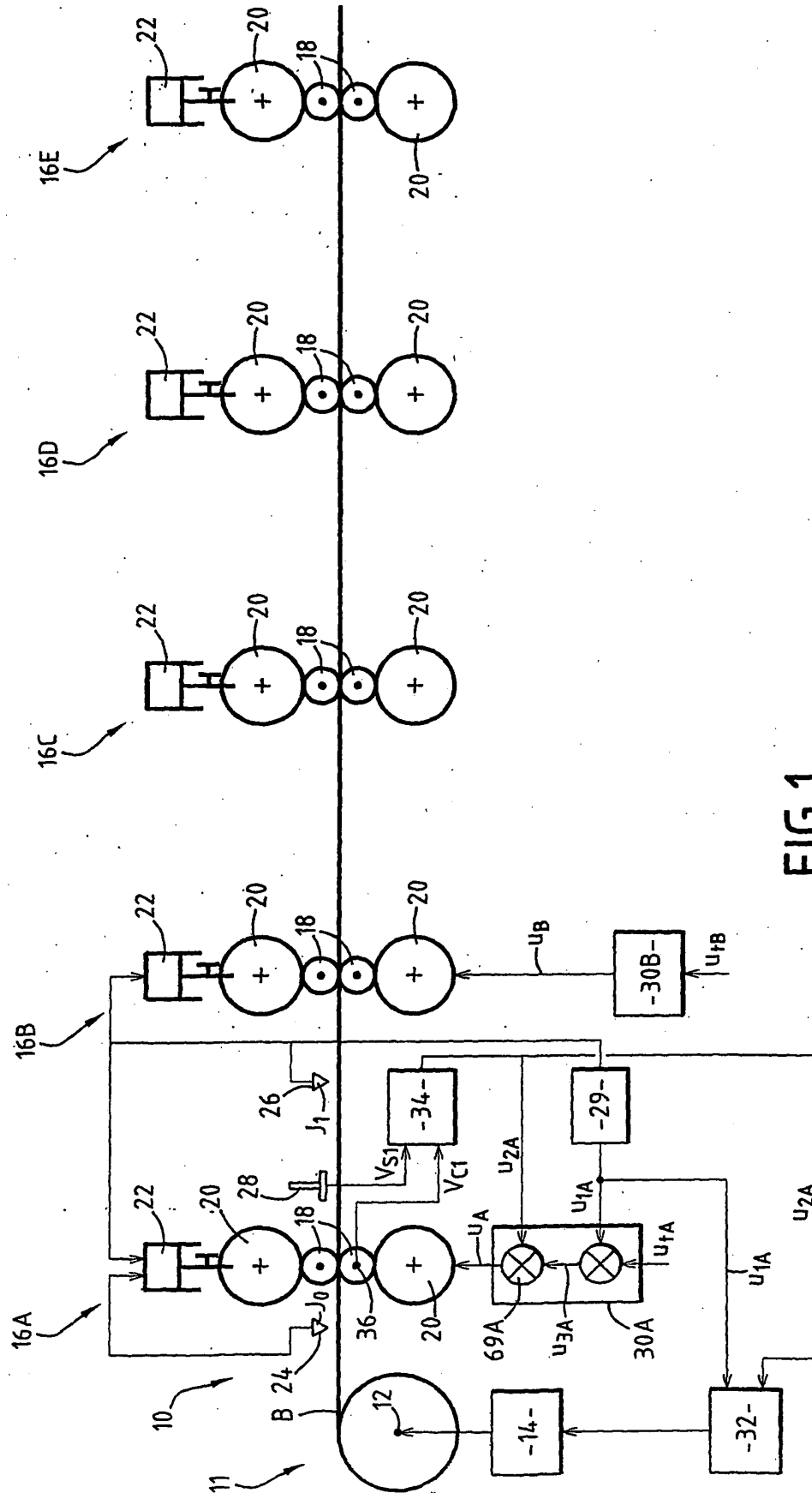


**FIG. 1**

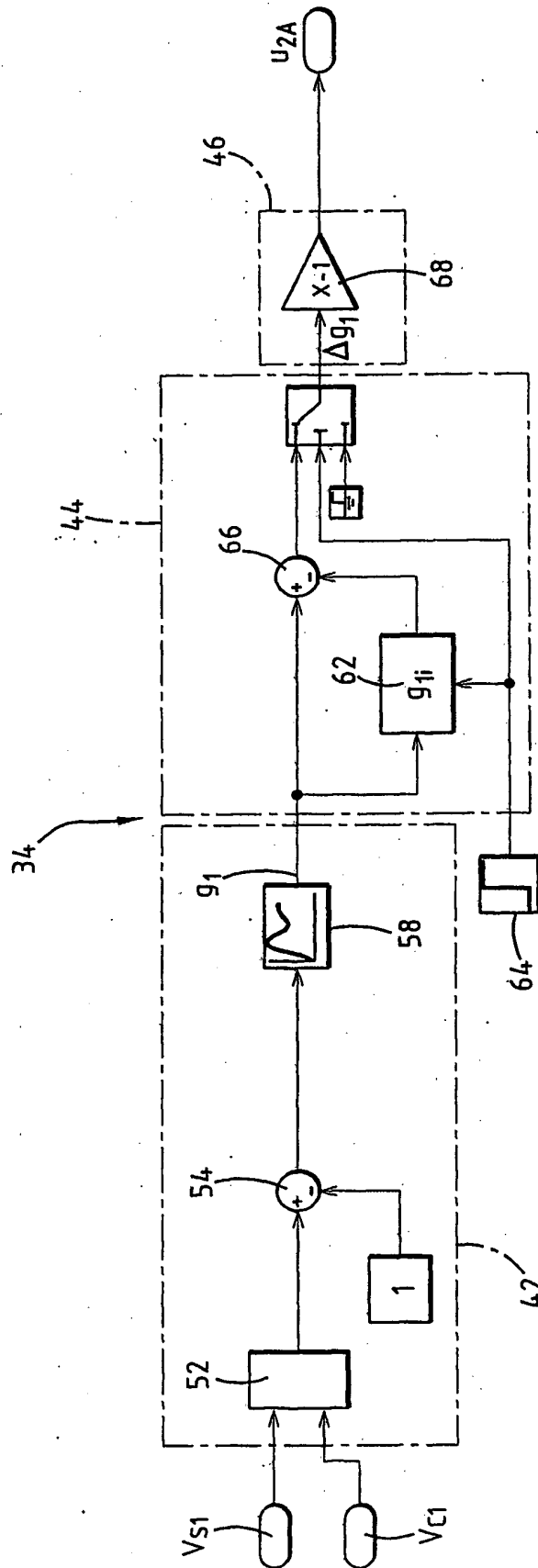


FIG. 2

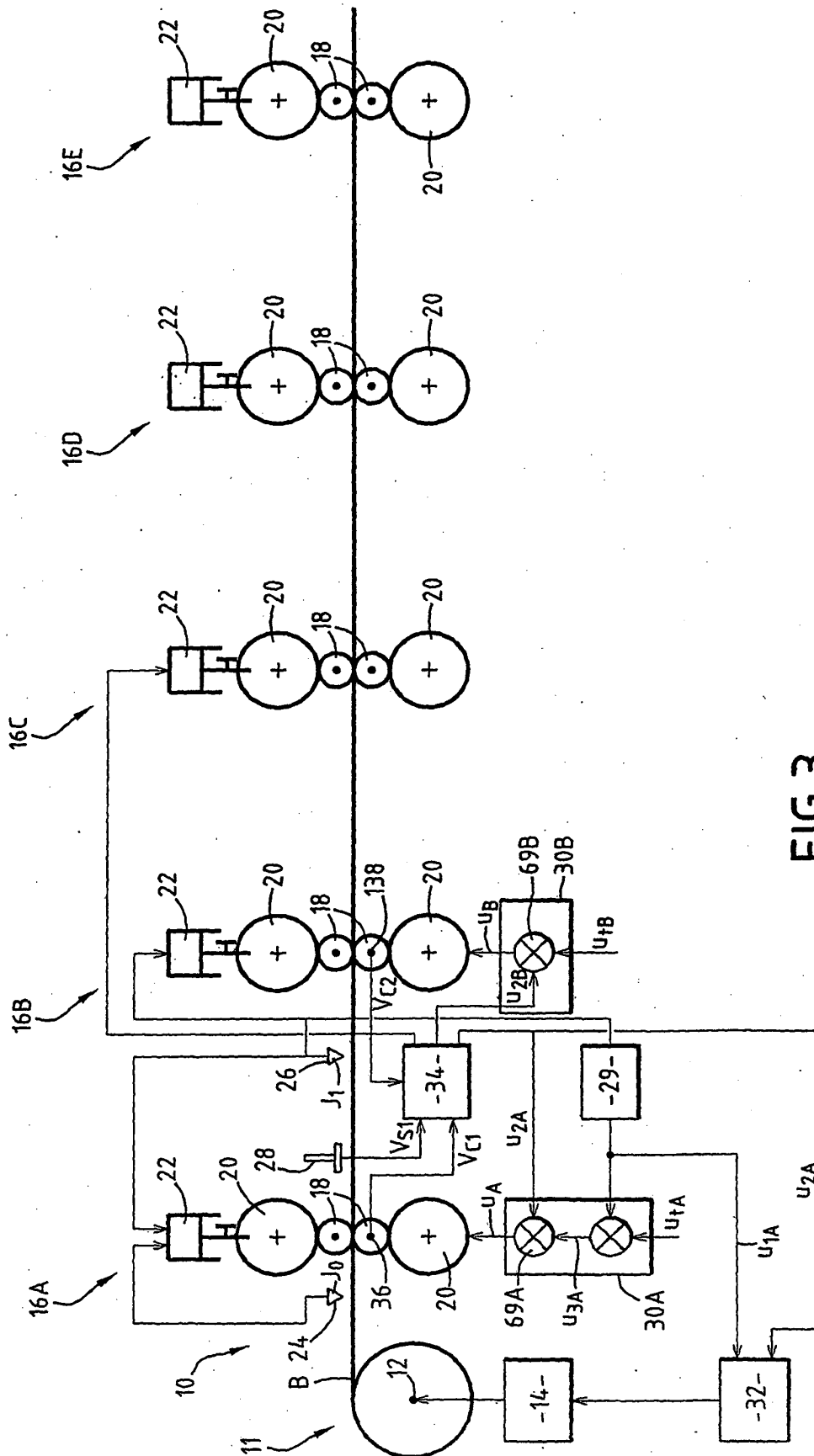
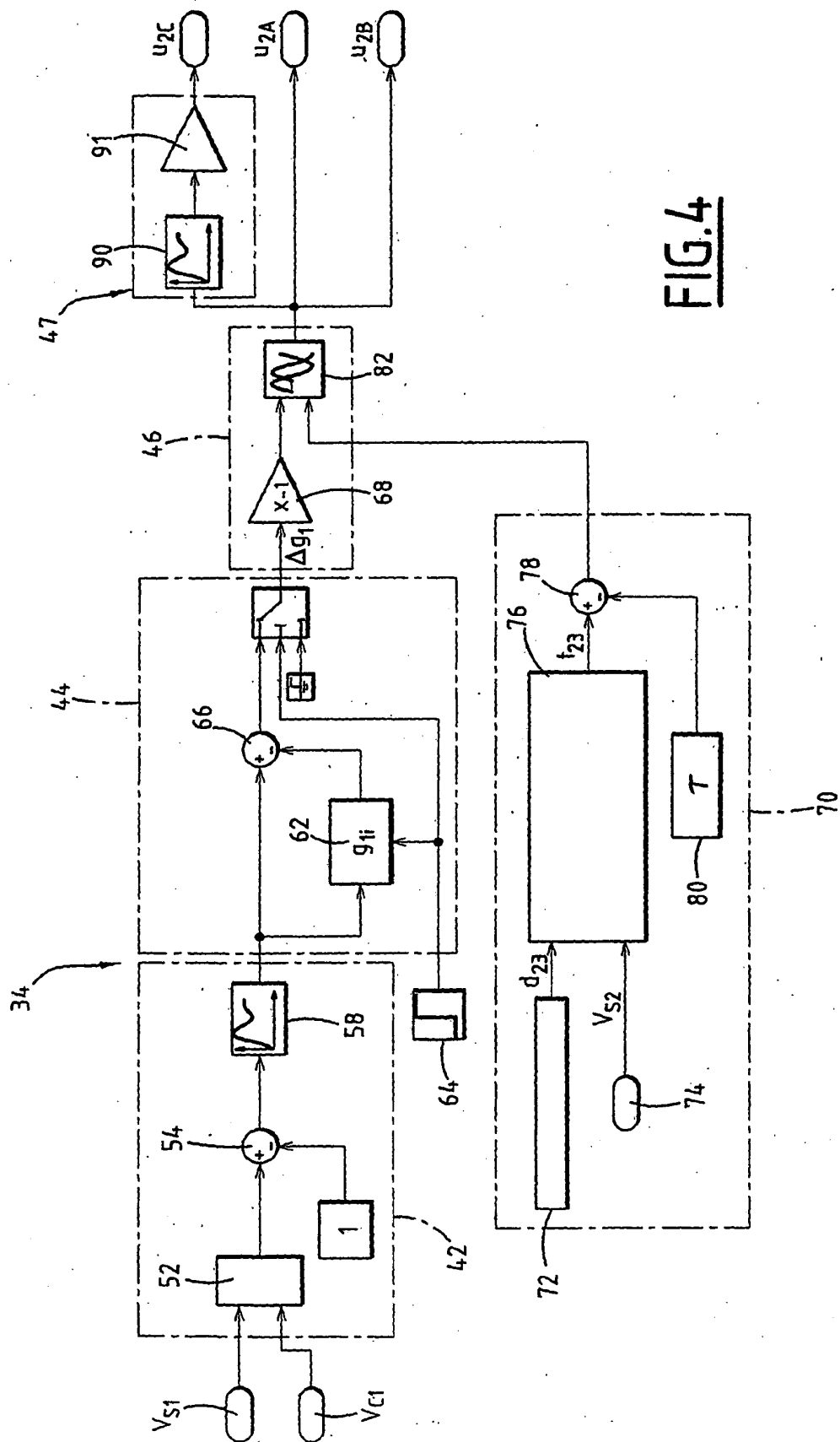


**FIG. 3**



**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 61088911 B [0001]
- EP 0000454 A1 [0012] [0013]