(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
20 septembre 2007 (20.09.2007)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/104865 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B21B 37/52 (2006.01) *B21B 37/46* (2006.01)
B21B 37/16 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/000443

(22) Date de dépôt international : 14 mars 2007 (14.03.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
06 02229 14 mars 2006 (14.03.2006) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **CONVERTEAM SAS** [FR/FR]; 1 Square John H. Patterson, F-91300 Massy (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **BROUSSARD, Lionel** [FR/FR]; 10 Villa des Ulis, F-91400 Orsay (FR).

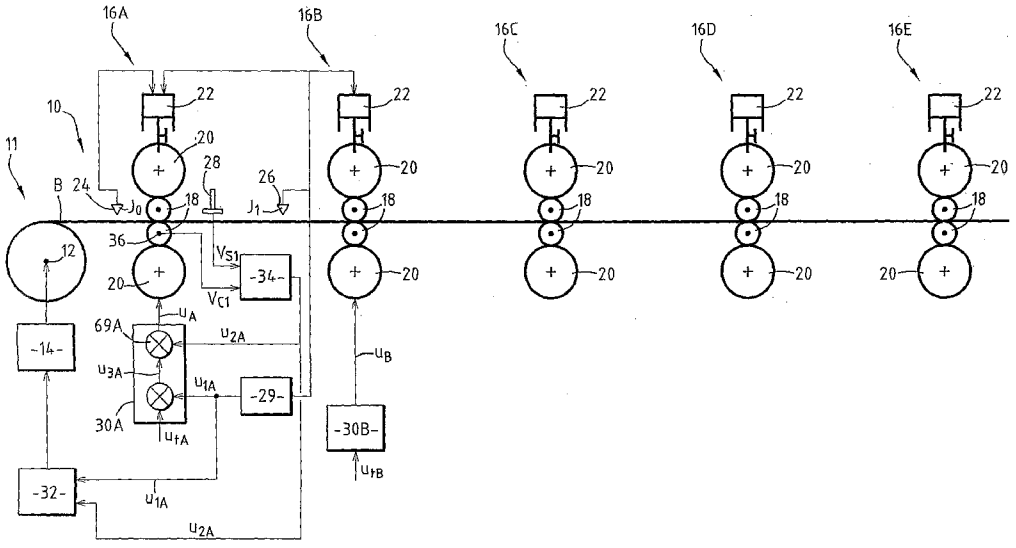
(74) Mandataires : **BLOT, Philippe** etc.; Cabinet LAVOIX, 2, Place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR ROLLING A SHEET METAL STRIP

(54) Titre : PROCEDE DE LAMINAGE D'UNE BANDE DE TOLE



(57) Abstract: The invention concerns a method for controlling cold rolling of a sheet metal strip (B) involving continuously passing the strip in at least two successive rolling stands (16A, 16B, 16C, 16D, 16E) comprising each at least two driven rolls (18) between which the strip moves and is plated. It includes: estimating the sliding variation (Δg_1) in output of one rolling stand (16A); and correcting the rotational speed (U_A, U_B) of the rolls (18) of at least one corrected rolling stand based on the estimated sliding variation.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de contrôle du laminage à froid d'une bande de tôle (B) comportant le passage de la bande en continu dans au moins deux cages successives (16A, 16B, 16C, 16D, 16E) comportant chacune au moins deux cylindres entraînés (18) entre lesquels la bande circule et subit un écrasement. Il comporte : - l'estimation de la variation de glissement (Δg_1) en sortie d'une cage (16A); et - la correction de la vitesse (U_A, U_B) de rotation des cylindres (18) d'au moins une cage corrigée en fonction de la variation de glissement estimée.

WO 2007/104865 A1

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Procédé de laminage d'une bande de tôle

La présente invention concerne un procédé 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.

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.

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.

Les cylindres de travail sont entraînés en rotation à une vitesse régulée. 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.

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 œuvre.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 œuvre 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

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.

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.

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.

Suivant des modes particuliers de mise en œuvre, 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 ensemble 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.

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 œuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Le régulateur de vitesse 30A reçoit en entrée une vitesse théorique u_{tA}.

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.

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.

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.

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 :

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Un soustracteur 54 assure la soustraction du chiffre 1 au résultat du quotient des vitesses.

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.

Le module de calcul 42 comporte en sortie un filtre 58 permettant de filtrer la mesure du glissement g_1.

Le module 44 de calcul de la variation temporelle de glissement Δ_{g1} 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.

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.

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.

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

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 Δg_1 à l'instant de mesure considéré.

On constate qu'une telle installation permet d'assurer une meilleur 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.

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 :

ΔE_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 ;

Δg_1 est la variation de glissement en sortie de la cage

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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-

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.

En sortie du diviseur 76 est prévu un sommateur 78 relié à une mémoire 80 de stockage d'une constante de retard τ correspondant au temps de propagation du filtre du glissement 58.

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.

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.

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

τ est le temps de propagation du filtre du glissement 58.

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 Δg_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}.

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

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 Δg_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.

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.

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.

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

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.

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,

τ est le temps de propagation du filtre du glissement 58.

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 (Δg_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 (Δg_1).

2.- Procédé de contrôle de l'épaisseur d'une bande de tôle (B) laminée à froid 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 (Δg_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 (Δg_1).

3.- 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.

4.- 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.

5.- 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.

6.- Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les corrections de vitesse (u_A, u_B) appliquées aux cages successives sont identiques.

7.- 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.

8.- 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.

9.- Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le décalage temporaire intègre un retard (τ) 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 (Δg_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 (Δg_1), et

- des moyens pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

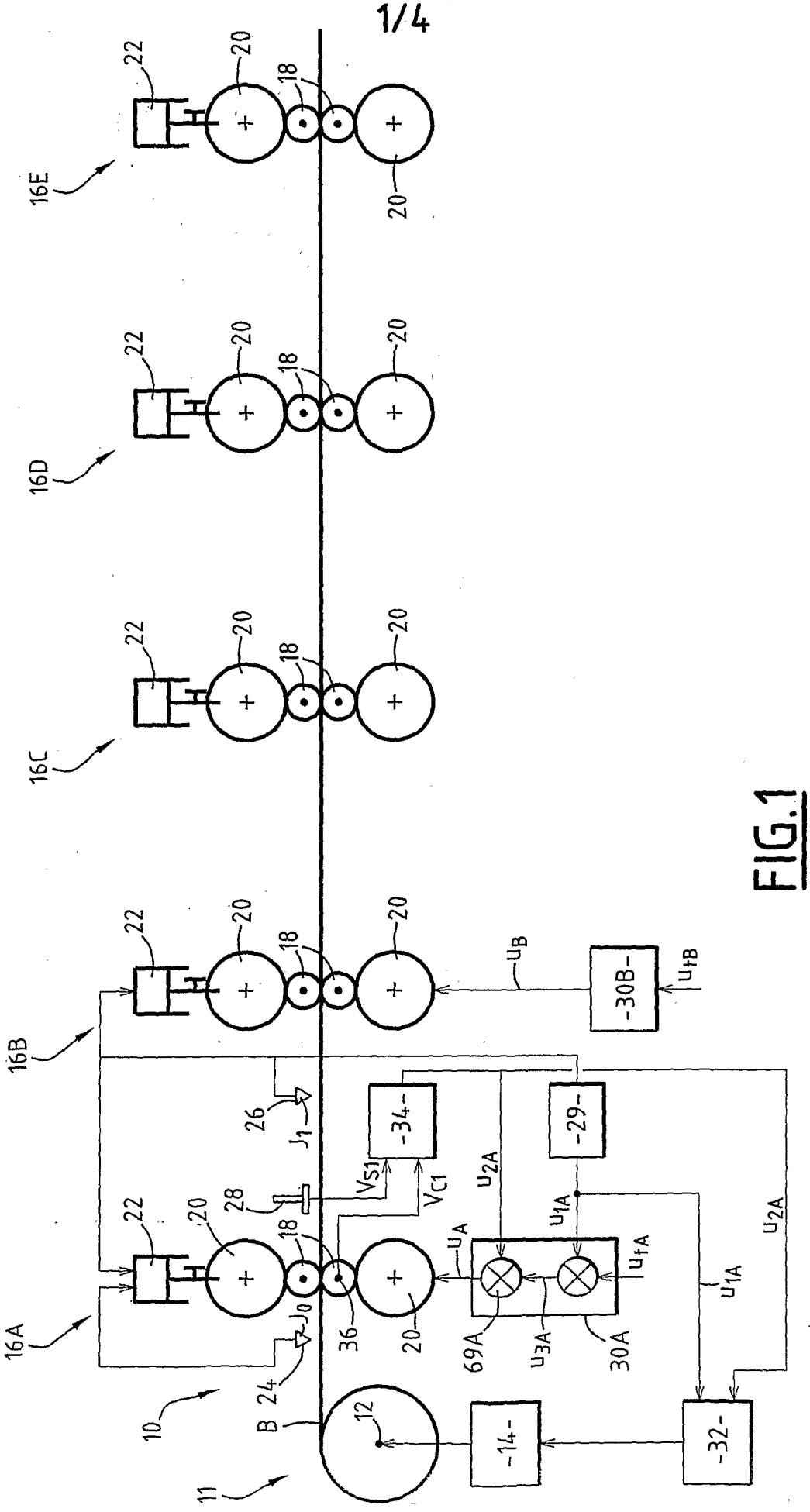

16E
16D
16C
16B
16A
10
11
12
B
24
22
20
18
36
26
28
J_1
J_0
V_{S1}
V_{C1}
u_B
u_{tB}
u_A
u_{tA}
u_{1A}
u_{2A}
u_{3A}
-30B-
-34-
-29-
-14-
-32-
69A
30A

FIG.1

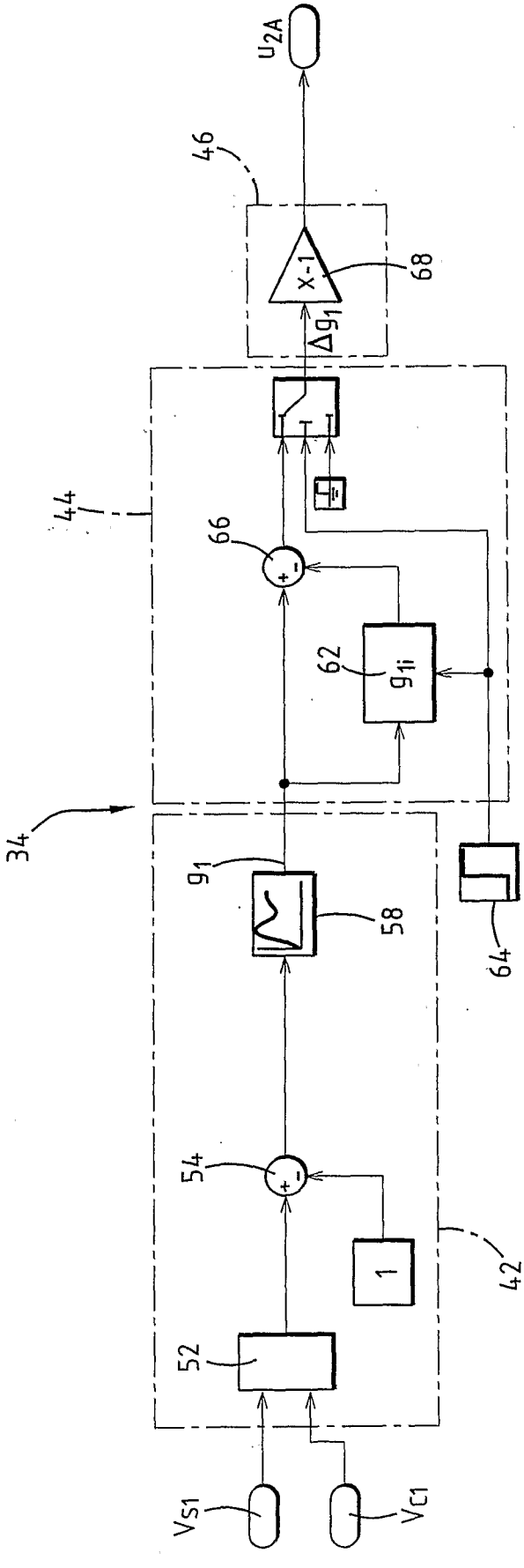


FIG.2

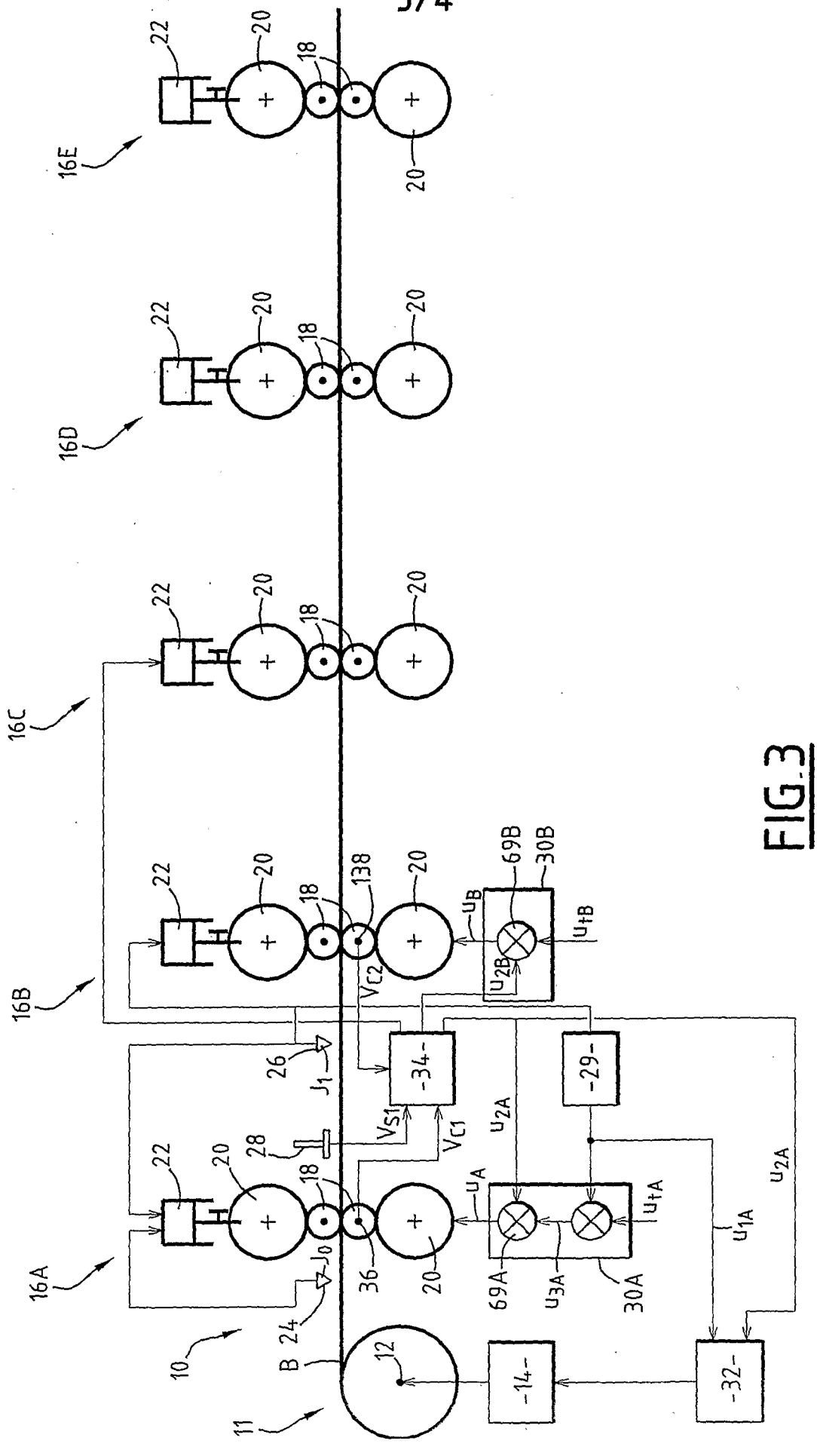

16E
16D
16C
16B
16A
10
11
12
B
24
22
20
18
36
138
28
26
69B
30B
69A
30A
-34-
-29-
-14-
-32-
J_0
J_1
V_{C1}
V_{C2}
V_{S1}
u_B
u_{tB}
u_{2B}
u_A
u_{tA}
u_{3A}
u_{2A}
u_{1A}

FIG.3

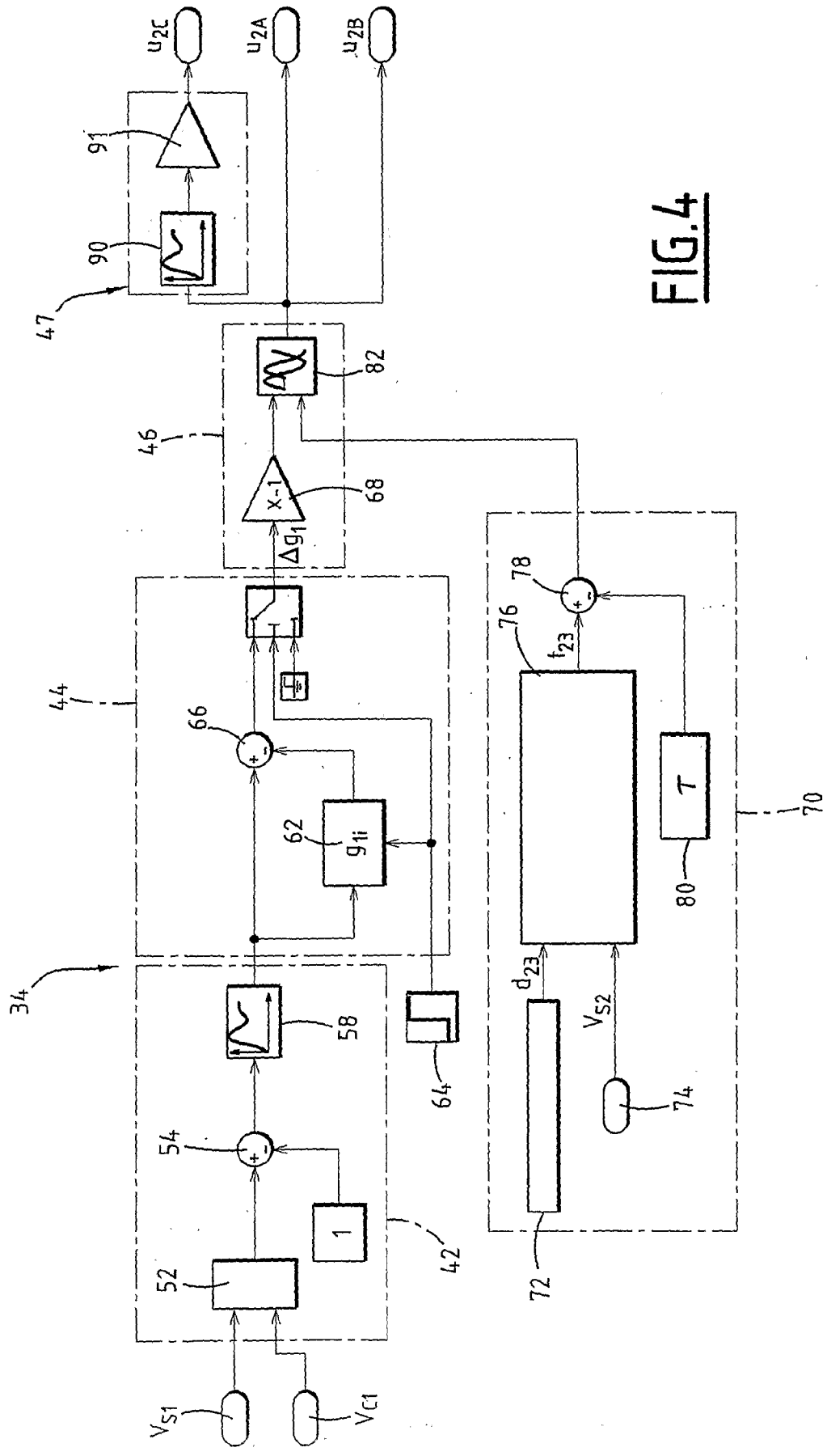

u2C
u2A
u2B
91
90
47
82
46
68
x-1
Δg1
44
66
62
g1i
34
58
64
54
1
52
42
78
76
t23
T
80
70
d23
VS2
74
72
VS1
VC1

FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2007/000443

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B21B37/52 B21B37/16 B21B37/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 04 059113 A (NIPPON KOKAN KK) 26 February 1992 (1992-02-26) abstract; figure 1	1-13
A	JP 61 088911 A (NIPPON STEEL CORP) 7 May 1986 (1986-05-07) abstract	1-13
A	EP 0 000 454 A1 (SIDERURGIE FSE INST RECH [FR]) 24 January 1979 (1979-01-24) claims 1,2,4; figure 1	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 June 2007	16/07/2007

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Forciniti, Marco

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2007/000443

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 4059113 A	26-02-1992	JP 2850496 B2	27-01-1999
JP 61088911 A	07-05-1986	JP 1587340 C	19-11-1990
		JP 2009885 B	05-03-1990
EP 0000454 A1	24-01-1979	DE 2861644 D1	25-03-1982
		FR 2395086 A1	19-01-1979

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2007/000443

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B21B37/52 B21B37/16 B21B37/46

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B21B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela estréalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 04 059113 A (NIPPON KOKAN KK) 26 février 1992 (1992-02-26) abrégé; figure 1	1-13
A	JP 61 088911 A (NIPPON STEEL CORP) 7 mai 1986 (1986-05-07) abrégé	1-13
A	EP 0 000 454 A1 (SIDERURGIE FSE INST RECH [FR]) 24 janvier 1979 (1979-01-24) revendications 1,2,4; figure 1	1-13

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
27 juin 2007	16/07/2007

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Forciniti, Marco

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2007/000443

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 4059113	A	26-02-1992	JP	2850496 B2	27-01-1999
JP 61088911	A	07-05-1986	JP	1587340 C	19-11-1990
			JP	2009885 B	05-03-1990
EP 0000454	A1	24-01-1979	DE	2861644 D1	25-03-1982
			FR	2395086 A1	19-01-1979