



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 456**

51 Int. Cl.:

**B21B 37/52** (2006.01)

**B21B 37/16** (2006.01)

**B21B 37/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07731138 .9**

96 Fecha de presentación : **14.03.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1996347**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.12.2008**

54 Título: **Procedimiento de laminado de una banda de chapa.**

30 Prioridad: **14.03.2006 FR 06 02229**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**17.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**17.06.2011**

73 Titular/es: **Converteam S.A.S.**  
**1 Square John H. Patterson**  
**91300 Massy, FR**

72 Inventor/es: **Broussard, Lionel**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 361 456 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo de control de laminado en frío de una banda de chapa, del tipo que comprende el paso de la banda de manera continua por al menos dos cajas sucesivas que comprenden cada una al menos dos cilindros accionados entre los cuales circula la banda experimenta un aplastamiento, según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 3, véase por ejemplo JP-61 088 911.

El laminado en frío es una etapa importante en la elaboración de los productos largos en la industria metalúrgica. Su objetivo es reducir el espesor del producto de entrada. Las chapas producidas se destinan usualmente a las industrias automótiles y alimentarias.

El laminado consiste por lo tanto en reducir el espesor de una banda de metal por deformación plástica. Para esto, la banda circula de manera continua entre dos cilindros rotativos, denominados cilindros de trabajo, de ejes paralelos que delimitan entre sí un espacio de cogida habitualmente denominado entrehierro, y sobre los cuales se aplica un esfuerzo. La reducción de espesor de la banda se obtiene entonces por aplastamiento. Este dispositivo constituye una caja de un laminador. La utilización de varias cajas sucesivas por las cuales pasa la banda simultáneamente constituye un tándem de laminador.

Los cilindros de trabajo son accionados en rotación a una velocidad regulada. A medida del paso por las cajas del laminador, la velocidad de la banda aumenta teniendo en cuenta la disminución de su espesor, y el mantenimiento de su ancho.

Por razones metalúrgicas, las variaciones de espesor en salida del tándem deben ser las más bajas posibles. Para esto, se aplican diferentes bucles de regulación.

De este modo, es habitual medir de manera continua la velocidad lineal de la banda en la salida de la primera caja, el espesor de la banda en la entrada y en la salida de la primera caja y el espesor en la salida de la última caja.

Por ejemplo, se conoce la corrección del espesor actuando sobre el entrehierro de los cilindros de trabajo de la primera caja en función de la medición de espesor efectuada en la entrada de la primera caja. El entrehierro es la distancia que separa los dos cilindros de trabajo.

Asimismo, se conoce la modificación del entrehierro de los cilindros de trabajo de la primera caja en función de la medición de espesor efectuada en la salida de esta primera caja.

Se conoce también la modificación de la velocidad de rotación de los cilindros de la primera caja en función del espesor de la banda en la salida de la primera caja.

Finalmente, se conoce la actuación sobre la velocidad de rotación de los cilindros de la primera caja a partir del espesor medido en la salida de esta última caja.

Estos procedimientos de corrección permiten reducir las variaciones de espesor de la banda, pero siguen siendo insuficientes para tener en cuenta los fenómenos complejos que se producen en un laminador.

Por otra parte, en el contexto particular del laminado en caliente, se conoce, por el documento EP-A1-0 000 454, un procedimiento de compensación de los efectos de una variación de deslizamiento sobre la tracción intercajas para de este modo mantener esta tracción en un valor constante con el fin de mantener el ancho del producto laminado. Este procedimiento se basa en el principio del mantenimiento de la velocidad de la banda en los dos extremos de la intercaja.

En el contexto del laminado en frío, los fenómenos físicos aplicados son diferentes. De este modo, la tracción intercajas no tiene ninguna influencia sobre el ancho del producto laminado. En consecuencia, el problema del mantenimiento de la tracción intercajas en un valor constante resuelto por el procedimiento descrito en el documento EP-A1-0 000 454 no es importante en el contexto del laminado en frío. Además, la cuestión del control de la tracción de la banda en una instalación de laminado en frío se resuelve fácilmente por la aplicación de una regulación de tracción que utiliza tracciómetros. Estos dispositivos no se utilizan generalmente durante el laminado de una chapa en caliente, ya que es muy difícil su aplicación.

Por otra parte es usual, en los laminadores en frío, dejar que la tracción intercajas aumente naturalmente cuando la velocidad de laminado disminuye. Contrariamente a los procedimientos de laminado en caliente (donde la tracción se mantiene constante), es esta variación de tracción intercajas la que provoca una variación del deslizamiento de salida de la caja corriente arriba.

De este modo, la invención tiene por objeto proponer un procedimiento de laminado en frío que permite reducir aun más las variaciones de espesor de la banda en la salida del laminador.

Con este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de control del laminado en frío de una banda de chapa del tipo anteriormente mencionado, **caracterizado porque** comprende:

- 5
- la estimación de la variación de deslizamiento en salida de una caja; y
  - la corrección de la velocidad de rotación de los cilindros de al menos una caja corregida en función de la variación de deslizamiento estimada.

Según realizaciones particulares, el procedimiento comprende una o más de las siguientes características:

- 10
- la estimación de la variación de deslizamiento comprende una etapa de medición de la velocidad lineal de la banda en salida de la caja y una etapa de estimación de la velocidad circunferencial de los cilindros en la caja, y una etapa de cálculo del deslizamiento de la banda a partir de la velocidad lineal de la banda en salida de la caja y de la velocidad circunferencial de los cilindros de la caja;

- 15
- la estimación de la variación de deslizamiento se efectúa sobre la primera caja considerando el sentido de circulación de la banda;
  - la corrección de la velocidad se aplica sobre un conjunto de al menos dos cajas sucesivas, considerando el sentido de circulación de la banda;
  - las correcciones de velocidad aplicada a las cajas sucesivas son idénticas;

- 20
- la corrección de la velocidad comprende una variación de la velocidad de la caja corregida sensiblemente en el instante de estimación de la variación de deslizamiento;
  - la corrección de la velocidad comprende una variación de la velocidad de la primera caja corregida con un desfase temporal igual al tiempo de transferencia de la banda entre la última caja corregida y la siguiente caja considerando el sentido de circulación de la banda;

- 25
- el desfase temporal integra un retardo debido a un filtrado; y
  - la corrección de la velocidad comprende una variación de la velocidad de la primera caja corregida con un desfase temporal igual al tiempo de transferencia de la banda entre la siguiente caja a la caja donde se estima la variación de deslizamiento y la primera caja corregida considerando el sentido de circulación de la banda;

- 30
- una corrección de apriete se aplica para al menos una caja adyacente a una caja corregida para mantener la tracción; y
  - el accionamiento de un dispositivo de mantenimiento de la tracción situado corriente arriba de la primera caja y dicho accionamiento tiene en cuenta la variación de deslizamiento estimada.

- 35
- La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo de control del laminado de una banda de chapa que comprende al menos dos cajas sucesivas que comprenden cada una al menos dos cilindros accionados entre los cuales circula la banda y experimenta un aplastamiento;

**caracterizado porque** comprende:

- medios de estimación de la variación de deslizamiento en salida de una caja;
- 40
- medios de corrección de la velocidad de rotación de los cilindros de al menos una caja corregida en función de la variación de deslizamiento estimada, y
  - medios para la aplicación de un procedimiento tal como se ha definido anteriormente.

La invención se entenderá mejor con la siguiente descripción dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos, en los cuales

- 45
- la figura 1 es una vista esquemática de una instalación de laminado según la invención;
  - la figura 2 es un esquema de los medios para compensar el efecto de las variaciones de

deslizamiento sobre el espesor que explicita las etapas de las correcciones a aplicar según una primera realización; y

- las figuras 3 y 4 son vistas idénticas a las de las figuras 1 y 2 respectivamente de otra realización.

5 En la figura 1 se ilustra esquemáticamente una instalación 10 de laminado en frío de una banda B de chapa metálica. De este modo, esta instalación comprende, como se conoce en sí, un sistema 11 de mantenimiento de la tracción en entrada del laminador. Este sistema comprende una desenrolladora 12 en el caso de un laminador de bobina a bobina o un bloque en S en el caso de un laminador continuo, cuya velocidad de desenrollado es controlada por una unidad 14 de gobierno del par.

10 La instalación de laminado sobre la cual se puede aplicar esta invención comprende entre dos y seis cajas. A título de ejemplo, se describirá una instalación constituida por cinco cajas 16A, 16B, 16C, 16D y 16E a través de las cuales la banda B circula sucesivamente.

15 Como es conocido en sí, cada caja del laminador comprende dos cilindros de trabajo 18 de ejes paralelos entre los cuales circula la banda B. Estos cilindros son accionados en rotación por motores de arrastre cuya velocidad es regulada en función de una consigna predeterminada  $u_A$ ,  $u_B$ , propia de cada caja. Cada caja comprende un dispositivo de apriete hidráulico o electromecánico 22 que permite transmitir a los dos cilindros de trabajo 18 el esfuerzo de laminado necesario para que estos aseguren la reducción de espesor predeterminado. Este dispositivo 22 asegura un ajuste del entrehierro que separa los dos cilindros 18. El esfuerzo de laminado se transmite del dispositivo 22 a los cilindros de trabajo 18 a través de un apilamiento de uno o más cilindros de apoyo 20.

20 Un calibrador 24 de espesor  $J_0$  se dispone corriente arriba de la primera caja 16A. Este calibrador 24 está destinado a determinar de manera continua el espesor de la banda B después de su laminado en la caja 16A.

25 Asimismo, un segundo calibrador 26 de espesor  $J_1$  se dispone en salida de la primera caja 16A. Este se destina a determinar de manera continua el espesor de la banda B después de su laminado en la caja 16A.

Por otra parte, un detector 28 de velocidad  $V_{s1}$  se dispone en salida de la primera caja 16A. Este se destina a determinar de manera continua la velocidad lineal instantánea de circulación de la banda B en salida de la caja 16A. El detector se forma por ejemplo con un velocímetro láser.

30 Como es conocido en sí, el calibrador 26 está conectado a una unidad 29 de corrección de velocidad en función del espesor medido en salida de la primera caja 16A.

35 Como es conocido en sí, los motores de accionamiento de los cilindros 18 de la primera caja 16A y de la segunda caja 16B son controlados cada uno por un regulador de velocidad 30A, 30B destinados a definir una consigna de velocidad para el motor de la caja asociada. El regulador de velocidad 30A se conecta a la unidad 29 de corrección de velocidad para recibir una corrección de velocidad bruta  $u_{1A}$  utilizada para el cálculo de la consigna  $u_A$  aplicada a la primera caja 16A.

El regulador de velocidad 30A recibe en entrada una velocidad teórica  $U_{tA}$ .

El regulador de velocidad 30B se destina a recibir en entrada una velocidad teórica  $u_{tB}$  y en salida proporcionar una señal  $u_B$  de velocidad bruta aplicada al motor de accionamiento de la segunda caja 16B.

40 Como es conocido en sí, los errores de espesor medidos por el calibrador 24 en la entrada de la caja 16A se compensan con una acción sobre el entrehierro de los cilindros de trabajo 18 de la caja 16A mediante el dispositivo de apriete 22. Esta acción modifica el espesor en salida de la caja 16A.

45 Como es conocido en sí, los errores de espesor medidos por el calibrador 26 en la salida de la caja 16A se corrigen igualmente con una acción sobre el entrehierro de los cilindros de trabajo 18 de la caja 16A mediante el dispositivo de apriete 22. Esta acción modifica el espesor en salida de la caja 16A.

50 Como es conocido en sí, los errores de espesor medidos por el calibrador 26 en la salida de la caja 16A se corrigen en salida de la segunda caja 16B con una acción sobre la velocidad de la primera caja 16A. Esta corrección de velocidad se elabora por la unidad 29 y se aplica sobre la caja 16A por el regulador 30A destinado a regular la velocidad de rotación de los cilindros de trabajo 18 modificando la referencia de velocidad  $u_{tA}$  de manera que

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

La corrección de velocidad  $u_{1A}$  asociada a la primera caja 16A es proporcionada a una unidad de compensación de inercia 32, ella misma conectada a la unidad de gobierno de par 14. La unidad 32 se destina a determinar a partir de la corrección de velocidad  $u_{1A}$ , y características mecánicas de la banda, el par que se debe imponer al sistema 12 de mantenimiento de la tracción en entrada del laminador.

5 Según la invención, una unidad 34 de compensación de la velocidad de rotación de los cilindros de trabajo de al menos dos cajas en función de una variación de deslizamiento medida en salida de la primera caja de la instalación de laminado se dispone en la instalación.

10 En la primera realización ilustrada en la figura 1, la unidad de compensación 34 se destina a modificar la velocidad de rotación de los cilindros solamente de la primera caja 16A. La unidad 34 se conecta al detector 28 de medición de la velocidad  $V_{s1}$ . Además, se disponen detectores de medición de velocidad de rotación de los motores de accionamiento de los cilindros sobre la primera caja. Esta medición permite calcular la velocidad circunferencial  $V_{c1}$  de los cilindros de trabajo con la ayuda de la relación

$$V_{c1} = \pi * D_{f1} * N_{f1}$$

15 en la cual:

- $D_{f1}$  es el diámetro del cilindro de trabajo.
- $N_{f1}$  es la medida de la velocidad de rotación de los cilindros de trabajo.

20 La unidad 34 se conecta a detectores de velocidad de rotación. La velocidad del cilindro es diferente de la velocidad de la banda corriente arriba y corriente abajo del cilindro debido a la variación de espesor de esta banda durante el paso entre dos cilindros y fenómenos físicos unidos al laminado. La velocidad de la banda no es igual a la velocidad del cilindro más que en un punto de la periferia del cilindro designado por punto neutro.

25 El esquema de la unidad de compensación 34 se ilustra en la figura 2. Esta unidad comprende un módulo 42 de cálculo del deslizamiento de la banda en salida de la caja 16A, un módulo 44 de cálculo de la variación temporal de deslizamiento de la banda y una unidad 46 de elaboración de una señal de corrección de la velocidad de rotación de únicamente los cilindros de la primera caja 16A.

Más concretamente, el módulo de cálculo del deslizamiento 42 comprende un divisor 52 destinado a asegurar la división de la velocidad lineal  $V_{s1}$  de la banda en salida de la primera caja 16A por la velocidad circunferencial  $V_{c1}$  de los cilindros de la primera caja proporcionada por el detector 36.

30 Un sustractor 54 asegura la sustracción de la cifra 1 al resultado del cociente de las velocidades.

De este modo, el deslizamiento  $g_1$  se obtiene por la ecuación:

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

en la cual:

- $V_{s1}$  es la velocidad lineal de la banda entre la primera y la segunda cajas; y
- $V_{c1}$  es la velocidad circunferencial de los cilindros de la primera caja.

35

El módulo de cálculo 42 comprende en salida un filtro 58 que permite filtrar la medición del deslizamiento  $g_1$ .

40 El módulo 44 de cálculo de la variación temporal de deslizamiento  $\Delta g_1$  comprende una memoria 62 destinada a memorizar un valor de deslizamiento filtrado inicial  $g_{1i}$  producido por el módulo 42 durante la puesta en marcha de la unidad 34. De este modo, un disparador 64 se destina a asegurar la puesta en memoria del valor actual de deslizamiento producido por el módulo 42 durante la puesta en marcha de la unidad.

45 El módulo 44 comprende, además, un sustractor 66 destinado a efectuar la diferencia entre el deslizamiento filtrado actual  $g_1$  obtenido en salida del módulo 42 y el valor del deslizamiento filtrado inicial  $g_{1i}$  almacenado en la memoria 62. Una variación de deslizamiento  $\Delta g_1 = g_{1i}$  en la caja 16A se obtiene de este modo.

## ES 2 361 456 T3

La unidad 46 en esta realización se destina a garantizar el ajuste de la corrección relativa de velocidad de la unidad 34. En teoría esta ganancia vale  $-1$ .

Una señal de corrección suplementaria  $u_{2A} = -1 \cdot \Delta g_1$  se obtiene en salida del módulo 46.

5 Como se ilustra en la figura 1, la salida de la unidad 46 está conectada a un multiplicador 69A dispuesto en salida del regulador de velocidad 30A. La salida del multiplicador proporciona el valor de consigna  $u_A$  de velocidad al motor de accionamiento de los cilindros 18. El multiplicador se destina a multiplicar la consigna  $u_{3A}$  por  $(1 + u_{2A})$ . de este modo, la consigna de velocidad  $u_{1A}$  se encuentra aumentada o disminuida en porcentaje de una cantidad igual al opuesto de la variación de deslizamiento  $\Delta g_1$  en el instante de medición considerado.

10 Se constata que tal instalación permite garantizar una mejor regularidad del espesor de la banda en salida de la instalación de laminado. En efecto, la corrección suplementaria  $u_{2A}$  aportada por la unidad 34 permite tener en cuenta en la conducción de la instalación variaciones de deslizamiento que se producen especialmente en la primera caja actuando directamente sobre esta caja.

15 La corrección suplementaria efectuada por la unidad 34 es satisfactoria ya que es posible demostrar que la variación de deslizamiento en una caja es igual a la variación relativa de espesor en la siguiente caja, es decir

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

en la cual:

$\Delta E_2$  es la variación de espesor en salida de la caja 16B;

20  $E_2$  es el espesor de referencia en salida de la caja 16B;

$\Delta g_1$  es la variación de deslizamiento en salida de la caja.

En la figura 3 se ilustra otra realización de una instalación de laminado. Esta retoma elementos idénticos o correspondientes a los de la figura 1. Están designados por los mismos números de referencia.

25 Esta instalación comprende, además, un detector 138 de medición de la velocidad  $V_{c2}$  de rotación de los motores de accionamiento de la caja 16B que permite medir la velocidad circunferencial instantánea de los cilindros de trabajo de la segunda caja 16B. Este detector está conectado a la unidad de compensación suplementaria 34.

En esta realización, la unidad 34 comprende dos salidas, una conectada al multiplicador 69A y una segunda conectada a un segundo multiplicador 69B integrado en el regulador de velocidad 30B.

30 La segunda salida de la unidad de compensación suplementaria 34 se destina a proporcionar una corrección suplementaria  $u_{2B}$  dirigida al multiplicador 69B para proporcionar en salida del mismo un valor de consigna de velocidad  $u_B$  aplicado al motor de la segunda caja 16B.

La consigna  $u_B$  es igual a la consigna bruta  $u_{tB}$  corregida por la corrección suplementaria  $u_{2B}$  según la relación  $u_B = u_{tB} (1 + u_{2B})$ .

35 Además, la unidad 34 de compensación suplementaria comprende una salida  $u_{2C}$  de control de la posición de apriete de los rodillos de la tercera caja 16C.

El esquema de la unidad de corrección suplementaria 34 se ilustra en la figura 4. Se encuentran en este esquema los módulos 42 y 44 de la primera realización.

40 Asimismo, la unidad 34 comprende un módulo 70 de estimación del tiempo de transferencia del producto entre la segunda y la tercera cajas 16B, 16C. Este comprende una memoria 72 de almacenamiento de la distancia  $d_{23}$  que separa la segunda y la tercera cajas 16B y 16C así como un estimador 74 de la velocidad lineal  $V_{s2}$  de la banda entre la segunda y la tercera cajas 16B, 16C. Este estimador 74 se destina a determinar, por el cálculo, la velocidad de la banda en salida de la segunda caja 16B, especialmente a partir de la relación

45 
$$V_{s2} = V_{c2} (1 + g_{s2m})$$

en la cual:

- $V_{s2}$  es la velocidad lineal de la banda entre la segunda y la tercera cajas; y
- $V_{c2}$  es la velocidad circunferencial de los cilindros de trabajo de la segunda caja obtenida a partir del detector 138,
- $g_{s2Th}$  es el deslizamiento teórico en salida de la segunda caja.

5 El módulo 70 comprende un divisor 76 destinado a calcular el tiempo  $t_{23}$  de transferencia de un punto de la banda B entre la segunda y la tercera cajas a partir de la distancia  $d_{23}$  que separa estas cajas y de la velocidad  $V_{s2}$  de circulación de la banda.

10 En salida del divisor 76 se dispone un sumador 78 conectado a una memoria 80 de almacenamiento de una constante de retardo  $\tau$  correspondiente al tiempo de propagación del filtro del deslizamiento 68.

La salida del módulo 70 se conecta a una línea de retardo 82 integrada en el módulo de corrección 46. Esta línea de retardo recibe en entrada la señal  $-\Delta g_1$  obtenida en salida del multiplicador 58.

La línea de retardo 82 se destina a garantizar la aplicación de una señal de corrección suplementaria  $u_{2A}$ ,  $u_{2B}$  hacia las cajas 16A y 16B con el retardo producido por el módulo 70.

15 La salida de la línea de retardo 82 se aplica a los dos multiplicadores 69A, 69B de manera que las consignas de velocidad  $u_A$ ,  $u_B$  se corrigen cada una relativamente en porcentaje de una cantidad igual a

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

donde

20  $t$  es el instante de medición,

$t_{23}$  es el tiempo de transferencia entre las cajas 16A y 16B, y  $\tau$  es el tiempo de propagación del filtro del deslizamiento 58.

25 La función del módulo 47 es garantizar el mantenimiento de la tracción entre las cajas 16B y 16C calculando una corrección de apriete  $u_{2C}$  para la caja 16C a partir de la corrección de velocidad  $u_{2B}$ . En efecto, la corrección de velocidad  $u_{2B}$  por una parte y la variación de espesor en la entrada de la caja 16C generada por la variación de deslizamiento  $\Delta g_1$  por otra parte provocan estas variaciones de tracción. La salida del módulo 82 es filtrada por el módulo 90 para garantizar una adaptación de las dinámicas del motor de la caja 16B respecto del apriete de la caja 16C. Una ganancia  $G_{91}$  se aplica por un módulo 91 sobre la señal de salida del módulo 90 para garantizar que la variación de posición del apriete  $u_{2C}$  de la caja 16C sea justo necesaria para compensar la variación de tracción inducida por  $u_{2B}$ .

30 La ganancia del módulo 91 es dada por la relación

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

en la cual:

- 35
- $\frac{\partial F_3}{\partial E_e}$  es la variación de esfuerzo de la caja 16C respecto de la variación de espesor en entrada de esta caja; y
  - $Cg_3$  es el aflojamiento de la caja 16C; y
  - $E_{e3}$  es el espesor en la entrada de la caja 16C

40 En el ejemplo ilustrado respecto de las Figuras 3 y 4, la primera y segunda cajas tienen su velocidad de rotación de los cilindros corregidos para tener en cuenta variaciones de deslizamiento  $\Delta g_1$  en salida de la primera caja con el fin de que la variación de espesor que ha podido tener lugar en salida de la segunda caja respecto de un espesor óptimo teórico se compense durante el paso de la banda en la tercera caja 16C.

Más generalmente, el procedimiento según la invención se puede extender a más de dos cajas sucesivas, las velocidades de los cilindros de todas las cajas o de un número solamente parcial de cajas con la excepción de la última que se puede corregir en una misma cantidad relativa y teniendo en cuenta el tiempo de transferencia del producto entre la segunda caja y la última caja corregida, con el fin de que la última caja corregida garantice la compensación de la variación de espesor generada por las variaciones de deslizamiento en salida de la primera caja.

5

Ventajosamente, y como se ilustra en las figuras 1 y 3, la unidad de compensación de inercia 32 recibe, además, la corrección de velocidad  $u_{1A}$  del regulador 30A como se conoce habitualmente y la correlación suplementaria de velocidad  $u_{2A}$  obtenida teniendo en cuenta la correlación de la unidad 34 de manera que las variaciones de caudal en la entrada de la caja 16A se puedan compensar con la ayuda del sistema de mantenimiento de la tracción en entrada del laminador, teniendo esto por objetivo no perturbar la tracción en la entrada de la caja 16A.

10

En la realización ilustrada, las unidades 30A, 30B y 34 son distintas. Ahora bien, en una variante, estas unidades se aplican funcionalmente puesta en práctica por un solo y simple ordenador.

15

En la realización descrita anteriormente, las correcciones de velocidades de las cajas se aplican a partir de la primera caja. Pero de manera dual, estas correcciones de velocidades de cajas se pueden aplicar a partir de la última caja. Por ejemplo, para un laminador de cinco cajas:

- solo una corrección de velocidad relativa igual a  $+ \Delta g_1(t + t_{23} + t_{34} + t_{45} - \tau)$  se aplica en la última caja 16E, o
- una corrección de velocidad relativa igual a  $+ \Delta g_1(t + t_{23} + t_{34} - \tau)$  se aplica en las dos últimas cajas 16D y 16E, o
- una corrección de velocidad relativa igual a  $+ \Delta g_1(t + t_{23} - \tau)$  se aplica en las tres últimas cajas 16C, 16D, 16E.

20

En las fórmulas que preceden, se utilizan las siguientes notaciones:

25

t es el instante de medición

$t_{23}$  es el tiempo de transferencia entre las cajas 16B y 16D,

$t_{34}$  es el tiempo de transferencia entre las cajas 16C y 16D,

$t_{45}$  es el tiempo de transferencia entre las cajas 16D y 16E,

$\tau$  es el tiempo de propagación del filtro del deslizamiento 58.

30

En esta realización, las compensaciones de inercia se aplican en la enrolladora.

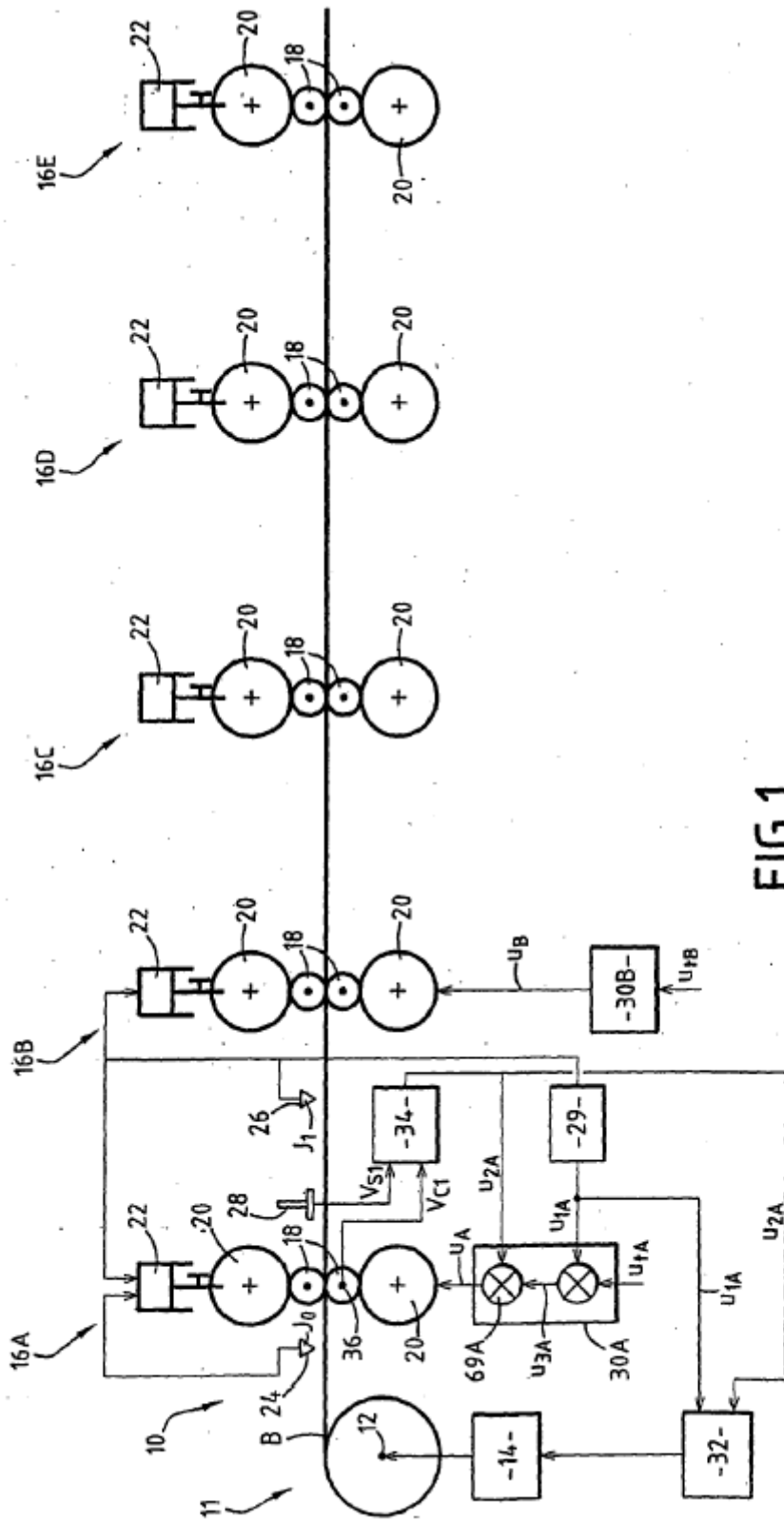


## REIVINDICACIONES

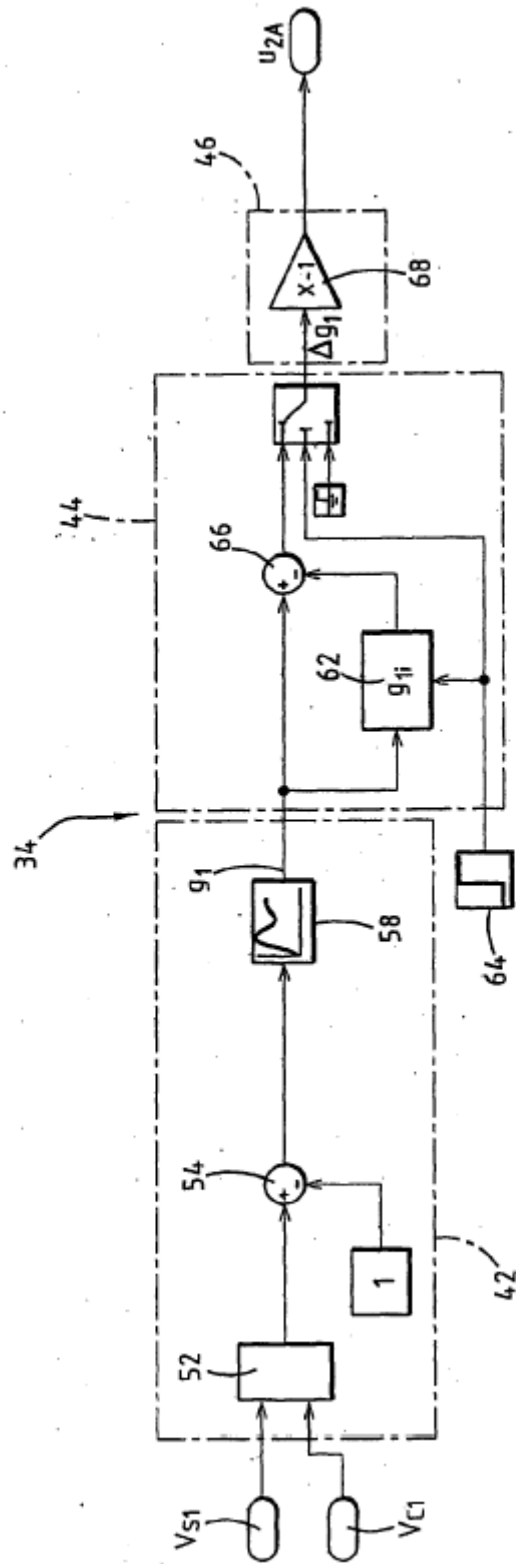
- 5 1.- Procedimiento de control del laminado en frío de una banda de chapa (B) conlleva el paso de la banda en frío, de manera continua en al menos dos cajas sucesivas (16A, 16B, 16C, 16D, 16E) que comprenden cada una al menos dos cilindros (18) accionados entre los cuales circula la banda (B) y experimenta un aplastamiento,
- caracterizado porque** comprende:
- la estimación de la variación de deslizamiento ( $\Delta g_1$ ) en salida de una caja (16A); y
  - la corrección de la velocidad ( $u_A$ ;  $u_B$ ) de rotación de los cilindros (18) de al menos una caja corregida (16A; 16A, 16B) en función de la variación de deslizamiento estimada ( $\Delta g_1$ ).
- 10 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el procedimiento controla el espesor de la banda.
- 15 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la estimación de la variación de deslizamiento comprende una etapa de medición de la velocidad lineal ( $V_{s1}$ ) de la banda en salida de la caja y una etapa de estimación de la velocidad circunferencial ( $V_{c1}$ ) de los cilindros en la caja (16A), y una etapa de cálculo del deslizamiento ( $g_1$ ) de la banda a partir de la velocidad lineal ( $V_{s1}$ ) de la banda en salida de la caja (16A) y de la velocidad circunferencial ( $V_{c1}$ ) de los cilindros de la caja.
- 20 4.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la estimación de la variación de deslizamiento se efectúa en la primera caja (16A) considerando el sentido de circulación de la banda.
- 25 5.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la corrección de la velocidad ( $u_A$ ,  $u_B$ ) se aplica sobre un conjunto de al menos dos cajas sucesivas (16A, 16B), considerando el sentido de circulación de la banda.
- 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** las correcciones de velocidad ( $u_A$ ,  $u_B$ ) aplicadas a las cajas sucesivas son idénticas.
- 30 7.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la corrección de la velocidad ( $u_A$ ) comprende una variación de la velocidad de la caja corregida sensiblemente en el instante de estimación de la variación de deslizamiento.
- 8.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la corrección de la velocidad comprende una variación de la velocidad de la primera caja corregida con un desfase temporal ( $t_{23}$ ) igual al tiempo de transferencia de la banda entre la última caja corregida (16B) y la siguiente caja (16C) considerando el sentido de circulación de la banda.
- 35 9.- Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el desfase temporal integra un retardo ( $\tau$ ) debido a un filtrado.
- 40 10.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la corrección de la velocidad comprende una variación de la velocidad de la primera caja corregida con un desfase temporal ( $t_{23} + t_{34}$ ) igual al tiempo de transferencia de la banda entre la siguiente caja a la caja donde se estima la variación de deslizamiento y la primera caja corregida considerando el sentido de circulación de la banda.
- 45 11.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una corrección de apriete se aplica para al menos una caja adyacente a una caja corregida para mantener la tracción.
- 12.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende el accionamiento de un dispositivo (12) de mantenimiento de la tracción situado corriente arriba de la primera caja y **porque** dicho accionamiento tiene en cuenta la variación de deslizamiento estimada.
- 13.- Dispositivo de control del laminado de una banda de chapa (B) que comprende al menos dos cajas sucesivas (16A, 16B, 16C, 16D) que comprende cada una al menos dos cilindros (18) accionados entre los cuales circula la banda en frío (B) y experimenta un aplastamiento,
- caracterizado porque** comprende:

5

- medios (34) de estimación de la variación de deslizamiento ( $\Delta g_1$ ) en salida de una caja (16A);
- medios (30A, 34) de corrección de la velocidad ( $u_A$ ;  $u_A$ ,  $u_B$ ) de rotación de los cilindros (18) de al menos una caja corregida (16A, 16A, 16B) en función de la variación de deslizamiento estimada ( $\Delta g_1$ ), y
- medios para la implementación de un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

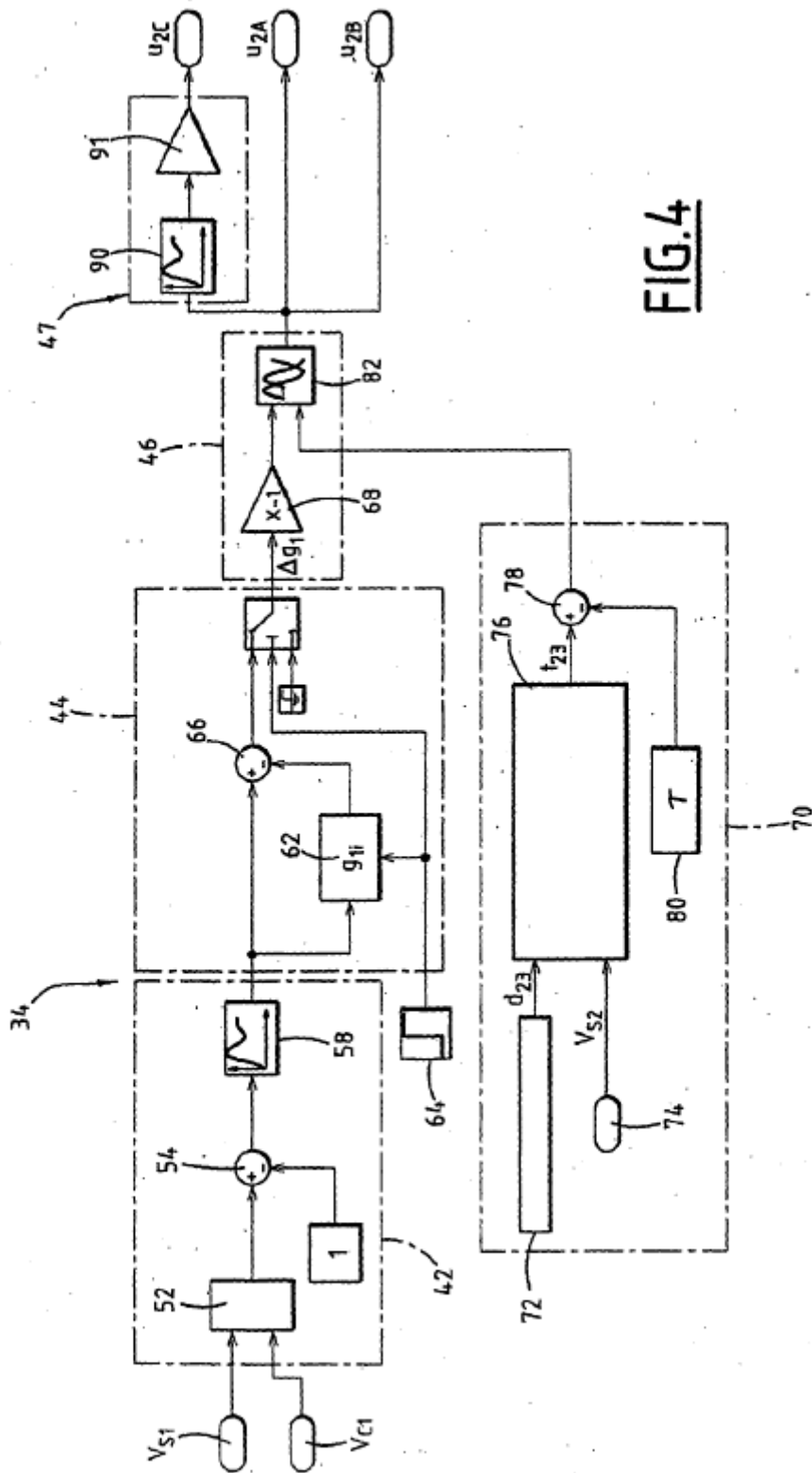


**FIG.1**



**FIG. 2**





**FIG. 4**