



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 278**

51 Int. Cl.:  
**B21B 37/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05755571 .6**

96 Fecha de presentación : **17.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1763411**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.03.2007**

54 Título: **Método y dispositivo para la medición y la regulación de la planeidad y/o de las tensiones de una banda de acero inoxidable o de una lámina de acero inoxidable en la laminación en frío de una caja de rodillos múltiples, en particular en un tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos.**

30 Prioridad: **06.07.2004 DE 10 2004 032 634**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.06.2011**

73 Titular/es: **SMS SIEMAG AG.**  
**Eduard-Schloemann-Strasse 4**  
**40237 Düsseldorf, DE**

72 Inventor/es: **Krüger, Matthias;**  
**Jepsen, Olaf, Norman y**  
**Breuer, Michael**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 361 278 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

5 Método y dispositivo para la medición y la regulación de la planeidad y/o de las tensiones de una banda de acero inoxidable o de una lámina de acero inoxidable, en la laminación en frío en una caja de rodillos múltiples, en particular en un tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos

10 La presente invención hace referencia a un método y a un dispositivo para la medición y la regulación de la planeidad y/o de las tensiones de una banda de acero inoxidable o de una lámina de acero inoxidable, en la laminación en frío en una caja de rodillos múltiples, en particular en un tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos, con, al menos, un circuito de regulación que comprende una pluralidad de elementos de ajuste, en donde la planeidad actual de la banda en la salida de la caja de rodillos múltiples, se mide mediante un elemento de medición de planeidad, de acuerdo con la distribución de tensión de banda sobre el ancho de la banda.

Esta clase de cajas de rodillos múltiples se conforman mediante una ejecución de bloques separados o como un monobloque, en donde los juegos de rodillos superiores e inferiores se regulan independientemente unos de otros, y a partir de ello se pueden formar diferentes bastidores de soporte.

15 El método mencionado en la introducción, se conoce de la patente EP 0 349 885 B1, y comprende la conformación de valores de medición que indican la planeidad, en particular la distribución de la fuerza de tensión, sobre el lado de salida de la caja de rodillos, y dependiendo de ello, se accionan los elementos de ajuste del tren de laminación, que corresponden, al menos, a un circuito de regulación para la planeidad de las chapas y bandas laminadas. Para reducir los diferentes comportamientos en función del tiempo de los elementos de ajuste del tren de laminación, el método conocido prevé que las velocidades de la pluralidad de elementos de ajuste se adapten entre sí, y que los recorridos de regulación se igualen. Sin embargo, de esta manera, no se detectan otras fuentes de error.

20 Otro método conocido (EP 0 647 164 B1), un método para la obtención de señales de entrada en forma de señales de abertura entre rodillos, para los elementos de control y el regulador para los elementos de ajuste de los rodillos de trabajo, prescinde de la distribución de tensión transversalmente al material de la banda, en donde los errores de planeidad se deducen a partir de una función matemática, en tanto que los cuadrados de las divergencias deben suponer un mínimo, que se detecta mediante una matriz, con la pluralidad de puntos de medición, la pluralidad de filas, la pluralidad de funciones base y la pluralidad de aberturas entre rodillos en los puntos de medición. Dicho modo de proceder no considera los errores de planeidad que surgen en la práctica y su realización.

30 El objeto de la presente invención consiste en lograr un comportamiento de ajuste variado de los respectivos elementos de ajuste, mediante los errores de planeidad medidos y analizados con exactitud, para lograr una planeidad más precisa del producto final, de manera que también se pueda incrementar la velocidad de laminación.

35 El objeto presentado se resuelve, conforme a la presente invención, mediante un método en combinación con las características de la reivindicación 1. Las ventajas consisten en el aseguramiento de una operación estable de los rodillos, con cuotas mínimas de rotura de banda, y de esta manera, con un incremento de la posible velocidad de laminación. Además, se libera al personal de mantenimiento mediante una adaptación automática de los elementos de ajuste de planeidad a las condiciones modificadas, también en el caso de la determinación de errores. Además, se logra una calidad del producto constante, independientemente de la competencia del personal. Por otra parte, el cálculo de las funciones de influencia y un cálculo de las funciones de control, se pueden realizar previamente de manera que se economice el tiempo. El sistema de regulación de la planeidad, como un conjunto, resulta rígido en comparación con las imprecisiones en las funciones de control calculadas. Las imprecisiones permanecen sin influencia alguna en la puesta en funcionamiento. Los componentes más importantes del error de planeidad se eliminan con una dinámica de regulación máxima posible. Los componentes ortogonales de los vectores de tensión son lineales, independientemente unos de otros, por lo que se excluye una influencia recíproca de los componentes entre sí. Los componentes escalares de error de planeidad, se suministran a los módulos de regulación individuales.

45 En el acondicionamiento de la presente invención, se prevé la aproximación del desarrollo del error de planeidad sobre el ancho de la banda, mediante una aproximación gaussiana de orden 8 (método LSQ), y a continuación, se descompondrá en los componentes ortogonales.

50 Un perfeccionamiento de la presente invención consiste en el análisis de un vector de error residual, y la aplicación del vector de error residual directamente a los elementos de ajuste seleccionados. Todos los errores de planeidad que permanecen después del proceso de regulación máxima altamente dinámico, que se pueden influenciar con las funciones de influencia dadas, se eliminan mediante la eliminación de los errores residuales en el rango de ajuste disponible. Por consiguiente, resulta ventajosa, además de los componentes ortogonales del error de planeidad mencionados anteriormente, también la consideración de un error residual que no se suministra a los componentes ortogonales descritos, sino que se suministra directamente a los elementos de ajuste.

De acuerdo con otras etapas, la asignación de los vectores de error residual se puede realizar mediante las funciones de ponderación que se derivan de las funciones de influencia de los elementos de ajuste de los excéntricos, y que se pueden asignar a todos los errores de planeidad que se presenten, a los excéntricos individuales.

- 5 Además, resulta ventajoso el hecho de que se conforme una variable de error determinada mediante valores numéricos reales, mediante la suma a partir de los vectores de error residual que se asignan a los excéntricos.

Otro perfeccionamiento prevé que la regulación para los bordes de la banda se realice separadamente, durante la regulación de la planeidad. De esta manera, se puede desconectar una regulación de esta clase, eventualmente en su totalidad, en el caso que no se requiera obligatoriamente.

- 10 Otra mejora consiste en que como elemento de ajuste para la regulación de la tensión de los bordes, se emplea el desplazamiento horizontal de los rodillos intermedios interiores.

Por lo tanto, se recomienda una mejora que consiste en la regulación, mediante la regulación de tensión de los bordes, separadamente para cada borde de la banda, de una tensión de banda predeterminada en el área de una hasta dos zonas cubiertas más exteriores de un rodillo de medición de planeidad.

- 15 Otras características prevén que la regulación de tensión de los bordes se accione alternativamente de manera asincrónica o sincrónica para ambos bordes de la banda.

Además, la variable de regulación para la regulación de la tensión de los bordes, se determina separadamente para cada borde de la banda, mediante el cálculo de la diferencia entre las diferencias de regulación de ambos valores de medición más exteriores de los rodillos de medición de planeidad.

- 20 De acuerdo con el estado del arte presentado, el dispositivo se basa en la medición y la regulación de la planeidad y/o de las tensiones de una banda de acero inoxidable o de una lámina de acero inoxidable, para la operación de laminación en frío en una caja de rodillos múltiples, en particular en un tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos, que presenta, al menos, un circuito de regulación para los elementos de ajuste, que consisten en medios de ajuste hidráulicos, excéntricos de los rodillos de apoyo exteriores, rodillos intermedios interiores cónicos con desplazamiento axial, y/o sus funciones de influencia.
- 25

Por lo tanto, el objeto presentado en la introducción se resuelve, conforme a la técnica del dispositivo, mediante un dispositivo en combinación con las características de la reivindicación 11.

De esta manera, conforme a la técnica del dispositivo, se pueden modificar las ventajas relacionadas con el método.

- 30 Otro perfeccionamiento de la presente invención consiste en que la señal de comparación entre la curva de referencia y la planeidad actual de la banda, se encuentra conectada a través del instrumento de análisis independiente al tercer módulo de regulación independiente para un error residual de planeidad, cuya salida se conduce a la conexión de acoplamiento para el elemento de ajuste compuesto por los excéntricos.

- 35 En este aspecto, una ejecución que continúa la presente invención, consiste en que la señal de comparación entre la curva de referencia y la planeidad actual de la banda, se conecta a través de un tercer instrumento de análisis adicional a un cuarto módulo de regulación independiente, para el control de la regulación de la tensión de los bordes, y cuya salida se conecta con el elemento de ajuste de los rodillos intermedios cónicos interiores.

Una generación de señales exacta se soporta mediante el hecho de que un elemento de medición de planeidad dispuesto en la salida, se conecta a la línea de señales de la planeidad actual de la banda.

- 40 La invención perfeccionada se conforma, a partir del hecho de que para cada vector de error de planeidad se proporciona un regulador individual dinámico, que se prevé como un regulador PI con una zona muerta en la entrada.

Otro acondicionamiento prevé que a cada regulador individual, excepto el primer instrumento de análisis, se le anteponga en conexión paralela, medios de parametrización adaptativos y una pantalla de control.

- 45 Además, resulta ventajoso que para cada regulador individual se proporcionen conexiones para los parámetros de regulación.

Además, los reguladores individuales dinámicos se pueden conectar a una consola de control.

Otra analogía de las etapas del método, consiste en que para la eliminación del error residual, el vector del error residual actúa en conjunto con los respectivos elementos de ajuste del excéntrico, mediante instrumentos de regulación del error residual.

5 La independencia de las mediciones en los bordes de la banda se resuelve, conforme a la técnica del dispositivo, mediante la provisión de un instrumento de análisis, en la regulación de tensión de los bordes, para diferentes zonas de bordes de banda del rodillo de medición de planeidad, al que se encuentran conectados respectivamente dos instrumentos de regulación de bordes de banda.

En el perfeccionamiento de dicha disposición, los instrumentos de regulación de bordes de banda se encuentran conectados con los elementos de ajuste de los rodillos intermedios cónicos.

10 De esta manera, los instrumentos de regulación de bordes de banda se pueden conmutar independientemente unos de otros.

Finalmente, se prevé que en ambos instrumentos de regulación de bordes de banda se conecte respectivamente un medio de regulación adaptativo para el ajuste de la velocidad, y una pantalla de control.

15 En el dibujo se representan ejemplos de ejecución de la presente invención que a continuación se explican en detalle.

Muestran:

Fig. 1 una configuración de la instalación de un tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos,

Fig. 2 en un corte aumentado, los juegos de rodillos en una ejecución de bloques separados, con las ubicaciones para los elementos de ajuste de planeidad,

20 Fig. 3 una representación gráfica de la abertura entre rodillos / el ancho de la banda, con las funciones de influencia del excéntrico sobre el perfil de la abertura entre rodillos,

Fig. 4 una representación gráfica de la variación de la abertura entre rodillos sobre el ancho de la banda, para la influencia en el desplazamiento de los rodillos intermedios cónicos,

25 Fig. 5A una representación gráfica para el error residual de planeidad (tensión de banda sobre el ancho de la banda),

Fig. 5B una representación gráfica de la asignación del error residual de planeidad a cada excéntrico,

Fig. 6 un esquema de bloques general de la regulación de planeidad para el tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos,

Fig. 7 un esquema de bloques estructural para la regulación Cx,

30 Fig. 8 un esquema de bloques para la estructuración de la eliminación de errores residuales, y

Fig. 9 un esquema de bloques para la estructuración de la regulación de tensión de los bordes.

35 De acuerdo con la fig. 1, la banda de acero inoxidable 1 o una lámina de acero inoxidable 1a, se lamina en una caja de rodillos múltiples 2, en un tren de laminación Sendzimir de 20 rodillos 2a, mediante un desenrollado, una laminación y un enrollado. Además, los juegos de rodillos 2b conforman una ejecución en bloques separados. El juego de rodillos superior 2b se puede ajustar mediante un elemento de ajuste 3 y otras funciones. En un circuito de regulación 4 (fig. 6 - 9) se procesan las señales aún por describir. Dichas señales se originan, previamente al proceso de laminación, de una entrada 5a, y después de la laminación, de una salida 5b, y se obtienen mediante elementos de medición de planeidad 6, que en el ejemplo de ejecución se conforman con rodillos de medición de planeidad 6a.

40 En la fig. 2 se muestra un medio de ajuste hidráulico 17, como elemento de ajuste 3 para el juego de rodillos superior 2b. Para la influencia en la planeidad de la banda, como elementos de ajuste 3 se dispone de una rotación del medio de ajuste hidráulico 17 (aplicado sólo en la ejecución de bloques separados), un elemento de ajuste del excéntrico 14 de los rodillos de apoyo exteriores 18 (A, B, C, D, entre los cuales los rodillos de apoyo A y D se encuentran provistos, por ejemplo, de un excéntrico 14a) y un desplazamiento axial de los rodillos intermedios cónicos interiores 19.

45

El comportamiento de ajuste del excéntrico se caracteriza mediante las denominadas “funciones de influencia”. Dos o más rodillos de apoyo exteriores 18, se encuentran provistos respectivamente de cuatro a ocho excéntricos 14a dispuestos sobre la extensión de la tabla, que en cada caso se pueden rotar mediante una unidad hidráulica de pistón-cilindro, por lo que se puede influir sobre el perfil de la abertura entre rodillos. Los rodillos intermedios cónicos interiores 19, que se pueden desplazar horizontalmente mediante un dispositivo de desplazamiento hidráulico, poseen un pulidor cónico en la zona de los bordes de la banda 15. El pulidor se encuentra en ambos rodillos intermedios cónicos superiores 19, sobre el lado de control de la caja de rodillos múltiples 2, y en los rodillos intermedios cónicos inferiores 19, sobre el lado de accionamiento (o de forma inversa). De esta manera, se puede influir en la tensión de uno de ambos bordes de la banda 15, mediante un desplazamiento sincrónico respectivamente de ambos rodillos intermedios cónicos inferiores y superiores 19.

En la fig. 3 se indica para cada uno de los ocho excéntricos regulables 14a del ejemplo de ejecución, la variación correspondiente del perfil de abertura entre cilindros, entre los bordes de la banda 15 dentro del ancho de banda 7.

Las funciones de influencia correspondientes, que describen la influencia de la posición de desplazamiento de los rodillos intermedios cónicos, sobre el perfil de abertura entre rodillos, se indican también en la fig. 4 a lo largo del ancho de la banda 7 hasta los bordes de la banda 15. La descomposición del vector del error de planeidad en polinomios ortogonales de la tensión  $\sigma(x)$ , en el análisis correspondiente conduce a C1 (orden 1), C2 (orden 2), C3 (orden 3) y C4 (orden 4) en  $N/mm^2$ .

De la fig. 5A se deduce una asignación de los errores residuales a cada uno de los excéntricos, como errores residuales de planeidad 26 (que restan después de una intervención de ajuste mediante la regulación Cx) con la tensión de banda ( $N/mm^2$ ), a lo largo del ancho de la banda 7 entre los bordes de la banda 15, y en la figura 5B se representan las funciones de ponderación para la valoración del error residual de planeidad 26 para cada excéntrico 14a, dependiendo del ancho de la banda 7 entre los bordes de la banda 15.

El método se puede observar en la fig. 6: La planeidad actual de la banda se mide en la salida 5b de la caja de rodillos múltiples 2, mediante los rodillos de medición de planeidad 6, de acuerdo con la distribución de tensión de la banda (valores discretos de medición de la tensión de banda, sobre el ancho de la banda 7), y se almacena en un vector de tensión 8. Una substracción de la curva de referencia 9 predeterminable por el operador (curva deseada), mediante el cálculo, resulta en el vector de tensión 8 del error de planeidad 10 (diferencia de regulación). El desarrollo del error de planeidad 10 a lo largo del ancho de la banda 7, se aproxima en un módulo de análisis 11 mediante una aproximación gaussiana de orden 8 (método LSQ), y a continuación, se descompone en los componentes ortogonales C1...Cx. Los componentes ortogonales son lineales, independientemente unos de otros, por lo que se excluye una influencia recíproca de los componentes entre sí. Los componentes escalares de error de planeidad C1, C2, C3, C4, y eventualmente otros, se suministran a un primer y a un segundo módulo de regulación 12a y 12b, a través de un primer instrumento de análisis 11a. De manera correspondiente, el segundo y el tercer instrumento de análisis 11b y 11c se conectan con los módulos de regulación 12c, y un cuarto módulo de regulación 12d.

En particular, el desarrollo se presenta de la siguiente manera: Una señal de comparación 20 entre la curva de referencia 9 y la planeidad actual de la banda 22 del elemento de medición de planeidad 6, en la entrada 23 del circuito de regulación 4, se conecta a un primer instrumento de análisis 11a y a un primer módulo de regulación independientemente 12a, para la formación de los vectores de tensión 8 (C1...Cx), y en la salida 24, se conecta al respectivo elemento de ajuste 3 para los medios de ajuste hidráulicos 17 del juego de rodillos 2b. Las señales de salida del instrumento de análisis restante 11a, llegan además al segundo módulo de regulación 12b. El resultado del cálculo (f), a partir de las funciones de control 21, se transmite a través de una conexión de acoplamiento 25 al elemento de ajuste 3 de los excéntricos 14a. La señal de comparación 20 entre la curva de referencia 9 y la planeidad actual de la banda 22, se encuentra conectada a través del instrumento de análisis independiente 11b, al tercer módulo de regulación independiente 12c para un error residual de planeidad 26, cuya salida 27 se conduce a la conexión de acoplamiento 25 para el elemento de ajuste 3 compuesto por los excéntricos 14a.

Además, en la fig. 6 se muestra que la señal de comparación 20 entre la curva de referencia 9 y la planeidad actual de la banda 22, se conecta a través de un tercer instrumento de análisis adicional 11c, a un cuarto módulo de regulación independiente 12d, para el control de una regulación de la tensión de los bordes 16, y cuya salida 28 se conecta con el elemento de ajuste 3 de los rodillos intermedios cónicos interiores 19. En la salida 5b se encuentra conectado un rodillo de medición de planeidad 6a, mediante la línea de señales de la planeidad actual de la banda 22.

Por otra parte, se puede realizar, además de los componentes mencionados anteriormente del error de planeidad 10, también la consideración de un error residual que no se asigna a los componentes ortogonales descritos anteriormente, sino que se asigna directamente a los excéntricos 14a. De acuerdo con la fig. 5B, dicha asignación se realiza con las funciones de ponderación, que se derivan de las funciones de influencia de los excéntricos, y que se asignan al vector de error de planeidad inminente completo, a cada excéntrico 14a. A continuación, se conforma una

variable de error escalar, a partir de los vectores de error residual 13 asignados a los excéntricos 14a mediante la suma, y dicha variable se asigna a los excéntricos 14a, a través de un módulo de regulación 12d correspondiente.

Para cada componente ortogonal del vector de error de planeidad (Fig. 7), en el circuito de regulación 29 altamente dinámico se provee un regulador individual dinámico 30, que se prevé como un regulador PI 31 con una zona muerta en la entrada 32. A cada regulador individual 30, excepto el primer instrumento de análisis 11a, se le antepone en conexión paralela medios de parametrización adaptativos 33 y una pantalla de control 34. En cada regulador individual 30 se proporcionan conexiones 35 para los parámetros de regulación  $K_i$  y  $K_p$ . Eventualmente, los reguladores individuales dinámicos 30 se pueden conectar a una consola de control 36.

El regulador individual 30, para el componente C1 (disposición inclinada), en la ejecución de bloques separados opera sobre el valor teórico de rotación de los medios de ajuste hidráulicos 17, y en la ejecución de monobloque, opera sobre el ajuste de los excéntricos, como variable de ajuste. Los reguladores individuales 30 para todos los componentes restantes (C2, C3, C4 y eventualmente órdenes más elevados) operan sobre los elementos de ajuste 14 de los excéntricos de los rodillos de apoyo exteriores 18. Para la asignación de las variables de ajuste escalares suministradas desde cada regulador individual dinámico 30 a los excéntricos 14a, se emplean las funciones de control 21. Las funciones de control 21 modifican un movimiento de ajuste C1, C2, C3..... en una combinación correspondiente de cada movimiento de ajuste de los excéntricos. El desacoplamiento mencionado garantiza que un movimiento de ajuste, por ejemplo, del regulador 30 de C2, no influya sobre ningún otro componente ortogonal, excepto el componente C2. Las funciones de control correspondientes, se calculan previamente dependiendo del ancho de la banda 7, y de la cantidad de excéntricos activos 14a, a partir de las funciones de influencia. Los reguladores PI empleados presentan, dependiendo de la dinámica del elemento de ajuste y de la velocidad de laminación, los medios adaptativos de parametrización 33, y de esta manera, garantizan que en todos los rangos operacionales se logre la dinámica de regulación óptima, teóricamente posible. Por otra parte, el planteo seleccionado para el cálculo de los parámetros de regulación  $K_i$  y  $K_p$ , de acuerdo con el método del valor óptimo, permite una puesta en funcionamiento muy sencilla, dado que la regulación de la dinámica de regulación se realiza sólo mediante un parámetro. Con los reguladores individuales 30 altamente dinámicos, dependiendo de la velocidad de laminación, se logran tiempos de corrección por debajo de 1 segundo.

De acuerdo con la fig. 8, se consideran componentes de error, para los cuales no se provee ningún regulador individual 30, y se desconecta el regulador individual 30 correspondiente, o aquellos que provocan, por ejemplo, un desacoplamiento deficiente mediante imprecisiones inevitables en las funciones de control calculadas. Esta clase de componentes de errores que se presentan, naturalmente no pueden ser eliminados por los reguladores individuales 30 altamente dinámicos de los componentes ortogonales. Sin embargo, para eliminar esta clase de componentes de errores, el método de regulación de planeidad comprende una eliminación de errores residuales (fig. 8). La eliminación de errores residuales opera sobre los excéntricos 14a como elementos de ajuste 3, y permite el análisis de errores descrito anteriormente, esencialmente para eliminar la totalidad de los errores de planeidad, en los cuales esto se puede realizar debido a la característica dada del elemento de ajuste. Debido al acoplamiento que continua existiendo entre cada excéntrico individual 14a y debido a las posibles acciones recíprocas con la regulación altamente dinámica de los componentes ortogonales, la regulación del error residual se debería accionar sólo con una dinámica comparativamente reducida. Dicha dinámica se orienta a una velocidad de ajuste constante y parametrizable de los excéntricos 14a, de manera que la regulación logre tiempos de corrección algo más prolongados, de acuerdo con la velocidad de laminación y la desviación de la regulación. De manera correspondiente, para la eliminación de errores residuales, el vector de error residual 13 se conecta con los respectivos elementos de ajuste 3 de los excéntricos 14a, mediante instrumentos de regulación del error residual 37, 38 y 39.

Para considerar los aspectos importantes de las cajas de 20 rodillos y de la laminación de bandas finas y de láminas, en relación con la tensión en los bordes de la banda 15 (por ejemplo, grietas de la banda, pasada de la banda), los bordes de la banda 15 se tratan por separado, durante la regulación de planeidad. Como elemento de ajuste 3, se utiliza el desplazamiento horizontal de los rodillos intermedios cónicos interiores 19. La regulación de tensión de los bordes 16, regula separadamente para cada borde de la banda 15, de acuerdo con la fig. 9, una tensión de banda deseada, en el área de una hasta dos zonas más exteriores cubiertas de un rodillo de medición de planeidad 6a. La variable de regulación se conforma, como se deduce de la fig. 9, separadamente para cada borde de la banda 15, mediante el cálculo de la diferencia entre las diferencias de regulación de ambos valores de medición más exteriores de los rodillos de medición de planeidad 6a. De esta manera, la regulación de tensión de los bordes 16 es independiente de la curva de referencia 9, y no depende de los componentes restantes de la regulación de planeidad. Para la regulación de tensión de los bordes 16 se proporciona un instrumento de análisis 40 para diferentes zonas de bordes de banda del rodillo de medición de planeidad 6a, al que se encuentran conectados respectivamente dos instrumentos de regulación de bordes de banda 41 y 42. Los instrumentos de regulación de bordes de banda 41, 42 se encuentran conectados con los elementos de ajuste 3 de los rodillos intermedios cónicos 19. Los instrumentos de regulación de bordes de banda 41, 42 se pueden conmutar independientemente unos de otros. Además, en ambos instrumentos de regulación de bordes de banda 41, 42 se conecta respectivamente un medio de ajuste adaptativo para la regulación de velocidad 43 y una pantalla de control 44. Por consiguiente, la regulación de tensión de los bordes 16 se puede accionar alternativamente de manera

asincrónica (funcionamiento independiente para ambos bordes de la banda 15) o sincrónica. La dinámica de la regulación de tensión de bordes 16 se caracteriza por la velocidad de desplazamiento admisible del desplazamiento horizontal de los rodillos intermedios cónicos, que depende de la fuerza de laminación y de la velocidad de laminación.

- 5 Lista de símbolos de referencia
  - 1 Banda de acero inoxidable
    - 1 a Lámina de acero inoxidable
  - 2 Caja de rodillos múltiples
    - 2a Tren de laminación Sendzimir
- 10 2b Juego de rodillos
  - 3 Elemento de ajuste
  - 4 Circuito de regulación
    - 5a Entrada
    - 5b Salida
- 15 6 Elemento de medición de planeidad
  - 6a Rodillo de medición de planeidad
  - 7 Ancho de la banda
  - 8 Vector de tensión
  - 9 Curva de referencia
- 20 10 Error de planeidad
  - 11 Módulo de análisis
    - 11a Primer instrumento de análisis
    - 11b Segundo instrumento de análisis
    - 11c Tercer instrumento de análisis
- 25 12a Primer módulo de regulación
  - 12b Segundo módulo de regulación
  - 12c Tercer módulo de regulación
  - 12d Cuarto módulo de regulación
- 13 Vector de error residual
- 30 14 Elemento de ajuste del excéntrico
  - 14a Excéntrico
- 15 Borde de la banda

- 16 Regulación de tensión de los bordes
- 17 Medio de ajuste hidráulico
- 18 Rodillos de apoyo exteriores
- 19 Rodillos intermedios cónicos
- 5 20 Señal de comparación
- 21 Funciones de control
- 22 Planeidad actual de la banda
- 23 Entrada del circuito de regulación
- 24 Salida del circuito de regulación
- 10 25 Conexión de acoplamiento
- 26 Error residual de planeidad
- 27 Salida del tercer módulo de regulación
- 28 Salida del cuarto módulo de regulación
- 29 Circuito de regulación altamente dinámico
- 15 30 Regulador individual dinámico para los componentes ortogonales
- 31 Regulador PI con zona muerta
- 32 Entrada
- 33 Medios de parametrización adaptativos
- 34 Pantalla de control
- 20 35 Conexión
- 36 Consola de control
- 37 Instrumento de regulación de error residual
- 38 Instrumento de regulación de error residual
- 39 Instrumento de regulación de error residual
- 25 40 Instrumento de análisis para diferentes zonas de bordes de banda
- 41 Instrumento de regulación de bordes de banda
- 42 Instrumento de regulación de bordes de banda
- 43 Medios de regulación adaptativos para el ajuste de la velocidad
- 44 Pantalla de control

## REIVINDICACIONES

1. Método para la medición y la regulación de la planeidad y/o de las tensiones de una banda de acero inoxidable (1) o de una lámina de acero inoxidable (1a), para la operación de laminación en frío en una caja de rodillos múltiples (2), en particular en un tren de laminación Sendzimir (2a) de 20 rodillos, que comprende las siguientes etapas:

- 5 la determinación de la distribución actual de la planeidad (22) de la banda de acero, sobre su ancho (7) en base a una tensión de banda medida, distribuida en el ancho de banda (7), en la salida (5b) de la caja de rodillos múltiples (2);
- la determinación de un error de planeidad (10) mediante la comparación de la distribución actual determinada de la planeidad (22) con una curva de referencia predeterminada (9);
- 10 la aproximación matemática del error de planeidad (10) recibido sobre el ancho de la banda (7) en un módulo de análisis (11) y la descomposición del error de planeidad aproximado en componentes escalares del error de planeidad (C1, C2, C3, C4); y
- el cálculo de una primera y una siguiente señal de salida de regulación, a partir de los componentes del error de planeidad, para la activación de una pluralidad de elementos de ajuste (3, 14a, 17, 18, 19) de la
- 15 caja de rodillos múltiples (2);
- caracterizado porque la descomposición del error de planeidad aproximado se realiza de manera tal que los componentes del error de planeidad resultantes (C1, C2, C3, C4) son ortogonales entre sí;
- para el ajuste del juego de rodillos (2b), se activa un primer elemento de ajuste en forma de un medio de ajuste hidráulico (17), de la pluralidad de elementos de ajuste, como respuesta a la primera señal de salida
- 20 de regulación, que se obtiene a partir de un primer componente ortogonal (C1) del error de planeidad;
- el cálculo de las demás señales de salida de regulación, en forma de componentes escalares de variables de ajuste, en base a uno de los respectivos componentes ortogonales restantes (C2, C3, C4) del error de planeidad; y
- 25 la combinación de los componentes escalares de variables de ajuste, en señales de activación apropiadas, para los elementos de ajuste individuales de los excéntricos (14a) de los rodillos de apoyo exteriores (18) de la caja de rodillos múltiples, de la pluralidad de elementos de ajuste.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el desarrollo del error de planeidad (10) sobre el ancho de la banda (7), se aproxima mediante una aproximación gaussiana de orden 8 (método LSQ), y a continuación, se descompone en los componentes ortogonales (C1...Cx).
- 30 3. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se analiza un vector de error residual (13), y el vector de error residual (13) se aplica directamente a los elementos de ajuste seleccionados (3).
4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque la asignación de los vectores de error residual (13) se realiza mediante las funciones de ponderación, que se derivan de las funciones de influencia de los
- 35 elementos de ajuste de los excéntricos (14), y que se asignan a todos los errores de planeidad que se presenten (10), a los excéntricos individuales (14a).
5. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado porque se conforma una variable de error determinada mediante valores numéricos reales, mediante la suma a partir de los vectores de error residual (13) que se asignan a los excéntricos (14a).
6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la regulación para los bordes de la
- 40 banda (15) se realiza separadamente, durante la regulación de la planeidad.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque como elemento de ajuste (3) para la regulación de la tensión de los bordes (16), se emplea el desplazamiento horizontal de los rodillos intermedios interiores (19).
8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque mediante la regulación de tensión de los bordes
- 45 (16), separadamente para cada borde de la banda (15), se regula una tensión de banda predeterminada, en el área de una hasta dos zonas cubiertas más exteriores de un rodillo de medición de planeidad (6a).

9. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque la regulación de tensión de los bordes (16) se acciona alternativamente de manera asincrónica o sincrónica para ambos bordes de la banda (15).
10. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque la variable de regulación para la regulación de la tensión de los bordes (16), se determina separadamente para cada borde de la banda (15), mediante el cálculo de la diferencia entre las diferencias de regulación de ambos valores de medición más exteriores de los rodillos de medición de planeidad (6a).
11. Dispositivo para la medición y la regulación de la planeidad y/o de las tensiones de una banda de acero inoxidable (1) o de una lámina de acero inoxidable (1a), para la operación de laminación en frío en una caja de rodillos múltiples (2), en particular en un tren de laminación Sendzimir (2a) de 20 rodillos, que presenta:
- 10 un elemento de medición de planeidad (6) en la salida de la caja de rodillos múltiples (2), para la determinación de la distribución actual de la planeidad (22) de la banda de acero sobre su ancho (7), en base a una tensión de banda medida, distribuida en el ancho de la banda (7);
- un dispositivo para la determinación de un error de planeidad (8, 20) mediante la comparación de la distribución actual determinada de la planeidad (22), con una curva de referencia predeterminada; y
- 15 al menos, un circuito de regulación (4) que comprende un dispositivo de análisis (11) con un primer instrumento de análisis (11a) para la aproximación matemática del error de planeidad recibido (8, 20), y para la descomposición del error de planeidad aproximado, en componentes escalares del error de planeidad (C1, C2, C3, C4), y además, comprende un primer y otros módulos de regulación (30) conectados al dispositivo de análisis y asignados a los componentes de error de planeidad, para la activación de una pluralidad de elementos de ajuste (3, 14a, 17, 18, 19) de la caja de rodillos múltiples (2);
- 20 caracterizado porque el primer instrumento de análisis (11a) está diseñado para descomponer el error de planeidad recibido y aproximado por dicho instrumento, de manera que los componentes del error de planeidad (C1, C2, C3, C4) sean ortogonales entre sí;
- 25 el primer módulo de regulación (30) se provee para la activación de un elemento de ajuste de una pluralidad de elementos de ajuste, en forma de un medio de ajuste hidráulico (17), para el ajuste del juego de rodillos (2b), en base al primer componente ortogonal recibido (C1) del error de planeidad;
- los demás módulos de regulación para los componentes ortogonales restantes (C2, C3, C4) del error de planeidad, se conforman respectivamente para proporcionar componentes escalares de variables de ajuste; y
- 30 se proporciona un dispositivo de control (21) para la combinación de los componentes escalares de variables de ajuste, recibidos por cada uno de los módulos de regulación adicionales, en movimientos de ajuste apropiados para los elementos de ajuste individuales de los excéntricos (14a) de los rodillos de apoyo exteriores (18) de la caja de rodillos múltiples, de la pluralidad de elementos de ajuste.
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la señal de comparación (20) entre la curva de referencia (9) y la planeidad actual de la banda (22), se encuentra conectada a través del instrumento de análisis independiente (11b), al tercer módulo de regulación independiente (12c) para un error residual de planeidad (26), cuya salida (27) se conduce a la conexión de acoplamiento (25) para el elemento de ajuste (3) compuesto por los excéntricos (14a).
- 35 13. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizado porque la señal de comparación (20) entre la curva de referencia (9) y la planeidad actual de la banda (22), se conecta a través de un tercer instrumento de análisis adicional (11c) a un cuarto módulo de regulación independiente (12d), para el control de la regulación de la tensión de los bordes (16), y cuya salida (28) se conecta con el elemento de ajuste (3) de los rodillos intermedios cónicos interiores (19).
- 40 14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado porque un elemento de medición de planeidad (6) dispuesto en la salida (5b), se conecta a la línea de señales de la planeidad actual de la banda (22).
- 45 15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado porque para cada error de planeidad (10) se proporciona un regulador individual dinámico (30), que se prevé como un regulador PI (31) con una zona muerta en la entrada (32).
- 50 16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado porque a cada regulador individual (30), excepto el primer instrumento de análisis (11a), se le antepone en conexión paralela medios de parametrización adaptativos (33) y una pantalla de control (34).

17. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 ó 16, caracterizado porque en cada regulador individual (30) se proporcionan conexiones (35) para los parámetros de regulación ( $K_i$ ;  $K_p$ ).
18. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizado porque los reguladores individuales dinámicos (30) se pueden conectar a una consola de control (36).
- 5 19. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 18, caracterizado porque para la eliminación del error residual, el vector del error residual (13) actúa en conjunto con los respectivos elementos de ajuste (3) del excéntrico (14a), mediante instrumentos de regulación del error residual (37, 38, 39).
- 10 20. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 19, caracterizado porque la regulación de tensión de los bordes (16) prevé un instrumento de análisis (40) para diferentes zonas de bordes de banda del rodillo de medición de planeidad (6a), al que se encuentran conectados respectivamente dos instrumentos de regulación de bordes de banda (41, 42).
21. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado porque los instrumentos de regulación de bordes de banda (41, 42) se encuentran conectados con los elementos de ajuste (3) de los rodillos intermedios cónicos (19).
- 15 22. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 20 ó 21, caracterizado porque los instrumentos de regulación de bordes de banda (41, 42) se pueden conmutar independientemente unos de otros.
23. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 20 a 22, caracterizado porque en ambos instrumentos de regulación de bordes de banda (41, 42) se conecta respectivamente un medio de regulación adaptativo para el ajuste de la velocidad (43) y una pantalla de control (44).

Fig. 1

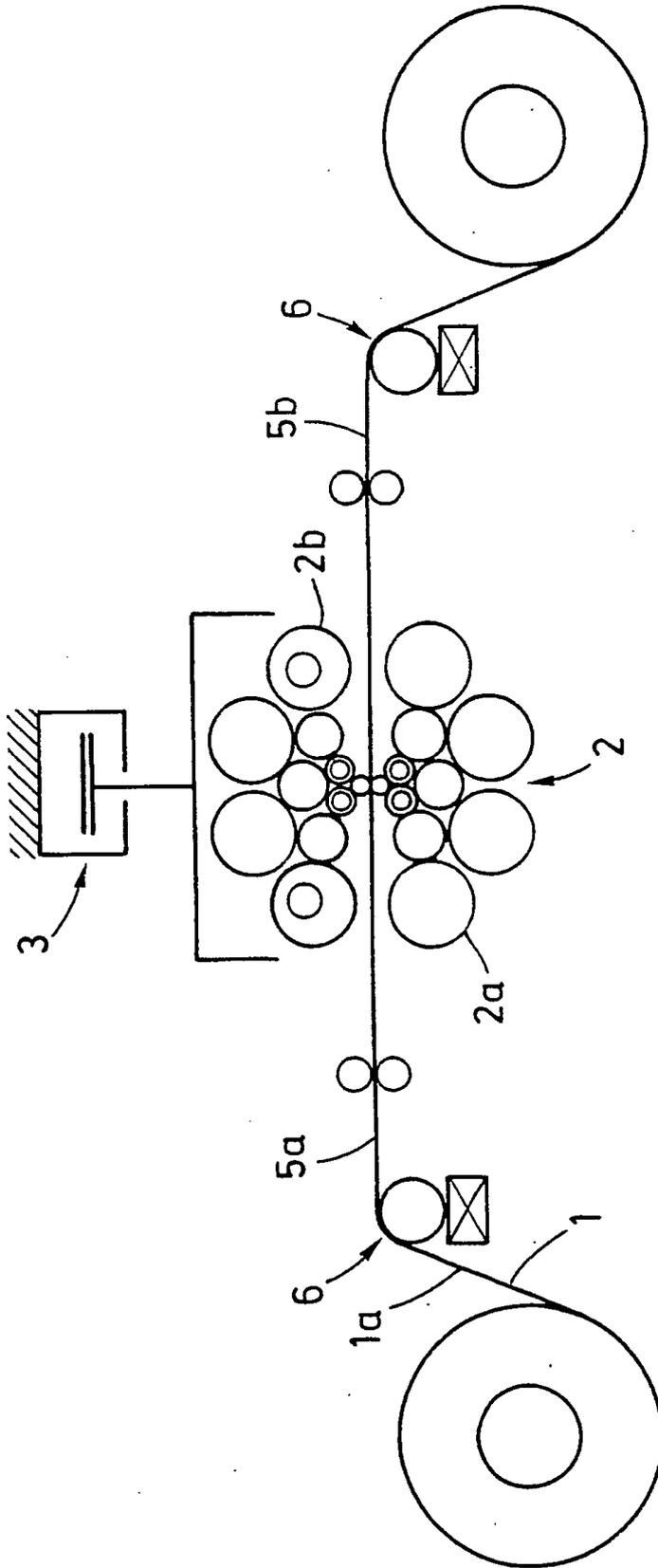


Fig. 2

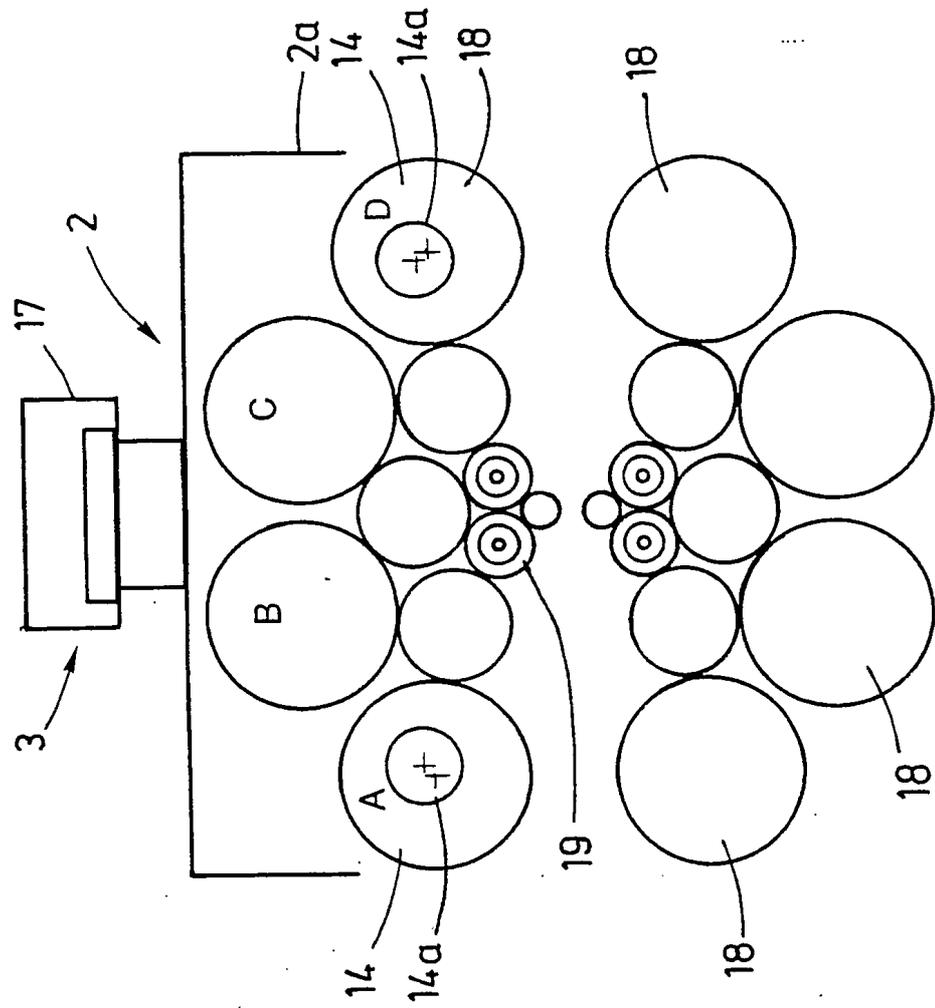


Fig. 3

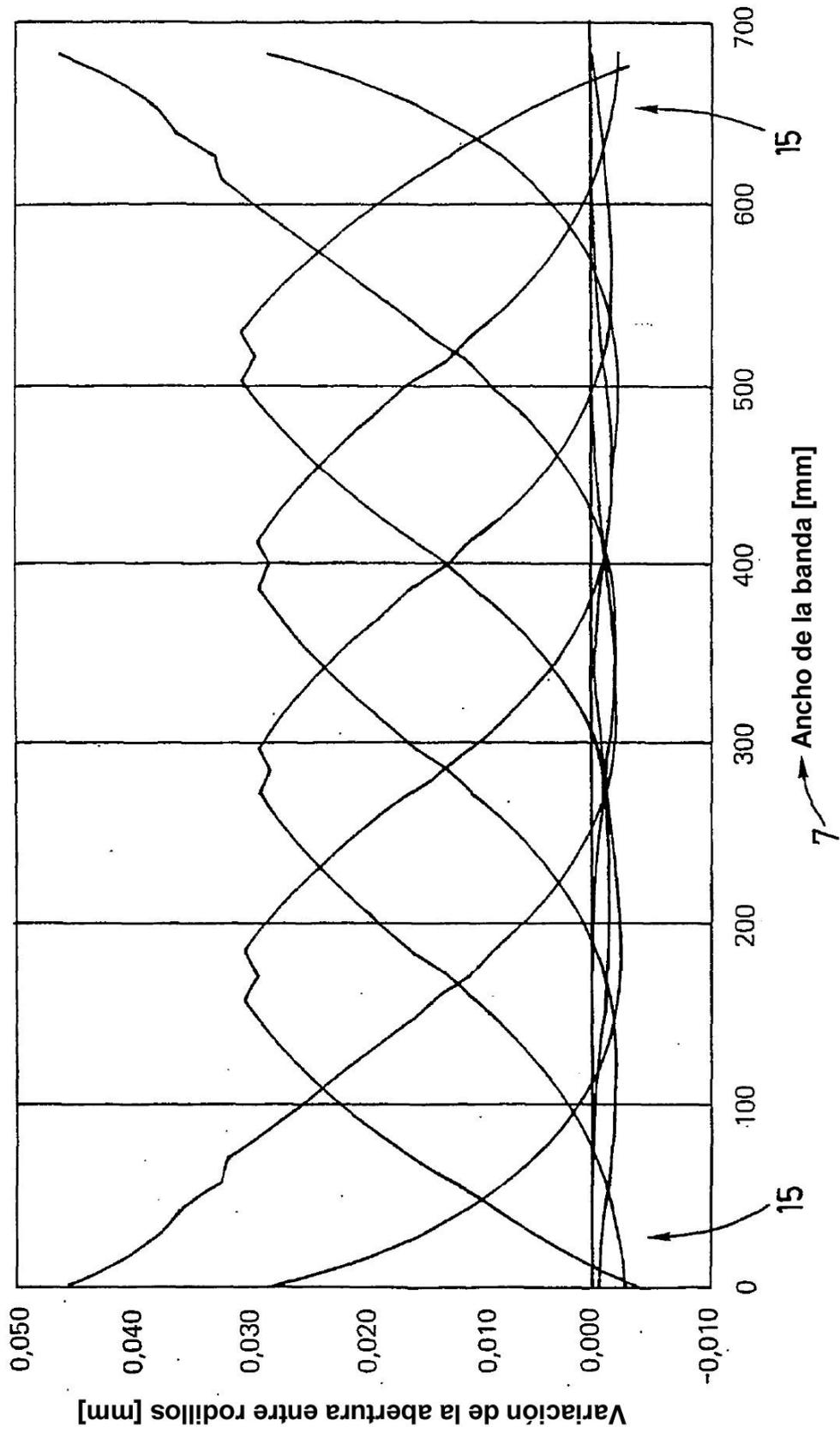
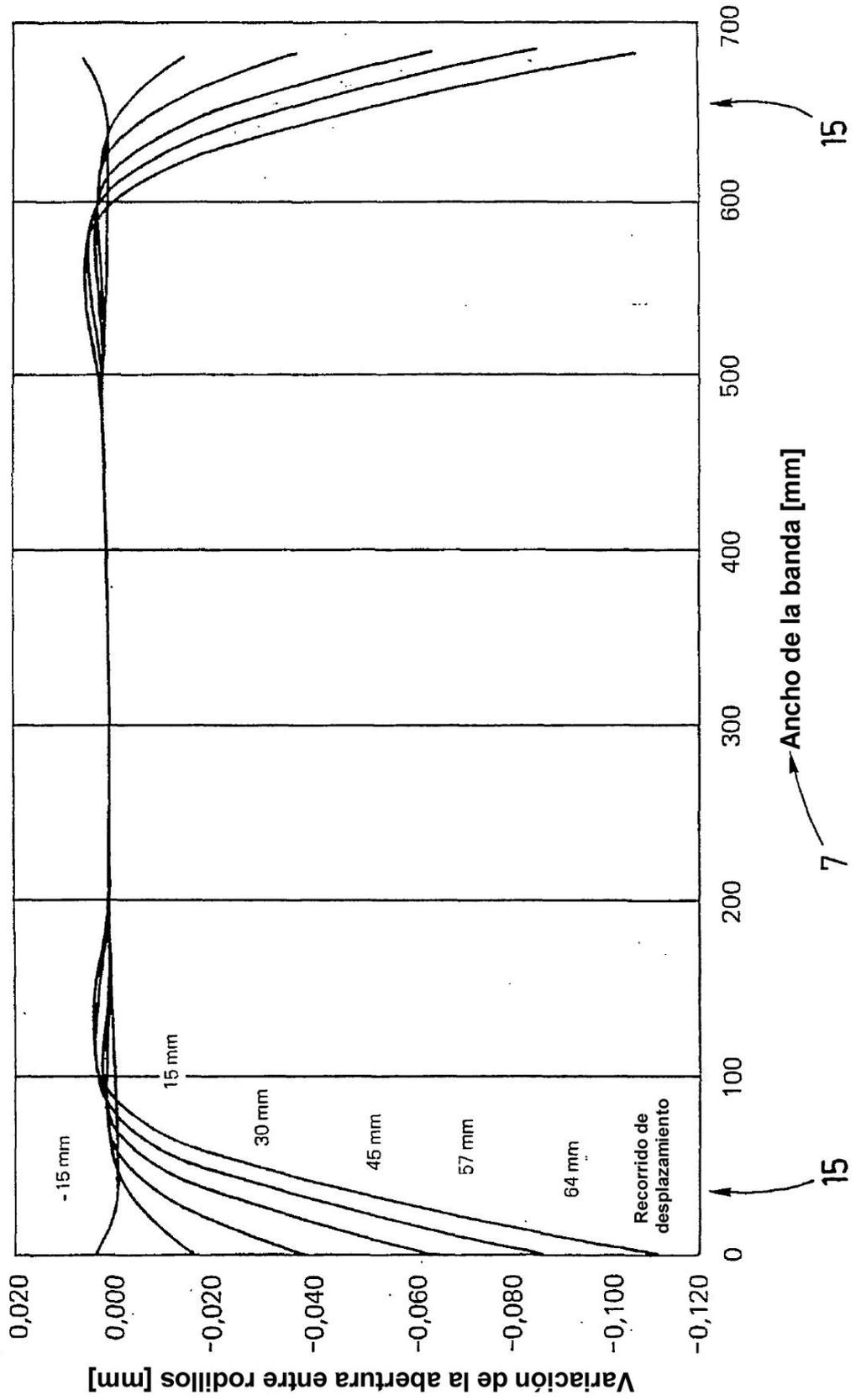
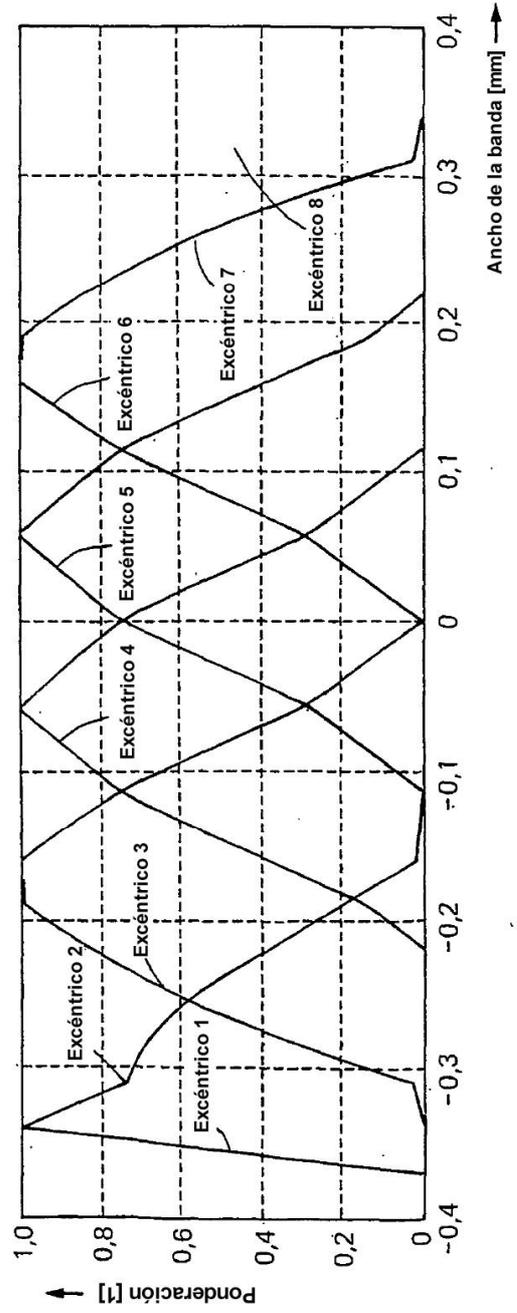
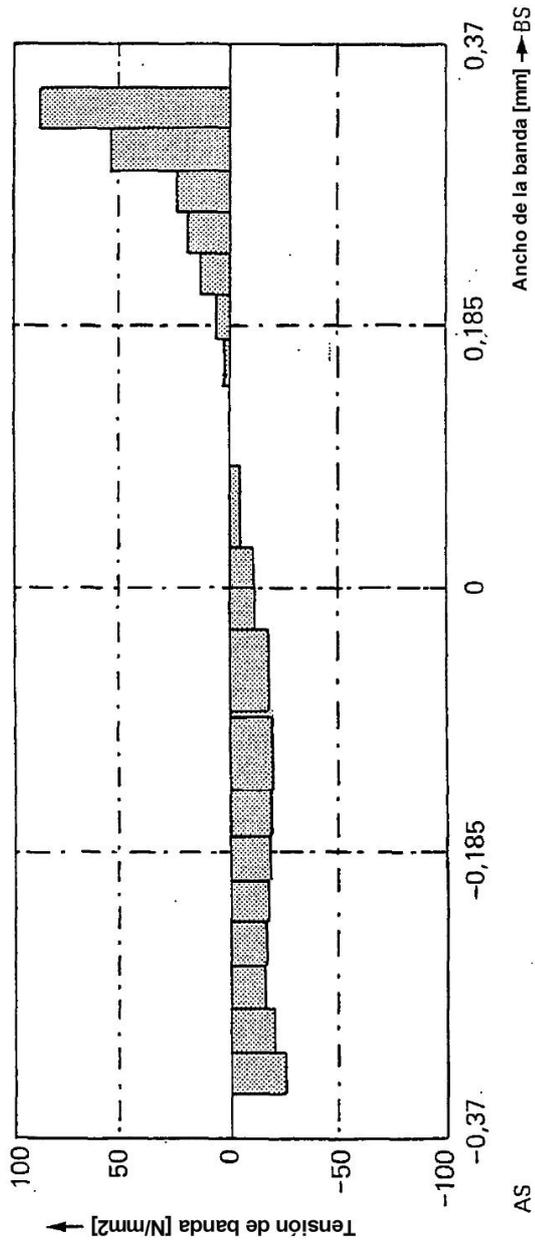


Fig. 4





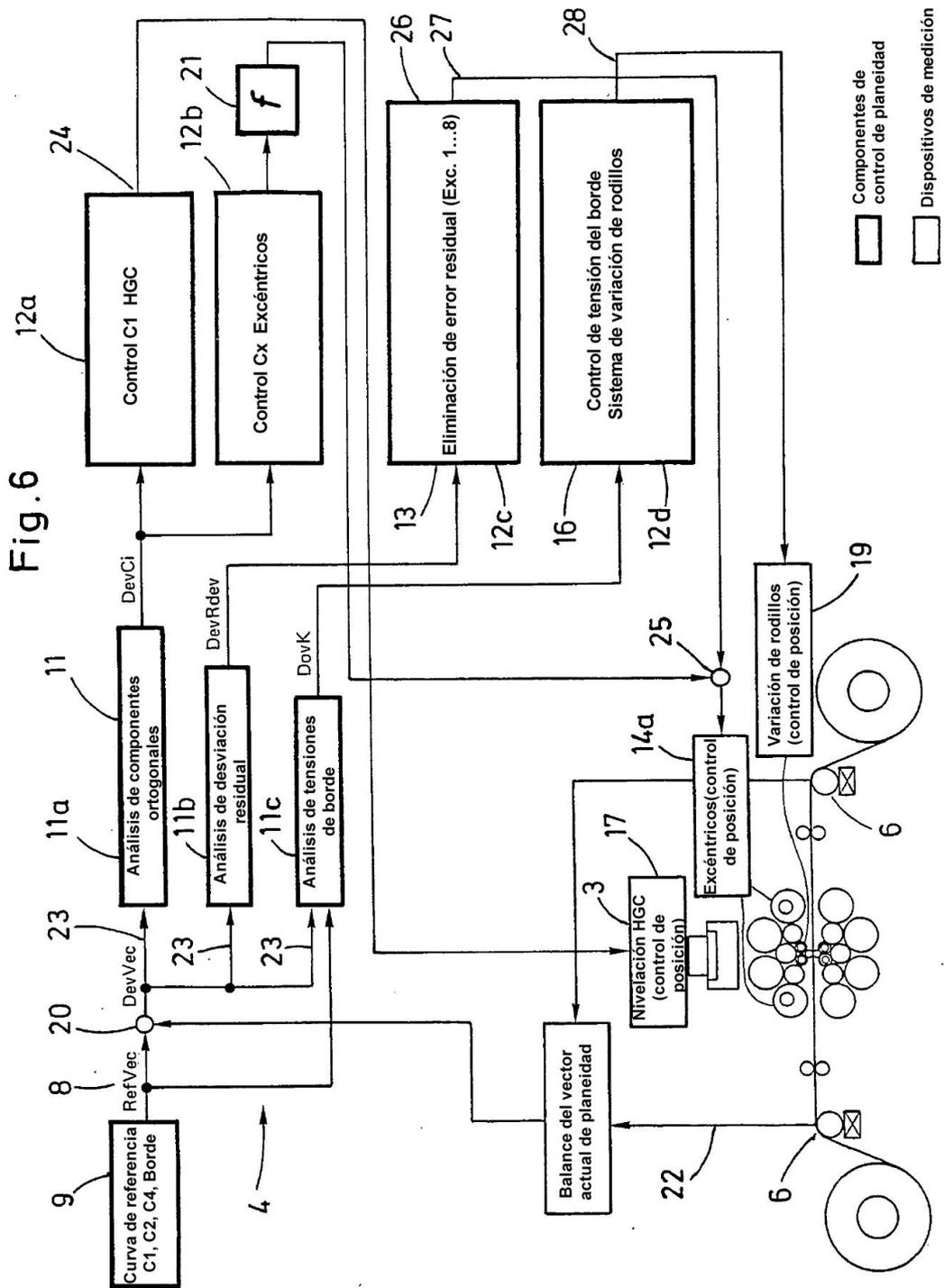


Fig. 7

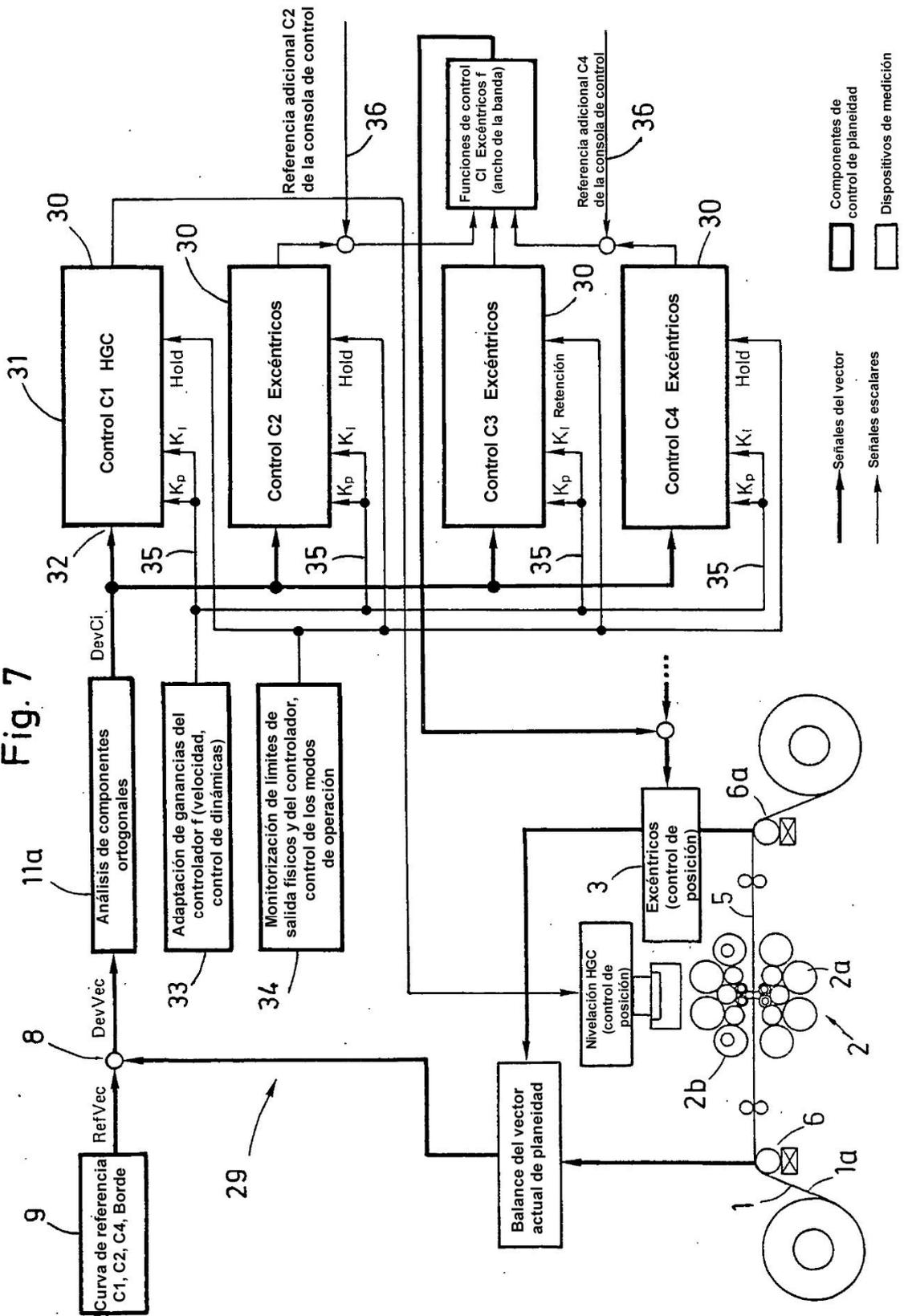


Fig. 8

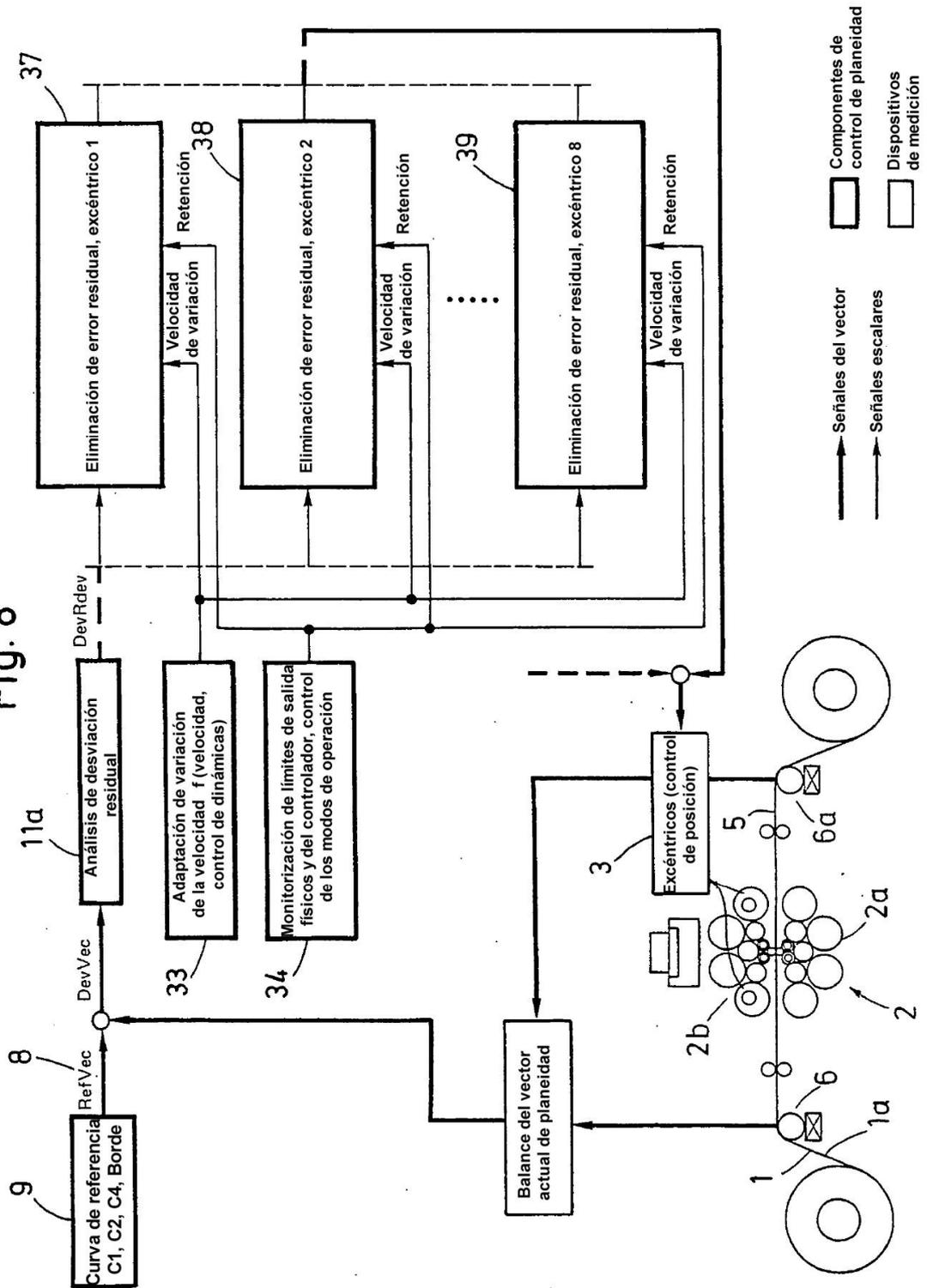


Fig. 9

