

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 530**

51 Int. Cl.:

B21B 37/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2004 E 09002296 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2013 EP 2060335**

54 Título: **Método de laminación y aparato de laminación para materiales metálicos laminados planos**

30 Prioridad:

20.03.2003 JP 2003076970

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.07.2013

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL
CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 , JP**

72 Inventor/es:

**OGAWA, SHIGERU;
YAMADA, KENJI;
SHIRAISHI, TOSHIYUKI y
HIGASHIDA, YASUHIRO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 414 530 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

Método de laminación y aparato de laminación para materiales metálicos laminados planos

5 Esta invención se refiere a un método de laminación y a un aparato de laminación para materiales metálicos laminados planos. Más concretamente, la invención se refiere a un método de laminación y a un aparato de laminación para materiales metálicos laminados planos que pueda producir, de forma estable, materiales metálicos laminados planos que no tengan ninguna, o que tengan una combadura extremadamente pequeña.

10 En un procedimiento de laminación para un material metálico laminado plano, es muy importante laminar un material en forma de chapa fina para que sea laminado en una forma exenta de combadura, o de forma que no tenga curvatura en la dirección izquierda-derecha, con el fin de evitar no sólo un defecto en la forma plana y un defecto en la precisión direccional, sino también evitar que la chapa fina tenga problemas tales como un movimiento de zig-zag y un choque de cola. A propósito, para simplificar la descripción, el lado del operario y el lado motriz del laminador, como los lados derecho e izquierdo, cuando se ve el laminador desde la parte frontal de la dirección de laminación, se denominarán "derecho e izquierdo", respectivamente.

15 Para hacer frente a tales problemas, el documento JP-A-4-305304, describe una tecnología de control de la combadura que dispone dispositivos para medir las posiciones laterales del material laminado en los lados de entrada y de salida del laminador, calcula la combadura del material laminado a partir de los valores de las medidas, y regula la posición de un rodillo vertical dispuesto en el lado de la entrada del laminador para corregir la combadura.

20 Por otro lado, el documento JP-A-7-214131 describe una tecnología para el control de la combadura que controla una diferencia izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador, o sea, que nivela la reducción basándose en la diferencia izquierda-derecha en las cargas de los rodillos verticales dispuestos en los lados de entrada y de salida del laminador.

El documento JP-A-2001-105013 describe una tecnología para el control de la combadura que analiza los valores reales de la medida de una diferencia izquierda-derecha de las cargas de laminación, y controla la diferencia izquierda-derecha de la separación entre los rodillos, o sea nivela la reducción, o las posiciones de las guías laterales.

25 El documento JP-A-8-323411 describe un método que dirige el control de la combadura limitando el material laminado mediante un rodillo vertical y una guía lateral en el lado de la entrada y una guía lateral en el lado de la salida.

30 Sin embargo, la invención que se refiere a la tecnología del control de la combadura mediante la medida de la posición lateral del material laminado descrita en el documento JP-A-4-305304 está dirigida básicamente a la corrección de la combadura que ya ha aparecido y que sustancialmente no se puede impedir, con antelación, la aparición de la combadura.

35 Según la invención que se refiere a la tecnología para el control de la combadura, basada en la diferencia de carga izquierda-derecha de los rodillos verticales en los lados de entrada y de salida del laminador, y que está descrita en el documento JP-A-4-305304, es difícil conseguir una alta precisión en el control cuando la combadura ya existe en el material laminado en el lado de la entrada porque la combadura opera como una perturbación para la diferencia de carga del rodillo vertical en el lado de la entrada. El rodillo vertical en el lado de la salida debe estar protegido por atrás en el momento del paso de extremo distal del material laminado con el fin de evitar que se golpee, es difícil, también, dirigir el control de la combadura desde el extremo distal del material laminado.

40 Según la invención que se refiere a la tecnología para el control de la combadura, basada en la diferencia izquierda-derecha de la carga de laminación, descrita en la publicación JP-A-2001-105103, el método de estimar la combadura a partir de la diferencia izquierda-derecha de la carga de laminación tiene una precisión extremadamente baja y no es práctico cuando el espesor de la chapa fina del material laminado, en el lado de la entrada, no es uniforme en la dirección de la anchura, cuando la distribución de la temperatura del material laminado no es uniforme en la dirección de la anchura.

45 En la invención que se refiere al control de la combadura usando el rodillo vertical en el lado de la entrada, la guía lateral en el lado de la entrada y la guía lateral en el lado de la salida, como se describe en el documento JP-A-8-323411, la combadura del lado de la salida puede hacerse cero si la guía lateral en el lado de la salida puede limitar completamente el material laminado en el lado de la salida. Sin embargo, debido a que la guía lateral en el lado de la salida se debe mantener más grande que la anchura de la chapa fina del material laminado con el fin de llevar a cabo suavemente la operación de laminación, la combadura aparece sobre el material laminado hasta un grado que corresponde a este margen.

50 El documento JP-A-2000-158026 describe un método para controlar la forma de la chapa en el laminador, en el que se proporciona una pluralidad de unidades de rodillos de respaldo separados, estando cada uno compuesto de dispositivo para mover hacia abajo, un dispositivo detector de la carga y un dispositivo detector de la posición de bajada que se proporcionan respectivamente y por separado, a cada uno de los rodillos de respaldo separado.

El documento WO-A-01/91934 describe un método para laminar una banda caliente en la que se hace pasar una banda delgada a través de una caja de laminación con rodillos de arrastre, que comprende rodillos de arrastre hasta un laminador, que comprende un par de rodillos de trabajo y rodillos de respaldo, superiores e inferiores, y los rodillos de arrastre aplican una tracción a la banda que pasa a los rodillos de trabajo.

- 5 El documento DE-A-3537153 describe un método para distribuir la fuerza de laminación a una pluralidad de rodillos de laminación, en los que los rodillos de trabajo están soportados en toda su anchura por rodillos de soporte que están formados a partir de una pluralidad de cojinetes de soporte cuyo ajuste se puede controlar.

- 10 El documento JP-A-2002-346615 describe un laminador con método de ajuste cero para obtener un control excelente de la cresta de la chapa y un control excelente de la forma de la chapa en un laminador que tiene rodillos de respaldo divididos y dispositivos de detección de la carga proporcionados independientemente en cada uno de los rodillos de respaldo divididos.

Después de todo, se puede concluir que los problemas de las tecnologías de la técnica anterior, descritos anteriormente, resultan de la ausencia de un método que pueda medir y controlar, de forma muy precisa y sin retardo de tiempo, una combadura que se produce debido a diversas causas.

- 15 Es, por lo tanto, un objeto de la invención proporcionar un método de laminación para un material metálico laminado plano, y un aparato de laminación que usa el método, que puede solventar de forma ventajosa los problemas de las tecnologías de la técnica anterior, del control de la combadura anteriormente descrito, y que puede producir de forma estable un material metálico laminado plano que no tenga, o que tenga muy poca, combadura.

El objeto anterior se puede conseguir mediante las características especificadas en las reivindicaciones.

- 20 La invención se describe con detalle junto con los dibujos, en los que

la Figura 1 es una vista que muestra esquemáticamente una forma preferida de un aparato de laminación para un método de laminación de acuerdo con la invención o un aparato de laminación de la invención,

la Figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una forma preferida de un aparato de laminación de acuerdo con la invención en una dirección de laminación o un aparato de laminación de la invención,

- 25 la Figura 3 es una vista que muestra esquemáticamente una forma preferida de un aparato de laminación para un método de laminación de la invención o un aparato de laminación de la invención,

la Figura 4 es una vista que muestra esquemáticamente otro aparato de laminación para un método de laminación,

- 30 la Figura 5(a) es una vista que muestra esquemáticamente una forma preferida de un aparato de laminación para un método de laminación según la invención, o un aparato de laminación de la invención, y explica en particular una forma de rodillos de respaldo divididos,

la Figura 5(b) es una vista que muestra esquemáticamente una forma preferida de un aparato de laminación para un método de laminación según la invención, o un aparato de laminación de la invención, y explica en particular una forma de rodillos de respaldo divididos, y

la Figura 5(c) es una vista en corte A-A de la Figura 5(a).

- 35 A partir de ahora se explicará un modo para llevar a cabo la invención.

En general, las causas de que se produzca una combadura en la laminación de materiales laminados planos son un defecto de ajuste de la separación entre rodillos, una diferencia izquierda-derecha del espesor del material laminado en el lado de la entrada y una diferencia izquierda-derecha de la resistencia a la deformación. Cualquiera que pueda ser la causa, la diferencia en la velocidad, izquierda-derecha, que finalmente tiene lugar en el lado de salida del material laminado, origina una combadura porque la diferencia izquierda-derecha tiene lugar en la deformación longitudinal, en la dirección del laminado, que resulta de la laminación.

- 45 Según el método de laminación del material metálico laminado plano de la invención, los rodillos de arrastre en el lado de salida del laminador sujetan el material laminado y el rodillo siempre gira a una velocidad periférica constante en la dirección a lo ancho. Por lo tanto, cuando se produce la diferencia izquierda-derecha del material laminado en el lado de la salida, que directamente da como resultado la combadura, se produce un desajuste, en la dirección a lo ancho de la chapa fina, entre la velocidad periférica de los rodillos de arrastre y la velocidad del material laminado en el lado de salida, de forma que se produce una diferencia izquierda-derecha en la fuerza, en la dirección de la laminación (dirección horizontal), que actúa entre los rodillos de arrastre y el material laminado. En otras palabras, el lado del material laminado, en el lado de salida, que tiene una velocidad baja, es relativamente arrastrado por lo
- 50 rodillos de arrastre, y lado que tiene una velocidad alta recibe, relativamente, la fuerza de empuje, desde atrás, de los rodillos de arrastre. El desequilibrio izquierda-derecha de la fuerza en la dirección de la laminación se pone de manifiesto como la diferencia izquierda-derecha, de la reacción en la dirección de la laminación que actúa sobre los rodillos de arrastre y la diferencia izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre el

5 rodillo de trabajo del laminador por todo el material laminado. Cuando se detecta y se mide una cualquiera de las dos, se hace posible detectar, inmediatamente, la diferencia izquierda-derecha de la deformación longitudinal que directamente da como resultado la combadura y la diferencia izquierda-derecha de la velocidad del material laminado en el lado de salida en el punto en el que aparece. Llega a ser posible impedir, con antelación, la aparición de la combadura controlando la separación entre rodillos en la dirección que elimina la diferencia izquierda-derecha, así detectada, de la velocidad del material laminado en el lado de salida, es decir, reduciendo la separación entre rodillos en el lado en el que la velocidad del material laminado es baja es baja en el lado de salida, y aumentando la separación entre rodillos en el lado de velocidad alta.

10 Como se explicó antes, el método de la invención detecta y mide la diferencia izquierda-derecha de la velocidad del material laminado en el lado de la salida, que da directamente como resultado la aparición de la combadura y actúa sobre la separación entre rodillos para hacer que inmediatamente sea uniforme la diferencia. Por lo tanto, se pueda conseguir una laminación sustancialmente exenta de, o con muy poca, combadura.

15 Además de la construcción anteriormente descrita, cada rodillo de arrastre en el lado de salida del laminador tiene un dispositivo motriz para la rotación del rodillo de arrastre, capaz de aplicar la fuerza, en la dirección del desplazamiento de la laminación, al material laminado, y el par del rodillo de arrastre que se produce a partir de este dispositivo motriz está así controlado para permitir que la tracción actúe sobre el material laminado. Según este método de laminación, la laminación se lleva a cabo mientras que se deja que la tracción actúe sobre el material laminado desde los rodillos de arrastre. Por lo tanto se puede llevar a cabo una laminación exenta de combadura mientras que se mantiene de manera excelente la forma del material laminado. Debido a que la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa entre los rodillos de arrastre y el material laminado se hace unidireccional, se puede simplificar la construcción del aparato para medir la fuerza en la dirección de la laminación desde el lado del rodillo de arrastre.

20 A continuación, se explicará la invención que se refiere al laminador para ejecutar los métodos de laminación del material metálico laminado plano.

25 En la invención, los rodillos de respaldo divididos del laminador no están inmediatamente encima o inmediatamente debajo del rodillo de trabajo con el fin de soportar tanto una carga en la dirección vertical como una carga en la dirección de la laminación (dirección horizontal) que actúa sobre el rodillo de trabajo, sino que está dividido en un grupo de rodillos en el lado de salida que están en contacto con el rodillo de trabajo con una inclinación con respecto a la dirección vertical y un grupo de rodillos de respaldo en el lado de la entrada, o en otras palabras, en una denominada "estructura en racimo". Un dispositivo que mide la carga proporcionada a semejantes rodillos de respaldo, mide el valor de la medida de la carga en cada uno de los rodillos de respaldo divididos, y la fuerza que actúa sobre el rodillo de trabajo se calcula extrayendo la componente horizontal de la dirección, o dirección de la laminación, basándose en de cada valor de la medida de la carga en cada uno de los rodillos de respaldo divididos. De esta manera, se puede calcular el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que resulta de la diferencia izquierda-derecha de la velocidad del material laminado en el lado de salida, y que actúa sobre el rodillo de trabajo y que da como resultado la aparición de la curvatura. Debido a que el aparato de laminación incluye el dispositivo de cálculo, el dispositivo de cálculo para calcular la cantidad de control de la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador basándose en el valor calculado del balance izquierda-derecha de la fuerza en la dirección de la laminación, y el dispositivo de control para controlar la separación entre los rodillos del laminador basándose en el valor calculado de la cantidad de control de la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre rodillos, llega a ser posible hacer que la velocidad del material laminado en el lado de salida del laminador que puede dar como resultado la aparición de la combadura sea uniforme, y conseguir un laminado exento de la aparición de combadura.

35 Cada rodillo de arrastre puede tener el dispositivo para detectar y medir directamente la diferencia izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa entre el material laminado y el rodillo de arrastre. Por lo tanto, la invención puede detectar inmediatamente la diferencia izquierda-derecha de la velocidad del material laminado en el lado de la salida del laminador que puede dar como resultado a la aparición de combadura, y puede controlar la separación entre los rodillos del laminador para evitar la combadura.

40 A continuación, se explicará más concretamente la realización de la invención con referencia a los dibujos.

45 La Figura 1 muestra el aparato de laminación que está relacionado con el método de laminación o el aparato de laminación de acuerdo con una realización de la invención. Se dispone de un rodillo de arrastre 2 en el lado de la salida del laminador 1. El laminador 1 incluye una pluralidad de rodillos 5, 6, 7, y 8 de respaldo divididos, en una dirección axial en los lados de entrada y de salida, como se muestra en las Figuras 5(a) a 5(c). En particular, se proporcionan individualmente los dispositivos 9-1, 9-2, 9-3, 9-4 y 9-5 de medida de las cargas (consúltese la vista en corte A-A de la Figura 5(c)) y 10-1, 10-2, 10-3 y 10-4 (de los que se omite la vista en corte), a los rodillos superiores 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5 de respaldo divididos, respectivamente, en el lado de la entrada, y a los rodillos superiores 6-1, 6-2, 6-3 y 6-4 de respaldo divididos, en el lado de la salida. A propósito, el material 13, que va a ser laminado, se lamina en la dirección 14 de laminación. El laminador 1 tiene rodillos de respaldo divididos en los lados de entrada y de salida, y cada uno de ellos tiene el dispositivo de medida de cargas. Por lo tanto, cuando la componente horizontal de la dirección de la carga de los rodillos superiores de respaldo, que actúan sobre las direcciones 15 y 16 de la línea de operación de la carga de los rodillos superiores de respaldo divididos, en ambos lados de entrada y de salida

da, es decir, la componente en la dirección de laminación, se calcula basándose en el valor medido de la carga de los rodillos de respaldo divididos, se puede calcular el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre el rodillo superior 3 de trabajo a través del material laminado 13. Este dispositivo de cálculo está indicado por el número de referencia 17.

5 El siguiente cálculo se hace en este dispositivo 17 de cálculo.

Las siguientes fórmulas se pueden obtener a partir de la fórmula en condiciones de equilibrio de la fuerza en la dirección de la laminación y el momento que actúa sobre el rodillo de trabajo:

$$F_R^W + F_R^D = \sum q_i \cos \theta_i - (F^W + F^D) \quad <1>$$

$$F_R^W - F_R^D = \left(\frac{2}{a_W} \right) \sum z_i q_i \cos \theta_i - (F^W - F^D) \quad <2>$$

10 donde q_i es el valor de la medida de la carga del rodillo i de respaldo dividido; θ_i es el ángulo entre la dirección de la línea de operación de la carga del rodillo de respaldo dividido y la línea horizontal (el rodillo de respaldo dividido del lado de la entrada tiene un ángulo agudo y el rodillo de respaldo dividido del lado de la salida tiene un ángulo obtuso); z_i es la posición del centro de la longitud del cuerpo cilíndrico de cada rodillo de respaldo dividido, expresado por las coordenadas de la dirección axial del rodillo, estando el origen en el centro del laminador; a_W es la distancia entre los centros del soporte-guía del lado del operario y el soporte-guía del lado motriz; y F_R^W y F_R^D son fuerzas imaginarias, en la dirección de la laminación, que actúan cuando las fuerzas, en la dirección de la laminación, se evalúan en las posiciones de los soportes-guía del rodillo de trabajo en el lado del operario y en lado motriz, respectivamente.

15 Aquí, F^W y F^D son los valores reales de la fuerza de flexión del rodillo, en la dirección horizontal, que actúa sobre los rodillos de trabajo en ambos lados, del operario y motriz, y se pueden omitir cuando no se proporciona la fuerza de flexión del rodillo, en la dirección del rodillo. Cuando las fórmulas <1> y <2> se resuelven juntas, F_R^W y F_R^D se pueden calcular directamente. Concretamente, debido a que en el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa entre el material laminado y el rodillo de trabajo se cumple eso, $F_R^{df} = F_R^W - F_R^D$, es decir se calcula la diferencia izquierda-derecha de la fuerza imaginaria en la dirección de la laminación dada por <2>.

25 A continuación, el dispositivo de cálculo 18 calcula la cantidad de control de la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador, basándose en el resultado del cálculo del balance izquierda-derecha de la fuerza en la dirección de la laminación, y controla la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador 1, usando el valor calculado como un valor de la instrucción de control. Además del caso en donde la propia diferencia izquierda-derecha del laminador 1 se controla como valor de control, es posible, en este momento, emplear una realización en la que se aplique la diferencia izquierda-derecha al valor de la instrucción de control de la carga de laminación para controlar indirectamente la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos, en el caso de la operación de laminación en donde el objeto de control es establecer la carga de laminación en un valor predeterminado, como en una laminación de endurecimiento.

35 A propósito, la Figura 1 muestra un ejemplo de la realización en la que únicamente se mide la carga que actúa sobre el rodillo superior de respaldo. Sin embargo, en una realización preferida, el rodillo inferior de respaldo tiene la misma construcción que el rodillo superior de respaldo y está provisto del mismo dispositivo de medida de carga, de forma que se calcula y se controla el balance izquierda-derecha, en la dirección de la laminación, que actúa sobre los rodillos, superior e inferior, de trabajo, por todo el material laminado 13.

40 La Figura 2 muestra un aparato de laminación que está relacionado con un método de laminación o un aparato de laminación de acuerdo con una realización preferida de la invención. En la realización mostrada en la Figura 2, se deja que la tracción actúe sobre el material laminado 13 mediante el rodillo 2 de arrastre, y se puede mejorar más la forma del lado de salida del material laminado 13. Los dispositivos 19 y 20 de medida de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre el rodillo superior 11 de arrastre y el rodillo inferior 20 de arrastre, respectivamente, están así dispuestos para que sean capaces de medir la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre los soportes-guía del rodillo de arrastre en el lado del operario y en el lado motriz, respectivamente. Por lo tanto, pueden detectar y medir el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa entre el material laminado 13 y los rodillos de arrastre 11 y 12. En otras palabras, el dispositivo 21 de cálculo del balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre los rodillos de arrastre, calcula la diferencia izquierda-derecha F_P^{df} de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre los rodillos, superior e inferior, de arrastre, según la siguiente fórmula <3> a partir de la fuerza F_P^{TW} , en la dirección de la laminación, que actúa sobre el soporte-guía de rodillo superior de arrastre en el lado del operario, la fuerza F_P^{BW} , en la dirección de la laminación, que actúa sobre el rodillo inferior de arrastre, la fuerza F_P^{TD} , en la dirección de la laminación, que actúa

sobre el rodillo superior de arrastre en el lado motriz, y la fuerza F_p^{BD} , en la dirección de la laminación, que actúa sobre el rodillo inferior de arrastre:

$$F_p^{df} = (F_p^{TW} + F_p^{BW}) - (F_p^{TD} + F_p^{BD}) \quad <3>$$

5 Este valor calculado, F_p^{df} , es un valor que representa el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa entre el material laminado y el rodillo de arrastre.

10 A continuación, el dispositivo de cálculo 18 calcula la cantidad de control de la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador 1, basándose en este valor calculado. Aquí, la cantidad de control se calcula mediante el cálculo PDI que toma en consideración un aumento proporcional (P), un aumento de integración (I) y un aumento de diferenciación (D) basándose, por ejemplo, en F_p^{df} . En la medida que se controla la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador 1 a este valor calculado, se puede conseguir un laminado sustancialmente exento de la aparición de combadura.

El uso combinado de los aparatos de laminación explicado, respectivamente, con referencia a las Figuras 1 y 2, es una realización preferida en lo referente a la mejora de la precisión del cálculo del balance izquierda-derecha de la fuerza en la dirección de la laminación.

15 La Figura 3 muestra el aparato de laminación que se refiere al método de laminación o el aparato de laminación de acuerdo con otra realización preferida de la invención. En esta realización, el sistema de rodillos superiores del laminador 1 es del tipo mostrado en las Figuras 5(a) a 5(c), pero el sistema de rodillos inferiores es mismo que el del laminador de tipo ordinario de 4 etapas que incluye el rodillo inferior 4 de trabajo y el rodillo inferior 22 de respaldo. Sin embargo, se proporcionan dispositivos 23 de medida, capaces de medir la reacción de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre el soporte-guía del rodillo, a los rodillos 4 inferiores de trabajo en el lado del operario y en el lado motriz, respectivamente. El balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre los rodillos inferiores de trabajo se puede calcular a partir de los datos de salida de los dispositivos 23 de medida, según el mismo algoritmo de cálculo que el del dispositivo 21 de cálculo del balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de laminación, que actúa sobre el rodillo de arrastre. Como para el sistema de rodillos superiores, el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de laminación, que actúa sobre el rodillo superior de trabajo se puede calcular basándose en el valor medido de la carga del rodillo de respaldo dividido, de la misma manera que en la realización mostrada en la Figura 1. En este caso, el dispositivo 17 de cálculo puede calcular el balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre los rodillos de trabajo, superior e inferior, del laminador. El dispositivo 18 de cálculo para calcular la cantidad de control de la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador, calcula la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador, basándose en este resultado del cálculo, y se puede obtener un excelente control de la combadura controlando la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre rodillos del laminador 1, basándose en este valor calculado.

35 La Figura 4 muestra otro aparato de laminación. Este aparato está dirigido a la laminación de chapas delgadas, y se dispone de un rodillo deflector 25 y un dispositivo 24 de bobinado en el lado de la salida del laminador. En este caso, también, la diferencia izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa entre el laminador y el dispositivo de bobinado, es transmitida al rodillo de trabajo del laminador, de manera que corresponda a la diferencia izquierda-derecha de la velocidad del material laminado en el lado de la salida del laminador, que puede dar como resultado la aparición de combadura. Por lo tanto, la diferencia izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, se calcula mediante del dispositivo 17 de cálculo a partir del valor medido de la carga del rodillo de respaldo dividido, y se ejecuta el excelente control de la combadura calculando y controlando la cantidad de control de la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre los rodillos del laminador para hacer uniforme la velocidad del material laminado en el lado de la salida del laminador.

45 Hay una realización preferida que combina, cuando sea necesario, el dispositivo de medida/cálculo del balance izquierda-derecha de la fuerza, en la dirección de la laminación, del rodillo inferior de trabajo mostrado en la Figura 3, con la realización mostrada en la Figura 4, y combina además el dispositivo de medida/cálculo del balance izquierda-derecha de la tracción disponiendo de un dispositivo de medida de la tracción en el lado del operario y en el lado motriz del rodillo deflector para mejorar la precisión del balance izquierda-derecha de la tracción entre el laminador y el dispositivo de bobinado.

50 Aplicabilidad industrial:

Los materiales metálicos laminados planos que no tienen, o que tienen extremadamente poca, combadura, se puede producir de forma estable, y la productividad y el rendimiento del proceso de laminación de los materiales metálicos laminados planos se pueden mejorar drásticamente usando el método de laminación y el aparato de laminación para un material metálico laminado plano según la invención.

55

REIVINDICACIONES

1. Un método de laminación para un material metálico laminado plano para ejecutar una laminación usando un equipo de laminación que incluye un laminador (1) y al menos un par de rodillos (11,12) de arrastre para sujetar el material laminado (13) en el lado de salida de dicho laminador, que tiene una construcción en la que o bien uno, o ambos, montajes de rodillos, superior e inferior, tienen un mecanismo para soportar un rodillo (3, 4) de trabajo, mediante rodillos (5, 6) de respaldo divididos en al menos tres segmentos en la dirección axial, teniendo dicho grupo de rodillos (5, 6) de respaldo divididos, una construcción para soportar a la vez una carga en la dirección vertical y una carga en la dirección de la laminación que actúa sobre dicho rodillo de trabajo que está en contacto, y teniendo, independientemente, cada uno de dichos rodillos de respaldo divididos, un dispositivo (9, 10) para medir cargas, comprendiendo dicho método los pasos de:

calcular una diferencia F_R^{df} entre la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre dichos rodillos (3, 4) de trabajo en el lado del operario de dichos rodillos de trabajo, y la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre dichos rodillos (3, 4) de trabajo en el lado motriz de dichos rodillos de trabajo, por todo el material laminado, usando unas fuerzas F_R^W y F_R^D imaginarias, en la dirección de la laminación, que actúan entre el material laminado y el rodillo de trabajo, evaluadas en la posición de los soportes-guía de los rodillos de trabajo en el lado del operario y en el lado motriz, basándose en el valor medido de la carga del rodillo de respaldo medida, en cada segmento de dicho rodillo de respaldo dividido, mediante cada dispositivo que mide la carga independiente y la fórmula de abajo:

$$F_R^W - F_R^D = \left(2/a_w\right) \sum z_i q_i \cos\theta_i - (F^W - F^D)$$

, y

controlar la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre rodillos de dicho rodillo superior de trabajo y dicho rodillo inferior de trabajo que da como resultado que dicha diferencia calculada F_R^{df} de la fuerza en la dirección de la laminación se aproxime a cero, donde,

F_R^W y F_R^D son fuerzas imaginarias, en la dirección de la laminación, cuando las fuerzas, en la dirección de la laminación, que actúan entre el material laminado y el rodillo de trabajo se evalúan en las posiciones del soporte-guía del rodillo de trabajo en lado del operario y en el lado motriz, respectivamente;

q_i es el valor de la medida de la carga del rodillo i de respaldo dividido;

θ_i es el ángulo entre la dirección de la línea de operación de la carga del rodillo de respaldo dividido y la línea horizontal (el rodillo de respaldo dividido del lado de la entrada forma un ángulo agudo y el rodillo de respaldo dividido del lado de la salida forma un ángulo obtuso);

Z_i es la posición del centro de la longitud del cuerpo cilíndrico de cada rodillo de respaldo dividido, expresado por las coordenadas de la dirección axial del rodillo, estando el origen en el centro del laminador;

a_w es la distancia entre los centros del soporte-guía del lado del operario y el soporte-guía del lado motriz; y

F^W y F^D son los valores reales de la fuerza de flexión, en la dirección horizontal, que actúa sobre los rodillos de trabajo en ambos lados, el del operario y el motriz, donde F^W y F^D se pueden omitir cuando no se proporciona la fuerza horizontal de flexión del rodillo.

2. Un aparato de laminación para un material metálico laminado plano que comprende:

un laminador (1) que tiene una construcción en la que o bien uno, o ambos, de los montajes de los rodillos, superior e inferior, soportan un rodillo (3, 4) de trabajo mediante rodillos (5, 6) de respaldo divididos en el menos tres segmentos en la dirección axial, teniendo dicho grupo de rodillos de respaldo divididos una construcción para soportar, a la vez, una carga en la dirección vertical y una carga en la dirección de laminación que actúa sobre dicho rodillo de trabajo en contacto, teniendo, independientemente cada uno de dichos rodillos de respaldo divididos, un dispositivo (9, 10) para medir cargas;

un par de rodillos (11, 12) de arrastre dispuestos en el lado de la salida de dicho laminador, para sujetar dicho material laminado;

un dispositivo (17) de cálculo para calcular la diferencia F_R^{df} entre la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre dichos rodillos de trabajo en el lado del operario de dichos rodillos de trabajo y la fuerza, en la dirección de la laminación, que actúa sobre dichos rodillos de trabajo en el lado motriz de dichos rodillos de trabajo, por todo el material laminado, usando unas fuerzas F_R^W y F_R^D imaginarias, en la dirección de la laminación, que actúan entre el material laminado y el rodillo de trabajo evaluadas en la posición de los soportes-guía de los rodillos de trabajo en el lado del operario y en el lado motriz, basándose en los valores de los rodillos de respaldo medidos por cada dispositivo independiente medidor de cargas y la fórmula de abajo:

$$F_R^W - F_R^D = \left(2/a_w\right) \sum z_i q_i \cos\theta_i - (F^W - F^D)$$

5 un dispositivo (18) de cálculo para calcular una cantidad de control basada en dicha diferencia F_r^{df} calculada de la fuerza, en la dirección de la laminación, para determinar la componente basculante izquierda-derecha de la separación entre rodillos de dicho rodillo superior de trabajo y dicho rodillo inferior de trabajo que da como resultado que dicha diferencia F_r^{df} de la fuerza, en la dirección de la laminación, se aproxime a cero, y

un dispositivo de control para controlar dicha separación entre rodillos de dichos rodillos, superior e inferior, de trabajo, basándose en dicha cantidad de control, para establecer la componente basculante izquierda-derecha en dicha separación entre rodillos de dicho rodillo superior de trabajo y dicho rodillo inferior de trabajo que da como resultado que dicha diferencia F_r^{df} calculada de la fuerza, en la dirección de la laminación, se aproxime a cero, donde,

10 F_R^W y F_R^D son fuerzas imaginarias, en la dirección de la laminación, cuando las fuerzas, en la dirección de la laminación, que actúan entre el material laminado y el rodillo de trabajo se evalúan en las posiciones del soporte-guía del rodillo de trabajo en lado del operario y en el lado motriz, respectivamente;

q_i es el valor de la medida de la carga del rodillo i de respaldo dividido;

15 θ_i es el ángulo entre la dirección de la línea de operación de la carga del rodillo de respaldo dividido y la línea horizontal (el rodillo de respaldo dividido del lado de la entrada forma un ángulo agudo y el rodillo de respaldo dividido del lado de la salida forma un ángulo obtuso);

z_i es la posición del centro de la longitud del cuerpo cilíndrico de cada rodillo de respaldo dividido, expresado por las coordenadas de la dirección axial del rodillo, estando el origen en el centro del laminador;

a_w es la distancia entre los centros del soporte-guía del lado del operario y el soporte-guía del lado motriz; y

20 F^W y F^D son los valores reales de la fuerza de flexión, en la dirección horizontal, que actúa sobre los rodillos de trabajo en ambos lados, el del operario y el motriz, en la que F^W y F^D se pueden omitir cuando no se proporciona la fuerza horizontal de flexión del rodillo.

Fig.1

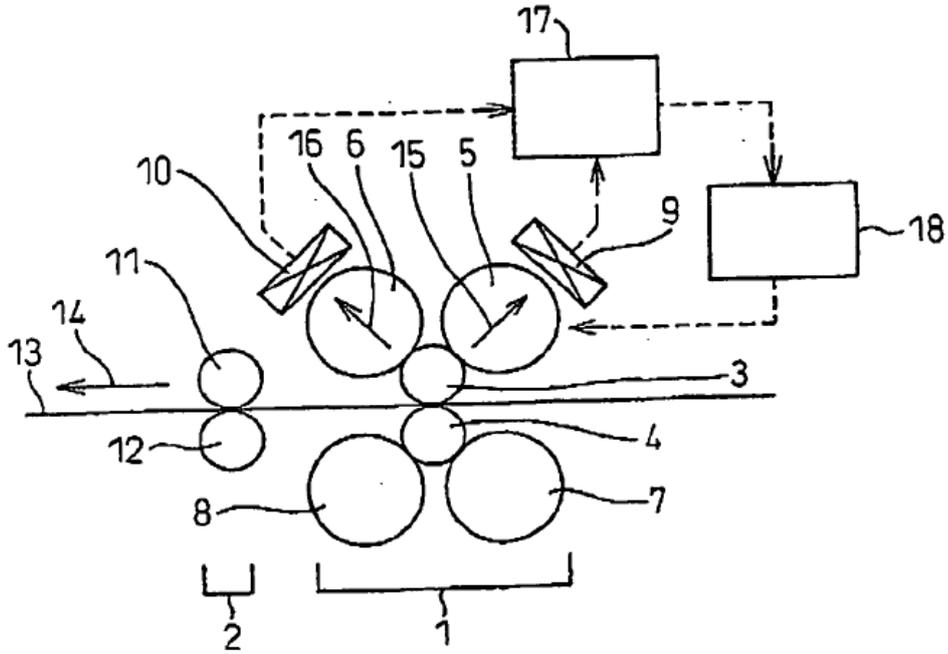


Fig.2

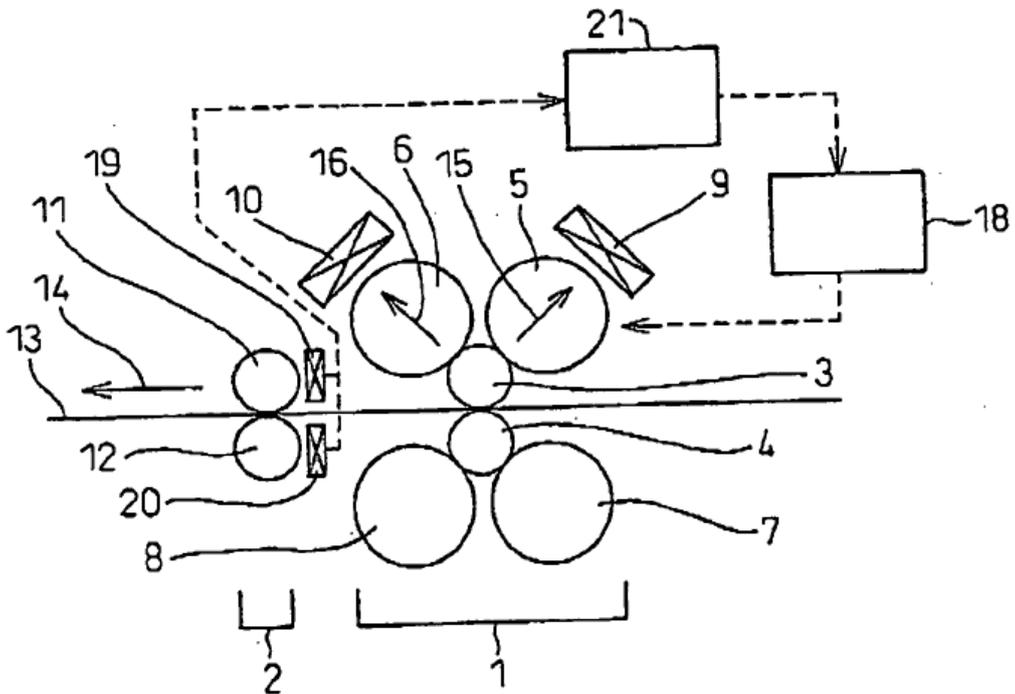


Fig.3

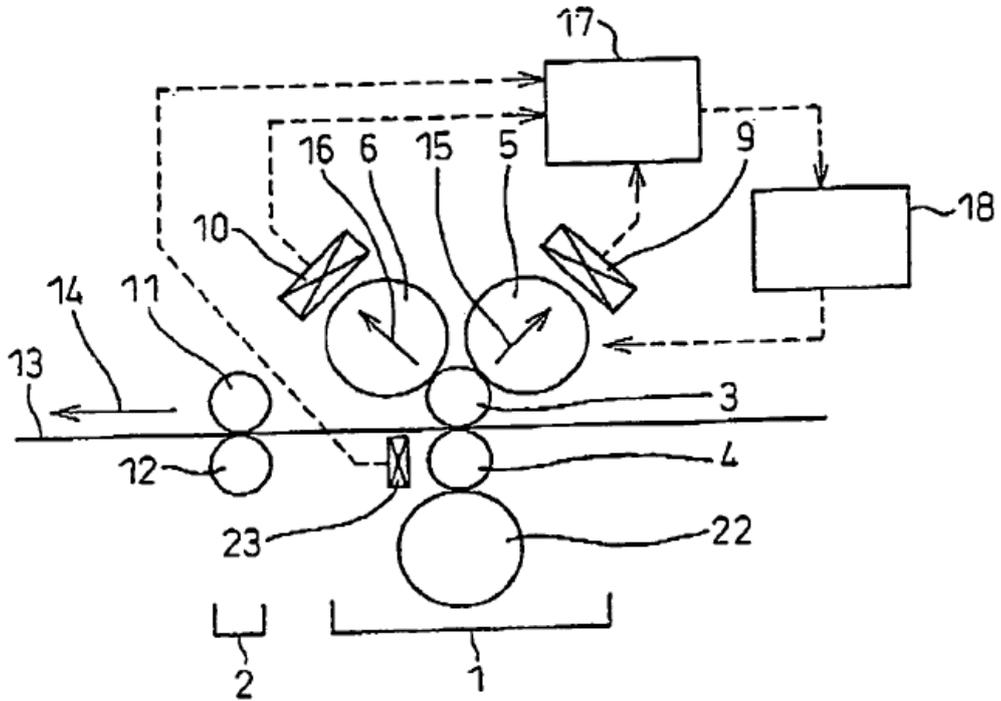


Fig.4

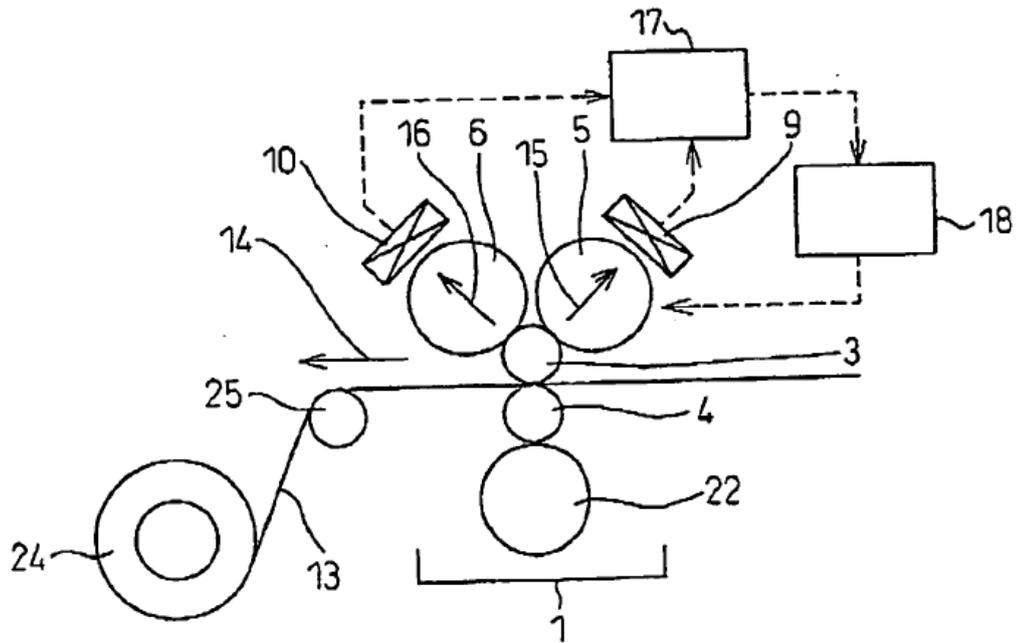


Fig.5(a)

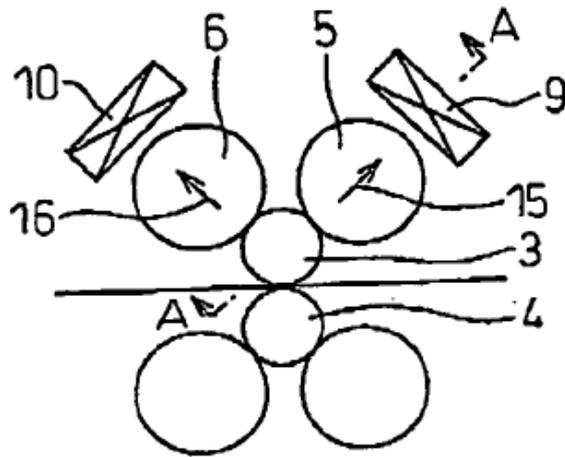


Fig.5(b)

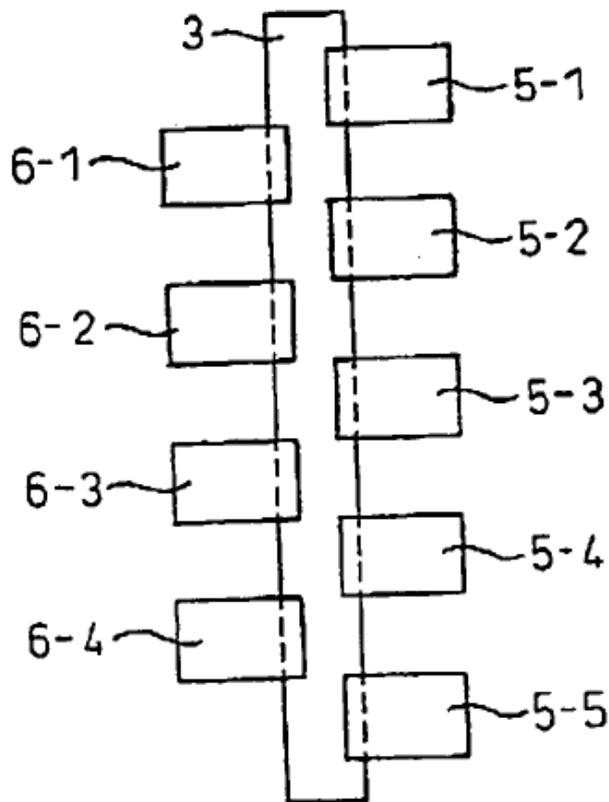


Fig.5(c)

