

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 566**

51 Int. Cl.:

**B21B 37/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2016** **E 16165233 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019** **EP 3231522**

54 Título: **Control robusto de tensión de banda**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.11.2019**

73 Titular/es:

**PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH  
(100.0%)  
Schuhstrasse 60  
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**KOTZIAN, DANIEL;  
GRÜSS, ANSGAR y  
MAIERHOFER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 732 566 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**

Control robusto de tensión de banda

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de regulación de tensión para una banda de metal que primero se lamina en una caja de laminación delantera de un tren de laminación de varias cajas y, después, en una caja de laminación trasera del tren de laminación de varias cajas,
- detectándose por medio de un elevador de bucles colocado entre la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera en la banda de metal una tensión de banda que impera entre la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera en la banda de metal;
  - 10 - derivándose la tensión de banda a un primer regulador de tensión que establece un valor de referencia adicional de ajuste;
  - derivándose la tensión de banda, además, a un segundo regulador de tensión que establece un valor de referencia adicional de velocidad;
  - 15 - estableciendo el segundo regulador de tensión como valor de referencia adicional de velocidad un valor menor de 0 cuando la tensión de banda se sitúa por encima de un límite de tensión de banda superior, establecimiento como valor de referencia adicional de velocidad un valor mayor de 0 cuando la tensión de banda se sitúa por encima de un límite de tensión de banda superior, y haciendo volver el valor de referencia adicional de velocidad al valor 0 cuando la tensión de banda se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior;
  - 20 - actuando el valor de referencia adicional de ajuste sobre la caja de laminación trasera y el valor de referencia adicional de velocidad, con signo positivo, sobre la caja de laminación delantera o, con signo negativo, sobre la caja de laminación trasera.
- La presente invención parte, además, de un programa informático que comprende código de máquina que puede ser procesado por un dispositivo de control para un tren de laminación,
- laminándose una banda de metal en primer lugar en una caja de laminación delantera de tren de laminación de varias cajas y laminándose después en una caja de laminación trasera del tren de laminación de varias cajas;
  - 25 - detectándose por medio de un elevador de bucles colocado entre la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera en la banda de metal una tensión de banda que impera entre la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera en la banda de metal;
  - provocando el procesamiento del código de máquina por parte del dispositivo de control
  - que el dispositivo de control recoja la tensión de banda detectada;
  - 30 -- que el dispositivo de control implemente un primer regulador de tensión al que se derive la tensión de banda y que determine un valor de referencia adicional de ajuste;
  - que el dispositivo de control implemente, además, un segundo regulador de tensión al que derive la tensión de banda y que determine un valor de referencia adicional de velocidad;
  - 35 -- que el dispositivo de control implemente el segundo regulador de tensión de tal modo que el segundo regulador de tensión determine como valor de referencia adicional de velocidad un valor menor de 0 cuando la tensión de banda se sitúe por debajo de un límite de tensión de banda inferior, determine como valor de referencia adicional de velocidad un valor mayor de 0 cuando la tensión de banda se sitúe por encima de un límite de tensión de banda superior, y haga volver el valor de referencia adicional de velocidad al valor 0 cuando la tensión de banda se sitúe entre los límites de tensión de banda inferior y superior, y
  - 40 -- que el valor de referencia adicional de ajuste actúe sobre la caja de laminación trasera y el valor de referencia adicional de velocidad con signo positivo actúe sobre la caja de laminación delantera o, con signo negativo, sobre la caja de laminación trasera.
- La presente invención parte, además, de un dispositivo de control para un tren de laminación para la laminación de una banda de metal, estando programado el dispositivo de control con tal programa informático.
- 45 La presente invención parte, además, de un tren de laminación de varias cajas para la laminación de una banda de metal,
- presentando el tren de laminación una caja de laminación delantera y una caja de laminación trasera en las que se lamina la banda de metal;

- presentando el tren de laminación un elevador de bucles dispuesto entre la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera que se coloca en la banda de metal y que detecta una tensión de banda que impera entre la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera en la banda de metal;

5 - presentando el tren de laminación un dispositivo de control al que se deriva la tensión de banda y que actúa sobre la caja de laminación trasera.

10 Un procedimiento de regulación de tensión y el correspondiente tren de laminación se conocen, por ejemplo, por el documento US 3 977 223 A. En el procedimiento de regulación de tensión conocido por el documento US 3 977 223 A, se calcula sobre la base de una divergencia de posición del elevador de bucles un valor de referencia adicional de ajuste y un valor de referencia adicional de velocidad para la caja de laminación trasera. Para que sea posible tal cálculo, el elevador de bucles debe presionarse con un determinado momento previamente conocido contra la banda de metal. Se comprueba si la posición detectada se sitúa dentro de un ancho de banda previamente definido. Si es este el caso, no se efectúan intervenciones de control. Por ello, tanto el primer como el segundo regulador de tensión determinan como valor de referencia adicional el valor 0. Solo si la posición detectada abandona el ancho de banda predefinido, los dos reguladores de tensión determinan como respectivo valor de referencia adicional un valor diferente de 0. En este caso, los dos reguladores de tensión, sin embargo, determinan un valor diferente de 0. Los dos reguladores de tensión actúan, por tanto, en igualdad de condiciones.

15 En la laminación final en un tren de bandas calientes, las estrechas tolerancias de grosor de la banda de metal laminada en caliente son una importante característica de calidad. Para cumplir las tolerancias, se requiere, por un lado, un buen estado mecánico del tren de laminación. Además, también se requiere un concepto de automatización y regulación bien diseñado.

20 Un tren de laminación final se compone por regla general de entre cinco y siete cajas de laminación. Cada caja de laminación presenta un equipo para el ajuste del intersticio de laminación. Muchas veces se trata en este sentido de un ajuste hidráulico. En algunos casos, se trata de un ajuste electromecánico. La correspondiente caja de laminación produce durante la laminación de la banda de metal una reducción de grosor de la banda de metal. Entre las cajas de laminación individuales, por regla general está dispuesto un elevador de bucles que se coloca en la banda de metal. Muchas veces se utiliza el elevador de bucles para efectuar un breve almacenamiento de la correspondiente sección de la banda de metal. Además, el elevador de bucles se puede emplear como sensor de la tensión de banda.

25 Para que la banda de metal laminada se pueda laminar con las tolerancias de grosor exigidas, en el marco del funcionamiento del tren de laminación final se requiere en primer lugar un esquema de reducción apropiado. Además, se requiere una automatización de base bien adaptada. La automatización de base tiene el cometido de minimizar al máximo posible divergencias de grosor que aparecen al comienzo del tren de laminación final y mantener estable el proceso de laminación.

30 Una inestabilidad del proceso de laminación puede aparecer, por ejemplo, debido a un fallo, por ejemplo, de un cambio del grosor del lado de entrada de la banda de metal. Otro fallo que puede provocar una inestabilidad es, por ejemplo, un cambio de la dureza de la banda de metal. Tales fallos cambian -en relación con la respectiva caja de laminación- la velocidad del lado de entrada y del lado de salida de la banda de metal y provocan, por tanto, un cambio de la tensión de banda. En función de la dirección del cambio, la tensión de banda puede llegar a aumentar hasta tal punto que la banda se rompa o a reducirse tanto que se formen torsiones entre cajas de laminación consecutivas.

35 Los fallos como tales son inevitables en la práctica. El objetivo de la automatización de base es compensar a tiempo mediante modificación de magnitudes de proceso individuales estos fallos y, a este respecto, mantener al mismo tiempo o ajustar de nuevo el grosor de salida requerido con el que la banda de metal sale del tren de laminación final. Las magnitudes de proceso que se modifican por medio de la automatización de base son, por ejemplo, la velocidad de laminación, la posición del ajuste, la posición del elevador de bucles y otros más.

40 El concepto de regulación clásico en la automatización de base de un tren de laminación final en la laminación en caliente utiliza el elevador de bucles y la velocidad de caja para compensar fallos que tienen efecto sobre la velocidad de banda del lado de entrada y del lado de salida y, por tanto, estabilizar el tren de laminación final. En este concepto de regulación, el elevador de bucles se sujeta por medio de un regulador de tensión de banda en la banda de metal para ajustar la tensión de banda requerida. El ángulo o -con igual valor al respecto- la posición del elevador de bucles se utiliza para adaptar la velocidad de caja. Mediante una adaptación de la velocidad de caja, se compensan los cambios de velocidad de la banda de metal y se ajusta de nuevo la reserva de banda requerida en la zona de cajas intermedia. Para que no se produzcan debido a los cambios de velocidad fluctuaciones de tensión en otras zonas de cajas intermedias, cambios de velocidad de las cajas de laminación se transmiten mediante una cascada de retroceso o una cascada de avance a las otras cajas de laminación. Cambios del grosor del lado de entrada de la banda de metal y fluctuaciones de dureza de la banda de metal se regulan por medio de la compensación de la recuperación elástica de la caja (AGC = Automatic Gauge Control o Automatic Gap Control).

5 En el caso ideal, de esta manera permanece constante el grosor del lado de salida de la banda de metal tras la correspondiente caja de laminación. Divergencias de grosor que permanecen en la salida del tren de laminación final se regulan por medio de regulación monitorizada de grosor mediante adaptación de la posición de ajuste y de la velocidad de caja. La regulación monitorizada de grosor actúa al menos sobre la última caja de laminación del tren de laminación, a menudo también sobre la penúltima caja de laminación, en algunos casos incluso todavía más atrás.

10 Por el documento EP 0 710 513 A1 se conoce una regulación de tensión de banda con un elevador de bucles eléctrico, ajustándose las velocidades de caja. Además, en el documento EP mencionado se describe un procedimiento por medio del cual se determinan las señales de control para la velocidad de laminación y el par de torsión del elevador de bucles de tal manera que se puede efectuar una regulación desacoplada entre sí de la velocidad de laminación y el par de torsión del elevador de bucles.

15 Por el documento US 5 718 138 A, se conoce una regulación de tensión de banda con un elevador de bucles hidráulico, efectuándose una regulación de la posición del elevador de bucles en combinación con una AGC. En el mencionado documento US se describe, además, un procedimiento por medio del cual se pueden determinar las señales de control para el elevador de bucles y el AGC de tal modo que se puede efectuar una regulación desacoplada entre sí.

20 En la laminación en frío, por regla general en el marco de la automatización de base se utiliza otro concepto de regulación. Una diferencia esencial estriba en que la tensión de banda se regula mediante una adaptación de la posición del ajuste o mediante una adaptación de la velocidad de caja por medio de un denominado ITC (= Interstand Tension Control). Por lo común, en este sentido se adapta la velocidad de caja solo en parada y en velocidades muy pequeñas, en todos los demás estados de funcionamiento, se adapta la posición del ajuste. Mediante la medición del grosor y la velocidad de banda antes y después de la primera caja de laminación del tren de laminación en frío, se puede ajustar por medio de una regulación del flujo másico, un control previo de grosor y una regulación de grosor un flujo másico constante en la primera caja de laminación. Además, no se utilizan la  
25 compensación de la recuperación elástica de caja (AGC) ni la regulación de bucles.

Por el documento EP 0 455 381 A1, se conoce una regulación de tensión de banda de un tren de laminación tándem en frío en el que se eliminan divergencias de la tensión de banda debido a condiciones de velocidad erróneas.

30 El objetivo de la presente invención consiste en crear posibilidades por medio de las cuales se realice un concepto de regulación técnica para la automatización de base de tal modo que, a pesar de las influencias perturbadoras, se puedan cumplir bien las tolerancias de grosor requeridas y, al mismo tiempo, se mantenga estable el proceso de laminación.

El objetivo se resuelve mediante un procedimiento de regulación de tensión con las características de la reivindicación 1. Diseños ventajosos del procedimiento de regulación de tensión son objeto de las reivindicaciones dependientes 2 a 8.

35 De acuerdo con la invención, se diseña un procedimiento de regulación de tensión del tipo mencionado al principio de tal modo que

- al primer regulador de tensión se deriva adicionalmente una tensión de referencia que se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior,

40 - el primer regulador de tensión determina el valor de referencia adicional de ajuste utilizando una directriz de determinación sobre la base de la divergencia de la tensión de banda con respecto a la tensión de referencia y

- la directriz de determinación permite como valor de referencia adicional de ajuste un valor diferente de 0 también cuando la tensión de banda se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior.

45 De acuerdo con la invención, la tensión de banda se regula, por tanto, primaria y principalmente por medio del valor de referencia adicional de ajuste. Si, a pesar de esta regulación, la tensión de banda abandona el intervalo permitido entre los límites de tensión de banda inferior y superior, se ejerce influencia adicionalmente también sobre la velocidad con las que funciona la caja de laminación delantera o la caja de laminación trasera. El primer y el segundo regulador de tensión pueden estar configurados en función de las necesidades. Preferentemente se trata de un regulador con un comportamiento integral, por ejemplo, un regulador I (puro), regulador PI o regulador PID.

50 Es posible que el valor de referencia adicional de ajuste sea un valor de referencia adicional de fuerza de laminación. En este caso, la caja de laminación trasera funciona regulada por fuerza de laminación. Alternativamente, es posible que el valor de referencia adicional de ajuste sea un valor de referencia adicional de intersticio de laminación. En este caso, la caja de laminación trasera funciona regulada por intersticio de laminación. Ambos diseños conducen a buenos resultados.

55 En el caso de la regulación de intersticio de laminación, está previsto preferentemente que al primer regulador de tensión se derive un valor límite de ajuste inferior y un valor límite de ajuste superior y que el primer regulador de

- 5 tensión límite el valor de referencia adicional de ajuste emitido, hacia abajo, al valor límite de ajuste inferior y, hacia arriba, al valor límite de ajuste superior. Además, en este caso los valores límite de ajuste inferior y superior son determinados por un dispositivo de determinación de valor límite inferior y un dispositivo de determinación de valor límite superior, en función de una fuerza de laminación con la que se lamina la banda de metal en la caja de laminación trasera y el valor de referencia adicional de ajuste y se especifican al primer regulador de tensión. De esta manera es posible una adaptación dinámica en función del estado de funcionamiento de la caja de laminación trasera.
- 10 En particular, es posible que el dispositivo de determinación de valor límite inferior eleve el valor límite de ajuste inferior mientras la fuerza de laminación con la que se lamina la banda de metal en la caja de laminación trasera sobrepase un valor límite de fuerza de laminación superior y, en caso contrario, mantenga el valor límite de ajuste inferior en una distancia predeterminada con respecto al valor de referencia adicional de ajuste y que el dispositivo de determinación de valor límite superior reduzca el valor límite de ajuste superior mientras la fuerza de laminación con la que se lamina la banda de metal en la caja de laminación trasera no alcance un valor límite de fuerza de laminación inferior y, en caso contrario, mantenga el valor límite de ajuste superior a una distancia predeterminada con respecto al valor de referencia adicional de ajuste. De esta manera se puede conseguir que la caja de laminación trasera siempre funcione dentro de un intervalo de fuerza de laminación admisible. Los dos dispositivos de determinación de valor límite presentan, por tanto, preferentemente un comportamiento integral.
- 15 En caso de que el segundo regulador de tensión determine un valor de referencia adicional de velocidad diferente de 0, es decir, en caso de que la tensión de banda no alcance el límite de tensión de banda inferior o supere el límite de tensión de banda superior, el segundo regulador de tensión determina el valor de referencia adicional de velocidad preferentemente de tal modo que la tensión de banda se ajuste al límite de tensión de banda inferior o al límite de tensión de banda superior.
- 20 Preferentemente está previsto que el elevador de bucles se mantenga en una posición definida por medio de un regulador de posición. De esta manera, se consigue que fluctuaciones de la tensión de banda no tengan efecto sobre la posición del elevador de bucles. Así se evita una influencia negativa sobre la estabilidad del proceso de laminación.
- 25 Es posible que la banda de metal se lamine en frío en la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera. Preferentemente, la banda de metal, sin embargo, se lamina en caliente en la caja de laminación delantera y la caja de laminación trasera.
- 30 El objetivo se resuelve, además, mediante un programa informático con las características de la reivindicación 9. Diseños ventajosos del programa informático son objeto de las reivindicaciones dependientes 10 a 16.
- 35 De acuerdo con la invención, un programa informático del tipo mencionado al principio está diseñado de tal modo que el procesamiento del código de máquina por medio del dispositivo de control hace que el primer regulador de tensión determine el valor de referencia adicional de ajuste utilizando una directriz de determinación sobre la base de la divergencia de la tensión de banda con respecto a una tensión de referencia que se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior, y que la directriz de determinación permita como valor de referencia adicional de ajuste un valor distinto de 0 también cuando la tensión de banda se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior.
- 40 Los diseños ventajosos del programa informático se corresponden con los del procedimiento de regulación de tensión.
- 45 El objetivo se resuelve, además, mediante un dispositivo de control con las características de la reivindicación 17. De acuerdo con la invención, el dispositivo de control está diseñado de tal modo que está programado con un programa informático de acuerdo con la invención.
- El objetivo se resuelve, además, mediante un tren de laminación de varias cajas para la laminación de una banda de metal con las características de la reivindicación 18. De acuerdo con la invención, el dispositivo de control está configurado de acuerdo con la invención en un tren de laminación de varias cajas del tipo mencionado al principio.
- Otras ventajas y detalles se desprenden de la siguiente descripción de ejemplos de realización en combinación con los dibujos. En representación esquemática, muestran:
- 50 la figura 1, un tren de laminación de varias cajas,
- la figura 2, una caja de laminación delantera y una caja de laminación trasera y un elevador de bucles dispuesto entre estas dos cajas de laminación, así como un equipo de regulación,
- la figura 3, variables de ajuste como función de la tensión de banda y
- la figura 4, un diseño de una parte del equipo de regulación de la figura 3.

De acuerdo con la figura 1, por medio de un tren de laminación debe laminarse una banda 1 de metal. La banda 1 de metal puede estar compuesta, por ejemplo, de acero o aluminio. Alternativamente, puede estar compuesta de otro metal. Para laminar la banda 1 de metal, el tren de laminación presenta varias cajas 2 de laminación. Por regla general, el número de cajas 2 de laminación se sitúa entre tres y ocho, en particular entre cuatro y siete, por ejemplo, en cinco o seis. Las cajas 2 de laminación presentan por regla general cilindros de trabajo y cilindros de apoyo, es decir, que están configuradas como cajas cuarto. En algunos casos, las cajas 2 de laminación presentan adicionalmente a los cilindros de trabajo y los cilindros de apoyo también cilindros intermedios, es decir, que están configuradas como cajas sexto. En la figura 1 (y también en la figura 2) solo se representan los cilindros de trabajo.

La banda 1 de metal recorre consecutivamente las cajas 2 de laminación del tren de laminación de manera secuencial. Atraviesa el tren de laminación, por tanto, en una dirección de transporte x. En las cajas 2 de laminación, se lamina la banda 1 de metal. El grosor de la banda 1 de metal, por tanto, se reduce paulatina y continuamente. Entre dos cajas 2 de laminación consecutivas, está dispuesto en cada caso un elevador 3 de bucles que está colocado en la banda 1 de metal. La banda 1 de metal puede entrar, por ejemplo, con una temperatura T en la primera caja 2 de laminación del tren de laminación que se sitúe entre 850 °C y 1100 °C. En este caso, la banda 1 de metal se lamina en caliente en las cajas 2 de laminación. Básicamente, sin embargo, también es posible que la banda 1 de metal se lamine en frío en las cajas 2 de laminación.

El tren de laminación se controla por un dispositivo de control 4. El dispositivo de control 4 está programado con un programa informático 5. El programa informático 5 comprende código de máquina 6. El código de máquina 6 puede procesarse por el dispositivo de control 4. Sobre la base del procesamiento del código de máquina 6 por medio del dispositivo de control 4, el dispositivo de control 4 ejecuta un procedimiento de regulación de tensión que se explicará después con más detalle.

El procedimiento de regulación de tensión se refiere en cada caso a una sección de la banda 1 de metal que se encuentra entre dos cajas 2 de laminación directamente consecutivas. La figura 2 muestra una sección de este tipo de la banda 1 de metal, las dos cajas 2 de laminación en cuestión y el elevador 3 de bucles entre estas dos cajas 2 de laminación. En relación con estas dos cajas 2 de laminación y el elevador 3 de bucles entre estas dos cajas 2 de laminación, se explica a continuación la presente invención. La caja 2 de laminación recorrida en primer lugar por la banda 1 de metal se designa en lo que sigue como caja de laminación delantera y está provista con la referencia 2a. La caja 2 de laminación recorrida después por la banda 1 de metal se designa en lo que sigue como caja de laminación trasera y está provista de la referencia 2b. El elevador 3 de bucles se designa simplemente como elevador 3 de bucles. Sin embargo, debe entenderse siempre el elevador 3 de bucles entre la caja de laminación delantera 2a y la caja de laminación trasera 2b.

El elevador 3 de bucles está colocado, como ya se ha mencionado, en la banda 1 de metal. Por ejemplo, el dispositivo de control 4, sobre la base del procesamiento del código de máquina 6, puede implementar un regulador de posición 7 por medio del cual el elevador 3 de bucles se coloque en la banda 1 de metal. En este caso, se deriva al regulador de posición 7 un correspondiente valor de referencia de posición  $p^*$ . El valor de referencia de posición  $p^*$  es por regla general constante. El valor de referencia de posición  $p^*$  puede generarse, por ejemplo, dentro del dispositivo de control 4. Alternativamente, puede especificarse al dispositivo de control 4 desde fuera.

Al regulador de posición 7 se deriva, además, un correspondiente valor real de posición p. En función de la divergencia de regulación -es decir, de la diferencia entre valor de referencia de posición  $p^*$  y valor real de posición p-, el regulador de posición 7 determina una señal de control S para un elemento de ajuste 3' (por ejemplo, una unidad de cilindro hidráulico) con cuya ayuda se puede modificar la posición del elevador 3 de bucles en la medida necesaria. En el resultado, se mantiene el elevador 3 de bucles, por tanto, sujeto por medio del regulador de posición 7 en una posición definida -concretamente, en el valor de referencia de posición  $p^*$ . El regulador de posición 7 puede estar configurado en función de las necesidades. Preferentemente, el regulador de posición 7 está configurado como regulador con una parte integral, por ejemplo, como regulador PI.

Por medio del elevador 3 de bucles, se detecta, además, una tensión de banda Z que impera entre la caja de laminación delantera 2a y la caja de laminación trasera 2b en la banda 1 de metal. Por ejemplo, se puede detectar un momento ejercido por el elemento de ajuste 3' sobre el elevador 3 de bucles o una correspondiente fuerza y, a partir de ello, en combinación con el valor real de posición p y relaciones geométricas de las cajas 2a, 2b de laminación y del elevador 3 de bucles entre sí determinarse la tensión de banda Z. Preferentemente, el elevador 3 de bucles presenta, sin embargo, una caja de medición de carga por medio de la cual se detecta directamente la fuerza con la que el rodillo de elevador de bucles se presiona sobre el elevador 3 de bucles. De esta manera, es posible una determinación más exacta de la tensión de banda Z.

La tensión de banda Z detectada se deriva al dispositivo de control 4 y es recibida por el dispositivo de control 4. El dispositivo de control 4 implementa, procesando el código de máquina 6, un primer regulador de tensión 8 y un segundo regulador de tensión 9. La tensión de banda Z se deriva al primer regulador de tensión 8 y al segundo regulador de tensión 9.

El primer regulador de tensión 8 determina utilizando una directriz de determinación un valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$ . El valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  puede ser en particular un valor de referencia adicional

de intersticio de laminación  $\delta s^*$ . El valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  en este caso está conectado a un valor de referencia de ajuste  $s^*$  dado como valor de referencia de intersticio de laminación  $s^*$ . El segundo regulador de tensión 9 determina un valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$ . El valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  se conecta a un valor de referencia de velocidad  $v^*$ . El valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  actúa sobre la caja de laminación trasera 2b. En particular, el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  actúa sobre el ajuste de la caja de laminación trasera 2b. El valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  puede actuar sobre accionamientos por medio de los cuales roten los cilindros de la caja de laminación trasera 2b. En este caso, también el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  actúa, correspondientemente a la representación en la figura 2, sobre la caja de laminación trasera 2b. Alternativamente, el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  actúa sobre la caja de laminación delantera 2a.

Al segundo regulador de tensión 9 se derivan adicionalmente a la tensión de banda Z un límite de tensión de banda inferior Z1 y un límite de tensión de banda superior Z2. El límite de tensión de banda superior Z2 es mayor que el límite de tensión de banda inferior Z1. Siempre que la tensión de banda Z se sitúe entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2, el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  determinado por el segundo regulador de tensión 9 correspondientemente a la representación en la figura 3 presenta el valor 0. Siempre que la tensión de banda Z, por el contrario, se sitúe por encima del límite de tensión de banda superior Z2, el segundo regulador de tensión 9 determina como valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  un valor mayor de 0. Siempre que, a la inversa, la tensión de banda Z se sitúe por debajo del límite de tensión de banda inferior Z1, el segundo regulador de tensión 9 determina como valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  un valor menor de 0. El segundo regulador de tensión 9 puede determinar el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  en particular de tal modo que la tensión de banda Z, en el caso de que no alcance el límite de tensión de banda inferior Z1, se ajuste al límite de tensión de banda inferior Z1 y, a la inversa, en el caso de que sobrepase el límite de tensión de banda superior Z2, se ajuste al límite de tensión de banda superior Z2. Si la tensión de banda Z, tras sobrepasar el límite de tensión de banda superior Z2 o tras no alcanzar el límite de tensión de banda inferior Z1, de nuevo adopta un valor entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2, el segundo regulador de tensión 9 hace volver el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  de nuevo al valor 0. El segundo regulador de tensión 9 está configurado preferentemente como regulador con una parte integral, por ejemplo, como regulador PI.

En caso de que valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  determinado por el segundo regulador de tensión 9 actúe sobre la caja de laminación trasera 2b, el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  se suma correspondientemente a la representación de la figura 2 con signo negativo a un valor de referencia de velocidad  $v^*$  para la caja de laminación trasera 2b. En caso contrario, es decir, cuando el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  actúa sobre la caja de laminación delantera 2a, el valor de referencia adicional de velocidad  $\delta v^*$  se suma con signo positivo a un valor de referencia de velocidad para la caja de laminación delantera 2a.

Al primer regulador de tensión 8 se deriva adicionalmente a la tensión de banda Z una tensión de referencia  $Z^*$ . La tensión de referencia  $Z^*$  se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2. En particular, la tensión de referencia  $Z^*$  puede situarse aproximadamente o incluso exactamente en el medio entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2. Por regla general, se cumple la relación  $Z^* = kZ1 + (1-k)Z2$ , situándose el factor k por regla general entre 0,4 y 0,6, preferentemente incluso entre 0,45 y 0,55. El primer regulador de tensión 8 determina el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  sobre la base de la divergencia de la tensión de banda Z con respecto a la tensión de referencia  $Z^*$ . A diferencia de la directriz de determinación del segundo regulador de tensión 9, la directriz de determinación para el primer regulador de tensión 8 permite como valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  un valor diferente de 0, pero también cuando la tensión de banda Z se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2. El valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  determinado momentáneamente en cada caso puede presentar en el caso individual brevemente el valor 0. Sin embargo, esto se ha producido en este caso por los valores concretos de la tensión de banda Z y la tensión de referencia  $Z^*$  y posiblemente sus perfiles de desarrollo de valor anteriores, pero no por el hecho de que la tensión de banda Z se sitúe entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2.

La directriz de determinación puede ser, por ejemplo, de tal modo que el primer regulador de tensión 8 esté configurado como regulador con una parte integral, por ejemplo, como regulador PI. Si, en un caso de este tipo, la parte integral momentánea es positiva y la parte proporcional momentánea es negativa, durante un breve tiempo pueden compensarse entre sí la parte integral y la parte proporcional. Si la divergencia de la tensión de banda Z con respecto a la tensión de referencia  $Z^*$ , sin embargo, es diferente de 0 durante un mayor tiempo, en un determinado momento forzosamente el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  determinado debe adoptar un valor distinto de 0. Esto se cumple también cuando la tensión de banda Z se mueve durante todo el intervalo de tiempo solo entre los límites de tensión de banda inferior y superior Z1, Z2. Situaciones similares se dan en otros diseños del primer regulador de tensión 8, por ejemplo, como regulador PID o como regulador I, y también en un diseño como regulador P puro.

Como se ha explicado hasta ahora, el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  es un valor de referencia adicional de intersticio de laminación. En este caso, el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  actúa directa e inmediatamente sobre el ajuste de la caja de laminación trasera 2b. Alternativamente, sin embargo, es posible que el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta F^*$  sea un valor de referencia adicional de fuerza de laminación  $\delta F^*$ . En este caso, el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta F^*$  se conecta a un valor de referencia de ajuste  $F^*$  dado como una

fuerza de laminación de referencia  $F^*$  y actúa directamente -en concreto por medio de la fuerza de laminación  $F$ - sobre el ajuste de la caja de laminación trasera 2b. Este diseño se representa con líneas discontinuas en la figura 2. También en este caso, el primer regulador de tensión 8 está regulado preferentemente como regulador con una parte integral, por ejemplo, como regulador PI. Las demás realizaciones y modos de actuación del primer regulador de tensión 8 se cumplen también para este caso.

Correspondientemente a la representación en la figura 2, es incluso posible que el primer regulador de tensión 8 esté presente doblemente, en concreto una vez como primer regulador de tensión 8 para la determinación del valor de referencia adicional de intersticio de laminación  $\delta s^*$  y una vez como primer regulador de tensión 8 para la determinación del valor de referencia adicional de fuerza de laminación  $\delta F^*$ . En este caso, se decide por medio de una señal de selección A si está activo el uno o el otro primer regulador de tensión 8. También esto está representado con líneas discontinuas en la figura 2. La señal de selección A puede especificarse al dispositivo de control 4, por ejemplo, en el marco de una parametrización antes de la puesta en marcha. Incluso es posible cambiar la señal de selección A durante el funcionamiento del tren de laminación. Por tanto, es posible hacer funcionar la caja 2b de laminación representada en la figura 2 por tiempos regulada por intersticio de laminación y por tiempos regulada por fuerza de laminación y determinar en función del tipo de funcionamiento momentáneo el correspondiente valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$  y conectarlo al correspondiente valor de referencia de ajuste  $s^*$ ,  $F^*$ .

La figura 4 muestra una posible variación del primer regulador de tensión 8. Las realizaciones relativas a la figura 4 se refieren en este sentido al caso de que el primer regulador de tensión 8 esté configurado para la determinación del valor de referencia adicional de intersticio de laminación  $\delta s^*$ .

De acuerdo con la figura 4, se derivan al primer regulador de tensión 8 un valor límite de ajuste inferior y un valor límite de ajuste superior  $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ . En este caso, el primer regulador de tensión 8 limita el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$  emitido, hacia abajo, al valor límite de ajuste inferior y, hacia arriba, al valor límite de ajuste superior  $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ . Los valores límite de ajuste inferior y superior  $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$  pueden determinarse dinámicamente, por ejemplo, correspondientemente a la representación de la figura 4, por un dispositivo de determinación de valor límite inferior y un dispositivo de determinación de valor límite superior 10, 11 en función de una fuerza de laminación  $F$ , con la que se lamina la banda 1 de metal en la caja de laminación trasera 2b, y el valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$ . Los valores límite de ajuste  $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$  se especifican al primer regulador de tensión 8 por los dos dispositivos de determinación de valor límite 10, 11.

En particular, correspondientemente a la representación de la figura 4, es posible que el dispositivo de determinación de valor límite superior 11 compruebe si la fuerza de laminación  $F$ , con la que la banda 1 de metal se lamina en la caja de laminación trasera 2b, no alcanza un valor límite de fuerza de laminación inferior  $F1$ . Si este es el caso, el dispositivo de determinación de valor límite superior 11 reduce -partiendo del valor válido en último lugar para el valor límite de ajuste superior  $\delta s2^*$ - el valor límite de ajuste superior  $\delta s2^*$  en una determinada cantidad  $\Delta 2$ . Alternativamente, la cantidad  $\Delta 2$  puede ser constante o depender de la dimensión en la que la fuerza de laminación  $F$  no alcanza el valor límite de fuerza de laminación inferior  $F1$ . En caso contrario, el dispositivo de determinación de valor límite superior 11 fija el valor límite de ajuste superior  $\delta s2^*$  de tal modo que esté presente una distancia  $\Delta 2'$  predeterminada del valor momentáneamente válido del valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$ .

De manera análoga, correspondientemente a la representación de la figura 4, es posible que el dispositivo de determinación de valor límite inferior 10 compruebe si la fuerza de laminación  $F$ , con la que la banda 1 de metal se lamina en la caja de laminación trasera 2b, sobrepasa un valor límite de fuerza de laminación superior  $F2$ . Si este es el caso, el dispositivo de determinación de valor límite inferior 10 eleva -partiendo del valor válido en último lugar para el valor límite de ajuste inferior  $\delta s1^*$ - el valor límite de ajuste inferior  $\delta s1^*$  en una determinada cantidad  $\Delta 1$ . Alternativamente, la cantidad  $\Delta 1$  puede ser constante o depender de la dimensión en la que la fuerza de laminación  $F$  sobrepasa el valor límite de fuerza de laminación superior  $F2$ . En caso contrario, el dispositivo de determinación de valor límite inferior 10 fija el valor límite de ajuste inferior  $\delta s1^*$  de tal modo que este presenta una distancia predeterminada  $\Delta 1'$  con respecto al valor momentáneamente válido del valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$ . La distancia  $\Delta 1'$  puede, pero no tiene que por qué, ser la misma distancia  $\Delta 2'$  que se ajusta por el dispositivo de determinación de valor límite superior 11 cuando la fuerza de laminación  $F$  no alcanza el valor límite de fuerza de laminación inferior  $F1$ .

La reducción del valor límite de ajuste superior  $\delta s2^*$  puede llegar a ser tal que el valor límite de ajuste superior  $\delta s2^*$  sea menor que el (verdadero) valor de referencia adicional de ajuste  $\delta s^*$ . En este caso, la limitación actúa por medio del valor límite de ajuste superior  $\delta s2^*$ . El primer regulador de tensión 8, por tanto, ya no puede compensar la divergencia de la tensión de banda Z con respecto a la tensión de referencia  $Z^*$ . Esto lleva a que la divergencia de la tensión de banda Z con respecto a la tensión de referencia  $Z^*$  sea cada vez mayor hasta que se supera uno de los límites de tensión de banda Z1, Z2. En este caso, interviene el segundo regulador de tensión 9 de manera correctora. Realizaciones análogas se cumplen para el caso de que siga elevándose el valor límite de ajuste inferior  $\delta s1^*$ .

La presente invención presenta muchas ventajas. Así, por ejemplo, se mantienen de manera fiable, también en condiciones adversas (por ejemplo, exceso o defecto de carga de la caja de laminación trasera 2b), los límites de

5 fuerza de laminación y tensión de banda. El proceso de laminación se estabiliza. Esto se cumple en particular en comparación con un ITC. Por medio del procedimiento de regulación de tensión de acuerdo con la invención, se puede laminar de manera estable y fiable incluso una banda 1 de metal con un grosor de 1 mm y menos en el marco de un procedimiento de laminado de colada continua. Lo mismo se cumple para trenes de laminación final convencionales (HSM = hot strip mill). Además, se puede simplificar el accionamiento hidráulico del elevador 3 de bucles. Esto permite una reducción de costes.

10 Otra ventaja es que no se requiere ni un AGC ni una regulación de bucles. Únicamente se requiere que el elevador 3 de bucles no se mueva durante la regulación de tensión. Esto puede garantizarse, sin embargo, sin más por medio del regulador de posición 7. De manera global se requiere, para la compensación de divergencias de grosor, una regulación de grosor en la salida del tren de laminación. Sin embargo, la regulación de grosor también se requiere en el estado de la técnica y se corresponde también con el diseño del estado de la técnica.

15 Mediante la regulación de la tensión de banda Z de acuerdo con la invención, se evitan problemas que surgen con un AGC. Pues en una regulación con AGC debe conocerse muy bien la recuperación elástica de caja para obtener buenos resultados. Es problemático en este sentido que, por un modelado demasiado escaso de la recuperación elástica de caja, el AGC esté sobrecompensado y esto conduzca a un proceso de laminación inestable. Por el contrario, en la presente invención ni se requiere ni se utiliza el AGC, y tampoco se necesita la recuperación elástica de caja para una buena compensación.

20 Otra ventaja consiste en que no se requiere un laborioso desacoplamiento de una regulación de tensión de banda y de bucles, ya que la regulación de la tensión de banda tiene un elemento de ajuste distinto al que es habitual en el estado de la técnica y no se requiere la regulación de bucles.

La anterior descripción está al servicio exclusivamente de la explicación de la presente invención. La extensión de la protección de la presente invención, sin embargo, está determinada exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

Lista de referencias

25	1	Banda de metal
	2, 2a, 2b	Cajas de laminación
	3	Elevador de bucles
	3'	Elemento de ajuste
	4	Dispositivo de control
30	5	Programa informático
	6	Código de máquina
	7	Regulador de posición
	8, 9	Regulador de tensión
	10, 11	Dispositivo de determinación de valor límite
35	A	Señal de selección
	F	Fuerza de laminación
	F*, s*	Valores de referencia de ajuste
	F1, F2	Valores límite de fuerza de laminación
	k	Factor
40	p, p*	Valores de posición
	S	Señal de control
	T	Temperatura
	v*	Valor de referencia de velocidad
	x	Dirección de transporte
45	Z	Tensión de banda

	Z1, Z2	Límites de tensión de banda
	Z*	Tensión de referencia
	$\delta$	Valor de cambio
	$\delta_1, \delta_2$	Barreras
5	$\delta_s^*, \delta_F^*$	Valor de referencia adicional de ajuste
	$\delta_{s1}^*, \delta_{s2}^*$	Valores límites de ajuste
	$\delta_v^*$	Valor de referencia adicional de velocidad
	$\Delta_1, \Delta_2$	Cantidades
	$\Delta_1', \Delta_2'$	Distancias

10

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de regulación de tensión para una banda (1) de metal que se lamina en primer lugar en una caja de laminación delantera (2a) de un tren de laminación de varias cajas y después se lamina en una caja de laminación trasera (2b) del tren de laminación de varias cajas;
- 5 - detectándose por medio de un elevador (3) de bucles colocado entre la caja de laminación delantera (2a) y la caja de laminación trasera (2b) en la banda (1) de metal una tensión de banda (Z) que impera entre la caja de laminación delantera (2a) y la caja de laminación trasera (2b) en la banda (1) de metal;
- derivándose la tensión de banda (Z) a un primer regulador de tensión (8) que establece un valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ );
- 10 - derivándose la tensión de banda (Z), además, a un segundo regulador de tensión (9) que establece un valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ );
- estableciendo el segundo regulador de tensión (9) como valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) un valor mayor de 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúa por encima de un límite de tensión de banda superior (Z2), estableciendo como valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) un valor menor de 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúa por debajo de un límite de tensión de banda inferior (Z1), y haciendo volver el valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) al valor 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior (Z1, Z2);
- 15 - actuando el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ ) sobre la caja de laminación trasera (2b) y el valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) con signo positivo, sobre la caja de laminación delantera (2a) o, con signo negativo, sobre la caja de laminación trasera (2b),
- 20 caracterizado
- porque al primer regulador de tensión (8) se deriva adicionalmente una tensión de referencia (Z\*) que se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior (Z1, Z2);
- porque el primer regulador de tensión (8) establece el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ ) utilizando una directriz de determinación en función de la divergencia de la tensión de banda (Z) con respecto a la tensión de referencia (Z\*) y
- 25 - porque la directriz de determinación también permite como valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ ) un valor diferente de 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior (Z1, Z2).
- 30 2. Procedimiento de regulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta F^*$ ) es un valor de referencia adicional de fuerza de laminación ( $\delta F^*$ ).
3. Procedimiento de regulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) es un valor de referencia adicional de intersticio de laminación ( $\delta s^*$ ).
- 35 4. Procedimiento de regulación de tensión según la reivindicación 3, caracterizado porque al primer regulador de tensión (8) se deriva un valor límite de ajuste inferior y superior ( $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ ), porque el primer regulador de tensión (8) limita el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) emitido, hacia abajo, al valor límite de ajuste inferior y, hacia arriba, al valor límite de ajuste superior ( $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ ) y porque los valores límite de ajuste inferior y superior ( $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ ) son establecidos dinámicamente por un dispositivo de determinación de valor límite inferior y un dispositivo de determinación de valor límite superior (10, 11) en función de una fuerza de laminación (F), con la que se lamina la
- 40 banda (1) de metal en la caja de laminación trasera (2b), y el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) y se especifican al primer regulador de tensión (8).
5. Procedimiento de regulación de tensión según la reivindicación 4, caracterizado porque el dispositivo de determinación de valor límite inferior (10) eleva el valor límite de ajuste inferior ( $\delta s1^*$ ) cuando la fuerza de laminación (F) con la que es laminada la banda (1) de metal en la caja de laminación trasera (2b) sobrepasa un valor límite de
- 45 fuerza de laminación superior (F2) y, en caso contrario, ajusta una distancia del valor límite de ajuste inferior ( $\delta s1^*$ ) con respecto al valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) a un valor ( $\Delta 1^*$ ) predeterminado y porque el dispositivo de determinación de valor límite superior (11) reduce el valor límite de ajuste superior ( $\delta s2^*$ ) cuando la fuerza de laminación (F) con la que se lamina la banda (1) de metal en la caja de laminación trasera (2b) no alcanza un valor
- 50 límite de fuerza de laminación inferior (F1) y, en caso contrario, ajusta una distancia del valor límite de ajuste superior ( $\delta s2^*$ ) con respecto al valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) a un valor ( $\Delta 2^*$ ) predeterminado.
6. Procedimiento de regulación de tensión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el segundo regulador de tensión (9), en el caso de que la tensión de banda (Z) no alcance el límite de tensión de banda inferior (Z1) o supere el límite de tensión de banda superior (Z2), establece el valor de referencia adicional de

velocidad ( $\delta v^*$ ) de tal modo que la tensión de banda (Z) se ajusta al límite de tensión de banda inferior o superior (Z1, Z2).

7. Procedimiento de regulación de tensión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elevador (3) de bucles es mantenido por medio de un regulador de posición (7) en una posición ( $p^*$ ) definida.

5 8. Procedimiento de regulación de tensión según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la banda (1) de metal se lamina en caliente en la caja de laminación delantera (2a) y en la caja de laminación trasera (2b).

9. Programa informático, que comprende código de máquina (6) que puede ser procesado por un dispositivo de control (4) para un tren de laminación,

10 - laminándose una banda (1) de metal en primer lugar en una caja de laminación delantera (2a) de tren de laminación de varias cajas y laminándose después en una caja de laminación trasera (2b) del tren de laminación de varias cajas;

15 - detectándose por medio de un elevador (3) de bucles colocado entre la caja de laminación delantera (2a) y la caja de laminación trasera (2b) en la banda (1) de metal una tensión de banda (Z) que impera entre la caja de laminación delantera (2a) y la caja de laminación trasera (2b) en la banda (1) de metal;

- provocando el procesamiento del código de máquina (6) por parte del dispositivo de control (4);

-- que el dispositivo de control (4) recoja la tensión de banda (Z) detectada;

-- que el dispositivo de control (4) implemente un primer regulador de tensión (8) al que se derive la tensión de banda (Z) y que determine un valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ );

20 -- que el dispositivo de control (4) implemente, además, un segundo regulador de tensión (9) al que derive la tensión de banda (Z) y que determine un valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ );

-- que el dispositivo de control (4) implemente el segundo regulador de tensión (9) de tal modo que el segundo regulador de tensión (9) determine como valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) un valor menor de 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúe por debajo de un límite de tensión de banda inferior (Z1), determine como valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) un valor mayor de 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúe por encima de un límite de tensión de banda superior (Z2), y haga volver el valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) al valor 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúe entre los límites de tensión de banda inferior y superior (Z1, Z2), y

25 -- que el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ ) actúe sobre la caja de laminación trasera (2b) y el valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) con signo positivo actúe sobre la caja de laminación delantera (2a) o, con signo negativo, sobre la caja de laminación trasera (2b), caracterizado

30 - porque el procesamiento del código de máquina (6) por parte del dispositivo de control (4) hace que el primer regulador de tensión (8) determine el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ ) utilizando una directriz de determinación en función de la divergencia de la tensión de banda (Z) con respecto a una tensión de referencia ( $Z^*$ ) que se sitúe entre los límites de tensión de banda inferior y superior (Z1, Z2), y porque la directriz de determinación permite como valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ,  $\delta F^*$ ) un valor diferente de 0 cuando la tensión de banda (Z) se sitúa entre los límites de tensión de banda inferior y superior (Z1, Z2).

10. Programa informático según la reivindicación 9, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta F^*$ ) sea un valor de referencia adicional de fuerza de laminación ( $\delta F^*$ ).

40 11. Programa informático según la reivindicación 9, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) sea un valor de referencia adicional de intersticio de laminación ( $\delta s^*$ ).

45 12. Programa informático según la reivindicación 11, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que al primer regulador de tensión (8) se derive un valor límite de ajuste inferior y un valor límite de ajuste superior ( $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ ), que el primer regulador de tensión (8) limite el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) emitido, hacia abajo, al valor de límite de ajuste inferior y, hacia arriba, al valor límite de ajuste superior ( $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ ) y que el dispositivo de control (4) implemente un dispositivo de determinación de valor límite inferior y un dispositivo de determinación de valor límite superior (10, 11) a partir de los cuales se determinan dinámicamente los valores límite de ajuste inferior y superior ( $\delta s1^*$ ,  $\delta s2^*$ ) en función de una fuerza de laminación (F), con la que se lamina la banda (1) de metal en la caja de laminación trasera (2b), y el valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) y se especifican al primer regulador de tensión (8).

50 13. Programa informático según la reivindicación 12, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que el dispositivo de determinación de valor límite inferior (10) eleve

- el valor límite de ajuste inferior ( $\delta s1^*$ ) cuando la fuerza de laminación (F) con la que se lamina la banda (1) de metal en la caja de laminación trasera (2b) sobrepasa un valor límite de fuerza de laminación superior (F2) y, en caso contrario, ajuste una distancia del valor límite de ajuste inferior ( $\delta s1^*$ ) con respecto al valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) a un valor ( $\Delta 1'$ ) predeterminado y que el dispositivo de determinación de valor límite superior (11)
- 5     reduzca el valor límite de ajuste superior ( $\delta s2^*$ ) cuando la fuerza de laminación (F) con la que se lamina la banda (1) de metal en la caja de laminación trasera (2b) no alcance un valor límite de fuerza de laminación inferior (F1) y, en caso contrario, ajuste una distancia del valor límite de ajuste superior ( $\delta s2^*$ ) con respecto al valor de referencia adicional de ajuste ( $\delta s^*$ ) a un valor ( $\Delta 2'$ ) predeterminado.
- 10    14. Programa informático según una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que el segundo regulador de tensión (9), en el caso de que la tensión de banda (Z) no alcance el límite de tensión de banda inferior (Z1) o supere el límite de tensión de banda superior (Z2), determine el valor de referencia adicional de velocidad ( $\delta v^*$ ) de tal modo que la tensión de banda (Z) se ajuste al límite de tensión de banda inferior o superior (Z1, Z2).
- 15    15. Programa informático según una de las reivindicaciones 8 a 14, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que el dispositivo de control (4) implemente un regulador de posición (7) por medio del cual se mantiene el elevador (3) de bucles en una posición ( $p^*$ ) definida.
16. Programa informático según una de las reivindicaciones 8 a 15, caracterizado porque el procesamiento del código de máquina (6) por medio del dispositivo de control (4) hace que la banda (1) de metal se lamine en caliente en la caja de laminación delantera (2a) y en la caja de laminación trasera (2b).
- 20    17. Dispositivo de control para un tren de laminación de varias cajas para la laminación de una banda (1) de metal, estando programado el dispositivo de control con un programa informático (5) según una de las reivindicaciones 9 a 16.
18. Tren de laminación de varias cajas para la laminación de una banda (1) de metal;
- 25    - presentando el tren de laminación una caja de laminación delantera y una caja de laminación trasera (2a, 2b) en las que se lamina la banda (1) de metal;
- presentando el tren de laminación un elevador (3) de bucles dispuesto entre la caja de laminación delantera (2a) y la caja de laminación trasera (2b) que se coloca en la banda (1) de metal y que detecta una tensión de banda (Z) que impera entre la caja de laminación delantera (2a) y la caja de laminación trasera (2b) en la banda (1) de metal;
- 30    - presentando el tren de laminación un dispositivo de control (4) según la reivindicación 17 al que se deriva la tensión de banda (Z) y que actúa sobre la caja de laminación trasera (2b).

FIG 1

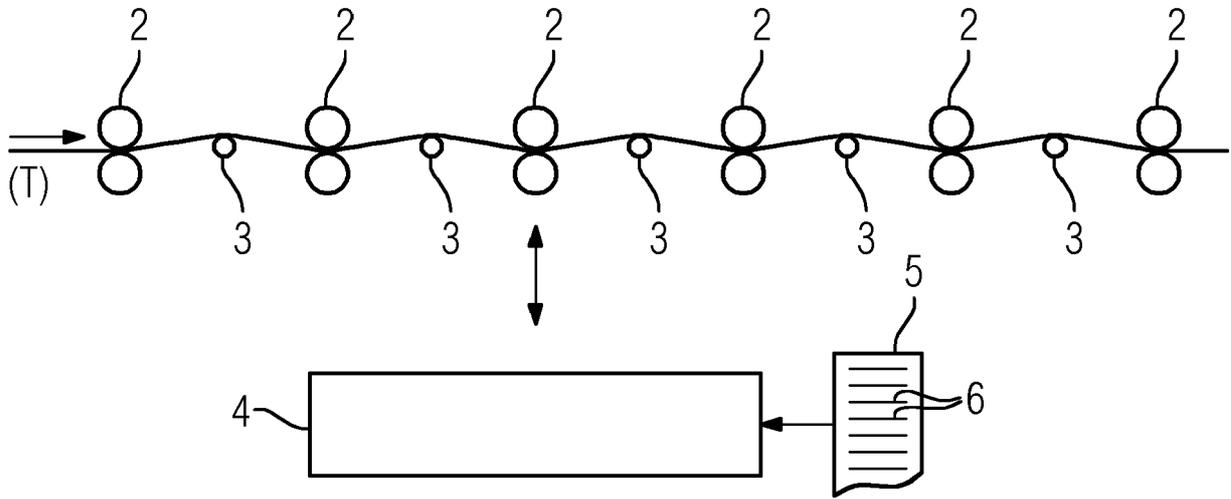


FIG 2

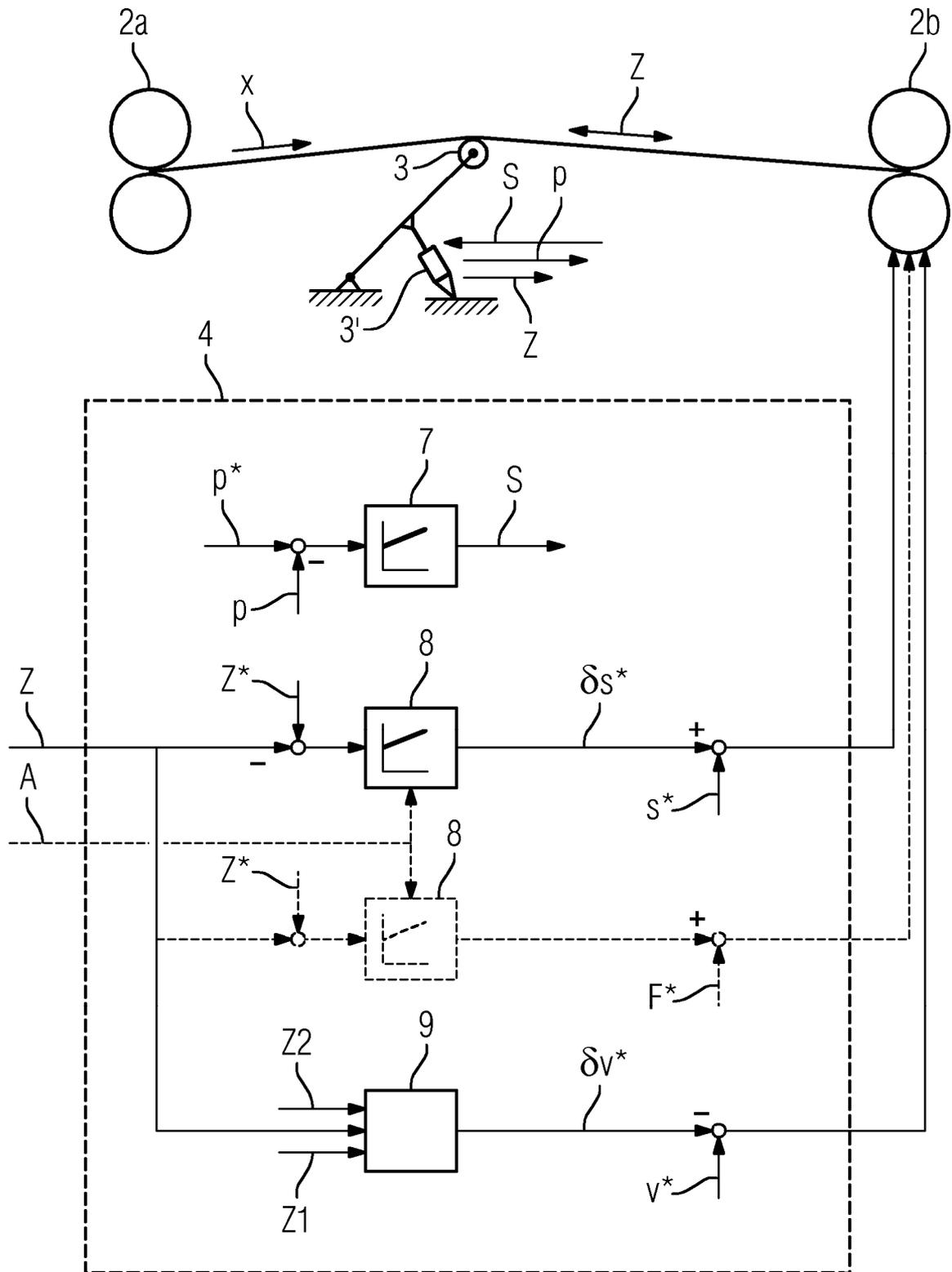


FIG 3

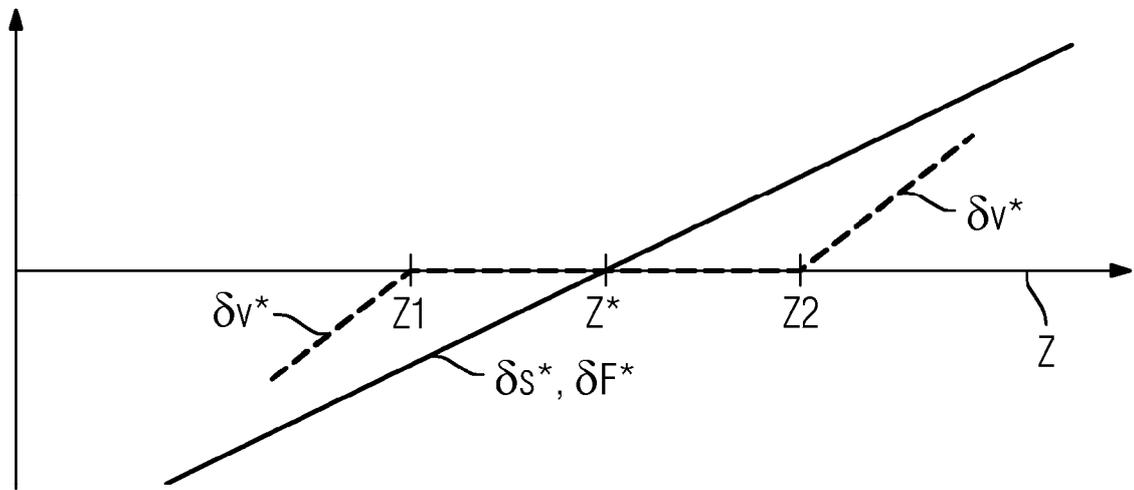


FIG 4

