

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 281**

51 Int. Cl.:

B21B 45/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2019** **E 19177246 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024** **EP 3715001**

54 Título: **Dispositivo de calentamiento para calentar por inducción una banda de acero plana en un tren de laminación en caliente**

30 Prioridad:

29.03.2019 AT 502732019

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.11.2024

73 Titular/es:

**PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH
(100.0%)
Turmstraße 44
4031 Linz, AT**

72 Inventor/es:

**LENGAUER, THOMAS;
LINZER, BERND y
ZAHEDI, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 985 281 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

Dispositivo de calentamiento para calentar por inducción una banda de acero plana en un tren de laminación en caliente

5 Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento para calentar por inducción una banda de acero plana en un tren de laminación en caliente.

10 La invención se refiere a un tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento y a un procedimiento para calentar por inducción una banda de acero plana en un tren de laminación en caliente mediante el dispositivo de calentamiento, en donde el dispositivo de calentamiento está dispuesto entre dos trenes de laminación del tren de laminación en caliente y la banda de acero plana pasa a través del dispositivo de calentamiento en una dirección de transporte a una velocidad. Sin embargo, también es posible disponer el dispositivo de calentamiento delante de un tren de laminación (por ejemplo, el tren de desbaste) o entre dos soportes de un tren de laminación (por ejemplo, el tren de acabado).

15 En un tren de laminación en caliente, una banda de acero plana (banda de acero o banda de desbaste para abreviar) se transporta normalmente sobre una mesa de rodillos desde un primer tren de laminación (también conocido como tren de desbaste o, en inglés, *roughing mill*) a un segundo tren de laminación (también conocido como tren de acabado o, en inglés, *finishing mill*). La banda de acero plana se mueve a una velocidad en una dirección de transporte que corresponde a la dirección longitudinal de la banda de acero plana. El contacto de la banda de acero plana caliente con el aire oxida o descama la banda de acero plana. Para evitar que las incrustaciones se adhieran a la banda, esta se desincrusta antes del prelamado y/o del laminado final, lo que reduce su temperatura. Para compensar las pérdidas de calor de la banda de acero plana debidas al desincrustado y al transporte entre los dos trenes de laminación, y para permitir la laminación final de la banda de acero plana en el último puesto del tren de laminación de acabado en un intervalo de temperaturas específico (por ejemplo, en el intervalo austenítico), la banda de acero plana se calienta mediante un dispositivo de calentamiento, en particular un dispositivo de calentamiento inductivo, que está dispuesto entre los dos trenes de laminación.

20 Al calentar la banda de acero plana en el tren de laminación en caliente mediante el dispositivo de calentamiento inductivo, debe prestarse atención al punto de funcionamiento del dispositivo de calentamiento. En los dispositivos de calentamiento inductivo según el estado de la técnica, esto significa que el dispositivo de calentamiento está adaptado para calentar bandas de acero delgadas, por ejemplo, con un espesor de entre 6 mm y 15 mm, o bien el dispositivo de calentamiento está adaptado para calentar bandas de acero gruesas, por ejemplo, con un espesor superior a 15 mm. Adaptando los puntos de funcionamiento respectivos a las condiciones de funcionamiento imperantes, el dispositivo de calentamiento puede cumplir los requisitos de eficacia y el perfil de temperatura requerido, es decir, la distribución de la temperatura a lo ancho y preferentemente a lo ancho de la banda de acero, en el intervalo de espesores respectivo. La consecuencia de ello es que, en el primer caso, las bandas de acero gruesas, por ejemplo, con un espesor > 18 mm, no pueden calentarse adecuadamente y, en el segundo caso, las bandas de acero delgadas, por ejemplo, con un espesor < 12 mm, no pueden calentarse adecuadamente. Por "no adecuado" se entiende que la eficacia y/o el perfil de temperatura del dispositivo de calentamiento son deficientes o inaceptables.

25 La causa de este problema es que los diferentes intervalos de espesor de las bandas de acero requieren diferentes conceptos de calentamiento, por ejemplo, el dispositivo de calentamiento de la banda de acero genera un campo magnético transversal o longitudinal a la dirección de transporte de la banda de acero con una determinada frecuencia de funcionamiento y el campo magnético se ajusta a un determinado intervalo de espesor.

30 Dado que el concepto de calentamiento y la frecuencia de funcionamiento (es decir, la frecuencia de la tensión alterna con la que funciona el dispositivo de calentamiento) de un dispositivo de calentamiento inductivo vienen determinados en gran medida por su estructura, la flexibilidad para cubrir un amplio intervalo de espesores no es posible o solo es posible de forma muy limitada con los dispositivos de calentamiento según el estado de la técnica. Además, la frecuencia de funcionamiento de un dispositivo de calentamiento por inducción del estado de la técnica no puede modificarse o solo puede modificarse dentro de un margen muy reducido. Los cambios importantes en la frecuencia de funcionamiento solo son posibles tras una (larga) modificación del dispositivo de calentamiento.

35 Para poder fabricar muchos productos finales diferentes en un tren de laminación en caliente, como una planta compuesta de colada y laminación, en particular una planta Arvedi ESP, una planta CSP o una planta QSP-DUE, es deseable poder calentar bandas de acero en una amplia gama de espesores de una manera energéticamente eficiente y homogénea con respecto al perfil de temperatura.

40 Por el documento EP3025799A1, se conoce un dispositivo de calentamiento para calentar por inducción una banda de acero plana en un tren de laminación en caliente, en donde el dispositivo de calentamiento está dispuesto entre dos trenes de laminación del tren de laminación en caliente y la banda de acero plana pasa a través del dispositivo de calentamiento en una dirección de transporte a una velocidad. El dispositivo de calentamiento comprende una pluralidad de módulos de campo transversal dispuestos uno tras otro a lo largo de la dirección de transporte de la

banda de acero plana y una pluralidad de módulos de campo longitudinal dispuestos uno tras otro a lo largo de la dirección de transporte de la banda de acero plana, que están dispuestos antes o después de los módulos de campo transversal a lo largo de la dirección de transporte. Puede disponerse un inductor de campo longitudinal entre el soporte de desbaste y el primer soporte de laminación F1 del tren de laminación de acabado. Pueden disponerse inductores de campo transversal u otros inductores de campo longitudinal antes del tren de laminación de acabado y/o entre los distintos soportes del tren de laminación de acabado.

El documento AT507663A4 describe un dispositivo de calentamiento para calentar por inducción una banda de acero plana en un tren de laminación en caliente y enseña que, dependiendo de los requisitos específicos de temperatura del material laminado, es posible calentar el material laminado en el horno de inducción exclusivamente mediante varios inductores con calentamiento de campo longitudinal o transversal o mediante una mezcla de inductores con calentamiento de campo longitudinal y transversal.

La invención se basa en la tarea de proporcionar un tren de laminación en caliente mejorado con un dispositivo de calentamiento y un procedimiento mejorado para calentar inductivamente una banda de acero plana que se mueve a una velocidad en una dirección de transporte entre dos trenes de laminación de un tren de laminación en caliente, en particular una planta compuesta de colada y laminación. En particular, el perfil de temperatura de la banda de acero en la dirección de la anchura, por ejemplo, de 900 a 2100 mm, y en la dirección del espesor, por ejemplo, de 6 a 65 mm, debe ser más homogéneo que con los dispositivos de calentamiento conocidos.

De acuerdo con la invención, el problema se resuelve mediante un tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento que tiene las características de la reivindicación 1. Las formas de realización ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

Un tren de laminación en caliente según la invención con un dispositivo de calentamiento para calentar inductivamente una banda de acero plana, en donde el dispositivo de calentamiento está dispuesto entre dos trenes de laminación del tren de laminación en caliente y la banda de acero plana pasa a través del dispositivo de calentamiento en una dirección de transporte a una velocidad, comprende

- un primer grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 6 a 12, de módulos de campo transversal dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte de la banda de acero plana, y
- un segundo grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 2 a 8, de módulos de campo longitudinal dispuestos uno tras otro a lo largo de la dirección de transporte de la banda de acero plana, en donde el segundo grupo de módulos está dispuesto antes o después del primer grupo de módulos a lo largo de la dirección de transporte.

Un módulo de campo transversal comprende al menos una bobina, preferentemente una bobina por encima de la banda de acero y una bobina por debajo de la banda de acero, de modo que la bobina o bobinas generan un campo magnético transversal a la dirección de transporte, concretamente en la dirección del espesor y, por lo tanto, perpendicular a la parte superior e inferior de la banda de acero plana, y pueden calentar inductivamente la banda de acero de este modo. Un módulo de campo transversal es especialmente adecuado para calentar bandas de acero delgadas.

Un módulo de campo longitudinal comprende una o más bobinas que pueden generar un campo magnético en la dirección longitudinal, concretamente en la dirección de transporte y, por lo tanto, paralela a la parte superior e inferior de la banda de acero plana, y puede calentar inductivamente la banda de acero de este modo. Un módulo de campo longitudinal es especialmente adecuado para calentar bandas de acero más gruesas.

La combinación de varios módulos de campo transversal y longitudinal permite calentar por inducción bandas de acero delgadas y gruesas con gran eficacia y un perfil de temperatura homogéneo en la dirección de la anchura de la banda de acero.

El dispositivo de calentamiento comprende una fuente de alimentación para alimentar al menos un módulo de campo transversal o un módulo de campo longitudinal con una tensión alterna, en donde la fuente de alimentación presenta un convertidor y una batería de condensadores conectada eléctricamente con varios condensadores conectados en paralelo.

Las inductancias de las bobinas de uno o varios módulos de campo transversal o de campo longitudinal forman un llamado circuito resonante LC con las capacitancias de la batería de condensadores.

La fuente de alimentación comprende una entrada de frecuencia para especificar una frecuencia diana, por lo que la frecuencia de la tensión alterna sigue la frecuencia diana. En particular, la frecuencia puede modificarse durante un proceso de calentamiento.

La frecuencia de la tensión de CA puede modificarse, por ejemplo, añadiendo o quitando condensadores, modificando la capacidad de la batería de condensadores y la frecuencia de la tensión de CA generada por el

convertidor. La entrada de frecuencia puede ser una entrada analógica o digital, por ejemplo, o un simple interruptor para cambiar la capacitancia de la batería de condensadores. La frecuencia suele modificarse por pasos.

Por ejemplo, la frecuencia puede ajustarse en función del espesor de la banda de acero plana u otros parámetros; en particular, el ajuste puede controlarse o regularse. El espesor de la banda de acero plana puede medirse o tomarse de un plan de pasadas del tren de laminación anterior. El calentamiento de la banda de acero puede verse influido específicamente por la frecuencia, ya que las frecuencias más altas tienden a calentar únicamente las zonas próximas a la superficie y las frecuencias más bajas dan lugar a un calentamiento relativamente uniforme de todas las zonas de espesor.

De acuerdo con la invención, los módulos de campo transversal funcionan con una tensión alterna con una frecuencia comprendida entre 200 y 1500 Hz. Los módulos de campo longitudinal también funcionan con una tensión alterna, pero de entre 3000 y 8000 Hz, e incluso hasta 40 kHz para bandas especialmente delgadas.

En una forma de realización, la frecuencia de la tensión alterna puede modificarse, por ejemplo, conmutarse, durante el funcionamiento del dispositivo de calentamiento o durante un proceso de calentamiento. Alternativamente, la frecuencia puede conmutarse durante una parada del sistema, es decir, antes o después de un proceso de calentamiento.

La entrada de frecuencia suele estar conectada a un control del sistema del tren de laminación en caliente o a un dispositivo de control o regulación.

Es ventajoso si la fuente de alimentación de al menos un módulo de campo transversal o un módulo de campo longitudinal comprende una entrada de corriente para especificar una intensidad de corriente diana, por la que la intensidad de corriente de la tensión alterna sigue la intensidad de corriente diana. La entrada de corriente suele ser analógica (por ejemplo, de 4 a 20 mA) o digital. La corriente suele modificarse de forma continua o casi continua, por ejemplo, siguiendo una señal de 6 (64 pasos), 8 (256 pasos) o 10 bits, mediante un actuador de corriente, por ejemplo, un regulador de corriente.

Es ventajoso si la fuente de alimentación de al menos un módulo de campo transversal o un módulo de campo longitudinal comprende una entrada de tensión para especificar una amplitud de tensión diana, por lo que la amplitud de tensión de la tensión alterna sigue la amplitud de tensión diana. La entrada de tensión puede ser, a su vez, una entrada analógica (por ejemplo, una denominada de 4 a 20 mA) o una entrada digital.

Es ventajoso si el dispositivo de calentamiento comprende un actuador de empuje para cambiar la posición de anchura de al menos una bobina de un módulo de campo transversal en la dirección de anchura de la banda de acero plana. Es especialmente preferible que un primer actuador de empuje pueda mover al menos una bobina en la parte superior de la banda de acero y que un segundo actuador de empuje pueda mover al menos una bobina en la parte inferior de la banda de acero. De este modo, el módulo de campo transversal puede calentar uniformemente diferentes anchuras de banda de acero, y se evita un calentamiento excesivo de las zonas de los bordes.

Es preferible que al menos un módulo de campo transversal incluya una entrada de anchura para especificar una posición de anchura diana y que la posición de anchura de una bobina del módulo de campo transversal siga la posición de anchura diana en la dirección de la anchura. La conversión de la posición de anchura diana a la posición de anchura se realiza, por ejemplo, mediante un regulador de posición.

Es ventajoso si el dispositivo de calentamiento presenta al menos un actuador de carrera para cambiar la posición de altura de al menos una bobina de un módulo de campo transversal en la dirección de altura transversal. Es particularmente preferible si un primer actuador de elevación puede subir o bajar al menos una bobina en el lado superior de la banda de acero y un segundo actuador de elevación puede subir o bajar al menos una bobina en el lado inferior de la banda de acero con respecto a la banda de acero plana. Como resultado, el llamado espacio de acoplamiento entre la bobina o las bobinas y las bandas de acero planas puede mantenerse constante incluso con diferentes espesores, lo que aumenta la eficacia del dispositivo de calentamiento. Además, la bobina o las bobinas pueden separarse de la banda de acero en caso de avería en el tren de laminación en caliente, lo que mejora su mantenimiento.

Es preferible que al menos un módulo de campo transversal incluya una entrada de altura para especificar una posición de altura diana y que la posición de altura de una bobina del módulo de campo transversal siga la posición de altura diana en la dirección del espesor. La conversión de la posición de altura diana a la posición de altura se lleva a cabo, por ejemplo, mediante un regulador de posición.

Los actuadores de empuje o de elevación pueden ser, por ejemplo, actuadores hidráulicos, neumáticos o electromecánicos.

Una entrada de anchura o altura puede ser, a su vez, una entrada analógica (por ejemplo, 4-20 mA) o digital.

Preferentemente, el dispositivo de calentamiento comprende un dispositivo de control o de regulación) con

- una salida de corriente para especificar una corriente diana de un módulo de campo transversal y/o una salida de frecuencia para especificar una frecuencia diana de un módulo de campo transversal,
- una salida de anchura para especificar una posición de anchura s_B de una bobina de un módulo de campo transversal en la dirección de la anchura y/o una salida de altura para especificar una posición de altura s_H de una bobina de un módulo de campo transversal en la dirección del espesor,

en donde la intensidad de corriente diana, la frecuencia diana, la posición de anchura s_B y la posición de altura s_H se establecen en función de al menos un parámetro de la banda de acero plana del grupo del espesor, la anchura, la velocidad, la temperatura antes de la entrada en el dispositivo de calentamiento y la temperatura después de la salida del dispositivo de calentamiento.

Por supuesto, es posible que el dispositivo de control o regulación conste de varios módulos o unidades, por ejemplo, una primera unidad para especificar la frecuencia diana y/o la corriente diana y una segunda unidad para especificar la posición de anchura y/o la posición de altura de al menos una bobina. En este caso, ambas unidades se ajustan en función de al menos un parámetro de la banda de acero plana del grupo del espesor, la anchura, la velocidad, la temperatura antes de entrar en el dispositivo de calentamiento y la temperatura después de salir del dispositivo de calentamiento. Un dispositivo de control o de regulación puede controlar uno o varios módulos de campo transversal. También es posible que un dispositivo de control o de regulación fije la intensidad de corriente y, si es necesario, la intensidad de corriente de uno o más módulos de campo longitudinal en función de al menos uno de los parámetros mencionados.

El dispositivo de control o de regulación permite al dispositivo de calentamiento calentar bandas de acero de diferentes espesores, anchuras, velocidades y a diferentes temperaturas de manera óptima en términos de eficacia y perfil de temperatura.

El problema técnico también se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8. Las formas de realización ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la reivindicación 8, una banda de acero plana se calienta inductivamente mediante el dispositivo de calentamiento según la invención, en donde el dispositivo de calentamiento está dispuesto entre dos trenes de laminación de un tren de laminación en caliente y la banda de acero plana pasa a través del dispositivo de calentamiento en una dirección de transporte a una velocidad. La banda de acero plana es calentada por un primer grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 6 a 12, de módulos de campo transversal dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte y por un segundo grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 2 a 8, de módulos de campo longitudinal dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte de la banda de acero plana, estando el segundo grupo de módulos dispuesto antes o después del primer grupo de módulos a lo largo de la dirección de transporte.

Al menos un módulo de campo transversal se hace funcionar con una tensión alterna a una frecuencia, modificándose la frecuencia durante una campaña de laminación o entre dos campañas de laminación. La frecuencia se ajusta preferentemente en función del espesor de la banda de acero plana. Por supuesto, también pueden utilizarse otros parámetros para ajustar la frecuencia.

La frecuencia se conmuta o modifica de forma variable durante el funcionamiento del dispositivo de calentamiento, es decir, durante una campaña de laminación. Alternativamente, la frecuencia también puede cambiarse antes o después de un proceso de calentamiento, es decir, entre dos campañas de laminación.

De acuerdo con una forma de realización, al menos un módulo de campo transversal funciona con una intensidad de corriente y la intensidad de corriente se ajusta en función de al menos un parámetro de la banda de acero plana del grupo de espesor, velocidad, temperatura antes de entrar en el dispositivo de calentamiento y la temperatura después de salir del dispositivo de calentamiento.

De acuerdo con otra forma de realización, la posición de anchura de al menos una bobina de un módulo de campo transversal se ajusta en la dirección de la anchura en función de la anchura y/o de un perfil de temperatura de la banda de acero plana. El perfil de temperatura de la banda de acero plana puede medirse mediante una medición de la temperatura en varias posiciones en la dirección de la anchura de la banda de acero, ya sea antes de que entre en el dispositivo de calentamiento o antes de que entre en un tren de laminación posterior. En particular, el perfil de temperatura puede medirse, por ejemplo, antes del desincrustado o, preferentemente, también después del desincrustado.

De acuerdo con otra forma de realización, la posición de altura s_H de al menos una bobina de un módulo de campo transversal se ajusta en la dirección del espesor en función del espesor de la banda de acero plana. De este modo, el denominado espacio de acoplamiento entre la pieza de trabajo y la bobina puede ajustarse para diferentes espesores de la pieza de trabajo y, por ejemplo, mantenerse constante.

Las formas de realización descritas combinan diferentes conceptos de calentamiento inductivo, por ejemplo, módulos de campo transversal y módulos de campo longitudinal con diferentes frecuencias de funcionamiento, en particular conmutables o ajustables de forma variable, de modo que se puede cubrir una amplia gama de espesores de las bandas de acero planas que se van a calentar. La distribución de la potencia a lo largo del dispositivo de calentamiento y las frecuencias de funcionamiento de los distintos módulos de campo transversal y longitudinal pueden seleccionarse ajustando la corriente en función del espesor real de la banda de acero plana. Esto significa, por ejemplo, que, para determinados espesores, el calentamiento se realiza exclusiva o predominantemente con módulos de campo longitudinal y solo se apoya con módulos de campo transversal a determinadas frecuencias. Para otros espesores de banda de acero plana, puede ser al revés.

Pueden seleccionarse diferentes frecuencias o conjuntos de frecuencias. La conmutación o el cambio variable de frecuencias puede realizarse en línea o fuera de línea para optimizar la eficacia del calentamiento y el perfil de temperatura. La distribución de potencia a lo largo del dispositivo de calentamiento también puede seleccionarse para optimizar la eficiencia del calentamiento y el perfil de temperatura. Se pueden seleccionar diferentes distribuciones de potencia y diferentes frecuencias de funcionamiento a lo largo del dispositivo de calentamiento para influir en las propiedades del material de un producto final obtenido a partir de la banda de acero plana.

Combinando diferentes conceptos de calentamiento con frecuencias de trabajo conmutables o variables, se puede ampliar considerablemente la gama de productos de un tren de laminación. Utilizando diferentes patrones de conmutación (más o menos potencia en los módulos de campo transversal y en los módulos de campo longitudinal) a una determinada frecuencia de trabajo, se puede mejorar significativamente la eficiencia del calentamiento e influir en la distribución de la temperatura a lo largo del espesor de la banda de acero plana. Es posible ahorrar hasta un 50 % de energía.

La anchura de la banda de acero plana puede oscilar entre 900 mm y 2100 mm, por ejemplo, y el espesor entre 6 mm y 65 mm, en particular entre 8 mm y 45 mm. El flujo másico a través del dispositivo de calentamiento puede ser de 200 t/h a 500 t/h, por ejemplo. El dispositivo de calentamiento descrito puede adaptarse a los cambios de espesor de la banda de acero plana y del flujo másico. El calentamiento optimizado del principio y el final de la banda de acero plana da como resultado una alta productividad en funcionamiento continuo, pero también en funcionamiento discontinuo o semicontinuo. El calentamiento homogéneo de la banda de acero plana en la dirección de la anchura y el espesor puede lograrse utilizando el dispositivo o proceso descrito. Puede conseguirse una longitud especialmente corta del dispositivo de calentamiento con una alta densidad de potencia y pérdidas de calor reducidas, incluso con un caudal másico bajo. Pueden reducirse los costes gracias al reducido número de módulos inductivos y a la escasa complejidad mecánica.

La disposición de los módulos de campo transversal y los módulos de campo longitudinal en grupos en lugar de alternarse permite un control más sencillo de todo el dispositivo de calentamiento. Cada tipo de módulo inductivo o grupo de módulos, por ejemplo, módulos de campo transversal, módulos de campo longitudinal o módulos con diferentes frecuencias, tiene un comportamiento de calentamiento típico, de modo que, en cada caso, se generan diferentes perfiles de temperatura. A efectos de control, resulta más sencillo que un primer grupo de módulos genere un perfil de temperatura determinado, por ejemplo, mediante módulos de campo longitudinal que elevan la temperatura uniformemente a lo largo de la anchura de la banda de acero plana, y que, a continuación, el perfil de temperatura generado se modifique y optimice en función de los requisitos con ayuda de un segundo grupo de módulos, por ejemplo, mediante los módulos de campo transversal.

Alternativamente, también pueden utilizarse otras secuencias. Por ejemplo, el perfil de temperatura puede preajustarse primero mediante módulos de campo transversal y, a continuación, puede conseguirse la homogeneización de la temperatura mediante módulos de campo longitudinal.

Por lo general, los inductores de campo transversal pueden funcionar a frecuencias más bajas, ya que el calor puede introducirse mejor en el material debido a la formación específica de los campos magnéticos. Los intervalos de funcionamiento típicos son de aproximadamente 200 Hz a 1500 Hz.

Si solo se utilizan módulos de campo transversal, la eficiencia aumenta considerablemente con las bandas más delgadas (aprox. 60 % con 18 mm a aprox. 80 % con 8 mm). Las bandas más delgadas presentan una distribución de la temperatura casi homogénea a lo largo de la anchura de la banda, con ligeras desviaciones de temperatura en los bordes. A medida que aumenta el espesor de la banda, las desviaciones de temperatura en los bordes también aumentan y adquieren valores más elevados de aprox. 14 mm a 15 mm. A partir de aprox. 20 mm a 25 mm, se produce un sobrecalentamiento de los bordes, que puede afectar negativamente a la calidad del producto. El sobrecalentamiento de la banda se extiende hasta el núcleo, ya que pueden utilizarse frecuencias de funcionamiento bajas. Debido a las bajas frecuencias de funcionamiento, es posible un diseño más sencillo de la fuente de alimentación.

Con los inductores de campo longitudinal, la entrada de calor y la eficiencia disminuyen drásticamente a medida que las bandas se hacen más delgadas. Esto puede remediarse aumentando la frecuencia. Si, por ejemplo, una gama de frecuencias de 3000 Hz a 8000 Hz es suficiente para espesores superiores a 15 mm, las frecuencias de 10 kHz a

15 kHz son ventajosas para bandas delgadas de hasta aproximadamente 10 mm a fin de permitir un funcionamiento eficiente.

Si el espesor de la banda disminuye aún más, las frecuencias también pueden alcanzar valores de hasta 40 kHz.

Si solo se utilizan módulos de campo longitudinal, la eficiencia disminuye con bandas más delgadas (aprox. 70 % a 18 mm a aprox. 40 % a 8 mm). Por lo tanto, se necesitaría un horno más grande y mayores costes de inversión para el mismo volumen de producción. Siempre se da una distribución casi homogénea de la temperatura para todos los espesores de banda. Esto significa que el perfil de entrada de temperatura del calentador "solo" se eleva uniformemente. Esto significa que los bordes fríos en la entrada permanecen más fríos incluso después del calentamiento.

Si se desea cubrir un intervalo de espesores mayor, también se puede utilizar una combinación de módulos de inducción, cada uno de los cuales está sintonizado y diseñado para una frecuencia de funcionamiento fija.

Alternativamente, también pueden utilizarse en este caso módulos de inducción que pueden conmutarse o variarse a la frecuencia de funcionamiento óptima requerida en función de los parámetros de producción actuales.

La presente invención permite configurar un calentador óptimo con un alto rendimiento y una distribución optimizada de la temperatura para todos los tipos de sistemas de producción de bandas sin fin (ESP) mediante la combinación de módulos de campo longitudinal agrupados y módulos de campo transversal.

A título de ejemplo, cabe mencionar los siguientes tipos de dispositivos de calentamiento para líneas de producción de ESP:

- Espesor de banda intermedia entre 6 mm y 17 mm: aprox. 80 al 90 % de la banda intermedia producida presenta un espesor de entre 6 y 12 mm, el resto de la producción presenta un espesor de entre 12 mm y 17 mm. El dispositivo de calentamiento puede comprender de 8 a 10 módulos de campo transversal, por ejemplo. Opcionalmente, también pueden utilizarse dos módulos de campo longitudinal para optimizar el perfil de temperatura.

- Espesor de la banda intermedia de entre 6 mm y 20 mm: durante la producción se utiliza toda la gama de espesores. El dispositivo de calentamiento puede constar, por ejemplo, de 8 a 10 módulos de campo transversal y de dos a cuatro módulos de campo longitudinal. De este modo, se consigue un buen rendimiento de los módulos de campo transversal con bandas delgadas y un perfil de temperatura homogéneo gracias al calentamiento uniforme por parte de los módulos de campo longitudinal.

- Espesor de la banda intermedia de 6 mm u 8 mm a 45 mm o 50 mm: El dispositivo de calentamiento puede constar de 8 a 10 módulos de campo transversal y de 6 a 8 módulos de campo longitudinal, por ejemplo. Con una banda intermedia gruesa, la mayor parte de la energía se introduce a través de los módulos de campo longitudinal. Esto es ventajoso para las correas gruesas. Los módulos de campo transversal se utilizan principalmente para calentar las zonas de las esquinas y el núcleo de la banda intermedia, homogeneizando así el perfil de temperatura en la dirección de la anchura y el espesor de la banda intermedia. Con una banda intermedia delgada, la mayor parte de la energía se introduce a través de los módulos de campo transversal. Esto es ventajoso para las bandas delgadas. Los módulos de campo longitudinal se desconectan o solo introducen una pequeña cantidad de energía en la banda intermedia.

Una banda intermedia es una banda o tira de acero plana que ha sido laminado en un primer tren de laminación (tren de desbaste) del tren de laminación en caliente, pero que aún no ha sido acabado en un segundo tren de laminación (tren de acabado).

Los rasgos, características y ventajas de la presente invención descritos con anterioridad y la forma en que se consiguen serán más claros y comprensibles en relación con la siguiente descripción de las formas de realización, que se explicarán con más detalle en relación con los dibujos. Allí:

FIG. 1 muestra una vista en planta esquemática de una primera forma de realización, no según la invención, de un dispositivo de calentamiento para calentar una banda de acero plana,

FIG. 2 muestra una vista en planta esquemática de una segunda forma de realización, no según la invención, de un dispositivo de calentamiento para calentar una banda de acero plana,

FIG. 3 muestra una vista en planta esquemática de una primera forma de realización de un dispositivo de calentamiento para calentar una banda de acero plana según la invención,

FIG. 4 muestra una vista superior esquemática de una segunda forma de realización de un dispositivo de calentamiento según la invención para calentar una banda de acero plana,

FIG. 5a muestra una representación esquemática de un módulo de campo transversal para calentar una banda de acero plana,

FIG. 5b muestra una representación esquemática de la energización y el campo magnético de un módulo de campo transversal para calentar una banda de acero plana,

FIG. 6a muestra una representación esquemática de un módulo de campo longitudinal para el calentamiento de una banda de acero plana,

FIG. 6b muestra una representación esquemática de la energización y el campo magnético de un módulo de campo longitudinal para calentar una banda de acero plana,

FIG. 7a muestra una vista frontal de una tercera forma de realización de un dispositivo de calentamiento según la invención,

FIG. 7b muestra una vista superior del dispositivo de calentamiento de la FIG. 7a,

FIG. 7c muestra una vista parcialmente seccionada a lo largo de la línea A-A de la FIG. 7b,

FIG. 8 muestra una representación esquemática de un dispositivo de control o regulación para el dispositivo de calentamiento de FIG. 7a-FIG. 7c.

Las partes correspondientes están etiquetadas con los mismos símbolos de referencia en todas las figuras.

La Figura 1 muestra una vista esquemática de una primera forma de realización, no según la invención, de un dispositivo de calentamiento 1 para calentar por inducción una banda de acero plana 2. La banda de acero plana sale de un tren de prelaminaación, que no se muestra, es calentada por el dispositivo de calentamiento 1 y, después del calentamiento, entra en un tren de laminación de acabado, que no se muestra. Opcionalmente, la banda de acero plana 2 calentada puede desincrustarse antes de entrar en el tren de laminación de acabado. El dispositivo de calentamiento 1 comprende ocho módulos de campo transversal 3. Un módulo de campo transversal 3 comprende un inductor por encima y otro por debajo de la banda de acero plana 2, que generan un campo magnético transversal a la dirección de transporte R, concretamente en la dirección del espesor y, por lo tanto, perpendicular a la parte superior e inferior de la banda de acero plana 2, y la calientan inductivamente de este modo. En la forma de realización mostrada, ocho módulos de campo transversal 3 están previstos uno tras otro.

No obstante, también puede preverse un número mayor o menor de módulos de campo transversal 3. Los módulos de campo transversal 3 funcionan con una tensión alterna de una primera frecuencia f1. El dispositivo de calentamiento 1 es adecuado, por ejemplo, para calentar bandas planas de acero con espesores de 6 mm a 17 mm. El fleje de acero plano 2 puede tener diferentes anchuras b1, b2. Para evitar el sobrecalentamiento de las zonas de los bordes de la banda de acero plana 2, los inductores del módulo de campo transversal 3 pueden desplazarse con respecto a un borde, por ejemplo, el inductor superior dispuesto por encima de la banda con respecto al borde mostrado en la parte superior y el inductor inferior dispuesto por debajo de la banda con respecto al borde mostrado en la parte inferior, cada uno de ellos mediante un actuador.

La Figura 2 muestra una vista esquemática de una segunda forma de realización, no según la invención, de un dispositivo de calentamiento 1 para calentar inductivamente una banda de acero plana 2, en particular para calentar entre dos trenes de laminación de un tren de laminación en caliente. El dispositivo de calentamiento 1 comprende diez módulos de campo transversal 3. Un módulo de campo transversal 3 comprende, a su vez, un inductor por encima y por debajo de la banda de acero plana 2, que generan un campo magnético transversal a la dirección de transporte R, concretamente, en la dirección del espesor y, por lo tanto, perpendicular a la parte superior e inferior de la banda de acero plana 2, y la calientan inductivamente de este modo. En la forma de realización mostrada, diez módulos de campo transversal 3 están previstos uno tras otro.

No obstante, también puede preverse un número mayor o menor de módulos de campo transversal 3. Los módulos de campo transversal 3 funcionan con tensión alterna a una frecuencia conmutable, en donde la frecuencia puede asumir el valor f1 o el valor f2, siendo f2 mayor que f1. El dispositivo de calentamiento 1 es adecuado, por ejemplo, para calentar bandas de acero planas con espesores de 6 mm a 15 mm, pero con una opción adicional de ajuste del perfil de temperatura.

La Figura 3 muestra una vista esquemática de una primera forma de realización de un dispositivo de calentamiento 1 según la invención para calentar inductivamente una banda de acero plana 2, en particular entre dos trenes de laminación de un tren de laminación en caliente. El dispositivo de calentamiento 1 comprende varios módulos de campo transversal 3 y módulos de campo longitudinal 4 dispuestos uno a continuación del otro. Un módulo de campo transversal 3 comprende uno o varios inductores que generan un campo magnético transversal a la dirección de transporte R, concretamente, en la dirección del espesor y, por lo tanto, perpendicular a la parte superior e inferior de la banda de acero plana 2, y la calientan inductivamente de este modo. En la forma de realización mostrada, ocho módulos de campo transversal 3 están previstos uno tras otro. No obstante, también puede preverse un número mayor o menor de módulos de campo transversal 3. Un módulo de campo longitudinal 4 comprende uno o más inductores que generan un campo magnético en dirección longitudinal, concretamente, en la dirección de transporte R y, por lo tanto, paralela a la parte superior e inferior de la banda de acero plana 2, y la calientan inductivamente de este modo. En la forma de realización mostrada, se proporcionan cuatro módulos de campo longitudinal 4 dispuestos sucesivamente. No obstante, también puede preverse un número mayor o menor de módulos de campo longitudinales 4. Los módulos de campo transversal 3 funcionan con una tensión alterna de una primera frecuencia f1. El dispositivo de calentamiento 1 es adecuado, por ejemplo, para calentar bandas planas de acero con espesores de 6 mm a 20 mm.

La Figura 4 muestra una vista esquemática de una segunda forma de realización, según la invención, de un dispositivo de calentamiento 1 para calentar inductivamente una banda de acero plana 2, en particular para calentar entre dos trenes de laminación de un tren de laminación en caliente. El dispositivo de calentamiento 1 comprende varios módulos de campo transversal 3 y módulos de campo longitudinal 4 dispuestos uno a continuación del otro. Un módulo de campo transversal 3 comprende uno o varios inductores que generan un campo magnético transversal a la dirección de transporte R, concretamente, en la dirección del espesor y, por lo tanto, perpendicular a la parte superior e inferior de la banda de acero plana 2, y la calientan inductivamente de este modo. En la forma de realización mostrada, ocho módulos de campo transversal 3 están previstos uno tras otro. No obstante, también puede preverse un número mayor o menor de módulos de campo transversal 3. Un módulo de campo longitudinal 4 comprende uno o más inductores que generan un campo magnético en dirección longitudinal, concretamente, en la dirección de transporte R y, por lo tanto, paralela a la parte superior e inferior de la banda de acero plana 2, y la calientan inductivamente de este modo. En la forma de realización mostrada, se proporcionan ocho módulos de campo longitudinal 4 dispuestos sucesivamente. No obstante, también puede preverse un número mayor o menor de módulos de campo longitudinal 4. Los módulos de campo transversal 3 funcionan con tensión alterna a una frecuencia conmutable, en donde la frecuencia puede asumir el valor f_1 o el valor f_2 , siendo f_2 mayor que f_1 . Los módulos de campo longitudinal 4 funcionan a una frecuencia de f_3 o f_4 , en donde $f_3 > f_2$ y $f_4 > f_2$. El dispositivo de calentamiento 1 es adecuado, por ejemplo, para calentar bandas planas de acero con espesores de 6 mm a 65 mm.

La Figura 5a muestra esquemáticamente un módulo de campo transversal 3 con dos bobinas 5, que están dispuestas por encima y por debajo de la banda de acero plana 2. La activación de las bobinas 5 del módulo de campo transversal 3 crea un campo magnético M transversal a la dirección de transporte R en la dirección del espesor de la banda 2. Esto calienta la banda de acero plana 2 con el espesor d y la anchura b_1 . En las caras superior e inferior de la banda 2, se forman corrientes de Foucault W.

En la Figura 5b, se muestra el flujo de corriente I (las corrientes que entran en el plano de estirado se representan con una cruz, las corrientes que salen del plano de estirado se representan con un punto) de las bobinas 5 y las líneas de flujo magnético del campo magnético M para un módulo de campo transversal 3 adicional.

La Figura 6a muestra esquemáticamente un módulo de campo longitudinal 4 con una bobina 5 que rodea la banda de acero plana 2 transversalmente a la dirección de transporte R. Al activar la bobina 5 del módulo de campo longitudinal 4, se crea un campo magnético M en la dirección de transporte R paralelo a la parte superior e inferior de la banda 2. Esto calienta la banda de acero plana 2 con el espesor d y la anchura b_1 . Se forman corrientes de Foucault W paralelas a la parte superior e inferior de la banda 2.

La Figura 6b muestra el flujo de corriente I (las corrientes que entran en el plano de estirado se representan con una cruz, las corrientes que salen del plano de estirado se representan con un punto) de la bobina 5 y las líneas de flujo magnético del campo magnético M para un módulo de campo longitudinal 4.

Las Figuras 7a y 7b muestran una vista en alzado y una vista en planta de un dispositivo de calentamiento 1 según la invención en un tren de laminación en caliente. Después de que la banda de acero plana 2 haya sido laminada en la última bancada 9 de un tren de desbaste, la banda previa 2 es transportada sobre una mesa de rodillos (no mostrada en detalle) a la primera bancada 10 del tren de acabado y es calentada inductivamente por un dispositivo de calentamiento 1. El dispositivo de calentamiento 1 comprende seis módulos de campo transversal 3, cada uno de ellos con una bobina 5 por encima y por debajo de la banda previa 2, así como dos módulos de campo longitudinal 4, que están dispuestos detrás de los módulos de campo transversal 3. La anchura b , el espesor d , la velocidad v y el perfil de temperatura T_1 de la banda previa 2 se miden mediante dispositivos de medición adecuados después de la última bancada 9 del tren de prelaminaación y se envían a un dispositivo de control o regulación 8 (véase la FIG. 8). Después de pasar por el dispositivo de calentamiento 1, la banda previa 2 es desincrustada por dos desincrustadores 12 a alta presión, por ejemplo, de 150 a 400 bares. Un par de rodillos de arrastre 13 están dispuestos aguas arriba y aguas abajo de los desincrustadores 12 para evitar que el agua a presión salga de la zona de desincrustado. Antes o, preferentemente, después del desincrustado, un pirómetro 11 mide el perfil de temperatura T_2 de la banda previa y lo transmite al dispositivo de control o de regulación 8. Opcionalmente, se puede disponer un pirómetro 11, representado en líneas de puntos, antes de los dispositivos de desincrustación 12, que mide el perfil de temperatura de la banda previa 2 antes de la desincrustación. Las bobinas 5 de los módulos de campo transversal 3 se alojan en un carro de bobinas 19 (véase también la FIG. 7c). El carro de bobinas 19, junto con las bobinas 5 situadas por encima y por debajo de la banda previa 2, puede desplazarse en la dirección de la anchura de la banda previa mediante un actuador de empuje 6. Esto permite ajustar la posición de anchura s_B , es decir, la distancia entre un borde lateral de la banda previa 2 y el extremo de la bobina 5. Además, puede modificarse la posición de altura s_H de las bobinas 5 y, por lo tanto, la distancia entre la bobina superior 5 y el lado superior y la bobina inferior 5 y el lado inferior de la banda previa 2. La altura se modifica mediante varios actuadores de carrera 7 (véase también la FIG. 7c). La fuente de alimentación 14 de uno o varios módulos de campo transversal 3 se aloja en un compartimento eléctrico 20 climatizado y limpio. La FIG. 7c muestra esquemáticamente una sección transversal a la dirección de transporte R a lo largo de la línea A-A de la FIG. 7b con un inversor 16 para generar un voltaje alterno con una frecuencia específica f y una corriente específica I , una batería de condensadores 17 con varios condensadores conectados en paralelo y cables flexibles 15, en este caso, cables coaxiales, para conectar la

batería de condensadores 17 a las bobinas móviles 5 en el carro de bobinas 19. La conexión entre el inversor 16 dispuesto en un armario de convertidores 16a y la batería de condensadores 17 se realiza a través de barras colectoras 18. Si se produce un fallo de arco en la zona de la fuente de alimentación 14, el exceso de presión en el compartimento eléctrico 20 se descarga al exterior a través de un eje con una trampilla de explosión 21. De este modo, se garantiza que no entren gases o vapores nocivos en la zona del tren de laminación en caliente. Como se muestra esquemáticamente en la FIG. 7b, la fuente de alimentación 14 tiene una entrada de frecuencia para especificar una frecuencia establecida f_{Soll} , una entrada de corriente para especificar una corriente establecida I_{Soll} , una entrada de anchura para especificar una posición de anchura establecida s_{B-Soll} y una entrada de altura para especificar una posición de altura establecida s_{H-Soll} . Estas entradas pueden utilizarse para adaptar uno o más módulos de campo transversal 3 a las condiciones de producción actuales con respecto a la frecuencia f y la corriente I de la tensión alterna y con respecto a la posición de anchura s_B y la posición de altura s_H . Por razones de claridad, en la FIG. 7b, solo se muestra una única fuente de alimentación 14. Se sobreentiende que todos los módulos de campo transversal 3 están conectados a una fuente de alimentación 14, por lo que una fuente de alimentación 14 puede alimentar uno o varios módulos de campo transversal 3. No se muestra la fuente de alimentación de los módulos de campo longitudinales 4.

Por último, la Figura 8 muestra un diagrama de un dispositivo de control o regulación 8, al que se suministran constantemente datos actuales del proceso de producción, como la anchura b , el espesor d , la velocidad v de la banda previa y los perfiles de temperatura T_1 de la banda previa 2 antes de que entre en el dispositivo de calentamiento 1 y después de que salga del dispositivo de calentamiento 1. A partir de estas variables de entrada, el dispositivo de control o regulación 8 calcula la frecuencia de ajuste f_{Soll} y la corriente de ajuste I_{Soll} para las fuentes de alimentación 14, así como la posición de anchura de ajuste s_{B-Soll} y la posición de altura de ajuste s_{H-Soll} para las pesadoras de bobinas 19. Los valores teóricos se señalizan a través de las respectivas salidas del dispositivo de control o regulación 8 a las entradas de la fuente de alimentación o a las entradas de los módulos de campo transversal. El dispositivo de control o regulación 8 puede ser, por ejemplo, un PLC o un ordenador de proceso. También es posible que la funcionalidad del dispositivo de control o regulación 8 sea asumida por el control del sistema del tren de laminación.

Lista de signos de referencia

1	Dispositivo de calentamiento
2	Banda de acero plana, banda previa
3	Módulo de campo transversal
4	Módulo de campo longitudinal
5	Bobina
6	Actuador de empuje
7	Actuador de carrera
8	Dispositivo de control o regulación
9	Bancada del tren de desbaste
10	Bancada del tren de acabado
11	Termómetro o pirómetro
12	Desincrustador
13	Rodillo de arrastre
14	Fuente de alimentación
15	Cable flexible
16	Convertidor
16a	Armario del convertidor
17	Batería de condensadores
18	Barra colectora
19	Carro de bobinas
20	Sala eléctrica
21	Trampilla de explosión

(continuación)

b, b1, b2	Anchura de la banda de acero plana
d	Espesor de la banda de acero plana
f, f1, f2, f3, f4	Frecuencia, frecuencia real
f _{Soll}	Frecuencia diana
M	Flujo magnético
I	Corriente, intensidad de corriente, intensidad de corriente real
I _{Soll}	Corriente diana
R	Dirección de transporte
s _B	Posición de anchura de la bobina, pos. anchura real
s _{B-Soll}	Posición de anchura diana de la bobina
s _H	Posición de altura de la bobina, pos. altura real
s _{H-Soll}	Posición de altura diana de la bobina
T ₁ , T ₂	Temperatura o perfil de temperatura
v	Velocidad de la banda de acero plana
W	Corriente de Foucault

REIVINDICACIONES

1. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) para calentar inductivamente una banda de acero plana (2) en el tren de laminación en caliente, en donde el dispositivo de calentamiento (1) está dispuesto entre dos trenes de laminación del tren de laminación en caliente y la banda de acero plana (2) pasa a través del dispositivo de calentamiento (1) en una dirección de transporte (R) a una velocidad, en donde el dispositivo de calentamiento (1) comprende:
 - un primer grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 6 a 12, de módulos de campo transversal (3) dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte (R) de la banda de acero plana (2),
 - un segundo grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 2 a 8, de módulos de campo longitudinal (4) dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte (R) de la banda de acero plana (2), en donde el segundo grupo de módulos está dispuesto a lo largo de la dirección de transporte (R) antes o después del primer grupo de módulos,
 - una fuente de alimentación (14) para alimentar al menos un módulo de campo transversal (3) o un módulo de campo longitudinal (4) con una tensión alterna, en donde la fuente de alimentación (14) presenta un convertidor (16) y una batería de condensadores (17) conectada eléctricamente con una pluralidad de condensadores conectados en paralelo, y en donde la fuente de alimentación (14) comprende una entrada de frecuencia para especificar una frecuencia diana (f_{Soll}) y la frecuencia (f) de la tensión alterna sigue la frecuencia diana (f_{Soll}).
2. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la fuente de alimentación comprende una entrada de corriente para especificar una intensidad de corriente diana (I_{Soll}) y la intensidad de corriente (I) de la tensión alterna sigue a la intensidad de corriente diana (I_{Soll}).
3. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores con un actuador de empuje (6) para modificar la posición de anchura (s_B) de al menos una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3).
4. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde un módulo de campo transversal (3) comprende una entrada de anchura para especificar una posición de anchura diana (s_{B-Soll}) y la posición de anchura (s_B) de una bobina (5) del módulo de campo transversal (3) sigue la posición de anchura diana (s_{B-Soll}) en la dirección de la anchura.
5. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores con un actuador de elevación (7) para modificar la posición de altura (s_H) de al menos una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3).
6. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde un módulo de campo transversal (3) comprende una entrada de altura para especificar una posición de altura diana (s_{H-Soll}) y la posición de altura (s_H) de una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3) sigue la posición de altura diana (s_{H-Soll}) en la dirección del espesor.
7. Tren de laminación en caliente con un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores con un dispositivo de control o de regulación (8), en donde el dispositivo de control o de regulación (8) comprende:
 - una salida de corriente para especificar una intensidad de corriente diana (I_{Soll}) de un módulo de campo transversal (3) y/o una salida de frecuencia para especificar una frecuencia diana (f_{Soll}) de un módulo de campo transversal (3),
 - una salida de anchura para especificar una posición de anchura diana (s_{B-Soll}) en la dirección de anchura de una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3) y/o una salida de altura para especificar una posición de altura diana (s_{H-Soll}) en la dirección del espesor de una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3), en donde la intensidad de corriente diana (I_{Soll}), la frecuencia diana (f_{Soll}), la posición de anchura diana (s_{B-Soll}) y la posición de altura diana (s_{H-Soll}) se fijan en función de al menos un parámetro de la banda de acero plana (2) del grupo del espesor (d), la anchura (b), la velocidad (v), la temperatura (T_1) antes de la entrada en el dispositivo de calentamiento (1), y la temperatura (T_2) después de la salida del dispositivo de calentamiento (1).
8. Procedimiento para calentar por inducción una banda de acero plana (2) en un tren de laminación en caliente mediante un dispositivo de calentamiento (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de calentamiento (1) está dispuesto entre dos trenes de laminación del tren de laminación en caliente y la banda de acero plana (2) pasa a través del dispositivo de calentamiento (1) en una dirección de transporte (R) a una velocidad, que presenta las etapas de procedimiento:
 - calentar la banda de acero plana (2) mediante un primer grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 6 a 12, de módulos de campo transversal (3) dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte (R),

- en donde un módulo de campo transversal (3) funciona con una tensión alterna a una frecuencia (f, f1, f2) y la frecuencia (f, f1, f2) se modifica durante una campaña de laminación o entre dos campañas de laminación, y en donde la frecuencia (f, f1, f2) se establece en función del espesor (d) de la banda de acero plana (2), y
- 5 - calentar la banda de acero plana (2) mediante un segundo grupo de módulos con una pluralidad, en particular de 2 a 8, de módulos de campo longitudinal (4) dispuestos sucesivamente a lo largo de la dirección de transporte (R), en donde el segundo grupo de módulos está dispuesto a lo largo de la dirección de transporte (R) antes o después del primer grupo de módulos.
- 10 9. Procedimiento (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en donde un módulo de campo transversal (3) funciona con una intensidad de corriente (I) y la intensidad de corriente (I) se establece en función de al menos un parámetro de la banda de acero plana (2) del grupo del espesor (d), la velocidad (v), la temperatura antes de la entrada en el dispositivo de calentamiento (1) y la temperatura después de la salida del dispositivo de calentamiento (1).
- 15 10. Procedimiento (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 9, en donde al menos una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3) se desplaza en la dirección de la anchura hasta una posición de anchura (s_B) y la posición de anchura (s_B) se establece en función de la anchura (b1, b2) y/o de un perfil de temperatura de la banda de acero plana (2).
- 20 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, en donde al menos una bobina (5) de un módulo de campo transversal (3) se desplaza en la dirección del espesor hasta una posición de altura (s_H) y la posición de altura (s_H) se ajusta en función del espesor (d) de la banda de acero plana (2).

Fig. 1

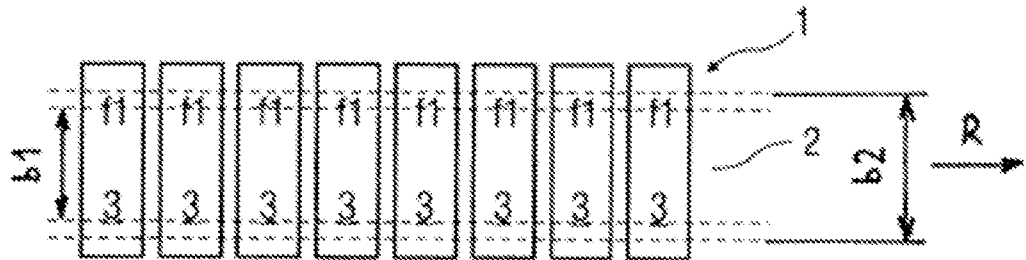


Fig. 2

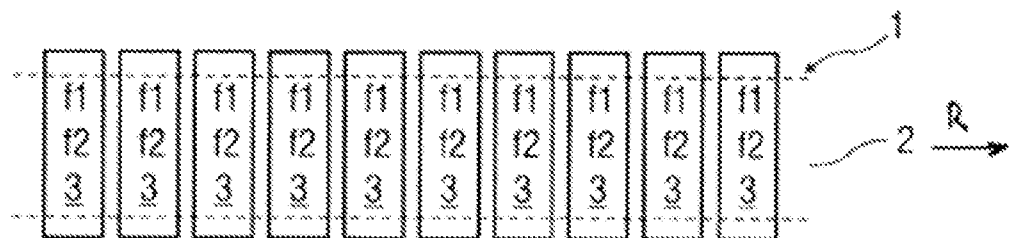


Fig. 3

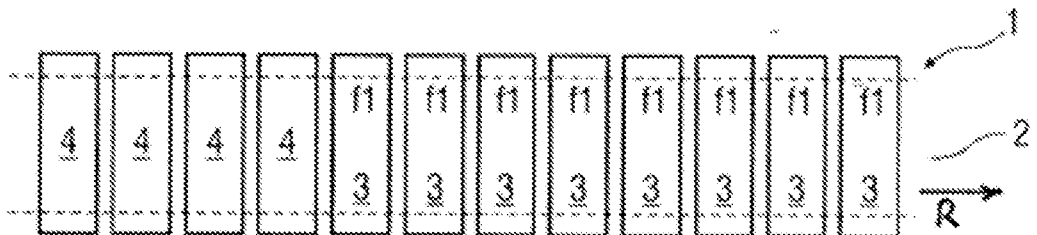


Fig. 4

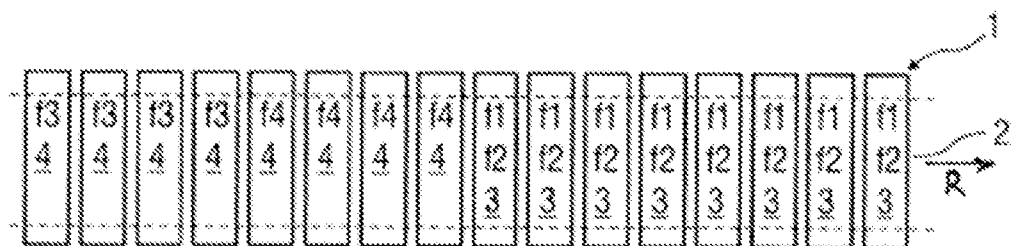


Fig. 5a

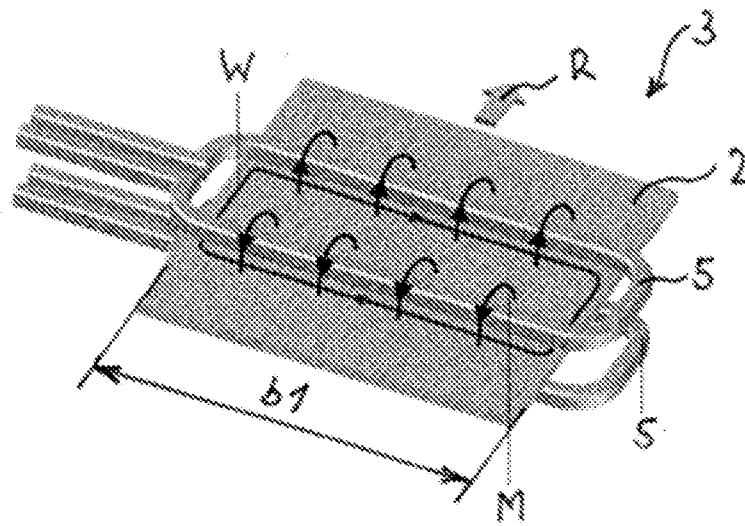


Fig. 5b

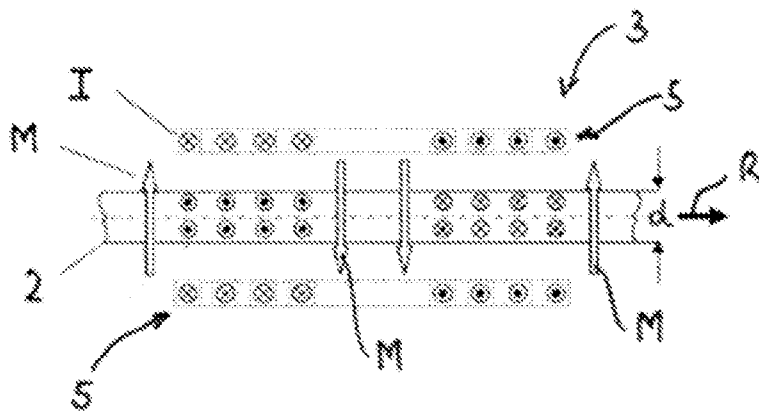


Fig. 6a

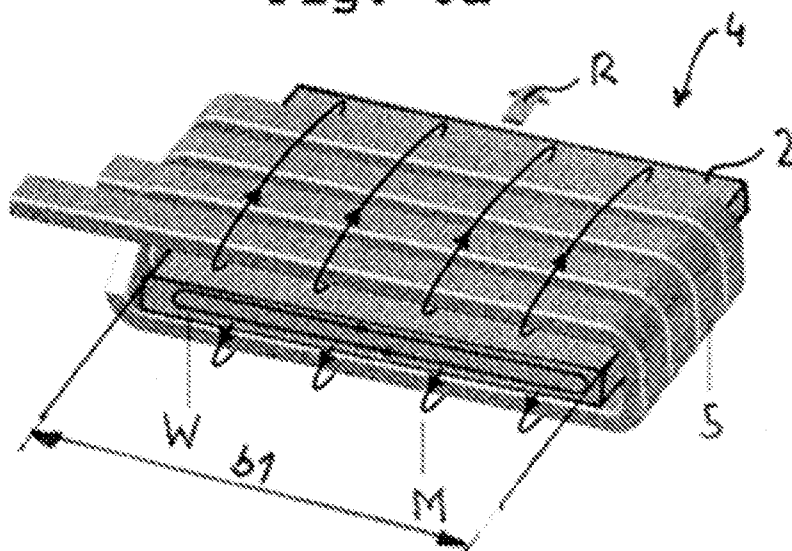


Fig. 6b

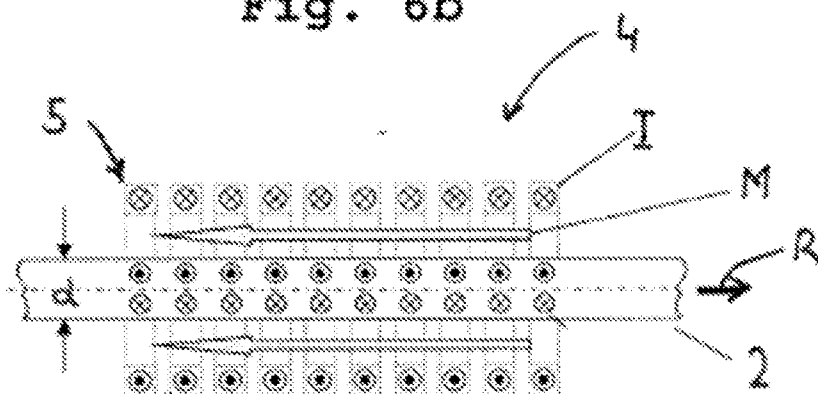


Fig. 7a

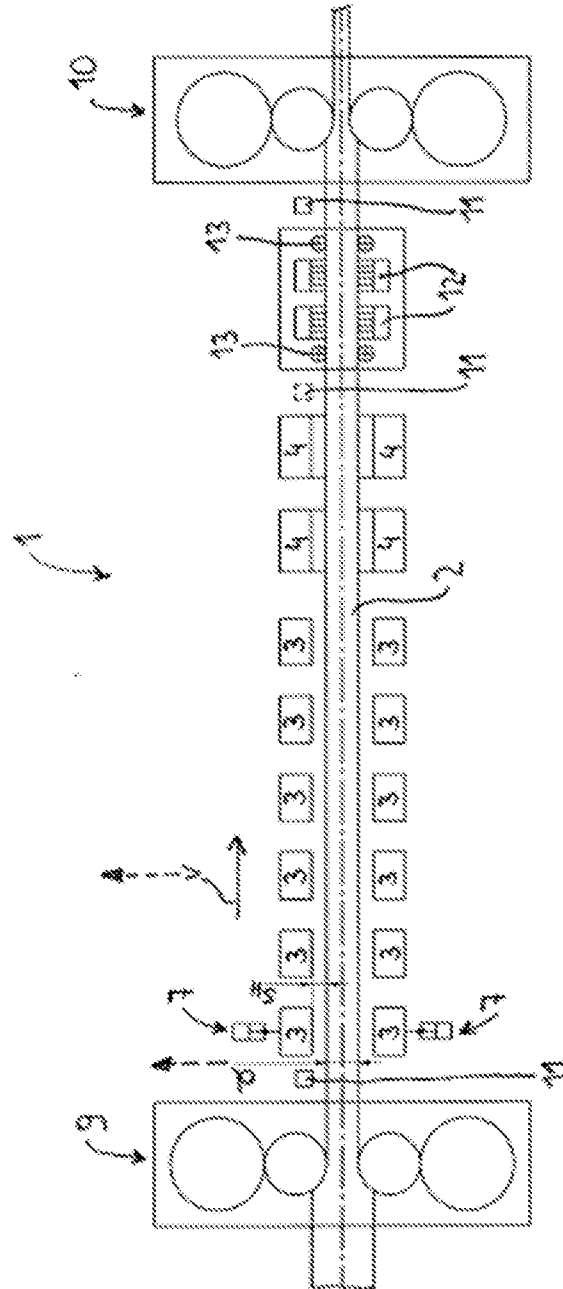


Fig. 7b

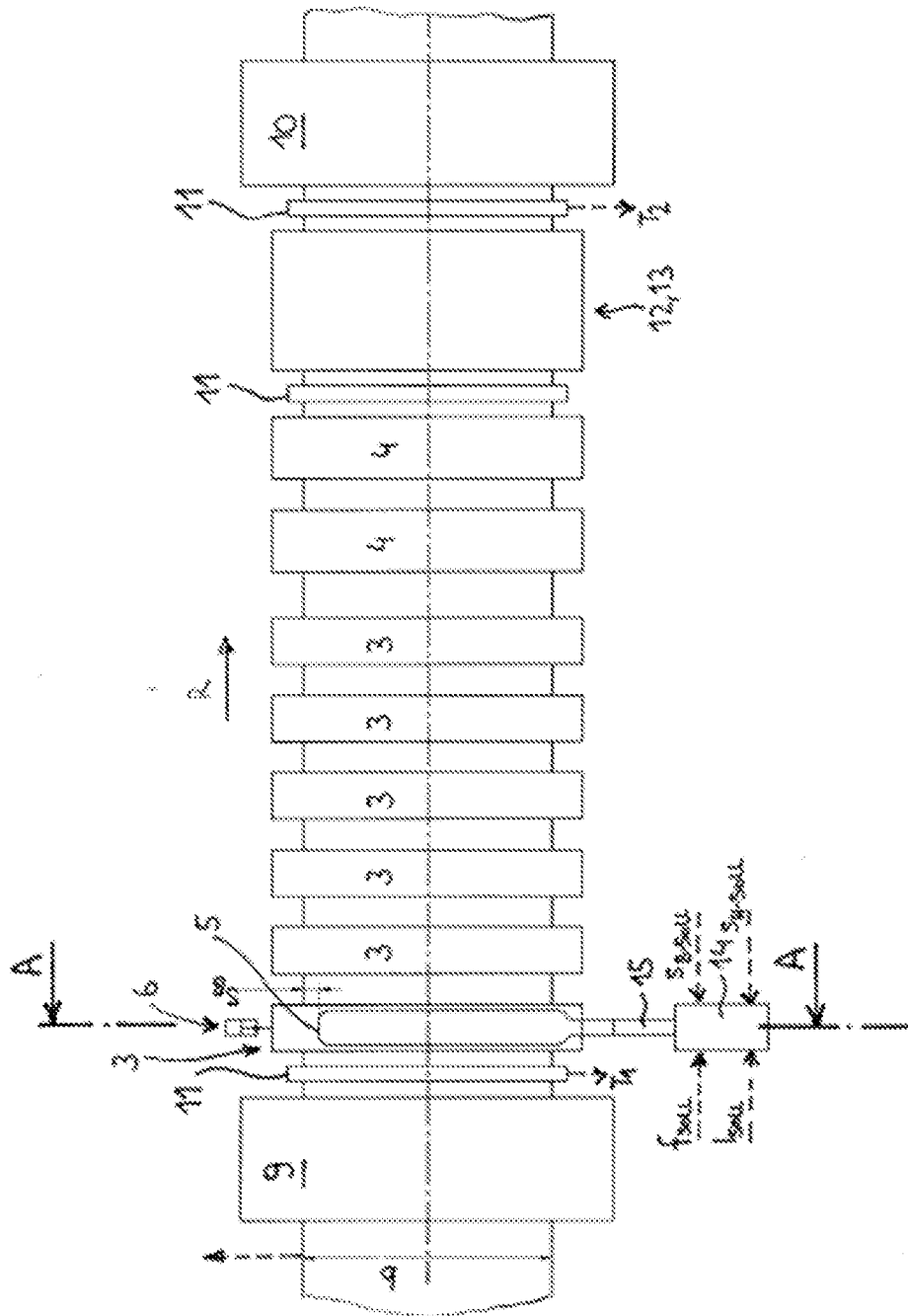


Fig. 7c

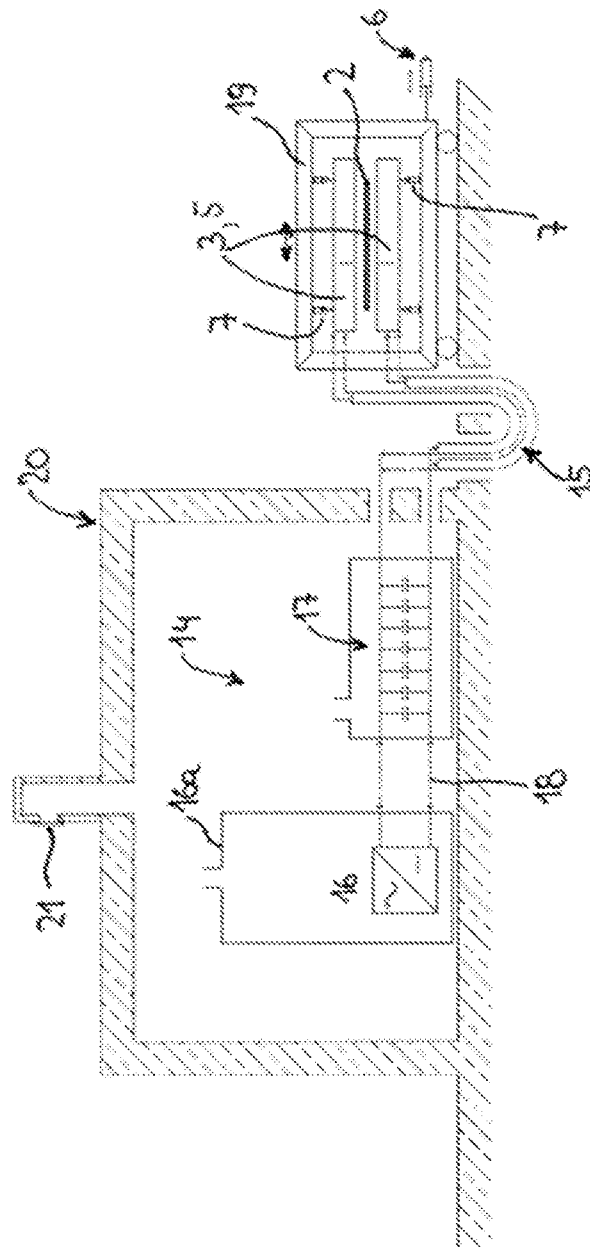


Fig. 8

