



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 367 092**

(51) Int. Cl.:

C21D 1/63 (2006.01)

C21D 9/00 (2006.01)

C21D 9/04 (2006.01)

B21B 43/04 (2006.01)

B21B 43/06 (2006.01)

B21B 45/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **08854046 .3**

(96) Fecha de presentación : **28.11.2008**

(97) Número de publicación de la solicitud: **2231884**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **29.09.2010**

(54)

Título: **Proceso de tratamiento térmico de raíles y dispositivo para ello.**

(30)

Prioridad: **28.11.2007 IT MI07A2244**

(45)

Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.10.2011

(45)

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.10.2011

(73)

Titular/es:
DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.p.A.
Via Nazionale 41
33042 Buttrio, Udine, IT

(72)

Inventor/es: **Poloni, Alfredo;**
Kapaj, Nuredin;
De Luca, Andrea y
Bazzaro, Gianluca

(74)

Agente: **Ruo Null, Alessandro**

ES 2 367 092 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

Proceso de tratamiento térmico de raíles y dispositivo para ello

5 **Campo de la invención**

10 **[0001]** La presente invención se refiere a un proceso en línea para el tratamiento térmico de raíles laminados, para mejorar las propiedades mecánicas en al menos una capa superficial de la cabeza del raíl, y a un dispositivo para el tratamiento térmico de los raíles, específicamente a un dispositivo para el tratamiento térmico en línea de los raíles que salen de un sistema de laminado.

Estado de la técnica

15 **[0002]** En la técnica conocida se incluyen diferentes soluciones para dispositivos y procesos para el tratamiento térmico de raíles laminados, estando dirigidos específicamente los dispositivos y procesos a endurecer la cabeza mediante la operación de inactivación.

20 **[0003]** Muchos de estos dispositivos no están dispuestos en línea con los caballetes de laminado. Esto implica el apilamiento de los raíles laminados y un calentamiento posterior de los mismos antes de proceder al tratamiento térmico de inactivación, con un consumo energético significativo y una baja eficacia.

25 **[0004]** En otros sistemas los dispositivos, en lugar de ello, se disponen a lo largo de la línea de laminado: el raíl laminado se descarga sobre una mesa de laminado, que está asegurada al suelo; después se retira mediante manipuladores, incluyendo sistemas de palanca elaborados, que controlan la manipulación del raíl durante el tratamiento térmico al que está sometido este último; y finalmente se eyecta sobre el lecho o placa de refrigeración mediante mecanismos de eyección apropiados.

30 **[0005]** Los raíles que se calientan, o que vienen directamente del tren de laminado, se someten a una refrigeración rápida mediante el uso de boquillas de pulverización, que inyectan un fluido de refrigeración (agua, aire o agua mezclada con aire) en la cabeza del raíl, o por inmersión del mismo en un tanque que contiene un fluido de refrigeración.

35 **[0006]** Cuando se usan boquillas de pulverización, ocurre el inconveniente de que el raíl se comba en la dirección de la longitud, debido a una falta de homogeneidad de temperatura en algunos segmentos del raíl, y debido a las diferentes dilataciones térmicas posteriores.

40 **[0007]** Cuando se usa el tanque de inmersión en su lugar, se consigue una mayor uniformidad de refrigeración en la dirección de la longitud, aunque en cualquier caso la diferencia de temperatura entre la base del raíl caliente y la cabeza enfriada da como resultado una torsión del raíl; el inconveniente es que los manipuladores empleados no son suficientemente rígidos y resistentes para contrarrestar y contener dicha torsión. Otro inconveniente de dichos manipuladores es que, durante el tratamiento, siempre están en contacto con el raíl en el mismo fulcro, generando de esta manera áreas "frías" en el propio raíl.

45 **[0008]** Adicionalmente, con todos los dispositivos conocidos, la capacidad de producción de toda la línea es extremadamente baja. La capacidad de producción no supera los 12-15 raíles/hora, para raíles que son de aproximadamente 100 m de largo. Dichos dispositivos tampoco son estructuralmente sencillos, y requieren un mantenimiento considerable, tanto de elementos que determinan un aumento en la producción como de costes de gestión para el dispositivo.

50 **[0009]** Por lo tanto, se percibe la necesidad de proporcionar un dispositivo innovador para el tratamiento térmico de los raíles que salen de un sistema de laminado, que permita superar los inconvenientes mencionados anteriormente.

55 **[0010]** En lo que respecta al proceso de tratamiento térmico, los procesos de inmersión permiten realizar un enfriamiento continuo de la cabeza del raíl, que sin embargo da como resultado una estructura metalúrgica que no es uniforme por todo el espesor de la capa tratada. El enfriamiento continuo, por etapas, desde la temperatura de laminado se conoce del documento JP09057301.

60 **[0011]** Otros procesos, no obstante, incluyen la introducción de elementos de aleación, tales como silicio y aluminio, en el acero a tratar, para obtener las características finales deseadas; la adición de elementos de aleación tiene la desventaja de aumentar considerablemente los costes de producción.

[0012] Por lo tanto, se percibe la necesidad de proporcionar un proceso innovador para el tratamiento térmico de la cabeza de los raíles, que permita aumentar las propiedades mecánicas consiguiendo una estructura metalúrgica mejorada, sin la adición de elementos de aleación en el acero.

65

Sumario de la invención

[0013] El objeto principal de la presente invención como se define en la reivindicación 1 es obtener un nuevo proceso de tratamiento térmico en línea de raíles laminados que asegure obtener una estructura perlítica fina, *que sea uniforme por todo un espesor superficial predeterminado de la cabeza del raíl, y específicamente adecuado para el uso de los raíles en entornos muy fríos, gracias a la tenacidad mejorada.

[0014] Otro objeto de la invención es obtener un dispositivo como se define en la reivindicación 7, para el tratamiento térmico de raíles, colocados en línea con un sistema de laminado, que sea estructuralmente sencillo, tenga una alta robustez y requiera menos mantenimiento, en comparación con los dispositivos existentes. Por lo tanto, la presente invención pretende conseguir los objetos desvelados anteriormente proporcionando un proceso para el tratamiento térmico en línea de un raíl que sale de un sistema de laminado que, de acuerdo con la reivindicación 1, incluye las siguientes etapas:

- una primera etapa de refrigeración en aire del raíl, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza del raíl de al menos 720 °C;
- una segunda etapa de refrigeración mediante un fluido de refrigeración, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza del raíl de 50 a 150 °C por encima de la temperatura Ar3, para evitar una transformación de fases de austenita a perlita;
- una tercera etapa de refrigeración en aire, que tiene una duración predeterminada, con lo que la temperatura de la superficie se iguala con la temperatura de una capa superficial de la cabeza del raíl, teniendo dicha capa superficial una profundidad en el intervalo entre 15 y 25 mm desde la superficie;
- una cuarta etapa de refrigeración mediante un fluido de refrigeración, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza del raíl menor de 500 °C, con lo que ocurre la transformación de fases de austenita a perlita;

con lo que dicha perlita tiene una estructura uniforme, con granulometría fina, en dicha capa superficial.

[0015] Otro aspecto de la presente invención proporciona la fabricación de un dispositivo para el tratamiento térmico en línea de los raíles que salen de un sistema de laminado, que de acuerdo con la reivindicación 3, incluye al menos una carretilla móvil, que a su vez incluye

- una mesa de laminado longitudinal, que incluye pares de rodillos adaptados para recibir a lo largo del eje de laminado un raíl que sale de dicho sistema, manteniendo la posición de laminado del mismo, estando adaptada dicha mesa de laminado para girar alrededor de un eje longitudinal, que es paralelo al eje de laminado, para orientar la cabeza del raíl hacia abajo;
- y un tanque longitudinal para contener un fluido de refrigeración, en el que puede sumergirse la cabeza del raíl.

[0016] Ventajosamente, el dispositivo de la invención incluye, al menos, una mesa de laminado que permite guiar el raíl perfectamente a lo largo de la línea de laminado, manteniendo de esta manera la misma posición que con la que sale del último caballete de laminado, es decir, con el eje de simetría del raíl en una posición sustancialmente horizontal. La propia mesa de laminado proporciona también el soporte rígido del raíl, la manipulación del mismo durante el tratamiento térmico y la descarga del mismo sobre la placa de refrigeración. La mesa de laminado del dispositivo de acuerdo con la invención, por lo tanto, realiza todas estas funciones de una manera diferente en comparación con la mesa de laminado tradicional, que en su lugar solo sirve para dirigir hacia delante el raíl laminado y, por lo tanto, necesita combinarse con dispositivos de manipulación específicos.

[0017] Una ventaja adicional del dispositivo de la invención está representada en que proporciona dos mesas de laminado sobre ruedas que, están alineadas axialmente y de manera alterna con la línea de laminado, permiten el tratamiento térmico casi simultáneo de dos raíles, lo que mejora la capacidad de producción del sistema. De esta manera, se consigue dos veces la capacidad de producción, en comparación con la conseguida por los dispositivos conocidos, con una velocidad de laminado en el intervalo entre 8 y 10 m/s.

[0018] Ventajosamente, sumergir el raíl en el tanque a lo largo de toda su longitud asegura la homogeneidad del tratamiento, evitándose prácticamente las distorsiones térmicas del raíl, o reduciéndose al mínimo, gracias a la rigidez del dispositivo, y también asegura una mayor flexibilidad en la manipulación de la etapa de refrigeración final, que es la más importante para obtener la estructura deseada final. El obtener como resultado un grano perlítico fino depende de la velocidad de refrigeración en esta última etapa, así como de la deformación del material obtenido en los caballetes de laminado. Por lo tanto, se prefieren altas velocidades de refrigeración, que no conducen en ningún caso a la formación de estructuras no deseadas bainíticas y/o bainítica-sorbítica.

[0019] El proceso, de acuerdo con la presente invención, proporciona ventajosamente cuatro etapas de refrigeración, dos por aire y dos por agua, con aditivos o con otro líquido de refrigeración apropiado. La cabeza de los raíles obtenida por este proceso presenta las siguientes propiedades:

- una alta dureza (340-420 HB);
- una alta resistencia a desgaste;
- una tenacidad suficiente;
- una alta resistencia a fatiga;
- 5 - una conservación de dichas propiedades mecánicas anteriores a temperaturas operativas muy bajas (de hasta -60 °C);
- una profundidad de la estructura perlítica fina, uniforme, de al menos 15-25 mm;
- una buena calidad superficial y una buena rectitud del raíl al final del tratamiento;
- la ausencia de microgrietas superficiales.

[0020] Las reivindicaciones dependientes desvelan realizaciones preferidas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

[0021] Otras características y ventajas de la invención resultarán más evidentes a la luz de la descripción detallada de una realización preferida, aunque no exclusiva, de un dispositivo para el tratamiento térmico de raíles, que se muestra mediante un ejemplo no limitativo, con ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

Las Figuras 1a y 1b representan ejemplos de despliegues para sistemas de producción de raíles, provistos del dispositivo de acuerdo con la invención;

La Figura 2 representa una vista lateral del dispositivo de acuerdo con la invención;

La Figura 3 representa un diagrama que muestra la tendencia de la temperatura con el tiempo, para algunas etapas del proceso de acuerdo con la invención, tanto sobre la superficie como en correspondencia con una capa superficial predeterminada de la cabeza de un raíl;

La Figura 4 representa un diagrama que muestra la tendencia de la temperatura con el tiempo, en una escala logarítmica, para la etapa de refrigeración final del proceso de acuerdo con la invención, tanto sobre la superficie como en correspondencia con una capa superficial predeterminada de la cabeza de un raíl; adicionalmente se representan las curvas CCT o de transformación;

La Figura 5 representa un diagrama que muestra la tendencia de la temperatura con el tiempo, en la etapa de refrigeración única por inmersión, proporcionada en los procesos conocidos, tanto sobre la superficie como en correspondencia con una capa superficial predeterminada de la cabeza de un raíl;

La Figura 6 representa un diagrama temperatura-tiempo que muestra la tendencia de la temperatura en las tres primeras fases de refrigeración del proceso de la invención, tanto sobre la superficie como en correspondencia con una capa superficial predeterminada de la cabeza de un raíl.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

[0022] La Figura 1a representa un ejemplo del despliegue de una parte del sistema de producción de raíles, incluyendo el dispositivo para el tratamiento térmico de la invención. Este despliegue ejemplar incluye:

- un horno de calentamiento 1 para tochos;
- un sistema de laminado de tochos 2 para obtener raíles;
- dos carretillas móviles 3, 4, cada una de las cuales incluye una mesa de laminado longitudinal para hacer avanzar, soportar y manipular los raíles durante el tratamiento térmico;
- 45 - una placa o lecho de refrigeración 5, sobre la que se descargan los raíles tratados;
- una máquina de enderezado 6, usada para obtener las tolerancias de rigidez requeridas por el mercado;
- una mesa de laminado 7 de evacuación hacia el área de apilamiento.

[0023] La máquina de enderezado 6 puede colocarse a la derecha y/o a la izquierda de la placa de refrigeración 5.

[0024] La Figura 1b representa una variante del despliegue, en el que el dispositivo para el tratamiento térmico de la invención, que incluye las carretillas móviles 3 y 4, siempre está dispuesto a lo largo de los ejes de laminado X, aunque en este caso la placa de refrigeración 5 está dispuesta entre el último caballete de laminado y el dispositivo de la invención. Este despliegue ofrece la posibilidad de tratar en línea solo algunos de los raíles laminados. Los raíles laminados, para los que no se requiere el tratamiento térmico de inactivación, pueden descargarse sobre la placa 5 que, trasladándolos, los descarga directamente sobre la máquina de enderezado 6.

[0025] En el dispositivo de la invención, las carretillas 3, 4 están dispuestas paralelas entre sí, y respecto al eje de laminado X y, ventajosamente, están adaptadas para situarse como alternativa a lo largo de dichos ejes de laminado. De hecho, cada carretilla tiene la posibilidad de trasladarse lateralmente con respecto al eje o línea de laminado, gracias a la presencia de los medios de manipulación, por ejemplo un sistema de cremallera proporcionado en el suelo u otro sistema apropiado.

[0026] Cada carretilla 3, 4, mostrada en la Figura 2, incluye una mesa de laminado longitudinal 15, 16, que a su vez incluye pares de rodillos 10, 10', que están motorizados, y muestran un eje horizontal cuando la carretilla está en

la posición (b), adaptada para recibir a lo largo de los ejes de laminado X el raíl 9, 9' que sale del sistema de laminado 2, manteniéndolo de esta manera en la posición de laminado, es decir, la posición con el eje de simetría horizontal. Los pares de rodillos 10, 10' tienen un perfil conformado para guiar el raíl 9, 9' al área de unión banda-patín. Estos pares de rodillos 10, 10' pueden estar todos motorizados, o pueden estar motorizados alternativamente, por ejemplo a intervalos de un par. Ventajosamente, para conferir rigidez al raíl sujetado y evitar una torsión no deseada, la distancia entre cada par de rodillos 10, 10' puede estar en el intervalo entre 0,5 y 2 metros. El diámetro de dichos rodillos, no obstante, puede estar en el intervalo entre 400 y 600 mm.

[0027] La mesa de laminado, colocada inmediatamente en la salida del tren de laminado, sirve para extraer, guiar y sujetar un raíl laminado para realizar el tratamiento térmico. Al final del tratamiento, el raíl se descarga sobre la placa de refrigeración 5 mediante la propia mesa de laminado.

[0028] Para cada par de rodillos motorizados 10, se proporciona también un rodillo libre 12, que tiene un eje vertical cuando la carretilla está en la posición (b), que entra en contacto con la base del patín del raíl, para guiar mejor el raíl a la misma posición que aquella con la que sale del último caballete de laminado.

[0029] En una variante preferida, los pares de rodillos motorizados 10, 10' pueden estar abiertos y, durante la etapa de recepción de un raíl laminado a tratar, los rodillos inferiores, fijados con el eje en una posición horizontal, recibir el raíl mientras los rodillos superiores, que son móviles, se levantan desde la posición de trabajo. Por ejemplo, los rodillos superiores pueden levantarse haciéndolos girar alrededor de un perno para facilitar la inserción del raíl en el dispositivo de la invención. Una vez que el raíl se ha insertado totalmente, los rodillos superiores y los rodillos libres 12 se adhieren a la banda y al patín del raíl, respectivamente, para asegurar la sujeción.

[0030] Ventajosamente, *toda la mesa de laminado longitudinal se hace pivotar apropiadamente para que gire alrededor de un eje longitudinal, paralelo al eje de laminado X, para orientar la cabeza del raíl hacia abajo.

[0031] Cada carretilla 3, 4 incluye adicionalmente un tanque longitudinal 11, 11', que contiene un líquido de refrigeración, preferentemente aunque no necesariamente agua, que contiene un aditivo sintético, tal y como por ejemplo el glicol, en el que se sumerge la cabeza del raíl. El tanque 11, 11' tiene una extensión longitudinal al menos igual a la del raíl, y se coloca en la base de la carretilla.

[0032] Se proporcionan medios de accionamiento apropiados para subir el tanque 11, 11' desde la base de la carretilla hasta una altura predeterminada, para realizar la inmersión en el líquido de refrigeración de la cabeza del raíl. Dichos medios de accionamiento pueden incluir, por ejemplo, gatos hidráulicos o un sistema de palancas. Ventajosamente, el espesor de los rodillos 10, 10' se reduce, por ejemplo en el intervalo entre 60 y 80 mm, para evitar interferencias con el borde del tanque de refrigeración subyacente cuando este último se levanta.

[0033] El nivel del líquido de refrigeración en el tanque 11, 11' puede ser cercano a los bordes, o el líquido puede fluir por encima de éstos, vertiéndose lateralmente cada vez que el raíl se sumerge. En este último caso, pueden proporcionarse tanques de recogida lateral 13, 13' y, ventajosamente, pueden proporcionarse también medios de recirculación para el líquido, para su reintroducción en el tanque del líquido recogido. Pueden proporcionarse también medios de agitación para agitar el líquido de refrigeración en el tanque, tales como, por ejemplo, generadores de oscilación.

[0034] Ventajosamente, se proporcionan boquillas de pulverización 14 sobre las mesas de laminado 15, 16, que están destinadas a realizar la refrigeración del patín del raíl, para evitar distorsiones térmicas como consecuencia de la diferencia de temperatura que se genera entre la cabeza y el patín del raíl. Una ventaja adicional consiste en que, de esta manera, se obtienen menos tensiones residuales en el raíl tratado. Las boquillas de pulverización 14, preferentemente, pulverizan el mismo líquido de refrigeración contenido en el tanque, posiblemente incluso mezclado con aire.

[0035] La motorización ya mencionada de los pares de rodillos 10, 10' determina un movimiento alterno longitudinal del raíl, que permite que las boquillas 14 especializadas enfríen el patín a lo largo de toda su longitud y, por lo tanto, también la parte del patín en contacto con los rodillos libres 12.

[0036] A continuación se desvela en este documento el ciclo de trabajo relacionado con la realización preferida del dispositivo de la invención, con dos carretillas 3, 4 provistas de las mesas de laminado 15, 16, respectivas:

1) la primera carretilla 3 inicialmente está situada a lo largo del eje de laminado X (posición b en la Figura 2), y recibe un primer raíl 9, por ejemplo de hasta 150 m de longitud y lamina de 8 a 10 m/s. Cuando el raíl 9 está sujetado en la mesa de laminado 15, no se mantiene estacionario, sino que se mueve continuamente hacia delante y hacia atrás para uniformizar la carga térmica en los rodillos de sujeción 10 y, de esta manera, no crear puntos fríos en la banda del raíl;

2) después de haber recibido el raíl laminado 9, la primera carretilla 3 se mueve de la línea de paso o línea de laminado (posición b en la Figura 2) hacia la derecha (posición c) mientras su mesa de laminado gira 90° en el sentido contrario a las agujas del reloj, de manera que el eje de simetría del raíl está orientado en la vertical, con

la cabeza orientada hacia abajo; al mismo tiempo, la segunda carretilla 4 se mueve desde su posición lateral (posición a) hasta la posición a lo largo de la línea de laminado (posición b);

3) la refrigeración con aire del raíl 9 en la carretilla 3 continua hasta que se alcanza una temperatura mayor de 720 °C, preferentemente en el intervalo entre 800 y 850 °C, durante un tiempo total por ejemplo en el intervalo entre 40 y 90 s, preferentemente igual a 80 s; al mismo tiempo, la carretilla secundaria 4 (posición b) recibe un segundo raíl 9', que se mueve también hacia delante y hacia atrás para uniformizar la carga térmica sobre los rodillos de sujeción 10' y, de esta manera, no crear puntos fríos en la banda del raíl;

4) cuando se recibe el segundo raíl 9', la segunda carretilla 4 vuelve a su posición lateral (posición a) mientras que su mesa de laminado 16 gira 90 ° en el sitio contrario a las agujas del reloj, de manera que el eje de simetría del raíl 9' está orientado en la vertical, con la cabeza orientada hacia abajo; al mismo tiempo, la primera carretilla 3 se mueve para volver a lo largo de la línea de laminado (posición b) y su tanque 11 se sube mediante dicho medio de accionamiento (no mostrado), por ejemplo gatos hidráulicos, para realizar una segunda etapa de refrigeración por inmersión de la cabeza del primer raíl 9 en el tanque elevado 11. Ventajosamente, dicho movimiento alternativo longitudinal anterior del raíl 9 induce a la película de vapor, que tiende a formarse en contacto con la superficie de la cabeza durante la refrigeración, a frenar cuando se sumerge la cabeza, mejorando de esta manera el intercambio térmico;

5) al final del tiempo proporcionado para la etapa de inmersión, por ejemplo en el intervalo entre 10 y 20 s, preferentemente igual a 15 s, el tanque 11 de la primera carretilla 3 (posición b) se baja entonces para realizar la etapa de equilibrado de aire (que tiene una duración por ejemplo en el intervalo entre 10 y 60 s, preferentemente igual a 15 s); al mismo tiempo, se contempla la primera etapa de refrigeración con aire del segundo raíl 9' (posición a), y el tanque 11' de la segunda carretilla 4 se sube, para realizar la segunda etapa de refrigeración por inmersión de la cabeza del raíl 9';

6) a continuación, el tanque 11' (posición a) se baja entonces para realizar la etapa de equilibrado de aire (que tiene una duración, por ejemplo, en el intervalo entre 10 y 60 s, preferentemente igual a 15 s) y el tanque 11 (posición b) se sube de nuevo para una etapa de refrigeración final por inmersión de la cabeza del primer raíl 9 (que tiene una duración, por ejemplo, de aproximadamente 250 s);

7) análogamente, el tanque 11' (posición a) se sube de nuevo para la última etapa de refrigeración por inmersión de la cabeza del segundo raíl 9';

8) cuando la última etapa del tratamiento térmico para el primer raíl 9 ha terminado, el tanque 11 (posición b) se baja de nuevo, la mesa de laminado 15 gira 90° en una dirección opuesta a la anterior, para llevar el eje de simetría del raíl de vuelta a una posición horizontal, los rodillos motorizados 10 hacen avanzar el raíl tratado térmicamente 9, descargándolo sobre la placa de refrigeración 5, colocada aguas abajo, y recibe (etapa 1) un tercer raíl a tratar cuando sale del último caballete de laminado;

9) cuando se recibe el tercer raíl, la primera carretilla 3 repite las operaciones descritas en las etapas 2) y 3) mientras está en la segunda carretilla 4; cuando termina la última etapa de tratamiento térmico para el segundo raíl 9', el tanque 11' (posición a) se baja de nuevo, la mesa de laminado 16 gira 90° en una dirección opuesta a la anterior para llevar el eje de simetría del raíl de vuelta a una posición horizontal, mientras la misma carretilla 4 se mueve para volver a la posición alineada con la línea de laminado (posición b), los rodillos motorizados 10' siguen hacia delante del segundo raíl 9' tratado térmicamente, descargándolo sobre la placa de refrigeración 5, colocada aguas abajo, y recibe un cuarto raíl para tratarlo cuando sale del último caballete de laminado.

[0037] El ciclo continua repitiendo las etapas 4 a 9 descritas anteriormente. Los raíles 9, 9' siempre se cargan y se descargan de las carretillas respectivas a lo largo del eje de laminado X.

[0038] De acuerdo con una variante, en lugar de subir y bajar el tanque 11, 11', es posible proporcionar la bajada y subida de la mesa de laminado 15, 16, respectivamente, aunque ya haya girado 90° en el sentido contrario a las agujas del reloj.

[0039] El proceso para el tratamiento térmico de raíles, para endurecer la cabeza, objeto de la presente invención, que comprende las cuatro etapas de refrigeración descritas anteriormente, puede realizarse también usando dispositivos diferentes del descrito anteriormente.

[0040] En cualquier caso, el proceso de acuerdo con la invención se realiza en línea, es decir, en la salida del tren de laminado, cuando el raíl ha alcanzado el área de tratamiento térmico, de manera que la temperatura residual de laminado es igual a aproximadamente 900-950 °C, lo que se aprovecha ventajosamente. De esta manera, se obtiene un ahorro de energía considerable con respecto a los procesos fuera de línea, que facilitan el calentamiento del raíl de nuevo antes del tratamiento térmico de inactivación.

[0041] En lo sucesivo en este documento se desvela una realización preferida del proceso de acuerdo con la invención, relacionada con un acero que tiene un porcentaje de carbono en el intervalo entre el 0,7 y el 0,9%, y un contenido de manganeso en el intervalo entre el 0,7 y el 1,25%.

[0042] En la salida del tren de laminado, cuando el raíl ha alcanzado el área de tratamiento térmico en el momento $t=0$ (Figura 3), todo el raíl se enfría con aire hasta que alcanza una temperatura superficial de al menos 720 °C, preferentemente en el intervalo entre 800 y 850 °C. Esta primera etapa de refrigeración con aire tiene una duración, por ejemplo, en el intervalo entre 40 y 90 segundos, preferentemente igual a 80 s. En esta primera etapa, se evitan

temperaturas menores de 720 °C para tener siempre un buen margen para asegurar que no ocurre una transformación metalúrgica de la austenita en la segunda etapa de refrigeración posterior.

[0043] De esta manera, se proporciona una segunda etapa de refrigeración de la única cabeza de raíl mediante un líquido de refrigeración, hasta que alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza poco por encima de la temperatura Ar3 de transformación de austenita en perlita. Específicamente, el valor de esta temperatura de superficie es de 50 a 150 °C por encima de la temperatura Ar3 y, de esta manera, tal que evita la transformación de fases de austenita a perlita. Esta segunda etapa, que tiene una duración, por ejemplo, en el intervalo entre 10 y 20 segundos, preferentemente igual a 15 s, puede realizarse por inmersión de la cabeza del raíl en un tanque de agua, u otro líquido apropiado, que finalmente contiene un aditivo sintético, o puede realizarse mediante chorros de agua u otro líquido apropiado, que finalmente contiene un aditivo sintético, dirigidos sobre la cabeza del raíl, y que proceden de boquillas especializadas, proporcionadas en cajas de refrigeración, y dispuestas para cubrir toda la longitud del raíl.

[0044] Ventajosamente, el proceso de acuerdo con la invención permite la interrupción de la refrigeración con dicho líquido, y realiza una tercera etapa de refrigeración de nuevo en aire, que dura por ejemplo en el intervalo entre 10 y 60 segundos, preferentemente es igual a 15 s, para igualar la temperatura de la superficie de la cabeza del raíl con la correspondiente a una capa superficial predeterminada de la cabeza del raíl que, preferentemente, tiene una profundidad de 25 a 25 mm, medida partiendo desde dicha superficie. De hecho, el calor de las capas internas atempera las capas superficiales hasta una temperatura de aproximadamente 720-840 °C.

[0045] Esta tercera etapa puede realizarse sacando la cabeza del raíl del tanque mencionado anteriormente, o cerrando las boquillas que generan los chorros dirigidos sobre la cabeza.

[0046] Posteriormente, se proporciona una cuarta etapa de refrigeración, de nuevo con el mismo líquido de refrigeración, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie menor de 500 °C, preferentemente menor de 450 °C. Esta cuarta etapa, que dura por ejemplo aproximadamente 250 segundos, puede realizarse por inmersión de la cabeza del raíl en dicho tanque, o mediante las pulverizaciones de dichas boquillas anteriores de las cajas de refrigeración.

[0047] La duración máxima de la cuarta etapa está en el intervalo entre 180 y 350 segundos, y es tal que genera una velocidad de refrigeración suficientemente alta para obtener una estructura perlítica de granos finos, y evitar al mismo tiempo la formación de estructuras bainíticas y bainítica-sorbítica, notablemente rígidas aunque quebradizas. Para el ejemplo de la realización que se acaba de describir, dicha velocidad de refrigeración no es mayor de 3-4 °C/s.

[0048] La duración total del ciclo de tratamiento térmico, incluyendo las cuatro etapas de refrigeración, depende de la composición del acero que constituye el raíl, en términos de porcentaje de carbono (en el intervalo entre el 0,4 y el 1,2%), y de elementos de aleación contenidos en su interior. El tiempo total del tratamiento térmico anterior desvelado está en el intervalo, por ejemplo, entre 240 y 520 segundos, preferentemente igual a 360 segundos.

[0049] Adicionalmente, la duración de las tres primeras etapas de refrigeración depende también de las condiciones en las que el raíl llega desde la salida del tren de laminado, tales como la temperatura residual de la superficie y el estado de equilibrio de la temperatura entre la superficie y la capa superficial mencionada anteriormente de la cabeza del raíl. La duración de dichas tres primeras etapas puede reducirse también considerablemente tanto que el raíl sale del tren de laminado con una temperatura relativamente baja, y con un buen estado de equilibrio de la temperatura entre la superficie y el núcleo de la cabeza del raíl.

[0050] Cuando el proceso se realiza usando el método de inmersión en un tanque de líquido, una realización ventajosa de acuerdo con la invención proporciona:

- también refrigeración de la base, o patín, del raíl mediante boquillas de pulverización especializadas, para evitar distorsiones térmicas;
- mover alternativamente el raíl hacia delante y hacia atrás a lo largo del eje longitudinal, para permitir que dichas boquillas especializadas enfríen uniformemente todo el patín, y evitar que la película de vapor permanezca en contacto con la superficie de la cabeza, cuando la cabeza está sumergida en el tanque.

[0051] En el proceso de acuerdo con la invención, el hecho de realizar una primera refrigeración con líquido en la que no ocurre transformación de fases, permite reducir el tiempo total del ciclo de tratamiento térmico de la cabeza del raíl; adicionalmente, el hecho de interrumpir la segunda etapa de refrigeración con líquido, y realizar la tercera etapa de refrigeración con aire (atemperado) permite igualar, desde el punto de vista metalúrgico, la temperatura de la capa superficial mencionada anteriormente de la cabeza del raíl con la temperatura de la superficie externa. De esta manera, para la siguiente cuarta etapa de refrigeración mediante líquido, se dará aproximadamente la misma temperatura de inicio de la transformación de fase austenita-perlita, tanto para la superficie como para toda dicha capa superficial y, en consecuencia, aproximadamente la misma velocidad de refrigeración. Por lo tanto, al final de dicha transformación de fase, se obtiene ventajosamente, una estructura perlítica, fina y uniforme, obtenida en una

capa superficial o grosor que es de aproximadamente 15-25 mm de espesor, preferentemente al menos 20 mm. Se requiere una estructura perlítica fina y uniforme para el uso operativo del raíl a temperaturas muy bajas, por ejemplo de hasta -60 °C.

[0052] La Figura 3 representa un diagrama que muestra la tendencia de la temperatura con el tiempo, durante la cuarta etapa de refrigeración de la cabeza del raíl (en aire, en líquido, ecualización en aire, en líquido), tanto sobre la superficie como en correspondencia con una capa interna de la cabeza del raíl, que tiene un espesor de 20 mm partiendo desde dicha superficie. El diagrama está relacionado con el proceso de acuerdo con la invención, que puede realizarse respectivamente mediante dos variantes del dispositivo para el tratamiento térmico de raíles;

- una variante que proporciona la inmersión de la cabeza del raíl en un tanque de agua, u otro líquido apropiado, que posiblemente contiene un aditivo sintético;
- una variante que proporciona la producción de chorros de agua con aditivos, o de otro líquido apropiado, mediante boquillas de pulverización, que están abiertas o cerradas dependiendo de la etapa de refrigeración a realizar.

[0053] En la etapa de refrigeración por inmersión en el líquido, es posible usar agua con adición de un polímero apropiado, a una temperatura en el intervalo entre 35 y 55 °C, o agua pura a una temperatura cercana al punto de ebullición.

[0054] Específicamente, la curva 20 muestra la tendencia de la temperatura de la superficie de la cabeza del raíl, mientras que la curva 21 muestra la tendencia de la temperatura de una capa interna, de 20 mm de espesor, de la cabeza del raíl. Ambas curvas 20, 21 incluyen cuatro segmentos correspondientes, respectivamente, a la primera, segunda, tercera y cuarta etapas de refrigeración. La Figura 4 representa un diagrama que muestra la tendencia de la temperatura con el tiempo, en una escala logarítmica, durante la última etapa de refrigeración de la cabeza del raíl. En el diagrama también están representadas las curvas de transformación CCT o curvas de Bain, que delimitan las regiones de las siguientes fases: ausenta, perlita, bainita. De acuerdo con la presente invención, la transformación metalúrgica de la cabeza del raíl solo se realiza en esta etapa de refrigeración final: de hecho, las curvas 20 y 21 entran en la región perlítica representada por las curvas CCT.

[0055] Se prefiere una alta pendiente de las curvas 20 y 21 en la Figura 4, es decir, una alta velocidad de refrigeración en la última etapa del tratamiento térmico, para obtener un grano perlítico especialmente fino, sin provocar, sin embargo, la formación de estructuras bainíticas y/o bainítica/sorbítica. Específicamente, de acuerdo con el proceso de la presente invención, la pendiente de las curvas de refrigeración 20 y 21 debe ser tal que pase cerca de la región bainítica sin cruzarla (Figura 4).

[0056] Ventajosamente, la velocidad de refrigeración preferida en la etapa final del tratamiento térmico de la invención está en el intervalo entre 2 y 7 °C/s, preferentemente 2-5 °C/s. En el ejemplo de un raíl fabricado de un acero que tiene un porcentaje de carbono en el intervalo entre el 0,7 y el 0,9%, y un contenido de manganeso en el intervalo entre el 0,75 y el 1,25%, la velocidad de refrigeración óptima es igual a 3-4 °C/s.

[0057] Ventajosamente, proporcionar la tercera etapa intermedia de refrigeración en aire (equilibrado en la Figura 3) permite que toda la capa superficial predeterminada de la cabeza del raíl tenga aproximadamente la misma temperatura que la superficie externa, asegurando de esta manera la obtención de una estructura perlítica uniforme, y, de esta manera, propiedades mecánicas uniformes, a través de todo el espesor tratado durante la etapa de refrigeración final mediante líquido. Las Figuras 5 y 6 representan dos diagramas temperatura-tiempo, a escala logarítmica, que se refieren respectivamente a:

- los procesos conocidos en los que se proporciona una sola etapa de refrigeración por inmersión;
- las tres primeras fases de refrigeración del proceso de acuerdo con la invención. En las Figuras 5 y 6, las curvas indicadas mediante el número de referencia 20 representan la tendencia de la temperatura de la superficie de la cabeza del raíl; las curvas indicadas mediante el número de referencia 21 representan la tendencia de la temperatura en una capa interna, de 20 mm de espesor, de la cabeza del raíl.

[0058] De la comparación, puede observarse que con el proceso de acuerdo con la invención (Figura 6), la diferencia de temperatura entre la superficie y dicha capa interna, antes de la refrigeración que provoca la transformación austenita-perlita (puntos A y B), es aproximadamente tres veces menor que la obtenible con los procesos conocidos. Gracias a este último aspecto, la última etapa de refrigeración permite obtener la uniformidad de la estructura perlítica y, de esta manera, la uniformidad de las propiedades mecánicas en toda la capa de la superficie predeterminada, mencionada anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para el tratamiento térmico en línea de un raíl que sale de un sistema de laminado, que incluye las siguientes etapas:

- una primera etapa de refrigeración en aire del raíl, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza del raíl de al menos 720 °C;
- una segunda etapa de refrigeración mediante un fluido de refrigeración, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza del raíl de 50 a 150 °C por encima de la temperatura Ar₃, para evitar una transformación de fases de austenita a perlita;
- una tercera etapa de refrigeración en aire, que tiene una duración predeterminada, con lo que el calor de las capas internas atempera las capas superficiales hasta una temperatura de 720-840 °C, y la temperatura de la superficie se iguala con la temperatura de una capa superficial de la cabeza del raíl, teniendo dicha capa superficial una profundidad en el intervalo entre 15 y 25 mm desde la superficie;
- una cuarta etapa de refrigeración mediante un fluido de refrigeración, hasta que se alcanza una temperatura de la superficie de la cabeza del raíl menor de 500 °C, con lo que ocurre la transformación de fases de austenita a perlita;

en el que dicha perlita tiene una estructura uniforme, con granulometría fina, en dicha capa superficial.

2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la velocidad de refrigeración en dicha cuarta etapa de refrigeración es igual a aproximadamente 2-7 °C/s.

3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la segunda y cuarta etapas de refrigeración se realizan mediante una inmersión de la cabeza del raíl en un tanque que contiene dicho fluido de refrigeración.

4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la tercera etapa de refrigeración se realiza llevando la cabeza del raíl fuera de dicho tanque.

5. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la segunda y cuarta etapas de refrigeración se realizan mediante chorros de fluido de refrigeración dirigidos sobre la cabeza del raíl y que proceden de boquillas especializadas, dispuestas para cubrir toda la longitud del raíl.

6. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la tercera etapa de refrigeración se realiza cerrando dichas boquillas.

7. Un dispositivo para el tratamiento térmico en línea de raíles que salen de un sistema de laminado, estando adaptado dicho dispositivo para realizar el proceso de la reivindicación 1, incluyendo al menos una carretilla móvil (3) que a su vez incluye:

- una mesa de laminado longitudinal (15), que incluye pares de rodillos (10) adaptados para recibir, a lo largo del eje de laminado, un raíl (9) que sale de dicho sistema, manteniendo la posición de laminado del mismo, estando adaptada dicha mesa de laminado para girar alrededor de un eje longitudinal que es paralelo al eje de laminado (X) para orientar la cabeza del raíl hacia abajo;
- y un tanque longitudinal (11) para contener un fluido de refrigeración, en el que puede sumergirse la cabeza del raíl.

8. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, en el que se proporcionan dos carretillas móviles (3, 4), dispuestas en paralelo entre sí, y respecto al eje de laminado (X), adaptadas para situarse alternativamente a lo largo de dicho eje de laminado, para recibir cada una un raíl (9, 9') para tratarlo térmicamente.

9. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que se proporcionan medios de manipulación adaptados para trasladar dichas carretillas móviles (3, 4) en paralelo a los ejes de laminado (X).

10. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho tanque (11, 11') tiene una extensión longitudinal al menos igual a la del raíl, y se proporciona sobre una base de cada carretilla (3, 4).

11. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que se proporcionan medios de accionamiento para el tanque (11, 11'), para subir o bajar el tanque a alturas predeterminadas.

12. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los pares de rodillos (10, 10') tienen un perfil conformado para guiar el raíl (9, 9') en correspondencia con el área de unión banda-patín.

13. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichos pares de rodillos (10, 10') pueden estar todos motorizados, o pueden estar motorizados alternativamente, y en el que por cada par de rodillos motorizados (10, 10') se proporciona un rodillo libre (12), que tiene un eje perpendicular al eje de los rodillos motorizados, y que está

adaptado para estar en contacto con el patín del raíl.

14. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, en el que se proporcionan boquillas de pulverización (14), colocadas sobre la mesa de laminado (15, 16), adaptadas para enfriar el patín del raíl.

15. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la motorización de los pares de rodillos (10, 10') es tal que determina un movimiento longitudinal alternativo del raíl para permitir que las boquillas de pulverización (14) enfríen también la porción de patín en contacto con los rodillos libres (12).

10

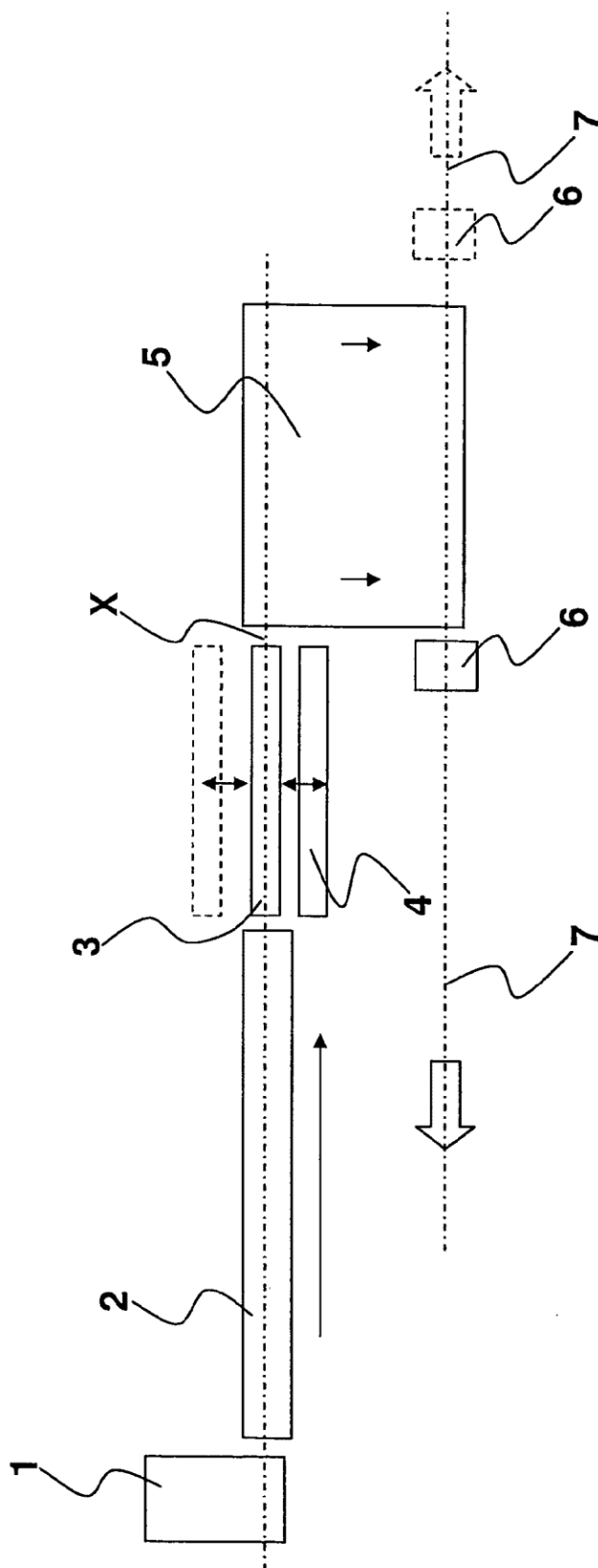


Fig. 1a

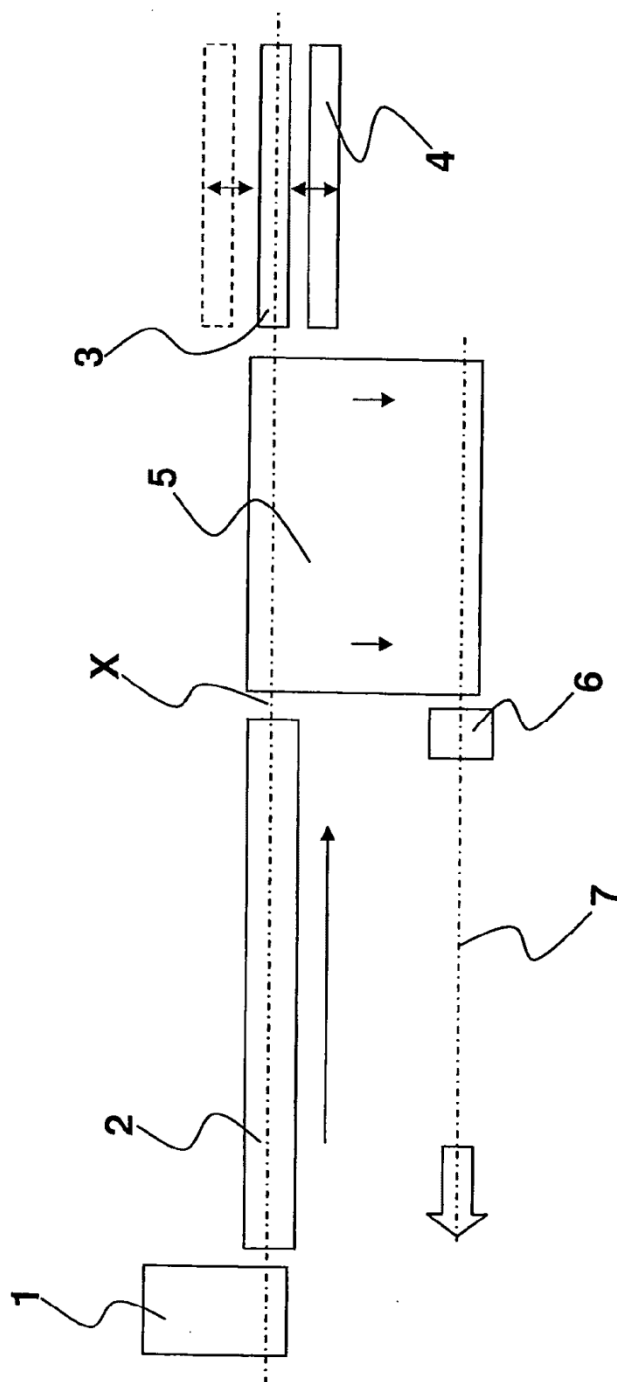


Fig. 1b

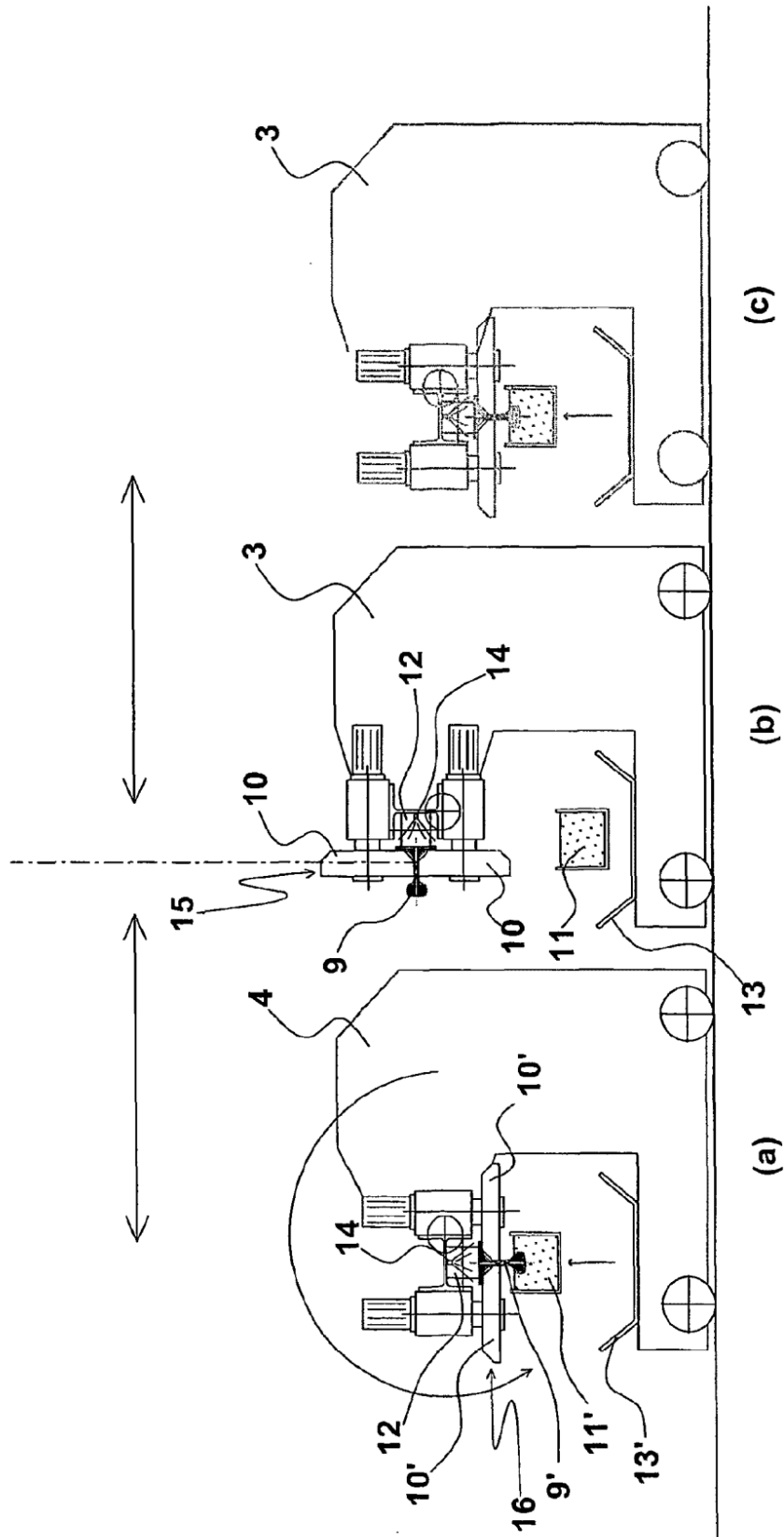


Fig. 2

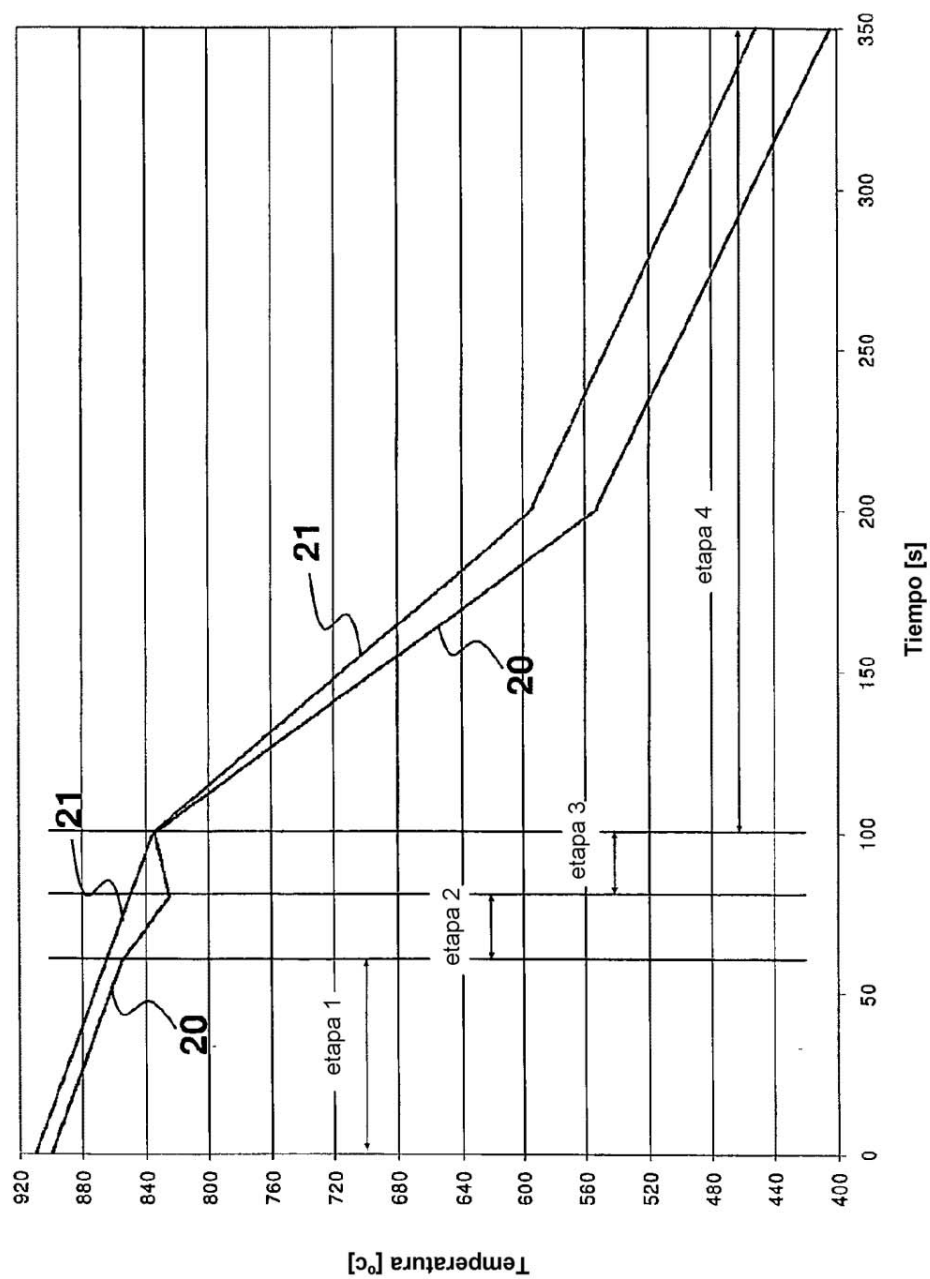


Fig. 3

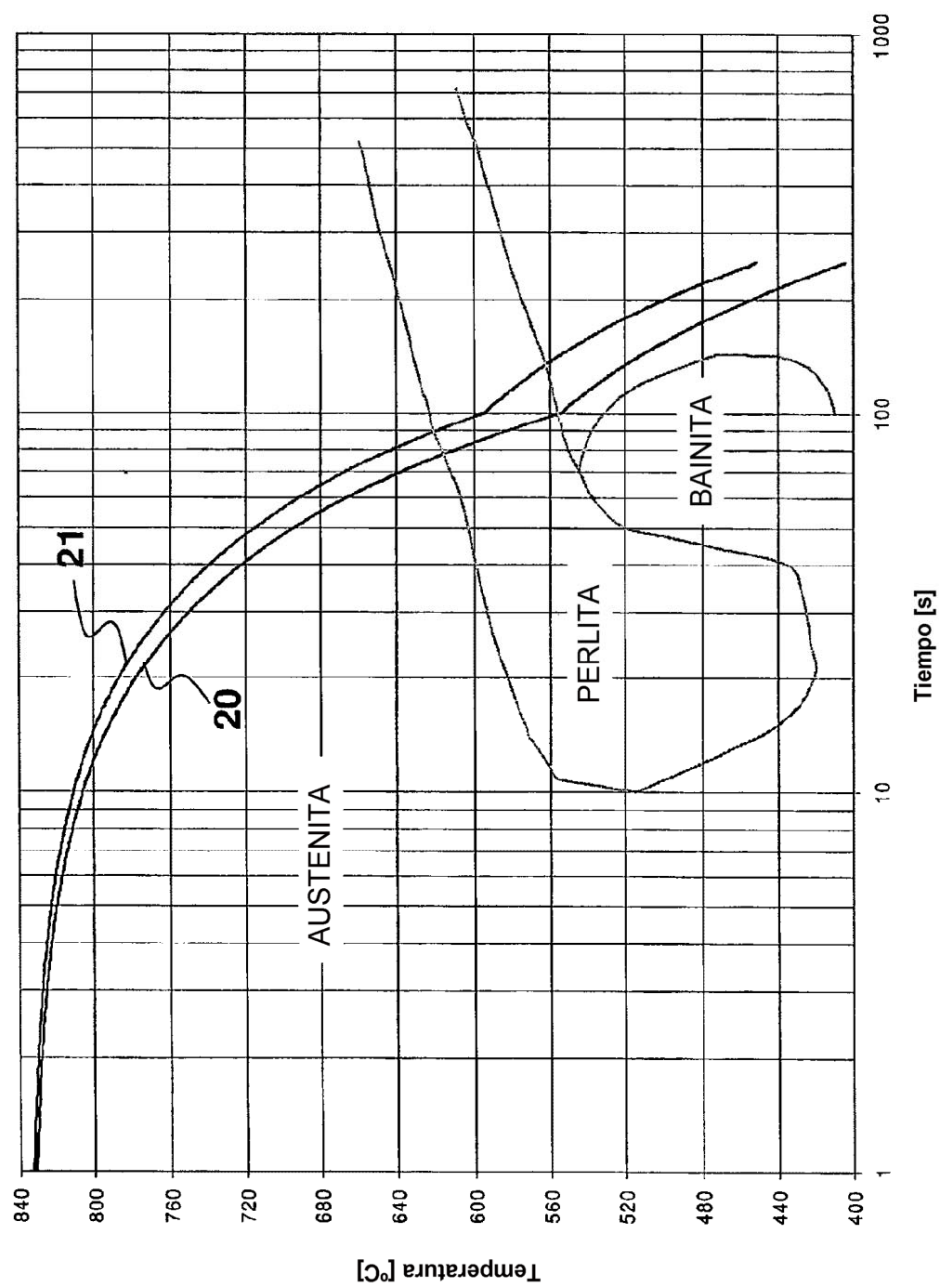


Fig. 4

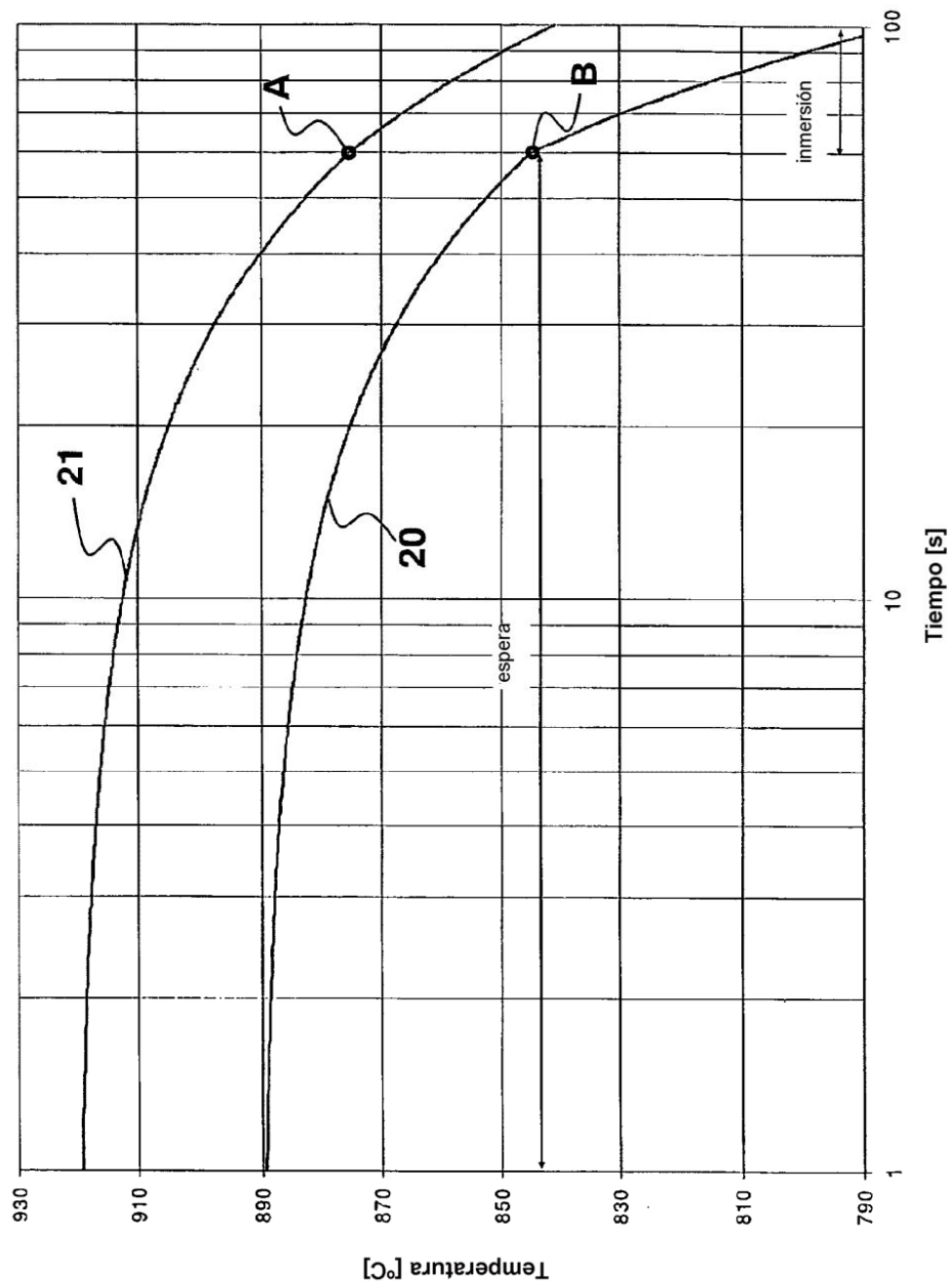


Fig. 5

TÉCNICA ANTERIOR

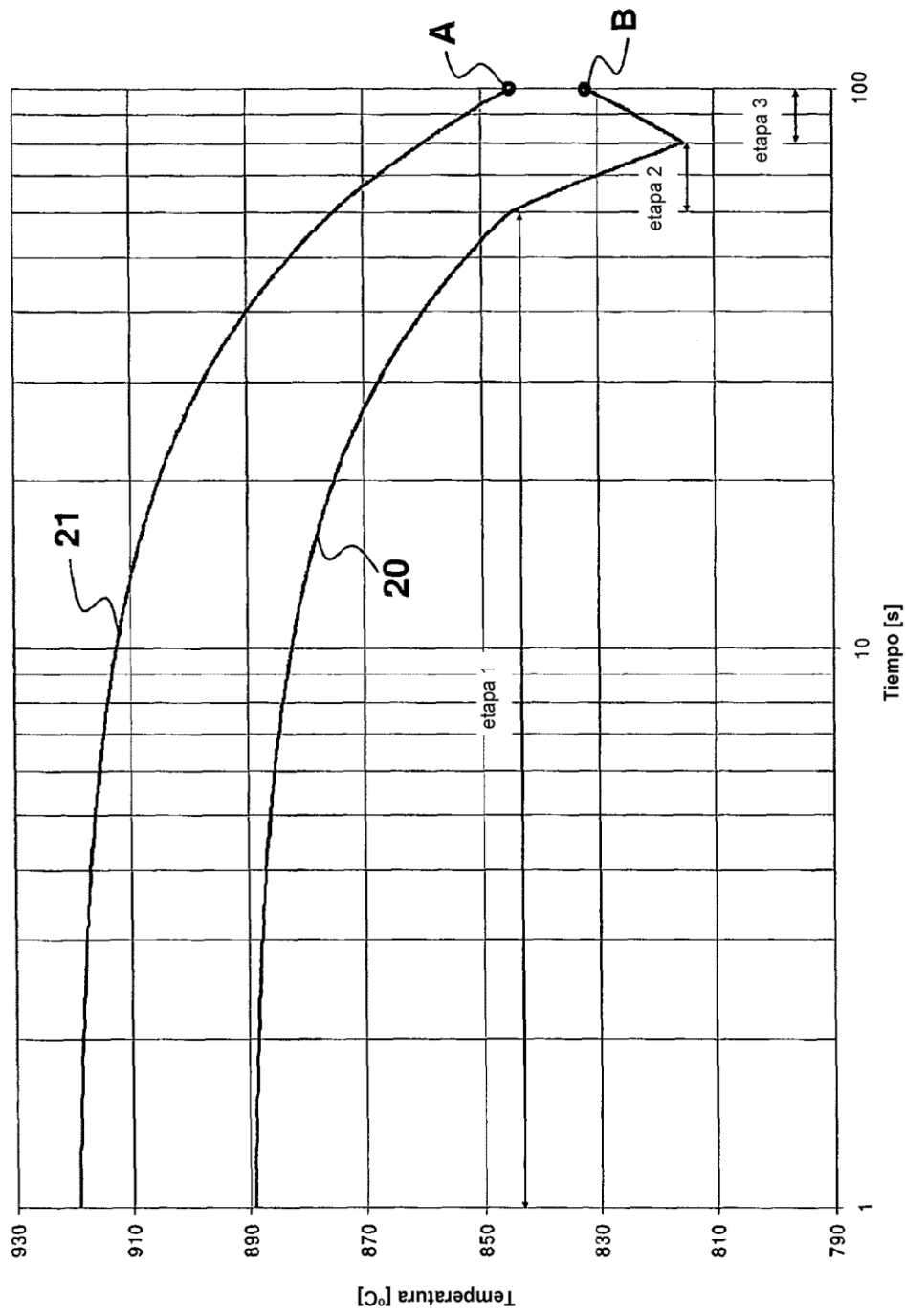


Fig. 6

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es sólo para la comodidad del lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha tomado especial cuidado en la compilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patentes citados en la descripción

- JP 09057301 B [0010]