

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 945**

51 Int. Cl.:

C21D 9/56 (2006.01)

C21D 11/00 (2006.01)

F27B 9/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2005 E 05292110 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2015 EP 1647604**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la mejora cualitativa y cuantitativa de la fabricación en un horno vertical de tratamiento de bandas de acero o de aluminio**

30 Prioridad:

14.10.2004 FR 0410848

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

07.09.2015

73 Titular/es:

**COCKERILL MAINTENANCE & INGÉNIERIE S.A.
(100.0%)
Avenue Greiner, 1
4100 Seraing, BE**

72 Inventor/es:

**DUBOIS, PATRICK BERNARD MICHEL y
BOYER, MICHEL CAMILLE MARCEL**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 544 945 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

Procedimiento y dispositivo para la mejora cualitativa y cuantitativa de la fabricación en un horno vertical de tratamiento de bandas de acero o de aluminio

5 La presente invención concierne de un modo general a un procedimiento de mejora de la producción de una línea vertical de tratamiento térmico de acero o de aluminio y de mejora de la calidad de los productos que se van a tratar.

10 Más precisamente, el procedimiento objeto de la invención concierne a líneas verticales (o que comprenden una cámara vertical) de tratamientos de bandas de acero o de aluminio que utilizan por lo menos una cámara vertical de calentamiento o una cámara vertical de refrigeración, tales como las líneas de tratamiento térmico, en particular las líneas de recocido en continuo, o tales como las líneas de revestimientos, en particular las líneas de revestimientos metálicos o no metálicos.

15 Este procedimiento contempla permitir hacer máxima la productividad de la línea y la calidad del producto final por una determinación de las consignas de velocidad, de transferencia térmica y de tracción del producto tratado, óptimas en régimen estable y en régimen transitorio evitando los pliegues sobre la banda.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

20 Se va a presentar, con referencia a las figuras 1 a 4 una descripción general de las líneas de tratamiento de bandas de acero o de aluminio.

25 Una cámara vertical de calentamiento de una línea de tratamiento de bandas realizada siguiendo el estado de la técnica está construida según el principio representado en la figura 1, en la cual se distingue una cámara de calentamiento 1, rodillos 2 de transporte o de reenvío que equipan dicha cámara, una banda metálica 3 que pasa sobre dichos rodillos y elementos de calentamiento 4. La banda 3 es calentada dentro de la cámara 1 principalmente por los elementos de calentamiento 4, que lo más a menudo están constituidos por tubos radiantes eléctricos o una combustión de gas.

30 En el momento de su paso dentro de la cámara 1, la banda 3 es calentada sobre sus dos caras por los elementos de calentamiento 4 situados en una parte y en la otra de la línea de paso, dicha banda cambia de línea de paso en cada rodillo de reenvío. La curva de calentamiento de la banda 3 dentro de la cámara 1 está controlada por la indexación de los diferentes elementos de calentamiento 4 o grupos de elementos de calentamiento que funcionan de modo idéntico.

35 Una cámara vertical de refrigeración de una línea de tratamiento de bandas realizada siguiendo el estado de la técnica está construida según el principio representado en la figura 2, sobre la cual se distingue una cámara de refrigeración 1', rodillos 2' de transporte o de reenvío que equipan dicha cámara, una banda metálica 3' que pasa sobre dichos rodillos y elementos de refrigeración 4'. La banda 3' es refrigerada dentro de la cámara 1' principalmente por los elementos de refrigeración 4', que lo más a menudo están constituidos por conjuntos de soplado de gas a una temperatura inferior a la temperatura de la banda.

40 En el momento de su paso dentro de la cámara 1', la banda 3' es refrigerada sobre sus dos caras por los elementos de refrigeración 4' situados por una parte y por la otra de la línea de paso, y dicha banda cambia de línea de paso en cada rodillo de reenvío. La curva de refrigeración de la banda 3' dentro de la cámara está controlada por la indexación de los diferentes elementos de refrigeración 4' o grupos de elementos de refrigeración que funcionan de modo idéntico.

50 PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA Y CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

La productividad de la línea está determinada por la capacidad de cada cámara 1 o 1' de asegurar una transferencia térmica de calentamiento o de refrigeración a fin de conseguir temperaturas de la banda a la salida de las cámaras que respeten las tolerancias de la temperatura determinadas.

55 Las tolerancias de la temperatura de la banda de hecho están constituidas por dos tipos de tolerancias:

- tolerancias metalúrgicas: hay que evitar sobrecalentar o sub calentar la banda, a fin de respetar un ciclo térmico que determine las características mecánicas finales de la banda,
- 60 - tolerancias del proceso que están determinadas en función de las condiciones funcionales teniendo en cuenta la configuración de la cámara, de la producción y del producto que se va a tratar. En la práctica estas tolerancias del proceso lo más a menudo están determinadas por la tensión de no formar pliegues sobre la banda (comúnmente denominadas por los anglosajones "heat buckles" dentro de las cámaras de calentamiento y "cool buckles" dentro de las cámaras de refrigeración).

65

La calidad del producto final es por lo tanto fuertemente dependiente del respeto de las tolerancias metalúrgicas, pero también de la no formación de pliegues sobre la banda (es decir del respeto de las tolerancias del proceso). En efecto, los pliegues pueden ocasionar deformaciones permanentes no compatibles con la utilización final o arañosos en el momento en el que los pliegues tocan elementos fijos situados en la línea, o igualmente roturas de la banda.

5 Las tolerancias metalúrgicas por lo que ellas se refiere están determinadas de modo fiable por el explotador, generalmente por pruebas mecánicas efectuadas sobre muestras de banda separadas previamente a la salida de la línea.

10 FORMACIÓN DE PLIEGUES

En calentamiento (figura 1), existe en el recinto de la cámara de calentamiento 1, una diferencia de temperatura entre la banda 3, que está fría, y los rodillos 2, que están calientes, puesto que están colocados en un entorno caliente. En el momento en el que la banda 3 pasa sobre los rodillos 2, los enfría por contacto, en una zona que
15 corresponde a su ancho. Este efecto es muy marcado sobre todo para los primeros rodillos.

La repartición de la temperatura según el eje longitudinal del rodillo adopta entonces la forma de una cubeta, como se ilustra en la figura 3. Esta repartición de la temperatura no homogénea siguiendo el eje longitudinal del rodillo comporta una dilatación diferencial o perfil térmico, que sigue el mismo perfil que el perfil de la temperatura. El perfil
20 térmico se denomina en diábolo.

En refrigeración (figura 2), existe en el recinto de la cámara de refrigeración 1', una diferencia de temperatura entre la banda 3', que está caliente, y los rodillos 2', que están fríos, puesto que están colocados en un entorno frío. En el momento en el que la banda 3' pasa sobre los rodillos 2', los recalienta por contacto, en una zona que corresponde a
25 su ancho. Este efecto es muy marcado sobre todo para los primeros rodillos.

La repartición de la temperatura según el eje longitudinal del rodillo adopta entonces la forma de un abombado, como se ilustra en la figura 4. Esta repartición de la temperatura no homogénea siguiendo el eje longitudinal del rodillo comporta una dilatación diferencial o perfil térmico, que sigue el mismo perfil que el perfil de la temperatura. El
30 perfil térmico se denomina en bombeado.

El perfil en caliente de los rodillos en contacto con la banda es la superposición de un perfil de mecanizado (es decir perfil en frío) y de un perfil térmico (en diábolo dentro de las cámaras de calentamiento y en bombeado dentro de las
35 cámaras de refrigeración).

A fin de evitar los problemas de guiado, hay que evitar absolutamente un perfil en caliente en "diábolo" del rodillo (es decir con un diámetro en la zona mediana de la banda que sea inferior al diámetro hacia los bordes de la banda) sino preferir un perfil en caliente plano o con un ligero bombeado (es decir con un diámetro en la zona mediana de la banda que sea superior al diámetro hacia los bordes de la banda). En efecto un perfil en "diábolo" no es auto
40 centrador y cuando la banda se desvía hacia uno de los bordes del rodillo, no es devuelta hacia el centro, contrariamente al perfil en "bombeado" que es auto centrador. Este fenómeno por otra parte ha sido largamente observado en el momento del accionamiento de máquinas giratorias por correas lisas.

Para evitar este fenómeno, los rodillos que equipan las cámaras de calentamiento lo más generalmente están mecanizados con un bombeado inicial, que es suficiente para conservar un perfil en caliente con un bombeado muy ligero después del perfil térmico debido al contacto de la banda y del rodillo, cuando los rodillos que equipan las
45 cámaras de refrigeración lo más generalmente están mecanizados con un perfil liso, el bombeado final muy ligero del perfil en caliente es el perfil térmico debido al contacto de la banda y del rodillo.

50 El paso de una banda sobre un rodillo no cilíndrico comporta tensiones mecánicas diferenciales según el ancho. Cuando estas tensiones mecánicas, superpuestas a las otras tensiones mecánicas (tracción de banda, peso propio, etc.) exceden el límite elástico (o el límite de pandeo que puede ser inferior al límite elástico) de la banda a la temperatura dada, existe formación de pliegues.

55 Este fenómeno existe en régimen estable y todavía más en régimen transitorio. En efecto, cuando se ha procedido a un cambio de formato de la banda (grosor o ancho) o a un cambio de calidad (ciclo térmico) de banda, dicha banda pasa entonces sobre rodillos que tienen el perfil en caliente de la banda anterior, o de la misma banda en condiciones no estabilizadas.

60 Por ejemplo, en una cámara de calentamiento, el riesgo de formación de pliegues (comúnmente denominados "heat buckles") es aún más grande cuando el perfil del rodillo bajo la banda se aleja de un perfil cilíndrico y cuando la banda está caliente (dicha banda tiene en efecto entonces un límite elástico y un límite al pandeo más débiles). Si se ha pasado de una banda estrecha a una banda ancha, el bombeado térmico en caliente inicial será más pronunciado y este bombeado del rodillo más pronunciado inducirá por lo tanto un riesgo de pliegues importante. Del
65 mismo modo, el paso de una banda gruesa a una banda fina dentro de una cámara de calentamiento presenta riesgos más importantes que en régimen estabilizado.

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

5 Los problemas de calidad o de pérdida de productividad debidos a los pliegues no son nuevos, sino que presentan una situación crítica cada vez más importante por las razones que se exponen más adelante en este documento.

10 Las siderurgias tienen cada vez más formatos (grosor, ancho) o calidades de banda (ciclo térmico) para tratar. El número de transiciones aumenta (no es raro cambiar de grosor, de ancho de banda o de calidad de banda de cada dos a cinco bobinas tratadas).

15 Los formatos de las bandas evolucionan hacia anchos que son cada vez más grandes. Las chapas de 2000 mm de ancho son actualmente corrientes, mientras que raramente sobrepasaban los 1600 mm hace algunos años. Por otra parte, la mejora de las propiedades mecánicas finales de los aceros permite disminuir el grosor, conduciendo a una bajada del peso. Globalmente la relación ancho/grosor aumenta por lo tanto sensiblemente, de donde una más grande sensibilidad a los pliegues.

20 La aparición de clases modernas a base de carbono, en particular la generalización de los aceros sin intersticiales, exige para estos aceros que se pueden embutir un reconocido a más alta temperatura, es decir una banda con un límite elástico muy débil y un límite al pandeo muy débil. La bajada de la resistencia mecánica a alta temperatura en que resulta acentúa por lo tanto todavía el riesgo de pliegues.

La aparición de cámaras de refrigeración rápida directamente a partir de la temperatura de recocido acentúa los perfiles térmicos de los rodillos generados por la banda (entorno muy frío y banda caliente).

25 El aumento de la productividad impone un aumento de la velocidad, implicando entonces una necesidad de guiado más punzante a fin de evitar las desviaciones laterales.

ESTADO DE LA TÉCNICA

30 Diversas soluciones han sido puestas en práctica en el pasado para mejorar la productividad de las líneas y la calidad de los productos que se van a tratar, como se recuerda más adelante en este documento a título de ejemplo.

35 Se han probado variaciones en la tracción de la banda bajando de modo empírico o pseudo empírico la tracción para ciertos formatos o calidades de banda. Este procedimiento conduce a menudo a asociar a esta bajada de la tracción una bajada de la velocidad a fin de aliviar el riesgo de desviación de la banda que aumenta cuando la tracción disminuye, lo que implica una pérdida de productividad. Finalmente, teniendo en cuenta la falta de modelización, este procedimiento no es totalmente fiable y los riesgos de desviación o de pliegues subsisten, lo que comporta pérdidas de calidad o de productividad.

40 Captadores de formación de pliegues dentro de las cámaras han sido utilizados algunas veces para pilotar la velocidad de la banda (reducción de velocidad). Esta técnica presenta sin embargo el inconveniente de que no tiene acción predictiva alguna e implica una pérdida de producción.

45 Igualmente se ha investigado un ordenamiento de la producción limitando las transiciones y por lo tanto los riesgos de pliegues y como consecuencia las pérdidas de calidad o de productividad. Este procedimiento es no obstante muy apremiante, ya que implica una planificación de los productos que se van a tratar, lo que impone un stock aguas arriba de la línea y alarga por este hecho los retrasos de reactividad a una solicitud de formato o de ciclo específico por un cliente.

50 Se han utilizado también bobinas denominadas de transición (es decir no comercializadas o desclasificadas) en el momento de las transiciones de formato o de calidad de banda con riesgo de pliegues, lo que evita los pliegues sobre las bandas comercializadas o no desclasificadas, con las consecuencias sobre las pérdidas de producción (rotura de la banda por ejemplo) o de calidad, pero esto implica una pérdida de producción de la línea.

55 Una modificación del propio rodillo ha sido propuesta (véase por ejemplo el documento JP-A- 04-06733), pero esta técnica es muy costosa y delicada de poner en práctica a gran velocidad.

60 Se ha probado igualmente una interposición de pantallas térmicas (fijas o móviles) entre los bordes del rodillo y los tubos radiantes de la cámara de calentamiento (véase por ejemplo el documento JP-A-06-228659), eventualmente completado con una cortina de gas de la atmósfera (véase el documento JP-A-02-282431) o de elementos de calefacción (véase el documento JP-A-63-038532). Esta técnica permite sin duda alguna actuar sobre la térmica del rodillo, pero necesita la puesta en práctica de equipos complejos y relativamente costosos en inversión y en mantenimiento. En efecto, las pantallas solas no son suficientes y quedan en todo caso como accionamientos pasivos.

65

Se han utilizado también procedimientos de pantallas dinámicas, es decir la reducción de los pliegues formados dentro de la zona de calentamiento de las líneas de tratamiento en continuo de las bandas por acción sobre el bombeado térmico de los rodillos de transporte, esta modificación del estado térmico de los rodillos siendo realizada directamente por la modulación del calentamiento de los tubos radiantes situadas en la proximidad de estos rodillos.
 5 Se puede hacer referencia por ejemplo al documento EP-A-1 229 138. Este procedimiento actúa sobre el bombeado térmico únicamente en función de criterios empíricos determinados por las tolerancias de la temperatura globales (es decir sin disociación de las tolerancias metalúrgicas y de las tolerancias del proceso) y no pilota la tracción de la banda y por este hecho no optimiza la producción de la línea. Además, sobre la mayor parte de las cámaras de calentamiento existentes, los tubos radiantes están reagrupados para la regulación del calentamiento en zonas de control verticales, de manera que un control de los tubos radiantes solos situados en la proximidad de los rodillos impone modificaciones pesadas y por lo tanto no económicas.

Se han propuesto también modelos de cálculo de las transiciones que contemplan limitar la diferencia de temperatura entre los dos formatos de banda en el momento de una transición, a fin de que la temperatura del producto más caliente sea compatible con las consignas de tolerancia de las temperaturas previamente definidas. Estos modelos presentan sin embargo dos inconvenientes mayores:

- no calculan en tiempo real los intercambios térmicos entre la banda y cada rodillo y por lo tanto no integran el efecto de la conducción relacionado con la velocidad de la línea, y
- no disocian las tolerancias de la temperatura del proceso y las tolerancias de las temperaturas metalúrgicas.

La producción por lo tanto no está optimizada, en particular puesto que las tolerancias de las temperaturas no son máximas en ciertos casos. Finalmente las estrategias anti pliegues lo más a menudo son globales y aplicadas a todas las transiciones, lo que limita la productividad de la línea.

Por otra parte, cualquier combinación de las soluciones citadas antes en este documento no presenta un incentivo mayor alguno.

Para completar el estado de la técnica, conviene igualmente citar algunos otros documentos que ilustran diferentes enfoques propuestos para reducir los pliegues u obtener un guiado estable de la banda sobre los rodillos.

El documento WO 98/30852 describe un proceso que contempla optimizar el guiado de una banda de metal que pasa sobre varios rodillos dentro de una línea de tratamiento térmico continuo. El procedimiento pone en práctica una regulación por un sistema de control que tienen en cuenta las medidas de variables relativas a la banda y de variables relativas al sistema de calentamiento. El sistema de control utiliza estas variables, los datos entrados manualmente y un perfil de temperaturas de la banda denominado "de concepción" para determinar las modificaciones que se van a aportar a los parámetros del sistema de calentamiento, de cara a conseguir este perfil de temperatura.

El documento EP-A1- 0 265 700 describe un dispositivo de control de la tensión de una banda en deslizamiento dentro de una línea vertical de tratamiento térmico, que comprende medios de estimación de la temperatura sobre diversas secciones del rodillo, en función de la temperatura medida dentro del horno y de la velocidad de desenrollado de la banda. La decisión precisa que el dispositivo comprende un circuito destinado a determinar una tensión objetivo de la banda teniendo en cuenta el bombeado efectivo estimado del rodillo.

El documento JP-A-08 013 042 describe así un procedimiento de reducción de pliegues para una banda de acero que circula dentro de una cámara de calentamiento, según el cual se pilotan los elementos de calentamiento para ajustar la temperatura de la cámara de calentamiento y la temperatura de la banda, basándose sobre la experiencia de los funcionamientos anteriores. Se debe observar que no está previsto cálculo alguno en tiempo real del perfil en caliente de los rodillos ni de la temperatura de la banda. La velocidad de la línea solamente se determina empíricamente a partir de gamas de temperaturas aceptables, de suerte que no está prevista referencia alguna a un modelo físico integrado de intercambio térmico.

El documento JP-A-07 278 682 describe un procedimiento análogo al anterior, en el cual se pilota una atmósfera gaseosa para evitar la formación de pliegues modificando las consignas de un calentamiento previo a fuego directo, con la determinación de una gama de temperaturas admisibles para la banda. Este procedimiento no se preocupa por lo tanto de manera alguna de los perfiles de los rodillos.

El documento JP-A-02 030 721 describe un procedimiento que contempla obtener un guiado estable de la banda sobre los rodillos (a la cuestión de los pliegues por lo tanto no se hace referencia directamente), fundándose en las desviaciones de la temperatura entre los bordes y el centro de los rodillos, desviaciones las cuales son mantenidas por debajo del umbral previamente determinado modificando la velocidad de la línea. Se buscaba por lo tanto predecir por el cálculo la distribución de las temperaturas dentro de los rodillos en función de las medidas del grosor, del ancho, de la temperatura y de la velocidad de la banda. De ninguna manera sin embargo se sugiere calcular en

tiempo real el perfil en caliente de los rodillos y no está prevista referencia alguna a un modelo físico integrado del intercambio térmico.

5 El documento JP-A-62 089 821 describe un procedimiento que contempla evitar a la vez el deslizamiento lateral de la banda y la formación de pliegues, que consiste en estimar el bombeado de los rodillos y en modificar la velocidad de la línea para que este bombeado quede dentro de un margen previamente determinado. Se trata por lo tanto de un enfoque puramente empírico con una referencia a los ábacos, que consiste en seleccionar de modo empírico perfiles de calentamiento de la banda dentro de la cámara de calentamiento, después en efectuar interpolaciones. Conviene observar que la estimación del bombeado de los rodillos la cual está en cuestión no tiene nada que ver con un cálculo del perfil en tiempo real.

10 El documento JP-A-60 021 335 describe un detector de pliegues por un captador que transmite un mensaje de alerta en caso de un pliegue detectado, mensaje el cual desencadena un reglaje de los parámetros de la temperatura, de la velocidad de la línea y de la tensión de la banda.

15 El documento JP-A-08 060 255 describe un procedimiento de detección y de predicción de la formación de pliegues por medio de cálculos repetitivos de la temperatura de la banda, de la temperatura de los rodillos y del perfil de los rodillos. Conviene observar que no está prevista referencia alguna a un modelo físico integrado de intercambio térmico.

20 El documento JP-A-04 056 733 describe finalmente una estructura de rodillos con un casquillo interior que se calienta para tener una repartición más uniforme de la temperatura.

25 OBJETO DE LA INVENCION

La invención contempla optimizar la velocidad de la línea o la tracción de la banda o las tolerancias de la temperatura del proceso de modo económico a fin de hacer máxima la producción de la línea y la calidad del producto final.

30 DEFINICION GENERAL DE LA INVENCION

35 El problema técnico previamente citado se resuelve según la invención gracias a un procedimiento de mejora de la producción de una línea vertical de tratamiento térmico del acero o del aluminio o de mejora de la calidad de los productos que se van a tratar por reducción de los pliegues formados dentro de una cámara de calentamiento o de refrigeración para una banda metálica que pasa sobre rodillos de transporte o de reenvío que equipan dicha cámara, con una determinación de las tolerancias de las temperaturas de la banda aceptables para una no formación de pliegues sobre los rodillos, en régimen estable o transitorio, dicho procedimiento estando caracterizado por un cálculo en tiempo real del perfil en caliente del o de los rodillos los más críticos para la formación de pliegues, y un cálculo en tiempo real de la temperatura de la banda máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados para el dicho o dichos rodillos los más críticos, dichos cálculos estando efectuados por referencia a por lo menos un modelo físico integrado de intercambio térmico que incluye al menos los intercambios conductivos entre la banda y los rodillos de la cámara de calentamiento o de refrigeración, según la reivindicación 1.

40 De preferencia, el procedimiento comprende la optimización del o de los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos los más críticos actuando sobre los elementos de calentamiento o de refrigeración de la banda que equipan la cámara de calentamiento o de refrigeración.

45 De forma ventajosa todavía, el procedimiento comprende el cálculo y la aplicación en tiempo real de la velocidad de la banda máxima admisible o de la tracción de la banda máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos los más críticos.

50 La invención concierne igualmente a un dispositivo destinado a poner en práctica un procedimiento de mejora que presenta una por lo menos de las características anteriormente citadas, dicho dispositivo siendo remarcable por que comprende un calculador del proceso que utiliza al menos un modelo físico integrado de intercambio térmico que incluye por lo menos los intercambios conductivos entre la banda y los rodillos de la cámara de calentamiento o de refrigeración, dicho calculador estando instalado para determinar las tolerancias de las temperaturas de la banda aceptables para la no formación de pliegues sobre los rodillos y para calcular en tiempo real el perfil en caliente del o de los rodillos los más críticos para la formación de pliegues y la temperatura máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados para dicho o dichos rodillos los más críticos, refiriéndose a dicho por lo menos un modelo físico integrado de intercambio térmico.

55 De preferencia, el calculador del proceso está igualmente instalado para calcular en tiempo real la velocidad o la tracción de la banda admisibles para el o los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos los más críticos.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto más claramente a la luz de la descripción que sigue de un modo de realización particular, con referencia a las figuras 5 y 6, en las cuales se han conservado, para los órganos homólogos, las mismas referencias que aquellas utilizadas en las figuras 1 a 4.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MEDIOS DE PUESTA EN PRÁCTICA DE LA INVENCION

Según la invención, y contrariamente a las soluciones del estado de la técnica, sólo las tensiones de las tolerancias metalúrgicas de la temperatura están indicadas como consignas para el explotador para una banda determinada y un modelo matemático optimiza la velocidad de la línea, las tolerancias de la temperatura del proceso o la tracción de la banda para evitar los pliegues y asegurar una productividad máxima en función del cálculo en tiempo real de los perfiles de los rodillos en régimen estable y transitorio. El modelo matemático integra en tiempo real el efecto de la conducción entre la banda y los rodillos.

Un ejemplo de puesta en práctica de la invención en una cámara de calentamiento (figura 5) está constituido por un calculador de proceso 100 que modeliza principalmente los intercambios térmicos entre la banda 3 y los elementos de calentamiento 4, los intercambios térmicos entre la banda 3 y los rodillos 2 y los intercambios térmicos entre la cámara 1 y la banda 3 a fin de calcular el perfil térmico en tiempo real de cada rodillo o de cada rodillo crítico para la formación de pliegues. El calculador 100 es así capaz de adoptar o de indicar las acciones necesarias para evitar la formación de pliegues.

Un ejemplo de puesta en práctica de la invención en una cámara de refrigeración (figura 6) está constituido por un calculador de proceso 100 que modeliza principalmente los intercambios térmicos entre la banda 3' y los elementos de refrigeración 4', los intercambios térmicos entre la banda 3' y los rodillos 2' y los intercambios térmicos entre la cámara 1' y la banda 3' a fin de calcular el perfil térmico en tiempo real de cada rodillo o de cada rodillo crítico para la formación de pliegues. El calculador 100 es así capaz de adoptar o de indicar las acciones necesarias para evitar la formación de pliegues.

La puesta en práctica en una o varias cámaras de calentamiento 1 naturalmente se puede combinar a la puesta en práctica dentro de una o de varias cámaras de refrigeración 1'.

El modelo físico integrado de intercambio térmico utilizado por el calculador de proceso 100 concierne al menos a los intercambios conductivos entre la banda 3 o 3' y los rodillos 2 o 2' de la cámara de calentamiento o de refrigeración. Sin embargo igualmente puede concernir a otros intercambios térmicos, en particular los intercambios por radiación (entre la banda y los elementos de calentamiento o de refrigeración, o entre la banda y la cámara de calentamiento o de refrigeración), o los intercambios por convección (entre la banda y la atmósfera gaseosa que reina dentro de la cámara de calentamiento o de refrigeración).

Cuando se ha determinado cuál o cuáles de los rodillos 2 o 2' son los más críticos para la formación de pliegues, el modelo físico integrado sirve de referencia de base para los intercambios térmicos entre la banda 3 o 3' y los rodillos 2 o 2', en particular los rodillos que están aguas arriba del o de los rodillos los más críticos, ya que estos últimos tienen por supuesto una influencia preponderante.

En uno o en el otro de los dos casos anteriores, el calculador de proceso 100 determina la tolerancia de la temperatura del proceso (temperatura máxima de la banda) para la no formación de pliegues teniendo en cuenta el perfil de cada rodillo calculado y:

- i. Hacer máxima la velocidad de la banda en régimen estable (es decir para una misma banda y un mismo ciclo térmico) para respetar esta tolerancia de la temperatura del proceso (así como las tolerancias de la temperatura metalúrgicas);
- ii. Hacer máxima la o las velocidades de la banda en régimen transitorio (es decir en el momento del cambio de ciclo térmico o de un cambio de formato) para respetar esta tolerancia de la temperatura del proceso (así como las tolerancias de la temperatura metalúrgicas);
- iii. Actuar según la necesidad sobre la tracción de la banda para respetar los imperativos de guiado y de no formación de pliegues teniendo en cuenta los perfiles de los rodillos calculados; y
- iv. Actuar según la necesidad sobre los órganos de calentamiento o de refrigeración de la banda para optimizar el perfil del rodillo a fin de aumentar la tolerancia de la temperatura del proceso.

La invención procura ventajas muy importantes, que se recuerdan continuación:

- ganancia en la productividad de la línea, por aplicación instantánea de la velocidad máxima compatible con la no formación de pliegues;
- ganancia en la calidad y en la productividad por garantía de la no formación de pliegues (con las consecuencias asociadas de la producción de segunda elección, de ralentización de la línea o de rotura de la banda);
- ganancia en flexibilidad por una posibilidad de paso de transición de formato o de calidad de banda no realizable con las soluciones tradicionales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de mejora de la producción de una línea vertical de tratamiento térmico del acero o del aluminio y/o de mejora de la calidad de los productos que se van a tratar por reducción de los pliegues formados dentro de una cámara (1; 1') de calentamiento o de refrigeración para una banda metálica (3; 3') que pasa sobre rodillos de transporte y/o de reenvío que equipan dicha cámara, con una determinación de las tolerancias de las temperaturas de la banda aceptables para una no formación de pliegues sobre los rodillos, en régimen estable o transitorio, caracterizado por un cálculo en tiempo real del perfil en caliente del o de los rodillos (2; 2') los más críticos para la formación de pliegues, y un cálculo en tiempo real de la temperatura de la banda máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados para el dicho o dichos rodillos los más críticos, dichos cálculos estando efectuados por referencia a por lo menos un modelo físico integrado de intercambio térmico que incluye al menos los intercambios conductivos entre la banda (3; 3') y los rodillos (2; 2') de la cámara (1; 1') de calentamiento o de refrigeración.
2. Procedimiento según la reivindicación 1 caracterizado por la optimización del o de los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos (2; 2') los más críticos actuando sobre los elementos (4; 4') de calentamiento o de refrigeración de la banda que equipan la cámara (1; 1') de calentamiento o de refrigeración.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 caracterizado por el cálculo y la aplicación en tiempo real de la velocidad de la banda máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos (2; 2') los más críticos.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 caracterizado por el cálculo y la aplicación en tiempo real de la tracción de la banda máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos (2; 2') los más críticos.
5. Dispositivo destinado a poner en práctica un procedimiento de mejora según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por que comprende un calculador de proceso (100) que utiliza por lo menos un modelo físico integrado de intercambio térmico que incluye al menos los intercambios conductivos entre la banda (3; 3') y los rodillos (2; 2') de la cámara (1; 1') de calentamiento o de refrigeración, dicho calculador estando instalado para determinar las tolerancias de las temperaturas de la banda aceptables para la no formación de pliegues sobre los rodillos y para calcular en tiempo real el perfil en caliente del o de los rodillos (2; 2') los más críticos para la formación de pliegues y la temperatura máxima admisible para el o los perfiles en caliente calculados para dicho o dichos rodillos los más críticos, refiriéndose a dicho por lo menos un modelo físico integrado de intercambio térmico.
6. Dispositivo según la reivindicación 5 caracterizado por que el calculador de proceso (100) está igualmente instalado para calcular en tiempo real la velocidad y/o la tracción de la banda admisibles para el o los perfiles en caliente calculados en tiempo real del o de los rodillos (2; 2') los más críticos.

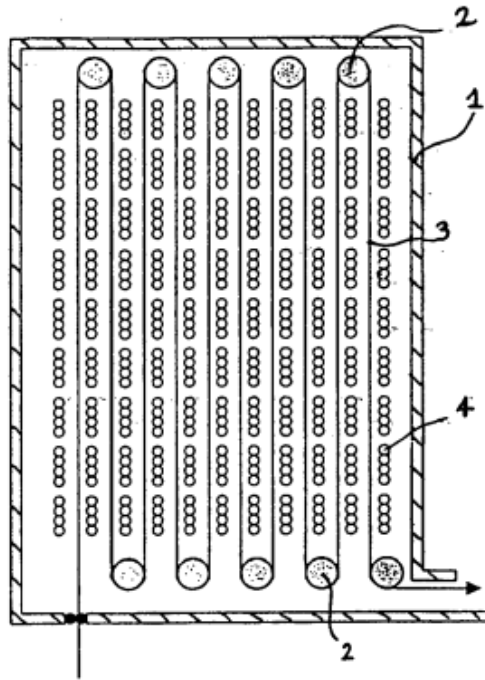


Fig. 1

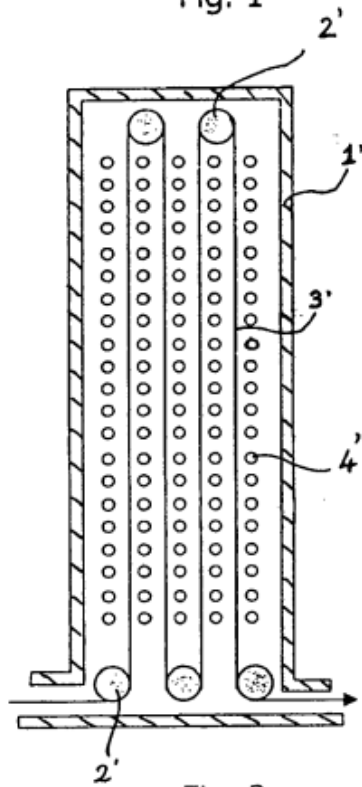


Fig. 2

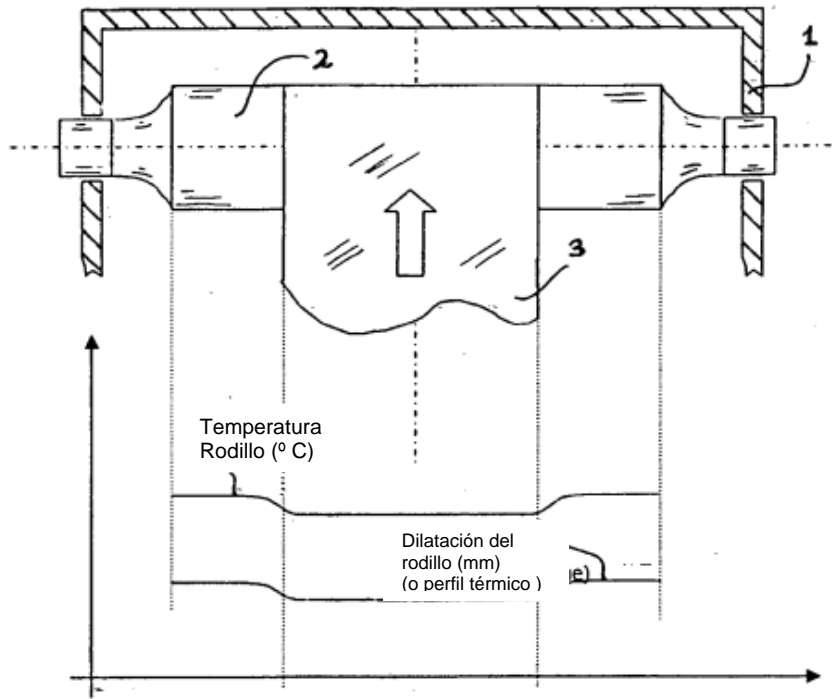


Fig.3

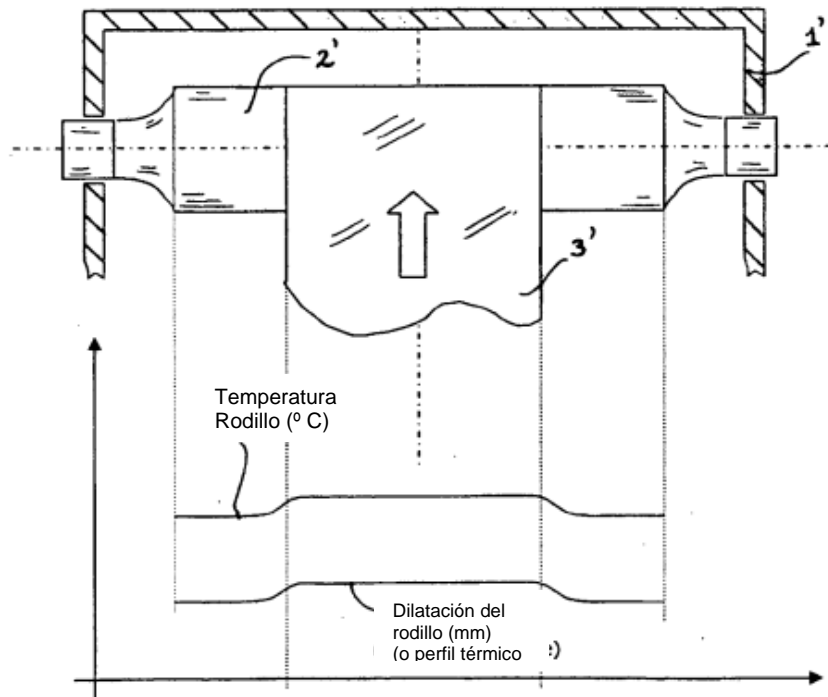


Fig.4

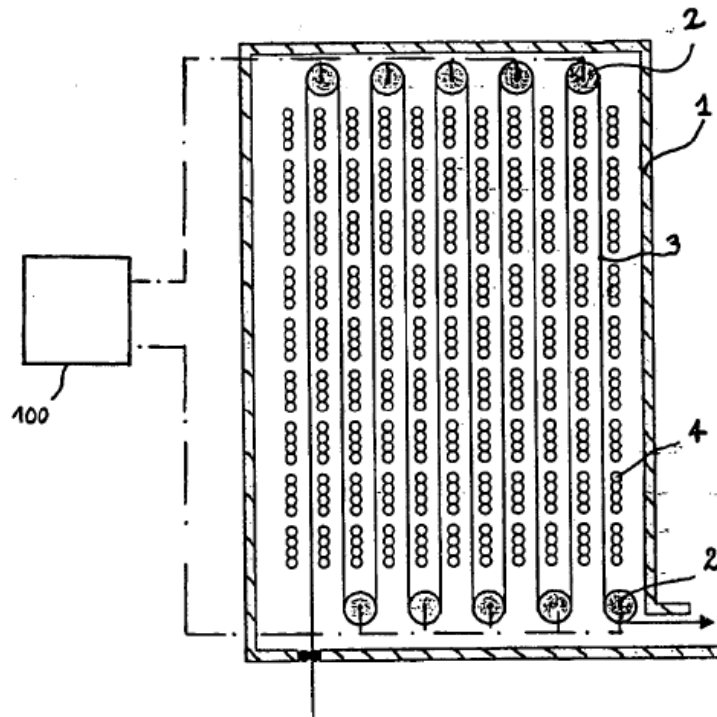


Fig. 5

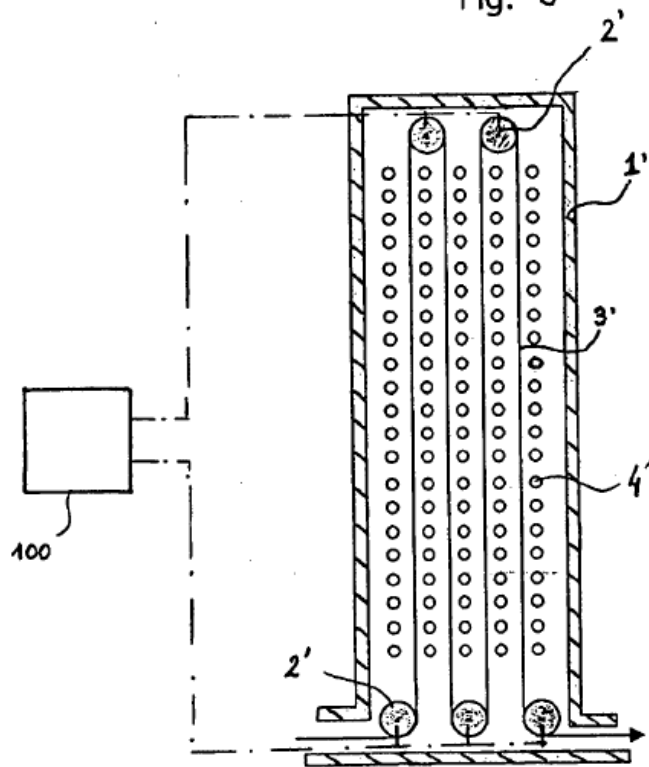


Fig. 6