

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 881 292**

51 Int. Cl.:

C21D 1/667 (2006.01)

C21D 9/56 (2006.01)

C21D 9/573 (2006.01)

C21D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.01.2010 PCT/IB2010/050049**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2010 WO10079452**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2010 E 10702917 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021 EP 2376662**

54 Título: **Método y sección para enfriar una banda metálica en movimiento mediante pulverización de líquido**

30 Prioridad:

09.01.2009 FR 0900077

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.11.2021

73 Titular/es:

**FIVES STEIN (100.0%)
108-112 Avenue de la Liberté
94700 Maisons Alfort, FR**

72 Inventor/es:

**CLAVEROULAS, CYRIL y
MARMONIER, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 881 292 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y sección para enfriar una banda metálica en movimiento mediante pulverización de líquido

- 5 La presente invención se refiere a mejoras realizadas a las secciones de enfriamiento de líneas de tratamiento continuas para tiras metálicas, en particular, para recocido, galvanización o estañado.

Una línea de tratamiento continua para tiras metálicas se compone de una sucesión de secciones de tratamiento térmico, en particular calentamiento, mantenimiento de la temperatura, enfriamiento, envejecimiento, etc.

- 10 La presente invención se refiere a las secciones de enfriamiento de líneas de tratamiento continuas y, más particularmente, a las secciones de enfriamiento rápido con pulverización de un líquido sobre la tira.

- 15 El enfriamiento controlado continuo basado en la anchura o la longitud ya es conocido y se describe en los documentos JP 57041317 A, EP 0 614992 A1 o JP 2004130353 A. Generalmente, el líquido refrigerante es agua, que puede tratarse previamente, por ejemplo, para extraer oxígeno disuelto o sales minerales de esta, y que puede contener aditivos para mejorar el intercambio térmico o limitar la oxidación de la tira.

- 20 El enfriamiento con agua hace posible obtener gradientes de enfriamiento muy grandes, más allá de los obtenibles con enfriamiento por gas.

- 25 El enfriamiento de la tira también puede lograrse pulverizando una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre la tira. En este caso, generalmente el gas está presente como gas portador para efectuar la pulverización y la pulverización del líquido sobre la tira. Más frecuentemente, el gas usado es nitrógeno, pero también puede estar compuesto de una mezcla de nitrógeno e hidrógeno, o cualquier otro gas.

El líquido puede pulverizarse como una nebulización o pulverizarse con gotículas más grandes o en forma de un líquido continuo.

- 30 Dependiendo del ciclo térmico realizado, el enfriamiento de la tira puede comenzar mientras esté a una temperatura alta, por ejemplo, 750 °C. Cuando la tira está a una temperatura mucho mayor que la temperatura de ebullición del líquido refrigerante, se produce la “ebullición de la película” o una película de vapor. Este es el fenómeno de calefacción. La capa de vapor actúa como barrera para la transferencia de calor entre la tira y el agua, reduciendo así la eficacia del enfriamiento con agua.

- 35 En el caso del agua, el punto de ebullición es cercano a 100 °C. Esto puede variar en unos pocos grados dependiendo de la composición del agua y de su contenido de otros aditivos.

- 40 Finalmente, en el caso de ebullición de la película, el problema puede reducirse a enfriar una pared hipotética a 100 °C con agua. La temperatura del agua pulverizada es entonces un parámetro de primer orden para controlar la intensidad del enfriamiento, $\phi = h (100\text{ °C} - T_{\text{agua}}\text{ °C})$.

- 45 Con respecto al fenómeno de calefacción, existe una temperatura crítica de la tira, denominada “temperatura de Lindenfrost”. Para una temperatura por encima de esta temperatura crítica, el enfriamiento tiene lugar en una película de vapor, de manera que el enfriamiento es ineficiente, pero relativamente muy homogéneo. Para un valor de temperatura menor, pero cercano a la temperatura crítica, la eficiencia de enfriamiento es mucho mejor, pero más bien caótica. En este caso, existe una desaparición local de la capa de vapor, denominada “rehumectación”, con un aumento muy fuerte de la transferencia de calor. Esto da como resultado un gran gradiente de temperatura sobre la anchura de la tira que puede ser la causa de deformaciones plásticas de la tira, por ejemplo, la aparición de pandeos, o de una heterogeneidad de propiedades mecánicas sobre la anchura de la tira.

- 50 Esta temperatura crítica depende de muchos parámetros, incluyendo las características de la pulverización, la temperatura del líquido pulverizado o la naturaleza y temperatura de la superficie enfriada.

- 55 Principalmente, se tiene en cuenta el efecto que tiene sobre esta temperatura la temperatura del líquido refrigerante y los parámetros de pulverización, tales como la velocidad y el diámetro de las gotas.

- 60 El objetivo de la invención es, por encima de todo, asegurar un enfriamiento homogéneo de la tira metálica, en particular, evitar la formación de pandeos o diferencias significativas en las características mecánicas según la anchura y/o la longitud.

- 65 En la técnica de control de enfriamiento continuo, frecuentemente se usa el principio de Lindenfrost, como se describe en los documentos JP 63125622 A, JP 58071339 A, EP 2072157 A1 o JP 2004 331992 A. La invención definida según la reivindicación 1 se refiere a un método para controlar el enfriamiento de una tira metálica que se desplaza en una sección de enfriamiento de una línea de tratamiento continua pulverizando un líquido o una mezcla

que consiste en un gas y un líquido sobre la tira, con el enfriamiento dependiente de parámetros que comprenden temperatura, velocidad, características del flujo del fluido refrigerante, caracterizado por que:

- se establecen una o más zonas en donde los parámetros de enfriamiento son tales que podría ocurrir, u ocurre, la desaparición local de una película de vapor sobre la superficie de la tira caliente, provocando la rehumectación de la tira,

- y se lleva a cabo el ajuste, como parámetro de enfriamiento en la zona o zonas así establecidas, de al menos la temperatura del líquido refrigerante, con dicha temperatura aumentada en la zona donde podría ocurrir, u ocurre, la rehumectación, para mantener el, o volver al, enfriamiento de la película de vapor sobre la superficie de la tira, resultante del fenómeno de calefacción del líquido refrigerante en contacto con la tira caliente.

Por lo tanto, la invención es principalmente un método para controlar el enfriamiento de una tira metálica que se desplaza en una línea de tratamiento continua pulverizando un líquido o una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre la tira para mantener el denominado enfriamiento de "película de vapor" en la superficie de la tira resultante del fenómeno de calentamiento del líquido refrigerante en contacto con una tira caliente, que consiste en aumentar la temperatura del líquido refrigerante en la zona en donde podría ocurrir, u ocurre, la rehumectación, resultante de la desaparición local de la película de vapor, para mantener el, o volver al, enfriamiento de la película de vapor sobre la superficie de la tira.

De forma ventajosa, otro parámetro de enfriamiento ajustado consiste en un parámetro de pulverización formado por la velocidad y/o el diámetro de las gotas del líquido refrigerante en la zona o zonas en cuestión.

Cuando el proceso de enfriamiento implica una sección de enfriamiento con varias unidades de enfriamiento sucesivas dependiendo de la dirección de desplazamiento de la tira, la temperatura del líquido refrigerante puede ajustarse de manera que sea diferente entre dos unidades de enfriamiento sucesivas de la sección de enfriamiento.

Se puede realizar un ajuste combinado de la temperatura y el caudal del líquido refrigerante para permitir que se module el flujo de calor extraído de la tira.

La temperatura del líquido refrigerante se ajusta por toda la anchura de la tira. Se pueden distribuir varias unidades de pulverización de líquido refrigerante por toda la anchura de la tira, y la temperatura y el caudal del líquido refrigerante para cada unidad de pulverización se ajustan por toda la anchura de la tira.

La temperatura del líquido puede ajustarse al inicio del enfriamiento para limitar la variación en el gradiente de temperatura resultante del enfriamiento con respecto al calentamiento o con respecto al mantenimiento de la temperatura anterior.

La temperatura del líquido puede ajustarse según la capacidad de enfriamiento objetivo para limitar las variaciones en el caudal del líquido refrigerante.

De forma ventajosa, para determinar una o más zonas de la sección de enfriamiento en donde los parámetros de enfriamiento sean tales que pudiera ocurrir, u ocurra, la desaparición local de una película de vapor en la superficie de la tira caliente, dando como resultado la rehumectación de la tira, durante las pruebas preliminares,

- se varían las condiciones de funcionamiento

- se hacen observaciones cuando ocurre la rehumectación de la tira y en qué zona de la sección de enfriamiento,

- y, habiéndose fijado todas las demás condiciones de funcionamiento, se asegura el aumento gradual de la temperatura del líquido en la zona en donde ocurre la rehumectación, para permitir que se defina la temperatura de líquido requerida para eliminar la rehumectación y volver a un escenario de película de vapor en la zona bajo inspección.

Las pruebas pueden repetirse en una zona posterior en la dirección de desplazamiento de la tira para mantener una película de vapor por toda la sección de enfriamiento, o cuando esto no sea posible, disminuir la temperatura al inicio de la rehumectación.

De forma ventajosa, para definir el momento en donde ocurre la rehumectación y la zona en donde ocurre, se determina la aparición de un fuerte aumento en el gradiente de temperatura transversal de la tira y de una ruptura clara en el gradiente de enfriamiento resultante del enfriamiento más intenso en ausencia de una película de vapor, usando dispositivos para medir la temperatura de la tira en zonas donde sea probable que ocurra rehumectación.

Preferiblemente, las pruebas cubren una zona ubicada a lo largo de la longitud de una franja de la tira metálica donde la temperatura de la tira está entre 450 °C y 250 °C, y en varios puntos sobre la anchura de la tira para detectar fuertes variaciones de temperatura.

La invención según la reivindicación 12 también hace referencia a una sección de enfriamiento de una línea de tratamiento continua para aplicar el método definido anteriormente, comprendiendo dicha sección unidades para proporcionar un líquido o una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre una tira metálica, y que está caracterizado por que comprende, para al menos una unidad para pulverizar líquido refrigerante sobre la tira, un conjunto de suministro de líquido refrigerante que comprende dos circuitos separados de suministro de agua fría y agua caliente, cada uno equipado con una válvula reguladora y conectado al mismo tubo de salida, proporcionándose un controlador de caudal de mezcla en el tubo de salida, así como un controlador de temperatura de mezcla.

El conjunto de suministro puede incluir un regulador que permita ajustar la proporción de los caudales de agua fría y de agua caliente para obtener el caudal global objetivo de líquido a la temperatura deseada, y para aplicar esto para cada dispositivo de pulverización.

Según la invención, la temperatura del líquido refrigerante puede ajustarse dependiendo del flujo térmico deseado y dependiendo de la temperatura de la tira.

Por lo tanto, justo después del inicio del enfriamiento, con una temperatura de tira de 700 °C, por ejemplo, se pulverizará agua fría cercana a 0 °C, pero cuando la tira alcance temperaturas más bajas, por ejemplo, 450 °C, el agua debe estar más caliente para mantener el escenario de película de vapor (ebullición de la película).

Con el agua más caliente al final del enfriamiento (por ejemplo, 35 °C al inicio del enfriamiento y 80 °C al final del enfriamiento), la invención hace posible mantener el control sobre el enfriamiento al conservar el vapor de película durante más tiempo. Este control de la temperatura del agua, posiblemente combinado con un ajuste del caudal de agua sobre la anchura de la tira, permite obtener una temperatura homogénea de la tira en toda su anchura.

La determinación mediante cálculos de la temperatura de Lindenrost es muy difícil ya que le influyen muchos parámetros. Los parámetros de pulverización son muy importantes. Por lo tanto, los tamaños de las gotas, la distancia entre las gotas, la velocidad de las gotas, la temperatura de pulverización del líquido, la proporción y la temperatura del gas de pulverización, influyen todos en la temperatura de Lindenrost. La tira también le influye, dependiendo de su temperatura, la rugosidad de su superficie y su emisividad. El flujo térmico intercambiado por la tira también es determinante. La temperatura de Lindenrost dependerá en realidad de la velocidad a la que la gota de líquido alcance su temperatura de vaporización. Cuanto más rápido sea, más baja será la temperatura de Lindenrost.

Debido a la complejidad del fenómeno, la determinación de la temperatura crítica, o la temperatura de Lindenrost, es principalmente experimental, idealmente, directamente en la instalación durante su puesta en marcha.

Durante las pruebas, se pueden usar varios medios para definir el punto en donde ocurre la rehumectación y la zona en la que ocurre. La aparición de rehumectación ocasiona un aumento brusco en el gradiente de temperatura transversal de la tira y una clara ruptura en el gradiente de enfriamiento resultante más intenso en ausencia de una película de vapor. El método más simple consiste en colocar dispositivos para medir la temperatura de la tira en las zonas en donde es probable que ocurra la rehumectación, por ejemplo, a lo largo de la longitud de una franja en donde la temperatura de la tira esté entre 450 °C y 250 °C, y en varios puntos por toda la anchura de la tira para detectar estas fuertes variaciones de temperatura.

Estas pruebas permiten crear tablas que especifican, para cada escenario de línea de producción, la temperatura del líquido refrigerante requerida en cada zona para evitar o retrasar la rehumectación de la tira.

Después, estas tablas se integran en el sistema de control y comando de la instalación para tener en cuenta automáticamente el punto correcto de ajuste de temperatura del líquido refrigerante para cada zona dependiendo del caso de la línea de producción.

Como se explicó anteriormente, el gran número de parámetros que influyen en la rehumectación de la tira significa que a veces ocurre en las líneas de producción normales en zonas inesperadas. Según la invención, el operario aumenta la temperatura del líquido refrigerante en la zona en cuestión para así retrasar la rehumectación en la siguiente zona. Dependiendo de la zona donde ocurrió esta rehumectación, el operario también puede aumentar de antemano la temperatura del agua refrigerante en la siguiente zona o zonas para retrasar el inicio de la rehumectación en la misma medida. El aumento de temperatura a aplicar se habrá definido previamente durante las pruebas de puesta en marcha, por ejemplo, 5 °C. También puede ajustarla el operario.

El aumento de temperatura del líquido refrigerante en una zona puede venir acompañado de otro ajuste de los parámetros de pulverización para así mantener el gradiente de temperatura objetivo en la tira, sin reducir la velocidad de la línea. Por ejemplo, el caudal de agua refrigerante puede aumentarse en esta zona. El aumento en el

caudal de agua puede llevarse a cabo automáticamente por el sistema de control y comando de la línea para alcanzar el punto de ajuste de temperatura de la tira a la salida de la zona de enfriamiento. Nuevamente, las configuraciones óptimas se habrán definido durante la puesta en marcha de la línea o por autoaprendizaje durante el funcionamiento de la misma.

La descripción anterior de la invención corresponde al ajuste de la temperatura del líquido refrigerante para mantener el modo de película de vapor. Otra forma de lograr este resultado, a temperatura constante del líquido, consiste en modificar el tamaño de las gotas y la velocidad a la que llegan a la tira.

En el caso de pulverizar el líquido refrigerante con un gas, el ajuste de la velocidad y el diámetro de las gotas se llevará a cabo cambiando la proporción del gas.

En el caso de pulverizar el líquido sin gas, el ajuste de la velocidad y del diámetro de las gotas puede lograrse mediante un cambio mecánico de la boquilla a nivel del orificio para pulverizar el líquido.

El mismo modo operativo descrito anteriormente para optimizar la temperatura del líquido refrigerante se aplica para determinar los parámetros de pulverización experimentalmente mediante pruebas.

Es fácil comprender que es posible combinar una variación en la temperatura del líquido refrigerante y los parámetros de pulverización para mantener el modo de película de vapor.

Según el método de la invención, es posible ajustar la temperatura del líquido refrigerante y los parámetros de pulverización, que son la velocidad y el diámetro de las gotas en la zona donde la rehumectación pudiera ocurrir, u ocurre, resultante de la desaparición local de la película de vapor para mantener o volver al enfriamiento de la película de vapor sobre la superficie de la tira.

Generalmente, en instalaciones de enfriamiento por pulverización de agua, el parámetro principal para el control de enfriamiento es la densidad de flujo de agua, expresada en $\text{kg/m}^2/\text{s}$, cuando se usa un gas como medio de pulverización, la regulación del caudal de gas no es esencial. Dependiendo del dispositivo de pulverización, el caudal de gas se adapta naturalmente al caudal de agua. Según otro ejemplo, el caudal de gas permanece constante.

La invención consiste en, aparte de las disposiciones expuestas anteriormente, un cierto número de otras provisiones que se analizarán más explícitamente a continuación con respecto a las realizaciones ilustrativas descritas con referencia a los dibujos adjuntos, pero que de ninguna manera son limitantes. En estos dibujos:

La Figura 1 es un diagrama de una configuración según la invención para suministrar una unidad de pulverización de líquido refrigerante,

la Figura 2 es un diagrama en alzado en perspectiva de una sección de enfriamiento según la invención,

la Figura 3 es un diagrama, similar a la Figura 2, de una realización alternativa con unidades de enfriamiento divididas según la anchura de la tira,

la Figura 4 es un diagrama, similar a la Figura 3, de una realización alternativa con unidades de enfriamiento divididas según la anchura y la longitud de la tira,

la Figura 5 es una sección esquemática vertical de un ejemplo de una sección de enfriamiento.

La Figura 1 es un diagrama de una realización ilustrativa de un conjunto A de suministro de líquido refrigerante según la invención para las unidades DI...DIII (Figura 2) para la pulverización de un líquido sobre una tira B, que se desplaza verticalmente hacia abajo, para enfriarse. Cada unidad DI... DIII está asociada con un conjunto A.

El conjunto A proporciona control de flujo y temperatura del agua refrigerante. La configuración de A comprende dos circuitos separados para suministrar agua fría 1 y agua caliente 2, cada uno equipado con una válvula reguladora CV1, CV2, respectivamente, y conectado al mismo tubo 3 de salida. En el tubo 3 se proporciona un controlador CD de caudal para la mezcla, así como un controlador TE de temperatura para la mezcla. Un regulador R permite ajustar la proporción de caudales de agua fría y agua caliente para obtener el flujo global objetivo de líquido a la temperatura deseada para cada unidad de pulverización, también denominadas unidades de enfriamiento DI, DII, DIII (Figura 2).

En las Figuras 2 a 5, las gotas de líquido pulverizadas por cada unidad de enfriamiento se muestran en conjunto según una lámina prismática, cuya base está ubicada en la tira B, mientras que el borde opuesto corresponde a las boquillas de salida de líquido de la unidad de enfriamiento.

Un control de la temperatura del agua pulverizada y/o un control de los parámetros de pulverización según la invención constituyen medios adicionales para controlar el caudal del agua pulverizada. Estos medios proporcionan más flexibilidad y mayor homogeneidad de enfriamiento.

- 5 Según la invención, la temperatura del líquido refrigerante y/o los parámetros de pulverización se ajustan para que sean diferentes entre dos unidades de enfriamiento sucesivas DI, DII, DIII (Figura 2) en la dirección de desplazamiento de la tira,
- 10 El dispositivo según la invención permite controlar la temperatura del agua pulverizada y/o los parámetros de pulverización sobre la longitud de la sección de enfriamiento por división a lo largo de la longitud en las zonas I, II, III (Figura 2) de enfriamiento. Para cada zona, se proporciona una unidad de enfriamiento a cada lado de la tira, respectivamente DI, D'I,..., DIII, D'III. Cada unidad de enfriamiento tiene un componente para ajustar la temperatura del líquido y/o la boquilla del eyector, que está separado del de las otras zonas.
- 15 El dispositivo según la invención también permite controlar la temperatura del agua pulverizada sobre la anchura de la sección de enfriamiento mediante una división, ilustrada en la Figura 3, a lo largo de la anchura en unidades de enfriamiento divididas DIa, DIb,..., DIIe, cada una con un componente para ajustar la temperatura del líquido separado del de las otras zonas.
- 20 Según una realización ilustrativa de la invención, el componente de ajuste de la temperatura, que constituye el conjunto A, es una válvula de mezclado de agua fría-agua caliente suministrada con una red de agua caliente y una red de agua fría. Según el punto de ajuste de temperatura, la válvula de mezclado ajusta la proporción de caudales de agua fría y agua caliente.
- 25 Según otra realización ilustrativa de la invención, el componente para ajustar la temperatura es un intercambiador de calor entre el líquido refrigerante y otro fluido, por ejemplo, aire o agua.
- 30 También es posible controlar la temperatura del agua pulverizada y/o los parámetros de pulverización en la dirección transversal para influir en la homogeneidad térmica sobre la anchura de la tira. Por lo tanto, la temperatura del líquido refrigerante y/o los parámetros de pulverización se ajustan sobre la anchura de la tira, por ejemplo, para un flujo constante de líquido, para mantener una película de vapor sobre toda la anchura de la tira y controlar el nivel de intercambio térmico.
- 35 La Figura 3 es un diagrama de una realización ilustrativa según la invención de esta regulación transversal de la temperatura del líquido refrigerante, con cinco unidades de enfriamiento separadas sobre la anchura de la tira.
- 40 Como se muestra en la Figura 4, es posible aplicar esta regulación transversal de la temperatura del líquido refrigerante sobre la longitud de la tira para obtener más flexibilidad de regulación al ajustar los parámetros de enfriamiento de la tira en todos los puntos de la sección de enfriamiento.
- 45 La invención también se refiere a un método de enfriamiento, de manera que el gradiente de enfriamiento se dirija a cada punto de la anchura de la tira a lo largo de la sección de enfriamiento.
- 50 Ajustar la temperatura del agua también hace posible limitar el riesgo de formación de pandeos (pandeo en frío) al inicio del enfriamiento. Este riesgo puede resultar de una ruptura significativa del gradiente en la trayectoria térmica de la tira cuando pasa de la sección de calentamiento, o de la sección de mantenimiento de la temperatura, a la sección de enfriamiento rápido. La patente FR 2802552 (o la patente de los Estados Unidos 6464808) describe este problema con más detalle.
- 55 Al aumentar la temperatura del agua justo al comienzo del enfriamiento, por ejemplo, a 80 °C, la invención permite limitar el enfriamiento inicial de la tira y, por lo tanto, limita el riesgo de formación de pandeos (pandeos en frío) debido a una menor ruptura del gradiente.
- 60 Por lo tanto, la invención también se refiere a un método para controlar el enfriamiento de una tira metálica que se desplaza en una línea de tratamiento continua pulverizando un líquido o una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre la tira con una temperatura de líquido ajustada al inicio del enfriamiento para limitar la variación en el gradiente de temperatura resultante del enfriamiento en relación con el calentamiento previo o la temperatura mantenida.
- 65 Para el mismo caudal del líquido refrigerante, aumentar su temperatura según la invención, por ejemplo, de 40 °C a 60 °C, permitirá el enfriamiento con flujos más bajos, lo que permitirá que los ciclos se lleven a cabo con gradientes de enfriamiento más bajos, lo que permite un aumento en la flexibilidad de la sección de enfriamiento.
- El ajuste combinado de la temperatura y el caudal del líquido refrigerante permite modular el flujo térmico extraído de la tira.

Según la invención, como se muestra en la Figura 4, la temperatura y el caudal del líquido refrigerante se ajustan sobre la anchura y la longitud de la tira, para aumentar la flexibilidad de la instalación a la vez de beneficiarse de un mayor rango de ajuste de la velocidad de enfriamiento de la tira. Las unidades de enfriamiento se dividen según la anchura (índices en letras a,...e) y según la longitud (índices en números romanos I, II, III) en unidades elementales DIa,...DIIIe.

Además, según la invención, el control del perfil de temperatura sobre la anchura de la tira resultante del ajuste de la capacidad de enfriamiento sobre la anchura de la tira permite mejorar el guiado de la tira sobre los rodillos de transporte al obtener bordes largos o cortos con respecto al centro de la tira.

El control del perfil de temperatura sobre la anchura de la tira resultante del ajuste de la capacidad de enfriamiento sobre la anchura de la tira permite mejorar la planicidad de la tira al controlar la longitud de los bordes con respecto al centro de la tira.

El control del perfil de temperatura sobre la anchura de la tira resultante del ajuste de la capacidad de enfriamiento sobre la anchura de la tira permite mejorar la estabilidad de la tira al controlar la longitud de los bordes con respecto al centro de la tira.

De forma ventajosa, el ajuste de la capacidad de enfriamiento sobre la longitud de la sección de enfriamiento y sobre la anchura de la tira se lleva a cabo en tiempo real mediante un sistema de control y comando (no se muestra) de la línea por medio de un ordenador que utiliza modelos matemáticos teniendo en cuenta el cambio en los intercambios de calor entre la tira y su entorno en la sección de enfriamiento y en la sección ubicada corriente abajo de la misma, el ordenador controla las válvulas reguladoras CV1, CV2 de los diferentes conjuntos A.

La invención también consiste en dividir el dispositivo de enfriamiento en varias unidades en la dirección de la anchura y en la dirección de la longitud de la tira, ilustrada en la Figura 4. Cada unidad se equipa con el equipo necesario para variar la temperatura y el caudal del líquido refrigerante, y/o los parámetros de pulverización, independientemente de las otras unidades.

El tamaño de las unidades de enfriamiento DI...DIII puede diferir a lo largo de la sección de enfriamiento con un tamaño menor en la parte de la sección de enfriamiento donde el fenómeno de calefacción puede volverse inestable para controlar mejor el fenómeno. En esta parte, la longitud de las unidades de enfriamiento puede ser más corta en la dirección de desplazamiento de la tira. La anchura de las unidades de enfriamiento también puede reducirse en la dirección de la anchura de la tira.

En el caso de enfriamiento mediante una mezcla que consista en un gas y un líquido, cada unidad puede equiparse con dos componentes de control para permitir que varíen el caudal del gas y el caudal del líquido.

Cada unidad también puede equiparse con un dispositivo para variar la temperatura del gas, del líquido o de la mezcla que consiste en el gas y el líquido, para influir en el fenómeno de calefacción y para variar la capacidad de enfriamiento. Esta variación en la temperatura de los medios de enfriamiento puede llevarse a cabo para un caudal constante de los medios de enfriamiento, o combinarse con una variación en el caudal de los medios de enfriamiento para aumentar la flexibilidad de regulación de la instalación.

La capacidad de producción de una línea continua varía enormemente según las dimensiones de la tira, en particular su espesor, y según el ciclo térmico.

Dependiendo del nivel de producción, el caudal de agua pulverizada será, por lo tanto, muy variable, lo que dificultará su control para caudales grandes y pequeños debido a la limitada flexibilidad de los componentes de control del caudal. Para aumentar la precisión de la regulación del caudal de agua, la invención también consiste en variar la temperatura del líquido refrigerante para limitar la amplitud de variación del caudal de agua.

Por lo tanto, según la invención, para una alta producción que requiera flujos de enfriamiento muy grandes, se pulverizará agua fría para limitar el caudal de agua, pero para producciones bajas, por ejemplo, espesores bajos, se pulverizará agua ligeramente más caliente para aumentar ligeramente el caudal de agua necesario.

Por lo tanto, la invención también se refiere a un método para controlar el enfriamiento de una tira metálica que se desplaza en una línea de tratamiento continua pulverizando un líquido o una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre la tira, con una temperatura de líquido ajustada según la capacidad de enfriamiento objetivo para limitar las variaciones en el caudal del líquido refrigerante.

Una realización ilustrativa, que se muestra esquemáticamente en la Figura 5 y que se muestra a continuación, demuestra las variaciones de temperatura del agua refrigerante según la invención:

- al inicio del enfriamiento (zona DI, D'I) la tira metálica está a 750 °C y el agua pulverizada está a 80 °C para limitar el riesgo de que se formen pandeos en la tira (pandeo en frío),

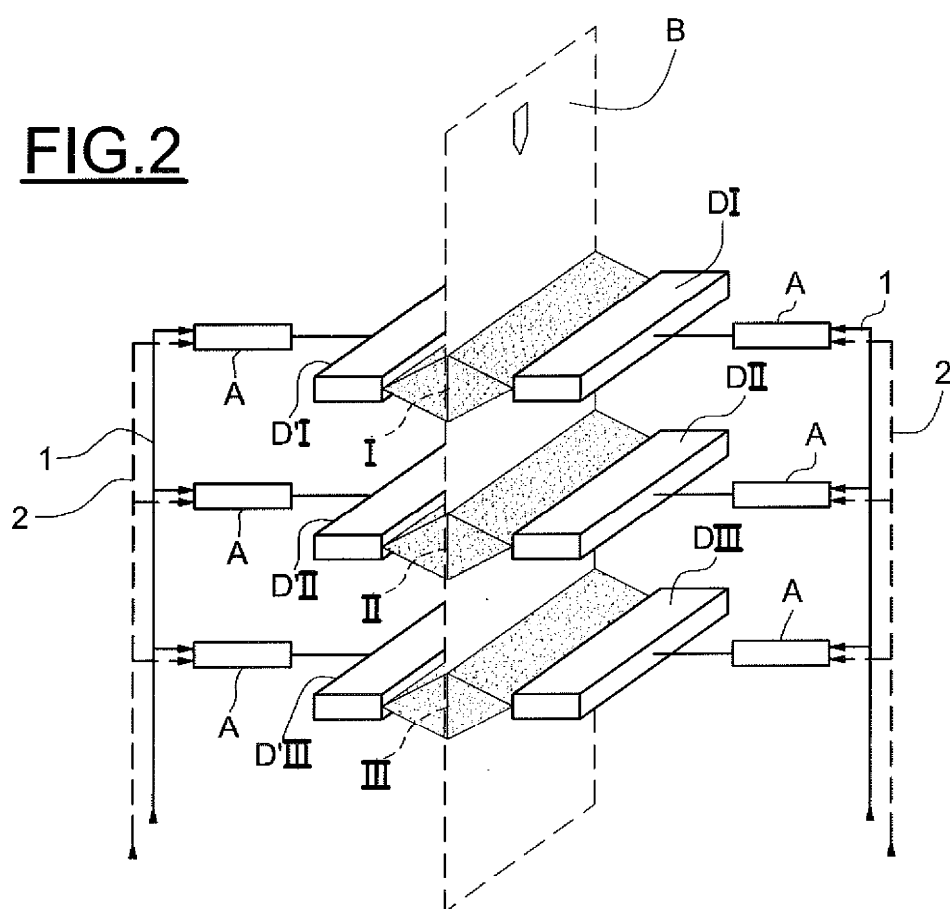
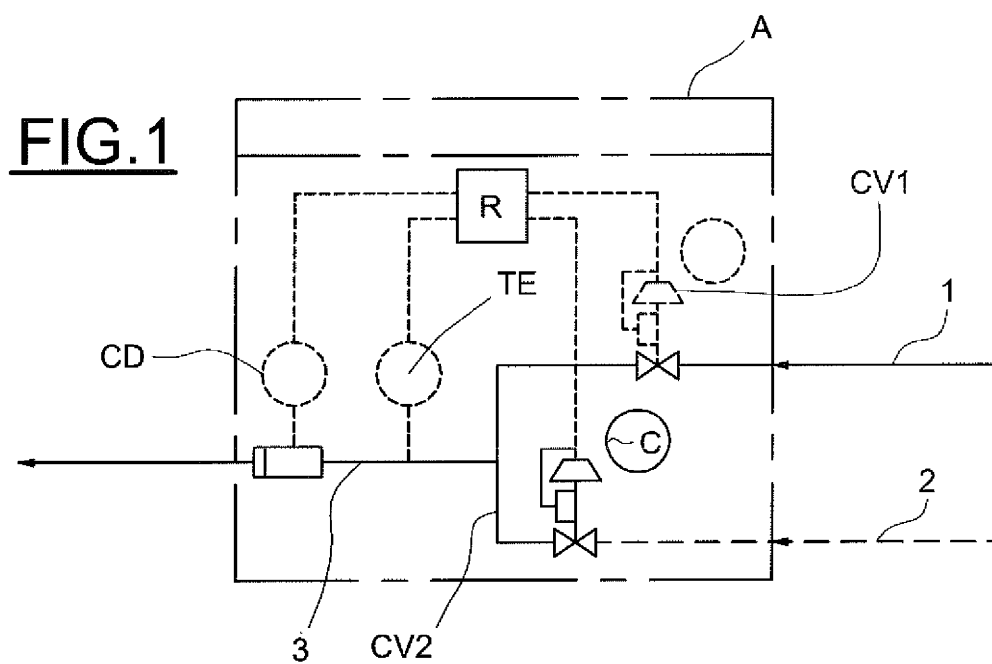
- después, el agua pulverizada está a 40 °C para lograr un enfriamiento rápido, por toda la zona (DII, DIII, DIV; D'II, D'III, D'IV) donde la temperatura de la tira es significativamente mayor que la temperatura de Lindenfrost,
- 5
- después, en la zona crítica (DV, D'V), o zona de transición, donde la temperatura de la tira está cerca de la temperatura de Lindenfrost, la temperatura del agua se eleva a 80 °C para mantener la película de vapor tanto tiempo como sea posible,
- 10
- finalmente, en la zona (DVI, D'VI) donde la temperatura de la tira es menor que la temperatura de Lindenfrost, la temperatura del agua se reduce a 40 °C para alcanzar rápidamente la temperatura de la tira (60 °C) requerida al final del enfriamiento.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar el enfriamiento de una tira metálica (B) que se desplaza en una sección de enfriamiento de una línea de tratamiento continua mediante la pulverización de un líquido o una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre la tira, dependiendo el enfriamiento de parámetros que comprenden la temperatura, la velocidad, las características de la corriente de fluido refrigerante, el enfriamiento se lleva a cabo mediante pulverización a lo largo de la longitud de la tira, la pulverización se divide en zonas, un método en donde:
 - se establecen una o más zonas en donde los parámetros de enfriamiento son tales que podría ocurrir, u ocurre, la desaparición local de una película de vapor sobre la superficie de la tira caliente, provocando la rehumectación de la tira,
 - y se lleva a cabo el ajuste, como parámetro de enfriamiento en la zona o zonas así establecidas, de al menos la temperatura del líquido refrigerante, con dicha temperatura aumentada en la zona donde podría ocurrir, u ocurre, la rehumectación para mantener el, o volver al, enfriamiento de la película de vapor sobre la superficie de la tira, resultante del fenómeno de calefacción del líquido refrigerante en contacto con la tira caliente,en donde la temperatura del líquido refrigerante se ajusta sobre la anchura de la tira para que permanezca como película de vapor tanto tiempo como sea posible, en donde varias unidades (D1a, D1e) para pulverizar el fluido refrigerante se distribuyen a lo largo de la anchura de la tira, y en donde la temperatura y el caudal del líquido refrigerante se ajustan sobre la anchura de la tira para cada unidad de pulverización.
2. El método según la reivindicación 1, en donde un parámetro de pulverización formado por la velocidad y/o el diámetro de las gotas de líquido refrigerante se ajusta como parámetro de enfriamiento.
3. El método de enfriamiento según las reivindicaciones 1 o 2, que implica una sección de enfriamiento con varias unidades de enfriamiento sucesivas (D1, DH, DIII) según la dirección de desplazamiento de la tira, en donde la temperatura del líquido refrigerante se ajusta de manera que sea diferente entre dos unidades de enfriamiento sucesivas de la sección de enfriamiento.
4. El método de enfriamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se lleva a cabo un ajuste combinado de la temperatura y el caudal o líquido refrigerante para permitir que se module el flujo de calor extraído de la tira.
5. El método de enfriamiento según la reivindicación 4, en donde varias unidades de pulverización del fluido refrigerante (D1a, D1e) se distribuyen por toda la anchura de la tira, y en donde la temperatura y el caudal del líquido refrigerante para cada unidad de pulverización se ajustan sobre la anchura de la banda.
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la temperatura del líquido se ajusta al inicio del enfriamiento para limitar la variación en el gradiente de temperatura resultante del enfriamiento con respecto al calentamiento o con respecto al mantenimiento de la temperatura previa.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la temperatura del líquido se ajusta según la capacidad de enfriamiento objetivo para limitar las variaciones en el caudal del líquido refrigerante.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, para determinar una o más zonas de la sección de enfriamiento en donde los parámetros del enfriamiento son tales que pudiera ocurrir, u ocurre, la desaparición local de una película de vapor sobre la superficie de la tira caliente, lo que resulta en la rehumectación de la tira, se llevan a cabo pruebas preliminares durante las cuales:
 - se varían las condiciones de funcionamiento,
 - se hacen observaciones cuando ocurre la rehumectación de la tira y en qué zona de la sección de enfriamiento,
 - y, habiéndose fijado todas las demás condiciones de funcionamiento, se asegura el aumento gradual de la temperatura del líquido en la zona en donde ocurre la rehumectación, para permitir que se defina la temperatura de líquido requerida para eliminar la rehumectación y volver a un escenario de película de vapor en la zona bajo inspección.
9. El método según la reivindicación 8, en donde las pruebas se reproducen en una zona posterior en la dirección de desplazamiento de la tira para mantener una película de vapor por toda la sección de enfriamiento, o cuando esto no sea posible, disminuir la temperatura al inicio de la rehumectación.
10. El método según las reivindicaciones 8 o 9, en donde, para definir el momento en donde ocurre la rehumectación y la zona en donde ocurre, se determinan la aparición de un aumento brusco en el gradiente

de temperatura transversal de la tira y una clara ruptura en el gradiente de enfriamiento resultante del enfriamiento más intenso en ausencia de una película de vapor, por medio de dispositivos para medir la temperatura de la tira en zonas donde es probable que ocurra rehumectación.

- 5 11. El método según una de las reivindicaciones 8 a 10, en donde las pruebas se refieren a una zona situada a lo largo de la longitud de la franja de la tira metálica donde la temperatura de la tira está entre 450 °C y 250 °C, y en varios puntos sobre la anchura de la tira para detectar variaciones fuertes de temperatura.
- 10 12. Una sección de enfriamiento de una línea de tratamiento continua para llevar a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unidades (D1, D11, D111) para la pulverización de un líquido o una mezcla que consiste en un gas y un líquido sobre una tira metálica, que comprende, para al menos una unidad de pulverización de un líquido refrigerante sobre la tira, un conjunto (A) de suministro de líquido refrigerante que comprende dos circuitos separados que suministran agua fría (1) y agua caliente (2), cada uno equipado con una válvula reguladora (CV1, CV2) y conectados al mismo tubo (3) de salida, un controlador (CD) de caudal de la mezcla que se proporciona en el tubo (3) de salida, así como un controlador (TE) de temperatura de la mezcla, en donde las unidades de pulverización del fluido refrigerante se distribuyen a lo largo de la anchura de la tira, y en donde la temperatura y el caudal del líquido refrigerante se ajustan por toda la anchura de la tira para cada unidad de pulverización.
- 15 13. La sección de enfriamiento según la reivindicación 12, en donde el conjunto (A) de suministro comprende un regulador (R) que hace posible ajustar la proporción de los caudales de agua fría y agua caliente para obtener el caudal global objetivo de líquido a la temperatura deseada, y esto para cada dispositivo de pulverización (D1, D11, D111).
- 20



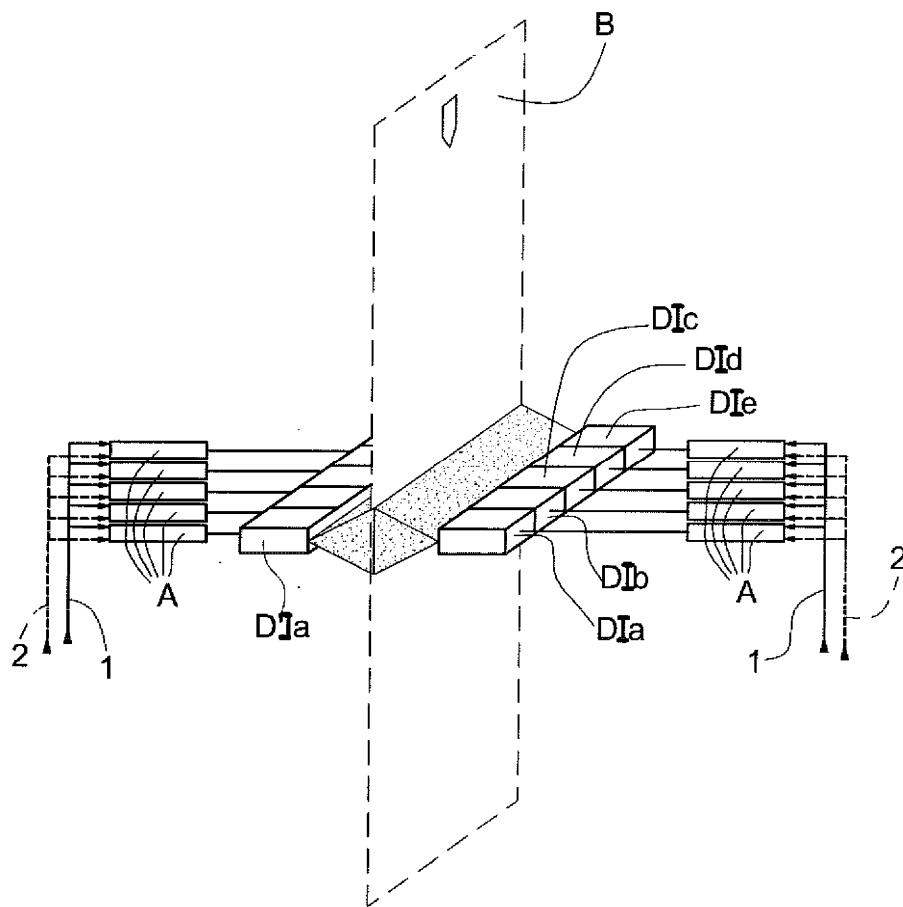


FIG.3

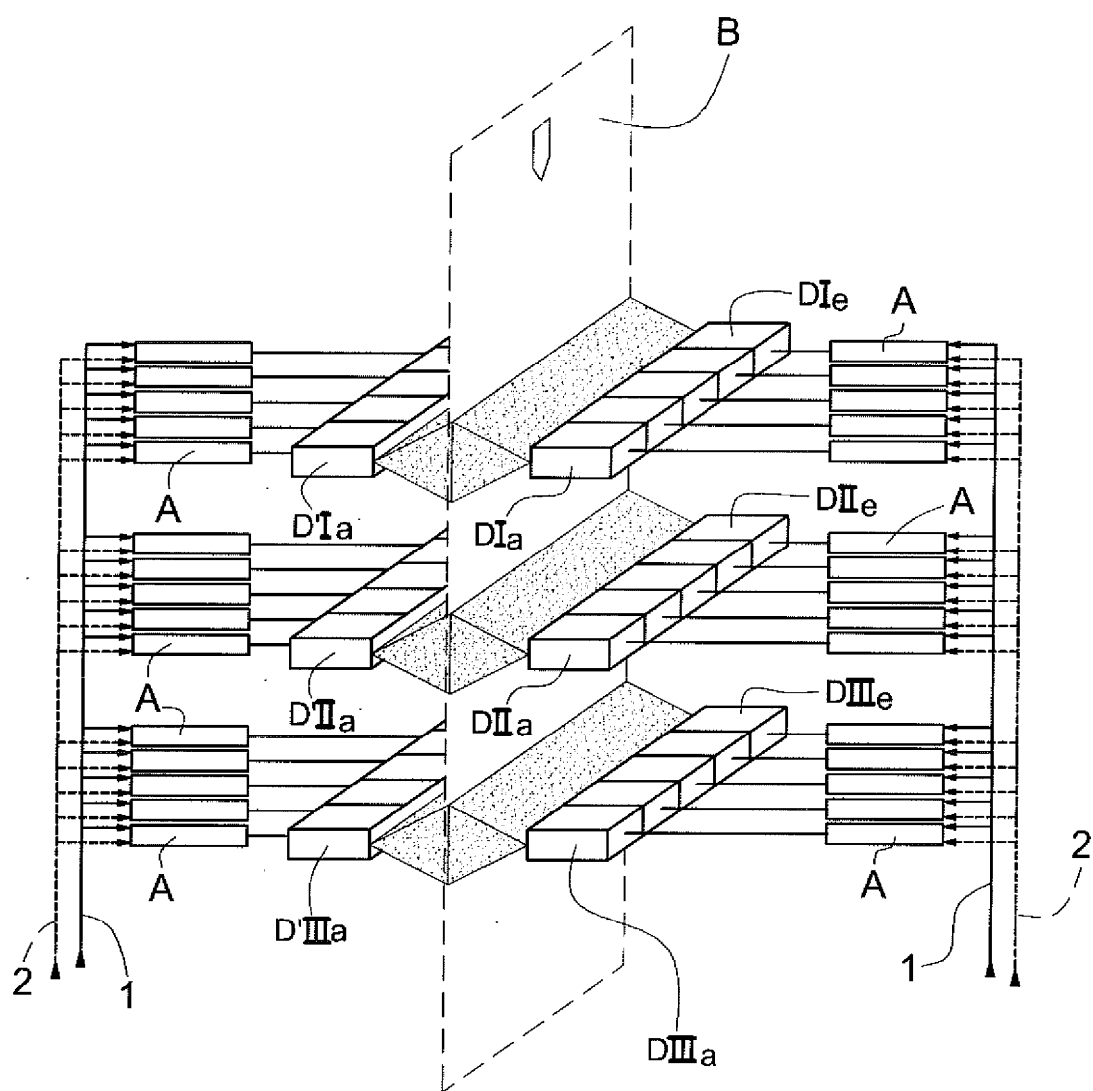


FIG.4

FIG.5

