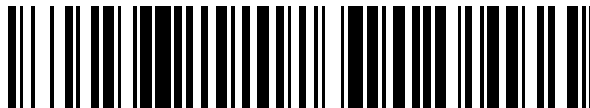


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 761**

51 Int. Cl.:

B21B 37/00 (2006.01)

B21B 1/46 (2006.01)

B22D 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2008 E 08852273 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013 EP 2209573**

54 Título: **Método para la laminación austenítica continua de una prebanda fabricada en un proceso de colada continua**

30 Prioridad:

22.11.2007 AT 18932007

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

11.11.2013

73 Titular/es:

**SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES GMBH
(100.0%)
Turmstrasse 44
4031 Linz, AT**

72 Inventor/es:

HOHENBICHLER, GERALD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 428 761 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 para la laminación austenítica continua de una prebanda fabricada en un proceso de colada continua

5 La presente invención hace referencia a un método para la laminación austenítica continua de una prebanda fabricada en un proceso de colada continua en una instalación de colada continua, con un grosor de colada menor a 300 mm, preferentemente con un grosor de colada menor a 150 mm, mediante etapas de reducción del grosor en, al menos, un tren de laminación conformado por una pluralidad de cajas de laminación dispuestas en serie, para obtener una banda laminada en caliente con un grosor de laminación de entre 0,5 y 15 mm, y con una separación transversal consecutiva de la banda laminada en caliente en tamaños de rollo, o bien longitudes de rollo, antes del enrollamiento en un dispositivo de almacenamiento.

10 Además, la presente invención hace referencia a una instalación combinada de colada continua y laminación, para la fabricación de bandas laminadas en caliente de manera austenítica, en un proceso continuo de colada y laminación con una instalación de colada continua para la fundición de barras de acero con un grosor de colada menor a 300 mm, preferentemente para la fundición de barras de acero con un grosor de colada menor a 150 mm, y con, al menos, un tren de laminación que comprende una pluralidad de cajas de laminación dispuestas en serie, para
15 fabricar una banda laminada en caliente en el rango de temperatura austenítico, con un grosor de laminación de entre 0,5 mm y 15 mm, y a una instalación de corte y separación y un dispositivo de almacenamiento de banda dispuestos a continuación de la última caja de laminación.

20 Por un método conforme a la presente invención para la laminación austenítica continua de una prebanda fabricada en un proceso de colada continua, se entiende un método en el cual la prebanda fabricada en una instalación de colada continua, sin un corte de separación de la prebanda, se introduce con una velocidad de colada en la primera caja de laminación o en el primer tren de laminación, y con una velocidad de transporte que considera las reducciones del grosor realizadas en cada tren de laminación consecutivo, con el fin de generar una banda laminada en caliente. De la misma manera, la instalación combinada de colada y laminación está diseñada en relación a su conformación estructural de manera que la prebanda colada, sin un corte de separación de la prebanda, ingrese en
25 la primera caja de laminación del primer tren de laminación con una velocidad de colada.

A partir de la patente DE 38 40 812 A1 se conoce un método combinado de colada y laminación, en el que una banda de acero colada en una instalación de colada continua, se lamina en dos etapas de deformación directamente a partir de la fundición de colada y sin corte de separación entre la instalación de colada y los dispositivos de laminación dispuestos a continuación. Se realiza una primera deformación de laminación de la barra de acero colada
30 directamente después de la solidificación en la zona de salida de la instalación de colada continua, con una caja de laminación individual a una temperatura de barra de alrededor de 1100°C. La laminación posterior se realiza en un tren de laminación que presenta una pluralidad de cajas, con una velocidad de laminación que depende de la velocidad de colada, la cual asciende a 5 m/min. como máximo, y que depende del grado de deformación alcanzado en la primera caja de laminación. Para garantizar una laminación final en la zona austenítica, se requiere forzosamente de un recalentamiento inductivo de la banda de acero entre la primera caja de laminación y el siguiente tren de laminación. También se prevén etapas de calentamiento intermedio entre las cajas de laminación individuales del tren de laminación.

40 A partir de la patente WO 92/00815 A1 se conoce otro método combinado de colada y laminación, en el que una barra de acero colada generada en una instalación de colada continua, sin una separación transversal previa, se conforma mediante laminación en dos etapas de deformación sucesivas entre sí, para obtener un producto enrollable que presenta propiedades de la laminación en frío. Una primera reducción del grosor de la barra de acero colada se realiza aún en el interior de la máquina de colada continua, en un momento en el cual la barra de acero aún presenta un núcleo líquido (reducción del núcleo líquido). Una segunda reducción del grosor de la barra de acero solidificada a continuación, se realiza directamente después de abandonar la máquina de colada continua, en
45 una instalación de laminación que presenta una pluralidad de cajas de laminación, a una temperatura de banda de alrededor de 1100°C en la zona austenítica. En el transcurso de ambas etapas de deformación, la banda de acero que presenta un grosor de colada < 100 mm, se lamina en caliente hasta obtener una banda laminada en caliente enrollable con un grosor de banda de 10-30 mm.

50 A partir de la patente WO 97/36699 A1 se conoce un método para fabricar bandas de acero laminadas en caliente, en el que la barra de acero colada, sin corte de separación, se suministra directamente a un tren de laminación que presenta una pluralidad de cajas de laminación, y la laminación se finaliza en la zona austenítica. En este caso, para un flujo volumétrico específico, en relación con un ancho de desbaste de 1,0 m, que resulta mayor a 0,487 m²/min., se recomienda un número mínimo determinado de etapas de deformación, para garantizar de manera segura una laminación final austenítica. Condicionado por el funcionamiento, debido a diferentes circunstancias en el proceso de colada, puede presentarse una temperatura de banda de acero en el final de la instalación de colada continua, que ya no puede garantizar una laminación austenítica en la última caja del tren de laminación, y que tampoco se puede corregir mediante la homogeneización antes de la primera caja de laminación. Por lo tanto, en una deformación posterior desde el punto de vista técnico del método, se ha recomendado la provisión de unidades adicionales de
55

calentamiento o de enfriamiento, entre dos o una pluralidad de cajas de laminación del tren de laminación, para el ajuste de cualquier régimen de temperatura de la banda laminada. Dicha definición muy general para el posicionamiento de las unidades de calentamiento y/o de enfriamiento correspondientes, no admite un diseño óptimo del tren de laminación, ni el establecimiento de una mejor agrupación posible de cajas de laminación.

- 5 A partir de la patente EP 0 823 294 A1 se describe un método para fabricar una banda de acero laminada a partir de aceros con baja carburación y con ultrabaja carburación, en un proceso continuo de colada y laminación, en el que tampoco se realiza un corte de separación entre el proceso de colada y el proceso de laminación. La banda de acero colada con un grosor de solidificación mayor a 70 mm, se lamina de manera austenítica en una primera etapa de deformación en un rango de temperatura de 1150°C - 900°C, hasta obtener un grosor de banda <20mm. A
10 continuación, se realiza un enfriamiento acelerado a una temperatura en el rango <738°C, con una laminación ferrítica a continuación en, al menos, tres pasadas de laminación.

Por consiguiente, el objeto de la presente invención consiste en evitar las desventajas del estado del arte conocido, y en recomendar un método y un dispositivo para la laminación austenítica continua de una prebanda fabricada en un proceso de colada continua, con costes de inversión minimizados mediante la información del número de cajas
15 máximo requerido, de calentamientos intermedios y/o de las potencias caloríficas intermedias, y en relación con las cifras de producción y de material deseadas. Entre ellos, a modo de ejemplo se entienden el grosor de laminación final (de la banda a enrollar), así como el grosor de colada y la temperatura límite de la austenita definida mediante un análisis químico.

Otro objeto de la presente invención consiste en optimizar la configuración de la instalación completa para la
20 ejecución del método de laminación en base a un espectro de producción esperado bajo la condición secundaria que consiste en que los grosores de desbastes asciendan de 30 a 150 mm, y que la velocidad de producción específica para el ancho en la instalación combinada ascienda de 2,5 a 4,5 t/min. de banda laminada en caliente, preferentemente de 3,0 a 3,6 t/min. (ante una densidad convencional de desbaste caliente de 7,4 t/m³).

Dicho objeto se resuelve mediante un método de acuerdo con el concepto general de la reivindicación 1, en el que
25 se reduce el grosor de la prebanda en cada tren de laminación dispuesto a continuación de la instalación de colada continua, con un número de n_i etapas de reducción del grosor, en donde el número n_i de etapas de reducción del grosor a ejecutar, se determina mediante la condición

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10 \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

en donde

- 30 $T_{VB,i}$ [°C] es la temperatura de la prebanda promediada en la sección transversal, en el final de la máquina de colada continua (en la zona del extremo del cráter líquido) o bien, en el final de un dispositivo de calentamiento intermedio instalado antes del i -ésimo tren de laminación,

T_{aust} [°C] es la temperatura límite de conformación de la austenita en relación con la calidad del acero (temperatura austenítica de laminación final),

- 35 h_{Br} [mm] es el grosor de desbaste / de colada durante la solidificación (= extremo del cráter líquido),

$d_{end,i}$ [mm] es el grosor de banda después de las n_i etapas de reducción del grosor, del i -ésimo tren de laminación,

m_{vor} es el número de todas las etapas de reducción del grosor realizadas desde la solidificación de los desbastes, hasta la entrada en la primera caja del siguiente i -ésimo tren de laminación,

v_g [m/min] es la velocidad de colada de desbastes.

- 40 Mediante dicha ecuación, para una calidad de acero determinada ante condiciones de entrada y de salida establecidas (formatos de banda, temperaturas), se puede determinar de una manera simple el número máximo de etapas de reducción del grosor necesarias o bien, de cajas de laminación necesarias de un tren de laminación, en las cuales también se puede realizar una laminación en la zona austenítica en la última etapa de reducción del grosor o bien, en la última caja de laminación del tren de laminación. A continuación, se determina la cantidad de

calentamientos intermedios requeridos y las potencias caloríficas intermedias necesarias para lograr un grosor determinado de banda laminada en caliente, laminada de manera austenítica y continua.

5 Bajo el término "tren de laminación" se entiende la disposición en serie de una pluralidad de cajas de laminación, en donde la distancia en relación con las cajas de laminación adyacentes no excede los 5,6 m, preferentemente los 4,9 m, y entre las cajas de laminación adyacentes no se encuentran dispuestas etapas de calentamiento intermedio, o se realiza un calentamiento intermedio de la banda laminada. Cada caja de laminación comprende un par de cilindros de trabajo.

10 Además, mediante dicha ecuación también se puede determinar el número de etapas de reducción del grosor necesarias o bien, el número de cajas de laminación requeridas de una pluralidad de trenes de laminación dispuestos en serie o bien, de grupos de cajas de laminación, cuando entre los trenes de laminación individuales o los grupos de cajas de laminación, se proporcionan dispositivos de calentamiento intermedio para incrementar la temperatura de la banda. Cuando se aplica la ecuación en un segundo tren de laminación o un tren de laminación a continuación, dispuesto después de la instalación de colada continua, se consideran todas las etapas de reducción del grosor ya realizadas en el primer tren de laminación o en los primeros trenes de laminación, mediante el factor m_{vor} , en donde se considera el grosor de desbaste original h_{Br} . De esta manera, también en el caso de una pluralidad de trenes de laminación o de grupos de cajas de laminación, se puede determinar el número máximo oportuno de etapas de reducción del grosor para cada uno de dichos grupos. En el primer tren de laminación dispuesto directamente a continuación de la instalación de colada continua, se aplica $m_{vor} = 0$, dado que aún no se realiza ninguna etapa de reducción del grosor previa.

20 Preferentemente, el número n de etapas de reducción del grosor activadas dentro de un tren de laminación, se determina mediante la condición

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} ; n \in N$$

25 Esto significa que el número de etapas de reducción del grosor activadas dentro de cada tren de laminación, en correspondencia con los requerimientos específicos en relación con el producto, se determina mediante ambos números naturales mayores N a partir del conjunto de números naturales N que se obtiene a partir de la condición matemática, y que se pueden seleccionar a partir de dichos números.

30 De esta manera, en el caso de una instalación existente de colada y laminación para la colada continua y la laminación austenítica de bandas de acero, dicha regla de procedimiento permite la determinación del número óptimo a activar de etapas de reducción del grosor o bien, de cajas de laminación en cada tren de laminación dispuesto a continuación de la instalación de colada continua, a partir de la cantidad de cajas de laminación existentes.

35 De una etapa de reducción del grosor a otra, se genera una reducción de la temperatura de la prebanda promediada en la sección transversal, en donde dicha temperatura no debe exceder la temperatura límite de conformación de la austenita que depende de la calidad del acero. Para que la temperatura límite de conformación de la austenita que depende de la calidad del acero, tampoco se exceda en la última etapa de reducción del grosor de un tren de laminación, después de la ejecución de las etapas de reducción del grosor en un tren de laminación, y antes de la ejecución de las etapas de reducción del grosor en un tren de laminación dispuesto a continuación, se realiza un calentamiento intermedio de la banda laminada, en donde la temperatura de la banda laminada promediada en la sección transversal, asciende de 50 K a 450 K, preferentemente de 120 K a 350 K. Dicho calentamiento intermedio se realiza preferentemente mediante un calentamiento inductivo de campo transversal. Sin embargo, se puede recurrir también a otros métodos conocidos para la aplicación del calentamiento intermedio, principalmente en relación con el grosor de banda intermedio.

5 Preferentemente, en el caso de un grosor de colada $h_{Br} < 45$ mm, todas las etapas de reducción del grosor se realizan en un tren de laminación, y en el caso de un grosor de colada $h_{Br} > 60$ mm, todas las etapas de reducción del grosor necesarias se realizan en, al menos, dos trenes de laminación. En el rango de grosor de colada de entre 45 mm y 60 mm, se puede realizar la laminación en relación con diferentes factores influyentes, tanto en un tren de laminación como en dos trenes de laminación. Por ejemplo, para la fabricación de una chapa gruesa, la laminación se realizaría preferentemente en un tren de laminación, y para la fabricación de una banda laminada en caliente, preferentemente en dos trenes de laminación.

10 Se ha comprobado que resulta conveniente que en el caso de un grosor de colada $h_{Br} < 50$ mm, todas las etapas de reducción del grosor se realicen en un único tren de laminación sin calentamiento intermedio, y en el caso de un grosor de colada $h_{Br} \geq 50$ mm, las etapas de reducción del grosor necesarias se realicen en, al menos, dos trenes de laminación.

15 En el caso de grosores de colada inferiores a 50 mm, y en el caso de grosores de banda laminada superiores a 3,5 mm, se debe proporcionar, al menos, de manera suficiente después del proceso de colada, un único tren de laminación con n cajas de laminación como máximo en correspondencia con la ecuación, y a continuación se enfría la banda en un trayecto de enfriamiento, se corta transversalmente en correspondencia con el peso de rollo predeterminado, y se suministra a un sistema de enrollamiento. En este caso no resulta necesario un calentamiento adicional evidente de la banda.

20 En el caso de un grosor de colada de la prebanda de 50 mm y mayor, cuando se establece el número de las etapas necesarias de reducción del grosor para obtener el grosor de banda laminada en caliente a bobinar, se obtiene como resultado generalmente la necesidad de disponer, al menos, de dos grupos de cajas de laminación, en donde el número máximo de las cajas de laminación necesarias para cada grupo, cumple con las condiciones de la ecuación, es decir, que de ninguna manera se debe exceder el número calculado de etapas de reducción, sino que se debe pasar tendencialmente a un número inferior. Entre ambos grupos de cajas de laminación, se realiza un calentamiento intermedio de la prebanda de, al menos, 50 K a una temperatura de prebanda que es claramente mayor a la temperatura límite de conformación de la austenita. De todas maneras, para las velocidades de producción específicas para el ancho de 2,5 a 4,5 t/min., preferentemente de 3,0 a 3,6 t/min., se realiza una división en, al menos, dos grupos de cajas de laminación, convenientemente cuando el grosor de laminación final es inferior a 3,5 mm.

30 El método se puede aplicar de manera ventajosa, cuando la prebanda fabricada en un proceso de colada continua, se fabrica con un grosor de colada de, al menos, 30 mm, preferentemente con un grosor de colada de, al menos, 60 mm. El método se puede aplicar de una manera particularmente ventajosa, cuando ante grosores de colada de 30 mm a 300 mm, preferentemente ante grosores de colada de 60 mm a 150 mm, se debe obtener un grosor de laminación de 0,5 mm a 15 mm, preferentemente de 0,8 mm a 12 mm, y en particular de 1,0 mm a 8 mm.

35 Para la aplicación del método resulta conveniente que la ecuación para determinar el número de n_i o n etapas de reducción del grosor que se suceden directamente entre sí, para cada tren de laminación, en base a la condición

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB.1} - T_{aust}}{75} + a \cdot 10 \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{b}{d_{end,i}} \right)^c \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

o la condición

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} ; n \in \mathbf{N}$$

5 se asigna como modelo matemático a un ordenador de procesos en un nivel de control de procesos, y desde dicho ordenador se transmiten señales de activación correspondientes para la activación de cajas de laminación individuales de uno o de una pluralidad de trenes de laminación, a los circuitos de control individuales del tren de laminación o de la pluralidad de trenes de laminación, en donde la información del estado en relación con las láminas previas coladas, es considerada por un ordenador de procesos de la instalación de colada continua antepuesta y, opcionalmente, en particular la temperatura necesaria $T_{VB,i}$, es decir, la temperatura de la sección transversal promediada de la respectiva prebanda al finalizar el calentamiento intermedio antes del tren de laminación.

10 Además, la presente invención hace referencia a una instalación combinada de colada continua y laminación, para la fabricación de bandas laminadas en caliente de manera austenítica, en un proceso continuo de colada y laminación con una instalación de colada continua para la fundición de barras de acero con un grosor de colada menor a 300 mm, preferentemente para la fundición de barras de acero con un grosor de colada menor a 150 mm, y con, al menos, un tren de laminación que comprende una pluralidad de cajas de laminación dispuestas en serie, para
15 fabricar una banda laminada en caliente en el rango de temperatura austenítico, con un grosor de laminación de entre 0,5 mm y 15,0 mm, y a una instalación de corte y separación y un dispositivo de almacenamiento de banda dispuestos a continuación de la última caja de laminación.

20 En el diseño de la instalación combinada de colada continua y de laminación, se debe tomar como base un programa de producción determinado para el usuario previsto en el futuro, e intencionalmente adaptado a dicha instalación, para bandas de laminación en caliente. Un objeto esencial consiste en garantizar una laminación continua exclusivamente austenítica de una banda laminada en caliente, con una instalación compacta de colada y de laminación que cubre un espectro de producción amplio.

25 Para solucionar el objeto mencionado en la introducción, cada uno de los trenes de laminación o, al menos, un tren de laminación, comprende un número de n_i cajas de laminación que se suceden directamente entre sí, en donde el número de cajas de laminación n_i se determina mediante la condición

$$n_i \leq \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]; n_i \in \mathbf{N}$$

en donde

30 $T_{VB,i}$ [°C] es la temperatura de la prebanda promediada en la sección transversal, en el final de la máquina de colada continua (en la zona del extremo del cráter líquido) o bien, en el final de un dispositivo de calentamiento intermedio instalado antes del i -ésimo tren de laminación,

T_{aust} [°C] es la temperatura límite de conformación de la austenita en relación con la calidad del acero (temperatura austenítica de laminación final),

h_{Br} [mm] es el grosor de desbaste / de colada durante la solidificación (= extremo del cráter líquido),

$d_{end,i}$ [mm] es el grosor de banda después de las n_i cajas de laminación / etapas de reducción del grosor, del i -ésimo tren de laminación,

m_{vor} es el número de todas las cajas de laminación activadas desde la solidificación de los desbastes / todas las etapas de reducción del grosor realizadas hasta la entrada en la primera caja del siguiente i -ésimo tren de laminación.

Preferentemente, el número n de cajas de laminación instaladas en el interior de un tren de laminación, se determina o bien, se limita mediante la condición:

$$\frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10 \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] - 1 \leq n \leq$$

$$\frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10 \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] ; n \in N$$

Esto significa que el número de cajas de laminación provistas dentro de cada tren de laminación, en correspondencia con los requerimientos específicos en relación con el producto, se determina mediante los números naturales mayores N a partir del conjunto de números naturales N que se obtienen a partir de la condición matemática. La aplicación de dicha condición para el espectro del producto que se basa en la planificación de la instalación, permite un diseño optimizado de la instalación completa.

Para garantizar una laminación austenítica en la última caja de laminación, cada uno de los trenes de laminación que se disponen eventualmente en serie, entre dos trenes de laminación dispuestos en serie W_{i-1} y W_i , se encuentra dispuesto respectivamente un dispositivo de calentamiento intermedio para el refuerzo de la temperatura de la prebanda promediada en la sección transversal en $T_{VB,i}$, a un nivel de temperatura que resulta suficiente en correspondencia. Para lograr un refuerzo en lo posible uniforme de la temperatura de la prebanda promediada en la sección transversal, el dispositivo de calentamiento intermedio se conforma como un dispositivo para el calentamiento inductivo de campo transversal.

La instalación de colada en la que se basa la instalación combinada de colada y laminación, comprende una lingotera abierta que se puede ajustar para diferentes grosores de colada, o lingoteras abiertas reemplazables, y una guía de barras dispuesta a continuación con segmentos de barra que se pueden ajustar mediante separación. Convenientemente, en el caso de una lingotera abierta ajustada para un grosor de colada $h_{Br} < 45$ mm y una guía de barra, se activa precisamente un tren de laminación con n cajas de laminación, y en el caso de una lingotera abierta ajustada para un grosor de colada $h_{Br} > 60$ mm y una guía de barra, se encuentran activados, al menos, dos trenes de laminación respectivamente con un número determinado de cajas de laminación. En el rango de grosor de colada de entre 45 mm y 60 mm, se puede realizar la laminación en relación con diferentes factores influyentes, tanto en un tren de laminación como en dos trenes de laminación, en donde entre los trenes de laminación dispuestos en serie se proporciona un dispositivo de calentamiento intermedio.

De acuerdo con otro acondicionamiento posible de la presente invención, resulta ventajoso que en el caso de una lingotera abierta ajustada para un grosor de colada $h_{Br} \leq 50$ mm y una guía de barra, se active precisamente un tren de laminación con n cajas de laminación, y que de lo contrario se encuentren activados, al menos, dos trenes de laminación respectivamente con un número determinado de cajas de laminación.

Particularmente, en relación con la reducción del grosor a la que se aspira en las cajas de laminación individuales de los trenes de laminación, y con el estado térmico o termodinámico de la prebanda o bien, de la banda intermedia, resulta conveniente cuando el diámetro de los cilindros de trabajo en el primer tren de laminación después de la instalación de colada, se encuentra en un rango de diámetro de entre 650 mm a 980 mm, para lograr reducciones del grosor lo más elevadas posible ante temperaturas de desbaste o bien, de prebanda muy elevadas. Un rango preferido para el diámetro de los cilindros de trabajo se encuentra entre los 650 mm y 800 mm. El diámetro de los

cilindros de trabajo en el segundo tren de laminación después de la instalación de colada, se encuentra en un rango de diámetro de 500 mm a 870 mm, dado que el grosor de la banda intermedia en este punto es menor. Para este caso, un rango preferido para el diámetro de los cilindros de trabajo se encuentra entre los 500 mm y 720 mm. En general, los diámetros de los cilindros de trabajo deben disminuir cuando el grosor de entrada del material laminado es menor.

Otras ventajas y características de la presente invención se deducen de la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución que no resultan limitantes, en donde se remite a las figuras adjuntas que muestran lo siguiente:

Fig. 1 un corte longitudinal de una instalación combinada de colada y laminación, conforme a la presente invención, de acuerdo con una primera forma de ejecución de la presente invención,

Fig. 2 un corte longitudinal de una instalación combinada de colada y laminación, conforme a la presente invención, de acuerdo con una segunda forma de ejecución de la presente invención,

Fig. 3 un corte longitudinal de una instalación combinada de colada y laminación, conforme a la presente invención, de acuerdo con una tercera forma de ejecución de la presente invención,

Fig. 4 un esquema de control para el control de la instalación combinada de colada y laminación, conforme a la presente invención.

En las figuras 1 a 3 se representan una pluralidad de formas de ejecución posibles de la instalación combinada de colada y laminación, conforme a la presente invención, que comprende una instalación de colada continua para la colada continua de una barra de acero con una sección transversal de desbaste delgado o de desbaste medio, y un tren de laminación W conectado directamente a dicha instalación, para realizar la laminación austenítica de la barra o bien, de la prebanda colada. La instalación de colada continua G que presenta un modo constructivo convencional, de acuerdo con el estado del arte, se caracteriza por presentar una lingotera abierta 3 y una guía de barra 4 con rodillos de guía para la barra 5. La lingotera de colada continua 3 con una guía de barras dispuesta a continuación, determina el grosor de colada h_{Br} de la prebanda 6, que después de la desviación desde un sentido de colada esencialmente vertical, hacia un sentido de transporte horizontal, se suministra directamente al tren de laminación W, o de manera facultativa antes de que atraviese un dispositivo de homogeneización 7, en el cual se puede obtener una homogeneización en la distribución de la temperatura de la prebanda. La prebanda 6 con un grosor de colada h_{Br} ingresa en la primera caja de laminación 8a del tren de laminación W, sin realizar un corte de separación previo, con una velocidad de colada v_g y con una temperatura de prebanda promediada en la sección transversal $T_{VB,1}$. El número de cajas de laminación 8a, 8b, ..., 8n utilizadas en el tren de laminación W, se determina mediante el grosor final deseado $d_{end,1}$ y mediante la temperatura de laminación final en la caja de laminación 8n, que forzosamente debe ser mayor que la temperatura límite de conformación de la austenita T_{aust} en relación con la calidad del acero. El número n_1 máximo de cajas de laminación que se pueden utilizar para una calidad de acero determinada, con determinados valores geométricos predeterminados, se determina en este caso de acuerdo con la fórmula general:

$$n_i \leq \frac{T_{VB,1} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]; \quad n_i \in \mathbb{N} \quad \text{und } i=1.$$

En este caso, el número de cajas de laminación se obtiene mediante el número natural mayor en el dominio de los valores resultantes posibles.

A continuación, la banda laminada en caliente atraviesa un trayecto de enfriamiento 9, se corta transversalmente en correspondencia con los pesos de rollo predeterminados, con una instalación de corte y separación 10 conformada por una tijera de corte transversal, y se enrolla en una bobinadora de bandas 11 para obtener rollos.

El grosor de barra de salida establecido en la instalación de colada continua, y el grosor de laminación deseado de la banda laminada en caliente enrollada para obtener un rollo, determinan además de la calidad del acero, también esencialmente el número de cajas de laminación / etapas de reducción del grosor necesarias para obtener un producto final con las características estructurales y de material requeridas. La temperatura de prebanda promediada en la sección transversal $T_{VB,1}$ en el final de la máquina de colada y, de esta manera, antes de la entrada a la primera caja de laminación, resulta variable sólo dentro de límites muy estrechos, y depende de las condiciones de funcionamiento de la máquina de colada continua. La temperatura límite de conformación de la austenita en relación con la calidad del acero, es una constante del material que se establece esencialmente para cualquier calidad de acero. Durante el proceso de laminación, por una parte, se libera energía de deformación en forma de calor y, por otra parte, las láminas previas entregan calor al ambiente durante su recorrido a través de las

- cajas de laminación. En conjunto, la temperatura de prebanda desciende convencionalmente de manera continua, y el descenso resulta mayor en tanto que la velocidad de laminación o bien, la velocidad de colada en el lado de entrada sea menor. La fórmula desarrollada mencionada anteriormente, proporciona el establecimiento del número máximo oportuno de cajas de laminación o bien, de etapas de reducción del grosor que se deben realizar en un tren de laminación, en donde la temperatura de banda no debe descender a un nivel inferior en relación con la temperatura límite de conformación de la austenita en el tren de laminación, considerando todas las etapas de deformación previas. Cuando se desean obtener grosores de desbaste > 50 mm y grosores de laminación $< 3,5$ mm, se requiere la disposición de dos o una pluralidad de trenes de laminación W1, W2, W3, como se representa en los ejemplos de ejecución de acuerdo con las figuras 2 y 3.
- 5 La instalación combinada de colada y de laminación en la forma de ejecución de acuerdo con la figura 2, coincide con la forma de ejecución anteriormente descrita de acuerdo con la figura 1, en relación con los principios básicos. En lugar del tren de laminación W de acuerdo con la figura 1, en este caso se proporcionan dos trenes de laminación W1 y W2 dispuestos en serie, separados mediante un dispositivo de calentamiento intermedio 12.
- 10 El tren de laminación W1 comprende un número máximo determinado de cajas de laminación 8a, 8b, ..., 8n, que se determina mediante la ecuación indicada anteriormente. De la misma manera, el tren de laminación W2 presenta un número máximo determinado de cajas de laminación 13a, 13b, ..., 13m que también se determina mediante la ecuación indicada anteriormente, en donde en la ecuación se debe considerar para W2 el número de etapas de reducción del grosor realizadas previamente en el tren de laminación W1, mediante los exponentes m_{vor} . En el dispositivo de calentamiento intermedio 12, la temperatura de prebanda promediada en la sección transversal, se conduce nuevamente a un nivel de temperatura lo suficientemente elevado, superior a la temperatura límite de conformación de la austenita para la lámina previa reducida en su grosor en el tren de laminación W1, para poder realizar la pasada de laminación a realizar en el tren de laminación W2, en la zona austenítica. El incremento de la temperatura logrado con el dispositivo de calentamiento intermedio, de acuerdo a la necesidad, se encuentra en el rango de 50 K a 450 K, preferentemente en el rango de 120 K a 350 K.
- 15 La instalación combinada de colada y de laminación representada esquemáticamente en la figura 3, se encuentra provista de tres trenes de laminación W1, W2 y W3, y resulta particularmente apropiada cuando a partir de un grosor de colada relativamente elevado (por ejemplo, >150 mm) y a partir de una longitud de guía de barra metálica prolongada o bien, a partir de una temperatura de desbaste T_{VB} promediada relativamente reducida, se deben fabricar bandas laminadas en caliente de manera austenítica con un grosor de laminación muy reducido (por ejemplo, $<1,2$ mm). Entre el tren de laminación W1 con las cajas de laminación 8a, ..., 8n y el tren de laminación W2 con las cajas de laminación 13a, ... 13m, se encuentra dispuesto un dispositivo de calentamiento intermedio 12, y entre el tren de laminación W2 y el tren de laminación W3 con las cajas de laminación 15a, 15b, ..., 15o, se encuentra dispuesto un dispositivo adicional de calentamiento intermedio 14. La determinación del número de cajas de laminación necesarias en el tren de laminación W3, se realiza de manera análoga a la determinación del número máximo de cajas de laminación en el tren de laminación W2. Sin embargo, en la ecuación para el tren de laminación W2 se deben considerar en el caso de los exponentes m_{vor} , todas las etapas de deformación previas en los trenes de laminación W1 y W2.
- 20 En la práctica operacional, resulta necesario producir la banda laminada en caliente con diferentes calidades de acero, y con grosores de laminación muy variados a partir de barras de acero con diferentes grosores de colada. En una instalación combinada de colada y laminación de la clase conforme a la presente invención, se puede producir de una manera muy simple una amplia paleta de productos, cuando previamente en la fase de diseño para la fabricación de la instalación, se realiza un sistema de trenes de laminación adaptado a dicha paleta de productos. De esta manera, se puede lograr una activación de las cajas de laminación necesarias, específica para el producto. Por lo tanto, la instalación comprende por lo general efectivamente el respectivo número máximo de cajas en cada tren de laminación, en relación con el grosor de desbaste máximo, el grosor mínimo de enrollado de la banda, los respectivos grosores de banda intermedia $d_{end,i}$ y las temperaturas de calentamiento intermedio $T_{VB,i}$ de acuerdo con la fórmula desarrollada, así como los dispositivos de calentamiento intermedio. Por otra parte, durante la fabricación de la lámina previa en la instalación de colada continua, se pueden lograr variaciones de la temperatura condicionadas por el funcionamiento, mediante el control correspondiente de los trenes de laminación, particularmente mediante la activación de una configuración óptima de cajas de laminación. Dicho control se puede realizar en el nivel de control de procesos P, se puede obtener la información de estado correspondiente de un ordenador de procesos PS de la instalación de colada continua antepuesta, y se pueden transmitir las señales de activación a los circuitos de control individuales PW1 y PW2 de los trenes de laminación W1 y W2 (figura 4). En este caso, la ecuación especial se asigna al ordenador de procesos en el nivel de control de procesos, como un modelo matemático, en donde el flujo másico actual medio o bien, permanente específico para el ancho, debe influir como un factor multiplicador. Para dicho caso, el establecimiento del número de etapas de reducción del grosor en las cajas de laminación individuales, se realiza de acuerdo con la condición:
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

en donde el número de etapas de reducción del grosor para cada tren de laminación, se puede seleccionar a partir de ambos números naturales mayores, a partir del conjunto de números naturales que se obtiene de la condición.

- 5 El dispositivo de calentamiento intermedio 12 se encuentra integrado al circuito de control en el nivel de control de procesos P.

REIVINDICACIONES

1. Método para la laminación austenítica continua de una prebanda fabricada en un proceso de colada continua en una instalación de colada continua, con un grosor de colada menor a 300 mm, preferentemente con un grosor de colada menor a 150 mm, mediante etapas de reducción del grosor en, al menos, un tren de laminación conformado por una pluralidad de cajas de laminación dispuestas en serie, para obtener una banda laminada en caliente con un grosor de laminación de entre 0,5 y 15 mm, y con una separación transversal consecutiva de la banda laminada en caliente en tamaños de rollo o bien, longitudes de rollo antes del enrollamiento en un dispositivo de almacenamiento, **caracterizado porque** se reduce el grosor de la prebanda (6) en cada uno de los trenes de laminación (W, W1, W2, W3) dispuestos a continuación de la instalación de colada continua, con un número (n, n₁, n_i) de etapas de reducción del grosor, en donde el número n_i de etapas de reducción del grosor a realizar se determina mediante la condición

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in N$$

N

en donde

T_{VB,i} [°C] es la temperatura de la prebanda promediada en la sección transversal, en el final de la máquina de colada continua (en la zona del extremo del cráter líquido) o bien, en el final de un dispositivo de calentamiento intermedio instalado antes del i-ésimo tren de laminación,

T_{aust} [°C] es la temperatura límite de conformación de la austenita en relación con la calidad del acero (temperatura austenítica de laminación final),

h_{Br} [mm] es el grosor de desbaste / de colada durante la solidificación (= extremo del cráter líquido),

d_{end,i} [mm] es el grosor de banda después de las n_i etapas de reducción del grosor, del i-ésimo tren de laminación,

m_{vor} es el número de todas las etapas de reducción del grosor realizadas desde la solidificación de los desbastes, hasta la entrada en la primera caja del siguiente i-ésimo tren de laminación,

v_g [m/min] es la velocidad de colada de desbastes.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el número n de etapas de reducción del grosor activas en el interior de un tren de laminación, se determina mediante la condición

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n \in N$$

3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** después de la ejecución de las etapas de reducción del grosor en un tren de laminación (W1 o W2), y antes de la ejecución de las etapas de reducción del grosor en un tren de laminación dispuesto a continuación (W2 o W3), se realiza un calentamiento intermedio de la banda laminada, en donde la temperatura de la banda laminada promediada en la sección transversal, asciende de 50 K a 450 K, preferentemente de 120 K a 350 K.

4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el calentamiento intermedio se realiza mediante un calentamiento inductivo de campo transversal.

5. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes 1 a 4, **caracterizado porque** en el caso de un grosor de colada $h_{Br} < 45$ mm, todas las etapas de reducción del grosor se realizan en un tren de laminación, y en el caso de un grosor de colada $h_{Br} > 60$ mm, todas las etapas de reducción del grosor necesarias se realizan en, al menos, dos trenes de laminación.

10. 6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes 1 a 4, **caracterizado porque** en el caso de un grosor de colada $h_{Br} < 50$ mm, todas las etapas de reducción del grosor se realizan en un tren de laminación, de lo contrario, las etapas necesarias de reducción del grosor se realizan preferentemente en, al menos, dos trenes de laminación.

7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el grosor de laminación de la banda laminada asciende entre 0,8 mm y 12 mm, preferentemente entre 1,0 mm y 8 mm.

15. 8. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la prebanda fabricada en un proceso de colada continua, se fabrica con un grosor de colada de, al menos, 30 mm, preferentemente con un grosor de colada de, al menos, 60 mm.

9. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la condición

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000};$$

$$n_i \in \mathbb{N}$$

o la condición

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log} \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n \in \mathbb{N}$$

20 se representa en un ordenador de procesos en un nivel de control de procesos (P) para determinar el número n_i o n de las etapas de reducción del grosor que se suceden directamente entre sí para cada tren de laminación, y desde dicho ordenador de procesos, en base a dicha condición, se transmiten señales de activación para la activación de cajas de laminación individuales (8a, 8b, ..., 8n; 13a, 13b, ..., 13m; 15a, 15b, ..., 15o) de uno o de una pluralidad de trenes de laminación (W, W1, W2, W3), a los circuitos de control individuales (PW1, PW2) del tren de laminación o
25 de la pluralidad de trenes de laminación.

FIG 1

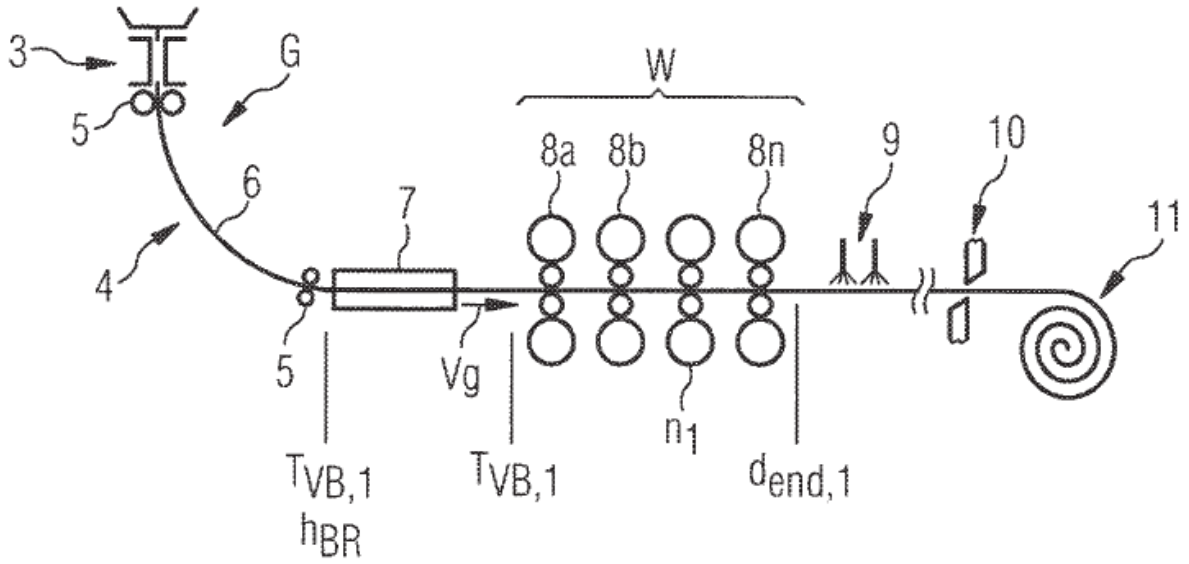


FIG 2

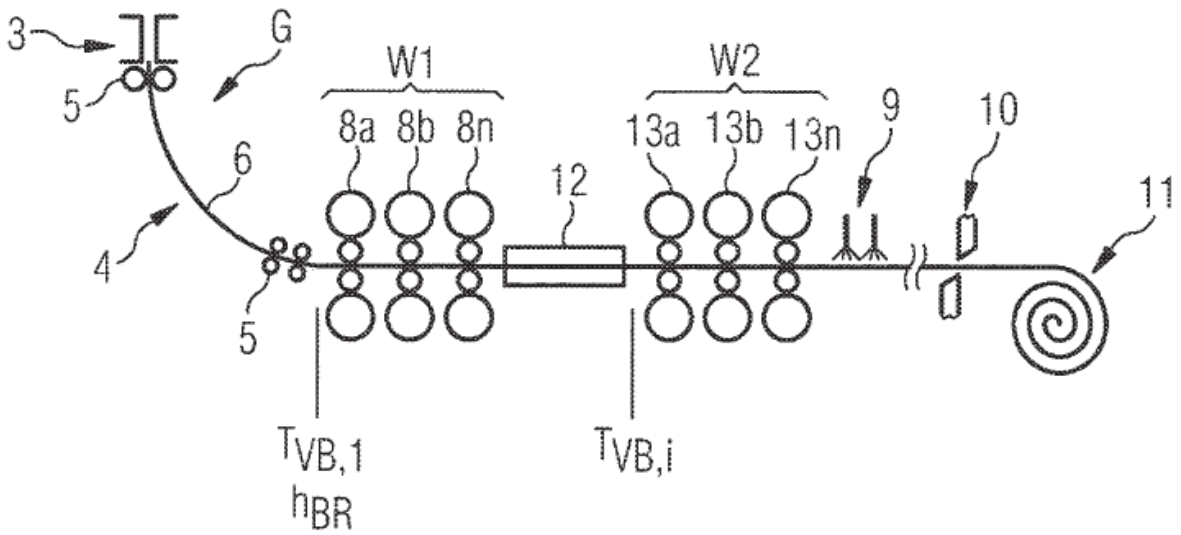


FIG 3

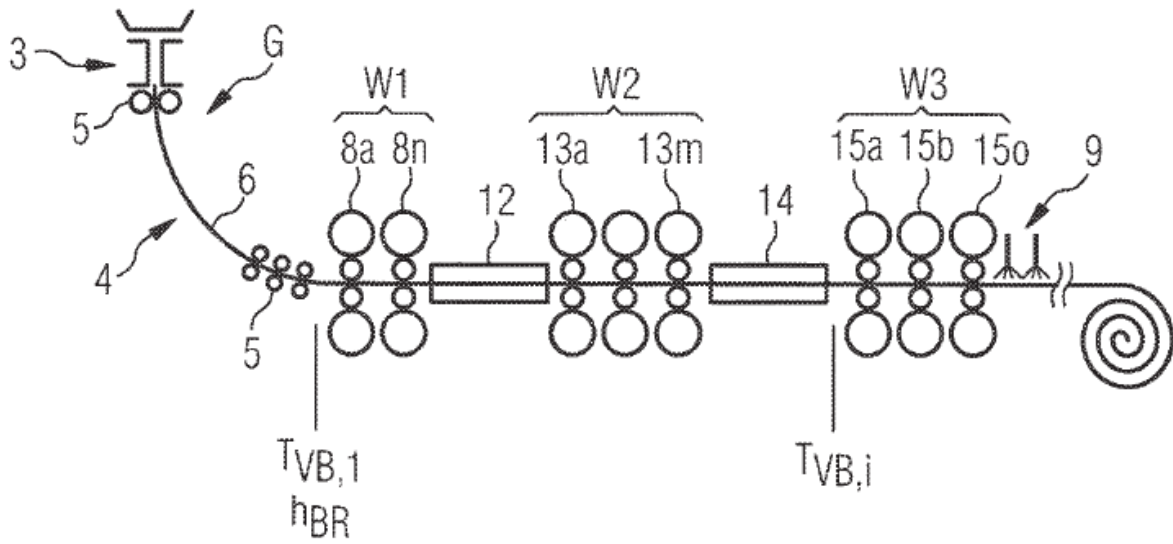


FIG 4

