

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 403**

51 Int. Cl.:

B21B 1/46

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2011** **E 11725499 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015** **EP 2569104**

54 Título: **Método para la producción de productos laminados planos**

30 Prioridad:

10.05.2010 IT UD20100091

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

16.10.2015

73 Titular/es:

**DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE SPA
(100.0%)**

**Via Nazionale 41
33042 Buttrio (Udine), IT**

72 Inventor/es:

**BENEDETTI, GIANPIETRO y
BOBIG, PAOLO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 548 403 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 producción de productos laminados planos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para la producción de productos laminados planos, tales como tira o placa.

10 Antecedentes de la invención

Se sabe de plantas de laminación dispuestas en una línea con una máquina de colada continua que produce planchas finas, o "moldeadores de planchas finas".

15 Un ejemplo de una planta de laminación en la que se basa la presente invención se describe en el documento WO 2009/065840, Este documento describe algunas realizaciones, de plantas de laminación. Por ejemplo, la Figura 1 muestra una configuración con un horno de homogeneización aguas arriba de un solo tren de laminación continua. La Figura 2 muestra un horno de calentamiento interpuesto entre un tren de desbaste y un tren de acabado, mientras que la Figura 3 muestra dos dispositivos de calentamiento interpuestos entre grupos relativos de
20 estaciones de laminación.

El documento WO'840 no muestra una solución en la que hay un horno de túnel aguas arriba de las estaciones de laminación de desbaste y una unidad de calentamiento rápido, por ejemplo, un inductor, a la salida de las estaciones de desbaste y aguas arriba de las estaciones de laminación de acabado.

25 Tales plantas se pueden planificar y configurar para un proceso de laminación sustancialmente continua, o "sinfín", en el que el producto colado se lamina en un tren de laminación que se coloca inmediatamente a la salida de la máquina de colada continua con la que está en contacto directo.

30 El hecho de que el tren de laminación esté directamente unido a la salida de la máquina de colada continua en el proceso sinfín permite que no se desperdicie temperatura y, por otra parte, explotar al máximo el calor en el producto colado y la baja resistencia a la presión en el primero de dos de tres de laminación en la medida de recristalización todavía no ha tenido lugar completamente, con el consiguiente ahorro energético en la etapa de laminación.

35 El proceso de laminación del tipo sinfín asegura la posibilidad de producir una tira ultra-fina (por ejemplo de 0,7 a 0,9 mm) en la que las secuencias se inician mediante la producción de espesores de 1,5 - 3,0 mm y disminuyen progresivamente a 0,7 - 0,9 mm.

40 Desafortunadamente el proceso sinfín, como el que se muestra por ejemplo en la patente EP1868748, cuyo plan de trazado se muestra en la Figura 1, es muy rígido por las razones expuestas a continuación.

45 La producción de algunas calidades de acero (por ejemplo, acero peritéctica, acero de alto contenido de carbono, acero al silicio, acero API) obliga, para los requisitos metalúrgicos y cualitativos, reducir la velocidad máxima de colada continua y, en consecuencia, el flujo másico cae por debajo del valor mínimo necesario para obtener la temperatura de al menos 850 °C en la última estación del tren de acabado, haciendo así impracticable el laminado sinfín para una amplia gama de espesores de 0,7 a 4,0 mm, a pesar de tener en el tren un calentamiento por inducción.

50 Además, puesto que el tren de laminación se encuentra inmediatamente a la salida de la máquina de colada continua en el proceso sinfín, no hay posibilidad de tener un espacio intermedio entre los dos procesos de laminación y de colada que están conectados rígidamente. Por lo tanto, cada parada mínima del tren de laminación y/o de las máquinas de bobinado de tiras, por ejemplo debido a un cambio programado de los rodillos de rodadura, con el fin de realizar controles, debido a accidentes, interrupciones repentinas o averías menores, requiere que el
55 proceso de colada continua y también los trabajos en el acero aguas arriba se detengan, con una pérdida en la producción.

Esta característica del proceso sinfín que no tiene ningún espacio intermedio tiene las siguientes consecuencias:

- 60
- el factor de utilización de la planta de colada-laminación, pero también el de los trabajos de acero aguas arriba, se reduce en un 5 ÷ 6 %;
 - el rendimiento de la planta (que es la relación entre el peso del producto terminado y el peso del acero líquido en la artesa de colada para producir una tonelada), disminuye en un 1,2 ÷ 1,3 % debido a la pérdida de material que es el resultado del desguace del acero presente en la artesa de colada a la salida de la máquina de colada
65 continua.

Además, el proceso sinfín no permite insertar una segunda línea de colada con el fin de aumentar la productividad de la planta.

5 Por último, el proceso sinfín tiene muy poca flexibilidad en los cambios de producción (anchura y espesor de plancha).

10 Por el contrario, las soluciones de trazado que utilizan el moldeador de planchas finas del tipo semi-continuo establecen que la máquina de colada y el tren de laminación se conecten en línea por un horno de túnel para el calentamiento y/o mantenimiento que actúa también como un almacenamiento de acumulación para las planchas cuando es necesario superar una interrupción del proceso de colada, a causa de incidentes o debido a un cambio de rollo programado, evitando de esta manera pérdidas de material y de energía y, sobre todo, evitando una interrupción de la colada.

15 En el caso en que, en un proceso semi-continuo en el que la longitud de la plancha se corresponde exactamente con el material necesario para formar una bobina del peso deseado, el proceso se denomina "bobina a bobina".

En el caso en que la longitud corresponde a un múltiplo de la longitud necesaria para formar una bobina del peso deseado, la denominada súper-plancha, a continuación, el proceso se denomina "semi-sinfín".

20 A continuación se proporcionará un sumario para aclarar las características de los tres procesos hasta ahora considerados.

25 Sinfín: el proceso sucede de una manera continua entre la colada y el tren de laminación. La plancha de colada alimenta el tren de laminación directa y continuamente. Las bobinas se producen en laminación continua. Las bobinas individuales se forman por medio de un corte de las cizallas rápidas antes del bobinado de los carretes. No hay entradas en el tren de laminación.

30 Semi-sinfín: el proceso sucede de una manera discontinua entre la colada y el tren de laminación. La súper-plancha, equivalente a "n" (de 2 a 5) planchas normales, se forma a la salida de la colada mediante el corte de las cizallas pendulares. "N" bobinas de laminado se producen a partir de la súper-plancha relativa a la vez. Las bobinas individuales se forman por un corte de las cizallas rápidas antes del bobinado de los carretes. Por cada secuencia de "n" bobinas producidas hay una entrada en el tren de laminación.

35 Bobina a bobina: el proceso sucede de una manera discontinua entre la colada y laminación. La plancha individual se forma a la salida de la colada por el corte de las cizallas pendulares. Una bobina a la vez se produce en la laminación a partir de la plancha de inicio relativa. Por cada bobina producida hay una entrada en el tren de laminación.

40 La tecnología actual ofrece diversas soluciones, principalmente en la bibliografía y en la literatura de patentes, que han proporcionado diversos tipos de plantas y procesos para la laminación de productos planos, cada uno de los cuales se caracteriza por una de las modalidades mencionadas anteriormente, es decir, "sinfín", "semi-sinfín" o "bobina a bobina", que en general se accionan individualmente o como máximo solo dos por planta.

45 Las soluciones existentes tienen pros y contras, pero no obstante logran satisfacer en gran medida las necesidades de una planta que es a la vez flexible y versátil con el fin de atender el mercado competitivo.

En particular, los procesos actualmente existentes tienen las siguientes características que también se resumen en la tabla de comparación que se muestra en la Figura 5:

- 50 – Sinfín: óptimo para la producción de espesores ultra-finos de 0,7 a 0,9 mm ya que elimina la entrada del cabezal de la barra en las estaciones, por lo tanto, con un menor desgaste de los rodillos y con menos riesgo de bloqueo, el mismo permite una laminación estacionaria, pero por otro lado no puede producir algunos tipos de acero, el mismo tiene un bajo factor de utilización de la planta, un bajo rendimiento y no tiene la posibilidad de insertar una segunda línea para aumentar la producción;
- 55 – Bobina a bobina: permite producir toda la gama de aceros moldeables con una máquina de colada fina, tiene un alto factor de utilización de la planta y alto rendimiento. Por otro lado, no puede producir espesores inferiores a 1,0 mm debido a la dificultad que tiene la tira en entrar en las últimas estaciones de laminación, ya que es fina y por lo tanto inconsistente.
- 60 – Semi-sinfín: es óptimo para la producción de espesores finos de hasta 0,9 mm, lo que permite producir toda la gama de aceros moldeables con una máquina de colada fina, el mismo tiene un alto factor de utilización de la planta y alto rendimiento. Por otro lado, tiene una baja productividad en la producción de tiras ultra finas (0,7-0,9 mm) porque el proceso implica necesariamente que la primera y la última bobinas de planchas se produzcan con mayor espesor; se reduce (en 1/4 o 1/5), pero no elimina el problema de la entrada de la barra en las estaciones del tren de laminación, y finalmente, aumenta los problemas de entrada de la tira en los carretes de bobinado
- 65 porque las velocidades de avance de la tira son muy altas en comparación con el modo sinfín.

5 El desarrollo de la tecnología de colada, en particular por parte del solicitante, con la introducción, por ejemplo, de
cristalizadores de alto rendimiento y sofisticadas técnicas de reducción suave dinámica, que permiten aumentar la
velocidad de colada y que la mantienen sustancialmente constante en una amplia gama de espesores, por ejemplo
30 a 140 mm, está empezando a permitir la hipótesis de nuevas soluciones de proceso de la planta que aumentan
considerablemente la flexibilidad de la planta y obtener una productividad muy alta, junto con una alta calidad final y
obtener espesores muy reducidos.

10 Se sabe que el espesor de colada inicial, dada la misma velocidad de colada, determina la productividad de la
planta, el número total de estaciones de laminación a ser utilizadas y, en el caso del proceso de laminación "sinfín",
el perfil de temperatura de la salida de la colada continua a la salida de la última estación de acabado.

15 Partiendo de los parámetros iniciales determinados, por ejemplo relacionados con el espesor inicial del producto
colado, el espesor final del producto laminado, la productividad requerida, la finalidad de la presente invención es por
tanto producir perfiles de laminación y trazados relativos de plantas capaces de producir todas las calidades de
acero moldeables con tecnología de plancha fina, junto con las secuencias disponibles de acero líquido aguas
arriba, siendo capaz de manejar tiempos de parada de la planta de laminación para mantenimiento menor, cambios
de rollo y/o incidentes, sin tener que interrumpir el proceso de colada.

20 El solicitante ha ideado, desarrollado y probado la presente invención para obtener estos y otros fines y ventajas que
se pueden identificar con más detalle en la siguiente descripción.

Sumario de la invención

25 La idea de la invención se expone en las reivindicaciones independientes, mientras que las reivindicaciones
dependientes describen variantes de la idea inventiva.

30 El proceso de acuerdo con la invención explota todas las prerrogativas de un proceso sinfín (la posibilidad de
producir productos ultra-finos y ahorro energético en la etapa de laminación) del que mantiene todas las ventajas
mientras que al mismo tiempo evita sus limitaciones, y por lo tanto se puede definir "proceso sinfín universal". De
hecho, el procedimiento de acuerdo con la invención permite:

- producir todas las calidades de aceros moldeables con la tecnología de plancha fina y por lo tanto cubrir todo el
mercado disponible;
- tener un espacio intermedio entre la máquina de colada y el tren de laminación que permite absorber los tiempos
de parada del tren de laminación debido a los incidentes o cambios de rollo, sin necesidad de parar la colada y,
por tanto, sin perder la producción y sin penalizar los trabajos de acero aguas arriba;
- duplicar, posibilidad, la producción mediante la inserción de una segunda línea de colada.

40 En particular, el procedimiento de acuerdo con la presente invención se proporciona para producir, para todas las
calidades de acero moldeables con la tecnología de plancha fina con espesores comprendidos entre 30 y 140 mm,
tiras o lámina con un espesor final comprendido entre 0,7 mm a 20 mm, y es único porque incorpora en la misma
planta los tres modos de operación siguientes:

- a) sinfín, para espesores finales de la tira de 0,7 mm a 4,0 mm, para algunas de dichas calidades de acero;
- b) semi-sinfín, para espesores finales de la tira de 0,7 mm a 2,0 mm, para la totalidad de dichas calidades de
acero;
- c) bobina a bobina, para espesores finales de la tira de 1,0 mm a 20 mm, para la totalidad de dichas calidades
de acero.

50 Ventajosamente, el procedimiento ofrece la posibilidad de pasar automáticamente de un modo a otro, utilizando el
más conveniente en cada ocasión.

55 La elección del modo de operación más adecuado se realiza teniendo en cuenta toda la mezcla que se tiene que
producir en la campaña de laminación específica (período comprendido entre 2 cambios de rollo de laminado) con la
perspectiva de reducir al mínimo los costes de producción, es decir, los costes de transformación más los costes
derivados del menor rendimiento/calidad del producto acabado.

Más particularmente, la elección de operar en uno de los tres modos de operación descritos anteriormente se hace:

- en relación con la calidad del acero a ser producido;
- para obtener diferentes clases de espesores finales de la tira, optimizando el proceso de producción;
- para optimizar la velocidad, la temperatura de laminación y el consumo de energía relativa;
- para adaptar las velocidades de colada a la producción disponible de acero líquido a fin de no interrumpir las
secuencias de colada.

De acuerdo con la invención es, por tanto, posible seleccionar en cada ocasión el modo de operación que es más adecuado para reducir al mínimo los costes de producción y optimizar el ahorro energético, el rendimiento y el factor de utilización de la planta.

- 5 Ventajosamente, el modo sinfín se utiliza para todas las calidades de acero que puedan colarse a altas velocidades, generalmente de más de 5,5 m/min, por ejemplo igual a 6 o 7 m/min.

Estos aceros se enumeran a continuación:

- 10 – IF (Libre de intersticios);
– ULC (Ultra Bajo en Carbono);
– Bajo en Carbono;
– HSLA Bajo en carbono, incluyendo API X 50-80;
– Carbono Medio (estructurales);
15 – HSLA de Carbono Medio (láminas, tubos, construcción naval, recipientes a presión);
– Alto en Carbono;
– Resistente a la Intemperie (Corten);
– Fase Dual;

- 20 y representan aproximadamente el 70 % de toda la gama de aceros moldeables con la tecnología de plancha fina con espesores de 30 a 140 mm.

El modo semi-sinfín o de bobina a bobina se utiliza para producir esas calidades de acero que tienen que colarse a velocidades de menos de 5,5 m/min, por ejemplo, igual a 4 m/min o menos.

- 25 Estos aceros se enumeran a continuación:

- Grado Peritético ($0,08 < \% C < 0,15$);
– API X 70-80;
30 – Acero de Silicio;
– Alto en Carbono ($\% C > 0,45 \%$);

y representan aproximadamente el 30 % de toda la gama de aceros moldeables con la tecnología de plancha fina con espesores de 30 a 140 mm.

- 35 De acuerdo con la invención, el posicionamiento de la unidad de calentamiento rápido, por ejemplo, el inductor, dentro de la línea de laminación, se determina a fin de optimizar la utilización de energía para el calentamiento del producto y teniendo en cuenta la capacidad máxima de calentamiento de la unidad de calentamiento rápido específica.

- 40 Por lo tanto, la invención permite identificar la mejor posición de la unidad de calentamiento rápido en el interior del tren de laminación de acuerdo con la gama de espesores, inicial y final, y la velocidad de avance de la tira.

- 45 En una solución preferida de la invención, la unidad de calentamiento rápido se configura para trabajar con una gama de espesores de productos comprendidos entre 5 y 25 mm, que corresponden a velocidades de avance de la tira comprendida entre 20 y 80 m/min.

- 50 Gracias a esto, se obtiene una mejor gestión de la unidad de calentamiento rápido, que se realiza para trabajar dentro de un intervalo óptimo, y una simplificación de la línea porque en la práctica solo se utiliza una unidad de calentamiento rápido entre estaciones, adecuadamente situada y dimensionada.

La invención proporciona un método para identificar el posicionamiento óptimo de la unidad de calentamiento rápido en el interior del tren de laminación.

55 Etapa a)

La velocidad de colada máxima posible y el espesor de la plancha se seleccionan de acuerdo con la productividad horaria que la colada, y por lo tanto toda la planta, debe tener, y de la calidad de los aceros que tienen que producirse. De esta manera el denominado flujo másico = velocidad x espesor se define.

60 Etapa b)

El número mínimo (Ntot) de estaciones general en el tren de laminación se define de acuerdo con el espesor final de la tira a obtener y el espesor de la plancha que sale de la colada.

65

Etapa c)

5 El número máximo (Nf_{max}) de estaciones que el tren de acabado puede tener se determina de acuerdo con el flujo másico identificado en la etapa a). Por lo tanto, por la diferencia, el número mínimo (Ns_{min}) de estaciones que el tren de desbaste puede tener también se define: $Ns_{min} = N_{tot} - Nf_{max}$.

Etapa d)

10 En este punto, el número total de estaciones y el número máximo de estaciones que el tren de acabado puede tener es conocido.

En la etapa siguiente la división óptima de las estaciones de desbaste y las estaciones de acabado se define, con el mismo número en general, y por lo tanto el punto óptimo donde ubicar la unidad de calentamiento rápido.

15 Por ejemplo, si el número total de estaciones definido es 7, podemos tener las siguientes divisiones del tren de desbaste y del tren de acabado: 1 + 6 + 2 o 5 o 3 + 4.

20 Para establecer la división óptima, se tiene en cuenta el perfil de variación de la temperatura a la salida del horno de túnel para el posible calentamiento y mantenimiento a la salida del tren de acabado, como se describirá en detalle a continuación con ejemplos.

Etapa e)

25 Por último, de acuerdo con el espesor final deseado de la tira y la velocidad de colada tal como se determina en la etapa a), se selecciona el modo que se va a utilizar en el proceso de laminación, de entre los tres modos identificados anteriormente: bobina a bobina, sinfín, semi-sinfín.

30 Si los datos de entrada en el diagrama identifican una superposición de las tres áreas, el criterio para elegir el modo más adecuado debe tener en cuenta también el menor tiempo requerido para alcanzar plenas condiciones de operación que se pueden obtener.

En una posible variante de la invención, una de las estaciones definidas para el tren de desbaste se dispone aguas abajo de la máquina de colada, aguas arriba del horno de túnel.

35 En otra posible variante, la primera o la última parte del horno de túnel se sustituye por un inductor, a fin de acortar el túnel.

40 En otra variante, los rodillos de laminación del tren se enfrían mediante un sistema de aire-vapor, es decir, aire con agua nebulizada.

En este caso, un sistema para controlar la temperatura de los rodillos de laminación se utiliza para adaptar el sistema de refrigeración a los diversos modos de operación.

Breve descripción de los dibujos

45 Estas y otras características de la presente invención se describirá ahora en detalle, con referencia a algunas formas particulares de actuación, proporcionadas como un ejemplo no limitativo con la ayuda de los dibujos adjuntos en los que:

- 50
- La Figura 1 muestra un trazado de un proceso sinfín de acuerdo con el estado de la técnica;
 - Las Figuras 2 a 4 muestran tres realizaciones diferentes de trazados que implementan el método de acuerdo con la presente invención;
 - Las Figuras 5 a 11 muestran algunos diagramas y tablas que representan las relaciones funcionales entre los parámetros de la línea de laminación y aquellos que se utilizan en el método para diseñar el trazado de la línea.

Descripción detallada de algunas realizaciones preferidas

60 Con referencia a las Figuras 2-4, se muestran tres posibles trazados de una línea de colada/laminación 10 para productos planos que implementa los principios de la presente invención.

En particular, el trazado en la Figura 2 se aplica ventajosamente pero no exclusivamente para gamas de espesor de la plancha de colada de 30 a 70 mm, y una productividad de 600.000 a 2.000.000 ton/año.

65 El trazado en la Figura 3 se aplica ventajosamente pero no exclusivamente para gamas de espesor de plancha de colada de 60 a 100 mm, y una productividad de 1.000.000 a 2.800.000 ton/año.

ES 2 548 403 T3

El trazado en la Figura 4 se aplica ventajosamente pero no exclusivamente para gamas de espesor de la plancha de colada de 80 a 140 mm, y una productividad de 1.500.000 a 3.500.000 ton/año.

En general, la línea 10 comprende como elementos constitutivos:

- 5
- una máquina de colada continua 11 que tiene una lingotera 12;
 - un primer dispositivo de descascarillado utilizando agua 13;
 - una cizalla pendular 14;
 - un horno de túnel 15 que tiene al menos el penúltimo módulo 115a móvil lateralmente, como se describe en lo
- 10
- sucesivo;
 - un dispositivo de corte de oxiacetileno 16;
 - un segundo dispositivo de descascarillado utilizando agua 113;
 - una estación vertical o perfilador de borde 17 (opcional);
 - un tercer dispositivo de descascarillado utilizando agua 213;
- 15
- un par de estaciones de laminación de desbaste 18a, 18b;
 - una cizalla de recorte 19 para recortar los extremos frontal y posterior de las barras con el fin de facilitar su entrada y salida a/desde las estaciones del tren de acabado; también se puede utilizar en el caso de una cizalla de emergencia;
 - un dispositivo de calentamiento rápido mediante inducción 20;
- 20
- un cuarto dispositivo de descascarillado utilizando agua 313;
 - un tren de laminación de acabado, que comprende en este caso cinco estaciones, respectivamente 21a, 21b, 21c, 21d y 21e;
 - duchas de refrigeración laminar 22;
 - una cizalla de vuelo de alta velocidad 23 para cortar la tira a medida, para ser utilizada en la laminación sinfín o semi-sinfín, para dividir la tira, agarrada por los carretes de bobinado, en bobinas del peso deseado; y
- 25
- un par de carretes de bobinado, respectivamente primer 24a y segundo 24b.

La lingotera 12 puede ser del tipo de concavidad pasante para espesores de 30 mm a 100-110 °C, o del tipo con caras planas y paralelas para espesores de 110 mm a 140 mm.

30

Inmediatamente aguas abajo de la colada están las cizallas pendulares 14 para cortar las planchas a la longitud deseada (en los modos bobina a bobina y semi-sinfín) después de que hayan sido sometidas a la descascarillado por el primer dispositivo de descascarillado 13.

35

En particular, en el modo de operación de bobina a bobina, las cizallas pendulares 14 cortan segmentos de plancha de una longitud tal que se obtiene una bobina con un peso deseado, por ejemplo, 25 toneladas.

Por el contrario, en el modo de operación semi-sinfín, las cizallas pendulares 14 cortan segmentos de plancha con longitudes de 2 a 5 veces la del modo de bobina a bobina.

40

En el modo de operación semi-sinfín, en condiciones de trabajo normales, las cortan pendulares 14 no realizan ninguna cizalla en la plancha que llega de la colada.

45

Los segmentos de plancha, en el modo de operación semi-sinfín o de bobina a bobina, o la plancha continua en el modo sinfín, se introducen en el interior del horno de túnel 15 para recuperar o mantener la temperatura.

50

El penúltimo módulo 115a del horno de túnel 15 es en este caso del tipo lateralmente móvil con la función de una lanzadera para permitir utilizar una segunda línea de colada, paralela a la primera, que comparte el mismo tren de laminación. El módulo 115a puede servir también, eventualmente, para acomodar temporalmente una pluralidad de segmentos de plancha en una posición fuera de la línea, por ejemplo en el caso de bloqueos, sustitución del rollo, mantenimiento, etc.

55

El último módulo 115b del horno de túnel 15 puede, por el contrario, tener una función de aparcamiento, en el caso de una interrupción de la línea por los mismos motivos anteriores.

A la salida del horno de túnel 15 puede haber, aguas abajo del segundo dispositivo de descascarillado 113 y aguas arriba del tren de desbaste 18a, 18b, una estación perfiladora de borde 17 cuya función es para alinear lateralmente la longitud cónica de la plancha que se genera durante el cambio de la anchura sufrida en la lingotera.

60

La operación de perfilado del borde mejora la calidad de los bordes del producto terminado y aumenta el rendimiento.

65

El tren de laminación, en la línea 10 que se muestra en la Figura 1, comprende dos estaciones de desbaste, indicadas con los números 18a y 18b, y cinco estaciones de acabado indicadas por el número 21a, 21b, 21c, 21d y 21e.

Entre las estaciones de desbaste y las estaciones de acabado se interpone un dispositivo de calentamiento rápido, en este caso un horno de inducción 20, cuya función es para llevar la temperatura de la plancha, de acuerdo con su espesor inicial, espesor final y diversos otros parámetros relacionados con el producto, al valor más adecuado para su laminación.

5 El horno inductor 20 puede posiblemente también desmontarse de la línea en caso de que, para determinados productos, su función no sea necesaria.

10 Aguas abajo del horno inductor 20 se encuentra el cuarto dispositivo de descascarillado 313, para limpiar la superficie de la cascarilla formada durante el tiempo que la plancha se expone al aire a altas temperaturas, desde la salida desde las estaciones de desbaste 21 a, 21 b hasta la salida desde el horno inductor 20,

15 Después se proporcionan duchas del tren de acabado 22, para enfriar la tira antes de que se lamine en bobinas o carretes.

A la salida de las duchas hay una cizalla de vuelo 23; en el modo de operación semi-sinfín o sinfín, donde la tira se agarra simultáneamente en el tren de laminación y en uno de los carretes de bobinado, la cizalla de vuelo corta la tira a la longitud con el fin de obtener el peso final deseado de la bobina.

20 En el modo semi-sinfín, en condiciones normales de trabajo de la planta, se proporcionan al menos dos tapas para cortar el producto a medida:

- el primer corte se hace sobre la plancha de colada con las cizallas pendulares 14;
- el segundo corte se hace en la tira laminada por las cizallas de vuelo 23 antes de los carretes 24a, 24b.

25 Al igual que el modo sinfín, el modo semi-sinfín permite laminar espesores tan finos como 0,9 mm, e incluso ultrafinos, hasta 0,7 mm, aunque con una productividad reducida. El modo semi-sinfín permite obtener estos espesores para todas las calidades de acero, incluso para aquellos que impliquen reducción de la velocidad de colada por debajo de 5,5 m/min.

30 De acuerdo con la invención, la temperatura de las planchas que salen del horno de túnel 15 está en el intervalo de 1.050°C a 1.180°C.

35 El horno inductor 20 se regula para garantizar que la temperatura de la tira que sale de la última estación 21e del tren de acabado sea al menos igual a 830-850°C.

40 Para este fin, el sistema para controlar la línea 10 recibe como entrada al menos los principales parámetros relacionados con el producto a colarse y con el producto acabado, tales como por ejemplo espesores y velocidades, con el fin de procesar los perfiles de temperatura a lo largo de la línea 10 del producto colado, en particular, a la entrada y salida de las estaciones de laminación, ya sean estaciones de desbaste o de acabado.

45 De acuerdo con la invención, el porcentaje de reducción de las estaciones de desbaste se establece de manera que, independientemente del espesor inicial de las planchas, que como ya se ha mencionado puede variar de 30 a 140, el espesor a la entrada al horno inductor 20 está comprendida entre 5 y 25 mm, correspondiendo a velocidades de avance de la barra comprendidas entre 20 y 80 m/min.

Con esta gama de espesores, se optimiza la funcionalidad del horno inductor 20, con el mejor compromiso entre el consumo y la eficacia de calentamiento.

50 A partir de esta consideración, se presentan a continuación las diversas etapas de dimensionamiento y diseño de la línea.

55 El diagrama de la Figura 6, a partir de la productividad horaria que la colada debe tener, identifica, de acuerdo con la velocidad máxima de colada posible para una calidad determinada de acero (en este caso comprendida entre el límite superior de 9 m/min y el límite inferior de 3 m/min), el espesor que la plancha debe tener, después de haber fijado una anchura determinada, en este caso 1350 mm.

60 Por ejemplo, si la productividad por hora debe ser 500 ton/hora, para una velocidad de colada alcanzable de 9 m/min, un espesor de la plancha de aproximadamente 90 mm se utilizará, para una velocidad de colada alcanzable de 7 m/min, el espesor de la plancha será de alrededor de 115 mm, para una velocidad de colada alcanzable de 6 m/min será de 130 mm, mientras que esta productividad no se puede obtener con una velocidad de colada de 3 m/min.

65 La identificación del espesor para una velocidad de colada dada, determina el valor del denominado flujo másico, que se ofrece precisamente por el producto de la velocidad de colada por el espesor de colada.

Una vez definido el espesor del producto colado, la siguiente etapa de dimensionamiento de la línea 10 proporciona utilizar el esquema de la Figura 3 para calcular el número de estaciones de laminación a utilizar, comprendiendo dicho número tanto las estaciones de desbaste como las estaciones de acabado, en relación con el espesor del producto final a obtener.

5 Como se puede observar en la Figura 3, el eje x muestra el valor total de reducción entre el espesor de la plancha y el espesor del producto final, de modo que en la hipótesis de una reducción del 100 % (por ejemplo de 80 mm del espesor de la plancha a 0,8 mm del producto final), el número total de estaciones es igual a 7, es decir, el número de estaciones en las líneas 10 que se muestran en las Figuras 2-4.

10 Habiendo identificado el número total de estaciones, la siguiente etapa se proporciona para determinar la división de las estaciones de desbaste, aguas arriba del horno inductor 20, y las estaciones de acabado, aguas abajo del horno inductor 20.

15 Esto se obtiene utilizando el diagrama de la Figura 8, con el que, de acuerdo con el valor del flujo másico obtenido a partir del diagrama en la Figura 5, el número de estaciones de acabado a utilizar se define y, por diferencia, el número de estaciones de desbaste.

20 En el ejemplo de una velocidad de colada de 8 m/min con un espesor de plancha de 80 mm, el flujo másico es igual a 640 mm x m/min, lo que permite identificar, con el diagrama de la Figura 8, el número máximo de estaciones de acabado que la línea 10 puede tener.

El número mínimo de estaciones de desbaste deriva de este número máximo.

25 Para definir la división óptima de las estaciones de acabado y las estaciones de desbaste, y por lo tanto la posición del horno inductor 20, se utiliza el esquema de la Figura 9, lo que muestra el desarrollo de la temperatura de la plancha desde la salida del horno de túnel 15 hasta la salida de la última estación (en este caso 21e) del tren de acabado.

30 El desarrollo A, en referencia a la combinación 1 + 6 (1 estación de desbaste y 6 estaciones de acabado en el caso de 7 estaciones en total), muestra cómo llegar a la última estación del tren de acabado con una temperatura de al menos 850°C, el calentamiento por inducción realizado por el horno inductor 20 debe llevar el producto colado a una temperatura de al menos 1200°C

35 Sin embargo, esto va más allá de las posibilidades técnicas de calentamiento del horno inductor 20, y por lo tanto se excluye esta trayectoria.

40 El desarrollo B, en referencia a la combinación 3 + 4, que podría parecer factible, pero en este caso el horno inductor 20, con tres estaciones de desbaste situadas aguas arriba, debe gestionar una tira fina y rápida, lo que hace que las entradas sean muy críticas.

Por lo tanto, la posición óptima es la que existe entre los dos, lo que conduce a determinar la mejor división de las estaciones de desbaste y estaciones de acabado con la fórmula 2 + 5.

45 El diagrama de la Figura 10 muestra el mismo concepto que la Figura 9 en una forma diferente.

50 En el esquema de la Figura 10, los perfiles de temperatura de la salida del horno de túnel 15 a la salida de la última estación del tren de acabado se consideran de nuevo, pero teniendo en cuenta los mismos grupos como bloques unitarios, de modo que las curvas indicadas se unen en puntos que representan las temperaturas de entrada y salida de los distintos bloques.

55 Por último, después de definir los parámetros de la línea 10 para obtener la productividad deseada, después de definir el espesor inicial, el número de estaciones, la posición del horno inductor 20 con respecto a las estaciones, dividir después la parte dedicada al desbaste de la parte dedicada al acabado, la última etapa ofrece elegir el modo en el que se realizará el proceso de laminación: sinfín, semi-sinfín o bobina a bobina.

El diagrama de la Figura 11 muestra cómo, de acuerdo con el espesor de tira final que se obtiene y con velocidad de colada, es posible identificar los posibles modos de operación para ejecutar el proceso.

60 El diagrama comprende siete cuadrantes; el eje x indica el límite inferior del espesor mínimo de la tira obtenible (0,7 mm) y la línea vertical de trazos indica el límite de velocidad más bajo para poder realizar la laminación en modo sinfín. Cada cuadrante muestra los modos que se pueden lograr. La elección del modo de operación más adecuado se hace tomando en consideración toda la mezcla a producirse en la campaña de laminación específica (período entre los 2 cambios de rollo) con el fin de minimizar los costes de producción, es decir, los costes de transformación, además de los costes derivados del rendimiento/calidad inferior del producto final.

65

El ejemplo descrito hasta ahora se muestra en la Figura 3 por un trazado que ofrece 2 estaciones de desbaste y 5 estaciones de acabado 5: este trazado es adecuado para obtener una gama de productividad comprendida entre 1.000.000 y 2.800,000 ton/año con un espesor de la plancha que varía entre 60 y 100 mm.

5 Otras configuraciones posibles se muestran en la Figura 2 y en la Figura 4.

En particular, la Figura 2 proporciona 2 estaciones de desbaste y 4 estaciones de acabado 4: este trazado es adecuado para obtener una gama de productividad comprendida entre 600.000 y 2.000.000 ton/año con un espesor de la plancha que varía entre 35 y 70 mm.

10 Por último, la Figura 4 proporciona 3 estaciones de desbaste y 5 estaciones de acabado 5: este trazado es adecuado para obtener una gama de productividad comprendida entre 1.500.000 y 3.500.000 ton/año con un espesor de la plancha que varía entre 80 y 140 mm.

15 Por lo tanto, el método de laminación en línea de acuerdo con la invención, denominado sinfín universal, es único, ya que reúne a los tres procesos sinfín, semi-sinfín y bobina a bobina en una sola planta, eliminando en la práctica las limitaciones de los tres procesos tomados individualmente.

20 Se permite producir tira con un espesor de 0,7 a 20 mm para todas las calidades de acero moldeable en forma de plancha fina con espesores comprendidos entre 30 mm y 140 mm, con un coste de producción inferior.

Está claro que se pueden hacer modificaciones y/o adiciones de piezas en la planta y al método como se ha descrito hasta ahora, sin apartarse del campo y alcance de la presente invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Método de laminación en una línea de laminación (10), para producir tiras con un espesor que varía de 0,7 mm a 20 mm, para todas las calidades de acero que puedan colarse en forma de planchas finas con un espesor comprendido entre 30 mm a 140 mm, comprendiendo la línea (10) al menos:

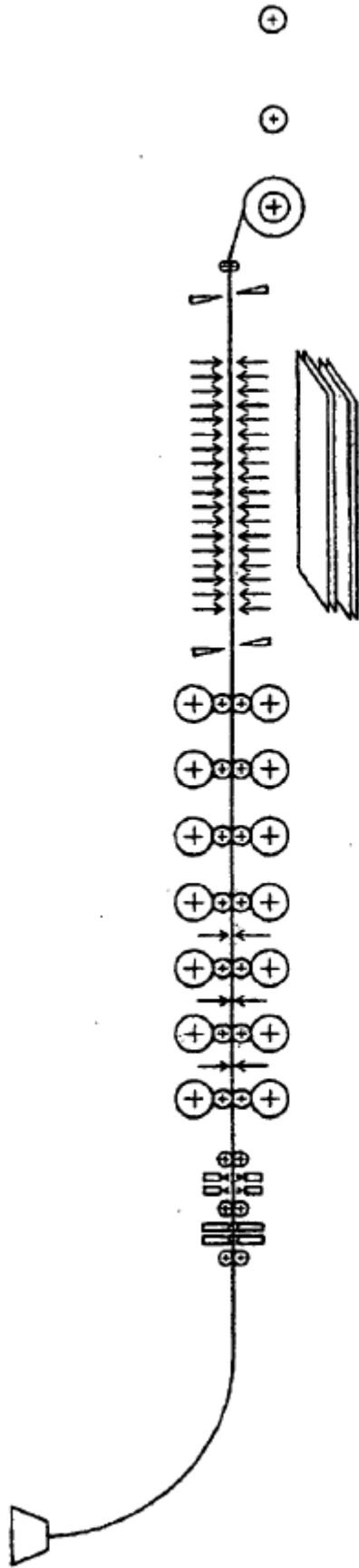
- un dispositivo de colada continua (11);
- un horno de túnel (15) para mantenimiento/ecualización y posible calentamiento, dispuesto aguas abajo del dispositivo de colada continua (11);
- un tren de laminación, dispuesto aguas abajo de dicho horno de túnel (15), que consiste en un tren de desbaste que comprende de 1 a 4 estaciones de laminación (18a, 18b, 18c) y un tren de acabado que comprende de 3 a 7 estaciones (21a-21e);
- una unidad de calentamiento rápido (20), por ejemplo una unidad inductora, con elementos capaces de activarse de forma selectiva, interpuesta entre dicho tren de desbaste y dicho tren de acabado;

caracterizado por que, para cada trazado de la línea de laminación (10), la posición específica entre las estaciones de laminación de la unidad de calentamiento rápido (20), que determina el número, comprendido entre 1 y 4, de estaciones (18a, 18b, 18c) que forman el tren de desbaste, dispuestas aguas arriba de la unidad (20), y el número, comprendido entre 3 y 7, de estaciones (21a-21e) que forman el tren de acabado, dispuestas aguas abajo de la unidad (20), se calcula como una función del producto del espesor por la velocidad de la plancha fina, siendo dicho producto a su vez una función de la productividad por hora en toneladas/hora que se desea obtener, **por que** se hace para trabajar ya sea en el modo de bobina a bobina, o en el modo semi-sinfín o en el modo sinfín, y **por que** uno de los tres modos mencionados del proceso de laminación se selecciona de acuerdo con la calidad del acero producido, la velocidad de colada máxima posible para dicha calidad del acero, el espesor final de la tira y el coste de producción

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicha posición de la unidad de calentamiento rápido (20) se determina con las siguientes etapas:

- a) selección de la velocidad máxima de colada posible y el espesor de la plancha, como una función de la productividad por hora requerida y la calidad de los aceros a producirse, para definir el flujo másico = espesor x velocidad.
- b) definición del número mínimo de estaciones globales del tren de laminación como una función del espesor de tira final que se desea obtener y el espesor de la plancha que sale de la colada;
- c) como una función del flujo másico identificado en la etapa a), determinación del número máximo de estaciones que el tren de acabado puede tener, determinando de este modo, por diferencia, el número mínimo de estaciones que el tren de desbaste debe tener;
- d) determinación de la división entre las estaciones de desbaste y las estaciones de acabado, dado el mismo número global, y por tanto del punto óptimo donde situar la unidad de calentamiento rápido, tomando en consideración el perfil de variación de temperatura de la salida del túnel del horno de calentamiento y mantenimiento a la salida del tren de acabado.

3. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la unidad de calentamiento rápido se configura para trabajar con un intervalo de espesores de productos comprendido entre 5 y 25 mm, que corresponde a velocidades de alimentación de tiras comprendidas entre 20 y 80 m/min.



Estado de la técnica

fig. 1

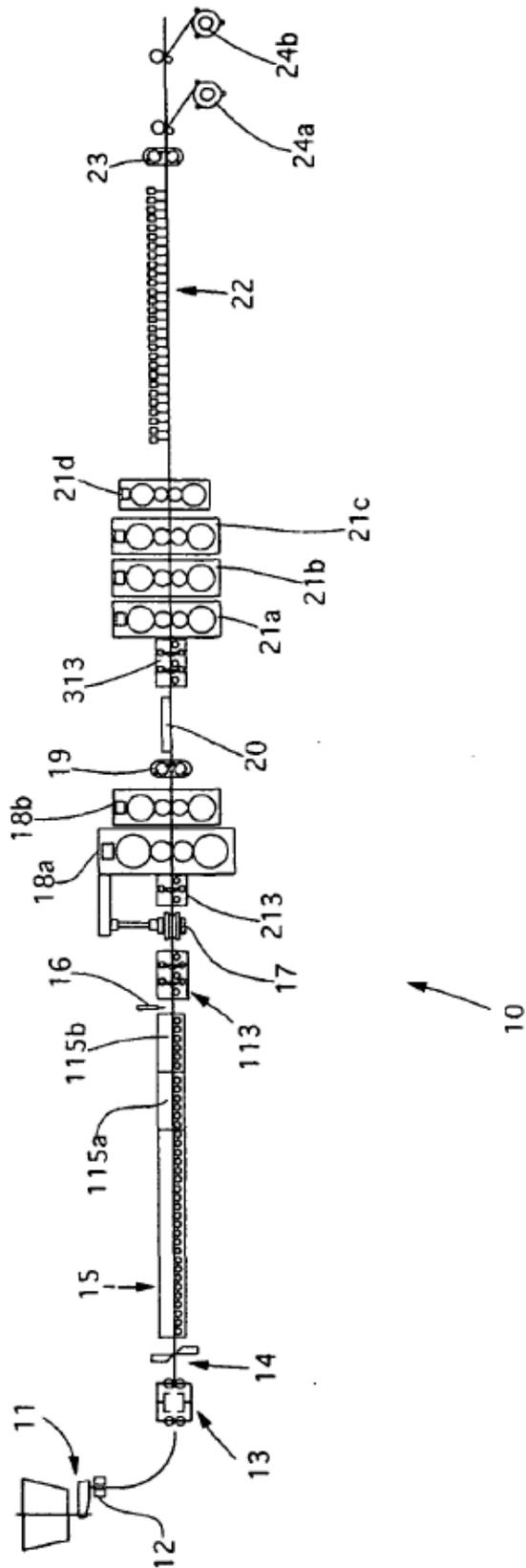


fig. 2

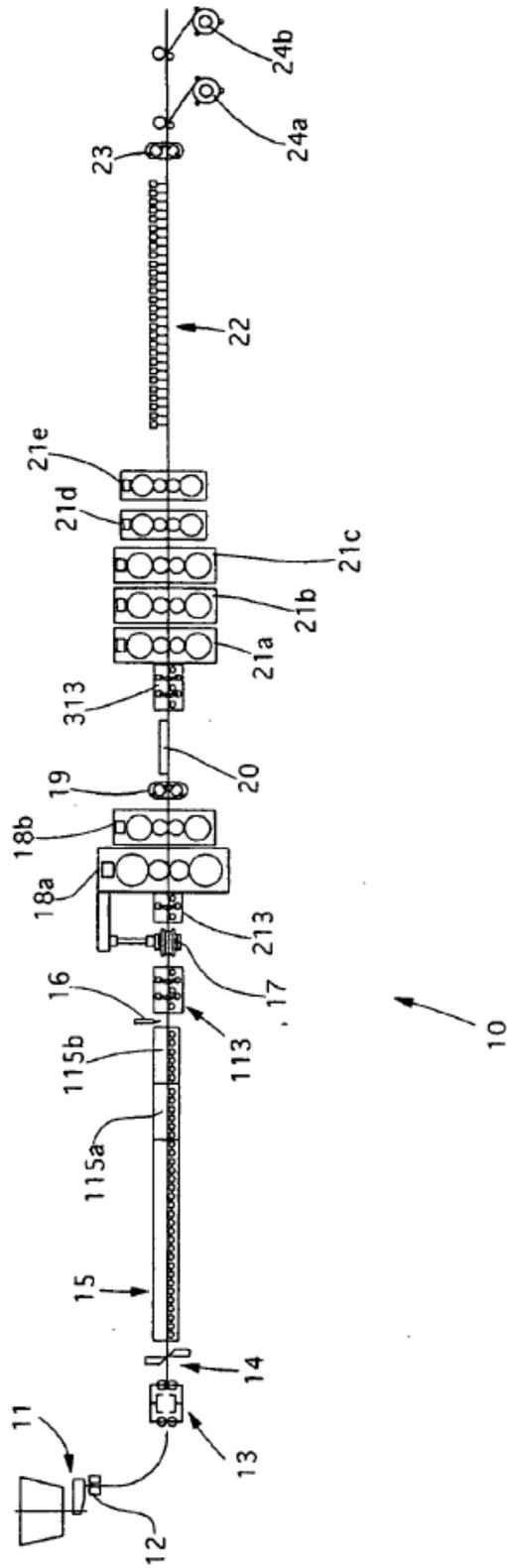


fig. 3

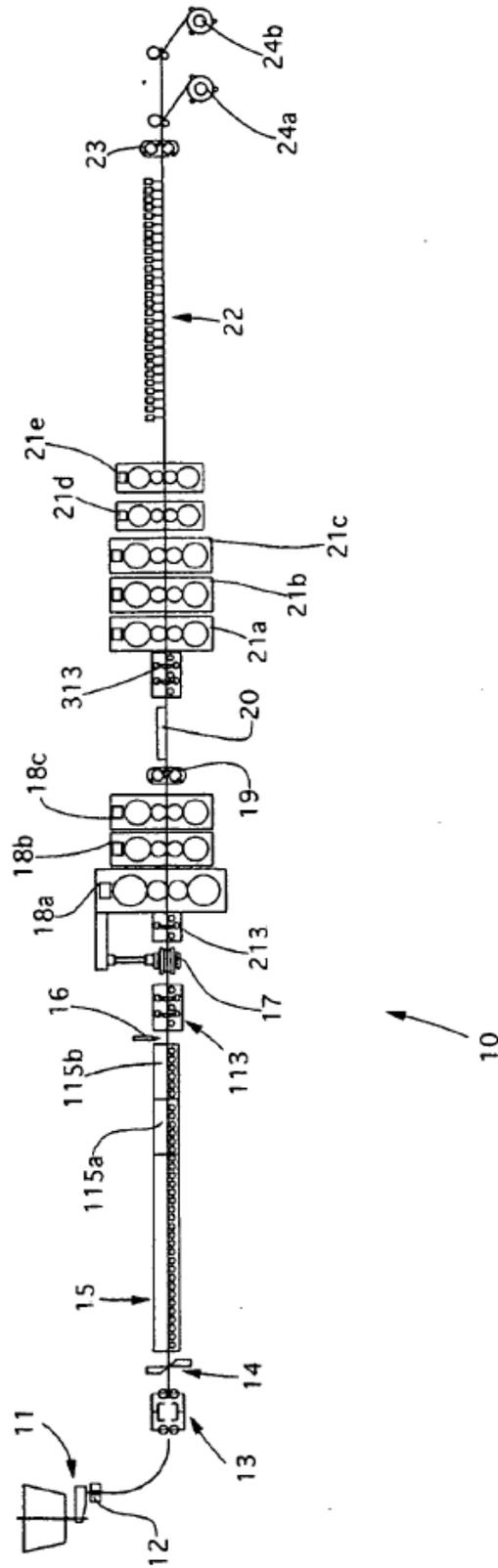


fig. 4

Proceso	Bobina a bobina	Semi-sinfin	Sinfin	Sinfin Universal
Espesor de Tira: 0,7 a 20,0 mm	NO (1,0 - 20,0 mm)	NO (0,7 - 2,0 mm)	NO (0,7 - 4,0 mm)	SI (0,7 - 20,0 mm)
Adecuado para Todos los Grados de Acero Colados	SI	SI	NO	SI
Posibilidad de segunda Línea de Colado	SI	SI	NO	SI
Productividad para planchas ultra-finas de 0,7 a 0,9 mm %	N/A	Bajo 60	Alto 95	Alto 95
Factor de Utilización de la Planta %	Alto 85	Alto 84	Bajo 79	Alto 85
Consumo de Energía kWh/ton	Bajo 80	Bajo 82	Alto 140	Bajo 90
Rendimiento (de acero líquido a bobina) %	Alto 97,8	Alto 97,7	Bajo 96,5	Alto 97,7

fig. 5

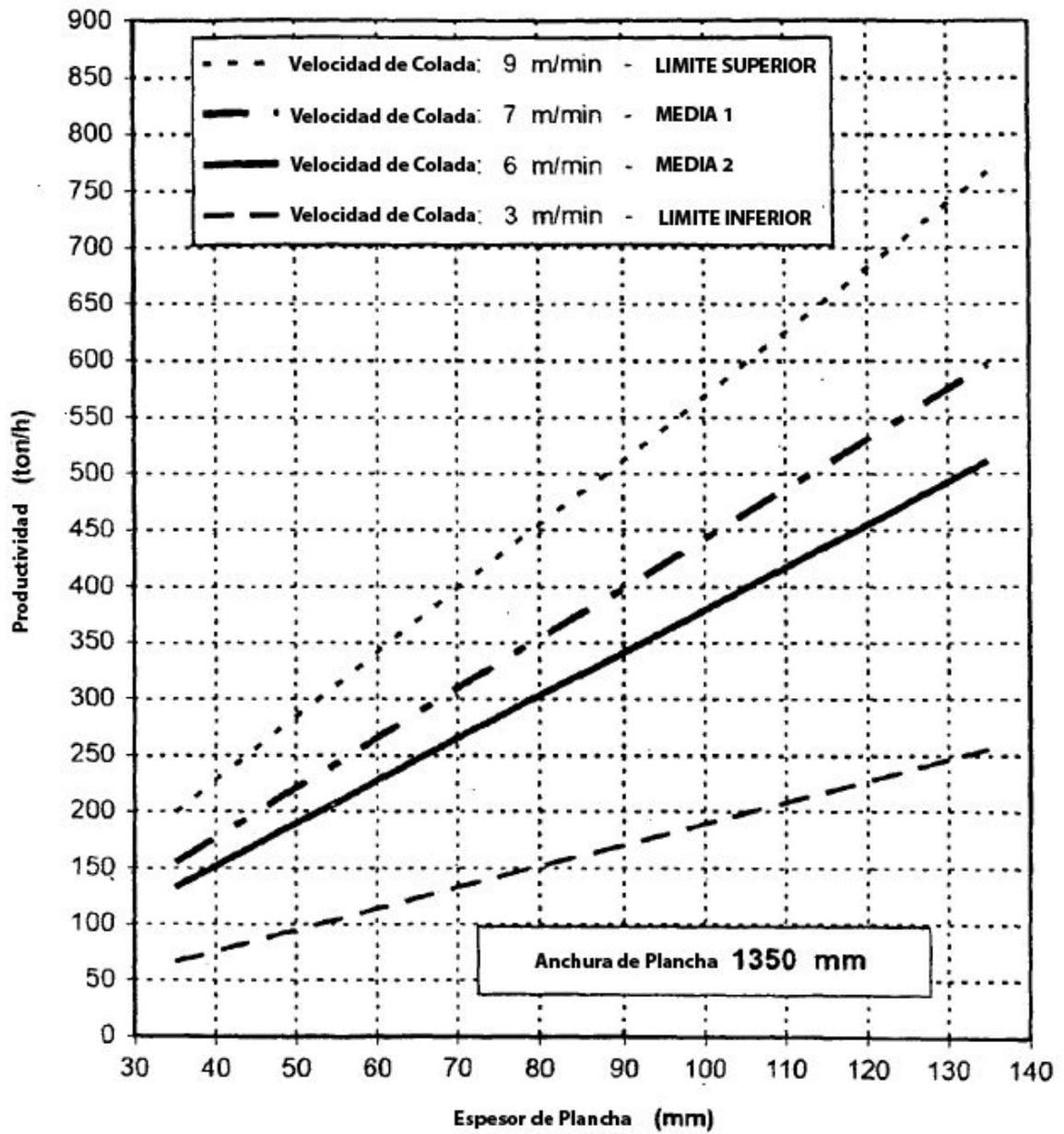


fig. 6

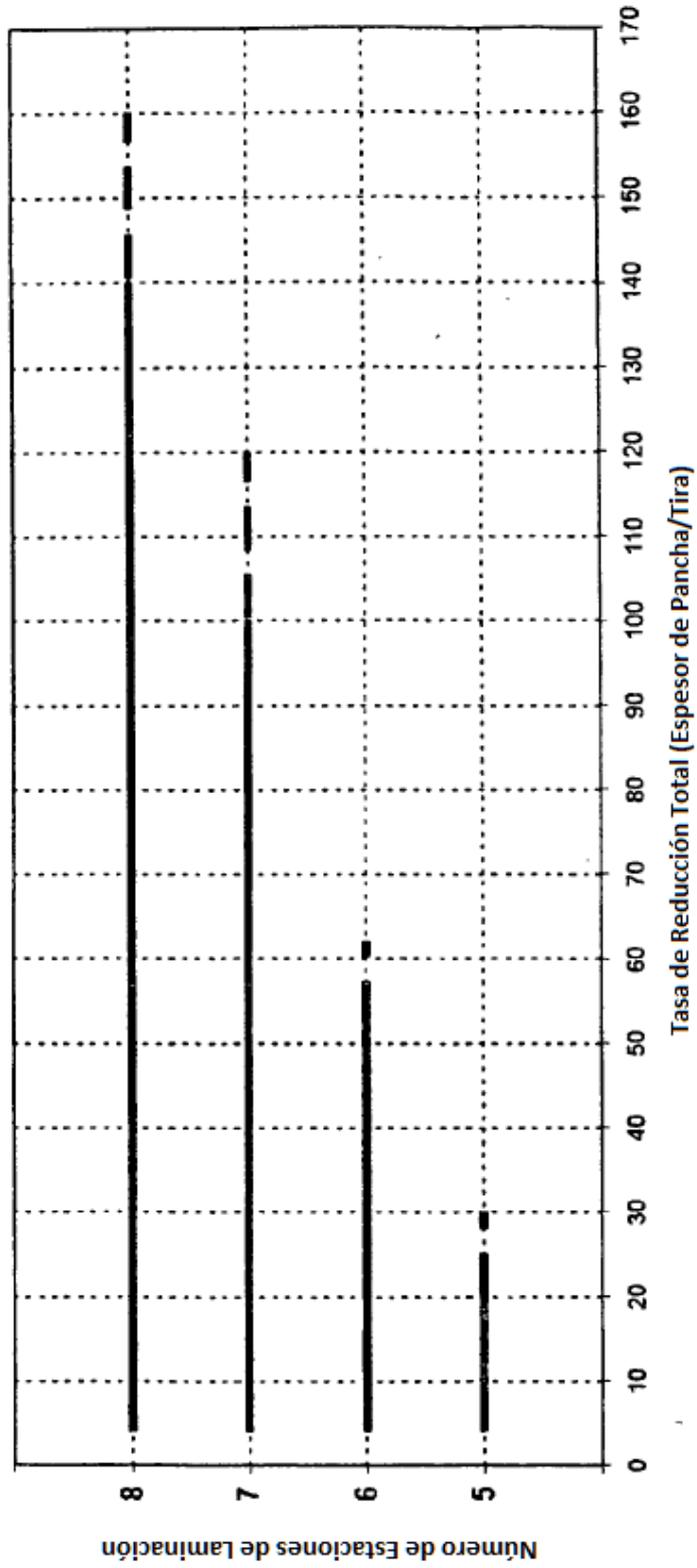


fig. 7

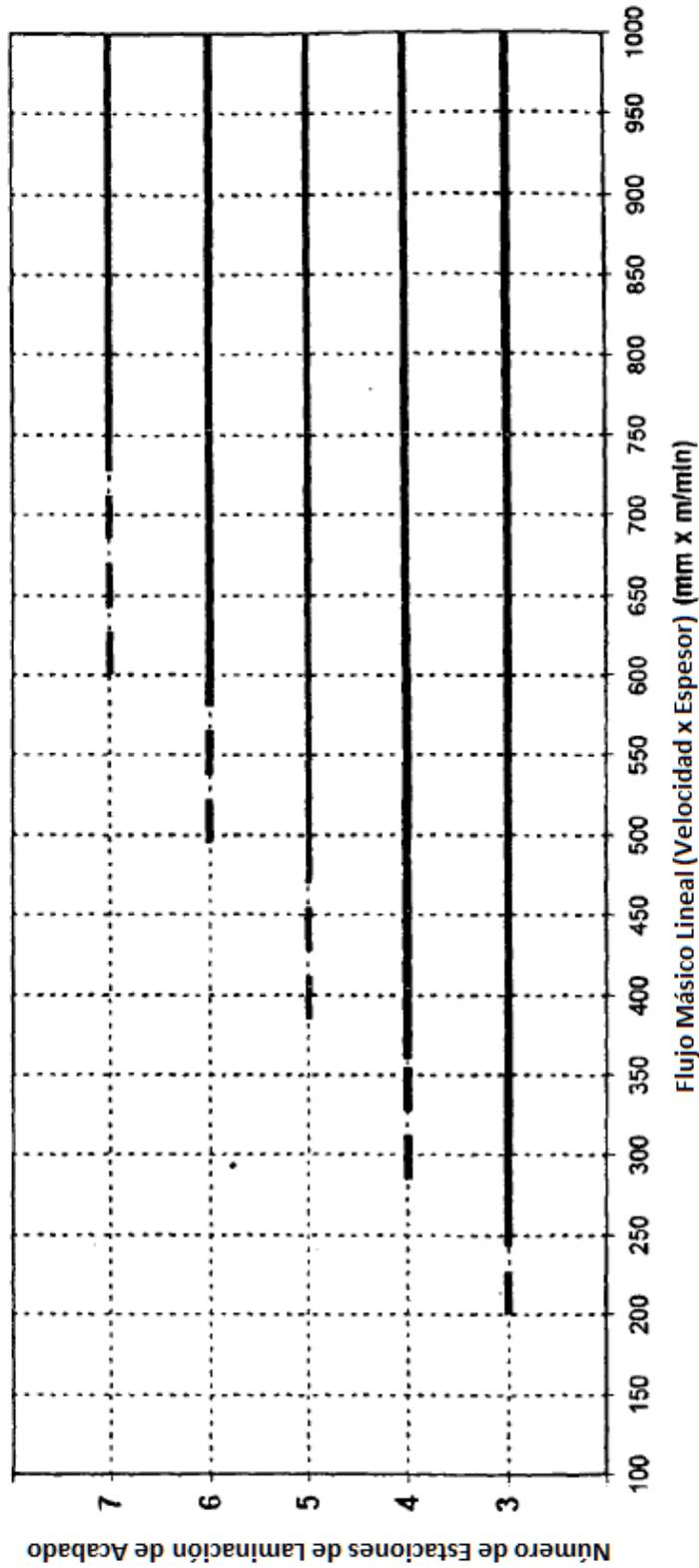


fig. 8

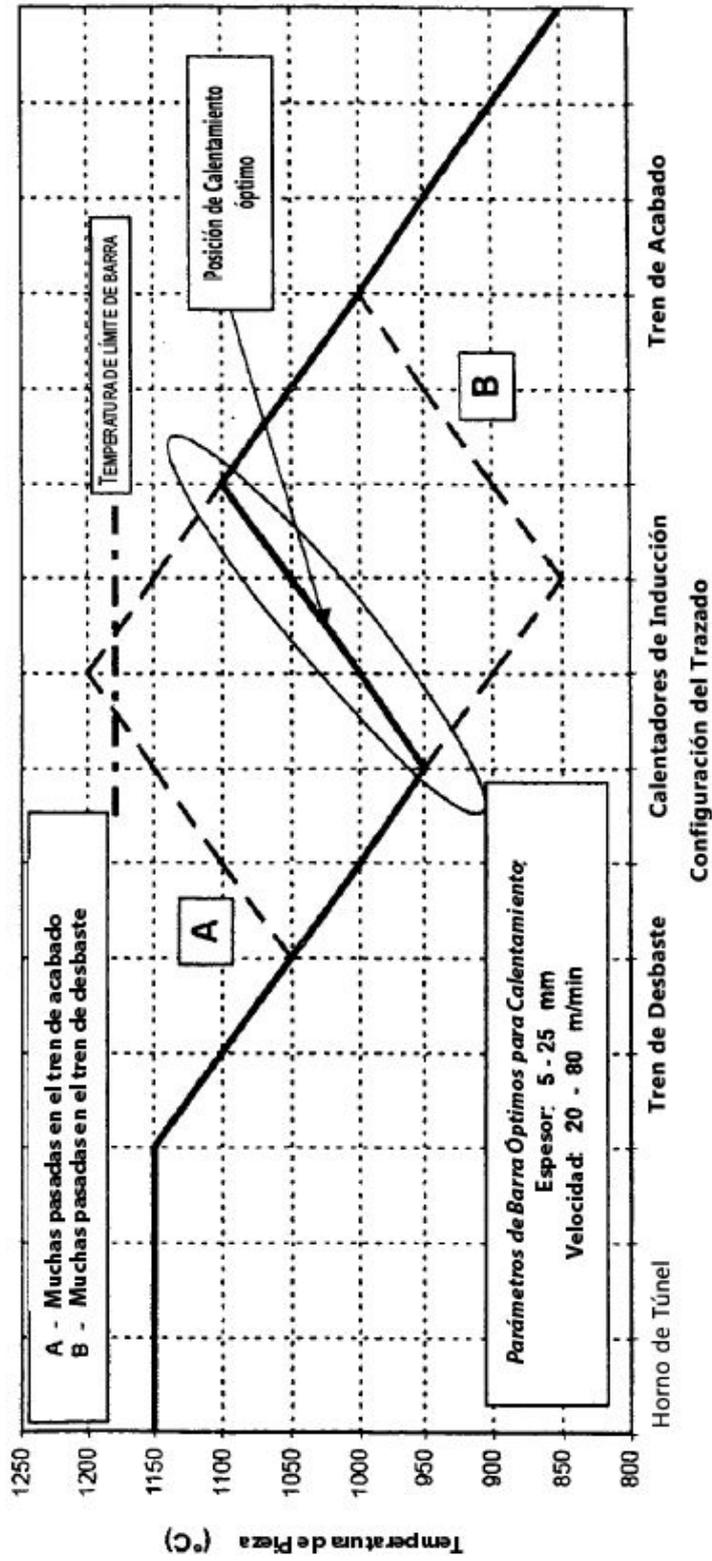


fig. 9

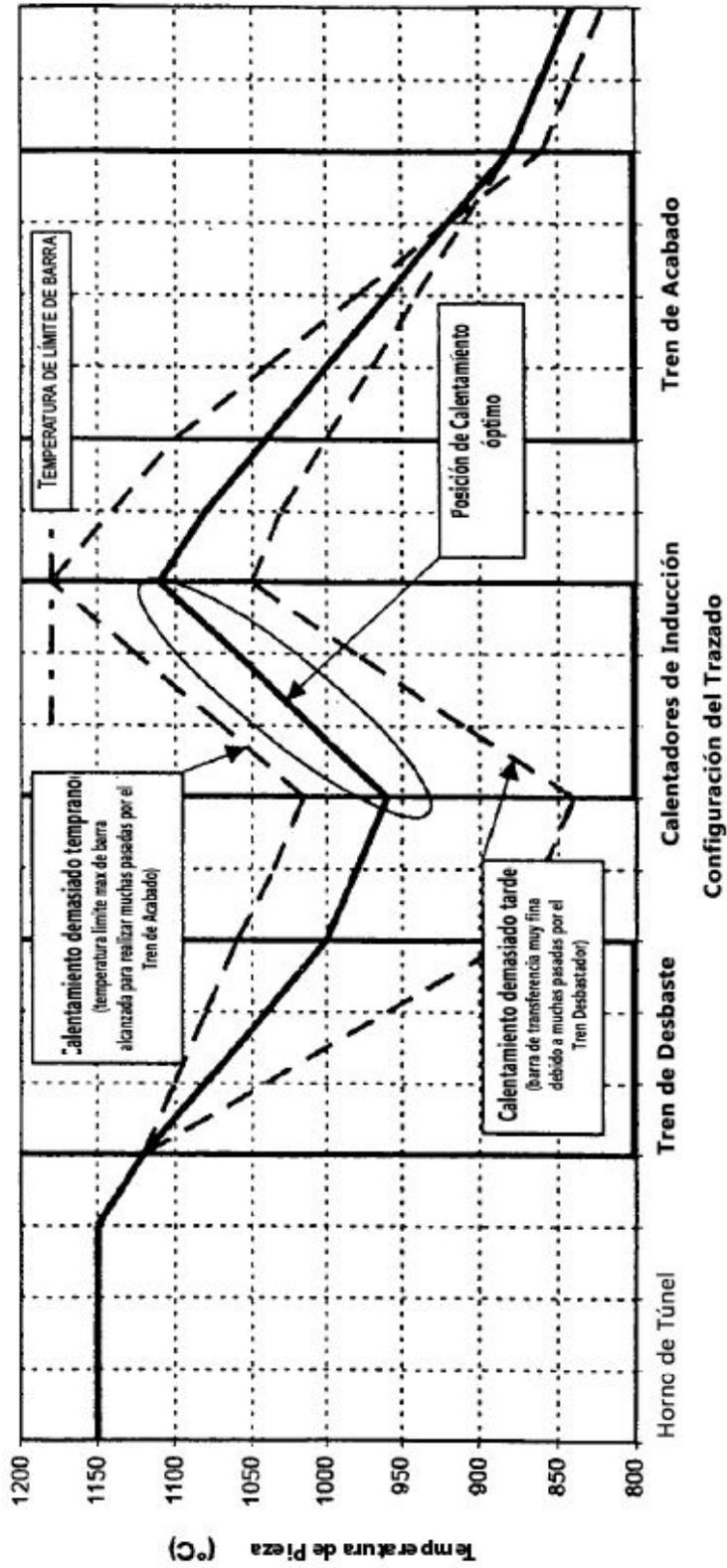


fig. 10

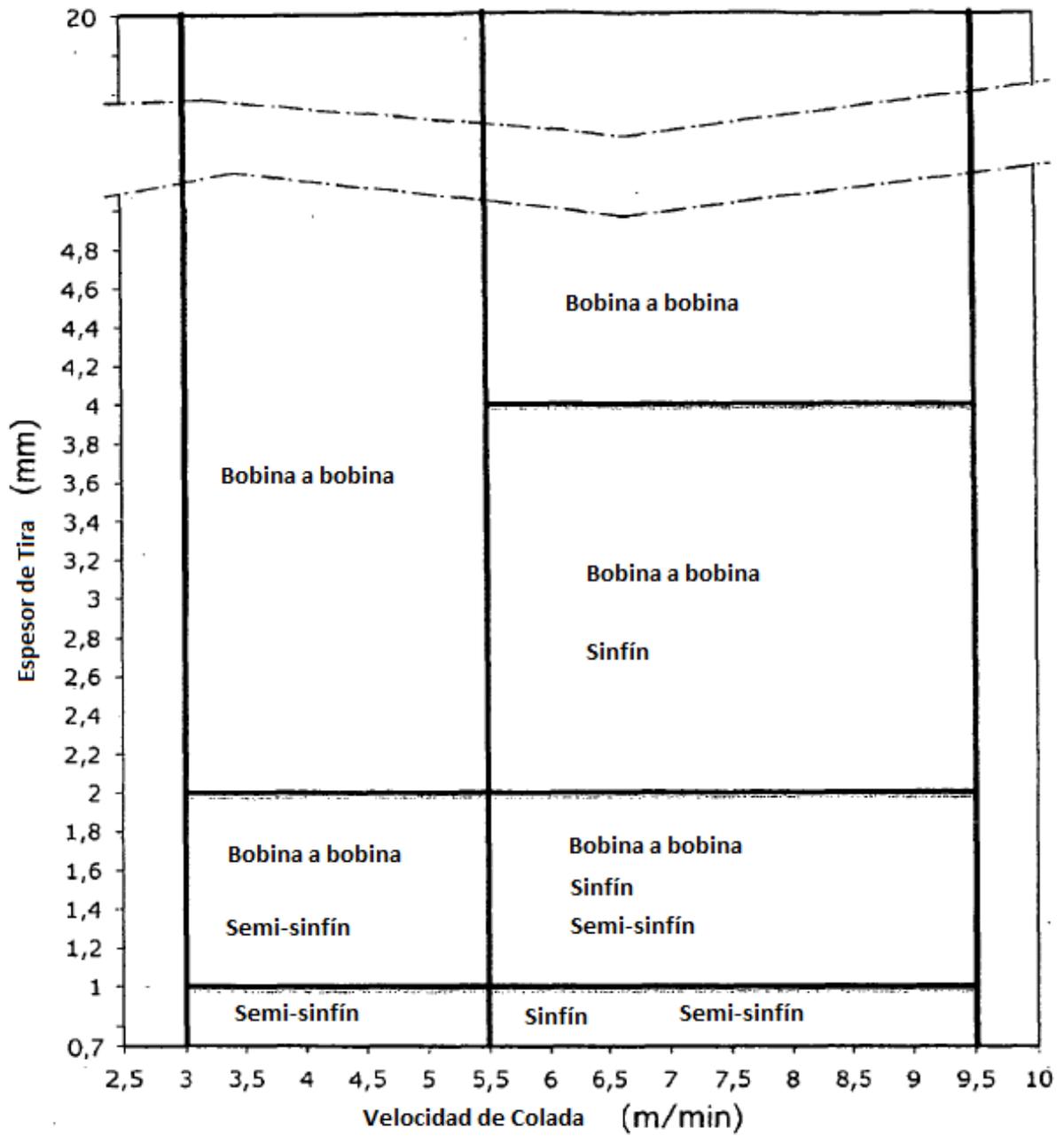


fig. 11