



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 282 290**

⑤1 Int. Cl.:
B22D 11/06 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **01971505 .1**

⑧6 Fecha de presentación : **28.09.2001**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1326724**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2003**

⑤4 Título: **Procedimiento para proporcionar una banda de acero encargada.**

③0 Prioridad: **29.09.2000 US 236390 P**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2007

⑦3 Titular/es: **NUCOR CORPORATION**
2100 Rexford Road
Charlotte, North Carolina 28211, US

⑦2 Inventor/es: **Blejde, Walter;**
Mahapatra, Rama;
Strezov, Lazar y
Mukunthan, Kannappar

⑦4 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para proporcionar una banda de acero encargada.

5 Referencia cruzada a la solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica la prioridad y los derechos de la solicitud provisional US número 60/236.390, presentada el 29 de septiembre de 2000.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a sistemas y a procedimientos para proporcionar una banda de acero encargada, y más específicamente a sistemas y procedimientos para convertir requisitos de banda de acero especificado por el cliente en parámetros de funcionamiento de proceso para controlar un proceso de colada de banda continuo que puede hacerse funcionar para producir el producto de banda de acero especificado por el cliente.

Antecedentes de la invención

El proceso de la industria de acero convencional para cumplir con un pedido del cliente para un producto de acero con propiedades mecánicas y dimensionales particulares es complicado y lleva tiempo, y puede requerir normalmente 10 semanas o más para llevarse a cabo. En referencia a la figura 1, por ejemplo, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un flujo de un proceso 10 convencional para producir un producto de banda de acero pedido por cliente, en el que el término “banda” tal como se utiliza en la presente memoria se entiende que significa un producto de 5 mm de espesor o menos.

El proceso 10 comienza en la etapa 12 en la que el fabricante de acero recibe el pedido del cliente, normalmente expuesto en términos de requisitos mecánicos y dimensionales para el producto de banda de acero así como una cantidad deseada. Después, en la etapa 14, el fabricante de acero determina a partir del pedido del cliente los requisitos químicos de acero particulares para conseguir las amplias propiedades del producto. Los requisitos químicos se seleccionan a partir de una gran lista de fórmulas de productos químicos de acero que está disponible (y en muchos casos se remonta a la tecnología de colada de lingote/laminación en caliente en la que la química era el determinante principal de propiedades). Después en la etapa 16, el fabricante de acero determina los parámetros de colada correspondientes a los parámetros de funcionamiento y/o los puntos de configuración para un aparato de colada de acero que se utilizará para producir planchas de acero a partir de acero fundido formado según los requisitos químicos de acero. En la etapa 18, el fabricante de acero determina los requisitos del procesamiento de planchas aguas abajo, concentrándose inicialmente en conseguir los requisitos dimensionales del cliente tales como espesor, etc. y luego trabajando a través de etapas de procesamiento aguas abajo adicionales que pueden requerirse para conseguir las propiedades del producto final. Tales requisitos de procesamiento de planchas aguas abajo pueden incluir, por ejemplo, uno cualquiera o combinación de parámetros de (a) recalentamiento de plancha correspondientes a parámetros de funcionamiento de horno de laminación en caliente y/o puntos de configuración para un aparato de procesamiento de laminación de banda en caliente, (b) parámetros de laminación en caliente correspondientes a parámetros de funcionamiento de laminación de y/o puntos de configuración para el aparato de procesamiento de laminación de banda en caliente, (c) parámetros de laminación en frío correspondientes a parámetros de funcionamiento de decapado y laminación en frío y/o puntos de configuración para un aparato de procesamiento de laminación en frío, y (d) parámetros de tratamiento térmico correspondientes a parámetros de funcionamiento de tratamiento térmico y/o puntos de configuración para un aparato de tratamiento térmico.

Desde la etapa 18, el proceso 10 avanza a la etapa 20 en la que el fabricante de acero produce un lote de acero fundido según los requisitos químicos para el producto de acero especificado y cuela el producto de acero para dar lugar a material en plancha según los parámetros de colada establecidos en la etapa 16. Frecuentemente, los pedidos del cliente (que pueden ser tan pequeños como 5 toneladas) se agrupan hasta que existen suficientes pedidos para llenar un calentamiento de fabricación de acero, normalmente de 100 a 300 toneladas dependiendo del diseño de planta de acero específico. Esto añade retraso adicional al tiempo en que puede llenarse un pedido del cliente, extendiéndose por lo tanto el tiempo total para la producción mucho más de 10 semanas. En cualquier caso, el proceso 10 avanza desde la etapa 20 a la etapa 22 en la que el material en plancha se recalienta y se lamina en caliente en un aparato de laminación de banda en caliente, según los parámetros de recalentamiento de planchas y laminación en caliente establecidos en la etapa 18, para producir material de acero en bobina de un espesor predefinido. Después en la etapa 24, el material de bobina se decapa y se lamina en frío en un laminador en frío según cualquier parámetro de decapado y laminación en frío establecidos en la etapa 18 para reducir el espesor del material de bobina a un espesor especificado por el cliente. Finalmente, en la etapa 26 el material de bobina se trata térmicamente en un aparato de tratamiento térmico según cualquier parámetro de tratamiento térmico establecido en la etapa 18 para recocer el material en bobina de tal manera que éste cumpla los requisitos del pedido del cliente.

La producción de banda de acero convencional del tipo que acaba de describirse exige la producción de muchos grados de acero diferentes (normalmente, más de 50) que se cuelean en primer lugar para formar planchas y luego se procesan a través de programas de laminación en caliente complejos en laminadores de banda en caliente que producen producto de espesores tan bajos como 1,5 mm que resistencias a la rotura en el intervalo de 300 a 450 MPa. Si el cliente

requiere material más delgado o propiedades fuera de este intervalo, se requiere procesamiento posterior que implica líneas de decapado, laminadores de reducción por calor y hornos de recocido.

Un inconveniente fundamental asociado con el proceso de producción de banda de acero convencional que acaba de describirse es el periodo de tiempo largo; normalmente 10 o más semanas, requeridas para producir el producto de acero que satisface el pedido del cliente. Por tanto lo que se necesita es un proceso de producción de banda de acero mejorado que es más sensible a las necesidades del cliente reduciendo enormemente el tiempo requerido para producir producto de banda de acero especificado por el cliente.

Sumario de la invención

Las deficiencias anteriores de la técnica anterior se tratan mediante la presente invención. Según un aspecto la presente invención proporciona un procedimiento para controlar un proceso de colada continua de banda de acero para producir una pluralidad de productos de acero especificados por el cliente con diferentes propiedades mecánicas sin cambiar la composición de acero alimentado al proceso de colada de banda, comprendiendo el procedimiento:

recibir una pluralidad de pedidos para productos de acero que incluye los requisitos especificados por el cliente para diferentes propiedades mecánicas en relación con dichos productos;

asignar dichos requisitos especificados por el cliente a un número de parámetros de proceso para controlar un proceso de colada continua de banda de acero para producir dicho producto de acero; y

producir dicha pluralidad de productos de acero con diferentes propiedades mecánicas siguiendo dichos parámetros de proceso asignados sin cambiar la composición de acero alimentada al proceso de colada de banda.

Preferentemente el procedimiento incluye adicionalmente laminar en caliente en línea la banda de colada antes de enfriar la banda a través del intervalo de temperatura de transformación de austenita a ferrita.

En los procedimientos según la presente invención, los requisitos especificados por el cliente pueden incluir un grado de acero y/o espesor de banda especificado, y los parámetros de proceso para producir el producto de acero especificado por el cliente pueden incluir una cualquiera o combinación de velocidad de colada del proceso de colada continua de banda, espesor de acero en estado bruto de colada del producto de acero, porcentaje de reducción por calor del producto de acero, tasa de enfriamiento del producto de acero, temperatura de bobinado del producto de acero, porcentaje de reducción en frío de dicho producto de acero, tipo de ciclo de recocido y temperatura de recocido.

Mediante la presente invención puede conseguirse un procedimiento mejorado para proporcionar una banda de acero para cumplir con los pedidos del cliente, especialmente para minimizar el tiempo de demora entre la recepción de un pedido de cliente para producto de banda de acero y la producción real del producto de banda de acero.

La invención se pondrá más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción de la realización preferida.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de producción de banda de acero convencional.

La figura 2 es una ilustración esquemática de una forma de realización preferida de un apartado de colada de banda de acero, según la presente invención.

La figura 3 es una ilustración a modo de diagrama que muestra algunos de los detalles de la máquina dúo de colada continua de banda del aparato de la figura 1.

La figura 4 es una ilustración de diagrama de bloques de un sistema informático de propósito general que puede hacerse funcionar para convertir los requisitos de banda de acero especificados por el cliente a parámetros de proceso para controlar el aparato de colada continua de banda de las figuras 2 y 3.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra una forma de realización preferida de un flujo de proceso para controlar el apartado de colada continua de banda de acero de las figuras 2 y 3 utilizando el ordenador de propósito general de la figura 4.

Descripción de la forma de realización preferida

Para los propósitos de favorecer un entendimiento de los principios de la invención, se hará referencia a continuación a una forma de realización preferida ilustrada en los dibujos y se utilizará lenguaje específico para describir la misma. No obstante, se entenderá que no está prevista por tanto limitación del alcance de la invención, contemplándose tales alteraciones y modificaciones adicionales en la forma de realización ilustrada, y tales aplicaciones adicionales de los principios de la invención, tal como se ilustra en la misma, tal como se le ocurriría normalmente a un experto en la materia a la que se refiere la invención.

La presente invención se basa en producir una banda de acero en una máquina de colada continua de banda. Los solicitantes han llevado a cabo un trabajo de investigación y desarrollo exhaustivo en el campo de colada de banda de acero en una máquina de colada continua de banda en la forma de una máquina dúo de colada continua. En términos generales, la colada de banda de acero continua en una máquina dúo de colada continua implica introducir
 5 acero fundido entre un par de rodillos de colada horizontales de contrarrotación que se enfrían con agua internamente de modo que las cáscaras de metal solidifican sobre las superficies de los rodillos que se mueven y se unen en el intersticio entre ellos para producir una banda solidificada entregado hacia abajo desde el intersticio entre los rodillos, utilizándose el término “intersticio” para hacer referencia a la región general en la que los rodillos están más próximos. El metal fundido puede verterse desde una cuchara en un recipiente más pequeño desde el que fluye a través de
 10 una boquilla de entrega de metal ubicada por encima del intersticio para dirigirlo dentro del intersticio entre los rodillos, formando así un depósito de colada de metal fundido soportado sobre las superficies de colada de los rodillos inmediatamente por encima del intersticio y que se extiende a lo largo de la longitud del intersticio. Este depósito de colada está normalmente limitado entre las placas o paredes de contención laterales sujetas en enganche deslizante con las superficies extremas de los rodillos para contener los dos extremos del depósito de colada contra la salida de
 15 flujo, aunque también se han propuesto medios alternativos tales como barreras electromagnéticas. La colada de banda de acero en máquinas dúo e colada continua de este tipo se describe por ejemplo en las patentes US nº 5.184.668, nº 5.277.243 y nº 5.934.359, cada una de las cuales se incorpora expresamente en el presente documento por referencia.

Los solicitantes han determinado que es posible producir banda de acero de una composición dada que presente una
 20 amplia gama de microestructuras, y por lo tanto una amplia gama de propiedades mecánicas, colando continuamente la banda y después variando selectivamente los parámetros de procesamiento de banda aguas abajo. Por ejemplo, los solicitantes han determinado a partir del trabajo llevado a cabo sobre acero al carbono simple, incluyendo acero al carbono simple que se ha calmado con silicio/manganeso, que seleccionando tasas de enfriamiento en el intervalo de 0,1°C/s a más de 100°C/s a través del intervalo de temperatura de la transformación de austenita a ferrita puede
 25 producir banda de acero que presenta resistencias a la rotura que oscilan desde 200 MPa a más de 550 MPa. Por tanto un ejemplo de la flexibilidad de la colada continua de banda que se ha reconocido por los solicitantes es que una ciclo de producción de una máquina de colada continua de banda que está colando banda de acero de una composición dada puede controlarse de tal manera que la banda de colada puede someterse selectivamente a diferentes tasas de enfriamiento a través del intervalo de temperatura de la transformación de austenita a ferrita, con el resultado de que
 30 puede producirse la banda para presentar cualquier selección de una gama de diferentes microestructuras y por lo tanto propiedades mecánicas.

Los solicitantes han descubierto, en general, que variando selectivamente los parámetros de procesamiento aguas
 abajo de banda en un proceso de colada continua de banda de acero puede lograrse una flexibilidad considerable en
 35 términos de hacer funcionar una máquina de colada continua de banda para cumplir con los requisitos de producción (es decir, del cliente). Esto significa que los pedidos realizados por los clientes para una banda de acero de una especificación dimensional dada y un intervalo de diferentes propiedades mecánicas pueden producirse a partir de un único producto químico de acero en un único ciclo de producción. Además, esto significa que los ajustes a un ciclo de producción pueden realizarse mientras que el ciclo de producción está en marcha. Esto se ha reconocido por los
 40 solicitantes como un avance importante de la colada continua de banda en términos de cumplir con las demandas del cliente para pedidos urgentes.

La siguiente descripción de la forma de realización preferida de la presente invención está en el contexto de colada
 continua de banda de acero utilizando una máquina dúo de colada continua. La presente invención, sin embargo, no
 45 se limita al uso de máquinas dúo de colada continua, y se extiende a otros tipos de máquinas de colada continua de banda.

En referencia a la figura 2, se ilustra un aparato/proceso 50 de colada continua de banda de acero como partes
 sucesivas de una línea de producción mediante la que puede producirse banda de acero según la presente invención.
 50 Las figuras 2 y 3 ilustran una máquina dúo de colada continua designada generalmente como 54 que produce un banda 56 de acero de colada que pasa en un trayecto 52 de tránsito por una mesa guía 58 hacia un soporte de rodillo de arrastre 60 que comprende los rodillos de arrastre 60A. Inmediatamente después de salir del soporte de rodillo de arrastre 60, la banda pasa a un tren 62 de laminación en caliente que comprende un par de rodillos de reducción 62A y rodillos de apoyo 62B mediante los que se lamina en caliente para reducir su espesor. La banda laminada pasa sobre
 55 una mesa de salida 64 sobre la que puede enfriarse por fuerza mediante chorros 66 de agua y a través de un soporte de rodillo de arrastre 70 que comprende un par de rodillos de arrastre 70A y 70B, y de ahí a un bobinador 68.

En referencia a continuación a la figura 3, la máquina 54 dúo de colada continua comprende una estructura 72 de
 máquina principal que soporta un par de rodillos de colada 74 que presentan las superficies 74A y 74B de colada. El
 60 metal fundido se suministra durante una operación de colada desde una cuchara (no mostrada) a una artesa 80, a través de una chapa de recubrimiento 82 refractaria hacia un distribuidor 84 y de ahí a través de una boquilla 86 de entrega de metal al intersticio 88 entre los rodillos de colada 74. El metal fundido entregado entonces al intersticio 88 forma un depósito 92 por encima del intersticio 88 y este depósito 92 está limitado en los extremos de los rodillos por un par de paredes de contención o placas 90 laterales que están aplicadas a los extremos de los rodillos mediante un par
 65 de impulsores (no mostrados) que comprenden unidades de cilindro hidráulico conectadas a los apoyos de las placas laterales. La superficie superior del depósito 92 (a la que se hace referencia en general como el nivel “de menisco”) puede subir por encima del extremo inferior de la boquilla 86 de entrega de modo que el extremo inferior de la boquilla 86 de entrega está inmerso dentro de este depósito 92.

Los rodillos de colada 74 se enfrían con agua de modo que las cáscaras se solidifican sobre las superficies de los rodillos que se mueven y se unen en el intersticio 88 entre ellos para producir la banda solidificada 56 que se entrega hacia abajo desde el intersticio 88 entre los rodillos 74. La máquina 54 dúo de colada continua puede ser del tipo que se ilustra y describe con algún detalle en las patentes US nº 5.184.668 y nº 5.277.243 o la patente US nº 5.488.988, cuyas descripciones se incorporan cada una expresamente en el presente documento por referencia.

Según la presente invención, los pedidos de clientes para banda de acero se introducen en un sistema informático de propósito general, tal como el sistema 150 informático de la figura 4, y se procesan de una manera que va a describirse más en detalle a continuación en la presente memoria para determinar los parámetros de proceso y/o puntos de configuración de proceso para controlar un proceso de colada continua de banda de acero tal como el proceso 50 de colada continua de banda de acero que acaba de describirse con respecto a las figuras 2 y 3 para satisfacer por lo tanto el pedido del cliente. En referencia a la figura 4, el sistema 150 informático de propósito general incluye un ordenador 152 de propósito general que puede ser un ordenador personal (PC) de sobremesa convencional, ordenador portátil u ordenador portátil ligero, u otro ordenador de propósito general conocido configurado para funcionar de una manera que va a describirse posteriormente. El sistema 150 informático incluye un teclado 154 convencional conectado eléctricamente al ordenador 152 para introducir información en relación con el pedido del cliente en el mismo, y puede incluir uno cualquiera o combinación de dispositivos de salida. Por ejemplo, el ordenador 152 puede conectarse eléctricamente a una impresora 156, pudiendo configurarse el ordenador 152 para imprimir un conjunto de parámetros de proceso en la forma de un informe de cambio de proceso o informe similar, exponiendo el informe de cambio de proceso los parámetros de proceso y/o puntos de configuración para controlar un proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50 de colada continua de banda de acero ilustrado en las figuras 2 y 3, de una manera para producir el producto de banda de acero pedido por el cliente. En una forma de realización de la presente invención, un operador del proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50, ve el informe de cambio de proceso y realiza los cambios físicos correspondientes al proceso de colada continua de banda de acero continuo para producir por lo tanto el producto de banda de acero pedido por el cliente.

El ordenador 152 puede estar conectado alternativamente o adicionalmente a un monitor 158 convencional, en el que el ordenador 152 puede estar configurado para visualizar un conjunto de parámetros de proceso en la forma de un informe de cambio de proceso o informe similar, en el que el informe de cambio de proceso expone los parámetros de proceso y/o los puntos de configuración para controlar un proceso de colada continua de banda de acero, como el proceso 50 de colada continua de banda de acero ilustrado en las figuras 2 y 3, de una manera para producir el producto de banda de acero pedido por el cliente. Un operador del proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50, puede ver el informe de cambio de proceso mostrado en el monitor 158, además de o en lugar de un informe impreso, y realizar los cambios físicos correspondientes al proceso de colada continua de banda de acero para producir de este modo el producto de banda de acero pedido por el cliente.

El ordenador 152 también está conectado eléctricamente a una unidad de medios de almacenamiento 160 convencional, estando el ordenador 152 configurado para almacenar información en, y recuperar información desde, la unidad de almacenamiento 160 en una manera conocida. En una forma de realización de la presente invención, el ordenador 152 está configurado para descargar un conjunto de parámetros de proceso en la forma de un informe de cambio de proceso o informe similar a un medio 162 de almacenamiento a través de la unidad 160, en el que el informe de cambio de proceso expone los parámetros de proceso y/o puntos de configuración para controlar un proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50 de colada continua de banda de acero ilustrado en las figuras 2 y 3, en una manera para producir el producto de banda de acero pedido por el cliente. Un operador del proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50, puede entonces acceder a los contenidos del medio de almacenamiento a través de técnicas convencionales para ver el informe de cambio de proceso y realizar los cambios físicos correspondientes al proceso de colada continua de banda de acero para producir de este modo el producto de banda de acero pedido por el cliente. La unidad de medios de almacenamiento 160 y los medios 162 de almacenamiento pueden implementarse como cualquier unidad de medios de almacenamiento y combinación de medios de almacenamiento conocida. Ejemplos incluyen, pero no se limitan a, una unidad de disco magnético de lectura/escritura 160 y un disquete magnético 162, unidad CD ROM de lectura/escritura 160 y un disco CD ROM 162, y similares.

En una forma de realización alternativa, el proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50 de colada continua de banda de acero ilustrado en las figuras 2 y 3, es un proceso controlado por ordenador, y en este caso el sistema 150 informático puede estar configurado para proporcionar el informe de cambio de proceso directamente (electrónicamente) al proceso 50 a través de un enlace 164 de comunicación adecuado como se muestra en la figura 4 en línea discontinua. Todavía como alternativa, el ordenador 152 puede estar configurado en una forma de realización de este tipo para descargar el informe de cambio de proceso al medio 162 de almacenamiento, en el que un operador carga los medios 162 de almacenamiento que contienen el informe de cambio de proceso en una unidad de medios de almacenamiento (no mostrada) similar a la unidad de medios de almacenamiento 160 residente en el proceso 50 como se ilustra en la figura 4 mediante la línea 166 discontinua. En cualquier caso, el proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50, es sensible al informe de cambio de proceso para realizar automáticamente los cambios de proceso y/o cambios de puntos de configuración del aparato correspondientes. Sin embargo, se entiende que independientemente de cómo se realiza el proceso y/o cambios de puntos de configuración en el proceso de colada continua de banda de acero, el aparato de proceso de colada de banda es sensible a tales cambios para conmutar inmediatamente de producir el producto de banda de acero que está produciéndose actualmente a producir el producto de banda de acero según la nueva información de puntos de configuración de proceso/parámetro de proceso.

ES 2 282 290 T3

Haciendo referencia a continuación a la figura 5, se muestra un diagrama de flujo que ilustra una forma de realización preferida de un proceso 200 para controlar un proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50 ilustrado y descrito con respecto a la figuras 2 y 3, para producir un producto de acero especificado por el cliente. El proceso 200 comienza con una etapa 202 inicial de recepción de un pedido de cliente para un producto de banda de acero que presenta propiedades mecánicas específicas o especificaciones de producto. En una forma de realización, las especificaciones de producto incluyen un grado deseado del producto de acero, un espesor de banda deseado y una cantidad de banda total, aunque la presente invención contempla requerir información adicional o alternativa en relación al producto pedido por el cliente. A partir de entonces, por consiguiente, en la etapa 204 se introducen la especificaciones del producto en el ordenador 152 a través de cualquier mecanismo conocido. Por ejemplo, un operador puede teclear la información en el ordenador 152 a través de un teclado 154, o si el cliente proporciona la información en un medio de almacenamiento tal como un disquete, un operador puede implemente cargar la información en el ordenador a través de una unidad de medios de almacenamiento 160. Como alternativa, la presente invención contempla introducir las especificaciones del producto en el ordenador 152 según otras técnicas conocidas no detalladas en los dibujos adjuntos, pudiendo incluir las demás técnicas conocidas, sin limitarse a, transferir las especificaciones del producto a través de una conexión por módem telefónica entre el ordenador 152 y un ordenador del cliente, transferir las especificaciones del producto a través de una conexión de Internet o similares.

En cualquier caso, el proceso 200 avanza desde la etapa 204 hasta la etapa 206 donde el ordenador 152 está operativo para calcular los parámetros de proceso y/o los puntos de configuración de proceso para controlar un proceso de colada continua de banda de acero, tal como el proceso 50, en una manera para producir el producto de acero pedido por el cliente, basándose en las especificaciones del producto introducidas en el ordenador 152 en la etapa 204. Según la presente invención, el ordenador 152 está programado con uno o más conjuntos de reglas que relacionan las especificaciones del producto introducidas en el ordenador 152 en la etapa 204 con un conjunto de parámetros de proceso/puntos de configuración para controlar el proceso de colada continua de banda de acero en una manera para producir el producto de acero pedido por el cliente. El uno o más conjuntos de reglas pueden implementarse como una cualquiera o combinación de una o más tablas, uno o más gráficos, una o más ecuaciones y similares. Un ejemplo de un conjunto de reglas ilustrativo se expone en las tablas I, II y III.

La tabla I detalla un conjunto de reglas que asignan especificaciones de producto relacionadas con productos de acero que cualquier cliente puede pedir con puntos de configuración/parámetros de procesamiento de producto de fleje en caliente para el proceso 50 de colada continua de banda de acero. Cuando se refieren a la tabla I, los grados del acero para productos de fleje caliente especificadas por la ASTM están asociadas con las resistencias a la rotura (YS) y porcentajes de alargamiento (% Alarg):

<u>Grado ASTM</u>	<u>YS (ksi)</u>	<u>% Alarg</u>
Grado 33	33 a 43	30 a 35
Grado 40	40 a 50	25 a 30
Grado 50	50 a 60	20 a 25
Grado 65	65 a 75	15 a 20
Grado 80	80 a 90	10 a 15

y los indicadores de nivel residual B, M y A están definidos por las relaciones Bajo (B) < 0,35%, Medio (M) = 0,8% y alto (A) = 1,2%.

(Tabla pasa a página siguiente)

ES 2 282 290 T3

TABLA I

PEDIDO DE CLIENTE Especificaciones de producto de fleje en caliente		Puntos de configuración de proceso de máquina de colada continua					
Espesor (mm)	Grado ASTM	Nivel de residuos (Cu+Sn+Mo+Ni+Cr)	Velocidad de colada (m/min)	Espesor en estado bruto de colada (mm)	% reducción en caliente	Curva de enfriamiento ROT	
						Tasa de enfriamiento* (°C/s)	Temperatura de enfriamiento (°C)
0,04" (1,0 mm)	Grado 33	No puede producirse con la química actual					
0,04" (1,0 mm)	Grado 40	B	80	1,6	38		700
0,04" (1,0 mm)	Grado 50	B	80	1,6	38	150	700
		M	80	1,6	38		
0,04" (1,0 mm)	Grado 65	B	80	1,6	38	200	
		M	80	1,6	38	150	
		A	80	1,6	38		650
0,04" (1,0 mm)	Grado 80	M	80	1,6	38	200	
		B	80	1,6	38	250	
0,047" (1,2 mm)	Grado 33	No puede producirse con la química actual					
0,047" (1,2 mm)	Grado 40	B	80	1,6	25,0		700
0,047" (1,2 mm)	Grado 50	B	80	1,6	25,0	150	
		M	80	1,6	25,0		700
		B	45	1,9	37		650
0,047" (1,2 mm)	Grado 65	B	80	1,6	25,0	200	
		M	80	1,6	25,0	150	
		A	80	1,6	25,0		650
0,047" (1,2 mm)	Grado 80	A	80	1,6	25,0	200	
		M	80	1,6	25,0	250	
0,055" (1,4")	Grado 33	No puede producirse con la química actual					
0,055" (1,4 mm)	Grado 40	B	80	1,6	12,5		700
0,055" (1,4 mm)	Grado 50	B	80	1,6	12,5	60	
		M	80	1,6	12,5		650
		B	45	1,9	26,0		650
0,055" (1,4 mm)	Grado 65	B	80	1,6	12,5	100	
0,055" (1,4 mm)	Grado 80	B	80	1,6	12,5	150	
		A	80	1,6	12,5		650
0,063" (1,6 mm)	Grado 33	No puede producirse con la química actual					
0,063" (1,6 mm)	Grado 40	B	80	1,6	0,0		700
0,063" (1,6 mm)	Grado 50	B	80	1,6	0,0	60	
		M	80	1,6	0,0		650
0,063" (1,6 mm)	Grado 65	B	80	1,6	0,0	100	
0,063" (1,6 mm)	Grado 80	B	80	1,6	0,0	150	
		A	80	1,6	0,0		650
0,075" (1,9 mm)	Grado 33	No puede producirse con la química actual					
0,075" (1,9 mm)	Grado 40	B	45	1,9	0,0		700
0,075" (1,9 mm)	Grado 50	M	45	1,9	0,0		650
0,075" (1,9 mm)	Grado 65	A	45	1,9	0,0		650
0,075" (1,9 mm)	Grado 80	Improbable de producir ya que la transformación ocurrirá antes del ROT					

* - tasa de enfriamiento en el intervalo de temperatura de 800 - 500°C.

ES 2 282 290 T3

Un conjunto general de reglas para productos de fleje en caliente utilizados para generar los valores de la tabla I se resume en la tabla II siguiente, en la que el término “química” se refiere al nivel de residuos en el producto de acero, y en la que los niveles Bajo, Medio y Alto se resumieron anteriormente.

TABLA II

Química	% RC	Tasa de enfriamiento	Resistencia a la rotura MPa
Bajo	< 15	150	550
Bajo	25 - 40	250	550
Medio	25 - 40	200	550
Alto	0 - 50	30*	550
Bajo	< 15	100	475
Bajo	25 - 40	200	475
Medio	25 - 40	150	475
Alto	0 - 50	30*	475
Bajo	< 15	60	400
Bajo	25 - 40	150	400
Medio	25 - 40	30*	400
Bajo	0 - 50	30*	350

* tasa de enfriamiento estándar para conseguir temperaturas de enfriamiento en torno a los 650 - 700°C.

A partir de los datos reunidos de pasadas reales, se determinó que el 1,2% de los residuos dieron como resultado un incremento en la resistencia a la rotura de aproximadamente 120 Mpa, y por tanto se supone que un incremento del 0,1% en residuos da como resultado un incremento correspondiente de 10 Mpa en la resistencia a la rotura.

A partir de la tabla I, debería resultar evidente que los parámetros de proceso requeridos para producir el producto de fleje de acero en caliente especificado por el usuario pueden incluir uno cualquiera o combinación de velocidad de colada del proceso de colada continua de banda, espesor de acero en estado bruto de colada del producto de acero, porcentaje de reducción en caliente del producto de acero, tasa de enfriamiento del producto de acero y temperatura de enfriamiento del producto de acero.

La tabla III detalla un conjunto de reglas que asignan especificaciones de producto que relacionan productos de acero que cualquier cliente puede pedir con puntos de configuración/parámetros de procesamiento de producto laminado en frío para el proceso 50 de colada continua de banda de acero mostrado y descrito en el presente documento. Cuando se refieren a la tabla III, los grados de acero especificados por la ASTM para productos laminados en frío están asociados con las siguientes resistencias a la rotura (YS) y porcentajes de alargamiento (% Alarg):

<u>Grado ASTM</u>	<u>YS (ksi)</u>	<u>% Alarg</u>
Grado 33	33 a 43	30 a 35
Grado 40	40 a 50	30 a 35
Grado 50	50 a 60	25 a 30
Grado 65	65 a 75	10 a 15
Grado 80	80 a 90	2 min

ES 2 282 290 T3

TABLA III

PEDIDO DE CLIENTE especificaciones de producto laminado en frío		Especificaciones de fleje en caliente		Parámetros de laminación en frío/recocido		
Espesor de laminado en frío (mm)	Grado ASTM de laminado en frío	Espesor de fleje en caliente (mm)	Grado ASTM de fleje en caliente	% de reducción en frío	Ciclo de recocido	Temperatura de recocido (°F)
0,008" (0,2 mm)	Grado 33	1,0-1,6	Grado 40	80-88	Recocido discontinuo (RD)	Datos de laboratorio*-véase nota al pie
0,008" (0,2 mm)	Grado 40	1,0-1,6	Grado 40	80-88	Recocido discontinuo/ continuo (RC)	1.250-1.350
0,008" (0,2 mm)	Grado 50	1,4-1,6	Grado 50	86-88	RC	1.250-1350
0,008" (0,2 mm)	Grado 65					
0,008" (0,2 mm)	Grado 80	1,0-1,6**	Grado 40	80-88	N/A	N/A
0,016" (0,4 mm)	Grado 33	1,0-1,6	Grado 40	60-75	RD	
0,016" (0,4 mm)	Grado 40	1,0-1,6	Grado 40	60-75	RD/RC	1.250-1.350
0,016" (0,4 mm)	Grado 50	1,4-1,6	Grado 50	70-75	RC	1.250-1.350
0,016" (0,4 mm)	Grado 65					
0,016" (0,4 mm)	Grado 80	1,0-1,6**	Grado 40	60-75	N/A	N/A
0,024" (0,6 mm)	Grado 33	1,4-1,6	Grado 40	57-63	RD	
0,024" (0,6 mm)	Grado 40	1,4-1,6	Grado 40	57-63	RC	1.250-1.350
0,024" (0,6 mm)	Grado 50	1,6-1,9***	Grado 50	57-68	RC	1.250-1.350
0,024" (0,6 mm)	Grado 65					
0,024" (0,6 mm)	Grado 80	1 -1,6**	Grado 40	40-63	N/A	N/A
0,032" (0,8 mm)	Grado 33	1,4-1,6	Grado 40	43-50	RD	
0,032" (0,8 mm)	Grado 40	1,6-1,9***	Grado 40	50-58	RD	
0,032" (0,8 mm)	Grado 50					
0,032" (0,8 mm)	Grado 65	1,0	Grado 40	20	N/A	N/A
0,032" (0,8 mm)	Grado 80	1,2-1,6**	Grado 40	33-50	N/A	N/A
0,040" (1 mm)	Grado 33	1,9	Grado 40	47	RD	
0,040" (1 mm)	Grado 40	1,9	Grado 40	47	RD	
0,040" (1 mm)	Grado 50					
0,040" (1 mm)	Grado 65	1,3	Grado 40	23	N/A	N/A
0,040" (1 mm)	Grado 80	1,6-1,9***	Grado 40	38-48	N/A	N/A

* Datos de laboratorio sobre recocido discontinuo- calentamiento lento a 1.275°F (tomados aproximadamente durante 33 horas) seguido, por enfriamiento lento desde 1.275°F hasta 750°F (tomados aproximadamente durante 8 horas). La resistencia a la rotura del material después del recocido era bastante baja (23 ksi), por consiguiente existe una oportunidad de optimizar el recocido discontinuo para e. grado 33.

** se prefiere fleje en caliente de calibre más delgado, puesto que menos reducción en frío dará mejor alargamiento

*** se prefiere fleje en caliente de calibre más grueso para conseguir mayor resistencia a la rotura con buen alargamiento después del recocido.

ES 2 282 290 T3

Un conjunto general de reglas para material de laminado en frío utilizado para general los valores de la tabla III es:

- (i) se necesita más del 35 al 40% de CR para conseguir el grado 80,
- (ii) para un recocido continuo, se necesita al menos 50% de reducción en frío, y
- (iii) para un recocido discontinuo, se necesita al menos 40% de reducción en frío.

A partir de la tabla III, debería resultar evidente que los parámetros de proceso necesarios para producir un producto de acero laminado en frío especificado por el cliente pueden incluir cualquiera de los parámetros de proceso de fleje en caliente para producir productos de fleje en caliente, y adicionalmente uno cualquiera o combinación de porcentaje de reducción en frío, tipo de recocido; por ejemplo, discontinuo o continuo/discontinuo, y temperatura de recocido.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, el proceso 200 avanza desde la etapa 206 hasta la etapa 208 en la que el ordenador 152 puede funcionar en una realización de la presente invención para visualizar los parámetros de proceso en un informe de cambio de proceso a un operador de colada continua de banda. Se apreciará que la etapa 208 se incluye normalmente sólo cuando el ordenador 152 no puede funcionar para controlar automáticamente el proceso 50 de colada continua de banda de acero tal como se describe anteriormente, y puede por otro lado omitirse del proceso 200. Si está incluido, el ordenador 152 puede configurarse para visualizar el informe de cambio de proceso a través de uno cualquiera o más dispositivos de salida descritos anteriormente con respecto a la figura 4. En esta forma de realización, la caja 210 de líneas discontinuas perfila las etapas del proceso 200 que se ejecutan por el ordenador 152. Adicionalmente, como se describió anteriormente en el presente documento, la presente invención contempla realizaciones en las que el ordenador 152 puede funcionar para recibir la orden del cliente electrónicamente, y la caja 210 de líneas discontinuas puede extenderse en tales realizaciones para incluir la etapa 202.

Siguiendo la etapa 208, el proceso 200 avanza hasta la etapa 212 en la que el proceso de colada continua de banda, tal como el proceso 50 de colada continua de banda ilustrado y descrito con respecto a las figuras 2 y 3, se controla como una función de los parámetros de proceso computados en la etapa 206 para producir de este modo el producto de acero especificado por el cliente. En formas de realización del proceso que incluyen la etapa 208, la etapa 212 no se ejecuta normalmente por el ordenador 152 sino que en su lugar la realiza un operador del proceso de colada continua de banda de acero. El operador ejecuta la etapa 212 en tales realizaciones implementando físicamente los parámetros de proceso/puntos de configuración expuestos en el informe de cambio de proceso. En realizaciones en las que el ordenador 152 está configurado para proporcionar directamente (electrónicamente) los parámetros de proceso/puntos de configuración al proceso de colada continua de banda de acero, la etapa 208 puede omitirse y la etapa 206 puede avanzar directamente hasta la etapa 212. En dichas formas de realización, el ordenador 152 puede estar configurado para implementar automáticamente los parámetros de proceso/puntos de configuración calculados en la etapa 206 en el proceso de colada continua de banda de acero, y en estos casos la caja 210 de líneas discontinuas se extiende para incluir a la etapa 212.

Según la presente invención, el sistema 150 informático puede funcionar para asignar las especificaciones de producto especificadas por el cliente a un programa de ciclo de producción para un acero de una composición seleccionada. Normalmente, un programa de ciclo de producción para una química del acero dada puede extenderse durante al menos varios días durante los que la banda de acero se cuela continuamente por la máquina 54 dúo de colada continua. Dependiendo del número de pedidos y cantidades pedidas, un ciclo de producción entera puede ocuparse de producir bandas de acero que presentan un conjunto particular de propiedades mecánicas o de producir bandas de acero de propiedades mecánicas seleccionadas diferentes a lo largo de la longitud de la banda.

El programa de ciclo de producción tiene en cuenta parámetros tales como la velocidad de colada, el intervalo de temperatura de laminado en caliente, la cantidad de reducción en caliente y las tasas de enfriamiento a través del intervalo de temperatura para la transformación de austenita a ferrita (normalmente de 900 a 550°C) para producir microestructuras finales en la banda de colada que proporcionan a la banda las propiedades mecánicas requeridas y los materiales resultantes manejando aspectos asociados con cambiar las tasas de enfriamiento de la banda.

Al ajustar la tasa de enfriamiento dentro del intervalo de 0,1°C/s hasta 100°C/s es posible producir coladas que presentan microestructuras que incluyen:

- (i) predominantemente ferrita poligonal;
- (ii) una mezcla de ferrita poligonal y productos de transformación a baja temperatura, tal como una ferrita acicular, ferrita Widmanstätten y bainita; y
- (iii) predominantemente productos de transformación a baja temperatura.

En el caso de aceros al carbono simple, un intervalo de microestructuras de este tipo puede producir resistencias a la rotura en el intervalo de 200 Mpa hasta más de 700 Mpa. Después de que se haya establecido un programa de ciclo de producción, la máquina 54 dúo de colada continua puede utilizarse para producir una banda de colada según el programa de producción y la banda puede entregarse a los clientes como se requirió.

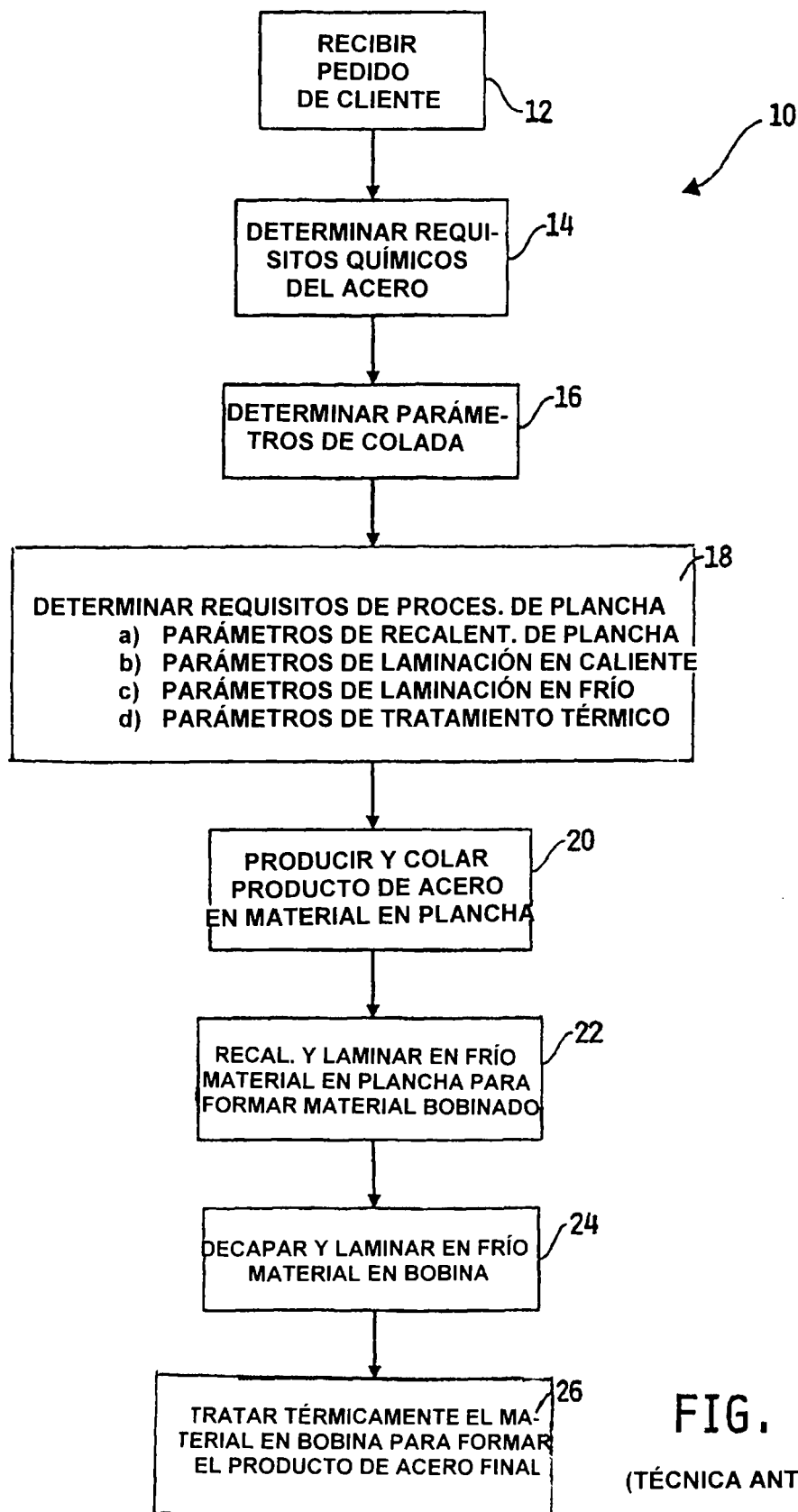
ES 2 282 290 T3

Una característica ventajosa del procedimiento de la presente invención es que es posible ajustar un programa de ciclo de producción durante el curso de un ciclo de producción para adaptar la producción con carácter de urgencia de un pedido de banda de propiedades mecánicas requeridas. Así, en el procedimiento de la presente invención: se utiliza una química del acero única para producir una amplia gama de propiedades mecánicas, de esta manera los pedidos del cliente no ya necesitan retrasarse hasta que se reúna un calentamiento/lote; la colada de banda junto con el control de la temperatura de laminado, el grado de la reducción en caliente y la tasa de enfriamiento del producto final puede permitir simultáneamente la consecución de la especificación dimensional del cliente y las propiedades mecánicas requeridas dentro de una línea de producción normalmente de menos de 70 metros de longitud; las propiedades pueden cambiarse en tiempo real, modificando puntos de configuración apropiados en bucles de control de proceso clave en un ordenador de control central y, de este modo, el tiempo desde la recepción del pedido del cliente hasta el envío del producto puede ser de hasta sólo 8 horas en oposición al procedimiento convencional de producción de acero que tarda entre 14 y 30 días; y el propio poco tiempo desde el pedido hasta la entrega permite el concepto de un “almacén virtual” a través de la aplicación de comercio electrónico.

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción anterior, ésta se considera a título ilustrativo y no limitativo, entendiéndose que sólo se han mostrado y descrito formas de realización preferidas de la misma y que se desea proteger todos los cambios y modificaciones que están comprendidas dentro de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para controlar un proceso de colada continua de banda de acero para producir una pluralidad de productos de acero especificados por el cliente con diferentes propiedades mecánicas sin cambiar la composición de acero alimentada al proceso de colada de banda, comprendiendo el procedimiento:
- 10 recibir una pluralidad de pedidos para productos de acero incluyendo requisitos especificados por el cliente para diferentes propiedades mecánicas en relación con dichos productos;
- 10 asignar dichos requisitos especificados por el cliente a un número de parámetros de proceso para controlar un proceso de colada continua de banda de acero para producir dicho producto de acero; y
- 15 producir dicha pluralidad de productos de acero con diferentes propiedades mecánicas siguiendo dichos parámetros de proceso asignados sin cambiar la composición de acero alimentada al proceso de colada de banda.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de visualizar dicho número de parámetros de proceso en un informe de cambio de proceso a un operador de dicho proceso de colada continua de banda de acero.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, que comprende asimismo controlar dicho proceso de colada continua de banda de acero basándose en dichos parámetros de proceso visualizados en dicho informe de cambio de proceso para producir dicho producto de acero.
- 25 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha pluralidad de requisitos especificados por el cliente para diferentes propiedades mecánicas incluye diferentes grados de dichos productos de acero.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye la velocidad de colada de dicho proceso de colada continua de banda de acero.
- 30 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye el porcentaje de reducción en caliente de dichos productos de acero.
- 35 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye la tasa de enfriamiento de dichos productos de acero.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye la temperatura de laminación en caliente de dichos productos de acero.
- 40 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye la temperatura de bobinado de dichos productos de acero.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye el porcentaje de reducción en frío de dichos productos de acero.
- 45 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicho número de parámetros de proceso incluye el tipo de ciclo de recocido.
- 50 12. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dichos requisitos especificados por el cliente incluyen el espesor de dichos productos de acero.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho conjunto de nuevos parámetros de proceso incluye un espesor bruto de colada de dicho producto de acero.
- 55 14. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicho conjunto de nuevos parámetros de proceso incluye una temperatura de recocido.
15. Procedimiento según la reivindicación 15, que comprende asimismo laminar en caliente la banda de colada en línea antes de enfriar la banda a través del intervalo de temperatura de transformación de austenita a ferrita.
- 60
- 65



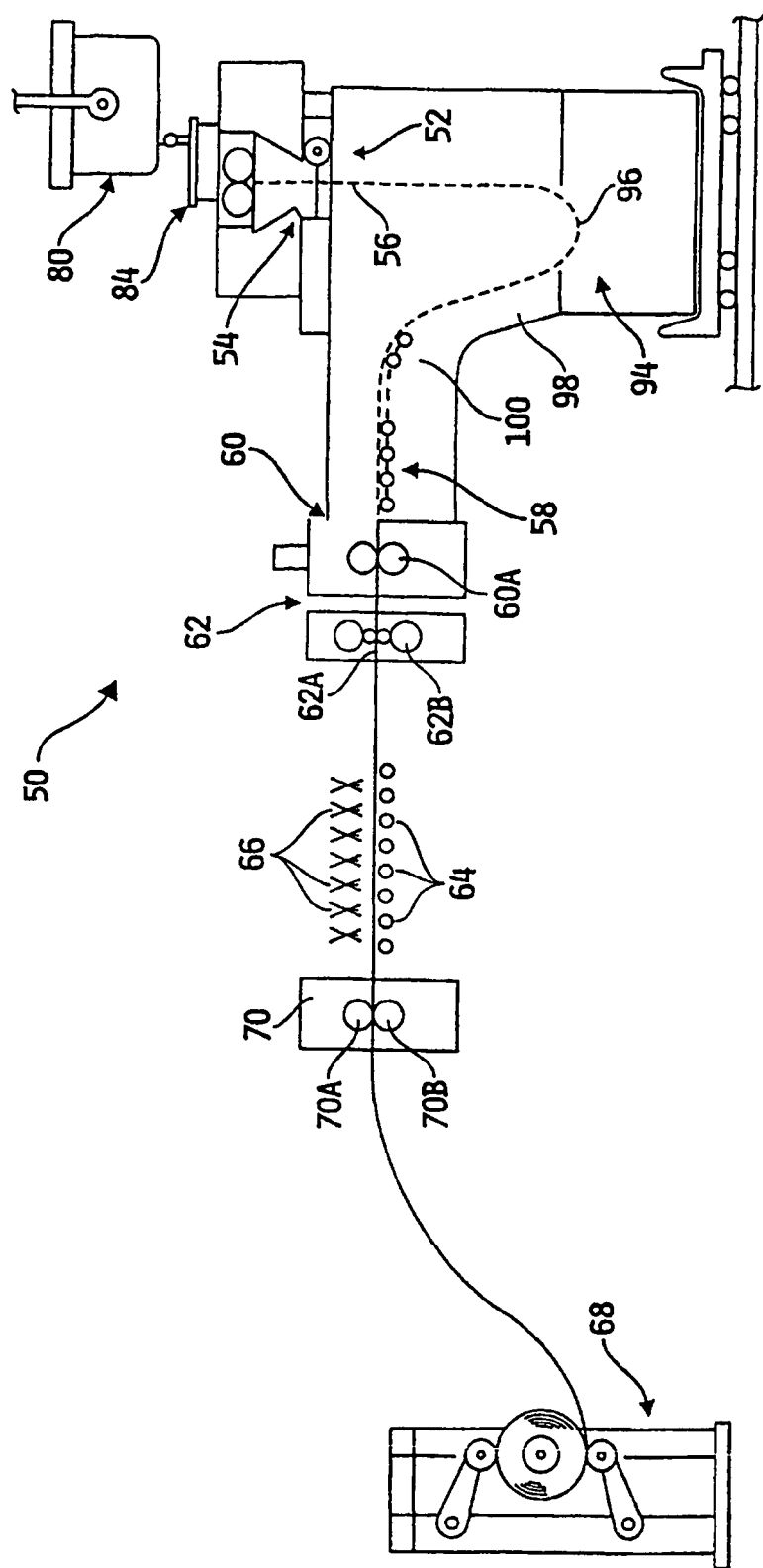


FIG. 2

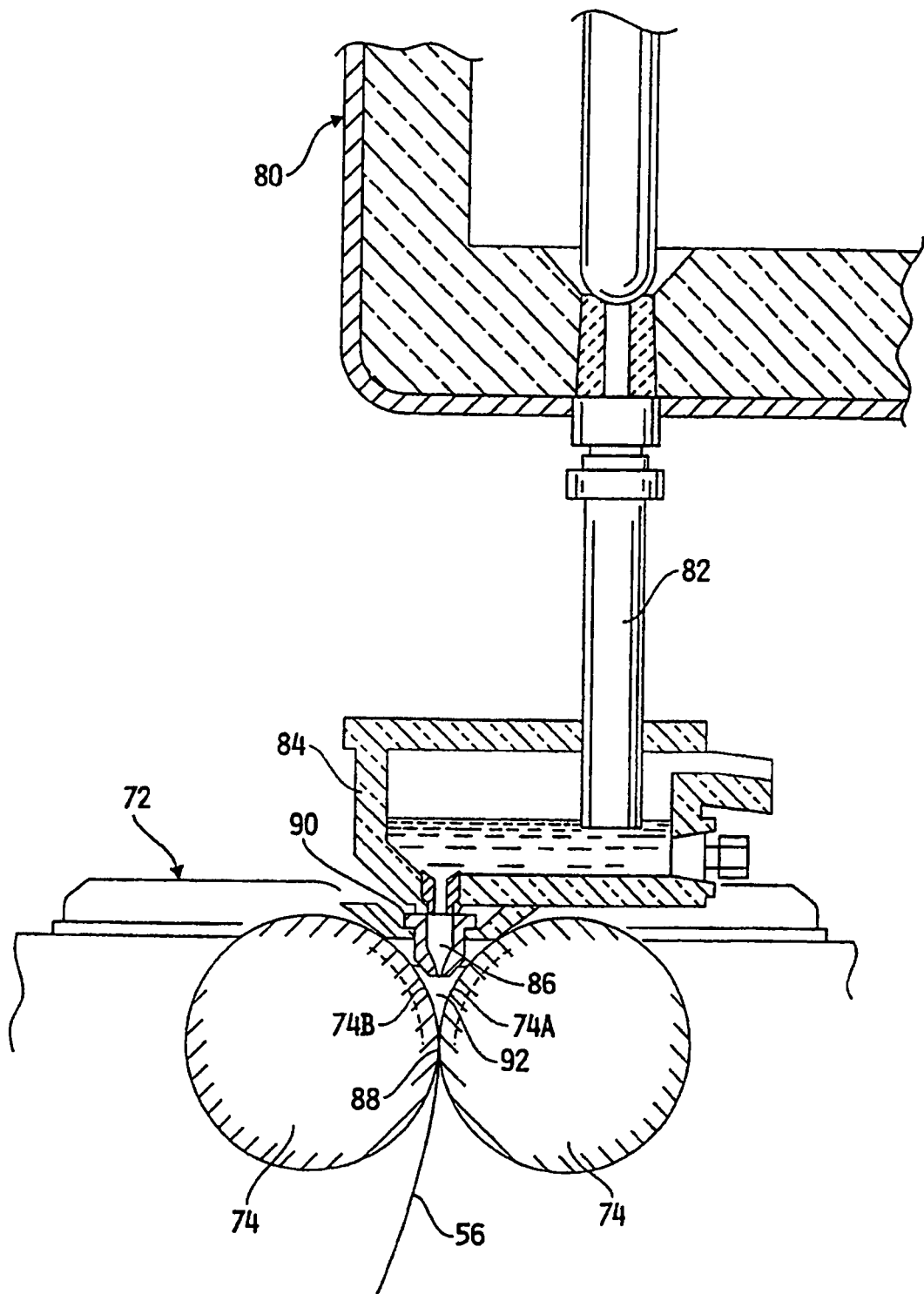


FIG. 3

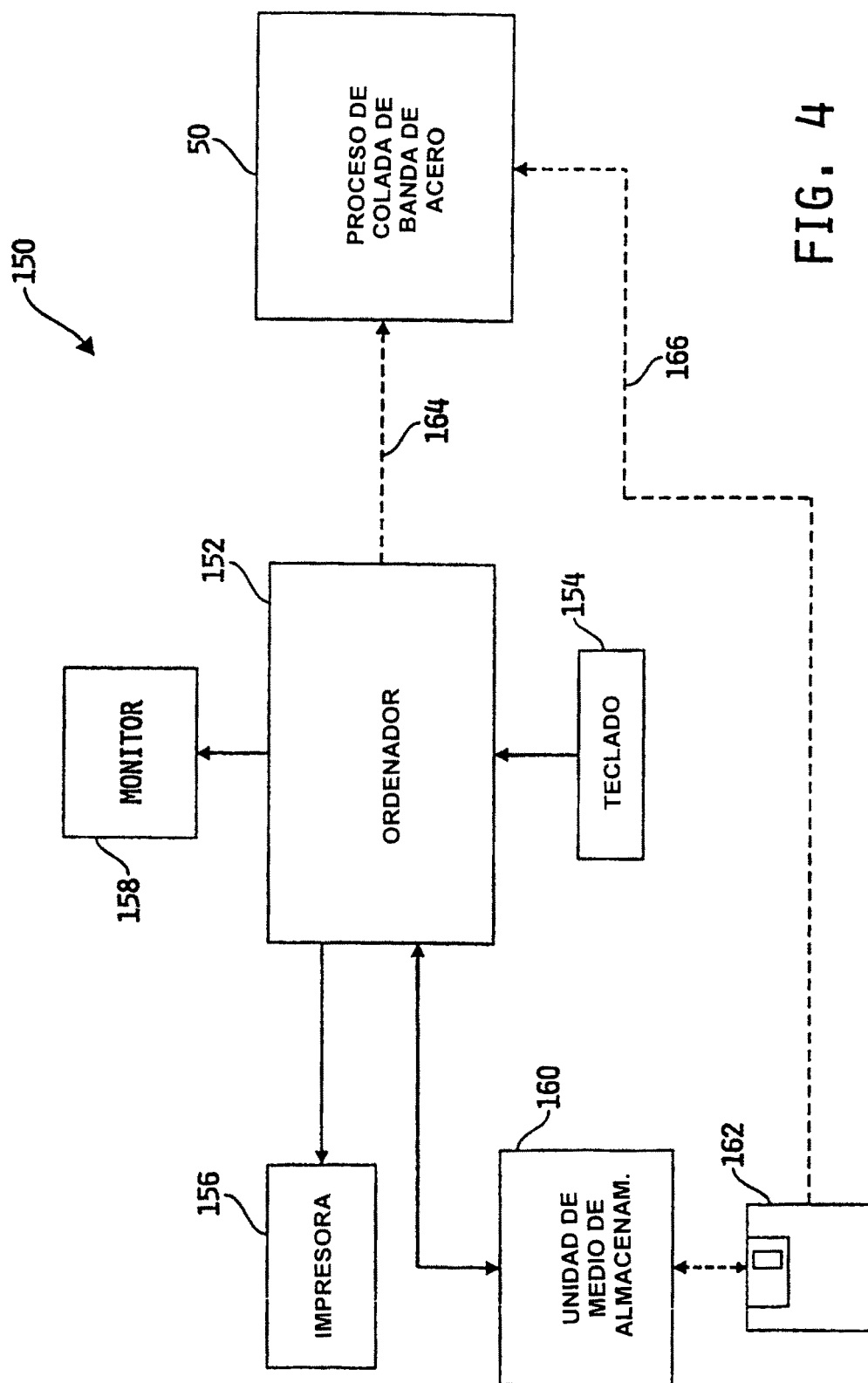


FIG. 4

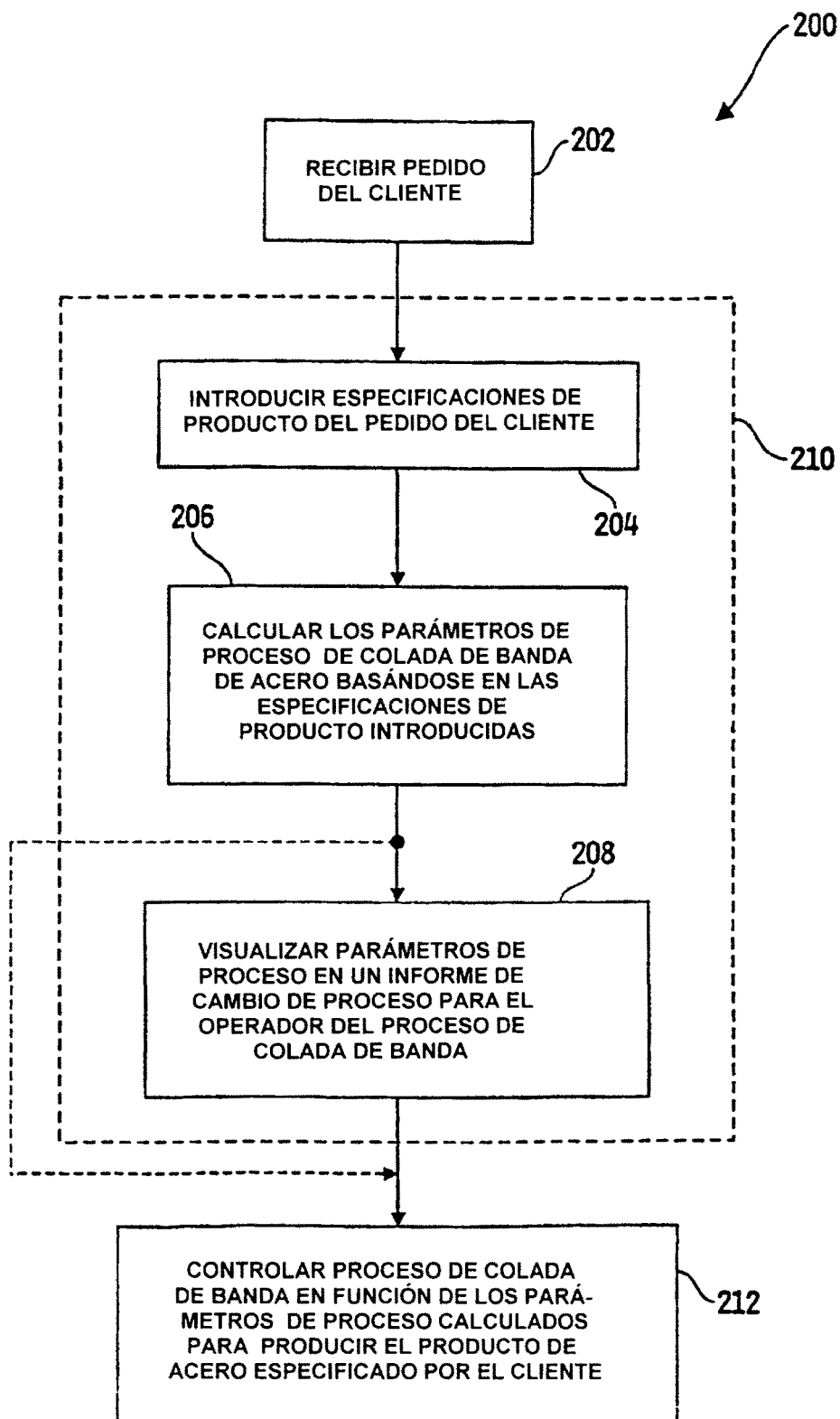


FIG. 5