

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 316**

51 Int. Cl.:

B21B 37/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2012 E 12725808 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 2718035**

54 Título: **Método, programa informático y tren de laminación para laminar una banda metálica**

30 Prioridad:

08.06.2011 DE 102011106327
27.06.2011 DE 102011078150

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.09.2015

73 Titular/es:

SMS GROUP GMBH (100.0%)
Eduard-Schloemann-Strasse 4
40237 Düsseldorf, DE

72 Inventor/es:

RITTER, ANDREAS;
SUDAU, PETER y
KOCH, MARKUS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 546 316 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, programa informático y tren de laminación para laminar una banda metálica

5 La presente invención hace referencia a un método, un programa informático y un tren de laminación para laminar una banda metálica. El tren de laminación comprende N cajas de laminación activas dispuestas secuencialmente en la dirección de laminación. El preámbulo de la reivindicación 1 está basado en la solicitud DE 10 2007 049 062 B3.

10 En principio, en el estado del arte se conocen métodos, programas informáticos y cajas de laminación de esa clase. De este modo, por la publicación internacional WO 2009/049964 A1 se conoce un tren de laminación con al menos dos cajas de laminación, donde la banda metálica, al atravesar las cajas de laminación, experimenta respectivamente una reducción del grosor, puesto que las aberturas entre cilindros de las cajas de laminación se regulan respectivamente en un grosor del paso predeterminado. En particular se controla la fuerza de tensión de la banda entre dos cajas de laminación y, en caso necesario, se regula de forma adecuada con medios de regulación apropiados. Antes de ingresar la cabeza del material que debe ser laminado en la abertura entre cilindros, ésta es regulada en dirección vertical en cuanto al grosor de la cabeza del material que debe ser laminado del lado de entrada. Después de ingresar la cabeza del material que debe ser laminado en la abertura entre cilindros, ésta es cerrada a un valor predeterminado y esencialmente al mismo tiempo del cierre se modifica la velocidad circunferencial de los cilindros de trabajo en función del tamaño de la abertura entre cilindros, donde ésta en particular se incrementa.

15 A continuación, sin referencia a una publicación, se explica en detalle el método que corresponde al estado del arte, haciendo referencia a la figura 3, en donde se muestra dicho método. El punto de partida consiste en un tren de laminación en tándem 10 de cuatro cajas que se encuentra montado delante de un aspa de desbobinado 8 y un aspa de bobinado 12. En el método mostrado en la figura 3 para laminar en frío una banda metálica 200 se prevé en primer lugar que todas las cajas del tren en tándem 10 avancen, de manera que primero la banda metálica es conducida con la cabeza de la banda 210 sin una reducción del grosor a través de la abertura entre cilindros de las cajas de laminación hasta el aspa de bobinado 12, para ser allí enrollada; véanse las figuras 3a y 3b. Con el enrollado, entre el aspa de bobinado 12 y el aspa de desbobinado 8, se produce en la banda metálica una tensión de tracción; véase la figura 3c).

20 Después de la ejecución de la tensión de tracción, todos los cilindros de trabajo de las cajas de laminación se colocan primero sobre la banda metálica 200, véase la figura 3d, antes de que comience la laminación en la primera caja, donde sus cilindros de trabajo se dirigen a una abertura entre cilindros con un grosor del paso predeterminado; véase la figura 3e). La variación del grosor en la banda metálica causada de este modo a través de la primera caja de laminación es atravesada entonces por la serie de cajas de laminación consecutivas del tren en tándem 10. Con ello tiene lugar un inicio sucesivo de la laminación en las cajas individuales, tan pronto como la respectiva caja atraviesa la mencionada variación del grosor; véanse las figuras 3f y 3g. Preferentemente, la última caja de laminación del tren en tándem se regula al grosor objetivo deseado para la banda metálica.

25 Existen dos motivos esenciales para ejecutar el método mencionado: En primer lugar, la fuerza y el trabajo requeridos en el caso de una laminación sin tracción son considerablemente mayores que con tracción y, en segundo lugar, la banda se vuelve desigual muy rápidamente, en especial en el caso de grosores delgados en la laminación en frío, cuando el perfil de la abertura entre cilindros no es adecuado con respecto al perfil de la banda metálica que ingresa, de manera que el material que debe ser laminado experimenta diferentes estiramientos sobre el ancho de la banda. Una banda metálica con desigualdades por lo general no puede ser enrollada ni ser laminada posteriormente por la siguiente caja, es decir que no puede ser reducida aún más en cuanto al grosor.

30 En dicho método, se considera desventajoso que, en la cabeza de la banda, una longitud considerable de la banda metálica no presente el grosor deseado y, por lo tanto, deba ser descartada nuevamente como longitud de ondulación. En el extremo de la banda se presenta una situación similar. En ese caso falta el retroceso tan pronto como la banda abandona el aspa de desbobinado 8, así como las últimas vueltas del rollo se sitúan de forma adyacente. En el caso de un modo de operación convencional se abren aquí igualmente las aberturas entre rodillos de las cajas de laminación individuales; también aquí se producen determinadas longitudes de ondulación.

35 Tomando como base el mencionado estado del arte, es objeto de la presente invención perfeccionar a este respecto un método, un programa informático y un tren de laminación para laminar en frío una banda metálica, de manera que las longitudes de ondulación no deseadas se reduzcan de forma evidente.

40 Este objeto se alcanzará a través del método indicado en la reivindicación 1. Dicho método se caracteriza porque el grosor del paso de la n-ésima caja de laminación del tren de laminación, en función de la tensión de tracción entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación, se reduce a un segundo grosor del paso predeterminado que es menor que el primer grosor del paso de la n-ésima caja de laminación activa.

5 El término "caja de laminación activa" hace referencia a aquellas cajas de laminación del tren de laminación que, a través de una regulación correspondientemente reducida de sus alturas de las aberturas entre cilindros, contribuyen a una reducción del grosor de la banda metálica. Las cajas de laminación con una abertura entre cilindros abierta no corresponden a las cajas de laminación activas en el sentido de la presente invención; donde sin embargo las mismas pueden estar dispuestas dentro del tren de laminación entre dos cajas de laminación activas. No obstante, en ese caso, las cajas de laminación con una abertura entre cilindros abierta no se consideran para el método acorde a la invención.

10 No es necesario observar con exactitud el orden de los pasos del método acorde a la invención según la reivindicación 1. De este modo, los pasos a y b, así como los pasos d y e, pueden cambiarse también respectivamente en cuanto a su orden. Esto significa que para el método acorde a la invención es lo mismo que la regulación de las aberturas entre cilindros se efectúe en un grosor del paso predeterminado antes de que la banda metálica sea transportada aproximándose a la respectiva caja de laminación o después de que la banda metálica, así como la cabeza de la banda metálica, haya alcanzado el lado de entrada de la caja de laminación. En cualquier caso, sin embargo, la regulación de la abertura entre cilindros debe haber finalizado cuando el punto respectivamente relevante de la banda metálica, a partir del cual debe efectuarse una reducción del grosor, haya alcanzado la abertura entre cilindros.

El parámetro n indica las cajas de laminación activas del tren de laminación, dispuestas secuencialmente en la dirección de laminación.

20 El parámetro k indica la cantidad de modificaciones realizadas, en particular reducciones, del grosor del paso por caja de laminación, por proceso de laminado.

El parámetro x indica la n caja de laminación situada aguas arriba de la caja de laminación.

Los grosores del paso, en la presente descripción, se parametrizan respectivamente con los dos parámetros k y n. Los grosores del paso generalmente se presentan en función del tiempo; es decir que las modificaciones de los grosores del paso se efectúan en función del tiempo.

25 En la presente invención, la ejecución de la tensión de tracción se entiende como un incremento de la tensión de tracción.

30 La ventaja del método acorde a la invención reside en el hecho de que una tensión de tracción ejecutada y modificada de forma conocida en la banda metálica, entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación se utiliza para reducir aún más el grosor del paso en la n-ésima caja de laminación activa. De este modo, el método acorde a la invención permite comenzar ya con la laminación en frío de la banda metálica, es decir con la reducción del grosor de la banda metálica, antes de que la cabeza de la banda haya alcanzado el aspa de bobinado y sea enrollada por la misma, para ejecutar tensión de tracción. Expresado de otro modo: A través del método acorde a la invención, la ejecución de la tensión de tracción es adelantada espacial y temporalmente en la primera caja de laminación activa, distanciándose del aspa de bobinado. De este modo se logra una reducción muy marcada de las longitudes de ondulación no deseadas.

35 Una reducción adicional de las longitudes de ondulación se logra debido a que los pasos d) a h) se repiten respectivamente para $n=n+1$ a $n=N-1$. Expresado de otro modo: se considera como especialmente ventajoso que el método según la reivindicación 1 no sólo se aplique a dos cajas de laminación activas contiguas n y n+1 del tren de laminación, sino preferentemente a todas las cajas de laminación, así como a parejas de cajas de laminación, del tren de laminación. En el caso de una extensión "horizontal" de esa clase del método acorde a la invención, en la dirección de laminación se regularían de forma secuencial finalmente casi todas las n cajas de laminación, donde $n \leq n \leq N-1$, no sólo respectivamente en un primer grosor del paso, sino también al menos en un segundo grosor del paso predeterminado, aún más reducido. Tal como se ha mencionado, esto conduciría a una reducción adicional de las longitudes de ondulación no deseadas.

45 De manera ventajosa, una reducción aún más avanzada de la longitud de ondulación puede lograrse debido a que después de la ejecución de la tensión de tracción entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación no sólo se reduce aún más a un grosor del paso predeterminado la abertura entre cilindros de la n-ésima caja de laminación, sino también la abertura entre cilindros de al menos una de las otras cajas de laminación x situadas aguas arriba, en donde $1 \leq x \leq n-1$. Lo mencionado es técnicamente posible porque la modificación de la tensión de tracción entre dos cajas de laminación tiene efectos también sobre la tensión de tracción de la banda metálica entre cajas de laminación situadas aguas arriba. De este modo puede lograrse que los grosores del paso de las cajas de laminación individuales no sólo puedan optimizarse dos veces, $k=2$, sino con más frecuencia, $k \geq 2$, de forma sucesiva, cada vez con mayor precisión, con vistas al grosor objetivo finalmente pretendido. Expresado de otro modo, con el método descrito acorde a la invención, ya en las primeras cajas de laminación del tren de laminación, en el marco casi de un proceso de repetición, se logra reducir aún más el grosor del paso, es decir,

adelantar una gran reducción del grosor en cajas de laminación anteriores del tren de laminación. De este modo se reducen aún más las longitudes de ondulación.

5 Una reducción aún más amplia de las longitudes de ondulación se logra cuando el aspa de bobinado se utiliza para ejecutar una tensión de tracción entre el aspa de bobinado y la N-ésima caja de laminación del tren de laminación, donde la tensión de tracción que se produce de ese modo se utiliza a su vez para una reducción adicional del grosor del paso en la N-ésima caja de laminación. El segundo grosor del paso predeterminado de la N-ésima caja de laminación es menor que el primer grosor del paso $D_{k=1,N}$ de la N-ésima caja de laminación y es menor que el grosor del paso $D_{k,N-1}$ actual de la N-1-ésima caja de laminación.

10 Las respectivas regulaciones o modificaciones descritas de los grosores del paso de las cajas de laminación individuales son calculadas previamente en un dispositivo de control del tren de laminación. El cálculo y la determinación tienen lugar de manera que en cada caja de laminación, considerando las tensiones de tracción previstas y las propiedades del material de la banda metálica, así como considerando las limitaciones técnicas, el grosor de entrada y el grosor objetivo esperado, se regula respectivamente la reducción del grosor máxima posible para la banda metálica. Esto conduce a una optimización adicional del método acorde a la invención y, con ello, a una reducción adicional de las longitudes de ondulación no deseadas.

15 Todos los grosores del paso k , en donde $1 \leq k \leq K$, de todas las n cajas de laminación del tren de laminación, preferentemente, son adaptados unos con respecto a otros, de manera que el K -ésimo grosor del paso predeterminado $D_{K,N}$ de la N-ésima caja de laminación es el grosor objetivo deseado para la banda metálica.

20 Preferentemente, el método acorde a la invención se aplica ya en la cabeza de la respectiva banda metálica, igualmente para reducir las longitudes de ondulación. A diferencia de lo que sucede en el estado del arte, en el método acorde a la invención el inicio de la banda no atraviesa por tanto primero la abertura entre cilindros abierta de todas las cajas, sino que ya al atravesar la cabeza de la banda a través de las cajas de laminación del tren de laminación tiene lugar un paso de la banda metálica, ya en la cabeza de la banda.

25 La reducción de los grosores del paso en las cajas de laminación individuales, preferentemente, no tiene lugar de forma discontinua en el sentido de una función de salto, sino de forma continua, por ejemplo de forma progresiva en el tiempo.

La reducción de los grosores del paso en la n -ésima +1 caja de laminación, de manera ventajosa, comienza solamente cuando el área de grosor reducido, la cual es producida por una de las cajas de laminación precedentes, por ejemplo en forma de cuña, de la banda metálica, alcanza la n -ésima +1 caja de laminación.

30 El objeto antes mencionado se alcanza además a través de un producto de un programa informático, cuyo código de programa está desarrollado para activar las cajas de laminación del tren de laminación y para transportar la banda metálica según el método indicado en las reivindicaciones.

Por último, el objeto antes mencionado se alcanza además a través de un tren de laminación con un dispositivo de control para ejecutar el método según una de las reivindicaciones 1 a 9.

35 Las ventajas del producto del programa informático, así como del tren de laminación, corresponden a las ventajas antes mencionadas con respecto al método indicado en las reivindicaciones.

40 La figura 4 muestra las condiciones de contorno de un cálculo de un patrón del paso para regular las aberturas entre cilindros de los cilindros de trabajo en una caja de laminación, tal como se conocen por el estado del arte. Conforme a ello, el cálculo del patrón del paso se efectúa considerando condiciones de contorno técnicas, como las tracciones de la banda metálica en el lado de entrada y de salida, el grosor de entrada, el grosor objetivo pretendido, así como limitaciones técnicas. Asimismo, el cálculo de los grosores del paso máximos posibles se efectúa considerando de forma adicional el material de la banda metálica que debe ser laminada, la fricción entre los cilindros de trabajo y la banda metálica, así como considerando otros datos de la caja. En base a todos los datos mencionados, el modelo de laminación calcula entonces los parámetros necesarios para regular los cilindros de trabajo, es decir, la fuerza del cilindro, el par del cilindro, la flexión del cilindro, el desplazamiento, el grosor de salida, así como factores beneficiosos para la regulación técnica y, en particular, también el grosor del paso máximo posible mencionado.

A la descripción se añaden en total cuatro figuras, donde éstas muestran:

Figuras 1 a) - f): el método acorde a la invención sin aspa de bobinado;

50 Figuras 2 a) - d): el método acorde a la invención con aspa de bobinado;

Figuras 3 a) - h): un método de laminación en frío según el estado del arte; y

Figura 4: las condiciones de contorno para calcular el patrón del pasos según el estado del arte.

A continuación, la invención se describe en detalle haciendo referencia a las figuras 1 y 2. En las figuras 1 y 2, los mismos elementos técnicos se indican con los mismos símbolos de referencia. Dos círculos o cilindros dispuestos uno sobre otro en pares indican en las figuras 1 y 2 respectivamente siempre un par de cilindros de trabajo con una abertura entre cilindros regulada.

De acuerdo con la figura 1, en el método acorde a la invención, en un primer paso del método a), se prevé que la abertura entre cilindros de la n-ésima caja de laminación sea regulada en un primer grosor del paso predeterminado $D_{1,n}$, antes de que la banda metálica 200 con la cabeza de la banda 210 atraviese la abertura entre cilindros de la n-ésima caja de laminación; véase la figura 1a). La banda metálica 200 se aproxima entonces más a la n-ésima caja de laminación con su cabeza 210, donde ésta, incluyendo su cabeza 210, se reduce en cuanto a su grosor al primer grosor del paso D_{1n} . De acuerdo con la figura 1c), la banda metálica 200 continúa siendo transportada desde la n-ésima caja de laminación hacia la n-ésima +1 caja de laminación, para experimentar allí otra reducción del grosor a través de los cilindros de trabajo de la n-ésima +1 caja de laminación regulada en el primer grosor del paso $D_{1,n+1}$, en donde $D_{1,n+1} < D_{1,n}$. Se ejecuta entonces una tensión de tracción en la banda metálica, entre la n-ésima +1 caja de laminación y la n-ésima caja de laminación. Dicha tensión de tracción se mide con la ayuda de un dispositivo de medición de la tensión de tracción 50, por ejemplo con un rodillo sensor para la tensión de tracción. En el método acorde a la invención se prevé además que con ese fin el grosor del paso en la n-ésima caja de laminación se reduzca aún más a un grosor del paso predeterminado $D_{2,n}$. El segundo grosor del paso de la n-ésima caja de laminación es menor que su primer grosor del paso.

De manera preferente, esa reducción del grosor del paso en la n-ésima caja de laminación tiene lugar de forma progresiva en el tiempo, de lo cual resulta una disminución en forma de cuña del grosor de la banda metálica 200. La ejecución de una tensión de tracción entre la n-ésima +1 caja de laminación y la n-ésima +2 caja de laminación puede utilizarse también en la n-ésima +1 caja de laminación para realizar una segunda reducción del grosor a un segundo grosor del paso predeterminado $D_{2,n+1}$. Preferentemente, también esa reducción del grosor tiene lugar de forma progresiva como función del tiempo. De modo ideal, el segundo grosor del paso predeterminado $D_{2,n+1}$ corresponde ya al grosor objetivo pretendido para la banda metálica, véase la figura 1f).

Dependiendo de la disminución requerida en total, puede ser necesario que el tren de laminación deba presentar más de dos cajas de laminación activas 300. En ese caso, el método acorde a la invención descrito debe extenderse preferentemente a todas las cajas de laminación del tren de laminación, es decir, casi en dirección horizontal. En ese caso, es decir, en el caso de más de dos cajas de laminación en el tren de laminación, se considera ventajoso además que después de la ejecución de la tensión de tracción entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación se reduzca aún más a un grosor del paso respectivamente predeterminado también la abertura entre cilindros de al menos una de las otras cajas de laminación situadas aguas arriba.

La figura 2 muestra cómo finalmente también la tensión de tracción ejecutada entre el aspa de bobinado 400 y la última caja de laminación del tren de laminación, es decir, la N-ésima caja de laminación, puede ser utilizada para alcanzar una reducción adicional del grosor en la N-ésima caja de laminación, preferentemente en el grosor objetivo pretendido. Para ello, la cabeza de la banda 210 abandona primero la última N-ésima caja de laminación 300 en la dirección del aspa de bobinado 400, para ser allí enrollada; véanse las figuras 2a) y b). El bobinado conduce a la ejecución de una tensión de tracción en la banda metálica, entre el aspa de bobinado 400 y la N-ésima caja de laminación 300, la cual es detectada por el dispositivo de medición de la tensión de tracción 50; véase la figura 2c). Este incremento conocido de la tensión de tracción entre el aspa de bobinado 400 y la n-ésima caja de laminación puede ser utilizado para reducir aún más el grosor del paso en la N-ésima caja de laminación, preferentemente al grosor objetivo deseado. La última regulación de la abertura entre cilindros en la primera caja de laminación tiene lugar cuando la reducción del grosor del paso realizado de ese modo, de la banda metálica, es suficiente para laminar el grosor objetivo deseado en la salida de la N-ésima caja de laminación del tren de laminación.

De manera ventajosa, el método acorde a la invención puede aplicarse también en el caso de un tren de laminación en frío que opera de forma inversa. Después del primer paso a través del tren inverso, la banda metálica en la N caja por lo general aún no alcanza el grosor objetivo deseado. El método se repite entonces al menos para un retroceso y nuevos avances a través del tren, hasta que se alcanza el grosor objetivo deseado.

REIVINDICACIONES

1. Método para laminar una banda metálica (200) en un tren de laminación con $1 \leq n \leq N$ y $N \leq 2$ cajas de laminación activas, dispuestas secuencialmente en la dirección de laminación, el cual comprende los siguientes pasos:
- 5 a) regulación de la abertura entre cilindros de la n-ésima caja de laminación (300) en un primer grosor del paso predeterminado $D_{k,n}$, en donde $k=1$;
- b) transporte de la banda metálica con la cabeza de la banda (210) delante de la n-ésima caja de laminación (300);
- c) paso de la banda metálica en el primer grosor del paso $D_{k=1,n}$, en la n-ésima caja de laminación;
- 10 d) regulación de la abertura entre cilindros de la n-ésima +1 caja de laminación (300) en un primer grosor del paso predeterminado $D_{k=1,n+1}$ que es menor que el primer grosor del paso $D_{k=1,n}$ de la n-ésima caja de laminación activa.
- e) transporte de la banda metálica hacia la n-ésima +1 caja de laminación;
- f) paso de la banda metálica en el primer grosor del paso $D_{k=1,n+1}$ de la n-ésima +1 caja de laminación;
- y
- 15 g) ejecución de una tensión de tracción en la banda metálica entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación;
- caracterizado por
- h) la reducción del grosor del paso de la n-ésima caja de laminación en función de la tensión de tracción entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación a un segundo grosor del paso predeterminado $D_{2,n}$ que es menor que el primer grosor del paso $D_{k=1,n}$ de la n-ésima caja de laminación activa.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por: la respectiva repetición de los pasos d) a h) para $n=n+1$ a $n=N-1$.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque después de la ejecución de la tensión de tracción entre la n-ésima caja de laminación y la n-ésima +1 caja de laminación, también la abertura entre cilindros de al menos una de las otras cajas de laminación x dispuestas aguas arriba, en donde $1 \leq x \leq n-1$, se reduce respectivamente aún más hacia un grosor del paso predeterminado.
- 25 4. Método según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado por:
- el transporte posterior de la banda metálica después de pasar a través de la N-ésima caja de laminación con el primer grosor del paso $D_{k=1,N}$ hacia un dispositivo de bobinado;
- el enrollado del inicio de la banda, de la banda metálica, en el dispositivo de bobinado (400); y
- 30 ejecución de una tensión de tracción en la banda metálica entre el dispositivo de bobinado y la N-ésima caja de laminación, y
- la reducción del grosor del paso de la N-ésima caja de laminación en función de la tensión de tracción entre la N-ésima caja de laminación y el dispositivo de bobinado (400) a un segundo grosor del paso $D_{2,N}$ que es menor que el primer grosor del paso $D_{k=1,N}$ de la N-ésima caja de laminación y menor que el grosor del paso $D_{k,N-1}$ actual de la N-ésima caja de laminación.
- 35 5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los grosores del paso o las alturas de la abertura entre cilindros regulados para las cajas de laminación (300) individuales son calculados previamente de manera que, considerando las tensiones de tracción previstas y las propiedades del material de la banda metálica, posibilitan respectivamente la reducción máxima posible del grosor para la banda metálica.
- 40 6. Método según la reivindicación 3 y/o 4, caracterizado porque los grosores del paso y la distribución de los grosores del paso de todas las cajas de laminación (300) activas del tren de laminación se calculan previamente

ES 2 546 316 T3

para la laminación de la banda metálica, de manera que el k-ésimo grosor del paso predeterminado $D_{k,N}$ de la N-ésima caja de laminación es el grosor objetivo deseado para la banda metálica.

5 7. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque al pasar la banda metálica a través de la caja de laminación del tren de laminación el paso de la banda metálica incluye preferentemente también el paso de la cabeza de la banda.

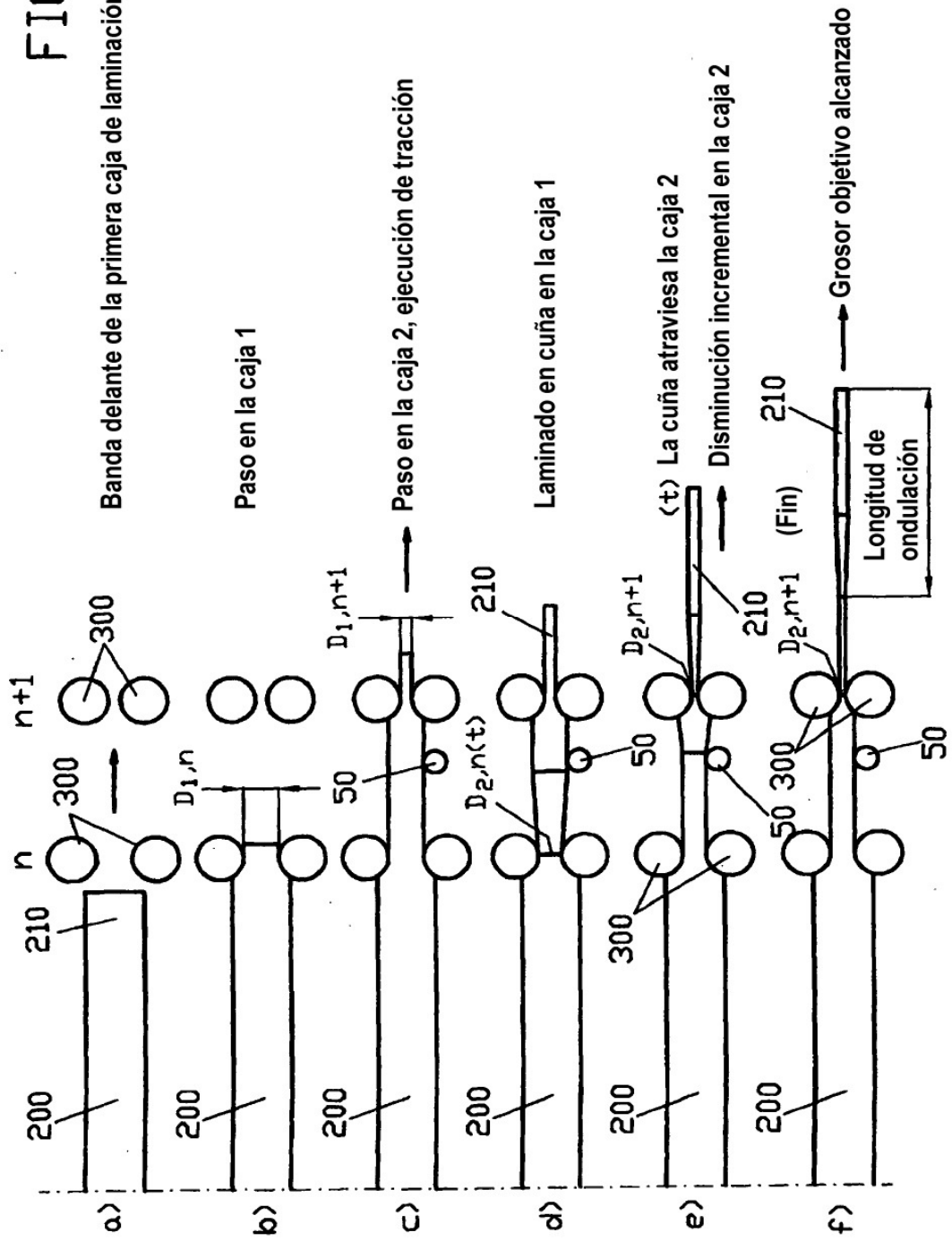
8. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la reducción de los grosores del paso de la caja de laminación tiene lugar de manera progresiva en el tiempo.

10 9. Método según la reivindicación 8, caracterizado porque la reducción del grosor del paso en la n-ésima +1 caja de laminación comienza sólo cuando el área de grosor reducido, la cual es producida por una de las cajas de laminación precedentes, por ejemplo en forma de cuña, de la banda metálica, alcanza la n-ésima +1 caja de laminación.

15 10. Producto de programa informático con un código de programa para ejecutar en un microprocesador en el dispositivo de control de un tren de laminación con una pluralidad de cajas de laminación, caracterizado porque el código de programa está desarrollado para activar las cajas de laminación y para transportar la banda metálica según el método conforme a una de las reivindicaciones 1-9.

20 11. Tren de laminación con $1 \leq n \leq N$ y $N > 2$ cajas de laminación (300) activas, dispuestas secuencialmente en la dirección de laminación; un dispositivo de medición de la tensión de tracción (50) para medir la tensión de tracción entre dos cajas activas dispuestas secuencialmente; y un dispositivo de control para la regulación individual de las aberturas entre cilindros de las cajas de laminación en un grosor del paso respectivamente predeterminado, caracterizado porque el dispositivo de control y el tren de laminación están diseñados para ejecutar el método según una de las reivindicaciones 1 a 9.

FIG.1



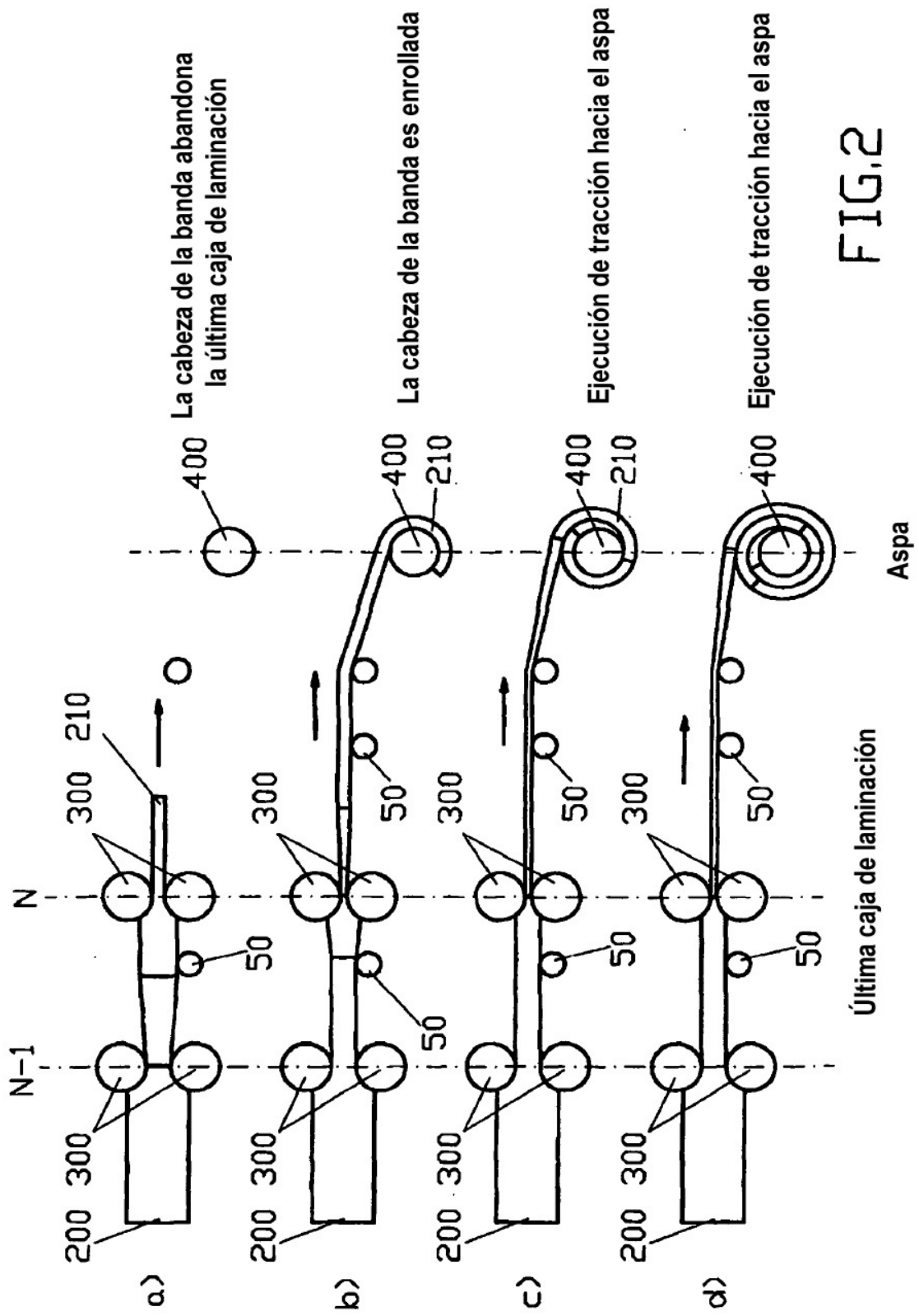
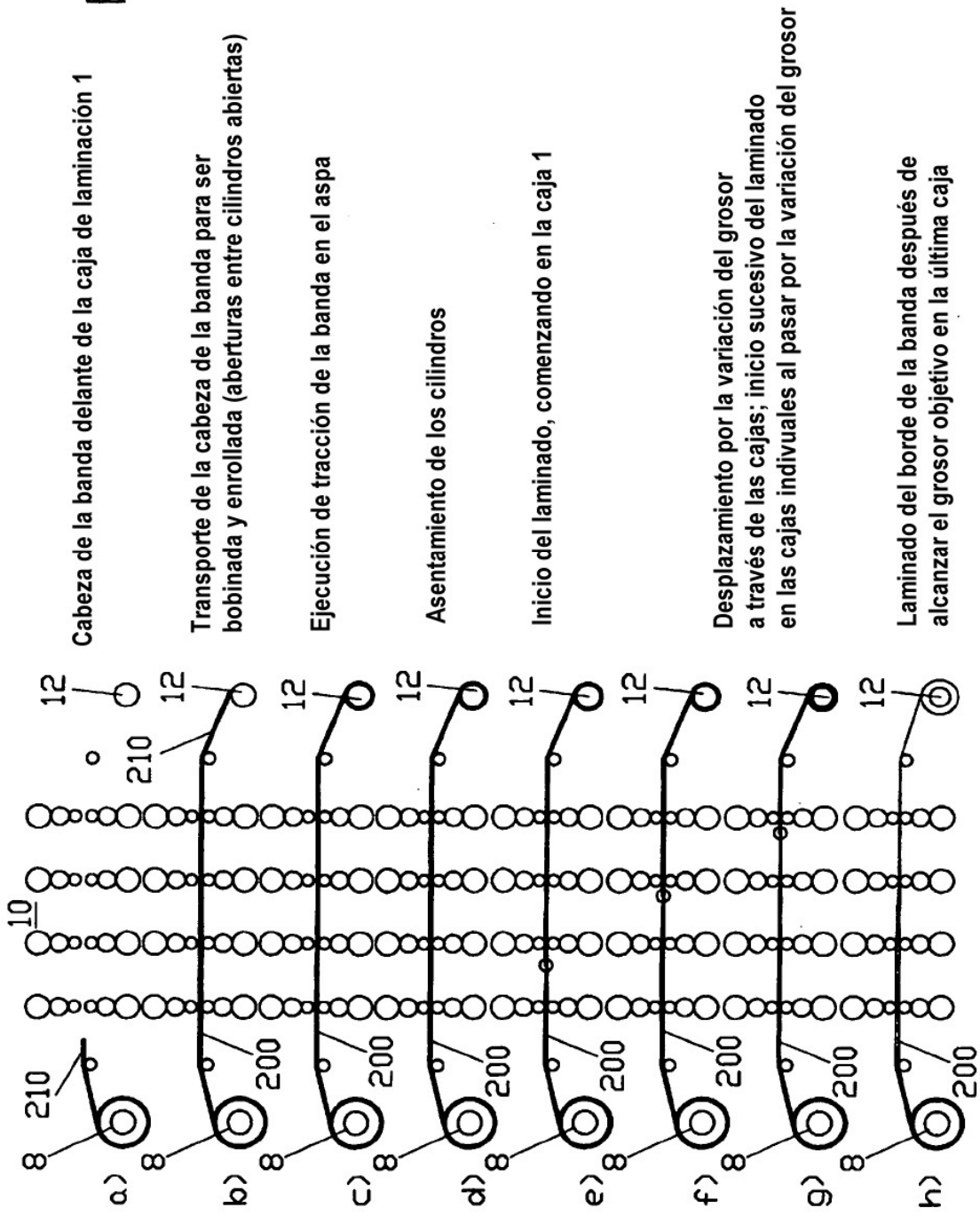


FIG.2

FIG.3



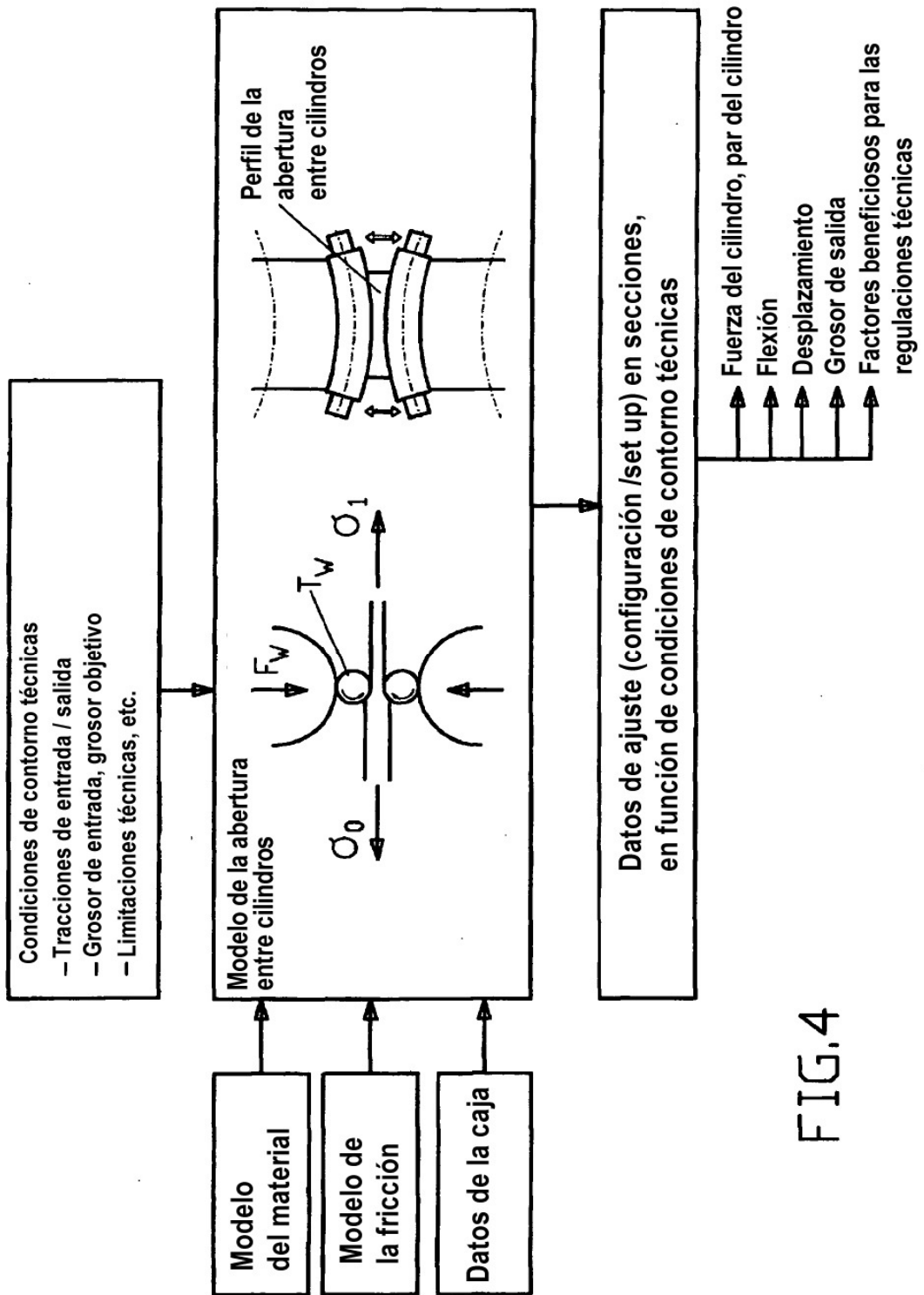


FIG.4