

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 526**

51 Int. Cl.:

**B22D 2/00** (2006.01)

**B22D 11/12** (2006.01)

**B22D 11/16** (2006.01)

**B22D 11/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2013 PCT/EP2013/064291**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.01.2014 WO14006195**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2013 E 13744987 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2869951**

54 Título: **Método para determinar un tramo de línea de colada que incluye la posición de cierre del cono líquido de un producto de metal fundido continuamente**

30 Prioridad:

**05.07.2012 IT MI20121185**

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

**17.05.2017**

73 Titular/es:

**DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE, S.P.A.  
(100.0%)**

**Via Nazionale 41  
33042 Buttrio, IT**

72 Inventor/es:

**FORNASIER, MARCELLINO**

74 Agente/Representante:

**RUO , Alessandro**

ES 2 612 526 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 determinar un tramo de línea de colada que incluye la posición de cierre del cono líquido de un producto de metal fundido continuamente.

5

Campo de la invención

**[0001]** La presente invención se refiere a un método para determinar si un tramo particular de línea de colada incluye la posición de cierre del cono líquido durante la colada continua de productos de metal, tales como placas, desbastes o palanquillas.

10

Estado de la técnica

**[0002]** Se conoce a partir de la técnica anterior un procedimiento de prensado de productos de metal fundido, por ejemplo, placas, desbastes o palanquillas, con el fin de conseguir una reducción de espesor, en el que el producto de metal colado se somete a una acción de reducción de espesor mientras el núcleo sigue siendo líquido o parcialmente líquido en una zona aguas abajo de los rodillos a los pies de la lingotera. Esta acción de prensado se denomina también "reducción del núcleo líquido" o "reducción suave" del producto colado, y se realiza aguas abajo del cristalizador, obteniendo así, a la salida de la máquina de colada continua, un espesor menor del producto colado que el proporcionado por el cristalizador.

15

20

**[0003]** Las principales ventajas de la reducción del espesor del núcleo líquido o parcialmente líquido son tales para obtener:

25

- un producto colado de un tamaño predeterminado (por ejemplo, espesor) en la salida de la máquina de colada usando un cristalizador que tiene un tamaño mayor que dicho tamaño predeterminado;
- un refinamiento de la estructura de solidificación interna, así como una mejora de la segregación en la zona central del producto colado.

30

**[0004]** Con el fin de ser eficaz, debe producirse una reducción suave con una reducción continua controlada del espesor del producto colado hasta que quede en el mismo un núcleo líquido o parcialmente líquido, condición que se puede obtener con un perfil de reducción sustancialmente cónico del segmento de producto colado de interés.

35

**[0005]** Se utiliza un modelo numérico de cálculo en línea, también conocido como Sistema de control de grupo líquido (LPCS), para determinar el perfil térmico del producto colado y la longitud de solidificación del cono líquido, y ayuda al control de la reducción suave para identificar el perfil de reducción de espesor óptimo y obtener la máxima flexibilidad operativa. Tal modelo numérico utiliza parámetros operativos (sobrecalentamiento de acero líquido en el distribuidor, enfriamiento primario y enfriamiento secundario, tipo de acero, velocidad de colada) y puede controlar el perfil de enfriamiento y, por lo tanto, la longitud del cono líquido, en línea y la abertura entre los rodillos de la línea de colada involucrados en el proceso de reducción suave.

40

**[0006]** Si el perfil de enfriamiento no es óptimo, el mismo sistema también puede controlar el enfriamiento secundario, es decir, el enfriamiento realizado aguas abajo del cristalizador, con el fin de optimizar el proceso de solidificación. Todo el proceso de solidificación puede controlarse mediante la determinación de la fracción equiaxial central necesaria para reducir la segregación central: de hecho, la segregación disminuye a medida que aumenta el espesor de la fracción equiaxial.

45

**[0007]** El modelo numérico (LPCS) se basa esencialmente en las propiedades químico-físicas del producto y, al adquirir continuamente todos los parámetros de proceso, calcula el perfil térmico y el perfil de solidificación.

50

**[0008]** Con respecto al perfil térmico, se pueden insertar medidores de temperatura superficial (por ejemplo, pirómetros, termopares, etc.) para validar el modelo.

55

**[0009]** Con el fin de evaluar la corrección del cálculo del espesor solidificado, un método consiste en identificar el punto de encuentro real de las dos medias costras en la posición de cierre del cono líquido, es decir, en el punto de solidificación final del producto colado, también punto de encuentro.

60

**[0010]** En el documento KR20010045770 se describe un método para detectar el punto de solidificación final de una placa, que incluye analizar el nivel de acero en el cristalizador y detectar el abombamiento a lo largo de la línea de colada. El método descrito en este documento sugiere colocar un palpador, que verifique la presencia de abombamiento sobre la placa, en los diversos puntos de la línea de colada para llevar a cabo tal análisis en diferentes condiciones de colada determinadas por la variación de los siguientes parámetros: Sobrecalentamiento de acero líquido en el distribuidor, enfriamiento primario y secundario, tipo de acero y velocidad de colada. Además, el

documento incluye analizar la correlación entre el abultamiento detectado y la fluctuación del nivel en el cristalizador para inferir si el cono líquido está todavía presente en el punto donde se midió el abombamiento o si se ha cerrado adicionalmente aguas arriba. Con el fin de obtener un punto específico en el que se pueda identificar el extremo del cono líquido, deben realizarse varias medidas de abombamiento, por lo que es necesario desplazar el instrumento de medición a los diversos puntos de interés (cuya operación no es posible durante la operación de colada) para una condición de colada determinada. Como alternativa, puede ser posible variar las condiciones de colada (por ejemplo, la velocidad de colada) y llevar la solidificación a un extremo en el punto de detección de abombamiento. Sin embargo, este enfoque no es aconsejable porque requiere un procedimiento recursivo para determinar el extremo del cono líquido para la condición operativa considerada "óptima" desde el punto de vista operativo.

**[0011]** Se conoce otro método, conocido comercialmente como "Castercrown", para detectar el punto de solidificación final de una placa en la salida de la lingotera. Este proceso consiste en equipar la línea de colada con un rollo específico, denominado rodillo Castercrown, y con la correspondiente estructura de soporte y control; por medio de dicho rodillo se envía un impulso a la placa para evaluar la respuesta de la misma en cuando a resistencia estructural y resonancia. De acuerdo con la reacción elástica obtenida, es posible inferir si un núcleo líquido está presente en el punto de aplicación de oscilación o si, en su lugar, la placa está completamente solidificada. La línea debe estar equipada con dispositivos adicionales incluso para este método. En particular, el rodillo Castercrown debe colocarse en lugar de un rodillo (por ejemplo, un rodillo de arrastre) equipado normalmente en la línea de colada. Como en el método descrito en el documento KR20010045770, el método "Castercrown" también requiere mover el rodillo Castercrown para realizar la comprobación en diferentes puntos de la línea de colada. Como alternativa, se puede usar una pluralidad de rodillos Castercrown con un coste excesivo proporcional. Además, en este último caso, existen limitaciones relacionadas con la provisión de una contención de la placa adecuada a lo largo de la línea de colada.

#### Resumen de la invención

**[0012]** El objeto principal de la presente invención es proporcionar un método para identificar con precisión un tramo corto de la línea de colada que incluye el punto final de solidificación de un producto metálico fundido continuamente, tal como una placa, desbaste o palanquilla, para definir en consecuencia el perfil óptimo de reducción del espesor mediante rodillos de reducción suave, usando únicamente el equipo normalmente instalado en una máquina de colada continua que aplica el proceso de reducción suave.

**[0013]** Por lo tanto, la presente invención sugiere llegar a los objetos que se han analizado anteriormente por medio de un método para determinar si un tramo de línea de colada incluye la posición de cierre del cono líquido de un producto de metal fundido continuamente, en el que se proporciona una línea de colada que comprende:

- una lingotera que contiene el metal líquido y en el que se define un menisco,
- uno o más dispositivos de rodillo de reducción suave,
- cilindros para accionar dicho uno o más dispositivos de reducción suave,
- al menos dos áreas de aplicación de un impulso de oscilación periódico a lo largo de la línea de colada, dichas al menos dos áreas definiendo áreas finales de dicho tramo de la línea de colada,
- comprendiendo el método, de acuerdo con la reivindicación 1, las siguientes fases:

a) aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico a una primera área de aplicación representada por un primer cilindro de accionamiento, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico a una segunda área de aplicación representada por un segundo cilindro de accionamiento, causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;

b) detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;

c) comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la primera área de aplicación durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la segunda área de oscilación durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico,

en el que la fase c) se realiza comparando un espectro de frecuencia de una señal del nivel de menisco en la lingotera con espectros de frecuencia de fuerza o posición de dicho primer cilindro de accionamiento y dicho segundo cilindro de accionamiento, respectivamente; por lo que si los espectros comparados son superponibles, un núcleo líquido está presente en el producto colado en el área donde se aplica el impulso de oscilación periódico, de otro modo el producto colado se solidifica completamente en dicha área, por lo que si, comparando la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia

de oscilación de la primera área de aplicación, los espectros comparados son superponibles, y si, comparando la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la segunda área de aplicación, los espectros comparados no son superponibles, un núcleo líquido está presente en el producto colado en la primera área mientras que el producto colado está completamente solidificado en la segunda área, estando la posición de cierre del cono líquido incluida en dicho tramo de la línea de colada.

**[0014]** El primer impulso de oscilación periódico y el segundo impulso de oscilación periódico son preferiblemente iguales.

**[0015]** El método, objeto de la presente invención, se basa en el análisis de frecuencia del nivel de menisco en la lingotera después de un impulso oscilante periódico, por ejemplo, del tipo sinusoidal, aplicado al producto colado (placa, desbaste o palanquilla) por los rodillos a lo largo de la línea de colada, que puede variar su posición o fuerza con respecto al producto colado por medio de cilindros hidráulicos.

**[0016]** En el caso de las placas, dicho impulso sinusoidal puede ser aplicado por los cilindros de accionamiento de los segmentos de rodillos de reducción suave, también conocidos como cilindros de sujeción. Como alternativa, el impulso también puede ser aplicado por los rodillos motorizados (rodillos de arrastre) dentro de los segmentos de reducción suave y dotados de cilindros de accionamiento autónomos.

**[0017]** En el caso de desbastes o palanquillas, dicho impulso sinusoidal puede ser aplicado por los cilindros de accionamiento de los rodillos extractores (rodillos de arrastre).

**[0018]** Con el fin de confirmar que el punto de cierre del cono líquido del producto colado se localiza donde se estima o donde se calcula por el modelo numérico en línea, cuando está presente, o para determinar el tramo de línea de colada que incluye dicho punto de cierre desde el principio, el método incluye aplicar, mediante cilindros hidráulicos de los rodillos a lo largo de la línea de colada, oscilaciones o impulsos al producto colado en dos o más áreas y comparar la frecuencia de oscilación (referida a la posición o fuerza) aplicada por dichos cilindros hidráulicos con la frecuencia oscilante medida en el nivel de menisco en la lingotera. Si las dos frecuencias (posición o fuerza de los cilindros hidráulicos y el nivel en la lingotera) corresponden, es decir, si los espectros son superponibles, el líquido está todavía presente dentro del producto colado. Si no se detecta la frecuencia de oscilación de los cilindros hidráulicos en el espectro de frecuencia del nivel de menisco en la lingotera (análisis de la transformada de Fourier o FFT), el producto colado se solidifica completamente.

**[0019]** Dos espectros de frecuencia son superponibles cuando la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tiene una tendencia correspondiente a la tendencia de la frecuencia de oscilación detectada por la fuerza o posición de un área de aplicación. En particular, se considera que dos espectros de frecuencia son superponibles cuando el pico principal de la frecuencia del nivel de menisco en la lingotera coincide con la frecuencia propia del segmento de reducción suave o la oscilación del rodillo de arrastre dentro de una tolerancia de +/- 0,04 Hz, preferiblemente de +/- 0,02 Hz. El rango de trabajo de la frecuencia del segmento o la oscilación del rodillo de arrastre está en el rango de 0,01 Hz - 1 Hz con un rango de amplitud de 0,1 mm a 10 mm como máximo.

**[0020]** Ventajosamente, con el método de la invención, el nivel de menisco en la lingotera no está sujeto a variaciones significativas que puedan afectar negativamente al proceso de colada, ya que la fuerza o amplitud de las oscilaciones impuestas por los cilindros hidráulicos activados es baja, y especialmente porque las frecuencias oscilantes usadas son tales que el sistema de control del nivel en la lingotera puede mantener el nivel real dentro del intervalo óptimo prácticamente en todas las condiciones de colada operativas.

**[0021]** Por lo tanto, el método de la presente invención no produce ninguna interferencia relevante con el proceso de colada, mientras que, en cambio, se mejora la calidad final del producto colado.

**[0022]** El método de la invención se puede usar para encontrar un tramo estrecho de la línea de colada que contenga el punto de cierre del cono líquido ya sea partiendo de la predicción proporcionada por un modelo numérico en línea o sin una referencia inicial.

**[0023]** En el primer caso, una vez que se ha calculado el punto de cierre teórico del cono líquido con el modelo numérico, el método de la invención proporciona la oscilación de un primer área de aplicación aguas arriba de dicho punto de cierre teórico y después un área de aplicación aguas abajo de dicho punto teórico, para comprobar si el punto de cierre real del cono líquido está incluido entre dichas dos áreas de aplicación de oscilación. La frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera y la frecuencia de oscilación de la posición o fuerza de la primera área de aplicación corresponderán si la predicción es correcta, mientras que la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera y la de la segunda área de aplicación no corresponderá.

5 [0024] En el segundo caso, o si un análisis llevado a cabo en dos áreas de aplicación indica que el resultado del modelo numérico era incorrecto, se puede analizar toda la línea de colada o una zona limitada de la misma. En este caso, todas las áreas de aplicación posteriores de interés se oscilarán una tras otra hasta que se identifique el área de aplicación donde no hay correspondencia con la frecuencia de oscilación detectada a nivel de menisco en la lingotera.

10 [0025] Una vez que se ha establecido con exactitud el tramo estrecho de la línea de colada que incluye el punto de cierre del cono líquido en el producto colado, los segmentos de rodillos de reducción suave (para la colada de placas) como los rodillos de arras pellizco (para la colada de desbastes o palanquillas) pueden organizarse y situarse aguas arriba y aguas abajo de dicho tramo de la línea de colada, para finalizar la reducción suave sustancialmente en la posición real en la que el cono líquido se cierra, ajustando así todos los espesores entre los componentes de la línea de colada para alcanzar el punto de encuentro con el grosor de las placas/desbastes/palanquillas requerido a la salida de la máquina de colada y asegurar una excelente calidad dentro del producto fundido.

15 [0026] El método, objeto de la invención, tiene las siguientes ventajas:

- 20 - no se requiere equipo adicional debido únicamente a que los equipos ya presentes en una máquina de colada continua, están dotados de dispositivos de reducción suave y dispositivos de control automático del nivel de menisco en la lingotera;
- es suficiente un software adicional, que puede ser gestionado por la automatización (PLC) ya presente;
- no se pone en peligro la interferencia sobre el proceso de colada y la calidad final del producto;
- permite encontrar con precisión un tramo estrecho de la línea de colada incluyendo el punto de encuentro incluso cuando varían los parámetros de colada;
- 25 - la posición real de dicho tramo de la línea de colada se identifica muy rápidamente.

[0027] Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas de la invención.

30 Breve descripción de los dibujos

[0028] Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a la luz de la descripción detallada de las realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de un método para determinar un tramo de línea de colada que incluye la posición de cierre del cono líquido de un producto de metal fundido continuamente, mostrado a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 35 La figura 1a es una vista en sección de una máquina de colada continua para la fundición de placas dotada de segmentos de rodillos de reducción suave;
- la figura 1b es una vista en sección de una máquina de colada continua para la fundición de desbastes o palanquillas provista de rodillos de arrastre;
- 40 la figura 1c es una vista en sección de una porción de una máquina de colada continua para la fundición de desbastes o palanquillas dotada de rodillos de arrastre y de segmentos de rodillos de reducción suave;
- la figura 2a es una vista en perspectiva de un segmento de rodillo de reducción suave en la figura 1a;
- la figura 2b es una vista en sección de un segmento de rodillo de reducción suave adicional;
- 45 la figura 3 es un gráfico ejemplar que muestra el nivel de menisco en la lingotera, la posición de los cilindros de accionamiento de un segmento de rodillo aguas arriba del punto de encuentro, y la posición de los cilindros de accionamiento de un segmento de rodillo aguas abajo del punto de encuentro;
- la figura 4a es un gráfico que muestra la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera y la frecuencia de oscilación detectada por la fuerza o posición de un área de aplicación en un ejemplo en el que una porción líquida en el producto colado está presente en dicha área de aplicación;
- 50 la figura 4b es un gráfico que muestra la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera y la frecuencia de oscilación detectada por la fuerza o posición de un área de aplicación en un ejemplo en el que el producto fundido se solidifica completamente en dicha área de aplicación.

55 [0029] Los mismos números de referencia en las figuras identifican los mismos elementos o componentes.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

60 [0030] El método para determinar si un tramo de línea de colada incluye la posición de cierre del cono líquido de un producto de metal fundido continuamente, objeto de la presente invención, incluye usar equipos convencionales únicamente, normalmente instalados en una máquina de colada continua que aplica el proceso de reducción suave.

[0031] La figura 1a muestra una máquina de colada continua 1 para la fundición de placas que incluye una pluralidad de segmentos de rodillo de reducción suave 3 aguas debajo de la lingotera 2.

**[0032]** La figura 2a muestra uno de dichos segmentos de reducción suave 3, que comprende cuatro cilindros de accionamiento (sujeción) 5, 5' del segmento, un número "n" de rodillos 6 en el lado fijo 7 y "n" rodillos 6' en el lado móvil 7' de la placa 10.

5 **[0033]** Los dos cilindros de accionamiento 5 a la entrada del segmento 3 forman un primer par de cilindros de accionamiento, mientras que los dos cilindros de accionamiento 5' a la salida del segmento 3 forman un segundo par de cilindros de accionamiento.

10 **[0034]** Una primera variante del método de la invención incluye el uso del primer par y el segundo par de cilindros de accionamiento 5, 5' de los segmentos de reducción suave 3 como áreas posteriores de aplicación, en el producto colado, de un impulso de oscilación o periódico, por ejemplo, del tipo sinusoidal. Esta primera variante incluye las siguientes fases:

- 15 - aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico en el primer par de cilindros de accionamiento 5, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico en el segundo par de cilindros de accionamiento 5', causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;
- 20 - detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;
- 25 - comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del primer par de cilindros de accionamiento 5 durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del segundo par de cilindros de accionamiento 5' durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico.

30 **[0035]** La figura 2b muestra uno de dichos segmentos de reducción suave 3 que comprenden cuatro cilindros de accionamiento del segmento, un número "n" de rodillos en el lado fijo 7 y "n" rodillos 6' en el lado móvil 7' de la placa 10.

**[0036]** Los dos cilindros de accionamiento 5 a la entrada del segmento 3 forman un primer par de cilindros de accionamiento, mientras que los dos cilindros de accionamiento 5' (no mostrados en la figura 2b) a la salida del segmento 3 forman un segundo par de cilindros de accionamiento.

35 **[0037]** Dentro del segmento de la figura 2b, a diferencia del segmento de la figura 2a, hay un rodillo motorizado o rodillo de arrastre 8, accionado por dos cilindros de accionamiento hidráulicos independientes 9, en lugar de uno de los rodillos estándar del segmento, preferiblemente en lugar de un rollo estándar central. La función de este rodillo motorizado 8 es asegurar el contacto con la placa 10 y realizar una acción de alimentación de la propia placa a lo largo de la línea de colada. Tal rodillo motorizado 8 está normalmente controlado por fuerza.

40 **[0038]** Una segunda variante del método de la invención incluye el uso del primer par de cilindros de accionamiento 5 del segmento 3 y el par de cilindros de accionamiento hidráulicos independientes 9 del rodillo de arrastre 8 como áreas posteriores de aplicación de un impulso de oscilación o periódico. Esta segunda variante incluye las siguientes fases:

- 45 - aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico en el primer par de cilindros de accionamiento 5, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico en el par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8, causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;
- 50 - detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;
- 55 - comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del primer par de cilindros de accionamiento 5 durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8 durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico.

60 **[0039]** Una tercera variante del método de la invención incluye el uso del par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8 y el segundo par de cilindros de accionamiento 5' a la salida del segmento 3 como áreas posteriores de aplicación de un impulso de oscilación o periódico. Esta tercera variante incluye las siguientes fases:

- aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico en el par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico en el segundo par de cilindros de accionamiento 5', causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;

5 - detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;

10 - comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8 durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del segundo par de cilindros de accionamiento 5' durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico.

15 **[0040]** Una cuarta variante del método de la invención incluye el uso del segundo par de cilindros de accionamiento 5' a la salida de un primer segmento de reducción suave y el primer par de cilindros de accionamiento 5 a la entrada de un segundo segmento de reducción suave, tras el primer segmento, como áreas posteriores de aplicación de un impulso de oscilación o periódico. Esta cuarta variante incluye las siguientes fases:

20 - aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico en el segundo par de cilindros de accionamiento 5' a la salida del primer segmento de reducción suave, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico en el primer par de cilindros de accionamiento 5 a la entrada del segundo segmento de reducción suave, causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;

25 - detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;

30 - comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del segundo par de cilindros de accionamiento 5' del primer segmento de reducción suave durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del primer par de cilindros de accionamiento 5 a la entrada del segundo segmento de reducción suave durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico.

35 **[0041]** Una quinta variante del método de la invención incluye usar en su lugar las siguientes tres áreas de aplicación de oscilación en secuencia: el primer par de cilindros de accionamiento 5 de un segmento de reducción suave 3, el segundo par de cilindros de accionamiento 5' de dicho segmento de reducción suave 3 y, si el punto de encuentro está entre dichos dos pares de cilindros de accionamiento, incluso el par de cilindros de accionamiento hidráulicos independientes 9 del rodillo de arrastre 8, para determinar un tramo más estrecho que incluye el punto de cierre del cono líquido con aún mayor precisión. Esta quinta variante incluye las mismas fases que la primera variante con la adición de las siguientes fases si la comparación de la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con las frecuencias de oscilación del primer par y del segundo par de cilindros de accionamiento 5, 5' ha demostrado que el cono líquido se cierra entre dichos dos pares de cilindros:

45 - aplicar un tercer impulso de oscilación periódico en el par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8, causando de este modo una tercera oscilación sobre el producto colado;

- detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera durante la aplicación de dicho tercer impulso de oscilación periódico;

50 - comparar la frecuencia de oscilación del menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del par de cilindros de accionamiento 9 del rodillo de arrastre 8 durante la aplicación de dicho tercer impulso de oscilación periódico.

55 **[0042]** La figura 1b muestra una máquina de colada continua 1 para la fundición de desbastes o palanquillas en la que al menos dos rodillos de arrastre 4, 4', 4" se proporcionan en la parte final de la máquina de colada que, además de actuar como extractores o rodillos de enderezar, también pueden realizar la operación de reducción suave. Dichos rodillos de arrastre 4, 4', 4", separados en 1,5 metros, por ejemplo, están controlados cada uno por un cilindro hidráulico independiente. Una sexta variante del método de la invención incluye el uso del cilindro de accionamiento de un primer rodillo de arrastre 4 y el cilindro de accionamiento de un segundo rodillo de arrastre 4' como áreas posteriores de aplicación de un impulso de oscilación o periódico. Esta sexta variante incluye las siguientes fases:

60 - aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico en el cilindro de accionamiento del primer rodillo de arrastre 4, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico en el cilindro de accionamiento del segundo rodillo de

arrastre 4', causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;

- detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;

- comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del cilindro de accionamiento del primer rodillo de arrastre 4 durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación del cilindro de accionamiento del segundo rodillo de arrastre 4' durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico.

**[0043]** La figura 1c muestra una porción de una máquina de colada continua para la fundición de desbastes o palanquillas en la que una pluralidad de segmentos de reducción suave 3' se proporcionan también en la parte final de la máquina de colada además de, al menos, dos rodillos de arrastre 4,4'. Los segmentos de reducción suave 3' son similares a los usados para la colada de placas, con la única diferencia de que se proporciona un único cilindro de accionamiento 5, 5' tanto a la entrada como a la salida de cada segmento 3' en lugar de un par de cilindros de accionamiento.

**[0044]** En este caso, el método de la invención, además de todas las variantes que se han descrito anteriormente, puede realizarse usando, como áreas posteriores de aplicación de una oscilación periódica o un impulso de oscilación periódico:

- un cilindro de accionamiento de uno de los rodillos de arrastre 4, 4' y un cilindro de accionamiento 5 a la entrada de uno de los segmentos de reducción suave 3'; o

- un cilindro de accionamiento de uno de los rodillos de arrastre 4, 4' y un cilindro de accionamiento 5' a la salida de uno de los segmentos de reducción suave 3'; o

- un cilindro de accionamiento de uno de los rodillos de arrastre 4, 4' y un cilindro de accionamiento de un rodillo de arrastre adicionado proporcionado dentro de uno de los segmentos de reducción suave 3'.

**[0045]** En todas las variantes que se han descrito anteriormente del método de la invención, dado que las máquinas convencionales se proporcionan con una serie de rodillos de arrastre y/o una serie de segmentos de rodillo de reducción suave, hay muchas áreas posibles de aplicación de la oscilación o impulso a lo largo de la línea de colada a intervalos sustancialmente regulares, que también puede incluir toda la longitud de la máquina de colada continua. Además, dado que la distancia entre dos áreas de aplicación de impulso posteriores a lo largo de la línea de colada puede ser muy cercana, el método de la invención permite analizar una zona localizada del producto colado (placa, desbaste o palanquilla) en la que la presencia del punto de encuentro se identificará. Así, la búsqueda puede refinarse hasta un área estrecha y el punto de encuentro se puede identificar con gran precisión.

**[0046]** En todas las variantes que se han descrito anteriormente del método de la invención, el impulso de oscilación impuesto en cada área de aplicación es típicamente un impulso sinusoidal con un periodo de pulsación de aproximadamente 1 ÷ 2 minutos y, ventajosamente, con frecuencias de  $10^{-3}$  a 10 Hz. Se han obtenido excelentes resultados usando frecuencias de  $10^{-2}$  a 5 Hz.

**[0047]** Si los cilindros hidráulicos que aplican el impulso están controlados por posición, tales como los cilindros de accionamiento normalmente utilizados en los segmentos de reducción suave, la amplitud de la oscilación de la posición impuesta es inferior a 5 mm, preferiblemente inferior a 2 mm.

**[0048]** Si los cilindros hidráulicos que aplican el impulso están controlados por la fuerza, tales como los cilindros de accionamiento utilizados típicamente para los rodillos de arrastre, la amplitud de la oscilación de la fuerza impuesta es inferior al 80 % (ochenta por ciento) del valor nominal de la fuerza ejercida por dichos cilindros de accionamiento.

**[0049]** La figura 3 muestra una secuencia de oscilaciones impuestas en áreas posteriores de aplicación: cada elemento se oscila individualmente en secuencia. En particular, el número de referencia 11 indica la tendencia del nivel de menisco en la lingotera a lo largo del tiempo; el número de referencia 12 indica la tendencia de la posición de una primera área de aplicación aguas arriba del presunto punto de encuentro; el número de referencia 13 indica la tendencia de la posición de una segunda área de aplicación aguas abajo del presunto punto de encuentro.

**[0050]** Todas las variantes del método de la invención incluyen análisis de espectro de frecuencia de la señal detectada del nivel de menisco en la lingotera, por ejemplo, detectado por medio de un sensor que puede ser radiactivo, óptico, magnético o térmico, y el análisis del espectro de frecuencia de la fuerza o posición de los cilindros hidráulicos detectados por el transductor de fuerza en los cilindros de accionamiento de los rodillos de arrastre o por los transductores de posición en los cilindros de accionamiento de los segmentos de reducción suave, respectivamente.

5 **[0051]** Mediante la aplicación de la transformada de Fourier rápida (FFT), por ejemplo, o posiblemente otros métodos conocidos para el análisis de espectro de frecuencia, la frecuencia de oscilación de la fuerza o posición de los cilindros utilizados como áreas de aplicación del impulso oscilante se compara directamente con la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera.

10 **[0052]** Si las dos frecuencias (fuerza o posición del área de aplicación y nivel en la lingotera) se corresponden, es decir, los dos espectros son superponibles (figura 4a), un núcleo líquido está todavía presente en el área donde el impulso oscilante se aplicó; si, en su lugar, las dos frecuencias no se corresponden, es decir, si los dos espectros no son superponibles (figura 4b), el producto colado (placa, desbaste o palanquilla) está completamente solidificado y un núcleo líquido ya no está presente en la zona donde se aplicó el impulso oscilante.

15 **[0053]** Los dos espectros de frecuencia son superponibles cuando (véase, por ejemplo, la figura 4a), la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tiene una tendencia correspondiente a la tendencia de la frecuencia oscilante de la fuerza o la posición de un área de aplicación. En particular, se considera que dos espectros de frecuencia son superponibles cuando el pico principal de la frecuencia del nivel de menisco en la lingotera coincide, dentro de una tolerancia de  $\pm 0,04$  Hz, preferiblemente de  $\pm 0,02$  Hz, con la frecuencia propia correspondiente de la fuerza o posición de un área de aplicación, detectada por el transductor de fuerza en los cilindros de accionamiento de los rodillos de arrastre o por los transductores de posición en los cilindros de accionamiento de los segmentos de reducción suave, respectivamente. El rango de trabajo de la frecuencia oscilante del segmento de reducción suave o del rodillo de arrastre está en el intervalo de 0,01 Hz-1 Hz con un rango de amplitud de 0,1 mm a 10 mm como máximo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para determinar si un tramo de línea de colada incluye la posición de cierre del cono líquido de un producto de metal fundido continuamente, en el que se proporciona una línea de colada que comprende

- una lingotera que contiene el metal líquido y en el que se define un menisco,
- uno o más dispositivos de reducción suave con rodillos,
- cilindros de accionamiento para accionar dicho uno o más dispositivos de reducción suave,
- al menos dos áreas de aplicación de un impulso de oscilación periódico a lo largo de la línea de colada, dichas al menos dos áreas definiendo áreas finales de dicho tramo de la línea de colada,

comprendiendo el método las siguientes fases:

- a) aplicar secuencialmente un primer impulso de oscilación periódico a una primera área de aplicación representada por un primer cilindro de accionamiento, causando de este modo una primera oscilación en el producto colado, y después un segundo impulso de oscilación periódico a una segunda área de aplicación representada por un segundo cilindro de accionamiento, causando de este modo una segunda oscilación en el producto colado;
- b) detectar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera tanto durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico como durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico;
- c) comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la primera área de aplicación durante la aplicación de dicho primer impulso de oscilación periódico, y comparar la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la segunda área de oscilación durante la aplicación de dicho segundo impulso de oscilación periódico,

en el que la fase c) se realiza comparando un espectro de frecuencia de una señal del nivel de menisco en la lingotera con espectros de frecuencia de fuerza o posición de dicho primer cilindro de accionamiento y dicho segundo cilindro de accionamiento, respectivamente; por lo que si los espectros comparados son superponibles, un núcleo líquido está presente en el producto colado en el área donde se aplica el impulso de oscilación periódico, de otro modo el producto colado se solidifica completamente, por lo que si, comparando la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la primera área de aplicación, los espectros comparados son superponibles, y si, comparando la frecuencia de oscilación del nivel de menisco en la lingotera con la frecuencia de oscilación de la segunda área de aplicación, los espectros comparados no son superponibles, un núcleo líquido está presente en el producto colado en la primera área mientras que el producto colado está completamente solidificado en la segunda área, estando la posición de cierre del cono líquido incluida en dicho tramo de la línea de colada.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer impulso de oscilación periódico y el segundo impulso de oscilación periódico son del tipo sinusoidal.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho primer impulso de oscilación periódico y dicho segundo impulso de oscilación periódico tienen una duración de aplicación de  $1 \div 2$  minutos y una frecuencia de  $10^{-3}$  a 10 Hz.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la frecuencia de dicho primer impulso de oscilación periódico y dicho segundo impulso de oscilación periódico es de  $10^{-2}$  a 5 Hz.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el análisis del espectro de frecuencia se realiza aplicando la Transformada de Fourier (FFT).

6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la línea de colada comprende al menos un primer rodillo de arrastre (4) y un segundo rodillo de arrastre (4'), y dichas al menos dos áreas de aplicación del impulso de oscilación periódico se representan por un cilindro de accionamiento del primer rodillo de arrastre (4) y por un cilindro de accionamiento del segundo rodillo de arrastre (4') dispuesto aguas abajo del primer rodillo de arrastre (4), actuando dicho primer rodillo de arrastre (4) y el segundo rodillo de arrastre (4') como dispositivos de reducción suave.

7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, en el que la línea de colada comprende al menos un segmento de rodillos de reducción suave (3, 3') y dichas al menos dos áreas de aplicación del impulso de oscilación periódico se representan por un par de cilindros de accionamiento (5) proporcionados a la

5 entrada de un segmento de rodillos de reducción suave (3) y un par de cilindros de accionamiento (5') proporcionados a la salida de dicho segmento de rodillos de reducción suave (3), o un par de cilindros de accionamiento (9) de un rodillo motorizado (8) dispuesto en dicho segmento de rodillos de reducción suave (3'); o dichas al menos dos áreas de aplicación del impulso de oscilación periódico se representan por un par de cilindros de accionamiento (9) de un rodillo motorizado (8) dispuesto en dicho segmento de rodillos de reducción suave (3') y por un par de cilindros de accionamiento (5') proporcionados a la salida de dicho segmento de rodillos de reducción suave (3').

10 **8.** Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, en el que la línea de colada comprende al menos un rodillo de arrastre (4, 4') y al menos un segmento de rodillos de reducción suave (3, 3'), y dichas al menos dos áreas de aplicación del impulso de oscilación periódico se representan por un cilindro de accionamiento de un rodillo de arrastre (4, 4') y por un cilindro de accionamiento (5) proporcionado a la entrada de un segmento de reducción suave (3, 3') dispuesto aguas abajo de dicho rodillo de arrastre (4, 4'), o se representan por un cilindro de accionamiento de un rodillo de arrastre (4, 4') y por un cilindro de accionamiento (5') proporcionado a la salida de un segmento de reducción suave (3, 3') dispuesto aguas abajo de dicho rodillo de arrastre (4, 4'), o se representan por un cilindro de accionamiento de un rodillo de arrastre (4, 4'), aguas abajo de la lingotera, y por un cilindro de accionamiento (9) de un rodillo motorizado (8) proporcionado en un segmento de reducción suave (3'), aguas abajo de dicho rodillo de arrastre (4, 4').

20 **9.** Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en el caso de cilindros de accionamiento hidráulicos con regulación de posición, la oscilación de la posición tiene una amplitud de menos de 5 mm; y en el que, en el caso de cilindros de accionamiento hidráulicos con regulación de fuerza, la oscilación de la fuerza tiene una amplitud de menos del 80 % (ochenta por ciento) del valor nominal de la fuerza ejercida por dichos cilindros de accionamiento hidráulicos.

25

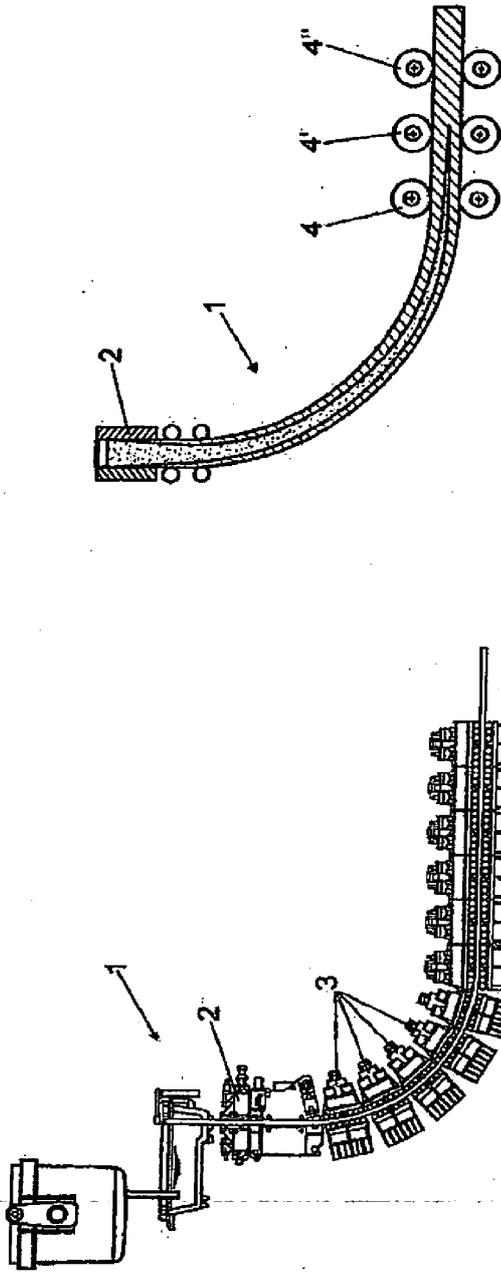


Fig. 1b  
TÉCNICA ANTERIOR

Fig. 1a  
TÉCNICA ANTERIOR

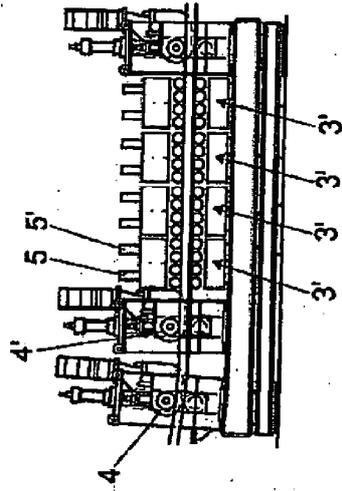


Fig. 1c  
TÉCNICA ANTERIOR

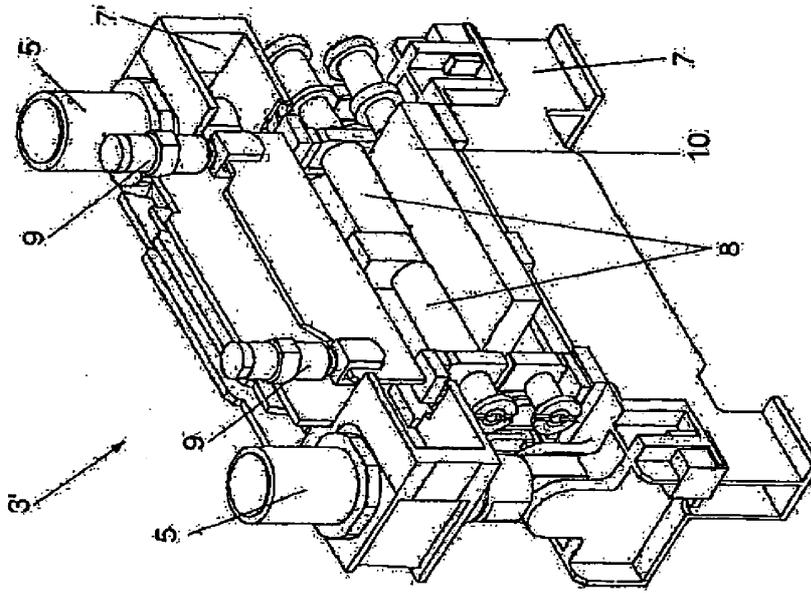


Fig. 2a

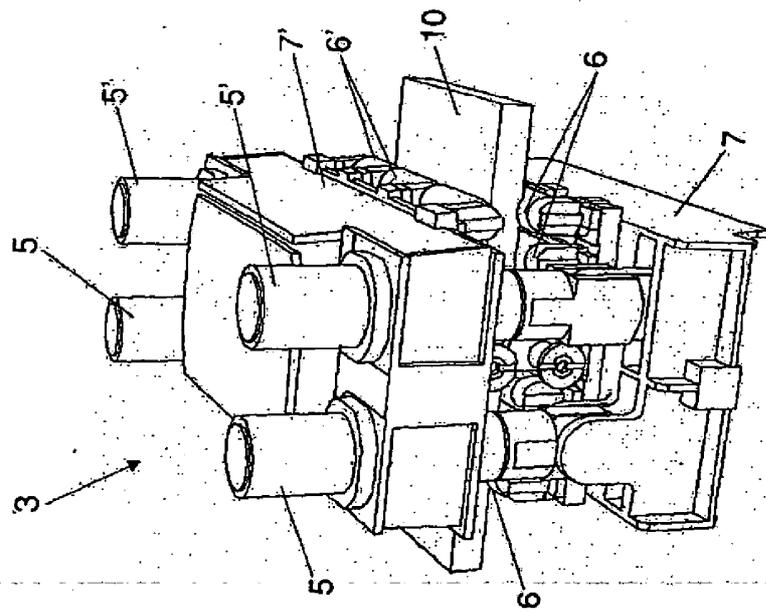


Fig. 2b

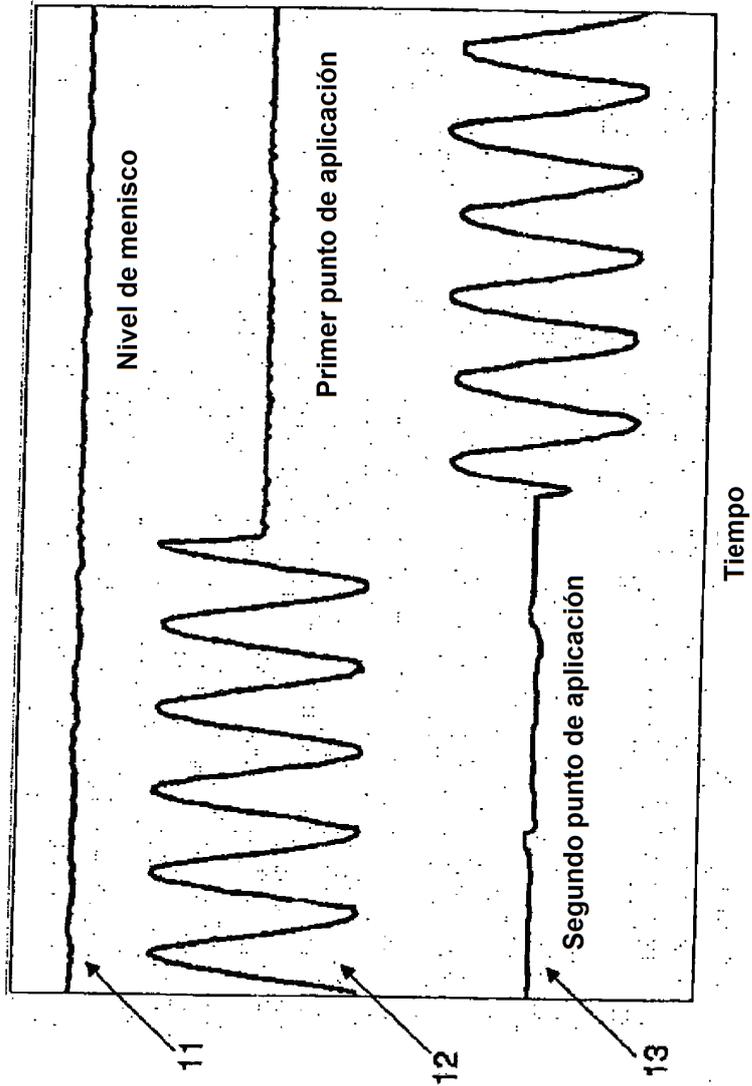


Fig. 3

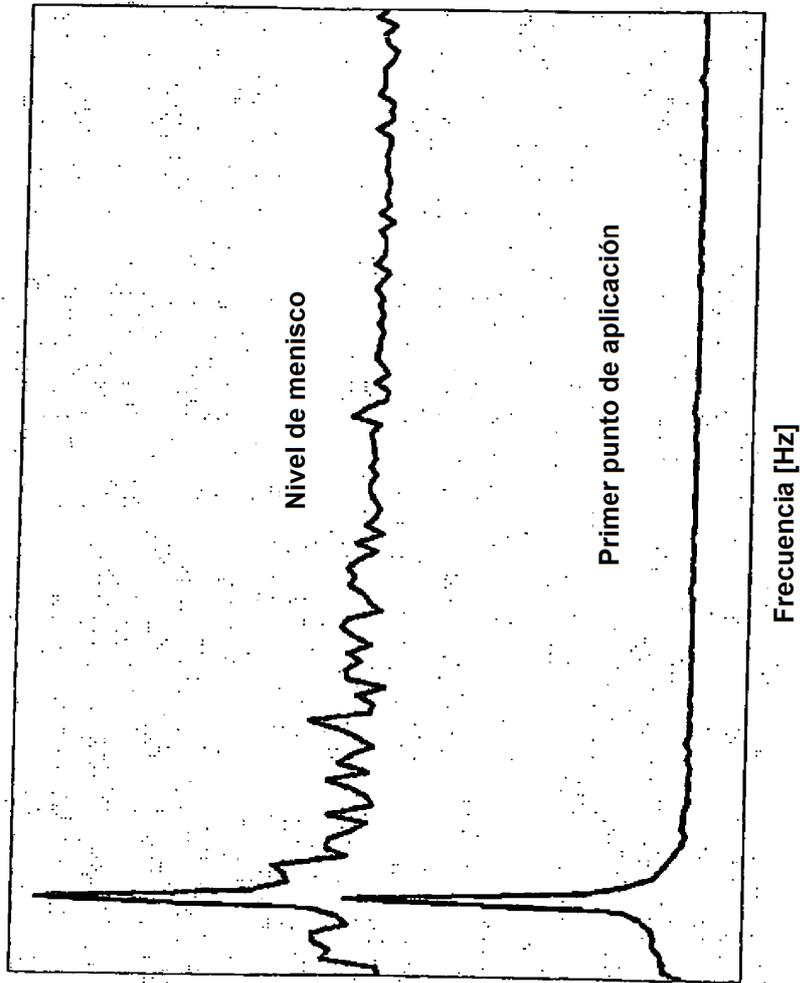
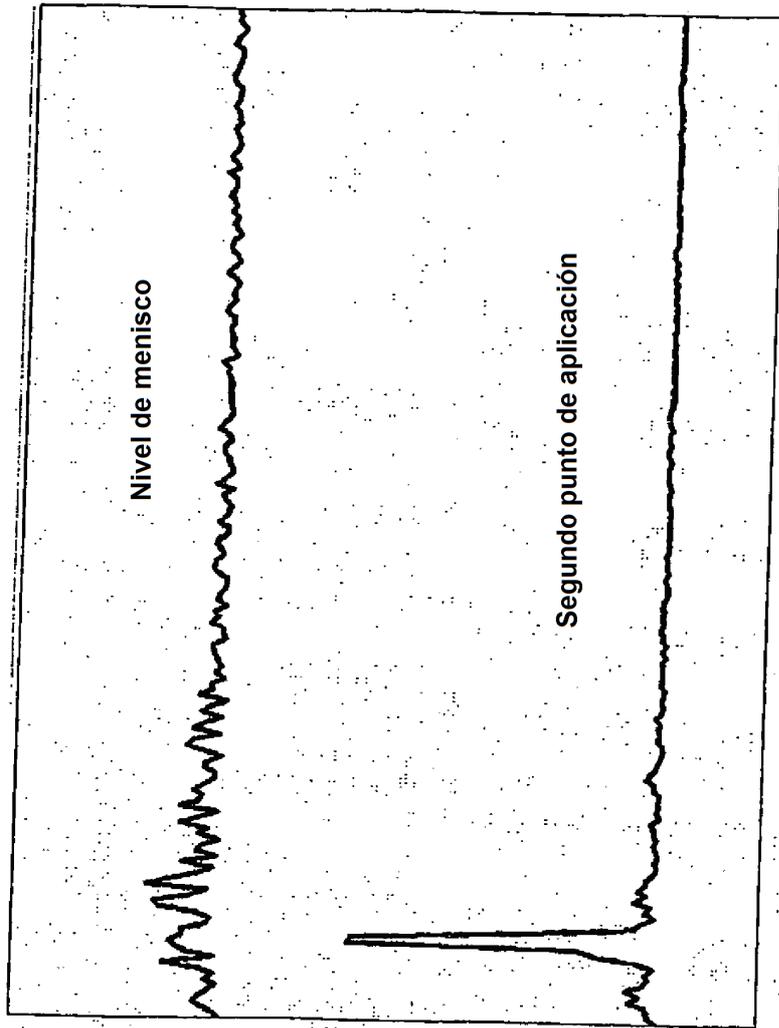


Fig. 4a



Frecuencia [Hz]

Fig. 4b