

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 326**

51 Int. Cl.:

G01K 7/38 (2006.01)

B22D 2/00 (2006.01)

G01K 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.01.2010 PCT/JP2010/000081**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2010 WO10119594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2010 E 10764181 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 2420808**

54 Título: **Dispositivo y método para medir la temperatura de superficie de una pieza colada**

30 Prioridad:

16.04.2009 JP 2009099994

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

31.03.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:

**HARADA, HIROSHI;
YAMANA, MASANORI;
SAIDA, ATSUSHI;
NAGASHIMA, MASAKI y
KONNO, TOMOHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 751 326 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

Dispositivo y método para medir la temperatura de superficie de una pieza colada

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y método para medir la temperatura de superficie de una pieza colada, que puede medir de manera estable la temperatura de superficie de la pieza colada durante un largo periodo de tiempo incluso en duras condiciones.

Técnica anterior

10 En el campo de la colada continua de losas, la colada de piezas coladas de alta calidad de buena superficie y calidad interior con alta productividad requiere la prevención de problemas de funcionamiento tales como rotura. La rotura puede impedirse tal como se describe a continuación.

15 Cuando una carcasa de solidificación se adhiere completamente a la superficie de una placa de cobre en un molde, la temperatura de la carcasa de solidificación disminuye al punto de Curie. Por tanto, la extracción de piezas coladas puede detenerse temporalmente detectando una disminución de la temperatura de carcasa de solidificación al punto de Curie para detectar la adherencia de la carcasa de solidificación. Particularmente, aplicando un campo magnético de corriente continua a las piezas coladas en el molde para imantar la carcasa de solidificación y detectando un cambio en su línea de fuerza magnética, es posible detectar si la temperatura de la carcasa de solidificación disminuye al punto de Curie o no (por ejemplo, véase el documento de patente 1).

Lista de referencias

Documento de patente

20 [Documento de patente 1] solicitud de patente japonesa examinada, segunda publicación n.º S56-7456 (Reivindicaciones).

Sumario de Invención

Problema técnico

25 Sin embargo, si se produce un flujo desequilibrado en un molde de CC y, por tanto, la carcasa de solidificación vuelve a fundirse de manera notable cuando el flujo descargado de la boquilla impacta contra la carcasa de solidificación, un grosor local de la carcasa de solidificación es insuficiente. Esto puede provocar un problema de funcionamiento que se denomina "rotura". Tal problema de funcionamiento puede no impedirse lo suficiente mediante el método de detección de una disminución en la temperatura de la carcasa de solidificación al punto de Curie, tal como se describió anteriormente. Es decir, la rotura puede evitarse si la temperatura de superficie de las piezas coladas puede medirse de manera precisa para controlar la superficie de las piezas coladas para que presente una temperatura apropiada. Por tanto, los métodos de medición de la temperatura de superficie de piezas coladas se describirán a continuación.

30 En primer lugar, existe un método para medir la temperatura de superficie de piezas coladas usando un termómetro de radiación. Sin embargo, este método de medición que usa el termómetro de radiación tiene una restricción que depende de la posición de medición. Específicamente, este método requiere no incluir vapor o agua en una atmósfera entre la posición de medición y el termómetro de radiación, o de otro modo, si se encuentra presentes vapor o agua, requiere realizar la medición al tiempo que fluyen hacia fuera el vapor o agua en la parte frontal del termómetro de radiación usando aire a alta presión para impedir que se vea afectado por el vapor o agua.

40 El uso del termómetro de radiación anteriormente mencionado para impedir la rotura requiere la gestión de la temperatura de superficie de piezas coladas inmediatamente bajo el molde. Es decir, la medición de la temperatura de superficie de piezas coladas inmediatamente bajo el molde usando el termómetro de radiación dispuesto inmediatamente bajo el molde permite la detección del aumento de la temperatura de superficie de piezas coladas hasta tal grado de producir rotura, lo que puede dar como resultado la prevención de la rotura de antemano. Sin embargo, dado que las piezas coladas se enfrían mediante una gran cantidad de agua inmediatamente bajo el molde, el espacio definido entre el termómetro de radiación y las piezas coladas se encuentra en duras condiciones en las que grandes cantidades de agua, vapor, polvo, incrustaciones y así sucesivamente se dispersan. Esto hace que sea extremadamente difícil realizar una medición precisa de la temperatura de superficie de piezas coladas con un termómetro de radiación incluso cuando se usa aire a alta presión.

50 Se ha concebido otro termómetro de radiación que usa un intervalo de longitud de onda corto igual a o menor de 1 μm , que se considera que es relativamente robusto en tales condiciones duras. Sin embargo, incluso usando este termómetro de radiación, es difícil realizar una medición estable debido a la dispersión en los datos de medición.

Otro método para medir la temperatura de superficie de piezas de colada es monitorizar un cambio en la temperatura de superficie de piezas coladas usando una pluralidad de termopares instalados en una placa de cobre

de moldeo. Sin embargo, este método también dificulta la realización de una medición precisa de la temperatura de superficie de piezas coladas debido a un entrehierro formado entre la superficie de piezas coladas y la placa de cobre de moldeo bajo el molde, aunque puede medirse un cambio en la temperatura de superficie de piezas coladas próximo al nivel de menisco en el molde con alta sensibilidad. El documento JP 2008-256605 da a conocer una medición de temperatura sin contacto usando una bobina de excitación y una bobina de detección.

En vista de tales circunstancias, un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo y método para medir la temperatura de superficie de una pieza colada, que puede medir de manera estable la temperatura de superficie de la pieza colada durante un largo periodo de tiempo incluso en duras condiciones en las que existe una gran cantidad de agua, vapor y así sucesivamente.

10 Solución al problema

Para superar los problemas anteriores y lograr el objeto anterior, la presente invención proporciona lo siguiente:

(1) Un sistema que comprende una pieza colada y un dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada para medir una temperatura de superficie de la pieza colada, comprendiendo el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada: un dispositivo de excitación de campo magnético que aplica un campo magnético de CA sustancialmente perpendicular a una superficie de una pieza colada; un dispositivo de detección de campo magnético que detecta el campo magnético de CA para detectar una variación de flujo magnético en respuesta a una temperatura de superficie de la pieza colada; y un dispositivo de derivación de temperatura de superficie que deriva la temperatura de superficie de la pieza colada basándose en una fuerza electromotriz inducida obtenida detectando el campo magnético de CA mediante el dispositivo de detección de campo magnético y unos datos de relación predeterminados, en el que el dispositivo de excitación de campo magnético incluye una bobina de excitación solenoidal, incluyendo el dispositivo de detección de campo magnético a bobina de detección solenoidal interpuesta entre la superficie de la pieza colada y la bobina de excitación, e indicando los datos de relación una relación de correspondencia entre la temperatura de superficie de la pieza colada y la fuerza electromotriz inducida en un intervalo de temperatura que incluye un punto de Curie predeterminado.

Según el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada anterior, la disposición de la bobina de detección entre la superficie de pieza colada y la bobina de excitación puede excluir un efecto por una parte a baja temperatura próxima a una esquina de la pieza colada. Como resultado, es posible medir la temperatura de superficie de pieza colada con mayor precisión en la parte frontal de la bobina de detección, es decir, próxima al centro de la cara estrecha de la pieza colada.

Además, el límite inferior de la temperatura de superficie de pieza colada en los datos de relación es el punto de Curie menos 200°C aproximadamente y el límite inferior de la misma es el punto de Curie más 100°C aproximadamente. El motivo de lo anterior es la dependencia de la propiedad magnética del acero de la temperatura (de que el acero se cambia para ser ferromagnético en el intervalo entre la temperatura ambiente y el punto de Curie, paramagnético por encima del punto de Curie, y no magnético a temperaturas incluso superiores). Es decir, si una región con el campo magnético aplicado es no magnética, un flujo magnético no varía independientemente de la aplicación del campo magnético. Si la región con el campo magnético aplicado disminuye de temperatura para ser paramagnética o ferromagnética, el flujo magnético varía a medida que el flujo magnético se concentra en esa región. Además, la variación del flujo magnético es notable en condiciones ferromagnéticas. Sin embargo, si la región con el campo magnético aplicado es ferromagnética y se satura magnéticamente, no se observa ningún cambio de tensión dado que el flujo magnético ya no varía. Por tanto, una vez que la región se satura magnéticamente, la variación del flujo magnético, es decir, el cambio de tensión puede observarse incluso cuando la temperatura de esa región disminuye adicionalmente. De esta manera, se determinan los límites superior e inferior de la temperatura que va a medirse.

(2) En el sistema del artículo (1), los datos de relación pueden ser una ecuación que indica la relación de correspondencia entre la temperatura de superficie de la pieza colada y la fuerza electromotriz inducida.

(3) En el sistema del artículo (1), la pieza colada puede ser una losa obtenida a través de una colada continua extrayendo la losa de una parte inferior de un molde, y el dispositivo de excitación de campo magnético y el dispositivo de detección de campo magnético pueden disponerse en una cara estrecha de la pieza colada inmediatamente bajo el molde y por debajo de una zona de enfriamiento para enfriar la cara estrecha de la pieza colada.

En este caso, es posible, en primer lugar, disminuir la temperatura de superficie de pieza colada hasta el punto de Curie o por debajo en la zona de enfriamiento para enfriar la cara estrecha de la pieza colada e, inmediatamente después de lo anterior, medir la temperatura de superficie de una parte en la que la temperatura de superficie de la pieza colada aumenta mediante calor recuperado.

(4) En el sistema del artículo (1), una frecuencia de aplicación del campo magnético excitado mediante el dispositivo de excitación de campo magnético es preferiblemente igual a o superior a 0,5 Hz e igual a o menor de 20 Hz.

(5) Como un método de medición de temperatura de superficie de pieza colada que mide una temperatura de

superficie de una pieza colada usando el sistema del artículo (1), el método incluye: aplicar el campo magnético de CA a la pieza colada mediante el dispositivo de excitación de campo magnético y detectar el campo magnético de CA mediante el dispositivo de detección de campo magnético; y derivar la temperatura de superficie de la pieza colada mediante el dispositivo de derivación de temperatura de superficie.

5 Efectos ventajosos de la invención

Tal como se describió anteriormente, según el sistema y el método de la presente invención, es posible medir la temperatura de superficie de una pieza colada de manera estable durante un largo periodo de tiempo incluso en duras condiciones en las que existe una gran cantidad de agua, vapor y así sucesivamente.

Breve descripción de los dibujos

10 La figura 1 es una gráfica que muestra una relación entre una distancia desde una superficie de vertido y temperatura de superficie de losa en un procedimiento de realizar la colada continua de una losa extraída de una parte inferior de un molde al tiempo que se enfría extremadamente un lado estrecho de una pieza colada inmediatamente bajo un molde.

15 La figura 2A es un diagrama esquemático usado para explicar el principio básico de medición de la temperatura de superficie de una pieza colada.

La figura 2B es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada según una realización de la invención.

La figura 3 es una gráfica que muestra una relación entre la temperatura de superficie de pieza colada y una tensión de sensor.

20 La figura 4 es una gráfica que muestra una relación entre la temperatura de superficie de pieza colada y una tensión de sensor en un intervalo de temperatura entre 550°C y 850°C que se muestra en la figura 3.

La figura 5 es una gráfica que muestra una relación entre una frecuencia aplicada a una bobina de excitación y profundidad de penetración.

25 La figura 6A es un diagrama esquemático que muestra un experimento de cambiar un cambio de tensión en una esquina de pieza colada mediante una diferencia de disposición de la bobina de excitación.

La figura 6B es una gráfica que muestra los resultados del experimento de cambiar un cambio de tensión en una esquina de pieza colada mediante una diferencia de disposición de la bobina de excitación.

La figura 7A es una gráfica que muestra los resultados de medición de un experimento comparativo y que muestra una relación entre tiempo de medición y la temperatura de superficie de pieza colada.

30 La figura 7B es una gráfica que muestra los resultados de medición de un ejemplo y muestran una relación entre el tiempo de medición y la temperatura de superficie de pieza colada.

Descripción de realizaciones

A continuación, en el presente documento, se describirán un dispositivo y un método para medir la temperatura de superficie de una pieza colada según una realización con referencia a los dibujos.

35 Esta realización implica un dispositivo y un método para medir la temperatura de superficie de una pieza colada inmediatamente bajo un molde que tiene un espacio rectangular interior en un procedimiento de realización de colada continua a una losa extraída desde abajo usando el molde.

Una pieza colada se soporta por muchos rodillos hasta cerca de una posición en la que la pieza colada extraída de inmediatamente bajo el molde se solidifica finalmente en la parte inferior de una cara ancha del molde, mientras que otra pieza colada simplemente se soporta por algunos rodillos proporcionados inmediatamente bajo el molde en la parte inferior de una cara estrecha del molde. Por consiguiente, aunque la cara ancha de la pieza colada puede enfriarse mediante puntas de boquilla para enfriamiento dispuestas entre los rodillos hasta una posición en la que se completa la solidificación, es necesario fijar un grosor de carcasa de solidificación duradero frente a presión estática de acero fundido en la cara estrecha de la pieza colada disminuyendo la temperatura de superficie dentro de un intervalo desde inmediatamente bajo el molde hasta una posición en la que se proporcionan los rodillos. Por consiguiente, la cara estrecha de la pieza colada inmediatamente bajo el molde se enfría extremadamente con agua o similares, y un cambio en la temperatura de superficie de pieza colada, que se provoca por el fuerte enfriamiento, tiene un patrón de temperatura tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1. Se observa en la figura 1 que la temperatura de superficie de pieza colada, en primer lugar, disminuye hasta el punto de Curie T_c o por debajo mediante el fuerte enfriamiento en la cara estrecha de la pieza colada y entonces aumenta mediante calor recuperado. El punto de Curie es un punto de transformación magnético. El acero se cambia a una sustancia ferromagnética en el intervalo entre temperatura ambiente y el punto de Curie, una sustancia paramagnética por

encima del punto de Curie, y una sustancia no magnética a una temperatura incluso superior. En esta realización, la temperatura de superficie de pieza colada se mide usando un sensor de temperatura basándose en esta propiedad.

5 La figura 2A es un diagrama esquemático usado para explicar el principio básico de medición de la temperatura de superficie de pieza colada y la figura 2B es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada según esta realización.

El principio básico de medición de la temperatura de superficie de pieza colada se describirá a continuación con referencia a la figura 2A.

10 En primer lugar, se aplica un campo magnético vertical a una superficie de una pieza 1 colada mediante una bobina 2 de excitación. Entonces, a medida que un flujo magnético se cambia mediante la temperatura de superficie de la pieza 1 colada, el cambio en la línea de fuerza magnética se detecta mediante una bobina 3 de detección. Entonces, la temperatura de la pieza 1 colada puede medirse usando una fuerza electromotriz inducida obtenida mediante esta detección y una relación entre una temperatura de superficie de pieza colada predeterminada y la fuerza electromotriz inducida.

15 Tal como se muestra en la figura 2A, el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada según esta realización incluye, como componentes principales, una bobina 2 de excitación solenoidal que aplica un campo magnético de CA a la superficie de la pieza 1 colada; una bobina 3 de detección solenoidal que detecta un cambio en el flujo magnético; y un dispositivo de cálculo (no se muestra) para calcular la temperatura de superficie de pieza colada usando la relación entre la temperatura de superficie de pieza colada predeterminada y la fuerza electromotriz inducida.

20 La bobina 3 de detección se dispone delante de la bobina 2 de excitación (es decir, entre la superficie de la pieza 1 colada y la bobina 2 de excitación), cuyo motivo se describirá a continuación.

25 Tal como se muestra en la figura 2B, la bobina 2 de excitación se forma bobinando una línea 5 de cobre recubierta con poliéster que tiene un diámetro exterior de 1 mm alrededor de una tubería 4 a base de epoxi de vidrio que tiene un diámetro exterior de 30 mm 500 giros. Además, la bobina 3 de detección se forma bobinando una línea 6 de cobre recubierta con poliéster que tiene un diámetro exterior de 0,3 mm alrededor de la tubería 4 a base de epoxi de vidrio 40 giros. Además, se aloja un conjunto de dispositivo de bobina que incluye la bobina 2 de excitación y la bobina 3 de detección, como un sensor, en una carcasa inoxidable cilíndrica (no se muestra). Esta carcasa cilíndrica se encuentra en una condición de obligación a ser enfriada mediante aire seco suministrado desde un dispositivo (no se muestra).

30 La bobina 2 de excitación se conecta por medio de un cable a un amplificador 7 de corriente constante que entonces se conecta a un oscilador 8.

35 La bobina 3 de detección se conecta por medio de un cable a un procesador 9 de señal. El procesador 9 de señal incluye un amplificador operacional (OP), resistencias, condensadores y así sucesivamente y tiene una función de amplificación de tensión y una función de procesamiento de filtro tal como un filtro paso bajo, un filtro paso banda o similares. El procesador 9 de señal está conectado a un amplificador 10 de bloqueo. El amplificador 10 de bloqueo es un dispositivo analógico que puede recibir, como una señal de referencia, una señal que tiene una frecuencia de 1,5 Hz desde el amplificador 7 de corriente constante, emitir una tensión que tiene la misma frecuencia, y detectar una diferencia de fase entre la tensión y la señal de referencia.

40 Las funciones del procesador 9 de señal y el amplificador 10 de bloqueo pueden sustituirse por una función de un ordenador personal (PC) (no se muestra). En este caso, una señal (un cambio en el flujo magnético) detectada por la bobina 3 de detección se recibe por el PC por medio de un conversor AD y las funciones del procesador 9 de señal y la función del amplificador 10 de bloqueo pueden implementarse con software de programa.

45 El dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada se dispone en la parte inferior del bloque de molde para que la cara estrecha de losa si la pieza colada por debajo de una zona de enfriamiento que enfría extremadamente la cara estrecha de la pieza 1 colada esté inmediatamente bajo el molde. El motivo para disponer el dispositivo por debajo de la zona de enfriamiento es el de enfriar la pieza 1 colada temporalmente hasta que la temperatura de superficie de pieza colada alcanza el punto de Curie o por debajo en la zona de enfriamiento inmediatamente bajo el molde e, inmediatamente después de lo anterior, medir la temperatura de superficie de una parte en la que la temperatura de superficie aumenta mediante el calor recuperado. Además, es preferible que el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada se disponga de tal manera que el centro del diámetro interior (o exterior) de la tubería 4 a base de epoxi de vidrio esté orientado hacia el centro de la cara estrecha de la pieza 1 colada, tal como se muestra en las figuras 2A y 2B.

55 En el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada, el oscilador 8 genera una señal de CA que tiene una frecuencia de 1,5 Hz y el amplificador 7 de corriente constante amplifica la señal de CA a una señal de CA diferente que tiene una determinada magnitud que va a aplicarse a la bobina 2 de excitación. Como resultado, la bobina 2 de excitación proporciona un flujo magnético alterno ϕ a la pieza 1 colada. Es decir, la bobina 2 de excitación aplica un campo magnético de CA sustancialmente perpendicular a la cara estrecha de la pieza colada. Si

la superficie de la pieza 1 colada incluye una sustancia no magnética, el campo magnético se expande en el interior de la pieza 1 colada como en vacío, tal como se indica por una línea discontinua en la figura 2A. Si la superficie de la pieza 1 colada incluye una sustancia magnética, a campo magnético se concentra en la sustancia magnética, cambiando de ese modo significativamente el flujo magnético, tal como se indica por una línea continua en la figura 2A. Tal cambio en el flujo magnético se define por la temperatura de superficie de la pieza 1 colada, es decir, su permeabilidad magnética. Por tanto, el cambio en el flujo magnético se detecta mediante la bobina 3 de detección.

La detección del cambio en el flujo magnético mediante la bobina 3 de detección se describirá en detalle a continuación.

Se induce una tensión de CA de $N \times d\phi_c/dt$ (en donde, N es el número de giros de la bobina 3 de detección, ϕ_c es el número de uniones de flujo magnético de la bobina 3 de detección y t es tiempo) en la bobina 3 de detección. Con su ruido eliminado por un filtro paso bajo de 5 Hz en el procesador 9 de señal, la tensión de CA se procesa mediante el amplificador 10 de bloqueo para detectar un valor de tensión que tiene una componente de frecuencia de 1,5 Hz. Es decir, cuando una distribución del flujo magnético alterno ϕ se cambia por la temperatura de superficie de la pieza 1 colada, el número de uniones de flujo magnético ϕ_c de la bobina 3 de detección y la tensión de CA inducida en la bobina 3 de detección pueden detectarse y cambiarse de manera acorde. Entonces, el dispositivo de cálculo calcula la temperatura de superficie de la pieza 1 colada basándose en la fuerza electromotriz inducida obtenida detectando el cambio en el flujo magnético mediante la bobina 3 de detección y la relación anteriormente mencionada. Por tanto, es posible medir la temperatura de superficie de la pieza 1 colada.

Tal como se describe con el principio básico descrito anteriormente, realizar la medición de la temperatura de superficie de pieza colada con el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada según esta realización, se requiere para predeterminar la relación entre la temperatura de superficie de pieza colada y la fuerza electromotriz inducida (o la tensión detectada por la bobina 3 de detección). Por tanto, el contenido y los resultados de un experimento que se lleva a cabo para introducir un ejemplo de la relación se describirá a continuación.

La figura 3 es una gráfica que muestra la relación entre una temperatura de pieza colada (la temperatura de superficie de pieza colada) y una tensión (detectada por la bobina 3 de detección). La figura 4 es una gráfica que muestra la relación entre la temperatura de superficie de pieza colada y una tensión de sensor en un intervalo de temperatura entre 550°C y 850°C que se muestra en la figura 3. Esta relación (entre la tensión y la temperatura de superficie de pieza colada) es tal como se muestra en la siguiente ecuación (1).

En la ecuación (1), x es un valor correspondiente a un decuplo de la diferencia entre un valor de tensión V detectado por la bobina 3 de detección y una tensión de 5,54 V en un intervalo de temperatura no magnético, y es la temperatura de superficie de pieza colada (°C) y R es un coeficiente de correlación.

$$y=177,54x^6-1509,1x^5+4497,4x^4-6381,4x^3+4631,6x^2-1681,9x+944,07 \dots (1)$$

$$R^2= 0,9922$$

En este experimento, se calentó una muestra de pieza colada a aproximadamente 1200°C usando un horno de calentamiento y se colocó el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada mostrado en la figura 2B para aplicar un campo magnético perpendicular a la superficie de la muestra de pieza colada calentada. Además, se fijó el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada en una posición para ajustar la distancia entre la tubería 4 a base de epoxi de vidrio y la superficie de la muestra de pieza colada a 30 mm. Además, se integró un termopar en la muestra de pieza colada a una profundidad de 1 mm y se midió la temperatura de la muestra de pieza colada. Los resultados de la medición se muestran en la figura 3.

Puede observarse a partir de la figura 3 que una tensión detectada por la bobina 3 de detección (la tensión de sensor) se cambia en un intervalo de temperatura r que incluye el punto de Curie Tc mientras que la tensión es sustancialmente constante en un intervalo de temperatura superior. Para el intervalo de temperatura r en el que se cambia una tensión, puede obtenerse la relación entre una temperatura de superficie de pieza colada y una tensión según la ecuación anterior (1) a través de aproximación polinomial, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 4. Esto indica que el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada según esta realización tiene la capacidad de detectar un cambio en las características magnéticas con sensibilidad elevada en el intervalo de temperatura r que incluye el punto de Curie Tc. Es decir, a partir de los resultados de este experimento se encontró que el dispositivo de medición de temperatura puede utilizarse como un termómetro para la superficie colada en un intervalo de temperatura entre el punto de Curie Tc menos aproximadamente 200°C y el punto de Curie Tc más aproximadamente 100°C, por ejemplo.

Además, para el intervalo de temperatura en el que se cambia una tensión de manera repentina, puede obtenerse la relación de temperatura frente a tensión según la anterior ecuación (1) a través de aproximación polinomial, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 4. Esto indica que el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada según esta realización tiene la capacidad de detectar un cambio en las características magnéticas de la superficie de pieza colada cerca del punto de Curie Tc con una sensibilidad elevada, lo que significa que puede utilizarse el dispositivo de medición de temperatura como un termómetro para la superficie colada en un intervalo de

temperatura entre el punto de Curie T_c menos aproximadamente 200°C y el punto de Curie T_c más aproximadamente 100°C , por ejemplo.

5 A continuación, cuando se mide la temperatura de superficie para el lado estrecho de la pieza colada, es preferible medir la temperatura de superficie para el centro del lado estrecho tan lejos como sea posible dado que la rotura debido al flujo descargado desde las boquillas depende de la temperatura de superficie del centro del lado estrecho.

10 Sin embargo, dado que cualquier bit del campo magnético de CA de la bobina de excitación llega hasta la esquina de la pieza colada, la tensión de la bobina de detección se cambia por la temperatura de la esquina de la pieza colada, lo que puede suponer un factor de perturbación. En general, dado que la esquina de la pieza colada se enfría a una velocidad de extracción superior, la temperatura de superficie en la zona de esquina resulta más baja que la temperatura en el centro del lado estrecho. Por consiguiente, dado que la esquina de la pieza colada tiene una permeabilidad relativa superior que el centro del lado estrecho, un bit del campo magnético de CA que se excita provoca un cambio en la tensión de la bobina de detección debido al cambio en la temperatura de la esquina de la pieza colada. Además, la esquina se enfría enfriando el agua expulsada desde las puntas de boquilla interpuestas entre los rodillos en la cara ancha de la pieza colada y tiene una temperatura variable incluso según condiciones de enfriamiento del lado ancho, lo que puede dar como resultado un cambio en la tensión de la bobina de detección. Por consiguiente, es preferible que el cambio en la tensión de la bobina de detección debido al cambio en la temperatura de la esquina de la pieza colada sea tan pequeño como sea posible.

20 Teniendo eso en consideración, tal como se muestra en la figura 6A, cuando se colocó la bobina 3 de detección enfrente de la bobina 2 de excitación (es decir, se colocó tal como se indica mediante el número de referencia 3(3a) en la figura 6A, que a continuación en el presente documento se denomina "colocación frontal") o en la parte trasera de la misma (es decir, se colocó tal como se indica mediante el número de referencia 3(3b) en la figura 6A, que a continuación en el presente documento se denomina "colocación trasera") con respecto a la pieza colada (no se muestra en esta figura aunque se coloca por debajo de la tubería 4 a base de epoxi de vidrio), se examinó cómo la tensión de la bobina 3 de detección se ve afectada por la esquina de la pieza colada.

25 En el experimento, cuando se colocó un hierro 11 en ángulo en una posición a 30 mm de distancia de la bobina 3 de detección en una línea central de la bobina 3 de detección (es decir, una línea axial central del diámetro de la tubería 4 a base de epoxi de vidrio) como un sensor, se compararon tensiones medidas (centro ΔV) de la bobina 3 de detección según dos condiciones.

30 A continuación, se movió el hierro 11 en ángulo a una posición correspondiente a la esquina de la pieza colada, es decir, una posición a 120 mm de distancia desde la línea axial central de la bobina 3 de detección en la dirección radial, se midió un valor de tensión (esquina ΔV) de la bobina 3 de detección, y se obtuvo un valor que es una división de este valor de tensión (esquina ΔV) entre el primer valor de tensión medido (centro ΔV) (esquina $\Delta V/\text{centro } \Delta V$). Los resultados del experimento se muestran mediante una gráfica en la figura 6B. Puede observarse a partir de esta gráfica que el valor de tensión (centro ΔV) medido cuando se colocó el ángulo 11 en la línea axial central es aproximadamente el doble de grande en la colocación frontal de la bobina 3 de detección que en la colocación trasera del mismo. Esto indica un gran cambio en un flujo magnético en el centro del lado estrecho, es decir, una alta sensibilidad al cambio de temperatura.

35 Por otro lado, puede observarse a partir de esta gráfica que una relación del valor de tensión (esquina ΔV) medido cuando se colocó el ángulo 11 en la posición correspondiente a la esquina de la pieza colada con respecto al valor de tensión (centro ΔV) medido cuando se colocó el ángulo 11 en la línea axial central (estando representada la relación mediante el "efecto esquina" en la figura 6B) disminuye a aproximadamente 1/10 en la colocación frontal de la bobina 3 de detección, en comparación con la colocación trasera de la misma. Esto indica que el cambio en la tensión de la bobina 3 de detección debido al cambio en la temperatura de la esquina de la pieza colada puede reducirse en la colocación frontal de la bobina 3 de detección, permitiendo de ese modo la medición de la temperatura de superficie del centro del lado estrecho con una alta sensibilidad. El motivo para la reducción del efecto de la esquina de pieza colada en la colocación frontal de la bobina 3 de detección es que un cambio en la unión de flujo magnético en la bobina 3 de detección cuando el ángulo 11 se coloca en la posición correspondiente a la esquina de la pieza colada es más pequeño que cuando el ángulo 11 se coloca en el lado frontal.

50 El resultado del experimento mostró que la temperatura de superficie del centro del lado estrecho de la pieza colada puede medirse con una elevada precisión en la colocación frontal de la bobina 3 de detección entre la pieza colada y la bobina 2 de excitación que en la colocación trasera de la misma.

55 La frecuencia que se genera mediante el oscilador 8 y se aplica a la bobina 2 de excitación es, preferiblemente, igual a o superior a $0,5\text{ Hz}$ e igual a o menor de 20 Hz . Si la frecuencia está por debajo de $0,5\text{ Hz}$, se requiere una constante de tiempo igual a o superior a un minuto cuando se detecta una señal enviada desde la bobina 3 de detección, lo que puede dar como resultado una disminución de la velocidad de respuesta del dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada. Por otro lado, si la frecuencia se encuentra por encima de 20 Hz , la profundidad de penetración, que es la profundidad a la que penetra un campo magnético, se hace pequeña, mediante lo que el campo magnético está más concentrado en la superficie de pieza colada. Tal como se muestra en la figura 5, la profundidad de penetración en la frecuencia hasta 20 Hz puede fijarse a 10 mm ($0,01\text{ m}$)

aproximadamente incluso para una permeabilidad relativa de aproximadamente 200. Esto significa que es preferible fijar la profundidad de penetración a 10 mm aproximadamente, dado que la superficie de pieza colada tiene irregularidades tales como marcas de oscilación y, además, la distancia entre la superficie de pieza colada y el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada varía de manera delicada debido a pandeo o similares, lo que puede dar como resultado una mayor susceptibilidad a una mayor frecuencia. Por consiguiente, el límite inferior de la frecuencia es, preferiblemente, 20 Hz.

[Ejemplo]

Con la bobina 3 de detección colocada enfrente de la bobina 2 de excitación, es decir, entre la bobina 2 de excitación y la superficie de pieza colada, se llevó a cabo un experimento para comprobar la eficacia del dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada. Las condiciones del experimento usadas se enumeran a continuación.

(Condiciones del experimento)

Anchura de pieza colada: 1000~1800 mm

Velocidad de colada: 0,75~1,2 m/min

Acero usado: acero calmado al aluminio de carbono medio

Posición del sensor (posición del dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada): 1 m por debajo de un nivel de superficie de vertido en un molde e inmediatamente por debajo de una zona de enfriamiento de lado estrecho de colada.

Distancia entre el sensor (extremo delantero de la bobina 3 de detección del dispositivo de medición de temperatura de superficie de la pieza) y la superficie de pieza colada: 30 mm

Frecuencia de corriente alterna aplicada a la bobina 2 de excitación: 1,5 Hz

En este ejemplo, el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada se instala justo por debajo del molde de lado estrecho. Esto hace posible mantener la distancia entre el dispositivo de medición de temperatura de superficie de la pieza y la superficie de pieza colada sustancialmente constante (es decir, permitir que la bobina 2 de excitación genere un campo magnético de CA sustancialmente constante aplicado sustancialmente en perpendicular a la superficie del lado estrecho de la pieza colada) incluso cuando el molde se modifica para proporcionar diferentes anchuras de pieza colada.

La figura 7A es una gráfica que muestra los resultados de medición de un experimento comparativo llevado a cabo con un termómetro de radiación convencional sustituido por el dispositivo de medición de temperatura de superficie de la pieza de la invención bajo las mismas condiciones de experimento y que muestra una relación entre el tiempo de medición y la temperatura de superficie de pieza colada. La figura 7B es una gráfica que muestra los resultados de medición de un ejemplo y que muestra una relación entre el tiempo de medición y la temperatura de superficie de pieza colada.

Tal como se muestra en la figura 7A, el ejemplo comparativo mostró que los valores de medición se dispersaron de manera tan amplia para no medir la temperatura de superficie de pieza colada de manera precisa. Por otro lado, tal como se muestra en la figura 7B, el resultado del experimento de este ejemplo mostró que el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada de la invención puede usarse para medir la temperatura de superficie de pieza colada de manera estable.

Según la realización y el ejemplo anteriores, el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada anteriormente descrito puede usarse para medir la temperatura de superficie de la pieza colada de manera directa y estable durante un largo periodo de tiempo inmediatamente bajo el molde para colar de manera continua acero e incluso en duras condiciones en las que existe una gran cantidad de agua, vapor y así sucesivamente. Dicho de otro modo, es posible medir la temperatura de superficie de una parte en la que la temperatura de superficie de pieza colada se enfría hasta el punto de Curie o por debajo en la zona de enfriamiento inmediatamente bajo el molde y, inmediatamente después de esto, la temperatura de superficie de pieza colada aumenta mediante calor recuperado de manera directa y estable durante un largo periodo de tiempo. Además, es posible medir la temperatura de superficie de pieza colada independientemente del tamaño de la pieza colada. Por consiguiente, el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada y el método de esta realización pueden usarse para detectar anomalías de funcionamiento tales como rotura, flujo de acero fundido desequilibrado en el molde de CC y así sucesivamente.

La presente invención no se limita a las realizaciones y ejemplos dados a conocer, sino que puede modificarse de diversas maneras sin alejarse del espíritu y del alcance de la invención. Por ejemplo, al medir la temperatura de superficie de pieza colada, cuando se colocan, respectivamente, dos dispositivos de medición de temperatura de superficie de pieza colada de la invención en ambas direcciones del lado estrecho de la pieza colada

inmediatamente bajo el molde y se detecta que la temperatura de superficie de pieza colada medida por uno de los dos dispositivos de medición de temperatura de superficie de pieza colada es mayor que la temperatura de superficie en colada normal, es posible emplear un método de reconocimiento de posibilidades de rotura y suspender la colada continua para impedir la rotura de antemano.

- 5 Además, aunque en las realizaciones dadas a conocer se ha ilustrado que la relación entre la temperatura de superficie de pieza colada predeterminada y la fuerza electromotriz inducida se usan para derivar la temperatura de superficie de la pieza 1 colada, pueden usarse los datos de relación que indican una relación de correspondencia de la temperatura de superficie de pieza colada predeterminada y la fuerza electromotriz inducida (por ejemplo, datos que indican la relación de correspondencia mostrada en la figura 4) para derivar la temperatura de superficie de la pieza 1 colada.
- 10

Aplicabilidad industrial

Según el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada y el método de la presente invención, es posible medir la temperatura de superficie de una pieza colada de manera estable durante un largo periodo de tiempo incluso en duras condiciones en las que existe una gran cantidad de agua, vapor y así sucesivamente.

15 Listado de signos de referencia

- 1: PIEZA COLADA
- 2: BOBINA DE EXCITACIÓN
- 3: BOBINA DE DETECCIÓN
- 4: TUBERÍA A BASE DE EPOXI DE VIDRIO
- 20 5: LÍNEA DE COBRE RECUBIERTA CON POLIÉSTER QUE TIENE 1 MM DE DIÁMETRO EXTERIOR
- 6: LÍNEA DE COBRE RECUBIERTA CON POLIÉSTER QUE TIENE 0,3 MM DE DIÁMETRO EXTERIOR
- 7: AMPLIFICADOR DE CORRIENTE CONSTANTE
- 8: OSCILADOR
- 9: PROCESADOR DE SEÑAL
- 25 10: AMPLIFICADOR DE BLOQUEO

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende una pieza (1) colada y un dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada para medir una temperatura de superficie de la pieza colada, comprendiendo el dispositivo de medición de temperatura de superficie de pieza colada:
- 5 un dispositivo de excitación de campo magnético configurado para aplicar un campo magnético de CA sustancialmente perpendicular a una superficie de una pieza colada;
- un dispositivo de detección de campo magnético configurado para detectar el campo magnético de CA para detectar una variación de flujo magnético en respuesta a la temperatura de superficie de la pieza colada; y
- 10 un dispositivo de derivación de temperatura de superficie configurado para derivar la temperatura de superficie de la pieza colada basándose en una fuerza electromotriz inducida obtenida detectando el campo magnético de CA mediante el dispositivo de detección de campo magnético y datos de relación predeterminados, en el que:
- el dispositivo de excitación de campo magnético incluye una bobina (2) de excitación solenoidal;
- el dispositivo de detección de campo magnético incluye una bobina (3) de detección solenoidal interpuesta entre la superficie de la pieza (1) colada y la bobina (2) de excitación; y
- 15 los datos de relación indican una relación de correspondencia entre la temperatura de superficie de la pieza colada y la fuerza electromotriz inducida en un intervalo de temperatura que incluye un punto de Curie predeterminado.
2. El sistema según la reivindicación 1, en el que los datos de relación son una ecuación.
3. El sistema según la reivindicación 1, en el que: el dispositivo de excitación de campo magnético está configurado para excitar un campo magnético que tiene una frecuencia de aplicación igual a o mayor que 0,5 Hz e igual a o menor que 20 Hz.
- 20 4. Un método de medición de temperatura de superficie de pieza colada para medir una temperatura de superficie de una pieza colada usando el sistema según la reivindicación 1, comprendiendo el método:
- aplicar el campo magnético de CA sustancialmente perpendicular a la superficie de la pieza colada mediante el dispositivo de excitación de campo magnético y detectar el campo magnético de CA mediante el dispositivo de detección de campo magnético; y
- 25 derivar la temperatura de superficie de la pieza colada mediante el dispositivo de derivación de temperatura de superficie.
5. El método de medición de temperatura de superficie de pieza colada según la reivindicación 4, en el que:
- 30 la pieza colada es una losa obtenida a través de una colada continua extrayendo la losa desde una parte inferior de un molde; y
- el dispositivo de excitación de campo magnético y el dispositivo de detección de campo magnético se disponen en un lado estrecho de la pieza colada inmediatamente bajo molde y por debajo de una zona de enfriamiento para enfriar el lado estrecho de la pieza colada.

FIG. 1

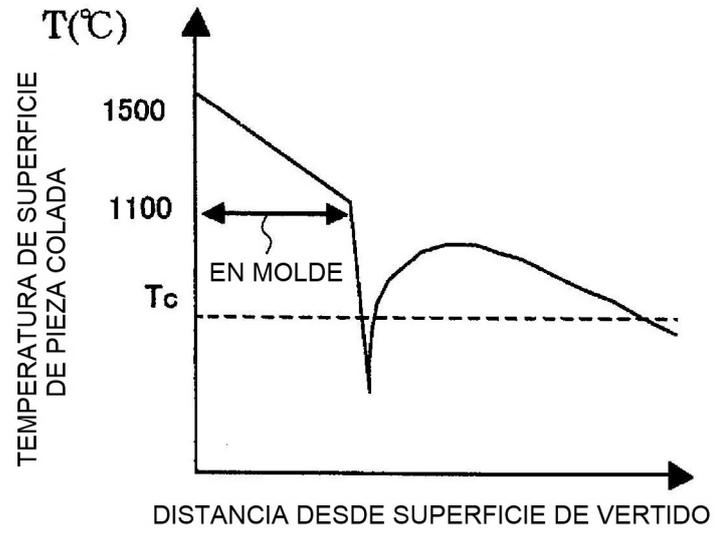


FIG. 2A

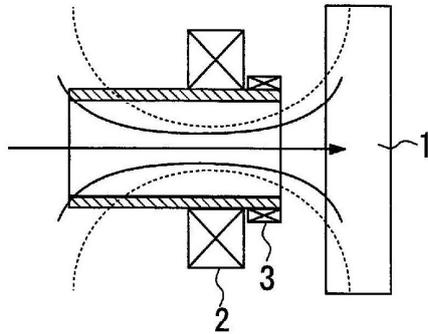


FIG. 2B

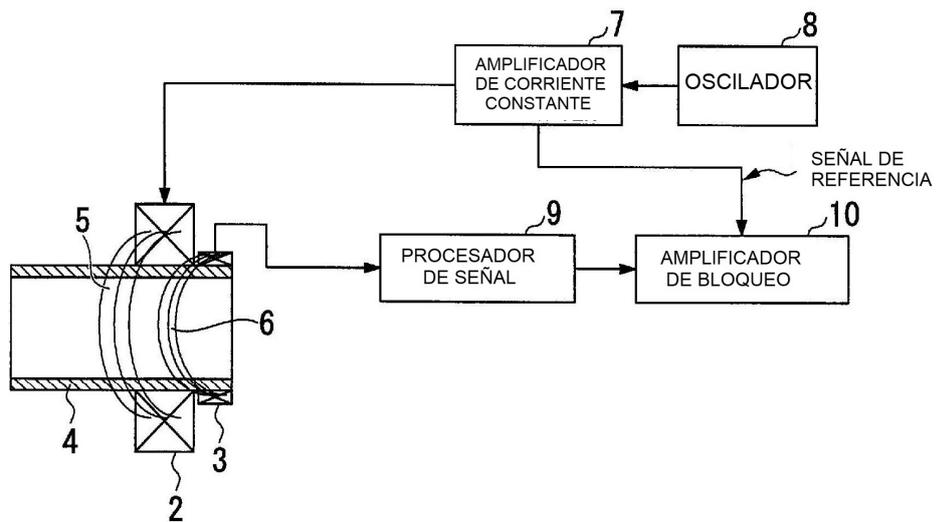


FIG. 3

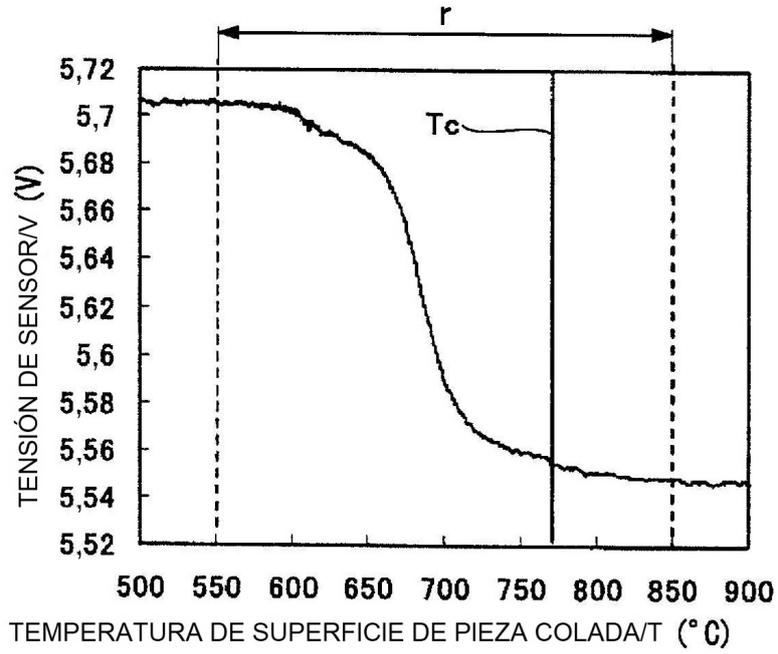


FIG. 4

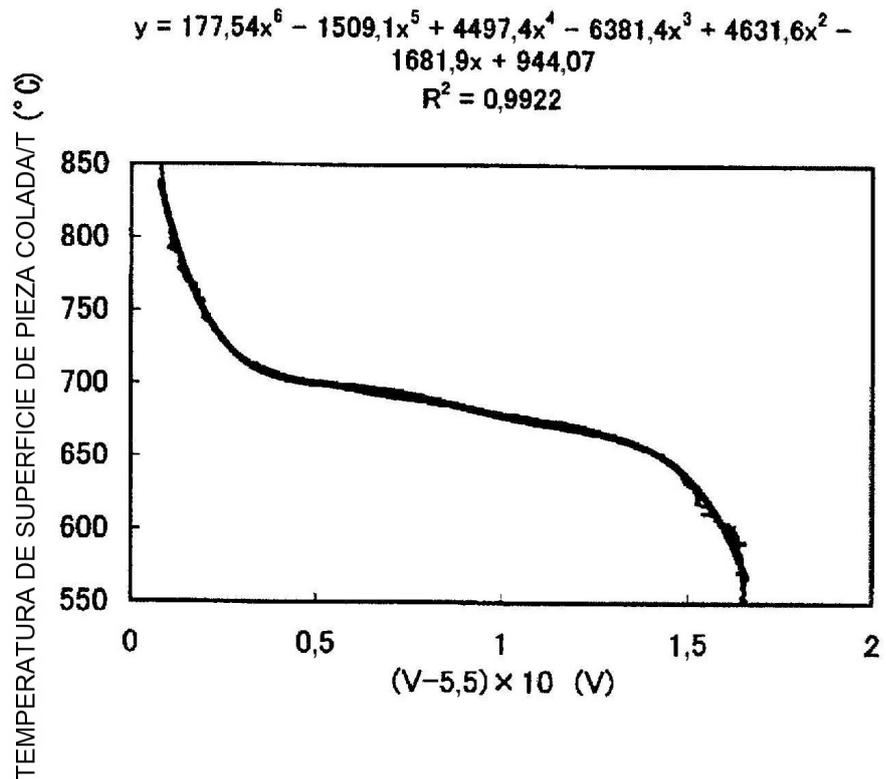


FIG. 5

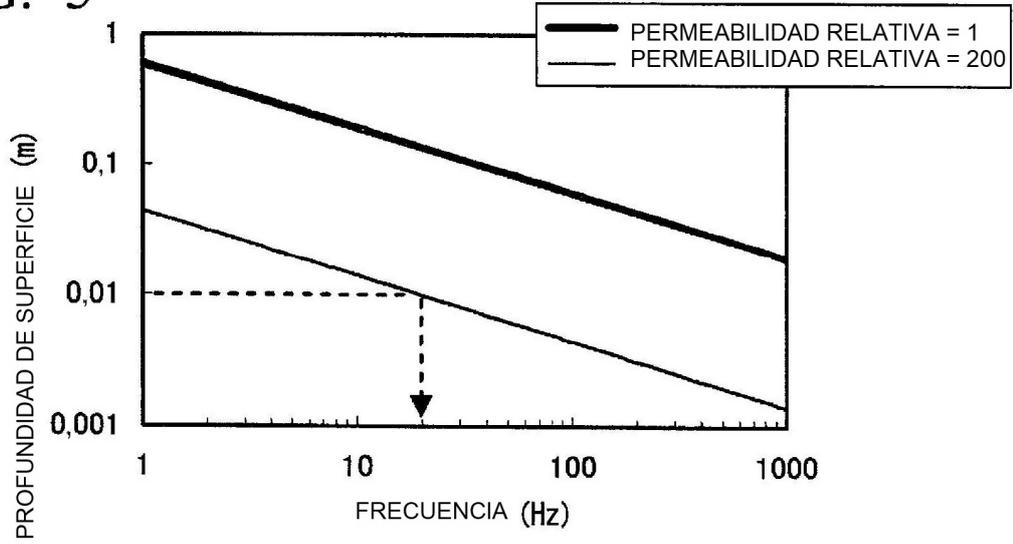


FIG. 6A

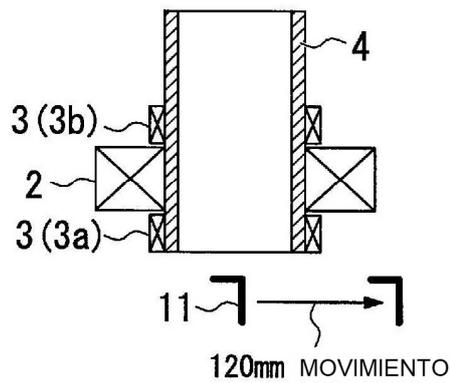


FIG. 6B

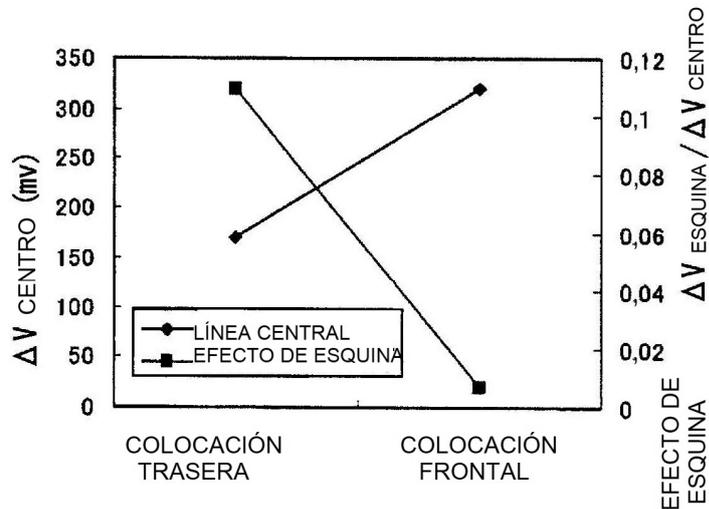


FIG. 7A

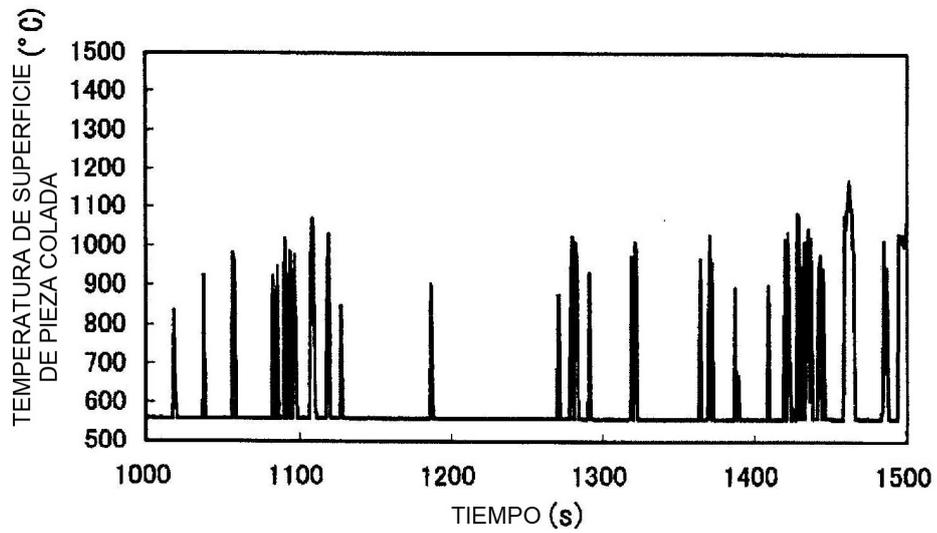


FIG. 7B

